中国工程科技论坛

中国海洋工程与科技发展战略

Zhongguo Haiyang Gongcheng Yu Keji Fazhan Zhanlüe

高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是2012年7月5－7日，由中国工程院、青岛市人民政府主办，中国工程院二局、青岛市科学技术局、青岛市蓝色硅谷核心区管理委员会、中国水产科学研究院黄海水产研究所等共同承办的第140场中国工程科技论坛——中国海洋工程与科技发展战略（青岛）会议上交流发表的200多篇论文报告的基础上，经过筛选编辑而成。

全书共分综述和五个专题。专题一 海洋探测与装备工程；专题二 海洋运载工程；专题三 海洋生物资源工程；专题四 海洋生态工程；专题五 海陆关联工程。另外，本书还附有主要专家简介、参会者名单等内容。

本书是中国工程院中国工程科技论坛系列丛书之一。可供海洋工程与科技相关的高等院校、科研院所以及从事海洋工程与科技工作的科技人员、行政管理工作者、产业工作者等参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

中国海洋工程与科技发展战略 / 中国工程院编著. -- 北京 : 高等教育出版社，2013.6

(工程科技论坛)

ISBN 978-7-04-037371-4

Ⅰ. ①中… Ⅱ. ①中… Ⅲ. ①海洋工程－发展战略－中国－学术会议－文集 Ⅳ. ①P75－53

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第097489号

总 策 划 **樊代明**

策划编辑 王国祥 黄慧靖　　责任编辑 朱丽虹

封面设计 顾 斌　　责任印制

出版发行 高等教育出版社　　咨询电话 400－810－0598

社　　址 北京市西城区德外大街4号　　网　　址 http://www.hep.edu.cn

邮政编码 100120　　http://www.hep.com.cn

印　　刷　　网上订购 http://www.landraco.com

开　　本 850mm × 1168mm　　http://www.landraco.com.cn

印　　张　　版　　次 2013年　月第　版

字　　数　千字　　印　　次 2013年　月第　次印刷

购书热线 010－58581118　　定　　价 60.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 37371－00

编辑委员会

项目顾问： 宋　健　徐匡迪　周　济

主　　任： 潘云鹤

副 主 任： 唐启升

委　　员： 潘云鹤　唐启升　金翔龙
吴有生　周守为　孟　伟
管华诗　白玉良

编　　辑： 王振海　阮宝君　刘世禄

目　　录

第一部分　综述

综述 …… 3

第二部分　周济院长致辞

中国工程院院长周济致辞 …… 9

第三部分　课题组组长及特邀专家简介

课题组组长及特邀专家简介 …… 15

第四部分　专题报告及报告人简介

专题一　海洋探测与装备工程

下一代海洋机器人展望——在我国海洋科技战略性突破的关键时期
…… 封锡盛 27
助推海洋观测技术步伐,实现科学技术自洽发展 …… 田纪伟 35
我国海洋能开发利用现状及发展战略 …… 夏登文 40
中国大洋中脊多金属硫化物资源调查现状与前景 …… 陶春辉 49
无人遥控潜水器(ROV)需求分析及技术发展现状 …… 连　琏 53
深海采矿——前景与挑战 …… 刘少军 63
对海洋及海洋探测装备工程产业的战略思考 …… 齐　赛 69
发展海洋观测技术　推进海洋仪器设备标准化 …… 罗续业 74
Z_2ERO—浙江大学摘箬山岛海洋立体观测网络与试验场 …… 瞿逢重 80
深海载人潜水器发展概况及技术进展 …… 刘　涛 87
海底观测网络组网接驳技术研究 …… 杨灿军 103
海洋在线原位光学监测仪器开发 …… 叶树明 110
用于水下远程探测的光—声双向信息转换与传递技术 …… 金晓峰 119

专题二 海洋运载工程

海洋运载装备科技发展战略的浅思考 …… 李彦庆 127
绿色船舶科技发展战略的初步设想 …… 韩 光 134
深海空间站工程发展战略与对策 …… 司马灿 141
船舶基础共性技术“十二五”发展规划论证 …… 李百齐 146
我国海洋运载动力发展战略研究 …… 范建新 159
船用低速柴油机技术发展战略研究报告 …… 周伟中 170
我国船用高速柴油机的发展路径 …… 张德林 180
我国船用气体机发展路径 …… 孙少军 188
海洋安全保障装备与科技发展战略 …… 马运义 192
关于我国海上执法船艇装备发展战略的两点建议 …… 吴有生 204
我国海洋渔业装备发展思考与建议 …… 赵 峰 213
浅析我国海洋捕捞渔船更新改造 …… 朱卫星 224
中国远洋渔业发展和渔船装备研讨 …… 周 杰 228
世界渔业捕捞装备技术现状及发展趋势 …… 贺 波 234
海洋科学研究运载装备发展战略初步研究 …… 张信学 241
浅谈我国海洋调查船的现状、问题及发展建议 …… 周 宁 250
海洋科学研究对科学考察船及船载调查设备的需求 …… 潘 锋 264
我国海洋科学调查船研发现状与需求浅析(摘要) …… 张福民 272
美国海洋科学考察船的发展现状及趋势 …… 王海黎 273
我国海洋调查船型研发现状与需求浅析 …… 李小平 285

专题三 海洋生物资源工程

我国渔业发展展望 …… 赵兴武 295
海上养殖网箱动力特性的数值模拟方法 …… 董国海 299
发酵过程的工程学研究与技术进展 …… 张嗣良 309
推进农产品质量安全科技创新的战略思考 …… 叶志华 313
我国海洋能开发利用现状及发展战略 …… 麦康森 319
近海养护与远洋渔业工程 …… 金显仕 326
海洋食品质量安全与加工工程技术发展 …… 薛长湖 330
南极磷虾资源开发利用战略 …… 赵宪勇 337
大洋生物资源开发利用 …… 许柳雄 342
我国渔船与渔港工程发展战略(摘要) …… 徐 皓 349

渔港工程发展战略 …… 孙 龙 351
负责任捕捞技术研究现状与趋势(摘要) …… 黄洪亮 359
海洋牧场构建进展与展望 …… 陈丕茂 363
面向未来海洋的高效养殖工程(摘要) …… 徐 皓 371
我国水产养殖工程技术的现状、问题与发展趋势 …… 王清印 373
现代海水养殖的遗传育种与苗种培育工程(摘要) …… 张国范 382
现代海水养殖的营养与饲料工程 …… 何 艮 384
现代海水养殖的病害防控工程 …… 秦启伟 389
现代海水养殖的生态工程(摘要) …… 杨红生 395
迟钝爱德华氏菌:从基因组到疫苗(摘要) …… 张元兴 397
我国海洋药物与生物制品科技发展与产业方向(摘要) …… 焦炳华 401
海洋微生物酶的研究与应用开发(摘要) …… 孙 谧 403
发展海洋生物医用材料,提高海洋经济发展水平 …… 韩宝芹 407
海洋寡糖研发与应用 …… 杜昱光 412
海洋食品质量安全评价现状与发展趋势 …… 林 洪 419
水产品质量安全可追溯技术体系在市场准入制度建设中的应用研究 …… 宋 怿 427
现代海洋食品物流技术发展趋势与对策 …… 李来好 440
海洋食品质量安全风险监测预警和控制 …… 周德庆 447

专题四 海洋生态工程

中国海洋可持续发展的政策建议 …… 苏纪兰 457
我国海湾环境现状与挑战 …… 冯士筰 464
全球变化背景下“流域—海洋综合管理战略” …… 洪华生 473
海洋环境观测/监测技术现状与发展趋势 …… 吴德星 480
我国近岸海域污染现状与控制策略 …… 孟 伟 489
长江河口生态系统的演变趋势与生态建设的战略目标及关键措施(摘要) …… 陆健健 497
全球变化与水母暴发 …… 孙 松 501
我国海洋能开发利用现状及发展战略 …… 杨作升 508
近海有害赤潮的应急处置原理、技术与应用 …… 俞志明 517
海洋生态环境监控与风险控制工程发展战略研究 …… 马明辉 523
海南省海洋生态环境保护策略 …… 孟 伟 529
海南岛近海典型生态系统长期变化趋势分析 …… 韩保新 536

我国海洋工程建设的若干环境生态问题思考 …… 李永祺 544
我国海洋环境敏感区分类方案初探 …… 舒俭民 550
我国海洋环境化学污染的总体趋势 …… 江桂斌 559
我国海岸带生态环境现状 …… 李新正 562
深海(微)生物资源与功能基因 …… 肖 湘 588

专题五 海陆关联工程

海陆关联工程布局的海陆统筹战略与对策建议 …… 叶向东 595
当前沿海港口发展形势及任务 …… 蒋 千 601
离岸深水港建设面临的新问题 …… 祝世华 607
海陆联运和经济学两个视角下的港口及其关联 …… 朱意秋 614
韩国海岛开发、保护及对我国的启示 …… 刘洪滨 619
海岛开发与保护模式探讨 …… 刘 康 630
新区时代对舟山海岛开发转型的思考 …… 孙 丽 637
我国岛屿经济体在国家经济中的作用、特点与发展 …… 张耀光 646
我国沿海产业涉海工程区划问题研究 …… 刘曙光 655

附录 参会代表名单 …… 663

后记 …… 681

第一部分

综　　述

综　述

2012 年 7 月 5 ~ 7 日,由中国工程院、青岛市人民政府主办,中国工程院二局、青岛市科学技术局、青岛市蓝色硅谷核心区管理委员会、中国水产科学研究院黄海水产研究所共同承办的第 140 场中国工程科技论坛——中国海洋工程与科技发展战略在青岛市黄海饭店召开,会议主要内容和成果综述如下。

一、会议层次高,工程院和地方政府高度重视

本次会议,中国工程院、青岛市人民政府、项目组、会议承办单位高度重视,会前各方多次召开筹备会议部署相关工作,会议期间各项工作顺利,会议富有成效,是高水平的一次盛会。

第九届全国政协主席宋健、中国工程院周济院长、潘云鹤常务副院长、樊代明副院长、白玉良秘书长、山东省人民政府特邀咨询阎启俊、中共青岛市委李群书记、山东省政协副主席王新陆、山东省科技厅厅长翟鲁宁、中共青岛市副书记、市长张新起,市委常委、副市长牛俊宪,青岛市政协主席王书坚,青岛市委常委、副市长王广正等领导出席开幕式,来自我国海洋工程与科技领域的 30 余名院士及有关高校、科研院所、部委、企业的 340 多名一线专家、教授、政府企业管理人员参加了会议。

潘云鹤副院长担任大会主席,中国科协副主席唐启升担任大会执行主席,樊代明副院长主持了开幕式和大会主论坛,阎启俊书记、李群书记、周济院长分别在开幕式上致辞。

樊代明副院长的主持生动幽默,通过“海大还是洋大”、“过去一网全是海鲜,现在一网全是海水”等几个小问题形象地引出大会致辞,使得会议气氛热烈而轻松。

阎启俊在致辞中提出,在陆地资源日趋枯竭的情况下,海洋已成为世界各国争相开发的焦点。而开发海洋对工程科技有着高度的依赖性。实践证明没有海洋工程与科技创新,不能实现科技开发,也不能实现海洋资源可持续利用。因此,21 世纪是海洋的世纪,也是海洋工程技术大发展、大突破的世纪。阎书记对本次论坛寄予厚望,指出,本次论坛前来参会的中国工程院院士、海洋科学界的专家、学者和知名的企业家,不仅是海洋工程科技领域科技创新的创造者,也是海洋工程与科学发展的推动者,更是引领者,所以衷心希望本次论坛能为全国提

供更多海洋工程技术领域的前沿技术和理论,推动海洋经济的发展和海洋科技进步的提高。

李群书记在开幕式上致辞中表示:大陆时代已经结束,走向海洋,走向深海才刚刚开始,因此,本次论坛作为大师们聚集的论坛,将是智慧的一次大融合,尤其是海洋工程与科学发展战略研究咨询项目的提出也体现出中国工程院立足国家海洋发展战略,服务地方海洋科技事业的大局意识和广阔胸怀,项目的开展和论坛的举办意义非常重大。

周济院长也在开幕式上发表了热情洋溢的致辞。他强调,中央明确提出国家今后的发展要以科学发展为主题,以加快转变经济发展方式为主线,而实现科学发展,加快转变经济发展方式,最根本的是要依靠科技的力量,最关键的是要大幅度提高自主创新能力。因此,两院院士和广大海洋科技工作者一定要肩负起自己的使命和责任,坚定不移地走中国特色的自主创新道路,坚持自主创新、重点跨越、支撑发展、引领未来的方针,紧紧围绕改革开放和海洋事业现代化建设的紧迫需求,抓住新科技革命的战略机遇,大幅度提高自主创新能力,大力推动科技惠及民生,推动海洋经济发展尽快走上创新驱动的轨道。

在分会场论坛中,潘云鹤副院长参加了第一分会场和第四分会场论坛。宋健副主席全程参加会议,并亲临了第二分会场和第三分会场听取报告。

二、会议准备充分,组织精心,日程安排紧凑而丰富

本次会议历时两天半,时间虽短,但因为事前做了充分的准备,除安排主会场报告外,还安排了 5 个分会场进行专题研讨并组织召开了“青岛蓝色硅谷发展咨询座谈会”。7 月 5 日下午,200 多位与会代表还赴青岛市西海岸实地参观,考察了港口建设、海洋工程发展等情况。

主论坛上,唐启升院士作了题为“大力发展海洋工程与科技,全面推进海洋强国战略实施”的主旨报告。他指出,进入 21 世纪,党和国家高度重视海洋的发展及其对中国可持续发展的战略意义,海洋已成为我国新一轮经济与社会发展的目标区,促成了陆海统筹新发展思路的形成。唐院士详细介绍了“中国海洋工程与科技发展战略研究”项目的研究目标、研究内容、课题设置、工作要求、阶段性成果,提出了推进海洋强国战略的基本思路和战略意义。他强调,必须在和平发展的战略思路指导下,推进海洋强国战略实施。建设海洋强国将是一个长期的战略目标,需要从七方面采取强有力的举措:1)大力发展海洋工程与装备,增强海洋拓展能力;2)加大海洋资源开发力度,提升战略资源保障能力;3)培育和发展海洋战略性新兴产业,提高产业核心竞争力;4)加大海洋科技投入,增强自主创新能力;5)保护海洋生态环境,提高海洋综合管理能力;6)增强全民海

洋意识,繁荣海洋文化;7）贯彻陆海统筹,全面推进海洋强国战略的实施。

山东半岛蓝色经济区建设办公室副主任关兆泉作了题为“深入实施科技兴海战略,加快推进山东半岛蓝色经济区建设”的主旨报告。他表示,本次论坛既是一次全面展示我国海洋科技成果的汇报会和经验交流会,也是凝聚各方力量全面开创科技兴海工作新局面的重要会议,对于全面提升海洋科技创新水平,加快建设山东半岛蓝色经济区,推动国家海洋战略深入实施,具有十分重要的意义。关主任进一步介绍了山东半岛蓝色经济区基本情况、建设工作进展情况、建设工作重点、科技创新情况,并提出提高科技创新能力的有关建议,包括:1）支持科技创新体系建设;2）加强海洋科技成果研发转化;3）搞好海洋高端人才培养。

中国海洋石油总公司副总经理周守为院士作了题为“走向深水的中国海洋石油工业”的主旨报告。在分析世界深水油气资源开发技术现状的基础上,着重介绍了中国海洋石油工业的发展与创新,并概述了中海油在山东省的发展情况。他提出,面对海洋石油走向深水的挑战,不仅需要重视海洋突发事故的应急救援问题,而且亟需发展深水工程装备和技术,尤其是深海工程作业重大装备。周院士对尽快出台政治决策、自上而下推动海洋强国建设给予厚望。

7 月 5 日下午举行了“青岛市蓝色硅谷发展咨询座谈会”,会议由青岛市副市长王广正主持,宋健主席、周济院长、潘云鹤副院长等 27 位院士莅临。

会上,青岛国家海洋科学研究中心主任李乃胜,首先就青岛蓝色硅谷建设的时代背景和未来畅想进行了汇报。针对青岛蓝色硅谷发展,各位院士纷纷提出意见和建议。周济院长指出,应进一步强调海洋科技的工程化和产业化,更加重视以产业为核心、企业为主体的技术创新体系建设,并注意协同创新,集聚海洋科技人才,打造一支强大的人才力量。宋健主席强调,蓝色硅谷发展切忌慌慌张张出文章,必须进一步明确发展方向、发展范围、发展阶段和发展重点,使山东省和青岛市能够在蓝色经济发展中真正成为先锋,并做出实质性贡献。潘云鹤副院长就咨询座谈会进行总结,提出,蓝色硅谷发展规划应继续深化、具体化,明确未来五年、十年、十五年的发展目标,并给出了 4 点建议:1）发展高技术,促进产业化;2）集中目标,发挥优势;3）重视大计划、大工程的推动作用;4）立足青岛,面向全国。

三、各课题准备充分,广泛邀请代表,分会场报告质量高、有深度,对课题研究意义重大

根据会议安排,7 月 6 ~ 7 日,论坛以项目的五个分课题为主题设置五个分会场,进行报告 110 余人次。各课题负责人进行了精心的筹划组织。会议共进行报告 110 多个,邀请的报告人来自解放军、工信部、农业部、海关总署、国家海

洋局、清华大学、浙江大学、哈尔滨工程大学、上海交通大学、中国海洋大学、中国水产科学研究院、中船重工集团、中国海洋石油总公司、潍柴动力股份有限公司等不同部门,涉及专题领域广,报告层次高,与课题研究、地方政府海洋发展战略紧密结合,对课题开阔思路、提升研究水平具有重要的意义,对地方海洋经济发展战略具有重要参考价值,是我国海洋工程科技发展研究领域的一次高水平盛会。与会专家就我国海洋工程与科技领域的发展现状、发展思路、发展重点、重大工程、关键科技、保障措施等进行了全面和深入的研讨,对项目研究具有重要意义。

其中:第一分会场以“海洋探测与装备工程”为主题,由金翔龙院士主持,封锡盛、宫先仪等院士专家参加,报告人 20 个。会上,各个专题分别汇报了研究进展,并针对研究过程中遇到的问题进行广泛讨论。同时,与会专家对课题拟提出的重大专项进行了讨论,计划分别从海洋观测网、大洋矿产探测、海洋可再生能开发利用、海水综合利用、海洋探测装备等五个方面形成重大专项建议。

第二分会场以“海洋运载工程”为主题,由吴有生院士主持。沈闻孙、闻雪友、马伟明、金东寒等院士专家参加。24 位领导、专家分别就海洋运输装备、动力与配套装备、执法船、渔船和科考船等海洋运载装备的发展战略、发展思路、发展建议等作了专题报告,与会领导、专家分别就各个专题发表了自己的观点与看法,并进行了深入、热烈的研讨。全国政协第九届副主席、中国工程院原院长宋健院士于 7 月 6 日下午和 7 月 7 日上午亲临第二分会场听取报告,参加讨论。宋主席在听取了动力与配套装备、执法船、渔船和科考船的专题汇报和研讨后,发表了重要讲话,提出了殷切的希望,要求“中国海洋运载工程发展战略研究”课题组不讲空话、大话,要抓住重点,把战略发展尽可能地做实了,写出一些具体的、可实施的发展战略建议,宋主席还希望课题组在此次论坛会议的基础上开拓思路,不断深入、提高,做好工作,为推动我国海洋运载装备发展做出重大贡献。

第三分会场以“海洋生物资源工程”为主题,先后由丁健院士、唐启升院士主持,丁健、麦康森等院士专家参加,报告人 31 个,内容涉及渔业发展战略、现代海水养殖技术、海洋生物制品及药品开发、海洋食品质量安全控制等。7 月 6 号上午,宋健副主席特别出席了该课题的报告会,并做了重要指示。

第四分会场以“海洋生态工程”为主题,由孟伟院士主持,丁德文、侯保荣等院士专家参加,报告人 15 个。分别从海洋生态管理体系、重大海洋工程生态环境保护、优化经济结构、重大科技专项、建设海洋生态文明等多领域进行了研讨。

第五分会场以“海陆关联工程”为主题,由管华诗院士主持,报告人 16 个。围绕海陆关联工程领域中的沿海产业涉海工程区划、海陆物流联运工程、海岛开发与保护工程、沿海重大工程防灾减灾等方面有关理论和实践问题作了深入研讨。

第二部分

周济院长致辞

中国工程院院长周济致辞

尊敬的宋健主席,各位院士,各位专家,同志们!

在第 140 场中国工程科技论坛,中国海洋工程与科技发展战略研究开会之际我代表中国工程院对会议召开表示热烈祝贺,向参加论坛的各位嘉宾表示诚挚欢迎,向山东省委省政府,青岛市委市政府长期以来对中国工程院的工作支持和对论坛的周到安排表示衷心的感谢。

经过新中国成立 60 多年特别是改革开放 30 多年不懈奋斗,我们国家社会主义现代化建设取得了举世瞩目的巨大成就。同时我们也深切地认识到传统的经济发展方式已经不可持续,加快转变经济发展方式刻不容缓。中央明确地提出我们国家今后的发展要以科学发展为主题,以加快转变经济发展方式为主线。中央同时强调指出要想科学发展,要加快转变经济发展方式,最根本的要依靠科技的力量,最关键的是要大幅度地提高自主创新的能力。

在前不久召开的两院院士大会上,胡锦涛总书记发表了重要讲话,他的讲话围绕着一个主题,那就是创新驱动发展,他深刻地阐述了创新驱动发展的重要理念,他强调科技竞争在综合国力竞争中的地位更加突出,科学技术日益成为经济社会发展的主要驱动力。这是一个重要的论断。80 年代的时候,小平同志提出了一个非常重要的论断,科学技术是第一生产力。是对马克思主义生产力理论的继承和发展,现在继续提出了科学技术已经成为经济社会发展的主要驱动力,在我们国家下一个阶段的科学发展,转变经济发展方式当中,科学技术应该成为一个主要的驱动力,我认为这是具有非常重要意义的。这也是对小平同志科学技术是第一生产力这一重要理论的继承和发展。

中央对这件事情特别重视,所以明天还要召开一个全国的科技创新大会,继续强调我们今后的科学发展,我们今后的加快转变经济方式,最根本的依靠科技的力量,最关键是要大幅度提高自主创新能力,要推动我们国家的发展,尽快的走向创新驱动的轨道。所以我想我们这个会议召开的时候也是这样一个关键的时候,中央在十八大之前召开这样一个大型的会议,召开一个全国规模的,全面广泛的动员,把大家动员起来融入到这样一个创新驱动发展的大的行动当中去,因此我们两院院士和广大科技工作者一定要肩负起自己使命和责任,坚定不移走中国特色自主创新道路,坚持自主创新,重点跨越,支撑发展引领未来的方针,紧紧围绕改革开放和社会主义现代化建设的紧迫需求,抓住新科技革命的战略

机遇,大幅度提高自主创新能力,大力推动科技惠及民生,推动我们国家的经济社会发展尽快走上创新驱动的轨道。

海洋面积占世界表面积的 70% 以上,生物能源矿产资源很丰富,海洋的保护、开发和利用是人类维持自身生存和发展最为切实可行的途径。我们国家是陆海兼备的大国,具有广泛的海洋利益,建设海洋强国,维护国家海洋利益,为促进我国经济,保障人民安全具有极为深远的战略意义和重大现实意义,国家十二五规划纲要明确提出要坚持陆海统筹,制定和实施海洋发展战略,提高海洋开发、控制、综合管理能力,推进海洋经济发展。

胡锦涛总书记在刚刚结束的两院院士大会上也强调指出,要发展海洋高技术,提高我国海洋科技水平,保护海洋行业安全,开发海洋资源,21 世纪中国要实现民族伟大复兴,支撑可持续发展必须走向海洋,必须全面推进海洋强国战略的实施。中国工程科学院作为国际的思想库,勇挑重担、建功立业是我们肩负的历史使命。大力开展战略咨询研究,为国家工程科技创新和发展提供战略性、前瞻性和综合性的咨询意见和建议,是发挥国家工程科技事业的重要途径和首要途径,中国工程院历来十分重视我国海洋工程和科技的发展,在中国工程科技中长期发展研究项目的研究过程中,这是我们过去几年当中所进行的一项非常重要的战略研究和咨询。我们院的许多学部都对海洋问题从各个不同层面进行了研究,为了进一步集成各方面的研究力量,2011 年 7 月,工程院启动了中国海洋工程和科技发展战略研究的重大咨询项目。由潘云鹤同志主持,组织工程院多学科,跨部门跨行业的研究力量,对我国海洋工程科技和综合战略问题进行系统研究,将在充分研究的基础上提出我们国家海洋工程和科技发展的战略思路,发展的重点,发展路线图,重大工程,保障措施和政策建议。这个咨询研究项目到目前为止已经顺利地进行了,正在向纵深发展。各个部门,各个地方和广大科技工作者都对这一工作高度重视,我们这次工程科技论坛也是其中一个重要活动,就是把我们前一段时间做的一些研究成果和大家对这一方面的战略思考来进行一次重要的交流。这个项目一边进行研究一边还在往前快速地推进,已经将某些研究成果作为重要的战略咨询建议向中央提出了我们的咨询意见。其中一个很重要的建议是由宋健主席亲自推动,由中国工程院我们项目组的同志一起向中央提出一个建议,就是要把海洋渔业作为一个战略产业,抓住机遇,着力发展我们的海洋渔业和相关的一系列的产业工程。这个建议已经得到国务院领导同志的高度重视,国务院领导给予重要批示,这个部门也高度重视,正在准备大的行动。我想这是我们战略研究的一个重要的目标,就是希望借助我们的真知灼见,借助我们的战略研究意见供中央决策作参考,用我们的科学咨询支持中央和各级政府的科学决策,由他们的科学决策来引领我们国家的科学发展,这是这一

次我们的工程科技论坛和下一次的咨询项目要进一步向纵深和广度、深度进军的一个重要方向。

山东是一个海洋大省，在我国海洋经济发展和海洋强国建设当中具有重要的战略位置。2010 年 1 月山东半岛蓝色经济区发展规划获得国务院正式批复，这是我国第一个以海洋经济为主题的区域发展战略。青岛具有独特的区位和开阳产业发展优势，是山东半岛蓝色经济区建设的先行者，目前正全面规划以海洋高级科技研发、高科技人才、高科技产业、高端服务集聚为特色的蓝色硅谷，我们举办这次论坛旨在搭建平台，召集全国海洋领域的专家、学者的意见和建议，进一步丰富和完善研究成果，同时与山东省青岛市等有关方面及时沟通，交流研究成果，听取各方面的意见和建议，并且为山东省和青岛市发展海洋经济提供有益的建议和咨询意见。

衷心地祝愿论坛取得圆满成功，祝愿山东省青岛市在发展海洋经济方面取得更大的成就，祝愿我们国家的海洋战略取得更加伟大的成就，谢谢。

第三部分

课题组组长及特邀专家简介

唐启升

金翔龙

吴有生

周守为

孟　伟

管华诗

关兆泉

课题组组长及特邀专家简介



唐启升 1943 年 12 月出生,辽宁省大连市人。中国工程院院士,农业部中国水产科学研究院黄海水产研究所研究员,海洋渔业资源与生态学家。现任中国科学技术协会副主席、中国工程院主席团成员、农业部科学技术委员会副主任、中国农学会副会长、山东省科学技术协会主席、中国水产科学研究院名誉院长、黄海水产研究所名誉所长,另任联合国海委会(IOC)大海洋生态系咨询委会委员、国家科技进步奖评审委员会委员、国家 863 计划专家委员会专家、中科院 – 北京大学气候变化研究中心顾问等。

他长期从事海洋生物资源开发与可持续利用研究,在海洋生态系统、资源增殖与管理、远洋渔业、养殖生态等方面有许多创新性研究,是中国海洋生态系统研究的开拓者。参与全球海洋生态系统动力学科学计划和实施计划的制定,并组织中国 GLOBEC 研究发展,先后主持 2 个国家 973 重点基础研究计划项目和 1 个国家自然科学基金重大项目实施,为中国渔业科学与海洋科学多学科交叉和生态系统水平的海洋生物资源管理的基础研究进入世界先进行列做出突出贡献。

积极参与国家科技与产业发展战略研究,提出海洋生物资源包括群体资源、遗传资源、产物资源三个部分的新概念,推动海洋生物产业由“产量型”向“质量效益型”和“负责任型”的战略转移。提出“切实保护水生生物资源,有效遏制水域生态荒漠化”为我国第一个生物资源养护行动计划:《中国水生生物资源养护行动纲要》奠定了基础。提出“碳汇渔业”的理念,推动渔业,特别是水产养殖业向绿色的、低碳的新兴产业方向发展。

主持完成国家级重大科研项目 10 余项,3 项成果获国家科学技术进步二等奖、1 项获三等奖,6 项成果获省部级科技奖励。发表论文专著 250 余篇册。获“国家中青年突出贡献专家”、“全国农业教育科研系统优秀回国留学人员”、“何梁何利科学与技术进步奖”、“全国杰出专业技术人才奖”、“中华农业英才奖”、“国家 973 计划先进个人”、“山东省科学技术最高奖”、“新中国成立 60 周年“三农”模范人物”、“青岛市十佳优秀共产党员”等 19 项国家和省部级荣誉称号。



金翔龙 1934 年出生于江苏省南京市。海底科学(海洋地质 - 地球物理学)专家。1956 年毕业于中国地质大学,1957 - 1985 年在中国科学院海洋研究所工作,1985 年至今在国家海洋局第二海洋研究所工作。我国海底科学的奠基人之一,对学科的创建和发展做出过重要的开拓性贡献。长期致力于我国边缘海的海底勘查与研究,开辟学科的新方向和研究的新领域,推动我国浅海海底油气勘探的起步,并率先开展我国渤、黄、东海的地球物理探测,对中国海的构造格局、地壳性质与演化,以及边缘海的演化模式等提出过重要论述,在国内外有重要影响。主持研究的大陆架及邻近海域勘查攻关项目对维护海洋权益有重要贡献,受到国家表彰。在大洋海底勘探开发方面,代表我国在联合国争得东太平洋理想矿区,并主持与负责国家海洋局承担的《大洋多金属结核资源勘探开发》重大专项,勘探工程达到国际先进水平,为按联合国要求完成区域放弃和实施洋底开采工程奠定了基础,为我国进入大洋勘探开发的国际先进行列做出了重大贡献。

1997 年当选中国工程院院士。



吴有生 出生于1942年，原籍浙江省嵊县人。水弹性力学与船舶力学专家。1964年毕业于中国科学技术大学。1967年清华大学研究生毕业。1984年毕业于英国伦敦布鲁纳尔大学获博士学位。中国船舶科学研究中心研究员、名誉所长。

长期从事舰艇结构与设备抗水下爆炸与核空爆研究，在理论、实验、应用及冲击环境记录仪研制等方面做出了贡献，解决了舰船抗核加固及战效预估的关键技术。80年代以来从事船舶流固耦合动力学、振动噪声、新型船及极大型浮动结构的研究。创造性地把水动力学与结构力学融为一体，建立了三维水弹性力学理论，并在该船舶力学新领域的前沿进行了二维与三维、频域与时域、稳态与瞬态、线性与非线性的系统性研究，创导了船舶水弹性力学实验研究，为发展应用技术作出了贡献，成果已在国内外用于新船型的研制，有重要的科学与应用价值。同时，从事船舶科学技术发展战略研究。

1994年当选中国工程院院士。



周守为 1950 年出生,四川南充人,海洋石油开发工程专家。毕业于西南石油学院石油和天然气工程专业,获博士学位,教授级高级工程师。曾任中国海洋石油总公司副总经理,兼任中国海洋石油总公司工程技术中心和提高采收率重点实验室主任。

长期工作在海洋石油生产科研第一线,在海上稠油油田开发、优快钻完井、边际油田开发及 FPSO(浮式生产储油卸油装置)全海式油田开发等技术创新中做出了突出贡献;积极探索了海上油田开发新模式和新理论;所创新的技术已成为我国海上稠油开发主导技术,为中国海上油气产量快速增长打下了坚实的技术基础,并为我国海洋石油工业发展和技术进步做出了重大贡献。

获国家科技进步二等奖 4 项、省部级科技进步一等奖 6 项、二等奖 4 项,获授权专利 5 项(发明专利 4 项),出版《海上油田高效开发新模式探索与实践》和《中国海洋石油高新技术与实践》著作两部。

2009 年当选中国工程院院士。



孟伟 1956 年出生于山东省青岛市，流域与河口海岸水污染控制专家。1982 年毕业于山东海洋学院，中国海洋大学环境科学博士学位。现任中国环境科学研究院研究员、院长，第十二届全国人大环境与资源保护委员会副主任委员。

主要从事流域与河口海岸水污染控制与水生态保护科学研究，主持完成流域和近海水污染物总量控制技术、重点流域生态环境质量评估技术、海岸带生境修复技术等国家重点科技项目，推动流域和近海水环境由单纯的水质保护向水质与水生态保护相结合转变。提出了流域水质目标管理技术体系，按“分区、分类、分级、分期”的原则，以流域水生态功能保护为核心、实施容量总量控制的流域水污染控制策略。主持完成典型流域突发性水污染控制与生态效应评估，为政府决策和全面提升科学应对突发性水污染事故能力做出贡献。获 2008 和 2010 年度国家科技进步二等奖。参加《国家中长期科技发展规划战略研究 2006 – 2020》。主持完成国家重大科技专项“水体污染控制与治理”实施方案设计，国务院批准实施，任技术总师。

2009 年当选中国工程院院士。



管华诗 1939 年出生于山东省夏津县。水产品加工、海洋生物及海洋生物工程制品专家。1964 年毕业于山东海洋学院。现任中国海洋大学教授、博导,国家海洋药物工程技术研究中心主任。曾任中国海洋大学校长,兼任国家重点基础研究发展规划专家顾问组成员、国务院学位委员会学科评议组成员。长期从事海洋生物资源高值化利用及海洋药物的教学科研工作。20 世纪 60 年代参加完成了“海带提碘新工艺规模生产”工程,为我国海带提碘工艺奠定了基础。70 年代主持完成"海带提碘联产品—褐藻胶、甘露醇再利用"重大研究课题,研制成功“农业乳化剂”等 4 个新产品并相继投产,为我国制碘工业的巩固和发展做出了突出贡献。80 年代首创我国第一个海洋药物—PSS(西药),获得巨大的经济效益和社会效益,带动了我国海洋药物研究的兴起与发展。90 年代发明研制了甘糖酯、海力特和降糖宁散等 3 个海洋新药和藻维胶囊等 5 个系列的功能食品,且全部投产。为推动我国海藻业持续健康发展及糖生物学研究的深入开展,系统建立了海洋特征寡糖规模化制备技术体系,并构建了国内外第一个海洋糖库。该成果荣获 2009 年度国家科学技术发明一等奖。主持编著我国首部大型海洋药物典籍—《中华海洋本草》,为我国海洋中药的研发奠定了坚实的资料基础。创建了我国第一个海洋药物化学本科专业,形成了我国海洋药物领域唯一的相对完善的人才培养体系,培养博士生、硕士生 50 余名,是我国海洋药物学的开拓者和学术带头人之一。

1995 年当选中国工程院院士。



关兆泉 1963 年生，山东济南人。1984 年毕业于山东大学数学系，1984 – 1987 年华中科技大学研究生，理学硕士。1987 年 4 月参加工作，1996 年后历任省计划委员会综合处副处长、办公室副主任，省发展改革委政策法规处处长、地区经济处处长、蓝色经济协调处处长，现任山东半岛蓝色经济区建设办公室副主任。多年从事国民经济综合计划管理、经济政策研究、法规规划制定等工作，组织开展了多项宏观经济领域重大课题研究，牵头制定了鲁南经济带发展规划，全过程参加了黄河三角洲高效生态经济区和山东半岛蓝色经济区上升为国家战略的组织协调工作，在宏观经济管理、地区经济政策研究制定、区域规划编制实施等方面具有比较丰富的实践经历和工作经验。

第四部分

专题报告及报告人简介

专题一

海洋探测与装备工程

下一代海洋机器人展望——在我国海洋科技战略性突破的关键时期

封锡盛 等

中国科学院沈阳自动化研究所,沈阳

一、前言

为应对人口膨胀和陆上资源日益枯竭的危机,世界各国不约而同地把目光投向了浩瀚的海洋,海洋已被提升至国家发展战略高度而备受重视。我国内水和领海主权海域面积38万平方公里,如何开发和利用这其中蕴藏的丰富资源,并积极开拓公海中的战略资源,已成为保障我国海洋安全和可持续发展的基本要素之一。在《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020)》中海洋技术被部署为8大前沿技术之一。《国家"十二五"海洋科学和技术发展规划纲要》进一步明确了"十二五"期间海洋科技发展的目标和重点任务。

可以说,当前海洋科技发展面临着前所未有的机遇,处于战略性突破的关键时期。海洋机器人,作为人类认识、开发和利用海洋的重要手段之一,是否已准备好迎接海洋科技大发展的需求?未来的海洋机器人将走向何方?

二、海洋机器人概述

(一)定义和分类

海洋机器人(UMV,Unmanned Marine Vehicle)包括水下机器人(UUV,Unmanned Underwater Vehicle)和水面机器人(USV,Unmanned Surface Vehicle)两大类[1,2]。水下机器人以操作者(人)与被操作对象(机器人载体)之间的相对位置来分类。人在机器人载体内,属直接操作方式,称为载人潜水器(HOV,Human Operated Vehicle);人在机器人载体外部(如母船上),通过电(光)缆操作则称为遥控水下机器人(ROV,Remotely Operated Vehicle);由载体内的计算机控制系统代替人实现自主操作,则称为自主水下机器人(AUV,Autonomous Underwater Vehicle)[3]。

水面机器人是指以遥控、半自主或自主方式进行水面或半潜航行作业的无人平台[4,5]。以海平面为界面,水面机器人可分为半潜式无人航行器和无人水面艇两类。半潜式无人航行器航行在水面以下,而通气/排气管露在水面之上。无人水面艇则向船舶一样航行在水面上。

(二)发展概述

James R. McFarlane 将海洋机器人的发展历史概括为三次革命:第一次革命出现在 20 世纪 60 年代,以 HOV 为标志;第二次革命在 70 年代,以 ROV 迅速发展为特征;第三次革命大体在 90 年代,以 AUV 的发展和 USV 的出现为标志;现在则是混合型海洋机器人时代。

当前,HOV 总体技术是成熟的,但是由于其庞大的建造、运行和维护费用以及对操作者安全性的考虑,只有美国、日本、俄罗斯等少数国家正在运行较少数量的 HOV。随着水下机器人技术的进步,HOV 的很多功能已经可由 ROV、AUV 等代替。

20 世纪 60 年代,世界发达国家海洋石油工业的发展促进了 ROV 技术的迅猛进步,并在七八十年代逐步形成 ROV 产业。据不完全统计,到 2009 年底,大约有 461 个型号近 6000 台 ROV 在运行,全球有超过 300 家专门从事 ROV 研制、生产和销售的企业。

AUV 基于自身的自主能力,不需要操作者实时干预[6];与 ROV 相比,具有自主执行使命、作业范围不受缆的约束、功能多样、隐蔽性好等优点。当今世界上约有一百种 AUV,其中半数为试验样机。总体上看,AUV 技术还没有达到成熟阶段,但已有 Kongsberg、Bluefin 等少数厂商能提供 AUV 产品。

USV 的发展主要源于军事需求。在二战诺曼底登陆战役期间,盟国曾设计出一种 USV,可按预设的航向驶往计划登陆的海滩施放烟幕[7]。20 世纪 50 年代以后,USV 在扫雷等对艇员危险较大的作战应用中受到广泛重视。90 年代以后 USV 技术逐步成熟,出现了 SPARTAN、SEA FOX、AN - WLD - 1 RMS、PROTECTOR、STINGRAY 等具有代表性的 USV 系统[7]。

我国自 20 世纪 80 年代开始海洋机器人的研究与开发。1984 年,我国第一台 ROV“海人一号”在中国科学院沈阳自动化研究所诞生。1995 年国内多家单位和俄罗斯合作研发出我国第一台 6000 米 AUV“CR - 01”[8],并成功应用于太平洋海底锰结核丰度调查。进入 21 世纪,我国先后研发出航程达数百公里的长航程 AUV、可进行北极冰下考察的北极 ARV、适用于长期海洋环境自适应采样的水下滑翔机、具备高速航行能力的半潜式无人航行器等新型海洋机器人系统,取得了一大批研究成果,在某些技术方面达到了国际先进水平。但总体而言,我

国海洋机器人技术与世界发达国家相比还有较大差距,主要表现在:没有形成规模产业,自主知识产权的成果相对较少,对海洋机器人基本科学问题和技术研究不足,跟踪研究多,自主创新少等方面。

三、我国海洋机器人面临的机遇

(一) 军事变革呼唤新型海洋机器人装备

21 世纪的海军作战模式正在发生重大变革,无人化和网络化是其中突出的两个特点。在这样的背景下,海洋机器人所具有的自治性、无人员危险性、隐蔽性、便于投放等优点显得较为突出,已被公认为未来海军必不可少的一种水中武器装备。海洋机器人是未来海军作战能力倍增和减小人员危险的重要手段,同时也是唯一能够完成一些特殊使命的主力军;它可能在布雷作战、反水雷、反潜战、情报、监视和侦察(ISR)、战术海洋学、运送负载、时敏打击等军事对抗中极大地提升海军作战能力。

军事需求一直主导着海洋机器人的发展方向,未来亦是如此。美国在 2000 年率先提出《海军 UUV 主计划》,明确了无人水下机器人在美国海军中的位置和使命任务。随后美国海军在伊拉克战场上成功使用多个 REMUS AUV 进行了反水雷作业,这极大地促进了世界各国海军对海洋机器人的关注。如今,英国、澳大利亚、芬兰等发达国家已陆续将 ROV、AUV 和 USV 装备海军。日本、印度等亚洲国家也把海洋机器人提升到战略高度,并提出了长远的研究发展计划。

在这种形势下,我国也已把海洋机器人列入海军战略规划。对于海洋机器人的研发者而言,面向军事应用需求开发新型海洋机器人装备始终是海洋机器人的发展目标之一。

(二) 一些国家重大科学工程离不开海洋机器人的支撑

一些国家重大科学工程需要发展特定环境下的海洋机器人系统。

1. 深远海海洋环境监测

世界海洋强国积极拓展深海发展空间,建立海洋环境立体监测系统。海洋机器人,作为走航式机动搭载平台,是海洋环境立体监测系统中必不可少的移动的传感器或通信网络节点。

2. 国际深海资源勘查开发

深海海底蕴藏着极为丰富的多金属结核、富钴结壳、海底热液硫化物等矿产资源。水下机器人是开展深海战略性资源勘查开发的重要工具。AUV 可搭载各种传感器对海底进行多参数测量,以确定资源富有程度。ROV 可搭载取样

器、作业工具进行深海取样或辅助资源开发过程。

3. 海底生物资源调查

从生物多样性与生态系统的角度看,深海海底存在着多样化的种群与基因,而热液喷口区及部分海山区是高度敏感的稀有与脆弱的生态系统,具有独特的科学研究价值。海洋机器人为人类探索和揭示这些极端环境下生物的奥秘提供了近距离观测与调查手段。

4. 极地科学考察

极地是当前科学考察的另一个重要领域。水下机器人可以搭载温盐仪、仰视声呐、光通量测量仪、水下摄像机等设备,深入极地冰层下进行观测与测量,从而获得常规手段难以获得的冰底形态、浮冰厚度、冰下温度、盐度、深度及光学参数等。

(三)海洋科学和商业需要海洋机器人的服务

海洋灾害的预测预警、海上交通、海上作业等都迫切需要获得丰富的三维海洋环境参数,要想有效地解决海洋环境和海洋生态环境问题,也需要通过海洋环境监测快速、准确地获取相关的海洋环境数据。海洋机器人是一种可控移动观测平台,为上述研究提供了一种有效的海洋参数观测手段,可以满足高分辨率、实时数据的测量需求。

随着海洋石油/通信产业的迅速发展,水下施工和建设的项目越来越多。这些水下工程的安装、维护对海洋机器人提出了明确的需求。海洋机器人可以对失事船舶进行观测,以便于确定最佳打捞方案或在电子海图中标示沉船位置。海洋机器人还可以作为海洋渔业和水产养殖业的辅助观测手段。

四、海洋机器人亟待解决的关键技术

(一)自主/智能

自主性是所有海洋机器人面临的共性关键技术。所谓“自主”,在韦伯字典里有两层含义:一是在无外界控制的情况下完成使命;二是具有自我支配能力。海洋机器人的自主能力是指:在尽量少的人为干预下,在动态、未知的复杂海洋环境中,以优化的方式完成使命的能力。自主/智能技术包括智能规划与决策技术、目标/环境的探测与自主识别技术、自主综合驾控技术、多机器人协同控制技术、AUV-机械手的协同控制技术等。

（二）能源及动力推进

ROV 由于由母船提供电力而不需考虑能源问题，但对于 AUV 和 USV 来说，要完全依靠自身所带能源完成任务，就必须考虑这个问题。能源是 AUV 和 USV 的关键技术之一，其续航力、航速、负载能力均受制于此。要使 AUV 和 USV 具有更远的航程，必须研究高密度、高效率的新能源和高效率、低噪声的推进系统。

（三）先进的电子自动化设备

先进的电子自动化设备包括导航/定位、通信、控制设备等，这些是海洋机器人完成任务必不可少的装备。当前使用的这类装备大多是其他领域的现成品，并非为海洋机器人定制，因而存在功耗大、精度差、响应慢、集成度低等缺点。未来的先进电子自动化设备需在上述各方面进行改进和提高。

（四）发射及回收技术

海洋机器人在恶劣海况下的发射与回收是值得深入研究的课题。在军事应用中，还有从鱼雷管发射/回收 AUV，AUV 与水下固定基站对接的需求。AUV 在极地冰下作业时，为了对其进行导航校准和回收，需要发展 AUV 与远端临时基站的对接技术。

（五）传感器及感知

海洋机器人通过各类传感器感知周边情况，进而实现与环境、其他海洋机器人的交互。为增强其适应环境的能力，传感器技术的研究方向应集中在提高区域覆盖率，发展非传统跟踪技术和新型传感器上。同时，也应大力发展与新型传感器相匹配的信息处理技术、多源信息融合技术、感知与建模技术。

（六）标准化与模块化

海洋机器人的标准化将有益于模块的兼容性。通过开发标准接口，使用通用产品，可以减少订制接口，从而加快海洋机器人的开发周期，促进海洋机器人的产品化。标准化也会促进海洋机器人模块化，使得各种海洋机器人类型之间，可以共享核心功能组件。

五、下一代海洋机器人发展方向

海洋机器人的走向取决于未来的社会需求和科技创新发展的牵引，需求拉动创新，创新开辟新的需求空间，同时，海洋机器人的发展必将与时代要求相适

应。为此下一代海洋机器人的发展方向可能为:

(一) 提高自主性,使 AUV 从"信息型"向自主"作业型"发展

提高 AUV 的自主能力始终是最基本、最核心的问题。受这一能力限制,目前 AUV 的主要行为表现为水下载体的机动,能够完成的使命非常有限,大体上只能完成低级的信息使命,不能满足水下施工和生产作业的需要。"信息型"向自主"作业型"转变是自主能力的升级,也是 AUV 发展的必然趋势。

(二) 多种类型协作和协同

海洋环境十分复杂,作业对象也千差万别。每种类型海洋机器人都有其适应性和局限性,还没有一种海洋机器人是万能的。显然,联合作业可以实现优势互补,文献[9]将此称为"混合型",并以遥控、自主和半潜三类海洋机器人分别作为正交系的三个坐标来表示这种混合,该文作者认为这将是未来发展的主要趋势。

(三) 集群化、网络化

当前,海洋机器人集群或由各种海洋机器人组成的水下网络属于海洋机器人领域前沿性的研究课题,已出现一些实用性的试验系统,如 1996 年在美国新泽西海湾布设的大陆架观测系统[10]。未来海洋机器人将更多地以集群、联网的方式执行作业任务。

(四) 超越单一介质空间

目前,已有多种类型的水陆两栖海洋机器人处于研发、试验阶段。未来的海洋机器人将不再局限于海洋这一单一介质空间,将出现既可以在水中或水面航行又可以在陆上行驶还能飞上蓝天的超级海洋机器人。

(五) 仿生机器人实用化

人们已经研制了多种仿效海洋生物行为的机器人,如:仿鱼、仿蟹、仿蛇、仿龟等,但大多数未实用化。未来在新材料、新能源、新传感器领域的技术进步,将有可能使其走向实用化。

六、结论

目前,我国海洋机器人的发展方兴未艾,尽管在 5 ~ 10 年内不会发展成为大规模的产业,但它无疑属于战略高技术领域,在这一领域我国已经有了很好的基

础,与世界水平差距不是很大。我国是制造业大国,海洋机器人的发展将推动我国海洋高技术装备产业发展,并成为这一领域制造业的大国。

参考文献

1. 李和平. 2007—2032 年美国无人系统发展路线图[M]. 北京:海潮出版社,2006.

2. Visiongain Ltd. The Emerging UMV and UGV Markets 2008 – 2018. 2008.

3. 封锡盛,等. 下一代海洋机器人写在人类创造下潜深度世界记录 10912 米 50 周年之际[J]. 机器人,2011(1).

4. 周洪光,等. 无人水面航行器发展[J]. 国防科技,2009,30(6):17 – 20.

5. The Navy Unmanned Surface Vehicle (USV) Master Plan. Department of the Navy, United States of America,2007.

6. 封锡盛,等. 自治水下机器人研究开发的现状和趋势[J]. 高技术通讯,1999,(9):55 – 59.

7. 海天. 未来海战的杀手锏:新概念武器之无人水面艇[J]. 兵器大观,2006,(3):77 – 83.

8. 封锡盛. 从有缆遥控水下机器人到自治水下机器人[J]. 中国工程科学,2000,2(12):29 – 33.

9. James R McFarlane. Tethered and untethered vehicles: the future is in the past [J]. Marine Technology Society Journal, 2009, 43(2):9 – 12.

10. Scott M Glenn, Oscar M E Schofield, et al. The New Jersey Shelf Observing System. http:// marine. rutgers. edu /cool /coolresults /papers /papers. html.



封锡盛 中国工程院院士,研究员,1941 年生,现任中国科学院沈阳自动化研究所总工程师、研究员、博士生导师。多年来从事水下机器人研究与开发工作,是我国较早从事这一领域研究的科研人员之一。多年来他领导国内多所院校和研究所的知名专家组成的总体组,完成了多项“八六三”重大项目,有些项目达到了国际先进或国际领先水平,使我国在国际高科技的前沿阵地有了一席之地,“无缆水下自治机器人的研究、开发、与应用”项目获得 1998 年国家科技进步一等奖。在国内外发表论文多篇,有两篇被收入美国政府公告与文摘。参与蒋新松主编《机器人学导论》的编写,与王棣棠合著《水下机器人》一书。主要研究方向:水下机器人总体设计 、水下机器人导航、自动驾驶和控制。

助推海洋观测技术步伐,实现科学技术自洽发展

田纪伟

中国海洋大学,青岛

一、前言

海洋科学,作为国家海洋事业发展的科学内核,就本质而言,是一门观测科学。因此作为推动海洋科学进步,提升国家海洋事业的关键环节——海洋观测,自然显现出固有的关键性和表征的必要性。海洋观测是推动海洋科学进步,推进海洋技术成果转化,繁荣国家海洋事业的原动力。

海洋观测技术则是实施海洋观测活动的基本工具,是为人们认识海洋状态、了解海洋运动、开发海洋资源、利用海洋能源、揭示海洋规律、预测海洋未来获取基础资料的唯一手段,它不但是度量国家海洋事业发展潜力,也是衡量国家整体技术水平发展的能力,是实现不同研究领域和谐进步、多基经济单元共赢发展的技术支撑。海洋观测技术是组成海洋观测系统的核心单元,因此海洋观测技术的发展,必将迎来海洋观测系统构筑的春天。

海洋观测系统主要由观测仪器设备、组网与通信、信息服务及保障运行这四大技术板块构成。根据目的、功能和用途,观测系统可分为三个层次:海洋观测业务化系统、海洋观测准业务化系统及海洋科学观测系统。业务化海洋观测系统是以国家海洋事业公益服务和满足国家发展需求为主要目标,服务于国家应对全球气候变化、国家防灾减灾、海洋资源可持续性开发与利用、国家海洋安全、国家海洋权益维护及国家海洋经济的发展。一个国家级业务化海洋观测系统不但是国家海洋事业发展的基石,也是衡量国家观测技术基本能力的天平。准业务海洋观测系统是以发展海洋观测技术,加速国家海洋高新技术发展和高新海洋技术转化进程和提高区域海洋公益性服务能力为目标。一个准业务海洋观测系统体现了国家海洋观测技术创新与技术集成创新能力,显现了海洋观测系统发展先导示范的动力,展现了国家业务化观测系统发展的潜力。海洋科学观测系统是以推动海洋科学进步和发展海洋观测技术新原理、新方法及推广海洋高

尖端测量仪器应用为目标。一个海洋科学观测系统是实现海洋科学与海洋观测技术协同进步的共享平台,是推动业务与准业务化海洋观测长足发展的核心动力,是增强国家海洋科学与技术原始创新能力的关键环节。

国家海洋标准是指导海洋观测技术发展和规范海洋观测实践的基本指南,是构成国家标准战略的重要组成部分,是提高海洋防灾减灾和应对气候变化能力的重要基础,是加速海洋观测技术成果向业务化服务能力和产业化研发能力转化的重要途径,是衡量我国海洋观测技术整体发展水平的重要指标,也是引领海洋事业科学发展的重要支撑和保障。因此,国家海洋标准化技术平台的建设,对促进海洋标准制定、发布、实施,统一技术程序和方法,加快海洋观测技术融合,提升具有自主创新国家海洋标准上升为国际标准,提高我国在标准领域的话语权和国际影响力具有重大意义。

国家海洋观测技术产学研基地是海洋观测系统科学发展的基石,是推动国家海洋事业长足发展的战略性资源。国家海洋观测技术产学研基地是一个高层次、综合性、开放式的产、学、研相结合的实体,是孕育海洋科学与技术交叉创新的摇篮,是具有竞争力的科技成果孵化与产业化基地、科技体制创新基地及高新技术人才培养引进基地,也是凸显联合、聚合资源、共谋发展的旗帜。因此,国家海洋观测技术产学研基地的建设,对提升国家海洋科学与技术自主创新能力具有重大意义。

国家海洋观测体系由业务化、准业务化、非业务观测系统、海洋标准化平台和国家海洋观测技术产学研基地组成,即三个系统、一个平台和一个基地(3+1+1)模式。国家海洋观测体系是衡量国家海洋科学研究水平、海洋观测能力及海洋公益服务职能的唯一标准,是国家海洋防灾减灾和应对气候变化能力的重要基础,是实现海洋观测技术转化为业务化和产品化高效途径,是提升国家海洋观测技术自主创新能力的坚实平台,是凝练和培养海洋科学、技术、业务、管理、服务人员的良好基地,是实现海洋强国战略的重要保障。国家海洋观测体系是以增强国家海洋观测技术综合能力为主要目标,不但建立若干海洋观测系统,更重要的是增强国家海洋观测能力的建设。因此,高瞻远瞩,审时度势,集思广益,统筹全局,运筹帷幄,从国家海洋事业全局出发,树立和落实三个系统、一个平台和一个基地合理规划与协同建设是构筑国家海洋观测体系的基本方针与策略,是实现国家业务化海洋观测系统建设可持续发展的基本保障,是国家海洋事业繁荣昌盛的重要基础,是实现中华民族的海洋强国梦想的一幅宏伟壮丽的蓝图。

二、解析海洋观测技术现状,规划海洋观测系统未来

海洋中存在着机械运动、物理运动、化学运动、生命运动等从低级到高级的

不同级别运动。海洋观测技术发展目标就是如何有效、精确、实时地获取描述上述宏观运动的基本参量和维持表征运动的内在微观机制参量,服务于海洋科学进步、海洋资源开发、海洋能源利用、海洋防灾减灾、海洋经济发展和海洋权益维护,提升国家整体海洋科学与技术创新能力和应对全球气候变化能力,助推我国海洋事业的发展。

伴随海洋资源/能源开发利用的进程的逐步深入、人们对全球气候变化和区域响应的广泛重视以及工业技术和海洋科学的发展,海洋环境监测技术,作为海洋高新技术发展的重要领域,正在发生革命性的变化。主要体现:监测空间从近海向深远海纵深,监测时间从短期间断向长期连续延拓,监测参数从单一参量向多参量扩充,监测对象从宏观现象向过程机制深化,监测平台从岸基、海基等固定基向海底、水下和星载/机载等运动基推进,监测传感器从近浅海、宏观参量向深海、微观参量发展,系统集成技术从数据终端集成向水下声学/光纤前端物理组网集成技术上发展。

中国海洋监测技术工作开始于20世纪50年代。1958年开始的全国海洋普查工作,促进了中国海洋监测仪器设备研制工作的开展,是中国海洋监测仪器设备研究发展史上的一个转折点。此后一直到“九五”之前,中国海洋监测技术大体上经历了三个主要的发展阶段:(1) 60年代中期开展了第一次全国海洋仪器会战,会战中研制出46项产品样机,结束了中国海洋仪器纯机械式的局面;(2) 70年代初期开展了第二次全国海洋仪器会战,这次会战推动了电子化、自动化温盐深综合测量仪的发展,同时为声学测流技术的研究打下了良好的基础并培养了人才;(3) 80年代中期中国开始了海洋环境自动监测网的建设工作,这一工作促进了海洋仪器设备的研究发展,新技术的应用和观测系统的建成为海洋环境监测网的建设奠定了基础。

“九五”以来,在国家863的支持下我国的海洋监测技术取得空前的发展。突破了声相关海流剖面仪、声学多普勒海流剖面仪、相控阵声学海流剖面仪、下放式声学多普勒海流剖面仪、高频地波雷达、合成孔径声呐、高精度6000米CTD剖面仪、Argo浮标、实时传输潜标、光学浮标、水下滑翔器、大深度海洋环境拖曳系统等系列核心技术,取得了一批高技术成果,形成了若干定性产品,打破了国外某些核心技术的封锁。大浮标、小浮标及波浪浮标、台站/平台自动观测系统、高频地波雷达等技术产品已成为我国海洋业务化观测系统中主要部分,并正在发挥其重要作用。这些技术产品的应用极大地提高了我国海洋监测能力,使监测区域由以往近岸观测发展到近海观测。同时,建立了“台湾海峡及其毗邻海域海洋动力环境立体监测示范系统”,目前已投入使用,并在福建等防灾减灾中发挥了重要作用。但是,由于我国对海洋环境监测技术研发起步比较晚,与国外发

达国家海洋监测的技术水平仍存在较大差距。

当今海洋监测技术与系统正在从近海观测走向深远海观测,从海洋内部观测到海气界面和海底界面观测,从海洋现象到海洋多尺度过程同步测,从海洋表征宏观参量到海洋内在机制参量,从海洋动力环境和生态环境参数获取到水声场、地磁场和重力场等物理场参量的获取,从海洋环境固有场参量观测到海洋水上下中运动目标的观测,从单基观测平台到多基观测平台,从固定基扩展到自主(自持)运动基,从单模数据通信方式到多模方式,从观测资料服务到与系统兼容同化模式信息服务等方面发展。未来的海洋观测系统发展趋势在系统技术功能方面应主要体现在:系统设计的合理性、整体布局的优化性、日常运行的稳定性、观测参数的多样性、数据通信的安全性、观测资料的可靠性、组网技术的机动性、信息服务的实时性、服务对象的层次性、系统扩展的可延性;系统运行的高效性;与同化模式的兼容性,与监测对象的适应性等方面。因此,作为国家海洋事业的重要组成部分,海洋观测系统的发展应走协调和可持续的战略发展道路。

三、发挥举国相关技术能力,构建国家海洋观测体系

国家海洋观测体系由业务化、准业务化、海洋科学观测系统、海洋标准化平台和国家海洋观测技术产学研基地组成,因此,构筑国家海洋观测体系不仅包含宏伟的海洋观测技术工程化的规划与实施,也涉及海洋标准化平台和海洋科学进步和专业人才培养基地的建设。它是多个学科的交叉集成,是当今海洋科学、海洋技术、海洋管理等方面发展水平的综合体现,标志着我国海洋事业发展水平跃上了新的台阶,象征着我国海洋科学与技术整体水平将进入世界先进行列。

国家海洋观测体系不但技术复杂,而且质量要求高,更重要的是关系到国家重大利益,需要集全国之力,多方参与,统筹协调,动员和组织全国的力量,建立海洋观测技术能力赖以生成、发展开发平台,推动创新能力的提升和产业化的顺利实现。启迪智慧、凝聚力量、团结一心、励精图治、共同谋划国家海洋观测体系建设,用我们的智慧在浩瀚的大海上铸起了一座不朽的丰碑。

四、结语

海洋是生命起源的摇篮和地球上资源广延空间,同时也是海洋科学与技术研究的纵深发展的天然试验场。我国拥有 300 万平方公里的蓝色海洋,这是实现我国经济持续发展极其重要的战略资源和维护国家海洋权益的重要区域。近年来,我国海洋观测技术与系统建设取得了很大的成就,国家海洋观测体系的建设将在本质上实现从构建观测系统到增强国家海洋观测能力的跨越。因此,凝聚国家科学与技术能力,构建国家海洋观测体系,开创国家海洋事业发展的新

局面。



田纪伟 1956 年 8 月生,博士、教授、博士生导师,享受国务院政府特殊津贴。一直从事海洋中的非线性波、非线性科学及遥感海洋学、大洋内波与混合等方面的教学与研究工作。主持国家重大基础研究“973”项目,国家高科技发展计划“863”计划,国家科技攻关和国家自然科学基金项目等十余项。在《Physical letters A》、《Geophysical Research Letters》、《Ocean Engeneering》、《中国科学》等国内外学术期刊上发表论文60 余篇,其中 SCI 收录 20 余篇。曾获中科院自然科学一等奖、教育部科技进步奖二等奖(第一位),获教育部跨世纪人才培养计划基金项目资助,山东省科技拔尖人才,国家百千万人才工程一、二层次,山东省十大杰出留学科技专家等多种奖励和荣誉称号。作为国家“863”计划海洋监测技术主题第二届专家组专家和第三届专家组副组长,积极组织调研和编写“十五”国家“863”海洋监测技术主题指南和重大项目可行性论证报告,为国家海洋监测技术发展作出了重大贡献。

我国海洋能开发利用现状及发展战略

夏登文

国家海洋技术中心,天津

一、前言

海洋能是指海洋中所蕴藏可再生的自然能源,主要为潮汐能、波浪能、海流能、潮流能、温差能、盐差能、海洋生物质能等,更广义的海洋能还包括海洋上空的风能、海洋表面的太阳能等。海洋能作为一种储量大、可再生的清洁能源,自进入21世纪以来,面对石油、煤炭等化石能源的日益匮乏和节能减排、应对全球气候变化的巨大压力,国际社会对海洋能在未来能源领域的战略地位已形成共识。据国际能源署海洋能源实施协议(IEA OES - IA)预测,到2050年,全球海洋能装机容量将达74800万kW,并将实现二氧化碳减排52亿吨。此外,随着海洋能产业开发,到2030年,将能为全球提供16万个直接就业机会。

2009年11月25日,我国政府率先公布了控制温室气体排放的行动目标,即到2020年单位国内生产总值的二氧化碳排放比2005年下降40% ~50%,并将其作为约束性指标纳入国民经济和社会中长期发展规划。面对如此重要的国际性承诺,我国的国民经济发展和节能减排任务将面临着前所未有的巨大压力,开发利用海洋能的战略意义重大。

二、国际海洋能发展现状

——纷纷出台发展规划及激励政策,推动海洋能发展。近年来,为应对全球日趋严峻的能源危机及生态环境恶化问题,沿海国家对海洋能开发利用的重视程度日益提升,把海洋能资源作为一种战略性资源给予重点支持,纷纷制定海洋能开发利用技术和产业发展规划,明确发展目标和发布技术发展路线图,并出台一系列激励政策和措施(表1)。

——开发利用技术得到快速发展,应用示范规模扩大。目前共有30多个国家研发了100多种不同形式的海洋能发电技术,其中,潮汐能开发利用技术最为成熟,以韩国始华湖电站为代表的多座潮汐能利用技术已基本实现商业化;以英国为代表的欧洲国家波浪能、潮流能技术发展迅速,部分技术已开展预商业化技

术示范(表2、3)。

表1 国际海洋能规划、路线图及激励政策措施

类别	国家/组织	名称	目标/资金支持
规划	国际能源署	国际海洋能愿景	到2030年,创造就业岗位16万个,减少52亿吨CO_2排放;2050年,全球海洋能装机容量74800万kW。
	英国	海洋能行动计划2010	潮流和波浪能发电提供全英国电力需求的15%~20%。
路线图	欧盟	欧洲海洋能源路线图2010—2050	到2050年,欧洲海洋能装机容量满足欧洲15%的能源需求。
	美国	海洋水动力可再生能源技术路线图	2015年达到0.5万kW;2020年达到0.5万~5万kW;2025年达到10万kW。
	加拿大	海洋能技术路线图	2016年前达到7.5万kW;2020年前达到25万kW;2030年前达到200万kW。
	爱尔兰	海洋能发展路线图	2020年总装机量50万kW。
	葡萄牙	海洋能发展路线图	2020年总装机量55万kW。
激励政策	英国	可再生能源义务证书结合制度	海洋能技术发电可交易证。
		海洋能试验基金	2010年为6家公司提供2800万英镑资金支持。在商业化应用阶段设有总额达5000万英镑海洋能应用基金。
	苏格兰	蓝十字奖	为首个连续两年累计发电量达1亿kW时的海洋能设备研发者提供奖励。
	爱尔兰	国家海洋能战略	为海洋能示范应用投资2700万欧元。

表2 国际上产业化前景较好的潮汐能电站

国家	电站/技术名称	技术特点	装机功率	运行状态
法国	朗斯潮汐电站	单库双向发电	240 MW	商业化运行
加拿大	芬迪湾安纳波利斯潮汐试验电站	单向贯流式	单台20 MW	商业化运行
韩国	始华湖潮汐电站	单库单向发电	254 MW	商业化运行

表 3 部分正开展技术示范的潮流能、波浪能技术

名称	国家	装机容量(kW)
“SeaGen”水平轴式潮流电站	英国	1200
“Openhydro”潮流能涡轮发电装置	爱尔兰	1000
“Verdant Power”三叶片水轮机	美国	175
“Pelamis”筏式波浪电站	英国	2250
“Osyter”摆式波浪能装置	英国	2250
“WaveDragon”收缩波道式波浪电站	丹麦	700
点吸收式波能发电装置 Power Buoy	美国	40
Pico 振荡水柱式波浪能电站	葡萄牙	400

——公共服务平台进一步完善,产业化发展环境已基本形成。英美等国联合成立网络化海洋能试验场,共享海上试验基础设施,提供全面、系统的测试和评价服务,降低研发成本,为实验室工程样机走向商业化应用奠定基础条件(表 4)。

表 4 国外海上试验场

类型	国家	建成年份	离岸距离(km)	水深(m)
波浪能	英国(2 个)	2004、2011	1 ~ 2、16	35 ~ 75、50
	爱尔兰	2006	1	22
	美国	2008	3.2	45 ~ 55
	西班牙	2011	0.75	50 ~ 90
	法国	2011	15	35
	葡萄牙	–	4.5 ~ 7.5	30 ~ 90
	爱尔兰	2012	7	20 ~ 100
潮流能	英国	2007	1 ~ 2	25 ~ 50
	加拿大	2009	–	45

三、我国海洋能发展现状

（一）资源条件

我国是一个海洋大国，有 18000 公里海岸线，有着丰富可观的海洋能储量和可开发利用量。初步估计，我国近海海洋能理论蕴藏量近 20 亿 kW，具有很好的开发利用前景。

（二）发展状况

——国家高度重视，政策环境良好。2006 年颁布的《可再生能源法》明确提出将海洋能纳入可再生能源范畴。《国家能源发展“十二五”规划》、《可再生能源发展“十二五”规划》、《国家“十二五”海洋科学和技术发展规划纲要》均明确提出了发展海洋能源。2010 年，在国家海洋局与财政部联合推动下，设立了“海洋能专项资金”。至今已投资 6 个亿，对海洋能技术研发、工程示范、公共服务平台建设等进行全面支持。

——技术研发起步较早，具有一定的技术积累。20 世纪 80 年代以来，以中科院广州能源所、哈尔滨工程大学、国家海洋技术研究所为代表的国内研究单位已开展了海洋能技术的研发工作。经过 30 多年的积累，已形成了一批实验样机和工程样机，开展了一定的应用试验。其中潮汐能电站已实现商业化运行，潮流能和波浪能技术已具备示范应用基础。国内海洋能技术现状见表 5。

——海洋能基础设施建设陆续启动，产业发展环境逐步改善。海洋能技术装备提供检测认证服务等的基础设施以及公共服务平台的缺乏，一直是制约我国海洋能产业发展的瓶颈。在海洋能专项资金支持下，国家投入近 5000 万元资金，支持包括海洋能标准在内的海洋能综合建设实验室以及国家及波浪能、潮流能海上试验场建设。目前，海洋能海上试验场已经完成总体工程设计，近海波浪能和潮流能试验场第一期工程已经列入计划并启动建设。

（三）存在的主要问题

——对海洋能开发利用的战略地位认识不足，公众关注度不够。海洋能开发利用宣传培训教育工作欠缺，对海洋能的战略地位缺乏足够的认识，缺乏应有的公众关注度，海洋能资源保护意识薄弱。近年来，随着新一轮沿海开发热潮的兴起，海洋能与其他海洋产业的竞争性用海问题日渐突出，在经济利益驱动下，

海洋功能区划得不到有效的贯彻,多处优良的海洋能潜在开发利用区域被破坏或改为它用。

表 5 国内海洋能技术发展现状

类型	技术现状及特点	应用现状
潮汐能	能设计制造单机容量为 2.6 万 kW 的潮汐发电机组,低水头大功率潮汐发电机组的设计和制造,达到商业化程度。 技术特点:栏坝式	江厦潮汐电站装机容量 3900 kW,已实现商业运行近 30 年。
潮流能	先后研建了 70 kW 和 40 kW 的垂直轴潮流试验电站,150 及 300 kW 垂直轴潮流电站在研,30、60 kW 水平轴潮流电站在研。 技术特点:漂浮式、固定式垂直轴、固定式水平轴、半直驱水平轴式	已具备了百千瓦级潮流能电站的设计制造能力,300 kW 潮流能电站具备示范应用能力(哈尔滨工程大学、哈尔滨电机厂)
波浪能	研建了 100 kW 振荡水柱式和 30 kW 摆式波浪能发电试验电站,波浪能供电的海上导航灯已形成商业化产品并对外出口。100 kW 鸭式和漂浮式波浪能电站在研。 技术特点:摆式、漂浮式、振荡浮子式、振荡水柱式、“点头鸭”式	已具备百千瓦级波浪能电站的设计制造能力,30 kW 摆式波浪能电站初步具备示范应用能力(广州能源所、国家海洋技术中心)
温差能	致力于提高转换效率,仅完成了实验室原理试验	国家海洋局一所、天大、能源所
盐差能	仅开展过原理性研究,该项研究基本处于停滞状态	西北科技大学
离岸风能	我国已具备兆瓦级海上风机的设计制造能力以及自行建设大型海上风电场的能力。 技术特点:兆瓦级海上风机	已建成第一座大型海上风电场——东海大桥 10 万 kW 海上风电场
海洋生物质能	已开展了大量基于微藻的培养、筛选、转换等技术方法研究, 技术特点:利用废气中的二氧化碳养殖硅藻,再利用硅藻油脂生产燃料。	具备实现工程化小试的能力。(中科院海洋所、中国海洋大学、国家海洋局一所)

——政策引导不足,欠缺激励机制。海洋能开发利用是一项高投入、高风险的海洋工程,需要政策扶持和经济激励。目前,我国海洋能开发利用的政策体系尚不完善,财政补贴、税收优惠、定价机制和强制上网等方面的政策缺失或不明确,政策支持对海洋能发展的引导激励作用未能充分发挥,相关政策之间缺乏协调,没有形成支持海洋能开发利用的有效机制。

——研发力量分散,缺乏核心技术装备。目前,我国海洋能的研发力量分散,缺少专门从事海洋能开发利用技术的研发机构和公共研发平台。仅有的少数从事相关技术研究的科技人员分布在大专院校、中国科学院、国家海洋局和地方科研院所,力量较为分散,没有形成合力,创新力度明显不足,缺乏对核心技术的掌握。

——海洋能开发利用技术共用平台建设滞后。海洋能的开发投资大、工程复杂、风险高,涉及到海上工程、安装维护等多个方面,借鉴国外经验,建立国家级的海洋能海上试验场等综合测试平台,对促进技术转化、积累运行管理经验,推动海洋能产业化发展具有重要意义。我国在该方面积累非常少,有关的公共平台建设尚处于启动设计阶段,相关工作亟待加强。

四、我国海洋能发展思路

(一)战略定位

——缓解我国东部沿海地区能源供给矛盾问题有效的能源补充。我国主要能源消费地区集中在我国东部沿海地区,而主要煤炭和水力资源则在西北、西南地区。电力或煤炭资源的长距离输送都面临着难以克服的高耗能、高成本、低安全性和低可靠性等问题。我国东部沿海地区拥有丰富的海洋能资源,开发海洋能将为沿海社会经济的发展提供必要的能源补充,为缓解我国沿海地区电力供应紧张局面提供一条有效途径。

——解决偏远海岛能源供给的最佳选择。目前,我国多数有人居住的海岛都依靠柴油发电,不仅价格高,而且不能保证供应,更不能用于发展生产。要开发海岛,发展海岛经济,必须解决电力问题。发展多能互补的海岛独立供电系统,建设能充分保证电网安全可靠供电的分布式微电网系统是最佳选择。随着我国对南海管辖海域及岛礁管控能力的提升,必将对更多岛礁进行驻守、开发和保护。充分利用丰富的海洋能源,建设发电和海水淡化综合系统,提供充足、稳定、低廉的能源和淡水,建设宜居可守海岛,维护主权和海洋权益。

——开发深海资源有力支撑。

2011 年 7 月,国际海底管理局(ISA)批准了我国在海底勘探开采矿产资源

的申请,大洋资源的开发已进入议事日程;深水油气资源的开发也即将铺开;海底观测系统的建设是当今海洋观测技术发展的基本趋势。因此,为深海大洋资源开发和观测系统建设提供动力,成为迫在眉睫的大事。这些需求都为开发海洋能提供了契机。

——前景广阔的战略新兴性产业。海洋能的开发可带动设备制造、工程安装、运营维护、智能电网等上下游产业发展,是一项很有前途的战略性新兴产业。

(二)发展阶段

——装备培育期(2011—2015 年)

该阶段在政府的主导下,继续实施海洋能专项资金,形成以企业为主体和科研机构紧密结合的创新团队,重点任务是攻克海洋能发电装备的关键技术,研制出适合我国资源特点的海洋能发电设备。

——规模应用期(2016—2020 年)

该阶段在政府资金的引导下,重点解决海洋能装备的规模化应用问题,通过反复的应用及改进,发电装备成为可以进入市场的成熟产品。

——产业发展期(2021—2030 年)

随着海洋能产业发展的逐渐成熟,产业政策体系基本成熟,标准体系基本建立,装备检测认证体系基本完善,国家对海洋能产业的资金支持逐渐减少,海洋能产业进入快速发展期。

(三)发展目标及重点任务

——“十二五”期间(2011—2015 年)

完成近海重点区域海洋能资源储量的详查和评估。突破近岸百千瓦级波浪能、潮流能发电关键技术,研建一批多能互补示范电站。兆瓦级潮流能电站、波浪能电站的示范并网运行。发展环境友好型潮汐电站关键技术,启动万千瓦级潮汐能电站建设;研发温差能发电装置。发展离岸风电技术并实现产业化。研究并制订海洋能开发特许权招投标办法、配额制度、优惠电价制度、行业补贴制度等相关制度及配套政策措施。建设和完善海洋能开发公共支撑平台,启动海洋能开发利用综合测试基地建设。

——“十三五”期间(2016—2020 年)

继续完善以企业为主体的海洋能技术创新体系和创业机制。实现近岸百千瓦级波浪能和潮流能发电的产业化,建设千千瓦级波浪能、潮流能发电场。推广海岛多能互补电站。实现十万千瓦潮汐、潮流发电及百万千瓦海上风电的并网运行。建设潮流能、波浪能发电装置海上试验场,形成一批海洋能企业和公共服

务体系。

——远景展望(2030 年)

到 2030 年,使海洋能成为主要清洁能源之一和能源供给体系中的重要能源之一,基本解决有人居住海岛的生活用电和部分生产用电。

五、战略对策建议

——统筹规划,分步实施。针对我国海洋能开发利用总体水平不高,除潮汐能外大部分能源开发利用起步较晚、技术储备不足的实际情况,结合我国海洋能资源空间分布特点,要做好统筹规划,选准研究方向和开发重点,实现有序发展。

——完善政策法规体系,建立和健全促进机制。制定出台优惠的投资政策,上网电价补贴与税收政策,支持海洋能的开发利用。鼓励民营资本投资海洋能开发利用,简化审批程序,并给予政策性贷款安排。

——加大工程示范力度,促进技术成果转化。通过对具有发展前景的先进技术进行示范推广,规划和指导全国的海洋能开发利用技术的研发和技术成果转化。

——扶持龙头企业,发展海洋能开发装备制造业。充分利用高端海工装备制造优势,积极引导和扶持组建企业集团,开发相互配套的海洋能开发技术装备。优先发展海洋风电、潮汐、潮流、波浪发电设备制造企业,通过政策倾斜促进龙头企业的发展壮大。成立中国海洋能协会,为海洋能开发提供行业指导。

——加强海洋能开发的国际合作与交流。充分利用全球海洋能开发科技资源,加速我国海洋能开发利用的进程。与发达海洋国家开展单边或多边合作与交流,建立长效的合作机制。着消化吸收再创新的发展思路,高起点引进先进、适用技术和工艺,加快我国海洋能开发技术和产业的发展。



夏登文 1967 年 8 月生,安徽庐江人。1988 年 7 月参加工作,东北大学计算机软件与理论专业毕业,在职研究生学历,工学博士学位,工程技术带头人。

现任国家海洋技术中心副主任、国家海洋局海洋可再生能源开发利用管理中心副主任、“十二五”国家高技术研究发展计划(863 计划)先进能源技术领域主题专家、国际能源署海洋能系统实施协议(IEA OES – IA)执委会委员、国家海洋可再生能源

专项资金项目评审专家、国家海洋公益性行业科研专项经费管理咨询委员会成员、“十一五”国家科技支撑计划“海洋能开发利用关键技术研究与示范”项目领导小组成员、国家海洋功能区划专家委员会委员、国家级海域使用论证评审专家、中国海洋湖沼学会理事、中国太平洋学会海洋管理专业委员会常委。

中国大洋中脊多金属硫化物资源调查现状与前景

陶春辉

国家海洋局第二海洋研究所,国家海洋局海底科学重点实验室,杭州

一、前言

海底热液活动区广泛分布于大洋中脊、弧后盆地、弧前盆地等区域,其中大洋中脊约占60%。在全球约6万km长的洋中脊中,只有10%~20%经过较为详细的调查。从二十世纪六十年代第一次发现海底热液系统至今,全球共发现了近二百处海底热液区以及热液异常区,不均匀地分布在全球各大洋中脊和岛弧扩张带。在这些热液区沉淀堆积了丰富的富含铜、铅、锌、金、银的多金属硫化物资源。在目前已发现的热液区中,已有8处经过初步的资源评估储量估算达到100万吨。因此人们认为海底多金属硫化物有望成为二十一世纪人类即将开发的重要海底矿产资源。同时海底热液区作为天然的实验室,是当今海洋科学研究的最前沿。

二、海底热液活动调查方法与技术

海底多金属硫化物一般离散地分布在数十~数百米见方的范围内,分布水深主要集中在1500米~3000米之间,寻找硫化物需要科学的调查方法和高新技术手段。经过多年探索,我国已逐渐形成了一套有效的海底多金属硫化物勘探技术方法与流程。与陆地资源勘探技术有所不同,可分为以下步骤:

(一)地形地貌探测

利用多波束地形测量、浅地层剖面测量等声学探测技术;

(二)构造地质调查

利用重力、磁力(船载/近底)、单道和多道地震、海底地震仪、电磁勘探等方

法进行区域地质构造背景勘探研究;

(三)活动热液区热液异常探测

利用水文和化学异常探测设备进行热液异常羽状流追踪探测,如浊度、温度、盐度、甲烷、氧化还原电位、硫化氢异常探测仪等;

(四)非活动热液区/隐伏硫化物矿调查

利用近底探测技术如电磁法、近底磁力仪、地热等;

(五)矿体分布特征调查

利用中深钻、近底电法、电磁法等勘探研究硫化物矿床的三维分布;

(六)定点取样和摄像调查

利用电视抓斗、浅钻进行实时取样;海底照相或摄像进行硫化物分布调查;

(七)智能调查

利用载人潜水器、无人遥控机器人、水下自治机器人进行水下综合高精度探测;

(八)海底热液活动长期观测

利用海底长期观测系统、长周期的海底地震仪等长期监测海底热液活动。

三、我国洋中脊多金属硫化物资源调查与研究现状

2005 年以来,中国大洋矿产资源研究开发协会组织了一系列海底硫化物调查航次(环球、大洋 19、20、21 和 22 航次)。截止到 2010 年,我国已经在西南印度洋中脊、东太平洋海隆和南大西洋中脊进行了海底热液活动调查研究,发现了 17 处海底热液区。其中在西南印度洋中脊发现了 8 处热液区,在东太平洋海隆赤道地区发现了 7 处热液区,在南大西洋中脊发现了 2 处热液区。同时取得了数个国际首次发现,尤其是在西南印度洋中脊我国取得了国际上首次在西南印度洋发现海底热液活动区,也是世界上首次在超慢速扩张洋中脊发现海底活动热液区。2011 年 7 月 19 日国际海底管理局第 17 届会议上,我国递交的西南印度洋中脊 1 万平方公里的多金属硫化物资源勘探区申请获得批准。这是继太平洋多金属结核后我国在国际海底管理局获批的第二块勘探区申请。

四、海底多金属硫化物资源勘探展望与关键技术

我国将在未来 15 年内开展对已申请的西南印度洋勘探区的多金属硫化物

资源勘查与评价,并将在 10 年内完成区域放弃工作。这就需要完善、提高多金属硫化物勘探方法、技术,深入研究多金属硫化物找矿模型,利用地球物理技术和钻探技术对多金属硫化物矿区进行矿床空间分布特征勘探和研究,以开展资源评价和环境评价。

(一) 洋中脊热液区的预测与分布特征研究

利用海底地形地貌、重力异常、构造特征等地球物理、地质资料进行洋中脊热液区的预测。根据海底摄像、地形地貌、重力、磁力、电法、地震、水体温度、浊度和化学异常探测资料以及地质样品分析资料,进行洋中脊多金属硫化物区的控矿构造分析,研究洋中脊热液区的分布特征。

(二) 洋中脊热液活动区热通量和物质通量研究

通过洋中脊地热研究和喷口区异常探测,估算热液喷口在热液活动不同阶段所释放的物质和热通量,研究其对全球热循环的贡献和影响。

(三) 洋中脊深部地质结构调查研究

超慢速扩张洋中脊是否具有岩浆房? 其岩浆活动/热点与热液区活动的关系如何? 海底地震等地球物理探测将有助于研究洋中脊热液区岩浆活动、构造作用、热液循环作用以及它们之间的相互影响作用。

(四) 洋中脊多金属硫化物的资源评价方法研究

综合分析陆地硫化物矿床、海底多金属结核和富钴结壳的资源评价方法,根据洋中脊多金属硫化物的分布特点,探讨海底多金属硫化物区的资源评价方法,为西南印度洋多金属硫化物矿区资源评价提供支撑。

(五) 矿体三维勘探技术研究

Nautilus 公司在弧后硫化物海区运用电磁方法对海底硫化物开展了调查,俄罗斯对多金属硫化物的电磁勘探技术也已日趋成熟。急需发展电磁法等地球物理技术和中深钻技术开展多金属硫化物矿体的三维空间分布特征探测研究。

(六) 综合智能探测设备的研发与应用

2010 年我国研制的无人遥控潜水器海龙 II 号在东太平洋海隆热液区成功拍摄到黑烟囱,并采集到了烟囱体。2011 年 8 月“蛟龙号”载人潜水器成功完成 5000 米级海试任务,并获得了大量视像等资料。这些智能探测技术的研发应用

将提高我国海底科学探测的技术实力,并将为多金属硫化物资源勘探与开发提供技术支撑。

(七)未来超慢速扩张热液区的大洋综合钻探

国际大洋钻探计划已经在慢速扩张的大西洋中脊、中-快速扩张的东太平洋中脊相关的热液区进行了深部钻探,并取得了大量研究成果。慢速-超慢速扩张的西南印度洋中脊首个热液活动区的发现和深入勘探,为未来的大洋钻探进行不同扩张速率和构造环境成因的热液活动区的热液成矿作用与成矿机理对比、分析研究创造了条件。

参考文献

1. Baker ET, German CR. On the global distribution of hydrothermal vent fields. In: German CR, Lin J, Parson LM. Mid-Ocean Ridges: Hydrothermal Interactions between the Lithosphere and Oceans. American Geophysical Union, Washington D C,2004:245-266.

2. Tao C H, et al. First active hydrothermal vents on an ultraslow spreading center: Southwest Indian Ridge. Geology, in press.



陶春辉 博士,国家海洋局第二海洋研究所研究员,中国大洋深海勘测技术与深海科学研究开发基地常务副主任。中国大洋协会"十五"勘查技术责任专家、"十一五"洋中脊多金属硫化物调查研究责任专家、国家863计划"十二五"海洋技术领域专家。致力于海底多金属硫化物、海底声学、海洋地球物理及勘探技术等领域的研究调查工作,在世界三大洋洋中脊发现了19处热液区,实现了我国"零"的突破,并取得了国际上首次在西南印度洋中脊、超慢速扩张洋中脊和东太平洋海隆赤道附近发现海底热液活动区等多个重大发现。

无人遥控潜水器(ROV)需求分析及技术发展现状

连 琏

上海交通大学,上海

一、无人遥控潜水器(ROV)的需求分析

近二十多年来深水海域活动的频繁开展和海底资源新品种的不断发现,人们深刻地认识到了海洋高新技术是确保国家海洋权益、资源安全乃至国家安全得以维护和保障的重要关键。世界绝大多数临海国家都把开发海洋定为基本国策,竞相制定海洋科技规划,不惜重金争相发展海洋技术。

随着我国经济的快速健康发展和综合国力的不断增强,海洋在我国当前和未来发展中的战略作用愈加显现,海上安全问题已经左右中国经济安全。在2006年召开的全国科学技术大会上,胡锦涛总书记在讲话中特别强调"要加快发展空天和海洋科技,和平利用太空和海洋资源"。在《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006年—2020年)》中,把空天和海洋技术列为我国中长期科技发展的五个战略重点任务之一,把海洋技术列为重点前沿技术领域之一,中国海洋技术的发展迎来历史的机遇。

海洋环境的特殊性,决定了海洋是国家综合国力和高技术的竞技场。与世界先进国家相比,我国的深海技术和装备目前还处于起步阶段,尤其是面向深海的装备技术水平差距巨大,这严重制约了我国参与国际海洋竞争的能力,也严重制约了我国向更深更远的海洋进军的进程。因此,突破深海重大技术装备研制的技术瓶颈,打破少数发达国家的垄断地位,为我国"开拓深海和大洋"提供技术支撑已成为当务之急。

作为海洋探查和资源开发利用不可或缺的重大技术装备之一,同时也是"开拓深海和大洋"的瓶颈,ROV的技术水平在一定程度上标志着国家国防能力和科技水平,发展该项技术不仅对国民经济和社会发展以及国家军事安全有极为重大的意义,还对未来的海底空间利用、海洋旅游业、深海打捞、救生等有着不可估量的价值和战略意义。

总体上,ROV 的需求主要体现在国家战略需求和市场需求两方面。

(一) 国家战略需求

1. 海洋争霸已经聚焦深海和大洋,对海洋装备技术不断提出更高的要求和更大的需求

在陆、海、空、天四大空间中,海洋是人类远未充分认识和开发的资源宝库,是人类进入现代文明以来,世界政治、军事、经济竞争的重要领域。海洋蕴藏着丰富的油气资源、动力资源、矿产资源、生物资源和化学资源,是维持人类社会可持续发展的重要战略空间。1994 年 11 月 16 日《联合国海洋法公约》正式生效,标志着根据公约建立的领海、专属经济区、群岛水域、大陆架、国际海底等海洋法律制度为大多数国家所接受。新的海洋法使总面积 3.6 亿平方公里的海洋被分为国家管辖海域、公海和国际海底三类区域。其中 1/3 成为沿海国管辖海域,国际海底由国际海底管理局代表全人类进行管理。在新的国际海洋法律制度下,积极发展海洋高新技术,提高海洋领域的国际竞争能力,从海洋中获得更多的资源和更大的利益已成为各国的主要国家发展战略。世界绝大多数临海国家都把开发海洋定为基本国策,竞相制定海洋科技规划,不惜重金争相发展海洋技术,一场国际性的海洋竞争已经来临。海洋技术由于其应用环境的特殊性已成为可与航空航天相比拟的、各海洋国家争相投入的极具挑战性的前沿技术。

21 世纪,国际间以开发和占有深海资源为核心的海洋维权斗争愈演愈烈,而与之相伴的深海技术实力的较量也日益凸显。其原因在于,人们深刻地认识到了海洋高新技术是确保国家海洋权益、资源安全乃至国家安全得以维护和保障的重要关键,谁抢占了海洋技术的制高点,谁就会在维护自身海洋权益的斗争中赢得先机。因此,以 ROV 等潜水器为主要装备的深海装备已成为各国重点发展的技术领域。

2. 维护我国海洋主权和权益的需求

按照《联合国海洋法公约》,我国有 300 万平方公里管辖海域,其中 120 多万平方公里与相邻、相向的国家存在争议,我国在维护海洋权益方面所面临的形势严峻复杂。当代国家间的主权的竞争,说到底是资源的竞争,资源问题同时也是国际政治中的核心问题,资源的安全就是国家的安全。在南海,周边国家不断强化海上管控,持续加大海洋资源的开发力度,到 20 世纪 90 年代末期,有十几个国家的 100 多家公司在南海从事石油开采,已经在南沙海域钻井 1000 多口,发现含油气构造 200 多个和油气田 180 个,每年石油年产量达 4000 多万吨。我国的海洋权益正在受到侵犯和损害。同时,南海由于处于印度洋和太平洋交汇处的战略要冲,是世界海上运输的重要通道。每年经过马六甲海峡到达南海的船

只大于5万艘,运载着占世界运油量一半的原油及占世界贸易量三成的商品。在每天通过马六甲海峡的约140艘船只中,中国船只占60%,而且大部分是油轮,中国所需80%左右的石油靠这条航道运输。对我国来说,这是一条名副其实的"海上生命线"。然而,平均每天数量达到80艘、承载着最重要的生产资料和生活资料的中国轮船,却无法得到强有力保护。在今后相当长的时间里,中国仍将使用马六甲海峡这条海上运输通道。

深海大洋蕴藏着丰富的固体矿产资源和生物资源,具有很好的商业开发前景,如多金属结核、富钴铁锰结壳、海底热液多金属硫化物、深海微生物基因、大洋渔业资源等。其中多金属结核资源总量远远高出陆上相应储量,仅太平洋海底具有商业开发潜力的多金属结核资源总量就多达700亿吨;据不完全统计,富钴结壳太平洋西部火山构造隆起带,富钴结壳矿床潜在资源量即达10亿吨,钴金属量达数百万吨;热液硫化物矿体具有富集度大、成矿过程快、易于开采和冶炼等特点,已成为举世瞩目的海底矿产资源;深海生物基因的特殊价值,已引起国际社会的高度重视,一些发达国家已有专门机构从事研究开发,有关的商业性应用已经带来每年数十亿美元的产值。温家宝总理在2006年初指示"深入开展国际海底区域工作,关系国家长远利益……"

无论是深海油气资源开发还是大洋固体矿产资源的探查和开发,都离不开海洋装备的支持,尤其是ROV等潜水器,且随着我国海底观测网建设计划的提出和实施,ROV等潜水器的战略需求将日益增大。同时,涉及深海潜水器的许多核心技术和仪器设备均受到国外技术封锁或垄断,因此,必须走自主研发这条路。因此,发展ROV等潜水器技术与装备尤其是深海ROV等潜水器,探查与占有海洋战略资源,是维护我国海洋主权和权益、保证能源和资源安全以及经济长期可持续发展、弥补陆地资源不足的极为重要的途径和战略需求。

3. 提升海洋科学研究水平及深海装备技术水平的需要

海洋不仅是地球气候的调节器、地球生命的发源地和多种资源的宝库,也是地球科学和海洋科学新理论的诞生地。海洋科学至今仍是一门主要以观测为最基本要求的科学,海洋技术的发展是推动海洋科学发展的原动力。上个世纪,由于深海探测技术的发展,人类确立了全球板块运动理论,发现了深海热液循环和极端生物种群,带来了地球科学和生命科学的重大革命。至今,大量资料积累展现在我们面前的是一个软流圈-岩石圈-水圈-生物圈等多个圈层间存在复杂物质和能量传输、交换、循环的海底世界,而各圈层又存在各自的动力系统,这些系统最终都受洋底构造动力系统控制,显示出地球科学领域中洋底动力学的重要性。

我国地处西北太平洋活动大陆边缘,是地震、海啸等海洋灾害多发区域,海

洋地质灾害已成为对我国沿海和海洋经济、社会可持续发展的主要制约或影响因素,迫切需要通过海底岩石圈动力学探测、监测和研究,提高海洋地质灾害的预报预警能力和维护经济社会可持续发展的环境保障能力。

近几十年来,人们已逐渐认识到,人类对于海洋这一最有望支持人类可持续发展的重要区域还知之甚少。海洋作为地球系统科学研究及其观测的关键地区之一已备受重视。代表海洋高新技术的精确定位、原位实时高分辨率探测、深钻和超深钻等技术的发展将有助于地球和生命的起源、全球变化、海底固体矿产资源和能源的成因和赋存规律等理论问题研究的突破,而 ROV 等潜水器恰恰是实现海洋探测的载体。在国家中长期科学和技术发展规划纲要中,推动海洋科学进步也已作为"加快发展海洋技术"的目的之一。因此,发展以深海 ROV 为主要装备的深海探测、运载和作业综合技术装备体系,将为我国海洋科学研究提供有效的手段,极大地推动我国海洋科学事业的发展。

(二)市场需求

ROV 的市场需求主要体现在海洋油气开发、海底管线布设和维护、水下结构物的检测/监测、水下施工和作业、水下救援等等领域,其需求大都集中于浅水和中深水(小于等于 2000 米)。随着我国海洋油气开发向南海进军,开采规模和工作水深将不断增大,水下安装、作业、施工、维修、检测/监测的作业量将大大增加,对 ROV 技术 提出更高的要求和更大的需求,尤其是重载作业型 ROV 将是海洋油气开发不可或缺的装备。目前,我国海洋油气开发中所应用的 ROV 大多从国外租用或引进。

此外,随着深水油气资源的大规模勘探开采,水下工程技术得到了很大的发展。但是,水下工程的高风险、高科技特点,使得水下系统的事故所带来的后果更严重,对事故、故障的应急处理更复杂、更重要。由于"深水地平线"平台爆炸导致的墨西哥湾漏油事故,不仅造成了巨大的经济损失,而且带来了巨大的环境和生态灾难。因此,针对深海石油设施溢油事故研究其解决方案和措施,研制以重载作业型 ROV 为载体的海上油气田水下设施应急维修作业保障装备就显得非常迫切。

综上所述,ROV 是海洋探测、资源调查与开发不可或缺的手段,其发展具有重要的战略意义。

二、国内外研究现状及其发展趋势分析

常见的深海潜水器系统大致可分为四类:载人潜水器(HOV),可以在有限时间内执行比较精细的科学考察和取样任务;自治潜水器(AUV),通过预置的

智能控制程序在有限时间内完成大范围粗犷式水下调查任务;深海拖曳系统(DT),可以在无限时间内执行水下调查任务;带缆无人遥控潜水器(ROV),可以在无限时间内执行水下作业、调查与取样。

(一) 国际潜水器技术研究现状及发展趋势

美国、日本、俄罗斯、法国等发达国家目前已经拥有了从先进的水面支持母船,到可下潜 3000 ~ 11 000 m 的深海潜水器系列装备,包括有深海遥控潜水器、自治潜水器、载人潜水器、深海工作站等所构成的技术装备体系,实现了装备之间的相互支持、联合作业、安全救助,能够顺利完成水下调查、搜索、采样、维修、施工、救捞等使命任务,充分发挥了综合技术体系的作用。美国 Woods Hole 海洋研究所的 Alvin 载人潜水器(4500 m)、ABE 自治潜水器(4500 m)、Jason 遥控潜水器(6500 m)在深海勘查和研究中以其技术先进性和高效率应用而著名。目前美国 Woods Hole 海洋研究所在积极开展新型深海潜水器的研发,如 New Alvin 载人潜水器(6500 m)、SENTRY 自治潜水器(6000 m)、HROV 混合式潜水器(11 000 m)。欧洲各国为保持现有的经济实力,在高技术领域内增强与美、日等发达国家的竞争力,迎接新兴工业国的挑战,克服国家小、资源和资金不足、市场狭小、国力有限的弱点,制定了尤里卡计划,走联合、优势互补的路线,深海潜水器的技术发展和技术体系较为完善。日本在海洋研发方面重点在深海潜水器计划,其水下技术处于世界领先水平,国家投入巨资支持其国家海洋地球科学与技术中心(JAMSTEC)的发展。日本政府投入巨资建设了水面母船支持的多类型深海潜水器,包括 6500 m 的载人潜水器“SHINKAI6500”以及 2003 年丢失的潜水深度达到 11 000 m 的无人遥控潜水器“KAIKO”。基于这些装备,日本和美国、法国联合对太平洋、大西洋进行了较大范围的海底资源和环境勘探。

在遥控潜水器(ROV)方面,世界第一套商用 ROV 诞生于 1974 年,是 Hydroproducts 公司研制的 RCV - 225。根据 UNOLS 的报告,目前国际上商用的 ROV 系统基本工作在 3000 m 以浅,应用于 3500 m 以深的深海作业和探测 ROV 必须具有专业化设计,只有少数机构拥有。世界上下潜最深的 ROV 曾经是日本 JAMSTEC 投资 45 亿日元研制的“KAIKO”号 11 000 m ROV,1994 年就曾到达 11 000 m 海底进行近海底板块俯冲情况调查,但 2003 年在海上作业时由于中性缆断裂而造成系统的 ROV 本体丢失,后来 JAMSTEC 在原系统基础上又开发了一套潜深达 7000 m 的 ROV,“KAIKO 7000”。美国伍兹霍尔海洋研究所 2007 年成功开发了 Nereus 混合型潜水器(HROV,图 1),其最大工作水深为 11 000 m,具有 AUV 和 ROV 两种模式。该系统于 2009 年 5 月 31 日成功地下潜到马里亚纳海沟 10 902 m 水深,这是世界上第三套工作水深达到 11 000 m 的潜水器系

统。该项技术成功结合了 AUV 和 ROV 的技术特长,弥补了 AUV 系统无法定点观测作业而 ROV 系统开发运行成本高的不足,已成为国际无人遥控潜水器技术发展的一个重要方向。

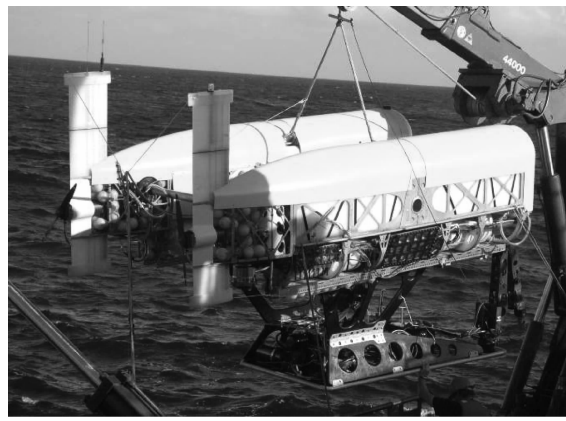


图 1　美国的海神号 HROV

作为海上油气田水下作业必不可少的装备之一,作业型尤其是强作业型无人遥控潜水器(ROV)得到越来越广泛的应用。以水下生产系统为例,最具代表性的有:英国的 Argyll 油田水下站和美国的 Exxon 油田水下生产系统,它们已应用 ROV 进行水下调节、更换部件和维修设备。世界上最大型的 ROV 系统当属 UT1 TRENCHER 系统,如图 2 所示。它是一套喷冲式海底管道挖沟埋设系统,主尺度 7.8 m×7.8 m×5.6 m,象一所房子那样大,空气中重量达 60 t,最大作业水深 1500 m,最大功率 2 MW(约 2680 hp)。

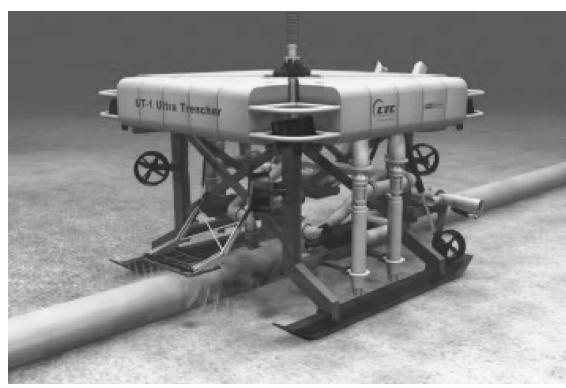


图 2　世界上最大的 ROV 系统—UT1 TRENCHER

图 3 为用于海洋石油水下作业的强作业型 ROV Canyon 系统 Triton XLX 18。其最大工作水深 3000 m,功率 150 hp,最大有效负载 550 kg,主尺度 3.22 m×

1.80 m×2.1 m,空气中重量 4900 kg。用于海上钻井支持、海上建造支持、平台清洁和检测、海底埋缆、深水救捞、遥控作业工具布放、海底管道布放等作业。



图 3 强作业型 ROV Triton XLX 18

综上所述,国际上 ROV 等潜水器已成为最重要的探查和作业平台,其发展趋势是朝着实用化、综合技术体系化方向发展,且功能日益完善。发展多功能、实用化无人遥控潜水器、自治水下机器人、载人潜水器和配套作业工具,实现装备之间的相互支持、联合作业、安全救助,能够顺利完成水下调查、搜索、采样、维修、施工、救捞等任务,已成为国际潜水器的发展趋势。

(二)国内技术现状及存在问题

我国在"八五"至"十一五"期间在潜水器技术的研究、开发和应用方面做出了卓有成效的工作。国家 863 计划、原国防科工委预研计划、大洋协会设备发展计划和海司航保部防救装备研制计划都安排支持了这方面的直接技术、相关技术和支撑技术的预研和开发应用。中船重工集团 702 所、中科院沈阳自动化研究所、中科院声学研究所、上海交通大学和哈尔滨工程大学等单位都组建了专门研究机构,已成功地研制出了重量从几十公斤到二十几吨,工作深度从几十米到 7000 m 的各种潜水器,如工作水深为 1000 m、6000 m 的自治潜水器以及智水军用水下机器人,SJT-10 遥控潜水器、ML-01 海缆埋设机、自走式海缆埋设机、海潜一号、灭雷潜器、8A4、ReconVI、YQ-2、与国外合作研制的 3500 m"海龙号" ROV 以及正在研发的 4500 m ROV 等一系列遥控潜水器和作业装备,7103 深潜救生艇、捞雷潜水器、常压潜水装具、移动式救生钟和机动式救生钟等载人潜水装备和已经完成 5000 米级海上试验的 7000 m 载人潜水器等。

通过上述各种潜水器的研制,使我国在耐压结构及密封、槽道螺旋桨推进、水声导航定位、水声环境探测、图像传输、控制系统、主从式机械手控制等技术方

面都已取得实用性成果;在路径规划、动力定位、光学、声学图像识别及导引,力感机械手智能技术等方面也取得长足的进展,提升了与之相关的制造和加工能力,这为赶超国际深海载人潜水器的先进水平奠定了重要的技术基础,同时还锻炼和培养了一支专业素质高、科研经验丰富的全国性攻关队伍。

尽管经过十多年的努力我国的深海潜水器技术有了突破性的进展,特别是在7000 m 载人潜水器、6000 m 自治潜水器等的研究过程中,通过引进、消化和吸收,掌握了一批关键技术,但是与世界先进国家相比,我国的深海技术和装备目前还处于起步阶段,面向深海的装备技术水平有一定差距,尤其是在装备和技术体系的建设方面差距较大(见表1),且大量关键核心装备与技术依然依赖进口,引进中存在着技术封锁和贸易壁垒。造成这种差距的主要原因有:

1. 技术研发处于跟踪研仿状态,自主创新不足

我国海洋装备的原始创新很少,基本处于跟踪研仿状态,自主创新不足,难以为我国的海洋开发提供必要的支撑。

2. 海洋高技术研发成果转化缺乏有效机制和平台、缺乏国家级深海公共试验平台和基地,且应用机制不健全,工程化和实用化进程缓慢,产业化举步维艰

海洋环境的特殊性使得海洋装备的研发过程不同于陆上装备的研发,必须经过大量的实验室试验、海上试验,并不断改进、完善,才能进入工程化、实用化乃至产业化进程。因此,完善的试验条件是海洋装备研发必不可少的支撑条件。目前,我国深海试验基地与平台建设刚刚起步,应用机制还不健全,不能满足海洋装备研发的需求,严重影响了我国海洋技术的产业化进程。

3. 深海科学研究和技术研发脱节,未形成科学研究与技术开发互动的机制

纵观世界深海技术的发展历程,深海技术发展与科学研究是相辅相成、相互促进的。全球海洋观测系统、综合大洋钻探计划、海底观测网计划和洋中脊计划等大型研究计划的实施,带动了大批深海高技术的研发、集成和应用,科学问题引领技术创新,技术发展提升科学研究的水平,已经成为海洋特别是深海科学研究发展的趋势。而我国目前科学研究和技术开发分属于不同计划体系,尚不能很好地互相促进和发展。

4. 体制机制亟待改革和创新

由于我国目前与海洋相关的计划分属不同的计划体系和管理部门,缺乏统筹规划,技术力量分散,资源不能得到有效的利用,无序竞争依然存在,因此制约了我国海洋技术和装备的发展,亟待探索合理有效的体制机制以更快地推进海洋事业的发展。

综上所述,潜水器整体装备水平落后的状况制约着我国深海资源勘查和开发利用活动的开展,限制了我国深海海上作业的整体水平的提高。因此,研制具

有自主知识产权、实用化的大型深潜装备系列,实现装备研制的国产化,初步形成深海探查和作业装备体系,并探索一条有效的运行、应用机制和管理模式,这对于我国在21世纪开发深海资源具有重要的战略意义和历史意义。

表1 国内外深海潜水器技术对比

深海潜水器	深度级别(m)	国际	中国
ROV	3000	★	★
	4500	★	✪
	6000	★	
	11 000	★	
AUV	3000	★	
	4500	★	✪
	6000	★	★
HOV	3000	★	
	4500	★	✪
	6000	★	☆

★:已有;☆:海试中,即将完成;✪:正在研制中

三、建议

针对我国勘探和开发深水油气、天然气水合物等资源、开展深远海科学考察和国际海底资源探查的迫切需求,发展我国的大型深潜装备技术,开发不同深度级别、不同应用目标的无人遥控潜水器及其配套的辅助作业工具,构建我国的深海装备研发、试验、产业化公共平台(基地),不断完善我国的深潜装备技术体系,实现深海运载和作业技术的国产化和产业化,造就国际先进水平的潜水器专业研究开发队伍和高级人才,形成深海作业能力。同时,在相应的政策措施方面,建议:

(1)制定相关标准与规范,积极推动深海高技术装备研制的标准化与规范化,强化规范化的海上试验与观测研究。

(2)发挥企业在成果转化过程中的主体作用。制定长期稳定的激励政策,对从事海洋技术产业的企业实行财、税补贴,扶持我国深海高技术和装备制造业的发展,鼓励企业走向深水和海外,对进入国际市场的技术装备企业进行奖励性

资金扶持,推动我国深海高技术产业的发展与壮大。

(3) 结合深海重大项目实施以及国家深海技术公共平台和重点学科建设,带动创新人才的培养,力争在深海基础研究和高技术研究领域,造就一批高水平的科技专家和具有全球思维的战略科学家。

(4) 成立海洋技术产业专项投资基金,同时吸纳广泛的社会投资进入海洋装备制造领域。

(5) 国家海洋新兴产业投资项目和资金支持 3 - 5 个海洋技术产业孵化器。



连琏 上海交通大学船舶海洋与建筑工程学院教授(二级)、博导,清华大学双聘教授、博导。IEEE 海洋工程分会(OES)上海分会主席,上海市第十二届、十三届人大代表,中国民主同盟中央委员会委员。长期从事海洋工程技术领域研究、教学工作。

1999—2011 年,任国家 863 计划海洋技术领域(主题)专家组成员;2001—2005 年,任海军"十五"预研潜艇总体专家组成员;2008—2011 年,任自然科学基金委地球科学学部海洋学科评审专家组成员;2011 年 2 月—目前,担任 IEEE 海洋工程学会(OES)上海分会主席;2011 年 10 月起受聘为清华大学双聘教授。

深海采矿——前景与挑战

刘少军 等

中南大学 机电工程学院,深海矿产资源开发利用技术国家重点实验室,长沙

一、背景与需求

海洋占地球表面积的71%,是地球上尚未被人类充分认识和利用的最大的潜在战略资源基地。除丰富的油气资源外,海底目前已知有商业开采价值的还有多金属结核、富钴结壳和多金属硫化物等金属矿产资源。据测算,海底多金属结核资源总量约3万亿吨,其中镍、钴、铜、锰总储量分别高出陆上相应储量的几十倍到几千倍;全球海洋富钴结壳潜在资源量达10亿吨,其中钴平均含量较陆地原生钴矿高出几十倍,钴金属量达数百万吨,铂平均含量高于陆壳80倍;多金属硫化物富含铜、铅、锌、金、银和铂等金属,其富集程度远超过陆地矿床。全球热液硫化物资源总量目前尚待调查确定,但对几个洋中脊矿床的估计显示,单个矿床的矿石量在100万~1亿吨之间。

我国矿产资源种类丰富,总量较大,但人均占有量仅为世界的58%,其中45种主要矿产资源人均占有量不到世界平均水平的一半。随着我国进入工业化快速发展阶段,矿产资源的消耗正以惊人速度增长。我国已经成为世界上最大的矿产进口国,铜、铁、铅、镍、铝、钴等主要矿产的对外依存度均已超过50%。中国已进入以重工业快速发展为特征的工业化中期阶段,未来20年将是我国矿产资源生产和消费的高峰,对国外资源的依赖度将会越来越大。占有和开发国际海底区域的多金属结核、富钴结壳、多金属硫化物等资源对增强我国的战略资源保障程度意义重大。

另一方面,深海矿产资源的大部分赋存于国际海底,被《联合国海洋法公约》规定为“人类共同继承遗产”,并以平行开发原则制定相应的“勘探规章”进行管理。我国管辖海域面积相对较小,外大陆架扩展困难,利用国际海底区域有关矿产资源探矿与勘探规章,申请国际海底矿区,对拓展国家战略发展空间有着重要作用和意义。如,我国获得的多金属结核矿区位于东太平洋美国本土与夏

威夷岛附近,2011 年获得的多金属硫化物矿区位于西南印度洋,为我国走向三大洋战略布局的形成奠定了良好的基础。正如我国多金属硫化物矿区获得核准后第二天《印度快报》所说:“中国将有理由维持在这一区域的持续存在”,“这将给他们一个以合法方式搜集海洋学和水文学数据的机会”。

因此,开展深海矿产资源研究,对增加我国战略资源储备,拓展我国战略发展空间具有十分重要的意义。

二、挑战与机遇

由于海洋尤其深海矿产资源所处的超常极端环境和特殊赋存状态,深海矿产资源的开发必然面临前所未有的技术难题;同时,由于深海采矿很可能在国际海域进行,一些陆地资源输出国或难以具备深海采矿技术能力的国家很可能提出极为苛刻严厉的环保标准来限制深海采矿的实施。深海矿产资源的开发必须对技术、环保以及经济等多方面因素和可行性予以考量。

从技术可行性来看,20 世纪 70 年代末,以美国为首的西方国家组成的财团在太平洋进行了数次深海多金属结核采矿海试,成功地从 5000 米水深海底采集到数百吨多金属结核,最大产量超过 40 吨/小时,验证了深海采矿的技术可行性[1];2006 年,鹦鹉螺矿业在 ROV 上搭载陆地旋轮式掘削头和泵等进行了深海多金属硫化物的海底原位采集试验,在 13 个地点采集到 15 吨矿石,表明陆地采矿技术和水下作业技术相结合可以实现深海多金属硫化物的开采[2]。因此可以说,虽然深海矿产资源的大规模商业开采依然面临巨大的挑战,但并不存在不可逾越的障碍。

根据目前的采矿系统和工艺方案,深海采矿可能造成的环境影响包括:对海底的直接物理扰动、沉积物羽状流、对海底生物的声学干扰、废水排放和机械故障泄漏等。20 世纪 90 年代,德国、日本、美国、印度等多个国家和组织针对深海采矿对海底沉积物扰动影响进行了多个评价试验,其基本结论为“(海底)小型底栖生物种类在试验后立即减少,2 年后基本恢复到原来水平,但种类构成与原来并不完全相同”[3]。也有一些学者认为,与陆地采矿相比,深海采矿的酸性废水排放、废渣与废弃矿区的问题并不更加严重[4]。可以认为,深海采矿会带来环境污染,但并不一定比陆地采矿和海洋采油更高,而且可以通过各种努力将其限制在可接受的程度。

深海采矿的经济可行性与系统的固定投资和操作成本相关,更取决于国际市场的金属供求与价格。2008 年,联合国海底管理局在印度召集全球 48 个不同国家和组织的深海采矿、选冶和技术经济分析专家对多金属结核开发利用的技术现状和发展前景进行了讨论。与会专家参照印度尼西亚国有采矿和金属公司

标准,确定 15% 的内部收益率(IRR)为下限,并根据当时世界金属价格走势和多金属结核开发生产成本,应用 12 个模型进行了技术经济评价,其结果为除采用最低金属价格和最高成本的一个案例为 14.9% 外,其余 11 个案例的 IRR 都超出了截断值,其中一些产生了约 30% 的内部收益率。鹦鹉螺矿业、日本和韩国的一些学者在他们的多金属硫化物和富钴结壳开采技术经济分析中也得到了一些乐观的结论。

三、现状与趋势

国际上对深海矿产资源的开发研究已有几十年历史,期间由于经济、政治等方面因素经历了几次此起彼伏。

20 世纪 50 年代起,以美国为首的几个西方国家财团针对深海多金属结核开发开展了大量研究并于 70 年代末进行了多次采矿海试,其中包括:OMA(Ocean Mining Associates, 美、比、意)1978 年 5500 米采矿海试、OMCO(Ocean Mineral Co. 美国)1979 年 5500 米采矿海试、OMI(Ocean Management Inc. 美、日、加、德)1978 年 5200 米采矿海试等。这些研究与海试不仅验证了深海采矿的技术可行性,而且发展了水力式、机械式和复合式等结核采集技术,拖曳式、阿基米德螺旋和履带自行式等集矿机行走驱动技术,研发了海底矿物输送的混流式深潜电泵,形成了管道输送式深海采矿系统技术原型,可以认为,美国等西方发达国家已基本完成了深海多金属结核采矿的技术原型及中试研究,具备了商业开采能力。

1983 年,根据《联合国海洋法公约》,联合国设立了国际海底管理局并提出先驱投资者制度,90 年代初,印度、日本、法国、俄罗斯、中国、韩国与海金联(东欧七国集团)等 7 个国家和组织成为首批先驱投资者,在国际海底管理局的相关“勘探规章”框架内成为新一轮深海采矿研究的主要力量。经过一段时间的研究后,日本 1997 年进行了 2000 米的采矿系统海试,印度、韩国分别于 2000、2006、2009 和 2010 年进行了部分采矿系统的浅海试验。同时期,美国、日本的一些学者也开展了深海富钴结壳采矿技术的原理和方法研究。

20 世纪末,深海多金属硫化物成为深海资源开发的一个新的热点。澳大利亚的鹦鹉螺矿业和海王星矿业两家公司在多个西南太平洋国家专属经济区内申请了 100 多万平方公里的勘探区,开展了大量针对海底多金属硫化物的勘探作业。2006 年,鹦鹉螺矿业提出其采矿系统设计方案并宣布已与 Technip 等世界著名海洋工程公司签订了开发制造合同,计划于 2010 年进行商业开采,后因 2008 年世界金融危机推迟。2011 年 1 月,巴布亚新几内亚政府将世界上第一个深海采矿租约发给鹦鹉螺矿业,由其开发俾斯麦海内的 Solwara 1 矿区。根据勘

探结果,该矿区资源探明储量为220万吨矿石,其中包括87万吨含量为6.8%的铜矿石和含量为4.8克/吨的黄金矿石。2012年4月23日,鹦鹉螺矿业对外宣布已和中国铜陵有色公司签订了协议,将于2013年4季度为铜陵供应铜矿。

我国的深海采矿技术研究主要在国务院大洋专项的支持下进行,20年来,进行了中试采矿系统设计,研制了水力复合集矿和履带自行式集矿机和两级高比转速深潜泵,2001年在云南抚仙湖进行了135米水深部分系统湖试,曾计划于"十五"期间进行1000米水深海试,但由于试验船及其他多方面因素至今未能得以实施。国家863计划、国家自然科学基金委对我国深海采矿技术研究也给予了一些资助和支持,但毕竟受资助力度等限制对深海采矿系统研究开发的整体推进作用有限。

四、目标与任务

随着陆地矿产资源的不断枯竭,深海矿产资源必将成为人类21世纪的接替资源。深海采矿技术是真正占有和利用深海矿产资源的必需手段。发展深海采矿技术,开发深海矿产资源,是我国国民经济可持续发展的需求,也是中华民族贡献人类的责任。因此,我国深海采矿技术发展的总体目标必然是:形成最先进的深海矿产资源开发技术,具备高效可靠的深海矿产资源商业开采能力。根据我国深海采矿技术的发展水平,这个总体目标可大致分为3个阶段来实现:从现在到2020年为关键技术研究阶段,重点是掌握采集、行走和管道输送等方面的关键技术;2020至2030为系统集成阶段,以完成半工业试验程度的采矿海试为目标;2030至2050为商业开采准备阶段,形成技术先进、可获得高收益的商业开采能力。

按照上述阶段目标划分,在当前关键技术研究阶段,我国深海采矿技术研究开发的重点任务可按以下几个方面归纳:

(一)深海矿产资源开采总体技术研究

包括不同深海矿产资源采矿条件研究;深海采矿方案和开采工艺研究;深海采矿总体系统以及开采设备配置方案研究;深海采矿扰动影响和环境保护研究;深海矿产资源开发技术经济评价研究等。

(二)采集与行走技术研究与试验

包括多金属结核开采中的高效采集技术和海底沉积物稀软底质集矿机行走技术、深海富钴结壳和多金属硫化物开采中的海底矿物切削剥离采集技术和海底复杂地形作业车辆行走和越障避障技术等。

（三）输运技术研究与试验

包括长距离垂直管道粗颗粒固液两相流输送技术研究、高效节能防堵粗粒浆体特殊混输泵设计技术研究、风浪流复杂海洋环境管道输送安全保障技术研究等。

（四）水面支持技术研究

包括采矿工作母船的功能与布局研究、采矿系统水下设备的导航定位与布放回收研究、采矿设备的动力供应与监测控制技术研究、采矿船的动力定位与防摇止荡，以及提升管道的升沉补偿技术研究。

参考文献

1. McFarlane JAR, Brockett T, Huizingh JP. Analysis of mining technologies developed in the 1970's and 1980's[C]. Workshop on Polymetallic Nodule Mining Technology – Current Status and Challenges Ahead. 18 to 22 February 2008 in Chennai, India.

2. Nautilus Minerals Inc. Annual Report 2006[R]. 2007.

3. Chung J S. Deep Seabed Mining Environment: Preliminary Engineering and Environmental Assessment[C]. International Society of Offshore and Polar Engineers (ISOPE) Special Report OMS – EN – 1, July 1, 2002.

4. Scott SD. The dawning of deep sea mining of metallic sulfides: The geologic perspective [C]. International Society of Offshore and Polar Engineers, Proceedings of The Seventh ISOPE Ocean Mining Symposium (2007). Lisbon, Portugal. 2007, 6 – 11.



刘少军 1955 年 11 月出生,中南大学机电工程学院教授、博士生导师,中南大学研究生院副院长。1997 年于中南工业大学获工学博士学位。1992—1997 年留学日本名古屋大学,从事液压系统数字控制技术和车辆主动减振技术研究。2001 年被聘为中国大洋矿产资源研究开发协会“十五”深海技术发展项目首席科学家,2008 年被聘为国家海洋局“国际海底区域新矿区申请”工作组成员,从事深海矿产资源勘查与开采技术及装备、国际海底资源开发战略方面的研究。深海矿产资源开发利用技术国家重点实验室副主任,IEEE 海洋工程学会与控制工程学会会员,国际海底与极地工程学会(ISOPE)海洋采矿工作组(OWG)核心成员。

对海洋及海洋探测装备工程产业的战略思考

齐 赛 等

解放军总参谋部三部

一、对海洋的几点思考与认识

（一）人类未来实现可持续发展必然依赖于海洋

根据2011年6月，英国石油公司（BP）发布的《BP世界能源统计2011》报告，截止2010年，全球石油探明储量达到13 832亿桶，储采比为46.2年。煤炭、天然气的储采比远高于石油，可供人类使用两百到三百年。但是，随着世界人口的继续增长以及生活水平的大幅提高，能源、资源消耗需求也急剧上升，陆地资源矿产将日益枯竭。海洋面积占地球面积71%左右，蕴藏着丰富的油气资源、动力资源、矿产资源、生物资源和化学资源，是维持人类社会可持续发展的重要战略空间，深藏于海底的资源有望成为今后可供人类开发的重要矿产资源接替基地。近二十多年来，随着海洋资源的开发不断由浅海向深海海域发展、由近海向国际海域发展，以及海底资源新种类的不断发现，海洋的战略地位急剧提升。作为崛起中的大国，海洋是我国未来经济发展最有希望的战略资源空间，也是未来我国民经济新的增长点。

1. 海洋安全是我国家安全的战略屏障

我国在历史传统上从来都是陆地型国家，海洋意识十分薄弱。正是对大海的恐惧和敬而远之，使我们这个民族在近代付出了惨重代价。第一次鸦片战争，西方列强不远万里，越洋而来，用坚船利炮轰开了我们封闭数千年的大门。从此揭开了一个多世纪的屈辱史。

改革开放三十多年来，我国经济规模跃升至世界第二，综合国力更是与建国初期不可同日而语。国运国势蒸蒸日上。但我北海、东海、台海、南海等海域，海洋权益屡受周边国家侵害，安全形势日益恶化。钓鱼岛、黄岩岛等领土争端引发的摩擦，随时可能失控、升级为局部军事冲突。此外，美国在伊拉克战争结束后，开始重返亚太，加强了亚太海域的军事力量，亦令我如芒在背。胡主席曾说“当前和今后一段时间，我国家安全的威胁主要来自海上”。

从过去历史的教训和现实的安全威胁中,让我们认识到:海洋安全观是最基本的国家安全观。海洋安全则国家安全,国家安全方能和平崛起。海洋安全是国家安全战略的重中之重。

(二)成为海洋强国是国家崛起的硬性指标

回顾人类历史,我们发现历史上从来不缺乏陆地型大国,我国历史上有秦、汉、唐、元、明、清,西方则有横跨亚非拉的波斯帝国、马其顿帝国、罗马帝国、拜占庭帝国、阿拉伯帝国、奥斯曼帝国以及沙皇俄国等。这些大帝国都曾强盛一时。但无论其地域如何广阔,他们都还算不上世界性大国。直到海洋强国出现,真正意义上的世界性大国才出现。欧洲文艺复兴引发第一次工业革命,很多欧洲一隅的陆地小国纷纷向海洋进军,发展壮大成为了世界性海洋强国,从葡萄牙、西班牙、荷兰、法国直到号称日不落帝国的英国,这些曾经的海洋强国都曾盛极一时,触角伸到了全世界;二战时期的德国、日本也曾一度在大西洋和太平洋称雄一时;冷战时期,则是前苏联和美国这两个超级大国的天下,他们在全球范围内展开了旷日持久的对抗与争霸。自人类进入近代史之后,任何崛起为世界性大国的国家无一例外都是海洋强国。

今天,我国正在崛起。但以往历史的经验表明,大国崛起的基本硬性指标之一就是首先成为世界海洋强国。显然,我们今天还未迈过这道门槛,与海洋强国的差距依然巨大。要实现大国崛起和民族复兴的目标,我们必须要确立成为海洋强国的战略目标,规划实施海洋大开发战略。将海洋强国战略上升为长期基本国策。

(三)水下领土与海底圈地

地球表面以海洋为主,海洋占地球表面的71%左右。这是人们对地球表面的基本认知。但本文尝试进行更深一步的思考,透过表面来看地球。我们知道今天的陆地曾经是海洋。这给了我们启发:即海洋是地球表面的水。地球是一个立体星球,据测算地球的体积是10 832亿立方千米,而海水的体积是1.37亿立方千米,海水不足地球体积的万分之一。我们最终的认识是:海底是陆地的延伸,海底也是陆地。人类未来的生存空间必将向海底延伸,海底可以修筑军事堡垒,依托海底可以建设能源基地等等。公海海底的土地和资源属于谁?虽然理论上对全球所有的国家开放,所有国家都有平等、和平使用的权利。但事实上,历史从来都是强者的历史,有能者得之。2007年8月2日,俄罗斯国家杜马副主席、著名的北极专家奇林加罗夫乘坐深海潜水器潜到4261米深的北极点海底插上了一面可保存100年的钛合金制造的俄罗斯国旗。随后,俄罗斯外长罗夫表

示,俄罗斯进行的北极考察是为了从科学上证明,北极附近富含石油的大陆架是俄罗斯领土的自然延伸。据估计,这一区域的石油储量可能有90亿~100亿吨。俄罗斯的北冰洋海底插旗事件,立刻引发了一场关于北冰洋海底主权归属问题的政治争端。该事件表明在能源矿产等利益驱使下,未来水下领土争端和海底圈地极有可能愈演愈烈。面对这种形势,我国需要以超前的战略意识,从现在开始着手进行战略准备,大力提升海洋探测能力,加速发展海洋探测装备工程产业,为未来在世界深海海底占有一席之地做准备。2012年6月,蛟龙号远赴马里几亚纳海沟进行7000米载人深潜海试的消息令人振奋。

二、海洋探测装备工程产业发展的战略思考

海洋探测装备是人类认识海洋的工具手段,也是海洋领域高端装备制造产业的重要分支。随着海洋经济模式的逐渐显现,以及各国对海洋资源重视程度的迅速增强,我国在海洋探测工程装备领域急需从产业化角度开展相应的规划,抓住机遇,追上世界海洋开发的潮流。

(一)海洋探测装备工程产业的现状

从国际上近些年的发展来看,海洋探测工程装备产业是一个多学科交叉融合,以基础工业和高端制造业为支撑的工业领域。我国在近20年的发展中,对海洋探测技术及装备从基础研究到工程应用,开展了大量的研究工作,取得了良好进展,部分技术达到甚至超过世界先进水平。但总体上看,我国在海洋探测装备工程产业方面与美国等发达西方国家之间相比还存在较大差距,主要问题有:

1. 重科研,轻应用,导致很多国产海洋探测装备系统无法走向市场

目前国内海洋探测装备技术主要掌握在研究所和高等院校等科研机构手中,相关单位研制的样机很多,但能直接投产应用的装备很少。此外,高校和研究所均无法提供长期的技术服务,使得用户单位对新技术的应用积极性不高。除少数以军事应用需求为目的而研制的装备定型列装外,其他大部分装备因无法进行反复海试、改进而停留在了样机阶段,难以为市场中有实际应用需求的用户采购使用,很多用户单位为保证工程系统的可用性(长期稳定可靠)不得不仍以进口为主。

2. 参与该领域产业化的企业稀缺,产业化进程缓慢

主要原因是海洋仪器门槛高、投资大、周期长,而长久以来我国海洋开发力度不够,对海洋探测装备工程产品的需求有限。在市场化条件下,企业在此领域投资搞产业化难以维系生存。

3. 由于产业化基础薄弱,目前我国进行的海洋探测工程项目,主要以进口

为主,自研为辅,关键部件基本上采取集成国外产品的模式

4. 由于海洋探测工程项目规模有限,且工程色彩浓厚,海洋探测装备用量较少,不易通过复制产生效益,不适合企业参与,因此最终导致很多装备未能产品化

5. 很多海洋探测系统主要以满足军事需求为目的,门槛较高,限制了企业参与

(二)对海洋探测装备工程产业发展的几点思考

1. 海洋探测装备工程必须坚持军民融合路线

海洋探测的对象可分两大类,一类是自然活动现象和自然环境参数,二是人类活动现象。其中人类活动又可分为军事活动和非军事活动。海洋是人类活动的全球公域之一,实施海洋开发战略,必须要有强大的军事实力为后盾。没有强大的海上军事实力,便无法保护、捍卫海洋探测、开发的成果。

2. 对海洋探测工程装备产业化的建议

◆ 从多角度、多层面认真梳理我国海洋探测装备工程相关产业链,确定相关产业链条中缺失的关键环节,同时把能够胜任补充这些环节的相关企业、单位遴选出来,给予重点扶持。建议从最基础的元器件、传感器、原材料等基础环节入手来梳理排查。

◆ 建立健全海洋探测装备型谱,对不同行业、不同用途的海洋探测装备进行分门别类,能力评估,形成谱系。

◆ 对海洋探测装备需求进行市场调研。建议职能部门或单位定期对我国海洋探测装备工程产业展开市场调研与分析等相关工作,对各类海洋探测装备的产值和市场容量进行摸底,在此基础上有针对性的进行规划、扶持,分期分批地孵化出能够满足我国海洋探测、开发方面的优势企业,满足国家需求。

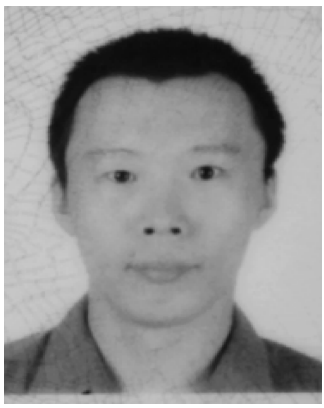
◆ 国家层面应根据国家海洋事业发展需求,规划重大工程与重点项目,确保孵化企业的产品有出路。这一点非常重要。日本的经验表明,即便国外有廉价产品,仍然在某些领域花大价钱采购国产设备仪器,从而保障国产能力。

◆ 鼓励事业单位将自己的海洋探测装备试验平台向社会适度开放,合理地共享各类高精尖仪器设备,以降低海洋装备研制门槛,为海洋探测装备的研制和产业化提供服务。

◆ 鼓励以企业为中心、以实用为目的的“产学研”模式。在国家重大海洋探测装备的研制中,要求科研院所与企业联合,企业全程参与装备的研发过程,并重点承担装备定型、海试、后期改进等中后期工作。

2012 年 6 月 1 日,胡锦涛主席在两院院士大会讲话中提出了“发展海洋战

略高技术,提高我国海洋经济水平,保护海洋航运安全,开发深海资源”的希望。放眼未来,我国海洋探测装备工程产业必将迎来跨越性的历史发展机遇。



齐赛 1976 年生,副研究员。2005 年 7 月于中国科学院声学研究所获得信号与信息处理博士学位,主要研究方向为水声工程与水声信号处理。十余年来著述或在国内外期刊及学术交流会议上相继发表学术研究论文四十多篇。

发展海洋观测技术 推进海洋仪器设备标准化

罗续业

国家海洋技术中心,天津

一、前言

近年来,为满足我国在海洋防灾减灾、维护海洋权益、保护海洋环境、开展科学研究和应对气候变化等方面日益增长的需求,我国通过重大海洋科技和业务专项的实施,进一步加强了海洋观测系统建设,全面提升了海洋环境保障和公益服务水平,海洋观测高技术成果和海洋观测仪器设备得到了大规模的应用。

为保证海洋观测系统发展的科学性和先进性,有效解决海洋观测仪器设备应用存在的技术标准不统一、可靠性低、管理维护难等问题,进一步提高海洋观测仪器设备的应用水平和数据获取能力,确保海洋观测数据的质量,建立健全海洋观测系统技术保障体系,系统地开展海洋观测仪器设备应用标准化工作,建立运行管理新机制,建立备品备件库,保障海洋观测系统健康持续发展,是非常必要而又十分紧迫的任务。发展海洋观测技术,推进海洋仪器设备标准化是确保海洋观测系统有效运行的基础和业务化运行的关键环节。

二、国内外现状

(一) 国外

为确保海洋环境特别是灾害性海洋环境预报的有效性和时效性,各发达沿海国家都特别重视沿海/近海业务化海洋观测系统的建设、管理及服务,特别重视发展先进和可靠的海洋观测技术,特别重视观测仪器设备标准化,以确保观测数据的真实性、可靠性、时效性、连续性、可溯源性。

美国的业务化海洋观测系统目前处于发展的最高水平,其海洋观测技术和海洋观测仪器设备管理也最具有代表性。美国的业务化海洋观测遍布沿海各海区,并由各涉海业务机构管理,其中美国国家海洋和大气管理局(National

Oceanic and Atmospheric Administration——NOAA)是主要的海洋管理和业务机构。近年来,美国的涉海机构正在向共享数据的管理体制过渡,并在集成的意义上建设海洋观测系统(Integrated Ocean Observing System——IOOS)。

NOAA 目前共有 117 个锚系浮标站、51 个沿海海洋气象观测站(Coastal Marine Automated Network——CMAN 站)、55 个热带大气海洋浮标站(Tropical Atmosphere Ocean——TAO)、39 个深海海啸浮标,NOAA 的国家资料浮标中心(National Data Buoy Center——NDBC)管理浮标网。除此之外,NOAA 还管理 570 多个多部门或机构合作站点海洋观测数据的质量控制和分发,其中包括 IOOS 的 300 个站点、矿产管理局(Minerals Management Service——MMS)的 70 个站点,测量参数主要为常规的气象和海洋参数。

NOAA 的观测仪器设备标准化有以下特点:(1) 总体上,美国的海洋观测仪器设备技术成熟,商品化水平高,技术性能指标先进,主要依靠国内的仪器设备建设业务化海洋观测系统;(2) 建立了入网观测仪器设备的评价和准入制度,国家海洋局(National Ocean Service——NOS)业务化海洋产品和服务中心(Center for Operational Oceanographic Products and Services——COOPS)负责对海洋观测仪器设备的检测、试验和评价,择优选用市场上的海洋观测仪器设备;(3) 建立入网观测仪器设备应用档案,随时记录在用观测仪器设备的运行状态,使在用仪器设备处于受控状态,并有一个权威性的档案记录;(4) 持续的对在用观测仪器设备进行跟踪管理和质量控制,定期对各种类型在用仪器设备(如浮标)的故障率进行统计,并在网上发布统计结果;(5) 用新技术不断改进观测站点的数据采集、处理、通讯装置,努力提高数据采集、处理及通讯能力。早期使用的数据采集和远传装置是 DACT,现在已由先进模块装置 AMPS 替代;(6) 对观测仪器设备"量材适用,各尽其能"。例如,2009 年开始实施的业务化波浪观测计划,共设置了 296 个波浪观测站位,由近海子网(Offshore)、外大陆架子网(Outer Shelf)、内大陆架子网(Inner Shelf)、沿岸子网(Coastal)组成波浪观测网,根据各子网的波浪特点和水深,分别使用了声学(或微波)测波仪、压力测波仪、测波浮标、测波杆等常规波浪观测仪器设备;(7) 强化观测数据的质量控制。NDBC 采取了多项措施控制浮标数据质量,并努力提高观测数据的兼容性与标准化水平;(8) 观测系统的管理层、仪器设备的使用者、观测数据的使用者、仪器设备生产商之间,有很好的互动和沟通,加速了观测仪器设备的进步;(9) 由于海洋环境的特殊性,室内检测不能完全反应观测仪器设备的适用性,为此,相关业务机构经常开展海洋观测仪器设备的现场比测试验研究,例如,波浪观测仪器的比测试验、海流观测仪器的比测试验等等。

(二)国内

我国业务化海洋观测系统主要由国家海洋局建设和管理,军方、中国科学院、地方政府和企事业机构也在相关海域建设了若干单要素或多要素的海洋观测站。目前,我国国家海洋局约有 15 个海洋中心站、107 个岸基海洋观测站、12 个雷达站、20 个大中型锚系资料浮标站(含 1 个海啸浮标站)、3 个深海和 4 个浅海潜标观测站、4 个海床基海洋环境监测站、85 个深海剖面漂流浮标观测站、13 条断面监测线及 75 条志愿观测船,初步形成了业务化的海洋环境观测能力,支持了海洋环境的预报、警报和预警,为经济和社会发展及海防建设提供了环境保障。根据国家统一规划,军、地双方正在组织建设覆盖范围更宽的海洋观测系统。我国的业务化海洋观测系统使用的仪器设备主要以国产为主,包括岸基水文气象自动观测系统、浮子式(声学、压力)水位计、声学测波仪、遥测波浪仪、10 米直径和 3 米直径锚系资料浮标或 6 米长的船型锚系资料浮标、4000 米深海和 400 米浅海型潜标系统、100 米水深以内的海床基海洋环境监测系统、浅海型剖面探测漂流浮标及志愿船观测系统,局部站位应用了国产或进口的高频地波雷达监测海浪和表面流场,进口 X 波段雷达用于测量波浪和海流,少量应用了荷兰的“波浪骑士”浮标。国内正在研制 XBT 和 XCTD,在用仪器依赖进口。国产深海型剖面探测漂流浮标(C - ARGO)处于研究和试验阶段。

由于国产海洋观测仪器设备的商品化水平低,可靠性差,入网观测仪器设备管理制度不完善,常规业务海洋观测处于亚健康状态,不能保证观测数据的真实性、可靠性、时效性、可溯源性,而且,在灾害性海况下,波浪观测还常常依靠人工观测,因此还不能满足经济社会发展和海防建设的需求。从海洋观测仪器设备的应用与管理、数据通讯、数据质量控制等方面考虑,目前我国业务化海洋观测仪器设备的应用存在的主要问题有:(1) 国产海洋观测仪器设备的商品化水平低,可靠性差,关键传感器或部件依赖进口,因而制约了观测系统的业务化运行和观测数据的质量;(2) 对拟选用的仪器设备没有准入制度和相关标准;(3) 对观测仪器设备没有严格和持续的评价制度、评价机构、评价方法、评价标准和测试基地;(4) 没有对业务化海洋观测仪器设备进行持续的、业务化的应用研究和跟踪研究;等等,因而难以推动沿岸区海洋观测系统的发展和观测仪器设备的进步。正是由于这些问题的存在,使业务化海洋观测仪器设备的研制、生产、应用、管理处于不协调的亚健康状态,从而制约了业务化海洋观测的数据获取能力和数据质量,甚至在恶劣海况下不能获得灾害环境预警报必需的基础数据。

“十五”期间,在科技部支持下,在国家 863 计划海洋监测技术主题专家组的组织下,以“发展高技术,实现产业化”为目标,开展了海洋监测仪器设备成果标

准化工作。开展了技术成果定型、技术标准化工作，编写了成果标准化规程，制定了海洋监测技术新标准，建立了海洋监测技术标准体系和成果检测技术体系，开展了规范化海上试验。成功地组织了海洋监测技术主题几十项成果的定型工作。可惜，此项工作在“十一五”期间没能继续组织实施，除继续开展规范化海上试验外，相应的仪器设备定型和检测工作进展不大。

总之，与美国等先进海洋国家相比，我国的业务化海洋观测系统建设、观测仪器设备的商品化水平、观测仪器标准化工作，都存在较大的差距，需要认真研究，加速发展。

三、对策建议

围绕国家业务化海洋观测系统建设这一中心，从提高业务化海洋观测数据获取能力和数据质量出发，立足现在、着眼发展、有限目标、重点突破，对海洋观测仪器设备发展和标准化工作进行规划和安排，明确重点任务，按计划组织实施。

（一）发展先进的海洋观测技术

现代科学和技术的发展，特别是新材料、电子技术、信息技术、计算机和数据处理技术、导航和定位及通讯技术的发展，将推进海洋观测技术的发展。要突出重点，明确目标，根据业务化海洋观测系统建设的需要，发展先进、实用的海洋观测技术，加速海洋观测高技术成果的转化和产品化开发，努力提高仪器设备的性能及费效比。

（二）建立并实行海洋观测仪器设备入网管理制度

依据国家有关法律、法规，制订《海洋观测仪器设备入网管理规定》，并从功能性能、可靠性、稳定性、可操作性及成本效益等方面，研究确立《海洋观测仪器设备应用标准化评价方法和指标体系》，与入网管理规定相配套，对符合技术标准、满足可靠性和适用性要求的批准入网，否则强制退出，从而规范入网观测仪器设备的选购、应用及退出。同时在实行入网管理制度的基础上，建立海洋观测仪器设备的招标采购合格供方名单，严把仪器设备质量关。

（三）编制海洋观测仪器设备业务化应用技术要求

按照现行国家或行业标准和观测仪器设备分类，组织编制《海洋观测仪器设备业务化应用技术要求》，作为设备采购、检验、测试、评估、入网和退出的主要依据发布实施。技术要求内容主要包括观测项目、测量准确度、数据处理方法、数

据格式、数据接口、数据传输方式、电源标准、工作环境条件、传感器检定周期、可靠性指标、质量保证和技术文件等。

(四)选定近岸海上试验场

分别在3个海区选定3~5个近岸海上试验场,同时配置必要的先进可靠的比测设备,组织国家级技术保障职能单位、海区级技术保障机构(保障基地或技术中心)和生产厂家,对拟选用的观测仪器设备或拟采用的新型观测仪器设备进行海上测试与试运行,验证观测仪器设备在基本功能、技术指标、环境适应力和可靠度等方面的符合性,为观测仪器设备的入网测试和评估提供支持。

(五)海洋观测仪器设备入网测试评估

根据海洋观测仪器设备入网前海上测试和试运行结果,组织专业技术力量(厂家、运行管理单位、技术支撑单位),对拟入网的观测仪器设备从业务化应用层面进行全方位的评估,包括仪器设备的性能、先进性、可靠性、利用率、缺陷和问题等,提出权威性测试评估报告,为仪器设备的入网应用和改进提高提供基本依据。

(六)开展海洋高技术仪器装备定型工作

建议由主管海洋的政府部门成立我国海洋仪器装备定型委员会,组织相关技术专家,设置仪器设备、应用软件、监测系统、检验检测、技术标准等工作组,建立我国海洋仪器装备推荐使用名录。定型过程可参照"十五"海洋863海洋监测主题创造的"六编六审一造两检"的工作模式。



罗续业 1961年6月出生,二级研究员,享受国务院政府特殊津贴,研究生导师。长期从事海洋技术研究工作。先后主持了863计划课题、908专项课题、海洋公益性行业科研专项课题、海洋可再生能源专项资金项目和国际合作项目。担任中国海洋学会理事、中国海洋工程咨询协会理事、中国海洋学会海洋观测技术分会理事长、国际水科学和渔业资料交换委员会(ASFA)中国委员、《海洋技术》主编。目前正在主持国家海洋局重点建设项目:"海洋环境监测

设备动力环境实验室”;国家海洋公益性行业科研专项经费重点项目:“海上试验场建设技术研究和原型设计”;国家海洋能专项资金项目:“波浪能、潮流能海上试验与测试场建设论证及工程设计”等多个重大科研项目。

近年来,主持编写了《海洋高技术进展》等多部学术著作,在《海洋通报》、《海洋技术》等学术期刊发表论文数十篇。培养了多名研究生。

Z_2 ERO—浙江大学摘箬山岛海洋立体观测网络与试验场

瞿逢重

浙江大学,杭州

一、海底观测网络技术简介

海底观测网络(seafloor cabled observatory)可定义为把各种观测设备直接放置在海底的观测地点,用网络方式连接这些观测设备,同时获得观测数据并实时传回到岸基的试验场所,以供科学家进行现场分析。

传统的海洋观测仪器设备,主要依靠自带电池来维持自身的电能供给,严重地限制了其工作期限;采集到的数据要么存储在有限的存储模块中,要么以低速、无线的方式传输给科研人员,严重限制了设备的工作性能,不能实现对海洋的连续、实时监测。而海底观测网络解决了抑制传统海洋观测设备发展的两大技术瓶颈——电能供给和信号传输问题,从而真正实现对海洋的长期、连续、实时、立体观测,得到各海洋大国的大力发展。

二、海底观测网络发展现状

海底观测网络技术源于西方发达国家,目前美国、加拿大、日本、欧盟等国走在该技术前列。

美国、加拿大联合正在东北太平洋海底建设深海长期观测网——海王星(NEPTUNE)计划,该网络布设在水下约3000米海床上,覆盖海域约500万平方公里。为了推动此项工作的开展,美国位于加利福尼亚州的蒙特利尔海洋研究所在蒙特利尔海湾建设了火星(MARS)海底观测网络及试验系统;加拿大维多利亚大学在Victoria岛周边海域建设了金星(VENUS)海底观测网络及试验系统,在进行一系列科学研究的同时,也为各种海洋观测装备的研究开发提供科学的试验场所。

2004年,英、法、德等国也发起了建设欧洲海底观测网(ESONET)的计划,针对从北冰洋到黑海不同海域的科学问题,在大西洋与地中海精选10个海区设站

建网。日本在日本列岛东部海域沿日本海沟的跨越板块边界,建设了长约1500公里,宽约200公里的光/电缆连接的深海地震观测网(ARENA),并计划延伸至我国海域。韩国政府已在黄海南部苏岩礁建立了海洋科学观测站,并计划在济州岛西南海域建立海底观测系统。

我国海底观测网络技术虽然起步较晚,但是目前呈蓬勃发展之势,在国家"十二五"科学和技术发展规划中也明确提出发展海底观测网络技术。以浙江大学为例,目前已掌握了海底观测网络核心部件——接驳盒研究开发的核心技术,并在深海取样、海洋传感器、机械手等海洋观测设备研发方面处于世界先进水平。此外,浙江大学已在海底观测网络的组网策略、标准化、数据管理方法以及相关试验流程、方法和规范等方面进行探索,取得了相关阶段性的成果。

三、Z_2ERO 系统

众所周知,海底观测网络是一项复杂的、多学科多领域高度交叉的前沿科学技术,同时也是一项庞大、复杂、昂贵的系统工程。网络本身的核心设备研发、电能管理转换、数据传输管理以及安全性、可维护性、可扩展性等诸多问题在没有定论之前,不能草率布放。同样,要挂载到海底观测网络上的各种观测仪器设备,除了其既定的功能技术指标外,耐压性、耐腐蚀性、抗污染性、网络对其影响以及其对网络影响等问题,都要达到要求之后才能挂载到海底观测网上。因而,发展海底观测网络技术,必须有两项工作作为先行支撑:小型的典型海域海洋立体观测网络,和支撑海洋立体观测网络的海上公共试验场。浙江大学——摘箬山岛海洋立体观测示范研究及试验系统(ZJU - ZRS Experimental Research Observatory, Z_2ERO)即为此应运而生。

Z_2ERO 系统基于我国沿海的实际情况,选择具有代表性的典型海域——浙江省舟山市摘箬山岛周边海域进行布放,并进行相关核心技术研发,使其具备小型的海洋立体观测网络和试验场两大功能,从而全面支撑和推动我国海底观测网络事业的发展。

(一)系统布放选址

该系统拟布放到浙江省舟山市摘箬山岛周边海域。摘箬山岛位于舟山群岛海域,地处东海,面向太平洋。其南面的螺头水道是宁波 - 北仑港的主要航道,也是连接杭州湾和东海的通道之一。舟山渔场为我国最大的渔场,也是世界四大渔场之一。舟山群岛海域洋流复杂,是黑潮经过海域,又是大河入海口,为清水和浑水交界海域。在该海域能够进行海洋环境监测评估、灾害预报预警、渔场保护、海气交换等多种科学研究活动,并且所有科研技术和研究成果都可推广应

用到我国其他海域。

(二)系统组成及功能

Z_2ERO 系统组成如图 1 所示,由岸基设施设备、一个主接驳盒、三个科学仪器插座模块(scientific instrument interface module, SIIM),以及若干挂载到系统中的观测仪器设备组成。岸基站提供的电能和双向信息传输通道通过光电复合缆连接到接驳盒进行中继和分配,然后经由科学仪器插座模块进行进一步的中继和分配,最终连接到各观测仪器设备上。观测仪器设备测量的数据通过网络回传到岸基数据存储管理系统中进行统一管理,并且系统中的每个操作都可以在中央控制室中进行远程监控。各部分联合工作,从而实现系统海洋立体观测和海上公共试验场的功能。下面简要介绍各部分功能。

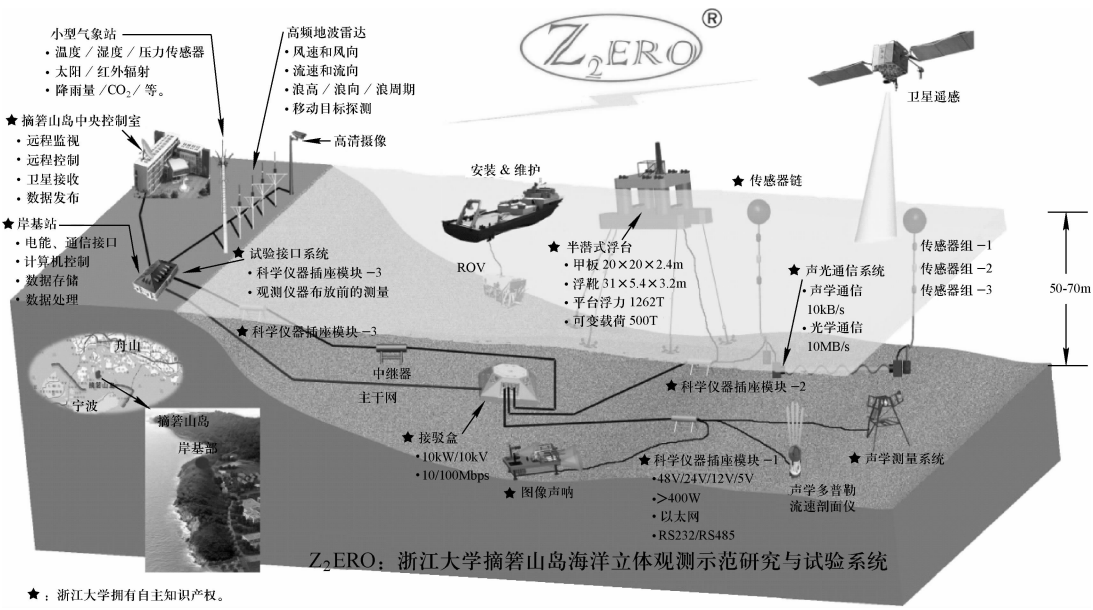


图 1 系统组成示意图

1. 岸基设施设备

岸基主要由中央控制室、岸基站、小型气象站、高频地波雷达和高清摄像系统组成。中央控制室用于远程监视和控制整个系统,安装的卫星接收天线可以接收海洋遥感卫星传送的相关数据。中央控制室通过专用线缆与岸基站相连,两者之间可以实现双向通信,岸基站采集的相关数据可以在中央控制室中进行数据再处理、融合等操作,从而实现各种科学研究目标。

小型气象站用于检测摘箬山岛的大气参数,包括温度、湿度、压力、降雨量、

二氧化碳浓度、红外辐射、紫外辐射等参数。高频地波雷达用于检测海面相关信息,包括风、浪、潮的相关参数。

岸基站是向整个海底观测网络及试验场提供电能供给和双向信息传输通道的终端。里面包括供电系统、网络系统和数据存储管理系统。供电系统有主系统和备用系统两部分,备用系统只有在主系统发生异常、不能正常工作的情况下开始工作,保证 Z_2ERO 中核心部件的正常运行。网络系统是实现岸基站与 Z_2ERO 系统其他部分之间的双向通信的纽带。

数据存储管理系统将来自本系统的以及其他兼容数据源的用户数据进行收集、分类、存储以及访问等操作。该系统能够自动提供鲁棒的数据管理服务,并对所有输入数据及其元数据提供方便的访问。

数据在数据存储管理系统中的流动是双向的。当科研人员想在中央控制室远程控制布放在系统中的各种观测仪器设备时,数据是由该系统经由网络通信线缆到达目标仪器设备;而各仪器设备的各种数据则是由仪器设备流出,经由网络通信线缆最终到达数据存储管理系统。

数据存储管理系统还能够自动通报各仪器设备的位置、配置信息、数据流的描述和数据更新,并对到达的数据自动分类和存档。依据用户需求,所有的源数据都能够被搜索和访问。用户可以浏览,或者订阅相关源数据记录。

2. 主接驳盒

接驳盒为光电复合缆终端的设备,是系统中的关键基础设备。岸基提供的电能和双向信息传输通道是通过光电复合缆传输到水下,为了分别实现对电能和信息传输的分配和转换,必须要对光电复合缆进行光电分离。接驳盒即为实现该功能的装置,其内部结构示意图如图 2 所示。光电复合缆与接驳盒之间通过高强度的机械密封来实现对高压海水的密封。光电复合缆直接连接到接驳盒的光电分离腔,在光电分离器的作用下,传输光信息的光纤和传输高压电的铜导体被分离,分别连接到水下光缆接头和柔性水下高压电缆接头上,进而光信号和电信号进入不同的腔体中进行分配和转换。主节点能够实现 -10 kV 到 375 V

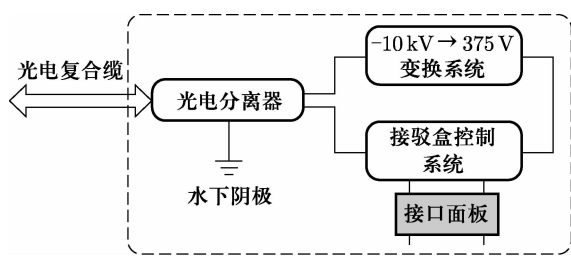


图 2 接驳盒内部结构示意图

的电压变换,以及能够提供对科学仪器插座模块 100 Mbps 的高速信息传输速率。图 3 为浙江大学开发的接驳盒在美国 MARS 海底观测网络及试验系统进行试验的场景。

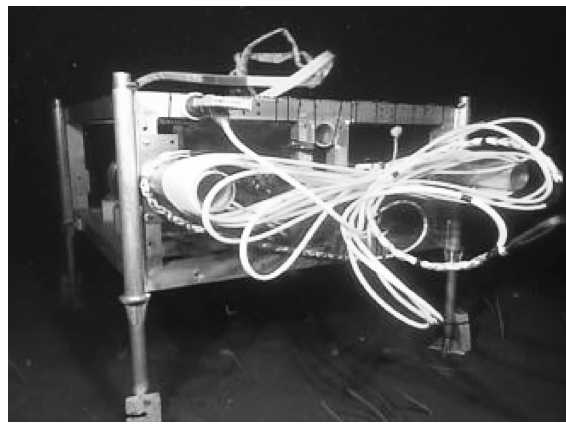


图 3 浙江大学开发的接驳盒在 MARS 网络试验

3. SIIM

SIIM 是连接接驳盒与观测器之间的关键部件,它不仅能够为多个观测设备直接供给电能,而且为观测设备与主干网之间提供双向数据传输。一个 SIIM 上可以同时提供多个供观测器连接的接口,极大地方便观测器的布放,解决了多个观测器同时和接驳盒连接的兼容性问题。SIIM 能够提供的低压直流电压系列为:9 V、12 V、15 V、24 V、48 V 等;能够提供的通信接口为:RS232/422/485,Ethernet 100BaseTx 等。本系统中用到多个 SIIM,其中一个拉回到岸基站,以供试验对象下水前的岸上试验。

4. 挂载到系统中的海洋观测仪器设备

连接到系统中的各种观测仪器设备中,有一些是系统的固有组成部分,还有一些是为了特定的科学研究目的如灾害预警、渔场保护等而布放的。同时,这些观测仪器设备所测得的数据,还可以作为挂载到该系统中进行试验的仪器设备的参考数据,从而进行对比试验。连接到本系统中的观测仪器设备包括半潜式浮台、声学多普勒流速剖面仪(ADCP)、声学测量系统、水下无线声光通信系统以及海洋生态传感器链等,并且可以根据实际科学研究需要进行增减和替换。

值得一提的是,除了以上 Z_2ERO 系统固有组成部分之外,还有许多配套设施、设备来保证整个系统的正常运行,其中包括岸基试验水池、走入式冷房、机加工车间、实验室以及负责系统安装维护的船只、无人潜器等。

（三）试验方法、规范、流程

本系统将建立集“岸基—海面—水下—海底”的联合试验模式，全面支撑用于各种海洋深度、条件以及具有不同海洋参数的海洋观测装备。在充分调研国内外先进经验的同时，结合系统的实际软、硬件条件，研究制定标准的试验方法、规范、流程，从而实现保证系统本身和试验对象都安全的基础上，经济、有效、科学地进行试验。试验流程如下图（图 4）所示，试验对象在入海之前，先在岸基实验室或试验场所进行布放前的试验，检验其耐腐蚀、耐压、密封以及电流、电压等特性，满足布放要求后再进行实际的海上试验，试验完成后试验装备将被回收到岸基做进一步检验。在整个过程中，试验的原始数据都将被记录和存储。最后对试验数据进行汇总处理，检验试验对象是否满足设计指标要求，如果合格，则出具正式的试验报告；如果不合格，将结合系统提供的背景数据或标准的对比试验，对其失效模式进行分析，从而为改进优化提供科学依据。

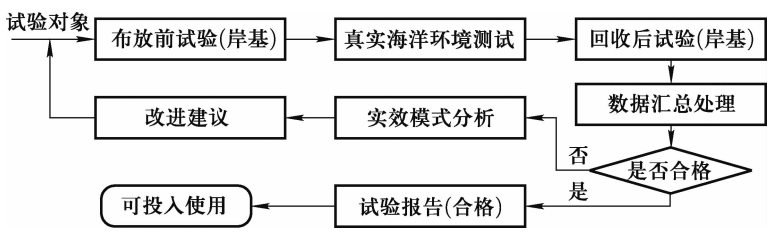


图 4　试验流程图

四、拟进行的科学研究

借助 Z_2ERO 系统提供的足够的电能供给和实时数据传输通道，可以开发和应用围绕着各种不同科学目标的海洋观测仪器设备，并进行相应的科学研究。拟将开展的科学研究有海洋灾害预警以及渔场保护等，下面作简要介绍。

（一）海洋灾害预警系统

浙江沿海是我国赤潮发生次数最多的海域，而且发生频率和规模呈逐年增高的趋势。每年都有多个台风在浙闽地区登陆，形成的台风风暴潮给沿海的海水养殖业造成重大损失。

海水的叶绿素、浊度、温度、盐度、pH、Eh 等多项指标，直接反映了海洋生态环境现状。比如 pH 值和浊度指标反映污染程度；叶绿素、温度、pH 值等指标能推算赤潮等。

拟通过研制并集成原位物理、化学传感器,建设示范性全断面自动监测平台,将其挂载到 Z_2ERO 系统中,对近海生态环境、海洋动力环境、灾害特征等实施长时间的实时在线监测,并借助该平台实现灾害预警预报技术的研究。

(二)渔场保护

自 70 年代以来,东海渔场出现了严重的资源衰退。经济鱼类的捕获量逐年减少,渔场正在向更远的外海洋面迁移,一些特有的鱼虾类资源濒临灭绝。造成东海鱼类资源枯竭的重要原因之一是海洋环境污染。

拟通过综合集成技术,将多种类型的传感器组合成海洋环境自动监测平台,对目标海域自海面至海底的海洋物理、海洋化学、海洋环境和海洋生物参数进行连续观测,并结合网络和无线通信技术,将探测数据实时发回监测控制中心,实现东海渔场海洋环境自动监测。进而得到东海海洋环境信息,将监测的信息进行全面分析,研究同一监测量和不同监测内容在空间和时间上的相关性,建立东海海洋环境信息库。这个信息库能够根据以往的数据,做出测量参数和灾害关联的统计模型,对东海的生态、海洋动力、渔业等做出预计,为渔场保护和修复提供技术手段和科学依据。最终在摘箬山岛建立海洋环境自动监测系统示范基地。在示范基地运行成熟后,将该项技术推广到整个舟山海域—东海海域—乃至全国其他海域。



瞿逢重 博士,副教授,博士生导师,浙江大学求是青年学者。担任浙江大学海洋技术与船舶工程研究所副所长,印度洋研究室副主任。主要从事海底观测网、无线通信与网络、水声通信与网络等方面的研究。在国际期刊和会议上发表论文二十余篇,其中 SCI 收录论文 5 篇。5 次担任国际会议的技术委员会委员,3 次担任分会场主席,1 次担任宣传主席;担任 10 个国际期刊和 7 个国际会议的审稿人。

深海载人潜水器发展概况及技术进展

刘 涛

中国船舶科学研究中心,无锡

一、前言

海洋和人类生活息息相关,进入21世纪以来,世界各国都在大力开展探索海洋、开发海洋资源的活动。对于深海资源,深海潜水器是进入深海的不可或缺的重要运载作业装备。深潜器作为深海"知识"与"技术"的承载体,成为世界各国研发和关注的重点。目前,深海潜水器主要分为载人深潜器和无人深潜器。其中,无人潜水器又分为缆控无人深潜器和无缆自治深潜器。

载人潜水器,简称HOV,可以携带海洋科学家进入海洋深处,在海底现场直接观察、分析、评估、操作机械手实现高效作业。无人缆控深潜器,简称ROV,可以由甲板控制人员通过遥控机械手和电视,进行长时间、大功率的水下作业。无人无缆自治深潜器,又称自治水下机器人,简称AUV,可以水下预编程航行,特别适用于区域性详细勘查[1]。

根据目前的技术水平,三种不同的潜水器各有使命,互为补充。AUV可实施长距离、大范围的搜索和探测,不受海面风浪的影响;ROV可将人的眼睛和手"延伸"到ROV所到之处,信息传输实时、可以长时间在水下定点作业;HOV可以使人亲临现场进行观察和作业。在无人潜水器迅猛发展的今日,载人潜水器的发展仍然受到发达国家的高度重视,被称为"海洋学研究领域的重要基石"[2,3]。

二、国外载人潜水器发展概况

对海洋世界的好奇心促使人类很早就开始对潜水器的研制。大约公元前四世纪,亚里斯多德(Aristotle)曾记载过一种供采集海绵的潜水员使用的小型"潜水钟"。该装置犹如倒置的茶杯,潜水员不必露出水面,只需将头伸到潜水钟内部即可换气。由于技术水平的限制,该潜水器仅可供潜水员在75~100英尺范围进行采集活动[4]。

第一艘真正意义的载人深海潜水器为"曲斯特I"号。1960年1月23日,美国人唐·华尔什和深潜器发明者的儿子丁·皮卡特乘坐"曲斯特I"号,在太平

洋马里亚纳海沟下潜到深度为 10 916 m(海沟最深点为 11034 m),创造了人类下潜到深海最深海沟的历史[5]。但由于该潜水器无航行和作业能力,极大限制了使用性能,而且潜器采用汽油作为浮力舱,体积较大,其建造与运输均不方便。因此,此类深潜器后续未得到进一步发展。

如果说"曲斯特 I"号的出现仅仅是破了一个记录,"阿尔文(Alvin)"号则是真正意义上开创人类探测海洋资源的历史。"阿尔文"号为美国 1964 年建造,其工作深度为 1829 m。1974 年经过改装后,工作深度达到 4500 m,可搭载三名人员,水下工作时间为 6 ~8 h[6]。作为国际上使用效率最高的载人潜水器,"阿尔文"号进行过很多颇具影响的作业。如 1966 年初,"阿尔文"号和另一台遥控潜水器一起打捞起掉落在地中海的一颗氢弹;1977 年,"阿尔文"号在将近 2500 m 深处的加拉帕戈斯(Galapagos)断裂带首次发现海底热液和其中的生物群落。两年后,"阿尔文"号在东太平洋洋中脊发现第一个高温黑烟囱。20 世纪 80 年代,"阿尔文"号又成功地参与了对泰坦尼克号沉船的搜寻和考察。至今"阿尔文"号已累计完成 5000 次以上的下潜作业,为深海研究工作做出了巨大贡献。

除美国外,世界其他国家在载人潜水器方面取得了一定成绩。法国 1985 年研制成的"鹦鹉螺(Nautile)"号潜水器最大下潜深度可达 6000 m,累计下潜了 1500 多次,完成过多金属结合区域,深海海底生态等调查,以及沉船、有害废料等搜索任务[7]。

俄罗斯是目前世界上拥有载人潜水器最多的国家,比较著名的是 1987 年建成的"和平 I(MIR)"号和"和平Ⅱ(MIR)"号两艘 6000 m 级潜水器[8]。它带有十二套检测深海环境参数和海底地貌设备。该潜器最大的特点是能源充足,可在水下停留 17 ~20 h,《泰坦尼克》电影中很多镜头就是"和平 I"号和"和平Ⅱ"号探测获得的镜头。

日本 1989 年建成了下潜深度为 6500 m 的"深海 6500(Shinkai6500)"潜水器,水下作业时间 8 h,曾下潜到 6527 m 深的海底,创造了载人潜水器深潜的纪录[9]。它已对 6500 m 深的海洋斜坡和大断层进行了调查,并对地震、海啸等进行了研究,已经下潜 1000 多次。

世界载人潜水器的发展见图 1。

三、"蛟龙"号载人潜水器研制基本情况

2002 年"蛟龙号载人潜水器"项目立项之初,我国载人深潜技术基础仅有数百米;而此时国外深潜器技术已达到数千米。为了满足我国海洋开发及大洋矿产资源调查的需要,特别是勘查锰结核、富钴结壳、热液硫化物和深海生物等资源的计划目标及要求,使我国深海运载技术进入世界先进行列,国家科技部在



图 1　载人潜水器的发展

“十五”期间立项支持了《“蛟龙”号载人潜水器》项目。

（一）任务使命与主要技术指标

“蛟龙”号载人潜水器的任务使命是能在水深不超过 7000 m 以内的海域完成以下任务：

- 运载科学家和工程技术专家进入深海，在海山、洋脊、盆地和热液喷口等复杂海底地形进行机动、悬停、正确就位和定点坐坡，有效执行海洋地质、海洋地球物理、海洋地球化学、海洋地球环境和海洋生物等科学考察的配套任务；
- 实施对钴结壳的勘查，测量钴结壳矿床的覆盖率和厚度，并能利用潜钻进行钻取芯样作业；进行热液喷口的温度测量，采集热液喷口周围的水样，并能保真储存样本；
- 有效完成上述环境内对沉积物、浮游生物、吸附在岩石上的生物和微生物的定点采样；
- 执行水下设备定点布放（包括换能器、声信标及采样器等）、海底电缆和管道的检测，完成其他深海探询及打捞等各种高难度作业。

“蛟龙”号载人潜水器必须满足在4级海况下进行水下作业,在5级海况下进行回收。该潜水器长8.4 m、高3.4 m、宽3 m,用钛合金材料制成,空气重量约22 t;载人球壳直径为2.1 m,可容纳3名载员,一名操作员,两名科学家[10,11]。由于运用了当前世界上先进的高新技术,它实现载体性能和作业要求的一体化,并具有7000 m的最大工作深度和悬停定位能力,可到达世界99.8%的洋底。各国载人深潜器的技术指标与性能参数如表1所示。

表1 载人深潜器的技术指标与性能参数

名称	*Alvin*	*Nautile*	*Shinkai6500*	*Mir1/Mir2*	蛟龙
国家	美国	法国	日本	俄罗斯	中国
研究机构	WHOI	IFREMER Research Lab	JAMSTEC	苏联/芬兰联合研制	大洋协会
状态	工作中	工作中	工作中	工作中	开发中
深度(m)	4500	6000	6500	6000	7000
观察员/驾驶员	2/1	1/2	1/2	2/1	2/1
总长(m)	7.1	8.0	8.2	7.8	8.2
总高(m)	3.7	3.81	3.45	3.0	3.4
宽度(m)	2.6	2.7	3.6	3.8	3.0
空气中重量(t)	17	18.5	25.2	18.6	22
耐压壳材料	钛合金	钛合金	钛合金	镍钢	钛合金
内直径(m)	1.98	2.1	2.0	2.1	2.1
观测窗直径(mm)	1×127 2×127	1×120 2×120	1×120 2×120	1×120 2×120	1×120 2×120
生命支持(最大h)	72	143	128	82	84
最大速度(kn)	2	2.5	2.5	5.0	2.5
有效载荷(kg)	205	200	200	290	220
电池/能量(kW·h)	Lead-acid/ 57.6	Lead-acid/ 50	Silver-zinc/ 86.4	Ni-Cd/ 100	Silver-zinc/ 110
水下工作时间(h)	4~5	4~5	4	17~20	12
作业起始年份	1964	1985	1989	1987	2008
每年潜水次数	110~150	100~115	60	20	

（二）系统组成

“蛟龙”号是我国自行设计、自主集成研制的深海载人潜水器，具有四大功能特点：载人潜水器最大的工作深度 7000 m；针对作业目标的稳定悬停就位能力；实时高速传输图像和语音及探测海底小目标的能力；配备多种高性能作业工具，包括潜钻取芯器、沉积物取样器和具有保压能力的热液取样器。

为了满足上述功能特点要求，在研制过程中，我们将其分为 12 大系统，如图 2 所示，下面将针对其中几个主要系统进行简要介绍。

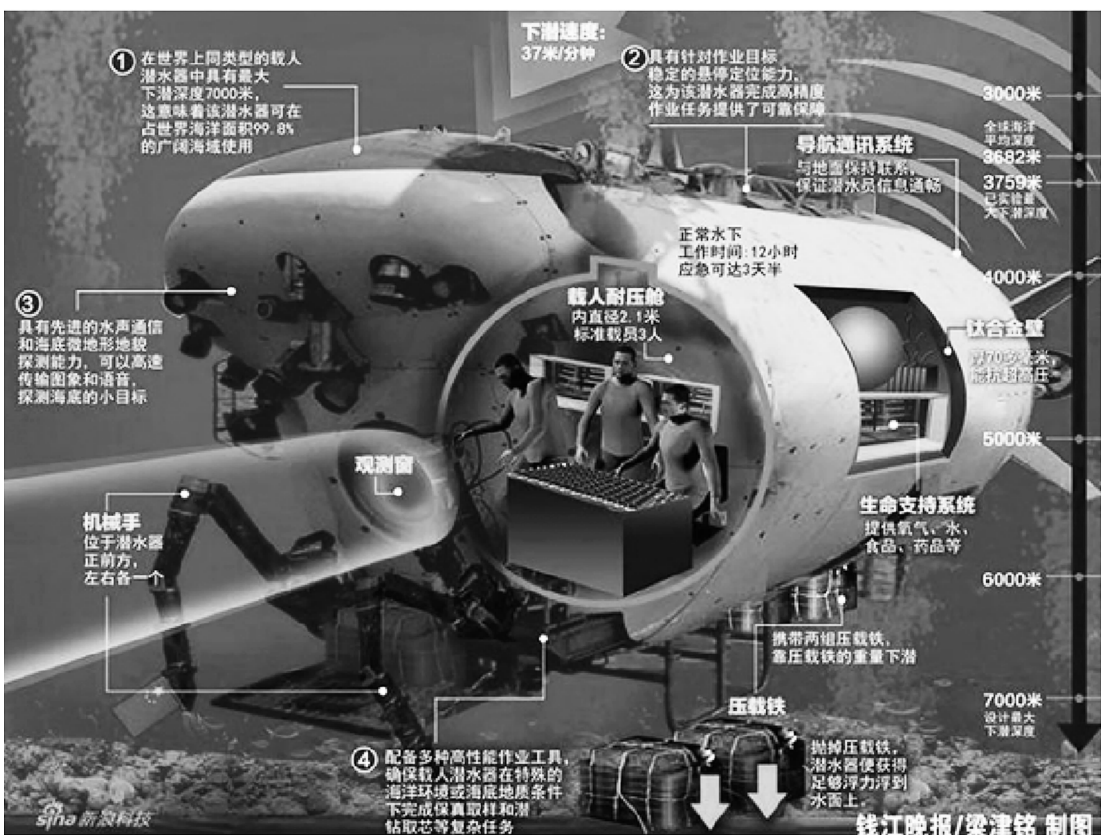


图 2 “蛟龙”号潜水器系统

1. 结构系统

结构系统按承载方式可分为耐压结构和非耐压结构。耐压结构提供密闭常压腔体，在“蛟龙”号中的关键部件是为乘员和仪器设备提供常压环境的载人舱。该载人舱（球）内径为 2.1 m，其壳体材料采用高强度钛合金。在“蛟龙”号上配有三个观察窗，其中，主观察窗（位于潜器艏部中心线处）透光直径为 200 mm，两个侧观察窗透光直径为 120 mm，材料为透明聚丙酸脂。此外，耐压结

构还包括5只小直径耐压罐、一只可调压载水舱和一只高压气罐等。

非耐压结构由框架结构和外部结构组成。框架结构为潜水器内部各类耐压结构和仪器设备等提供安装基础,又为外部结构中的浮力块、轻外壳、稳定翼和外部设备提供支撑,而且还是潜水器吊放、回收、母船系固和坐底时的主要承载结构,是各类设备总装集成的载体。外部结构主要有浮力块、轻外壳、稳定翼等。浮力块一方面为潜水器提供水下浮力,同时也构成潜水器的外部线型。轻外壳提供部分流线型的外形,保护内部设备免受外物碰撞。稳定翼用于提高潜水器的稳定性和水动力性能。

2. 生命支持系统

载人潜水器的生命支持系统通过控制载人耐压舱中的氧气浓度,吸收二氧化碳,创造一个适合乘员工作的生存环境。它包括正常工作生命支持、应急状态开放式生命支持、应急状态口鼻面罩式生命支持、生命支持系统监控面板4个部分。“蛟龙”号深潜器的生命支持总时间为3人×84 h,其中,正常开放式为3人×12 h,应急开放式为3人×60 h,应急口鼻面罩式为3人×12 h。舱内氧浓度控制范围为17%~23%,正常工作状态下二氧化碳浓度控制范围<0.5%。

3. 潜浮与应急抛载系统及应急安全措施

潜浮与应急抛载系统为潜器在正常状态和应急状态下实现下潜和上浮的系统,即潜器“下得去,上得来”设计理念的执行者,其重要性不言而喻。在“蛟龙”号潜水器中,正常状态下的潜浮由可弃压载抛弃装置实现,而应急状态下有五大措施实现上浮。

为了节省能源,大深度载人潜水器一般采用抛载固体的方式实现下潜、上浮,也就是所谓“无动力下潜、上浮运动”。在“蛟龙”号载人潜水器中,由可弃压载装置抛载经设计计算过的压载铁来实现。考虑到安全可靠性,在装置设计中引入“冗余设计”的理念,具有2套独立的电磁铁和1套液压抛弃功能,既可单独抛弃也可组合抛弃,且在电源故障时会自动将压载抛弃。经过陆上试验、压力筒试验、海上试验等验证考核,满足设计要求。

在“蛟龙”号潜器中,应急状态下抛载系统由主蓄电池箱抛弃机构、纵倾调节系统的抛弃、机械手抛弃机构、应急浮标及采样篮抛弃机构组成。在可弃压载抛不掉的情况下,采用主蓄电池箱抛弃机构可抛弃主蓄电池箱;应急情况下抛弃纵倾调节系统可获得数百公斤浮力;在机械手被缠绕的情况下可由专门设计机构抛弃整个手臂;采样篮的安装采用电爆螺栓,在采样篮被缠绕的情况下可以实施抛弃;当潜水器被困于海底无法上浮时,可通过电爆螺栓释放应急浮标,由浮标上的频闪灯显示浮在水面上的位置,支持母船可直接抓取浮标提升潜水器至水面回收。

4. 导航通讯系统

作为潜水器水下导航和作业的一个关键,导航和通信系统的重要功能包括潜水器和支持母船之间的通信、潜水器的引导、导航和控制、水下勘探等。“蛟龙”号潜水器导航有两种主要的方法。在正常情况下,导航是依靠安装在支持母船上的长距离超短基线声基阵和潜水器上的异频雷达收发机。潜水器相对于船的位置是使用声呐阵列和异频雷达收发机之间的距离来计算的。若长距离超短基线声呐和声系统中发生紧急情况则采用联合导航系统。

“蛟龙”号潜水器的通信系统由水面通信和水下通信两部分组成。水面通信是潜水器在上升至水面时通过 VHF 无线电来与支持船进行联系的。其他情况是通过声学转换声音、图像和信息来与支持船进行联系的。水下通信通过两部水声通信机主机和四个换能器实现。需要说明的是,“蛟龙”号载人潜水器能够实时传输彩色电视图像和声学图像的功能是国外绝大多数潜水器所没有的。

5. 作业系统

作业能力是载人潜水器的一个重要方面。在“蛟龙”号潜水器上配置一套功能强、机动性好的机械手和三大专用作业工具——沉积物取样器、热液取样器和钻结壳取芯器。

机械手作为作业功能的主要承担者,是作业系统的重要组成部分。“蛟龙”号上,在潜器的正前方左右两侧各配置一只液压机械手。其中,置于潜水器右舷的作业机械手以灵巧精细作业为主,采用主从式位置闭环控制方式;而置于左舷的定位机械手特点为力臂大,采用速度开关控制方式。在工作时,两只机械手协同作业,并可配合专用作业工具,完成钴结壳的钻探取样,热液硫化物、悬浮生物及沉积物取样等工作。

(三)“蛟龙”号潜水器研制历程

“蛟龙”号潜水器历经 10 年申请 10 年科研的艰辛历程,其研制过程历经设计建造、总装集成、水池试验及海试等四个阶段。

早在 20 世纪 90 年代,以中船重工 702 所为主的几家科研院所就开始大深度载人潜水器的初期调研工作,为后续“蛟龙”号研制奠定基础。2001 年 12 月,编写完成了《“蛟龙”号载人潜水器总体方案论证报告》。在上级单位的领导下,2002—2005 年,完成“蛟龙”号潜水器总体、结构、舾装、推进、电力与配电、压载与纵倾调节、液压与作业、生命支持、抛载与应急安全、声学、控制、操纵模拟器等 12 个系统的设计建造工作。其中,2002 年 7 月完成《“蛟龙”号载人潜水器技术指标及研制进度》编写,2003 年 2 月通过《“蛟龙”号载人潜水器方案设计》,8 月通过《“蛟龙”号载人潜水器初步设计》,2004 年 4 通过《“蛟龙”号载人潜水器详

细设计》。2004 年 5 月“蛟龙”号载人潜水器 1:1 钢质结构框架完成加工制造;同年 12 月,国内研制的载人潜水器仿真平台完成功能试验。2005 年 12 月,国内加工制造部件全部完成,并全部通过压力筒考核试验。

2006—2007 年为“蛟龙”号潜水器总装集成阶段。2006 年初,在完成全部部件的加工后,开始在 1:1 钢质结构框架上预安装。2007 年 8 月底,“蛟龙”号载人潜水器总装完成,开始进行陆上联调工作。

2007—2008 年为“蛟龙”号潜水器水池试验阶段。在这一期间,潜水器共下水试验 51 次,共有 18 人进入载人舱参加试验,包括均衡试验、潜水器出水最大起吊力测定试验、生命支持系统性能试验、通信功能试验、压载水箱给排水试验、可变压载给排水试验、纵倾调节试验、避碰声呐性能试验、自动定高试验、机械手功能试验、坐定试验等 26 项内容[12]。

2009 年 8 ~ 10 月,“蛟龙”号在南中国海首次开展了 1000 m 载人深潜试验。载人潜水器 1000 m 海上试验中,完成 20 次下潜试验,其中,最大下潜深度达 1109 m,实现了预定的试验目标,全面完成了试验任务,使中国继美国、俄罗斯、日本和法国之后成为世界上第五个具备 1000 m 深度载人深潜能力的国家,是中国迈向深海的一大步。

2010 年 5 ~ 7 月,“蛟龙”号在南中国海成功完成了 3000 m 级海上试验。海试过程中,“蛟龙”号共完成 17 次下潜,其中 7 次穿越 2000 m 深度,4 次突破 3000 m,最大下潜深度 3759 m,并完成了坐底、巡航、插国旗、布放标志物、海水和生物取样、海底高精度测绘等多项海底作业,创造了水下和海底作业 9 小时零 3 分的记录。

2011 年 7 ~ 8 月,“蛟龙”号在东北太平洋中国大洋协会多金属结核勘探区成功开展了 5000 m 级海上试验。“蛟龙”号共完成了 5 次下潜,最大下潜深度 5188 m,完成了坐底、巡航、水下摄影摄像、布放标志物、生物及微生物取样、海底高精度地形地貌测绘等多项海底作业,验证了“蛟龙”号载人潜水器在 5000 m 级水深的各项性能和功能指标。5000 m 级海试的成功实现了我国载人深潜的历史性跨越,使我国成为继美、日、俄、法后第五个具备 5000 m 级下潜能力的国家,标志着我国具备了载人到达全球 70% 以上海洋深处进行作业的能力。这一深度的突破体现了我国在深海技术领域的重大进步。

2012 年 6 ~ 7 月,“蛟龙”号在密克罗尼西亚联邦专属经济区(马里亚纳海沟)开展 7000 m 级载人深潜试验。6 月 15 日首次下潜到达深度 6671 m,6 月 19 日第二次下潜到达 6965 m,6 月 22 日第三次下潜达到 6953 m,获得生物样品,6 月 24 日第四次下潜则突破 7000 m 深度,达到 7020 m,创造了国际上同类作业型载人潜水器下潜深度的最大纪录。

四、深海最新技术特点

近几年,随着新技术以及新材料的不断涌现,极大地促进了载人深潜器技术的提高。下面将结合国内外潜水器的研制过程,从六大方面对其新技术展开介绍。

(一) 耐压材料新型化

对于潜水器,特别是深潜器,耐压壳体的选择对控制潜器的重量至关重要。目前世界上较浅的载人潜水器耐压材料的选择一般为钢材和铝合金,大深度的载人潜水器耐压材料一般为钛合金,也有采用钢材的。钢材价格适中,但其密度较大,造成整体重量偏重,影响大深度载人深潜器重量及浮力的控制;钛合金相对较轻,且强度高,但是昂贵的价格限制了其在深海潜器上的广泛应用。

陶瓷作为一种应用于水下耐压罐的新型耐压材料,越来越受到人们的重视。选择陶瓷作为耐压罐是因为其很高的强度重量比,并且其近似于中性,适合极限深度的特点。同样大小和数量的钛合金耐压罐在水中要重几百公斤,且需要昂贵且较多的浮力材料来补偿重量。美国的新型无人深潜器“海神号”HROV 的耐压罐即使用了此种新型的耐压材料,见图 3 所示。其耐压罐的主体部分使用的材料为高强度陶瓷材料,密封部位为钛合金材料。2009 年 5 月,采用这种新型高强度陶瓷材料的“海神号”混合型无人潜水器成功下潜至马里亚纳海沟 10 902 m 的海底,证明了此新型材料可以满足深海潜器的要求[13]。

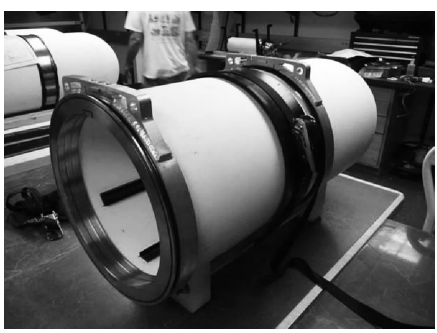


图 3　应用于“海神号”上的陶瓷耐压罐

(二) 浮力材料轻便化

浮力材为潜水器的另一重要材料,其作用是为潜水器提供浮力。浮力材料的先进性是用给定承压能力的条件下它的密度和吸水率来表示的,密度和吸水

率越低越好。目前在潜水器上使用的浮力材料有两种类型,一种是玻璃微珠掺杂环氧树脂制成的可机加工型浮力材料,这种能承受 7000 m 高压的浮力材料,最小密度可达 481 kg/m^3。另一种是陶瓷球,这种浮力材料的比重更轻,全海深的密度只有 340 kg/m^3,“海神”号潜水器中就采用该种浮力材。该陶瓷球外径 91 mm。每个球重 140 g,排海水重量为 404 g,且均套上 5 mm 厚的 PVC 套来进行冲击保护。整个潜器在壳体的上方使用了 1472 个浮球,可提供 417 kg 净浮力。

(三)观察设备高清化

随着深潜器技术的成熟,人们对于深潜器的要求已不仅仅局限于“下的去,上的来”的水平,人类需要更加深刻的了解海洋,尤其是美丽的海底世界。因此,观察设备越来越成为各个国家深潜器设计的重点。随着高清摄像机的出现,深潜器观察系统的高清化成为了可能。高清摄像机图像质量清晰,且其传输采用平行线传输方式,具有非常高的抗干扰能力,避免了定制昂贵的同轴电缆式的水密电缆,成为了应用于水下观察系统的首选。目前,各大水下产品公司都已经有了水下高清摄像机。另外,除了高清摄像机,水下灯光源、照度、色温的选择也可影响整个水下观察系统的清晰度。

(四)作业工具模块化

深潜器能够长久生存下去的一个重要的因素是其一般都具有一定的海底作业能力,使用的作业工具包括:机械手、各种传感器、热液取样器、矿物质取样器及一些针对特定生物的生物捕捉器等。热液取样器如图 4 所示。然而搭



图 4 热液取样器

载的工具越多,深潜器有限的搭载空间及接口就会越复杂,相对来说在水下带来的危险性就越大。例如,机械手一般要伸出潜器线型以外,其和外界发生缠绕的几率就较大。因此,为了减小作业工具所占的空间,缩小设计复杂程度及减少危险概率发生的情况,作业工具最好有模块化的设计思想,接口统一,这样可以根据潜次(每一次下潜任务简称一个潜次)任务的不同,搭载不同的作业模块。如此便需要做两方面的改进,即深潜器和作业工具都要进行相应接口及体积的改进。

(五)水声通信可靠化

水声通信是深潜器在深海中与支持母船取得联系的唯一有效途径,其受海洋环境影响较大,水声通信可靠性及通信准确性对于深潜器安全航行与作业将起到至关重要的作用。载人深潜器与水面取得的联系将以 3 种方式表现出来:高速水声通信(包括图像、语音及文字信息)、水声电话(包括语音及文字信息,可作为高速水声通信的备份,也可单独使用)、超短基线定位声呐(主要提供深潜器相对于母船的方位与深度信息,将为深潜器安全返航提供重要保障)。其中,水声电话技术相对成熟,但是需要清晰化,减小主机通话时的噪音。高速水声通信技术为现今国内外科研人员重点研究的内容,发展距离远、效果好、可靠性高的高速水声通信将成为今后水下潜器用水声通信发展的重点。超短基线定位声呐目前国外技术相对较高,但是在实际使用中由于环境影响,有一定出现野值的概率,因此,要提高超短基线声呐的可靠性.

(六)能源供给经济化

由于载人深潜器自带能源(一般为蓄电池),不从水面获得能源,因此蓄电池容量、放电能力等将成为制约深潜器航行作业时间的瓶颈。目前载人深潜器所用到的蓄电池主要为铅酸电池、锌银电池及锂离子电池,各种蓄电池对比如表 2 所示。铅酸电池价格较低,但大电流放电能力相对较差,美国目前在用的“Alvin”号载人深潜器即是使用的铅酸电池;锌银电池是所有在用电池中比能量最高的,大电流放电能力极强,瞬间可达到上千安培,但是价格也是最昂贵的,中国的“蛟龙号”载人深潜器,俄罗斯的“和平号”载人深潜器都是使用的此类电池。锂离子电池是近些年新兴的能源,其比能量较大,但是其安全性能相对较差,这也阻碍了其应用在载人深潜器上的发展,日本的“ShinKai6500”在后来的改造中即是采用的此类电池。另外,燃料电池以其较高的比能量,操作简单,价格适中等一系列优点也越来越受到人们的重视,德国就已经把燃料电池应用在其 U31 潜艇上。

表 2 各种蓄电池对比

种类	铅酸电池	锌银电池	锂离子电池	燃料电池
标称电压(V)	2	1.5	3.7	无
重量比能量(Wh/kg)	35	150	80 ~ 125	30 ~ 1000
循环寿命(次)	300	30	500	取决于燃料类型
安全性	一般	一般	较差	较好

五、载人潜水器应用作业及技术发展的思考与展望

为满足勘探开发利用海洋资源的迫切需求,如何更好发挥载人深潜器的作用,今后如何发展各型深海装备技术是我们必须要思考和解决的重大课题。对于载人深潜器的未来发展趋势,应立足于应用性,同时兼顾经济性与舒适性等要求。在载人深潜器研制中,应根据其功能和使命的要求,提供性能更高、经济性更好的载人装备。从这个角度出发,载人潜水器的应用及发展,应该要重视如下几个方面:

(一) 面向科学应用,形成作业能力

以科学作业为主要目的载人潜水器,其任务使命为进行海洋探查和资源开发,是未来载人潜水器的一个发展方向。对于该类载人深潜器,除了对可靠性、安全性提出更高要求外,还有一个突出要求即作业能力。我国“蛟龙号”载人潜水器完成 7000 m 级海试后,应尽快投入海洋科学研究和海洋资源勘探作业等应用中,充分发挥其作业能力,为我国海洋开发提供服务。

以美国为例,至今“阿尔文”号载人潜水器已累计完成 5000 次以上的下潜作业,为深海研究工作做出了巨大贡献。为了保持在深海研究领域中处于领先地位,美国在这方面开展了大量工作。2000 年,美国成立了一个由海洋工作者、教育家和科学家组成的领导小组,统一制定了发展国家海洋资源勘查的战略决策。2004 年,在美国国家科学基金会(NSF)的支持下,伍兹霍尔(Woods Hole)海洋研究所决定在现有“阿尔文”号基础上对其部分设备进行升级更新,并将新潜水器命名为“新阿尔文”号,如图 5 所示。与“阿尔文”号相比,“新阿尔文”号将具有下列特点:更大的下潜深度;更大的载人球,更好的舱内人—机—环设计;电池的功率更大;在工作深度更长的工作时间;更好的观察视野,驾驶员和科学家的观察视野有重叠;更好的内部电子电路;更大的科学有效负载;更好的照明和成像

系统;更强的推进马力(更好的操纵性);更好的数据采集和仪器接口;更好的悬停作业能力。

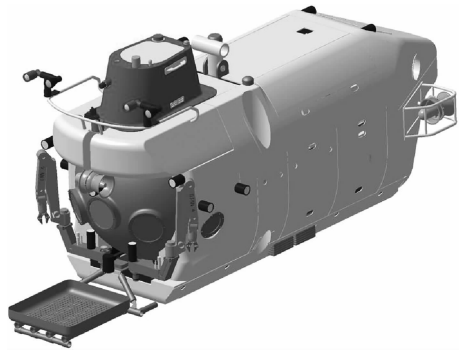


图 5 “新阿尔文”号

(二) 面向深海探险和观光,探索极限海底奥秘

伴随着相关深海技术的日益成熟,促进另一种面向深海探险载人深潜器的出现。该类深潜器以满足人类对深海世界的好奇心为主要目的,其使用对象为一些探险家。与前一类载人深潜器不同,该种潜水器以挑战极限为主要目标,因此对深度指标提出更高要求。近期出现的“DEEPSEA CHALLENGE”号,“Deep Flight Challenger”号以及“Triton 36000/3”为该类潜器的代表。

2012 年 3 月 26 日,美国著名导演卡梅隆驾驶研制的“深海挑战者(DEEPSEA CHALLENGE)”号抵达太平洋 10 898 m 深度的马里亚纳海沟,成为一名潜入极限海洋深处的探险家。该潜器为提高上浮、下潜速度,在外形设计中采用鱼雷形式,见图 6。而“Deep Flight Challenger”号则采用水下滑翔的原理,用较少的动力实现较高速度航行。

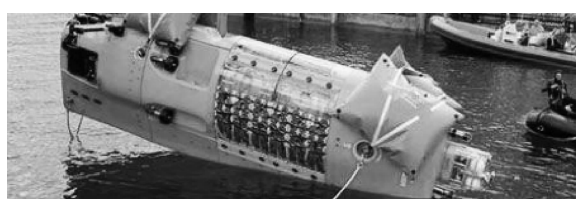


图 6 “深海挑战者”号

(三) 构建深海装备体系,实现载人与无人装备之间相互支持和协同作业

面对日益增多的潜水器以及日益完备的装备体系,如何协调好载人与无人潜器的关系,发挥载人与无人潜水器的各自优势,是亟待解决的问题。在这一方

面,应注重构建深海装备体系,实现载人和无人装备之间的相互支持、联合作业和协同工作,充分发挥综合技术体系的作用。

西方各国已在 ROV、AUV 和 HOV 等装备方面取得了十分显著的成果。美国继续保持在海洋探测和深海矿产资源勘探、开发方面的领先地位;日本政府投入巨资建设了水面母船支持的多类型深海潜水器,其拥有的无人遥控潜器潜水深度达到 11 000 m[14]。基于这些装备,日本和美国、法国联合对太平洋、大西洋进行了较大范围的海底资源和环境勘探。美国、日本、俄罗斯、法国等发达国家目前已经拥有了从先进的水面支持母船,到深海(有的工作深度达 11 000 m)遥控潜水器(ROV,ARV)、深海(6000 m)自治机器人(AUV)、深海(6500 m)载人潜水器(HOV)、600 m 单人常压潜水服(ADS)、深海(6000 m)可移动长期工作站和深海(6000 m)资源开采机器人等完整的技术装备体系,实现了装备之间的相互支持、联合作业、安全救助,能够顺利完成水下调查、搜索、采样、维修、施工、救捞等使命任务,充分发挥了综合技术体系的作用。

(四)重视新技术及新装备的开发

深海高强度材料如陶瓷材料、水下高能量密度能源、水下微细光缆技术以及通信导航等方面的核心技术进展,将会极大提升深海装备研制能力和水平,如美国的下潜 11 000 m 的“海神号”混合型无人潜水器就采用了上述高新技术。

美国的载人潜水器 Alvin(HOV)、无人自治潜水器 ABE(AUV)、无人遥控潜水器 Jason(ROV)以及单人常压潜水服(ADS)等装备,在深海科学研究和资源勘查作业中以其技术先进性和高效率应用而著称。有关研究机构在新型深海运载器如 Sentry(AUV)、Nereus(HROV)等研发方面也是不遗余力。除发展 1000 m 深科学探测和资源勘探开发的无人装备技术外,一些国家开始规划分阶段地进行居住型载人深海空间站的研究与建设,包括固定式海底观测系统和移动式载人平台。美国在规划中也提出,应通过重视新技术及新装备的研发,确保其在深海运载器技术发展和应用方面继续保持领先地位。

六、结束语

载人潜水器是人类开发利用海洋资源,实现国民经济可持续发展的必不可少的手段。随着新技术、新材料的不断发展,载人潜水器必将进入新的发展模式。新技术和新装备必将不断出现,载人潜水器和无人潜水器等装备体系必将不断完善,装备之间相互支持和协同作业必将进一步促进作业能力和效益的大幅提升。

参考文献

1. 朱继懋. 潜水器设计[M]. 上海:上海交通大学出版社,1992.

2. Van Dover C. 6500m HOV Project: A-4500 HOV Project Execution Plan. November 10, 2009.

3. The National Research Council report. Future Needs in Deep Submergence Science:Occupied and Unoccupied Vehicles in Basic Ocean Research. 2004:152. This PDF is available from the National Academies Press at: http://www.nap.edu/catalog/10854.html.

4. R. 弗朗克. 布什毕. 载人潜水器. 北京:海洋出版社.

5. Hardy K, Rosenthal B J. Special issue: Celebrating the golden anniversary of man's deepest dive[J]. Marine Technology Society Journal, 2009, 43(5).

6. Kohnen W. Human exploration of the deep seas: Fifty years and the inspiration continues[J]. Marine Technology Society Journal, 2009, 43(5): 42-62.

7. Lévêque J P, Drogou J F. Operational Overview of NAUTILE Deep Submergence Vehicle since 2001[A]. New Orleans, LA, Underwater Intervention 2006. In: Proceedings of Underwater Intervention Conference, 2006. New Orleans, LA. Published by Marine Technology Society.

8. Sagalevitch A M. Experience of the use of manned submersibles in P. P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences[A]. In: Proceeding of the 1998 International Symposium on Under-water Technology, 403.

9. Nanba N, Morihana H, Nakamura E, et al. Development of deep submergence research vehicle "SHINKAI 6500"[J]. Techn Rev Mitsubish Heavy Industr Ltd, 1990, 27: 157-168.

10. 崔维成,等. 7000 米载人潜水器研发简介[J]. 上海造船,2008,73:14-17.

11. 崔维成,等. "和谐"号载人深潜器的研制[J]. 舰船科学技术,2008,30(1): 17-25.

12. 胡震, 等. 和谐号载人潜水器水池试验[A]. 中国上海第三届亚太地区潜水和水下技术会议论文集. 2008 年 6 月 14—15 日.

13. 刘涛,等. 深海潜水器装备及最新技术进展报告. 中国船舶重工集团公司第七 0 二研究所 60 周年所庆纪念学术论文集, 2011 年 10 月.

14. 刘涛. 对我国深海装备体系发展的思考. 863 海洋领域探测装备发展研讨会, 2009 年 9 月.



刘涛 博士,研究员,博士生导师。现任中船重工集团第 702 研究所副总工程师。主要从事海洋工程与深海潜水器的研究工作,涉及总体设计、结构分析及先进复合材料、新型合金材料研究等领域。先后主持或参与完成了多项科研项目,曾任 863 计划智能机器人“CR - 02”6000 米自治水下无人机器人(AUV)项目副总设计师,863 国家重大专项“蛟龙”号 7000 米载人潜水器(HOV)项目副总设计师,综合海底观测系统布设可视化项目负责人以及大深度单人常压潜水服项目负责人等。江苏省第三期“333 工程”第三层次培养对象,已完成管理期满考核。现任第一届“全国潜水器标准化委员会”委员兼秘书长。

海底观测网络组网接驳技术研究

杨灿军 等

浙江大学,杭州

一、前言

海底观测网络作为可以实现对海底进行长期实时观测的一种新型平台,将是继调查船舶和遥感通信卫星之后,人类探测深海的第三个重要平台,也是国家安全、环境保护、资源开发和减害防灾所不可缺少的基础技术和信息获取手段。作为地球系统的第三个观测平台,海底观测网络彻底改变了人类研究海洋的途径,开创了海洋科学研究的新纪元。对深海海底进行原位、实时、长期的观测,并通过与岸基联网解决系统运转的能源和数据传输等问题,将在一二十年之后成为深海海洋探测和研究的主要方式之一。海底观测网络是指能够对海底区域进行长期实时探测、传输数据、采集分析样品以及进行原位实验的海底无人网络系统,主要由海底固定观测节点、水中移动观测节点(如 AUV、Sea Glider)、基站、电缆、作业装备(ROV)等构成,见图 1。

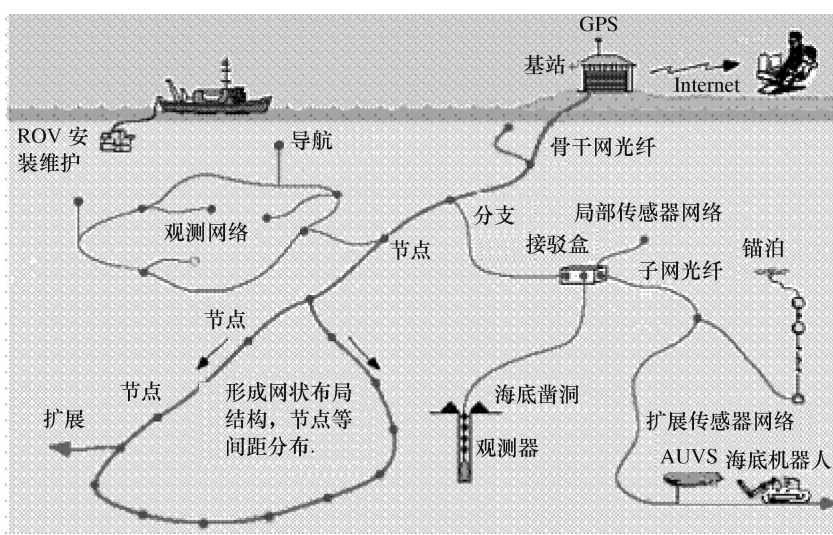


图 1 海底观测网络示意图

海底观测网络需要布放在宽广区域海底中,监测区域和精度主要取决于节点数量和水下接驳设备数量,显然这不是单个节点、数个传感器即可解决的问题,这就涉及多节点海底基础设施建设、系列化接驳盒联网技术、多节点高压电能传输和光纤通信技术以及维护等技术。依靠一根纵深到深远海或者形成环网的主干缆,多个接驳盒挂接到主干缆上,再通过树状结构连接水下定点监测设备和水下移动设备,从而形成区域性的海底观测系统。因此,海底观测网络组网与接驳技术装备研发是建设海底观测网络关键技术装备之一,主要包括建设海底观测网络需要的系列化海底接驳盒装备、网状电能及通信传输技术装备、故障监测和隔离技术装备、岸基试验设备、水下作业设备等,为建设海底观测网络提供核心技术支撑。

二、关键技术研究

(一)海底接驳盒的系列化、模块化设计方法

在大区域的海底观测中,布放在海底的原位观测设备分布区域广,数量几十甚至上百个,单一节点的海底观测站显然不能满足接驳要求,多节点的海底观测网络是发展趋势。海底接驳盒的系列化、模块化是观测网络建设和维护必须考虑的问题。通过实现接驳盒的系列化和模块化,加速观测网的建设速度,解决接驳盒维护替代和互换性问题。要实现接驳盒的模块化,就必须对接驳盒所有功能先进行功能模块化,将各个部分分成相对独立的部分,并进行模块化整合,同时还要顾及深海设备要求结构紧凑,密封可靠,尺寸尽可能小等因素。而系列化则要综合模块化设计和使用场合整体条件,使得系列化后的接驳盒能够适应不同的环境和要求,并具备一定互换性。因此,模块化和系列化是观测网规模化需要解决的难点之一。

(二)多路电能变换、分配、监控和故障保护

从观测网主干缆获得的高压传输电需要经过变换才能给观测仪器供电,而电压变换为接驳盒的核心内容,该部分主要研究电能变换、分配和监控方式。在该研究内容中,考虑到次级远距离电能传输,所以需要经过双级电能变换。因此,接驳盒必须具有一个大功率的高低压的双极电能变换系统,通过高压变换为中压,之后分别给本地接驳盒二次变换系统和次级网络系统供电。接驳盒本身能够扩展多路标准接口设备,中压需要进行二次变换才能够可靠地给所有扩展接口设备供电。由于扩展的接驳设备数量多,负载可能具有容性和感性等复杂情况,各路接口的能量分配及其动态监控是观测网络健康运行的关键,同时,当

发现某路设备出现接地故障或者短路故障等,接驳盒本身必须具备快速隔离故障的能力,使得某路故障不至于影响到接驳盒乃至整个网络的稳定运行,并能够通知岸基,以便进一步处理,故电能的双级变换、多路能量分配、负载动态监控技术和故障隔离技术是接驳盒技术必须解决的难点。

(三)多路高带宽通信研究

接驳盒除了提供能量,高带宽信息交互是其另外一大功能,海量的数据传输都必须经过接驳盒进行整合和传输,研究多路高带宽的通信方式是本课题的一个研究内容。而水下设备种类繁多,通信方式依据其使用距离、工作模式、数据量等因素决定,为了适应不同的设备,水下接驳盒需可提供具有不同的网络传输协议的接口,这样,接驳盒必须应对多种协议之间的数据传输和整合,使得监控命令和数据能够实时无丢包地进行传输。当前,水下大部分设备的数据传输依赖于串行 RS232、RS485、RS422 和 TCP/IP 这几种方式,各有自己的优势,而这些传输方式之间的相互转换容易造成数据带宽的变化,因此,不同协议之间的数据传输、切换、整合是必须解决的难点。

(四)多节点的能量监控和数据传输

海底观测网络具备多个节点,不同于单个节点的数据和能量的点对点传输和监控,这涉及多节点的数据高带宽传输和能量分配管理等,这也是观测网发展的必然结果,多节点的能量监控和数据传输就成为了其整体研究的关键内容。首先,多节点信息交互和传输识别以及带宽问题不能忽视;其次,多个节点的电能供应,容易导致节点电压的波动,甚至引起电网出现不稳定状态而供电系统崩溃。因此,该研究将面临两大难点,必须解决由于多点运行引起的数据传输识别问题和能量供给稳定性问题。

(五)多节点的故障发生诊断方法、故障隔离方法研究

多个节点串联或者并联接入网络中,节点故障几率大幅度提高,而由于应用场合为深海环境,任何一个节点的故障都有可能导致整个网络的供电系统崩溃。而深海设备的维护极其困难,维护周期较长,降低单节点故障对系统的影响是观测网络长期运行的关键。因此,多节点装备故障诊断和自维护技术研究是观测网络长期运行的关键技术。由于观测网如同树状结构,为了能够可靠地进行故障诊断和隔离,将在每个结点处设置监控单元,依靠每个单元来切断故障点,以保证整个观测网系统能够最大限度地无故障运行,比如说接驳盒本身就是一个结点,从而可以诊断和隔离其分支,但接驳盒到岸基的主干缆上的结点没有接驳

盒,此处的故障诊断监控是一大技术难点。

(六)水下运载器的停泊以及充电和数据交换

海底观测网络是一个具备定点观测和动态观测的立体监测平台,仅仅依靠接入定点探测设备显然不能实现动态多维监测,而海底的动态监测往往依赖于水下运载器如 ROV、AUV、Glide 等。实现水下运载器和观测网络的接驳,不但扩大了该类运载器的水下运行时间,同时扩大了观测网络的监测范围和能力,实现多维的海洋观测,因此,基于海底观测网的该类运载器的观测也是海底观测网的一大研究。但水下运载器必须接入观测网中才能够实现整合,因此,水下运载器在观测网上的停泊方式,以及水下运载器的能量补充方式、数据转移或者交互方式便成为该类水下运载器革命性的技术,是一个难点。

(七)建立海底观测网节点装备的岸基实验基地

海底观测网的应用环境为几米水深到数千米水深环境,深海的设备投放和回收成本极其昂贵,故可靠性是建设观测网的非常重要的指标。因此,投放前的可靠性测试是保证海底观测网建设顺利进行的一步,通过建立一个海底观测网节点装备的岸基实验基地,该基地具有实际海水环境长期测试平台、深海高压模拟测试平台、低温测试平台、观测网接入模拟评估测试平台等功能,所有水下观测网装备或者接入观测网的观测设备都必须经过该基地的严格测试,以保证其投放和接入运行的顺利完成。

三、研究基础

“十一五”期间,在 863 计划的资助下,我国开展了深海海底长期观测网络试验节点关键技术研究,项目目标是研究开发接驳盒及输能通信技术、原位海底动力环境和化学监测技术、深海网络组网标准技术和系统集成、布放和试验技术等若干深海观测网络组网的关键技术,并通过与国际已有海底观测网络(MARS)相合作的方式,在国际观测网络上进行试验和接并,原位获取实时数据。经过三年技术研发,在接驳盒及输能通信技术、海底原位化学和动力环境监测技术、观测组网标准和网络集成技术等核心技术方面获得了突破,研制了海底接驳盒、水下原位化学和动力环境监测系统等样机和配套软件。2010 年 9 月 20 日至 25 日,该项目在嵊山岛进行浅海试验。试验中,浙大自主研制的接驳盒成功连接了同济大学的海底原位化学分析系统、中国海洋大学研制的海底物理原位分析系统及浙江大学自行研制的海底摄像系统,经历了台风等复杂海况,连续 5 天 5 夜无故障运行,达到了浅海海试指标要求。目前基于高压直流传输的大型海底观测网系统只

有美国、加拿大等发达国家掌握,本次浅海试验的成功标志着我国已经基本掌握了构建大架构和远距离的海底观测网系统的关键技术。2011 年 4 月 21 日,由浙江大学研制的海底观测网络次级接驳盒及海底摄像系统、中国海洋大学研制的海底动力环境原位监测系统以及同济大学研制的海底原位化学分析系统组成中国节点成功与 MARS 海底观测网络接驳,且一次联调成功,获得美方赞誉。系统目前运行正常,并将继续在 MARS 网上运行,预定 2011 年 10 月回收。此次与 MARS 的成功接驳使得中国的深海观测技术跨出了实质性的第一步,将为我国深海海底观测网技术的发展和下一步观测试验网的建设积累宝贵的经验。

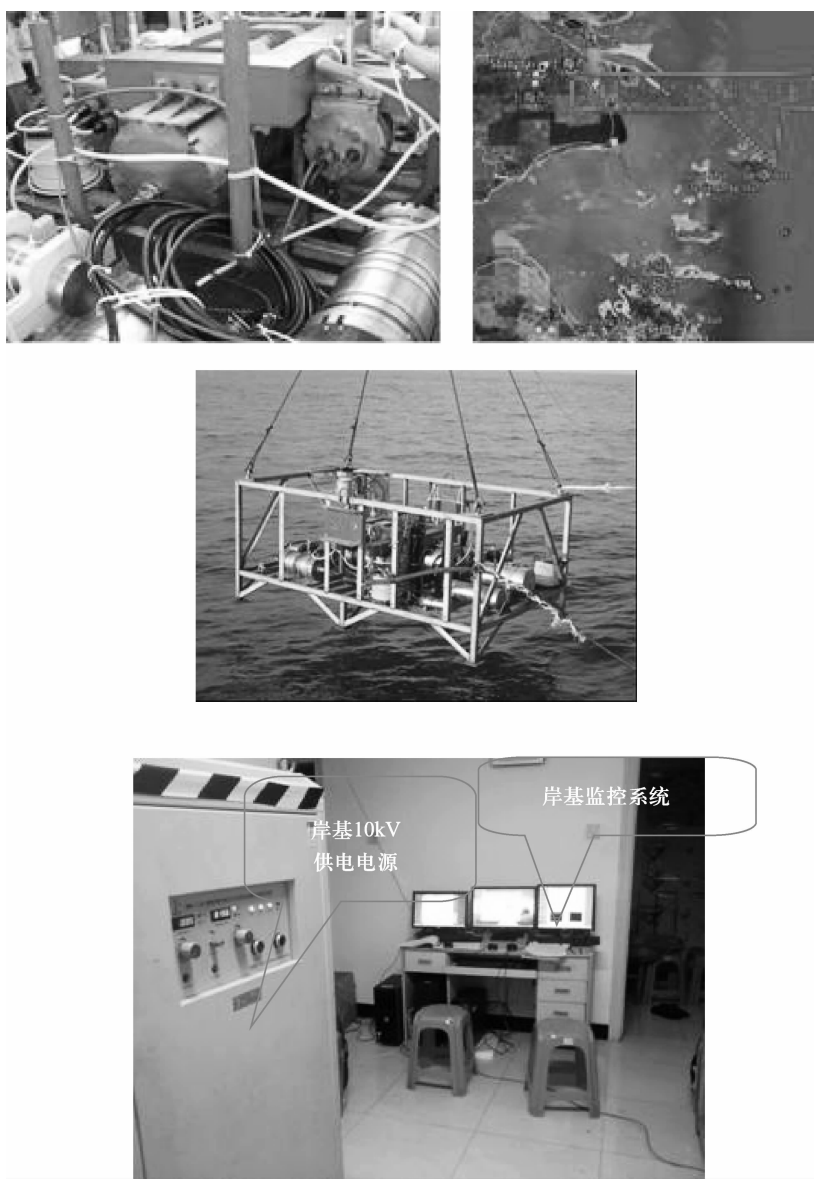


图 2　基于高压直流远距离传输的海底观测网络原型系统浅海试验成功



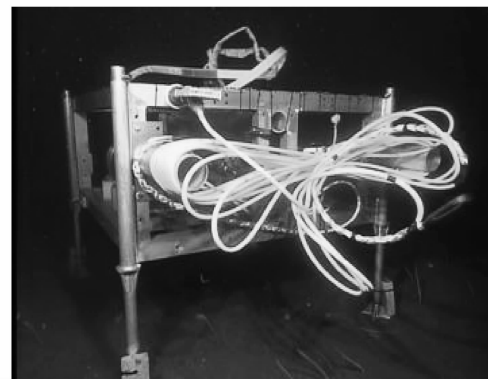


图 3 次级接驳盒与美国 MARS 海底观测试验网对接试验成功

四、小结

海底观测网络组网接驳技术是海底观测网络建设的关键支撑技术之一,近年来浙江大学在组网接驳技术方面开展了探索性工作,将在今后一段时间进一步固化技术成果,努力形成系列化产品,为我国海底观测网络建设作贡献。

参考文献

1. 陈鹰,等. 海底观测系统[M]. 北京:海洋出版社, 2006.

2. 金翔龙,初凤友. 大洋海底矿产资源研究现状及其发展趋势[J]. 东海海洋,2003,21(1):1-4.

3. ISERN A R. The ocean observatories initiative: Wiring the ocean for interactive scientific discovery [C]// OCEANS 2006. Boston: Inst. of Elec. and Elec. Eng. Computer Society, 2006.

4. 汪品先. 关于建设海底观测平台的建议[J]. 学会, 2005, 5: 52-53.

5. 罗续业,等. 海王星海底长期观测系统的技术分析[J]. 海洋技术, 2006, 25(3): 15-18.

6. Dewey R, Round A, Macoun P, et al. The VENUS cabled observatory: Engineering meets science on the seafloor [C]// Oceans 2007 MTS/IEEE Conference. Vancouver: IEEE, 2007.

7. Woodroffe A M, Pridie S W, Druce G. The NEPTUNE Canada junction box - interfacing science instruments to sub - sea cabled observatories [C]// OCEANS´08 MTS/IEEE Conference. Kobe: Inst. of Elec. and Elec. Eng. Computer Society,

2008.

8. Woodroffe A, Round A. Design and operation of a multi node cabled observatory [C]// OCEANS 2008. Quebec City: IEEE Computer Society, 2008.

9. 罗续业,等. 海洋环境立体监测系统的设计方法[J]. 海洋通报, 2006, 25(4): 69 - 77.

10. 马伟锋,等. 海底电缆观测系统的研究现状与发展趋势[J]. 海岸工程, 2009, 28(3): 76 - 84.

11. 卢汉良,等. 深海海底观测网络水下接驳盒原型系统设计与实现[J]. 浙江大学学报:工学版,2010,44(1):8 - 13.



杨灿军 1969 年 12 月生,教授、工学博士。博士研究生导师。全国潜水器标准化技术委员会委员、康复辅具产业技术创新战略联盟理事会理事、《海洋工程》第一届理事会理事、浙江大学机械电子控制工程研究所副所长。主要专业方向:人机智能机电系统、深海机电装备技术。作为项目负责人承担国家自然科学基金项目 2 项、国家 863 计划项目 4 项,参加国家级、省部级各类研究项目 20 余项。合作出版著作 3 部,发表学术论文 100 余篇,其中 SCI、EI 收录论文 30 多篇。获授权国家发明专利 20 多项。获国家科学技术发明二等奖 1 项、国家教育部高校科学技术奖技术发明一等奖 1 项、浙江省科学技术奖一等奖 1 项、浙江省青年科技奖 1 项。入选国家教育部新世纪优秀人才计划,浙江省“新世纪 151 人才工程”第一层次、重点资助培养人员,获得国务院政府特殊津贴。

海洋在线原位光学监测仪器开发

叶树明

浙江大学,杭州

一、前言

近年来,海洋技术先进国家相继开发出了采用大时空尺度调查手段的集成多项传感器的监测系统,例如集成多种传感器的海洋(海底)观测网、多参数浮标系统、水下拖曳调查设备、原位定点观测系统等。各种原位监测系统除了监测海流、温度、压力、盐度等水文物理参数外,生态参数如叶绿素、CDOM、浊度、溶解氧(DO)、硝酸盐、二氧化碳等也逐步成为海洋环境监测的必备监测内容。原位生态参数的监测对于分析海洋生态系统变化、海洋初级生产力等诸多科学问题具有重要意义,是近期海洋监测仪器的重点发展方向。

光学检测仪器通过分析被测物的吸收光谱特性、荧光特性、拉曼特性等光学特性完成目标物的检测。在海洋环境中,光学检测仪器与海水的界面为检测窗口,敏感元件和光源封装在容腔内,不受海水的腐蚀,因此具有较好的长期稳定性。相比于化学分析常见的电极法等手段,光学仪器的检测灵敏度高、稳定性好。

随着高性能半导体发光管(LED)、光电二极管(PD)、微型氘灯、MEMS 光谱仪等新型元件在海洋检测仪器中的广泛应用,原位光学仪器开始在海洋化学和生物分析中占据越来越重要的地位。

根据被测物质的光学特性,浊度、叶绿素、CDOM 等物质可以在海洋环境中进行直接测量,不需要任何试剂。浊度的测量采用散射法,叶绿素采用 470 nm 荧光,CDOM 采用近紫外的 380 nm 荧光,国外很多科研机构和海洋仪器公司都有样机或者产品,目前广泛应用的有美国 Seapoint、加拿大 WETLAB、日本 ALEC 等公司的浊度、叶绿素、CDOM 系列传感器和探头。

使被测物质和光学表面的化学敏感层进行可逆反应,可以进行更多物质的在线原位测量。目前海洋中广泛采用的是溶解氧测量,其原理是氧渗透入由钌的络合物形成的荧光敏感物质,导致荧光淬灭,测量荧光淬灭的程度可以表征氧浓度。根据荧光寿命测量方法制造的荧光淬灭膜可以在海洋环境下工作一年以

上,仪器采用 470 nm 的调制脉冲光测量。挪威安德拉公司等开发的溶解氧传感器具有 8 μmol/L 的测量精度。

将海水吸入检测腔,并加入试剂进行显色反应可以测量更多的物质,根据该方法设计化学需氧量在线分析仪(COD)、营养盐在线分析仪、氨氮在线分析仪等系列浅海和水体在线分析系统,一般采用流动注射原理(FIA)。这些分析仪器受压力影响,不能直接应用于深海原位,美国 SAMI 公司开发的基于平衡渗透原理的二氧化碳显色测量系统,被测溶液不直接与海水接触,避免了反应物沉淀附着的影响,可以满足二氧化碳的长期原位测量。

浙江大学与国家海洋局第二海洋研究所、同济大学、上海交通大学、国家海洋局第三海洋研究所等海洋研究单位经过长期合作,成功地开发了浊度、叶绿素、CDOM 系列传感器,其性能指标优于国际同类产品,并初步实现了产品化,目前正在开发 DO、二氧化碳等在线原位分析系统,有望设计系列具有国际先进性能的自主知识产权的海洋化学和生物传感器分析系统。

二、浊度、叶绿素、CDOM 系列原位传感器

浊度检测根据散射法原理,采用近红外波段(890 nm)的高性能 LED,发射光与接收光均通过光阑来限制光路,将检测区域限定在相对比较小的区域。其仪器结构如图 1。

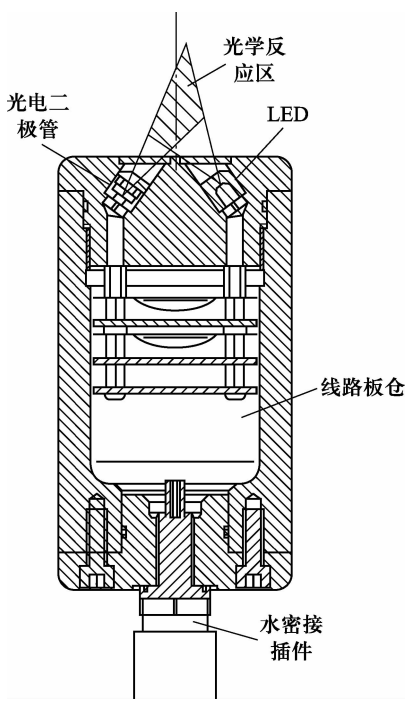


图 1 浊度传感器机械结构图

原位叶绿素检测与原位 CDOM 检测都采用荧光法检测原理,通过检测恒定激发光照射下产生的荧光量,来衡量叶绿素与 CDOM 的浓度。其仪器结构如图 2。

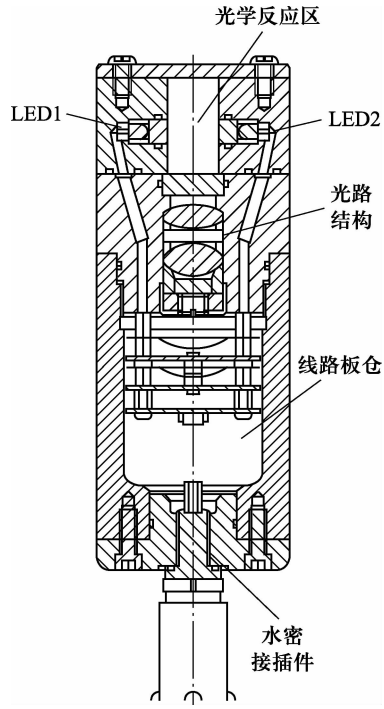


图 2　叶绿素、CDOM 传感器机械结构图

三种传感器的检测电路类似,采用调制光源,测量电路进行解调,根据调制方案不同,可以有以下几种检测电路:

(1) 定频率调制,窄带滤波后异步解调:该方案电路设计相对难度较低,缺点是带通滤波器通带特性对最后性能影响较大,调制波频率和解调通带特性漂移会导致测量性能不稳定,模拟电路复杂度较高,数字电路和 CPU 要求较低。

(2) 定频率调制,同步解调:特点是检测灵敏度高,在无同频率干扰的前提下可以有效去除干扰,模拟电路复杂度适中,对数字电路和 CPU 要求较低。大部分国外产品采用该方案。

(3) 伪随机数调制解调:结构如图 3,特点是检测灵敏度和性能与同步解调相近,理论上对与调制序列非相关的干扰具有抗干扰能力。实测抗干扰能力有 3 ~40 倍的提高。该方案的模拟电路复杂度与同步解调相近,数字电路复杂度有一定提高。

采用伪随机调制解调原理的叶绿素仪器样机如图 4。

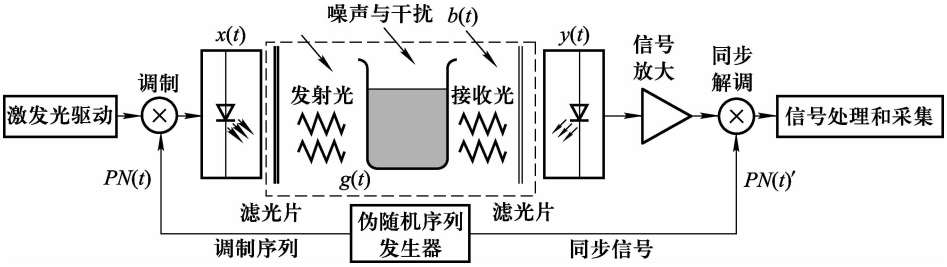


图 3　伪随机数调制测量设备原理框图

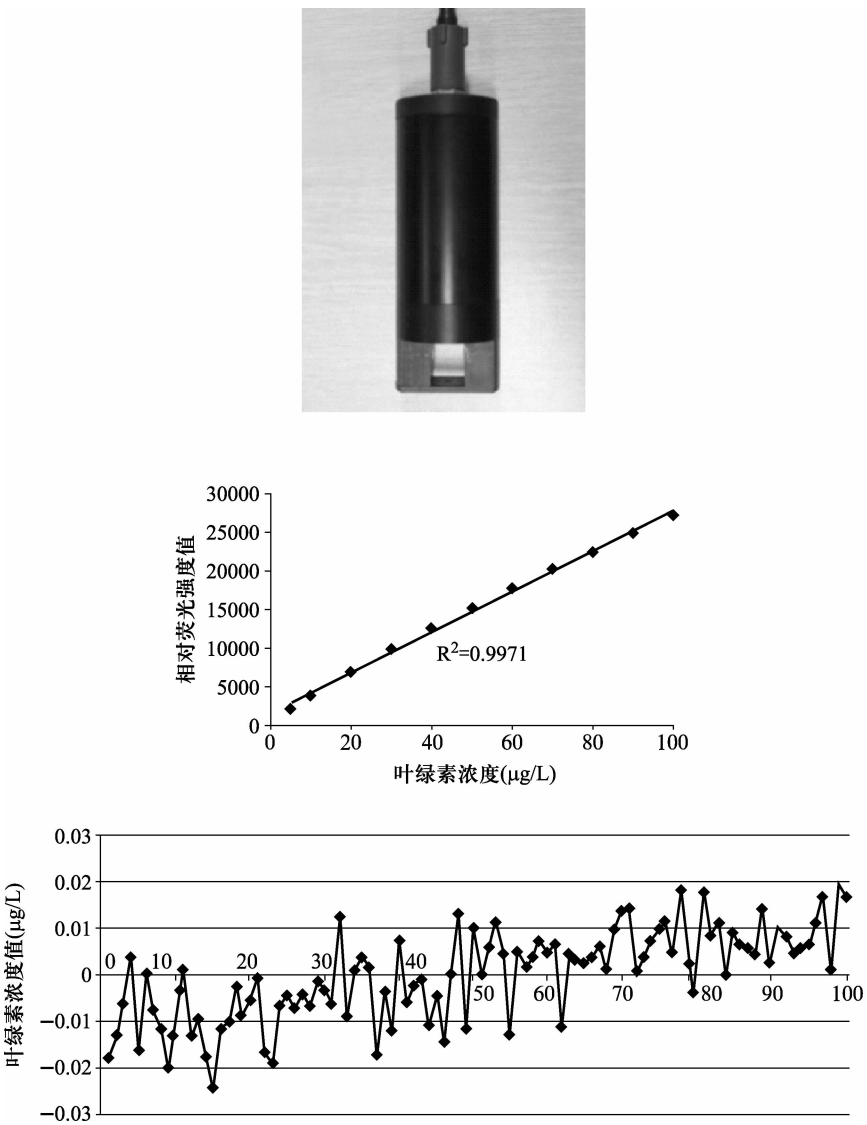


图 4　原位叶绿素传感器及其测试性能指标

三、溶解氧传感器

在溶解氧检测中,传感器膜采用一种钌的络合物的荧光物质,猝灭剂为溶解氧。仪器的基本原理为:可控光源发出中心波长为 470 nm 的调制脉冲光,照射与被测水体接触的氧传感器膜后,激发出中心波长为 620 nm 的荧光,其中一部分荧光与水中的溶解氧发生荧光猝灭效应,猝灭剩余荧光经过中心波长为 620 nm 的滤光片后,被光电检测器接收转换成电信号,通过测量该电信号与调制脉冲光之间的相位偏移,从而得到溶解氧的浓度信息。

图 5 为溶解氧传感器的光路机械结构图。

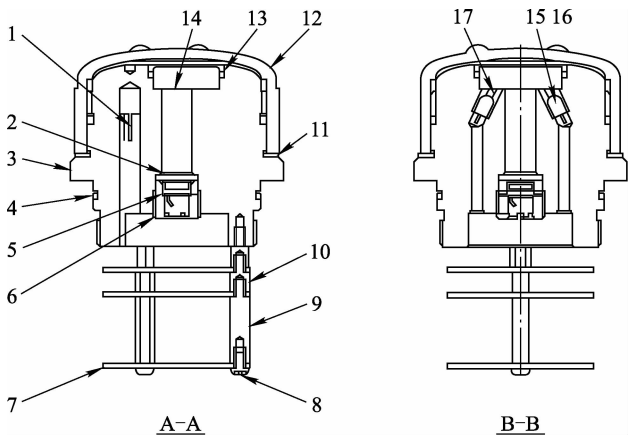


图 5　探头光路机械结构图

图 6 为工程样机的照片。

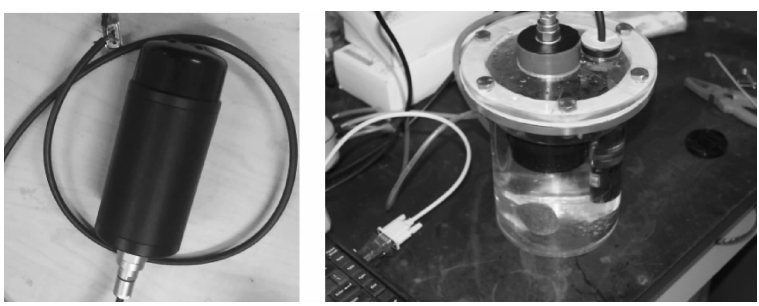


图 6　溶解氧传感器工程样机及其对比测试平台照片

相关测量数据如图 7 ~ 图 9。

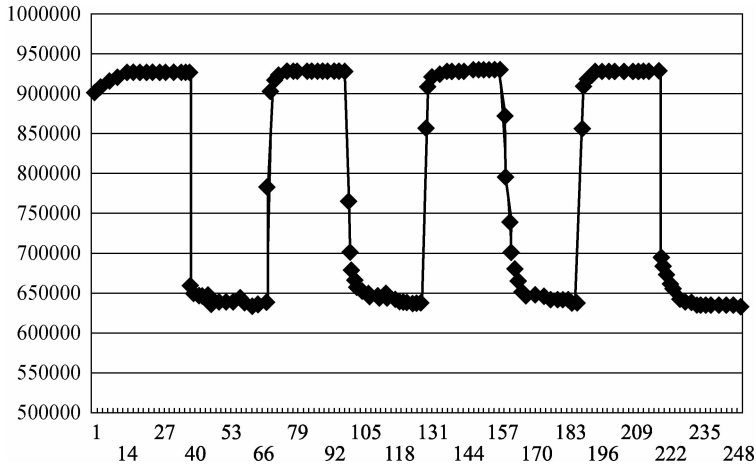


图 7　无氧水/饱和氧水与原始数据关系

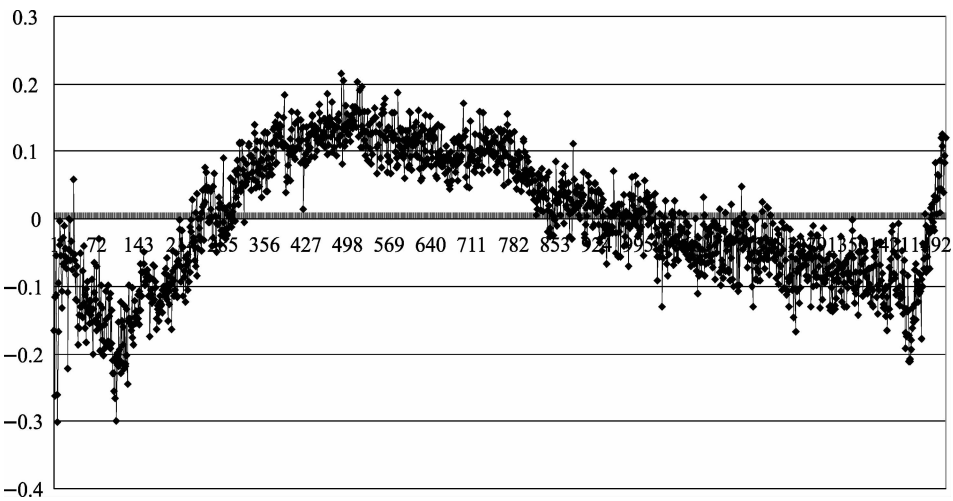


图 8　12 小时连续测量无氧水数据

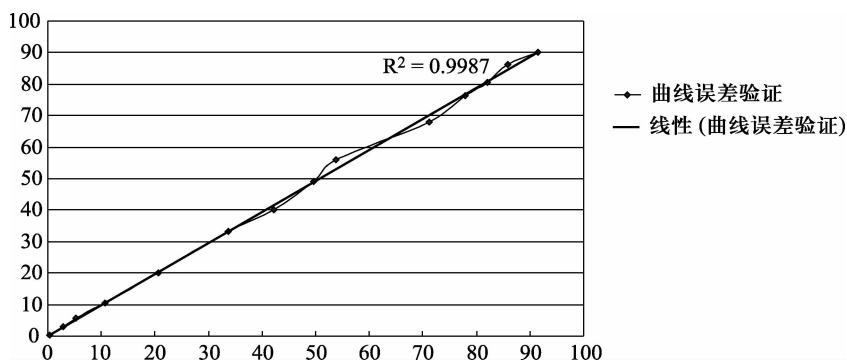


图 9　20℃环境下的测量误差

四、光学法 pH、二氧化碳分析系统

海水中的 CO_2 扩散进入硅胶膜管壁与酚蓝指示剂缓冲溶液发生水合、离解、显色等反应,平衡后的试剂进入流动比色皿,用分光光度法测定光强,计算 HI^-(425 nm)和 I^{2-}(620 nm)的最大吸光度之比,进而计算二氧化碳浓度。

仪器结构框图和机械液路图如图 10,系统实际电路板如图 11。

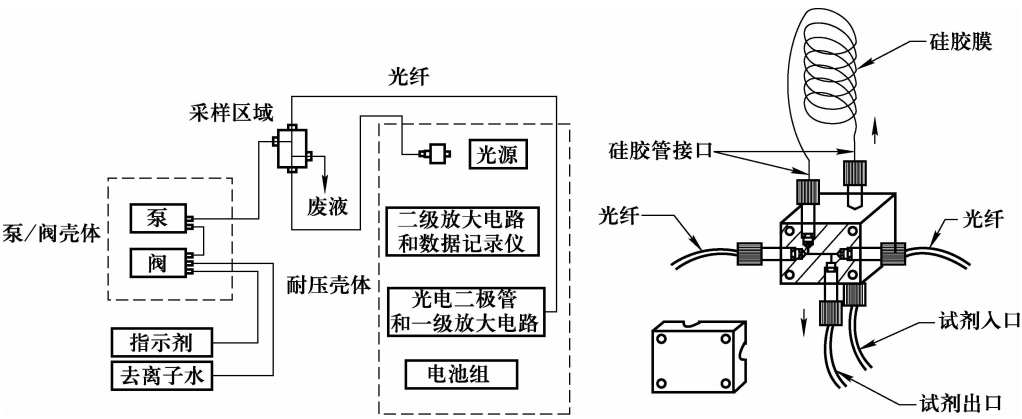


图 10　二氧化碳分析系统结构图和机械液路图

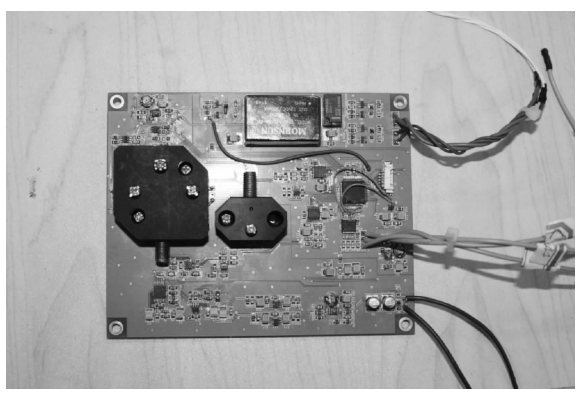


图 11　系统实际电路图

在流通池中抽满蒸馏水,待系统上电稳定后,测量 425 nm 和 620 nm 处的吸光度 A_b,A_r。连续测量 15 分钟,约每 10 s 读取一次数据,共测得 100 个点,进行噪声测试,结果如图 12、13 所示。

由上图可知,A_b、A_r 的原始数据噪声分别为 $e_b(RMS)=0.000474$,$e_r(RMS)=0.000416$,按系统最小信噪比 5:1 计算,系统最小分辨数值为 $d_b=e_b(RMS)\times 5=0.0024$,$d_r=e_r(RMS)\times 5=0.0021$。

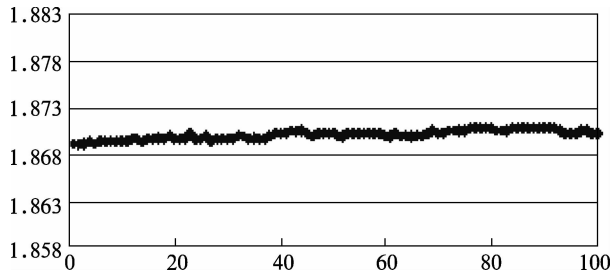


图 12 Ab 噪声测试图

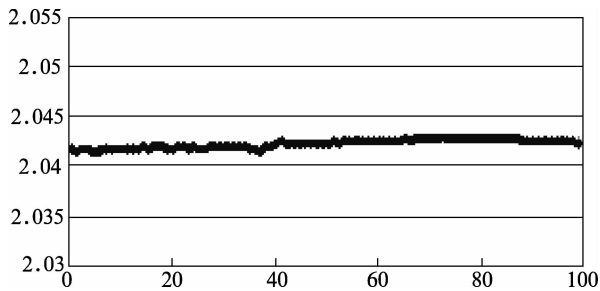


图 13 Ar 噪声测试图

以 pH 值为指示的标定曲线如图 14。

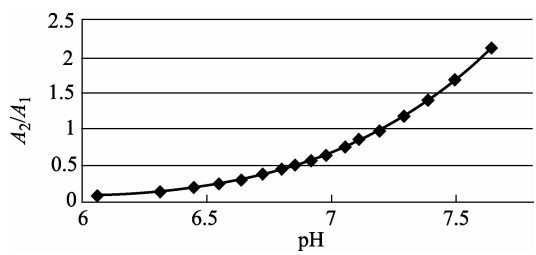
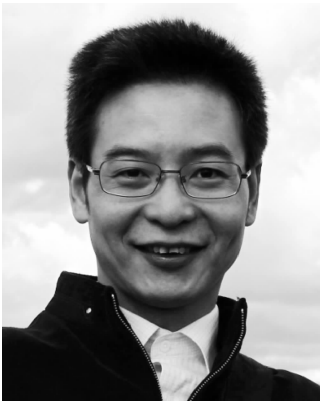


图 14 以 pH 值为标记的系统标定曲线($R^2 = 0.999$)

五、小结

本文对基于调制方案的高性能光学测量技术进行了探讨,并阐述了基于该技术对一系列海洋原位光学分析和监测仪器进行开发的过程。其中原位浊度传感器、原位叶绿素传感器和原位 CDOM 传感器已实现初步产品化,设备性能与国外同类先进产品相当;另外原位 DO 传感器、光学法 pH 和光学法 CO_2 已完成实验室原理型样机的研制。



叶树明 1970 年 6 月出生。1988—1997 年浙江大学混合班、机械系流体传动与控制专业本科、硕博一贯制,获博士学位。现在浙江大学生物医学工程与仪器科学学院任副教授,生物分析仪器实验室负责人,浙江大学苏州工业技术研究院数字化医疗中心主任,环境监测仪器实验室负责人。从事海洋检测仪器、数字医疗仪器等研究工作。在高性能分析仪器领域从事了大量工作,设计的仪器搭载于“天宫一号”,多项产品实现产业化生产。在高压传感器、深海高压在线检测技术、水下原位光学精密测量方面掌握了多项关键技术,成功开发了自主知识产权的高温高压生物培养装置、高压在线显微观测系统、高精度海洋原位叶绿素、浊度、CDOM 传感器。目前正在开发水下原位溶解氧、二氧化碳等测试仪器。

用于水下远程探测的光—声双向信息转换与传递技术

金晓峰 等

浙江大学信息与电子工程学系,杭州

一、背景与意义

水下远程探测是指在海洋中对水中目标、海底地形、地质以及海洋水环境参量等信息实现远程感知。水下远程探测可应用于探测水下目标、空海通信、海底地形勘查、海岸带勘察、灾害预警以及围海造田等沿海经济开发等重要应用。

电磁波、光波与声波是人们进行水下远程探测与海洋特性遥感可以依赖的物理基础。由于电磁波对于海水的穿透能力很弱,因此海洋遥感中的电磁波技术往往只适用于海水表层特性观察。例如,对于 2 GHz 的微波,能量衰减为 1% 的穿透深度仅有 5 cm;虽然电磁波频率降低可以提高海水穿透能力,但也降低了遥感探测的分辨率。而光波在海水中衰减较大,激光遥感技术只有在特定的场合,如水质纯、深度浅等环境条件下具有有限的应用价值。因此,对于广袤水体的探测主要依赖于声波技术。然而常规声波探测技术的实施需要在水中布设物理的发射/接收换能器阵,无论是锚系还是船载,其活动范围和灵活性都受到限制,难以完成大范围、快速、高效的动态环境测量。

本研究团队正在开展用于远程水下探测的双向信息转换与传递技术研究,以水面为自然界面进行光—声信息的双向转换,通过激光作用于水体介质,在水体中激发声波,形成激光声源;水下声波经水中目标反射/散射后并通过水面声光耦合机制被空中机载平台的另外一束激光所探测,以感知水下声信号。这样,利用这种光—声双向信息转换与传递技术可以构建空中机载平台与海洋水体间信息链接的金色桥梁。其潜在的优势就是可以将声呐的分辨率、距离优势与机载平台的速度和机动性结合起来,可以用来对海底地形或水下目标实施快速机动的测量部署与目标定位、水下通信导航等方面的应急应用。

此项技术在美、欧研究机构近年来得到较为充分的研究与发展,被认为是具有“革命性”的空—海探测技术。美国是国际上开展光—声转换技术进行双向

通信实验研究的主要国家,主要针对空—海信息通信的应用。美国、澳大利亚等国家在利用激光产生的水下声源方面分别就光声线性转换机制和非线性转换机制作了长期的实验研究。据报道,美国海军实验室已经可以实现声压级水平为210 dB Rel μPa@ 1 m 的激光声源;在上行链路方面,美国海军实验室开展了基于水面声光耦合的水下声场激光测量技术研究,取得安静水面的最小可探测声压级优于 110 dB@ μPa,同时证实了水面波动的复杂程度会严重恶化探测灵敏度以及波动强度是决定信号丢失率等通信性能的重要因素,采用基于空间补偿方法的多点探测理论模型和水面反射光自适应跟踪系统的实用化技术手段可以解决信号丢失问题。由实验取得的双向链路通信实验中零误差接收在静态水面与动态水面的无误码数据率分别为 6 kbps 和 900 bps。

目前,我们国内对激光声遥感技术的研究也已有了一定的进步,中船重工760 所、中科院上海光机所、浙江大学以及海军工程大学等单位相继开展了一些研究工作,进行了实验室环境与湖上试验的研究。为了实现激光声遥感技术的实用化,目前仍需解决两个方面的问题:1)提高光声转换效率以降低激光发射器的功率要求,并提高探测用声光传感的信噪比;2)有效克服海表面波浪的影响,提高声光耦合的稳定性。

二、光声能量转换的物理机制

早在 1881 年人们就发现强光作用在水介质上可以产生声能量,此现象称为“光声效应”。在 1963 年,R W White 最早推导了有关激光与物质表面相互作用而产生声波的理论,我国的科研工作者在 20 世纪 80 年代后期也开始了有关激光致声技术的研究。

光声能量转换物理机制可以划分为线性区域模型与非线性区域模型。在线性域模型,入射到媒质边界的激光能量被媒质指数衰减,光能量被水吸收后引起局部区域水温变化,由热水与冷水引起的水密度差别引起局部媒质的压缩与稀释,代表了压力波的传输。在非线性域模型中,包括热动力学常数的变化引起表面汽化、水媒质体蒸发以及由光学电离击穿产生的空化等机制,用于产生相对于线性区域模型大得多的声压信号。

在非线性区域模型中存在三种物理机制,其一为热弹机制模型,即所谓的热爆炸机制,水表面吸收光能量产生热能量,导致部分水体温度突变,由于瞬态热爆炸引起媒质弹性变形而产生声波,这种光声转换机制其光声效率比较低,大约是在 10^{-4} 幅度级别;其二,当单脉冲激光能量大到能够产生水汽化的阈值,将出现除了热弹模型以外的汽化机制模型,此时媒质汽化后高速弹出液体表面,其产生的反作用力将产生大的脉冲声压信号,这种机制模型产生的光声转换效率在

10^{-3} ~ 10^{-2}之间;其三为激光产生的击穿电离机制,在高强脉冲作用下,在水表面或某一深度的水体中由于高强激光脉冲产生的电场可使水分子产生电离,产生的等离子体形成的空腔将进一步加快吸收激光脉冲能量,最后产生爆炸的等离子体,其产生的爆炸冲击波在短时间内快速衰减为声脉冲波。由激光产生的击穿电离机制具有最高达 30% 的光声转换效率,它适合于高强声脉冲的产生,但其产生的声脉冲能量的重复性还有待改善。

三、表面声光耦合与信息解调传递

水下声波经水中目标反射/散射后并通过水表面声光耦合机制可被激光接收与探测。目前实现该技术主要有三种途径,包括:基于水面强度调制理论及光强测量技术实现水声探测;基于激光干涉条纹测量技术实现水声探测;基于激光多普勒振动测量技术实现水声探测。这三种激光声呐水声探测技术路线均可实现隐蔽性好、频率偏差低、对水域环境无破坏的信号探测和信号再现,但针对探测灵敏度这一关键技术指标而言,基于激光多普勒测振技术实现水声探测的技术路线具有原理上的优势。该技术采用光信号相干探测的原理,在由回波光与本振光相干性提供的高转换增益的基础上,可获得高水平的探测灵敏度;其次,相干探测具有的对背景光不敏感的特性,确保了该探测方法不受日照等背景环境光的影响。

传统上,相位干涉型信号的解调技术主要包括零差解调法和外差解调法。在零差解调法中,基于相位生成载波(PGC)的方法是研究最多、使用最广泛的方法之一。PGC 检测的原理是采用不平衡干涉仪,通过对光源频率进行高频调制,从而在干涉仪中引入检测信号带宽外某一频率的大幅度相位调制信号,使所检测信号成为这些调制载波的边带,分别用载波自身和二倍频的载波进行相关检测以及处理电路上微分—交叉相乘的方式分离干涉仪的交流传感信号和低频随机相位漂移,再通过高通滤波器得到稳定的传感信号输出。但是这种方法有两个缺陷,一是对光源调频的同时会有伴生调幅现象,导致解调信号失真;二是二倍频的载波是由载波自身相乘得到的,相位与自身不同步,也会带来解调的失真。而外差解调法不需要使用调制光源,通常在干涉仪参考臂中加入移频调制,从而使两臂形成频差,这样干涉后就可以得到被光电探测器响应的外差信号。由光电探测输出的外差信号与外差调制信号经移相电路、混频、低通滤波等解调电路进行传感信号的解调。外差解调法的优点是避免伴生调幅干扰,缺点是需要用精密的外差调制信号移相电路,存在固有的电子相位漂移以及噪声干扰严重等问题。

四、关键技术与实现

(一) 可控激光声源技术

对于主动声呐系统来说,由换能器或换能器阵产生的、具有一定特征参数的声源是系统的一项关键。在本方案中,利用激光致声原理机制而实现的激光声源参数也是激光声呐探测系统的重要指标,这些指标参数包括:产生的声源级、激光声源频谱特征、激光声源的指向性以及稳定性、重复性等方面。在实际应用系统中,这些指标参数要达到与常规声源类似的参数可控性。

通过前期的研究,我们发现可以通过优化设计激光耦合系统,结合激光脉冲能量的调整、激光波前预调制技术、调节激光聚焦点状态等参数,就可以实现激光声源的声源级、指向性、声源谱特征等参数的改变而实现声源的可控性。我们采用具有宽谱响应的电声参数校准的水听器来分析测试水体的光声响应特性,来进行激光声源的实验测量与验证。

(二) 高灵敏度的声光表面耦合探测技术

在用于水下远程探测的声光表面耦合探测系统中,进一步提高接收探测的灵敏度以及进一步降低最小可探测声压级是提高系统探测能力的另一项重要关键技术。

我们提出了一种在光路上通过可调相位延迟而实现的光外差正交解调结构方法,避免了 PGC 解调方法的伴生调幅干扰,克服了相位漂移的缺陷,降低了电子解调电路的复杂度,使得解调输出更准确,更稳定。另外,我们还研究了一种通过基于 $\pi/2$ 相位调制的相位干涉型信号的数字解调技术,避免了原外差解调所需的电子混频器等电路等噪声与转换效率低等因素的影响,可以进一步提高解调信号转换效率与灵敏度。

另外,我们研究宽频带海面振动特性及激光外差频谱特征识别技术,包括强度分布规律和频率分布规律,通过降低固有本底噪声达到提高探测灵敏度;同时研究强海杂波背景下信号抑制技术,这是提高声光耦合灵敏度的另一途径。

(三) 波浪跟踪与补偿技术

水面的固有运动特性可能导致水面反射光偏离接收视场范围,造成信号丢失,影响系统探测的稳定性与可靠性。针对这一实际问题,我们采用自适应高速波浪跟踪系统,用于实时跟踪水面的动态变化,获得使探测光的水面反射光能够回到接收望远镜的水面反射点位置,并将发射信号光实时快速跟踪在该位置,从

而保证声光表面耦合探测系统能够连续接收具有足够强度的反射光信号,使得入射激光能够跟踪调节以适应海平面的波动,以减小信号幅度衰落的影响,提高系统的水面动态波动的环境适应性。

(四)非规则阵列信号处理技术

在声光遥感的实际应用中,由于水下声场的复杂性,单点声光表面耦合探测无法获得目标的详细信息,需要通过多点多路的声光表面耦合探测数据合成以组成阵列,以完成声场信号的波束形成,获取水下目标探测与浅海地形的多维信息,实现对水下目标的定位与指向。利用具有空间上存在一固定间隔的多点位置,可形成多点同时接收的空分复用的非规则阵列接收系统,以完成多路声光遥感系统的拓展。针对同一水下声信号,由于各路回波信号的相位各不相同,因此,需对回波信号的相位信息进行判别及融合,降低各通道声光耦合探测光路之间的串扰和噪声,基于高速处理器件研制多路光接收器声信号的解调与处理,进而准确有效地识别水下信息,提高水下信息的探测能力。

(五)目标散射建模技术

针对水下远程探测的不同应用,可以基于其目标特性与激光声源特征参数,进行目标散射的建模与分析。由激光声源产生的声学特征参数不同于传统的主动声源系统的声学参数,其目标的散射特征参数也不尽相同,因此针对不同的应用,需要建立水下目标的激光声散射模型。如:对于多波束海底地形测量来说,需要建立专门的基于激光声源的海底地形多波束散射特征参数模型。

五、建议与讨论

我国沿海大部分区域水深在 100 m 以内,且浑浊度普遍较高。同时,海岸带、河口的变迁,与海洋环境监测、围海造田等密切相关,是沿海经济建设的重要参考。另外,大型水电坝区、内陆湖区的水深监测,也是环境监测、灾害预警的重要内容。而这些海区、湖区的主要特点是水浅、水体较为混浊。传统的光学、声学水深测量手段均受到一定的限制。因此,研制这类水域的新型水下测量装备具有重要的科学意义和明确的应用背景,这样可以使我们自行研制的这种海洋探测与装备具有兼有声呐的分辨率、距离优势与机载平台的速度和机动性优势,使得基于空中平台的测量技术具备一定的海水深度穿透能力,进而可为航空遥感水下环境提供一条新的技术途径。

我们提出的以水面为自然界面进行光声信息转换,开展用于水下远程探测的光—声双向信息转换与传递技术的研究,并构建实验系统平台,进行有关关键

技术的实验验证与实用化技术的推进。建议国家有关部门大力支持这种光声遥感新技术的创新技术的研究,尤其是多个周边国家以咄咄逼人姿态,掠夺我国海洋资源与挑衅我国海疆的严峻形势下。



金晓峰 博士、教授、现任浙江大学电子信息技术与系统研究所常务副所长。1990 年本科毕业于华中科技大学光电子系。1993 年硕士毕业于中国舰船研究院,从事水声电子技术研究。1996 年博士毕业于浙江大学光电与科学仪器系。研究方向为测试计量技术及仪器。曾获得中国舰船研究院科技进步二等奖、中国船舶工业部科技进步二等奖、三等奖等多项。2000 年 12 月 –2003 年 12 月,在美国光电子研究公司从事多项高新技术与产品的研究。回国后主要从事光纤光子技术、微波/毫米波技术以及测试计量传感等领域的研究,于 2006 年晋升为浙江大学教授。负责主持并完成的研究项目有:国家自然基金、“十一五”863、“十一五”民口配套项目、总装预研基金、航天支撑基金等纵向项目多项,在国内外著名刊物发表研究论文 50 余篇,授权的发明专利近 20 项。

专题二

海洋运载工程

海洋运载装备科技发展战略的浅思考

李彦庆

中船重工集团第 714 所,北京

一、前言

海洋运载装备是指以开发和利用海洋资源,维护海洋权益为目的运输与作业装备,包括海洋运输装备、海洋科学考察装备、海洋安全保障装备、海洋工程装备、渔业捕捞作业装备及相关配套装备等。海洋运载装备制造业是典型的资本密集型和技术密集型行业,具有产业链条长、相关产业关联度高、带动作用大、新技术应用广等特点。

目前,影响产业发展的宏观形势发生了新的变化。碳政治和碳经济成为了热门话题。一系列国际海事新规则规范密集出台,技术壁垒呈大幅提高之势。海洋运载装备制造业的产业竞争也由成本优势竞争向技术优势竞争转化。如何在此形势下稳固我国海洋运载装备制造业已经取得的来之不易的优势地位,借世界海洋装备产业发展之大势迅速而稳健地实现向海上装备强国的推进,为我国的经济发展和转型以及保障国防安全提供牢固的基石成为当前一个紧迫而又十分重大的课题。

二、远洋运载装备与科技的发展趋势

(一) 向超级绿色方向发展

1. 绿色船型的设计

从船型设计之初就要有低碳、绿色的理念。从船舶自身特性角度考虑,优化船舶的线型设计是降低船舶航行阻力最直接有效的方法。运用船体线型 - 螺旋桨匹配优化设计技术、高效螺旋桨、各种节能减阻及尾流能量回收技术来改善船舶阻力,提高推进效率。持续进行低阻船型优化设计、计算流体动力学、性能预报与试验技术以及船舶纵倾减阻控制技术的研究。同时研究开发无压载/少压载船型,积极推广船体减阻涂层及复合材料应用技术也是绿色设计的重要一环。

2. 节能减排环保的配套

船舶推进系统的匹配程度也是影响船舶绿色性能的一个重要方面,为了避免“小马拉大车”和“大马拉小车”等不经济的匹配形式,需要对推进系统进行认真分析,这种分析具有很高的难度,国内外知名设备供应商、船企和研究院所一直以来致力于此领域的创新研究。

再次,在船舶工作环境保障技术方面,需要完善船员舱室布置优化设计技术、船舶减小振动结构、材料、设备与振动预报技术研究,提高工作的适宜度。船上噪声规则的强制实施。

主要的技术研发方向是:(1) 超低排放的高效船用柴油机技术;(2) 气体燃料和双燃料发动机技术。

3. 建造技术向绿色造船(机)方向发展

基于数字化技术的绿色化造船来发展绿色船舶是全球造船界的选择。绿色造船技术不是单一的绿色制造技术,它涉及船舶设计、建造、配套、原材料、标准、管理等各个环节,是一项复杂的系统工程。实施绿色造船的源头在绿色设计,实现的手段是绿色工艺技术与装备,实现的基础在于绿色管理,实现的关键在于数字化技术。

4. 特种海上装备也都向绿色方向发展

远洋渔船更加注重高效节能、安全环保。海洋工程装备也向经济环保方向发展。

(二) 向超级智能方向发展

1. 建造技术向基于数字化技术的智能造船方向发展

基于数字化技术的智能化造船是造船生产的最高阶段。智能化造船在制造过程中广泛采用智能化制造装备进行加工和装配,显著提高了生产效率。切割机器人、装配焊接机器人逐步应用,船厂逐渐成为没有灰尘、没有危险和没有疲劳的真正现代化工厂。迄今,世界上还没有哪一家船厂完全达到该阶段,但智能化造船必将成为未来的发展趋势。

2. 物联网技术有望应用于超级智能船舶

应用物联网体系的智能船舶可实现船舶及船用设备全生命周期内的实时在线运行维护管理。此外,当全船设备和系统完成了智能化和网络化工程后,物联网将会使船舶无人驾驶变为现实。无人驾驶船舶比有人驾驶船舶更具优势。长远来看,无人设备的持续运维成本将会更低。日本等国正在开发智能船舶,以航行自动化为目标的“一人船舶”预计在 2015 年左右可以开发成功。

3. 特种海上装备也在向智能化方向发展

海洋科学考察装备发展呈现自动化、智能化、信息化趋势;远洋渔船向自动化、信息化方向发展等。

(三) 向大型化趋势发展

不管是船舶还是海洋平台或结构物以及相关装备都始终呈大型化发展趋势。这主要源于为了取得规模化经济优势。特别是在经济状况大不如前的情况下,船东之间的竞争主要来自于对成本的控制。也许船东就赢在那多拉的一千吨货。2 万箱以上的集装箱船的开发已在进行。远洋渔船的大型化趋势和海洋工程船的大型化趋势也很明显。

(四) 特种海上运载装备向深海和多功能化方向发展

海洋强国的海洋科学考察活动不断向深海区域推进,开发出一系列深海无人潜器,并重视深海空间站的发展。海洋工程装备向深海和功能多元化方向发展;科考船向多功能方向发展;安保船向通用化方向发展。

(五) 基础共性技术研究向极端、非线性以及复杂环境领域发展

极端海洋环境及其与结构物相互作用研究包括:极端海洋环境的数理描述;强非线性水波的相互作用和干扰;强非线性水波、风、非均匀流与海洋工程结构物的相互作用;复杂海洋水声环境效应规律等。

(六) LNG 运输船及相关装备技术成为未来科技研发热点

正像货物集装箱化运输的革命带来了集装箱船的蓬勃发展和相关技术的不断发展。天然气革命将改变世界能源秩序的格局,由此催生对 LNG 船及相关装备的持续性需求以及相关技术的发展。

(七) 新航线促新型装备出现

新巴拿马型船舶随着巴拿马运河扩建的工程的完工必将登上历史的舞台。此外,北极航道的出现也将使冰区装备成为未来发展的热点。北极钻井船、北极穿梭油船、破冰 LNG 船、破冰集装箱船等新概念船、大型冰级集装箱船和极地破冰穿梭 LNG 船、冰区海洋科考船和极地 LNG 浮式储油卸油装置(FPSO)的研发都在进行。

三、我国远洋运载装备与科技发展所面临的突出问题

(一)我国船舶科技创新能力弱

我国船舶科技创新能力较差。新船型开发始终步日韩后尘,跟着日韩走。在韩国推出万箱集装箱船时,中国还停留在5000箱位集装箱船的技术攻关上。当我们刚刚能够承接万箱集装箱船时,韩国已经开始研发两万箱集装箱船。在新概念船舶领域更是没有中国造船的踪影。

(二)我国绿色船舶技术面临较大挑战

我国的绿色船舶技术发展滞后。我国设计的船舶油耗指标普遍偏高,一般比日韩所设计的船舶每日油耗多5~10吨油。其中,空船重量问题始终困扰着中国船厂。我国现有制造的船舶仅有50%满足新船能效设计指数(EEDI)的基线水平,即使满足EEDI,但与日韩船厂建造的船舶相比指标也偏高,毫无竞争力。随着EEDI新规在2013年生效以及基线还要根据GHG减排目标逐年降低,中国船厂的困难可想而知。此外,从主机排放到压载水处理到减排降噪等等许多技术领域都需要我们不断去攻克。

(三)精益制造水平尚有较大距离

在现代造船工程管理、精度管理、基础数据管理和物量管理等方面,我国船厂基础仍然薄弱。由于管理水平滞后,我国船厂在管理精细化、信息集成化方面与日韩的差距十分明显,各造船企业虽涉及精益生产的相关内容,但不够系统;开放性不够;不仅影响生产效率水平的提升,也制约了船舶工业转变经济增长方式的能力。

(四)数字化造船技术的应用还有较大差距

目前,我国造船工业在造船数字化方面,与日本、韩国、美欧造船业仍存在较大差距,主要表现为:缺乏本土的成熟可靠适用的船舶设计软件,对国外软件的应用和二次开发不深入、不扎实、不系统。

(五)船舶设计技术水平落后

主要表现在船舶软件设计技术水平落后;高技术船舶的设计长期依赖国外,自主设计尚为空白;高端海洋工程船设计能力薄弱;远洋渔船船舶总体设计建造水平落后。

（六）核心配套技术仍受制于人

我国核心船舶配套设备基本采用引进许可证或与国外合作方式生产，缺乏自主技术，对引进技术消化又不够，对外依赖性较强；而研发投入主要依赖国家，配套企业自主投入不够，面对日益提高的技术门槛，我国船舶配套产品技术更新换代力不从心。

（七）海上运载装备专用技术水平落后

主要表现在水下作业工具的专项技术与国外存在明显差距；远洋渔船关键装备依赖进口；科考船专用装备可靠性差，主要依赖进口。

（八）特种海上装备发展落后

海洋科考与探索装备数量少，船龄老化，船型落后且种类单一；科考船装备落后，不成体系，利用率不高，无法满足当前海洋科学研究的需求。深海空间站研发刚刚起步，尚未形成完整的发展目标。

海上安保装备建设缺乏有效统筹，体系不健全。

远洋渔船发展落后主要表现在作业类型传统，专业化远洋渔船少，自动化程度低；远洋渔船低端船型多，高端船型几乎全部从国外购买。

四、2030 年发展我国远洋运载装备与科技发展的初步设想

（一）发展思路

1. 总体思路

面向 2030 年的我国远洋运载装备与科技的发展应该起点高、眼光远、方向准、程度深、力度大，以全面国际领先，打造运载装备综合实力第一强国为目的。

以发展“绿色技术”和“深海技术”为两个重点和着力点，加大基础共性技术研发力度，优化船舶产品结构，提升绿色环保新船型和高技术、高附加值船舶份额。开发新能源船型，推进精益造船，提高生产效率，培育中国在海事界的软实力，增强船舶工业的综合竞争能力。

应对全球进入海洋资源开发利用的加速阶段，以及与周边地区海洋资源与权益的争夺，以及影响我国经济安全的两类严峻挑战，构建军民融合的海上运载装备体系和相关的技术体系。

2. 我国各类海洋运载装备与科技发展思路

(1) 我国海洋运输装备与科技发展思路

应对国际上造船与海运业正进入以节能、减排为目标的技术革命新阶段,瞄准"后金融危机时代"世界造船与海运业的竞争焦点,以发展"绿色技术"和"高技术高附加值"为两个重点和着力点,加大基础共性技术研发力度,优化船舶产品结构,提升绿色环保新船型和高技术、高附加值船舶份额,推进精益造船,提高生产效率,增强造船业的综合竞争能力。

(2) 我国海洋科学研究运载装备与科技发展思路

走军民两用的道路,发展深海远洋研究运载平台,构建较为完整的海洋科学研究运载装备体系,加强配套设备的研发能力建设,提升装备的自主研制能力。

(3) 我国船舶动力与自动化发展思路

在节能减排的高技术新基准上突破和掌握核心技术,研制具有自主知识产权的新型动力的船舶动力系统及主要的舱室配套设备和通讯导航自动化系统;加快推进船舶动力与配套业专业化、规模化、特色化发展;实现主流船型本土化,船用设备平均装船率在 2020 年达到 80% 以上,2020—2030 年中国品牌船用设备装船率提高到 60% 以上。

(4) 我国海洋安全保障装备与科技发展思路

紧密围绕我国中长期发展需要,统筹考虑我国全海域各部门(渔政、海监、海事、海警、边防、缉私、救捞等)海洋安全保障装备技术体系的需求,优先解决海洋安保与维权急需装备,系统地开展技术和装备建设,形成配置完整的技术装备系列,构建起覆盖水面、水下、天、空、陆地和网络电磁空间一体化的海洋安全保障装备体系。

(5) 我国远洋渔船装备与科技发展思路

围绕实现高技术高附加值远洋渔业装备的自主研制战略,突破关键瓶颈技术和装备,提升远洋渔业装备自主创新能力,研制国家急需的远洋渔业装备战略产品。

(二) 发展重点

1. 绿色节能环保新船型

绿色远洋运输船舶、绿色内河船舶、高速节能固定航线客货运输船舶、采用新能源的船舶等

2. 高技术高附加值船舶

海洋工程船(铺管船、大功率疏浚工程船)、大型远洋渔船、豪华游船、冰区船舶等,以及相关关键配套,如冷冻存储设备、加工设备。

3. 深海运载与作业装备技术

深海空间站、长航时无人潜器、深潜器。

4. 特种船舶先进设计技术

救生船、科学考察船、打捞船、特种安保船等船舶设计技术。

5. 关键船用配套设备

LNG 动力系统、智能船舱等。

（三）2030 年我国运载装备科技发展路线图

2015 年左右具备低阻力高能效型线设计技术；船舶能耗和二氧化碳排放比目前下降 30% 以上。新能源在船舶上应用的概念设计研究。

2020 年前后全面掌握以 LNG 作为动力的船舶动力核心技术；突破新能源船舶的设计建造技术。二氧化碳排放指标降低 50% 以上。

2030 年前后开发出超级生态船舶，该船舶使用可以大幅降低排水量和防污的新型材料建造。采用燃料电池、太阳能和风能作为推进动力，推进效率比目前提高 30% 以上。单位吨海里二氧化碳排放从目前降低三分之二以上。该船型为低振、低噪音船舶。

（四）重大工程和重大科技专项

1. 重大工程

（1）深海空间站；（2）模块化、可重组式海上浮式基地；（3）集精确导航定位、卫星通信、指控功能、侦察监视功能为一体的海上电子信息系统。

2. 重大科技专项

（1）超级绿色船舶科技专项；（2）远洋渔船科技专项；（3）LNG 动力装备科技专项。



李彦庆 中国船舶重工集团公司第 714 研究所所长，中国船舶重工集团公司经济研究中心副主任，中国船舶工业协会副秘书长，国际造船特别问题专家委员会（CESS）副主席，国际标准化组织/船舶与海洋技术委员会（ISO/TC8）副主席。研究员，硕士生导师，享受政府特殊津贴，参与许多国家级重要课题和中长期发展规划专题研究，有关宏观经济政策、中长期发展战略等方面的研究成果对理论界和部委决策部门有重要的影响，多次荣获国防科技进步奖。

绿色船舶科技发展战略的初步设想

韩 光

中船重工集团公司第714研究所,北京

一、绿色船舶的内涵

绿色船舶是人类文明从工业文明走向生态文明的历史大趋势在船舶工业中的必然体现。它是不以人的意志为转移的。

“绿色”船舶就是根据市场形势和航运模式的变化,既能提高运营效率,降低排放,又能降低运营成本,安全环保的新船型。

首先,从船型设计之初就要有低碳、绿色的理念。从船舶自身特性角度考虑,优化船舶的线型设计是降低船舶航行阻力最直接有效的方法,而船舶的线型是整个船舶设计过程中含金量最高的环节,既需要有丰富的设计经验为背景,也需要有先进的流场分析软件做辅助,同时还需要在成熟的水池中进行多次的拖模实验做保证。加之运用船体线型-螺旋桨匹配优化设计技术、高效螺旋桨、各种节能减阻及尾流能量回收技术来改善船舶阻力,提高推进效率。因此,在船体减阻降耗技术、装置以及船型方面,需要造船界深入进行低阻船型优化设计、计算流体动力学、性能预报与试验技术以及船舶纵倾减阻控制技术的研究。同时研究开发无压载/少压载船型,积极推广船体减阻涂层及复合材料应用技术也是绿色设计的重要一环。

其次,船舶推进系统的匹配程度也是影响船舶绿色性能的一个重要方面,为了避免“小马拉大车”和“大马拉小车”等不经济的匹配形式,需要对推进系统进行认真分析,这种分析具有很高的难度,国内外知名设备供应商、船企和研究院所一直以来致力于此领域的创新研究,目前已经推出了节能减排技术的主机(如LNG双燃料柴油机、燃油添加剂、电子控制式气缸注油器等)、节能高效的推进系统(如柴油机-电力,太阳能-电力混合能源推进系统等)、清洁燃料推进系统(如气体燃料发动机)。

再次,在船舶工作环境保障技术方面,需要完善船员舱室布置优化设计技术、船舶减小振动结构、材料、设备与振动预报技术研究,提高工作的适宜度。船上噪声规则的强制实施,对造船业的潜在影响如下:需要考虑声学设计,目前的

船舶设计程序可能要修正;设计、生产和管理成本可能提高;交船期可能因为声学设计、生产、检验和测量而延长;改善船舶的声学性能,可提高企业的竞争能力。

“绿色”船舶应该是对船舶的“环保、能效、安全、舒适”方面的综合考量,“绿色”现已成为船舶行业最大的热门话题和机遇挑战。“绿色”船舶设计理念的转变应从过去单一讲求环保、注重安全向现在的注重“能效、减排、循环再利用、再生/清洁能源、本质安全、人居适宜”的全面绿色的新标准转变。船企应该围绕这些绿色要素,进行技术研发、应用和推广,使得船舶设计真正实现“绿色蜕变”。

二、造船强国的绿色之路

(一)韩国

2010 年 3 月,韩国知识经济部宣布制订造船产业中长期发展战略规划。大致目标是在 2015 年之前推出减排低碳燃料、与 IT 技术相结合、由电力推动的新一代“绿色智能型船舶”(Green - Smart Ship)。战略规划的主要任务是要实现韩国造船产业革命式的飞跃,使船舶摆脱依赖柴油机提供动力和依赖石化燃料的传统概念,采用替代燃料和燃料电池等,同时将 IT 技术融入船舶建造、航行和运营管理过程中,实现造船产业绿色智能型转轨。2011 年 2 月,韩国知识经济部发表声明称,今后十年内,韩国政府将为开发环保“绿色”船舶投入 3000 亿韩元(约合 2.66 亿美元)。3000 亿韩元中的三分之二将由政府提供,其余的由私营机构提供。

在绿色船舶技术全球化的背景下,为巩固市场地位,进而抢占更大市场,韩国造船企业纷纷开展绿色环保船舶相关技术研发。

三星重工于 2010 年 1 月 28 日宣布将开发环境友好船舶,实现温室气体减排 30%,满足 2015 年及以后建造船舶的需求。大宇造船与海洋工程与德国船用柴油机生产商 MAN Diesel 合作研发适用于 MAN 公司 ME - GI 型低速柴油机的低温高压天然气供应系统。STX 从 2008 年开始就组建专门机构推进绿色之梦研发项目,开发船舶节能成套技术。现代重工重点开展环保型发动机的研发,该发动机能减少 15% 的碳排放。

(二)日本

为了推进绿色环保船舶技术研发,日本国土交通省采取多种方式对船企提供支持。最为明显的方式有两方面:一是制定研发项目目录,二是提供资金支持。

在制定研发项目目录方面,日本国土交通省已经将“船舶排放二氧化碳削减技术开发”作为重点支持专项,并鼓励船企据此申报研发课题。日本国土交通省第一批初步审定了15项研究课题,并在2009年5月29日宣布为这些课题提供第一笔研发补助。第二批审定了9项课题,从而使国土交通省这一重点专项资助的总课题数达到24个。

在提供资金支持方面,凡是列入国土交通省支持的研发目录的课题都将得到国土交通省的资助,国土交通省将提供课题总经费的三分之一的补助,其余的三分之二由企业和日本财团均担。2009年国土交通省的预算总补助额达到12.2亿日元,包括年初预算7.2亿日元(主要用于第一批15个课题)和补充预算5亿日元(主要针对第二批9个课题)。第一批15个研发项目的具体情况如下表所示。

表1 日本国土交通省资助的第一批15个课题情况

技术领域	课题名称、主要技术	承担单位(括号内为参与研究的航运企业)
降低阻力、提高推进效率的船型	减少空载时压载水以提高推进效率的船型开发	名村船厂、大岛造船
	装载对转螺旋桨的船型开发	IHIMU、IHI
	波浪中减少阻力上升的集装箱船船艏外形研发	内海造船
	节能集装箱船开发	IHIMU、IHI、联合柴油机DU
降低船体摩擦阻力	采用水中船体气泡覆盖来降低船体阻力的技术研发(空气润滑法)	IHIMU、今治造船、MTI、大岛船厂、川崎造船、住友重机、常石造船、三井造船、三菱重工、万国造船
	空气润滑法在浅吃水双轴船的实船验证	三菱重工、日本邮船(MTI、日之出邮船)
提高螺旋桨效率	减少螺旋桨中心涡流,降低翼面积比来提高推进效率的相关技术研发	中岛螺旋桨(MTI、辰巳商会、GENEQ航运公司、四国渡船)
	有效利用螺旋桨前后水流来提高推进效率的节能附加装置研发	新来岛船坞
提高柴油机效率、废热回收	大型低速柴油机最优燃烧技术研发	三井造船
	小型柴油机高效废热回收系统研发	洋马发动机
	小型双燃料柴油机开发	新潟原动机

续表

技术领域	课题名称、主要技术	承担单位(括号内为参与研究的航运企业)
提高船舶运航、操纵效率	基于气象、海象数据的最优航线选择系统开发	万国造船(商船三井、川崎汽船)
	船舶运航、港湾装卸、滞船情报运行管理系统研发	日本邮船、MTI
	普通汽车船及同等以上船舶控制系统研发	日本邮船、MTI、日本海洋科学
	风浪海流中损失最小的航行情报提供系统研发	大岛船厂

(三)欧洲

在欧盟委员会的推动下,欧洲先后出台了一系列船舶技术研发政策,并开展了大量研发项目,如《Leadership 2015》、《欧盟第六研发框架计划》(FP6)、《欧盟第七研发框架计划》(FP7)、欧洲突破船舶和造船技术研究项目(BESST)、欧洲高效超低排放船用柴油机研发项目(Hercules)等。受益于这些政策和项目,欧洲船舶工业在船舶设计建造技术,船舶配套设备如船舶动力设备、船舶控制设备等关键设备技术领域始终保持着世界先进水平和主导地位。在全球倡导低碳经济的大背景下,欧洲各国大力开展船舶绿色、环保技术研发,以期进一步巩固其优势地位。

三、我国绿色船舶发展现状与问题

我国船舶工业界已经意识到绿色环保船舶是未来世界造船业竞争的重点,正积极组织开展相关船型及技术的研发,中国造船业已经步入了绿色环保的发展之路,也取得了一些进步。如上海船厂推出的 4600 TEU 集装箱船,采用宽体和无压载水设计,具有重箱装载率高、装载灵活、零压载水等特点,并实现了实船建造;上海外高桥推出的 17.5 万 DWT 绿色环保型散货船深受市场好评,并承接了大量订单;大连船舶重工开发的 11 万吨阿芙拉型成品油船,其新船能效设计指数(EEDI)低于丹麦提出的基线值的 6.16%,低于中国提出的基线值 9.64%,具有很强的超前性。中远船务研发的"抗泥沙"型船舶,通过对 VLCC 的结构设计、管路布置、压载舱内泥沙淤积的情况等方面深入研究和分析,综合考虑稳性、阻力、载货量及其他因素,确定了压载舱重新划分、增加防泥沙措施的设计方案,得到了船东的充分肯定。

总体来说,我国在绿色环保船型研发方面相对欧、日、韩等国还存在不小差距,主要表现在以下几个方面:

一是主动应对国际新规则新规范的能力不强。近年来,随着国际新规则新规范的不断出台,我国船舶工业也加强了应对力度,加大前期技术研发力度,如在共同规范、涂层性能新标准实施过程中,通过联合行业力量,针对重点难点组织技术攻关,取得了很好的效果。但是总体来说,由于在相关基础技术的研发上缺乏积累,我国船舶工业面对国际新规则新规范的变化基本还处在被动接受的地位,在国际规则、规范的制定过程中缺少话语权,与我国世界造船大国的地位极不匹配。

二是我国船舶工业普遍存在重当前市场、轻长远规划的问题。由于近几年我国船舶工业飞速发展,造船能力和市场份额大幅提高,这是中国船舶工业国际竞争力提高的表现。但是从另一个角度来看,如何保持当前的市场地位也成为中国船舶工业的一个负担,加上近来国际船市急转直下,因此,我国船舶科技研发基本立足点还是满足当前市场需求,尽可能多地承接订单,至于未来对于绿色环保船型的需求,还难以排上船舶科技研发的首要位置。

三是船舶设计理念还没有根本性的突破。观察欧日等先进国家推出的未来概念船型,其关于船舶的外形设计、结构性能、推进方式、动力能源等等方面都是对现有船型的巨大突破,未来船舶必然超出我们今天对船舶的想象。目前我国对于绿色环保船型的研发,一方面是基于自身发展的需要,另一方面也是迫于国际标准的压力,其设计基本难以脱离现有船型的基础。在现有船型基础上进行优化设计,尽可能满足国际标准要求,既是一条捷径,同时也是无奈之举。没有开拓性的船型,没有突破性的思维,中国船舶工业的技术跟随者地位依然难以摆脱。

四是缺乏统一的战略安排。欧日韩关于绿色环保船型研发都有国家层面或行业层面的战略安排,有明确的减排指标和时间进度安排,在技术政策、研发资金方面都有一定支持,特别是欧洲和日本,尽管造船工业在走下坡,但对技术的研发一刻也不曾放松。而且欧日也是订立国际造船新标准的积极推动者,不排除其有保持技术优势的动机。目前欧日关于船舶绿色环保技术已有广泛的研究,新标准的订立必然也是基于其研究的基础和其可实现的范围。由于我国在这方面基础研究缺乏,在标准订立过程中很难获取主动权和话语权,基本处于被动接受甚至仓促接受的尴尬局面。

四、我国发展绿色船舶科技的措施建议

（一）制定统一的绿色环保船型研发战略规划

发展绿色船舶是未来我国船舶工业可持续发展和提升国际竞争力的重中之重，应确立发展绿色船舶的战略地位，制订国家层面的战略规划。

（二）建立开放式合作研发体系

最大限度地发挥行业内外科研资源的综合优势。形成面向行业内外，“产、学、研、用”相结合的开放式合作研发体系。

（三）加大研发资金的投入力度

国家可考虑建立绿色环保船型开发专项资金，通过资金投入引导绿色环保船型研发方向和重点，鼓励基础研究。对于企业投入相关研发资金，可争取在融资、财税等方面给予适度优惠。

（四）主动应对国际新标准的变化

短期内应对国内船舶工业的技术基础条件作一个全面的评估，密切跟踪国际新标准的发展动向，积极参与新标准的制定过程，充分表达中国船舶工业的观点和态度，最大限度地维护我国船舶工业的利益；长期来看，须加强基础技术研究和积累，并主动提出新标准的制订方案，进而引领国际船舶科技的走向。

（五）加强研发成果的推广应用

对于绿色环保船型研发，特别是国家投入的研发项目，必须将科技研发与市场需求结合起来，将成果转化与产业化结合起来，从而形成一条完整的科技产业价值链。

（六）鼓励国内外的合作交流

充分利用欧日等先进国家的技术优势，将是未来船舶技术发展应该认真考虑的课题。



韩光 生于1966年,研究员,中国船舶重工集团公司第714研究所副总工程师。1988年毕业于天津大学海洋与船舶工程系船体专业,获工学学士学位。1991年毕业天津大学海洋与船舶工程系近海工程专业,获工学硕士学位。1991—1996年,就职于交通部第一航务工程局天津港湾工程研究所水工室,从事海岸工程研究。1997—2000年,在天津大学机械学院力学与测量工程系攻读流体专业博士学位,2000年获工学博士学位。2000年至今,中国船舶重工集团公司经济研究中心,主要从事船舶市场、产业和船舶科技动态的研究工作。

深海空间站工程发展战略与对策

司马灿

中船重工集团第 702 所,上海

一、前言

在陆、海、空、天四大空间中,海洋是地球上远未充分开发的资源宝库,是世界政治、军事、经济竞争的重要领域。提高海洋综合防卫能力、开发利用深海资源和探测研究深海科学是我国本世纪初必须取得突破性进展的重要战略方向。我国在海洋安全的保障、海洋权益的维护、深海资源的开发利用、深海科学的探测研究等方面都迫切需要攻克深海运载、作业与保障的核心技术。

深海空间站是一类不受海面恶劣风浪环境制约,可长周期、全天候在深海域直接操控作业工具与装置,进行水下军事工程作业、资源探测与开发、海洋科学研究的载人深海运载装备。正如天际空间站是航天领域的核心技术一样,深海空间站代表了海洋领域的前沿核心技术,体现一个国家的科技水平。

发展深海空间站工程的中心任务是把海洋安全和海洋经济的需求紧密地融合在一起,通过由“深海空间站”与“深远海极大型水面基地”为主,“水面探测与保障船”、“水下作业潜器与装具”为辅构成的“两主两辅”深远海装备的建设,形成统筹军民需求、达到世界先进水平的深远海运载、作业和保障能力。

深海资源开发、科学研究、海洋战场建设都迫切需要深海水下运载和作业装备及相应的力量体系。在我国成功研制了“蛟龙号”载人潜器之后,进一步研制下一代深海运载和作业装备——千吨级深海空间站,将推动我国在海洋科学与工程领域进入世界前列。与深海空间站相对应的是深远海水面空间站——深远海极大型水面基地。它是深海空间站在远离大陆的南海中南部活动时的浮式水面基地,提供停靠港口与维修船坞;又是军民融合,在南海发展海洋经济和维权的一个重要据点,解决了军民共需的综合保障基地问题。

由于深海空间站的活动范围可遍及沿海、近海与远海,“水面探测与保障船”采用类似于美国“无瑕”型的小水线面双体船船型执行深海空间站的水面支援与救援、海洋环境探测与搜索、物资补充与生活保障等任务。同时,具备在南海和大洋与深海空间站配合,探测海域水声信息,拓展我国的水下监视和探测范

围的能力。深海空间站操控其携带的各类水下作业潜器与装具完成深海作业任务,其内涵将随需求而不断发展充实。

实施“深海空间站工程”专项建设,将可类似于实施“载人航天工程”和“绕月工程”,使我国在深海领域经济建设和国防建设中展开一个新的局面。

二、世界深远海装备技术的发展趋势及我国的需求

(一) 提升深海资源开发能力需要跨越发展深海作业能力与装备

世界海洋油气开发正向深海域延伸,油气生产系统正从水面(干式)向水下与海底(湿式)转移,以克服浮式系统面临的极恶劣环境条件、诸多潜在风险及高建造成本的挑战。尤其是蕴藏深度在 3000 m 的可燃冰的开采,水下供能问题是关键。俄罗斯正在研究和开发用于水下钻井的核动力深海空间站,排水量达 23 000 t、最大钻井深度 6000 m(图 1)。我国对深海资源水下生产和作业装备技术的研究起步较晚,也不具备“墨西哥深海油田泄漏”类似事件的应急处理能力和装备。抢占本世纪深海油气与可燃冰资源开发及深海应急事故处理的前沿技术高地,跨越发展深海空间站技术,对我国能源安全有重要的战略意义。

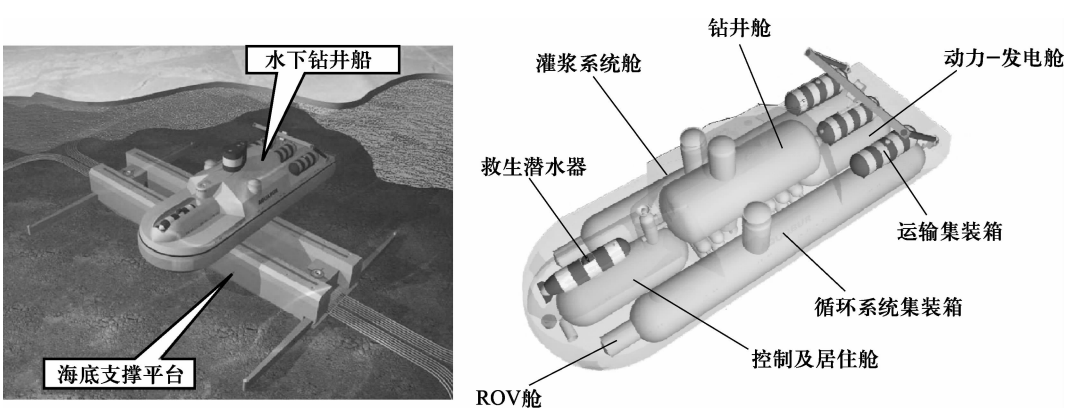


图 1　俄罗斯正在研发的核动力水下钻井平台(深海空间站)

(二) 发展深海前沿科学与高技术需要建设深海空间站

世界上大量前沿科学与高技术研究需要在海洋中进行,深海探测是 21 世纪海洋科学研究的前沿和热点领域。深海载人潜器及小、中、大型深海空间站已成为世界上进入深海布设与维修水下探测网络装置,从事前沿科学研究的新型装备。日本正在研制潜深从 500 m 到 2000 m 的深海空间站(图 2)及潜深 4000 m 到潜深 11 000 m 的小型载人深潜器。我国已研制成功达到世界领先水平的最

大潜深 7000 m 的“蛟龙号”载人深潜器。为进一步增大水下作业时间、能源动力和作业能力,以满足“海底深潜、海底观测和深海钻探”三大主要方向上的海洋科学研究的需要,有必要在研制成“蛟龙号”的基础上,发展深海空间站技术,分阶段研制小、中、大型深海空间站。

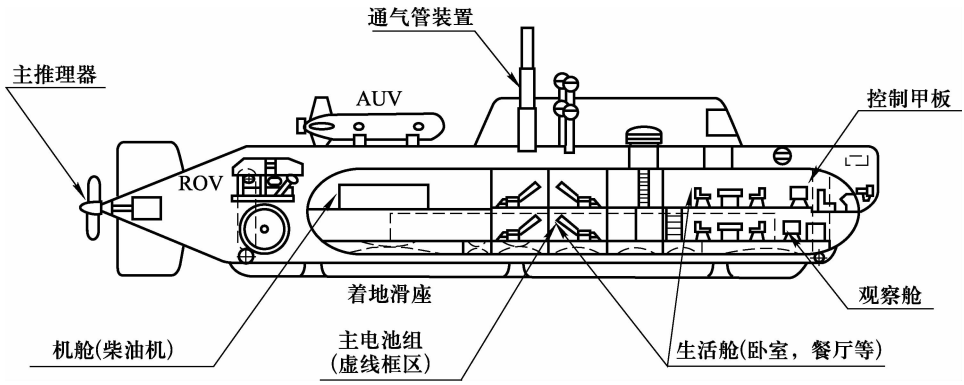


图 2　深海空间站

（三）实施南海中南部资源开发需要建设综合保障基地

我国目前面临南沙诸岛永久丢失的危险,必须尽早以经济先行进入南沙群岛开发资源,进而扩大对岛礁和海域的主控权。除外交因素外,最大的障碍是缺乏保障基地,在离海南岛 1000 ~ 1500 公里的南沙群岛持续从事资源开发作业,成本高、效率低、十分困难。我国船舶工业部门完全具备制造极大型水面基地的能力。如果能在大陆建造 300 m 长、120 m 宽的极大型浮式水面基地,在较短的作业周期内完成这类浮式基地的拖航,并布设在尚未被他国占领的关键海域中的岛礁边,如万安盆地东侧的南薇滩和曾母暗沙北侧的云台礁,将使我国在该海域既有油气和渔业资源开发、海洋科学研究的后勤基地及军民船舶的浮动码头,又有对空、对海的监视和驻防能力。必要时,可较快地把多个 300 m 长浮动单元拼接成 2400 m 长的飞机跑道,形成区域制空与制海能力。

三、发展战略与对策

（一）前期论证与研究基础

“十五”初期,曾按照国家中长期科技规划编制工作的有关部署,开展了“深海空间站重大科技工程”的论证,其后,“深海空间站技术”被列入了《国家中长期科技发展规划纲要》的前沿技术领域。“十一五”期间,原国防科工委在国防

基础研究、科技部在863“海洋高技术”领域安排了关键技术的研究和部分装备的研制工作,取得了丰富的科研成果,即将研制出用于原理性验证的小型深海空间站试验艇及250吨级小型深海空间站耐压结构实物,研究期间国外有关技术信息进一步佐证了我国已制定的技术路线的正确性和可行性。我国船舶产业已具备研制两主两辅深海空间站工程装备的实力。

(二)后续发展战略

瞄准21世纪世界海洋装备的前沿技术,通过两个阶段的攻关,逐步形成我国深远海装备研究、试验、设计、建造的技术体系并进入世界前列。建成满足我国军、民需求的系列深远海装备,从而占领深海装备技术的制高点,为国防建设、深海资源开发与海洋科学研究提供必要的装备,在深海建立科学探测、试验研究与工程施工的技术优势,并牵引相关高新技术与产业的创新进步。

第一阶段(2012—2017年)

完成潜深1500 m、排水量250 t级常规动力小型深海空间站(图3)的研制与海试;完成4000 t级小水线面双体水面探测与保障船的建造;完成部分配套水下作业潜器与装具的研制。建成的小型深海空间站、小水线面双体探测保障船、水下作业潜器与装具配套使用,将可直接用于支持我国南海1500 t深海油气田水下生产系统的安装与维修;用于海洋科学研究的原位探测与取样。

完成300 t长装配式深远海极大型水面基地第一期的建造(图4)。建成的极大型水面浮式基地,将可适应形势需要,随时布放于南沙群岛我方已占或尚未占领的岛礁处,为深海空间站提供南海基地,同时体现实际存在和管控,并为资源开发和军民船舶远航提供补给保障码头。



图3　200 t级小型深海空间站

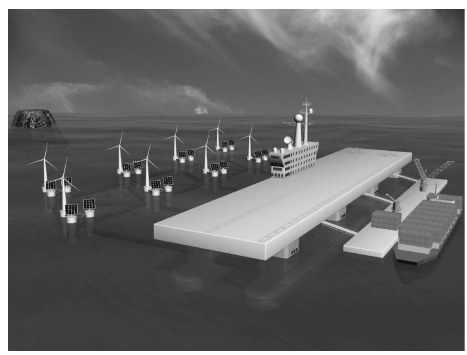


图4　300 m长极大型水面基地

第二阶段(2018—2025年)

建成潜深1000 m、2500 t级的军民两用基本型小核动力深海空间站(图5,

水下续航时间 90 天)及配套的作业潜器与装具;建成 6000 t 级水面支持保障船;完成装配式深远海极大型水面基地第二期的建设(图 6,总长 2400 m),为深海空间站在南海海域水下作业,为资源开发综合保障和储存转运提供基地,成为南海中南部的军民两用海港、空港、对空、海、水下及周边大陆的探测站。

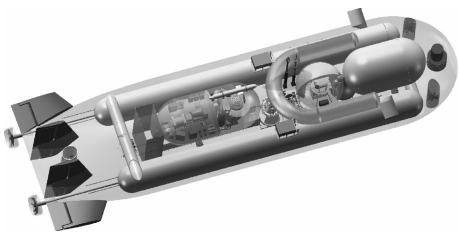


图 5 2500 t 级军民两用基本型深海空间站

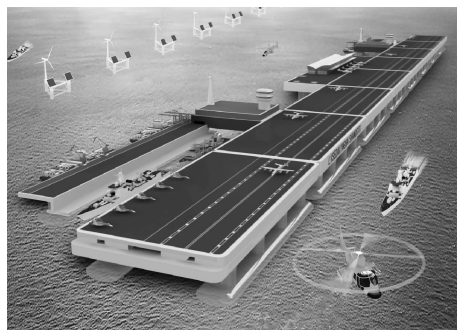
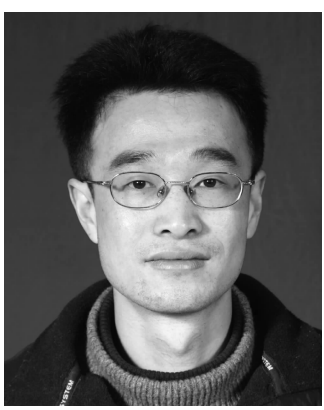


图 6 2400 m 长极大型水面基地

经两个阶段建设,积累使用经验,进一步完善深海空间站与深远海极大型水面基地技术,适时研制 3500 t 级军民两用水下重载作业与能源供给型深海空间站及 24 000 t 级的水下钻井型深海空间站,将有助于我国在 21 世纪的世界深海资源、科学与军事竞争中获得技术与能力优势。



司马灿 博士,研究员。中国船舶重工集团公司第 702 研究所副总工程师、深海空间站专项办主任。主要从事舰船总体技术、深海装备技术研究。

船舶基础共性技术“十二五”发展规划论证

李百齐 等

中船重工集团第 702 研究所,上海

一、前言

船舶(含海洋工程)的基础共性技术系指船舶流体力学和结构力学的先进技术,作为创新的源泉和发展的动力,它们的水平和应用效果在很大程度上影响着船舶工业科技发展的速度。

船舶基础共性技术的重要作用在于:为船型设计和开发提供快速化、精细化、数字化、实用化的先进设计开发技术和工具性软件;为提升船舶产品的技术经济性能(尤其是节能减排性能)、推进产品的升级换代和持续发展提供强力引擎;为新船型(含船体、推进器、操纵装置等)的研发提供新思想、新原理和新理念。由此可见,它是船舶研发设计的关键,是船舶技术、经济、安全、环保性能的重要保证,是国际竞争力的核心内容,一句话,是我国要成为世界造船强国的必要条件。

上述三种重要作用意味着船舶基础共性技术可以分为三条主线或三个类别。由于船舶节能减排性能的重要性与日俱增,我们可以把第二种重要作用中的节能减排性能单独列为一条主线,形成四条主线,分别是:先进设计开发技术和工具性软件、船型优化、节能减排以及新概念。下面所阐述的船舶基础共性技术“十二五”规划的方向与目标、主要思路以及研究重点都是以这四条主线或四类来分析、论证和展开的。这样做的好处是内涵全面,本质突出,层次清楚,条理分明。这也是本次船舶基础共性技术“十二五”规划制定中的一个特点。

二、基础共性技术“十一五”取得的主要成绩

一是国内船舶性能数据库已经在若干单位建立,并在设计中发挥作用,其中规模最大者拥有 600 余艘船型;

二是计算流体力学的应用取得重要进展,它与模型试验紧密结合的性能预报和船型优化的先进设计方法正在逐步推广;

三是自行研发的基于数据库和模型系列试验的船舶航行性能预报与优化软

件已在多家设计院和船企使用,并已上网为设计者提供服务;

四是大型、超大型、高效的侧斜螺旋桨的自主设计建造能力已经具备,并获得广泛应用;

五是船舶结构直接设计计算技术已经掌握,并从三大主力船型扩展到其他高技术船型。

三、基础共性技术“十一五”存在的主要问题

(一)缺乏具有自主知识产权的品牌软件

在基础共性技术领域内,自主研发的品牌软件是船舶工业科技软实力的重要标志之一,也是造船强国的主要特征之一。凡是先进造船国家均拥有自己的品牌软件,例如荷兰 MARIN 的势流计算软件 RAPID 和全粘流计算软件 PARNASSOS、德国 HSVA 的势流计算软件 V - SHALLO 和全粘流计算软件 COMET、瑞典 SSPA 的势流/粘流合一的计算软件 SHIPFLOW 等。然而,虽然我国造船产量已位居世界第一,但是在船舶水动力性能和结构性能设计计算中采用的几乎全是国外的商用软件,如水动力性能计算软件 FLUENT、CFX、STAR - CD、SHIPFLOW、HYDROSTAR 等,结构性能计算软件 SESAM、NASTRAN 等。购买的这些商用软件都是“黑盒子”,不带源程序,不仅难以进行二次开发,受制于人,而且要耗费大量的经费,随着软件版本的升级,还需不断付费。我国船舶工业科技要做强,这种局面必须改变,开发具有自主知识产权的品牌软件刻不容缓。

(二)研究处于面窄空多的状况,难以形成对设计的全面支持

近年来虽然国家对基础共性技术研究给予了一定的支持,但由于底子薄、欠账多,至今仍有许多关键技术的研究处于落后甚至空白状态,这已经对设计技术的进一步提升和基础共性技术自身的进一步发展产生了严重的制约作用。国外大力发展的性能优良的吊舱式推进装置,国内尚未进行过系统的研究;有助于节能减排的水动力节能装置,国内虽做过大量的模型试验研究,但至今还没有成熟的设计计算方法;非线性效应强烈但与工程联系紧密的上浪与砰击、液舱晃荡载荷、立管涡激振动(VIV)与涡激运动(VIM)等问题,尚未解决;水翼/双体复合型船、水翼/多体复合型船、豪华游船等新船型的基础共性技术研究,目前基本上仍属空白;降低船体摩擦阻力、减轻空船重量的结构优化设计等与 EEDI 紧密相关的技术国内至今尚未取得应用效果;欧洲 22 家著名单位合作研发最现代化的虚拟数值水池技术(VIRTUE),我国还未形成团队对此进行系统的研究;国外先进

造船国家的船型性能数据库规模已达到2000~8000艘船之多,可我国规模最大者也仅600余艘船;等等。以上仅仅罗列了一部分情况,但仍反映了我国船舶基础共性技术与国外造船强国的差距。我国迫切需要高水平和高应用效果的船舶基础共性技术,否则造船强国的目标难以实现。

(三)研究的创新性、系统性、严密性、前瞻性、实用性均需进一步加强

目前国内对基础共性技术的研究存在跟踪模仿多而自主创新少,小打小闹多而系统全面少,急功近利多而潜心研究少,着眼眼前多而前瞻未来少,追求表面多而讲究实效少。

应该走出跟踪研究过多的误区,强调引进消化吸收再创新和集成创新,尤其要强化原始创新,占领基础共性技术领域的制高点,争得主动权和话语权。克服零敲碎打、小打小闹地开展研究,坚持研究的系统性和全面性,以尽快形成我国自己的技术体系。反对急功近利,提倡踏踏实实、集中精力、艰苦努力地潜心研究的作风,尽早出成果、出人才。在考虑当前功效的同时,一定要从长计议,前瞻未来,引领未来。在衡量评估研究成果时,不能只看重纸面的成果,而更应注重成果的推广应用、应用效果和对我国船舶工业科技的推动作用。

(四)对基础共性技术的重视和投入仍然不够

众所周知,基础共性技术是船舶研发设计的关键技术,是船舶技术、经济、安全、环保等性能的重要保证,是国际竞争力的核心,是船舶工业科技软实力的主要标志,是造船强国的必要条件。同时,基础共性技术又是自主创新的主阵地,特别是原始创新的源泉之一。例如,水翼理论推出了水翼船,气垫原理推出了气垫船,耐波性新技术推出了穿浪双体船和小水线面双体船,兴波阻力理论推出了球首船型和三体船,结构和耐波性新技术推出了无舱盖集装箱船,水动力学理论推出了水动力节能装置,快速性和操纵性理论推出了吊舱式推进装置,等等,举不胜举。可是在“九五”中,过分强调了以工程为依托、以企业为龙头、以订单为依据的原则,无形中削弱了对基础共性技术研究的投入力度。在“十一五”期间这种不利状况有所改变,提倡产学研三结合,鼓励自主创新,基础共性技术受到了关注,但是对其研究的投入仍然不足,“十一五”规划中原定的一些基础共性技术研究项目,因故未能实施。希望在“十二五”中基础共性技术能得到应有的重视和投入,否则造船强国的宏伟目标可望而不可即。

四、基础共性技术“十二五”发展的方向和目标

船舶基础共性技术“十二五”规划的方向和目标是:以“自主创新、重点跨

越、支撑发展、引领未来”为指导思想，研发具有完全自主知识产权的先进设计方法和相应的工具性设计软件，推出自主品牌软件 10 个，以提高我国船舶工业科技的软实力；开发高技术船舶所需的优化船型和海洋工程所需的优化平台，提供优化船型或优化技术 10 项，以提高我国船舶工业在国际市场上的竞争力；发展旨在节能减排和绿色环保的流体动力节能新技术，力争节能效果达 10%，以提高我国船舶工业可持续发展的推动力；加强原始创新的力度，积极开展新概念、新方法、新创造的研究，力创原创性研究成果 4 项，以提高我国船舶工业在国际上的影响力。从而使我国船舶基础共性技术水平明显提升，对船舶设计和新船型开发的贡献率明显增大，对我国船舶工业科技发展的作用明显加强，为我国实现造船强国的目标跨出更为坚实的步伐。

五、基础共性技术“十二五”发展的主要思路

基础共性技术“十二五”规划的主要思路是：以高技术船舶和深海海洋工程为依托工程；以提供先进设计方法与相应的工具性软件、优化船型与优化海洋平台、节能减排新技术、原始创新的新概念与新创造为主线；研究重点的布局和选择注重基础技术发展与实船工程应用相结合，注重近期迫切需求与远期发展趋势相结合，注重理论计算研究与模拟试验研究相结合，注重关键技术突破与整体水平提升相结合，注重引进消化吸收再创新、集成创新与原始创新相结合；研究团队注重产、学、研、用相结合；通过“十二五”的攻关研究，全面有序地引领我国船舶基础共性技术的跨越发展。预期所取得的研究成果将提高我国对高技术船舶和深海海洋工程的自主研发设计水平和能力，促进我国低碳船型的发展，提升我国船舶产品的技术、经济、安全、环保性能，缩短研发设计周期，增强核心竞争力，达到二十一世纪初的国际先进水平。

六、基础共性技术“十二五”的研究重点

（一）先进设计方法和工具性设计软件类

1. 数值水池技术研发及其在船型设计中的应用研究

主要研究内容包括：

- 数值水池的集成与控制技术研究；
- 数值水池的接口和可视化技术研究；
- 船型表达、设计和光顺技术研究；
- 商用软件前后处理软件开发；
- 数值水池共性关键技术研究；

- 基于数值水池的快速性预报技术研究;
- 基于数值水池的耐波性预报技术研究;
- 基于数值水池的操纵性预报技术研究;
- 基于数值空泡水筒的空泡性能预报技术研究。

本项目研究成果可应用于各种船舶快速性、耐波性、操纵性和螺旋桨空泡性能的预报和优化。

2. 具有完全自主知识产权的船舶 CFD 专用软件的研发

主要研究内容包括:

- 船舶非线性兴波阻力预报及船型优化的 CFD 软件开发与应用研究;
- 甲板上浪与艏部砰击等强非线性水动力问题的 CFD 软件开发研究;
- 船体/螺旋桨/附体复杂系统水动力性能全粘流 CFD 软件系统开发研究;
- 液舱晃荡载荷 CFD 软件开发研究;
- 海洋工程 VIV(涡激振动)和 VIM(涡激运动)的 CFD 软件开发研究。

本项目研究成果可应用于船舶与海洋工程的设计和研究。

3. 超大型船舶结构设计计算技术及非线性响应预报技术研究

主要研究内容包括:

- 基于共同结构规范(CSR)要求、控制船体重量的优化方法和计算程序的研究;
- 结构安全性、可靠性关键技术研究;
- 振动响应预报与控制研究;
- 噪声响应预报与控制研究;
- 船舶大幅运动预报方法和非线性结构响应研究。

本项目研究成果是计算方法和软件,主要应用于超大型三大主流船型。

4. 超大型集装箱船船型水动力性能预报与优化技术研究

主要研究内容包括:

- 适用于超大型集装箱船的新一代船舶水动力性能综合预报与优化设计软件系统研发;
- 超大型集装箱船水动力性能预报优化的试验研究;
- 超大型集装箱船螺旋桨设计技术及其空泡性能的优化研究。

本项目的研究成果为软件系统和数字化图谱,可应用于超大型集装箱船船型与螺旋桨的优化设计和性能预报。

5. 千艘级船舶技术性能数据库研究

主要研究内容包括:

- 优秀船型及其技术性能资料的收集与分析;

- 补充船模试验研究；
- 网络数据库系统可扩展性研究；
- 网络数据库系统总体性能研究；
- 基于数据库的各类船型性能精细预报公式的研究。

本项目的研究成果可为船型的优化设计和线型生成提供优秀母型，为各类船型性能的预报提供高精度计算公式，为 EEDI 衡准基线的确定提供数据源。

6. 新型推进技术研究

主要研究吊舱式推进装置和超大型低激振推进器。

吊舱式推进装置的主要研究内容有：

- 不同结构形式（拖拉式或后推式推进）吊舱/螺旋桨组合体的水动力性能研究；
- 不同方位（不同攻角、不同偏航角）吊舱/螺旋桨组合体的水动力性能研究；
- 吊舱/螺旋桨组合体水动力外形优化设计方法；
- CRP－POD（对转的常规桨/吊舱桨组合体）水动力性能优化设计研究；
- 采用吊舱式推进装置（含 CRP－POD）的实船航速预报技术研究。

其研究成果可应用于豪华游船、客滚船、LNG 船等高技术船舶。

超大型低激振推进器的主要研究内容有：

- 超大型低激振侧斜螺旋桨水动力性能计算研究；
- 超大型低激振侧斜螺旋桨组系试验研究；
- 超大型低激振侧斜螺旋桨空泡性能研究；
- 超大型低激振侧斜螺旋桨设计技术研究。

其研究成果可应用于超大型集装箱船等超大型船舶上。

7. 实船测试航速的风浪流修正方法研究

主要研究内容包括：

- 修正方法比较研究；
- ISO 方法的研究和程序实现；
- 风浪流影响修正方法研究；
- 改进方法的程序实现；
- 计算程序的试验验证；
- 计算程序的完善和应用。

研究成果可应用于各类船舶的航速修正，是广大船东、船厂和研究所急需的技术，具有广阔的应用前景。

8. 新型推进船舶的航速预报技术研究

主要研究内容包括：

- 喷水推进船舶模型试验及航速预报技术研究;
- 吊舱推进船舶模型试验及航速预报技术研究;
- 吊舱与螺旋桨、喷水推进与螺旋桨混合推进装置各推进器负荷分配及航速预报研究。

建立的试验方法和预报方法可用于喷水推进、吊舱推进或混合式推进装置船舶的航速预报,为国内造船界承接此类船舶提供技术支持。

9. 基于风险与可靠性的船舶结构全寿命设计、评估技术研究

主要研究内容包括:

- 基于风险与可靠性的船舶结构设计的顶层方案与框架构成;
- 船舶结构风险评估与可靠性分析的衡准;
- 基于全寿命周期的船舶结构极限强度及可靠性预报方法研究;
- 基于风险与可靠性的船舶结构规范体系研究;
- 受损船体结构安全性评估方法研究。

研究成果可应用于船舶结构的设计与评估。

10. 基于 GBS 要求的船舶结构安全性设计评估技术研究

主要研究内容包括:

- GBS 要求与现行规范标准中结构安全性设计和验证技术的综合分析;
- 船舶运营环境条件和设计寿命对船体结构安全性的影响研究;
- 实船长期应力监测测试技术研究:
- 船体结构强度可靠性评估方法和指标体系研究;
- 船体结构全寿期安全性评估方法和验证技术研究;
- 船体结构破损剩余强度、残余应力、晃荡载荷、砰击和波激振动等特种载荷和响应确定方法及其对结构安全性的影响研究;
- 满足 GBS 要求的结构规范和标准研究及其设计综合风险分析;
- 基于 GBS 要求的新结构规范标准的软件系统研究。

本项目的研究成果为结构安全性设计评估方法、规范标准建议稿和软件系统,可应用于满足 GBS 要求的油船和散货船设计与建造。

(二)船型优化与平台优化类

1. 豪华游船水动力性能研究

主要研究内容包括:

- 豪华游船船体线型设计技术和水动力性能预报优化技术研究;
- 鹅颈型球首和鸭尾型船尾应用研究;
- 纵倾襟翼、纵倾楔形板和扰流板水动力节能新技术应用研究;

- 吊舱式推进装置应用研究；
- 吊舱式推进装置/船体组合系统水动力性能优化匹配及其快速性、操纵性研究。

本项目研究成果可应用于豪华游船船体线型、推进装置和水动力节能装置的设计。

2. 深海结构物结构强度研究

主要研究内容有：

- 深海结构物结构强度的直接设计计算方法研究；
- 海洋平台结构的动载荷分析研究；
- 海洋平台振动控制技术研究；
- 细长体结构涡激振动理论及试验研究；
- 非线性水弹性响应分析技术研究。

本项目研究成果可应用于深海海洋平台的结构设计。

3. 冰级船推进器开发

主要研究内容包括：

- 现有冰级船推进器调研；
- 冰级推进器设计技术研究；
- 冰级推进器试验技术研究；
- 一型冰级运输船推进器开发；
- 一型冰级海洋工程船推进器开发；
- 一型破冰船推进器开发。

研究成果可用于各类冰级船。

4. 低速肥大型船操纵性研究

主要研究内容包括：

- 建立包含后体形状因子 Cpa,Cwa 的操纵运动数学模型；
- 设计若干尾型方案；
- 进行流场测试、PMM 试验等；
- 分析操纵性能；
- 提出后体形状因子的适用范围。

研究成果包括肥大型船水动力系数回归公式和影响肥大型船操纵性的后体形状因子的适用范围。

5. 大型集装箱船的桨、舵和船空泡的 CFD 研究

主要研究内容包括：

- 均匀流场中螺旋桨空泡计算；

- 大型集装箱船标称伴流场中螺旋桨空泡计算及试验验证;
- 大型集装箱船标称伴流场中舵空泡计算及试验验证;
- 大型集装箱船标称伴流场中螺旋桨 + 舵空泡计算及试验验证;
- 大型集装箱船在自航状态下船体脉动压力考察及试验验证;
- 大型集装箱船在自航状态下螺旋桨、舵空泡计算及试验验证。

研究成果将为桨、舵的设计提供空泡性能方面的计算工具和指导意见。

6. 可调螺距螺旋桨综合水动力性能优化及设计技术研究

主要研究内容包括:

- 调距桨桨叶水动力性能分析;
- 转叶力矩评估;
- 调距桨桨叶优化设计;
- 桨叶和桨毂强度分析;
- 桨毂结构优化和机构设计;
- 调距螺旋桨样机。

研究成果可应用于多作业工况的工程船,如挖泥船、拖网渔船、物探船等。

7. 全航程船体线型优化技术研究

主要研究内容包括:

- 典型航线海况资料收集;
- 静水与波浪权衡优化技术研究;
- 静水和波浪条件下,肥大船方形系数增量对性能的影响研究;
- 静水与波浪条件下的模型试验;
- 船舶在不同吃水时最佳纵倾的模型试验研究;
- 性能与能效的综合分析评价。

研究成果可为未来低排放、高能效船型开发提供该类技术支持,有利于提高我国未来船型在国际市场的竞争力,也可为 EEDI 公式中 fw 因子的研究与评价作技术上的积累。

8. 动力定位能力评估分析技术研究

主要研究内容包括:

- 典型海洋装备包括平台及各种船型波浪漂移力计算方法研究;
- 通过试验与理论分析,建立典型海洋装备风作用力计算模型;
- 通过试验与理论分析,建立典型海洋装备水流作用力计算模型;
- 侧推器、全方位推进器、POD 推进装置水动力估算方法研究,包括各类推进器推力计算方法、推进器与船体间的相互影响系数、推进器之间的相互影响系数等的试验研究及分析;

- 动力定位能力评估系统建立,标准格式文件输出;
- 冗余能力分析。

开发动力定位能力评估软件,可以提供船舶设计、建造单位在相关船型设计初期使用,评估设计方案的可行性及优选方案,提高反应速度;同时为研发我国自己的动力定位系统奠定技术基础,并形成标准送审文件,提供专业化服务。

9. 冰载荷和冰区船舶船型优化设计研究

主要研究内容为:

- 冰水池概念设计方案研究;
- 冰区船舶模型在冰水池中的试验技术和试验规程研究;
- 冰区船舶冰载荷数值计算与试验研究;
- 冰区船舶航行性能与船型优化设计研究。

研究成果可用于冰区船舶模型试验研究和冰区船舶设计。

10. 船舶结构裂纹预报与控制技术研究

主要研究内容为:

- 船体结构安全性概率评估方法研究;
- 船体结构典型焊接节点强度的理论与模型试验研究;
- 船体结构疲劳裂纹控制技术研究与应用演示。

船体结构疲劳裂纹概率预报方法以及基于 UIT 技术和 Overlap 方法的船舶结构裂纹控制技术是本项目的两项主要研究成果,可应用于新船建造和在役船舶。

(三)节能减排类

1. 降低新船能效设计指数 EEDI 的先进技术研究

主要研究内容为:

- EEDI 的衡准基线研究;
- 优化阻力性能的船体线型设计技术研究;
- 提高推进效率的螺旋桨/船艉线型设计技术研究;
- 降低风浪中失速的耐波性优化技术研究;
- 回收船艉流动能量损耗的水动力节能技术研究;
- 利用风能的风帆辅助推进技术研究;
- 控制空船重量的船体结构优化设计技术研究;
- 降低 EEDI 的综合优化与评估技术研究。

本项目研究成果是具有自主知识产权的船舶航行性能和结构性能的设计指导性文件、相关技术和相关软件,可应用于精品船型的设计开发,确保研发的精

品船型的 EEDI 全面达标。

2. 降低摩擦阻力新技术及高性能涂料的应用研究

主要研究内容包括:

- 气泡减阻的设计计算、模型试验与应用研究;
- 高性能涂料研制与应用;
- 随行波减阻探索研究;
- 吹吸流减阻探索研究。

本项目研究成果可应用于各种船舶的降阻需求。

3. 大型船舶波浪增阻和风阻预报方法及风浪失速模拟软件研究

主要研究内容包括:

- 船舶波浪增阻计算理论、试验方法和软件开发;
- 船舶风阻计算方法和软件开发;
- 船舶失速预报软件研究;
- 船舶风浪失速模型试验与实船验证研究。

本项目研究成果可应用于船舶 EEDI 计算。

4. 船舶风力助航设备的流体力学性能和设计技术研究

主要研究内容包括:

- 风帆助航空气动力学研究;
- 风帆设计与运行准则研究;
- 风帆助航适配性研究;
- 风筝助航空气动力学研究;
- 风筝设计与运行准则研究;
- 风筝助航适配性研究;
- 风帆助航船和风筝助航船整体流体动力性能预报与优化研究。

本项目研究成果可应用于船舶风力助航设备的设计。

5. 船舶减阻增效技术研究

主要研究内容包括:

- 低阻船首设计研究;
- 节能导管技术研究;
- 舵球节能技术研究;
- 毂帽鳍节能技术研究;
- 节能鳍技术研究;
- 一体化桨/舵组合体(Efficiency Rudder)节能技术研究;
- 组合节能装置技术研究。

本项目研究成果可应用于船舶节能。

（四）新概念类

1．新型高性能船前期开发

本项目以千吨级、50 节的多体船型（三体船型和五体船型）和水翼双体复合船型、水翼三体复合船型为重点研究对象，

针对上述重点研究对象的主要研究内容为：

- 船型水动力布局和综合航行性能试验研究；
- CFD 技术在水动力性能预报与优化中的应用研究；
- 船体结构优化设计研究；
- 运动控制技术研究；
- 推进系统优化研究；
- 总体设计技术和模块化设计技术研究；
- 目标船概念设计方案研究。

研究成果可用于新型超高速运输船的研发。

2．超大型浮式结构物关键技术研究

主要研究内容有：

- 国际最新研究成果的收集分析；
- 流体和结构性能的预报和评估技术研究；
- 整体系统、单元模块和可分离浮舱总体设计优化技术研究；
- 选型和概念设计研究；
- 多点系泊和动力定位技术研究；
- 设计和建造技术研究；
- 可服役性、耐久性和可维性研究；
- 超大型浮体对环境及生态的影响研究。

本项目研究成果是超大型浮式结构物的研发指导性文件和概念设计方案，研究成果可应用于海上浮动机场、海洋开发的浮动基地、海洋油气开采的浮动储存库、浮动港口等超大型浮式结构物的开发、设计和建造。

3．实船尾部流场的数值模拟及试验验证

主要研究内容包括：

- 实船的标称伴流场数值模拟；
- 实桨的敞水性能数值模拟；
- 实船船、桨、舵的数值模拟；
- 实船测试及验证。

研究成果可用于直接对实船和实桨的优化设计。



李百齐 1963 年毕业于上海交通大学船舶流体力学专业。长期从事水面舰船、高性能船和水工工程的流体力学性能研究。先后主持研究课题 36 项,内容涵盖快艇、驱逐舰、水翼艇、运输船等产品性能预报与优化研究,水翼、喷水推进、船舶综合航行性能 CAD 系统、粘性与兴波相互影响等基础应用研究,大型污水治理工程水力性能研究,以及舰船科技发展战略研究。在理论计算、试验研究、工程应用和战略研究方面均有优良业绩。著有专业书一本,论文、科技报告和战略研究报告 156 篇,研究成果曾获 1978 年全国科学大会奖一项,省部级科技进步奖特等奖一项、二等奖三项、三等奖四项,以及光华科技基金三等奖一项。曾任中船重工集团第 702 研究所副总工程师,现为所技术顾问,研究员,博士生导师,部级有突出贡献的专家和劳动模范,享受国务院特殊津贴。目前担任工业与信息化部高技术船舶科研计划专家委员会委员及委员会下设的船舶海洋工程基础技术专家组组长。

我国海洋运载动力发展战略研究

范建新

中船重工集团第711所,上海

一、概况

海洋运载船舶依据用途不同分为商船、渔船和特种船三大类,在每一大类下面又有众多各式各样的船舶。这些结构形式和用途各异的船舶实现在水中航行和船载设备的使用,需配置各种类型的船舶原动力。通常情况下,一艘船舶除配置主动力外,还需要配备至少一台用于发电的原动力,出于安全性和提高运行经济性考虑,绝大多数商船和特种船舶配置2台及以上用于发电的原动力,目前最多已配置4台用于发电的原动力。

海洋运载原动机主要有船用柴油机、船用气体发动机、船用双燃料发动机、船用燃气轮机、船用蒸汽轮机、核动力装置。经过上世纪数十年的实际应用比较,与气体燃料、生物燃料、风能、太阳能等新型燃料相比,船用柴油机在安全性、使用寿命、可靠性、经济性、燃料供给等多项综合指标上明显优于其他原动机,目前95%以上海洋运载使用柴油机作为原动力,在可以预见的未来,这一趋势不会因为其他燃料的出现发生根本性逆转。船用柴油机根据不同的使用对象可细分为船用低速柴油机、船用中速柴油机和船用高速柴油机,主要用作大中型运输船舶的主机(其中大功率船用低速柴油机主要用作中大型商船的主机)、发电机组原动机,以及中小型船舶推进动力,也可用作各类陆用发电和工程装备的动力。船舶柴油机及其自动化技术含量高,研制周期长,约占船舶造价的10%到15%,反映一个国家的工业技术水平,直接影响船舶行业的发展。

海洋运载的推进方式主要有直接驱动式(原动机驱动螺旋桨)、电力推进(原动机发电驱动螺旋桨)、喷水推进(原动机加喷水装置)以及各类推进方式的组合应用。由于现代自动化控制技术和传动技术的发展,推进方式采用组合方式已经成为一种重要选项,特别是各类特种船舶。船载设备绝大多数使用小型原动机发电来驱动,个别使用小型原动机直接驱动。

总之,尽管气体等其他燃料动力设备发展较快,并已在比较特别的船型中少量使用,但在可以预见的未来难以成为海洋运载的主要动力,海洋运载的最主要

动力源仍将是柴油机。而船舶动力自动化已从单机控制、机电一体化、机舱无人化发展到机旁、操控室和驾驶室三位一体的智能控制。目前我国已经在船舶动力和自动化领域成为了制造大国,但在研发和设计上仍处于跟随和研仿阶段,需要在该领域不断进行研发和产业布局,使我国跨入船舶动力和自动化一流强国。

二、国内现状

"十一五"期间,我国船舶柴油机和自动化快速发展,品种日趋齐全,产量大幅增长,基本适应船舶工业的快速发展需求,具体表现在下列方面:

(一)产能快速提升,基本满足国内造船配套需要

"十一五"期间全球船舶工业、海洋工程产业、国内造船产业异常繁荣,我国海洋运载动力及其自动化产业在此期间得到了快速发展,完成了满足海洋运载需要的各型各系列动力的产业布局和建设。

我国船用低速机均为国外许可证专利制造机型(MAN 系列、瓦西兰系列),技术水平和产品种类与国外同步,五年间制造能力大幅提高,由"十五"的 183 万 kW 制造能力,增加到 880 万 kW,新增产能 697 万 kW,2005—2009 年期间我国共生产低速柴油机 1670.52 kW,船用低速机的生产能力基本满足国内造船配套需要,并有剩余能力可供出口。同时,船用低速机气缸套、铸钢气缸盖盖、中间体、排气阀杆,以及智能低速柴油机蓄压器单元、液压缸单元等关键零部件国产化取得突破,发展迅速,实现了多种关键零部件自主配套,成熟机型的本土化率达 80% 以上,部分柴油机配套企业已基本实现了由零部件供应商向模块化单元总成供应商的转变。特别是国产曲轴发展迅速,产量快速增长,目前已能制造缸径 460 ~980 mm 系列船用低速机的曲轴,打破了曲轴完全依赖进口的局面。

我国船用中速机主要由国外许可证专利制造机型(MAM 系列、Wartsila 系列、大发系列等)和自研国产机型组成,其中,国外许可证专利制造机型技术水平和产品种类与国外同步,自研国产机型产量大,价格上有相当竞争力,但由于技术水平不高、全球售后服务等诸多原因,主要用于内河及沿海船舶,尚未进入真正意义上的海洋运载的主流市场。船用高速机主要为国外许可证专利制造机型(MWM 系列、MTU 系列)。2006—2009 年我国船舶中、高速柴油机产量逐年增长。船舶中速柴油机年产总功率由 2006 年约 2900 kW 增加至约 8200 kW,四年间增长 274%,柴油机台数增长约 295%。其中,引进国外许可证技术制造的柴油机约占年总功率的 30% ~45%,MAN 系列的国产化率约为 70% ~80%,大发系列的国产化率约为 88% ~98%。船舶高速柴油机年产总功率由 2006 年约 300 kW 增加至约 910 kW,四年间年总功率约增长 310%,年产总台数约增长

162%,国产化率达85% ~90%。

国产机舱自动化设备(主机遥控系统、监测报警系统、电站监控系统、液位监控系统、火灾报警系统、信息管理系统)已大量地为内河、沿海和军用船舶配套,目前有部分国内厂商为出口船配套,但这些厂家的产品以与国外ABB、SCHNEIDER、NORIS公司合作为主,借助国际公司的国外维护网络,满足全球维护的需求。

(二)科技创新能力明显增强,基本具备自主研发高指标船舶动力的能力

在提升产业制造能力、引进国外许可证专利机型的同时,投入力量消化吸收国外机型发展中的新技术,并实施自主发展中国品牌船舶动力的举措。

"十一五"期间,船用中速机设计技术取得突破性进展。2005年,七一一研究所和广州柴油机厂联合开发的G32系列柴油机技术指标(平均有效压力2.53 MPa,强化指标24.3)和可靠性达到国外同类柴油机的先进水平,并且符合IMO Tier II新法规要求,实船使用情况良好,现已形成批产能力。

通过与国外著名柴油机研发机构合作,采用当代最先进的高增压、高压共轨和智能控制技术,开发满足当前和未来船舶需求的自主品牌船用中速柴油机,2011年完成6缸CS21/32柴油机的研发。在该机的设计中采用了先进的开发流程和分析手段,改变了传统的设计方法,显著提升了设计水平,为以后的自主开发打下良好的基础。

经过"十一五"的发展,我国船用低速柴油机具备大部分零部件的"二次研发"能力,完成了6K80ME-C、6RT-Flex60C-B电控柴油机,带废热回收系统的7RTA84TD以及具有最新科技成果的7RT-Flex82T型等世界首台船用低速柴油机的制造,与Wartsila公司合作开发的RT-Flex35/40型柴油机已形成商品,所有这些表明我国船用低速柴油机的技术水平显著提高,也已初步具备自主研发产品的能力。

在船用高速机方面,在引进国外许可证专利机型基础上,开展了改进提高及自主研发工作,对原引进产品的改进提高降低了原有机型的排放,提高了综合性能,扩大了产品应用领域;在引进234柴油机基础上自主研发的314系列柴油机已批量投放市场;新开发完成了316V16柴油机,开始投放市场;启动了具有国际先进水平的自主品牌高速大功率柴油机的自主研发工作,基本具备自主研发能力。

(三)基本形成配套产业,国产化率显著提升

通过多年的国产化工作,国外许可证专利机型中的零部件本土化率不断提

升,从无到有并逐步形成了基本配套产业链。

船用低速柴油机攻克了多项关键制造技术,成熟机型的本土化率已近80%,瓦锡兰 RT - Flex 智能柴油机供油、共轨等单元燃油喷射系统高端成套部件已开发成功,并装机使用,同时出口韩国;重庆地区已初步形成低速柴油机二轮配套产业集群。

船用中高速国外许可证专利机型中的零部件本土化制造也取得了可喜的成绩。其中,MAN 公司机型的国产化率最高为 80%;大发公司机型的国产化率最高已达 99%。MWM 234/314 柴油机国产化率已达 100%,604B/620 柴油机为90%,MTU 柴油机约为 85%。"十一五"期间,船舶中高速柴油机关键配套部件高压共轨燃油系统和电控技术取得突破性进展,已经开发出具有自主知识产权的科研样件,并经过一定时间的实机试验考核,为"十二五"期间形成配套产品和产业化打下了坚实基础。

经过几十年的发展,特别是在"十一五"期间的快速发展,我国海洋运载动力在取得成绩的同时,发展中还存在着根本性的问题,集中表现在以下几个方面。

1. 自主研发意识薄弱,自主创新能力提升不快

长期以来,我国海洋运载最主要动力船用低速机、船用高速机和船用主流中速机及其动力装置技术和产品依赖引进国外许可证专利技术和产品,具有较强的生产制造能力,但不具备完整的研发和设计能力,没有真正用于海洋运载的具有自主知识产权的产品。

虽然船用低速机能够引进国际技术水平同步的产品,但其中的技术诀窍无法在引进产品的同时获得,而长期来国内企业又主要重视制造工艺的研究与应用,快速生产产品以满足造船需要的能力已经处于世界第一位,不足的是轻视自主研发船用低速柴油机的技术研究和积累,研发资源投入有限,导致技术能力提升速度不快,比较差距加大,我国与欧洲和日韩在船用低速机研发能力上的差距还在进一步扩大。

我国船用中高速机主要是引进 MAN、Wartsila、MWM 和 MTU 公司许可证产品,面对排放新法规的实施和新技术的发展,企业习惯于被动地等待专利方的技术支持,以此获得满足要求的产品和技术,自主研发技术基础的能力提升主动性不高,导致国外不再提供技术支持许可证过期机型,需要完全依靠自身发展升级时,难以满足需要;自研产品多数开发时间较早(生产已 10 ~ 20 年),迫切需要更新换代,由于创新能力不足,加上不少配套件(如高压共轨系统、电控系统、增压器、轴瓦等关键配套件)受国外控制,我国船用中高速柴油机的更新换代力不从心,形势相当严峻。

2. 二轮配套专业化程度低,核心配套部件受国外控制

尽管船用低、中、高速柴油机的具体情况不同,它们的配套情况也有差异,但是二轮配套研发能力薄弱,专业化程度低,产品质量不稳定,核心部件受制于人是它们的共同之处,显示出我国船用柴油机配套存在着结构性缺陷,具体表现为:

(1) 技术难度不大的部件,多家企业重复国产化,相互竞争。由于专业化程度较低,产能有限,质量不稳定;

(2) 由于研发能力薄弱,技术难度较大的部件无人问津,至今仍没有掌握燃油系统、控制系统、电子调速器、薄壁轴瓦等核心部件的设计、制造技术。

总之,由于专业化程度低、研发能力薄弱,目前我国船用柴油机的二轮配套仍处于较低的水平,配套产业链尚不完善,直接影响船用柴油机的发展。

3. 前沿技术储备不足,影响未来发展

纵观未来,低碳节能低排放技术将引领船舶柴油机未来的发展,掌握低碳节能低排放技术成为船用柴油机赢得未来市场的至关重要的手段。同国外相比,我国在前沿技术研究领域基础薄弱,高效燃烧、高增压、排放控制、智能控制、高压喷射、模块化设计等关键技术储备不足,距实际应用还有一定的距离,有些技术刚起步研究,还有不少空白。因此必须尽快组织力量,启动这些“瓶颈”技术的研究和开发,否则,依赖国外进口和在激烈的市场竞争中受制于人的局面无法根本改变,并将危及我国船舶工业向前推进的速度。

4. 产业布局零乱,低水平重复和追求短期利益并存

生产能力重复建设情形严重,同类或同品种产品多家企业甚至十几家企业蜂拥引进许可证技术生产,导致产能分散,无法形成大规模集中化生产效应,只能通过国内自身的价格战参与国内外市场竞争;几乎所有的国企和民企厂家追求短平快,热衷于引进国外现成的专利技术产品,没有进一步开发自主知识产权柴油机的意愿,导致在与国外尤其是日韩的船舶柴油机生产厂家竞争中处于劣势。

总之,目前国内船舶动力和自动化产品的技术源头来源于国外许可证技术,在局部产品如中速柴油机和部分关键零部件研发上具备初级自主研发能力,但总体研发能力仍落后于欧美和日韩,产品仅在内河、沿海船舶和中小型渔船上应用。通过近十年的产业投入,我国的制造能力已处于世界一流,能生产制造最先进的国外许可证产品,并应用于各类海洋船舶。热衷于现有许可证产品的生产制造和不重视自主产品研制,我国的船舶动力和自动化研制能力基础薄弱,除特殊情况外,导致海洋运输船舶和各类中高端特种船舶中几乎无一例使用中国品牌的船舶动力和自动化设备。

三、市场需求分析

(一)海洋运输船

特指运输散货、集装箱、液体货物为主的、航行于沿海和世界的各类中大型商用船舶,船舶载重吨从几千吨到几十万吨,正常航速在十几节。其中千吨级的一般采用单台或多台中速机和小型低速机作为主动力,功率在数千 kW,发电用一台小型中速机或高速机,根据船舶设备不同配置的发电功率大小不一,有几十到上百 kW;万吨级的一般采用单台或多台低速机作为主动力,功率在数万 kW,发电用二到四台中速机或再配置几台高速机作为应急发电用。商用船舶 95%以上以柴油作为最主要燃料,只有部分运输 LNG 等天然气的船舶由于自身运输燃料,采用液化天然气发动机。除对功率、转速、安全性、可靠性需求外,这类船舶在选择动力时,注重柴油机的运行经济性、重量体积、尾气排放等技术指标。

(二)科学研究船舶

特指用于海洋考察、远洋测量为主的、航行于各类海区的科学研究船舶,如科考船、海洋测量船、极地船等,吨位一般从几百吨到数千吨,个别可以达到万吨级。这类船舶较商船需要有更高的航速,一般为二十节左右,主动力配置以中速机为主,个别配置大功率高速机,主推进功率一般为数千 kW 级。为便于在海洋深处开展研究工作和应对不同的海洋环境,主动力需要提供多样的变速运行状态,因此大多采用多机单桨、多机多桨和电力推进等组合推进方式,与同吨位的商船相比,配置动力的功率富裕度要高,以增强抗恶劣环境的能力。除美国外,科学研究船舶的动力几乎 100% 采用柴油机,注重变工况性能、运行平稳、安全可靠、重量体积、尾气排放,而对动力的经济性不敏感。

世界上有 49 个国家拥有自己的海洋科学考察船,总数量超过 500 艘。海洋科学考察船数量居前 10 位的国家依次为:美国、日本、俄罗斯、英国、德国、中国、法国、荷兰、乌克兰、韩国和加拿大。其中美国现拥有世界上装备最先进、船只数量最多的海洋科学考察船队,欧洲、日本科考船具有深海和极地的考察能力,具有深潜器等装备。

(三)海洋安全保障船

特指用于寓军于民的相关海洋安全保障和海事执法的船舶,如海警船、海监船、渔政船、海巡船、海关截私船、救助船等,吨位一般从几十吨、几百吨到数千吨。这类船舶较科学研究船舶需要有更高的航速,一般为二十节以上,最快可以

达到近 30 节，主动力配置以高速机为主，个别配置大功率中速机，主推进功率一般为 kW 级到数千 kW 级，最大已需要 9000 kW，动力几乎 100% 采用柴油机。为了追求在执法过程中的快速和灵活，对主动力的变工况性能要求较高，因此除采用多机单桨、多机多桨和电力推进等组合推进方式外，对动力装置要求高度自动化和无人机舱，除必须拥有高的可靠性外，还需要重量轻、空间尺寸小、经济性好等特点。

（四）海洋工程运输船

特指用于为浅海钻井平台、深海钻井平台（半潜式）、近海固定式综合作业平台（集采油、修井、固井为一体）等服务的守护船和多用途保障船，一般为数千吨，航速不高，约十余节。这类船舶年运行时数在各类海洋船舶中最高，主动力配置以中速机为主，极个别配置大功率高速机，动力几乎 100% 采用柴油机，但为了确保海洋平台的不间断作业，动力配置的总功率尽管数千 kW 级，但推进方式需要多机多桨或多机单桨和高度自动化及无人机舱，以保证船舶维持最低航行要求。一般不采用最新技术的柴油机作为主动力，以避免发生意外，而以采用最成熟的产品为首选，除必须拥有高的可靠性外，还需要重量轻、空间尺寸小、经济性好等特点。

（五）大型客船和豪华游轮

特指用于沿海和跨国定期和不定期班轮及用于跨国航线的豪华游轮，吨位一般从千吨级到数万吨级。这类船舶对航速不敏感，一般为十余节，主动力配置以大功率中速机为主，个别配置大功率高速机，极少数超大型邮轮也有采用燃气轮机，主推进功率一般为 kW 级到万 kW 级，以多机单桨和电力推进为最主要的推进方式，机舱自动化程度高和无人机舱，除对动力的常规要求之外，特别对动力装置的振动、噪声和排放比其他运输船舶更高，需要采取多层隔振、隔声罩和排放处理技术才能满足要求。

（六）远洋渔船

受近海渔业资源限制，渔船大功率趋势明显，远洋渔船逐年增加，船型增大，现主流功率范围主要集中在 300 ~ 1000 kW，未来将集中在 600 ~ 1500 kW。拖网渔船、鱿鱼钓船、金枪鱼船等主力渔船将分别发展 40 ~ 50 m、60 ~ 80 m、40 ~ 70 m 的船型。这类船舶动力以中速机为主，几乎 100% 采用柴油机，并希望未来采用双燃料，除必需的安全保护装置外，不刻意要求自动化、低振动、低油耗，注重可靠性、经济性、动力性、维护性。

目前东亚诸国即将签署国际渔船安全公约(托雷莫利诺斯议定书),这对远洋渔船的排放和环保的要求会大幅提高,绿色动力监控、能耗监控以及能量管理将会逐步装船使用。

总之,以柴油机为代表的船舶动力和自动化向着低排放、节能、智能化方向发展。中大型海运商船动力装置以中低速柴油机、螺旋桨配以三位一体的智能控制技术,实现海洋运输的高效和安全。科考船、大型游船、新型渔船等采用中高速柴油机电力推进装置将是未来技术发展的主要方向。在产业布局上,欧美将集中于船舶动力研发、高端零部件、动力系统集成、电力推进产业,日韩则关注于新一代船舶柴油机设计、制造,进一步巩固行业的龙头地位。

四、发展重点及路线图

立足于我国在船舶动力和自动化及其动力装置领域必须成为世界一流大国和强国的角度,结合国外强国的发展趋势和我国目前的现状,突破技术、产品和产业等多个方面的发展重点,以点带面,实行整个产业的快速发展,为我国成为世界一流造船强国奠定牢固基础。为此,提出如下需要重点发展的技术和产品。

(一)低速柴油机

用于海洋运输船舶的主动力,代表着一个国家是否是造船强国的最主要标志。先完成一型小缸径机型开发和系列化,不断向中等缸径和大缸径发展。2030 年前,掌握低速机整机设计技术,完成大缸径低速机的研发,投入实船使用,完成批量生产布局,形成批产能力,具备低速机整机、关键配套部件和分系统的持续发展能力和批量制造能力,创建柴油机品牌,产品进入国际市场,在全球主流商用船舶动力和自动化市场上进入前三甲。

(二)中速柴油机

用于海洋运输船舶的发电、特种船舶和先进渔船电力推进、中型海洋运输船舶主动力和海洋石油平台运输船舶主动力以及平台供电,代表着一个国家是否是造船强国的主要标志。在已有 6CS21/32 的基础上完成系列化开发,并向小缸径和大缸径发展。2030 年前,掌握中速机整机设计技术,完成 CS27/39 中速机系列化研发,投入实船使用,完成批量生产布局,形成批产能力,具备中速机整机、关键配套部件和分系统的持续发展能力和批量制造能力,创建柴油机品牌,产品进入国际市场,在全球主流商用船舶动力和自动化市场上进入前三甲。

（三）高速柴油机

用于海洋安全保障船舶和执法船舶的主动力。以引进的620柴油机为基础，结合自主研发平台建设，完成多个系列自主品牌系列机型开发。2030年前，掌握高速机整机设计技术，完成270 mm高速机系列化研发，投入实船使用，完成批量生产布局，形成批产能力；具备高速机整机、关键配套部件和分系统的持续发展能力和批量制造能力，创建柴油机品牌，产品进入国际市场，在全球主流商用船舶动力和自动化市场上进入前三甲。

（四）气体燃料（柴油/LNG）发动机

因LNG运输量占世界货物运输量比重正在上升以及为适应我国渔船动力的更新提升，LNG发动机是其首选的动力，用于近海运输船舶和新型渔船的主动力和发电动力，由于气体燃料的经济性和排放优势不断增强，部分特定用途和使用环境的海洋运输船舶开始采用双燃料发动机。2030年前，完成一个系列大功率自主品牌气体燃料（柴油/LNG）中速发动机系列机型开发。掌握船舶低速气体燃料（柴油/LNG）发动机整机设计技术，完成自主品牌船舶气体燃料（柴油/LNG）低速发动机系列化研发，投入实船使用，完成批量生产布局，形成批产能力，具备船舶低速气体燃料（柴油/LNG）发动机整机、关键配套部件和分系统的持续发展能力和批量制造能力，创建气体燃料（柴油/LNG）低速发动机品牌，产品进入国际市场，在全球主流商用船舶动力和自动化市场上进入前三甲。

五、政策措施建议

海洋运载装备之船舶动力属于国家级战略产业和高技术产业，也是转变增长方式和结构调整的重要领域。为发展船舶动力这一重要的战略产业，加快推进转变增长方式和结构调整，提升整个海洋运载装备的技术水平，建议：

第一，着力提升我国船舶动力装备研发、设计和制造能力。建议船舶行业主管部门围绕我国建立自主研发、设计和制造的重大需求，进一步加强船舶动力装备研发机构建设，增强船舶动力装备的科研和设计力量，开展满足各类海洋运载需要的高中低速柴油机、气体（双燃料）发动机、新型动力推进系统、智能控制单元、动力节能减排装置的研发、优化设计和集成创新，设计出技术指标一流、安全可靠、性能优良、节能环保、资源友好的海洋动力装备，为推进引进技术中国制造转变为自主设计自主制造提供技术支撑。充分发挥市场导向和政策引导作用，支持现有船舶动力制造企业进行自主品牌船舶动力的生产制造，鼓励技术实力较强的船舶动力配套企业组建专业化的研发制造中心、积极承担核心和关键零

部件的自主研制和生产,大幅提升我国高技术船舶动力的制造能力和水平。

第二,研究制定我国船舶动力自主发展重大工程和技术专项。针对我国自主品牌动力不能适应海洋运载发展的需求,根据我国动力产品和产业布局的现状,建议工信部牵头,加快研究制定并组织实施我国船舶动力重大工程和技术专项,明确目标、重点、投资和保障措施;进行顶层设计,以三大主流船型、LNG 运输船、公务船、远洋渔船所需动力为重点,以点带面,重点突出,实现一批长期制约我国船舶动力发展的技术难点和障碍得以突破,彻底改变我国船舶动力技术来自发达国家的局面。以重大工程和技术专项为契机,整合现有产业资源,引导和促进船舶动力企业的兼并、重组和结盟,培育具有明显专业方向的集研发、设计和制造于一体的企业集团。

第三,研究制定并严格执行符合行业健康发展的产品和产业标准。针对我国船舶动力无序和低水平重复发展现状,建议海洋环境、沿海环境主管部门加强国家层面的海洋环境保护控制,将国家的减排和节能政策通过制定产业和产品市场准入标准,运用强制执行标准的公平竞争手段,从市场需要角度,牵引企业发展高技术船舶动力产品和配套产品,避免现有高能耗重污染产品的盲目发展,调整船舶动力产业结构,加快促进产品的技术进步和产品的更新换代,引导和鼓励企业转变经济增长模式。

第四,制定船舶动力自主发展的扶持政策。船舶动力核心技术和产品由国外引进转变为自主研制、设计和制造属于一项革命性工程,涉及面广,需要长期坚持,建议发改委、工信部、财政部、海关总署、税务总局、商务部等采取积极的扶持政策,稳健推进,加大对船舶动力领域,尤其是基础较好的科研、设计和制造企业的支撑力度,增加高技术含量船舶动力设备和配套部件开发及经费支持力,给予新开发的关键部件和整机产品较长时间的减免税优惠政策,实施国轮配用国机的优惠政策,引导、鼓励航运公司使用满足要求的国产品牌动力,同时给予一定比例的资金补贴(类似于节能家电以旧换新补贴政策)。

第五,培育并提升配套企业自主创新能力。与船舶动力整机企业相比,专业化配套企业的研发和设计能力极其薄弱,且产业结构也不适应为船舶动力配套的要求,建议船舶动力行业协会牵头加强产学研的紧密结合,在发挥地方政府作用的同时,充分调动整机企业、高校的积极性,主动配合并参与船舶动力配套产品研发和产业发展,鼓励整机企业与配套企业共同建立协同研发、协同试验、协同标定的高速高效开发体系,帮助配套企业办理产品相关的鉴定和准入手续,并尽快投入整机应用,形成良性互动格局,改变目前配套企业只具有研仿能力的现状,提高专业化水平和配套产品研发能力,为整机企业发展提供相关的配套技术和产品。



范建新 长期从事船舶发动机性能、船舶涡轮增压系统领域的研究工作。主持完成了高性能船舶柴油机涡轮增压系统研究，参与完成了船用大功率柴油机排放技术发展分析研究等重要课题，参与完成了新一代船用中速柴油机的产品开发，技术水平处于国内领先。主持完成多型号引进涡轮增压器关键零部件的国产化开发，特别是在柴油机排放物控制方法、增压器设计计算、涡轮增压器模化设计方法、船用大功率柴油机排放技术发展最新方向、船舶电站成套设备研制等项目和技术研究中做出了比较优异的成绩。担任第五届上海市内燃机学会常务理事。现任中国造船学会轮委会柴油机分会主任，上海市造船学会名誉理事、副秘书长，工信部节能减排项目专家组成员，硕士生导师。

船用低速柴油机技术发展战略研究报告

周伟中

沪东重机有限公司,上海

一、国际低速柴油机技术发展趋势

(一) 国际低速柴油机总体情况

1912 年,第一艘由柴油机作为推进动力的远洋船舶 Selandia 号建成,Selandia 号装有两台丹麦 B&W 公司生产的 DM8150X 型号四冲程低速柴油机,在转速为 140 rpm 时的单机功率为 932 kW。从那时起,经过 100 年的发展,低速柴油机已替代蒸汽轮机成为船舶,尤其是大型远洋船舶的首要推进动力,其最大单机功率已达到 100 000 kW。

由于需要巨大的投资来维持低速柴油机的研发、生产和全球售后服务等活动,小品牌区域性的低速柴油机品牌很难在激烈的市场竞争中生存下来。进入 20 世纪 90 年代,世界上基本上只剩下了三个品牌的低速柴油机,德国的 MAN B&W Diesel(德国的 MAN 公司与丹麦的 B&W 合并)、瑞士的 Sulzer(后被芬兰 Wärtsilä 收购)和日本的 Mitsubishi,其他低速柴油机厂商则多为这三个品牌的专利许可生产厂。2010 年 10 月份这三个品牌低速柴油机的市场订单份额见图 1,MAN B&W 品牌的低速柴油机占据了 80% 以上的市场份额,剩余不到 20% 的市场由 Wärtsilä 和 Mitsubishi 瓜分。

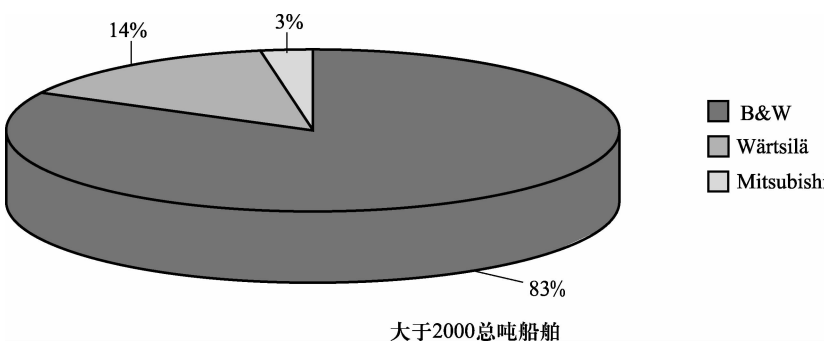


图 1 低速柴油机市场订单份额

随着技术发展，低速柴油机的形式特征趋于统一，MAN、Wärtsilä 和 Mitsubishi 的低速柴油机都是二冲程、单气门直流扫气、定压增压、长行程、高压缩比、近于等压燃烧的十字头式结构形式。各种缸径的低速柴油机平均有效压力 P_{me} 在 1.9～2.1 MPa 左右，最高燃烧压力 P_{max} 在 15～18.6 MPa 左右，油耗率 b_e 在 164～175 g/(kW·h)左右。

新世纪以来，伴随着全球经济的快速增长，航运业也迎来了一波发展高潮，造船订单以及船用低速柴油机订单增长迅速，并在 2009 年左右达到了顶峰，见图 2。图 3 所示为MAN公司统计的近几年低速柴油机年交付量及对未来的预

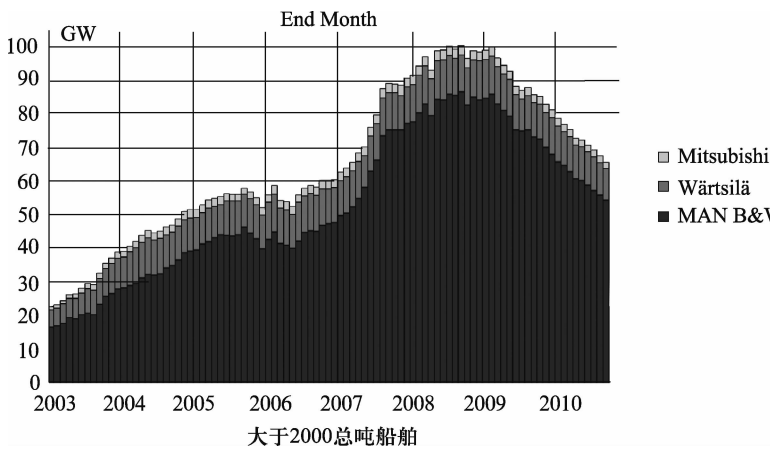


图 2　低速柴油机市场订单情况

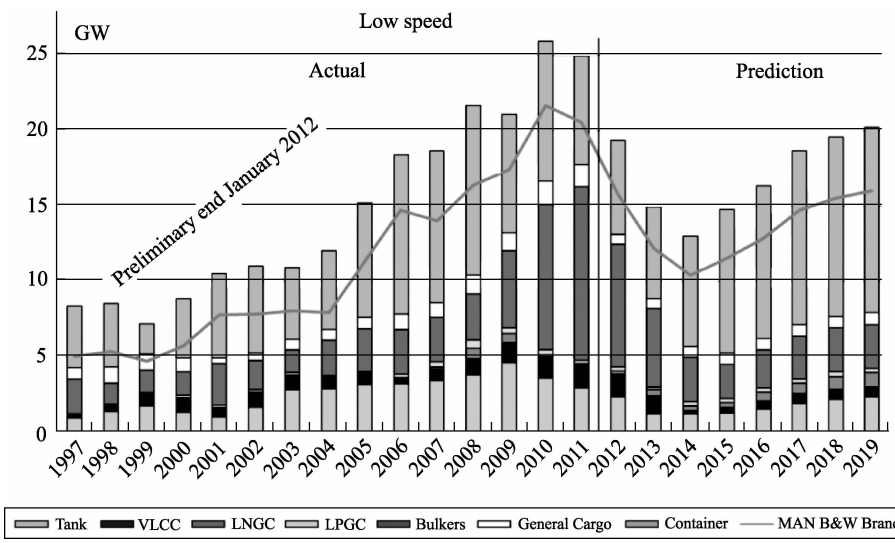


图 3　低速柴油机交付统计

测,2011 年全球交付的低速柴油机总功率数达到了二千五百万千瓦(25 GW),受 2008 年以来世界经济形势恶化的影响,在接下来的几年中,低速柴油机订单和年交付量会有所下降,但预计将在 2015 年左右走出低谷并逐步恢复到二千万千瓦年交付量的水平。

(二)主要国家发展情况

1. 欧洲

MAN 和 Wärtsilä 两大品牌垄断了 95% 以上的船用低速柴油机市场,这两家公司总部和核心研发机构都在欧洲,设计开发了代表世界先进水平的船用低速柴油机:MAN 公司的 MC/ME 系列和 Wärtsilä 的 RTA、RT - flex 系列。

为了提高经济性,降低排放,MAN 公司和 Wärtsilä 公司分别推出了 ME 系列和 RT - flex 系列智能化柴油机产品,能够对燃油供油正时和喷油规律、气阀正时等进行优化控制。柴油机智能控制后,一方面减少了机械部件,简化制造安装和运行控制,提高可靠性;另一方面提高了运行性能,在整个工况范围能提高燃油经济性、降低排放,如 Wärtsilä RT - flex 系列低速柴油机在所有运行速度下都能保证无烟运转。此外采用智能电子控制后,有更好的加速特性及正倒车、紧急停机的性能、优化控制缸套润滑,易于适应各种船舶运行工况。智能化船用大功率柴油机由于其良好的性能和可靠性,市场迅速扩大,形成了批量化生产。除了不断降低燃油消耗率,品牌柴油机的可靠性有很大提高,船用低速柴油机在使用低品质重油的情况下,一个坞修周期内可不需更换活塞。

MAN 和 Wärtsilä 公司的研发手段先进,20 世纪 90 年代后,随着信息技术的发展,国外柴油机的研发模式发生了根本性的转变,已由“试验设计”逐步转变为“预测设计”,在较短的时间不断研发出代表世界先进水平的柴油机。这一方面得益于先进的设计及分析软件体系,如柴油机三维设计软件、柴油机性能分析软件、柴油机零部件强度计算软件等,另一方面得益于长期积累并经试验验证的可指导研发工作的数据库和知识库。

2004 年以来,欧盟委员会提供资助,联合包括发动机制造商、科研院、船级社及用户在内的欧洲 43 家单位开展了船舶超低排放燃烧的高效研发项目,即 HERCULES 项目。HERCULES 项目的主要目的是要开发可持续发展及安全的船用主机技术,从而降低油耗和 CO_2 排放,为满足日趋严格的船舶排放法规提供技术保障。虽为竞争对手,但 MAN 和 Wärtsilä 公司一同作为牵头单位参与了 HERCULES 项目。目前,该项目已完成了 2004—2007 年的第一阶段 HERCULES - A 和 2008—2011 年的第二阶段 HERCULES - B,现已进入第三阶段 HERCULES - C,项目三个阶段的总计预算达到了 7600 万欧元。集全洲之力来

开展低排放、高效率新型船用主机研究的行动,表明了欧盟当局以及欧洲船用主机企业希望保持技术领先优势和产业垄断地位的决心。

2. 日韩

日本:日本的船用低速柴油机的设计制造走的是“引进—消化吸收—二次开发—联合开发—自主开发”的道路,并已走到联合开发及自主开发阶段。日本有自主品牌的船用低速柴油机 Mitsubishi 的 UEC 系列,关键零部件基本是国内配套。日本三井公司和 MAN 公司联合开发了 MAN 65ME 型大功率低速柴油机,形成交叉专利关系,技术地位较一般专利机厂商高。但近年来日本的造船业呈现衰落态势,从而影响了日本船用柴油机的技术开发能力,集中表现在人才和资金的投入上。目前虽然日本在技术上占有一定优势,但随着全球造船产业的转移,后继人才和资金的投入水平不足,将大大降低日本技术竞争优势战略实现的可能性。

韩国:作为当今世界的造船大国,韩国船用低速柴油机的设计、制造走的也是“引进—消化吸收—二次开发—联合开发—自主开发”的道路,并已完成了低速大功率柴油机的技术消化吸收工作,进入到前期开发的准备阶段。由于掌握了船用低速柴油机的关键技术,韩国能够自行设计制造低速柴油机的关键零部件如曲轴、增压器、轴瓦及活塞环等,并能批量生产并出口。韩国造船业在快速发展的同时,也面临着低成本劳动力匮乏的难题,因此韩国正改变其战略,提高创新能力,将业务重心放在超大型集装箱船和 LNG 船等高附加值产品上,在船用柴油机上开始推出自主品牌的产品。

(三)主要技术发展趋势

图 4 所示为上世纪后三十年的低速柴油机主要性能参数发展情况。增加平均有效压力和平均活塞速度来提高强化指标、改善发动机循环和增压器的效率以降低油耗、增大单位重量的功率输出以提高发动机的紧凑性、增大可靠性、延长大修期是低速柴油机技术一直以来的发展方向。

随着对排放要求的愈加严格,以及对高低工况性能兼顾的要求,电控技术在低速柴油机上变得越来越重要。MAN 公司在 MC/MC - C 系列基础上开发了电控的 ME/ME - C 系列的产品;Wärtsilä 公司在 RTA 系列的基础上开发了电控高压共轨的 RT flex 系列产品。MAN 与 Wärtsilä 的高压电控喷油系统有不同之处,虽都有能控制供油正时预喷射后喷射及在低转速时仍能保持高的喷射压力等优点,但 MAN 公司电控供油系统中的高压燃油泵由液压柱塞通过增压达到所要求的燃油喷射压力,液压压力由电控比例阀实现压力控制,燃油从进油时的 0.8 ~ 1.0 MPa 加压到高压油管中的 80 ~ 90 MPa 的喷油压力。高压燃油泵中所用的

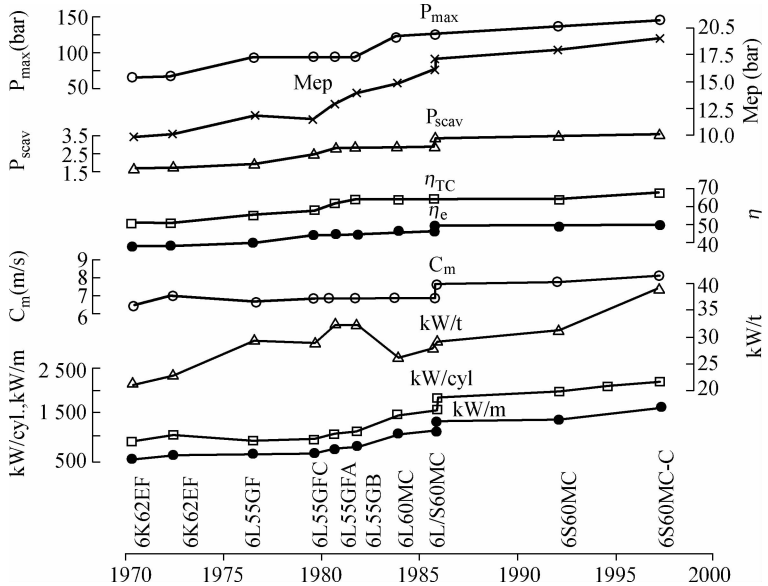


图 4　低速柴油机主要性能参数的发展

液压油与驱动排气门的液压油系统共用。RT flex 高压共轨系统中低压燃油在高压燃油泵中被加压到 100 MPa 左右,再通过高压燃油管输送至燃油共轨管,其高压燃油泵由凸轮驱动,并不与驱动排气阀的液压油相关联。

对于 NOx 排放,IMO Tier II 排放法规已于 2011 年在全球开始实施,2016 起将在排放控制区(ECA)实行更严格的 IMO Tier III 限制。Tier II 阶段的 NOx 减排目标可以通过电控喷油加上改变排气阀正时(米勒循环)来实现。对于下一阶段的 Tier III 目标,则有废气再循环(EGR)、进气加湿(HAM)、选择性催化还原(SCR)等多种可能的解决手段。MAN 公司在试验机 4T50MEX 上使用 EGR 技术,引入了大于 40% 的废气循环量,减少了 85% 的 NOx 排放,满足了 Tier III。EGR 技术的缺点是对主机的油耗有一些不利的影响,另外需要额外安装的装置来清洗废气中的污物。SCR 技术可以大幅度降低排气中的 NOx,已在多艘实船航行中证明了其满足 Tier III 的能力。SCR 反应器技术在进出 ECA 时可以方便的开启和关闭,且对主机油耗没影响,其缺点主要是运行中有尿素消耗成本。

(四) 船用低速柴油机需求分析

低速柴油机是海洋运输船舶的主要动力源,根据 MAN 公司的统计,截止 2011 年 11 月底,共有 45019 艘大于 2000 总吨的船舶在运营,其中 23594 艘是由低速柴油机推进的,占总船舶数的 52.4%。2000 年以来,共有 21401 艘大于 2000 总吨的船舶投入运营,推进主机为低速柴油机的有 13146 艘,占同期新运营

船舶总数的61.4%,由此可见,低速柴油机的市场份额在逐年增加,并将长期的在海洋运输船舶推进动力中占据支配地位。

二、国内低速柴油机发展现状、存在的问题

(一)国内低速柴油机发展现状

20世纪50年代,我国科研人员在沪东船厂(今沪东重机)曾经设计和制造了43/82船用二冲程低速柴油机,60年代又成功地研发了万匹马力的75/160大功率船用低速柴油机。20世纪80年代沪东船厂、711所以及上海交通大学等单位通过产学研结合,自主开发出具有当时国际先进水平的34/82船用低速柴油机,但当时的开发手段较落后,设计以手工计算为主,时间长、准确性较差。

改革开放以后,沪东重机有限公司、大连船用柴油机厂、宜昌船用柴油机厂等企业先后引进了国外先进低速柴油机企业的生产许可证,通过国产化设计、制造工艺设计和技术攻关,已成功制造出MAN、Wärtsilä和Mitsubishi公司设计的各种型号的船用低速柴油机,各项技术指标满足设计要求,达到国际先进水平。但与此同时,自主品牌低速柴油机由于与国外机型在技术上存在着不小的差距,市场上的接受程度较差而逐渐退出了市场。

近年来,随着造船工业的发展,国内船用低速柴油机制造企业急剧增加,除了上述三家企业外,主要还有镇江中船设备有限公司、中船三井柴油机有限公司、熔安动力、无锡安泰柴油机有限公司、珠海玉柴、齐耀瓦锡兰菱重麟山、华南船用柴油机等多家厂商。在生产过程中,国内企业基本是按照专利厂提供的设计清单、图纸、标准和技术要求进行制造和试验,整个生产过程依赖于专利厂技术支持,这使我国的船用低速柴油机的生产受制于人。

(二)存在的问题

目前,我国船用低速柴油机多为引进国外生产许可证技术的产品,经过多年努力,国产化率已达80%以上,性能达到原引进机的水平,部分柴油机还作了一定的改进提高。但与国外相比,我国不但整机开发能力不断萎缩,而且在可靠性、高增压技术、NOx排放控制、电控燃油喷射等技术方面差距正在不断拉大。

主要表现为:

(1)很多国内厂家追求短平快,热衷于引进专利,没有进一步开发自主知识产权柴油机的意愿。

(2)生产能力重复建设情形严重,产能分散,无法形成大规模化集中化生产。在与国外尤其是日韩的专利生产厂家竞争中处于劣势。

(3) 关键技术研发落后,影响船用低速柴油机发展的关键技术没有很好掌握,如:高增压技术、电控高压喷射技术、智能化技术、节能减排技术等。

(4) 关键配套件(如增压器、调速器、轴瓦、活塞环等)技术基础较差,加上研发能力有限,没有形成高质量的产品系列,仍需依赖进口。

(5) 研发模式落后,与国外相比,国内低速柴油机开发模式落后,停滞在上世纪 80 年代的水平。国外采用原创及预测设计研发模式,而国内多为模仿及校验设计模式。尤其在概念设计和初步设计阶段,对整个系统和零部件的优化设计能力弱,导致样机关键零部件制造太多反复,制约着产 品开发的质量和进度。

三、发展战略思路

(一) 巩固和发展制造能力,提高关键配套件国产化率

通过 30 余年的技术引进,目前我国低速柴油机的制造技术有了极大的提高,已能够生产制造世界最先进的智能型低速柴油机,零部件的国产配套率也达到了 80% 以上。但一些关键零部件,比如增压器、活塞环、轴瓦、常规机的调速器、智能机的电控系统核心件等,还依赖进口。另一方面,随着低速柴油机强化指标的不断提高,对缸套、机座、机架、气缸体、曲轴等零部件的制造加工技术提出了新的要求。因此,需要对先进制造技术进行不断的研究,巩固和发展低速柴油机的制造能力,对依赖进口的关键零部件进行技术攻关,掌握其设计和制造技术,提高低速柴油机国产配套率。

(二) 促进产业优化和整合,扶持低速机生产基地建设

我国目前的低速柴油机年产量虽然位居世界前列,但仍落后于造船能力的发展,只能满足部分国内市场的装船需要,还有一部分市场要由国外制造的低速柴油机来填补。国内现有十余家低速柴油机生产厂家,产能分散严重,全国的总产量抵不上韩国一家企业,无法形成规模效益,在竞争上处于劣势,亟须进行产业的优化和整合。国家在《船舶工业中长期发展规划(2006—2015)》和《船舶工业十二五规划》中先后指定了要重点依托的低速柴油机厂家和重点发展的低速柴油机生产基地,要以上述规划为指导,优化整合低速柴油机的生产能力,重点扶持几个能和国外大型低速机生产厂相抗衡的低速柴油机厂家和生产基地。

(三) 提升设计水平和能力,实施自有品牌低速机战略

我国低速柴油机主要依靠引进国外品牌的生产许可证进行生产,发展相对滞后,在性能、质量、规格和品种方面与国外同行存在一定差距,缺乏核心技术,

个别零部件依赖于国外,不得不受制于人。多年的技术引进,导致了低速柴油机研发人员的匮乏和研发能力的不足,已严重制约了我国从造船大国到造船强国的转变。为解决以上问题,从我国实际情况出发,加强各项基础技术研究,进行自主品牌低速柴油机关键技术及整机的研究与开发,逐步建立起低速柴油机研究设计、试验验证和应用评估平台,最终形成有自主知识产权的研发体系,为我国船舶工业提供具有自主知识产权符合市场需求的船用低速柴油机,彻底改变我国目前低速柴油机产品设计开发能力薄弱的现状。

四、发展重点

(一) 基础技术研究领域:突破基础共性及核心关键技术。重点突破智能化电控高压喷油技术、高效低排放燃烧技术、高效增压技术、排放处理技术、余热利用技术、气体代用燃料技术等基础共性及核心关键技术,为提高专利机核心部件的配套能力和自主品牌低速柴油机的研发打下基础。

(二) 产品设计领域:掌握产品开发设计能力。通过对概念设计、详细设计、试验验证等技术进行研究,掌握低速柴油机产品的开发设计能力,应用到自主品牌低速柴油机研发过程中。

(三) 生产制造领域:开展低速柴油机先进制造技术研究,重点掌握轴瓦、活塞环等关键零部件的制造能力,以及强化指标发展对其他零部件的加工制造技术的新要求,满足专利机生产和自主品牌低速柴油机研发的需要。

五、发展路线图

近期(2015 年),开展低速柴油机基础共性及核心关键技术研究,进行自主品牌小缸径低速机样机设计开发,继续深化低速柴油机先进制造技术的研究,提高关键零部件和系统的国产制造能力。

中期(2020 年),突破电控高压喷油、高效增压、低排放等低速柴油机的关键技术,实现小缸径低速柴油机的工程化和产品化,开展低速柴油机的系列化设计和生产工作,掌握低速机轴瓦、活塞环等关键零部件的制造技术。

远期(2030 年),低速柴油机基础技术研究能力和产品设计能力达到同期国际先进水平,低速柴油机的自主品牌可以实现全功率范围覆盖,国内市场占有率可与国际品牌抗衡,关键零部件能够自给自足,建立起低速柴油机从研究、设计到生产制造的完整产业链。

六、重大工程与重大技术专项

(一)低速机低能耗技术

余热利用技术和代用燃料技术是实现低速机低能耗、低 CO_2 排放的有效手段。低速机排气和冷却水带走的能量占燃料总能量的 50% 左右,若充分利用这部分余热,可以降低船舶总燃油消耗和 CO_2 的排放,因此有必要开展基于余热锅炉、动力涡轮、汽轮机等手段的余热利用技术研究。

船用发动机燃用天然气等气体燃料可以显著降低 CO_2 排放和 NOx 排放,天然气单位能量的价格也低于柴油和重油,经济效益较好。目前船用气体发动机主要为四冲程,有火花塞点燃的纯气体机和高、低压双燃料机等形式。对于低速机,应以双燃料技术为主要突破口,开展低速柴油机应用天然气的研究。

(二)低速机智能化技术

研究与开发控制范围覆盖柴油机各系统、控制功能包括电控燃油喷射、增压控制、排放控制,运行状态检测与评估、数据记录、故障诊断与安全保护及其他辅助控制的综合控制系统,实现柴油机的智能化运行。

(三)清洁排放技术

为满足越来越严格的关于 NOx 和 SOx 的排放法规,需要研究高压燃油喷射,米勒循环、废气再循环、涡轮前 SCR 和涡轮后 SCR 以及脱硫等清洁排放技术。

(四)自有品牌低速机研发及其系列化

以小缸径低速机为突破口,形成低速机研发设计能力,逐步增大缸径功率范围,最终实现自主品牌低速机的全功率范围覆盖。

七、政策措施建议

(一)以《船舶工业中长期发展规划(2006—2015)》和《船舶工业十二五规划》为指导,严格执行,优化整合,扶持重点低速柴油机厂家和生产基地建设。

(二)加大科研经费支持力度,设立专项资金开展自主品牌低速柴油机的研发和系列化工作。

(三)对自主品牌低速机的生产厂家给予税收和政策的支持,用经济手段鼓励船厂和设计单位选配自主品牌的低速柴油机。



周伟中 1968 年出生,1991 年毕业于哈尔滨船舶工程学院,大学本科。工信部 EEDI 专家组成员、船舶动力国家工程实验室理事。现任沪东重机有限公司副总工程师、技术中心副主任、教授级高级工程师。曾任造机研究所产品室副主任、开发室副主任、基础技术室主任。组织和开展了国家科技部项目“大功率智能型船用柴油机研制”、国防科工局“大功率船用柴油机引进技术标准分析研究”项目等多项科研项目。多年致力于低速柴油机的排放测试、取证、研究工作。负责低速机瓦锡兰缸套国产化研制。负责排气阀杆 HVOF 超音速喷涂、堆焊、滚压研究工作,并取得了 MBD 的认可证书。主持并编制了“船用柴油机调速系统技术条件”“船舶装配工”国家职业标准等多项国家标准,还主编了多项行业标准。曾多次获得科技进步奖,如 HM – Wartsila 7RT – flex68B 共轨智能柴油机”获 2009 年度一等奖。

我国船用高速柴油机的发展路径

张德林

中船重工集团407厂,洛阳

船用柴油机是船舶上最大、最主要的配套设备,主要应用于船舶推进动力装置和船舶电站。柴油机技术的迅猛发展,使柴油机继续成为当今世界船舶发展的最基本、最广泛应用的动力型式,在未来发展中,柴油机仍然是船舶的主要动力之一,在船舶工业发展中具有举足轻重的作用。

船用高速柴油机,具有功率大、体积小、高可靠性、维护方便等优点,应用更为广泛,是典型的军民通用、船陆通用、一机多用动力装备,可以通过军用带动技术发展,以民用促进成熟发展,具有其他机型不可替代的优势和特点。

一、国内现状

(一)技术水平现状及差距

我国柴油机技术经过两轮技术引进及"十五"以来的科研研究与发展,信息化技术的应用,技术水平得到了快速提升,具备了一定的自主研发能力,自主研发工作开始起步,发展水平差异较大。作为舰船高速大功率柴油机专业研制制造厂的河柴重工,"十五"期间开始自主研发,在自主研发方面积累了经验,取得了良好的业绩。但总体上来讲,由于引进技术的滞后性、基础科研的局限性及研发体系的不健全,在高速大功率柴油机设计、制造领域仍没有突破原有引进、消化吸收的发展模式,仍处于以研仿为主的现状,自主设计水平较弱,工艺制造仍存在制约瓶颈,试验验证能力严重不足,与国际先进水平仍存在一定的差距。具体表现在:

1. 总体设计能力及综合评估能力较弱

由于在技术基础平台和数据库的建立、数字化设计能力和水平上我们还有不小的差距,缺乏连续的多代产品的开发、改进、积累,没有形成完善的知识库、数据库,使得国内在柴油机的总体设计能力、综合评估能力方面较弱。

2. 在制造能力和工艺水平上,虽有持续提升,但仍存在关键制造工艺瓶颈

通过几十年的引进技术生产制造,先进设备和加工软件的引进利用,国内在

柴油机制造领域获得了大量的经验，制造能力与水平得到持续大幅提升，突破和掌握了一批核心加工技术，但受限于基础工业落后，在某些对材料、工艺、热处理要求较高的零部件加工方面，仍存在一致性不好、可靠性不高的问题；在关键配套件如高压油泵、增压器、轴瓦、活塞、活塞环、气阀、密封件、紧固件和电气产品等研制配套能力上有相当的差距。

3. 试验验证体系不完善

目前国内的产品研发试验验证，理念上存在较大的差距，没有完善的试验验证平台，仅依靠一个或几个试验台位进行，与国外先进柴油机公司上百台位的试验验证设施无法比拟，无法完成多系列产品针对现有产品改进提高、新产品性能匹配及可靠性试验和专项的试验验证，造成试验不充分、不能充分发现和解决问题、产品成熟期较长等问题。相应的配套件的验证手段更为不足。严重制约了产品的系列化开发、成熟发展。

（二）产品情况

我国船用高速大功率柴油机发展经历了两个历史阶段和两代机型。第一阶段是二十世纪五六十年代到七十年代末，第一代高速大功率柴油机基本上都是引进仿制前苏联的产品，如轻 180、42－160、190 等，基本解决了当时历史条件下的有无问题。第二阶段是二十世纪八十年代开始，直到九十年代中后期才迎来了第二代高速大功率柴油机应用高峰。第二代高速大功率柴油机基本上是引进西方的先进柴油机制造专利技术，其代表性产品主要有 MWM234/604B/620、MTU396、康明斯 KTA－50M、KTA－38、自主研制的 190 机等柴油机。其中选出有代表性机型（同系列最大功率）列表如下（表 1）：

表 1　国内主要高速大功率柴油机代表机型性能参数表

典型机型	河柴 TBD620V16	重柴康明斯 KTA50－M2	山柴 MTU 16V396TE54	济柴 Z12V190B
缸径（mm）	170	159	165	190
冲程（mm）	195	159	185	210
缸数	16	16	16	12
排量（L）	70.82	50.51	63.29	71.45
转速（rpm）	1800	1800	1800	1500
功率（kW）	2240	1194	1850	1000

续表

典型机型	河柴 TBD620V16	重柴康明斯 KTA50 – M2	山柴 MTU 16V396TE54	济柴 Z12V190B
燃油消耗率(g/kW·h)	199	203	205	209.4
平均有效压力(MPa)	2.11	1.58	1.95	1.12
活塞平均速度(m/s)	11.70	9.54	11.10	10.50
强化指标(Pe×Cm)	24.67	15.03	21.63	11.76
应用领域	军民通用	民用	以军用为主	民用

由上表可以看出,目前国内高速大功率柴油机的平均有效压力最大为2.11,而国外先进高速大功率柴油机的平均有效压力最大已达到2.5,二者相比有相当的差距。综合产品方面存在的问题主要表现在:

1. 引进许可证产品,销售区域受限,技术发展受制约,上缴大量的提成费,关键配套国产化受限,产品成本增加,利润空间大幅压缩;

2. 产品技术指标与国际先进水平相比存在较大的差距,最新技术产品引进受限,引进国产化的发展道路决定了只能在中低水平发展,限制了自主创新能力,无法实现与世界先进水平同步发展;

3. 关键零部件设计制造技术无法同步引进,技术产品发展受制约,无法同步实现国产化,制约了柴油机技术产品的发展;

4. 在军品市场应用,影响了国家战略安全,限制了动力行业的发展。

(三)产业规模、产业竞争力

国内生产船用较先进的高速大功率柴油机的生产厂家主要有:河柴重工、山柴公司和重庆康明斯等。

河柴重工是船舶行业唯一的舰船用高速大功率柴油机专业制造厂,隶属中船重工,其主导产品是引进MWM技术生产的234、604B/620系列和自主研发的314系列、620L6型高速大功率柴油机,自主研发的新能源气体机、双燃料气体机,产品转速1500~1860 rpm,功率100~2336 kW,产品达百余种,正在自主研发316、622系列新一代舰船用高速大功率柴油机,功率达到4000 kW,其技术水平代表了我国舰船用高速大功率柴油机的发展水平。产品具有军民通用、主辅通用、船陆通用的特点,广泛应用于特种船舶、远洋渔船、拖网渔船、内河船舶、公务船、工作船、工程船等主辅动力,同时也广泛应用于石油装备、海洋工程装备、重型车辆等动力。产品占水面舰船高速机的90%以上,是海军水面舰船高速动

力最大最强的供应商;民船市场通过了八家船级社认证,在出口船、远洋渔船、公务船等中高端市场保持了强劲的上升势头;国内第一家正式进入海洋工程装备领域的柴油机制造厂,批量进入出口轨道车市场,自主研发的新能源气体机和双燃料发动机小批量应用。在船舶行业具有较强的竞争力。

山西柴油机工业有限责任公司(简称山柴公司),隶属中国兵器集团,主要产品有 396 系列、150 系列等柴油机产品。其中 396 系列可应用于舰船动力,由于其特殊的用材、特殊工艺造成制造、使用维修成本高,故目前主要应用于海军舰船特种动力,鲜有用于民用船舶。

重庆康明斯发动机有限公司系中美合资企业,主要生产康明斯 N、K、M 三大系列柴油发动机、发电机组及其他动力机组,发动机功率覆盖范围为 145 ~ 1343 kW。产品主要用于重型汽车、工程机械、陆用发电机组和船舶主辅动力。其船舶用发动机主要应用于拖网渔船、渡轮、工作船、拖轮、渔政船、消防船、客船、中小型运输船等各种船舶的主推动力,以及各种远洋运输船舶的辅助动力。

二、市场需求分析

在海洋运载装备中,高速大功率柴油机主要用于海洋安全保障船(海警船、海监船、渔政船、海巡船、海关船、海事巡航救助船、多用途保障船等)的主机;游船游艇、豪华游船主辅机;远洋渔船及科学研究船的主辅动力;工程船和海洋工程船舶主辅动力;海洋运输船舶(包括散货船、油船、集装箱船等)的应急发电机组和泵组等。

随着世界船舶需求的快速增长和新技术的发展,船舶平台对柴油机动力的总体需求主要表现为:

1. 不断降低柴油机动力装备自身的排放;
2. 不断提高柴油机动力装备的智能化;
3. 不断提高柴油机动力装备的安全性、可靠性、可维修性及使用寿命;
4. 不断提高柴油机动力装备运行效率和经济性;
5. 不断提升的功率密度及功率。

同时,随着船舶的大型化、集成化、全电化发展及排放法规的日益严格和石油价格的节节攀升,对柴油机动力的需求也呈现大功率、高功率密度、智能化、低排放等发展趋势,以现有中小缸径高速大功率柴油机(最大功率 750 kW)、中大缸径高速大功率柴油机(最大功率 2336 kW)亦无法满足发展需求,MTU、CAT 公司针对这种发展趋势,在中小缸径高速机上以 MTU2000、CAT3400 为代表,在中大缸径高速机上新研制出了 MTU 新 4000、CAT 3500C 产品,我国也必须积极应对这种市场需求变化,自主研发满足需求的新型动力产品。具体需求表现在:

1. 急需 2000 ~ 4000 kW 具有世界先进水平的高速大功率柴油机,用于中大型公务船、工作船、工程船、运输船、游船、特种船舶等的主辅动力及综合电力模块原动机、海洋工程装备动力,填补国内空白,满足市场需求;

2. 急需 500 ~ 1500 kW 中等功率的具有世界先进水平的高速大功率柴油机,用于小型公务船、工作船、工程船、快艇、运输船、游船等的主辅动力及海洋工程装备动力;

3. 急需具有世界先进水平的气体机及双燃料发动机,用于排放限制区域如内河、近海流域的运输船、渡船、工作船、工程船等装备动力,满足环保、节能要求。

三、发展重点及路线图

以船舶动力(高速大功率柴油机)发展需求为牵引,产、学、研相结合,持续开展柴油机设计及工艺制造关键技术研究,实现产品的改进提高和新产品开发,缩短与国际先进水平的差距,最终实现同国际先进水平的同步发展,满足船舶动力(高速大功率柴油机)的发展需求。

(一) 技术发展

1. 总体集成技术

在保证结构强度及刚度的基础上采用结构简化、可靠性高、维修性好的集成设计技术,全面提高柴油机总体设计和评估能力,以适应强化度提高后的新要求。

2. 关重件设计技术

以高强度轻量化设计理念为牵引,在充分考虑零部件的性能要求、工作环境等特性的前提下,通过引入特性分析、可靠性工程、表面强化技术等方法,利用现代计算机辅助设计软件,开展对机体、曲轴、缸盖、凸轮轴、连杆、高强度连接螺栓等关重零部件设计技术研究。

3. 高喷射压力供油系统及柴油机匹配技术

重点突破柴油机高喷射压力下油气匹配技术、高压喷射技术等关键技术。喷射压力≥1800 bar,向 2500 bar 发展。

4. 智能化控制技术

对柴油机及其成套装置的机旁控制的智能化控制进行研究,突破电子监控、电子自动诊断及一体化电子管理系统应用技术等关键技术,实现发动机燃烧、调速、排放特征的电子控制和运动自动监控、故障自动分析、数据及报警历史追溯。

5. 高增压技术

进行高效增压技术研究,增压压力达 0.5 MPa。

6. 排放控制技术

为了满足即将到来的 2016 年排放法规要求,进行排放控制技术研究,如:废气再循环、排气后处理技术等,使之满足 Tier Ⅲ排放法规的要求。

7. 气体机、双燃料气体发动机及其成套动力技术

对稀薄燃烧设计技术、进气混合控制技术、抗爆震控制技术、低浓度气体机设计技术的应用研究,进一步提高性能及可靠性。

2015 年突破关键技术;2020 年实现工程化成熟应用,达到国际先进水平;2030 年实现与国际先进水平同步发展。

(二)柴油机型谱发展

以企业为主体,以现有技术产品为基础,瞄准世界先进水平,产学研相结合,自主研发新型动力产品,实现与国际先进水平的同步发展。

1. 中小缸径高速柴油机

瞄准国际先进水平,自主研发 500 ~ 1500 kW 具有国际先进水平的高速柴油机,满足产品更新换代及船舶装备市场发展需求。

2. 中大缸径高速柴油机

瞄准国际先进水平,自主研发 1500 ~ 4000 kW 新一代高速大功率柴油机,达到国际先进水平。

3. 气体机及双燃料发动机

瞄准国际先进水平,借鉴国际常规做法,在现有成熟的先进柴油机产品技术基础上,自主研发气体机及双燃料发动机。

2015 年前完成原理样机、性能样机和工程样机的自主研发;2020 年前完成工程化应用开发、试验考核及系列化开发,进行持续的性能优化,进行批量生产工艺优化研究,降低生产成本,形成批量能力。2030 年前实现多用途工程应用开发及成熟应用。

(三)能力发展

1. 建立产学研相结合、职责分工明确、科学合理的研发体系,建立完善的知识库、数据库,提升自主研发能力。

基础技术研究以科研院所为主体,建立完善柴油机的知识库和相关的条件,重点在预先研究、概念设计、顶层设计、关键技术研究领域提升能力,提高综合评估及设计能力,打造中国的“AVL”。

产品研制以企业为主,重点发展总体设计能力、工程设计能力、研制能力和试验验证能力;在试验验证上,要突破现有的发展理念,借鉴国外知名公司发展柴油机动力的经验,建立规模化的试验验证体系,大幅度提升试验验证能力,加速产品由研发走向成熟。

2. 提升制造企业的先进制造水平,提升原材料的研发能力与轴瓦、高压油泵、增压器等关键配套能力,实现与国际先进制造能力同步发展。

重点提升各柴油机厂的数字化制造水平和试验验证能力;提升制约柴油机技术发展的原材料研发能力和轴瓦、高压油泵、增压器等关键配套件的制造能力。

2015 年前完成体系及框架结构建立,建立基础研发平台,具备基本自主研发能力,提升试验验证能力;2020 年前完成数据库、知识库的基础数据积累,建立较完善的试验验证体系,提升数字化制造水平;2030 年前实现与国际先进水平同步发展。

四、政策措施建议

(1) 增强自主创新观念,加大对自主研发能力建设及自主研发科研项目的政策支持和资金扶持,加速自主研发能力建设,加速柴油机动力的自主化、本土化发展进程,彻底摆脱依附性,实现安全稳定发展;

(2) 对自主研发项目及产品在税收、返税等方面给予补贴政策支持;

(3) 对国产自主品牌动力装备的推广应用提供政策支持,尤其对国家投资项目,优先鼓励采购国产动力装备,促使国产装备快速发展;

在此方面,可以借鉴国家固定资产投资项目设备进口需交“和平利用军工技术协会”审查的经验,对国内已有可替代进口、满足应用的装备,不允许进口,优先推广应用国产装备。

(4) 大力支持、资金扶持大型集团公司建立全球服务保障体系,为自主品牌动力装备走向世界提供保障。

船用柴油机技术发展日新月异,使在技术领域处于竞争劣势的中国船用柴油机行业面临着严峻挑战。壮大实力、加快发展自主品牌、扩大本土化研发制造能力、提高装船率是我国船舶柴油机行业亟待解决的问题,必须加快突破关键技术研究,开发研制具有自主知识产权、自主品牌、高水平的船用高速大功率柴油机,并逐步实现系列化,加快我国造机工业向世界造机强国目标奋进的步伐,促进柴油机行业自主化、先进化进程,实现与国际先进水平同步发展。



张德林 1962 年出生,汉族。1983 年毕业于哈尔滨船舶工程学院内燃机专业。现任河南柴油机重工有限责任公司董事长、总经理,研究员级高工。近三十年来一直从事内燃机设计、制造、生产经营、企业管理等工作,在舰船用高速大功率柴油机设计、制造及生产管理方面有丰富的理论知识和实践经验。海军舰船动力装备专家组成员,中船重工突出贡献专家,享受国务院政府特殊津贴。

我国船用气体机发展路径

孙少军

潍柴动力股份有限公司,潍坊

一、国内现状

目前全球航行船舶每年排放近12亿吨的二氧化碳,占全球总排放量的6%,硫化物和氮化物的排放量更是分别占到了全球总排放量的20%和30%,船用燃料已经成为对海洋和大气污染的重要成因。越来越多的国家和地区已经意识到这个问题的严重性,并迅速开展了以LNG作为船舶燃料的探索和尝试。

船舶运营商和船东都希望他们的发动机拥有最大的动力、最佳的燃耗效率、最低的经营成本,同时还要具备最优秀的环保性能。为了能够长远实现这些目标,认为天然气是一种非常具备竞争力的解决方案,LNG具有体积小、储存方便等优点,成为船用发动机的首选气体燃料。

LNG具有资源丰富、使用方便和排放清洁等特点,它基本不含硫化物和微小颗粒等有害物质,能有效降低90%的氮氧化物和25%的二氧化碳排放量。而且经过60多年的发展,LNG已经形成了从开采、存储、运输到终端的一整套完整工艺流程,在提供相同热值情况下,使用LNG可减少近30%的成本支出。在安全性方面,LNG具有无色、无味、无毒、无腐蚀性等特点,密度也比空气轻,发生泄漏事故时会很快自然气化,不会对水体产生污染。相比其他方案,LNG成本优势明显,安全环保,且使用方便,是未来作为石油替代能源的最理想的燃料。

随着进出口贸易的繁荣,中国建成了世界规模最大的港口集群,每年到港船舶数量惊人。去年中国保税油供应量一举突破800万吨大关,成为亚太区仅次于新加坡的第二大船舶燃供市场。而与此同时,中国沿海沿江水域也成为全球水污染和空气污染最严重的区域。根据国家海洋局数据,中国近岸未达清洁水质标准的面积约占海域总面积的60%,25%的海域水质处于中度和严重污染状态。面对如此严峻的海洋污染形势,继续使用重质燃料油作为船用燃料,不管从石油依赖角度,还是从排放角度,都是令人质疑的。重新反思船舶燃供行业的发展模式,努力减少各类有害物质的排放,考虑LNG在船舶燃供市场的应用,成为当务之急。

国家“十二五”规划明确提出,要大力推进船舶节能降耗,加强绿色能源替代石油,重点发展 LNG 作为主要船用清洁能源的计划。预计到 2015 年,中国 LNG 消费总量将达到 2600 亿 m^3,较去年增加一倍以上,LNG 在能源消费中的比例由目前的 4% 提高到 8%。

为适应 LNG 市场在中国的快速发展,国家对 LNG 接收站的建设也在如火如荼地进行,未来天然气管网将如同公路和铁路网络一样密集。到 2015 年,中国将建成 17 条天然气干线管道,新建管道管线长度 2.4 万公里,建成 LNG 接收站 4 座和储气库 11 座,基本形成“西气东输、北气南下、海气登陆、就近外供”的供应格局,极大提升进口规模。

与科研机构和航运企业合力培育船用 LNG 新市场,船用 LNG 动力技术目前在中国还处于试验阶段,由于续航能力弱,暂时不适合远洋航线运营,但沿海和内河短途航线却可以为该项技术应用提供广阔的发展空间。据统计,中国内贸水上燃油年需求量高达 900 万吨,如果将一半左右的船舶改造使用 LNG—柴油混合动力,可节约燃油消耗 270 万吨,减少燃油费用 70 亿元。

中国自主开发的船舶发动机急需技术改造,不然无法满足 2011 年的 NOx 排放要求。目前中国的船用燃油中的硫含量接近 3.5%,而要降低到 0.1% ~ 0.5%,需要增加燃油成本约 500 元/t,要降低成本还需从发动机的技术改造入手。没有技术优良、具有自主研发的发动机支持,中国就不能成为造船大国。而中国应该抓紧机会苦练内功,相应调整发展战略,从重视“量”向追求“质”转变。危机爆发以来,原来的卖方市场变成了买方市场,产能过剩问题凸显出来,同业竞争实际上成了质量的竞争。此时,眼睛只能往“内”看,比质量、比交付速度、比成本,用客户的评价来衡量好坏。我国已有企业研制成功船用 LNG 燃料系统,目前国内有造机企业正与国外合作研发船用 LNG 发动机。而在内河航运领域,随着“长江绿色物流创新工程”的实施,我国已掌握了多项自主技术,能够通过改装,内河船舶应用液化天然气/柴油双燃料发动机,进而大幅降低废气排放。

二、市场需求分析

分析海洋运载装备对气体机的需求。

业内人士预测,到 2015 年,全球以 LNG 为燃料的船舶将从现在的约 100 艘增加到 800 ~ 1000 艘。

三、发展重点及路线图

制定 2030 年前的发展重点、发展路径,分近期(2015 年)、中期(2020 年)、远期(2030 年)三个阶段。

第一阶段(2015 年前):在内河、内江、近海等地域完成试点,同时建议中石油、中海油等相关能源部门能加大加气站的建设速度。对内河等常用的船舶动力的 LNG 试用形成完善的建造、改装方案。

第二阶段(2020 年前):尝试 LNG 动力远洋运输船建造、改装。

第三阶段(2030 年前):完善 LNG 动力远洋运输船各种技术条件,达到国际同步水平。

四、政策措施建议

目前,LNG 船用化的最大瓶颈在于燃料充装不便,船舶改造费用较高等。为迅速把 LNG 船用技术的科研成果转化为现实生产力,我公司建议海事局、船检局、船级社等相关部门进一步做好以下几个方面的工作。

一是开展 LNG 船用设备研究。目前,试验船上所用设备均为陆上设备,为满足国内航运对 LNG 燃料动力船设备的需求,尽快开展适合水上航行条件的 LNG 船用设备研究。包括:储罐、供气单元、ECU 等设备的研究。

二是开展加油加气站规划。为满足双燃料动力船加油加气需求,需沿河布置加油加气站,近期开展加油加气站布点规划。力争 2015 年在长江沿线布置多座加油加气站,逐步形成长江绿色航运示范效应。

三是研究制定相关技术标准。目前,中国船级社已经完成《气体燃料动力船舶检验指南》(2011),江苏蓝色船舶动力有限公司初拟了柴油 - LNG 双燃料动力系统《操作手册》和《船员安全作业及维护须知》。为顺利实现 LNG 在运输船舶上的应用及推广,还将进一步研究制定相关技术标准,主要包括两个方面:一是进一步完善规范、标准体系。加快推进改装船厂评估和船舶设施设备产品的认证认可;进一步完善并颁布船员操作指南,开展船员培训和发证工作。二是实现船舶改造技术标准化。进一步优化储罐及管路设计,针对不同类型、不同吨位的船舶,提出不同的设计方案,并制定相关的施工工艺流程,实现设计、施工的规范化和标准化。

四是研究出台相关扶持政策。在试点推广初期,研究出台相关扶持政策,主要包括三个方面:一是资金扶持。研究通过建立专项补助资金、政府贴息、过闸费减免等方式,在推广初期对柴油 - LNG 双燃料动力改装船舶给予适当资金扶持。二是土地政策支持。在沿河加油加气站点、LNG 和燃油储备库等基地的土地征用中给予适当政策支持。三是建立项目工作协调机制。针对加油加气站的布点规划和立项审批、船舶设施设备和船员发证等方面工作,采取集中处理和一站式处理等方式,简化程序。



孙少军 博士，潍柴动力执行总裁。担任中国内燃机学会常务理事、中国工程机械学会理事、中国渔船渔机行业协会常务理事、中国机械工业质量管理协会理事、中国汽车工业协会发动机分会秘书长，并担任同济大学、青岛大学兼职教授和研究生导师等诸多职务。在其主持下建立了具有国际先进、国内领先的内燃机研发平台，使潍柴产品研发能力位居行业首位，引领中国内燃机行业迈入了自主创新时代，实现了柴油机由中国制造向中国创造的转变。2000年以来，主持开发的9个产品创新平台中，7项达到国际先进水平，3项填补国内空白。其中，WP12是国内首台具有完全自主知识产权的国Ⅲ柴油机，WD615是目前国际产量最大的重型柴油机。先后获得山东省科学技术协会颁发的“学会工作贡献奖”、中国内燃机学会颁发的首届“突出贡献奖”和山东省“泰山学者”特聘专家等称号。

海洋安全保障装备与科技发展战略

马运义

中船重工集团第701所,武汉

一、前言

21世纪被称为海洋的世纪。海洋空间与资源不仅已成世界军事和经济竞争日趋激烈的重要领域,而且将成为人类赖以生存、社会借以发展、濒海国家持续安泰昌盛的战略空间和基地。鉴此,各濒海国家,特别是海军强国,均在以海权建设为核心,为增强控制海洋、维护海洋权益和疆土完整的综合制海能力与开发利用海洋空间的能力,而大力发展海军装备、海洋安全保障装备和海洋工程装备。

同时,随着美国战略中心移向亚太地区,加之我国独特的海洋地理环境与历史等原因,我国的海洋安全形势日趋严峻。近来,菲律宾挑起"黄岩岛事件"、日本掀起"钓鱼岛事端"、韩国蠢蠢欲占我黄海国土等动向,既反映了这一严峻的形势,也反映出我国的综合制海能力亟待加强。

增强我国的综合制海能力,既要体现在跨越提升和发展我国的海军装备和技术,也要体现在大力强化和发展作为我国海洋维权执法能力——海洋安全保障装备与技术上。

本研究报告所阐述的海洋安全保障装备主要是指针对军民融合、寓军于民的相关海洋安全保障的装备,包括海上执法船(含海警船、海监船、渔政船、海巡船、海关船)、海上救助船、多用途保障船、海上保障基地(含活动基地、海礁基地、水下安保系统)等,不涉及海军作战装备。

在黄岩岛、钓鱼岛等事件中,我国310号渔政船、75号海监船等执法船护我海权、扬我国威的巡航行动,表明我国的海上执法力量正日益强大。

然而,由于我国以往海权意识淡薄,对海洋维权执法装备和技术投入较少,加之受我国海洋执法力量分散等体制制约,致使我国的海洋权益执法能力与海洋维权的需求尚不能完全适应,海洋安全保障装备体系尚不健全,技术水平与国外先进安保装备相比尚有较大差距。

鉴于我国当前的海洋安全形势严峻,海洋权益和安全保障需求迫切,以及我

国当前安保装备和技术水平的实际情况，必须以胡锦涛主席的有关指示为指导，下大力气研发，建设系统配套的、功能健全的、技术先进的，可满足我国近、中、远海执法需求的海洋安全保障装备体系，形成强大的海上执法力量，为保护我国海洋环境、保障海洋资源生产、维护海洋权益、维系海疆安全提供强力支持，保驾护航。

二、国内外海洋安全保障装备与科技发展

（一）国外海洋安全保障装备与科技发展

从美国、日本、韩国、澳大利亚、加拿大等海洋强国发展情况来看，国外海洋安全保障装备与科技发展主要呈现以下特点：

1. 组建单一建制的组织管理体系，形成了一支高效、精练的海上安全保障力量

美国海岸警卫队是美国海上唯一的综合执法机构。平时依法担负美国所有海域（含水域）的行政管理，打击在海上进行的各种违法犯罪活动，维护美国在海域的主权和提供良好的海上经济发展的秩序，职能涵盖了相当于我国海洋、海监、海事、渔政、海关、公安边防、环境保护等海上管理部门的所有业务。

2. 海洋安全保障装备成体系发展，满足不同海洋安保需求

为满足安保、警戒、执法、救捞、援助等多样化任务需求，美国、日本等国正在推动海洋安全保障装备体系化发展，统筹考虑天、空、水面、水下、陆地等装备技术及一体化信息系统技术的发展，以形成配套完整的装备系列，并系统地进行技术研究和装备建设。

3. 重视制定长远发展规划，积极推进海洋安全保障装备的升级换代

随着反恐战争的持续深入，为满足打击海盗、走私、偷渡等犯罪活动的需要，保障国家海洋权益和安全，美国等国家制定长远的发展规划，实现海洋安全保障装备的更新换代。美国海岸警卫队在 2002 年启动了一项为期 25 年耗资为 240 亿美元的“综合深水系统”项目，改装和替换海岸警卫队老化的舰艇和飞机，改进指控系统和后勤系统。

4. 加强海洋安全保障装备技术的开发和应用，不断提升安保装备的技术水平

为应对未来海上更加复杂的环境，美国、日本等国加强海洋安全保障装备技术的开发和应用，装备的发展已经彻底抛弃了依靠海军退役舰艇的发展模式，转而引入先进战斗舰艇的设计理念和技术，专门发展适合低烈度任务需求的新型舰艇。



图 1　美国“传奇”级国家安全巡防舰

5. 重视发展海上特种保障装备,提升海上综合安全保障能力

大型海上浮式保障平台已进入概念化设计阶段;救捞装备呈现立体化、快速化的发展趋势,救捞装备数量多,种类齐全,救捞应急反应快,救捞能力强;海洋环境监测装备的发展注重构建网络化的监测体系,监测装备包括船舶、飞机及大量的浮标,体系健全,同时也非常重视海洋清污设备的研发与应用;在水下安保方面,随着水下威胁的多样化和高技术化,各国非常注重先进安保装备与技术的研发。

(二) 我国海洋安全保障装备与科技发展

新中国成立以来,我国的渔船及渔政船、海监船始终同人民海军站在一条战线上,站在维护海洋权益的最前沿;我国以渔政船、海事执法船等为核心的海上安保装备,从无到有,从弱到强,无论在数量上,还是技术水平上,均得到不断发展,为维护我国海洋权益作出了令世人瞩目的重大贡献。但是,我国的海洋安保装备和科技与海洋权益的需求不能完全适应,主要体现在以下几个方面:

1. 未形成统一的组织管理体系,造成海上安全保障力量分散

我国海上执法部门涉及渔政、海关、海监、海巡、海警等多个部门,是典型的多头管理体制。因此投入有限资金采购的装备分属各个不同的部门,形不成合力,装备保障力量分散。

2. 安全保障装备体系不健全,难以满足我国所有海域的安保需求

我国执法装备没有形成港口或沿岸、近海、中远海全方位覆盖的体系;没有

形成小型、中型、大型执法船配套的体系;没有形成各种类型执法船低速存在或监控、中速巡航或伴随、高速追击或拦截,能够适应多任务需求的体系。

3. 缺乏统一的长远发展规划,海洋安全保障装备持续发展能力弱

我国安保装备建设与发展基本上都是各部门根据自己的需求而提出,缺乏体系化考虑和发展阶段设想,装备发展的随意性大和目的性不强,装备建设持续发展能力弱,更新换代速度慢。

4. 技术研发投入不足,装备技术水平不能满足当前迫切需求

我国当前的安保船排水量偏小,续航能力差;速度低,快速响应能力差;电子设备落后,监测侦察范围小;作战系统、武器配备、防御能力几乎没有,与军舰的协同能力也较差,已经很难适应当前维护海洋安全以及有可能发生低烈度对抗的需要。

5. 部分海上特种保障能力发展较快,总体上与世界先进水平差距较大

在大型海洋浮式保障基地的发展上,我国研究起步较晚,刚开始概念研究;在救捞装备方面,近年来我国发展较快,装备了一批性能较为先进的舰艇和飞机,建立了多海域的立体化搜寻网络,但总体上与世界先进水平还有较大差距。我国的救捞设施设备不足,性能落后,应急反应和救助能力弱;在海洋环境监测保障装备领域与水下安保领域,发展缓慢,技术较为落后,与先进国家差距很大。

三、我国海洋安全保障装备与科技发展战略思路与总目标

(一) 发展思路

以科学发展观为指导,以我国海洋安全的整体战略为牵引,以满足维护我国海洋权益需求为宗旨,以构造具有中国特色的完备的海洋安全保障装备体系为目标,以提升执法能力和信息化水平为重点,走“寓军于民,军民结合”的发展战略,通过实施“一条主线、两个途径、三个阶段、五种装备”的发展路线,逐步实现2030 年前我国海洋安全保障装备和技术的发展目标。

- “一条主线”——以我国海洋安全的整体战略规划为发展主线,逐步开展安全保障装备体系建设和科技发展工作;
- “两条途径”——体系化建设和信息化建设;
- “三个阶段”——近期(2012—2015 年)、中期(2016—2020 年)和远期(2021—2030 年)三个发展阶段,明确不同阶段发展目标;
- “五种装备”——重点发展新型执法船型、无人机系统、海上保障基地(含水下安保系统)、非杀伤性软武器等五个种类的装备,从而推动我国海洋安全保

障装备的可持续性整体发展。

(二)总目标

我国海洋安全保障装备与科技发展总体目标是:以系列化、标准化、具备全天候全海域长期值守能力的一支海上执法船队为核心,以先进的低烈度对抗装备和无人机系统为主要手段,通过安全可靠的信息化平台,构建覆盖我国全海域的水下、水上的安全保障体系。

1. 近期目标(2013—2015 年)

以《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》和《"十二五"船舶工业发展规划》为基础,开展我国海洋安全保障装备与科技发展的论证工作并形成整体战略规划,初步构建海上执法船舶体系,达到对重点海域的定期巡航执法能力。

以 3000 ~ 5000 吨级海上执法船研究为重点,在总体性能、结构防护和安全性、集成推进技术、标准化等关键技术上开展工作,提出符合 2030 年海上安全保障需要的新的执法船型,并适时开展相关船型的研究和设计工作;全面开展海上大型浮式保障基地的前沿性概念设计,明确保障基地的总体构想和整体功能,完善保障基地的应用体系;开展大型执法指挥舰与两栖岛礁支援船的论证工作;开展海上安全保障信息平台的论证工作,完成海上安全保障信息平台的顶层研究,提出信息平台的基础建设方案及管理机制;开展水下安保系统的研制工作,提高蛙人或水下机器人的识别率。

2. 中期目标(2016—2020 年)

在"十二五"工作的基础之上,按照我国海洋安全保障装备与科技发展的整体战略规划,基本完成海上执法船舶体系的建设工作,具备全海域定期巡航和重点海域值守的能力,初步形成水上和水下,近中远海不同层次的海上安全保障体系,可覆盖大部分的执法海域。

完成执法系列船舶的系列化、标准化工作,分阶段分海区开展对新型执法船的建设任务,新执法船系列应具备优良的总体性能;合理可靠的推进系统;采用先进专业执法装备,具有较强的应对低烈度冲突能力;配备安全、可靠、稳定的信息化系统,实现岸、船、飞机的一体化指挥通信功能。在浮式保障平台上,解决系泊、结构安全性等方面的技术难题,开展大型浮式保障基地的技术设计和关键系统设备的研制工作;完成大型执法指挥舰与两栖岛礁支援船的顶层研究,进入具体方案设计阶段,至 2020 年完成初步设计,并开展相关的技术攻关;加强执法装备的适配性研究,开展无人机系统的前期论证工作,做好实际应用的前期准备工作;同时开展无人飞机在执法船上起飞、降落、自动引导、甲板精确移动等适配性

技术研究,力争到2020年实现无人机的低海况工作能力。发射装备针对海洋监视与侦察的卫星。

海上安全保障信息化平台的建设工作基本完成,执法管理能力、决策能力、应急处理能力、公共服务能力得到较大改善和加强。开展水下安保系统人工智能工作,降低对人的要求。

3. 远期目标(2021—2030年)

到2030年,全面实现我国海洋安全保障装备与科技发展的整体战略规划,具备全天候、全海域保卫和长期值守的能力,技术先进的、潜海陆空天立体的海上安全保障体系全面建成,形成维护我国全海域海洋权益的中坚力量。

全面完成执法船舶系列的建设工作,形成具有大、中、小型各型齐全,工作分工明确、综合处理能力强的海上执法队伍,实现全海域、全天候的长期值守,具备较强的快速反应和应对低烈度冲突能力。大型浮式保障基地至2025年完成总体设计工作,正式开始建造并计划2030年投入使用,成为我国远海海域安全保障和资源开发的后勤补给中心、信息中心和指挥中心;至2025年完成大型执法指挥舰与两栖岛礁支援船总体设计、技术设计和关键技术攻关,正式开始开工建造,2030年首舰服役。专业执法装备得到广泛应用;无人机系统可在海上执法力量得到批量装备,能够在较高海情中承担任务,并具备为复杂任务提供技术支持的能力,具有较高的可靠性。信息化建设日趋完善,统一的海上执法指挥中心建设完成,为实现全方位覆盖、全天候运行、快速反应的安全保障系统提供一个可靠的共享平台。进一步完善水下安保所需的各种设备,形成完整的水下安保网络,并与陆地和天空的监控系统对接,形成从水下到天空一体的安保警戒网络。

四、我国海洋安全保障装备与科技体系设想

根据我国未来海洋执法需求,初步构想了我国未来海上执法力量的构成,主要由空天装备、海上执法与保障装备、水下安保设备三部分构成,见图2和表1所示;我国海洋安保装备发展路线图见图3。

空天装备包括卫星、岸基固定翼飞机、舰载直升机和无人机,主要用于扩大监视侦察范围和持久力。

海上执法与保障装备分两个方面,其一是执法装备,其二是保障装备。执法装备包括大型执法指挥舰(排水量万吨级)、中远海巡逻舰(3000吨级)、中近海巡逻舰(1000吨级)、近海巡逻舰(200吨级)、近岸巡逻舰(50吨级)、岛礁执法船。保障装备则包括大型浮式保障基地、后勤保障船、探测船、救捞装备、海洋环境监测装备、两栖岛礁支援船、航标船等。

水下安保装备主要指布设于海港和重要海上通道下面的侦测监听设备,包括固定监听阵、机动监视系统、可部署式水下监听阵,水下机器人、水下作业船则用于协助水下安保装置的布设和清理。

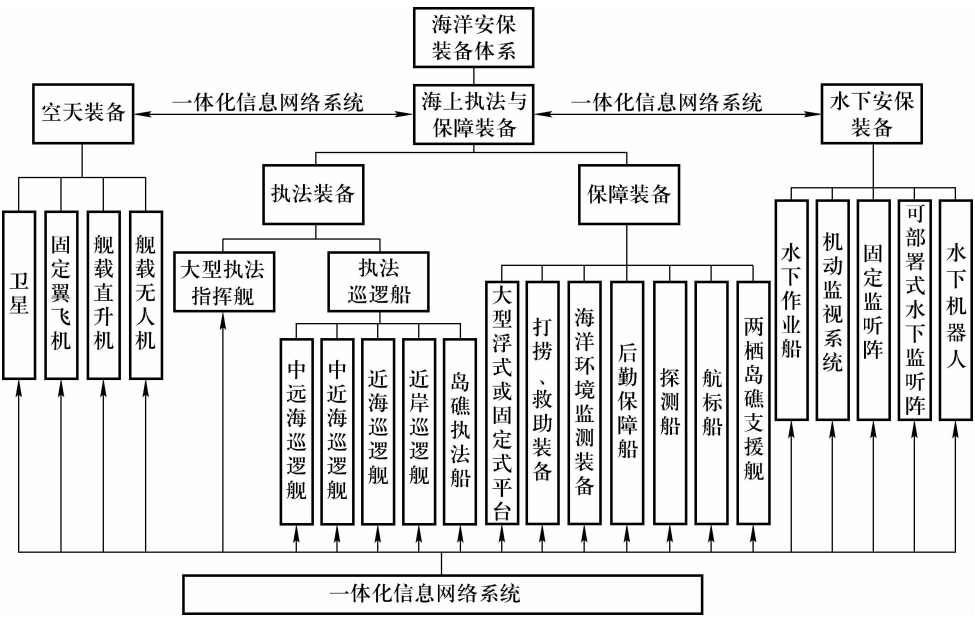


图 2 我国海洋安全保障装备体系构想

表 1 我国海洋安全保障装备体系设想及覆盖区域

		近岸(12 海里以内)	近海(12 ~ 50 海里)	中近海(50 ~ 200 海里)	中远海(200 海里以外)
空中装备					
卫星		●	●	●	●
固定翼巡逻机		●	●	●	●
舰载直升机					●
无人机				●	●
海上执法与保障装备					

续表

		近岸(12 海里以内)	近海(12 ~ 50 海里)	中近海(50 ~ 200 海里)	中远海(200 海里以外)
执法装备	大型执法指挥船				●
	中远海巡逻舰				●
	中近海巡逻船			●	
	近海巡逻艇		●		
	近岸巡逻艇	●			
	岛礁执法船	●			
执法后勤保障装备	探测船		●	●	●
	航标船	●	●		
	海洋环境监测装备	●	●	●	●
	打捞、救助装备	●	●	●	●
	海上浮式或固定保障平台				●
	两栖岛礁支援船			●	●
	后勤保障船			●	●
水下装备					
固定监听阵		●	●		
可部署式水下监听阵		●	●	●	●
机动监视系统		●	●	●	●
水下作业装备		●	●	●	●
水下机器人		●	●	●	●
一体化信息网络系统		●	●	●	●

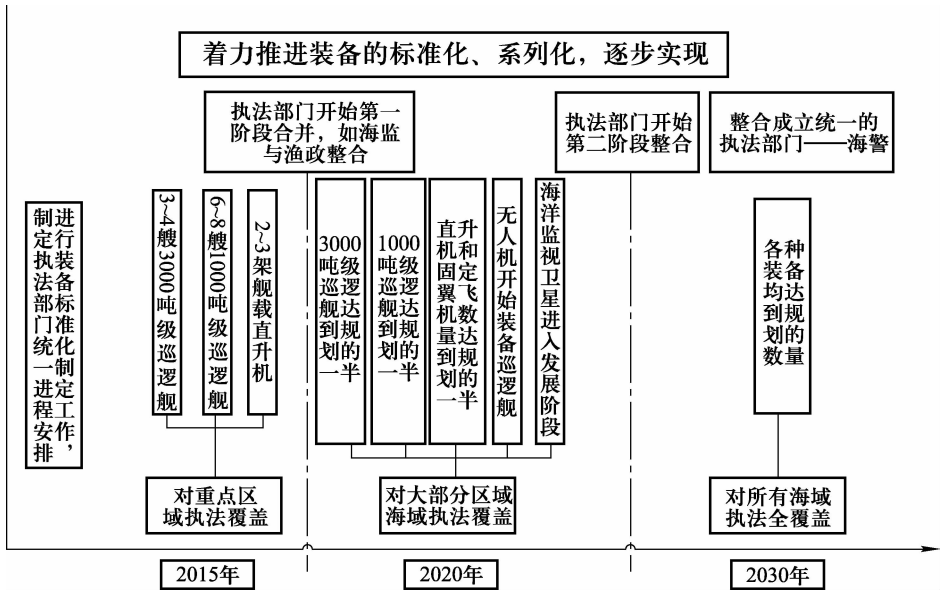


图 3　我国海洋安全保障装备体系发展路线图

五、我国海洋安全保障装备与科技发展重点

结合我国当前海洋安全保障装备与科技的发展现状,瞄准未来的发展需求,确定我国海洋安全保障装备与科技发展重点主要有以下几个方面:

(一) 船型开发技术领域

针对我国海洋安全保障长远的任务需求,以 2030 年完成构建具有我国特色的海上执法体系为目标,突出全海域、全天候维权值守,低烈度对抗的特点,开展海上执法船型标准化、系列化工作以及新船型的开发。

(二) 船舶系统研发技术领域

船用系统领域包括主动力系统、电力系统、通信导航系统、生活保障系统以及辅助机械系统等,现阶段这些系统的国产化设备存在着重量体积大、系统集成率低、可靠性低、故障率高的问题,严重影响到执法船舶的使用效率和执法能力,同时随着大型化的发展趋势,一些大功率的设备还不具备国产化的技术能力,因此应结合国家船舶工业整体规划开展研发工作,其中针对海上执法船舶的需求,在装备建设过程中牵引、支撑相关单位的技术水平发展,降低船用核心设备的对外依存度,现阶段动力系统方面的技术研发应优先考虑,特别是发展柴燃联合动力、燃电联合动力和综合电力推进等综合集成推进技术。

（三）专业执法装备技术领域

重点发展全天候、精确的取证系统和设备（包括直升机），具备高精度的定位和搜索能力，为海上执法提供有力证据；发展系统的执法防暴设备，根据海上执法低烈度冲突的发展趋势，结合国内强声、强光、高压水炮等软杀伤性武器，以及轻武器装备的发展，优化组合执法防暴装备在不同类型执法船舶上的系统配备，形成完整的防暴抗冲突系统，具备依据不同情况和目标灵活使用装备的技术能力。

（四）大型浮动式保障平台

根据我国海上安全保障以及海上资源开发的需求，结合我国执法船舶体系的建设，以远海需求为核心，开展大型浮式保障平台的体系研究，明确保障平台应具备的基本功能和扩展功能，明确保障平台在我国海上安全保障体系中的定位以及远海安全保障体系的定位，并对不同的功能需求进行整理分类，论证现有技术条件和资源下的实现方案，最终形成清晰明确的大型浮式保障平台整体概念。

（五）无人系统技术领域

重点发展无人系统的模块化搭载技术，能根据执法需求的不同灵活配置执法取证模块；研发无人系统配备的高稳定性信息收集及传输模块；研发船载无人系统指控系统，使大型执法船具备操作无人系统的能力。

（六）信息化指挥通信技术领域

重点开展海上执法指挥通信一体化系统的顶层框架研究，搭建统一的、整体的海上安全保障信息系统网络，通过信息化提高各个执法装备、执法部门的联动性，提高海上执法装备的能力和效率；发展海上执法信息系统与军用 C4ISR 系统的无缝对接技术，提高海上执法信息对军用系统的及时传输、共享和加密能力，从而加强我国海上安保体系前沿感知能力。

（七）水下安保技术领域

重点开展水下安保所需的各种设备，包括固定监听阵、可部署式监听阵、机动监视系统等，形成完整的水下反恐网络，并与陆地和天空的监控系统对接，形成从水下到天空一体的反恐警戒网络。

六、对策与建议

(一) 整合海上执法力量,形成统一的管理体系

将当前执行海上执法任务的有关部门进行必要的整合,不仅可提高海上执法效率、从总量上节省各部门的投入,战时还可有效发挥“第二海军”的作用。从某种意义上,建立统一高效的海上执法队伍是中国海上维权战略的重要组成部分。

(二) 结合需求长远规划,建立完善的海上安保体系

加强海上安全保障与科技发展战略顶层研究,科学拟定发展规划,提出岸近中远四个层次的海上安全保障装备体系建设的发展规划,从现阶段主要矛盾和冲突点的实际需求出发,立足长远,明确总体发展目标、阶段发展目标和发展重点,最终建立起完善的海上安保体系。

(三) 加大科技投入,促进安全保障装备与科技的研发和建设

按照规划确定的目标和任务,实施关键技术先行政策,多渠道、多元化、多层次加大海洋安全保障装备与科技发展的投入,重点研究制约安保装备发展的“瓶颈”技术,有针对性地进行装备建设,并根据长期规划,持续性地进行投入。

(四) 走系列化、标准化发展道路,促进装备的可持续性发展

装备的系列化、标准化,可降低装备的研发、建造、后期保障、使用费用,可增加各种设备的通用性,增强装备之间的可继承性,有利于促进装备的可持续性发展。

(五) 加强与国外技术交流、合作,提高我国安保装备研发水平

针对我国安保装备和技术的需求与国外的差距,利用当前对我有利的国际环境,加强与国外技术交流、合作,提高消化吸收再创新能力,提升我国安保装备的研发起点与水平。

(六) 遵循“以人为本”原则,强化人才队伍建设

采用各种形式,建立人才培养机制,尽快造就一支高素质、高水平、具有创新能力的安保装备和技术研发、使用和管理队伍。



马运义 1942 年 9 月出生，山东省滕县人，研究员。1967 年毕业于上海交通大学研究生班，同年分配至中国船舶重工集团公司第 701 研究所。历任该所室主任、所副总工程师、海军两型装备总设计师等职。现为国家国防科技工业局科技委成员、中国船舶重工集团公司军工专家咨询委员会发展战略综合委员会主任、中国造船工程学会高级会员、武汉造船学会常务理事等。1992 年被授予湖北省有突出贡献的中青年专家，同年享受国务院政府特殊津贴；1996 年被授予国家级有突出贡献中青年专家；博士生导师。先后获国家科技进步一等奖 2 项、二等奖 1 项、三等奖 2 项，国防科学技术一、二、三等奖各 1 项，省部级科技进步奖 8 项；出版合编专著 5 部，发表独撰或合著论文 40 余篇。

关于我国海上执法船艇装备发展战略的两点建议

吴有生 等

中船重工七〇二所,无锡

一、概述

(一) 前言

能源安全已是经济发展和国家安全的决定性因素。海洋国土的主权意识已深入人心,海洋经济的全面发展已成为国家战略。在我国利益攸关的海域,当前的国际形势十分严峻和复杂,利益争夺已白热化。海洋权益的有效维护与海上油气资源的及时开发已成为技术竞争和利益争夺的焦点,也是我国面临的巨大挑战。

"驻军"是行使国家主权的标志,海洋国土的"驻军"有其独特性:以海上军事存在(点)和海域维权执法(面)相结合是其基本特征。全面的海上执法是维护海洋国土安全和权益的核心,强大的海军则是海洋主权和权益的坚实后盾和根本保证。按海洋强国的做法,海上武装警察力量是日常("平"时)守卫海洋国土的强力机构,是海上执法的最佳主体;同时,这一强力执法又被定性为"民事",不至于让海事问题直接升级为军事冲突。

(二) 国外现状

美国是世界上最早组建"海岸警卫队"(US Coast Guard)的国家,也是世界海警力量建设的重要"标杆"。但"海岸"一词易产生误导为"近陆地的海岸";当代的"海岸"内涵已大大延伸"利益所在"的周边海域,包括"平"时对海外利益的保护及"战"时对海军作战的辅助。例如,2010 年的海地大地震,美国海岸警卫队 19 艘巡视舰在 24 小时内抵达太子港,是美国人道主义行动的核心,担负指挥、控制、搜索、救援任务;再如,美国在伊拉克战事期间曾派遣大规模海岸警卫队(兵力达 1250 名)保卫伊拉克、科威特、巴林等国的港口。美国一直认为海岸

警卫队是美国的五大武装力量之一(陆军 US Army、空军 US Air Force、海军 US Navy、海军陆战队/特种部队 US Marine Corps、海岸警卫队 USCG),现役兵力约 4 万、预备役约 8 千、辅助及行政人员近 4 万;但美国海岸警卫队先后隶属于财政部、交通部,"9·11"(2001 年)之后隶属于国土安全部,是"藏军于民"的管理模式。值得区别的是:美国的"国民警卫队"(National Guard)是根据 1903 年"民兵法案"整合组建的预备役部队,现含陆军和空军两个军种,兵力规模与现役部队接近;国民警卫队司令是"参联会"成员。1998 年,美国海岸警卫队与海军开始共建一支"国民舰队"(National Fleet),旨在最大限度地发挥各自舰队的优势,实现海事与防务系统之间的无缝连接;海岸警卫队于 2002 年启动"深水"计划(Deepwater),花巨资进行"国民舰队"的现代化建设。

我国的近邻日、韩也建有统一的海上执法力量,其巡逻舰艇已实现准军事化,普遍装备制式火炮、机枪、高压水枪等武器。日本 1948 年仿美国体制建立的"海上保安厅",其职能包括海上交通安全、环境监测、治安维持、海洋权益保护等,是一支准军事力量,堪称"第二海军",其体系清晰、管理严密、装备相对精良;海上保安厅每年都要与海上自卫队进行数十次的大规模联合演习。韩国也在 1996 年成立海洋水产部和"海洋警察厅"。

(三) 国内现状

中国的海上执法体制往往被通俗地称为"五龙护海"或"五龙治海",有报道称共有执法人员约 4 万。这"五龙"是指海警(公安部)、海监(海洋局)、渔政(农业部)、缉私(海关总署)、海事(交通部)等五大执法系统。海警(China Coast Guard)属于公安部边防局,全称中国公安边防海警部队,起初源于前苏联海上执法体制,入中国人民武装警察边防部队序列,为现役部队(人员约 1 万),是我国唯一的海上武装执法力量;但主要负责近海海上治安,船艇装备吨位偏小,难以



图 1 海警装备的退役护卫舰

承担中远海执法任务。中国海监是我国重要的海上执法部门(人员 8 千余),船舶吨位较大,具备执行长时间、大面积的海域巡逻监视执法能力;据报道,2010 年开建的 36 艘海监船(7 艘 1500 吨级,15 艘 1000 吨级、14 艘 600 吨级)预计将于 2013 年完工,届时必将极大提升我国海上维权实力。但海监执法船属于非武装化执法船,难以全面承载捍卫"海洋国土"主权的责任。



图 2 2011 年服役的海监 50(巡航执法/海洋调查)

鉴于目前中国东海、南海形势日趋复杂、严峻,特别是中日钓鱼岛之争、中菲黄岩岛之争等敏感事件的持续发酵,专家多年持续呼吁统筹中国海上执法力量、组建中国海岸警备队的共鸣声越来越强。今年两会期间,全国政协委员、中国军事科学学会常务理事兼副秘书长罗援少将提交了成立国家海岸警备队(综合执法力量)应对海上冲突的提案。近日据媒体报道,印尼、菲律宾、越南和文莱四国海军正研究在南海的印尼纳土纳群岛附近海域实施联合巡逻。罗援少将认为此举会使南海问题国际化、把双边问题变成多边问题、使南海问题更加复杂化,中国不能用渔政船和海监船应对带有军事色彩的联合巡逻,并再次呼吁:尽快组建国家海岸警备队;中国海军也应在维护国家海洋主权方面及保障正常的渔业作业方面发挥中流砥柱的作用,进行必要的巡逻警戒和护渔护航。

今年四月初,中央军委委员兼国防部长梁光烈赴广东、广西调研边海防工作时强调:按照稳中求进的工作总要求,突出建设重点,不断提升边海防建设水平:深入研究边海防管控的新情况新对策,全面履行守边控海职能;整体推进战区各方向边海防建设,增强体系管控能力。

综合起来看,我国维护海洋主权的形势紧迫而严峻,海上执法、维权力量现状与需求的差距显著且广泛:"五龙治海"的体制是忽视海权传统的历史产物,似乎更像是"中国特色"陆上治安防治体制的翻版;除边防之外的陆上治安是相对封闭的内政问题,除岛礁之外的海上维权是相对开放的外交问题。另一方面,我们也要看到有利的"中国特色":海上维权执法能力的现代化建设加速推进,

中国海军走向“蓝海”的战略转型成效显著;海洋主权的共识空前凝聚,国家意志和经济实力空前强大;我国海洋主权维护的能力建设实现跨越发展的时机已完全成熟。但,在特定时间段内,建设的规模(经费和设计建造能力)总是相对有限的;大的机构改革又“远水解不了近渴”,甚至会在短期内因产生内耗反而削弱整体的海洋维权能力,乃至贻误战机、铸成大错。当务之急是理性地面对“中国特色”的能力基础和体制现状,现实地提出“中国特色”海洋警备综合体系建设路线,既能及时应对当前迫在眉睫的严峻形势,又能与中长期规划“无缝对接”。

海洋主权的维护本质上是国家机器之间的体系对抗,而不仅是“单兵”之间猫捉老鼠的游戏(舰—舰对抗),也不仅是两个“单兵种”之间的决斗(海警对抗),更不能是“赤手空拳”、“赤膊上阵”。为此,本文按“高起点统筹规划、急需点优先建设”的思路,对武装执法舰艇装备体系建设提出如下几点主要建议,以期对中国特色海洋国土维权执法力量的建设有所参考:

建议之一:组成海上执法战术军民联合论证组、由跨系统专家的装备论证组、由海军主导的战略决策咨询组,从国家武装力量规划的顶层面、从海警力量与海军力量相匹配的角度,系统地分析执法/作战需求,科学地界定执法/作战能力(目标),统筹论证装备体系(整体方案),准确选择近期装备建设重点,合理分配近期装备建设任务(落实到“五龙”的装备新建和改换装方案)。基本指导思想为:建设与国家海洋主权战略相适应的能力体系;坚持军民融合、面向实战的能力体系;能力(装备)体系的建设优先于管理体制的变革;装备体系要尽早确定并保持相对稳定,机构体制可逐步调整、灵活调整;各部门(系统)抓机遇求发展的热情可以理解,不能为争经费、抢项目而一哄而上,徒增内耗、甚至贻误战机导致千古遗憾。

建议之二:优先发展岛屿岛礁海域防卫执法装备,中远海巡视执法装备,油气开采、渔业捕捞海域防护执法装备;重点发展南海、南沙群岛海域的防卫执法装备;创新发展非对称优势的巡视执法装备。基本指导思想为:加速发展应对当前海上维权复杂斗争态势的急需装备,适度加大规模地新建、改装急需装备和特色装备,尽快形成强大的战斗力和有效的威慑力,既能适应国家海洋国土战略,又能扩大经济内需、形成上规模的产业链和系统化的研发能力,实现可持续发展。

二、关于海上执法船艇装备体系建设发展规划的建议

(一) 武装化维权执法装备与非武装化资源调查/环境监测装备体系的一体化

1. 武装执法装备体系的作用目标是有效维护岛屿岛礁海域主权、有力保护海洋资源开发、强力禁止和驱除非法入侵,具有良好的主权宣示效果。武装执法装备体系建设应是现阶段的重点。

2. 资源调查/环境监测装备体系的作用目标可分为两个方面:一是为海上执法提供根据,二是为海洋资源保护和利用提供依据。

3. 两个装备体系是互为支撑的关联体,应从顶层规划的角度避免不必要的重复建设和功能重叠;最大限度地发挥整体优势。

(二) 海上武装维权装备与海军装备体系的一体化

1. 要以海上执法战术为依据,科学地将海警装备与海军装备有机融合为一体:海警装备体系是海军装备体系的必要补充和有效延伸。

2. 优先考虑将“过时”的军事装备“大才”改装为现在的海警装备“小用”,从实用出发,充分、合理地利用好现有资源。不要一味地追求“最大、最新”形象工程。

(三) 不同海域的海上维权装备体系要体现因地制宜的实用原则

1. 东海(如:钓鱼岛问题)、黄海海域的海上对抗特点:与日、韩体系的单边对抗,其大背景则是与美日、美韩同盟的对抗;我国的装备在技术上并无优势。

2. 南海(如:黄岩岛问题)海域的海上对抗特点:与东盟诸国“以一对十”型的多边对抗,大背景则是有美、欧、印、澳大利亚以及日、俄等大国势力的积极介入,特别是南沙群岛海域广袤、油气资源丰富,越南、马来西亚等国通过与发达国家合作开发南海油气田,俨然逐步行成了“利益共同体”;我国的装备在体系上并不能完全适应这一复杂局面,在南海打破现存格局的挑战巨大。

3. 面对紧迫的现实,不同海域维权所要求的面向实战能力各有侧重,对不同海域海上执法装备的功能和性能需求会有差异,对近期优先发展的急需建设内容也会有所不同。此外,不同海域的环境条件也存在较大差异。因此现阶段,因地制宜地分区进行能力建设规划,再统筹进行装备建设规划,加快继续装备建设,就显得十分必要,应避免“大一统”、“一刀切”的做法。南海是现阶段的建设重点。

（四）从立体化全方位发展要求谋划海上武装维权执法装备的体系建设

1. 我国传统的海上执法是依赖水面舰艇的平面模式。近年来舰载机应用明显加快，空中执法能力明显加强；但从未来大规模、大区域、长时间执法的需求分析，可承受性将会成为制约能力建设的一个关键因素，舰载无人机应是重点发展方向。

2. 我国水面以下中远海执法能力近乎空白。海洋国土边界的特点是“立体”开放的。水下监视系统、无人机探测护卫系统的建设应提前布局，尽快建设，尽早形成海上执法的非对称优势。

3. 船艇装备的使用寿命一般都在 20 年以上，技术状态稳定周期较长。我国当前加快发展海上执法装备，不能简单地照抄照搬国外的现有体系和装备（代表过去的需求和技术），应该充分利用海军装备研制和民用高新技术船舶研发的技术积累，瞄准未来我国维权执法的实战需求，在合理、准确地实施相关国际海洋法的前提下，坚定不移地建设中国特色的海警装备体系。

4. 要高度重视绿色船舶技术规范的实施对我国执法船艇的潜在影响。同时，也应充分利用绿色船舶技术规范的约束，加快实现我国相关作业船舶的升级换代，也通过及时立法、设立较高的技术壁垒，以有效阻止外国船只的进入。

5. 要同步考虑海上执法装备保障体系的建设，既要保证保障充足、跟得上，以最大限度地发挥主力执法装备的效能，又要具备良好的经济性，以保证执法体系运行的可承受性，实现可持续发展。

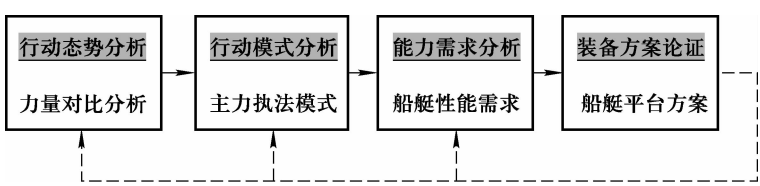


图 3　某类海上执法装备体系的论证流程示意图

（五）从模块化设计建造角度全新审视海上武装维权执法装备的体系建设规划

1. 系列化、标准化是实现高效费比、高可靠性的关键途径；但不能仅仅局限于标准船型或主参数系列化（平台级），也不能简单地界定于设备型号的标准化、系列化（设备级）。海上执法船只的船型技术完全可以依靠军用舰艇或民用高新船舶设计成果和研发力量，没有必要另起炉灶；海警船只系列化、标准化的

重点在于任务的模块化以及任务模块的标准化、系列化(系统级)。

2. 多任务搭载与任务模块标准化相结合,再以模块化设计建造为基础,就可以根据具体任务需要,由同一艘船艇灵活地选择搭载,从而相对便捷地实现专业功能或混合功能的执法能力,也就是实现了船艇的多用途能力,这将使同一规模执法船队的能力倍增。即:在模块化技术条件下,是可实现船艇多用途和专业化的完美统一的。

(六) 从信息化、网络化角度高起点规划海上武装维权执法装备的体系建设

没有信息化、网络化,就不可能有真正的现代海上维权执法体系,更无从发挥体系应有的对抗能力。

三、关于南海海域维权执法船艇装备建设的建议

(一) 南海维权执法目标任务的若干特点分析

1. 南海近、中、远海区域都存在较重的维权执法压力,但从现阶段维护海洋主权的角度分析,中远海维权执法力量的建设是重点。

2. 对岛屿岛礁控制及其附近海域防护是南海军事存在和维权执法的关键支撑点。据报道,在南海四大群岛中,西沙群岛岛屿众多,生态条件较好,全部由中国大陆支配;东沙群岛被中国台湾占领;中沙群岛唯一露出海面的岛屿是黄岩岛;南沙群岛的主岛太平岛由中国台湾控制,中国大陆则占据永暑礁、华阳礁、渚碧礁、东门礁、赤瓜礁和南薰礁六个礁盘,控制美济礁。在南海 50 多个可居住的岛礁中,43 个岛礁被外国非法侵占(越南现在非法侵占 29 个、菲律宾占了 9 个、马来西亚占了 5 个)。短时间内,南海的总体态势难以改观。打造 2 万吨级的大型综合巡逻执法舰只,集中远海巡视、补给、疗休、救助、护卫等功能于一体,使之成为海上作业人员心中的流动国土和维权“航母”,可能成为撬动大格局的“非对称”优势。

3. 南海也是重要的海上贸易通道。对南海宣示主权的有效方式是“强化存在、加速开发”,先占先得。“存在”体现在三大方面:(岛礁岛屿)军事存在、(海域)维权执法、海域生产作业(渔业捕捞、油气开采)。特别是要重视对海域生产作业的技术经济扶持和安全保护保障,让他们在南海海域“安行乐业”,这才是事实在在的“中国利益存在”,也是强化维权的支点。海上维权执法力量应为南海海域生产作业提供强力保障,成为渔民安全作业的坚实后盾。

4. “全海域”部署,“全覆盖、全天候”维权将是南海海上维权执法力量建设的未来目标,否则难以改变“敌众我寡”、疲于应付的困难局面。同时,海上维权

执法面临“实战”环境,执法人员的战斗力是执法能力的核心因素;执法船艇的舒适性(高耐波性、低噪声)是关键支撑,应是高性能新型船型的应用。

(二)南海维权执法船艇新装备建设的方案探讨

1. 编队型海上维权执法模式应是重点建设方向

本文建议中远海轻武装编队的配置如下图所示。

2. 应为深海油气作业平台提供水下监测、防护的维护执法力量

本文建议深海油气平台的水下监测防护力量采用以深海空间站为核心、由多种功能水下无人平台组成的水下网络建设规划方案。

3. 几种新船型方案的选用建议

(1) 可用于巡视、监测的新型高速双体海上执法船

新型高速双体海上执法船,具备了半小水线面双体船的特征:在巡航速度段(~18 kn)为小水线面排水型船;高航速(>30 kn)时为小水线面半滑行船。该船型特别适用于主力执法船:中低速巡航的高舒适性、高耐波形;紧急执法时,即使在较高海况的高航速能力;大甲板面积;大舱容适宜于模块化任务搭载。

(2) 可用于编队安保巡护或指挥舰的新型三体船

美国三体濒海战斗舰 LCS 的卓越性能已是众所周知。本文对某一 3000 t 级船型方案的性能评估结果如下:

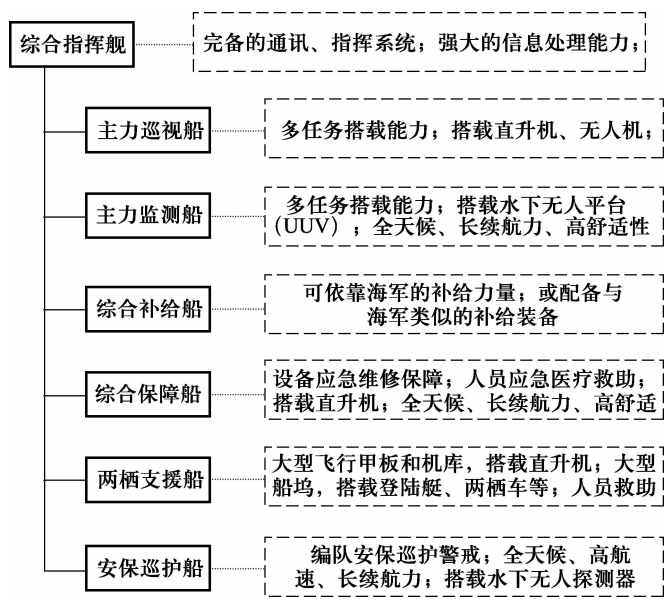


图 4 中远海轻武装编队的配置图

续航力:>10000 海里(18 kn)

最大航速:>35 kn

主尺度:长 130 m,宽 34 m,排水量 3000 t

主机功率:40 MW

(3)适合于岛礁海域执法作业的 TAP 两栖平台

TAP 是 Transport Amphibious Platform 的缩写,是一种动力支承型水面快速两栖型高性能船。TAP 具备多种工况下作业能力,不会产生高速埋艏,安全性优于气垫船;TAP 只有一种推进系统(导管螺旋桨或螺旋桨),结构、操纵和维护比配备推进和垫升分开的全垫升气垫船简单,也没有气垫船复杂围裙和转向喷管等,结构效率优于气垫船。TAP 环境适应性好,结构简单,重量效率高,承载能力强,经济性好,特别适合岛礁海域作业的执法船。七〇二所在"十一五"期间研制原理样艇,艇载员 3 人,航速 32 kn。预计原型艇能够实现载员大于 10 人,载重超过 1.5 t,航速不低于 40 kn。



吴有生 1942 年出生,原籍浙江省嵊县人。水弹性力学与船舶力学专家。1964 年毕业于中国科学技术大学。1967 年清华大学研究生毕业。1984 年毕业于英国伦敦布鲁纳尔大学获博士学位。中国船舶科学研究中心研究员、名誉所长。

曾长期从事舰艇结构与设备抗水下爆炸与核空爆研究,在理论、实验、应用及冲击环境记录仪研制等方面做出了贡献,解决了舰船抗核加固及战效预估的关键技术。80 年代以来从事船舶流固耦合动力学、振动噪声、新型船及极大型浮动结构的研究。创造性地把水动力学与结构力学融为一体,建立了三维水弹性力学理论,并在该船舶力学新领域的前沿进行了二维与三维、频域与时域、稳态与瞬态、线性与非线性的系统性研究,创导了船舶水弹性力学实验研究,为发展应用技术作出了贡献,成果已在国内外用于新船型的研制,有重要的科学与应用价值。同时,从事船舶科学技术发展战略研究。

1994 年当选为中国工程院院士。

我国海洋渔业装备发展思考与建议

赵 峰

中船重工集团第 702 所,无锡

一、前言

海洋渔业生物资源是人类主要的食物来源,也是当今地球上留存的一份最大的野生食物资源。尤其是远洋渔业作为分享全球发展资源的产业,有能者即可据之,另外,在某些争议海域的渔业活动,还具有显示存在、维护权益、争夺海域主导权并最终决定主权的重大意义。

海洋渔业装备是渔业生产的重要载体,是生产力发展水平的重要标志,也是渔业和船舶科技发展水平的集中体现。我国是世界第一渔业大国也是第一渔船大国,但我国渔业装备整体水平落后,严重影响我国海洋渔业的发展,同时也使我国的海洋权益受到威胁,因此,我国急需从战略层面上,统筹资源,合理布局,全面推动我国海洋渔业装备的跨越式发展。

二、我国海洋渔业装备与科技发展总体思路

深入贯彻落实科学发展观,依据我国海洋开发渔业先导的指导方针,从国家战略发展的高度,遵循我国经济社会发展的重大需求及国际工程科技发展的规律和趋势,按照“由点到面、系统推进、构建体系、军民融合”的总体发展思路,搭建农业界与工业界合作平台,充分发挥现有工业基础和能力,政策主导,科技引领,全面推动我国海洋渔船装备的跨越式发展。

(1) 针对不同海域,选择具有战略意义、需求迫切的渔业装备为切入点,逐步研制、推出、优化海洋渔船标准化船型;完成中小渔船的升级改造;

(2) 通过引进、消化、吸收、再创新的方式,逐步完善关键配套设备设计、研发、制造体系;积极建设海洋渔业保障、信息服务等配套设施;培育海洋渔业综合捕捞龙头企业,完善装备产业链;

(3) 构建布局合理、结构优化、技术先进的现代化渔船装备科研体系,形成南北两大海洋渔业装备产业园区,全面提升我国海洋渔业装备的国际影响力;

(4) 以我国在南海的核心利益为立足点,建立远洋渔船装备技术体系,形

成集鱼类资源探测、捕捞、冷藏、加工、补给于一体的大型远洋渔业装备综合体系,规模化开发外海渔业资源,维护海洋权益,捍卫海洋领土,实现渔船强国目标。

三、我国海洋渔业装备与科技发展重点领域

(一) 大型远洋渔业装备研发设计制造

远洋捕捞装备是发展海洋经济、开发海洋资源的重要先锋。作为一个海洋大国,我国的远洋捕捞装备无论是吨位还是先进性都远远落后于其他海洋经济发达国家,大型远洋捕捞渔船及其配套设备设计研发严重缺失。

日冷冻总吨数是渔船大型化的一个重要标志,国外大型远洋渔船一般都能达到日冷冻 300 t 的能力,而国内日冷冻能力仅在 10 t 以下,差距非常之大。早在 1999 年荷兰就建成了总长 140.8 m,宽 18.68 m,型深 12.85 m,吃水 8 m 超大型艉滑道拖网渔船。2001 年爱尔兰建成总长为 144.62 m、日冻结能力为 350 t 的中层拖网船。西班牙自 1990 年建成当时世界上最大金枪鱼围网船(总长 105 m,型宽 16.2 m,型深 10.2 m,主机功率 5300 kW,航速 17 节),于 2004 年又建成多艘总长为 115 m、日冻结能力为 150 t 的金枪鱼围网船。

目前,我国拥有的远洋渔业船只已近 2000 艘,形成了年产 100 万 t 的生产能力,但长度大多在 24 ~45 m 之间(占 82.47%),90 m 以上的大型专业化船型很少,且几乎全从国外进口,船龄多在 25 年以上,整体性能落后,在渔场竞争中处于劣势地位,我国公海远洋捕捞产量仅占世界捕捞总产量的 1.3%。因此,加快力度提升远洋渔业装备技术实力刻不容缓,应重点针对不同鱼种的捕捞渔船和各种渔业辅助船开展研发、设计和制造,并形成体系发展,发挥综合效能。

(二) 远洋渔业综合补给加工仓储船

长期以来,远海捕捞的水、油、冰等补给问题是远海深海作业的软肋,渔民需要不断往返于渔港和作业区之间,不仅影响作业时间,也增加了捕鱼的成本,给渔民赴远海捕捞带来了难题。

进入 21 世纪后,我国海南、江苏等主要渔业地区为解决由于渔船吨位小,渔业捕捞生产能力弱,只能在近海作业的现状,纷纷通过发放燃油补贴和造船补贴的办法,鼓励渔民造大船闯深海,在政府的扶持下,目前建造了一批吨位较大的渔船,但由于没有大型的补给船,使渔民奔赴西、中、南沙等中远海捕捞生产作业效率降低,成本大大增加。因此,急需建造大型远洋渔业综合补给加工仓储船,一方面使得渔船出海可以连续作业,降低渔船往返的成本,另一方面,通过及时

对渔获物进行清仓、加工,提高鱼品质量,增加效益。

(三)大型远洋渔业综合基地

由于缺乏海外渔业基地,目前,我国远洋公司多以捕捞生产为主,货物运输、油料补给、渔船维修等业务基本依赖于境外公司,价格高昂;冷藏、加工、销售等后勤服务和配套设施不完善,导致低价出售原料的现象比较严重,降低了我国远洋渔业效益。而韩国能在短短几十年时间从远洋渔业起步到现在成为远洋渔业捕捞大国,主要归功于韩国在国外大量建设远洋渔业基地。目前,韩国在全球21 个沿海国家设立 25 个国外渔业基地,其中太平洋 11 个,大西洋 8 个,印度洋 6 个。利用这些基地作业的渔船数量分别为太平洋 323 艘,大西洋 127 艘和印度洋 32 艘。

因此,我国急需构建大型综合性渔业基地,解决销售补给问题,提高生产渔船的作业能力,改善渔船保鲜加工水平,进一步保障渔民生命财产安全。此外,相对军事基地和海上石油钻井平台工程建设,渔业基地工程属于民用范围,以维护渔民生命和财产安全为主,规模较小、敏感度低、对抗性小,不易引起南海等周边国家的抗议和抵触,有利于营造较好的国际舆论,并且在需要的时候也可以实现军民两用,提高其适用性。

(四)近海渔船升级改造及标准化

目前,我国渔船老化情况严重,安全与能耗问题突出。我国渔船捕捞业每年消耗燃油 790 万 t,其单位鱼产品能耗是水产养殖的 8 倍,能源利用效率非常低,燃油消耗已占捕捞生产成本的 70% 以上。为了控制渔船安全事故,降低燃油消耗与废气排放,迫切需要对陈旧落后的渔船装备进行整体性升级改造。此外,由于我国渔船标准化建设滞后,造成任意建造、船型杂乱的状况非常严重,使得我国渔船的适航性、安全性、经济性等总体性能远远落后于发达国家,因此,亟须推进渔船标准化进程。

从国外近海渔船装备发展来看,美国、日本、俄罗斯、英国、法国、德国、加拿大、西班牙、瑞典、韩国和我国台湾等国家和地区自世界上第一艘玻璃钢渔船出现至今的五十余年里,相继开展了淘汰木质渔船,中小型渔船推广玻璃化的举措,目前已基本淘汰了木质渔船,实现了玻璃钢化。

因此,借鉴国外发展经验,我国近海渔船装备应重点发展以玻璃钢等轻质、经济型材质为主的标准化船型,推动近海渔船装备的升级改造。

(五) 渔船安全环保、高效节能技术

为维持捕捞渔业的经济效益和可持续发展,国外一些渔业发达国家已将高效节能渔业捕捞装备技术作为研发重点。主要研究方向包括:

1. 渔船船型优化设计技术研究。主要通过降低船体受到的阻力,减少能耗。据悉,欧洲渔业节能项目 ESIF 中的意大利 606 马力船舶通过优化船型可节油 22%;英国的绿色拖网渔船(Greentrawl)通过增加船长使渔船变得瘦长,可节油 30% 以上,而通过改进船底龙骨的线性结构,又可以节油 10% ~20%;远洋渔船通过安装球鼻艏可节油 6%。

2. 动力推进系统优化研究。研究表明,采用直径较大的螺旋桨可节油 4% ~15%;安装导流管,可节油 18%;优化系柱拖力可节油 1.5% ~4%;用可调桨替换固定螺距螺旋桨,可节油 4.5%。

3. 新型能源技术的应用研究。新型能源技术包括液化天然气、氢能、生物燃料等,以及可再生能源,如太阳能、风能等的使用。

因此,要解决我国海洋渔业装备能耗高、安全性差的问题,亟须开展渔船安全环保、高效节能技术攻关,充分利用我国船舶工业已取得的相关研究成果,推进渔船节能减排,减少燃油成本支出,提高渔业增效渔民增收,同时增强我国渔船总体设计水平和竞争力。

(六) 先进渔机、渔具等捕捞装备

渔业现代化的重要标志即是渔船装备的现代化,即要实现渔船的高度机械化、自动化、智能化,降低作业强度,增加作业效率,提高经济效益,而其重点则是渔机、渔具的现代化改造。

海洋渔业发达国家高度重视渔机、渔具的研制和使用,如围网、拖网捕捞装备一般都采用先进的液压传动与电气自动控制技术,设备操作安全、灵活、自动化程度高。钓捕设备以高效的自动钓为主,如美国 Marco 公司生产的动力滑车的起网速度达到 90 m/min;挪威 Mustad Auto - line System 自动钓系统最多可配备 6 万把钓钩,并实现了自动起放钓。此外,发达渔业国家还通过采用卫星遥感、超声波探测仪、电子网联等电子、信息技术设备,提高渔业捕捞效率。

目前我国绝大部分作业渔船船龄都较长,其配备的捕捞装备相对落后。拖网作业的捕捞设备绞纲机虽已采用液压传动技术,但在控制技术方面和自动化方面的技术水平还相对落后;适用于更大型拖网渔船的绞纲机国内尚属空白。金枪鱼延绳钓和鱿鱼钓作业渔船的捕捞设备主要依赖进口。国产的延绳钓机和鱿鱼钓机在可靠性等主要性能上,还不能很好地满足远洋金枪鱼钓与鱿鱼钓作

业的需要。国产化的延绳钓机设备仅有干绳起钓机。

综合来看,我国渔船捕捞装备的技术水平与渔业发达国家相比都还有很大差距。因此要提升我国海洋渔船装备的整体技术水平,亟须开展先进渔机渔具装备研究和开发。

四、我国海洋渔业装备发展路线图

针对新时期国家海洋战略对渔业装备快速发展的强烈需求,围绕大幅提升我国渔业装备制造行业的整体水平,在相关国家政策措施的引导和支持下,逐步实现近海绿色、节能装备体系,突破远洋渔业装备的研发、设计、制造等核心技术,建立大型远洋渔业综合基地,带动渔业装备自主创新能力的提升,研制国家亟需的远洋渔业装备战略产品,促进我国远洋渔业装备制造业的快速形成。为我国渔业产业结构调整、新兴远洋渔业装备制造业的形成和国际海洋渔业资源配额和话语权的提高提供强有力的支撑。到 2020 年全面实现近海渔船装备标准化,基本具备大型远洋渔业装备自主研发、设计能力、制造能力,初步形成海洋渔业装备产业链;到 2030 年全面实现近海绿色节能渔业装备体系,完全具备新型远洋渔业装备体系研发、设计、制造能力,建成体系完整的海洋渔业装备产业链,实现渔业装备强国目标。

(一)近海渔业装备

2013—2015 年:加快推进近海渔船“以小置大、以钢代木”工程,逐步开展标准化渔业装备研发工程。

2015—2020 年:通过节能、环保装备的应用,全面开展标准化渔业装备优化、升级工程,全面提升我国近海渔业装备安全、环保、节能状况。

2020—2030 年:全面实现近海绿色节能渔业装备体系。

(二)中远海渔业装备

2013—2015 年:通过引进、消化、吸收、再创新,初步具备大型远洋渔业装备的自主研制、设计能力,基本具备大型远洋渔业装备自主建造能力;

2015—2020 年:基本具备大型远洋渔业装备自主研发、设计能力,基本具备新型材料、动力系统、助渔设备以及捕捞机械等材料、装备的研发、制造能力,完全具备大型远洋渔业装备自主建造能力,初步形成海洋渔业装备产业链;

2020—2030 年:完全具备新型远洋渔业装备体系研发、设计、制造能力,建成体系完整的海洋渔业装备产业链,实现渔业装备强国目标。

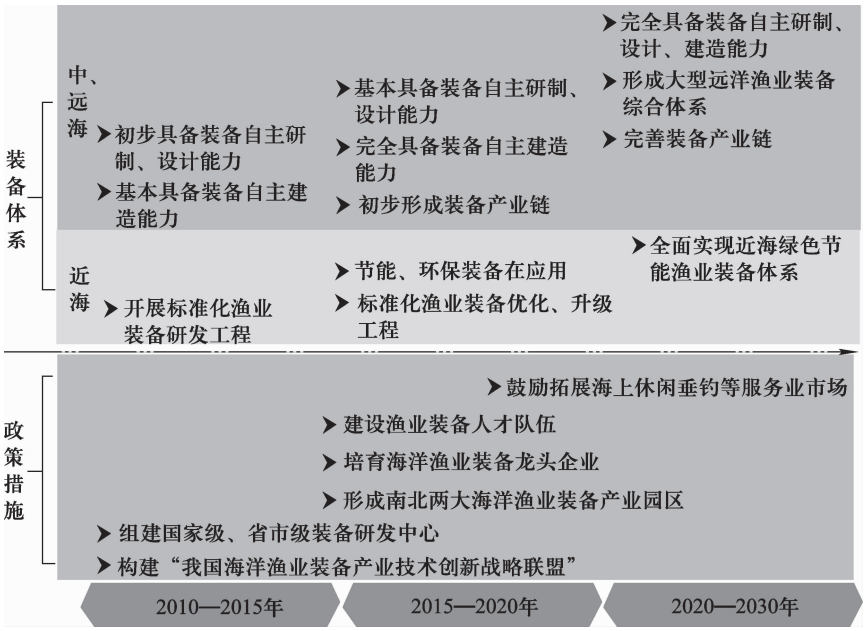


图 1　我国海洋渔业装备发展路线图

五、我国海洋渔业装备发展重大工程与科技

(一) 重大工程——南海远洋渔船装备体系及超大型浮式渔业基地

南海远洋渔船装备体系及超大型浮式渔业基地,是瞄准新时期国家海洋战略对渔业装备快速发展的强烈需求、围绕提升远洋渔业装备整体水平、彰显维护国家海洋权益的一项国家重大科技工程。由“规模化渔船编队”和“多功能浮式渔业基地”组成,形成集鱼类资源探测、捕捞、冷藏、加工、补给于一体的大型远洋渔业装备综合体系。

1. 规模化渔船编队:由不同鱼种的专业捕捞渔船及其配套渔业辅助船(冷藏船、加工船、补给船、运输船)组成的集鱼类资源探测、捕捞、冷藏、加工、补给等完整的渔船装备体系;

2. 浮式渔业基地:以岛礁和潟湖为依托,研发超大型海上浮式平台,建立南海浮式渔业综合基地。综合基地为由多个功能模块按需拼装组成的钢质浮体结构,具有可迁移、组装、重构及适应恶劣海洋环境的能力,既是渔业基地,又是浮码头,装备有渔产品加工、柴油发电、燃油贮存、雨水收集、海水淡化、生活居住等装备与设施。系泊在群礁的潟湖内,依托群礁的部分遮蔽与浅水环境,发挥区域基地作用。

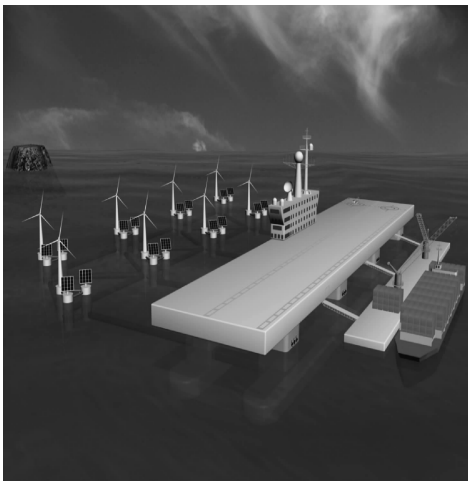


图 2 基本模块概念图

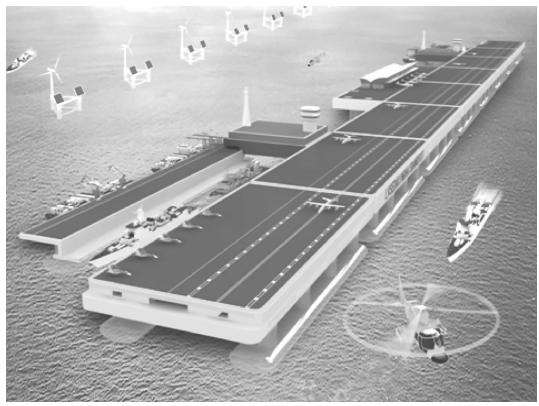


图 3 大型基地概念图

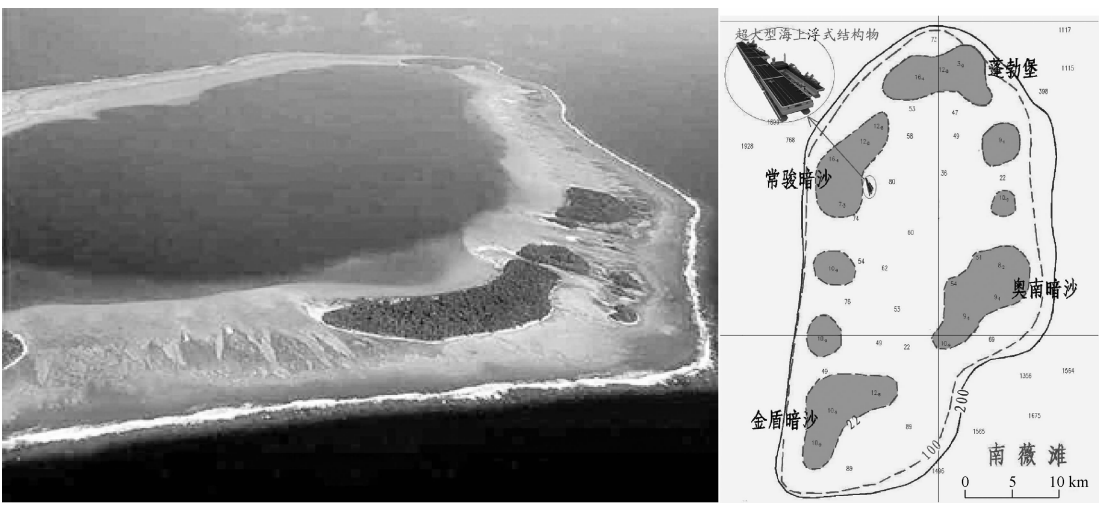


图 4 南海群礁和潟湖

该基地建设涉及的关键科学与工程问题包括：

（1）大型远洋渔船装备技术研究：机电一体化操控系统，智能化渔船运行与作业系统；大型捕捞装备稳定运行；

（2）岛礁附近波流相互作用及超大型海上浮式结构物环境条件的时空不均匀性演化机理及理论模型；

（3）超大型海上浮式结构物在波浪中响应的水弹性响应特性，主体结构和连接体的安全性；

（4）近岛礁变水深复合系泊系统的耦合响应和动力学性能。

此外,还需重点攻克“极端环境适应性”与“功能实现可靠性”两大类关键技术,包括:海上保护设施、环境适应性与动力定位、载荷安全性与风险防范、海上与水下安装、连接与监控、平台空港、远海基地能源供应等工程前沿技术。

(二)工程科技专项

1. 大型远洋专业化渔船研发专项

重点突破远洋渔船船型设计技术、核心建造工艺等关键技术,建立大型远洋专业化渔船装备技术体系,形成大型远洋渔业装备自主研发、设计、制造能力。具体包括:

(1)不同鱼类(秋刀鱼、金枪鱼、竹夹鱼等)专业捕捞船船型设计研发;

(2)远洋渔船模块化设计与建造技术

(3)核心建造工艺

(4)大容量冷冻压缩机等辅助装备设计、制造技术

(5)低阻高适航性船型设计优化技术

2. 玻璃钢等新型材料渔船研制专项

重点研究玻璃钢等新型材料渔船,解决新型材料渔船的加工、制造工艺技术,建立新的玻璃钢渔船设计制造行业标准及规范。具体包括:

(1)新型材料渔船加工、制造工艺技术

(2)玻璃钢渔船设计技术

(3)玻璃钢船结构形式与成形工艺技术研究

(4)玻璃钢渔船设计、制造行业标准及规范研究

(5)玻璃钢渔船配套装备研发

(6)玻璃钢船的安全、可靠性设计技术

3. 高效节能船型技术专项

开展低阻高效节能渔船船型研发,重点突破渔船船型优化设计技术、船体、主机、螺旋桨最佳匹配及优化设计技术、节能技术应用研发等关键技术。具体包括:

(1)低阻节能渔船船型优化设计技术

(2)高适航性船型设计技术

(3)渔船尾部节能装置研发

(4)船体、主机、螺旋桨最佳匹配及优化设计技术

(5)新型推进技术开发应用

(6)新型节能柴油机应用技术

(7)不含 TBT 的防污与减阻涂料和表面处理技术

4. 先进渔机、渔具研发专项

研发重点包括:新型高效节能发电机组技术;高效低噪声风机、空调与冷冻系统技术;船舶主动力系统余热余能利用技术与装置研发;新型节能与洁净舱室设备技术;专业渔具研发等。

5. 先进探鱼、捕鱼设备研发专项

研发重点包括:高清晰度声呐鱼探仪、网位仪研发;网具控制系统开发;集鱼灯及灯光控制系统研发等。

6. 系列标准化渔船研发专项

开展系列标准化渔船研发,建立渔船标准化体系,具体包括:建立渔船标准化体系与建造规范;金枪鱼捕捞船标准化系列船型研发;高海情高适航性秋刀鱼捕捞船船型设计;鱿鱼钓捕捞船标准化系列船型研发。

六、我国海洋渔业装备与科技发展措施与保障

(一) 构建“中国海洋渔业装备产业技术创新战略联盟”

组建由科技部、工信部、农业部为指导部门,中船重工集团公司、中国水产科学研究院为核心机构,愿意为海洋渔业装备产业的整体发展做出贡献的组织、机构为重要参与者的海洋渔业装备产业技术创新战略联盟,促进我国海洋渔船装备产业的跨越式发展。

(二) 成立不同层级(国家层面、省市地方层面)的研发平台

由中船重工集团公司通过整合集团内战略研究、基础科学研究、船舶设计、建造以及装备配套企业等方面的资源和力量成立“国家海洋渔船装备研发中心”,重点研发、推出适合国内不同海区作业环境要求的标准化海洋渔船装备、适合远洋作业要求的先进的大型远洋渔船装备以及满足绿色环保要求的高效节能新型渔船装备等。地方省市根据地区发展情况及资源情况,整合资源,成立省、市级海洋渔船装备研发中心。

(三) 形成青岛、广州两大海洋渔业装备产业园区

针对渔船装备研发、设计、建造以及配套设备需求情况,在国家宏观调控下在青岛、广州建成我国两大海洋渔业装备产业园区,逐步形成、完善渔业装备产业链。

(四) 加大联合研发项目的科研投入

各级政府加大科研投入,重点支持节能环保以及关键设备的联合研发项目;中央政策资金要向高技术、远海远洋渔业装备以及基础设施倾斜。由国家科技部成立海洋渔业装备科研专项,重点支持和引导大型联合研发项目,加快海洋渔业装备国产化进程。

(五) 加大基础保障设施的建设

为提高我国渔业的自主综合调查能力,不断拓展海洋生物资源的调查和利用领域,加快建设渔业资源调查、现代化渔业捕捞技术(含装备和仪器)的综合性研究为主要目的的渔业资源调查船;为提高渔业捕捞的安全性、高效性,加大渔业信息服务以及补给、修理等为目的的保障基地建设。

(六) 培育海洋渔业综合捕捞龙头企业

努力培育一批优秀的特殊海区以及远洋渔业的综合捕捞龙头企业,走多元化、规模化综合经营之路,形成产、供、销、运输加工相对比较完善的产业链,使一批骨干企业抵御风险和参与国际竞争的能力更强、经营效果更好。

(七) 鼓励海上养殖渔船与休闲垂钓渔船拓展产业链

养殖渔船现代化是海上规模化养殖的基本保障,休闲渔船是社会现代化发展的重要标志,以玻璃钢游钓艇为代表,鼓励与促进其发展,形成庞大的船艇建造业和休闲服务业,开拓新的服务市场。

(八) 完善财税和金融支持政策

鼓励和支持金融机构加快金融产品和服务方式创新,充分利用社会资本,通过设立“渔业基金”为新型渔船、装备研发、建造提供资金支持;政府引导资金鼓励渔船更新换代。有效拓宽远洋渔船装备制造企业融资渠道。鼓励金融机构按照市场化原则,在符合国家政策导向和有效防范风险的前提下,灵活运用多种金融工具,支持信誉良好、产品有市场、有效益的海洋渔船装备企业加快发展。

(九) 加强人才队伍建设

鼓励企业积极创造条件,营造良好的人才发展环境,优化人才培养和使用机制,加强创新型研发人才、高级技能人才等专业人才队伍的建设,培育海洋渔船装备领域的国家级专家,扩大海洋渔船装备高端人才队伍。



赵峰 1987 年毕业于华中工学院船舶与海洋工程专业。1990 年、1998 年先后获得中国舰船研究院船舶与海洋工程流体力学专业硕士和博士学位。曾担任七〇二所水动力研究室主任，水动力学国防科技重点实验室管理办主任。2004 年国家公派访问学者，澳大利亚合作研究一年。2005 年起担任 702 所专职副总工程师，所科技委秘书长；2009 年起兼任水动力学国防科技重点实验室副主任。现受聘研究员、博士生导师、国家能源海洋工程装备研发中心理事会副秘书长，国家自然科学基金评审专家组、国家国防科工局技术基础专家组、中船重工集团公司预研/技术基础科研专家组等学术组织的成员。国际船模试验水池大会(ITTC)精细流动测试专家委员会、中国力学学会流体力学委员会水动力学专业组、江苏省力学学会流体力学专业委员会等学术组织的成员。担任《水动力学研究与进展》、《船舶力学》、《实验力学》等学术期刊编委。中国工程院“我国海洋渔业装备发展战略研究”课题组组长。

浅析我国海洋捕捞渔船更新改造

朱卫星 等

江苏渔船检验局,南通

一、前言

我国是拥有百万渔船的渔业大国,拥有海洋捕捞渔船 30 万艘,但海洋捕捞渔船老龄化问题突出、高能耗木质船、小型渔船占比高,渔船需要更新改造。通过对捕捞渔船深入调研,开展船型方案设计论证、综合性能研究,开发优秀船型,集成先进装备技术,科学实施渔船更新改造,将最大限度地提高渔船安全技术水平和节能减排效能,增强从事外海和远洋渔业捕捞生产能力,实现渔民增收和渔业可持续发展,建设资源节约、环境友好型现代渔业的目标。2011 年 9 月,江苏省启动了海洋捕捞渔船标准化改造工程项目,计划用 10 年左右的时间,投入适量扶持资金,对全省万艘海洋捕捞渔船进行更新改造。本文结合江苏省渔船更新改造工程实践,谈谈国内群众性海洋捕捞渔船更新改造的几点建议。

二、渔船更新改造需要适度的资金和政策扶持

(一) 渔船更新改造应当给予适度的财政资金支持

渔船更新改造是现代渔业发展的必然要求,但更新渔船一次性投入资金量大,往往超出渔民的经济承受能力,所以存在着想造渔船,而无力造船的实际情况。财政资金支持,有助于化解渔民的造船成本压力,激发渔民更新渔船的积极性;有利于推广标准化船型,优化渔船总体性能;也有利于新技术、新装备在渔船中的应用,提高渔船装备水平。渔船更新改造的财政补贴立足于扶持想造渔船、改造渔船的渔民,渔船更新改造财政支持需要把握一定的度,不能让渔船更新完全依赖于财政补贴,不能因为过高的财政补贴标准产生政策误导,出现盲目投资,造成国家财富的浪费,甚至扰乱正常的海洋捕捞秩序。

(二) 渔船更新改造应当给予适当的政策扶持

渔船更新改造应当遵循海洋捕捞强度控制制度,办理船网工具指标批准文

件,渔船更新改造中的船网工具指标流转在所难免,为了加快渔船更新改造进程,建议搭建便民服务平台,并给予适当的政策倾斜。一是搭建船网工具指标流转平台。更新渔船与现有渔船主机功率不会全部一致,标准化渔船主机功率可以分档设计,但功率覆盖面有限;国内海洋捕捞业以个体渔业为主体,不便于自主进行主机功率指标流转,有必要在行政管理部门的引导下搭建船网工具指标流转平台,理顺指标流转程序与要求,方便渔船更新改造。二是建立过剩指标保留和处置机制。国家下发的燃油补贴直接与船网工具指标挂钩,直接关系到渔民经济利益。渔民更新渔船时,其拥有的渔船功率指标也有可能超出计划建造的渔船,若一时不能流转,应给予保留并做好相应的处置工作,让渔民在利益得到保护的基础上,放心造船。三是建议实行先建新船后拆旧船的倾斜政策。按照渔船更新改造正常工作程序,应当先拆旧船,原船证书注销后,申报办理渔船更新船网工具指标批准文件。据了解,正常办理时间需要 3 到 6 个月,新船建造需要 3 到 4 个月,所以一般渔船更新需要停产 6 到 10 个月。另一方面,目前渔业船员难找,停产期间不能辞退船员,也不能享受燃油补贴,渔船更新改造给船东带来较大的直接经济损失。建议在新船投入生产前,能确保旧船拆除的前提下,适当放宽政策,允许先建新船后拆旧船,减小渔民更新渔船的损失。

三、渔船更新改造应推行船型标准化

渔船更新船型标准化,就是以满足多数渔民意愿、符合渔业经济发展方向为指导思想,以实现渔船“安全、节能、环保、经济、舒适”为目标,根据不同地区渔船航行作业水域特点和不同作业方式的具体要求,按照渔船主尺度科学分档,研究设计船舶配置可选的系列船型,供渔船更新改造选用,进行批量生产。渔船更新改造推行船型标准化,有利于集中有限的技术力量研究开发新船型,推进新技术应用,加快船型整体优化进程;有利于加快渔船更新改造速度,降低渔船建造成本;也有利于提高渔船管理效率和加快新渔港、新渔船建设。

历史经验告诉我们,推广船型标准化是切实可行的。1996 年,江苏省大部分渔区进行渔业经济体制改革,之前,渔业经济以国营、集体为主体,渔船管理组织化程度高,渔船更新意向主要由渔业公司、渔业村确定,渔船设计由技术力量较强的专业渔船设计部门承担,船型开发有计划、呈序列,江苏也就几个船型(JS803、804、805、807、808 等)覆盖了绝大部分钢质渔船。这是由于同一地区、同样作业方式、同等作业规模渔船功能需求和船舶特征共性明显。

渔业经济体制改变之后,渔船建造量直线下滑,渔船淘汰更新缺乏计划性,从事船型研究设计的连云港渔轮厂、启东渔轮厂等省内几大渔轮厂相继改制,技术部门解散,随之而来的是交通造船业的火爆,渔船设计技术人员大量流失,进

入无人深入研究渔船船型时期。随着渔船老龄化问题的凸现,造船有所回升,但由于个体渔业组织化程度低、渔民个性化特征明显;另一方面,渔船建造缺乏有效的政策引导和先进技术支撑,导致后期建造的渔船船型五花八门。

2011 年,江苏省渔船标准化改造工程启动,实践证明,在个体渔业经济条件下,推行渔船更新改造船型标准化也是可行的。标准化渔船船型设计,让作业方式、作业规模和航行作业水域相同渔船的渔民集中到一起,把握作业功能需求这条主线,让渔民说服渔民,通过渔民之间围绕船舶航行、作业和水产品运输等基本功能这一主题进行辩论,设计方案会逐步明朗、优化、统一,能够使众多渔船形成意见统一的设计方案。这不仅仅是船型统一的过程,也是交流捕捞作业技术、提高捕捞作业技能、优化船型的过程。尽管,渔民造船与乡村造房有类似之处,总想自己的房子比别人的高,渔民也有自己的船要比别人的大、比别人的高的想法,其实,只要有合适的标准化船型,同档次船的尺度一样,心态平衡的渔民就会多起来,再加上标准化船型建造有适度的资金补贴,标准化船型就会顺利推进。当然如果面对众多渔船更新改造,标准化船型数量一时会满足不了渔民船型需求,可以在推标准化船型的同时,在现有生产船型中筛选相对较好的船型,通过适当优化,提供渔船建造急用,标准化船型推行也是需要一个逐步推进的过程,

四、渔船更新改造要特别注重船型调研

目前我国群众性渔船设计存在的突出问题:一是设计与使用脱节,表现在渔船设计作业特点针对性不强,设计状态与渔船作业状态也存在明显差异。二是现代先进工业技术在渔船设计中没有得到很好的推广应用,渔船装备技术含量不高。主要原因是渔民对渔船设计重视不够,投入不足;渔船设计费用低,设计部门对渔船了解不够、研究不透;渔船设计立足于渔民分散零星的口述任务需求,满足于对规则规范的验证;忽视了渔船经济性、合理性、科学性研究。造成知其然,不知其所以然;存在功能不清,原理不明等问题,

弄清渔船设计的现状是做好标准化船型设计的基础,了解渔民、认识渔船是科学形成渔船设计思想的前提。渔民总体文化素质不高,日常反映需求缺乏系统性和准确度。设计人员需要贴近渔民、深入、全面地了解渔船航行作业情况;需要扩大调研面,通过逻辑思维性咨询调研、现场调研和亲身体验;要把弄清渔船真实捕捞作业情况,作为评价调研成功与否的标准;才能形成科学的渔船设计思想,开展合理的技术设计,发挥渔船设计的作用,实现服务渔业的宗旨。渔船不仅有交通船舶运输的功能,还有捕捞作业特性,工况多变,所以,渔船虽小,其设计技术要求不低,需要高度重视渔船设计的前期调研工作。

渔船更新改造,有了正确的渔船设计思想,就能把握标准化船型总体设计方

案、技术设计重点和技术改进要点。不会出现如:鱼舱骨材高度远大于规则的要求,导致人为减少舱容,影响渔船装载量,甚至提高鱼货的重心等不合理的设计情况。通过理清渔船航行生产作业过程和细节,推动先进工业技术在渔船中应用,类似麻海蜇捕捞船直接将麻海蜇加盐、矾直接进舱,严重腐蚀船体等类似问题,应该能得到较好的解决。又如,部分的流刺网船,将辅柴油机拖带的立式绞盘布置于船首充当锚机,风吹浪打、日晒雨淋,既不利于设备的养护,也不利于渔民操作安全,若改用可靠的电动锚机或液压锚机,会有明显改进效果。目前群众性渔船设计优化的空间很大,庞大的群众性渔业船队,节能减排的潜力也是可观的,可以说渔船标准化船型设计工作虽然是艰辛的,但成效会是明显的,也是会有成就感的。

五、结束语

在国家惠渔政策引导下的海洋捕捞渔船更新改造,既是一项民心工程,也是一项复杂的系统工程,涉及政策、资金、技术、管理等要素,有赖于方方面面卓有成效的工作。渔船标准化顺乎未来渔业发展的方向,反映了渔民意愿,通过不断实践和探索,努力建立渔船淘汰更新的技术研究长效机制,渔船装备水平必将紧紧跟上现代工业技术发展的节拍。



朱卫星 1968 年生,出生于一个渔民的家庭,自小就有随捕捞渔船出海的经历,对渔民和渔船有着深厚的感情。1990 年 7 月,毕业于哈尔滨船舶工程学院船舶工程专业,工学学士学位。1990 年 8 月参加工作,有渔轮厂船体车间一年的实习经历和十多年基层渔船检验工作经历。主持起草了《江苏海洋渔业养殖船舶检验技术要求》和《船证不符渔船纳入管理的检验技术要求》,组织开展了渔船灯杆研究项目和江苏省渔船配载评估项目。先后担任江苏渔船检验局吕四分局副局长、局长和江苏渔船检验局船检处处长等职,现任江苏渔船检验局、江苏渔港监督局副局长、党组成员。全国渔船技术委员会委员、江苏省造船工程学会第八届学术委员会船舶检验专业委员会副主任委员、江苏省渔业工业协会理事长。

中国远洋渔业发展和渔船装备研讨

周 杰

中国水产总公司,北京

一、前言

中国远洋渔业是伴随着我国改革开放的步伐发展和壮大的外向型新兴产业,始发于1985年3月。以中国水产总公司(以下简称“中水总公司”)由13艘渔船组成的第一批赴西非远洋渔业船队的出发为标志。27年来,在党中央、国务院和相关部委支持帮助下,经过不懈的努力,远洋渔业已经成为我国“走出去”战略的重要组成部分,为拓展民族生存空间,主张我国公海海洋权益发挥了重要的作用。

二、全国远洋渔业发展情况及渔船装备现状

根据2011年底远洋渔业统计数据,目前全国从事远洋渔业的企业116家,从业人员6万人,年捕捞量116万t,总产值126亿元。其中大洋性合法持证远洋渔船2227艘,含大洋性作业渔船851艘,过洋性渔业1376艘。远洋渔业生产主要分布在大西洋、太平洋、印度洋、南极公海以及23个国家和地区。

(一)全国远洋渔业发展情况简介

1. 大洋性渔业。指利用公海资源,在国际组织管理框架下生产作业的渔业项目。目前我国参与的大洋性渔业项目主要是金枪鱼、鱿鱼和竹荚鱼捕捞作业。投产总船数达851艘,总产量约50多万t。其总体规模、产量和收益接近我国远洋渔业总量的一半。

——各类金枪鱼船380余艘。其中超低温延绳钓船130多艘;大型围网船18艘组。其余为冰鲜延绳钓船、冷海水和常温延绳钓船。

——各种鱿鱼钓船493艘。其中引进国外二手旧船和国内仿造专业鱿钓船有200余艘,主要集中在阿根廷和秘鲁等东南大西洋鱿钓渔场作业;600马力拖网渔轮和其他船舶改造的鱿钓船近300艘,大部分在北太平洋鱿钓渔场作业。

——大型拖网加工船11艘。2011年,我国正式注册的指标有14艘渔船,实

际作业的11艘(其中中水烟台公司3艘停产报废)。在智利、毛塔外海生产竹荚鱼。过去都在智利外海作业,各国在该海域生产的总船数在40余艘。

2. 过洋性渔业。指利用其他国家近海渔业资源,采取支付一定费用或建立合资项目方式入渔的渔业项目。现有各种作业方式渔船1376艘。分布在西非、东非、南美、西亚、东南亚等多国海域,以底拖网作业为主,主要捕捞硬体鱼、章鱼、墨鱼、鱿鱼、虾等产品。其他有少量定置网、灯光围网、捕虾船等。

(二)远洋渔业渔船现状分析

远洋渔船作为重要的生产工具,是远洋渔业发展的基础,远洋渔船的装备水平、技术含量,直接关系远洋渔业的生产能力,是一个国家远洋渔业发展水平的体现。由于我国远洋渔业起步比较晚,发展初期以老旧船舶改造为主,发展中期特别是大洋性渔业的发展主要靠引进国外二手渔船,近几年更新提高速度缓慢,远洋渔船面临的问题已经严重制约了行业的发展和提高。

远洋渔船的主要问题:一是总体装备水平差、船舶老旧,技术含量较低,生产力水平不高;二是渔船船舶建造技术体系支撑严重不足,针对渔船的科技投入十分有限,渔捞和助渔设备非渔业自身能解决。

1. 目前几种主要渔船装备的情况

(1)底拖网渔船。我国远洋渔业起步是从近岸底拖网渔船开始的,代表船型为8154拖网渔船。该类渔船为单甲板,船长33~34 m,主机功率600马力,最大航速为10~11节,总吨位271 t。大多是20世纪90年代建造,与国外同类渔船相比,存在油耗高、生产配员和冷藏速冻能力不足、续航能力低、通道和探鱼设备简陋等问题,尤其是单甲板的设计无法满足欧盟对水产品的卫生检验标准,绝大多数船只面临停产的严峻形势。

(2)金枪鱼船。我国目前从事金枪鱼作业的渔船主要有四种类型:

一是超低温延绳钓船,一般总吨位在400~750 t,船长45~60米。捕捞对象为大目、蓝鳍、黄鳍等金枪鱼,采用-50至-55℃冷冻和冷藏。这类渔船多数是从日本、韩国和我国台湾引进的二手船。“十五”期间,由于国家对此种船型实行造船资本金补贴,全国建造了27艘。

二是冷海水和常温金枪鱼延绳钓船,主要是依托基地补给,船型较小,船长在25~35 m之间,海上自持力约15~30天。捕捞对象主要为长鳍,兼捕少量黄鳍,采用冷海水制冷冰冻保鲜。这类船船壳材料分为钢质和玻璃钢二种。玻璃钢渔船是国家“十五”期间重点支持建造的船型,给予造船补贴。

三是冰鲜金枪鱼延绳钓船,冰鲜金枪鱼渔船也是依托基地补给的小型渔船。最早是1988年开始在南太平洋海域作业,无论是冷藏还是捕鱼设备都比较落

后。海上自续力约 7 ~10 天,主捕大目或黄鳍成体鱼,冰鲜保鲜,空运到生食市场。这些渔船普遍在捕鱼、探鱼和通讯导航、卫星定位等设备方面技术含量较低,在现代信息和技术系统应用方面相对落后。

四是金枪鱼大型围网船,围网船是现有渔船中技术含量最高的,目前使用的围网船全部为引进国外的二手船型。根据新旧程度、装备不同,单船价格在 800 ~1500 万美元左右。我国引进的最先进金枪鱼围网船是中水总公司 2008 年购买、台湾 2001 年建造的新型船——“中太三号”,也有 21 年船龄。

(3) 鱿鱼钓船。目前国内主要有三种船型:

一是由 600 马力拖网渔船改造后的鱿钓渔船;

二是引进的二手专业鱿钓船,主要从日本、台湾购买进口,多是 20 世纪 80 ~ 90 年代的产品;

三是国产仿造渔船。仿造船型均为上世纪 90 年代的日本和台湾船型。根据不同需求,各地企业建造略有不同,业内形成了 3 ~4 种经济性船型,船长 60 ~ 74 m。但渔船性能与生产加工能力相差甚远。

(4)大型拖网加工船。大型拖网加工船船型较大、结构最为复杂,主要是前苏联、德国、挪威、波兰及荷兰等国 20 世纪 70 ~90 年代建造的,该类渔船的特点是船长(一般在 60 ~120 m),冷藏及舱容能力较强(一般日冻结能力 200 ~300 t 以上,舱容在 2000 t 上下),定员较多(近百人)。国际上已经有多年未新增建造该类渔船。我国现有的大型拖网加工船全部是国外建造并使用十多年以上的二手船,目前正在生产的渔船技术状况较好的是上海公司的“开富”和“开裕”,两艘船船型相同。船长 105 m,7617 总吨,主机功率近 6000 kW,日加工能力在 300 t 左右,可装载 2200 多 t。其他船况吨位和冷冻能力及舱容上各有差异。我国至今还没有自行建造大型拖网加工船。

2. 为缩小渔船装备差距,企业做出了不懈的努力

为适应国际入渔标准要求,提高产品市场竞争能力,国内远洋渔业企业结合生产需要进行了自主开发设计和建造尝试。

(1) 中水总公司推动设计建造的各类型双甲板拖网渔船

2004 年中水总公司依靠科研院所和渔轮建造厂的技术力量,自行设计建造了 33 m 双甲板拖网渔船,2008 年又开发了 36.8 m 双甲板可达 1000 m 水深的艉拖网和臂架兼作的新船型,以适用于远岸拖网和变水深臂架拖网作业。双层甲板和加工区新材料新工艺设计能满足欧盟食品卫生检验标准,是目前国内自行设计建造最先进的拖网船型。同时又针对近岸拖网渔船更新的需要,开发了 33.6 m 混合型双甲板拖网渔船。另外还对 60 ~70 m 中大型变水层拖网渔船进行了技术调研和初始方案设计。

（2）设计建造高纬度海域作业超低温金枪鱼钓船

2004 年中水总公司斥资购买国外图纸资料，经过研究改进消化吸收设计，在大连辽南造船厂建造了我国第一艘适应高纬度、复杂海况作业条件的金枪鱼超低温延绳钓船“昌荣一号”，打破了国外对该类渔船的技术垄断。从实际使用情况来看，生产作业和安全性能较好，但也表现出国内渔船设计能力和制造材料还不能完全满足实际需要。2001 年以来，浙江扬帆、山东黄海和大连辽南船厂都先后仿制改进建造了一批超低温金枪鱼延绳钓船，但冷冻机等许多关键设备和仪器还得依靠进口为主。

（3）改造研制冷海水和常温多冷藏方式金枪鱼延绳钓船

2002 年中水集团远洋股份有限公司经过多年探索，借鉴国外船型经验，建造了第二代冷海水金枪鱼钓船，加装了先进的滚筒设备，提高了生产效率。经过 6 年的使用，对第二代船型进行改进，于 2008 年设计建造了第三代多冷藏方式金枪鱼钓船，从目前的使用来看，多种冷藏在质量保证、续航能力、节油降耗方面取得了很好的效果。

（4）金枪鱼围网船，该船型的技术开发已经在国家科委立项，2009 年上海开创远洋渔业公司作为依托船东与大连渔轮公司合作建造 2 组新船。此项目得到了国家科技部的支持，列为 863 重点项目。

三、我国渔船装备与世界先进国家的差距

（一）远洋渔船装备水平起点低、研发改造投入少

由于我国远洋渔业起步晚，与远洋渔业发达国家相比工业基础相对薄弱，因此渔船装备仍较落后。虽然国家 30 年改革开放经济实力和科技创新能力大为增强，但在渔业装备方面的科研投入极少。尽管近些年开始引进了一些较为先进的金枪鱼围网船、超低温延绳钓船和大型拖网加工渔船，但都是外国使用 10 多年以上的旧船，我国仿造的部分渔船性能和质量（钢材、管路、电器仪表、油漆等）还没有完全过关，捕捞技术和网具、探渔设备、通讯和定位监测设备等也多属引进。就是现在使用 20 年左右船龄的大型拖网加工船其先进性也比我国自行建造的同类新渔船质量更为可靠。

（二）渔船使用新技术、新材料、新工艺的差距更大

对于更为先进的南极磷虾捕捞船、欧洲新型的大型拖网加工船、专用变水层捕捞船、母子式捕捞加工船组等，在钢材、稳性设计、破冰能力、渔捞处理技术、鱼糜深加工设备、直升机救助等方面采用了许多高科技装备，因发达国家技术封锁

使我们还知之甚少。

据有关专业人士介绍,荷兰、丹麦等老牌工业发达国家的捕捞渔船十分现代化,水下探鱼、网具网板操控、捕捞机械、理鱼分类、切削加工、冷藏保存完全由电脑自动化操作,船上作业人员极少,且文化程度和操作水平较高。在紧急救助、通讯导航、船位监控等方面设备配备先进,船舶和人员作业安全性舒适性大为提高。

因此,我国发展远洋渔业在装备上必须从数量优先改进为质量优先,否则难以从根本上改变落后局面,同时也与我国的综合经济实力也极不相称。

(三)没有一个专业部门组织牵头

远洋渔业船舶工业是为海洋开发、航运业提供技术装备的综合性产业,涉及渔业、钢铁、装备制造、轻工、电子信息等多个领域。象军舰一样,是体现综合国力的一个方面。远洋渔业行业管理归口农业部,在渔船船型和配套设备的研发、制造及资金上能力有限。为此,需要有一个综合部门组织牵头远洋渔业船舶工业的发展。

四、关于加快我国远洋渔业发展急需改进装备的建议

(一)改进装备的必要性和紧迫性

当前世界各地资源和环境保护意识不断增强,资源占有和开发竞争日趋激烈,我们作为后发展国家已经处于明显不利的竞争地位,必须改革原有的发展模式。

1. 国际渔业管制措施日渐加强

在不少区域管理形式由政策指导转为强制实施:如金枪鱼等捕捞配额进一步压缩、区域性禁渔期进一步延长、禁用集鱼装置进一步扩大、对生产和运输全面实施登轮检查和派驻观察员等进一步加强现场监管、鱼货产地证明、船位监测和产量报告登记等一系列强制性措施。

2. 发达国家和地区技术壁垒措施更加严格

在世人对食品和生产安全更加关注情况下,有关国家和地区对生产和运输渔船、加工设备设施、产品规格质量采取更加严格的检验标准和检查手段,使我们必须在一定时限内更新现有渔船。如欧盟国家要求必须使用双甲板渔船避免捕捞鱼货在阳光照晒下整理加工容易发生变质,对进入市场产品的加工设施加强检查验证等。

3. 所有渔业国越来越重视资源保护,对我国渔船传统的作业方式提出严峻挑战,未来的发展空间主要靠开发新的船型和捕捞技术,实施渔业资源的立体开发利用

4. 高油价和节能环保的需要

以上这些无疑对我们的渔船装备、配套管理、产品加工、市场营销等各方面都提出了更高的要求,如不及时改进就会被迫退出现有竞争格局和产品市场

(二)有关建议

1. 为了适应国际资源开发管理的要求,适应入渔国的政策要求,适应市场准入要求,立足远洋渔业的可持续发展,应由国家主管部门做出整体发展规划,组织有关企业和科研教育单位做出细化发展方案,区分重点,分步将各类渔船的装备更新改造,争取列入国家支持发展项目。

2. 加强远洋渔业的组织化程度,发挥各种所有制企业的体制和区位优势,依托骨干企业,集中优势力量,将加强远洋渔业船舶装备升级改造和综合基地建设项目列入国家扶持项目,逐步壮大我国远洋渔业实力,维护我国的公海海洋资源开发权益。

3. 对现有远洋渔船强化分类管理,组织企业在保障生产和人员安全前提下,根据国家扶持力度和企业承受能力,制定渔船更新改造计划。对不能保证安全和生态环境的渔船实行强制淘汰政策。

4. 建议国家科研部门加快研发力度,尽快掌握渔船装备的核心技术。同时加快关键设备、关键系统的国产化研制并实现批量生产。这样才能使我国的远洋渔业装备技术逐步达到先进水平。

5. 成立远洋渔业装备国家级技术研发中心。建议国家有关部门组织科研院校、骨干企业联合成立国家级远洋渔船装备研发机构,推动远洋渔业科技创新,研发具有自主知识产权的装备技术,为远洋渔业可持续发展提供可靠的技术支撑。



周杰 高级工程师。1982 年毕业于上海水产学院海洋捕捞专业(现上海海洋大学),1985 年参与组织我国第一批赴西非远洋渔业船队,一直从事远洋渔业项目的开发与管理工作。现为中国水产总公司副总经理。

世界渔业捕捞装备技术现状及发展趋势

贺 波

宁波捷胜海洋开发有限公司,宁波

一、世界主要海洋国家捕捞装备的现状

由于200海里渔业专属经济区划分,以及各国渔业资源衰退,使渔船作业海区离基地渔港越来越远,海洋渔业发达国家均大力发展远洋渔业,其捕捞作业方式主要是:拖网、围网、延绳钓、鱿鱼钓等。在发展远洋渔业中都特别注重发展大型或特大型渔船,特别是大型拖网和围网渔船。大力发展围网船和钓捕船进行中上层鱼类资源开发,采用严格的配额制度合理利用海洋渔业资源。国外大型拖网船,其总长已达到140多米,船宽18米多,航速达17 kn,鱼舱容积达11320 m^3,绞纲机拖力达到100多吨,速度快,效率高,主要进行中上层拖网。国外大型金枪鱼围网船,其船长也达到100多米,航速达到17 kn。围网、拖网捕捞装备一般都采用先进的液压传动与电气自动控制技术,设备操作安全、灵活、自动化程度高。

金枪鱼围网最早在美国发展,随后日本、中国台湾、韩国以及欧洲的西班牙和法国等也快速发展金枪鱼围网。我国近年来开始发展该产业,但捕捞渔船和捕捞装备都是从国外购进的二手设备。金枪鱼围网捕捞装备的主要生产国是美国和日本,其中美国、欧洲以及日本的大型金枪鱼围网技术水平较高。美式金枪鱼围网作业方式设备较多,效率比日式高。由于金枪鱼生活习性的特点,需采用专业化的金枪鱼围网渔船及捕捞装备,且要求该类渔船具有快速性和良好操纵性,其中动力滑车的起网速度、理网机控制以及其他捕捞设备的操作协调性都比一般围网作业渔船要求更高。先进的金枪鱼围网捕捞设备主要包括:双卷筒括纲绞机、支索绞机、吊杆绞机、变幅回转吊杆、动力滑车、理网机等设备,所有设备都采用中高压液压传动以及自动化电气控制技术,大部分捕捞作业都是由设备自动完成,降低了渔捞人员的劳动强度,同时提高了生产安全性和捕捞效率。其他围网作业也是日本、美国和欧洲比较发达。欧洲围网作业除采用绞纲机、理网机外,还常采用多滚筒起网机,整个围网作业基本实现自动化操作,其作业效率相当高。

目前,全球大洋性超低温金枪鱼延绳钓渔船估计至少有 1800 余艘,其中日本、韩国和我国台湾省是从事大洋性超低温金枪鱼延绳钓渔业的主要国家和地区。韩国大洋性金枪鱼渔船 70 年代曾超过 500 艘,但近几年船队规模不断萎缩,主要在太平洋和印度洋生产。我国台湾省的金枪鱼捕捞船队规模稳中有升,无论船队规模还是产量都是世界第一。目前金枪鱼延绳钓船主要分为大型专业超低温延绳钓船与中小型带部分超低温延绳钓船,大型专业超低温延绳钓船主要使用成套的日本制扬绳机、理绳机、投绳机,目前最先进的中小型船基本全部以使用美式滚筒式钓机为主。

南极磷虾是南极动物的主要摄食对象,据统计有数亿吨之巨,其资源量尤为丰富。磷虾主要生活在距南极大陆不远的南大洋中,尤其在威德尔海的磷虾更为密集,目前全球先后已有近 20 个国家和地区对南极大磷虾进行试捕和商业性开发。目前,磷虾的捕捞方式主要有两种:大型艉滑道加工拖网船单船作业和母船式多船作业。捕捞大磷虾的渔具是商业性开发利用磷虾必不可少的工具,其性能的优劣直接关系到渔获量和捕捞的经济效益。为防止南极磷虾拖网作业过程中兼捕海狮、海豹、海象等海洋动物,目前世界各国南极磷虾拖网海洋动物释放主要通过分隔网片和分隔栅二种释放形式。

目前世界上最为重要经济头足类如北太平洋柔鱼、西南大西洋阿根廷滑柔鱼等柔鱼类,均采用光诱钓捕作业,其年产量累计在 100 万吨以上,在世界头足类产量中占着极为重要的地位。我国目前拥有专业大型鱿钓船 100 多艘、改装型鱿钓船 300 多艘,年产量 20 多万吨,已成为世界上主要生产柔鱼类的国家之一。国外日本、韩国与中国台湾地区的鱿鱼钓基本全部使用自动鱿鱼钓机、自动脱盘、自动输送带输送渔获物,目前国内鱿钓作业积极学习国外自动化技术,但在一些渔场还是主要靠人力来完成整个作业过程。

秋刀鱼渔场主要在北太平洋及其沿海海域,是日本、俄罗斯、韩国重要的远洋捕捞鱼种之一。最早开发的国家是日本,主要从事近海作业,除兼捕作业外,具有专业捕捞渔船,船型较小。秋刀鱼舷提网作业自 20 世纪 30 年代起源于日本的禾叶县和神奈川地区,因其操作简便、渔获率高,迅速在日本全国推广应用,现已成为秋刀鱼捕捞的主要作业方式之一。秋刀鱼舷提网捕捞,从渔捞设备的安装至具体技术操作,因船而异。秋刀鱼捕捞作业基本上都采用舷提网作业方式,舷提网属浮敷网方式,其形状为方形或者长方形,上缘用一捆竹竿使网的上部浮于水面,将网预先铺设在水中,利用秋刀鱼的趋光性,用集鱼灯诱集鱼群,然后用舷提网进行捕捞。

国外海洋渔业发达国家在发展大型渔船的同时,也在发展中小型渔船,以满足近海捕捞的生产需要。发展的方向主要有三个方面:一是发展多用途作业渔

船;二是装备现代化捕捞设备和助导航设备;三是小型渔船玻璃钢化。

二、世界海洋渔业捕捞装备发展趋势及需求

海洋捕捞业如其他行业一样,突飞猛进,日新月异,20 世纪 80 年代以来,世界海洋捕捞产量虽然不如淡水渔业产量增长那么快,但仍在连年增加。其发展趋势主要有以下几个方面:

(一) 渔船大型化、机械化、自动化和节能化

随着科学技术的进步和远洋渔业的发展,海洋渔船逐步向大型化发展,甲板工作机械化,驾驶、捕捞、加工、生产自动化,导航助渔电子仪器设备先进齐全。一些海洋渔业发达国大力发展大型、乃至超大型远洋渔船。如荷兰超大型艉滑道拖网渔船,船长达 140 m,鱼舱容积达 11 320 m^3,冻结渔获物达 300 t/d。船长 83.5 m 的围网/中层拖网两用型渔船,用于捕捞并加工鲱鱼,日生产能力愈 200 t,加工剩余物可在船上生产成鱼粉和鱼油,船体设计兼顾了节油性能和良好的适航性能。此外,在超大型金枪鱼围网渔船方面也相继出现新船型,如 90 m 长金枪鱼围网渔船。

(二) 网渔具趋于大型化

随着渔船大型化的发展,所使用的网渔具主尺度和网目尺寸也越来越大。为捕捞中上层鱼类资源,渔业发达国家大力发展围网渔船与延绳钓渔船,如挪威建造了长 60 m 以上围网渔船及 45 m 长的延绳钓渔船;冰岛建造 71 m 长的中层拖网渔船及 41 m 长的延绳钓兼拖网渔船。此外,在发展捕捞中、上层鱼类的同时,积极发展中、上层渔获物的船上加工,如南极磷虾捕捞后的实船深加工,要求很高的加工技术及高度自动化的成套深加工设备。

(三) 捕鱼技术现代化

科学技术的飞跃发展,推动捕鱼技术步入了高科技时代。在世界海洋捕鱼业中,除了改进传统的渔具渔法来提高捕鱼效率之外,还采用了现代化的捕鱼技术。新装备、新技术不断引进到渔船上应用。使用直升机海鸟雷达探测鱼群,使用卫星遥感探测海洋相关数据分析鱼群,采用声呐与数据分析仪不但能探测鱼群,还能分析鱼群鱼体的大小与数量,使用声波驱赶仪在捕获鱼类的同时可以有效驱赶其他保护动物,对鱼类安装信号发射标签,用卫星跟踪找出鱼类的洄游路线,从而更有效地掌握捕捞的时间与地点。

（四）渔具材料向高强度发展

世界渔具各式各样，渔具材料种类也很多。在渔业上广泛使用的合成材料有聚乙烯、尼龙、聚丙烯、聚氯乙烯、聚酯。随着化学工业的进步，渔船拖力、网具度和网目尺寸的增大，网绳材料正向高强度发展，如高分子聚乙烯迪尼玛材料在渔业上的应用。

三、国内渔业捕捞装备的现状

捕捞装备主要是围绕渔船作业方式来匹配的。目前国内渔船的作业主要是：拖网、围网、流网、张网、延绳钓、鱿钓等。拖网以底拖网为主；围网以中小型围网为主；流网和张网以群众性渔船为主；延绳钓以金枪鱼延绳钓和延绳笼为主；鱿钓主要以远洋作业为主。目前我国绝大部分作业渔船船龄都较长，其配备的捕捞装备和助渔导航等设备都相对落后，拖网作业的捕捞设备绞纲机，虽然已采用液压传动技术，但在控制技术方面和自动化方面的技术水平还相对落后，产品规格也相对较小。适合于更大型拖网渔船的绞纲机，仅有捷胜海洋在引进国外技术合作生产。我国围网作业的捕捞装备主要为：绞纲机、动力滑车、舷边滚筒、尾部起网机、理网机；另一种被称作多滚筒的围网起网机，虽然已研制成功，但却由于作业习惯的问题还没有得到推广，一般国内围网渔船的捕捞装备是采用部分机械化设备，许多作业程序还是依靠人力完成，自动化水平相对较低。综合各方面的技术都反映我国渔船及捕捞装备的技术水平与渔业发达国家相比都还有很大差距。

（一）我国渔船船型正在改变以往拖网渔船单一模式，为适应渔场的变化，已开始发展多种作业船型，如围、钓渔船

如我国第一艘现代化玻璃钢远洋金枪鱼延绳钓渔船，船长 30 m，球鼻艏，节能舵机，采用大直径、低转速的高效率螺旋桨，提高了船舶的耐波性。国内最先进的大型远洋金枪鱼围网船已在大连渔轮公司建造，该船船长约 70 m，设计舱容为 1200 t，干湿舱装鱼获不少于 1100 t/d，冷冻鱼获能力为 300 t。

（二）研发适于群众渔业的标准化节能船型

其中 35.5 m 标准化钢质船型（主机功率 225 kW）选用新型低油耗柴油机、轴带发电机、导管桨等；有的注重船体结构的改造，如采用球鼻艏，安装柱龙骨等；保鲜设备一般均采用冻结装置。在助渔助航仪器上也得到改善，诸如彩色雷达、彩色声呐均得到较普遍使用。

(三)针对远洋渔业向深水区发展

捷胜海洋研制出 H8L1/R1 型 350 kW 大功率高速深水拖网起网绞机用于西非远洋深水拖网作业,开发的深水拖网绞机能满足 1000 m 深水拖网的作业需要,起网速度达 110 m/min。针对远洋围网高效作业的需要,近两年研制出远洋围网高效捕捞成套装备,包括落地式起网机、动力滑车、并列式双滚筒起网绞机、液压离合器泵站、液压集中操作遥控系统;在国内渔船中首次采用负载敏感调速技术,提高了系统设备操作的协调性和自动化水平。

(四)渔船玻璃钢化具有一定技术基础

从造船材料来看,我国渔船材料仍以钢质和木质为主,目前正在积极地发展玻璃钢渔船,虽具有一定的技术基础,但玻璃钢技术应用到远洋渔船,我们的工艺技术与日本、韩国及中国台湾地区差距很大。几年前,国内建造的玻璃钢渔船在国外连续出大事故,基本全部是技术与工艺问题造成的,台湾地区建造的玻璃钢船,基本没有一艘船发生过这类事故。

四、海洋捕捞装备发展的建议

(一)装备标准化与检测检验

捕捞机械是渔船上为配合捕捞生产而配备的专用机械,按渔船作业方式可分为拖网、围网、流刺网、定置网和钓等捕捞机械。捕捞装备标准作为渔业标准化体系的重要组成部分,在促进捕捞机械技术改进、规范市场、提高我国渔业捕捞生产能力与竞争力等方面发挥了重要的作用。捕捞装备标准的基础是捕捞机械技术,目前的标准体系无论在时效性上还是数量种类上,均不能满足市场和企业的生产要求。将市场和消费者需求变化考虑进去,质量安全技术标准及参数在产品标准中体现出来,在现有的渔业机械标准中加入必要的调研、试验验证等环节,积累试验数据和充分的质量指标依据,将新技术转化为标准.可显著地提升其推广应用的覆盖面,减少风险,增加效益,促进渔业的发展。并且标准化又是新技术的体现形式之一,标准化对科技创新有强有力的推动作用。捕捞装备标准可与国际标准接轨,积极参与国际标准的制、修订并提出有利于我国国情的建议,采用国际通用基础标准、借鉴相关行业标准、建立质量安全技术标准体系,以改善我国目前的标准体系。加强并要求对标准产品进入市场的检测,防止低质有安全隐患的产品注入市场。

（二）装备机械化、自动化

我国的捕捞机械研究始于20世纪60年代，随着海洋渔业船只从木帆船向机帆渔船和钢质渔船转型的生产进步，捕捞机械的研究在个别进口仪器或设备的基础上开始起步，到了70年代尤其是整个80年代，进入了全面发展时期。

拖网捕捞机械：拖网捕捞是我国捕捞产量最高的捕捞方式，目前我们使用的是简易的液压绞纲机，产品的故障与人工匹配还是很大，要加大对带副卷筒绞纲机应用的研究与推广，加大对新型高效拖网网板的研究与推广，加大对整船捕捞装备集中控制应用推广，使用声呐、网位仪等先进的仪器来高效精准捕捞。

围网捕捞机械：围网捕捞是以长带形或一囊两翼形网具包围鱼群进行选择性捕捞的作业方式，是目前世界海洋捕捞的主要作业方式之一。围网捕捞机械主要为绞纲机、动力滑车、舷边滚筒、尾部起网机、理网机等。

钓等捕捞机械：延绳钓、垂钓、竿钓使用机动灵活，渔获物多为成鱼且质量较好，利于保护幼鱼。一些发达的沿海国家为保护本国的渔业资源大力支持发展钓具捕捞，并进行不断地改革创新，注入科技含量，提高捕捞效率。金枪鱼类延绳钓基本使用成套自动化钓设备、鱿鱼钓国外全部使用自动鱿鱼钓机。

（三）效率与节能问题

国内捕捞装备目前尚处于缓慢发展阶段，以人力为主，机械化、自动化程序非常低，人工作业最大的缺点就是效率问题，有些实现自动化的部分也有耗能问题，所以中国捕捞装备要冲出发展瓶颈，必须克服这两个问题。在捕捞效率方面，我们应该向其他捕捞发达国家看齐，实现捕捞效率有所提高，渔船数量减少，但捕捞量却不减少。欧洲还出现了延绳钓船用的自动延绳钓系统，冰岛Hampidijan公司发明的自扩张拖网，又如美国Seascan飞行器，长仅1.2 m，巡航速度可达49 km/h，来探测金枪鱼，这对瞄准捕捞极有帮助，大大地提高了捕捞效率。北欧的小型变水层拖网渔船，利用声呐探测鱼群，基本做到精准瞄准捕捞。

为使整船主副机与电力的有效匹配，目前国内已经在开展电力推进系统的实船试验，如果一些主流作业船舶全部能使用此系统，将节省一定比例的能耗。

（四）小型渔船玻璃钢化

玻璃钢（FRP）是玻璃纤维增强塑料（Fiber Reinforced Plastics）的简称，是一种玻璃纤维与树脂的复合材料，具有比重轻（仅有钢材的25%）、强度高、可塑性强，耐腐蚀、抗老化、介电常数高等特点。玻璃钢渔船由整体成型的玻璃钢复合

材料制备而成,所以其具有:“重量轻、阻力小、航速快、寿命长、维护简单、综合节能效果显著”等一系列优点。比木质渔船节能 15% 以上,比钢质渔船节能 10% 以上,是国际公认的渔业节能减排最有效方法,更是现代海洋捕捞船的发展方向。

渔船玻璃钢化需具有一定技术基础。从造船材料来看,我国渔船材料仍以钢质和木质为主,目前正在积极地发展玻璃钢渔船,中、小型渔船广泛应用玻璃钢材质,具有一定的技术基础。近年各国玻璃钢渔船得到迅速发展,如日本的玻璃钢渔船占日本渔船总量的 70% 以上,并拥有了不少主尺度较大的玻璃钢渔船。

在我国,渔业总产量占世界第一,现有木质机动、非机动渔船共 93 万艘,每年更新维修要耗木材 200 多万立方。中国是森林贫乏之国,渔船 FRP 化已是必由之路。1996 年以来国家农业部、国家科委都曾发文大力推广渔船 FRP 化,出台扶植政策,列入国家重点科技攻关计划。由于各方面原因,渔船 FRP 化迟迟未能启动,但有关方面提出:渔船的玻璃钢化改造一旦开始启动,将在 10 年内对现有 93 万艘木质渔船中的 60% 用 FRP 渔船替换。每年需生产 5 万艘,年产值达 70 亿元人民币。

(五)捕捞安全的建议

世界每年在渔业捕捞中死亡人数约为 25 000 人,渔业捕捞作业人员的安全问题突出。目前,我国机械设备落后,自动化程度很低,导致大量不安全的操作全靠人工完成,造成了大量的工伤事故。近年来,国际上研究了各种各样的设备来确保人员安全,如英国研制成 Seabass 系统、日本研制了两舷有折叠翼、欧洲研制出一种用于快速营救的船位报告系统,称为 CPRS、西班牙最近为纳米比亚建造了一艘巡逻船,其功能有搜索、营救、打捞、消防、拖带、防污染、监督渔场等,用于保证海上渔业捕捞作业的安全。所以,捕捞安全问题是我国在捕捞装备发展中必须要重点考虑的。

贺波 宁波捷胜海洋开发有限公司董事长兼总经理、中国水产标准化技术委员会委员、中国远洋渔业协会常务理事、中国渔船渔机渔具行业协会副理事长、上海海洋大学兼职教授。

海洋科学研究运载装备发展战略初步研究

张信学 等

中国船舶重工集团公司第七一四研究所,北京

一、前言

海洋资源是自然资源的重要组成,是经济社会可持续发展的物质基础。海洋里的矿物、生物资源是陆地的1000倍,地球上约85%的物种生活在海洋。我国主张管辖海域300万平方千米,大陆岸线18 000千米,岛屿岸线14 000千米,南北跨域38度,兼有热带、亚热带、温带海洋特征,蕴藏着丰富的海洋生物资源和矿物资源。

20世纪90年代以后,世界海洋开发迅猛发展,海洋科技在海洋事业中的地位愈加凸显。海洋科技特别是高新技术在海洋油气勘探业、海水利用、海底空间利用以及国际海底区域资源的开发等方面显示了巨大的威力。目前,海洋科技正处于进入深海、开展“地球系统科学”研究的新时期。海洋科技实力的较量已成为沿海国家竞争的重要领域之一。

我国要想从激烈的竞争中脱颖而出,发展成为海洋强国,必须提高海洋探测及应用研究能力,使我国海洋科技水平进入世界前列。海洋科学研究运载装备包括海洋科学调查船、深海空间站和水下作业工具,是我们了解海洋、探测海洋未知领域的重要工具。先进的海洋科学研究运载装备是增强海洋能力拓展,支撑海洋事业发展,支撑新世纪以海底深潜、海底观测和深海钻探为三大主要方向的“地球系统科学”研究的必要条件。大力发展海洋科学研究运载装备是建设海洋科学强国的前提条件和基础,对推动国家科技进步,突破技术壁垒,打破国际垄断,提升我国海洋科学能力具有重要意义。

二、国外科学研究运载装备发展现状

(一)海洋调查船

近年来,随着海洋科学的重要性日益凸显,使得美、英、法、德、俄、日、韩等国纷纷开始新建海洋调查船,以加强海洋科学研究基础设施,提升海洋科学技术水平。

各国海洋调查船中,尤以美国的数量最多,技术最先进,体系最为完善,最能代表世界海洋调查船发展的趋势与方向。美国海洋调查船的发展主要呈现以下特点:

1. 成立跨部门合作组织,制定海洋科学研究设施使用、更新与投资的政策、程序与计划

为了推动各联邦机构在海洋科学研究与教育方面的合作,美国海军部于1997 年建立了国家海洋科学合作机构(NOPP),该机构中有一个跨部门机构基础设施组(IWG - FI),由美国国防高级研究计划局(DARPA)先进技术办公室、能源部(DOE)、环保局(EPA)、矿物管理局(MMS)、美国国家航空与航天管理局(NASA)、美国国家海洋与大气管理局(NOAA)、美国国家科学基金会(NSF)、美国海军海洋局、美国海军研究局(ONR)、美国海岸警卫队(USCG)、美国地质调查局(USGS)等机构人员组成,支撑美国海洋科技联合委员会(JSOTC)制定美国海洋科学研究设施使用、更新与投资的政策、程序与计划。

2. 大型调查船普遍由政府部门出资建造,研究院所使用管理

美国是世界上拥有调查船数量最多的国家,船长超过 40 米的调查船有 40 艘,其中只有三艘由研究所或大学自己出资建造;其余所有调查船均由政府机构的环保局(EPA)、美国海军、美国国家海洋与大气管理局(NOAA)、美国国家科学基金会(NSF)、美国海岸警卫队(USCG)出资建造(图 1)。这些国家政府机构出资建造的调查船,除部分由出资机构自己使用外,大部分都投放到各海洋科学研究院所,由研究院所使用管理。

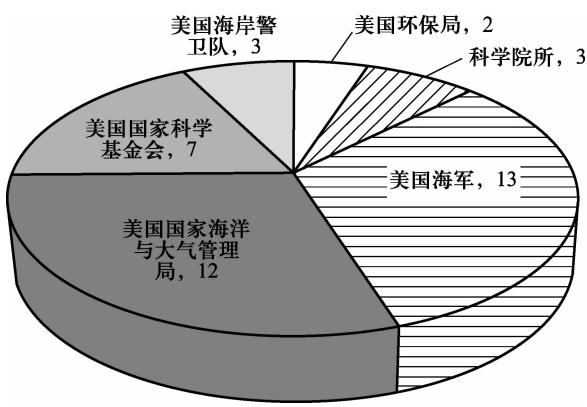


图 1 美国现有调查船投资机构(船长大于 40 米的调查船)

3. 成体系发展海洋调查船,满足不同海洋科学研究需求

美国根据调查船的大小将其分为四个等级:全球级、大洋级、区域级和近岸级,如表 1 所示。美国政府通过将海洋调查船分级,并根据海洋研究的需要,有侧重地发展多功能大型海洋综合调查船,实现一船多用,出一次海完成多项任务

的目标,使调查船利用率最大化。此外,对极地资源的重视推动美国积极发展具有破冰能力的大型海洋调查船。

表 1 美国海洋调查船分级

性能/船级	全球级	大洋级	区域级	近岸级
自持力(d)	50	40	30	20
续航力(km)	25000	20000	15000	10000
船长(m)	>70	55~70	40~55	<40
搭载科学研究人员	30~35	20~25	15~20	<15

4. 搭建公共平台,统一安排调查船的使用,实现资源共享

为了更好地利用调查船资源,美国于 1971 年成立了由多个科学院所和国家实验室组成的大学-国家海洋实验室系统(UNOLS),统一安排该组织成员单位所管辖调查船的使用,最大限度地共享资源,提高调查船的利用率。目前,大学-国家海洋实验室系统的成员有 61 个科学院所和国家实验室,其中 16 家单位拥有 21 艘调查船。大学-国家海洋实验室系统将根据各单位海洋科学研究任务需求,统一安排这 21 艘调查船的使用计划。

5. 重视制定长远发展规划,积极推进调查船装备的升级换代

美国非常重视海洋调查船的长远规划,发布了一系列未来海洋调查船的发展报告,如 2001 年的《美国国家科学研究船队未来规划》,2007 年的《联邦海洋科学研究船队现状报告》,2009 年的《海上科学:用强大的海洋科学研究船队满足未来海洋科学研究目标》等。美国根据未来海洋科学发展的需求,制定并不断修正其未来海洋调查船的发展计划,推进海洋科学研究运载装备的更新换代,如图 2。

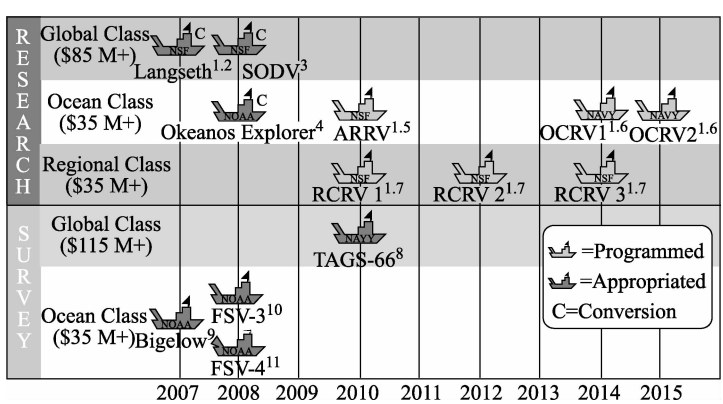


图 2 美国海洋科学研究船队更新计划(2007—2015)

(二)深海空间站

1. 各国提出深海空间站设想

由于对海洋的重视,使得各国对海洋的科学研究不断向深海区域发展,提出以深海空间站为中心的海洋科学研究运载装备体系。美国在 2007 年提出了 1000 ~ 2000 吨级的大型深海空间站方案。2008 年美国休斯敦先进研究中心(HARC)开始研究海底钻探能源供应型深海空间站。俄罗斯"天青石"中央设计局在 1994—2006 年期间联合多家单位研究并提出了新一代海洋油气开发深海空间站装备体系,主要包括核动力水下钻井平台、核动力水下天然气转运平台、核动力水下作业平台和水面破冰保障平台,计划在 2011—2019 年分三阶段耗资 20 亿美元完成首制装备体系的设计、建造与海试。英国朴茨茅斯大学的科学家提出了一种深海空间站,并进行了概念设计,全面考虑了主船体结构形式、人员配备、居住环境、动力需求、环境控制和生命保障、外部设备需求以及材料等问题,便于长期在水下进行科学观测。

2. 发展或改装深海研究潜艇,成为开发深海移动空间站的方向

除了提出深海空间站设想之外,国外一些国家还通过发展或改装深海研究潜艇的方式,开发出一系列深海潜器,成为深海移动空间站。例如,美国早在 20 世纪 60 年代即研制了核动力小型深海移动空间站,完成了大量深海资源勘探、海洋环境监测、海洋科学研究、救援和事故现场勘查等任务;2007 年,美国还提出将"弗吉尼亚"级核潜艇改装成移动式深海空间站的设想,在潜艇的舯部加装一个总长约 14 m、直径约 10 m 的深海作业舱段,上层布置作业控制中心,下层布置作业潜器舱和有效载荷舱。俄罗斯也在 20 世纪 90 年代前后建成了 2 型小型深海移动空间站,用于海洋科学考察和研究。日本也在研制潜深从 500 m 到 2000 m 的移动式深海空间站,用于科学研究,该深海空间站可对海水和海底层取样,进行电导率—温度—深度、流、磁性等测量,地质监测和海底测量,海底生物监测与取样。

3. 发展深海载人潜器

国外深海载人潜器技术尤以美、日最具代表性。美国现役仅有一艘"阿尔文"号载人深潜器,该深潜器于 1964 年开始使用,最大下潜深度为 4500 m,是美国执行深海作业和进行深海研究最重要的作业工具,可在深海海底开展地壳构造、海洋化学、生命起源和深海物质组成等基础研究,并执行海底绘图、海道测量等任务。2003 年 5 月,美国伍兹霍尔海洋学研究所提出了新"阿尔文"号的设计方案,新"阿尔文"号载人潜器执行的任务与"阿尔文"号基本相同,但综合性能得到提升,更加适合执行深海作业任务。

日本一直非常重视载人潜器的发展,依靠其在船舶设计、制造、电子、材料等行业的先进水平,载人潜器的水平也居于世界的领先地位。目前,日本在役的深海载人潜器为“深海 2000”号和“深海 6500”号,可对锰结核、热液矿床、钴积壳和水深达 6500 m 海洋的斜坡和大断层进行调查,并从地球物理角度对日本岛礁沿线所出现的地壳运动以及地震、海啸等进行研究。

(三) 水下作业工具

无人潜航器是进行海洋科学研究的重要水下作业工具,世界各海洋强国都投入大量的技术与人力开发无人潜航器,辅助进行海底绘图、航道测量、水文观察等海洋调查任务。如美国伍兹霍尔海洋学院(WHOI)海洋学系统实验室开发遥控环境监测单元(REMUS),用作低成本无人潜航器进行沿海监测和多无人潜航器勘测。此外,美国还开发了 Glider 系列无人潜航器、战场准备自主式无人潜航器(BPUAV)、重组式潜载无人潜航器进行海洋探测与数据搜集,为海军提供可靠数据。日本作为资源匮乏国家,非常重视海洋资源探测与开发,大力发展能进行海底探测的新技术和新装备,例如研制了“浦岛”号远航程自主式潜航器和 MR - X1 型海洋机器人,仿生型潜航器,并设计下一代自主式潜航器。欧洲许多发达国家也开发了多型无人潜航器进行海床探测和海底资源调查,如法国的“Alister”军民两用型自主无人潜航器,可完成水下侦察、港口调查和环境评估等任务;德国研制的“DeepC”自主式无人潜航器,可执行海床勘探和海底资源调查等任务;挪威开发了“休金”系列无人潜航器,进行海床绘图、成像和海底构造测量等调查任务,为挪威油气工业和渔业提供水下技术保障。

三、我国海洋科学研究运载装备发展现状与面临的问题

(一) 海洋调查船

1. 我国海洋调查船装备缺乏顶层管理,导致装备建设不成体系

我国海洋调查船的设计建造缺乏顶层规划,各调查船使用单位都是根据自身海洋探测、研究的角度来提需求,缺乏一种协调机制对这些需求进行梳理、协调,导致各单位建造的海洋调查船功能重复、不成体系。这些海洋调查船分属国家海洋局、中国科学院、国土资源部、教育部等多个部门管理,由于体制的原因,一直无法实现调查船资源共享,造成部分调查船闲置,利用率仅为国外同类调查船的一半左右。

2012 年 4 月 18 日,中国国家海洋局成立了国家海洋调查船队,旨在推动海洋调查船的开放与共享,促进中国海洋调查能力与水平的提高,保证国家海洋调

查任务的顺利开展。船队主要承担国家海洋基础性、综合性和专项调查等任务,以及国家重大研究项目、国际重大海洋科学合作项目和政府间海洋合作项目涉及的调查任务。

2. 我国现有海洋调查船多为近海调查船,缺乏具有远洋科考能力的船,且船型单一、船龄较老

海洋科学综合调查船是海洋科研能力建设最重要的平台,也是综合国力的体现。我国目前用于海洋科学研究,尤其是远洋科学研究的主力船,仅有中国科学院的"科学 1 号"、"实验 1 号"和"实验 3 号"、国家海洋局的"大洋一号"和"雪龙"号,以及教育部的"东方红 2 号"、国土资源部的"海洋六号"等几艘海洋调查船,其余调查船均为中近海小型调查船。

此外,我国现有海洋调查船,仅"实验 1"号采用了小水线面船型,其他船只均为常规单体船型,船型落后,种类较为单一。且现有调查船,如"向阳红"、"曙光"、"远望"系列等,均是在 20 世纪 60 ~ 70 年代末由我国自行研制。进入 20 世纪 80 年代之后,我国新建的调查船逐渐减少,仅建造了"延平 2"号、"东方红 2"号、"科学三号"、"海洋六号"和"实验 1"号等调查船。因此,我国调查船船龄整体较老。

3. 我国海洋调查船的设计与建造缺乏持续性,工业能力相对落后

我国海洋调查船在经历了 20 世纪 60 ~ 70 年代的建造高峰期后,新建调查船数量开始逐渐减少。在此后近三十年时间里,仅建造了"延平 2"号、"东方红 2"号、"科学三号"、"海洋六号"和"实验 1"号等几艘海洋调查船,导致我国海洋调查船设计、建造缺乏持续性,调查船设计和建造单位的相关人才流失,能力严重弱化。与欧美国家相比,我国海洋调查船设计建造的工业能力相对落后。

4. 我国海洋调查船配套体系跟不上,配套设备基本依赖国外

20 世纪 60 ~ 70 年代,是我国调查船建造的高峰期,此阶段我国调查船和配套设备的基点均放在国内,走自主研发路线,对配套设备的旺盛需求也促进了国产配套设备产业的不断发展壮大。而近几十年,随着新建调查船数量的大幅下降,对配套设备的需求也不断下滑,导致配套设备的设计与生产能力萎缩,生产的配套设备可靠性差,无法与国外产品竞争,这也进一步导致国内在选择调查船设备配套时,将基点放在国外,严重依赖进口。

(二)深海空间站

1. 深海空间站研发刚刚起步,尚未形成完整的发展目标

在深海空间站方面,我国已于 2004 年开展了"深海装备重大科技工程"的论证,提出了深海空间站"一主两辅"的系统组成和发展思路,"深海空间站技术"

已列入我国中长期科技发展规划。在国家科技部等部委的组织下,安排了相关课题的前期研究,提出了我国深海空间站的体系结构和发展思路,但尚未形成完整的发展目标。

2. 深海载人潜器技术取得突破,部分技术指标居世界前列

为赶超国际深海载人潜器的先进水平,我国自 1993 年起经过近十年调研论证,在 2002 年正式将大深度载人潜器列为“十五”863 重大专项。目前正在研制 7000 m 的“蛟龙”号深海载人潜器,研制工作进展顺利,该深海载人潜器载员为 3 人,2012 年 6 月 15 日的海试中,“蛟龙”号到达了 6671 m 的深海,使我国深海载人潜器技术取得突破性进展,部分技术指标处于世界前列。目前正在研制 4500 m 潜深载人潜器,元器件与国产化程度将大为提高。

(三)水下作业工具

1. 具有自主设计建造遥控潜器、自主式无人潜航器等深海作业装备的能力

我国从 20 世纪 70 年代开始较大规模地开展潜水器研制工作,几十年来,紧跟世界先进水平,开发了“猎手”系列潜水器、CR 系列自主式无人潜航器,使我国无人潜航器研制水平有了较大提高。如我国研制的“CR - 02”自主式无人潜航器时,研制成功了新型测深侧扫声呐系统,使“CR - 02”自主式无人潜航器能够进行地形地貌探测和浅地层剖面探测,提高了其综合探测多种海洋资源的能力。

2. 水下作业工具的发展研究缺乏统一规划,一些专项技术与国外存在明显差距

与国外无人潜航器(ROV、AUV)技术相比,我国无人潜航器装备与技术的研究缺乏规划研究,无论军用、民用的无人潜航器都未进行系统性的规划发展研究,各研究部门主要依据自身对所处行业的需求分析和对国外相关技术发展的了解,提出一些研究方向,造成对无人潜航器装备和技术的研究缺乏系统性。在无人潜航器平台自身所必需的传感器,如导航定位设备、通讯设备等方面缺乏专门研究,造成无人潜航器专用设备的发展远滞后于无人潜航器总体集成技术的发展,从而使无人潜航器的发展受到较大限制,其中水下运载平台的水声通讯能力及导航定位精度远落后于国外水平;在能源动力技术方面,尤其是蓄电池比国外相应电池的比能量小 20% 左右。

四、我国科学研究运载装备发展对策与建议

(一) 成立统一管理机构,统筹各单位的装备需求,制定顶层发展计划

成立一个统一管理机构,统筹和整合国家海洋局、科学院、教育部等海洋科学研究单位和部门当前与未来的海洋科学研究运载装备需求,有针对性地制定海洋科学研究运载装备投资、建造、使用、维护的顶层发展计划及相关政策,从而可避免装备的重复建设,节约大量投资经费。

(二) 结合海洋发展战略,建立装备体系,成系列发展

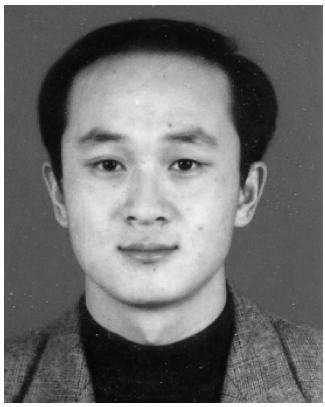
结合我国海洋发展战略和未来海洋科学研究的需求,分远洋、中海、近海、沿岸四个层次,从水面的调查船和水下的深海空间站和水下作业工具三个系列发展我国海洋科学研究运载装备。深海空间站和水面调查船主要进行数据搜集、汇总、分析和初步研究,水面调查船兼顾提供技术与后勤保障,水下作业工具除了采集数据,还在调查船与深海空间站之间进行穿梭,提供物质补给和人员运输,形成一个完整的海洋科学研究运载装备体系。

(三) 建立资源共享平台,实现海洋科学研究运载装备利用率的最大化

建立海洋科学研究运载装备的资源共享平台,制定完善的装备申请与使用制度,例如将海洋科学研究运载装备的使用权与海洋科学研究的课题或项目进行绑定,一旦申请到科学研究课题或项目,同时也获得相应调查船或水下作业工具及配套设备的使用权,以保证课题的顺利完成,从而提高海洋科学研究运载装备的利用率。

(四) 加强装备设计、建造和配套产业等工业基础能力建设

海洋科学研究运载装备是尖端技术高度集成的装备,是一个国家综合国力的体现,海洋科学研究运载装备的设计、建造和配套产业的发展将推动船舶行业高端产业的发展,并拉动一批科技产业,因此应重视海洋科学研究运载装备的工业能力,加强装备设计、建造和配套设备的研发能力建设,提升装备的自主研制能力。



张信学 中国船舶重工集团公司第七一四研究所，副所长，研究员，有突出贡献专家。专长于船舶工业发展战略、舰船科技发展研究。“十一五”、“十二五”期间“船舶科技发展战略”、“船舶工业发展规划”的主要执笔人和研究人。“深海空间站”国家科技重大工程顶层论证专家组成员。主持完成《国防科技工业国防关键技术及评价研究》、《国防科技创新评价研究》、《中国船舶重工集团公司产业能力发展评估》、《美国新军事战略与我国国防科技工业对策研究》等项目研究，均产生较大的影响。荣获部级一等奖1项，二等奖2项、三等奖2项，集团公司一等奖1项、二等奖3项、三等奖7项。

浅谈我国海洋调查船的现状、问题及发展建议

周 宁

中国大洋协会办公室,北京

一、海洋调查船简介

(一)海洋调查船定义

载有科技人员和专用仪器、在海上对海洋相关自然特性进行各种调查研究并获取其基础参数的专门作业船舶。

(二)海洋调查船简史

海洋调查船的发展,至今已有 140 年的历史。公认最早的海洋调查船是英国的挑战者号(H. M. S. Challenger)(图 1)。1872 年 12 月 7 日 ~1876 年 5 月 26 日进行了世界上首次环球海洋考察,开创了人类使用专门船舶探研海洋的新时代。从此,海洋考察争相开展,导致了 1902 年国际海洋考察理事会(ICES)的成立。

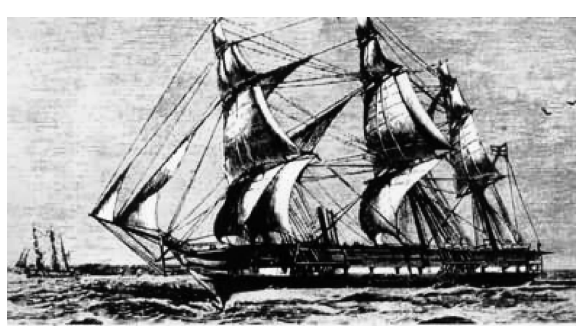


图 1 英国"挑战者"号调查船

继英国"挑战者"号之后具有划时代意义的海洋调查是德国"流星"号(Meteor)科考船对南大西洋的综合性海洋考察(1925—1927 年),首次采用了各

种电子技术和近代科学方法,推动了海洋学发展成为一门独立的科学。“流星”号在冰岛海域(1929—1935 年)和东北大西洋(1937—1938 年)的调查,瑞典“信天翁”号(1947—1948 年)对大西洋、太平洋、印度洋南北纬 20°以内的历时 15 个月的调查,丹麦“铠甲虾”号(Galathea)调查船的环球海洋调查(1950 年 10 月至 1952 年 9 月)以及苏联“勇士”号(ВИТЯЗЬ)对太平洋的系列深海考察(1949—1958 年)等,是这一时期重要的标志性海洋调查及其主要调查船。

1962 年,首次配备电子计算机的美国“阿特兰蒂斯 II”号(AtlantisII),引领了海洋调查船的一个新时代。到 1982 年,全世界海洋调查船的总数达到 1600 多艘,其中排水量 1000 t 以下的约 60%,1000 ~ 4000 t 的占 30%,4000 t 以上的不到 10%。

20 世纪 80 年代至本世纪初,以美国海军面向 21 世纪的 TAGS - 60 系列的全球级综合调查船的论证和建造为代表,大量基于信息技术的调查仪器的采用以及船舶与调查相融合的计算机网络平台的建设应用,标志着现代化调查船的诞生(图 2)。

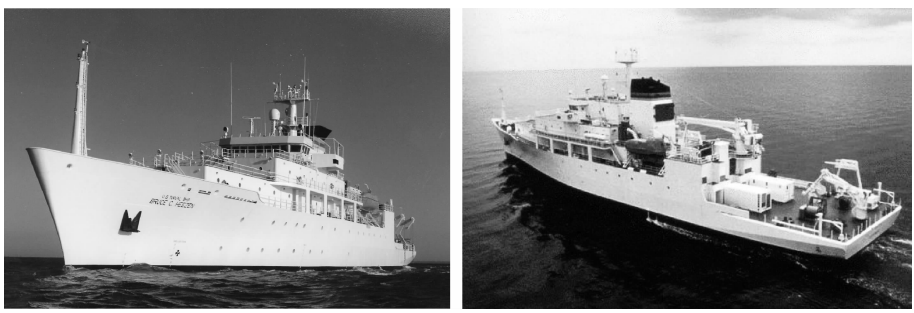


图 2 美国海军“探路者”型全球级综合调查船

二、海洋调查船的功能要求及分类

(一) 海洋调查船的功能要求

1. 对作业功能的要求

要开展海洋地质和地球物理、海洋物理和化学、海洋生态和环境等多学科、多手段的海洋调查工作,在作业功能上的要求实现:

(1) 对海底底质的探测(使用无缆和有缆以及船体安装的各类水下探测取样仪器设备);

(2) 对水体环境的探测(使用无缆和有缆以及船体安装的各类水下探测取样仪器设备);

(3) 对海气界面的探测(使用船载的各类水面和空中探测取样仪器设备);
(4) 对卫星遥测的反馈(使用船载的卫星数据接收和反馈的专用仪器设备)。

2. 对船舶性能的要求

要保障上述作业功能的良好实现,对船舶本身的性能提出了较高要求:
(1) 安全性:构造坚固,抗风浪能力强,高海况下可安全作业;
(2) 操控性:操纵灵活,良好的航速和船位调控性,可靠的甲板收放作业能力;
(3) 适航性:优良的人员乘用舒适度,提高海上工作效率;
(4) 环境性:震动和噪声低,良好的电磁兼容性,环境友好;
(5) 兼容性:适应完成不同任务并兼顾临时搭载需求的多用途平台;
(6) 经济性:低油耗,优化的续航及自持力。

(二) 海洋调查船的分类

按照船舶尺度,可分为大型、中型、小型三种;根据工作海域,可分为近海、远海、远洋和全球四级;从调查功能上,可分为综合调查船、专业调查船和特种调查船三类。

1. 综合调查船:装备有多学科多类型的调查仪器设备系统,可同时探测和采集海底、水体、海气界面和卫星遥感等"深—空"一体化的数据和样品,即时开展海洋地质和地球物理、海洋物理和化学、海洋生物和生态领域的数据整理、样品分析和现场综合研究,同时具备进行海洋工程技术和装备现场试验的能力。

2. 专业调查船:专业调查船的功能及作业任务单一,调查设备的专业性强。主要如渔业调查船、地球物理测量船、水文测量船、气象测量船、水声测量船、电子测量船、远洋航天测量船等。

3. 特种调查船:载人潜水器支持母船,具有支持载人潜水器开展下潜调查作业的水面支持系统和下潜水域的常规地质和水文环境调查能力;极地科考船,具有较高的破冰航行能力和抗冰暴作业性能;深海钻探船,具有在海上进行科研和资源评价相关的钻探取芯的功能。

一般来说,远洋和全球级的海洋调查船多半是大型综合性海洋调查船;近海和沿海级的海洋调查船,多数是中、小型的专业调查船;特种调查船的大小主要取决于其使命功能和工作海域。

三、我国海洋调查船的历史、现状及问题

(一) 历史

中国第一艘海洋调查船"金星"号是一艘近海综合调查船(图 3)。1957 年 6

月 8 日自青岛驶往渤海,正式开始我国有史以来的第一次综合性海洋调查。

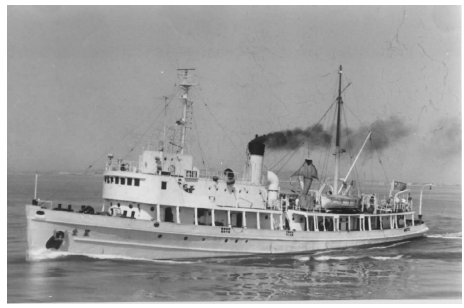


图 3 中国“金星”号海洋调查船

20 世纪 60 年代至 70 年代末,我国先后建造和改装了一批不同类型的海洋调查船。1960 年 7 月交付使用的“气象 1 号”是我国建造的第一艘专业调查船。60 年代中期用军用船改装形成了“星火”和“燎原”系列我国第一代小型海洋地质调查船。1968 年 10 月交付使用的“实践”号,是中国自行设计并建造的第一艘远洋综合调查船,具有薄冰区作业能力(图 4)。



图 4 中国“实践”号远洋综合调查船

1972 年建成千吨级海洋水文、气象调查船“向阳红 07 号”和“向阳红 08 号”。同年,还建成了 3300 吨级的海洋地质综合调查船“海洋 1 号”和“海洋 2 号”。以后又陆续建造了“海洋 3 号”和“海洋 4 号”海洋地质调查船(图 5)、“科学 1 号”和“实验 3 号”海洋调查船以及“海洋 11 号”和“海洋 12 号”海洋测量船。另外,为配合近海油气勘探的需要,20 世纪 70 年代中后期还陆续建造了千吨级专用物探船 6 艘(625 – 1 型和 625 – 2 型)。

以“718 工程”为重要标志,中国海洋调查船建设达到了当时那个发展阶段的辉煌顶点。至 1981 年,先后建成了向阳红系列的 09 号(图 6)、10 号、14 号、16 号大型远洋综合调查船以及远望系列远洋航天测控船。从而基本保障了到 20 世纪末中国经济发展对各领域海洋调查任务的需求。



图 5 “海洋四号”远洋地质调查船



图 6 “向阳红 09”号载人潜水器试验母船

进入 21 世纪,1995 建造的“东方红 2 号”海洋教学/测量船成为我国近、远海和西太海域开展科学调查的主力船舶之一;2002 年完成现代化改装的“大洋一号”是我国首艘具备动力定位、超短基线定位和计算机网络系统、支持并装备了 3500 米 ROV、万米深拖和 4000 水下钻机等大型调查设备的大洋综合调查船舶(图 7)。2005—2006 年,大洋一号成功完成了历时 296 天的我国首次环球科考,实现了中国海洋人走向三大洋的夙愿。



图 7 “大洋一号”远洋综合调查船

（二）现状

自20世纪70年代末至21世纪头10年后期的近30年，虽然也建造和改造了个别专业海洋调查船，但总体上看，我国公共海洋调查船的规划建造基本停滞不前（表1）。这与改革开放环境下我国经济社会发展、科学技术进步、综合国力的提高以及海洋，尤其是大洋，的国际竞争形势是不适应的，相当程度上滞后于海洋领域的发展需求。

表1 目前我国海洋调查船基本情况表

序号	船名	船东单位	规模（t）	建造年代	级别	活动范围	使命任务	2011年的船龄
1	业治铮号	青岛海洋地质所	543	2004	近海级	近海	地质调查	7年
2	润江1号	舟山润禾公司	660	2009	近海级	近海	综合调查	2年
3	实验2号	中科院南海所	655	1979	近海级	近海	科学研究	超期
4	奋斗四号	广州海洋地质局	655	1979	近海级	近海	地质调查	超期
5	奋斗五号	广州海洋地质局	655	1979	近海级	近海	地质调查	超期
6	北斗号	黄海水产所	980	1983	远海级	中远海	渔业调查	28年
7	科学三号	中科院海洋所	1224	2006	远海级	中远海	科学研究	5年
8	“南锋”号	南海水产研究	1537	2010	远洋级	中远洋	渔业调查	1年
9	科学一号	中科院海洋所	2579	1980	远洋级	中远洋	科学研究	超期
10	实验3号	中科院南海所	2579	1980	远洋级	中远洋	科学研究	超期
11	实验1号	中科院南海所	2560	2008	远洋级	中远洋	声学环境	3年
12	东方红2	中国海洋大学	3235	1995	远洋级	中远洋	教学/测量	16年
13	向阳红09	海洋局北海分局	2952	1978	远洋级	大洋	载人潜器试验	超期
14	向阳红14	海洋局南海分局	2894	1978	远洋级	大洋	水文测量	超期
15	发现号	上海地质调查局	2824	1980	远洋级	大洋	石油物探	超期
16	发现2号	上海地质调查局	2822	1993	远洋级	大洋	石油物探	18年
17	海洋四号	广州海洋地质局	2972	1978	远洋级	大洋	地质调查	超期
18	海洋六号	广州海洋地质局	4600	2009	全球级	大洋	水合物调查	2年
19	大洋一号	中国大洋协会	5500	1984	全球级	大洋	综合资源环境	27年
20	科学号	中科院海洋所	4800	在建	全球级	大洋	科学研究	

注：近海级：≤750 t；远海级：~1500 t；远洋级：~3000 t；全球级：≥4500

上表列出了目前国内还在服役与正在建造的20艘海洋调查船的基本情况并参照欧美调查船分级理念按吨位规模进行了分级。

下表（表2）给出了我国大型海洋调查船相关性能的对比。

表 2　我国部分大型海洋调查船性能对比表

船名	东方红 2	科学一号	实验 3 号	实验 1 号	向阳红 14	向阳红 09	海洋四号	海洋六号	科学号	大洋一号
船龄(年)	16	31	31	5	33	33	33	2	0	27
长/宽(m)				小水线面双体				106/17.6	99.8/17	104.5/16
级别定位	大洋级	大洋级	大洋级	大洋级	大洋级	大洋级	大洋级	全球级	全球级	全球级
主要使命任务	教学及中远海普通测量	中远海科学调查	中远海科学调查	中远海声学测量	中远洋普通测量	远洋普通测量/载人潜器试验	海底矿产资源调查	中远洋水合物专用调查	远洋科学考查	大洋综合资源环境调查
电力推进				●				●	●	
动力定位				●				●	●	●
深水多波束					○		●	●	●	●
声学环境调查				●						
海洋水文环境	○	●	●	○	○	●	○	○	●	●
低空大气探测	○	○	○		○	○			●	○
海洋生态探测	○	○	○		○	○	○	○	●	●
海底地震探测							○	●	●	●

续表

船名	东方红 2	科学一号	实验 3 号	实验 1 号	向阳红 14	向阳红 09	海洋四号	海洋六号	科学号	大洋一号
基本深海取样		●	○		○		○	●	●	●
海底取芯钻机								●	○	●
ROV								●	○	●
HOV						○				
网络信息集成				○				○	○	●
卫星遥感接收									○	●
服役状况	现役	超期	超期	现役	超期	超期	超期	现役	在建	3 年后到期

注：● - 具备，○ - 基本具备；民用船舶设计服役期限一般为 30 年

(三)问题

我国海洋调查船目前存在的问题主要有以下几点:

1. 理念落后,定位不清

由于相当长时间没有建造规划,对国外现代化新型调查船的发展理念和技术特点缺乏稳定持续的技术追踪和研究,造成知其然而不知其所以然,以偏概全,以大为全等不适当的理念影响到船舶功能定位和技术方案的确定中;

2. 数量不足,配套不全

从表 1 中可以看到,现役不同级别的船舶数量均不足,配套比例结构性失衡,尤其是远海级的数量严重不足,全球级的也偏少;

3. 船龄老化,技术落后

从表 1 中还可以看到,我国目前还在服役的调查船中大多数是上世纪 80 年中期以前下水的(1985 年之前的有 11 艘),远洋级的老化尤为严重,不到 10 年船龄的新船(包括即将服役的)只占 1/3,到 2015 年处在正常服役期的不到 1/2。

从表 2 中可以看出,船舶性能及调查技术体系的系统性和探测手段的先进性严重不足。到目前为止,我国绝大部分海洋调查船不具备搭载 ROV、AUV 等高技术调查手段和控位性能要求高的海底探测与取样设备的作业能力,不能实现海洋多参数实时同步观测和系统综合集成。

此外,目前构成现代化海洋调查船性能和功能的关键技术设备大部分还要依赖进口。

4. 管理分散,制约效率

有限的调查船舶公共资源分别由多个部门单独管理,任务和调配难以统一,不能适应海洋的整体性和综合性的特点,运行效率不能优化。

四、国外海洋调查船发展趋势及新型调查船简介

(一)世界海洋调查船的发展趋势

目前世界海洋调查船的发展趋势在船舶性能本身方面与船舶工业技术发展总的趋势大致相同,在调查功能及手段方面对建立在电子信息集成技术基础上的调查仪器设备依赖性日益增强,船舶与调查技术的融合更加紧密。

1. 综合功能日趋强大

随着调查仪器设备的集成化和小型化,所需的船舶空间要求相应降低,使得船舶可同时装载和搭载的调查设备种类和数量增加,提高了调查船的综合作业

功能,促进了实验室设置的通用性,实现船舶平台的综合性和多用途。

2. 静音和绿色环保要求高

在静音和性能之间有矛盾时,保前者。为节约能源、提高经济效益,近期朝着中、小型化发展,船速以“经济航速”为准,排放和防污染标准提高。

3. 自动化和信息化程度高

船舶操控的全自动化发展、观测采样和资料处理等调查作业的信息化应用不仅显著提高了调查的质量,而且整体提升了海洋调查船的信息化水平。

4. 调查功能和甲板作业模块化

集装箱化的调查设备系统和专业实验室使得装备移动便利,海上调查功能得到充分扩展,作业效率得到提高;以甲板收放作业设备的大型化和设备的集装箱化为特征,船载大型调查仪器设备,如各类潜器、水面和近海底拖曳式探测设备、大型潜标浮标以及可视化钻机等高技术设备越来越成为海上作业的主流手段,这不仅增强了海洋调查船的功能,同时也大大提高了调查船的甲板收放能力以及作业的安全和便利性。

(二) 国外新建和在建的海洋调查船简介

1. 英国



图 8 [英] R/V James Cook

R/V James Cook 建成于 2006 年(用来取代退役的 RRS Charles Darwin)(图 8)。该船能在从赤道到冰原的全球范围内执行尖端的多学科调查任务。能开展大陆边缘到深海大洋的综合研究。该船的设计使得它与 NERC 已有的专业调查船相比,能在更高海况下开展工作。

2. 德国



图 9 ［德］R/V Maria S. Merian

R/V Maria S. Merian 建成于 2006 年(图 9),是德国政府出资建造的新型现代化多学科综合调查船。主要使命任务是调查研究北极和挪威沿岸湾流,其对海底研究的深度可达 10 公里并具有一定的破冰能力。由位于波罗的海沿岸 Rostock 港口城市的 Warnemünde 海洋研究所负责使用。

3. 西班牙



图 10 ［西］R/V Sarmiento de Gamboa

2008 年开始服役的 R/V Sarmiento de Gamboa 是新型大洋调查船中的翘楚(图 10)。虽然船长只有 70.5 m,吨位约 3000 t,但却可以开展包括渔业资源在内的大洋多学科综合调查。尤其是其采用移动搭载(集装箱)方式可进行 2D 数字多道(480 道)地震作业。

4. 澳大利亚

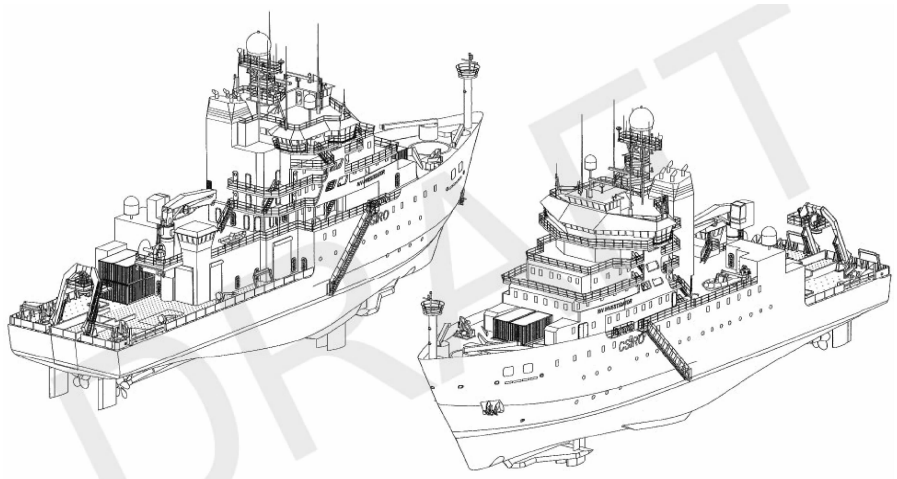


图 11 ［澳］R/V Investigator

2009 年,澳大利亚政府宣布拨款 1.496 亿美元用于建造一条“绿色化”新型科学调查船,以取代建造于 1971 年的 R/V Southern Surveyor。新船在 2013 年加入澳大利亚的调查船队以后,将使澳大利亚的海洋、气候和地球科学能力将得到极大的提升。该船不仅能有效地在太平洋、印度洋和纬度 0° ~ 70°S 的南大洋海域进行海洋资源、海洋学和海洋地球物理作业,而且也适合在澳大利亚的海事司法管辖权区、塔斯曼海、阿拉弗拉海、帝汶岛、珊瑚区和中国海域作业(图 11)。

5. 美国



图 12 ［美］R/V Sikuliaq

目前正在船厂施工的 R/V Sikuliaq(图 12)是用来更换 UNOLS 调查船队的

R/V Alpha Helix。这艘新型调查船将能够在中高纬度公海、近岸和季节性海冰区域进行常规的综合性海洋与渔业调查。它可满足在北太平洋北部和亚北极水域全年作业以及北极区的季节性作业需要。

表 3 国外新建和在建的海洋调查船的基本参数

	James Cook	Meria S. Marian	Sarmiento de Gamboa	Investigator	Sikuliaq
总长（m）	89.5	94.8	70.5	88.9	79.2
型宽（m）	18.6	19.2	15	18.5	15.85
型深（m）			7.9	9.45	
吃水（m）	5.7	6.5	4.9	5.5	5.7
排水量（t）	5800		2979	4575	3665
主推进方式	柴电－舵桨	柴电－Z 推	柴电－舵桨	柴电－舵桨	柴电－吊舱
动力定位	1 级	1 级	1 级	1 级	1 级
经济航速（节）	12	12.5	12	12	12.3
最大航速（节）	16	15	15	15	14.2
续航力（海里）	14400	7500	11500	10800	9400
自持力（天）	50	35	40	60	45
定员(船员/科技)	22/32	21/22	17/25	18/40	20/26

五、关于我国海洋调查船发展的几点建议

1. 要从国家战略发展的视角看待并重视我国海洋调查船事业,把构建和发展我国的海洋调查船队纳入国家顶层战略规划中,抓紧利用 5～10 年的时间,明显改变目前的整体落后状况并成为国家实力构成的一个亮点,满足经济社会发展、科学技术进步以及政治外交和国家安全的需求;

2. 设立国家海洋调查船队建设专项,紧密追踪本领域世界发展的动向,深入论证相关建设方案和实施措施,有针对性地开展相关的船舶和调查技术的研究及仪器设备的开发;

3. 尽快建立海洋调查船的定位和分级标准;以综合性和小型化的理念指导各类各级海洋调查船的建设,提高运行的经济性;

4. 为建设好与国际接轨的现代化海洋调查船,要落实科学发展观,针对我

国调查船目前的状况，强调六点原则要求，即：整体的绿色化、装备的模块化、作业的便捷化、环境的信息化、人居的舒适化、标准的国际化；

5. 在全国一盘棋的理念下，充分适应海洋的整体性和综合性的特点，建立国家层面的统一协调管理机制，克服部门所有制下的自建自用的封闭模式所带来的弊端，以期保证国家海洋调查船队的协调、高效运行。

海洋科学研究对科学考察船及船载调查设备的需求

潘 锋 等

中国科学院声学研究所,北京

一、海洋科学研究与科学考察平台

海洋科学是研究发生在海洋中各种自然现象和过程的性质及其变化规律的一门学科。由于海洋自身的高度复杂性和其在经济、资源、环境、军事安全等方面的重要战略地位,使得海洋科学研究成为当今的热点。海洋科学的研究对象包括海水、溶解和悬浮于海水中的物质、生活于海洋中的生物、海底沉积和海底岩石圈,以及海面上的大气边界层和河口海岸带等。海洋科学的研究领域十分广泛,既包括海洋中的物理、化学、生物和地质过程等基础研究,也包括面向海洋资源开发利用以及海上军事活动等应用研究。

海洋是一个庞大而又复杂的自然客体,其中发生着各种尺度不一、性质不同的运动。它们的空间尺度可以从水中微粒声致振动的微纳米幅度,到大洋环流的数千公里轨迹;它们的时间尺度从毫秒到几年,地质事件甚至长达千万年。这些不同尺度的运动现象之间存在着复杂的相互作用。海洋科学还具有明显的区域性特征,即使是同一区域,其海洋、水文、化学、生物要素也是多层次性分布、形态各异。为了研究海洋中所发生的各种自然现象和过程,多年来海洋科学的基本研究方法是在自然条件下对海洋中各种现象进行直接观测,为此需要能够承载和运送科考人员和专业仪器设备到指定海区,并支持仪器布放、作业和回收的平台与工具。科学考察船是专门用来对海洋进行科学调查和实验活动的海洋工程船舶,往往也称为海洋调查船。由于海洋科学考察与实验的特殊性,科学考察船在船型与船舶性能、船用设备配置、船载科考调查设备配置等方面都有着特殊要求。

不同学科和考察任务对科考船的需求,深刻体现在船型与船舶性能方面。例如:用于海洋水文、物理、化学、生物和地质等多学科考察的综合科考船,由于工作内容多、航区广,排水量往往在3000吨级及以上,船舶的稳定性、操纵性、续

航力、自持力、甲板空间与实验室空间等性能指标都较高。又如:用于水声调查的水声专业船,国际上多采用小水线面双体船型,以实现优良的耐波性和“安静性”,提供平稳、低噪声的工作平台。

作为科考船,应在哪些方面重点设计以满足科学考察活动的需要呢?根据1996年UNOLS FIC开展的调查工作,21位专业人士列出了海洋综合科学考察活动对船的11个方面的性能需求,具体包括:耐波性、站点保持、自持力、经济航速与最大航速、吃水、航程、科学家人数、科考载荷、实验室空间、甲板空间和舱室存放空间等。从中可以看出,这些性能需求与科考船的尺度、设计方案、建造成本和运行使用等因素密切相关。专家们还就上述11个方面的性能需求的重要程度进行了打分评测,值得注意的是,耐波性是唯一一项获得满分的科考船性能需求。

在船用设备配置方面,除了与科考船船型和船舶性能相匹配外,还需考虑或兼顾科学考察与实验方面的需求,如:供电(包括静音电源)、导航、减振、降噪、减摇、定位、起吊能力、科考网络、对外通讯等。

在船载调查设备方面,由于其种类繁多、功能各异,充分反映了科考船的科学目标和功能特色,以下专节予以介绍。

随着海洋高技术的进步,各种水下航行器(如:ROV、AUV、综合拖体、GLID)和浮标、潜标等设备越来越多地作为观测平台应用于海洋科学考察活动,与科考船相配合,极大拓展了海洋科考能力,提高了考察效率。(1)遥控潜水器(简称ROV)是一种有缆水下机器人,下潜深度可达几千米,可配备摄像机、机械手、声呐设备,进行水下观察、旋、拧、拖拽、目标搜索等作业。ROV已经是现代化科学考察船不可缺少的主要探测和实验设备之一。(2)自治式水下机器人(简称AUV)是一种无缆自主航行潜水器,它不受电缆约束,活动范围广泛,机动灵活。AUV可以搭载海洋学和水声学传感器,适合于从事重复性、连续性、长时间的海底观测作业任务;其体积小、重量轻、水面支持设备少、占用母船空间小,造价成本、运行和维护费用低、作业效率高。(3)水下滑翔机(简称GLID)是一种无外挂推进系统,依靠载体内置机构调整自身浮力和姿态的新型移动观测平台。GLID具有移动可控、续航力强、实时性好、垂直剖面观测等特点,其优越的高时空分辨率的海洋环境参数观测能力,将在海洋环境立体观测网络中发挥不可替代的作用。

二、船载调查设备

(一)调查设备的分类

调查设备主要指用于实现船舶科学使命与任务所需要的设备。可以将所有

调查设备分为甲板作业支持设备、船体安装设备、舷外作业设备、通用服务设备、通导技术设备、实验室设备等 6 大类(图 1)。对各类设备简要描述如下:

■ 甲板作业支持设备,主要指各种吊机、甲板辅助收放机械和绞车等设备;

■ 船体安装设备,主要指安装在船壳、甲板上的各种调查设备,例如深水多波束测深系统、船载多参数水质测量仪、大气剖面仪等;

■ 舷外作业设备,主要指投放到水中进行作业的各种调查设备,例如电视抓斗、声学拖体、缆控水下机器人等设备;

■ 通导技术设备,主要指为开展科学考察服务的各种通信、定位、导航设备,例如 GPS、卫星通信系统等;

■ 通用服务设备,主要指为其他设备提供基础服务信息与设施的设备,例如船舶网络系统、调查用水电气供给系统、样品存储设备等;

■ 实验室设备,主要指在实验室使用的各种分析测试设备,包括参与调查人员自行带上船的实验室设备。例如气相色谱分析仪、集装箱实验室设备、柱状样扫描设备等。

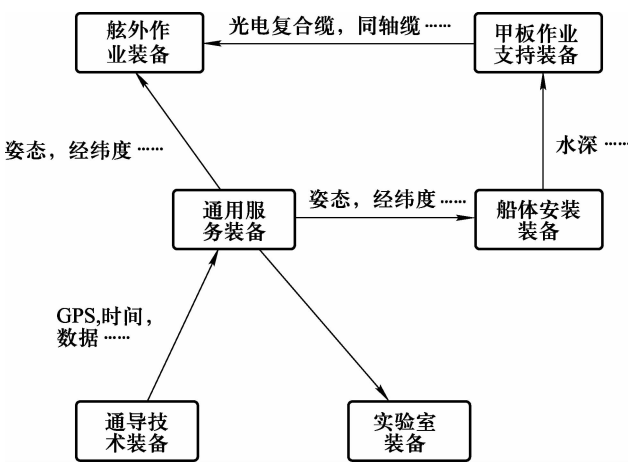


图 1 船载调查设备

(二)调查设备的现状分析要点

1. 调查设备对海洋科学研究提供基础数据
2. 我国科学考察船调查设备系统化程度不高
3. 我国科学考察船与调查设备结合程度比较低
4. 对科学考察船和特种专业设备的共享与支持还需要加强
5. 我国在调查设备研发与制造方面与发达国家还具有一定差距

（三）海洋科学研究对调查设备的总体需求要点

针对当前调查设备的上述特点，结合海洋科学研究的具体要求，提出对调查设备的如下总体需求要点。

1. 海洋调查设备应保持先进性

- 发展具有自主知识产权的甲板作业支持系统，达到国际先进水平；
- 利用最新的 IT 理念和技术，提高科学考察船的信息化水平和通导系统功能；
- 建立具有自主知识产权的较完备的系统化声学探测系统；
- 建立完整的通用服务设备系统，为其他调查设备提供基础性支撑，包括建设完整的实验室水和气的供给、排放与处理系统。
- 对于舷外作业装备，应继续提升其性能，使其能够覆盖更多的未知领域。

2. 科学考察船所配备的海洋调查设备应保持系统性

- 对于科学考察船需要建立一套最基本的观测参数（包括且不限于水体物理化学、大气物理化学、海底地形地貌等参数）实施同步采集系统，实现时间、位置与观测数据的统一，更好地实现对数据的同步观测。
- 增强调查设备的系统性并注重通用性，加强搭载设备，尤其是大型调查设备和通用调查设备的系统化建设；
- 加强设备与设备、设备与船、设备与岸基之间数据交互能力，提升设备系统整体性能；
- 搭载设备按照模块化设计，方便换装，同时由于采取模块化，可利用更少的吨位实现更多的功能。

3. 科学考察船与其海洋调查设备应有机结合

- 一般重大设备的使用都对船舶和人员有较多的要求，已建船舶如果新增这些类似设备都需要对船舶进行必要改装，并通过较长一定时期的磨合才能真正发挥设备的作用。因此在船舶目标任务确定的前提下，尽早地确定重大设备类型，在前期船舶建造阶段，同期开展上述设备的建设，对设备的尽早投入应用是非常必要的。
- 在前期船舶建造阶段，同期开展上述设备的建设，非常有利于船舶设计建造方更好地了解这些设备的需求，在船舶设计建造时对这些设备提供更有针对性的支撑，同时也能将本船建造对设备的一些要求向设备制造方提出，使设备能够更好地适应船舶要求，最终实现船舶与设备有机结合。

4. 在全国范围对科学考察船及特种设备进行系统性的总体规划

- 建立全国科学考察船更新计划，对各条船的功能定位、设备配置进行系统性的总体规划，使每条船既保持常规功能，又具有对不同特种设备支持的功

能,实现整体最优;

• 利用科学考察船队促进船舶及其特种设备的共享;可以考虑模块化设计,对主要接口进行标准化,例如对 ROV 等大型设备可以采用集装箱转运到船上开展作业,用后再利用集装箱运走。

5. 应加强对国产海洋调查设备的支持

• 国产设备发展对海洋科学研究的支持必不可少,离开了国内自主知识产权技术的发展,只会受到更多的发达国家的限制,只会永远处于落后的地步;

• 引进吸收与自主研制相结合,对主要和关键的调查设备要具有适当的冗余和备份。

• 应以企业为主体促进国产海洋调查设备的发展;

三、中国科学院近年来新建科学考察船简介

(一) 中国科学院新型综合科学考察船——"实验 1"号

"实验 1"号由中国科学院声学研究所作为项目法人单位,联合南海海洋研究所、沈阳自动化研究所共同建设,中船重工第 702 研究所设计,渤海船舶重工有限责任公司建造,入级 CCS,于 2009 年 4 月交付,5 月投入使用(图 2)。

"实验 1"号是一艘钢质全焊接结构、变频调速电力推进、双机、双桨综合科学考察船。采用小水线面双体船型,具有双层连续甲板,右潜体首部设置侧推装置。在左右潜体内侧首尾各设一对首鳍和尾鳍。本船全长 60.9 m,型宽 26 m,型深 10.5 m,设计吃水 6.5 m;满载排水量 2555 t,总吨位 3071 t,总载重量 700 t;最大航速 15 节,经济航速 10 节,续航力 8000 海里,自持力 40 天;在 11 级风时可安全航行,在 6 级海况可正常作业;额定载员 72 人,其中船员 27 人,科研人员 45 人;作业海域为无限航区(冰区除外)。



图 2 "实验 1"科考船

“实验1”号船能够满足在近海、远洋进行水声学、海洋物理、海洋地质、海洋生物、海洋化学、海洋大气环境等多学科和交叉学科综合科学考察的需要;可承担大范围、大尺度测量网络的布设、观测、调控和监视等任务,进行海洋环境实时立体监测体系和综合信息系统研究;并为水下机器人海上综合试验研究提供必要条件。

作为我国第一艘2000吨级以上大型小水线面双体船和第一艘小水线面综合科学考察船,“实验1”号船设计起点高,设计与建造难度大,相关单位通过及时消化、吸收世界造船工业领域的先进成果,圆满完成了建造任务并顺利交付使用,综合性能达到了国际先进水平。特别是其小水线面双体的船型、交流变频电力推进的动力系统、全船减振降噪、全船自动化、信息化、动力定位等功能,无论是船舶设计还是建造方面都在国内具有标志性意义和技术引领作用。并且因其优异的耐波性、良好的安静性、出色的操纵性、动力定位、低速拖曳、宽敞的实验室与甲板面积以及较好的经济性等诸多适合科学考察的特点,成为目前国内最先进的综合科学考察船之一。

(二)中国科学院海洋科学综合考察船

正在建设之中的中国科学院“海洋科学综合考察船”(图3)由海洋研究所作为项目法人单位,联合中国海洋大学、国家海洋局第一海洋研究所、中国水产科学研究院黄海水产研究所、青岛海洋地质研究共同建设,中船重工第708研究所设计,武昌船舶重工有限责任公司建造,入级CCS,预计于2012年投入使用。

本船的科学目标是:揭示大洋环境和海气相互作用对我国乃至全球气候变异的调控作用;阐明大洋生态系统的演化机制,查明大洋碳循环与热带驱动机理及其与我国乃至全球气候变化的联系。探索深海海洋的自然规律和本质,自主开展海底热泉/冷泉系统与地球深部过程研究,揭示深海极端环境与生命过程的关系,发展地球系统科学理论。

项目的工程目标是:建设一艘满足海洋科学多学科交叉研究需要的现代化海洋科学综合考察船,为我国海洋科学基础研究和海洋高技术研发,特别是深海及洋区的海洋基础科学研究提供先进的海上移动实验室和试验平台。在未来10~20年内,成为我国远洋科学综合考察的主力船之一。船舶主要指标包括:总吨位4000吨级,续航力15000海里,自持力60天,载员能力80人,具备进行高精度长周期的动力环境、地质环境、生态环境等综合海洋环境观测、探测以及保真取样和现场分析的能力。

新建海洋科学综合考察船由船体、轮机、电气、操控支撑、船载探测、船载实验和网络信息等系统组成。根据海洋科学综合考察船所承担的任务和使命,为满足船载设备、实验空间的需求,综合船舶承载力和续航力等因素,从安全与节

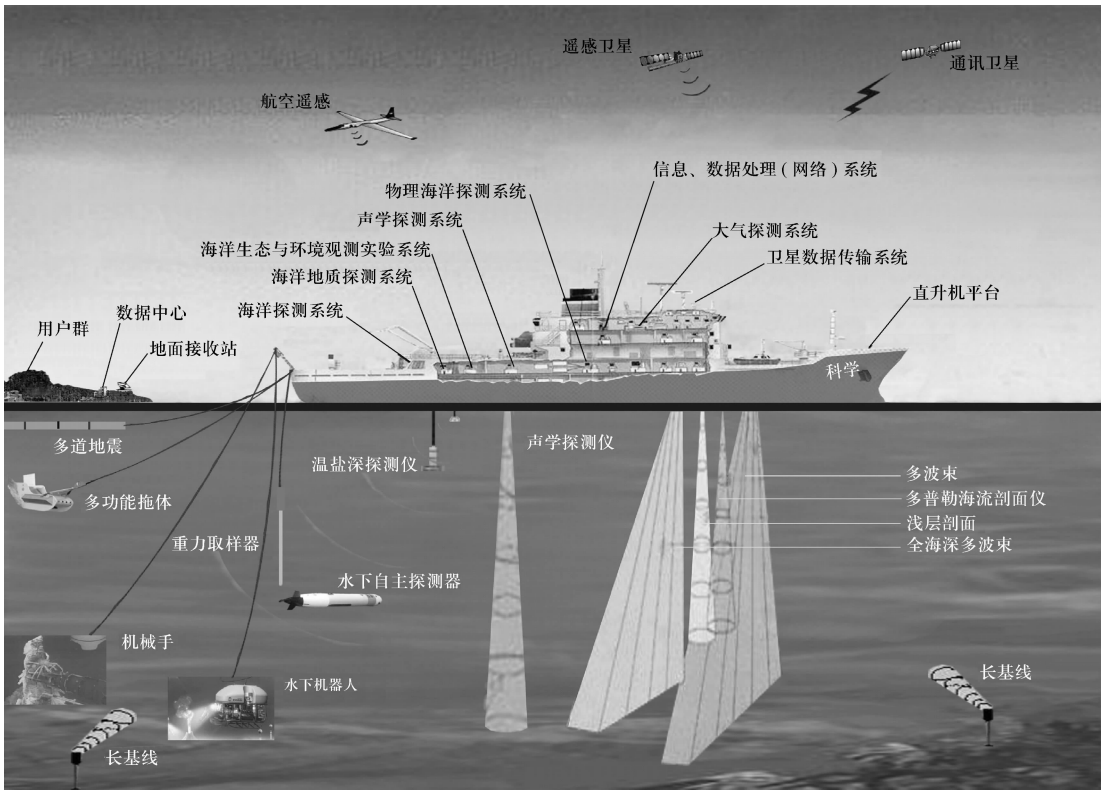


图 3 “科学”与考察船功能示意图

能考虑,经船舶设计部门测算,船舶设计约为 4800 t,船舶总吨位约为 4864 t。针对考察任务对航速、航向、操控能力等船舶性能的要求,船舶动力系统采用电力推进,并配置艏侧推,具备动力定位功能。

船载探测与实验系统主要包括水体探测、大气探测、海底探测、深海极端环境探测、遥感信息现场印证、船载实验以及网络信息等系统;可进行定点和走航式海洋环境参数连续探测,海面常规气象连续探测、海气界面通量探测、海底地形地貌探测、底质采样、地球物理探测、缆控深潜探测与可视取样,并实现考察数据系统集成、现场印证及与陆基实验室的数据传输与处理,以满足低空大气、海面、水体、海底及深海极端环境等基础科学考察的需求。

四、结束语

二十一世纪是海洋的世纪,基于海洋的极端重要性和国内科考船的现状,对科学考察船的需求是强烈的。科考船及配套设备的建设以任务书为基本依据,是一个循序渐进的过程,科学考察活动对船舶性能、船舶设备和调查设备的性能需求往往在动态调整与优化中。为保证建设质量,针对每一艘新建科考船,应成

立精干的由业主专家委员会、用户委员会和设计部门组成的工作组，密切配合，凝练明确科考活动对船舶及设备的需求。

参考文献

1. UNOLS FIC, Class II/III General Purpose Research Vessel Science Mission Requirements for Central Pacific Operating Area, 1996.

2. 阮锐. 我国海洋调查船的现状与展望. 中国测绘学会海洋测绘专业委员会第二十一届海洋测绘综合性学术研讨会论文集. 2009.

3. 张炳炎. “海洋六号”船人性化设计. 中国工程科学, 2011, 123(4): 24-28.

4. 中国科学院新型综合科学考察船设计任务书. 2004.

5. 中国科学院海洋科学综合考察船设计任务书. 2008.



潘锋 1963 年出生，中国科学院计划财务局副局长，中国科学院声学研究所研究员。主要从事水声工程方面的研究工作，研制的多种设备成功用于多种水下机器人系统。曾负责和参加了 10 余项国家 863 计划和其他项目研制工作。先后获得国家科技进步一等奖一次、国家科技进步二等奖一次、军队科技进步一等奖一次、军队科技进步三等奖一次、中科院科技进步特等奖一次、中科院科技进步一等奖一次、中科院科技进步二等奖一次。国家 863 计划“十一五”海洋技术领域专家组成员、“十二五”海洋技术领域海洋环境监测技术主题专家组成员。曾被评为国家 863 计划十五周年先进个人，国防科技工业协作配套先进个人，享受政府特殊津贴。第十一届全国政协委员、中国声学学会第七届常务理事。

我国海洋科学调查船研发现状与需求浅析(摘要)

张福民

中国船舶工业集团公司第708研究所,上海

海洋调查船是一种特殊用途的船型,是落实国家海洋战略与科学发展规划的基础平台。中国曾经历了辉煌的发展年代,现正在进入第二次发展与需求的高峰。要适应战略发展,建立对船型研发的顶层设计,需求、规划与技术落实要能够贯穿始终,尊重科学规律,调动人力资源,加强跨专业协作与技术交流,提高国家整体研究、设计、建造和装备配套实力。使我国海洋调查船的研发能力早日进入世界一流。



张福民 1956年生于苏州。1982年毕业于武汉水运工程学院造船系、船舶设计与制造专业。现任中船工业集团第708研究所船舶总体设计研究员。曾任63米客滚船、“雪龙号”极地科学考察船(改装)、“海洋石油720”(12缆物探船)等多型船设计的总设计师;中国第21次南极考察队员。所设计的小水线面油田交通船曾获部级科技进步一等奖。近年来主要从事公务船(渔政船、海监船)和海洋科学调查船设计,并参加如轻型海洋环境科学调查船、大洋综合资源调查船和载人深潜器支持母船等新船型的前期研究。主要论文有《“新世纪1号”设计之船舶建筑学思考》、《青海湖三星级旅游船项目策划》、《完善海洋安全保障体系建设对装备能力建设与科技发展的影响》等。

美国海洋科学考察船的发展现状及趋势

王海黎

厦门大学海洋与地球学院,厦门

一、前言

在主要的欧美发达国家中,美国的海洋学研究属于起步较早的。1903 年即在西海岸最南部的 La Jolla 建立了斯克里普斯海洋研究所(Scripps Institution of Oceanography,SIO),是该国第一个现代海洋学研究机构。二战期间美国海军在大西洋、太平洋两线同时作战的实际需求,也使得美国的海洋学研究有了突飞猛进的发展,一跃成为海洋科研实力最强的国家。逾 60 年来,与美国全球海洋霸主的地位相对应的,是其拥有的世界上注册数量最多、总体技术水平最先进的海洋科学考察船队。以下将就美国科考船的现状组成、技术特点及其战略规划和管理机制等予以详述。

二、科考船队的组成及现状

美国的海洋科学考察船主要分布于三大领域:

(一) 学术研究型的科考船队(academic fleet)

在美国,服务于海洋学基础研究的科考船,主要分布于大学及科研院所,由大学 - 国家海洋实验室系统共管(University - National Oceanographic Laboratory System,UNOLS)。目前在役的约 20 艘,按照船的大小、续航能力及研究能力,分成四个等级(见表 1):

全球级:船的总长在 70 m 以上,吨位大于 3000 t,具有最强的综合调查能力,能够在全世界所有无冰洋区航行,活动范围可遍布三大洋,该级别科考船有 6 艘,在建 1 艘。

大洋级:长度约 50 ~ 70 m 之间,吨位介于 1000 ~ 3000 t,具备较强的科考能力,同属无限航区,有深海大洋航行能力,但实际活动范围往往局限于某一个大洋,目前有 5 艘,在建 2 艘。

区域级:船的长度更小,约 40 ~ 45 m 左右,吨位 500 ~ 1000 t 之间,主要用于

陆架区域或者专属经济区之内的科学研究,该级别船现有 3 艘,计划建造 3 艘。

近岸级:最小的级别,长度约 20 ~ 40 m,吨位大多小于 300 t。主要用途为支撑运行单位所在(或邻近)的港湾及近岸海域的小型海上科研活动,目前有 6 艘。

表 1 美国 UNOLS 体系下的科考船

运行单位	船名	船东	长度(英尺)
全球级(Global)			
斯克里普斯海洋研究所	MELVILLE (AGOR - 14)	Navy	279
伍兹霍尔海洋研究所	KNORR (AGOR - 15)	Navy	279
华盛顿大学	THOMAS G. THOMPSON (AGOR - 23)	Navy	274
斯克里普斯海洋研究所	ROGER REVELLE (AGOR - 24)	Navy	274
伍兹霍尔海洋研究所	ATLANTIS (AGOR - 25)	Navy	274
拉蒙特地质观测所	MARCUS LANGSETH	NSF	235
大洋级/中型(Ocean/Intermediate)			
夏威夷大学	KILO MOANA (AGOR - 26)	Navy	186
俄勒冈州立大学	OCEANUS	NSF	177
罗德岛大学	ENDEAVOR	NSF	185
斯克里普斯海洋研究所	NEW HORIZON	SIO	170
百慕大海洋研究所	ATLANTIC EXPLORER	BBSR	168
区域级(Regional)			
特拉华大学	HUGH R. SHARP	UD	146
杜克大学/北卡大学	CAPE HATTERAS	NSF	135
莫斯兰丁海洋实验室	POINT SUR	NSF	135
近岸级/小型本地用船(Coastal/Local)			
斯克里普斯海洋研究所	ROBERT G. SPROUL	SIO	125
路易斯安那大学	PELICAN	LUMCON	116
迈阿密大学	F. G WALTON SMITH	UM	96
佐治亚大学	SAVANNAH	UG	92
明尼苏达大学	BLUE HERON	UMD	86
华盛顿大学	CLIFFORD A. BARNES	NSF	66

UNOLS 船队的 20 艘船中,有不少的船东单位属于美国海军或国家科学基金会(National Science Foundation,NSF),特别是较大的全球级和大洋级,几乎都是所有权归属这两家机构的考察船。海军作为船东的多艘研究型科考船,在其内部归属为辅助型海洋科学综合考察船(Auxiliary General – purpose Oceanographic Research vessel,以 T – AGOR 代称,各艘船均赋予 AGOR 序列的编号)。

(二) 美国海洋大气署的调查船队(NOAA fleet)

美国海洋大气署(NOAA)的船队,目前共有 18 艘各型调查船,分布于 10 个母港城市(表 2),是美国民用领域海洋科学研究的另外一支不可忽视的重要力量。NOAA 船队的使命,主要是针对美国的延伸专属经济区(350 海里之内)的海洋与大气综合环境、渔业资源进行业务化的调查,还包括海图测绘任务。

船队的管理归属 NOAA 的海上与航空作业办公室(Office of Marine and Aviation Operation,OMAO),在其东西海岸各建有一个海上作业中心,东岸中心位于弗吉尼亚州的诺福克,支持 10 艘船,西岸中心位于俄勒冈州的纽波特,支持 8 艘船。船队的海上作业后勤保障工作,除了这两个分中心,也根据船只的具体作业地点,就近由分布在以下 5 个城市的后勤基地予以协助:麻省的伍兹霍尔(Woods Hole),南卡罗来纳州的查尔斯顿(Charleston),路易斯安那州的帕斯克古拉(Pascagoula),加州的圣迭戈(San Diego)和夏威夷的檀香山(Honolulu)。

表 2 美国 NOAA 体系下的调查船队

船名	舷号	长度米(英尺)	船宽米(英尺)	吃水米(英尺)	排水量(t)	主要功能
1 级船(Class 1)						
Ronald H. Brown	R104	83.5 (274)	16.0 (52.5)	5.2 (17.0)	3250	海洋与大气环境综合调查
2 级船(Class 2)						
Bell M. Shimada (FSV 4)	R227	63.8 (209)	15.0 (49.3)	8.65 (28.4)	2.479	渔业资源调查
Pisces (FSV 3)	R226	63.6 (208.6)	15.0 (49.3)	8.65 (28.4)	2.479	渔业资源调查
Henry B. Bigelow (FSV 2)	R225	63.6 (208.6)	15.0 (49.3)	8.65 (28.4)	2.479	渔业资源调查
Oscar Dyson (FSV 1)	R224	63.6 (208.6)	15.0 (49.3)	8.65 (28.4)	2.479	渔业资源调查

续表

船名	舷号	长度米(英尺)	船宽米(英尺)	吃水米(英尺)	排水量(吨)	主要功能
Fairweather	S220	70.4 (231)	12.8 (42)	4.4 (14.3)	1800	海图测绘
Miller Freeman**	R223	65.5 (215)	12.8 (42)	6.1 (20)	1920	渔业资源调查
Thomas Jefferson	S222	63.4 (208)	12.8 (42)	4.3 (14)	2238	海图测绘
Rainier	S221	70.4 (231)	12.8 (42)	4.4 (14.3)	1800	海图测绘
3 级船(Class 3)						
Nancy Foster	R352	56.7 (186)	12.2 (40)	3.2 (10.5)	1990	环境监测、渔业资源调查
Gordon Gunter	R336	68.3 (224)	13.1 (43)	4.6 (15)	2301	渔业资源调查
Hi'ialakai	R334	68.3 (224)	13.1 (43)	4.6 (15)	2301	大洋与珊瑚礁研究
Ka'imimoana**	R333	68.3 (224)	13.1 (43)	4.6 (15)	2301	海洋与大气环境综合调查
McArthur II**	R330	68.3 (224)	13.1 (43)	4.6 (15)	2301	环境监测、渔业资源调查
Oregon II	R332	51.8 (170)	10.4 (34)	4.3 (14.0)	952	渔业资源调查
Oscar Elton Sette	R335	68.3 (224)	13.1 (43)	4.6 (15)	2301	渔业资源调查
Okeanos Explorer	R337	68.3 (224)	13.1 (43)	4.6 (15)	2312	海底资源调查
4 级船(Class 4)						
Delaware II**	R445	47.2 (155)	9.1 (30)	5.1 (16.6)	891	渔业资源调查

** :将于 2012 年退役的 4 艘船。

NOAA 船队目前已建和在建的新船有两艘。一艘为渔业资源调查船,Reuben Lasker 号(舷号 FSV-6)。船总长 63.7 m,型宽 15 m,吃水约 6 m,满载排水量约 2480 公吨。进行水文及渔业声学作业时的航速,最高可达 11 节,自持力 40 天,续航力 12000 海里。预计于 2013 年服役。另一艘船是 Ferdinand R. Hassler 号,属最新的 NOAA SWATH 船,由 VT Halter Marine 公司设计和建造。舷号 S-250,刚刚于 2012 年 6 月 8 日服役,主要用于近岸海域的测绘。总长

37.7 m,型宽 18.5 m,设计吃水 3.8 m,排水量 738 吨,809 总吨,经济航速 12 节,续航力 2250 海里,自持力 16 天,定员 14 人(含船员和调查队员)。

(三)美国海军的科考船队

除了 UNOLS 系统的学术研究船,以及 NOAA 管理的民用业务化考察船,美国的海军还直接管理自己的科考船队。海军自管的科考船主要分为两类:一类是海洋调查船(Oceanographic Survey Ships,以 T - AGS 代称),主要开展针对战场环境的声学、生物学、物理及化学的多任务调查;另一类是海洋监视(听)船(Ocean Surveillance Ships,以 T - AGOS 代称),主要用于收集水下声学信息和声监听。美国海军的海上军事补给指挥部(Military Sealift Command,MSC)负责 T - AGS 和 T - AGOS 两类船的运行及日常管理与维护。

目前服役的 T - AGS 主要是 6 艘"探路者"级(Pathfinder class)的综合科考船。这 6 艘(T - AGS - 60 ~ 65)分别于 1994 年至 2002 年期间陆续服役(表 3)。该型船的简要特征及相关的主尺度信息:

- 建造方:美国 VT Halter Marine,船厂位于密西西比州的 Moss Point。
- 动力配置:柴 - 电推进,4 台 EMD/Baylor 柴油主机,总功率 11 425 马力(8.52 MW);两台 GE CDF 1944 发动机,6000 马力(4.48 MW),两台 Lips Z 型全回转舵桨,艏侧推,1500 马力(1.19 MW)。
- 船长:328.5 英尺 (100.1 m).
- 型宽:58 英尺 (17.7 m).
- 满载排水量:4762 吨 (4838.42 公吨)
- 经济航速:16 节 (18.4 mph).
- 定员:28 名文职船员,加 27 名科学家。

表 3 美国海军探路者级调查船的船名及代号

船名	舷号	呼叫代码	MMSI 代号	IMO 代号
USNS PATHFINDER	(T - AGS 60)	NGKK	303925000	IMO#9075199
USNS SUMNER	(T - AGS 61)	NZAU	303872000	IMO#9075204
USNS BOWDITCH	(T - AGS 62)	NWSW	367955000	IMO#9075216
USNS HENSON	(T - AGS 63)	NENB	368920000	IMO#9132129
USNS BRUCE HEEZEN	(T - AGS 64)	NBID	338934000	IMO#9117272
USNS MARY SEARS	(T - AGS 65)	NRFR	303859000	IMO#9207077

在相隔 10 年的停滞之后,最新的一艘探路者级——T – AGS – 66 船于 2011 年 2 月开工建设,该艘船被命名为 USNS Maury,与前 6 艘相比,T – AGS – 66 的主要变化是船的总长增加了约 7 米,主要是为了在船中部增加一个面积约 28 m^2 的月池,用于无人水下潜器(UUV)的收放。

T – AGOS 声学监听船主要发展了两型,均为小水线面双壳体(SWATH)。这类船主要使用被动式拖曳阵监听系统(Surveillance Towed – array Sensor System,SURTASS)进行水下的声学监听。较小的一型为“胜利级”(Victorious Class),该型船的主要技术参数:

- 建造方:美国 McDermott Marine 公司,船厂位于路易斯安那州的摩根市(Morgan City)。
- 动力配置:柴—电推进,4 台 Caterpillar 3512 柴油主机,两台 GE 发动机,双螺旋桨,两台艏侧推,2400 马力。
- 船长:234.5 英尺 (71.48 m).
- 型宽:93.6 英尺 (28.53 m).
- 满载排水量:3384 吨 (3438.14 公吨)
- 经济航速:10 节,拖曳作业船速:3 节
- 定员:19 ~ 22 名文职海员,5 名技术员,外加至多 15 名海军人员。

目前正在服役的 3 艘胜利级船的船名及舷号为:

- 胜利号,USNS Victorious (T – AGOS 19)。
- 精兵号,USNS Effective (T – AGOS 21)。
- 忠诚号,USNS Loyal (T – AGOS 22)。

T – AGOS 较大的一型为“无暇级”(Impeccable Class),该型船除了配备被动式的 SURTASS 监听系统,还配备了低频主动式声呐阵(Low Frequency Active transducer array,LFA)。其主要技术参数:

- 建造方:美国 Tampa 船厂/ Halter Marine。
- 动力配置:柴—电推进,3 台柴油主机,两台威斯汀豪斯(Westinghouse)发动机,5000 马力双螺旋桨,两台 1800 马力 Omni – thruster Hydroject 式艏侧推。
- 船长:281.5 英尺 (85.8 米).
- 型宽:95.8 英尺 (29.2 米).
- 满载排水量:5370 吨 (5456.18 公吨)
- 经济航速:13 节,拖曳作业船速:3 节
- 定员:20 名文职海员,5 名技术员,外加至多 20 名海军人员。

该级船原计划建造 6 艘,最终因预算、对环境的影响等诸多因素,只有首船建成。命名为无暇号,USNS Impeccable (T – AGOS 23)。

三、美国现代科考船的主要技术特点

随着技术的发展与进步,以及海上科学研究及调查活动使命任务的实际需求变化,现代化的科考船的整体功能及其工程化实现也在发生相应的改变。具体到美国各类科考船队,其考察船与调查船的主要技术特色体现在如下几个方面:

(一) 始终遵循分级建造及服役的原则

美国的科考船,在船型开发和建造过程中,往往很少见到一型船只建造一艘的现象,相反,大多是经过一系列完整的论证、设计及相应技术研发,将一个船型成熟、定型之后,成批建造多艘,从而形成"成级服役"的局面。由美国联邦政府机构和军方资采办新船建造,大多采用这类装备及服役模式。过去已有的实例主要有:

UNOLS 的全球级科考船。海军作为船东,在 1969 年前后相继建造了两艘同型船,AGOR - 14(Melville 号)和 AGOR - 15(Knorr 号),分别交由 SIO 和伍兹霍尔海洋研究所(Woods Hole Oceanographic Institution,WHOI)运行和管理。两船在 1991 年前后,又相继进行了同样的中期升级改造,一直服役至现在,已经超过 43 年。20 世纪 90 年代初期,同样是海军采办的新型全球级科考船项目,先设计建造了首船代号 AGOR - 23 的 Thompson 号,由华盛顿大学运行。其后,又于 1996、1997 年前后,相继建造服役了 3 艘姊妹船,分别是:SIO 管理的 Roger Revelle 号(AGOR - 24),功能与 AGOR - 23 类似,侧重水体多学科综合研究;WHOI 管理的 Atlantis 号(AGOR - 25),专门作为载人潜器"阿尔文号"的支持母船,同时具备一定的多学科综合调查能力;另 1 艘为交由 NOAA 管理的 Ronald H. Brown 号(因船东由海军变更为 NOAA,未入海军 AGOR 系列,NOAA 舷号 R104),该船则主要侧重海气界面过程及大气边界层的调查与研究。因这 4 艘在线形、主尺度、总布置、主要设备上基本相同,因此形成了科考船的一个级(AGOR - 23 class)。

UNOLS 新型的大洋级。目前已经结束合同设计、进入建造阶段的两艘大洋级新船,也是海军作为船东,服役后分别交由 WHOI(AGOR - 27)和 SIO(AGOR - 28)运行,形成新级别船,并分别替代将于 2014 年退役的 AGOR - 15 和 AGOR - 14 两艘全球级科考船。

NOAA 的渔业资源调查船(Fishery Survey Vessel,FSV)。同型 FSV 系列,已经建造 4 艘,目前第 5 艘在建(见表 2)。

海军的海洋综合调查船"探路者"级(T - AGS - 60 class)。先行建造 6 艘,

各类技术参数完全相同。在建的第 7 艘 T - AGS - 66,虽然因加入中央月池而加长 7 m,但仍然归入该级。

成级服役的建造模式,其优势主要体现在:有助于在设计及建造技术上有充分的时间予以提高和完善;有多艘船的建造合同,促使中标船厂在建造工艺上精益求精,提高质量;同样配置的设备,可相对降低建造成本;更容易培养一批熟悉同型船、同型设备运行与维护的海上作业技术团队。

(二) 强调作业空间的通用性、灵活性

绝大多数的美国科考船,在设计的时候即强调任一实验室空间均应服务于多种海洋科考作业,体现大且通用的原则,一般只设主实验室、湿实验室、电子(计算机)实验室等少数几类,而不鼓励将实验室归属于某一专业的特定且唯一的需求,从而造成科研空间的过分切割,影响利用效率。作业甲板方面,尽量减少固定安装的设备,使后甲板作业面更宽大、开放。所有实验室尽量布置于主甲板。所有作业甲板和实验室,均沿肋距布设均匀点阵的系固装置(bolt - down),方便集装箱、实验设备和实验桌台在甲板和实验室内的布置,进一步提高灵活机动性。

(三) 注重对新型自主式平台的支撑能力

随着深海技术、材料与加工工艺、微电子技术及自动控制技术的突飞猛进的发展,以往只在海洋石油勘探、军事领域使用的新型自主式水下平台,也已经广泛地应用于各类海洋科学考察活动中,这类自主式平台主要有:有缆遥控潜器(Remotely Operated Vehicle, ROV)、自主(无缆)式水下潜器(Autonomous Underwater Vehicle, AUV)、水下滑翔器(sea glider)和无人机(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)等等。美国的科考船非常重视对这类自主式平台收放作业的支持能力,从技术上讲,主要有:加强作业甲板对移动式收放系统、工作型集装箱实验室的支持;更佳的动力定位性能、水下定位能力、GPS 定位功能和船 - 岸卫星通讯能力;船体结构的新型设计方案,比如最新的 T - AGS - 66 Maury 号海军综合调查船,增加船长,加设月池专门用于自主式平台的收放作业等。

(四) 突出的综合调查能力和科考船整体的性价比

美国在设计和建造科考船时,始终秉承着“不求大,但求能”的宗旨,这个“能”,即是对多学科、多任务的海上综合调查作业,从整体上有很强技术支持和保障能力(highly capable)。因此其各型科考船大多具有较佳的整体性价比。这样的技术特性,是前两方面的技术特色的自然结果,具体表现在:与欧亚各国的

科考船相比较,同样吨位的科考船,一般来说,美国的科考船的综合调查能力更强;反之,实现同样的综合调查功能,美国的科考船可以做到在更小的吨位上予以实现。具体实例有:

1)在建的最新两艘大洋级船(AGOR-27 & 28),总长 71 m,型宽 15 m,吃水 4.5 m 左右,满载排水量仍略低于 3000 t,可以实现续航 11500 海里,自持力 40 天。装备了全水深、中水深两套多波束系统和深水型浅剖,全电力推进,DP-1,35 节风速、2 节流速的 5 级海况下,定位能力在 5 m 以内,带主动运动补偿能力的绞车及舷外作业收放系统,强大的拖曳能力(6 节 5 t、4 节 10 t),可便携 3 只标准尺寸的集装箱实验室,满足 8 节以下航速的低水下辐射噪声要求。由于整体性能突出,两艘船服役后将能够替代两艘即将退役的全球级的科考船。

2)目前在建的阿拉斯加区域科考船(Alaska Regional Research Vessel, ARRV)"Sikuliaq"号,是具有破北极地区当年冰能力的新型冰区科考船。船长约 80 m,型宽约 16 m,吃水约 6 m,设计满载排水量还不到 4000 t。具有 DP-1,8 节船速下满足 ICES-209,安装两套冰级加强的多波束系统和两套 ADCP,装备带主动升沉补偿能力的高性能舷外作业收放系统。在 2 节航速下可破厚度小于 2.5 英尺的当年冰。能够支持高纬度开放海区和季节性薄冰海域的多学科水文、地质、地球物理和渔业资源研究。

3)WHOI 管理的科考船 Knorr 号,排水量仅有 3000 t,却能够实现全世界所有学术型科研船中,最深的长柱状活塞取样能力(46 m)。

4)特拉华大学的 Hugh R. Sharp 号,长度不足 45 m,总吨略小于 500 t,却能够装备和满足:全电力推进,DP-1,8 节航速下满足 ICES-209 低噪声要求,设升降鳍板,可携带 20 英尺标准集装箱实验室。设计服务海区为美国东海岸特拉华及切萨皮克湾附近的河口及陆架区域,而实际上,该船于 2007 年投入运行后,向北作业到达缅因湾,向南做到佛罗里达,最远可达百慕大群岛海域,远远超过了设计的调查能力。

四、美国科考船的特色管理机制体制

与全球其他地区的海洋科考船队相比,虽然从表象上,美国科考船队不仅表现为整体规模的优势,而且在技术上也保持全面的领先,但实际上,长期以来能够形成并维持这样一种局面,在更深的层面上,是因为美国一直坚持的颇具特色的科考船建设及管理体制。这一机制体制的主要特色表现在:

(一)注重长远规划、战略规划

与重视国家层面的海洋发展战略一样,美国对其科考船队的发展目标也常

常预先做出判断和规划,并保持与国家海洋科学的长期规划相一致。这些长期的规划,一般是在每个 10 年、世纪或者千年之交之际予以发布,大部分报告都着眼于至少未来 10 年、甚或是 20 年以后的需求及技术发展。比如:

2001 年,美国的联邦海洋装备委员会(Federal Oceanographic Facilities Committee, FOFC)发表题为"国家学术研究船队未来走向——长期更新计划"的报告[1];

2009 年,UNOLS 发表题为"UNOLS 学术研究船队:持续走向海洋"的报告,对整个船队未来 10 ~ 15 年左右的发展提出了规划[2];

2011 年,整合科学院、工程院和医学院的美国国立最高科学及技术咨询机构——国家研究委员会(National Research Council,NRC)发表题为"2030 年海洋研究及社会发展所需之关键基础设施"的报告[3],其中专辟章节讨论未来 20 年海洋科学考察船的发展方向和建造思路。

(二) 军民结合、寓军于民

美国海洋科考船的建造及更新计划中,海军一直是最重要的项目及工程组织单位,是该项工作的主导者。虽然各型海洋科考船均属于辅助船系列,但是其研发和采办仍然借鉴和沿用了战斗序列舰艇的模式,由海军海洋系统指挥部(Naval Sea System Command,NAVSEA)统一组织实施。船舶建成服役后,运行管理的部门出现了分化——AGOR 系列的科考船,纳入 UNOLS 的学术船队,交由大学或研究院所进行日常管理,这类船同时也执行海军研究部(Office of Naval Research,ONR)资助的公开性质的研究项目,真正从船舶管理及科研项目上同时体现"军民结合、寓军于民"。而 T - AGS 和 T - AGOS 系列,则仍旧划归海军自管,统一由 MSC 运行和管理。但值得一提的是,这两类船的所有船员是纯一色的文职人员,所以从某种程度上也依然体现了"寓军于民"的政策。

(三) 开放的共同体式的船时共享体系

美国的海洋科学考察船,尤其是学术型船队,在船时的管理上是完全开放和共享的,这方面尤其值得一提的是 UNOLS 这一协会共同体性质的船时管理综合协调机构。

1971 年,美国从事海洋科学基础研究的学术单位,为解决无科考船单位使用船时进行海上调查的问题,共同发起成立了 UNOLS。初始只有 18 家研究机构参与,目前已经有 61 家单位加入,遍布包括诸多内陆州在内的 26 个州,以及巴拿马、波多黎各和百慕大等美国海外领地,现有 20 艘科考船进入该开放共享系统。美国各涉海的主要联邦机构,如:NSF、ONR、NOAA、美国地质调查局

(USGS)、矿产管理局(MMS)和海岸警卫队(USCG)共同签署合作协议来支持这个共同体。除此之外,其他联邦机构也为共享船时提供部分的资金,这些机构包括:环保署(EPA)、航空航天署(NASA)、陆军工程局(USACE)和能源部(DOE)等。

UNOLS 的管理职能由其下设的理事会和多个专业委员会具体执行,相关成员多以提名的形式加入和退出,完全义务形式。正式的常设机构只有 UNOLS 办公室,相当于秘书组,负责协调和协助各类会议的召开。目前下设的 9 个委员会是:

a. 极地破冰船协调委员会(Arctic Icebreaker Coordinating Committee, AICC);

b. 深潜科学委员会(DEep Submergence Science Committee, DESSC);

c. 船队改进委员会(Fleet Improvement Committee, FIC);

d. 科考船运行单位委员会(Research Vessel Operators Committee, RVOC);

e. 科考船技术提升委员会(Research Vessel Technical Enhancement Committee, RVTEC)

f. 船时计划委员会(Ship Scheduling Committee, SSC);

g. 海洋航空研究科学委员会(Scientific Committee for Oceanographic Aircraft Research, SCOAR);

h. 马库斯朗赛斯(地震船)科学监督委员会(Marcus Langseth Science Oversight Committee, MLSOC);

i. 海洋观测科学委员会(Ocean Observing Science Committee, OOSC)。

UNOLS 这一综合协调管理体系的主要特点体现在如下方面:

1) 产权、运营权和使用权三者的分离。科考船的产权主要来自于美国海军和 NSF,而运营权分属于各个运行单位,两权是完全剥离的,互不牵扯;而船舶和船时的使用权属于全美所有从事海洋基础研究的科学家群体;

2) 船队运行的经费完全由联邦政府机构来承担,而与运行单位无关。而运行经费不仅仅包括船舶的燃油、滑油消耗,还包括:船舶的日常维修维护和干坞大修、所有船员的薪资及津贴、船只保险、船载探测设备及调查支撑设备的购置与更新、技术人员的职业培训等等。目前 20 艘船的全年运行总经费近 1 亿美元,其中约 2/3 由 NSF 提供,ONR 资助约 1/4,剩余部分由其他联邦机构或者有关州政府支持。这样的资助模式,大大减轻了科考船运行单位的财务负担,因此能够更专注于维持船舶良好的运行状况、极力降低日使用成本(day rate),从而为科学共同体提供最佳的海上调查服务;

3) 所有的船时资源由 UNOLS 统一协调,统一计划,提高了船时的利用效率;

4）几乎所有相关的海洋调查作业均得到了统一协调,比如,上述 a,b,g,h,i 各委员会分别协调极地、深潜、海洋航空、海洋地震及海洋综合观测网的相关专题;

5）船队的技术也得到了协调和统一。如上述 c,d,e 各委员会分别负责船型和装备的改进及更新换代、船舶的安全运行标准及作业规范的制定,以及船上各类技术人员的培训提升等等。

在这样一种机制体制下,与科考船队运行有关的各类资源的使用效率得到了最大化,同时规范了作业,提高了海上调查的安全标准,培养和维持了一只专业过硬的工程技术团队,从而确保了海上科考活动中高质量数据及样品的收集采集能力,为美国在海洋科学及技术诸领域的全面领先提供了整体支撑与保障。

参考文献

1. Federal Oceanographic Facilities Committee. Charting the Future for the National Academic Research Fleet: A Long Range Plan for Renewal. 2001.

2. UNOLS Fleet Improvement Committee. UNOLS Fleet Improvement Plan 2009. The UNOLS Academic Research Fleet: Continued Access to the Sea. University – National Oceanographic Laboratory System, Narragansett, Rhode Island. 2009.

3. National Research Council. Critical Infrastructure for Ocean Research and Societal Needs in 2030. 2011.

我国海洋调查船型研发现状与需求浅析

李小平 等

中国船舶工业集团公司第708研究所,上海

一、引言(海洋调查船神秘多变的面纱)

伴随海洋世纪的到来,海洋调查船正在各国海洋战略与科学发展的舞台上,扮演着举足轻重的角色。由于海洋调查船所执行使命的特殊性和功能的广泛多样性(如海底地形测绘、水文调查、声学监听、航天遥测、电子侦察、地震勘查等等),又由于其调查成果以往多用于军事目的,所以该类船型的技术特点长期不被(或不便被)大多数人所了解。以至于2005年,我国一位著名船舶科技史学家、中科院院士在所写的《轮船史》科普著作中,也未考虑把海洋调查船列为专门的船型来阐述。

而事实上截至2011年5月,全球有43个国家拥有海洋调查船,总数量近千艘[1]。截至2012年6月,全球保有量653艘(近15万总吨);其中在建53艘(包括在中国建造有3艘),中国保有量为49艘[2],位居世界前列。

二、海洋调查船型定义、分类和技术特点

(一)海洋调查船型定义和分类等

1. 定义:"调查船"英文译义有 Research Ship、Survey Vessel、Surveying ship 或者干脆写 Research Survey Vessel。包含有调查船、测量船、研究船、考察船、勘探船之意,中国的确也如此称呼。CCS 的船舶入级标志符号为 Research Ship,归在特种用途船舶一类。可理解为进行调查、测量作业等一类船的总称。

2. 按功能分类:可分为综合型、专业型和特种使命型。综合型如:综合资源调查船、极地考察船、综合研究船;专业型如:地震船、地球物理钻探船、海道测量船、深潜器支持母船、渔业资源调查船;特种使命型如:水声侦听船、电子侦察船、航天测量船等。

3. 按航行海域分级:国外有近海(Regional Class)、大洋(Ocean Class)和全球[含南、北级](Global Class)之分。在南、北极航行的调查船,还可按照规范的

冰级,划分为七个等级。我国则可有沿海、近海、远洋和极地之分。

(二)船型技术特点

1. 船型:目前海洋调查船大都采用单体排水量型,以降低造价,增加续航力与装载量,减少燃油消耗。少量采用双体小水线面(SWATH)型,以提升在风浪中的耐波性,适应海上长期水声监听等功能需求。未来一些专业型海洋调查船也可能采用三体船型等。

2. 船型设计的技术含量:海洋调查船的设计,除满足传统的船、机、电、内装等技术要求外,还需对于声学、振动控制、调查设备、调查作业流程、实验室功能、海上定位、通信导航、计算机网络、船舶减摇性能、海水采集或排放、全船布置协调等有充分、合理的考虑。在安全、环保性能方面,则要求全面满足 IMO 关于海上人命安全公约、国际防污染公约、所到国家水(海)域的特别要求和挂旗国的规定,在中国即需获得 CCS 的认可。因此设计技术含量较高。

3. 排水量、航速、推进形式与功率:沿海、近海的各类调查船,一般为几百吨级至一两千吨。远洋级的各类综合调查船,一般为三千吨至五千多吨。极地破冰型极地考察船,有七、八千吨至一万多吨。日本和美国地球物理钻探船的排水量则超过二万吨。目前,从节能角度出发,总排水量有下降的趋势。航速:以往设计航速达 17、18 节;现在则一般为 14 ~ 16 节,经济航速为 10 ~ 12 节,全船功率有所下降。随着海上定位要求的提高和节能减排的考虑,电力推进形式正被广泛应用。

4. 现代调查作业方式:有单船作业、双船作业、多船作业和利用现代搭载技术进行水下、水面和空中的联合作业。

5. 现代化的调查设备与搭载手段:利用开敞甲板、系固装置、大功率的吊机、绞车、集装箱模块和专用设备;利用现代通信技术、计算机技术、传感器技术、声呐技术、可以在海洋调查船上实现载人深潜器搭载、ROV 搭载、AUV 搭载、无人机搭载;也可以实现长柱状地质取样、海底钻探、多维地震等。目前全球化的调查设备市场,以及各项新技术的交叉,促使现代调查设备性能有了大幅提升,由此也带来现代海洋调查船的技术提升。

三、重温历史:曾经的辉煌

重温历史,我国 50 余年海洋调查船的研发历程,无不是由国家海洋发展战略需求为导向,制定规划,充分论证,层层落实,充分发挥科技人员的创造力,在开拓创新中前进。

自 1956 年制定《1956 至 1967 年海洋科学发展远景规划》后,1957 年,我国

第一艘浅海综合调查船“金星号”在上海改装完成;60 年代初,又有四条军船被船舶产品设计院(708 所的前身),改装为我国第一代海洋地质调查船,分别被命名为“星火 1 号”、“星火 2 号”和“燎原 1 号”、“燎原 2 号”。

1965 年周总理提出尖端武器海上试验任务,1967 开始规划论证、研究需求、实施方案、技术、施工各阶段设计,建造、建成并交船,1980 年完成预定海上试验任务的 718 工程,是 708 所在我国海洋调查船研发方面创造的第一个辉煌时期:“由两艘远洋综合测量船(远望 1 号、远望 2 号)、两艘远洋打捞船救生船、两艘远洋调查船(向阳红 5 号和 10 号)、两艘油水补给船、三艘远洋拖轮、一艘‘德大’号打捞船和六艘 051 型驱逐舰共十八艘舰船组成的海上庞大舰队,从舟山基地出发,浩浩荡荡,驶向太平洋。”[3]进行远程火箭试验的落点测量。5 月 18 日,任务完成:“全国欢腾,举世震惊,大张国威,大振军威。”[2]之后,陆续设计的远望系列航天遥测船、向阳红系列调查船(约 13 艘),成为了中国海洋科学调查船的主力;我国海军系列的调查船,也主要从 708 所诞生。

在此期间,远望系列和向阳红系列的总设计师分别成为科学院和工程院院士,以卓显他们所代表的团队对于国家的巨大贡献。

四、目前的状况与需求

(一) 基本情况

1. 新一轮需求期的到来

毫无疑问,步入海洋时代,是当今国际形势的总特征。无论从政治、经济、军事、海洋科技,还是从国家的可持续发展角度看,海洋对于人类未来的重要性是无法替代的。而深入海洋的第一个平台,就是各类海洋调查船。

我国对新一代海洋调查船的需求增长期正在到来。据不完全统计,近十年来我国共新建(在建)或改造的海洋调查船数量已超过 30 艘(详见表 1)。

表 1 十年来我国新建(在建)或改造的海洋调查船数量

序号	各型海洋调查船名	改装或新建(交付)	船型和功能	船东
1	大洋 1 号	改装 2002	远洋科学考察船	中国大洋协会办公室
2	业治铮号	新建 2004.11	海洋地质科学考察船	青岛海洋地质研究所
3	海监 83 号	新建 2005	海洋监测船	中国海监总队
4	海洋 20 号[2]	新建约 2005	综合考察船	中国海军[2]

续表

序号	各型海洋调查船名	改装或新建（交付）	船型和功能	船东
5	海洋石油 718	改装 2006.1	6 缆物探船	中海油服物探事业部
6	科学 3 号	新建 2006.7	海洋科考船	中科院海洋研究所
7	BGP 东方勘探二号	新建 2006.4	深海 OBC 船	中石油东方地球物理公司
8	BGP 先锋号	改装 2006.12	6 缆物探船	中石油东方地球物理公司
9	BGP 东方勘探一号	新建 2007.1	深海拖缆船	中石油东方地球物理公司
10	远望 5 号	新建 2007.9	航天测量船	远望船队
11	雪龙号	改装 2007.11	极地破冰考察供应船	中国极地研究中心
12	向阳红 9 号	改装 2007.11	潜器试验船	中国大洋协会办公室
13	海洋石油 719	改装 2008.3	8 缆物探船	中海油服物探事业部
14	远望 6 号	新建 2008.4	航天测量船	远望船队
15	北调 991 号	新建 2008.4	千吨级小水线面船	
16	实践 1 号	新建 2009.4	小水线面综合考察船	中科院南海所
17	海洋 6 号	新建 2009.10	天然气水合物调查船	广州海洋地质调查局
18	南峰号	新建 2009.11	渔业资源与环境调查船	水科院南海所
19	海豹六号	新建 2010.4	滩浅海气枪震源船	中石油东方地球物理公司
20	海洋石油 720	新建 2011.4	12 缆物探船	中海油服物探事业部
21	海监 50 号	新建 2011.6	海洋监测船	中国海监总队
22	海洋石油 708	新建 2011.12	深海勘察船	中海油服物探事业部
23	新向阳红 6 号	改装 2012.1	海洋科考船	国家海洋局
24	新科学号	新建 2012.8（预计）	综合考察船	中科院海洋研究所
25	海监 52 号	改装 2012.12（预计）	海洋监测船	中国海监总队
26	向阳红 14 号	改装 2013（预计）	海洋监测船	中国海监总队
27	新 12 缆物探船	新建 2013.3（预计）	物探船	中石化上海海洋石油局

续表

序号	各型海洋调查船名	改装或新建（交付）	船型和功能	船东
28	新向阳红 10 号	新建 2013（预计）	综合海洋考察船	国家海洋局海洋二所
29	新极地考察破冰船	前期设计	极地破冰考察船	中国极地研究办公室
30	3000 吨级海洋科学综合考察船	前期设计	综合考察船	厦门大学
31	新海洋勘察船	在建		中国海洋大学
32	新海洋调查船	前期设计		国家海洋局海洋一所
33	若干	不详		中国海军

2. 需求方归类

我国对于海洋调查船的需求方，主要分属于六大不同的系统或部、局：

① 国家海洋局属下：有海监总队、大洋协会办公室、极地研究办公室、极地研究中心、新建的深海基地研究中心、海洋一所、二所和三所。

② 国家地质调查局属下：有青岛海洋地质研究所、上海海洋地质调查局第三海洋地质调查大队 、广州海洋地质调查局第二海洋地质调查大队等。

③ 三大石油公司属下：有中石油东方地球物理公司、中石化上海海洋石油局、中海油服物探事业部。

④ 中国科学院系统属下：有中科院海洋研究所、中科院南海研究所。

⑤ 教育部属下：有厦门大学、中国海洋大学。

⑥ 其他对若干特种调查船型的需求：中国海军。

其中①和②同属于国土资源部。而水科院南海所则隶属于中国科学院、水利部和电力工业部三重领导。

除海军的执行特种使命调查船情况不详，三大石油公司属下为商业性、专业调查船之外，其他各大部、局对于系统内的船型，都有自我调配、调用或搭载的能力与需求。特别是 2012 年 4 月国家海洋调查船队的成立，为今后进一步提高我国海洋调查船的使用效率，创造了基本的条件。

3. 设计方情况

中国已经具有海洋调查船设计业绩的单位包括：708 所、701 所、702 所、604 院、民营佳豪设计公司、民营上海海乐船舶工程等。其中历史最久、数量最大、船型最多、人员最齐备、硬件条件也较好的，有 708 所、701 所和 702 所。

4. 建造方情况

中国已经具有海洋调查船建造业绩前四位的单位包括:江南造船厂、沪东造船厂、武昌船厂和广州造船厂,近年来新增建造厂还包括上海造船厂、黄埔造船厂、芜湖船厂、葫芦岛船厂、上海立丰船厂和民营浙江太和航运公司等等;近来也有威海某游艇厂为国外建造小型玻璃钢调查船的报道。总之,中国在海洋调查船建造方面,具有良好人力与设备的条件。

5. 经费来源

对海洋调查船的经费投资者,历来是以国家财政拨款为主要来源。然而近一、二年来,在浙江出现了民营投资人参股建造海洋调查的情况。民营投资人主要依靠出租船舶的使用费来收回投资。可见目前我国对于海洋调查船需求之热。

6. 船型研发阶段性成果

从已经建造(或改造)完成的我国海洋调查船的使用性能来看,装载了新一代海洋调查设备后,调查效率、数据采集质量、可以实现的调查(测量)功能都大幅度提升,达到了预期的效果。如:远望系列船的测控水平达到世界一流,服务于"神六"的航天飞行。大洋 1 号自改装以来,已实现多次环球航行,在国际海底资源调查领域,为我国取得突破性进展。2500 吨级实践 1 号小水线面双体船,全面达到设计指标。海洋 20 号参加了今年的国际海道测量船大会。海洋石油 720 号 12 缆物探船,在设计指标、建造工期、数据采集质量和运营经济效益方面都达到了预期的效果。

正在试航的新科学号海洋科学综合考察船,从船型、装备、设计理念到功能考虑,都与世界上最先进的海洋科考船处在同一水准线上。

我国所研发的新一代海洋调查船的功能种类,包含了目前全球对于综合类、专业类和执行特种使命调查船的主流需求,并达到预期的使用效果。因此,在我国海洋调查船型的研发水平、种类和数量方面,我们都正处于一个新的高峰期。某些方面已经领先于世界先进水平。

(二) 对于海洋调查船型需求的进一步分析

毋庸讳言,我们在经济改革与发展的同时,也面临着来自国家外部的竞争、挑战甚至敌视。从长远的战略角度考虑,我国需要发展海洋科技,同时还要进一步增强对于海洋地质、海洋物理、海洋水文、气象、通信等一系列海战场环境的资料掌握。因此,对于新船型的研发要注重:

1. 研发新一代具有先进的通信网络、船载装备或模块化装备的远洋综合调查船。这些船载装备将包括多功能的 ROV、AUV、无人机等等。船上对模块化装备的存储空间要比较大,适应多功能的需求。

2. 军民两用的综合调查船型功能考虑,平时可依托于国家海洋局、科学院和教育部等属下的研究单位或船队,保障科学研究,数据资料军民共享,战时直接用于军事需求。

3. 研发国防需要的调查、测量船,例如 5000 吨级的小水线面船水声测量船、多体船等等。

4. 研发具有破冰能力的各类调查船、测量船、地震船等等。

(三)我国整体上存在的薄弱环节

从整体角度看,我国海洋科学调查船研发,还存在两个薄弱环节:

一是从已经建造的调查船设备选型来看,出于种种原因,重要的调查设备都是依赖国外(德、美、英、法、挪威、荷兰、奥地利等)进口。费用昂贵,维护不便。这些设备包括:回声测深仪、海底浅层剖面仪、浅海多波束系统、深海多波束系统、多普勒声学测流仪、侧扫声呐、高精度远程全球定位系统及导航设备、重力仪、磁力仪、A 型架系统、万米地质绞车、水文绞车、光缆绞车、折臂吊、伸缩吊、采水器、地震信号缆、地震空压机、ROV 等等。

二是目前的船型创新能力较弱。这与我们目前在海洋调查船方面,不太重视宏观考虑、不太重视对调查船型的整体规划和前期研发,也缺乏经常性的海洋界与船舶设计界跨专业交流有关。

现在通常的做法是:研发设计委托方普遍没有预研经费投入,也缺乏提供指导性的规划或者参考原则,往往是在委托方的参与思考下,设计单位反复“失败”后才找到成功的路径,因此研发效率较低。在没有船东委托或者资金到位的前提下,有目标地、深入地研发的可能性较小。

五、对策与方法

因此,对于第一个方面的薄弱环节,要提请国家给予政策倾斜和经费投入,对于调查船所需的重要调查设备加大研发力度,争取早日实现高质量调查设备国产化,以免长期受制于人。

对于第二个方面的薄弱环节,要在国家海洋战略指导下,提请工程院领导开展对于海洋调查船研发的宏观指导,进行顶层设计:规划船型需求,组织跨专业技术合作和经验交流,赢取专项前期经费投入并充分认识其重要性,鼓励创新,有计划地实施对新型海洋调查船前期预研,逐步落实为具体的设计和建造。

长此以往,必将使得我国的海洋调查船研发的进程,走在世界前列。

最近,中国大洋协会办公室在准备申报立项的大洋综合资源调查船、载人潜水器支持母船的研发组织方面,花费约一年时间,自筹经费,组织了全国海洋、船

舶、调查设备研发单位等跨专业人士参与其前期预研,取得了有条不紊的项目推进效果。这不失为一个有益的尝试。

六、小结与建议

海洋调查船研发能力事关国家海洋战略和科技发展,我国有过辉煌的发展时期,目前正在步入新一轮需求高峰,整体研发水平已经上升到一个新的高度。

目前发展的瓶颈主要是重要的调查装备都依赖进口,一旦受到限制,将严重影响我国海洋调查船的调查能力、效率和质量。因此,应该从战略角度对这一问题加以重视和研究,有计划地自力更生、逐渐改变,给予发展政策的倾斜和经费支持。

另外,对于若干特种用途调查船和最先进远洋综合调查船,需要重视顶层设计和战略规划,加大前期研究经费,优化研发流程,注重引领和梳理需求,研究一些新的海洋调查船型。在国家利益的前提下,重塑全国一盘棋的信念与原则。使得国防储备、海洋科技、经济发展和高效管理有机结合。

建议:

- 成立工程院领导下的全国跨系统的海洋科学调查船及装备专业技术委员会,在国家战略与需求的落实之间建立科学的桥梁,统筹发展,促进技术进步。
- 建立具有可操作性的、海洋调查船型研发的顶层设计模式。
- 鼓励预研阶段跨专业的人才交流与合作,设立专项调查船预研经费。
- 建立跨系统、跨行业的海洋调查船设计师、海洋科学家、调查设备工程师、船舶建造工艺师和用户(船东)在内的人才资源库。
- 有计划、有重点地加大对于海洋调查设备的研发投入。
- 以便进一步提升我国的海洋调查船整体研究、设计、建造和装备配套实力,使我国海洋调查船的研发早日全面进入世界一流水平。

参考文献

1. 中国船舶工业集团公司第708研究所. 船舶与近海工程技术救济信息快报. 2011(11).

2. Copyright Lloyd's Register - Fair play. All Rights Reserved: Sea - web Ship Analysis Report - Top 50 Group Owner by Total No. of Ships.

3. 许学彦. 718工程主要三型船研制的经验体会(辉煌航程 - 庆祝建所55周年纪念文集).

专题三

海洋生物资源工程

我国渔业发展展望

赵兴武

农业部渔业局,北京

一、渔业大国地位已经确立,但仍然面临不少困难

新中国成立以来,特别是改革开放以来,经过几代渔业人的不懈努力,我国渔业发展取得了举世瞩目的成就,在众多方面跻身世界前列,创造了世界渔业发展史上的奇迹。一是水产品产量世界第一,2011 年水产品总产量达到 5603 万吨,连续 22 年位居世界首位,占世界水产品总产量的 1/3;二是水产养殖世界第一,我国水产养殖产量占世界水产养殖产量的 70%,也是世界主要渔业国家中唯一养殖产量超过捕捞产量的国家;三是水产品出口世界第一,水产品出口 178 亿美元,占世界的 10 %以上,连续 10 年位居世界首位;四是渔船数量世界第一,拥有渔船 106 万艘,占世界渔船总数的四分之一;五是渔民数量世界第一,渔业从业人员 1400 多万人,占全世界总数的 31%。此外,我国是世界重要远洋渔业国家,拥有 1600 多艘远洋渔船,作业范围涉及 30 多个国家以及大西洋、印度洋和太平洋。我国为世界渔业文明发展做出了突出贡献,2008 年,美国学者莱斯特·布朗博士(《谁来养活中国》的作者)在接受《环球时报》采访时,高度赞扬中国的养殖渔业,他说中国的养殖渔业是对世界的一个重大贡献,养殖渔业效率比较高,是可以减少谷物以换取动物蛋白的方法,是世界上最有效率的技术。我国已经成为名副其实的世界渔业大国。

我国水产品总量虽然世界第一,但是由于人口多,人均水平尽管超过世界平均水平,但与发达国家相比,特别是与渔业发展水平高的国家相比还有一定的差距。渔业大国的地位虽然确立,渔业强国的目标还未达到,特别是地区间差别很大,渔村、渔区经济发展还不平衡,有些渔民生活水平还不高,同时还面临许多新情况新困难和新问题。主要表现在:水域滩涂资源被挤占,水生生物栖息环境被破坏,水域环境恶化,渔业生态安全受到严重威胁;渔业生产单位分散,规模小,从业者素质不高,规模化、集约化、组织化程度低,渔业发展方式难转变;投入少,风险大,渔业基础设施薄弱,防灾减灾能力差;加工装备落后,产品创新能力有待提高;渔船老旧小,安全性能低,耗能高;池塘淤积老化,渔政装备落后;渔民“失

海”、“失水”问题日益突出,合法权益难以保护,渔业政策性保险、渔民生活社会保障制度尚不健全,等等。这些问题和困难,既影响渔业经济持续、平稳、又好又快发展,也严重制约着我国由渔业大国向渔业强国转变。

二、加快现代渔业建设,努力建设渔业强国

《全国渔业发展第十二个五年规划》明确指出,“十二五”渔业发展要以人为本,以安为先,以养为主,坚定不移地保安全、调结构、转方式、促发展、增收入、富人民、打基础、建强国。要更加注重产业发展的安全保障,更加注重水产品质量安全和生态安全,更加注重资源节约、环境友好,更加注重渔民民生,更加注重科技创新和推广应用,更加注重渔业功能和空间的拓展,更加注重国际竞争力提升,加快推进现代渔业建设。因此,“十二五”是我国由渔业大国向渔业强国转变的五年,是为全面实现渔业现代化打下坚实基础的五年。

现代渔业是相对传统渔业而言的,是遵循资源节约、环境友好和可持续的发展理念,以现代科学技术、现代设施装备为支撑,以先进的生产方式和经营管理为手段,以市场机制和政府调控下的产业化经营为途径,形成产业结构合理、科技装备先进、服务保障完善、组织经营高效、生态环境优美、渔区社会和谐的渔业发展格局,实现经济、生态和社会效益的有机统一。“十二五”渔业要按照现代渔业的理念、手段、途径和基本特征,加快建设和发展。

“十二五”渔业发展基本原则:坚持保障供给与提高质量并重;坚持生产发展与生态养护并重;坚持产业发展与渔民发展并重;坚持结构优化与夯实基础相统筹;坚持国内开发与海外拓展相统筹;坚持立足产业与着眼大局相统筹。

“十二五”渔业发展要达到以下目标:到“十二五”末,渔业经济保持平稳健康发展,水产品供给充足,水产品质量安全、渔业安全生产在较高的水平上稳步提高,生产区域布局更趋合理,产业结构进一步优化,水生生物资源养护事业全面深入推进,渔民收入持续较快增长,强渔惠渔措施得到强化,现代渔业的产业体系和支撑保障体系初步建成,实现生产发展、产品安全、渔民增收、生态文明、平安和谐的现代渔业发展新格局,部分渔业发达地区率先实现渔业现代化。

“十二五”渔业发展重点任务:坚持以安为先、以养为主,在提高传统产业发展水平的同时,努力拓展增殖渔业和休闲渔业等新兴产业,着力构建水产养殖业、增殖渔业、捕捞业、加工业和休闲渔业“五大产业体系”,着力构建设施装备、科技创新、资源环保、渔业安全和渔政管理“五大支撑体系”。十大重点任务:大力发展生态健康的水产养殖业;积极发展环境友好的增殖渔业;统筹发展可持续的捕捞业;着力发展先进的水产品加工流通业;鼓励发展文化多元的休闲渔业;加快建设渔业设施装备体系;不断完善现代渔业科技支撑体系;建立健全资源环

境保护管理体系;着力推进渔业安全保障体系;大力强化现代渔政执法保障体系。

“十二五”渔业发展要按照“巩固基础、提升能力、保障发展”的思路,围绕现代渔业建设的重点任务和区域布局,大力组织实施渔政渔港、水产良种化推进、养殖池塘标准化改造、水生动物防疫保障、水产品质量安全保障、远洋渔业拓展、水生生物资源养护和科技创新与应用能力提升等八大现代渔业重点工程建设,不断夯实现代渔业发展基础。

三、推进渔业装备升级更新,加速实现渔业现代化

渔业装备是渔业生产和管理、水生生物资源开发与养护的重要保障,是体现一个国家渔业现代化程度以及海洋实力的重要标志。目前,我国渔业装备总体水平落后,与发达国家相比差距很大,难以适应我国经济快速发展和建设现代渔业的总体要求。推进渔业装备升级更新,有利于促进产业转型升级、扩内需保增长,有利于维护国家海洋权益、开发公海渔业资源,有利于保障渔业生产安全、提升防灾减灾能力,有利于创建节约型社会、推进渔业节能减排战略实施,有利于改善渔民生产生活条件、建设和谐渔区。

今后一段时期我国渔业装备升级更新,将围绕现代渔业中长期发展的战略任务,以“安全、节能、经济、环保、适用”为目标,以改善渔业安全生产条件、实现渔业节能减排、合理利用渔业资源和满足维权护渔需要为着力点,加强渔业装备创新能力建设,加速新技术、新材料、新能源的推广应用,提高渔业装备研发与建造水平,全面提升我国渔业装备整体水平,为实现渔业现代化提供装备保障。

坚持因地制宜、分类指导,重点突破、梯次推进,统筹规划、协调发展,科技先行、创新发展的原则,以渔船装备升级为重点,计划用 10 年左右的时间,攻克制约我国渔业发展的关键装备技术难点,逐步推进渔船及装备、深水网箱、海水工厂化养殖等渔业装备更新改造,改变我国渔业装备落后状况,提升渔业现代化水平。

渔业装备升级更新的重点任务:一是以远洋渔船现代化、南沙渔船升级改造、木质渔船玻璃钢化为重点,推进渔船标准化改造;二是加快渔政船和科学调查船建造,满足不同水域渔业执法和维护国家海洋权益的需要,提高对渔业资源与环境调查、监测、评估能力;三是大力推进养殖装备技术升级;四是加强渔业装备研发设计能力建设,开展各类渔船船型、装备和捕捞渔具、养殖装备等研究与设计,优化设计出安全可靠、性能优良、节能环保、资源友好、先进适用的渔业装备。

为推进渔业装备升级更新,一要加强组织领导,统一思想,提高认识,凝聚力

量;二要构建多元化投入格局,把升级更新作为一项惠渔工程;三要完善管理政策法规,研究鼓励与限制政策,建立补贴机制、报废和淘汰制度;四要加强研发人才队伍建设,形成高素质、多层次、结构合理的科研条件创新团队。



赵兴武 1956 年出生,辽宁省建平县人,毕业于辽宁大学,经济学硕士。1982 年 2 月参加工作,曾任中共辽宁省朝阳市双塔区委副书记、朝阳市委组织部副部长。1995 年起任辽宁省人民政府办公厅副主任,1997 年兼任辽宁省人民政府接待办主任,2000 年 11 月任中共辽宁省阜新市委副书记,2005 年 6 月任辽宁省海洋与渔业厅厅长、党组书记,2010 年 12 月任农业部渔业局局长。

海上养殖网箱动力特性的数值模拟方法

董国海 等

大连理工大学海岸和近海工程国家重点实验室,大连

一、前言

由于近海海洋环境破坏严重,养殖区环境污染和病害问题日趋突出,导致养殖鱼类品质下降,死亡率不断增高。为此,将网箱养殖业从内湾、近海向外海或深海发展已成为一种必然选择。然而外海水域的海况复杂,深水区浪高、流急,网箱系统必须有抵抗大浪、强流的能力。这也使深海网箱抗风浪和耐流技术的解决成为制约深水网箱养殖的主要技术瓶颈,而深水网箱系统的水动力特性研究是解决这一技术瓶颈所必需的基础性研究。从海洋工程的科学技术发展来看,深水网箱是特种海洋工程结构物,它完全不同于通常用于港口、海上油田等的海工结构物。这种大变形、柔性、锚碇,浮式结构水动力学特性的研究是海洋工程中一个亟待深入研究的新领域。

国外深水网箱已有 20 ~ 30 年的研发历史,其中挪威、美国、日本和俄罗斯等 4 国基本上代表了世界网箱工程的发展水平。国外新型网箱都须经过模型试验、数值模拟和现场验证才能得以推广。我国深水网箱研究从“十五”期间开始,经过 10 多年的发展,在抗风浪和抗流性能研究方面取得了长足进步,在网箱结构水动力学研究方面取得了较大的突破。但在理论研究的系统性和数值模拟技术等方面,与国外网箱知名研究机构如美国新罕布什尔大学(UNH)、挪威科技大学(NTNU)等相比,仍有很大差距。

目前国内外很多学者致力于网箱水动力学研究,并且提出了很多解决网箱物理模型试验和数值模拟问题的可行性方法,具有很大的借鉴价值。物理模型试验研究包括:采用频域分析技术对各种网箱系统的受力和运动响应进行分析[1-3];对一种特定型式的圆筒形网箱的研究[4];探讨外海养殖系统的设计和操作,并对重力式、碟形、拟碟形、锚拉式、固定板框式等多种型式的网箱在波浪和水流作用下的特性进行比较[5-7];对重力式网箱和碟形网箱在波浪和水流作用下的锚绳受力特性及运动特性的研究[8,9];碟形网箱、拟碟形网箱和四点锚碇重

力式网箱的水动力特性的研究[10,11]。数值模拟研究包括:采用等效网单元模型对网衣系统进行等效合并,然后通过有限元方法求解网衣运动方程,并将研究成果成功应用于张力腿网箱的数值计算中[12];采用商业软件如 ABAQUS™ 中的相关模块进行了网箱水动力特性的模拟[13];对网衣在水流作用下的变形研究[14]。利用集中质量方法建立数学模型,对平面网衣和四点锚碇圆形重力式网箱在波浪和水流作用下的水动力特性进行数值模拟研究[19,20]。

本文对抗风浪网箱水动力特性研究中的数值模拟方法进行系统的介绍,对课题组多年来在深水抗风浪网箱数值模拟研究方面取得的创新成果进行总结,以期相关成果为解决制约网箱发展的主要技术瓶颈提供工程理论和技术方法上的参考。

二、数值模拟方法

网箱由浮架系统、网衣系统、配重系统和锚碇系统组成(图 1)。在水流和波浪作用下,网衣和浮架系统是重力式网箱最主要的受力部件,受力后将力传递给锚碇系统;同时网衣和浮架系统的模拟也是重力式网箱数值模拟中的关键问题。下面对网衣、浮架系统、整体单个网箱、多体组合式网箱以及网衣周围流场的数值模拟方法进行简要介绍和概括。

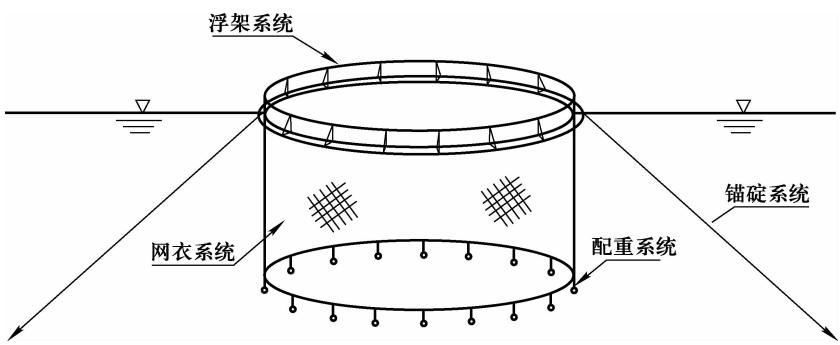


图 1 重力式深水网箱结构示意图

(一) 网衣模拟

对于网衣的模拟,这里采用集中质量的方法。假定网衣是由有限的无质量弹簧连接的集中质量点所构成(图 2),通过计算集中质量点在水流和边界条件作用下的位移,来得到网的形状。关于该数值模型的详细介绍可参考文献[20-23]。在本模型中集中质量点设于每个网目目脚的两端和中间。

利用本数学模型得到的模拟结果与物理模型实验结果符合良好。和国外相

关计算方法比较,在水流条件下本数学模型的计算结果在计算精度上要优于国外模拟结果(见图 3 和 4),在波浪条件下网衣动力响应的全时域数值模拟此前在国内外尚属首次。特别是,研究中首次发现了波浪作用下网衣结构水动力系数取值方法,解决了波浪作用下网衣数值模拟中的关键问题。

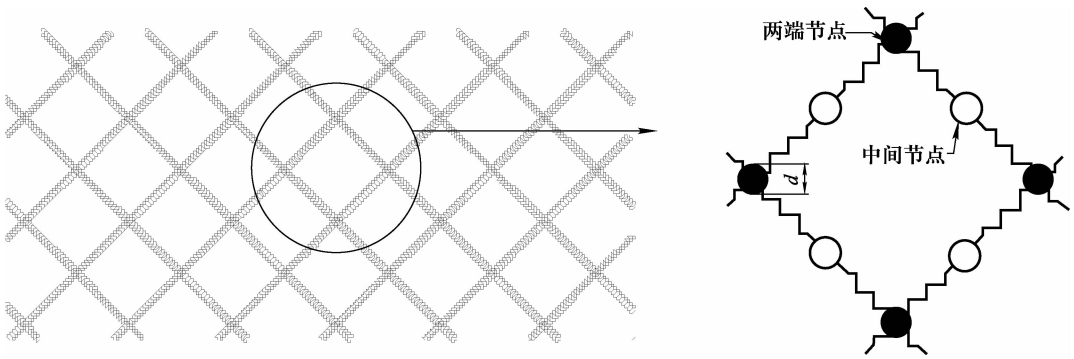


图 2　网衣模型示意图

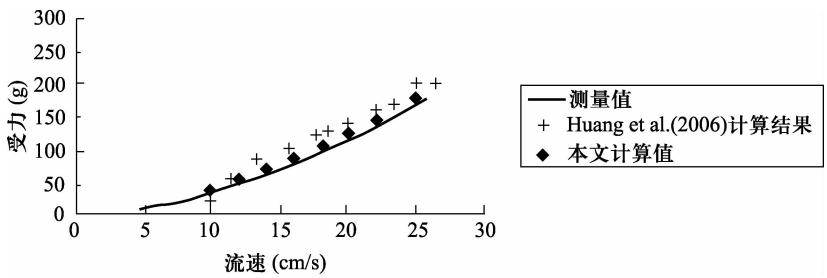


图 3　计算值、试验值和他人计算结果的比较

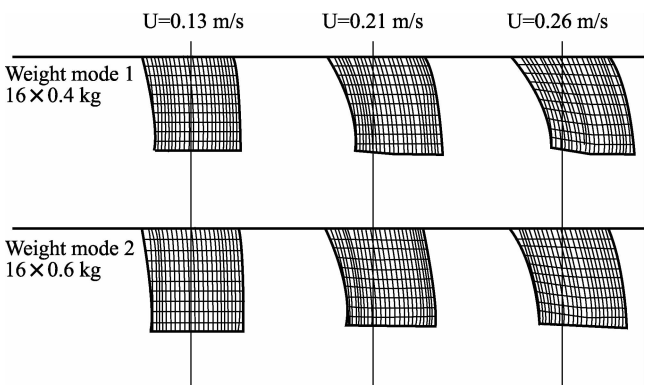


图 4　水流作用下网箱变形数值模拟结果

(二)浮架模拟

将浮架系统简化为一个双排浮管结构来模拟[24,25],如图5。在计算浮管受力时采用在浮管上划分微元的方法,通过累加每个微元上的外力来得到浮管上的总外力值,如图6。利用刚体运动学原理,建立浮架运动方程,来求解浮架上任意点的在各个时刻的位移和速度。

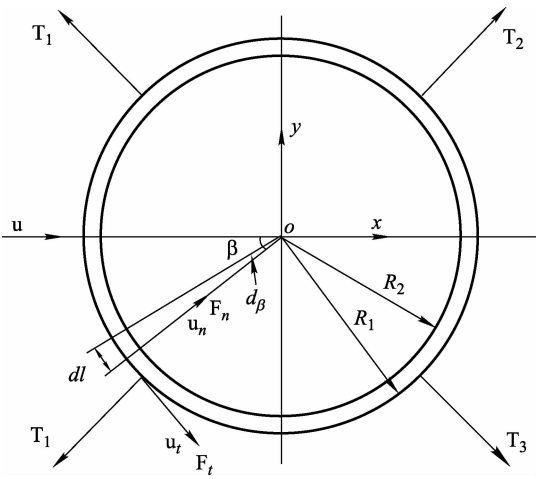


图5 浮架结构示意图

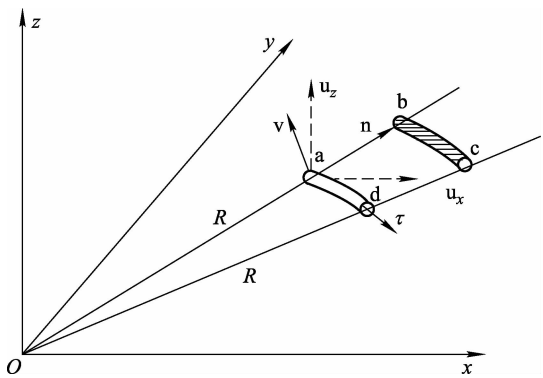


图6 浮架微元示意图

构成浮架系统的浮管相对波浪参数而言属于小尺度结构物,计算浮架受力的主要方法是Morison方程直接求解,但水阻力系数将与完全浸没于水中的普通小尺度杆件不同,水阻力系数的正确选取是计算作用于浮架上的波浪力和水流力的关键。为了获得小尺度漂浮结构物在波浪条件下的水动力系数,可以将网箱浮架系统简化为一刚性直杆,采用数值模拟结合物理模型试验的方法获得不同波浪条件下水阻力系数的取值[24]。

浮架的运动可视为刚体运动,其运动方程可由刚体运动学原理得到,如下式:

$$\sum_{j=1}^{6} M_{kj}\ddot{\xi}(t) = F_k(t) \quad (k = 1-6) \tag{2}$$

式中:M_{kj}——6×6的质量矩阵;$F_k(t)$——t时刻浮架所受合力和力矩;$\ddot{\xi}(t)$——浮架的加速度。

公式(2)为二阶常微分方程组,利用四阶龙格库塔方法求解方程组可得到浮架任意时刻的3个平动位移和3个转角。以上为刚性浮架系统受力运动计算方法,实际应用中浮架系统是具有弹性的,通过在计算中增加弹性控制方程可以

实现浮架弹性的模拟,具体方法可参考文献[25]。

(三)整体单个网箱模拟

在重力式网箱的主要部件网衣系统、浮架系统和锚绳系统的受力和运动方程建立的基础上(锚绳模拟和网衣类似),可将网衣、浮架和锚绳初始网格点坐标作为运动方程的初始条件,通过对网衣、浮架和锚绳系统运动微分方程联立求解来达到对整体网箱的模拟。

针对单体重力式网箱,目前已实现其在水流、波浪(规则和不规则)以及波流联合作用下的数值模拟[26-29],并利用物理模型试验结果对数值模型的可靠性进行了验证。图 7 为利用数值模拟方法得到的重力式网箱在波流联合作用下的运动结果。

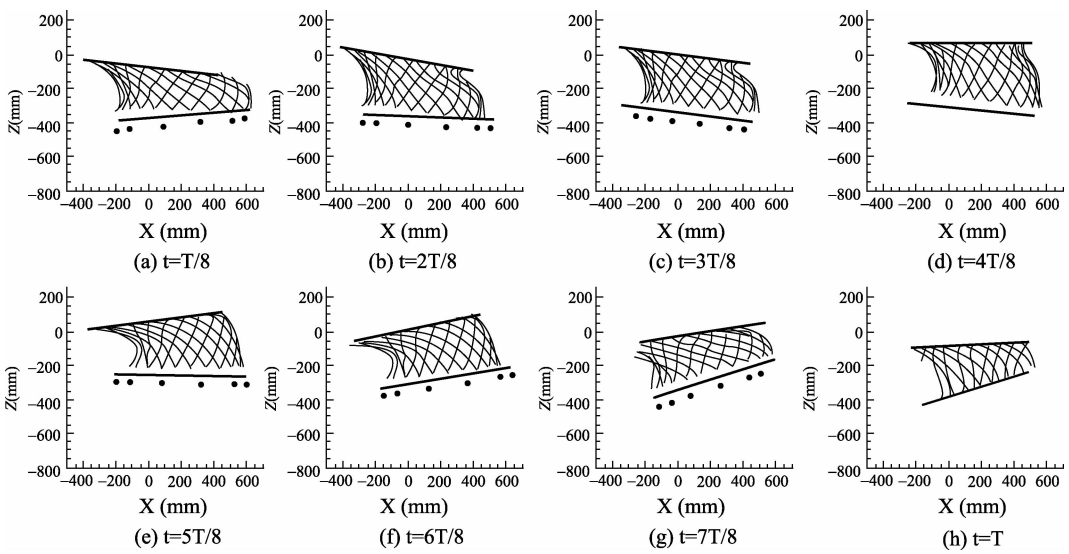


图 7 重力式网箱波流联合作用下的数值模拟结果

(四)多体组合式网箱模拟

在单体网箱水动力特性成果模拟的基础上,应用集中质量法及刚体运动学原理建立组合式网箱系统运动的基本方程,提出求解组合式网箱系统运动响应的数值计算方法,结合水槽试验,对数值模拟方法和结果进行验证[32]。

研究通过数值模拟的方法,获得了波浪和水流作用下各类锚绳的受力特性与相互关系;分析了网格大小、网格水下深度、锚点数量和波流入射方向对锚绳力、浮架运动及网衣变形的影响;比较了网箱纵横向组合方式、组合个数以及组合排数对锚绳受力、浮架运动和网衣变形的影响。研究结果为网箱的组合形式优化提供理论依据。图 8 为波浪不同方向入射时网箱锚绳力分布计算结果。

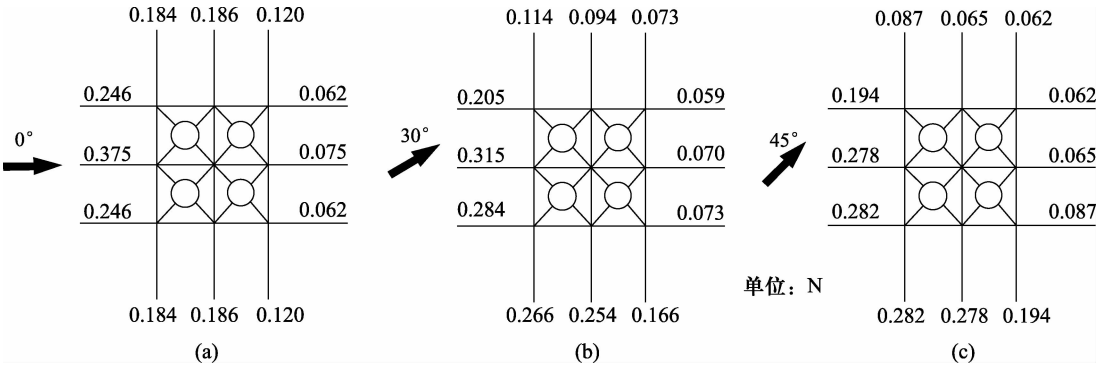


图 8　波浪不同方向入射时网箱锚绳力分布计算结果

(五) 网衣周围流场模拟

在深水网箱养殖过程中,箱内水体的流动与鱼类生长密切相关。箱内水体的流速大小决定了网箱内部水体的交换速度,对箱内水质环境影响显著,因此网衣的减流作用备受关注。在网箱水动力数值计算中,网衣的减流效应同样受到关注,诸多研究表明,网衣的受力一般与流速的二次方成正比,即使存在较小的流速差异,也可能导致较大的受力误差,因此在网箱的受力数值计算中,网衣对流速的衰减效应不可忽略。这里将网衣结构简化为一个多孔透水板,利用计算流体力学的方法对网衣周围的流场进行了数值模拟[30,31]。图 9 和 10 为利用数

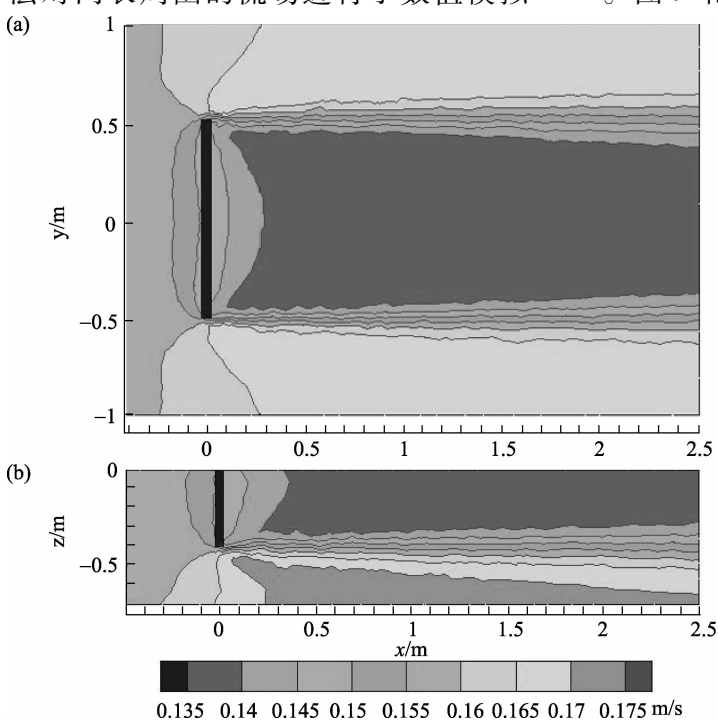


图 9　平面网衣周围流场模拟结果

值模拟方法得到的水流通过单片网衣和整体网箱结构其流场变化的模拟结果。

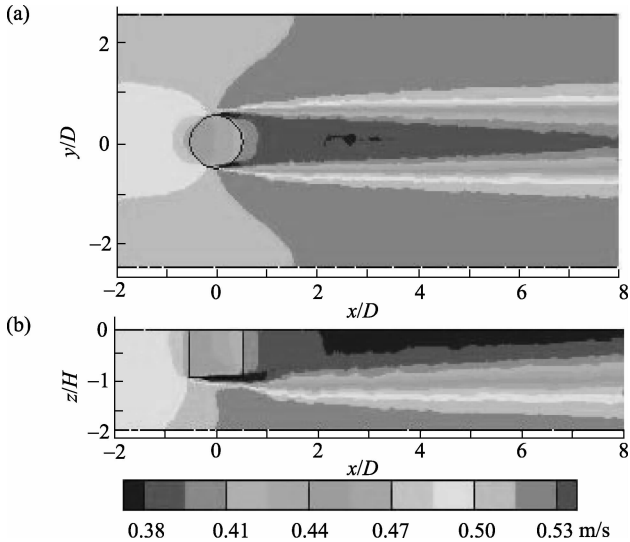


图 10　整体网箱周围流场模拟结果

三、总结

本文总结了大连理工大学网箱研究课题组近年来在深水网箱动力特性数值模拟研究的进展情况，其中，主要创新成果归纳如下：

（1）提出了计算波流作用下柔性网衣系统受力、运动和变形的三维全时域模拟方法，同时实现了网衣周围流场分布特性的三维数值模拟。

（2）探明了浮架结构的水动力系数取值和波浪力计算方法，提出了波浪作用下浮架系统受力、运动和弹性变形的耦合计算模型。

（3）建立了完善的重力式整体网箱在水流、波浪（包括规则和不规则波浪）和波流联合作用下动力响应计算模型，实现了单体重力式整体网箱受力、运动和变形的三维全时域数值模拟。

（4）建立了波流作用下多体组合式网箱的动力响应特性计算模型，开展了不同组合形式下网箱动力特性与结构优化研究。

研究工作虽然在基础理论、物理模型试验、数值模拟等方面取得了很大的进展，也获得了若干具有创新意义的成果，但由于深水抗风浪网箱属于漂浮小尺度柔性海洋结构物，其水动力特性相当复杂，且研究时间相对较短，因此，课题组及国内同行仍有大量值得深入研究的内容，主要表现在（但不限于）：新型网箱结构，CCD 动态图像处理的三维分析试验技术，深水网箱的可视化 CAD 辅助设计软件开发等。

参考文献

1. Linfoot B T, Hall M S. Analysis of the motions of scale – model sea – cage systems [C] // In: IFAC Symposium: Aquaculture'86. Norway, Trondheim, 1986.

2. Linfoot B T, Cairns J, Poxton M G. Hydrodynamic and biological factors in the design of sea – cages for fish culture [J]. In: Engineering for Offshore Fish Farming. Thomas Telford, 1990: 197 – 209.

3. Reville K M, Hall E I, Ronning B. The design and modeling of a flatfish sea cage [J]. Design project. Dept. of Civil and Offshore Engineering. Heroit – Watt University. Edinburgh Scotland, 1995.

4. Best N A, Goudey C A, Ericsson J D. Model tests of the Sea Trek Barrel cage [R]. In: Open Ocean Aquaculture, New Hampshire/Maine Sea Grant college Program Rpt, 1996: 399 – 419.

5. Loverich G F, Croker T R. Ocean Spar net pen systems: 32 months of offshore operations [C] // Fish Farming Technology Conference, Tronheim, Norway, August, 1993.

6. Loverich G F, Gace L. Design and operation of an offshore sea farming system [R]. In: Open Ocean Aquaculture, New Hampshire/Maine Sea Grant college Program Rpt, 1996: 495 – 512.

7. Loverich G F. A summary of the case against the use of gravity cages in the sea farming industry [EB/OL]. http://www.oceanspar.com/camriyer.html, 1997.

8. Fredriksson D W, Muller E, Swift M R, et al. Physical model tests of a Gravity – type fish cage with a single point, High tension mooring [C] // Offshore Mechanics and Arctic Engineering' 99. Proceeding of the 18th International Conference, Newfoundland Canada, AMSE, 1999.

9. Fredriksson D W, Swift M R, Muller E, et al. Open ocean aquaculture engineering: system design and physical modeling [J]. Mar. Tech. Soc. J. Washington D. C., 2000, 34(1): 41 – 52.

10. 李玉成, 等. 碟形网箱水动力特性的研究[J]. 海洋工程, 2004, 22(4): 19 – 25.

11. 李玉成, 等. 重力式与碟形网箱的锚绳力特性比较[J]. 海洋工程, 2005, 23(4): 15 – 20.

12. Tsukrov I, Eroshkin O, Fredriksson D, et al, Celikkol B. Finite element modeling of net panels using a consistent net element [J]. Ocean Engineering, 2003

(30):251 -270.

13. Gignoux H,Messier R H. Computational modeling for fin - fish aquaculture net pens[J]. Oceanic Engineering International,1999,3(1): 12 -22.

14. 万荣, 等. 养殖网箱耐流特性的计算机数值模拟[C]. 第一届海洋生物高技术论坛论文集,舟山. 2001: 361 -365.

15. 李玉成,等. 深水养殖网箱试验中的网衣相似准则的应用[J]. 中国水产科学,2005,12(2): 179 -187.

16. 桂福坤,等. 网衣受力试验的模型相似条件[J]. 中国海洋平台,2002,17(5):22 -25.

17. 桂福坤. 深水重力式网箱水动力学特性研究[D]. 博士学位论文. 大连: 大连理工大学,2006.

18. Gui F K,Li Y C,Dong G H,et al. Application of CCD image scanning to sea - cage motion response analysis[J]. Aquacultural Engineering,2006,35: 179 -190.

19. Li Y C,Gui F K,Song F. Comparison on the mooring line force and cage movement characteristics of gravity and sea staion cages[C]// Proceedings of the Fifteenth Internation Offshore and Polar Engineering Conference. 2005,Seoul,Korea: 187 -193.

20. Li Y C,Zhao Y P,Gui F K,et al. Numerical simulation of the hydrodynamic behavior of submerged plane nets in current[J]. Ocean Engineering,2006,33(17 -18): 2352 -2368.

21. Zhao Y P,Li Y C,Dong G H,et al. Numerical simulation of the effects of structures ratio and mesh style on the 3D net deformation of gravity cage in current [J]. Aquacultural Engineering,2007,36(3): 285 -301.

22. Zhao Y P,Li Y C,Dong G H,et al. An experimental and numerical study of hydrodynamic characteristics of submerged flexible plane nets in waves[J]. Aquacultural Engineering,2008,38: 16 -25.

23. 赵云鹏,等. 水流作用下重力式网箱网衣张力分布[J]. 渔业现代化,2008,35(6):5 -8.

24. Li Y C,Gui F K,Teng B. Hydrodynamic behavior of a straight floating pipe under wave conditions[J]. Ocean Engineering,2006,34: 552 -559.

25. Dong G H,Hao S H,Zhao Y P,et al. Elastic responses of a flotation ring in water waves[J]. Journal of Fluids and Structures,2010,26(1): 176 -192.

26. Zhao Y P, Li Y C, Dong G H, et al. Numerical simulation of the hydrodynamic behavior of gravity cage in waves[J]. China Ocean Engineering,2007,

21(2): 225 - 238.

27. Zhao Y P, Li Y C, Dong G H, et al. A numerical study on hydrodynamic properties of gravity cage in combined wave - current flow. Ocean Engineering, 2007, 34(17 - 18): 2350 - 2363.

28. Dong G H, Xu T J, Zhao Y P, et al. Numerical simulation of hydrodynamic behavior of gravity cage in irregular waves[J]. Aquacultural Engineering, 2010, 42(2): 90 - 101.

29. Zhao Y P, Li Y C, Dong G H, et al. Wave theory selection in the simulation of gravity cage[C]// Proceedings of the Seventeenth (2007) International Offshore and Polar Engineering Conference. Lisbon, Portugal. July 1 - 6, 2007: 2222 - 2228.

30. Gui F K, Li Y C, Zhao Y P, et al. A model for the calculation of velocity reduction behind a fishing net[J]. China Ocean Engineering, 2006, 20(4): 615 - 622.

31. 赵云鹏,等. 平面网衣周围流场的三维数值模拟. 水动力学研究与进展, 2011, 26(5): 606 - 613.

32. Dong G H, Xu T J, Zhao Y P, et al. Numerical investigation of the hydrodynamic behaviors of multiple net cages in waves. Aquacultural Engineering, 2012, 48: 6 - 18.



董国海 博士,教授,1965 年生,长期从事海洋工程领域的研究工作。现任大连理工大学建设工程学部教授、博士生导师、水利工程学院院长、海岸和近海工程国家重点实验室主任;中国海洋学会理事、辽宁省海洋学会副理事长;国家自然科学基金专家评审组成员;水利工程仿真与安全国家重点实验室、海岸和近海工程国家重点实验室、山东省海洋工程重点实验室学术委员会委员;《海洋工程》理事会副理事长;《Ocean Systems Engineering》、《Water Science and Engineering》、《计算力学学报》等期刊编委。主持国家“973”课题、国家自然科学基金等 30 多项课题。发表学术论文 156 篇(国际期刊论文 35 篇);获得国家科技进步三等奖 1 项(排名第 2)、教育部自然科学二等奖 2 项(第 1、第 3)、教育部科技进步二等奖 2 项(第 1、第 2)。

发酵过程的工程学研究与技术进展

张嗣良

华东理工大学生物反应器工程国家重点实验室,上海

发酵工程是利用微生物进行大规模生产的工程技术,属于微生物学与工程学相结合的以产品生产为导向的一门应用技术领域。因此,如果要深入研究发酵过程原理,实现发酵工程优化与放大,必须有深入的生物学和工程学研究基础。本文讨论发酵工程的基础理论研究及其对产业应用的重大影响。

发酵过程中微生物细胞生命活动的基本特征是微生物学研究的内容。长期以来,人类高度重视微生物的作用,从发酵现象的发现到人类的早期应用,以及微生物的存在和发酵过程的酶学机制确证,由此形成了微生物学研究的重要内容。而工程学强调的是工程放大后的对象特性,它解决的是过程优化和放大问题,在方法学上强调通过简洁的工程归纳或模型来解决所遇到的工程问题。正如牛顿定律所述的作用力与物体运动的关系,可以认为牛顿是从工程学角度分析归纳了这些现象,才得出了牛顿定律,由此使各种涉及力学与运动学的工程问题研究发生了质的变化。

早期的微生物学主要研究的是微生物形态学与细胞结构、以营养学为基本内容的微生物生理学和分类,这些研究为发酵工程研究提供了重要的生物学依据。而发酵工程研究中过程优化的本质则是通过控制发酵罐中的操作参数,为微生物提供一个最有利于产物合成及积累的培养环境。宏观环境和动力学参数的寻优是常用的优化和控制方法。这种优化方法就是将化学工程的动力学理论与方法引入到发酵过程研究,把发酵过程看作一个总的宏观化学反应,研究这个宏观化学反应的反应速率和各种因素的关系。因此,当时的工程学方法基本上是建立在以宏观动力学为基础的经典工程学和以化学计量学和热力学研究的基础上的。

长期以来,微生物反应动力学是发酵过程优化研究的核心内容,主要研究生物反应的速率及其影响因素,发酵过程优化时强调操作参数(温度、pH、溶解氧、培养基配方)的最佳化。首先要研究的是本征动力学,为此,关于微生物反应动力学提出了许多数学模型,其中有些是经验模型,有些是机理模型。为了解决工程实际问题,这种微生物动力学研究逐渐发展成生物反应工程,形成了生化工程

的一个重要分支。化学计量学主要研究有关发酵过程中反应组分组成变化的规律,考虑到碳、氢、氧、氮等元素的守恒,可以把生物反应器中微生物细胞活动用化学元素的平衡式来表示。在使用时可以用总化学计量方程来对整个发酵过程进行宏现处理,并不需要了解微生物细胞中生命活动的细节。热力学研究只强调系统的起始态和终止态,给出反应可能进行到的最大程度。在发酵工程中常以得率系数概念、比生长速率、比生产速率等对各种基质形成菌体或产物的潜力进行评价,并进一步进行定量分析。

随着计算机技术的迅速发展,各种生物反应过程已普遍采用计算机在线控制,在反应器上又进一步配置了溶解氧电极、pH 电极,甚至排气氧和二氧化碳浓度测量装置,建立了以过程动力学为基础的数学模型,又引进了一系列现代控制理论,其中有静态和动态优化、系统识别、自适应控制、专家系统、模糊控制、神经元网络、直到各种混沌现象的研究,也有采用“智能发酵”的提法,即以模仿人的思考和逻辑处理问题,实现过程优化。以上述动力学为基础的发酵过程优化为细胞大规模培养技术研究的深入开展以及提高对发酵工程学术研究水平起了很大的推进作用。但是,在实际发酵过程应用中有很大局限性,效果不明显。存在的主要问题是优化得到的结果的可靠度低,难以重复。

分析认为,造成上述问题的一个重要原因是由于以微生物细胞为主体的发酵过程的产品生产实际上是以细胞代谢为核心的生命过程,具有高度复杂性和典型的非线性特征,以环境操作参数的检测与控制为目的的宏观动力学研究并不能真正针对生物细胞体内的本体特征进行过程优化。有研究者提出,应该结合发酵过程中参数相关的代谢特性,系统地分析细胞的代谢变化,强调细胞的生理状态、参数相关是生物反应器中物料、能量或信息传递、转换以及平衡作用的结果。尽管其微观影响因素也许只是发生在基因、酶、细胞或反应器水平的某一个尺度上,但最终会在宏观过程中有所反映,这就为我们研究生物反应器中不同尺度的数据关联分析方法提供了线索。

此外,另一个重要问题就是环境组学的提出与研究。由于环境与基因组决定了细胞的表型特征,细胞的表型不仅与基因组密切相关,也与细胞所处的微观或宏观环境条件(营养种类及浓度、pH、温度、溶解氧、生物反应器的混合与传递特性等)密切相关。对于生物反应器内的微生物发酵体系,微生物以及外在环境(生物反应器内)构成了一个相对封闭的生态系统。工业发酵过程优化就在于构建一种外在环境,使微生物的基因表达及代谢调控最有利于某种目的产物的生物合成,从而最大限度积累这种目的产物。为此,我们把生物反应器中微生物发酵体系作为相对封闭的生态系统,用系统生物学的方法来研究微生物细胞内在的生理活动、微生物细胞之间的相互作用以及微生物与外在环境间的相互作

用关系。也就是说,要开展过程优化中的分子生物化工研究,打通过程变化与分子机制的联系。由此可见,有关现代生物学和生物技术的研究是发酵工程深入发展的最重要的科学基础。不同产品合成的代谢调控特性不同,以及基因改造后引起代谢网络系统变化的复杂问题,建立在分子生物化工研究基础上的过程优化的目标就是在各种组学研究的基础上,根据不同的产物代谢特性,进一步在反应器操作条件下研究环境条件对产物合成的影响,实现过程最优控制。

但是发酵过程优化的目标是全局优化,高度分支的生命科学研究只是解决了局部的或某一时段的科学问题,因此如何在细胞内成千上万个基因、蛋白、代谢物、信号分子,以及它们与反应器操作环境的纷繁关系中找到我们所需要优化的状态变量或操作变量,就成为研究的主要科学问题。这就是我们强调的新的工程学方法,也就是说随着工程学科理论的发展,结合生命科学的发展提出新的工程学理论与方法,实现对高度分支的海量数据进行有效的工程归纳或模型化,进而达到生物过程优化与放大。

本文介绍的多尺度相关分析技术就是一种用于研究的工程学方法,把生物反应器中复杂的生物过程分解为不同尺度的特性研究,了解不同尺度的事件之间的关系。每个尺度都有不同的科学问题和变化规律,研究它们的量变到质变,以及由此形成的对复杂系统总体的影响,才有可能解决发酵过程优化所面临的局部与整体的关系。本文从产品制造角度把生物反应器中反应分为不同空间和时间尺度的基因分子尺度、细胞尺度与生物反应器尺度的网络结构,网络之间状态呈输入输出关系,存在着信息流、物质流与能量流。我们认为只要在某个网络尺度上发生量变到质变,就通过这种输入输出关系对整个系统产生影响,我们就可以通过获得的参数变化,找到优化的线索。因此,发酵过程优化不能只是从单一尺度(基因、细胞、生物反应器)上去解决,要注意它们之间的关系和瓶颈问题,由此形成了一套基于参数相关的发酵过程多尺度问题研究的优化技术。

此外,以工业生产为目的生物过程中,生物系统的功能取决于外界环境调节与胞内功能基因的共同作用,这是另一个重要的科学问题。本文认为生物反应器中实际上是一个不均匀的流场,存在着温度、基质浓度、剪切和溶解氧浓度等的流场分布,于是提出了生物反应器中的流场特性与生理特性研究相结合的发酵过程放大原理,就是研究放大后生物反应器的流场不均匀性对菌体生理代谢影响的工程学方法。通过反应器中流场的计算流体力学(CFD)研究,以及与菌体生理特性的相关性分析,寻找过程放大的敏感参数,实现生物过程放大的目的,促进生物技术实验室成果向工业过程产业化转化。

在上述基础理论研究基础上,自主集成开发了用于生物反应器细胞生理代谢特性检测与相关分析的装备体系。其中包括各种用于细胞生理代谢特性检测

的先进传感器应用集成、用于发酵过程微观代谢流分析的传感/微型反应器及控制系统、适用于细胞生理代谢参数相关分析的计算机软件包、用于发酵过程数据处理和远程分析的计算机互联网系统等。尽可能多地获得发酵过程各层面的生物信息,然后以多尺度参数相关原理,通过计算机软件的实时数据处理,以获得的参数相关性特征为依据在海量数据中找到过程优化的关键参数,进而用来指导发酵工艺操作、设备设计或菌种筛选改造,最终实现过程优化与放大。

利用以上有关优化工程技术与理论对鸟苷、味精、柠檬酸、多种抗生素、维生素、重组蛋白等不同发酵产品生产进行研究,实现跨尺度测量与控制,最终指导工艺改进,使生产水平大幅提高。有关放大理论应用,设计了目前世界上规模最大的 370 m^3 高耗氧生物反应器红霉素发酵工艺流程,形成目前世界上红霉素产量最大、技术最先进的生产线,产量达到全世界的 30% 以上。上述平台技术还推广到头孢菌素 C、维生素 B_{12}、阿维菌素和克拉维酸等十多种产品,使企业在降低生产成本和节能减排上取得重大效益。



张嗣良 教授,1963 年毕业于华东化工学院抗生素专业,是我国著名的发酵工程领域专家。现任华东理工大学教授,国家生化工程技术研究中心(上海)主任。从事微生物发酵产品的工程化生产研究 40 多年来,在承担大量国家和企业的课题任务中,形成了一套以多尺度参数相关分析为基础的发酵优化与放大方法和装备研究体系,推进了我国发酵产品生产技术的工艺、工程、装备一体化研究,促进了我国发酵工程相关领域的技术进步。先后 4 次获国家科技进步二等奖和 10 次省部级科技进步奖。鉴于其在研究与教学工作中取得的成绩,先后被评为全国优秀教师、上海市劳动模范;被中国药学发展基金会授予中国药学发展奖,中国化学化工学会授予侯德邦科技成就奖。

推进农产品质量安全科技创新的战略思考

叶志华

中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所,北京

一、前言

众所周知,食品主要来源于农产品。农产品的质量安全状况在很大程度上决定了食品的质量安全状况,直接关系着我们每一个人的日常生活,关系到广大人民群众的身体健康乃至生命安全。作为整个食物链的起点和基础,农业生产过程不仅是食品污染的第一个环节,也是最易受到污染的薄弱环节。在农业生产过程中,为了获得较高产量和收益,不得不使用农药、兽药、渔药、化肥、激素、饲料添加剂等农用化学品。如果使用不当或者滥用这些农用化学品,就会造成食用农产品中污染物残留超标,导致食品污染事件发生。因此,有效控制农产品种养殖过程,从生产源头保证农产品的质量安全,是食品安全的重要基础。

食品及农产品质量安全问题的存在,虽然有体制、机制、管理等多方面原因,但基础研究工作薄弱,科技储备严重不足,科技支撑乏力,也是一个非常重要的原因。当前,我国正在大力发展现代农业,其主要目标就是要全面和竞争力。这就要求我们必须采取各种有效措施,加强农产品质量安全科技创新,大幅度提高农产品质量安全水平,从而全面提高农业的综合生产能力和市场竞争力,提高农业的素质和效益。

二、新时期农产品质量安全面临的形势

20 世纪 90 年代中后期,我国农产品供需关系发生了重大的变化,实现了总量基本平衡、丰年有余的历史性转变,彻底改变了我国粮食或农产品供不应求的局面。人民生活水平开始由温饱型向小康型过渡,生活质量明显提高,农产品及食品消费市场也相应地发生了显著变化,质量安全问题越来越突出。

(一) 消费者对质量安全的要求越来越高

一方面,农业连续增产,农产品及食品市场供应充足,消费者的选择空间加大;另一方面,城乡居民收入水平逐年提高,消费者的购买力增强。因而,消费者

对农产品质量安全要求越来越高,优中选优,好中选好,对优质、安全、营养的食用农产品需求不断增大,并且这种趋势由原来的大中城市逐步向农村市场扩展。

(二)农产品质量安全社会关注度越来越高

党和政府对食品安全问题高度关注,十七大报告明确要求"提高农产品质量安全水平",近几年的中央1号文件均要求严格农产品质量安全全程监控,确保不发生重大的农产品质量安全事件;全国人大代表及政协委员的提案中食品安全问题也是高度关注的热点。近年来,我国政府采取了很多措施,开展了一系列的专项整治,投入大量的人力物力抓农产品及食品质量安全工作。新闻媒体、相关行业协会以及社会公众对农产品及食品的质量安全问题关注程度也越来越高,每次食品安全事件被披露后,都会引起群情激愤,对自己周围的食品安全问题表示担心。

(三)农产品质量安全问题越来越复杂

由传统的农兽药残留、假冒伪劣问题,到目前的添加剂、防腐剂、违禁药物等问题,农产品质量安全问题越来越复杂。近些年连续发生的"瘦肉精"中毒事件、农药残留超标事件等,仍然是当前农产品质量安全面临的主要问题。2006年发生的"红心鸭蛋事件"、"多宝鱼事件",2008年暴发的"三鹿奶粉事件"等,进一步增加了问题的复杂性。此外,还有一些问题是技术进步产生的新问题,如转基因食品、动物源性饲料添加剂等带来的食品安全问题。在质量安全管理方面,现在面临的问题越来越多,矛盾越来越尖锐:如食品生产及供应情况越来越复杂,食品加工越来越精细,食品供应及配送链越来越长,市场及贸易保护的水平也在不断提升,等等。

(四)国外农产品技术性贸易措施越来越严

主要表现在设限种类越来越多,指标越来越严。以日本肯定列表制度为例,该制度覆盖了所有农业化学品和食品,有"最大残留限量标准"的遵从"最大残留限量标准",无"最大残留限量标准"的遵从0.01 mg/kg的"一律标准"。其中,已规定的最大残留限量指标达54 785条,涉及的农业化学品795种,涉及的食品种类256种。近年来,WTO涉农通报量呈上升趋势,比例越来越高。2011年,WTO各成员共发出1388件SPS通报,其中涉农SPS通报高达1245件。

三、农产品质量安全科技发展的方向

我国农业发展进入新阶段以后,农业的主要发展目标和任务都发生了重大变化。从发展农业的目标来看,过去发展农业生产,主要是保障粮食安全,或者说保障市场供给的目标。现在既要保障数量安全,又必须保证消费安全,由“数量安全”转向“数量安全与质量安全并重”。从任务来讲,我们既要为 13 亿多人的温饱提供足够的食物,足够的农副产品,又要保证在充足供应基础上产品的消费安全。农业的发展目标和任务的变化与延伸,无疑对农业科技工作者提出了新的要求,从农业生产的源头保障农产品质量安全,已成为当前农业科技界所面临的重大课题和新的严峻挑战。围绕当前突出的农产品质量安全问题,需要重点解决的科技问题,我认为有以下 3 个方面:

(一)科学评价质量安全

1. 需要科学的评价标准体系,包括基于风险评估的结果制定科学的安全限量指标

风险评估是制定标准、限量指标的依据,也是处理贸易争端、监管市场的依据。此外,标准与经济和科技的发展密切相关。制定标准时,必须要有相应的经济实力和技术能力。

2. 需要有快速精准的检测技术

从政府角度,需要快速、低成本的筛选检测技术,对生产和流通全过程进行日常监管和随时抽样检测,对产品的质量安全状况及时作出判断。从消费者角度,需要大众化便携式的仪器或设备,为普通消费者提供及时有效的检测服务。此外,行政复议和专业复查,也需要实验室确证检测技术。

(二)有效控制生产过程

1. 需要对产地环境进行有效治理

要开展农产品产地环境污染现状调查、产地环境与产品质量安全的关系、产地安全等级划分标准、污染治理机制等研究。

2. 需要新型的农业投入品与使用技术

比如研制高效低毒农兽药等农用化学替代品;研究农药、化肥等高效利用技术;开展各种农业投入品对产品和环境影响的风险评估等。

3. 需要种养殖过程监测调控技术

包括质量安全控制技术和管理体系,标准化生产技术规范,生产者的技术指导和培训等。

(三)切实保障产品安全

1. 需要产品安全预警技术

需要对影响农产品的各种因素进行监测分析,及时发布预警信息;需要针对各种突发事件提出应急处理方案,特别是技术对策。

2. 需要产品质量安全溯源技术

需要实验室的溯源检测技术,包括各种真假鉴别技术,分析和确认产品的来源和真伪;需要一系列产品的溯源信息系统研发和推广使用。

3. 需要完善的质量安全认证技术体系

需要农产品产地认定、产品认证、体系认证等各种保障上市农产品质量安全的认证技术支持;需要建立和完善农产品质量安全认证体系的机构、人员、标准等技术支撑。

四、农产品质量安全科技创新发展的初步思路

(一)创新目标

1. 保护公众消费安全

促进公众消费安全与身体健康是食品安全战略的一个基本目标,必须围绕消费安全和消费者的健康开展农产品及食品质量安全研究。

2. 保护农产品生产者利益

积极研究和推广农产品质量安全控制技术,促进农业标准化和产业化发展,全面提升农产品的质量和安全水平,提高农产品附加值,增加农民收入,最大限度地保护农民利益。

3. 促进国际贸易

面对国外这几年针对农产品、涉农产品越来越多、越来越严的技术壁垒,必须大力加强农产品质量安全的研究,尽快提高我国农产品及食品的安全水平。

(二)创新原则

1. 以科学为基础原则

强调基础研究与风险分析,依靠危害鉴别、剂量-反应特性、估计或测量暴露能力,而后判断暴露的可能频率和对健康的影响程度,根据风险分析的科学数据、科学结论来制定政策,确定对策,采取行动。

2. 全程质量控制原则

对农业种养殖及农产品生产的全过程直至餐饮消费等整个食物链进行有效

控制,确保食品安全。

3. 溯源性原则

在农产品的整个流通过程中,确保其初始信息的完整和可追溯,在需要情况下可以追溯其生产源头,为建立农产品及食品的标识制度、质量安全可追溯制度、市场准入及产品的市场召回制度提供溯源信息。

(三)创新重点

1. 农产品质量安全科技发展战略研究

包括:(1)农产品质量安全总体发展战略研究。(2)农产品质量安全管理体系与机制研究。(3)农产品质量安全政策实施工具及绩效评价研究。

2. 风险评估共性技术研究

包括农产品中重要化学污染物的剂量-反应评估关键技术研究、暴露评估方法优化与风险关键因子研究、农产品安全性风险指数(RI)研究、主要农产品中危害因素风险评估模式研究、风险评估信息系统的研究与构建等。

3. 农产品质量安全标准研究

包括农产品残留污染物限量标准制定模式研究、农药合理使用准则与残留限量标准研究、畜禽产品和饲料中农兽药残留消解转化行为及其限量标准研究、种植业产品产地主要污染物限量标准与安全评价分类技术研究、农产品安全与品质评价的相关标准物质(或标准样品)的研制等。

4. 产地环境控制技术研究

包括农产品产地安全评价指标体系与评估技术研究,农产品产地环境调控技术研究,铅汞镉等重金属和持久性有机污染物对农作物生物有效性研究,产地环境质量安全监测信息网络及数据库和集群数据挖掘技术研究,集约化畜禽养殖环境中微生物的潜在危害、畜禽养殖废弃物的环境风险评价、畜禽养殖场臭气和温室气体监测及减排关键技术研究等。

5. 农业种养殖过程控制技术研究

包括研究化肥、农药、兽药、生长调节剂、饲料添加剂等农用化学品安全使用技术,确定科学休药期或安全间隔期,有效控制各类有毒有害物质在农产品中的残留限量;研究和推广“绿色植保”技术和“阳光畜牧业”技术,研制生物源新药剂,开发应用非化学的动植物病虫害防治技术,替代或减少化学投入品的使用;采用现代生物技术,发掘和创造作物新种质,筛选培育和大规模推广抗性品种、对重金属及持久性环境污染物低富集的作物品种;研究安全农产品生产技术规程,如 GAP、HACCP,推广绿色、有机食品和无公害农产品种养殖技术。

6. 检测检验技术研究

包括现场快速筛查检测技术,有毒有害物质精确检测技术,农产品产地溯源检测技术,智能化农产品质量分等分级技术,农产品表征和特异成分等品质检测技术,检测试剂盒及设备研发等。特别是鲜活农产品及其混合污染物的检测技术研究。

7. 安全预警技术系统研究

(1) 农产品质量安全技术性贸易措施研究。包括国外农产品质量安全贸易技术壁垒研究,我国农产品质量安全技术性贸易措施构建。(2) 预警系统的构建。包括风险信息的收集与分析,风险交流,安全事故应急预案的技术体系等。

8. 技术和标准的集成与示范

包括农产品质量安全过程控制技术集成与示范、农产品中农药残留风险评估模型应用示范以及农产品农兽药快速检测产品应用示范等。

综上所述,全面提高农产品质量安全水平,促进现代农业发展,已成为我国农业科技界面临的重大课题和新的挑战。我们必须学习发达国家和国际上的先进经验,遵循"科学为基础"的基本原则,贯彻"从农田到餐桌"全程质量控制的方针,积极开展农产品及食品质量安全基础研究,加快农产品质量安全科技创新,夯实农产品质量安全监管的技术基础,为农产品及食品的生产安全、贸易安全和消费安全提供强有力的科技支撑。



叶志华 1955 年出生,汉族,湖北省天门市人。现任中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所所长、农业部农产品质量标准研究中心主任和农业部农产品质量安全重点实验室主任,研究员、博士生导师。先后兼任中国植保学会和中国昆虫学会副理事长,农业部第八届科技委委员,国家农产品质量安全风险评估专家委员会委员、秘书长,国家食品安全风险评估中心理事会理事;中国农学会农产品质量安全分会理事长,中国绿色食品协会副会长等职。长期从事农业科技管理及科学研究工作,近年来侧重于农业质量标准和食品安全研究工作,主持食品安全快速检测、质量控制与预警等国家科研项目和食品安全溯源、农产品质量安全认证等国际合作项目;获国家自然科学奖和科技进步奖各 1 项;在国内外学术刊物上发表论文 50 余篇,主编著作 1 部。

我国海洋能开发利用现状及发展战略

麦康森

中国海洋大学,青岛

一、我国海水养殖工程技术与装备现状与战略需求

海水养殖是人类主动、定向利用海洋水域资源的重要途径,已经成为对粮食安全、国民经济和贸易平衡做出重要贡献的产业。我国海水养殖的主要种类包括鱼类、虾蟹类、贝类、藻类四大类,产量位居世界首位,是世界上唯一养殖产量超过捕捞产量的渔业国家。2011 年,全国海水养殖产量 1551.33 万 t(占海水产品产量的 53.35%),海水养殖面积 2106.38 千公顷。海水养殖不仅现在是,而且将来仍然是人们利用海洋生物资源以保障食物安全的一个越来越重要的途径。

社会水产品消费规模增长,需要开发蓝色国土,发展蓝色农业。发展远海海域蓝色农业,对应多变的海洋条件,需要构建规模化的产业链及安全可靠的生产设施,以工业化的生产经营方式发展集约化养殖,包括深水大型网箱设施、大型固定式养殖平台和大型移动式养殖平台等离岸深海养殖工程。同时,深海大型养殖设施的构建,如同远离大陆的定居型海岛。在我国与周边国家海域纠纷突出、海域领域被侵蚀的状况下,发展深海大型养殖设施就是“屯渔戍边”,守望领海,实现海洋水域资源的合理利用与有效开发。

海水养殖可分为陆基养殖、浅海养殖和深海养殖,涉及水(水环境和生态)、种(遗传育种)、病(病害防控)、饵(饲料)和养(养殖技术和装备)等。相关的工程技术与装备的发展现状如下。

(一)海水陆基养殖工程技术与装备

我国陆域与近岸海域水、土资源有限,发展水产养殖必须依靠先进、高效的养殖模式,以集约化、工程化为前提,不断提高单位水体、单位土地面积的产出效率,提升养殖生产效率与劳动生产效率。近海海域水质劣化,自然灾害频发,需要提升水产养殖系统自身控制能力。同时,现代社会可持续发展对水产养殖控制富营养物质排放提出了更高的要求,需要控制与减少养殖系统的废水排放。

我国工厂化循环水养殖模式研究步入深入发展的阶段,研发了多项关键设

备,节水节地等循环经济效应初步显现,以鲆鲽类为代表的海水鱼类陆基循环水工厂化养殖取得了极大的成功,为我国海水鱼类循环水养殖起步走向工业化养殖里程起到了积极的推动作用。

(二)浅海养殖工程技术与装备

我国浅海养殖的主要模式包括池塘养殖、滩涂养殖、筏式养殖以及网箱养殖等。近年来,随着产业升级换代,特别是随着管理部门和公众资源环境意识的提高,各种节能环保新技术在水产养殖中得到应用,不仅提高了养殖的经济效益,同时也减少了养殖的环境影响;产业发展更加体现出环境友好和可持续的特征。

(三)深海网箱养殖工程技术与装备

我国已基本解决了深水抗风浪网箱设备制造及养殖的关键技术,深水网箱养殖达 503 万 m^3,养殖产量 5.5 万 t,养殖海区可到达 30 m 等深线的半开放海域,主要养殖鱼类品种有大黄鱼、鲈鱼、美国红鱼和军曹鱼等 10 余种。同时,我国对离岸抗风浪网箱设施系统的研究也取得了多方面的技术突破。然而,深水网箱设施系统抵御台风等自然灾害侵袭能力还很弱,装备性能有待进一步提高。

(四)遗传育种与苗种培育工程技术

近年来,我国在海水养殖生物杂交选育技术等领域取得重要进展,逐渐从依赖野生型向利用人工改良型种质转变,提高了产业效益和可持续发展能力,使我国跻身于海水养殖育种的世界先进行列。然而,整体上讲我国海水养殖业的良种覆盖率还相当低,新品种还是太少,而且新品种的培育周期也过长,难以满足产业发展的需求。

(五)营养与饲料工程技术

我国水产动物营养和饲料学研究起步晚、历史短。然而,由于国家产业政策正确和巨大的产业需求,推动了我国水产动物营养研究与水产饲料工业的高速发展。现在,我国已经成为国际上一个全新的水产动物营养研究与水产饲料生产中心,已走出了一条符合我国国情、独具中国特色的发展道路,发展成为世界第一水产饲料生产大国。

(六)病害防控工程技术

国内对水产病害诊断和流行病学监控技术的研究一直保持与国际同步的水平上,在鱼类病害防治技术、生态防控技术、疫苗和免疫抗病基因工程制品等的

研发方面取得了重大进展。

（七）生态工程技术

基于生态系统的养殖新技术成为国际研究热点，就是将生物技术与生态工程结合起来，广泛采用新设施、新技术，用节能减排、环境友好、安全健康的生态养殖新生产模式来替代传统养殖方式。越来越多的研究已经证实，实行多营养层次的综合养殖模式，是减少养殖对生态环境压力，保证水产养殖业健康发展的有效途径之一。

二、我国海水养殖工程技术与装备面临的主要问题与挑战

（一）海水陆基养殖工程技术与装备

工厂化养殖总体发展水平仍处于初级发展阶段，仍以流水养殖为主，真正意义上的全封闭工厂化循环水养殖工厂比例极低。流水养殖和半封闭养殖方式多依靠地下水源，单位水体产量低（10 ~ 15 kg/m^2）、耗能大、效率低，与先进国家技术密集型的循环水养殖系统相比，无论在设备、工艺、产量（先进技术的产量达100 kg/m^2 以上）和效益等方面都存在着相当大的差距，技术应用还属于工厂化养殖的初级阶段，陆基全循环高效养殖系统需要进一步优化设备系统、提高生产管理效率。

（二）浅海养殖工程技术与装备

良种缺乏、病害日益增多和生态环境恶化等，是我国海水养殖的共性问题。由于片面追求产量和规模忽视长远生态和环境效益，以及因缺乏统一规划管理导致养殖布局严重不合理（内湾近岸水域增养殖资源开发过度，20 m 等深线以外水域增养殖资源利用不足）等现象普遍存在，致使局部海区开发过度、养殖量严重超出其养殖容量，出现了养殖个体小型化、死亡率上升、产品质量下降、产业增产不增效等现象。同时，养殖业抵御自然灾害的能力缺乏，风暴潮、冰冻等自然灾害往往对养殖产业造成严重影响。

（三）深海网箱养殖工程技术与装备

与国际先进技术比较，我国的深水养殖网箱还存在着以下问题：深海网箱装备结构尚未定型；深海网箱抗风浪、抗流性能及结构安全研究理论仍有差距；新型专用网箱材料技术仍未突破；配套设施与技术研究依然落后。

(四) 遗传育种与苗种培育工程技术

与发达国家相比,我国在海水养殖种质资源高效利用和新品种选育效率等方面差距较大,与大农业和畜牧业相比也有较大差距,主导品种的产量、抗性和品质尚不能满足生产和市场的需求。

(五) 营养与饲料工程技术

受制于传统的养殖习惯——偏好用鲜杂鱼,以及过度依赖鱼粉,其他蛋白源替代鱼粉的技术瓶颈尚未打破,配合饲料使用比例不高,饲料资源浪费严重、环境污染高,饲料原料缺口大、饲料成本高,水产饲料质量和生产缺乏标准,法律法规不健全。

(六) 病害防控工程技术

海水养殖规模、种类和模式差异较大,养殖种类病害多;病害防治技术基础研究薄弱;疫苗开发落后,病害免疫防控的制品没有形成商品化;养殖生态环境恶化,养殖健康管理技术落后。

(七) 生态工程技术

我国目前的海水养殖模式生态化水平较低,多采用大规模单一的养殖种类,较少考虑到养殖业本身对沿岸海区生态环境的影响。养殖容量的研究与应用,以及产业发展的科学规划缺乏。浅海养殖规模庞大,底播养殖迅速扩增,但由于缺乏适宜于不同类型海域的专用增养殖设施,限制了浅海增养殖业发展。因此,亟待研发养殖新设备,集成创新关键技术,提高浅海养殖生产效率,成为促使我国海珍品底播养殖向健康、生态型发展的重中之重。

三、世界海水养殖工程技术与装备发展现状及趋势

海水养殖将把产业的经济、社会和生态效益放在更加突出的位置,把食品安全问题作为工作的核心内容。养殖业已经成为了工业化、工程化的农业。

(一) 海水陆基养殖工程技术与装备

国外全循环高效海水陆基养殖系统构建了基于循环水养殖的技术体系。比较发达的国家有欧洲的法国、德国、丹麦、西班牙,北美的美国、加拿大,以及日本和以色列等国家。在欧洲,高密度封闭循环水养殖已被列入一个新型的、发展迅速的、技术复杂的行业。通过采用先进的水处理技术与生物工程,大量引用前沿

技术,最高年产可达 100 kg/m^3 以上。封闭循环水养殖已普及到虾、贝、藻、软体动物的养殖生产,苗种孵化和育成几乎都采用循环水工艺。以色列的淡水鱼循环水养殖系统的饵料系数仅为1:1.2,每公斤渔获量需要水体为0.25 m^3,最高年渔获量可达 225 kg/m^3。

如果就规模而言,世界上没有哪个国家能超过中国。然而国外海水陆基全循环养殖工程技术已成熟,其发展趋势主要体现在:高新化、普及化,大型化、超大型化,产业化、国际化,自动化、机械化。

(二) 浅海养殖工程技术与装备

人工鱼礁研究和应用进展迅速;基于生态工程的海珍品增养殖技术是国际上最近在探讨的最新生态增养殖模式与技术;以营养需求为先导的饲料制备技术取得突破,全价环保型饲料得以高度关注,并在产业中得以应用;疾病控制技术得到快速发展。

更加强调对环境容纳量、健康可持续养殖密度以及养殖自身污染、生态入侵可能造成的危害等研究;加强浅海滩涂初级生产力评估技术、浅海滩涂污染物自我净化能力研究、水产经济物种产卵场保护和修复技术研究与应用;提高养殖产地环境质量安全管理理论和技术水平,建立完善的养殖产地环境管理技术体系,保障水产品质量安全;养殖良种培育技术研究继续加强;加强高效集约化养殖技术研究;远岸开放海域海珍品生态增养殖技术集成与应用。

(三) 深海网箱养殖工程技术与装备

近 10 年来,国外深水网箱主要向大型化发展,具备全柔性,可随波浪波动,抗风浪能力增强;新材料、新技术的广泛应用;自动化程度高。同时,政府以法令的形式来规范和保障深水网箱的健康发展。

发展趋势为养殖设施系统大型化,养殖环境生态化,养殖地域向外海发展,养殖过程低碳化。

(四) 遗传育种与苗种培育工程技术

世界上主要发达国家如美国、英国、日本、澳大利亚等国均将经济海洋生物(鱼、虾、贝、藻)的遗传育种研究列为重点发展方向。

现代生物技术与传统遗传育种技术相结合已成为海洋优良品种培育技术发展的总趋势,并从传统的育种技术逐渐转向细胞工程育种和分子聚合技术育种、从单性状育种向多性状复合育种、从单技术向多技术复合育种方向发展,以满足产业日益增加的对优质、高效培育新品种的需求。

(五) 营养与饲料工程技术

美国是鱼类营养研究开始最早的国家,始于20世纪30年代,40年代快速发展,到50年代试制成功颗粒饲料并生产销售。日本渔用配合饲料生产始于1952年,当年引进美国鳟鱼湿式粒状饲料,开展鱼类营养研究和配合饲料的商业化生产。欧洲国家紧随日本之后,成为国际上一个重要的水产动物营养研究与水产饲料生产中心。

虽然美国、日本和欧洲是水产动物营养研究与水产饲料商业化生产最早的国家和地区,但是,他们不是水产养殖的主产区,他们的水产饲料总量并不大。中国是世界水产饲料生产第一大国,其次东南亚地区也是世界水产饲料的主要产区,包括泰国、印尼、越南、菲律宾和印度等。

因为营养物质是生物生长、发育、繁殖等一切生命活动的基础,所以通过营养操作就能够有目的地人为调控动物的生理、生化过程,以达到维持动物的正常生长、繁殖和健康等目的。广义地说,传统的营养与饲料学都属于营养调控的范畴。然而,随着科技发展和产业需要,营养调控已经超越传统的仅仅对养殖产量的追求,现在的目标更加多元化,要求调控更加精准化。基于对营养物质(或可通过饲料途径的非营养成分)的调控机理的详尽研究,就可能通过营养饲料学途径对养殖动物的繁殖、生长、营养需要、健康、行为、对环境的适应能力、养殖产品质量、安全、甚至养殖环境的持续利用等等都可以精准的调控。

(六) 病害防控工程技术

病原致病机理的基础研究与防控同步进行;将多元化的病原检测技术和预警预报体系结合;积极研制和开发商品化疫苗;注重生态防治与养殖模式结合。

鉴定和分离新兴的流行性病原,确定病原的种类;利用现代分子生物学的各种技术方法和手段进一步深入研究病原的感染致病机制及宿主免疫反应;病原疫苗的开发和研究依旧是鱼类疾病防控的重要手段,针对海水养殖动物重大病毒性病原,开发低成本、高效和长效疫苗;基于鱼类非特异性和特异性免疫机制,开发天然和人工合成的抗病制品或免疫增强剂也将是疾病免疫防控的一个有效途径;生态防治与养殖模式结合,从多方面达到病害防控的目的;抗病苗种的培育也将是病害防控工程的一个发展趋势,转基因技术在水生动物抗病育种的应用研究也将会受到越来越多的关注。

(七) 生态工程技术

目前国际海水养殖生态工程领域中,用节能减排、环境友好、安全健康的生

态养殖新生产模式来替代传统养殖方式是大势所趋;实行多营养层次的综合养殖模式,是减少养殖对生态环境压力,保证水产养殖业健康发展的有效途径之一,具体来说是基于生态系统的新养殖理念,实现生物技术与生态工程相结合,并广泛采用新设施、新技术。



麦康森 中国工程院院士,水产动物营养与饲料学家。中国海洋大学教授、博导。农业部水产动物营养与饲料重点实验室主任,海水养殖教育部重点实验室主任。现任中国海洋大学水产学院院长、中国水产学会副理事长、中国饲料工业协会副会长、中国生物工程学会副理事长、国际鲍鱼学会理事、国际鱼类营养与饲料学术指导委员会委员。兼任《Aquaculture Research》、《Aquatic Living Resources》、《水生生物学报》等国际知名学术刊物的编委。

主持国家级重大科研项目 20 余项,包括国家杰青、公益性行业科研专项、863 计划、国家支撑项目等。参与组织了国家高技术海洋领域、国家攻关与支撑计划水产领域研究发展计划的制定和实施。发表 SCI 收录论文 81 篇,著作 7 部,获授权国家发明专利 27 项。获国家科技进步二等奖、教育部科学技术奖(自然科学类)一等奖等。

近海养护与远洋渔业工程

金显仕

中国水产科学研究院黄海水产研究所,青岛

一、中国近海渔业资源现状

渔业资源是发展海洋水产业的物质基础,也是人类食物的重要来源之一。海洋渔业在促进全球经济发展、保障食物安全和提供劳动就业等方面发挥了巨大的作用。近 30 年来,海洋渔业总产值稳步增长,到 2011 年,海洋渔业产值(包括海洋捕捞和海水养殖)达 3419.81 亿元,海水产品产量达 2908.05 万 t,为我国水产品人均占有量超过 30 kg 的水平做出了重要的贡献。近年来,随着科学技术的进步和生产力的不断提高,及迅速增长的人口食物资源的需求,人类对近海渔业资源的开发利用也越来越大,加之由于工业化、城市化、大型水利工程、农业活动等人类活动及全球气候变化的影响,作为海洋生物资源主体的渔业资源,因过度捕捞直接造成的资源量骤减和生态环境的恶化造成的关键栖息地退化(如产卵场、索饵场、育幼场),传统渔业的主要对象大黄鱼、小黄鱼、曼氏无针乌贼和海蜇等产量急剧下降,渔获物中优质种类减少,劣质种类增加,一些经济价值高、高营养级的底层种类已经被一些经济价值较低、低营养级的食浮游生物的中上层小型种类所代替,并且种类数减少,生物量密度降低,生殖群体低龄化。如目前在渤海,维持高产量的主要是食物链中营养层次较低的种类,甚至主要经济种类的幼体也被大量捕捞,使渤海渔业的发展呈现出不可持续性,大部分海洋渔业种群尤其是高价值种群已被充分利用,有的甚至已经枯竭,渔区经济与渔民生活受到了很大的影响。因此,近海渔业资源的开发利用面临严峻挑战。

二、中国近海资源养护和远洋渔业发展概况及存在问题

针对近海渔业资源的普遍衰退,近年来,在国家和各地区有关部门的共同努力下,我国近海渔业资源养护工作取得了一定成效,制定并实施了一系列养护管理制度和措施,主要包括捕捞许可证制度、海洋捕捞渔船双控制度、渔船报废和渔民转产转业、海洋伏季休渔、禁渔区、限制网目最小尺寸等投入控制措施以及海洋捕捞“零”增长政策、捕捞限额制度、最小可捕标准及渔获物幼鱼比例等产

出控制措施,特别是海洋伏季休渔制度自 1995 年实施以来,有效地保护了幼鱼、增加了捕捞产量、提高了经济效益,并且大大减缓了渔业资源衰退程度。同时在这些管理制度基础上开展了大量的实现渔业资源生态保护和自我修复的工程技术与措施,包括增殖放流、人工鱼礁、海洋牧场等。我国增殖放流始于 1970 年代中期,并且从 2005 年开始,在各个海区,国家和地方对渔业增殖放流和人工鱼礁的建设的支持力度逐年增加,并且增殖放流种类不断增多,呈多样化趋势。2011 年全国增殖放流投入资金达到 8.4 亿元,共放流苗种 296 亿尾,放流种类在 100 种以上。目前,我国的增殖放流工作已经取得了明显的经济与社会效益,海洋增殖放流的投入产出比基本上都在 1:4 以上,如渤海和黄海北部消失多年的中国对虾、海蜇、梭子蟹的鱼汛又逐渐出现,并且每年具有一定的回捕量,2009 年黄渤海的中国对虾达 2000 多吨,产生了可观的生态和经济效益。另外,我国人工鱼礁建设已初具规模,尽管各地的礁区功能和布局、礁体结构和材料、建设模式和进程各有不同,但人工鱼礁良好的生态效益和经济效益,以及良好的发展前景均已显现。人工鱼礁工程已成为我国优化渔业产业结构、改善海域生态环境和调控海域生态效力的重要手段。同时海洋牧场的建设也取得了显著的效果。据不完全统计,2008—2009 年度的我国海洋牧场建设总投资逾 8070 万元,总建设面积达 3770 公顷,如辽西海域海洋牧场、大连獐子岛海洋牧场、秦皇岛海洋牧场、长岛海洋牧场、崆峒岛海洋牧场、海州湾海洋牧场、舟山白沙海洋钓场、洞头海洋牧场、宁德海洋牧场、汕头海洋牧场等。但是,在快速发展近海资源养护工作中仍存在如下问题:(1) 渔业作业结构不合理,选择性捕捞技术的研究不足;(2) 优良品质的苗种供应不足限制增殖渔业产业化发展;(3) 缺乏科学完善和强有力的专项资金支撑,建设资金投入仍以政府为主,企业的参与程度总体上不高;(4) 增殖放流效果评价体系尚未建立,北方沿海的人工鱼礁建设相关研究基础薄弱;(5) 科学、系统的规划和管理明显滞后,尚未形成统一的技术研究平台;(6) “公众参与”在管理中的缺位。

我国远洋渔业从 1985 年起步,发展较快,至 2011 年末,远洋渔业企业达 116 家,远洋渔船 1628 艘,远洋渔业总产量、总产值分别达 115 万 t、126 亿元,作业海域遍布 37 个国家的专属经济区和太平洋、大西洋、印度洋公海及南极海域,在海外建立了 100 多个代表处、合资企业和后勤补给基地。远洋渔业产业结构不断优化,远洋渔业资源开发能力显著增强,大洋性渔业在整个远洋渔业中的比重从 10% 增加到 50% 以上。其中,金枪鱼生产渔船已达 350 多艘,特别是超低温金枪鱼渔船已从 2001 年的 41 艘发展到目前的 153 艘,金枪鱼围网渔船从空白发展到目前的 20 艘;鱿钓渔船近 400 艘,其中大中型专业鱿钓船达 150 多艘,船队规模和产量均处于世界前列。成功开发了东南太平洋竹荚鱼、东南太平洋鱿鱼、印

度洋鸢乌贼等公海渔场。2009 年,又拉开了南极海洋生物资源开发的序幕,并取得实质性进展,大型拖网加工渔船开始在南极海域进行磷虾生产。对外渔业合作全面展开,国际地位显著提升,目前,我国已经加入了 8 个国际渔业组织,与 12 个多边国际组织建立了渔业合作关系。远洋渔业产业链条不断延伸,产业实力不断壮大,目前专业加工企业已发展到 30 多家,远洋渔业产品专业冷藏能力超过 20 万吨/次。远洋渔业在我国近海渔业资源衰退的情况下,对丰富国内海洋水产品市场和居民“菜篮子”,保证人民对高品质绿色水产品的需求,维护我国海洋权益,降低我国近海渔业资源捕捞压力,调整渔业产业结构,保护近海渔业资源发挥了重要作用。但是,迄今为止,我国远洋渔业的发展仍面临严峻考验:(1) 国际渔业形势日趋严峻,1994 年《联合国海洋法公约》生效后,渔业养护和管理日趋严格;“先占先得”的历史分配格局,我国在竞争中处于劣势;入渔门槛提高,渔业空间发展受到制约;(2) 基础装备水平不高,渔船装备落后,机械化程度低,老龄化现象严重;普遍缺少综合性的渔业基地,在渔船修造、后勤补给、加工销售等方面受制于人;(3) 科技支撑能力仍然较弱,远洋渔业科技研发方面投入较少,对国际渔业资源等基础调查研究不足;对渔船、船用设备、网具和捕捞技术研究重视不够,没有集科技创新和成果转化为一体的国家级科研平台;(4) 作业力量相对分散,我国 100 多家远洋渔业企业中,民营企业占 90% 以上,中小企业偏多,作业力量分散,抗风险能力和国际竞争力较差;尤其是面对资源国“投资入渔”的要求,由于建设码头、加工厂、冷库等资金需求较大,经营风险较高,中小企业往往望而却步,失去了较多的“走出去”发展合作的机会;(5) 人力资源不足,基础人力资源队伍整体素质偏低;具有远洋渔业相关专业的大专院校少,且专业设置与人才需求不相适应;船员招聘主要是谁投资谁选配,船员文化水平不高,安全意识和海上技能较弱;远洋渔业船员流向境外渔船和国内运输业船舶的现象严重。

三、中国近海资源养护和远洋渔业发展方向

按照《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020)》和《中国水生生物资源养护行动纲要》以及“十二五”重点科技任务类专项规划的发展目标、重点领域、发展思路与优先主题的精神和工作部署,立足“十二五”、面向 2030,按照“自主创新、加速转化、提升产业、率先跨越”的科技指导方针,以自主创新为根基,以借鉴国外先进技术和成功经验为外援,稳步推进我国近海渔业资源养护与远洋渔业工程技术的发展:(1) 建立资源养护和恢复型近海渔业,包括负责任近海捕捞业、增殖放流、人工鱼礁、海洋牧场,积极发展休闲、游钓渔业等;(2) 实现渔港功能的多元化,完成渔场、渔港、渔村一体化,实现水产品加工与物流现代

化,同时建立中心渔港,包括拍卖市场,增强渔捞统计数据的准确性;(3) 适度发展远洋渔业产业,包括远洋产业链、远洋捕捞装备关键技术、远洋渔场的开发、渔期形成规律及预报技术等。



金显仕 1963 年出生于山东省龙口市,博士、研究员、博士生导师。中国水产科学研究院黄海水产研究所副所长。1984 年获上海水产大学学士学位,1990 年和 1996 年分别获挪威卑尔根大学(University of Bergen)硕士和博士学位。农业部中青年有突出贡献专家,首批新世纪百千万人才工程国家级人选,享受国务院政府特殊津贴,中国水产科学研究院"渔业资源调查评估与管理"领域首席科学家,山东省泰山学者特聘专家,首批全国农业科研杰出人才,青岛市专业技术拔尖人才。

主要从事渔业资源调查评估和管理、渔业生态、渔业生物学、渔业生物多样性以及远洋渔业资源和国际渔业管理等方面的研究。先后主持国家自然科学基金重大项目课题、面上项目、973 项目课题、863 项目、公益性行业(农业)科研专项、国家海洋勘测专项专题、科技部公益研究和科技基础条件平台项目、国际合作项目以及农业部渔业局近海和远洋渔业项目等 40 余项。发表论文报告百余篇,主编和参编专著 10 部。获国家科技进步二等奖、三等奖各 1 次,省部级一等奖 3 次。

海洋食品质量安全与加工工程技术发展

薛长湖

中国海洋大学食品科学与工程学院,青岛

一、前言

21 世纪是海洋的世纪。随着世界人口的日益膨胀和资源约束的不断加剧,海洋生物资源的开发与高效利用成为缓解人类社会生存与发展面临的人口、资源与环境之间矛盾的有效途径之一。海洋食品加工产业是海洋生物产业的重要组成部分,是联系海洋水产品原料生产与消费的桥梁和纽带,在整个海洋农业产业链中起着龙头和带动作用。海洋食品工业的健康发展,对维护我国食物安全、保障国民健康体质、带动海洋农业持续发展具有重要意义。但与世界先进水平相比,我国的海洋食品的加工水平和质量安全水平依然存在很大差距。因此,开展海洋食品质量安全与加工工程技术研究显得十分重要。

二、我国海洋食品质量安全与加工工程技术的发展现状

(一) 海洋食品质量安全控制体系初步建成

海洋食品安全贯穿海洋食品原料生产、加工、存储、销售及消费等多个环节。近年来,我国在海洋食品安全风险分析技术研究与分析制度建立、安全检测技术开发与检测体系建立、监测与预警体系建立及海洋食品质量安全全程可追溯体系建立等取得了重要进步。

(二) 海洋食品加工工程化水平有了大幅度提高

经过改革开放以来 30 多年的快速发展,我国的海洋食品加工业已形成了以冷冻加工为主(包括冷冻品和冷冻加工品)的多样化加工体系。海洋水产品原料的加工增值率不断提高,海洋食品加工业产值在海洋农业中比重不断扩大,成为带动海洋农业快速发展的重要推动力。在海洋鱼类、贝类、虾类及藻类等海洋食品原料精深加工的理论与技术及精深加工装备开发方面取得了重大突破。

（三）海洋水产品物流产业进入快速发展期

我国的水产品总量和人均占有量在世界处于领先水平，但是我国水产品鲜活消费、东西部、城乡消费不均衡的消费特点决定了我国迫切需要一个高效的水产品物流体系。目前，带水活鱼运输技术与装备逐步成熟；贝类冰温保鲜技术取得了突破；海洋渔业资源的加工、配送、零售环节的冷链体系初步建立。

三、我国海洋食品质量安全与加工工程技术存在的主要问题

（一）海洋食品质量安全技术控制技术处于较低水平

1. 风险分析评估体系与发达国家存在较大差距

我国的海洋食品安全风险分析处于起步阶段，与发达国家相比，在法律法规与监管机制建设、技术与设备开发、信息分析与预警系统等方面存在较大差距。

2. 安全检测技术面临三大问题

一是残留物的提取净化技术发展缓慢；二是我国现有的检测方法不够完整；三是我国现有的技术标准内容落后，技术标准的更新缓慢，先进的检测方法缺少必要的标准支持。

3. 监测与预警体系的建立存在两大难题

我国海洋食品质量安全危机事件频发的根本原因主要有两点：缺乏信息主动监测和统一管理机制、缺乏信息预报预警机制。

4. 海洋食品质量安全全程追溯体系的建立面临四大障碍

主要包括法规和标准缺乏；成本较高；配套技术不成熟；信息收集和交流不通畅。

（二）海洋食品加工工程技术不能满足现代海洋食品工业发展的需要

1. 国家对海洋食品工业科技创新投入长期不足

在海洋农业与海洋食品科技创新方面，国家比较注重海洋农业的第一产业，即海洋食品原料的生产（海水养殖）方面的科研投入，而在海洋农业的第二产业，即海洋食品生产与制造方面投入较少，缺乏国家层面上的有效关键技术的创新、集成与产业化示范方面的资助。

2. 海洋食品科技创新基础薄弱，缺乏带动产业发生重大变革的技术创新

我国水产品加工及副产物综合开发利用技术领域基础研究起步较晚，学科间渗透不够，缺乏自主技术创新，整体技术和装备水平仍然落后，缺少拥有自主知识产权的核心技术和具有国际先进水平的重大科技成果。例如从副产物中开

发海洋功能食品过程,研究提取工艺技术较多,但对功能因子构效关系、量效关系、作用机理不清楚,造成制备的功能产品质量不高。

3. 产学研结合不够紧密,科技成果转化率低

国外发达国家的产业技术创新以企业为主体,科技成果转化率高可达到70%以上,但我国的水产品加工科技成果的转化率不足30%。造成这种现象的主要原因是缺乏科技成果转化的产学研结合体系。

4. 海洋食品加工装备以仿制为主,缺乏自主创新

大型无菌冷灌装、肉制品加工关键装备、食品品质在线检测等装备长期依赖进口,虽然部分设备已经实现仿制,但国产装备普遍存在能耗高、可靠性、安全性不足和自动化程度低、关键零部件使用寿命短、成套性差等问题;缺乏精准化鱼体预处理与加工设备开发的关键技术。关键加工装备严重不足,也是影响科技成果转化的重要因素之一。

(三)海洋食品现代物流产业正处于起步阶段

1. 海洋食品物流标准体系不健全

水产品从捕捞养殖、保鲜、码头装卸、挑选、加工、冻结、入库、运输、中转、市场销售等环节标准化程度低,造成水产品质量不能完全保证,严重影响消费者的购买意愿。

2. 海洋食品冷链物流技术落后

主要表现为冷冻加工设备与冷藏运输设备能耗高;冷藏运输效率低。

3. 水产品批发(配送中心)集散地布局不尽合理

我国有相当数量水产品批发市场的冷库是建于计划经济时代,冷库扩建也多在原址进行,而城市的多次改造和新建,许多批发市场周边高楼林立,道路狭窄,影响货物出入。随着城际高速公路网的建立,原有批发市场集散基地的位置将需进一步调整。

4. 缺乏先进的冷链物流相关软件

国际先进的冷链物流相关软件是保证信息平台正常运行的核心内容。我国目前主要缺少5种软件:物流规划(交通)软件、仓储管理软件、物流配送系统、物流接口软件、冷链物流经营核算系统。其中,物流规划中使用的交通影响分析软件、动态物流配送控制软件和冷链物流经营成本分析软件尤为缺少。

四、世界海洋食品质量安全与加工工程技术的发展现状与趋势

（一）世界海洋食品质量安全评价技术发展现状与趋势

世界各国政府和消费者对食品安全高度重视，都投入大量人力、物力用于保障食品安全，并把实现食品安全列为政府经济发展的核心政策目标之一。美国、欧盟、日本等通过调整和修订政策法规，将食品安全列入优先发展领域，通过增加科技投入，强化技术研发，保障食品安全。

1. 海洋食品安全风险评估体系日趋完善

食品危害的风险分析作为质量保证的关键要素，日益显示对海洋水产品质量安全的重要性。国际上共同趋势是设立一个部门负责风险评估和风险交流。

2. 海洋食品安全检测技术向快速化发展

世界发达国家在注重检测方法标准化的同时，高技术化、系列化（多残留）、速测化检测技术与装备不断完善，使检测速度不断加快。

3. 海洋食品安全风险监测与预警相对完善

北美和欧洲国家在水产品身份代码、信息范围的确定、信息采集和管理、数据处理等海洋食品可追溯技术领域的多方面展开研究并将成果应用于实践。条码技术、电子标签、射频识别（RFID）及计算机联体设备等现代技术的开发和应用为信息采集和传递提供了技术支撑。

4. 国际海洋食品安全标准体系建设加快

国际渔业标准化发展趋势包括：① 重视标准化发展战略的研究。② 海洋农业标准趋于国际化。③ 标准内容广泛化。④ 海洋农业标准的市场化趋势。⑤ 注重海洋农产品生产环境标准化和环境保护。⑥ 加强海洋农产品质量安全标准体系建设。⑦ 建立健全规范的海洋农产品质量安全控制体系。⑧ 注重海洋农产品生产过程及工艺的标准化。

（二）世界海洋食品工程与科技的发展现状与趋势

1. 新技术和新装备支撑产业向工业化生产模式快速发展

以生物技术、膜分离技术、微胶囊技术、超高压技术、无菌包装技术、新型保鲜技术、微波能及微波技术、超微粉碎和真空技术等高新技术在海洋食品生产中得到了广泛的应用，使海洋水产品精深加工的水平和技术含量不断提高；同时对海洋食品产业加工的废弃物进行综合利用的速度也大大加快，使得海洋生物资源的利用率也不断提高。

2. 水产品加工机械与设备的机械化和自动化越来越高

水产品加工过程的机械化、智能化,是水产品加工实现规模化发展、保证产品品质、提高生产效率、应用现代科技的必然趋势。欧美等国家在水产品加工与流通方面具有相当高的装备技术水平,主要体现在鱼、虾、贝类自动化处理机械和小包装制成品加工设备。

3. 海洋食品的主要消费形式向即食化和方便化发展

进入21世纪,全球经济发展将更为迅速,国际交流更加频繁,工作步伐更为快捷,生活水平和质量更加提高,休闲及旅游业更加兴旺。因此对于味美、营养、安全、简便、快捷和价廉的方便食品的需求量,将会有极大的增长。目前,全球方便食品在整个食品工业中所占份额为13%左右,而目前方便食品在食品业中所占比例,美国为20%,日本15%,而中国仅为3%。

4. 开发新药源、新食源与新材料的速度大大加快

随着陆地资源的日益减少,开发海洋、向海洋索取资源、开发新药源、新食源和新材料变得日益迫切。各国科学家期待从海洋生物及其代谢产物中开发出不同于陆生生物的具有特异、新颖、多样化化学结构的新物质,用于防治人们的常见病、多发病和疑难病症。鱼虾贝藻等加工副产物中含有各类功能活性因子,是开发海洋天然产物和海洋药物的低廉原料,合理利用水产加工副产物中丰富的活性物质,已经成为当代开发和利用海洋的主旋律。从海洋食品加工副产物或低值海产品提取制备功能性活性成分已成为提高企业市场竞争力、推动海洋食品产业健康持续发展的有力保证。

(三)世界海洋食品贮运流通技术的发展现状与趋势

1. 标准化养殖基地建设方面

国外积极采用GAP、GVP等先进的管理规范,通过先进、快速的有害物质分析检测技术和原产地加工等手段,从源头上保证冷链物流的质量与安全。

2. 贮藏技术装备方面

积极采用自动化冷库技术,包括贮藏技术自动化、高密度动力存储(HDDS)电子数据交换及库房管理系统,其贮藏保鲜期比普通冷藏延长1~2倍。

3. 运输技术与装备方面

先后由公路、铁路和水路冷藏运输发展到冷藏集装箱多式联运,节能和环保是运输技术与装备发展的主要方向。欧洲于20世纪70年代开始实行冷藏集装箱与铁路冷藏车的配套使用,克服了铁路运输不能进行“门到门”服务的缺点;加拿大最大的第三方物流企业Thomson Group除具有容量大、自动化程度高的冷藏设施外,还拥有目前世界上最先进的强制供电器(PTO)驱动、自动控温与记

录、卫星监控的“三段式”冷藏运输车,可同时运送三种不同温度要求的货物。

4. 信息技术方面

通过信息技术建立电子虚拟的海洋食品冷链物流供应链管理系统,对各种货物进行跟踪、对冷藏车的使用进行动态监控,同时将各地需求信息和连锁经营网络联结起来,确保物流信息快速可靠的传递,通过强大的质量控制信息网络将质量控制环节扩大到流通和追溯领域。荷兰作为食品物流的典型代表,在发展农产品物流过程中,注意优化供应链流程,减少中间程序,实现物流增值。通过利用收集、鲜储、包装等程序标准化生产,将来自全国,乃至欧盟各地的农产品集散到世界各国。同时,注重发展电子商务,信息化程度较高。农产品销售有先进的拍卖系统、订货系统,可以通过电子化食品物流配送中心向全球许多国家的消费者服务。

五、我国海洋食品质量安全与加工工程技术发展的战略目标与重点

(一) 我国海洋食品质量安全与加工工程技术发展的战略目标

不断提高海洋食品加工企业的自主创新能力,促进海洋食品产业的技术集成化、生产过程机械化、产品营养方便化;不断提高强化海洋食品安全评价技术体系建设,减少质量安全事件的发生,确保海洋食品的安全性,逐步提高海洋食品在国民饮食中的比重。使我国的海洋食品工业在未来 10 ~ 15 年内达到发达国家水平。

(二) 我国海洋食品质量安全与加工工程技术发展的战略重点

1. 建立海洋食品的全程质量安全可追踪体系

建立适应于海洋食品安全的风险分析体系;强化海洋食品质量安全检测技术;建立风险数据监测与预警发布机制;建立高效、安全的控制或消除危害因子的新技术与装备。

2. 研究创新一批海洋食品精深加工关键技术与装备

针对严重制约我国海洋食品工业发展的重点、难点问题和重大关键技术,以及影响海洋食品加工产业发展的核心技术问题。加大海洋水产品蛋白高效利用、海洋食品功效因子开发与功能食品制造、海洋水产品精深加工装备、海洋食品加工副产物的蛋白精深加工、生物活性物质的高效制备技术、加工副产物综合利用等重点领域关键核心技术的攻关力度,形成一批具有国际先进水平的重大技术成果和先进装备。

3. 形成高效安全的海洋水产品物流技术体系

加强物流关键技术开发、服务及监管平台建设;加强物流体系的质量控制标准化建设。



薛长湖 1964 年生,博士、教授、博士生导师,教育部“海洋生物资源高效利用研究与开发”创新团队学术带头人,山东省“泰山学者”岗位特聘教授。兼任中国水产学会水产品加工与综合利用分会主任委员,中国水产品流通与加工协会海参分会秘书长等。

主要从事海洋水产品加工、海洋生物活性物质及海洋功能食品研究与开发。主持完成了 20 余项省部级以上科研课题。发表学术论文 300 余篇,其中 SCI/EI 收录论文 70 余篇。获得发明专利授权 20 余件。先后获得省部级以上科技奖励 7 项。“十一五”期间,作为技术负责人组织编写了科技部“863”计划“海洋水产品加工新技术与设备”及科技支撑计划“海洋食品精深加工技术研究与产业化示范”两个项目的可行性论证报告。

南极磷虾资源开发利用战略

赵宪勇

中国水产科学研究院黄海水产研究所,青岛

一、前言

南极磷虾产自洁净的南极水域,资源极为丰富,生物量约 6.5 亿 ~10 亿吨,是可供人类利用的最大的可再生动物蛋白库;生物学年可捕量可达 1 亿吨,相当于目前全球海洋捕捞总产量。南极磷虾生长于极区特殊水域,可谓浑身是宝,具有巨大的医药保健和工业利用前景。目前,85% 的传统渔业资源已经充分利用甚至过度利用,开发水平仍然很低的南极磷虾已成为重要的战略资源。

二、开发南极磷虾资源的战略需求

(一) 开发南极磷虾资源是拓展远洋渔业发展空间的需求

我国远洋渔业历经 27 年的发展,已形成一定规模且生产渔船遍布世界各大洋;但是近十余年发展缓慢,产量徘徊在百万余吨,其中公海渔业资源的获取仅占全球的 6% 。目前,传统远洋渔业已日渐饱和,作为唯一一个具有规模化开发潜力的大宗渔业资源,南极磷虾已成为进一步发展壮大我远洋渔业的重要目标种类。

(二) 开发南极磷虾资源是保障优质水产品持续供给的需求

南极磷虾产自地球上最洁净的水域,是天然的大宗有机食品,且富含人体必需的氨基酸及不饱和脂肪酸,营养价值比牛肉、牛奶、金枪鱼、对虾还要高,开发磷虾食品对保障我食物安全、优化我小康社会膳食结构具有重要现实意义。

此外,作为养殖大国,我国每年饲料鱼粉消费量近 150 万吨,其中 80% 以上依赖进口。随着养殖业的不断发展,我国对鱼粉的需求还将不断地增长。因此,在国际市场鱼粉供给总量持续下行的情况下,亟须开发新的蛋白源,以满足我不断增长的养殖需求。若以磷虾粉作为鱼粉的替代,可有效填补我国优质饲料蛋白源的缺口,并可缓解国际市场鱼粉价格不断上涨对我养殖业造成的压力,促进

我国养殖水产品的持续供给。

(三)开发南极磷虾资源是培育海洋生物新兴产业的需求

南极磷虾产自高寒水域,富含虾青素、不饱和脂肪酸磷脂以及高效低温活性酶等,在医药化工及功能食品方面具有巨大的开发利用前景。其中南极磷虾油富含 EPA/DHA 功能性磷脂,具有健脑、抗炎症、增强免疫等功能,是具有超高附加值的新资源产品。

目前国际上已有多家公司从事南极磷虾的高值利用,产品涵盖了日常食品、功能食品、保健品和虾油、浓缩蛋白以及各种虾壳水解物等多个方面。我国磷虾高值产品开发起步虽晚,但在高值南极磷虾油提取技术方面已取得可喜进展。随着研发工作的不断深入,以磷虾渔业为依托高值新兴产业也将得到进一步发展,产业前景十分可观。

三、发展南极磷虾渔业的可行性

(一)南极磷虾渔业已进入一个新的发展时期

南极磷虾的试捕勘察始于 20 世纪 60 年代初期。当时,为展示其在南极地区的存在,前苏联在南极水域进行了大范围的渔业资源探捕活动,并于 70 年代初开展了南极磷虾商业性捕捞,与日本一起推动形成了 80 年代南极磷虾第一次开发高潮, 1982 年产量达 52.8 万 t。1991 年底前苏联解体后,磷虾渔业大幅衰减;其后磷虾年产一直徘徊在 10 余万 t 的水平上。

2006 年,为满足三文鱼饲料蛋白源的需求,挪威在经历了充分的研发储备之后,以先进的“水下连续泵吸捕捞”技术和巨资打造的专业捕捞加工船进入磷虾渔业,单船年产能即达 10 万 t,以至 2010 年南极磷虾总产在沉寂 17 年后再次超过 20 万 t,推动形成了南极磷虾渔业的第二个高潮。

“水下连续泵吸捕捞”是一种全新的捕捞技术。作业期间,拖网一直处于水下捕捞状态,捕获的磷虾由吸泵经传输管道在水下源源不断地将磷虾吸送至船上加工,既省却了传统拖网作业上、下网的繁琐环节,又提高了渔获磷虾的质量,可谓磷虾捕捞技术的一次颠覆性创新。辅之以先进的海上虾粉、蛋白粉以及虾油加工与提取技术,挪威已将磷虾渔业打造成由泵吸高效捕捞技术支撑、虾粉及虾油等高附加值产品拉动、集高效捕捞与高值精深加工与一体的新型磷虾渔业。

截止 2011 年,南极磷虾的累计上岸量已达 753 万 t。目前磷虾捕捞国主要有挪威、韩国、日本、乌克兰、俄罗斯、波兰以及中国等。据了解,2013 年国际上计划进行磷虾捕捞的国家和渔船数量均进一步增加,预计产量达 67.3 万 t,几乎

是前几年的两倍。南极磷虾渔业已名副其实地进入一个新的发展期。

（二）我国已享有南极海洋生物资源开发利用权力

南极洲源自冈瓦纳古大陆，曾与南非、澳大利亚、南美等地相连，具有丰富的矿产和油气资源。历史上曾有7个国家对南极提出过主权要求。1961年生效的《南极条约》冻结了各国的领土主张；南极洲是目前唯一没有明确主权归属的大陆。1998年生效的《南极条约环境保护议定书》进一步将南极矿产资源的开发冻结了50年。因此海洋生物资源成为目前南极地区唯一可以进行开发利用的资源。

南极海洋生物资源的开发利用活动受“南极海洋生物资源养护委员会（以下简称CCAMLR委员会）”的节制。CCAMLR委员会是依据“南极海洋生物资源养护公约（以下简称CCAMLR公约）”成立的集政治、法律、科学与渔业管理于一体的政府间国际组织；它是南极条约体系的重要组成部分，是独立于联合国之外的、排他性的国际组织；现有成员25个。我国于2007年成为其第25个正式成员，从而享有南极海洋生物资源开发利用的权益。

（三）三年探捕为我国磷虾渔业规模化发展奠定了基础

我国的南极磷虾渔业始于2009年底。在已完成的两个渔季中，我勤劳、智慧的船员和随船科学观察员再一次发扬“吃苦耐劳、拼搏创业”的远洋渔业精神，克服了首次极区作业的种种困难，积累了宝贵的极区渔业经验。2010年我国有两艘渔轮参与了磷虾渔业，捕获磷虾1956 t；2011年增加至5艘渔轮，捕获磷虾16 015 t。探捕规模、生产技术以及履约能力均得到提高，作业季节逐步延长，从业人员队伍逐步扩大，船载磷虾产品逐步向多样化发展，为我南极磷虾渔业的规模化发展奠定了良好的基础。

四、我国南极磷虾产业存在的突出问题与差距

（一）渔业规模小、发展速度慢，产业发展急需政策助力

南极磷虾渔业是一个专业化程度高、技术含量高的高投入、高风险渔业。前两年的磷虾探捕尽管已取得不俗的成果，但渔业规模终究仍然很小，均摊成本高，产品不具价格优势，市场开拓缓慢。进入2012渔季以来，由于船舶故障以及渔场环境与渔情变动的原因，截止5月只有3船进入磷虾渔业，产量仅有3400 t，远低于去年同期的14 600 t，更与挪威第3年产量即达6万余t、第5年即近12万t的发展速度形成鲜明的对比，磷虾渔业出师未久即遇困难，急需大力支持，

推动我磷虾渔业进入规模化发展轨道。

(二)装备落伍,技术落后,产业竞争力亟待提高

我国的磷虾渔船原是在南太捕捞智利竹荚鱼的渔船,虽经一定的适航改造,但受经费所限,渔业装备在国际同业中仍处落后水平。如原拖网网板及索具与磷虾这一新捕捞对象不匹配,引进的部分国外磷虾网具也存在与我船舶尺度的匹配问题,捕捞生产效率仅为日本的二分之一、挪威的四分之一左右;又如受冷冻装备及加工工艺技术水平所限,加工能力和磷虾冻品质量均与国际先进水平有较大差距;再如虾粉加工设备与工艺系直接引自鱼粉加工业,出粉率仅约为国际先进水平的二分之一。我国目前的磷虾渔业毫无竞争力可言。

(三)科研投入不足,产品研发滞后,产业发展急需有效科技支撑

一是资源探测评估投入不足。我国尽管自 1984 年即开始进行南极科考,但对目前磷虾渔业主要作业区——南大西洋西侧的磷虾资源至今尚未开展专业性探测评估研究,既无以支撑我磷虾渔业长远发展,也无以支撑积极参与磷虾渔业管理决策。

二是渔场渔情了解不够。南极磷虾的旺发季节与渔场形成受环境因素影响较大。由于缺少资源分布及渔场形成规律等前期基础性研究的支撑,我渔船对适渔渔场的年间变动了解不够,以致今年 4 月发生渔情与冰情变化时,未能及时找到适宜的渔场,只好提前返航。

三是产品研发严重滞后。国际市场上南极磷虾产品包括原虾冻品、饲料虾粉、食用虾肉虾糜以及医疗保健用蛋白粉与虾油等,其加工程度越高,产品的价值越高;而磷虾产业链的主要盈利点则在食用与保健用途环节。目前我国磷虾渔业仍处在原虾冻品和虾粉加工初级阶段,整个产业缺少高值产品支撑,产业链须待完善。

五、推动我国磷虾渔业规模化发展的对策

(1)抓紧制定磷虾渔业发展规划,协调、统筹各相关资源要素,指导磷虾渔业的快速和有序发展。

(2)加快渔船、装备的研制与改造升级步伐,提升产业核心竞争力,提高渔业生产效率和产业效益。

(3)加强资源探测评估、渔场渔情研究以及南极渔业管理研究,为渔业可持续发展提供有效技术支撑。

(4)积极推进产品研发以及市场准入和质量安全标准研究,推动磷虾产业

链的高值化延伸与市场化步伐。



赵宪勇 博士,黄海水产研究所研究员、副所长。主要从事渔业声学、渔业资源评估技术和极地与远洋渔业资源开发利用研究。主持或参与过国家973计划项目课题、国家自然科学基金项目、国家科技攻关(支撑)课题、国家海洋勘测专项课题以及南极磷虾资源开发利用项目等。发表论文60余篇,参编专著6部。获国家科技进步一等奖一次(列15)、二等奖一次(列9)、三等奖一次(列7),山东省科技进步一等奖一次(列2),国家海洋局创新成果二等奖一次(列2)。任中国海洋研究委员会(SCOR)委员,中国海洋学会海洋遥感专业委员会委员;亚洲渔业声学学会理事;南极海洋生物资源养护科学委员会副主席、中国首席代表。

大洋生物资源开发利用

许柳雄

上海海洋大学,上海

一、前言

海洋约占地球面积的71%,蕴藏着丰富的可再生的海洋渔业资源。在可持续发展的观念下,海洋渔业资源将是一种“取之不尽、用之不竭”的重要战略性资源,是人类未来生存和发展的物质宝库。我国人多地少,根据中国渔业中长期科技发展规划,到2020年我国对水产品的需求将增加1000万t。随着近海传统重要经济种类资源严重衰退,开发利用大洋渔业资源是确保我国获取健康优质蛋白供应和粮食安全的重要途径之一,发展大洋性渔业是我国经济社会发展的战略需求。

我国1985年开始发展远洋渔业,至2011年末,我国远洋渔业企业达116家,远洋渔船1628艘,远洋渔业总产量约115万t,作业海域遍布37个国家的专属经济区(EEZ)和三大洋公海及南极海域。如以养殖同样数量水产品所需饲料粮为标准折算,我国2011年远洋渔业产量相当于460万t粮食;如以蛋白质含量折算,则相当于140余万t猪肉。因此,远洋渔业为我国国民提供了重要的优质天然食物,从海外运回水产品就相当于为我国增加了土地资源、水资源,意味扩大我国对自然资源的拥有。

通常所提的远洋渔业资源(Distant water fishery resources)是指除本国专属经济区(EEZ)外的海洋渔业资源,包括他国管辖海域的近海渔业资源和大洋渔业资源(Oceanic fishery resources)和公海渔业资源(High seas fishery resources)。本文所提的大洋渔业资源是指大洋和公海渔业资源,包括高度洄游和跨界鱼类种群以及深海渔业资源。大洋渔业是指在大洋公海海域获取海洋渔业资源的活动,包括捕捞生产、渔获物加工运输和营销的产业,是海洋经济的重要组成部分,是一种资源型战略性产业。

二、大洋渔业资源开发利用状况

根据格兰20世纪70年代初进行的一项FAO研究预测,世界海洋鱼类(不

包括无脊椎动物)生产潜力接近 1 亿 t。近 20 多年来,世界海洋捕捞产量一直稳定在 8000 万 t 左右。虽然 FAO 评估显示,在已知的海洋渔业资源中,大约 50% 的种群已被充分开发,32% 的种群被过度开发或出现衰退或从衰退中恢复,但仍有一些中上层鱼类、头足类、软体动物、深水对虾种群以及南极磷虾等资源尚未被充分利用,许多深海渔业资源尚未开发。南极磷虾是迄今为止知道的开发潜力最大的海洋渔业单一品种,评估的年可捕量为 1 亿 ~2 亿 t,但近几年的年捕捞量不足 20 万吨。全球海域的头足类约有 600 种,据 FAO 1977 年评估,大洋性头足类的资源量为 2.5 亿 ~7.5 亿 t,年可捕量为 1 亿 ~3 亿 t,相当于目前世界渔业的总产量。目前,头足类已开发利用 48 种,集中捕捞的仅 22 种,产量只占其资源量的 3.5%。迄今为止,对一些大陆架深水区的头足类资源开发利用得较少,对大陆坡中上层头足类资源开发利用得更少,对资源量极大的南大洋头足类渔场还尚未开发。据有关报道,灯笼鱼类是有可能支撑全球重要渔业的一个潜在鱼种。阿曼湾长鳍灯笼鱼的资源量在 170 万 ~2000 万 t 之间,东阿曼湾长鳍灯笼鱼最大可持续产量(MSY)为 230 万 t,而目前该资源的开发率低。西北太平洋秋刀鱼资源量估计在 300 万 ~600 万 t 之间,年可捕量超过 100 万 t,近几年年产量在 48 万 ~62 万 t 之间。全球金枪鱼及类金枪鱼的年捕获量 2003 年超过 500 万 t 以来,产量一直比较稳定,2010 年达到 650 万 t。据专家评估,三大洋鲣鱼资源状况较好;大西洋大眼金枪鱼渔获量一直低于最大允许产量(MAY),印度洋大眼金枪鱼资源状况处在健康状态,南太平洋长鳍金枪鱼尚未充分开发。

据日本调查评估,在世界海洋 200 ~2000 m 水深内,鱼类和非鱼类资源的捕捞量可望达到 3000 万 t,相当于世界海洋年渔获量的 1/3。水深 500 ~3000 m 的海底面积大约有 4900 万 km^2,已调查的海域还不到 3.5%。前苏联调查表明,世界海洋中有 1 万多个水下高地,是生产力很高的海域,深海生物资源是有待探索开发的领域。FAO 在 2011 年世界海洋渔业资源状况回顾中,列出的主要深海鱼类达 38 科 90 余种。

三、我国大洋渔业发展现状

我国远洋渔业始于 1985 年,经过 26 年的发展,已经成为拥有远洋渔船 1620 余艘,总产量 110 余万 t,作业海域遍布 37 个国家的专属经济区和三大洋公海和南极海域的远洋渔业大国。作业方式从单一的拖网作业发展到拖网、围网、棒受网、延绳钓和光诱机钓等。其中大洋性渔业主要由金枪鱼延绳钓、金枪鱼围网、光诱鱿鱼钓渔业、大型竹荚鱼加工拖网渔业和南极磷虾渔业等。2011 年,大洋性渔船规模 710 余艘,产量 60 余万 t,其中金枪鱼作业渔船 316 艘,年产量约 15 万吨;鱿钓作业渔船 390 艘,产量 36 万 t;竹筴鱼 12 艘,产量 14 万 t。南极磷虾

试捕鱼船 3 艘,产量 1.5 万 t。

但由于我国远洋渔业起步较晚,基础差,尽管“十五”和“十一五”期间通过“863”计划、农业部远洋渔业资源探捕专项,在大洋渔场环境信息采集和渔场速报技术有了突破,基本上掌握了部分海域的金枪鱼、竹荚鱼、柔鱼类等主要大洋性渔业资源的分布以及其渔场和环境的关系,并实现了商业性开发和利用,但与世界先进渔业国家和地区相比,我国远洋渔业科技总体水平仍存在着较大的差距。主要表现在:

(一) 基础性研究相对薄弱,对远洋渔业资源的掌控能力弱

我国科研和生产单位曾对鄂霍次克海西南部狭鳕、西非沿岸渔业资源、三大洋金枪鱼和大洋性柔鱼、南极磷虾等资源进行了数十次的调查,但这些调查大多由生产渔船承担,缺乏系统性。与日本和前苏联等国家有计划的系统调查相比,对远洋渔业资源的科学调查显得非常不足。缺少第一手调查研究资料,资源分布与渔场变动规律不明,在资源养护措施及捕捞配额分配谈判中缺少话语权,在以资源养护为主调的国际磋商中处境被动。缺乏长期生产统计和调查数据的积累,对主要渔业资源分布、变化规律和渔场掌握不准,直接影响我国大洋性渔业的发展战略和捕鱼船队的布局。对海洋生态系统、资源状况及渔场形成机制等的研究不够系统;气候环境变化对资源渔场的影响等研究开展甚少,使得我国远洋渔业资源的掌控能力弱,远洋捕捞业的国际综合竞争力低。

(二) 渔船装备老化,专业化水平低

我国在实施渔业走出去战略中,主要通过进口国外二手船和改造近海作业渔船,实现远洋渔船作业规模的扩展和作业海域的扩大。船龄普遍较长、技术水平落后、装备老化、生产效率低下,难以适应现代远洋渔业国际竞争。主要大洋性作业渔船中,超低温金枪鱼延绳钓船、拖网加工船和金枪鱼围网船有 50% 以上船龄超过 20 年,超过 30 年的达 30%;西非作业渔船有三分之一船龄超过 20 年;80% 的北太平洋鱿鱼钓船和 90% 以上的过洋作业渔船是由国内近海作业渔船改造而成。另外,虽然我国已能建造超低温金枪鱼延绳钓船等大型远洋渔船,但与之配套的渔捞设备和超低温冷冻机组还主要依赖进口。

(三) 捕捞技术及装备水平落后,关键技术及装备受制于国外

捕捞技术及其装备,特别是一些技术含量高的装备,如金枪鱼围网网具、大型中层拖网网具及网板、鱿鱼自动钓机等都依赖进口;一些实现国产化的捕捞装备也没有国家或者行业标准,系统设备配套不完善,设备可靠性差。如鱿钓集鱼

灯、金枪鱼延绳钓整体装备等,制约着我国远洋渔业综合生产能力和捕捞水平的提高。我国在金枪鱼、鱿鱼和南极磷虾以及深海捕捞技术与发达国家相比差距明显。其中,远洋鱿钓船平均产量比发达国家同类渔船低 18%,冰鲜金枪鱼钓单船平均产量只有我国台湾省同类渔船的一半甚至三分之一。渔船、捕捞技术及其装备水平的落后使我国难以与装备先进的日本、韩国和我国台湾省的远洋渔船相抗衡。

(四)渔情信息不能实时服务

日本、美国和法国等均自主开发了远洋渔船船位动态监控系统,能够为远洋渔船提供全球海域近实时表温、叶绿素、海面高度等遥感信息产品,并进行每日和每周一次的海况信息发布。尽管我国“九五”以来,通过若干项远洋渔业信息国家“863”项目的支持,初步构建了我国远洋渔业主要鱼种的渔情预报信息服务系统框架。但是,我国遥感信息产品无法做到近实时,信息产品目前主要为表温,同时由于遥感数据量大、通信成本昂贵等原因,无法实现在线的渔情信息服务,制约着我国远洋捕鱼船队对渔场的掌握以及渔船动态的了解。

(五)科研投入不足,新技术研发乏力,远洋渔业缺乏重大科技支撑

日本等国在国际油价普遍上涨的背景下,持续开展了节能型新技术的研究,如鱿钓渔业中高效水下灯、LED 新型集鱼灯等开发;在减少误捕和混捕方面,开展了海龟释放装置和拖网选择性装置、渔获物分离装置、副渔获物减少装置等,并成功地应用生产渔船中。已经建造专业渔船和装备技术开发南极磷虾。我国在远洋渔业资源渔场开发探捕、远洋渔船捕捞装备研发、远洋渔业专业队伍建议和人才培养等方面长期投入不足,大洋性渔业发展缺乏科技支撑。近十年来,远洋渔业资源开发基本上是依靠渔业主管部门每年有限的专项经费维持。项目以企业为主,科研机构技术支撑,因此往往难以确保实施方案的执行。捕捞装备研究长期投入不足,远洋渔船装备缺乏系统性研究、关键技术难以实质性突破、装备国产化进展缓慢。国家科研投入不足,以及受市场导向影响,远洋渔业专业科研队伍和能力受到大大削弱。

(六)技术的系统集成和学科交叉整合较差,技术领域的拓展跟不上渔业发展的要求

由于渔业产业是后发产业,渔业科技更应该注重对新技术的引进、整合和集成,注重领域的交叉。但是,在我国由于渔业的社会地位和经济地位的影响,现代科技成果向捕捞业延伸少而慢,获得先进技术支持明显不够。同时,我国海洋

捕捞科学在拓展新领域和新的发展空间上显得动力不足。如日本和美国等发达国家于20世纪70年代就将海洋遥感应用于海洋渔业中,同时及时将4S技术应用于渔业管理。尽管我国在“九五”、“十五”和“十一五”期间进行了初步的研究,但与实现业务化运行还有相当的距离。

(七)远洋渔业整体效益欠佳,影响了装备技术的更新

我国远洋渔业受公海渔业资源波动、气候变化、国际渔业管理以及油价不断上涨、船龄老化、捕捞生产油耗高、捕捞效率低等因素的影响,远洋捕捞业普遍效益不好,企业自主开展装备技术研发的经济基础不足,承受高技术应用的风险能力有限。因此,渔船装备技术得不到及时更新,影响了产业的可持续发展。

产业链不健全,综合开发滞后。我国远洋渔业产业主要集中在捕捞生产环节,综合开发能力不高,产品附加值低。船队在境外普遍缺少综合性的渔业基地,在渔船修造、后勤补给、渔获运输、加工销售等方面均受制于人,增加了生产成本和产业的不稳定性。缺少自主品牌,国内市场有待进一步开拓。南极磷虾资源商业性探捕虽然取得成功,但由于南极磷虾产品以及磷虾综合利用研究滞后,磷虾产品品种单一,成了制约我国提高南极磷虾资源开发力度的瓶颈。

(八)管理制度不健全,与国际渔业管理的要求仍有差距

目前,国际海洋渔业资源管理制度日趋完善、管理措施日趋规范严格,对船旗国的履约能力提出了更高的要求,而我对远洋渔业的管理能力相对薄弱,现有的远洋渔业管理制度有待进一步完善。在生产数据统计、船位监测系统(VMS)、观察员制度等一系列国际通用监管措施的执行上落后,削弱了我国履行国际公约的能力。

四、提高我国大洋渔业资源开发利用能力需要解决的问题

大洋渔业资源开发利用涉及开发对象(渔业资源)、开发地点(渔场)、开发工具(渔具)和开发手段(渔法)等,是一项复杂的系统工程。大洋渔业资源栖息在远离大陆的公海或大洋深处,有些鱼种的洄游距离达数千海里,跨越多国专属经济水域和公海大洋,具有较大的不确定性和隐蔽性,更增加了研究难度,需要现代高新技术的支撑。因此,要使我国在开发利用大洋渔业资源方面具有国际竞争力,必须要掌握全球重要大洋渔业资源的数量和时空分布、利用状况和开发潜力;同时必须掌握开发这些渔业资源相适应的捕捞技术,包括捕捞装备、工具,以及掌握这些装备和工具如何有效使用的人才。

根据我国目前对大洋渔业资源状况的了解和开发技术水平,大洋渔业资源

开发应以利用金枪鱼类、鱿鱼类、竹筴鱼和秋刀鱼等中上层鱼类资源为重点，西非等海域要积极开发尚未规模开发的中上层鱼类和外海底层虾类、鱼类资源；南极磷虾实现商业性开发。

我国既拥有优于一般发展中国家的物质装备水平和技术能力，又拥有比发达国家和地区更为丰富的人力资源和较低廉的劳动力，这使得我国在争取远洋渔业发展空间的激烈竞争中具有比较优势。在当前条件下，国家应整合全国科技力量和人才，切实解决制约我国进一步开发大洋渔业资源的技术瓶颈问题。

（一）对全球大洋渔业资源的掌控能力方面

重点开展主要大洋渔业资源的科学系统调查、主要大洋渔业种类的生活史及环境对其影响研究；渔业资源动态评估、渔捞统计与评估技术。

（二）对大洋渔业资源和渔场的预测预报方面

重点开展全球气候变化对大洋性渔业资源的影响及预测技术；渔业资源和环境的信息化技术；主要远洋渔业中长期渔情预报技术；远洋渔业信息服务系统建立及其业务化；渔业管理策略及风险评估技术。

（三）对大洋渔业资源生态高效开发能力

重点开展大洋性柔鱼类资源、金枪鱼类资源、中小型中上层鱼类资源、南极磷虾资源的高效开发和利用技术，无损伤型捕捞技术研究及应用，以及深海渔业资源开发及深水拖网捕捞技术；新型渔用材料的开发及应用；高效节能型渔具渔法及系统集成；信息化、数字化助渔仪器研发与系统化构建；远洋专业渔船及现代捕捞装备的研制、应用与国产化。

（四）在大洋渔业行为符合国际规则方面

重点开展生态友好型远洋捕捞技术（防海龟、鲨鱼、海鸟及其他濒危水生生物防误捕技术）；渔获物监测识别及作业状况自动测报系统研制等；VMS 系统、科学观察员制度、渔捞日志制度等。

（五）在开发大洋渔业资源科技人才培养方面

远洋渔业是一个特殊、艰苦的行业，缺乏吸引社会对高层次的科研创新人才及其团队的主动补充机制。重视远洋渔业专业人才的培养，加快组建国家远洋渔业科研创新团队。

(六)在渔具渔法及其装备方面

加强对先进远洋渔船、船用设备、甲板机械、助渔仪器的研制;加强对高效节能、生态友好的选择性渔具渔法的研究,制定专业远洋渔船、新型渔具的行业标准与规范,集成并创新远洋渔业渔船与装备,提高远洋渔业自动化、信息化和数字化水平,从而增强我国远洋渔船的捕捞能力和适应国际渔业管理的需要。



许柳雄 教授,博士生导师,上海海洋大学海洋科学学院院长。浙江台州人。1987 年毕业于美国罗德岛大学,获硕士学位。1992 年 9 月 ~1993 年 11 月赴英国阿伯丁海洋研究所进修渔具渔法。1995 年 9 月 ~1998 年 3 月任中国水产总公司驻塞拉里昂代表处船队副指挥、指挥。现为海洋渔业科学与技术国家特色专业和上海市重点学科捕捞学学科带头人,兼任教育部教育指导委员会水产高等教育组秘书、中国海洋湖沼学会第九届理事会理事、中国水产学会第七届理事会水产捕捞专业委员会委员、上海市水产学会捕捞专业委员会主任、中国远洋渔业协会金枪鱼技术组组长。曾任印度洋金枪鱼委员会第六、七届科学委员会副主席。2001 年享受国务院特殊津贴。

近 30 年来,一直从事海洋渔业有关的教学、科研和技术服务工作。主要研究方向为捕捞学科的远洋渔业系统集成,包括金枪鱼、南极磷虾生态友好型捕捞技术研究,先后主持海洋技术领域 863 项目子课题、农业部、上海市等国家及省部级项目 20 余项,第一作者或通讯作者发表论文 50 余篇,获国家科技进步二等奖等 5 项。

我国渔船与渔港工程发展战略(摘要)

徐 皓

中国水产科学研究院渔业机械研究所,上海

我国经济社会的发展对海洋渔业船舶工程发展提出战略需求。我国蓝色国土幅员辽阔,开发海洋生物资源,迫切需要发展高效渔船装备。保护海域领土,实施“屯渔戍边”,迫切需要提升渔船保障能力。我国渔船装备整体落后,安全、耗能问题突出,建设现代渔业,促进渔民增收,控制捕捞强度,提升渔政与渔船管理水平,加强远洋渔业产业竞争力,迫切需要提高渔船装备水平。

我国捕捞渔船数量多,规模大,能耗高。木质渔船仍是我国捕捞渔船的主体。渔船玻璃钢化具备了一定的技术和产业基础,但发展滞缓。远洋渔船建造取得突破,技术基础初步形成。船型优化技术研究与应用取得成效,在标准化渔船建设工程中发挥作用。

我国渔船装备老化现象严重,技术落后。渔船船型杂乱,性能优化度低。主机配置及船机桨匹配差异大,随意性强。玻璃钢渔船推广应用受阻。过洋性作业渔船装备老化,面临升级换代。大洋性作业渔船整体性能落后,提升装备水平成为当务之急。

世界近海渔船发展主要特点是,新造先进船型的尺度相对适中;玻璃钢等轻质材料应用普遍;建造规范,安全性、舒适性要求高,重视渔船规范化建造与监管;制定了科学完善的渔船建造标准,监管力度到位,对渔船建造及主尺度的控制发挥了重要的作用。大型化、专业化是远洋渔船发展的基本方向;机械化、自动化是远洋渔船建造的基本要求。

未来的发展,近海捕捞渔船规模趋减,专业化程度不断提升;大洋性捕捞渔船规模趋于合理,工业化程度不断提高,作业水平和竞争力不断提高。新材料、新技术不断在渔业船舶工程中得以应用;养殖渔船规模逐步扩大,功能多元化;渔港作为水产品的安全供给基地的保障作用愈来愈强。

我国海洋渔船装备发展的战略定位是:保障海洋生物资源开发与蓝色国土耕耘,建造“安全、节能、适居、高效”要求的现代化渔船。发展思路包括:科技引领,建立符合“安全、节能、适居、高效”要求的现代化渔船装备示范船,构建参数标准与技术规范,进行示范推广;调整政策,优化机制,淘汰老旧、超龄船只,发展

标准新型渔船;设立专项资金,引导老旧渔船进行升级改造,大力发展中小型玻璃钢渔船与中大型钢质渔船;转变观念,统一思想,全面推进渔船现代化改造工程。

总体发展目标为:按照渔船“安全、节能、适居、高效”的发展要求,围绕船型标准化、装备现代化,紧跟世界渔船科技发展步伐,依托现代船舶工业先进技术,结合渔业生产力水平与渔船作业特点,通过技术创新与系统集成,形成专有技术模式,构建技术体系与生产规范,并以主要作业渔船标准化建设及技术装备升级改造为重点,通过示范推广,逐步推进海洋渔船现代化改造,至2020年基本形成主要作业船型标准化与配套装备技术体系,全面实现中小型玻璃钢渔船设计与建造技术、中大型钢制渔船设计与建造技术、大型远洋渔船捕捞与加工装备技术对渔船装备现代化的重要支撑作用。

战略任务与重点包括:推进中小型玻璃钢渔船建造;实施中大型渔船升级改造;发展现代化大型远洋渔船装备;推进南海海域专业捕捞船队建设。



徐皓 1962年出生,现任中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所所长,中国水产科学研究院首席科学家,研究员,兼任农业部渔业装备与工程技术重点实验室主任、国家渔业机械仪器质量监督检验中心主任等职,并担任农业部第八届科学技术委员会委员、中国水产科学研究院学术委员会常务委员及渔业装备与工程学科专业委员会主任、中国水产学会理事及渔业装备技术专业委员会副主任、中国渔船渔机渔具行业协会副理事长等职。长期从事渔业装备与工程技术的科学研究与成果推广工作,主要的研究领域包括:渔业节能减排、池塘生态工程、工厂化循环水养殖,以及渔业装备科技发展战略等。

渔港工程发展战略

孙 龙

中国水科院渔业工程研究所,北京

一、渔港工程发展战略需求

渔港不仅是海洋捕捞渔业和海洋牧场的重要基地,还与后方渔业城镇经济腹地相互依托。我国渔区经济社会的发展,对渔港的功能、产业拉动作用及经济辐射力提出了更高要求。

(一) 实现渔业强国,对渔港工程提出了战略要求

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》明确把渔政渔港作为新农村建设重点工程。

渔港现代化建设是实现我国渔业现代化的重要组成部分,要实现世界渔业大国向渔业强国的战略转变,需要渔业工程技术提供持久的支撑。

(二) 我国海洋经济发展对渔港工程提出了更高要求

1. 我国渔业经济的多元化与生产活动的变化,对渔港的功能提出了多元化要求

随着我国渔业经济的发展,要求渔港除了满足渔船停泊作业、鱼货加工流通外,还需具备海洋牧场条件保障功能;渔港建设带来了环境影响,要求水工建筑物具备海洋生物涵养功能;随着渔业产业链的延长,要求渔港具备与商港相同的鱼货装卸及贮运的功能;随着城镇居民休闲时间的增加,要求渔港的建设与改造能满足人们享受海洋游钓和休闲,使其具有渔业、商业、旅游业的综合功能。

2. 现代渔业经济的发展,对渔港陆域功能配套和产业链延伸提出了更高的要求

现代渔业经济的发展,要求注重水产品中心交易市场的建立,构建水产品交易信息化平台,发展高附加值加工业,推动渔港地域二、三产业的发展。

3. 我国社会主义新农村建设,对渔港提出了加快城乡统筹、促进渔区经济社会和谐发展新要求

新建渔港规划时,应进行水产品加工及产地市场为一体的渔民新村(镇)为依托的规划建设与配套,渔港应保持景观美化,形成舒适环境。

4. 现代社会发展对渔港建设提出了低碳、环保和可持续发展要求

渔港建设时,应采用新材料、新结构,减少和避免对水域生态环境的破坏,综合治理海滨,保护海洋渔业生态环境。

二、我国渔港工程发展现状

渔港发展战略研究。提出了渔港应以坚持渔港功能升级战略、产业链延伸战略、渔港渔村(镇)一体化战略、水产品加工及物流现代化等战略,实现渔港经济区发展目标。

爆破排淤填石法处理防波堤软弱地基技术应用研究。在渔港防波堤深厚软弱地基处理技术方面取得了重大突破,推动了我国沿海地区渔港防波堤工程的建设。

振冲碎石桩复合地基在渔港重力式码头工程的应用研究。开拓了振冲桩处理海域软基的新领域,达到国内领先水平。

透空式防波堤结构研究与应用。保障了港内波稳条件和水体交换,避免和减轻水域环境污染,保证了渔港的正常使用年限。

港区波浪、潮流场与泥沙冲淤研究。对拟建国家级的渔港项目港内泊稳条件、潮流场、港区工程泥沙等方面进行全面分析论证,使渔港项目的决策和实施更为科学。

三、我国渔港工程面临的主要问题

(一) 建设标准低,渔业安全问题仍然突出

近 10 年来,我国渔港建设取得显著成效,但基础设施仍显滞后,渔港建设密度低、“船多港少”矛盾和安全隐患仍然突出。据资料分析,我国单艘渔船占用码头泊位岸线仅为日本或韩国的 1/3。

据近 10 年资料分析,每年有 17.2 个台风登陆我国沿海地区。目前,我国沿海一级以上渔港只能满足为全国 30% 的渔船提供服务,大部分渔民生命安全无法得到保障。

(二) 渔港鱼货交易市场配套滞后,导致鱼货物流不畅

由于目前投资体制的制约,国家级渔港建设只投资公益性的基础设施,而交易市场一般为经营性设施,一般采用社会融资方式投入建设,进而造成交易市场

建设的不同步或缺失,造成港区鱼货交易的无序,也严重造成国家水产品产量统计的不规范和数据的出入。

(三)渔港水域生态环境保护设计理念有待提高

主要是渔港项目生态环境保护设计理念不强,有的港口为了满足泊稳条件,对水域采用水工建筑物进行近乎封闭式掩护,导致水体交换不畅,港域水质环境受到严重污染。

(四)重大工程技术研究滞后

我国渔港重大工程技术研发与综合功能的发挥,还远落后于发达国家,特别在多功能渔港规划、防灾减灾、水域生态环境保护修复等技术的研究方面落后于发达国家,并滞后于我国渔业经济的发展,严重影响了渔港在我国渔业经济中重要功能的发挥。

(五)工程技术研发和标准规范制定滞后,科技支撑不足

我国目前只有(SC/T9010 - 2000)《渔港总体设计规范》,渔港防波堤、码头、修造船等建筑物的设计均参用国家交通部(JTJ)相应工程技术规范;研究队伍分散,国家资助强度低,原创性人才缺乏,严重影响了本学科创新能力的提高和学科的发展。

(六)立法工作滞后,渔港建设管理及维权缺少依据

目前,我国还没有完善的渔港管理的法律法规体系。渔港的所有权、使用权、经营权、监督权缺乏法律保障,随意改变渔港性质和功能的现象时有发生;城镇开发与渔港用地矛盾突出,部分港址较好的渔港被侵占或废弃,被迫迁到远离经济腹地、直面风浪袭击的边远海域;天然避风锚地也因围垦被侵占、丢失,不断减少。

四、世界渔港工程发展现状与趋势

(一)发达国家渔港工程现状及特点

1. 建设投资力度大,设施配套完善,功能作用明显

发达国家的渔港建设,十分注重国家投资支持力度,完善渔港设施,提升渔船渔民生产生命的安全度,使渔港维持正常机能,并发展休闲、观光、文化等多元化利用。

韩国渔港发展注重加快国家投资渔港建设,大力开发多功能的综合性渔港,配合渔港开发,逐步改善渔村生活环境,增加渔民收入,创造更多就业机会,进一步推动渔村、渔港文化旅游产业的发展等。

美国最大的渔港位于靠近阿拉斯加半岛东岸的荷兰港(Dutch harbor),荷兰港是阿拉斯加狭鳕(鱼)的主要集散地。荷兰港在军事战略上具有极高价值,向来为美国北太平洋最为重要的海军基地。

2. 法规及技术规范完善

发达国家渔港建设与管理均有相应的技术规范和法律法规。如日本 1950 年就颁布了《渔港法》,定义了渔港范围和内容,规范了项目建设立项程序及资金扶持比例,明确了渔港的维护管理的主体和责任。日本渔港协会颁布的《渔港工程技术规范》,涵盖了渔港设计条件、地基与基础、水域设施、陆域配套及污水处理设施等技术规范和要求。

3. 研究机构健全,支撑作用明显

例如日本国立水产工学研究所,主要从事全国渔港与渔场工程相关工程技术研究,对日本的现代渔港与渔场工程发展发挥着重要支撑。

(二)面向 2030 年世界渔港工程发展趋势

1. 渔港作为水产品安全供给保障基地的作用愈来愈强

随着全球经济的发展和人们生活水准的提高,世界水产品消费需求日益旺盛。渔港作为捕捞与增养殖渔业和水产品安全供给基地的责任和使命愈来愈强。

2. 适应现代渔业的发展,渔港功能多元化趋势愈来愈明显

面对经济社会的发展和海洋牧场与渔村(镇)对渔港服务的新要求,渔港服务功能应前伸后延,实现渔场渔港渔村(镇)一体化、水产品交易加工和物流的现代化及休闲渔业产业化。

3. 渔港作为水产品交易、加工、配送、冷链物流的集散中心作用更趋明显

地处城市、港后为很大的消费市场的渔港,要求进行水产品加工和产地市场为一体的建设与配套,成为水产品加工与市场为一体的都市型渔港。对于地处村镇、并以渔村为依托的渔港,要求渔港建设时,进行水产品交易市场与加工一体化的建设与配套,使其成为地域性的、以市场形成流通的村镇型渔港。

4. 低碳、生态、环保是现代化渔港的重要特征

随着渔港功能设施的完善,渔港应保持景观美化。建设和改造具有海水交换功能的防波堤,以及利于海洋生物生息、繁殖的水工建筑物,并要综合治理海滨,以缓解对海洋生态环境的影响。

（三）国外经验教训

1．渔港多元化利用

日本三崎渔港丰富的水产品与临近东京的优越地理位置，成为都市型休闲观光渔港。利用其港区区位优势，发展成为水产品集散地，设置鱼货直销中心，并利用活鱼蓄养提供水产美味食材，吸引消费人群，创造产业商机；此外，利用港区游艇码头，提供海上观光和海底赏景活动，并结合公园绿地及每年花火节活动，使三崎渔港在传统渔业之外的活动愈来愈活跃，其渔港多元化功能得以充分发挥。

2．教训

日本大地震使临震地区渔港受到巨大破坏损失。《日经商务》以“日本的食物面临危机”为题，称“渔港不见渔船踪迹，食品从货架消失……”，“……如果不克服，后果不堪设想，食品令人担忧”。

地震警示人们，受地震重创的农（渔）业将会严重影响国民的食物供应，人类必须进行渔港工程技术的创新和研究，提高抵御自然灾害的防灾减灾能力。

五、我国渔港工程发展的战略定位、目标和重点

（一）战略定位与发展思路

1．战略定位

渔港不但是海洋渔船生产补给、避风减灾以及海洋渔政执法的主要基地，也是保障国民海洋水产品安全供给，渔业经济可持续发展的重要基础，更是渔业戍边维权、实施国家海洋战略的重要组成部分。从朝韩水域海上监管，到东海、南海、北部湾维权行动，特别是中央“开发南沙，渔业先行”、以南沙渔业“突出存在”的重要决策，更加凸现出渔业在国家海洋战略中的重要地位。

2．发展方向

我国渔港发展方向为：为适应渔业经济的多元化与生产活动的变化，实现渔港功能多元化；根据渔业结构变化，实现水产品加工产业化和冷链物流的现代化；根据建设社会主义新农村要求，实现渔港村镇一体化；适应我国现代化渔业的发展要求，实现渔港现代化。培植渔港经济区，推进我国沿海渔业地区小城镇建设发展，实现建设小康社会目标。

3．发展思路

根据我国国情和渔港现状，着重以渔港基础设施的配套完善和装备现代化，带动渔业村镇的振兴和渔港区域经济的发展，以渔港现代化为目标，实现我国沿

海渔业的现代化。

加强渔港全面管理职能,促进沿岸增养殖业的发展和当地鱼货中心市场流通体系的形成,强化基地渔港的集中和辐射分担功能;发展海洋牧场和种苗放流,强化渔港的海洋养殖渔业基地港功能;保障渔港渔村及渔民生命财产安全,强化抗灾能力较强的避风基地港。

(二)渔港战略目标

根据我国海洋渔业经济发展现状、发展要求和防灾减灾需要,综合考虑各地渔业资源、渔业经济比重、渔船数量、渔港基础设施现状和自然条件,确定我国渔港建设"三步走"战略。

1. 到2020年,渔港防灾减灾对策研究与渔业安全科学技术研发有重大突破,支撑我国渔港防灾减灾体系基本建成,满足沿海近30万艘渔船安全避风和200多万渔民生命财产安全;国家渔港工程领域学科队伍得到加强,现代渔港规划技术、渔港水域生态环境修复保护技术研究有所突破,多功能现代化的渔港体系初步形成。

2. 到2030年,渔港工程学科接近发达国家水平,渔港现代化规划技术、海洋岛礁(人工岛)渔港建设工程技术、适于海洋生态涵养功能的建筑新材料研究有重大突破,渔港的现代综合功能、生态环保特征明显,多功能现代渔港体系建成。

3. 到2050年,渔港工程与技术水平达到国际领先地位,满足我国海洋强国的发展要求。

(三)战略任务与重点

渔港工程与科技发展需要多学科的创新和集成。面对我国渔业防灾减灾严峻形势,迫切需要防海啸、台风、海浪和风暴潮等灾害减灾对策技术的突破,保障我国渔港防灾减灾体系建设完成。

我国东南海域作业渔船远离大陆渔港,渔船避风减灾、作业补给、"涉渔维权"得不到有效保障。研究开发海洋岛礁(人工岛)渔港建设工程技术,是国家赋予渔港工程学科支撑渔业发展和维护国家海洋权益的责任和任务。

(四)发展线路图

实现防海啸、狂风、海浪和风暴潮关键技术创新和突破,建立防灾减灾型渔港工程体系。

实现现代渔港规划技术、港区水域生态环境保护和修复技术的创新和突破,

建立和完善综合现代化型渔港工程体系。

攻克岛礁(人工岛)渔港工程关键技术,研发新型建筑材料,建立和完善我国东南海域渔港群与导助航设施体系,维护国家海洋权益。

六、渔港工程科技领域研究方向

(一)现代化渔港模式与应用研究

1. 必要性

我国海洋渔业经济与渔区社会的发展,对渔港提出了功能多样化、装备现代化和水产品物流现代化要求,低碳、节能、环保是现代渔港工程必须遵从的刚性条件。建设多功能现代化渔港,是实现我国农(渔)业现代化的重要组成部分,也是我国经济社会发展的必然需求。

2. 目标任务

在我国 1.8 万公里海岸线和 1.4 万公里岛域海岸线上,科学合理布局建设一批现代化功能完善、生态环保特征明显、水产品交易等物流信息化程度高、经济辐射力强的现代化综合性渔港,建立和完善国家现代化多功能渔港体系。

3. 研究项目与关键技术

现代化渔港模式与应用研究项目,关键技术包括现代渔港规划技术、渔港减灾对策与技术、具有海洋生物涵养功能的建筑工程材料技术、水环境修复与保护技术、防护建筑物结构与安全技术、软弱不良地基处理技术等。

(二)我国东南海域岛礁(人工岛)渔港建设工程技术应用研究

1. 必要性

我国海域辽阔,特别是南海远距大陆,开发东南海渔业,丞需利用岛礁建立一批岛礁(人工岛)渔港补给基地,一则为作业渔船提供安全和生产服务,二则为我国海洋维权提供硬件支持,有效抵御和保护我国岛礁海域不被侵占。

2. 目标任务

在东南海域利用岛礁建设一批岛礁(人工岛)渔港及渔用导助航设施,彰显国家海洋权益和存在。

3. 研究项目与关键技术

岛礁(人工岛)渔港建设技术研究项目,关键技术包括岛礁(人工岛)新型建筑材料技术、高海况施工保障技术、建筑物防海浪与结构安全技术、地基处理技术等。

(三)建议

国家应加强对渔业减灾和渔港工程与科技事业的投入,有效提高渔港工程学科对我国渔港现代化的技术支撑。



孙龙 1952 年出生,祖籍陕西,中国水产科学研究院渔业工程研究所,总工程师,研究员。1977 年毕业于重庆建筑工程学院(现重庆交通大学)港口与航道专业。从事渔港工程规划、设计、研究工作 35 年。主持及参加国家级渔港工程及研究项目 90 多项,代部或协助主持国家中心、一级渔港及渔政船项目审查 180 余项;作为全国渔港规划技术总协调人,承担和参加《全国渔港十一五建设规划》、《全国渔港十二五建设规划》编制。获农业部优秀工程及咨询成果二、三等奖 4 项,国家海洋局贡献荣誉奖 1 项,全国优秀科普作品三等奖 1 项,曾获全国水产科技工作者称号,发表专业性论文、论著 20 余篇。中国水产学会理事与渔业工程委员会主任委员、中国科学院研究生院研究生企业导师、全国海洋工程学会委员。

负责任捕捞技术研究现状与趋势(摘要)

黄洪亮

中国水产科学研究院东海水产研究所,上海

海洋生物自古以来一直是人类食物的一个重要来源,为人类提供约 16% 的动物蛋白质的来源。开发利用海洋是解决当今人类所面临的人口增长、环境恶化、资源短缺三大问题的重要出路之一,人类社会的发展将会越来越多地依赖海洋。目前,全球普遍性的海洋生物资源衰退和海洋环境恶化制约了世界海洋渔业的发展,这已成为国际社会关注的焦点。如何解决捕捞过程中的非目标捕捞品种的质量和数量,稳定和保护海洋渔业资源自然生长繁殖的种群和数量,是维护我国海洋生态环境,促进渔业资源可持续发展战略的必然要求。

为了保护海洋渔业资源,早在 20 世纪 70 年代末,以 ICES(国际海洋考察理事会)为代表的欧、美 17 国就开始进行控制鱼类行为的基础研究。到了 20 世纪 80 年代,随着水下观察仪器设备和摄影技术的进步以及对海洋鱼类生态习性和行为研究的深入,以保护幼鱼及释放副渔获物为主要目标的渔具选择性研究取得了很大的进步。1992 年 ICES 又在挪威卑尔根召开了与捕捞技术有关的鱼类行为国际学术讨论会,分别从水槽实验和数理模型角度分析了拖网、围网、定置网、延绳钓等渔具渔获过程中的鱼群行为,介绍了各国水下观察技术的研究现状和今后课题,强调了在选择性捕捞、资源量评估和渔业管理方面应用鱼群行为知识的必要性。

世界上负责任捕捞技术主要是在鱼群行为调控技术的基础上,开展渔具选择性研究。虽然,影响渔具选择性性能的因素有很多,除了网囊网目大小以外,还包括网囊的形状、捕捞对象的体形特征、网具的结构、选择性装置的安装、网囊网线的特征(网线的材料、粗度柔挺性以及颜色等)和网囊的设计等。目前国内外渔具选择性研究主要集中在两个方面:一是网目尺寸选择性研究,另一就是释放不同种类兼捕的选择性装置研究。

网目尺寸选择性的研究归根结底就是网目尺寸选择性估算方法的研究。当一种方法被采用后,很多相似的研究就建立在这一方法的基础上。在网囊网目选择性的历史中,各国的科研人员建立了多种多样的选择率估算方法,例如从简单的回归法到直接估算网目选择性的图形法;从简单统计模型的作图法到复杂

模型的计算机解法。网目尺寸选择性研究都是针对同一种类(通常为目标种类)不同个体大小的渔获数据进行展开的,最后所得的选择性结果往往是制定最小网目尺寸或确定合适的渔具特征值来达到选择性捕捞(很多学者将这种选择性研究称为“种内选择性研究”,intra - species selection)。然而,兼捕不仅包括了没有达到个体要求的小个体目标种类,而且在大多数渔业中,兼捕(尤其是抛弃)是不同渔获种类所组成的。如何在渔获过程中选择合适的目标种类而释放不需要的兼捕种类也是渔具选择性(称为“种间选择性”,inter - species selection)的重要内容,其主要手段是通过利用具较高释放功能的选择性装置进行非目标鱼类的释放。

选择性装置研究最早始于世界渔业资源开始衰退、兼捕抛弃问题逐渐被认识的20世纪60年代。在此期间,欧洲的渔业科学人员开始对虾拖网进行BRD(Bycatch Reducing Devices)的研究和开发。但是在近几十年中发展迅速,尤其是在20世纪80年代末、90年代初,各国的渔业工作者和研究人员开展了大量的选择性装置的试验,发明了许多适合于特定渔业的选择性装置,例如拖网渔具中的各种兼捕减少装置,如方形网目网片、Nordmøre 栅等。除了有效的分隔装置本身的结构和选择性能外,近几年来,很多学者开始对选择性装置中某些特征值对接触渔具鱼类的选择率进行了研究,通过这些研究可以更为合理和有效地设计选择性装置。目前绝大多部分渔具选择性装置的选择原理主要分为两类,一类是物理的分离机能(即通过目标种类和兼捕种类个体大小不同原理来减少兼捕的装置);另一类是利用生物行为特性的分离机能(即通过目标种类和兼捕种类之间的行为差异来减少兼捕的装置,这类装置亦被称为被动式的选择性分离装置)。渔具选择性装置根据其材料不同,可分为软性和刚性选择性装置,由柔性网片所制成的选择性装置都存在着可能被渔获及其他杂质堵塞而影响拖网及BRD性能的潜在问题,因此很多学者在底层鱼类拖网中试验了刚性的栅栏系统作为释放、分隔兼捕的装置。目前为了实现负责任捕捞,许多国家对渔具选择性装置的使用进行了明确规定,如90年代开始,挪威虾渔业中的强制使用(Isaksen等,1992)Nordmøre 栅,澳大利亚虾拖网渔业中的AusTED,许多国家要求拖网渔具必须安装海龟释放装置等。

从确保渔业资源可持续利用的基本观点出发,首先必须确保捕捞能力与资源的可持续利用互相适应、互相匹配。为此,世界各国采取了许多行之有效的强制性限制措施:除渔船吨位与功率限制、建立准入限制(包括资源评估之前冻结捕捞能力或暂停捕捞)、可捕量和配额控制外,对渔具渔法的限制措施主要有:禁止破坏性捕捞作业、禁止运输、销售不符规格的渔获物、禁捕非目标或不符规格的种类、禁止不带海龟装置(TED)、副渔获物分离装置(BED)的拖网作业、甚至

禁止近岸海区拖网渔业等。

近几年我国渔业科学工作者在负责任捕捞方面也开展了大量的研究工作,主要围绕网具网目结构、网目尺寸、选择性装置等方面开展基础研究与示范,尚处于研究评估阶段,并未形成规模化示范应用。初步研究成果包括:(1) 通过网囊网目结构和尺寸改变,成功获取了海区鱼拖网、多囊桁杆虾拖网、单囊虾拖网、帆张网、锚张网和单桩张网等不同捕捞对象体型特征的最适最小网囊网目结构和尺寸参数,具备制定相应国家或行业标准的条件,目前"东海区拖虾网最小网囊网目尺寸"已被列入国家水产行业标准制订计划。研究成果为全面制定我国拖网、张网渔具标准积累了基础资料,对规范我国负责任捕捞技术,保护我国近海渔业资源具有促进作用;(2) 研制发明了适宜我国渔具结构和捕捞对象的圆形、长方形刚性栅和柔性分隔结构等多种选择性装置,已申报专利 17 项。初步掌握了拖网、张网渔具选择性装置结构、类型与渔具性能、渔获对象的相互关系。基本掌握了不同虾拖网、鱼拖网和张网对不同捕捞对象尺寸选择和品种分隔的效果和技术参数。研究表明,虾拖网释放装置的使用,可实现鱼虾的分离,虾囊中主要鱼类的数量明显小于鱼囊中鱼类数量,且释放率均大于 60%,短吻红舌鳎的释放率达到 78%,有效降低和减少渔获物中非目标品种和幼鱼的兼捕,项目研究成果对养护和合理开发利用近海渔业资源具有重要意义;(3) 有效评估了我国主要流刺网渔具结构和渔获性能,取得了东海区小黄鱼、银鲳、黄海区蓝点马鲛和南海区金线鱼刺网最小网目尺寸标准参数。刺网网目尺寸选择性研究结果显示,随着网目尺寸的缩小,刺网渔获的种类和数量呈上升趋势,渔获平均体重则呈下降趋势。目前东海区小黄鱼、银鲳最小网目尺寸已分别列入我国国家行业标准制订目录,另 2 个捕捞对象也已具备制修定相关行业或国家标准的技术条件;(4) 在东海区蟹笼选择性研究方面,突破了传统渔网具改变网目尺寸提高选择性能的方法,通过开设幼蟹释放口,实现了释放口高度笼平均释放率与笼均最大、最小释放率分别为 78.3% 与 100%、60.5%,对幼虾释放效果明显。东海区蟹笼船(携带笼具 6000 ~ 9000 只)的选择性结果显示,32 mm 释放口对各甲高组的平均选择率为 19.85%,蟹笼选择装置的使用,每船每天可释放幼蟹(小于 125 克)超过 3 万尾,一旦项目成果在全部蟹笼船上推广,其释放的幼蟹数量将非常巨大。

海洋渔业资源可持续利用是关系到今后人类生存和发展的重大问题,这早已引起世界各国的极大关注。1995 年,FAO 通过了《负责任渔业的行为准则》,随后,又通过了《FAO 渔捞能力管理国际准则/行动计划》,世界海洋渔业管理正逐步向责任制管理趋势发展,负责任捕捞已成为世界各国捕捞研究和渔业管理的重点。21 世纪以来,世界各国将负责任捕捞技术研究作为现代捕捞业的可持

续发展,国家粮食安全、食品安全和生态安全等战略内容,并制定现代捕捞业的发展规划。如日本通过高效渔具渔法的研究,开拓多种途径利用国外渔业资源来保证国内水产品的稳定供给;欧盟通过建立负责任及可持续的捕捞渔业,保护和改善渔业资源状况,实现自给自足的渔业体系;美国则以确保海洋生态系统的和谐,促进渔业生物资源的持续利用,重建并维持可持续现代捕捞业,以持续地为人类提供财富和福利。

为了确保渔业资源的可持续开发利用,世界负责任捕捞技术的发展趋势主要表现为:(1) 大力开发并应用负责任捕捞和生态保护技术,最大限度地降低捕捞作业对濒危种类、栖息地生物与环境的影响,减少非目标鱼的兼捕;(2) 积极开发并应用环境友好、节能型渔具渔法,降低丢失渔具的"幽灵捕捞",实现船、机、网之间的最佳匹配,满足低碳社会发展的要求。(3) 认真履行国际公约,积极开发新渔场,利用新鱼种,拓展渔业作业空间,维护国家海洋权益;(4) 积极开发高效助渔、探鱼设备,提升探寻捕捞对象的能力,提高捕捞效率和资源利用国际竞争力;(5) 捕捞业集约化、自动化水平不断提高,劳动生产力水平明显提升,有效改善工作环境和捕捞业安全生产性能。



黄洪亮 1964 年出生,中国水产科学研究院东海水产研究所捕捞与渔业工程实验室主任,硕士生导师,研究员。长期从事渔具渔法和极地与远洋渔业资源开发利用研究。参与主持的项目有:国家科技支撑计划"海洋友好高效捕捞技术研究与开发" 和"东海区负责任捕捞技术研究与示范";国家 863 计划项目"鱿鱼资源捕捞与加工技术开发";公益性行业(农业)科研专项"渔场捕捞技术与渔具研究与示范";南北极海洋环境综合考察与评估专项 "南极周边海域南极磷虾等生物资源考察与评估"等。2005 年随中国第 22 次南极科学考察队开展南极磷虾资源调查,并担任大洋考察队队长;2009 年、2010 年分别赴南极开展我国南极磷虾资源探捕,任首席科学家、海上总指挥。

海洋牧场构建进展与展望

陈丕茂

中国水产科学研究院南海水产研究所,广州

一、前言

进入新世纪以来,面对世界性资源衰退、环境污染、食品安全等问题日益凸显,海洋在全球发展中的战略地位显著提升,海洋渔业的可持续发展已成为全球沿海国家共同关注的时代主题。海洋牧场建设已成为引领世界新技术革命、发展低碳经济的一个重要载体,也是海洋渔业领域调整产业结构、加速拓展发展空间、大力发展碳汇经济的一场重大产业革命。

海洋牧场是在特定海域营造适合海洋生物生长繁衍的优良生境,利用生物群体制御技术,聚集人工放养生物和天然生物进行人为、科学管理,最大限度地利用海域生产力和海域空间,形成高效人工渔场,实现基于海洋生态系统管理的一种生态增殖型渔业模式。

海洋牧场就如同陆地农牧业一样,是在人为控制条件下营造改良海域生境并调控生产对象在海域空间内进行“农业化”生产的一种新生产模式和途径,充分吸收了海洋捕捞、增殖放流和海水养殖的优点,强化放流生物的管理和诱集,集“放、养”的优势于一体,最大限度地发挥开放海域的海洋生产力进行渔业资源的主动增殖、增产。这种生态型渔业发展模式颠覆了以往单纯的捕捞、设施养殖为主的生产方式,克服了由于局部污染和过度捕捞带来的资源枯竭、由近海养殖带来的海水污染和病害加剧等弊端,是海洋渔业领域传统生产方式的重大转变。

二、国外海洋牧场发展现状

(一) 国外海洋牧场建设概况

多年来,世界海洋发达国家都一直高度重视海洋牧场建设,日本、韩国、美国、挪威、俄罗斯、西班牙、法国、英国、德国、瑞典等均把海洋牧场建设作为振兴海洋渔业经济的战略对策,政府和社会力量不断加大资金和科技力量投入。据

FAO 统计,目前已有 64 个沿海国家发展海洋牧场,资源增殖品种逾 180 个,取得了明显成效。

日本在 1971 年海洋开发审议会上第一次提出海洋牧场的构想,设立了国家栽培渔业中心,1978 年开始实施“海洋牧场”计划,1983 年利用声学技术、电子技术和工程技术建成了世界上第一个海洋牧场——日本九州岛大分县黑潮牧场,实现了音响驯化、自动投饵、岸基遥控监测、自动控制牧场范围。经过多年开发,日本沿海已有 50 多个地方运营这类海洋牧场,放流鱼苗的成活率达 13% ~14%,比传统放流提高约 3 倍,经音响驯化后放流,黑鲷回捕率可达 37%,真鲷的回捕率已从 3% ~5% 提高到 10% ~15%,没有被回捕的鱼类也在牧场内或游到牧场外生长,增大了渔业资源量。日本将栽培渔业经费列入每年的政府预算,1991 年,日本政府栽培渔业的预算达到 48.6 亿日元,放流的渔业品种达 94 种,放流规模百万尾以上的种类超过 30 种;每年投到人工鱼礁的资金就达 589 亿日元(约合人民币 42 亿元),经过几十年的努力,持续投放人工鱼礁群 5000 多座,总投资 12 008 亿日元,日本沿岸 20% 的海床已建成人工鱼礁海洋牧场,其中对濑户内海进行了有效的改造,使 9500 平方公里的渔场产量增加几倍甚至几十倍。日本水产厅还制订了栽培渔业长远发展规划,其核心是利用现代生物工程和电子学等先进技术,在近海建立海洋牧场,通过人工增殖放流和吸引自然鱼群,使得鱼群在海洋中也能像草原里的羊群那样,随时处于可管理状态。日本形成了高效率的海洋牧场管理体制,2003 年将在 1963 年就已成立的栽培渔业协会并入日本水产综合水产研究中心,设立栽培管理课和遍布全国沿海的 16 个栽培渔业中心,进一步理顺了和地方政府、自治团体的联合关系,促进了海洋牧场的普及、落实。

韩国 1994—1996 年进行了海洋牧场的可行性研究,1998 年开始实施“海洋牧场”计划,通过海洋水产资源补充、管理和利用,形成牧场,实现海洋渔业资源的可持续增长和利用极大化。到 2007 年 6 月共投资 240 亿韩元(约合人民币 1.9 亿元)建成庆尚南道统营市海洋牧场,其中研究费用 130 亿韩元,设施费用 110 亿韩元,建设人工鱼礁 1000 多个,增殖放流水产种苗 1300 万尾,牧场核心区面积约 20 平方公里,其核心技术体系包括海岸工程及人工鱼礁技术、鱼类选种和繁殖及培育技术、环境改善和生境修复技术、海洋牧场的管理经营技术等 4 个方面。统营海洋牧场渔业资源量约比项目初期增长 8 倍、达 900 多 t,从 1998 年至 2006 年当地渔民收入增长率达 26%、达 2731 万韩元(约合人民币 23 万元)。1973—2001 年,韩国政府和地方投资 5346 亿韩元,在沿海建设人工鱼礁海洋牧场超过 l4 万公顷。2007 年,韩国海洋水产部将海洋牧场项目从韩国海洋研究院移交给韩国国立水产科学院管理,该院成立海洋牧场管理与发展中心,具体负责

实施。韩国正在将统营海洋牧场的经验和成果应用到其近海的日本海、对马海峡和黄海的海洋牧场建设。

美国在 1968 年提出建设海洋牧场计划,经过 4 年的理论和实验研究,1972 年付诸实施,1974 年在加利福尼亚海域兴建巨藻海洋牧场,利用自然苗床,培育巨藻,取得了良好的经济效益,推动了海洋牧场的后续发展。20 世纪 80 年代初期,在沿海海域投放人工鱼礁 1200 处,可钓鱼类增多,游钓人数增长迅速,经济效益可观。到 2000 年,人工鱼礁量增加到 2400 处,鱼类资源量增加了 42 倍,鱼年产量增加到 500 万 t,游钓人数已达 1 亿,创造了 300 亿美元的综合经济效益。为了合理利用海域资源,扩大人工鱼礁的投放面积,获得更大的经济和生态效益,美国提出了将人工鱼礁投放到外海的计划,准备将整个大陆架打造成“海洋牧场”。

其他国家如挪威就海洋农牧化开展了长达 15 年的深入研究,研究的问题包括环境影响、鱼苗生产、放养、与野生种群的互动、健康状况等,其目的是发展新的沿海产业架构,实现均衡和可持续发展。英国在 21 世纪初也将海洋政策逐渐从海洋开发转移到海洋环保,不断采取保护海洋生态系统的举措,2002 年 5 月,英国政府提出了“全面保护英国海洋生物计划”,为生活在英国海域的海洋物种提供更好的栖息地。

国外海洋牧场实施成功的经验归纳起来,主要体现在三个方面,一是以日本为代表的通过开发海洋牧场生境构建、苗种选育与生物驯化等技术,结合海域生态化管理和资源合理开发,建成了黑潮海洋牧场;二是以美国为代表的通过投放鱼礁、藻礁和藻场修复,实现了生境改造、资源增殖和休闲渔业产业化;三是以韩国为代表的海洋牧场建设则突出了海洋生态系统的管理技术,实现了生物资源量提高和渔民收入增加。

(二) 国外海洋牧场产业科技现状

根据国际上海洋牧场建设的经验及相关研究,渔业发达国家海洋牧场技术研发的主要内容包括:一是生境构建技术,包括工程技术、对环境的调控与改造技术、对生境的修复与改善技术,主要是通过开发人工鱼礁建设技术、滩涂和海底改造技术,为生物提供良好的生长、繁殖和索饵的环境。二是目标生物驯化和行为控制技术,建立苗种驯养场,从采卵、孵化直至育成幼体进行优化选择,提高苗种的质量,在室内或在海洋牧场中对目标生物进行习性驯化和制御;三是监测能力建设,包括对生态环境质量的监测和对生物资源监测的技术开发和装备开发;四是管理能力建设,包括渔业资源管理技术开发,海洋牧场管理体系建设和管理政策研究等。多方面的海洋牧场技术值得我国借鉴。

三、我国海洋牧场发展现状

(一)我国海洋牧场建设概况

我国海洋渔业虽然取得了举世瞩目的成就,但一直面临着近海渔业资源衰退、环境恶化、生物栖息地退化等资源、生态、环境问题的严峻挑战。20 世纪 70 年代提出的开发以海洋牧场为主的生态渔业的设想已成为我国海洋渔业的发展方向。

20 世纪 70 年代末至 90 年代末,我国沿海广东(包括海南岛)、广西、辽宁、山东、浙江、福建、广西等省(区)普遍开展了人工鱼礁试验研究,在全国建立了 23 个人工鱼礁试验点,投放各种形式的人工鱼礁 28 000 多个、近 10 万 m^3,投放 49 艘废旧船做鱼礁,还在浅海区投石 99 137 m^3,取得了一定的效益,积累了经验;但是,由于投放的人工鱼礁规模小,形成的人工鱼礁渔场对沿岸渔业的影响甚微,而此期间的人工鱼礁原创性研究未真正开展起来,仅停留在模仿国外的阶段。我国以中国对虾种苗增殖为代表的近海资源增殖试验起步于 20 世纪 80 年代初,1984 年开始生产性种苗放流和海珍品底播增殖,之后先后在渤、黄、东海开展海蜇、梭鱼、真鲷和黄盖鲽的种苗放流试验,1994 年起在绥芬河开展大麻哈种苗移植放流试验;但是,此期间我国开展的增殖放流规模较小,影响有限,放流缺乏科学指导,在某种意义上带有很大的盲目性,对回捕率的悬殊变化无法科学解释。

进入 21 世纪,随着对海洋渔业资源养护与合理利用的日益重视,我国海洋牧场的开发逐渐受到关注,海洋牧场的建设和研究正在不断深入,农业部持续在我国沿海实施了旨在推动人工鱼礁海洋牧场建设、渔业资源养护及海洋环境修复的“渔民转产转业和渔业资源保护”等一系列项目,并以贯彻落实《中国水生生物养护行动纲要》为契机,掀起了全国大规模建设海洋牧场的热潮,沿海各省市已把人工鱼礁和增殖放流为主的海洋牧场建设列入发展规划并实施,企业积极响应,海洋牧场建设蓬勃开展,全国海洋牧场建设初具规模。

据不完全统计,2000—2010 年全国人工鱼礁建设共投入 22.96 亿元,其中中央投入 1.73 亿元,地方及企业投入 17.40 亿元,建设人工鱼礁 3152 万 m^3、形成人工鱼礁海洋牧场 464 平方公里;2010 年全国投入增殖放流资金 7.1 亿元,增殖放流苗种 289.4 亿尾,其中增殖放流海洋经济物种 128.9 亿尾。黄渤海区已形成以海参、鲍鱼、海胆等高经济价值水产品增殖为主的人工鱼礁海洋牧场建设模式,目前我国开展海珍品增殖模式海洋牧场建设较多的省主要有辽宁省和山东省,包括大连獐子岛、山东威海等地;东海区已形成岛礁鱼类资源恢复模式的人

工鱼礁海洋牧场建设模式,建设较多的省主要是浙江省和江苏省,包括宁波白石山渔山、连云港海州湾等地;南海区已形成近岸海湾生态增殖模式的人工鱼礁海洋牧场建设模式,分为资源增殖型鱼礁和休闲渔业型鱼礁等 2 种主要类型,资源增殖型鱼礁为全封闭禁止开发利用或半封闭限制性地开发利用,休闲渔业型鱼礁为全开放开发休闲渔业,建设较多的省主要是广东、广西、海南,包括汕头、防城港和三亚等地。

到 2011 年底,我国已从北到南形成了辽西海域、山东半岛、东海舟山、南海汕头等 50 多处以投放人工鱼礁和增殖放流为主的海洋牧场雏形,促进了生态的修复、资源的增殖、渔民的增产,生态经济效益逐步显现。其中,大连长海县獐子岛海域通过投放人工鱼礁和人工藻礁,增殖海参、鲍鱼、扇贝和海胆等海珍品,建设海洋牧场 2000 平方公里,近几年海洋牧场营业收入每年递增 30% 以上、利润增长达到 50%;广东东部柘林南澳海域通过建设人工鱼礁、增殖放流鱼虾种苗、发展贝藻增养殖以及海上设施增养殖,建设海洋牧场 300 平方公里,海域渔业资源量提高 2 ~3 倍,每年可产生直接经济效益(包括捕捞收入、增养殖收入、旅游收入等)9.2 亿元,每年产生生态效益(包括水质净化调节、生物调节与控制、气候调节、空气质量调节等)4.9 亿元,每年固碳量 6.3 万 t,每年固碳价值 0.7 亿元。

但是,与国外大规模海洋牧场建设相比,我国海洋牧场建设规模小、投资少,远远不能满足我国近海渔业资源养护和海洋生态环境修复的产业需求。

(二)我国海洋牧场产业科技现状

我国海域辽阔,自然条件复杂多样,已发展的各具不同技术特点和鲜明海区特色的海洋牧场实践类型主要有:立体复合型技术、物质循环型技术、海洋生态改良型技术等。

我国已经在辽宁、河北、山东等沿海建立了鱼 + 贝 + 海藻以及海带 + 鲍 + 海参等物质循环型多营养层次综合增殖的海洋牧场模式和技术,在江苏、浙江、福建等沿海建立了功能性人工鱼礁 + 近岸岛礁鱼种 + 甲壳类 + 海藻床 + 休闲渔业等立体复合型增殖的海洋牧场模式和技术,在广东、广西、海南等沿海建立了生态型人工鱼礁 + 热带亚热带优质鱼类 + 大宗经济贝类 + 海藻场 + 浮式功能鱼礁 + 旅游休闲产业等海洋生态改良型增殖的海洋牧场模式和技术。

我国海洋牧场产业发展较快,但由于起步较晚,海洋牧场产业科技总体上仍处于起步阶段。海洋牧场建设和管理机制急需完善;前沿技术如生物行为制御技术及其装备、海洋牧场自动化监控技术与装备等,核心技术如生境修复与优化技术、生物培育和增殖与制御技术等,关键共性技术如海洋牧场效果评估与科学

管理技术、渔业资源利用技术与装备等,特别是海洋牧场系统技术集成,多方面的海洋牧场技术与发达国家相比有较大差距。

(三)我国海洋牧场发展存在的主要问题

我国海洋牧场的发展尚面临诸多挑战,其中尤为突出的是:(1)我国对海洋牧场产业发展的认识尤其是决策层的认识仍显不足,成为制约海洋牧场建设的瓶颈;(2)我国海洋牧场技术基础薄弱,已有技术较分散,相当多领域的研究尚未开展或深入,与真正意义上的海洋牧场还有较远距离;(3)海洋牧场生境修复与优化技术特别是人工鱼礁技术主要是侧重于基础理论方面的定性研究,定量研究较少,在实施过程中大多缺乏高新技术的有效支撑;(4)增殖放流缺乏科学设计和科学指导,生物驯化控制技术亟须完善;(5)海洋牧场生物恢复和合理利用、海洋渔业产量质量和生产效益提升等核心技术体系亟待完善;(6)一家一户的经营方式,制约了我国海洋牧场新技术、新模式的推广应用;(7)海洋牧场发展受沿海工农业和围填海工程发展等诸多因素的制约;(8)海洋牧场建设融资和投入政策、科技与管理、体制和机制创新等诸多问题需要进一步解决。

四、我国海洋牧场产业和科技展望

(一)我国海洋牧场产业展望

2006 年 2 月国务院颁发的《中国水生生物资源养护行动纲要》明确指出,要“积极推进以海洋牧场建设为主要形式的区域性综合开发,建立海洋牧场示范区,以人工鱼礁为载体,底播增殖为手段,增殖放流为补充,积极发展增养殖业,并带动休闲渔业及其他产业发展,增加渔民就业机会,提高渔民收入,繁荣渔区经济”。按照《中国水生生物资源养护行动纲要》以及沿海各地的规划,“十二五”期间及往后,我国沿海将继续进行大规模海洋牧场建设,预计总投资超过 50 亿元,海洋牧场可覆盖我国 0 ~ 20 m 15.7 万平方公里浅海面积的 20% 以上,部分可覆盖至 50 m 水深,超过 5 万平方公里的近海渔场将可能重现昔日鱼汛盛景。

(二)我国海洋牧场未来需发展的重点技术

我国海洋牧场建设的健康发展,亟需重大关键技术的创新和支撑引领、政府和社会的支持和投入。当务之急,一是应形成上下共识,把大力推进海洋牧场建设上升到科学开发海洋生物资源和发展海洋低碳优势产业的重大战略高度,把海洋牧场建设上升为重大生物工程建设、海上战略粮食基地建设的国家重大专

项实施;二是要加大科技投入,重点突破一批海洋牧场建设急需解决的关键共性技术,主要包括:

1. 海洋牧场生态容量评估技术

重点研究我国近海海洋生态系统健康评价技术、典型海洋牧场海域生态容量评估技术,摸清近海渔业资源利用水平,建立海洋牧场海域健康评价指标体系,确定我国近海主要海洋牧场海域生态容量、渔业增殖容量,确定海洋牧场的适宜开发模式与潜力。

2. 海洋牧场生境修复与优化技术

重点研究人工鱼礁生境、滩涂和海底生境、海洋植物生态系生境、滤食性贝类和沉积食性底栖动物生态系生境的修复与优化等关键技术,构建富营养化物质生物消减与资源化利用技术、已退化渔业生境修复与重建技术,全面形成海洋牧场生境造成与优化的技术能力。

3. 海洋牧场生物增殖技术

从全程食物网食物可持续产出的角度,研究海洋牧场关键生物(鱼虾贝藻)增殖补充对海洋牧场生态系统的作用和演化机制与生态风险评估技术,创新和完善关键游泳生物种类标志放流技术;研发海洋牧场关键生物选育、培育和人工诱导技术,丰富增殖放流种类;构建生物增殖和碳汇扩增技术,建立多营养层次的海洋牧场产业模式。

4. 海洋牧场生物制御技术

根据海洋牧场渔业资源生物的光感、声感、嗅觉、味觉等特性,开展生物驯化技术与装备研究;从声、光、电、磁、气泡幕、网围、水团、温跃层、投饵、人造环境诱导等方面,研发海洋牧场渔业资源生物制御技术与装备。

5. 生态系统水平海洋牧场管理与利用技术

综合应用高分辨率卫星遥感技术、宽带信息网络技术、地理信息系统技术和计算机人工智能技术,研发海洋牧场立体监测高新技术、数字化决策与管理技术、生态型渔具渔法开发技术等生态系统水平管理技术及装备。

(三)我国海洋牧场未来科技发展目标

我国未来规模庞大的海洋牧场建设,需要强有力的科技支撑以确保其安全性、高效性、稳定性和经济性。应针对我国发展海洋牧场急需解决的关键技术和瓶颈问题,把现代科学和尖端技术引入海洋渔业领域,开发海洋牧场生物、环境、材料、工艺、设备以及综合的系统设施和技术,研究海洋牧场生境修复与优化、渔业生物增殖与制御、生态系统水平管理与利用等高新技术与装备,摸清海洋生物种群的生物学和生态学特征、生物之间的互利共生关系以及生物与环境的依存

关系,掌握海洋生态系统能量流动和物质循环规律,完善适合我国不同海域特征的海洋牧场技术体系,构建呈良性循环的生态增殖型海洋牧场渔业系统,形成高效海洋牧场产业,使我国海洋牧场建设和研究整体达到国际先进水平,有效地促进我国海洋渔业的可持续发展。争取 5 ~ 10 年内在海洋牧场生物栖息地构建、游泳性种类培育和驯化制御、海洋牧场效果评估方面达到国际先进水平,在多营养层次综合增养殖、碳汇渔业基础研究和实用技术方面保持国际领先水平。



陈丕茂 1969 年出生,广东省化州市人,研究员、硕士生导师。中国水产科学研究院南海水产研究所渔业资源研究室副主任、农业部南海渔业资源环境科学观测实验站站长。主要从事海洋渔业资源调查评估、人工鱼礁、海洋牧场、增殖放流和渔业生态修复等方面的研究。先后主持 863 计划课题、国家科技支撑计划课题、公益性行业(农业)科研专项、海洋公益性行业科研专项课题等 40 余项。发表论文 93 篇,参编专著 26 部,申请专利 23 项。获得国家科技进步二等奖、农业部科技进步三等奖、广东省科学技术二等奖、海洋创新成果二等奖、中国水产科学研究院一等奖等 14 项次。先后荣获广东省省直机关岗位排头兵、中国水产科学研究院中青年拔尖人才和百名科技英才培育计划人选等称号。

面向未来海洋的高效养殖工程(摘要)

徐 皓

中国水产科学院渔业机械仪器研究所,上海

未来的海洋是蓝色农业的新大陆,对现代化的水产养殖工程而言,海域水土资源的高效利用与可持续发展是基本要求,规模化的生产形式与工业化的管理方式是基本途径。陆基高效全循环高效养殖工程与深海网箱养殖工程是面向未来的高效养殖模式。

我国社会经济发展对高效养殖工程的发展提出了战略需求。保障水产品有效供给,发展高效集约化养殖,需要依靠科技进步,尤其是装备工程技术。近海海域水质劣化,自然灾害频发,需要提升水产养殖系统自身控制能力。现代社会可持续发展对水产养殖控制富营养物质排放提出了更高的要求,需要应用现代养殖装备与工程技术,控制与减少排放。开发海域国土资源,发展离岸海水养殖设施,需要现代化装备与工程技术发挥基础性保障作用。

我国海水高效养殖工程技术发展已具有一定的基础。我国工厂化循环水养殖模式研究步入逐步深入发展的阶段,研发了多项关键设备,形成系统模式,节水节地等循环经济效应初步显现。我国于 1998 年引进 HDPE 深水抗风浪重力式网箱,发展至今,国产化大型深水抗风浪网箱的研发得到了国家与各级政府部门的大力支持,发展至今,已基本解决了深水抗风浪网箱设备制造及养殖的关键技术。

我国海水高效养殖工程面临的主要问题包括:工厂化养殖总体发展水平仍处初级发展阶段,与流水型工厂化养殖系统相比,全循环高效养殖系统成本更高,应用面有限,需要进一步优化设备系统、提高生产管理效率,需要依附稳定的养殖品种及产业规模。深水养殖网箱还存在着:面向深海的网箱装备结构尚未定型,网箱抗风浪、抗流性能及结构安全研究理论仍有差距,新型专用网箱材料技术仍未突破,配套设施与技术研究依然落后等问题。

世界海水陆基全循环高效养殖工程技术已趋成熟,其发展趋势主要体现在:一是高新化、普及化。二是大型化、超大型化。三是产业化、国际化。四是自动化、机械化。深海网箱养殖工程正在形成养殖系统大型化、环境生态化、养殖过程低碳化以及养殖地域向外海拓展的发展趋势。案例证明,现代化的陆基全循

环高效养殖系统与大型深海养殖网箱平台,具有更完备的系统装备和生产规模。

实现规模化高效养殖、系统化装备保障、养殖管理精准化、生产作业机械化、生产模式专业化、节能减排等是我国面向未来海洋的高效养殖工程系统研究的方向和构建的重点,需要科技的引领和政策的导向,需要设立重大工程给予切实推进。

我国水产养殖工程技术的现状、问题与发展趋势

王清印 等

中国水产科学研究院黄海水产研究所，青岛

一、前言

我国水产养殖的模式主要包括池塘养殖、滩涂养殖、筏式养殖以及网箱养殖和陆基工厂化养殖等。近年来，随着科技进步和产业升级换代，特别是随着管理部门和社会公众资源环境意识的提高，各种新技术、新理念特别是工程技术手段在水产养殖中得到应用，不仅提高了养殖的经济效益，也减少了养殖活动对生态环境的影响，水产养殖业的发展更加体现出环境友好和可持续的特征。但总体上讲，我国的水产养殖业目前还是以传统技术为主，亟须大力提升工程技术水平，为产业结构调整和可持续发展奠定技术和装备基础。

二、研发现状

（一）淡水池塘养殖

传统的淡水池塘养殖是利用天然光合作用的能量输入来驱动整个池塘的生态系统以获取水产品的过程。随着养殖密度的提高以及投饵养殖的发展，大量的养殖废水直接排放导致环境污染，池塘中高浓度的含氮化合物也容易导致养殖动物病害。因此，高效、低成本的池塘养殖废水处理已经成为水产养殖工程的重要研究方向。目前，国内外对淡水池塘养殖废水处理的方法有人工湿地——养殖池塘复合生态系统、池塘综合养殖（或多元生态养殖）系统、利用软性填料（即污水处理工程中的生物膜）处理池塘养殖废水、生物絮团技术等。

（二）海水池塘养殖

海水池塘养殖是我国养殖历史最悠久、分布面积最广泛的海水养殖方式，在应对全球气候变化、海洋生态环境恶化以及资源衰退等诸多国家战略中占有重

要位置。我国海水池塘养殖模式以潮间带池塘、潮上带高位池和保温大棚为主。其中,潮间带池塘的生态养殖模式以自然纳潮进水或机械提水,部分配有增氧机,养殖鱼、虾、蟹、贝、参等,亩产 100 ~ 200 kg;潮上带的高位池集约化养殖模式,以对虾精养为主,有完善的机械提水和排水处理系统,使用增氧机或鼓风机充氧,水泥护坡或覆地膜,亩产 1000 ~ 2000 kg;保温大棚养殖模式利用土池或小型水泥护坡池塘,有塑料薄膜房顶或其他保温设施,以苗种暂养和反季节养殖为主,以鼓风机或液态氧充氧,养殖产量 2 ~ 4 kg/m^2。基于工程化理念和技术的健康养殖技术体系是现阶段海水池塘养殖的发展重点。

(三) 滩涂养殖

我国沿海 11 个省市区(不包括台湾省)共有滩涂 242 万 ha,可养面积约 80 万 ha;10 m 等深线以内的浅海面积约 785 万 ha,其中约 80 万 ha 为海水养殖占用(中国海洋统计年鉴,2008)。在这个区域的养殖模式主要有:滩涂底播养殖(泥蚶、扇贝、缢蛏、文蛤、鲍鱼、海参、菲律宾蛤仔、牡蛎等)、滩涂筑坝蓄水养殖(泥蚶、缢蛏、鲍鱼、海参、青蟹、脊尾白虾等)、滩涂插柱养殖——牡蛎、浅海筏式养殖(牡蛎、扇贝、鲍鱼、紫菜、海带、海参等)、浅海网箱养殖(海水鱼类)等。相关技术研发主要集中于养殖技术、养殖设施、养殖容量评估等方面,包括利用藻类、贝类、微生物吸收、降解、转化养殖区沉积物环境和养殖水体中的污染物等生物净化和生物修复技术。

(四) 浅海多元综合养殖

可持续海水养殖不仅要注重获取最大经济效益,而且要减少养殖活动对自然和生态环境的压力。多营养层次的综合养殖(Integrated Multi - trophic Aquaculture,IMTA)或复合养殖是解决这一问题的有效手段,即在同一养殖系统内进行多种生物的养殖,以提高单位设施利用率和养殖效果。多营养层次的综合养殖是基于生态系统水平管理的一种养殖模式。目前已经研发成功并且投入实际生产的有:鱼—藻、鱼—贝—藻、贝—藻、贝—藻—参等多元综合养殖模式,产生了良好的经济、社会和生态效益。目前在山东沿海和辽东半岛已经形成养殖模式多元化、增养殖品种多样化的浅海多元综合养殖体系格局。南方沿海各省正积极借鉴北方成功经验,结合当地条件和自身情况因地制宜开展多元综合养殖,浙江、福建和广东鱼—贝(鲍)—藻综合养殖已经成为成熟和广泛采用的养殖模式。

(课题分工原因,本文未涉及网箱养殖和陆基工厂化养殖的工程技术问题)。

三、存在的问题

良种缺乏、病害日益增多和生态环境恶化等,是我国水产养殖业界面临的共性问题。由于片面追求产量和规模而忽视长远生态和环境效益,以及因缺乏统一规划管理导致养殖布局不合理(内湾近岸水域增养殖资源开发过度,20 m 等深线以外水域增养殖资源利用不足)等现象普遍存在,致使局部海区开发过度、养殖量严重超出其养殖容量,出现了养殖个体小型化、死亡率上升、产品质量下降、产业增产不增效等现象。同时,养殖业抵御自然灾害的能力缺乏,风暴潮、冰冻等自然灾害往往对养殖产业造成严重影响。

(一)淡水池塘养殖

人工湿地虽然能有效地处理养殖废水,但占用土地资源,间接加大养殖成本,在我国人均土地有限的情况下难以推广使用。池塘综合养殖虽然可以更加有效地利用饲料,但各种生物之间的搭配有一定难度,做到投入和产出完全平衡、营养利用最大化并不容易。软性填料虽然效果很好,但成本高,实际应用中操作比较麻烦,生物膜的形成需要一定的时间,池塘中多余的氮最终被还原成氮气,饲料蛋白没有得到充分利用,而且分布在池塘中的软性填料阻碍水体流动,在高密度养殖、大量使用增氧机的池塘中使用有困难。生物絮团技术是目前世界上最热门的技术,其优点是生物安全性好(食品安全)、基本不需要换水(节水)、可超高密度养殖(节约土地资源)、饲料系数低(高效)。缺点是:高增氧(能量输入高)、断电临界时间短(风险高)。

(二)海水池塘养殖

近年来,我国海水池塘养殖面积因城市化和工业开发不断占用滨海滩涂和水域而大量减少,加之能源紧张、人工费用上涨等新的挑战不断出现,产业发展面临前所未有的压力。现有海水池塘养殖模式形成于上世纪 80 年代末,养殖设施化水平低;养殖总体布局大多不合理,池塘建筑标准低,开放式进排水系统不利于病害防控,水交换量大、能耗偏高。这些问题直接导致养殖用药量增大和养殖产品质量安全问题。同时,大量富含消毒剂和抗菌素的养殖废水排放入海,对湿地和近岸水域生物群落产生直接影响,而且可能会通过生物累积效应对水体生态系统和人体健康造成危害,生态安全问题突出。在滩涂综合生态养殖系统中,微生物的作用机理、敌害生物的防除、微量/痕量元素的作用及补充等有待进一步的研究。

(三)滩涂养殖

随着沿海工业的发展,大片的滩涂被围垦变成工业区,养殖面积逐年大幅缩减;滩涂贝类(缢蛏、文蛤、菲律宾蛤仔等)自然苗种产地遭受严重破坏;近岸海域赤潮毒藻频发导致养殖生物死亡事件屡屡发生,工业污染和海上溢油事件给浅海滩涂养殖造成严重损失。许多养殖场由于使用的饵料质量差、饵料系数高,相当数量的饵料不能被养殖动物利用而变为对养殖水体有害的有机污染物。在养殖区误用和滥用各种抗菌素、消毒剂、水质改良剂的现象仍时有发生,对养殖水体微生态环境造成严重负面影响。

(四)近海多元综合养殖

在开放水域,污染物(排泄物)的分布和移除难以监测和控制。尽管已经开展了几个世纪的基于经验的综合养殖活动,但是有关其机理及可持续的理论研究还非常缺乏。开放水域的环境条件非常复杂,需要多学科的研究;需要加强容纳量评估技术及模型研究,以评估综合生态养殖系统内营养物质的收支、流动特性及利用效率等;构建最佳的养殖生物配比和养殖布局,预测生态环境的动态变化以及养殖生物的生长、产量及效益,从而建立真正科学合理的综合生态养殖模式。

四、发展趋势

今后,海淡水养殖都将把产业的经济、社会和生态效益放在更加突出的位置,把食品安全问题作为工作的核心内容。将主要开展以下方面的研究:

更加强调对环境容纳量、健康可持续发展以及养殖自身污染、生态入侵可能造成的危害等

研究;加强浅海滩涂初级生产力评估技术、浅海滩涂污染物自我净化能力研究、水产经济物种产卵场保护和修复技术研究与应用。

从保障水产品质量安全的角度来看,产地环境质量是影响水产品质量的最基本因素。提高养殖产地环境质量安全管理理论和技术水平,建立完善的养殖产地环境管理技术体系,是促进水产养殖业健康、可持续发展的重要环节。

养殖良种培育技术研究亟须加强。重点是对调控品质、生长、抗病等重要性状基因的高效发掘及基因调控网络解析,揭示生长发育的规律及产量、抗逆性等重要性状形成的分子机理等。重要经济性状相关基因克隆及转移技术、功能基因及其调控网络验证技术、多性状复合选择育种理论和技术、全基因组选择育种技术和分子设计育种技术将进一步得到应用。

加强高效集约化养殖技术研究，包括鱼类养殖的高效配合饲料研制及精准投喂技术，基于多营养层级的多品种综合养殖技术，研制高效疫苗及病害防控技术。养殖生态调控自动化、养殖生产操作机械化也将是未来研究的目标。

（一）淡水池塘养殖

淡水池塘养殖的发展趋势包括生物安全（无病害）、资源有效利用（零换水）、节能低碳（低成本）、可控和自动化、智能化。这些技术进步所指的最终目标是：通过从生态系统水平上调节池塘内部的生态平衡，达到零换水，从而大幅度节水和提高水资源的有效利用率，减少以至消除养殖废水处理的问题。最新的发展趋势包括基于“光能自养—化能异养”系统和“光能自养—硝化反硝化”系统的养殖废水处理技术。

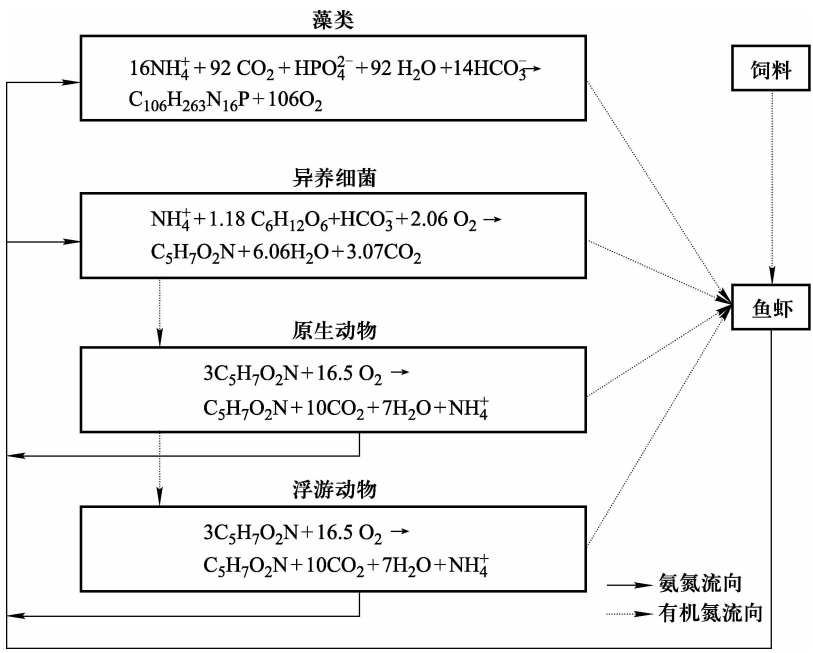


图 1 “光能自养—化能异养”系统示意图

（二）海水池塘养殖

池塘养殖仍将是我国海水养殖的主要形式之一，大力发展生态系统水平的海水池塘养殖是产业发展的必由之路。从“保障养殖业的可持续产出和提高产出质量”这一关键问题入手，从根本上摆脱“依靠扩大规模和大量投入”来提高养殖产量的被动态势，研发基于多营养层次的综合养殖的节能减排养殖模式，实现资源的高效利用和环境友好的可持续海水养殖，是一项具有战略意义的重大

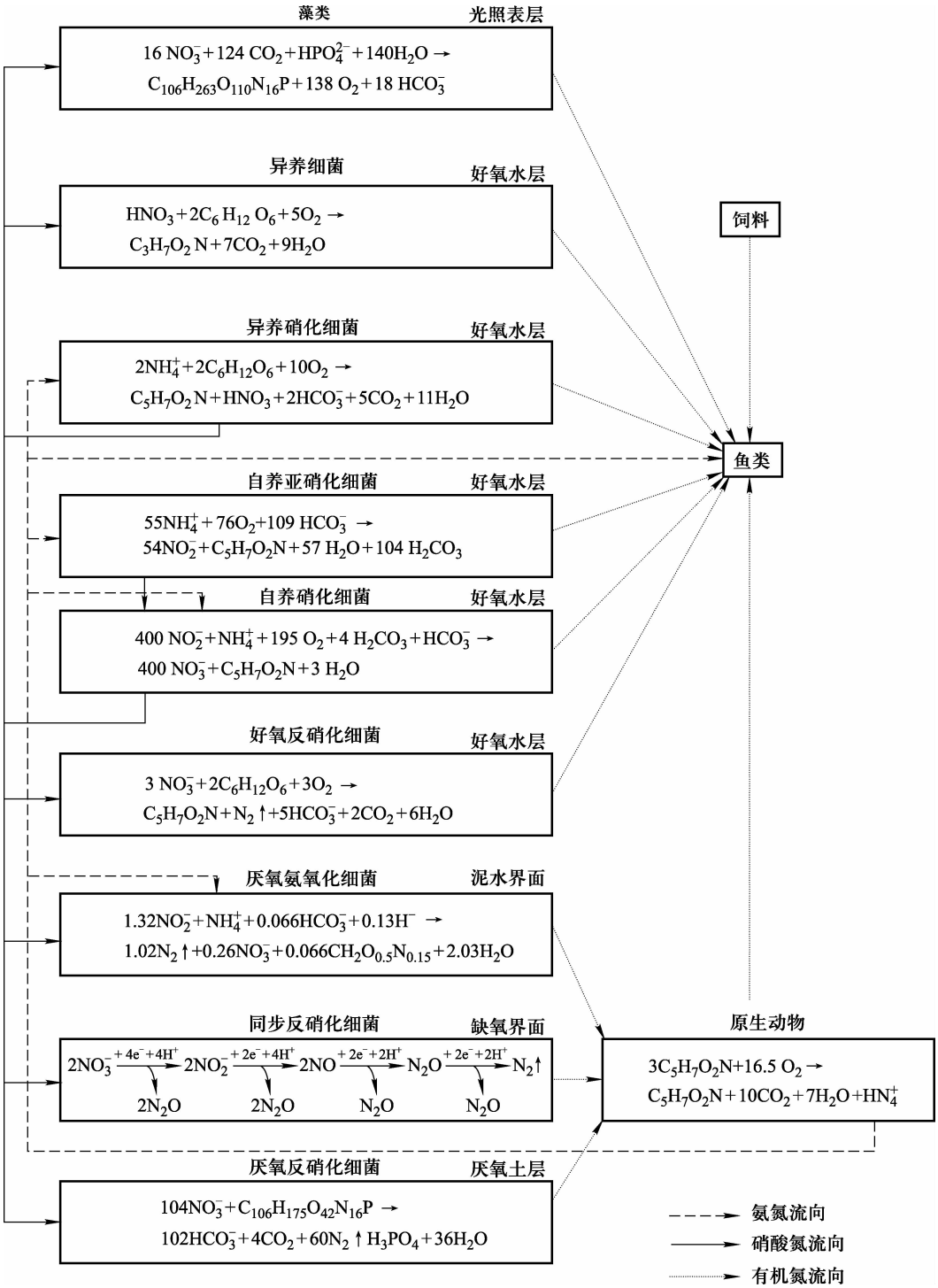


图 2 “光能自养—硝化反硝化”系统示意图

举措。构建环境友好、可持续养殖系统已成为共识，强调利用大型藻类、滤食性贝类、沉积食性动物、生物絮团等对养殖系统营养负载再利用，建立集约化养殖营养污染的转化和消减机制。通过建立生物修复技术和综合养殖技术工程，使养殖系统中的营养投入得到资源化利用，是实现环境友好和持续发展的有效途径。

（三）浅海滩涂养殖

更加重视浅海滩涂的生态价值和对生态系统服务功能的维护，建立发展与生态环境和谐的养殖技术，实现浅海滩涂养殖业健康持续发展，是国内外共同的发展趋势。与陆地和海洋其他生态系统相比，浅海滩涂生态系统具有更加多样化的生境、更加复杂的环境因素、更高的生物多样性和服务功能。除养殖业产生的经济效益以外，浅海滩涂还存在对人类社会发展不可替代的环境效益，如水质、底质净化功能，污染物的迁移、转化功能，吸收二氧化碳、减轻海洋酸化功能，增加空气中含氧量的功能，调节沿海气温和湿度，增加沿海地下水含量的功能等。在不破坏滩涂湿地生态功能的前提下发展养殖业、进而利用养殖业维护和修复这些功能，将是今后对产业发展的要求。

（四）近海多元综合养殖

在世界经济持续发展、海洋开发力度不断增大的背景下，环境友好的发展之路已成为国内外大共识，引起越来越广泛的关注。我国海洋资源开发已经对环境造成了多种负面影响，而在发展各种滨海产业（包括近海养殖）的过程中，环境友好已经成为产业发展的重要评价标准。近海多元综合养殖技术是近年来生产和研究的前沿热点。今后一段时期，在近海养殖中提高水域单位面积养殖产量、研发适合各地区生产条件的多元综合养殖模式、让产品为更多消费者所接受、开发新型养殖设施设备、提高自动化水平和减少人工劳动强度、将筏式养殖和网箱养殖向深水区拓展等，都已成为产业发展的大趋势。

五、关于“深远海标准化养殖平台”建设的构想

（一）本领域发展的现状及目前存在的突出问题

沿岸和近海区域是人类开发强度最大的区域，包括港口、工业、城市、养殖业和盐业等各种业态竞争有限的空间资源，造成这一区域水质污染严重，生态环境质量恶化，各种生态风险加剧。其中养殖业受有限空间的限制，往往呈现布局不合理、密度过大等问题，加之外部环境条件的影响，很容易引发养殖生物病害和

大规模死亡,造成严重经济损失。因此,拓展深海养殖已成为未来养殖业发展的最大挑战。

(二)本领域技术创新与国际先进水平相比主要差距

据了解,目前世界上只有欧洲地区正在实施“深远海大型网箱养殖平台”工程项目。已经在挪威的特隆汉姆近海、丹麦的哥本哈根近海等处建成颇具规模的试验区。该工程利用和整合海水大型网箱技术、海上风力发电技术、远程控制与监测技术以及优质苗种培育技术、饲料与投喂技术、健康管理技术等配套技术,形成综合性的工程技术体系,是人类开发和利用海洋资源的新尝试。

2010 年 6 月,黄海水产研究所代表团访问了挪威特隆汉姆近海的试验区。该试验区由 7 个大型网箱组成,配有工作母船及配套设施。大网箱周长 157 m(直径 50 m),周边垂直深度 15 m,底部呈圆锥形。经测算,每个网箱的养殖水体大于 10 000 m^3。据介绍,每个网箱投放 200 g 的鱼苗 15 万 ~17 万尾,养到商品规格(5 kg/尾),大约 1 年半时间。号称每个网箱可以养殖成鱼 1000 t。(我们根据成活率推算,每个网箱每个周期可生产商品鱼 600 ~800 t。)每 kg 商品鱼的养殖成本约 15 克朗(1 克朗约等于 1 元人民币),产品在国际市场上很具竞争力。该养殖平台共 5 人管理,2 人一班,每周轮换一次,另有 1 人机动,人均生产率很高。

工作母船是“养殖平台”的重要组成部分,是工作人员管理、生活场所以及饲料仓。投饵由计算机程序控制,风动式送饵。监控系统可随时了解各个网箱中鱼的状态及饵料投喂和摄食情况。

在哥本哈根近海建设的大型养殖平台是以海上风力发电的基座为依托来设置网箱,从而实现了养殖、发电等海上工程的综合利用。

尚未见世界上特别是亚洲国家开展海上大型养殖平台建设的报告。曾了解到韩国在南部海域进行封闭式网箱养殖实验,但并没有形成生产规模。据信,这一现状与东海与南海区域台风频繁有关,安全性是优先考量因素。

我国在这一领域尚未起步,需从头做起。但网箱的设计与制造已有较好基础,其他技术与配套设施经过联合攻关完全可以达到应用水平,不存在不可跨越的技术障碍。

(三)关键核心技术与创新情况

1. 特大型网箱设计与制造技术
2. 工作母船的配套技术
3. 海上监控设备与操作技术

总之，水产养殖业是集各类产业创新之大成、学科交叉明显的领域。水产养殖业的生存和发展依赖于苗种、饲料、加工、物流、兽药、材料和机械等各个相关行业的发展。同时，养殖业自身的创新和发展也需要水产科技工作者的不懈努力。问题和挑战是永恒的，但机遇与挑战并存。



王清印 中国水产科学研究院黄海水产研究所所长、研究员、博导，中国水产科学研究院遗传育种学科首席科学家。一直从事海水养殖生物的遗传育种、海水健康养殖以及海洋生物技术等研究工作。先后主持国家及省部级课题20多项。获全国优秀科技工作者、农业部有突出贡献中青年专家、山东省先进工作者、青岛市劳动模范等荣誉称号，享受国务院政府特殊津贴。发表中英文论文260余篇，出版专著或主编14部，获国家发明专利10项。培养博士后、博士及硕士研究生50余名。主持的“中国对虾‘黄海一号’新品种及其健康养殖技术体系”研究成果获2007年度国家技术发明二等奖，多项研究成果分别获省部级科技奖励。兼职中国水产学会海水养殖分会主任委员，山东省渔业科技专家咨询委员会主任委员，山东水产学会副理事长等。

现代海水养殖的遗传育种与苗种培育工程(摘要)

张国范

中国科学院海洋研究所,青岛

近年来,我国在海水养殖生物杂交选育技术等领域取得重要进展,已培育出十余个国家水产新品种和一批高产抗逆新品系,形成较为完善的育种技术体系。培育的新品种在产业中得到应用推广,产生了良好的经济和社会效益,在促进养殖业发展、加速产业结构调整、丰富市场供应以及帮助渔民发家致富等方面发挥了重要作用。我国海水养殖逐渐从依赖野生型向利用人工改良型种质转变,提高了产业效益和可持续发展能力,使我国跻身于海水养殖育种的世界先进行列。

我国海藻总产量、栽培面积和从业人数多年位居世界首位,从最北端沿海的辽东半岛到最南端的海南岛都有不同种类的海藻栽培。根据经济海藻种类,其苗种培育技术包括利用有性繁殖方式和利用藻体营养增殖。我国海水养殖动物种苗繁育关键技术实现了跨越性发展,形成了符合我国海区特点的海水养殖种苗繁育技术体系,促进了我国海水鱼网箱养殖业和增养殖业的迅速发展,大菱鲆的工厂化育苗与养殖产业化成功开辟了鱼类养殖主流产业。

整体上讲,目前我国海水养殖业的良种覆盖率还相当低,与我国海水养殖的产业规模比较,新品种还是太少,而且新品种的培育周期也过长,难以满足产业发展的需求。目前这些新品种基本是采用选择和杂交等传统育种方法获得,育种周期长、效率低,难以满足大批量、高品质、多优性状和广适性新品种的市场需求。在海洋养殖经济生物苗种培育上存在的主要问题是亲本的质量管理、繁殖与生殖调控、幼体的营养调控与培育技术等方面。以上问题导致苗种的质量和数量不稳定,亟待建立标准化、规模化的苗种培育技术体系。

现代生物技术与传统遗传育种技术相结合已成为海洋优良品种培育技术发展的总趋势。在解析海水养殖生物重要经济性状的分子基础及基因调控网络的基础上,利用遗传连锁图谱和 SNP 等新一代分子标记技术,阐明性状和遗传基础的关系,提出良种分子设计的策略和可行途径,是目前海洋生物育种领域发展的主要动向。继标记辅助选择技术之后,全基因组选择技术、分子设计育种已逐渐

成为分子育种技术领域的热点。总之,国内外海水养殖良种培育技术的发展趋势是从传统的育种技术逐渐转向以分子育种为主导的多性状、多技术复合育种和设计育种的转变,以满足产业日益增加的对优质、高效培育新品种的需求。

苗种培育技术发展趋势是依据经济种类的遗传特点,建立科学合理的亲本管理和亲本选择策略,防止近交衰退。此外,繁殖生理学研究、幼体发育和生理以及幼体培育技术仍然是苗种培育工程的主要研究内容。



张国范 研究员,现任中国科学院海洋研究所学术委员会主任、现代农业产业技术体系贝类体系首席科学家、山东省“泰山学者攀登计划”岗位特聘专家。先后获农业部中青年有突出贡献专家、中科院创新文化建设先进个人、全国优秀科技工作者、全国优秀水产科技工作者等荣誉称号。

在国内第一线从事贝类繁育与养殖技术研发,研究领域涉及多种重要经济贝类,多数成果居国际先进或领先水平。获国家科技进步二等奖3项,省部级科技进步一等奖3项,省级科技进步二等奖3项,国家专利优秀奖1项。发表论文184篇,出版学术专著2部,获发明专利授权9项,培育国家水产新品种3个,成果新增产值逾百亿元。

现代海水养殖的营养与饲料工程

何 艮

中国海洋大学,青岛

一、我国海水养殖营养与饲料领域的现状及目前存在的突出问题

虽然我国水产动物营养和饲料的研究和技术开发发展迅速,但是仍然存在很多问题。

(一)配合饲料使用比例不高

我国水产饲料生产发展很快,但是目前的配合饲料使用比例仍然不超过30%,淡水养殖和海水养殖中每年仍然有超过300万t的小杂鱼用于饵料鱼。另一方面,在江湖中捕捞的这些"小杂鱼",还有很多是我们的"四大家鱼"等经济鱼类的幼鱼,这不仅给天然资源造成严重破坏,而且冰鲜鱼的直接投喂还造成环境污染。

(二)饲料系数高、浪费严重、环境污染高

饲料成本目前仍然是水产养殖中占70%以上的部分,而前期的市场调查发现,目前国内的配合饲料仍然存在饲料系数高、浪费严重、饲料利用效率差、环境污染高等问题。如在前期的调查中发现,饲料系数普遍在1.8~2.6,少部分在1.2~1.8,很少部分在1左右。过高的饲料系数不仅导致生产成本提高,而且造成粮食资源浪费,环境污染加剧。另外,多数饲料的氮磷沉积率低于25%。

当然,如果不使用人工配合饲料,而是使用下杂鱼和饲料原料直接养殖,饲料系数将达到4~10,也就是说,其饲料资源浪费和环境污染将是使用人工配合饲料的2~5倍。

(三)饲料原料缺口大、饲料成本高

我国水产养殖业发展迅速,而饲料原料国内供应缺口越来越大。主要饲料蛋白源鱼粉和豆粕70%以上依靠进口,50%以上的氨基酸依靠进口,成为饲料行业和水产养殖业发展的极为核心的制约因素。部分饲料添加剂的国内供应量

严重不足,存在品种单一、产品生产成本偏高等问题,在质量和数量上均难以满足需要。

近几年鱼粉价格经几轮飞涨,豆粕、玉米等大宗原料也不断上涨。在成本推动下,配合饲料价格经历了几轮涨价,一直在高位运行。与此同时,由于竞争激烈,养殖水产品价格却一直在低位运行。

(四)水产饲料质量和生产缺乏标准

水产饲料质量是水产生产效益、产品品质、环境安全的保障,但是目前的饲料质量和生产缺乏严格的标准。我国饲料企业数量多,但多数规模小、起点低、专业化程度不高、产品质量稳定性不高,散、乱、小,无序竞争的现象依然存在。2003 年美国的饲料产量高达近 1.5 亿 t,饲料厂只有几百家;而我国 2003 年的产量近 1 亿 t,饲料厂却有 13 000 家。国家对水产品质量和养殖水环境质量保护的要求,明显被摆到法制高度,已发布 500 多项标准,其中国家 56 项、行业标准 454 项。并正参照国际惯例,开始实施水产质量认证、产品抽查制度和个别产品的许可制度,极力促进水产品质量改善,实施食品生产销售安全许可证制度。各地也加大地方标准和企业标准的研究和制订力度。但仍存在严重问题,如不少标准的制定仍然缺乏系统的研究基础,并且需要根据不同环境和对象进行及时更新。少数饲料企业为了追求经济效益,在饲料中添加违禁药品,超范围使用饲料添加剂,不遵守配伍禁忌等规定。饲料技术标准不完善,尤其是缺乏违禁药物和添加剂的检测标准;生产环节违规使用药物添加剂,甚至是违禁药物的现象时有发生。目前,饲料安全问题越来越突出,已经成为水产品质量安全监管的重要环节。这些问题,导致饲料质量不稳定、成本上升、生产效益下降等一系列问题。

(五)法制法规不健全

目前我国饲料生产、经营归口农业,饲料管理部门的跨行业管理,现实情况是养殖者可以很容易从市场上多渠道购得各种饲料,而渔业部门只有使用环节的监管职能,难以从源头上进行监管。在饲料原料质量控制、配方管理、生产经营等方面没有形成系统的标准或者有些标准是参考国外的而不适合国内的养殖品质,导致执法部门执法的困难等。另一方面,在小杂鱼的捕捞和使用方面以及养殖环境的污染排放控制方面,没有明确的法律法规或者监管力度不够,导致因经济利益驱使仍然使用大量的小杂鱼、劣质饲料、饲料原料和化学肥料等。

二、海水养殖营养与饲料工程技术创新与国际先进水平相比的主要差距

(一) 养殖品种多、科技投入少,研究难以系统深入

由于我国淡水养殖品种较多,目前研究的系统性不足,很少有一种鱼有完善的营养学研究,而国外的养殖品种较为单一,如美国的斑点叉尾鮰、挪威的大西洋鲑等,均有大量的科研人员和科研经费投入研究,研究十分透彻和系统。

缺乏长期的经费支持,难以针对某个问题及品种进行深入研究。鱼类饲养的研究应该是系统的、长期的积累,因此,针对某个养殖品种,需要几年甚至是几十年的系统研究,才能比较完整地解决产业面临的问题。而我国的科技研发经费太过于强调有"新意",忽视系统长期的经费支持,不利于彻底解决产业技术问题。

国内基础研究较为薄弱,多数研究投入在于短线的成果,而忽视鱼类营养学的基础工作,如基本的营养需求数据、消化率数据等,而多数的研究热衷于快速生长的添加剂、降低饲料配方的成本等,导致本末倒置,难以从根本上解决问题。而国外的研究,均是以营养学为基础,再在此基础上研究生产的应用。

国内饲料加工工艺研究较少,多是重配方、轻加工,导致营养配方较好而加工后的效果可能远达不到配方的要求。国内对投喂技术研究较少,没有和养殖品种的摄食习性和生长规律等结合起来,导致饲料浪费,成本上升。

(二) 营养、饲料的研究与养殖模式脱节

我国的地域差别较大,养殖模式在不同区域有较大差别,而饲料的研究没有综合考虑养殖模式的问题,导致饲料系数升高,养殖成本上升。另一方面,由于水产品上市的价格差异,要求在不同的养殖模式下,能通过饲料的营养调控,使养殖动物能在适合的时候以适当的品质上市,对水产动物的营养精确调控将会提出更多、更高的要求。

(三) 资源、环境保护意识差,缺乏公众教育和法规约束

水产养殖在带来经济收入的同时,其废物排放也带来了水环境的危害。如在一些养殖强度高的地区,养殖海湾、池塘甚至水库的水多为黑色,底泥中沉积了大量的营养物。而由于底泥清理需耗费大量的人力、财力,很多池塘多年底泥沉积,池塘养殖生态系统越来越脆弱,经常导致大面积的"反塘"事件。渔民收入受到极大的影响。

我国是一个水资源、粮食资源紧缺的国家,大规模的养殖尤其是产品的出

口,如果不合理保护我国的粮食资源、水资源,在经济上有所收获的同时,将给我们的环境和资源造成越来越大的威胁。而很多养殖者甚至地方政府,为了提高经济效益,盲目增加养殖规模,这不仅会造成养殖风险加大,而且造成粮食资源浪费和水资源污染等。

三、海水养殖营养与饲料工程新兴产业培育与发展中的关键核心技术与创新情况

(一) 关键技术

1. 饲料精确配方技术

建立与养殖动物不同生长阶段、环境、养殖模式及市场需求相适应的精确配方技术,使养殖动物在其特定的生长阶段和环境中,能通过饲料的营养调控,满足其生长、健康、品质及市场的要求。

2. 饲料加工工艺

研究饲料加工工艺与饲料的生产性能之间的关系,提高饲料利用效率,提高廉价饲料原料的使用比例,减少饲料浪费,降低饲料成本。

3. 精确投喂技术

建立根据养殖动物生长和环境因子变化的动态精确投喂管理技术,达到饲料的最大生产性能。

4. 水产品品质调控技术

研究水产品营养、风味、口感等形成机理及其品质的营养学调控技术,研究水产品中异味物质形成的机理及清除机制,研究水产品中有毒有害物质的摄入、代谢、积累及清除关系,建立水产养殖产品安全保障及品质调控技术。

(二) 可能具有突破性的技术

1. 开发精准营养调控技术,实现跨越式发展

在传统的水生动物营养学研究方面,我们比发达国家起步晚了近 50 年,而在现代分子营养学研究方面,我们与发达国家的差距并不大。尤其是近年来,西方发达国家经济不景气,对水产动物营养研究的投入逐年减少。我们应该把握机遇,加大投入,把基因组学和生物信息学等现代生物技术应用到水产动物营养学研究中,积极开展营养基因组学(Nutrigenomics)研究,研究营养物质在基因学范畴对细胞、组织、器官或生物体的转录组、蛋白质组和代谢组的影响。探索并阐明水生动物营养学的重要前沿科学问题。例如,植物蛋白源、脂肪源降低水生生物的摄食率和饲料效率的分子生物学机制,水生生物与陆生生物对糖利用能

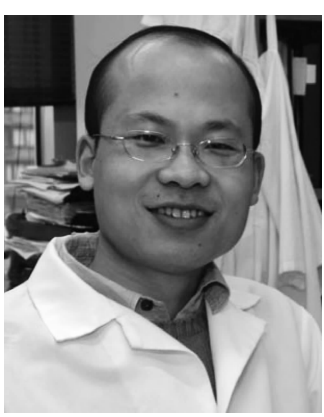
力的显著差异的分子生物学机理,营养物质与水生生物的抗应激能力、免疫力和抗病力相互作用的分子机制,水产品的品质形成机理以及与营养和投饲策略的关系,营养素和饲料添加剂与有害物质在水生生物体内积累和代谢废物的排出的作用关系,等等。为全方位开发精准营养调控技术,为我国健康、高效、优质、安全和持续发展的水产养殖做出应有的贡献,实现我国水产动物营养研究与饲料工业的跨越式发展。

2. 广开饲料原料来源,努力提高其利用率

我国水产养殖持续发展面临的主要挑战之一就是优质饲料蛋白源的短缺,尤其是鱼粉的短缺。可以预料国际鱼粉的供应量将只会减少,不会增加,因而价格将大幅上扬。因此,我们必须开发新的替代鱼粉饲料蛋白源,并通过深入研究,努力提高其利用率。同时不影响养殖对象的健康、品质和安全。此外,建议尽快立法禁止直接使用鲜杂鱼和饲料原料进行水产养殖,同时限制饲料中营养物的最低利用效率,减少粮食和饲料原料的浪费。这样我国每年 300 万 t 的鲜杂鱼可以增加 75 ~ 80 万 t 鱼粉产量,相当于目前鱼粉用量的 50% 以上,十分可观。用配合饲料养鱼起码能节约 75% 以上渔业资源,其他饲料原料也可以节约 60% 以上。既节约了资源,又保护了养殖环境,且减少病害发生,一举多得,应当为之。

3. 养殖动物产品品质的营养学调控研究

随着人民生活水平的提高,对养殖产品的品质要求也逐渐上升。必须研究水产品的品质形成机理以及与营养和投饲策略的关系,通过饲料配方和投喂技术的优化,提高养殖产品营养成分、物理感官指标和口感指标,满足市场对优质水产品的需求。



何艮 中国海洋大学“筑峰人才工程”特聘教授,山东省“万人计划”海外特聘专家。1996 年毕业于山东大学,1999 年获得中国海洋大学硕士学位。2004 年获得美国伊利诺伊大学博士学位后,进入美国洛克菲勒大学进行博士后研究,并于 2009 年被转聘为副研究员。2010 年被聘为中国海洋大学特聘教授,并获得教育部新世纪优秀人才称号,为霍英东基金青年教师基金获得者。多年来一直从事蛋白质结构与功能的关系、蛋白质代谢与信号传导机理的研究,在国际顶级期刊如《NATURE》等发表文章,现主要从事水产动物分子营养学、水产饲料蛋白源替代与应用的研究。

现代海水养殖的病害防控工程

秦启伟 等

中国科学院海洋生物资源可持续利用重点实验室，
中国科学院南海海洋研究所广州

一、海水养殖病害防控工程的发展战略需求

全球面临人口膨胀、资源短缺和环境恶化三大问题，由此而导致的食物供应短缺正严重威胁着人类的健康和可持续发展。因此，大力发展以海水养殖业为主的现代海洋农业，向社会提供优质食物蛋白已成为国家的重大战略发展需求。我国是海水养殖大国，养殖产量约占全球产量的三分之二。但随着海水养殖产业的急剧扩张、养殖规模的迅速增大、近海生态环境的恶化以及养殖健康管理技术落后，海水养殖病害的频繁发生，给海水养殖业造成巨大的经济损失，每年因水产养殖病害问题而造成的直接经济损失就达百亿元之巨，而且逐年攀升，2004年已达 151.44 亿元。

面对我国海水养殖病害频发的严峻形势，为保障我国水产养殖业的健康可持续发展，大力开展高效、安全的海水养殖病害防控技术体系研究，包括建立以疾病快速诊断与流行病监控技术、免疫防治与调控技术、抗病生物制剂创制技术、抗病微生物筛选与应用技术、渔用中草药研发与应用技术等，对全面提升海水养殖疾病的控制水平，保障我国海水养殖产业健康可持续发展，确保我国食物安全，满足国家对优质、安全水产品的需求等具有重要的战略意义。

二、国内外海水养殖病害防控发展现状

（一）病原检测与病害诊断技术

水产病害快速检测和流行病监控技术的快速发展为人们及时准确了解和监控养殖对象和养殖水体健康状态提供了保障。尽管传统常规的细菌学、病毒学、寄生虫学组织病理学方法能够检测到常见的和可培养的病原，但因为该方法存在耗时、费力以及诊断结果不精确等问题，目前通常仅用于病原的初步诊断、鉴

定和流行病学调查。基于抗体的免疫学检测技术是运用较为广泛、成熟的检测技术,主要是研制针对特异性病原的多克隆和单克隆抗体,开发荧光抗体技术(FAT)、间接荧光抗体技术(IFAT)、ELISA、点杂交、Western Blot 等。例如,Snow 等建立了出血性败血症病毒(VHSV) 的 ELISA 检测方法,用来检测感染的大菱鲆。Qin 等利用新加坡石斑鱼虹彩病毒(SGIV)的单克隆抗体,通过自主研发的抗原捕捉 ELISA 及流式细胞分析技术检测了病毒感染的石斑鱼。随着分子生物学的应用,核酸检测技术得到了长足的发展,该方法是以病原的核酸为研究对象,通过鉴定病原的核酸分子来证实病原。核酸检测技术常用的方法有 RFLP、PCR、Real - time PCR 和 LAMP 等。目前国际上已开发出针对多种鱼虾病毒如 RSIV、NNV、KHV、IHNV、WSSV、IHHNV、YHV 等,以及细菌性病原如弧菌和爱德华氏菌等的 LAMP 技术。最近,日本又开发出了针对三种对虾病毒 WSSV、IHHNV 和 YHV 的定量 LAMP 技术。国内对水产病害诊断和流行病学监控技术的研究一直保持与国际同步的水平上。发展并完善了水产病害基于抗体的免疫学检测方法和分子生物学方法,追踪世界先进技术开发了多种水产病害的 PCR、LAMP 快速诊断技术。近年来,国内的研究学者也将基因芯片和抗体芯片技术应用于病原的检测。诊断技术的快速发展为监控水产病害的发生、流行及科学用药提供有力支持。

(二) 免疫防控技术

在鱼类病害防治技术研发方面,由于使用化学药物容易造成污染和残留,病原对抗生素的耐药性日益增强,因此开发低成本高效疫苗和免疫抗菌、抗病毒功能产品,对重大流行性疾病进行免疫防治,已成为 21 世纪水产动物疾病防控研究与开发的主要方向。

1. 疫苗的研发

由于疫苗在提高鱼类特异性免疫水平的同时亦能增强机体抗不良应激的能力,且符合环境无污染、水产食品无药残的理念,已成为当今世界水生动物疾病防治界研究与开发的主流产品。根据 2005 年从 41 个国家收集到的信息,目前已商品化的鱼类细菌病疫苗有经典的弧菌病疫苗(Listonella anguillum, Vibrio ordalii)、冷水性弧菌病疫苗(Vibrio salmonicida)、由杀鲑气单胞菌引起的溃疡病疫苗、针对发光细菌的疫苗、耶尔森氏菌病疫苗、针对 Edwardsiella ictaluri 的爱德华氏菌病疫苗、冬季溃疡病疫苗和链球菌病疫苗等。另外,还有许多针对其他细菌性病原的疫苗正在不同程度地进行实验研究之中。多数商品化细菌疫苗是灭活产品,只有极少数是重组蛋白。这些疫苗已成功地接种于鲑科鱼类、鲷科鱼类、鲈形目鱼类和 鱼师鱼等。疫苗接种途径主要是以多联形式腹腔注射于鱼

体。病毒是最严重的传染性病原之一,在全球范围内很多大公司和科研机构正致力于鱼类病毒病疫苗的研发,但是,和细菌病疫苗相比,被注册的鱼类病毒疫苗非常少。目前,已商品化注册并售卖使用的鱼类病毒疫苗大多是灭活病毒粒子如在日本推广使用的真鲷虹彩病毒(RSIV)病疫苗,或重组蛋白如在挪威和智利推广使用的传染性胰脏坏死症病毒(IPNV)疫苗。第一个商品化的鱼类 DNA 疫苗是针对传染性肝胰脏坏死症病毒(IHNV),已在加拿大上市。目前还没有商品化的鱼类寄生虫病疫苗问世。

我国水产疫苗研究起步于 20 世纪 60 年代末,淡水鱼类疫苗的研究代表了我国水产疫苗研究的发展历程。据不完全统计,于 20 世纪 90 年代中期始,有 20 多家高校、研究机构开展了水产疫苗及其相关研究。在我国,在鳗弧菌、哈氏弧菌、溶藻弧菌、副溶血弧菌、爱德华氏菌等研究中获得了免疫保护效应较好的亚单位疫苗;成功研制草鱼出血病病毒灭活疫苗、肿大细胞病毒全细胞灭活疫苗和淋巴囊肿病毒口服型核酸疫苗。在利用基因敲除技术制备减毒疫苗方面取得了重大突破,在海洋病原菌交叉保护疫苗方面做了有益的探索,研制了鳗弧菌灭活疫苗、减毒活疫苗、多弧菌混合疫苗和脂多糖疫苗,通过方便安全的接种,取得了良好的疫苗免疫效果。蛋白质疫苗在我国的研究非常广泛,几乎所有重要海水养殖相关病原菌的重组亚单位疫苗都有报道。此外,水产养殖动物疫苗中试规模正在扩大,建立了具有病毒活疫苗、病毒灭活疫苗、细菌灭活疫苗和亚单位疫苗生产能力的水产疫苗 GMP 生产与中试基地。

2. 免疫抗病基因工程制品的研发

研制抗病蛋白基因制品和免疫增强剂是免疫防控的重要途径之一。对从海水养殖动物如鱼、虾和贝类等获得的抗菌和抗病毒基因,进行基因工程重组表达,对获得的重组蛋白进行抗菌和抗病毒活性、作用机制以及动物安全性实验研究。已有研究表明,大多数海水养殖动物的抗菌肽 hepcidin 具有广谱抗菌及抗水产病毒的功能,目前表达成功的包括真鲷抗菌肽、虹鳟抗菌肽 Oncorhyncin II、鲈鱼抗菌肽和石斑鱼等。表达成功的抗菌肽也被应用于水产饲料添加剂的研发。为了减少水产药物的使用与残留,从上世纪 90 年代中期开始注意水产养殖动物抗病力与营养素及添加剂关系的研究,以开发提高动物抗病力的营养添加剂和免疫增强剂。鱼类溶菌酶已经被证实是一种很好的能够增强鱼体免疫能力的免疫增强剂,长期使用水产专用溶菌酶“Aegis 溶净”,能有效防治细菌性疾病(嗜水气单胞菌、爱德华氏菌等引起的),降低肠胃炎、出血病、脱肛、烂鳍烂鳃等的发生率,提高成活率。此外,一些免疫活性因子,如 CpG ODN 对养殖虾蟹类具有免疫增强效果,为无脊椎动物的病害控制提供了新途径。所有这些结果为研制无公害的基因工程生物制品奠定了良好基础。

(三)生态防控技术

生态防治的原理是根据同一生态系统中的不同微生物之间的相互作用和生物间的营养竞争等方式,达到防治致病菌的目的。水产养殖中的许多病害,不仅与病原微生物的存在有关,而且和养殖水体的微生物生态平衡有着密切的关系。水体中微生物群落的组成直接决定着病原微生物是否会最终导致疾病的发生。微生物生态技术及微生态制剂的使用是健康养殖中病害生态防治的重要途径。通过对养殖水体中理化因子、生物种群等进行分析,了解养殖水体中微生物种群的变化。生态防控以保持良好的养殖环境为重点,通过水质、底质等调控措施,营造利于养殖动物健康生长的环境。环境改良主要包括生物改良技术和理化改良技术。生物改良技术研究的热点是微生态技术,主要是通过对能够分泌高活性消化酶系、快速降解养殖废物的有益微生物菌株筛选、基因改良、培养、发酵后,直接添加到养殖系统中对养殖环境进行改良。目前,水产养殖使用的有益菌主要有芽孢杆菌、光合细菌(PSB)、乳酸菌、酵母菌、放线菌、硝化细菌、反硝化细菌和有效微生物菌群(EM)等。芽孢杆菌制剂、光合细菌制剂、以乳酸菌为主导菌的 EM 菌剂等产品已经在养殖生产中使用,其中以对虾养殖使用比较普遍,并取得良好效果。产品类型也从单一菌种到复合菌种,剂型也从液态发展到固态。此外,通过了解养殖水体中微生物种群的变化建立养殖鱼类疾病的预警预报体系。

三、我国海水养殖病害防控工程与技术面临的主要问题

(一)海水养殖规模、种类和模式差异较大,养殖种类病害多

我国水产养殖种类多样,包括鱼类、贝类、甲壳类及水生植物等。进行规模化养殖的水产品种类已达 60 多种,但几乎所有养殖品种都会受到疾病威胁。由于我国水产养殖区域跨度大,养殖水域环境多样,不同气候、养殖模式,养殖条件,导致发病情况差异显著。另外,随着种苗在全国范围频繁互换,病的多样性(包括病原种类、病原株型)增加。我们的养殖现状增加了鱼类养殖病害防控的难度,主要原因为病原种类多,发病流行规律复杂,需要针对各种病原开发诊断检测技术,并研制有效的免疫防控的制品,包括疫苗、免疫增强剂等。当大量的科研工作者将工作面覆盖到多种病原的研究时,直接导致研究的深度不够。

(二)病害防治技术基础研究薄弱

我国在海水养殖鱼类病害的病原学、流行病学、病理学、药理学、免疫学、实

验动物模型等基础研究领域仍较薄弱,存在的主要问题是高新研究技术和方法的应用较晚,研究结果未能达到高度的科学性和准确性,研究内容缺乏深度和系统性。如疫病检测与诊断技术手段落后,实用化水平较低。目前国内尽管针对一些海水鱼类病原研制了多种检测方法,但基本上建立实验室检测技术,个别形成诊断试剂盒,在技术水平、易用性、产业化等方面均存在较大的差距。

(三)病害免疫防控的制品没有形成商品化

我国水产疫苗的研究较晚,尽管近年来取得了长足的进步,但是因为水产疫苗和生物制剂申报手续繁琐,审批周期长,目前尚无商品化的海水疫苗。国内水产疫苗研制与应用与国外相比主要差距为:水产疫苗的商品化进程缓慢、疫苗制剂的技术含量有待进一步提高、推广应用力度不够等。我国水产疫苗的管理、质量标准和审批程序一直沿用兽医疫苗的管理措施、质量标准和审批程序,与水产养殖病害的现状和疫苗产品研究的技术水平脱离,导致迄今为止还没有一种疫苗获得新兽药生产许可证。另外,国内目前水产疫苗的关键科学技术问题上研究深度和系统性不够,迫切需要新的突破,如减毒活疫苗的减毒机理和毒力返强问题、灭活疫苗的效力问题以及合适有效的免疫途径等。尽管我国水产疫苗的市场巨大,但目前的疫苗生产性推广应用试验主要还是疫苗研发单位的自发行为,仍没有形成一种商业需求。另一个原因是渔民对采用免疫预防方法控制水产养殖病害发生和流行的意义知之甚少,对疫苗免疫程序也了解不多,缺乏主动预防的意识,没有形成对新技术的一种迫切需求,导致水产疫苗在生产上的应用十分有限。

(四)养殖生态环境恶化,养殖健康管理技术落后

由于人类的破坏、抗生素滥用及养殖模式、养殖密度的不规范,导致养殖生态环境恶化。我国近海海洋生物资源及其生境面临着生存空间日益减少,病害和赤潮频繁发生,严重影响了海水养殖的健康发展。此外,我国的水产养殖管理不够科学,制度还不完善,特别是病害预防、控制、治理方面缺乏应急机制与保障措施;在物种引进时没有严格的风险管理制度,对疾病携带的危险估计不够,控制措施不力。

总之,我国整体的水产养殖动物疾病防治研究力量还相对薄弱,研究者的创新思维受到研究条件局限和经费短缺的约束,低水平或重复性的研究还比较多。此外,开展的研究工作与实际生产上的需要存在比较大的差距,致使一些研究成果在水产养殖生产中的应用效果不理想,与国外相比,成果的实用化和商品化工作还很不完善。

四、海水养殖病害防控工程总体发展思路和发展目标

针对我国海水养殖病害种类多、危害大的特点,坚持以“预防为主、防治结合”的方针,以保持优良养殖生态环境为基础,重点加强病原监测工作,突出重点疫病管理,以免疫防控为主导,免疫和生态防控相结合的疾病防控技术路线,建立重大疾病的预警、预防和控制技术体系;培养一支高素质的人才队伍,实施可控可调的精准化生态健康养殖,构建健康养殖保障工程技术体系。具体的发展目标为:(1) 分离和鉴定新发重要传染性病原;确定重要病原的分布范围、传染源、感染及传播途径;发展和应用简便、快速、非致死性的诊断和检测技术。(2) 发展体内和体外感染模型,研究分析重要病原的感染和致病机制;研究和发展易于接种的活性疫苗、多价或联合疫苗、新型免疫佐剂、抗病功能基因制品、免疫增强剂等;实现基于疫苗、免疫增强剂和抗病功能基因制品的免疫保护技术产业化应用。(3) 利用益生菌和抗病微生物开发养殖动物生态安全防病技术;建立海水养殖动物疫情预警预报与风险评估技术体系。改善养殖模式,集成养殖健康管理技术规范,构建海洋农业健康保障工程技术体系。



秦启伟 1964 年出生。中科院南海海洋研究所二级研究员、中科院海洋生物资源可持续利用重点实验室主任,国家杰出青年基金获得者、国务院政府特殊津贴专家、中科院“百人计划”学者和“新世纪百千万人工程”国家级人选。

主要从事海洋分子病原微生物和功能基因组学研究,在重要海水养殖鱼类病毒病研究及高效海水健康养殖等方面,取得了一系列创新性研究成果。自主建立了一系列新的海洋鱼类细胞系,突破了海洋鱼类新病毒分离培养难关;从石斑鱼等重要海水养殖鱼类中分离鉴定出虹彩病毒和神经坏死症病毒,发现并命名一种新的海洋鱼类病毒 SGIV(Singapore Grouper Iridovirus);完成了多种病毒的基因组、转录组和蛋白质组研究,克隆并鉴定了一批新的海水鱼类抗病毒功能基因;主持完成了国家杰出青年基金项目、“973”和“863”计划项目、以及中科院知识创新工程重要方向项目等多项国家级科研项目。

现代海水养殖的生态工程(摘要)

杨红生

中国科学院海洋研究所,青岛

近半个世纪以来,我国海水养殖业坚持“充分利用浅海滩涂、因地制宜养殖增殖、鱼虾贝藻全面发展、加工运销综合经营”的发展方针,以“巩固提高藻类、积极发展贝类、稳步扩大对虾、重点突破鱼蟹、加速拓展海珍品”为主攻方向,初步实现了虾贝并举、以贝保藻、以藻养珍的良性循环,取得了一批国际领先或先进的科技成果。良种选育取得重大突破,为生态工程化提供了种质基础;陆基工厂化养殖、浅海多营养层次综合养殖、深水抗风浪筏式养殖和网箱养殖、滩涂贝藻养殖等各具特色的生态养殖模式正在涌现;病害防治的基础研究及其应用取得明显进展;渔业捕捞方式正在转型;为现代海水养殖的生态工程化奠定了坚实的基础。

我国海洋农业亟待解决食品安全和生态安全问题,必须实现产业结构调整和转型升级。海水养殖生态工程与技术面临理论与技术原理研究不足、陆基养殖单位密度产量较低、节能减排型池塘高效养殖设施缺乏、滩涂清洁生产养殖生态工程技术落后、浅海高海况养殖装备与生态模式亟待研发等问题。目前,陆基循环水生态养殖、池塘生态养殖、滩涂养殖、浅海养殖生态工程技术方兴未艾,基于生态系统的养殖新技术已成为国际研究热点。

现代海水养殖生态工程的发展思路是采用现代生物学理论和生物与工程技术,在陆基养殖系统协调养殖生物与养殖环境的关系,突破节能减排技术,建立生态工程化养殖体系,实现低碳渔业;采用生态恢复和人工放流技术,在浅海养殖系统建立现代浅海养殖生态工程技术系统和模式,实现碳汇渔业。

现代海水养殖生态工程通过重点实施养殖容量模型构建、陆基生态养殖工程、分级多元化池塘养殖生态工程、滩涂生态养殖工程、多营养级浅海养殖生态工程、离岸生态渔业工程,实现现代海水养殖设施、技术和模式的系列化、标准化和产业化。



杨红生 1964 年出生,安徽霍邱人,博士、研究员、博士生导师,现任中国科学院海洋研究所副所长。

长期从事养殖生态学、生态免疫学、养殖环境生物修复技术和刺参遗传育种等研究。近十年来,先后主持了国家科技支撑计划、863 计划和国家自然科学基金项目等国家级项目 10 余项。建立了浅海筏式养殖系统养殖容量评估指标体系,模拟测定了实验海区扇贝、海带和刺参的养殖容量;研究了浅海贝类养殖的自身污染以及养殖海区的影响,较为系统地揭示了大型藻类、沉积食性动物(刺参)的生态功能;研究了栉孔扇贝在不同环境因子影响下的生态免疫机制;阐明了刺参周年及夏眠期间生理生化变化特征,从生理生化层面对刺参夏眠进行了分期;研制了一系列陆基工厂化和浅海增养殖工程设施设备,研发并建立了刺参等重要海水经济动物的多元生态高效增养殖新技术、典型海湾受损生境和生物资源修复技术,相关设施和技术已经在山东等地沿海得以推广应用。发表研究论文 100 余篇,授权发明专利 20 余项,主持制定国家行业标准 1 项。曾获山东省科技进步一等奖 1 项(2005)、山东省技术发明一等奖 1 项(2011)、青岛市科技进步一等奖 1 项(2011)和国家海洋局海洋创新成果奖二等奖 2 项(2006,2008)。

迟钝爱德华氏菌:从基因组到疫苗(摘要)

张元兴

华东理工大学生物反应器工程国家重点实验室,上海

一、前言

随着水产养殖业的快速发展,高密度养殖模式逐渐成为我国海水鱼类养殖业的发展主流。然而,随着海水养殖业的迅速发展,基础理论研究严重滞后、盲目扩大规模和投入的负面效应日益显露。世界银行统计报告指出,仅 1996 年全球在海水养殖业中因病害造成的损失达 30 亿美元。目前,我国的海水养殖水产动物的病害种类达 200 余种,常年养殖病害发病率达 50% 以上,损失率 20% 左右,病害问题已成为制约海水养殖业健康发展的重要因素。

传统的抗生素和消毒剂对于防治严重水产养殖病害曾取得了有限的成功。过量而频繁地使用抗生素等化学药物,会导致耐药性病原菌的快速发展和广泛蔓延,还造成了环境污染和水产品的药物残留等负面影响。因此,发展新的病害防治手段如免疫防治和生态防治已成为水产养殖业的迫切需求,这一发展趋势也对水产养殖病原菌的遗传背景研究提出了更高的要求,即不但要更加全面地获得菌体内毒力相关基因,还要了解病原菌与病原菌、病原菌与宿主之间、病原菌与生态环境之间相互作用机制。这些研究有助于人们发现病原菌毒力相关基因及这类基因与宿主相互作用关系,从而研制新型微生物病害防治制剂,有效控制病害的发生。

迟钝爱德华氏菌是我国北方经济养殖鱼种大菱鲆、牙鲆腹水病的主要病原之一,近几年内陆的一些淡水鱼养殖鱼场也有病例报道,并呈显著上升态势。迟钝爱德华氏菌属于肠杆菌科,和一些已知的重要致病菌如大肠杆菌、沙门氏菌、鼠疫耶尔森氏菌属于同一科。现已知爱德华氏菌属一般都含有一个或多个质粒。对本实验室已有的迟钝爱德华氏菌研究发现,它们含有一个 43 kb 的大质粒,以及一到两个小于 20 kb 质粒。迟钝爱德华氏菌中,基因功能的研究主要集中在对其毒力基因鉴定及功能分析上。遗传进化分析表明,细菌是通过一些分泌系统将毒素或酶类分泌出去的,并大多以毒力岛的形式存在于细菌的质粒或染色体上,与病原菌的致病密切相关。

二、基因组学研究

我们对爱德华氏菌属进行全基因组测序并在此基础上,从基因组水平上系统研究该菌的主要致病机制,揭示迟钝爱德华氏菌黏附、侵染、胞内寄生和疾病爆发相关的毒力因子;并通过比较基因组学研究,从基因组水平上研究爱德华氏菌属环境适应性进化和基因组多态性,对关键菌株基因组序列的测定和基因组多态性比较分析(SNPs,基因获得与缺失、短重复序列分析等技术),获得迟钝爱德华氏菌的基因组多态性及其微进化的规律,并建立科学的基因分型方法并应用于流行病学分析。从细菌全基因组进化角度阐明迟钝爱德华氏菌致病性的产生和流行机制,为研究迟钝爱德华氏菌的溯源、耐药机制和致病机制的揭示奠定基础。本研究主要分为以下几个部分:(1) 完成了强毒株迟钝爱德华氏菌 EIB202 全基因组测序,构建基因组精细图谱(基因组功能注释、基因功能分类、基因岛/毒力岛预测),并作为参考序列进行比较基因组学研究;(2) 收集不同来源菌株,选择不同表型,不同来源(不同环境、不同宿主)典型菌株进行基因组测序,以迟钝爱德华氏菌 EIB202 为参考序列进行比较基因组学分析,考察不同宿主的迟钝爱德华氏菌/鲶鱼爱德华氏菌在基因组水平上的差异,研究基因组水平上的差异与环境适应性,宿主适应性之间的关系;(3) 对所有菌株进行流行病学分析及研究爱德华氏菌的起源,为中国的爱德华氏菌属建立科学分型体系。

三、毒力相关功能基因研究

迟钝爱德华氏菌的毒力因子包括溶血素、III 型分泌系统、VI 型分泌系统、铁载体和软骨素酶等。毒力因子的合成和分泌又受到复杂的调控系统的调节,这些调控系统包括双组分系统、群体感应系统、核酸结合蛋白等。我们对迟钝爱德华氏菌的毒力相关功能基因进行了研究。

在分析迟钝爱德华氏菌中 T6SS 基因簇结构信息的基础上,研究比较了不同来源菌株中的分泌元件基因 evpP 分布,构建框内缺失突变菌株以及报告模型,揭示了 TCS EsrA – EsrB 和铁离子浓度对 EvpP 表达的影响,并利用牙鲆、斑马鱼模型和 EPC 细胞模型分析揭示了 EvpP 在迟钝爱德华氏菌感染宿主过程中介导的毒力作用。

在迟钝爱德华氏菌的双组分信号转导系统研究中,基于已获得的迟钝爱德华氏菌 EIB202 的全基因组序列,通过生物信息学的方法比对得到迟钝爱德华氏菌中所有假定的双组分信号转导系统,运用无标记缺失技术对所有假定的两组分信号传导系统元件中的反应调节因子进行基因敲除,对基因缺失突变株进行一系列的表型评价与分析,考察双组分系统对响应环境刺激、胞内寄生及细菌毒

力的贡献及作用,筛选出迟钝爱德华氏菌中关键的毒力调控基因。针对关键的调控元件,运用高通量的生物技术与方法,建立毒力调控网络,阐明迟钝爱德华氏菌的关键的毒力调控机制。

根据基因组信息,对迟钝爱德华氏菌群体感应系统元件 QseB - QseC 介导的跨界信号转导系统进行了筛查和分析,发现 QseB - QseC 系统具有共转录特性,感受元件 QseC 的进化受到环境压力选择影响;QseB - QseC 系统调控由鞭毛、纤毛形成的细菌表面结构,并通过介导肾上腺素信号调控鞭毛合成元件及分泌系统元件的表达,影响菌株的运动能力和对宿主细胞的黏附能力;QseB - QseC 系统对 TTSS 毒力效应元件的调控作用是造成基因缺失株体内存活能力下降的主要原因。

四、疫苗设计与构建

在迟钝爱德华氏菌基因组和毒力机制研究基础上,通过三条技术路线设计针对鲆鲽类海水养殖鱼类的疫苗。

基于毒力基因突变的减毒活疫苗:基于 Δ*aroC* 单缺株,系统选择 33 个毒力相关基因进行组合双缺,进行毒力功能基因学分析,筛选得到安全有效的减毒活疫苗 WED 株。利用遗传背景清楚的模型动物斑马鱼,进行了迟钝爱德华氏菌 WED 免疫后转录组的分析,发现该疫苗免疫后主要通过抗原的 MHC I 递呈途径激发了相关的细胞免疫,进而对胞内寄生菌迟钝爱德华氏菌具有良好的保护作用,这为疫苗后续相关的临床研究提供了良好的理论依据。在转基因安全评价方面,争取在完成迟钝爱德华氏菌减毒活疫苗 WED 的转基因安全评价的第 2 期环境释放试验的基础上,继续进行第 3 期生产性试验,力争在 2 年内获得该疫苗的转基因安全证书。

基于大量样本筛选的弱毒活疫苗:基于多株不同来源、不同毒力的迟钝爱德华氏菌比较基因组的研究成果,对于收集的不同地域来源的迟钝爱德华氏菌株进行了广泛的筛选,获得一株天然弱毒株 EIBAV1,该菌株具有良好的生物安全性和免疫保护效果,具有良好的疫苗应用潜力;针对筛选获得的迟钝爱德华氏菌天然弱毒疫苗 EIBAV1,按照农业部 442 号公告的相关要求,开展了系统全面的临床前实验研究,并完成了疫苗产品的中间试制。目前该疫苗产品已经于 2012 年 5 月获得农业部临床试验批件。在新药证书申报方面,将在全国各主要鲆鲽类养殖产区开展临床实验,并形成系统完整的疫苗新药证书申报材料,在 2013—2014 年获得疫苗新药证书。

基于反向疫苗学的亚单位疫苗:由迟钝爱德华氏菌全基因组出发,利用生物信息学技术从 3486 个基因中预测疫苗候选蛋白 275 个,建立大规模克隆、表达

及纯化候选抗原蛋白的平台,以斑马鱼作为保护性抗原筛选的动物模型,筛选出针对迟钝爱德华氏菌具有较高免疫保护力的抗原蛋白 2 个,其中鞭毛蛋白 FlgD 的免疫保护率在 62 ~ 76 之间。



张元兴 华东理工大学教授,博士生导师。现任生物工程学院院长,国家自然科学基金委员会专家评审组专家,国务院学位委员会生物工程临时学科评议组专家,曾任国家 863 高技术计划海洋技术领域专家组副组长。主要研究海洋病原微生物的特性,掌握其致病规律,在分子水平上阐明细胞通讯相关的条件致病现象,确定致病相关功能基因,从基因水平上进行改造,开发减毒活疫苗和多效价疫苗。在海洋微生物培养中,阐明丝状菌次级代谢调控的规律,调控菌丝形态,高效合成活性化合物。已指导 48 名硕士研究生和 33 名博士研究生毕业获得学位,4 名博士后出站。在国内外发表论文 300 余篇,其中 SCI 收录 124 篇,出版著作 2 部,参编著作 6 部,获省部级科技进步奖 4 项,中国石油和化学工业优秀科技图书一等奖 1 项,申请国家发明专利 44 项,其中获得授权 23 项,获得授权美国专利 1 项。

我国海洋药物与生物制品科技发展与产业方向(摘要)

焦炳华 等

第二军医大学,上海

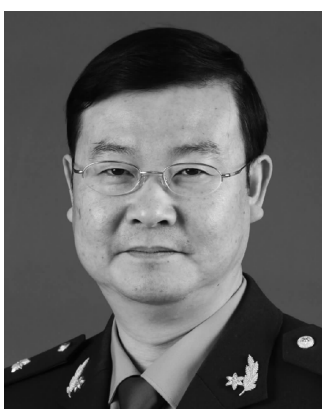
最近几年,齐考诺肽(芋螺毒素)、Ω-3-脂肪酸乙酯、曲贝替定(加勒比海鞘素)、黑色软海绵素衍生物甲磺酸艾日布林和阿特赛曲斯(抗 CD_{30} 单抗-海兔抑素偶联物)等 5 个海洋药物接连批准上市;包括珊瑚人工骨、壳聚糖介入治疗栓塞剂、海藻多糖胶囊、甲壳素药物缓释材料等一批新型医用海洋生物功能材料亦纷纷上市,预示着海洋药物/生物制品产业迎来了一个空前发展的新阶段。

我国现代海洋药物和生物制品研究起步较晚。近年来,在国家的投入和培植下,与发达国家的差距逐渐在缩小,特别是前期重点建设了海洋药物/生物制品研究的技术平台,突破了一批先导化合物的发现和海洋药物/生物制品研究的关键技术,为后续海洋药物/生物制品的开发与应用奠定了丰富的资源和产品基础,储备了重要的技术力量。目前,我国科学家已获得了一批针对重大疾病的海洋药物先导化合物,其中 20 余种针对恶性肿瘤、心脑血管疾病、代谢性疾病、感染性疾病和神经退行性疾病等的候选药物正在开展系统的成药性评价和临床前研究阶段;处于临床研究的海洋药物有络通(玉足海参多糖)、K-001、D-聚甘酯、HS971 和几丁糖酯(916)等。我国海洋生物制品的研发亦已取得长足的进步。海洋生物酶经过多年的研究积累,筛选到多种具有显著特性的酶类,在国内外市场具有较强的竞争优势,其中部分酶制剂如溶菌酶、碱性蛋白酶、脂肪酶、酯酶等已进入产业化实施阶段。在海洋功能材料方面,海洋多糖的纤维制造技术已实现规模化生产;海洋多糖纤维胶囊,新一代止血、愈创、抗菌功能性伤口护理敷料和手术防粘连产品均已实现产业化;海洋多糖、胶原组织工程支架材料的研发取得重要进展。在海洋绿色农用制剂方面,海洋寡糖农药开发应用在世界上处于先进水平,并已进入到应用推广阶段;针对重要海洋病原(如鳗弧菌、迟钝爱德华菌、虹彩病毒等)开展了深入系统的致病机理研究和相应的疫苗开发工作,一批具有产业化前景的候选疫苗已进入行政审批程序。上述工作为我国海洋药物/生物制品的产业化奠定了良好的基础。

总的来看,我国海洋药物/生物制品研究与开发基础仍然较为薄弱,技术与品种积累相对较少,海洋药物/生物制品产业目前仍处于萌芽和发展期。当前,国内海洋药物/生物制品产业发展的突出问题主要体现在:① 资源层面——开发利用的海洋生物资源种类十分有限;② 技术层面——研究基础薄弱,关键技术亟待完善与集成;③ 产品层面——品种单调,产业化程度低、应用领域狭窄。

海洋生物资源的高效、深层次开发利用,尤其是海洋药物和海洋生物制品的研究与产业化已成为发达国家竞争最激烈的领域之一。因此,建立起符合国际规范的海洋药物创制体系,产生一批具有自主知识产权和市场前景的创新海洋药物,培育和发展一批具有较大规模的海洋药物企业,将有力地提升我国医药产业的国际竞争力;加速海洋生物制品包括生物酶制剂、功能材料及绿色农用制剂的研发进程,尽快实现产业化,将成为我国海洋经济的新增长点。

"十二五"或更长一段时期,我国海洋药物/生物制品产业的发展战略应面向人口健康、资源环境、工业和农业领域的国家重大需求,利用可持续发展的海洋生物资源,瞄准重大产品和关键技术的国际前沿,突破海洋生物资源高效、可持续利用的核心和关键技术,研制具有显著海洋资源特色、拥有自主知识产权和国际市场前景良好的海洋创新药物和高值化海洋生物制品,为我国海洋生物资源深层次利用和产业化提供技术支撑;建立国际先进的海洋生物资源开发利用技术、符合国际规范的产品创新体系、功能完备的产品研发技术平台与产业化基地;形成在国际技术前沿具有创新能力和影响力的研发队伍;在海洋药物和生物制品研发与产业化领域跻身国际先进行列。



焦炳华 1988 年 2 月毕业于联邦德国 Freiburg 大学,获医学博士学位;第二军医大学生物化学与分子生物学系主任、教授,博士生导师。国家 863 计划海洋生物技术主题专家组组长,第二军医大学国家生命科学与技术人才培养基地建设专家指导委员会主任委员。长期从事(海洋)生物技术与药物的研究工作,完成了 2 个国家一类新药的研制。现任中国生物化学与分子生物学会副理事长兼海洋分会理事长、中国微生物学会常务理事兼海洋微生物学专业委员会主任委员、中国药学会海洋药物专业委员会副主任委员、全军医学科学技术委员会生物技术专业委员会副主任委员等职。国家级教学团队和军队院校优质课程负责人、军队院校育才奖金奖获得者、上海市优秀学科带头人。荣立二等功 1 次。

海洋微生物酶的研究与应用开发(摘要)

孙 谧

中国水产科学研究院黄海水产研究所,青岛

酶制剂广泛应用于工业、农业、食品、能源、环境保护、生物医药和材料等很多领域,是现代生物技术产业的重要内容。到目前,发现并研究酶有3000多种,其中130多种酶已经实现了工业化生产和应用。世界工业酶制剂的产值有数百亿美元,美国酶制剂行业的产值(含酶转化的中间体和酶制剂)已达200亿美元,超过了生物医药行业。中国工业酶制剂的市场潜力巨大,2009年中国的饲料工业用酶的产值即达到了5亿元。随着不可再生的化石能源的日益枯竭,随着地球难以承受进一步的污染之重,对现有高污染的企业生产方式的转变和改造,提高资源的利用效率、降低能耗、减少污染,寻找可再生替代能源等已经迫在眉睫。美国在发展规划中提出,到2020年,通过生物酶催化技术,实现化学工业的原料、水资源及能源的消耗降低30%,污染物排放和污染扩散减少30%。这些发展领域为酶制剂的研究、开发和应用提供了更为广阔的空间。

国内外已经工业化生产和应用的酶制剂,大多来源于陆地,这些酶大多在相对温和温度和酸碱条件下发挥作用,在极端环境下很难发挥作用。因此,适合在各种极端环境条件下保持高效催化特性的极端酶成为当今酶制剂领域研究和开发的热点。

海洋占地球面积的70%以上,海洋具有高盐、低温(深海、极地)、高温(深海热液口)、高压(深海)、流动等多种极端特性,海洋中生活的生物数量巨大,并且种类繁多,远远超过陆地。就海洋微生物而言,据国际微生物新种鉴定的权威杂志IJSEM统计,海洋是近年来发现微生物新种、属最多的区域,从而预示着我们对海洋微生物的研究与发现还远远不够,同时,也预示着,海洋微生物是探索和发现新酶种的资源宝库。独特的海洋环境,多样性的极端环境特性,使得海洋微生物酶具有陆地微生物酶所不具有的独特的催化特性和应用潜力。因此,世界各国,特别是欧美、日本等发达国家,将海洋极端微生物资源和海洋酶制剂资源的开发提升到国家战略的高度,纷纷制定重大研究计划开展基础和应用研究。

如美国的LexEn专项计划(1997年),开展对极端微生物的物种多样性、功

能多样性(包括功能机制)、生命进化(包括生命行为规律)等方面的研究。早在20世纪80年代初,欧洲国家开始研究极端微生物生命过程的分子基础,新酶、新产品的开发。欧盟第四框架计划启动"极端细胞工厂"(Extremophiles as Cell Factory),以利用生物技术改造现在的化学工业过程,探讨极端微生物在工农业等领域的应用潜力。2000年的欧盟第五框架计划继续启动极端微生物的相关研究。日本是较早开展深海极端微生物资源研究的国家,如"深海之星"计划(deep - star)(50亿日元),开展极端微生物的研究,并开发出大量的嗜碱菌和碱性酶,获得20多种相关专利。其中碱性纤维素酶、环糊精酶、蛋白酶等已在工业上广泛应用。除政府资助外,国外企业也纷纷介入极端微生物的基础与应用基础研究。Genecor公司从极端微生物中研制了碱性纤维素酶,并作为洗涤用酶应用于洗涤剂,年销售额达6亿美元。美国Diversa公司自1994年底成立以来,克隆了数百种新型极端酶的基因,并对其进行了异源重组表达,这些酶在极端环境条件下(高温、低温、极端pH、高盐、有机溶剂等)具有独特的催化特性,以可满足工业、农业等领域应用的特殊需要。自1982年起欧洲极端微生物实验室(European Laboratory Without Wallson Extremophiles)广泛、系统地开展了极端环境微生物学的研究。1993年在德国召开了第一届极端环境微生物学术会议。同时一个投入更多、规模更大、涉及人员更广的关于极端环境微生物的研究计划又在欧盟各国开始实施,使国际上对极端环境微生物的研究工作又得到了极大的加强。在1997年创刊的Extremphililes杂志(极端微生物杂志)的发刊词中,K. Horikoshi将极端微生物定义为一个新的微生物界(A new microbial world Extremophiles)。

我国已经承诺未来几十年,二氧化碳排放量降低20%,减少污染物排放,这是我国对世界做出的承诺。要实现这一承诺,我国必须对许多产业的生产方式和技术水平进行改进和提升,由化学催化转向更为环保的生物催化,因此,我国的酶制剂市场显示了比世界市场高得多的增长速度(年平均增长率达21%)。我国中长期科技规划发展纲要中,酶制剂等生物产业被列为优先支持发展的领域。

尽管国内外酶制剂工业的发展空间越来越大,中国酶制剂行业的市场潜力巨大,但近年来,我国工业酶制剂行业却面临前所未有的压力。1998年,我国产量最大、历史最悠久的酶制剂企业——无锡酶制剂厂因生存问题,被迫与美国著名的酶制剂公司Genencor International(杰能科)合资,成立了无锡杰能科生物工程有限公司,从此失去了我国最大的民族酶制剂企业的品牌——无锡酶制剂。中国其他的酶制剂企业,由于技术、酶制剂的种类和规模有限,已经很难对杰能科等国际知名品牌构成威胁。为了抢占中国的市场,世界最大的酶制剂公

司——丹麦的 Novo Nordisk (诺和诺德)公司,在中国北京成立了研发中心。可见世界各国无论对中国的酶制剂市场,还是对中国的酶制剂资源都倍加关注。因此,我国急需支持酶制剂的研究,开发具有我国自主知识产权的酶制剂,才能在世界酶制剂工业领域占地一席之地。

我国在"九五"、"十五"、"十一五"863 计划的连续资助下,在海洋微生物酶学与酶制剂的研究方面取得了长足的进步,具备了较好基础,拥有了一支非常稳定的队伍。目前,已筛选到多种具有新的结构或催化特性的微生物酶种:如碱性蛋白酶、适冷丝氨酸蛋白酶、金属蛋白酶、几丁质酶、海藻酸裂解酶、葡聚糖酶、超氧化物歧化酶、溶菌酶、酯酶和脂肪酶、过氧化氢酶、纤维素酶、漆酶、β-半乳糖苷酶等;已克隆获得了一批新酶基因,如几丁质酶、β-琼胶酶 A 和 B、深海适冷蛋白酶等,部分新酶已获得蛋白晶体结构,如低温碱性蛋白酶、脂肪酶、漆酶等,形成了一批拥有我国自主知识产权的海洋微生物酶专利技术。所开发的海洋生物酶与现有广泛应用的酶相比,具有适应低温、耐盐等特性、有些酶具有非常良好的抗氧化特性和有机溶剂耐受性等,这些适应极端环境的特性,使得在国内外市场具有较强的竞争优势。经过十几年的努力,在国内外知名学术杂志上发表了一系列高水平的研究论文;多种海已进入了中试试验,为产业化开发奠定了基础;部分酶制剂已经实现了工业化规模的生产和应用,产生了良好的社会和经济效益。上述研究成果,得到了国际同行的认可,邀请我国科学家撰写微生物酶学研究的评述,同时也引起了国际酶制剂公司的关注,使得我国科学家在国家海洋微生物酶学研究领域占有了一席之地。相信经过进一步不懈的努力,海洋微生物酶制剂的研究应用开发,必将为我国海洋生物产业的发展做出更大的贡献。



孙谧 1962 年出生,博士,博士生导师。中国水产科学研究院黄海水产研究所研究员,海洋产物资源与酶工程研究室主任。中国水产科学研究院加工与产物资源利用技术学科首席科学家。中国生物化学与分子生物学学会海洋分会常务理事、中国药学会海洋药物专业委员会委员、中国微生物学会海洋微生物学专业委员会委员,山东省微生态学会副主任委员。主要从事海洋微生物资源多样性与应用基础研究,海洋活性蛋白质晶体结构与分子改造,海洋生

物酶催化与转化技术。先后获中国水产科学研究院科技进步一等奖、青岛市技术发明二等奖、潍坊市科技进步一等奖和全国发明博览会金奖等。申请发明专利 28 项,授权发明专利 14 项,在国内外发表论文 160 余篇,其中 SCI 收录 34 篇。获农业部有突出贡献中青年专家、国家 863 计划 15 周年有重要贡献先进个人和全国优秀农业科技工作者等荣誉称号。

发展海洋生物医用材料,提高海洋经济发展水平

韩宝芹 等

中国海洋大学海洋生命学院,青岛

一、国内外生物医用材料产业发展状况

生物医用材料是用于诊断、治疗、修复或替换人体组织或器官、或增进其功能的一类高技术新材料,同药品一样,是保障人类健康的又一类医疗必需品,属于医疗器械范畴。功能性生物医用材料技术含量高,市场需求量大,是新经济的增长点,也是国家发达水平的标志之一,其产业发展速度极快,近 10 多年来其市场一直保持在约 15% 的年增长率。根据国际经合组织统计,全球生物医用材料 2005 年产值超过 1000 亿美元,2010 年达到 4000 亿美元,约占国际医疗器械市场份额的 50%,生物医用材料产业正成长为世界经济的一个支柱性产业。美国在技术和市场份额上均处于世界领先地位,占全球市场份额的 42%。近 10 年来其他发达国家也纷纷制定了相关材料技术的发展规划,并投入巨资,以期在该领域的世界竞争中占一席之地。

我国生物医用材料发展仅 30 余年,虽然底子薄,但近年来发展速度很快,总产值从 1978 年的 7.3 亿元,跃升至 2008 年的 1148.5 亿元(来源:国家统计局),增幅高达 157 倍,所占世界市场份额也从不足 1% 增长到约 7.5%,产业发展处于“井喷”的前夜。产业技术已从分散、低水平的重复研究逐步集中于学科发展的方向和前沿,从跟踪模仿发展到原始创新。以我国原创的骨诱导理论为指导的新一代人工骨取得了举世瞩目的进展,以壳聚糖、胶原等天然材料为基础的创伤止血材料和创伤修复材料研究处于国际前沿水平,组织工程材料研究接近国外同期水平,我国生物医用材料科学与工程研究水平与国外的差距正在缩小。但我国生物医用材料高技术产业体系尚未形成,还存在高端产品以进口为主、缺少自主创新性产品等问题,产业发展远赶不上社会的需求。

近 10 余年,跨国公司采取一系列措施抢占中国市场,其产品以高达 200% 以上的年增长率涌入我国市场,并通过增加在华投资、并购中国企业等,扩张其在

中国的市场地位。目前世界医疗器械前十强中有八家已在中国建立生产基地,这不仅增加了国家和人民医疗费用的沉重负担,而且对我国生物医用材料产业的发展构成严峻挑战。

二、我国海洋生物医用材料发展的国家战略需求

我国有 1.8 万公里的海岸线,海洋生物资源丰富,蕴藏着许多具有独特生物功能的活性物质,海洋生物多糖以其资源丰富、结构功能独特,在海洋资源开发中受到国内外极大关注。我国是海洋生物多糖甲壳素/壳聚糖、海藻酸、卡拉胶等的生产大国和出口大国,占世界生产量的 80% 以上,鱼胶原蛋白的加工量每年超过 5000 t。这些海洋生物资源在食品、化工、农业、功能食品、药物等领域具有广泛的应用,但其低值化水平的开发利用所占比重相当大,高值化水平的开发利用还很薄弱,在一定程度上造成资源的严重浪费。因此,海洋生物资源的开发利用还有待于提升水平,走资源节约型的高端发展路线,对于海洋蓝色产业的持续健康发展具有重要的意义。

在国际生物材料在经历了第一代的惰性生物材料、第二代的具有一定生物活性或可降解材料后,第三代具有功能性可降解的生物医用材料被认为是最有发展前途生物医用材料,这类材料与人体的生物相容性好,可降解吸收,并可刺激组织细胞产生特殊应答反应,发挥治疗、修复的功能。海洋生物功能材料由于大多具有这种独特的诱导修复功能、良好的生物安全性和可降解吸收性,成为第三代生物医用材料研究开发的一个热点。因此海洋生物功能材料是 21 世纪生物材料发展的一个重要方向。

抓住机遇,在国家海洋高技术产业发展规划和实施中对海洋生物医用材料的技术研究和产业发展进行重点规划、提供保障性支持,为我国海洋生物医用材料的产品创新、产业工程技术快速发展、产业技术体系的建立,打好基础,加快我国具有明显优势和创新性的海洋生物医用材料产业的发展,响应胡锦涛总书记在 2012 年两院院士大会上的讲话号召,发展海洋战略高技术,提高我国海洋经济水平,全面建设海洋强国,对于促进国民经济发展、提高人民健康水平等方面都具有十分重要的战略意义。

三、我国海洋生物医用材料技术发展现状

海洋生物医用新材料是 21 世纪生物医用材料发展的重要方向。现阶段国内外的海洋生物医用材料研究主要以壳聚糖、海藻酸和胶原蛋白 3 大材料为主,利用其独特的生物学功能性、良好的生物安全性、可结构修饰性等特点。其中,集中在甲壳素/壳聚糖方面的大量研究工作证明,壳聚糖及其衍生物具有快速止

血、抑菌、愈创、镇痛、减少疤痕增生等多种生物学功能,已被应用于可降解吸收的生物医用止血材料、损伤修复功能材料、组织工程支架材料、药物缓释载体材料的研究和开发。海藻酸盐则主要应用于药用辅料、伤口护理敷料、缓释载体材料、包封材料的研究。美国的壳聚糖基急救止血材料 HemCon 绷带、Celox 止血粉均已获 FDA 批准,并成为军队列装物资;英国的海藻酸盐伤口护理敷料已产业化多年。

我国海洋生物医用材料的应用基础研究有很好的研究基础和技术积累,产业发展也具有一定优势,就甲壳素/壳聚糖而言,经过近 20 年的努力,研究队伍已相当壮大,几乎涉及全国大多数的高校和研究院所,海洋生物功能材料得到快速发展。我国的海洋生物医用材料研究结合国际第三代生物医用材料技术,在功能性生物医用材料方面实现了系列技术创新和成果创新。壳聚糖、海藻酸盐的化学改性技术已取得了几十项国家授权专利,形成了以医用材料为核心的技术优势。新一代止血、愈创、抗菌功能性伤口护理敷料和手术防粘连产品均已实现产业化;以壳聚糖为材料的可吸收性手术止血新材料在产品制造、功能性和安全性方面取得了重大技术突破,具有突出的快速手术止血功能,其快速止血功能、促进创面愈合功能和吸收安全性方面超越了国际知名品牌的手术止血产品,具有原始创新性,并已申请了国际发明专利保护;由此也展开了不同剂型、不同适应症的系列手术止血材料的技术研发,在可吸收手术止血材料领域将形成我国的技术优势。可代替动物明胶的海藻多糖植物空心胶囊已获得生产许可证,并实现产业化;海藻多糖药用包衣辅料产品也在开发中,有望形成可替代塑化剂的药用包衣辅料,提高我国药用包衣辅料行业的整体技术水平。海藻酸深加工技术已实现规模化生产。在以壳聚糖、海藻酸和鱼胶原为材料的组织工程产品的研究方面,也取得了阶段性研究成果。

海洋生物医用材料研究开发是海洋生物技术的重要组成部分,是国内外海洋生物资源开发的技术竞争点之一,也是海洋生物资源开发利用的高端产业之一,对于提升我国海洋产业发展具有重要的意义。当今我国海洋生物功能材料的研究开发已显现出巨大的发展潜力。

四、加快我国海洋生物医用材料发展的建议

海洋生物医用材料产业作为新兴朝阳产业,具有学科交叉广泛、技术含量较高、集成创新性强、行业管理严格、挑战性强的特点,需要国家重点布局规划,在技术创新、企业创新和政府规划等方面共同努力,使我国的海洋生物医用材料产业在高起点做大做强。

(一) 加大应用基础研究和技术创新力度

生物医用材料研究设计具有多学科交叉、技术含量较高、行业管理严格、挑战性强的特点,需要在材料的结构与功能、生物安全性、降解与吸收、质量控制、加工技术等多层次、多方面加大应用基础研究和关键技术创新力度,夯实产业发展及基础,掌握核心关键技术。

(二) 加强关键技术研究和重大产品创新

围绕着技术难度高、市场需求量大、技术成熟的功能性止血新材料、组织器官诱导修复新材料、新型药用辅料材料等重大产品,重点布局,重点攻关,实现产品的产业化和产业的高水平发展,占据国内市场主导地位,替代进口产品;培植处于国际前沿和实验室阶段的组织工程支架材料和缓释载体材料,实现产品突破,抢占行业发展制高点。

(三) 加强海洋生物医用材料工程技术创新平台建设和产业化示范基地建设

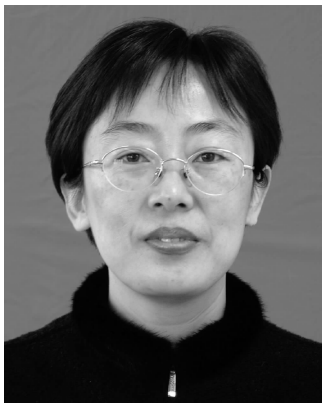
围绕产业发展,建立产、学、研、用相结合的海洋生物材料工程技术创新平台和产业化示范基地,解决产业化的关键工程技术,提高成果转化率。

(四) 加强对技术优势突出的创新性企业的支持力度

提高企业技术创新能力,加快技术成果的转化,提高产品的国际竞争力,发挥产业示范作用,带动产业发展。

(五) 建设科学合理的产品指导和审批制度

产品的研究开发是一项系统性工程,特别是高端产品的开发具有周期长、投资大、风险高的特点,需要政府监管部门在产品论证、研发过程给予政策法规和学术的指导,使研发企业少走弯路,并对创新性产品开通快速审批通道,加快产品的市场化进程。



韩宝芹 中国海洋大学海洋生命学院教授,主要研究方向为海洋生物活性物质、生物医用材料、生化制品,在壳聚糖及其衍生物、海洋生物水解酶的应用基础研究和产品开发领域有20余年的工作积淀。承担和参与完成国家863重点课题、国家攻关计划等国家级课题14项,省市研究课题8项,企业合作课题6项;申请国家发明专利20余项,获得教育部科技进步二等奖、山东省技术发明二等奖、国家海洋局科技创新二等奖等省部级奖励6项,培养研究生40余人,发表研究论文80余篇。

海洋寡糖研发与应用

杜昱光

中国科学院大连化学物理研究所天然产物与糖工程课题组,大连

一、前言

21 世纪是海洋的世纪,合理开发利用海洋成为解决人类面临的资源短缺问题的主要途径之一。我国从 20 世纪 90 年代以来,已把发展海洋经济作为国家发展战略的重要内容和振兴经济的重要举措。国家“十二五”规划特别指出,要“科学规划海洋经济发展,合理开发利用海洋资源”。海洋生物资源利用在海洋开发中具有重要的意义,利用生物技术开发海洋生物资源,创制相关产品,是实现海洋经济和社会可持续发展的重要保证。《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》中明确提出,要加快海洋生物技术及产品的研发和产业化。

海洋生物资源指海洋中蕴藏的动物、植物和微生物资源,是有生命、能自行增殖和不断更新的海洋资源,其资源量大、品种繁多、功能多样。而糖质资源是海洋中最丰富的资源之一,几丁质、壳聚糖、褐藻胶、卡拉胶、葡聚糖等具有多种功能活性的多糖均在海洋中海量存在。然而,在开发这些海洋多糖资源时,却会遇到一些关键的技术瓶颈问题,极大地限制了其开发应用。目前壳寡糖实现了大规模生产与应用,其应用方向涉及农业、医药保健、环境保护、化工、纺织等多个领域。

中科院大连化物所天然产物与糖工程(1805)课题组从 1996 年成立以来,一直从事海洋糖生物学与糖生物工程方面的研究工作。课题组以海洋寡糖制备分离、糖链结构解析、寡糖功能和代谢调控及海洋寡糖产品应用为主要研究方向,筛选建立了海洋寡糖糖苷酶库、制备了系列海洋功能寡糖并建立了海洋寡糖库、进行了海洋功能寡糖构效关系研究、攻克了海洋寡糖规模化绿色工艺制备的技术难题;并进一步开发了生物农药、肥料、饲料添加剂、保健品等系列海洋寡糖产品,尤其是相关产品为我国构建绿色可持续农业体系做出了一定的贡献。下文重点介绍海洋寡糖制备及其在农业中的应用情况。

二、海洋寡糖制备分离

绿色清洁高效的海洋寡糖制备技术是实现海洋寡糖工业化生产与应用的立

足根本;因此本课题组重点进行了此方面研究;而在制备得到寡糖产品后,还要对其聚合度、修饰度(如乙酰化、硫酸化)进行表征,因此分离系列寡糖单体、搭建寡糖检测分析平台也是我们的一个研究重点。

(一)海洋糖苷酶库

糖苷酶是研究多糖、寡糖和糖苷必不可少的药剂,利用糖苷酶通过酶法降解海洋多糖制备寡糖是目前开发功能性海洋寡糖最重要的方法。本课题组通过与中科院微生物所等单位合作,对海洋来源的产酶菌株进行大量筛选及相关资源的积累,已初步建立了包含 50 余种糖苷酶的海洋多糖糖苷酶库,此酶库在国内具有领先地位。通过生物工程技术对其中部分高酶活菌株进行改造,进而获得大量、高活性的糖苷酶,为功能性海洋寡糖的制备及应用开发提供了有力手段,目前已获得壳寡糖糖苷酶、海藻酸钠糖苷酶、卡拉胶糖苷酶等高生产性能菌株并进行基因工程改造,可将其应用于相应海洋寡糖的生产。糖苷酶库的建立,一方面可以获得大量具有自主知识产权的糖苷酶;而进一步应用这些糖苷酶,获得功能性海洋寡糖,这对开发新型海洋寡糖产品,实现功能性海洋寡糖可持续开发利用提供必需的武器,这对进行具有我国自主知识产权的海洋寡糖工程研究开发是重要的关键技术储备。

(二)海洋寡糖组分及单体库

利用我国得天独厚的海洋多糖资源优势,本课题组通过功能性糖苷酶降解壳聚糖、葡聚糖、甲壳素、海藻酸、卡拉胶、红藻胶等海洋多糖,获得了不同聚合度的海洋寡糖混合物,构建了海洋寡糖库,包含寡糖组分近千种,寡糖单体数百种,此寡糖库容量、质量处于国际前列。同时已建立了多种海洋寡糖分离分析方法及聚合度分析方法,建立了海洋寡糖制备色谱分离平台,能高收率、高纯度分离中性、碱性和酸性海洋寡糖。应用上述平台技术分离得到单一聚合度的海洋寡糖,运用多种表征手段确定其结构和纯度,建立了海洋寡糖标准样品库。其中不同聚合度壳寡糖的单一组分等单体寡糖的分离纯化制备可达克数量级,且纯度达到 95%。随着对更多海洋多糖资源的收集及相应寡糖和单体的制备,我们将不断丰富海洋寡糖库和海洋寡糖标准样品库,一方面为开发新产品提供潜在资源,另一方面为海洋寡糖进一步的构效关系研究及产品质量标准建立奠定坚实的物质基础。

(三)海洋寡糖规模化绿色制备工艺

本课题组利用构建的糖苷酶库资源,采用特定的酶解反应与膜分离耦合技

术调控寡糖聚合度,研究发展绿色清洁的海洋寡糖工程新技术和工艺路线,在此基础上进行中试试验,攻克寡糖的生产工艺,并实现了壳寡糖等海洋寡糖的规模化制备。目前已形成了年产 120 吨寡糖的产业化规模,反应产物收率在 95% 以上,单糖含量小于 5%,聚合度可以调控,建立了壳寡糖、褐藻酸寡糖产品行业质量标准,相应的生产规模、技术水平均达到国际一流水平。同时研究者利用已构建糖苷酶库中的海藻酸钠糖苷酶、卡拉胶糖苷酶、几丁寡糖糖苷酶等糖苷酶的高生产性能菌株,应用于相应海洋寡糖的生产,建立了工艺路线,部分已完成了中试实验,为开发新型海洋寡糖产品奠定了扎实的基础。

三、海洋寡糖产品在绿色农业中的应用

良性可持续的农业生产是保持我国社会稳定、保障经济发展的重要基石。我国政府部门高度重视农业生产问题,多年来,出台了多项政策保障推进我国农业生产。但我国农业生产水平在逐年提高的同时也面临着越来越严峻的挑战,一方面是自然环境的进一步恶化,一方面是人民群众对农产品要求的逐步提高,尤其是近年来我国频频发生食品安全问题,常常将农业生产推到质疑的风口浪尖上。目前的农业生产过度依赖于人工合成化学药剂(如化学农药、肥料、抗生素),这些化学品的使用,虽然为提高农产品产量做出了极大的贡献,但也造成了环境污染、农药残留、抗药性等一系列问题,现有化学农业已经到了一定要改进、变革的境地。科学技术在这个变革过程中至关重要,正如今年一号文件中指出“实现农业持续稳定发展、长期确保农产品有效供给,根本出路在科技”。

作为海洋糖生物学、糖工程研究领域的科技工作者,基于某些海洋寡糖的功能与特点,我们在很久以前就发现海洋寡糖产品在构建现代农业,实现绿色农业的过程中可以发挥自己的一份力量。下文我们就针对海洋寡糖产品在绿色农业中的作用进行简要的介绍。

(一)海洋寡糖产品在种植业的应用

1. 海洋寡糖生物农药

基于其激活植物免疫系统的功效,海洋糖类产品最初是作为生物农药投入应用的。我国的糖基农药开发与产业化开展较好,基本与国际上发展同步,在“十五”,“十一五”国家“863”等课题的支持下,开发应用在世界上处于先进水平。我们课题组已经成功获得三个寡糖产品的农药登记证号,开发产品上市并产生一定的经济效益。课题组开发的壳寡糖生物农药,与大连凯飞化学股份有限公司和海南正业中农高科股份有限公司合作,共生产壳寡糖生物农药上千吨。产品提供国内 20 余个省市推广应用,推广面积达 5000 万亩次,产值上亿元。

与此同时，我们开展了大量的基础研究工作，基本可以明确海洋寡糖通过以下五步骤：信号识别；早期信号响应与二级信号分子产生；信号传导与放大；调控防卫相关基因、激活相关蛋白活性；抗性次生代谢产物积累、结构性抗性产生来实现抗性（图 1）。

2．海洋寡糖肥料

在海洋寡糖农药的基础上，其作为肥料的应用也逐渐为人们所重视。利用虾蟹壳、海藻渣等加工废弃物作为肥料使用在我国有一定的规模，但其成分复杂，活性物质不清楚。研究发现来源于其中的海藻酸钠寡糖、壳寡糖等寡糖在低浓度时就具有良好的促进作物生长的功能。寡糖对水果、蔬菜、粮食作物等活性实验及大田实验证明，寡糖可使其增产 10% ~40%。尤其是最近两年我们在陕西果树基地和海南瓜果基地的实验显示，在苹果、梨、木瓜等水果上，寡糖制剂具有良好的保花保果功能，如 2010 年，苹果在陕西和甘肃安排了示范，壳寡糖保中心花的效果明显，喷壳寡糖的中心花坐果率 82%，未喷壳寡糖的苹果树坐果率 24%，中心花坐果果实的果形、品质及综合商品性状优于偏花坐的果，在陕西苹果示范 5 万亩，增加产值 2250 万元。

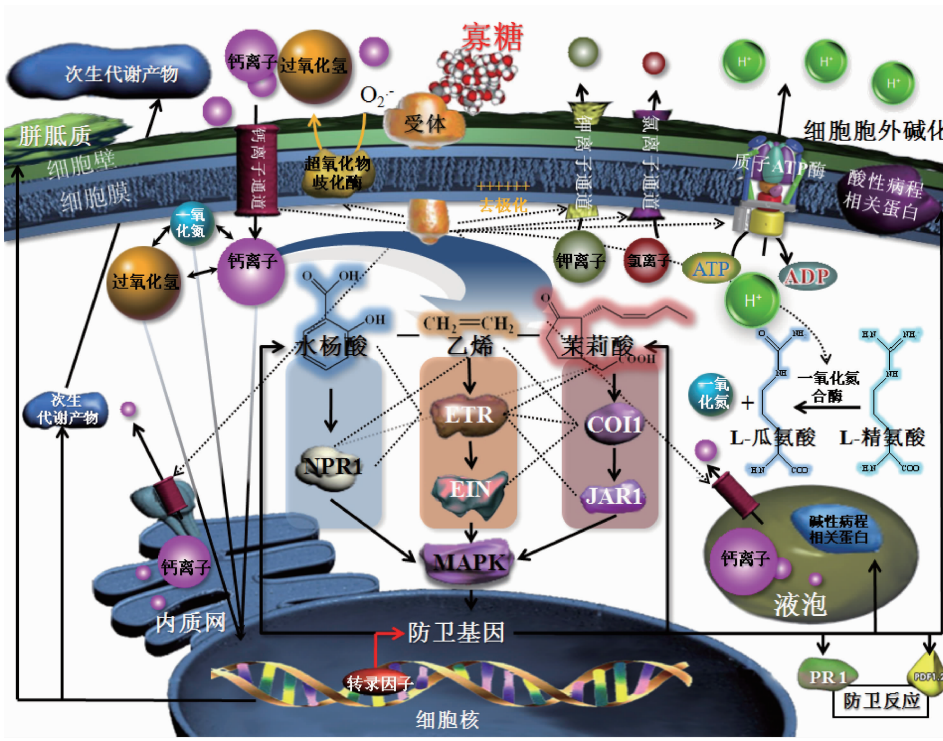


图 1　海洋寡糖诱导植物抗性作用示意图

最近两年以来,我们在陕西等地针对小麦的实验显示,寡糖制剂能显著地促进小麦分蘖、成穗及穗粒数,进而对小麦总产量有增产 3% ~10% 的效果,这也揭示在蔬菜、水果等作物外,寡糖肥料也可以被应用于重要的粮食作物上,这对保障我国的粮食安全具有格外重要的意义。

3. 海洋寡糖抗逆剂

在实际应用中,我们还发现海洋寡糖具有诱导植物抗逆(包括抗寒、抗旱等)的功能,并在近两年成为了寡糖制剂的应用开发热点。起初我们在实验室研究发现,喷施寡糖的烟草植株比喷水的植株在低温条件下存活更久,进而我们发现使用寡糖制剂对植物抗干旱、抗冻害、抗低温均有显著的效果,可避免这些逆境对植物的伤害。在实际应用中的数据也证实了这一结果,如 2010 年我们在陕西蒲城针对果树进行了大面积的示范,示范面积近 10 万亩,该年陕西出现了 50 年一遇的特大型寒害,大部分地区果树受冻严重,减产明显。而示范果园中花前喷施一次壳寡糖,发生冻害后,再补喷一次壳寡糖,不仅提高坐果率 50%,还有修复果面由于冻害造成的伤害,补喷一次的果树,果面冻伤梨仅占 20%,保障了产量。

4. 海洋寡糖在种植业中的其他功能

除了上述主要的农药、肥料、抗逆剂三种用途外,海洋寡糖还具有改善产品品质,降低农残等功能。如 2009 年陕西蒲城应用壳寡糖的酥梨经过检测农残品质,达到了出口澳大利亚的标准,历史上第一次出口澳大利亚,创汇 30 万美元。2011 年我们在枸杞主产区宁夏针对枸杞的实验,与在茶叶主产区福建针对茶叶的实验均表明,寡糖在经济作物上具有显著的降农残作用。这两种功能使得寡糖制剂在高端农产品上具有良好的应用前景。

(二)海洋寡糖产品在畜牧业上的应用

20 世纪 50 年代发现在饲料中添加抗生素具有防病促生长效果以来,抗生素被广泛应用于畜牧业生产。但抗生素的长期使用,带来了严重的后果,如药物残留、抗药性和畜产品品质下降等,不仅对环境造成严重影响,甚至会通过食物链对人类健康构成威胁。

对健康养殖、食品安全和产品出口的需求促使人们寻找绿色有效的抗生素替代品作为新型饲料添加剂。而海洋寡糖如壳寡糖等兼具了抗生素、益生素及天然防腐剂等物质的优点,而克服了抗生素类物质的安全弊端。寡糖还具有来源广、用量少、稳定性强等特点,从而使其生产及使用成本不高,大规模生产成为可能。目前已经有多种寡糖被开发为新型绿色饲料添加剂,如我们课题组开发的壳寡糖、褐藻胶寡糖等新型海洋寡糖饲料添加剂已形成了一条成熟、可行、易

于放大、具有我国自主知识产权的新技术和生产工艺;本课题组针对此两种寡糖已经申请获得了饲料添加剂新产品证书。海洋寡糖饲料添加剂可应用于畜类、家禽、水产品类,在多种畜牧品生产中都发挥了重要作用。

1. 海洋寡糖饲料添加剂在畜类生产中的应用

在仔猪日粮中添加一定量的果寡糖,可提高日增重和饲料报酬,从而缩短了饲养周期,提高经济效益。壳寡糖作为仔猪的饲料添加剂使用后,0 ~ 35 日龄哺乳仔猪和 35 ~ 70 日龄保育期仔猪的死亡率、次品率均显著降低,而平均体重分别提高 18% 和 14.2%,同时还可改善猪肉品质,增加了猪肉中微量元素的含量。2010 年 1 月壳寡糖饲料添加剂在广州增城石山田猪场的应用结果显示,在饲料中添加 20 g/t 壳寡糖就可替代抗生素的使用,仅此一项每吨饲料饲用成本就能降低 40 元。

值得一提的是,2011 年我们在深圳英伟的实验显示,在母猪饲料中添加寡糖后,母猪年产仔猪可提高 1 ~ 2 头,今年我们将进一步开展此方面实验并进行推广示范,如果大规模使用仍具有此效果,对提高我国猪类生产总量有重大意义。

2. 海洋寡糖饲料添加剂在禽类生产中的应用

海洋寡糖饲料添加剂对禽类产品的益处体现在以下多个方面:

(1) 提高生长机能,降低死亡率:寡糖作为饲料添加剂使用,发现壳寡糖能够增加鸡的胸腺、法氏囊和抗体度数等免疫指标,同时鸡血清中 IgG、IgA、IgM 的含量也得到增加。在北京鸭和鹌鹑的喂养过程中,壳寡糖也可以作为较为理想的饲料添加剂。

(2) 提高产蛋率及质量:在蛋鸡饲料中添加 0.6 g/kg 的果寡糖,产蛋率和饲料利用率分别提高 11.81% 和 8.49%,蛋壳厚度增加 5.7%,哈夫单位增加 10.01%。

(3) 改善产品品质:在乌鸡的日粮中添加 0.1% 的壳寡糖,可增加乌鸡的平均体重和日增加量,增加血清钙量,降低血清胆固醇和碱性磷酸酶的浓度。最新应用试验发现蛋鸡饲料中添加壳寡糖可明显降低鸡蛋胆固醇含量,经中科院沈阳应用生态研究所农产品安全与环境质量检测中心测定其胆固醇含量 217.3 mg/100 g(中科生测字 2009 - 04 - 020 号),而对照组为 519.4 mg/100 g(中科生测字 2009 - 04 - 31 号)。

3. 海洋寡糖饲料添加剂在水产养殖中的应用

水产品是人类食品的主要组成之一,但水产品生产也是目前养殖业中滥用抗生素最为严重的部分。寡糖在鱼类养殖中的作用不同,在虹鳟鱼的饲料中添加了 20 ~ 60 mg/kg 的壳寡糖,饲养虹鳟鱼 56 天后发现,壳寡糖对虹鳟幼鱼肠道

有益菌有提高作用,且壳寡糖能够提高虹鳟幼鱼抗嗜水气单胞菌感染的能力。将不同浓度壳寡糖添加到喂养南美白对虾的饲料中,经过 8 周实验,发现壳寡糖可使高密度脂蛋白胆固醇显著增加,促进脂类代谢。大连四方海洋生物科技发展有限公司将壳寡糖应用到对虾大规模(3000 亩)生产应用实验中,养殖的中国对虾显示出了明显的抗病活性,养殖时间和规格都恢复到 1993 年虾病爆发前水平,给青虾全价配合饲料中添加壳寡糖,试验组亩产比对照组提高 12.6 kg,增加 32.14%,其中 7 厘米以上的大规格青虾提高 10.7 kg,增加 41.63%,养殖亩产效益提高 4l1 元,增加 40.73%。

四、总结与展望

围绕海洋的产业开发往往被形象为蓝色产业;不依赖于化工产品的可持续农业常常被比喻为绿色产业。通过对海洋糖质资源的开发利用,我们有望以海洋寡糖产品为纽带,依托蓝色产业服务绿色产业,为我国经济与社会发展尽一份绵薄之力。

在“十二五”期间,我们将进一步加大海洋寡糖产品的开发力度,开发出更多、更高效的海洋寡糖农药、肥料、饲料添加剂产品;加深寡糖作用机理的研究,为相关产品的开发提供更多的理论依据与支撑。更重要的是,在应用推广上力争有所突破——我们提出了“十二五”期间,海洋寡糖产品在农业应用上的“三个一”目标:中低产小麦每穗多结一粒子;母猪每窝产子数增加一头;肉鸡、蛋鸡死亡率降低 1%。若能实现这三个目标,则我国年中低产小麦产量可提高 5% 左右,仔猪存活数将增加数千万头,鸡类死亡数将减少近亿只,这将为我国蓝色海洋产业和绿色生态农业的发展提供帮助,有望产生巨大的经济效益,同时也会带来极大的社会示范效果。

海洋食品质量安全评价现状与发展趋势

林 洪

中国海洋大学,青岛

一、前言

食品是人类生存发展所必须的物质基础,海洋食品在人们的饮食结构中占有的比重日渐增大,其质量安全性问题也越来越突出。海洋食品存在重金属、渔药残留及其他环境化学污染物等诸多不安全因素,导致了水俣病、多宝鱼嗑药、孔雀石绿中毒等多起重大海洋食品安全事故的发生;此外,产品以假乱真、以次充好也严重影响了海洋食品的质量,不仅制约着海洋食品的长远发展,更对消费者的身心健康产生影响。在本报告中,从科学研究对象来区分,若对危害因子研究则称为风险评估,若对海洋食品则称为安全评价。

二、我国海洋食品质量安全评价技术的现状与战略需求

(一) 我国经济社会发展对海洋食品质量安全评价技术的战略需求(挑战)

经济社会的发展对我国海洋食品安全评价技术提出新的需求,调整发展战略,才能取得更好的发展。提高海洋食品在国民饮食中的比重,减少对现有耕地的依赖程度,增加海洋食品的经济收入;提高现有海洋食品资源的利用率,研发新的加工技术及配套的质量安全评价技术;开发新的海洋食品资源,同时加强对未知的、新兴的海洋食品质量安全评价技术的研究;扩大对以海洋食品为原料加工而成的功能食品、医药产品、饲料肥料农用产品的安全评价技术的研发和应用;全方面提高海洋食品质量安全合格率,并使之稳定在99%以上。

(二) 我国海洋食品质量安全评价技术发展现状

1. 海洋食品质量安全风险分析制度逐步建立并日臻完善

风险分析在科学评估食品中污染物危害水平,制定切实有效的保障食品安全的管理措施,降低食源性疾病发生,更好地保护人类健康方面有着极其重要的作用,是海洋食品质量安全管理的有效手段。

我国2002年制订并启动了进出口食物风险预警及快速反应管理措施。2007年5月,农业部成立了国家农产品质量安全风险评估委员会。2009年卫生

部成立了国家食品安全风险评估委员会。2011 年 10 月 13 日,国家食品安全风险评估中心在北京举办成立仪式。

2. 海洋食品质量安全检测体系逐渐建立、技术发展迅速

根据国际食品贸易和食品工业发展的需要,我国已建立了一个统一、技术先进、运行高效的食品安全检验监测体系。能够满足对食品生产、流通、消费全过程实施安全检测的需要,及国家标准、行业标准及相关国际标准对食品安全设置参数的检测要求;符合国际良好实验室规范,基本达到国际同类检测机构的先进水平。

3. 海洋食品质量安全监测与预警体系初见端倪

我国正不断借鉴国际食品安全预报预警系统的管理经验,逐步建立和完善海洋食品安全预报预警信息的收集、评价、发布系统,并交叉融合应用多元统计学、空间统计学、模糊数学、数据挖掘、统计模式识别等多学科理论方法,构建具备可视化、实时化、动态化、网络化的食品安全预警系统。

4. 海洋食品质量安全控制逐渐开展

相比于往日的高热杀菌等传统技术,等离子体杀菌、臭氧处理、紫外线杀菌、超高压处理、高能电子束等冷杀菌技术开始逐渐应用于海洋食品的加工与贮藏,有效延长水产品保质期,保持原有的优良食用品质。对于海洋食品的过敏原性,研究表明一些现代的食品加工技术如辐照技术、超声波能够比较有效地改变或降低。开发环境友好的、非抗生素的渔用抑菌剂,替代或者部分替代渔药、抗生素以及化学添加剂等,也是解决水产食品安全性问题的重要手段。

5. 海洋食品质量安全可追溯体系初步形成

我国关于食品追溯体系的研究始于 2002 年,2005 年开始实施水产品贸易追溯制度。国家质检总局出台了《出境水产品追溯规程(试行)》,要求出口水产品及其原料需按照《规程》中的规定标志。

在技术方面,我国已经研发出贯通养殖、加工、流通全过程、适合多品种的海洋食品质量安全可追溯技术体系。

三、我国海洋食品质量安全评价技术面临的主要问题

(一) 风险分析的研究应用与发达国家存在差距

与发达国家相比,我国的海洋食品安全风险分析处于起步阶段。

指导海洋食品质量安全风险分析工作的法律法规尚不健全,没有形成系统的明确的风险评估、分析制度。风险分析在食品安全标准制定和技术贸易壁垒中的应用研究也比较薄弱。

风险分析各环节隶属于不同的系统和部门,难以及时完成科学、全面、具有

前瞻性的风险评估工作。

对海洋食品质量安全的风险评估能力较低。

（二）安全检测技术面临三大问题

一是残留物的提取净化技术发展缓慢。二是我国现有的检测方法不够完整。三是我国现有的技术标准内容技术更新缓慢，先进的检测方法缺少必要的标准支持。

（三）监测与预警体系的建立存在两大难题

我国海洋食品质量安全危机事件频发的根本原因主要有两点：缺乏信息主动监测和统一管理机制、缺乏信息预报预警机制。

（四）质量控制存在两大缺陷

一是缺乏海洋食品指纹化合物的基本信息数据库。二是缺乏有效的鉴别鉴定技术，尤其是无损鉴别鉴定技术。

（五）追溯体系的建立面临四大障碍

法规和标准缺乏、成本较高、配套技术不成熟、信息收集和交流不透明。

四、世界海洋食品质量安全评价技术发展现状与趋势

（一）世界海洋食品质量安全评价技术发展现状与主要特点

发达国家海洋食品安全评价的共同特征：健全的法律体系、严格统一的标准体系、完善的机构体系、先进的配套技术、明确的处理和传播机制、科学的评价程序和措施、准确透明的信息采集共享交换机制等。其风险分析能做到独立的风险评估、有效的风险管理、充分的风险交流。

（二）面向 2030 年的世界海洋质量食品安全评价技术发展趋势

世界各国在海洋食品质量安全领域越来越倾向于把关口前移，采取积极的预防保护措施，加强风险管理，建立监测点进行主动监测。

（三）国外经验教训（典型案例分析）

疯牛病（牛脑海绵状病）简称 BSE，由于各国用牛骨粉喂牛，然后人食用被污染的牛肉，从而令此病流行。最早是在英国爆发，病人因为吃了牛肉而死亡。欧盟在经历了“疯牛病”危机之后重新组建食品安全机构，2000 年制定了新的食品安全体系，来保证整个食品链条的安全。2002 年成立了欧盟食品安全局

(EFSA),使各国家之间可以进行合作交流。

五、我国海洋食品质量安全评价技术发展的战略定位、目标与重点

(一)战略定位与发展思路

1. 战略定位

不断提高强化海洋食品安全评价技术,减少质量安全事件的发生,确保海洋食品的安全性,逐步提高海洋食品在国民饮食中的比重,倡导海洋食品的健康理念,发展海洋食品经济,提高国民的身体素质。

2. 发展思路

研发养殖与捕捞渔业资源的水产品加工全利用技术和质量安全保障控制技术,使现有资源产出最大量海洋食品,以及功能食品、医药产品、饲料肥料农用产品等;储备公海远海的南极磷虾、中上层鱼类等海洋食品新资源的加工利用和安全评价技术,积累风险评估资料;积极促进适宜工厂化加工的养殖新品种的培育。

(二)战略目标

2015—2020 年完成公海远海的南极磷虾、中上层鱼类等新资源的加工成熟技术,完成对新资源食用风险评估。研发一系列现场快速检测仪器或试剂盒。建立海洋食品质量控制体系与装备,使海洋食品安全合格率稳定在 98% 以上。

2020—2030 年以新开发资源为主要原料的海洋食品成为国民日常饮食常见品种。研发出一大批功能食品、医药产品、饲料肥料等新产品。水产品加工企业基本实现机械化,加工比例达 80% 以上。

(三)战略任务与重点

1. 建立适应于海洋食品安全的风险分析体系

(1)建立符合海洋食品特点的风险分析方法。(2)构建暴露评估数据网络。(3)研发应用安全评价新技术新模型。(4)健全风险分析机制与平台。(5)加快对远洋渔业新资源(探捕、加工)的安全评价。

2. 强化海洋食品质量安全检测技术

(1)建立能显著提升快速检测技术关键性能的新技术和新产品。

(2)开展新技术、新工艺、新资源加工食品的检测技术研究,为对新海洋食品进行风险分析提供技术支撑。

(3)加快海洋食品安全检测技术中前处理方法研究,如快速溶剂提取、固相萃取、超临界萃取、免疫亲和层析等技术和产品,提高检测的灵敏度和效率。

(4)进一步完善海洋食品安全检测技术中多残留联用技术研究。

(5)加强引进和消化国际上先进的检测技术和方法。

3. 建立风险数据监测与预警发布机制

（1）密切关注近海渔业资源受环境污染的影响程度。

（2）对海洋食品中关键污染物建立监测点进行主动监测，建立我国主要海洋食品中重要化学污染物监测基本数据库。

（3）建立健全行业产品监测指标体系，对食品供应链从生产、加工、包装、储运到销售过程中的污染物进行监测和溯源。

（4）建立海洋食品安全风险预警信息中心。

（5）健全数据信息采集机制。

4. 建立海洋食品质量控制体系

（1）开展海洋食品质量安全追溯的研究与相关联的产品开发。

（2）健全追溯体系配套技术，构建统一标准的、开放性的追溯平台。

（3）发展成本低、易推广、设备要求低的标识技术与产品。

（4）建立高效、安全的控制或消除危害因子的新技术与装备。

（四）发展路线图

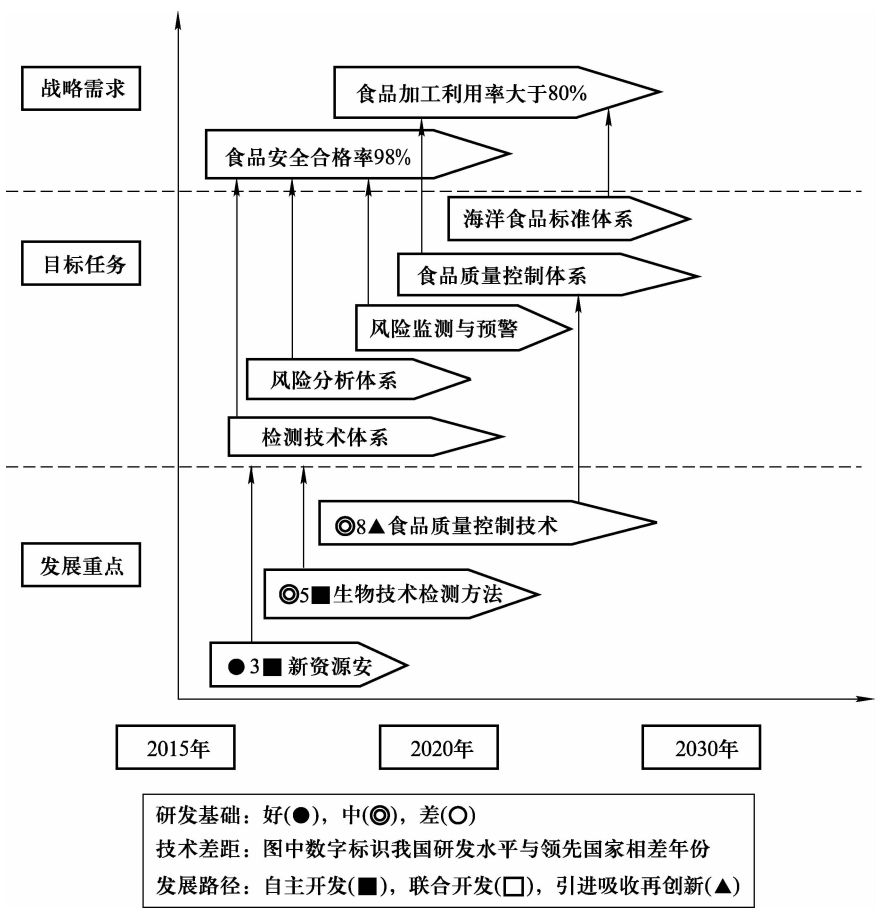


图 1　发展路线图

参考文献

1. 房宁. 保障食品安全需要风险评估[J]. 农产品加工,2009,3.

2. 李怀,等. 发达国家食品安全监管的特征及其经验借鉴[J]. 河北经贸大学学报,2008,29(6).

3. 葛宇,等. 风险评估在国内外食品安全控制领域中的应用分析及建议[J]. 食品工程技术.

4. 王芳,等. 发达国家食品安全风险分析制度建立及特点分析. 中国牧业通讯,2009.

5. 钱永忠,等. 德国食品安全风险分析概观. 农业质量标准,2007.

6. 周应恒,等. 风险分析体系在各国食品安全管理中的应用. 世界农业,2005,3.

7. 江津津,等. 风险评估在水产品出口中的应用. 水产科学,2007,26(2).

8. 范梅华,等. 风险分析_我国食品安全管理的必由之路. Guide to Chinese Poultry,2007,24(24).

9. 余健.《食品安全法》对我国食品安全风险评估技术发展的推动作用. 食品研究与开发,2010,31(8).

10. 高围澈,等. 风险分析在食源性疾病监控中的运用. 上海预防医学杂志,2010,22(9).

11. 汪禄祥,等. 风险分析在农产品质量安全管理中的应用. 中国农学通报,2006,22(9).

12. 滕月. 发达国家食品安全规制风险分析及对我国的启示. 哈尔滨商业大学学报,2008,102.

13. 王芳,等. 国外食品安全风险分析制度建立及特点分析. 世界农业,2008,9.

14. 程静,等. 加快食品安全关键检测技术研究促进社会和谐发展. “第38届世界标准日”专栏,中国标准化,2007.

15. 晏绍庆,等. 国内外食品安全信息预报预警系统的建设现状. 现代食品科技,2007.

16. 许美艳,等. 山东省食品安全预警系统构建. 中国公共卫生,2010,26(11).

17. 秦燕,等. 控制图分析在食品安全预警中的应用. 中国公共卫生,2004,

20(9).

18. 杨天和,等. 我国食品安全保障体系中的预警技术与危险性评估技术研究. 食品科学,2005,26(4).

19. 李聪,等. 进出口食品安全预警方法研究. 检验检疫科学,2004,14(2).

20. 葛宇,等. 风险评估在国内外食品安全控制领域中的应用分析及建议. 食品工程技术.

21. 杨照海,等. 风险分析在动物性食品安全管理中的应用及预警机制的建立. 现代农业科技,2010.

22. 管恩平,等. 部分国家食品可追溯性管理实施研究. 中国食品卫生杂志,2006,18(5).

23. 胡定寰,等. 农产品的食品安全_可追溯性与现代供应链. 科学决策月刊,2007(12).

24. 杨淞,等. 风险分析在水生动物健康管理上的研究进展. 江苏农业科学,2012(1).

25. 李宁,等. 我国食品安全风险检测制度与落实现状分析. 中国食品学报,2011(3).

26. 杨子江,等. 水产品质量安全可追溯信息的综合利用研究. 中国渔业质量与标准,2012(3).

27. 赵蕾. 水产品质量安全可追溯体系构建中的政府职能定位,中国水产,2010(8).

28. 文向阳. 在食品供应链中实施食品安全的可追溯性,中国食品工业,2005(8).



林洪 1962 年出生,博士,中国海洋大学教授、博士生导师。国家鲆蝶类产业技术体系加工与质量控制岗位科学家。自 1984 年以来从事水产品加工、水产品安全与质量控制的科研与教学工作。

近三年来作为第一责任人承担或完成 7 项科研课题,其中有国家自然科学基金、863、科技支撑等国家级 5 项,省部级 4 项。另参与省部级及以上课题 3 项。发表论文 40 多篇,其中被 SCI 收录 10 余篇。国

家发明专利 4 项。主编专著 5 部。

社会兼职主要有:国务院学位委员会第六届学科评议组食品科学与工程成员、国家农产品质量安全专家、国家食品安全风险评估专家委员会委员。

水产品质量安全可追溯技术体系在市场准入制度建设中的应用研究

宋 怿 等

中国水产科学研究院,北京

一、前言

近些年来,随着食物供给的有效保证,水产品生产与需求的基本平衡,消费者对于食品关注的重点从“吃饱”到“吃好”,从单纯追求数量充足到同时要求质量、安全、营养、品质等各项指标。但是由于良性的市场机制和信用体系尚未建立,水产品以次充好、违法使用投入品情况依然严峻,水产品质量安全事件时有发生,往往造成严重的负面影响。

建设和实施市场准入制度成为水产品质量安全监管的一项必然要求。2006年4月《农产品质量安全法》颁布实施,其中对农产品质量安全管理的农产品市场准入进行了原则规定。但目前,在国家层面尚未对农产品市场准入明确具体办法和管理机制,大部分生产企业处在产品优质不优价、劣质不低价的恶性市场机制中。而这种情况的产生与市场准入制度依托的技术支撑体系尚不完善、支撑服务能力不强有很大的关系。

水产品质量安全可追溯技术体系近年来被国内外有关方面持续关注,被认为是控制水产品质量安全的有效技术手段。目前我国正在一些重点渔区试点、示范水产品质量安全可追溯制度和体系建设,其主要功能是:在水产品生产供应的整个过程中,对产品的各种相关信息进行记录存储。在出现产品质量问题时,能够快速有效地查询到出问题的责任主体,必要时进行产品市场秩序整顿,实施有针对性的惩罚措施,由此来提高产品质量水平[1]。水产品质量安全可追溯要求追踪水产品(包括食品、饲料等)进入市场各个阶段(从生产到流通的全过程),以有效实施质量控制,在必要时召回产品、商品下架、销毁产品甚至企业退市[2,3]。水产品质量安全可追溯制度和体系建设是控制水产品质量安全的有效手段。

然而,以往的研究大多集中在可追溯体系本身的功能、意义、机制设计,鲜有

针对水产品质量安全可追溯技术体系在水产品市场准入制度建设中的地位、作用,以及现有可追溯技术体系在满足市场准入制度建设要求方面的研究。本文试图对这一问题做初步探讨。

二、水产品质量安全市场准入与可追溯性、可追溯体系的基本概念

(一) 水产品质量安全市场准入

水产品质量安全市场准入,是指政府为了规范水产品市场秩序,保障消费者消费安全,通过必要的法定程序,准许符合产品质量安全标准的水产品进入市场销售的管理行为和过程。建设和实行市场准入制度,主要是严把市场入口的产品质量关,符合一定质量标准的产品可以进入市场,不合格的拒之市场大门之外。

(二) 质量安全可追溯性

可追溯性(traceability) 一般是指通过记录的标识追溯某个实体的历史、用途或位置的能力,这里的"实体"可以是一项活动或过程、一项产品、一个机构或一个人。欧盟委员会(EC178/2002)对可追溯性的解释是在生产及销售的各个环节中,对食品、饲料、食用性禽畜及有可能成为食品或饲料组成成分的所有物质的追踪或溯源的能力[4]。可追溯性包括追踪(Tracking)和溯源(Tracing)两个方面。追踪是指从供应链的上游至下游,跟随追溯单元运行路径的能力。溯源是指从供应链下游至上游识别追溯单元来源的能力,即通过记录标识的方法回溯某个实体来历、用途和位置的能力[5]。

(三) 可追溯系统和可追溯技术体系

可追溯系统(Traceability System)就是基于现代农业信息技术,在产品供应的整个过程中对产品的各种相关信息进行记录存储的质量保障系统,其目的是在出现产品质量问题时,能够快速有效地查询到出问题的责任主体,必要时进行产品召回,实施有针对性的惩罚措施,由此来提高产品质量水平[6]。可追溯系统按照用户不同可以包括生产(包括养殖和加工)信息管理和追溯系统、交易信息管理和追溯系统、政府监管追溯系统、消费者查询信息系统等系统模块。

可追溯技术体系既包括基于现代农业信息技术的可追溯信息系统及其相关软硬件设备,也包括支撑各技术系统有效运行的追溯机制、技术标准、运行程序规范等,是一个为满足消费者对水产品质量安全需求,涉及众多参与者和多种影响因素的复杂系统[7],其根本目的是保证产品的可追溯性。

（四）水产品市场准入制度与可追溯的关系

1. 产品可追溯性是产品市场准入的重要内容和基本要求

在国际上，欧盟、美国等发达国家和地区要求对出口到当地的部分食品必须具备可追溯性要求，否则就不允许上市销售[8]。只有产品具有可追溯性，才能保证产品与市场上其他产品的差异性，出现问题时才能够可以找到责任主体，以实施有针对性的惩罚措施。消费者才可以了解产品供应过程的追溯信息，才可能放心购买。实施市场准入制度首先应该要求市场上的产品具有可追溯性。

2. 水产品质量安全可追溯技术体系是市场准入制度建设的重要技术支撑和有效抓手

市场准入制度涉及的制度范围很广，按照冯忠泽研究提出的市场准入制度框架，其包括进入市场环节、市场交易环节和退出市场环节中的 7 项制度，分别为：产地准出制度、产品认证制度、入市检测制度、市场巡检制度、标识信息制度、退出制度和追溯制度[9]。而可追溯技术体系是市场准入制度的重要技术支撑体系，借助它可以保证产品的追溯性、提高有关方面信息的获取能力、可以将上述管理制度的管理结果进行有效链接。

另外，现代市场经济是市场与政府有机融合的“混合经济”，其中即存在市场失灵，也存在政府失灵。在水产品质量安全管理中也是如此。这也是实施和建设水产品市场准入制度的主要动因之一。通过可追溯技术体系的建立，可以便于政府实行市场准入制度、实施监管，便于消费者查询产品信息，增强消费信心，从而使生产经营者提高责任意识。

三、在市场准入制度中可追溯技术体系解决市场失灵的作用

所谓市场失灵是指市场机制在有些领域不能或不能有效发挥作用，达不到资源有效配置的目的的现象。中国大多数水产品市场存在市场失灵，由于信息不对称，而具有较为明显的“柠檬市场”特征，市场中产品整体上属于经验品，难以实现优质优价、按质论价，甚至存在劣质产品驱逐优质产品的现象。

（一）市场失灵的主要特征

由于水产品的特性，消费者很难凭借自身的能力了解所购产品的内在品质，比如消费者无法了解他们食用的水产品是否按照良好生产操作规程进行生产以及生产环境是否符合卫生和安全标准。当消费者对市场上的水产品良莠不分，以高价或者同等的价格购买低质产品时，市场失灵的现象就出现了。一些唯利是图的生产者为获取更多的利润，就会采取投机行为以次充好。于是低质量、低

成本、不安全的劣质水产品会将高质量、高成本、高安全性的优质水产品慢慢驱逐出市场。水产品市场呈现出“柠檬市场”的特征,市场上的水产品质量安全水平降低。消费者无法得到其所希望得到的高质量、高安全性的食品。

(二)市场失灵的主要原因

信息不对称是市场失灵的主要原因。一般说来,生产者和销售者对水产品质量安全的认识水平往往要比普通消费者高出很多,除非有关部门要求生产者把与食品相关的所有信息都进行标识,否则生产商并不愿意主动将水产品中有关的风险信息传递给消费者。普通消费者获取这方面信息的途径非常少,对水产品危害的来源、严重程度以及危害对人体健康的影响等信息了解较少,且获取信息的成本较高。而这正是造成“柠檬市场”和市场上大多数产品为经验品的主要原因。

(三)在市场准入制度中可追溯技术体系解决市场失灵的作用

政府需要建立水产品质量安全市场准入制度,打破生产者和消费者之间信息不对称的局面,将不合格的产品拒之市外,以维护正常的市场经济秩序。同时,政府应当通过建立相应的制度,采取有效的技术手段,使水产品市场上的经验品转变为信用品和搜寻品,并规范信用品市场。可追溯技术体系在这一过程中,可以发挥至关重要的作用。

在可追溯技术体系中,生产者需按照政府的要求记录产品追溯信息,并应用企业端生产管理系统按照固定的格式将产品信息记录电子化输入中央数据平台中,通过统一编码、标识标签等信息载体将追溯信息向外传递。消费者可通过政府监管平台的公共服务功能,根据买到手的产品的追溯编码或标签,通过网站、电话、短信等不同技术手段,可以了解和掌握产品在整个供应链上的所有追溯信息[8]。从而保证了消费者对于质量安全信息的获取能力,打破了生产者与消费者之间信息不对称的局面,解决现存的信息不对称的难题。同时消费者还可以通过追溯信息了解和掌握产品的质量安全方面的搜寻品特性(如产品产地、责任人、品牌等)和信用品特性(如激素、抗生素、药残方面的检测信息),提高市场中搜寻品和信用品的比例,从而提高产品质量安全水平和信息提供水平,增强消费者的消费信心。

四、在市场准入制度中可追溯技术体系解决政府失灵的作用

所谓政府失灵就是政府克服市场失灵所导致的效率损失,已超过市场失灵所导致的效率损失,即政府未能有效克服市场失灵。

（一）政府失灵的主要特征

在水产品质量安全管理方面，我国在一段时期内缺乏有效的质量安全管理制度与手段，生产者既难以从改善质量安全上获益，又难以因为违反质量安全法规而受罚，缺乏改良水产品质量安全的激励，造成政府监管失灵。近年来，政府部门先后开展多项专项整治、监督抽检、联合执法行动，虽对提升质量安全水平起到了一定的促进作用，但都未能根本上解决消费安全和“柠檬市场”问题，质量安全事件时有发生。

（二）政府失灵的主要原因

造成政府失灵的原因有很多，而其中最重要的就是信息不对称，主要表现在以下 3 个方面：

1. 政府与服务对象之间存在信息不对称

一是，政府与生产者之间信息不对称。政府未能及时将产品质量安全标准、技术法规和相关要求等信息传递给生产者，生产者难以按要求组织生产；另外，政府和消费者一样，对生产者以及产品的信息获取方面，处于劣势。二是，政府与消费者之间信息不对称。我国政府在信息公开和消费者认知方面做得工作还很少，消费者不能及时掌握政府利用公共管理资源开展的检测、认证等信息，反而易受媒体或其他信息误导。

2. 政府部门之间信息不对称

一是，不同行业、不同部门间信息不对称。由于政府部门的垄断行为存在，各部门（生产、加工、市场、餐饮等）之间信息不能共享，信息封闭、各自为战；二是，部门内不同层级之间信息不对称。我国的农产品质量安全管理，采用的是中央、省、地、市、县多个级别的垂直管理模式，有时由于信息沟通渠道不畅，造成下级单位不清楚上级制定的政策措施或标准规范，而上级不能及时了解下级采取的管理行动、获得的质量安全信息等，损失了监管效率，造成重复执法或监管空位。

3. 政府行为缺乏科学依据

在水产品质量安全监管方面，由于缺少基础数据信息的积累，而难以开展定性定量分析，缺乏监管方法的科学论证，政策措施有时脱离实际、难以落实。

除此以外，政府职能定位不当、水产品质量安全管理能力不足、管理方式不能适应需要等现状也是导致政府失灵的原因。

(三)在市场准入制度中可追溯技术体系解决政府失灵的作用

1. 对于政府来说,可追溯技术体系通过模块化设计和权限划分,满足中央级、省级、地市县级等不同层级和不同行业部门监管主体的监管和追溯需求,可及时了解和掌握不同层级、不同监管主体的政令措施、监管行动及其他已获得的质量安全信息,使质量安全监管趋于网络化、扁平化;可追溯技术体系可提供详细的体系内责任主体、产品追溯、产品质量安全方面的信息,利用其基础信息平台对数据信息进行及时的整理、统计和分析,可以为各级主管部门加强管理和启动风险预警应急提供必要的技术支持,促使监管工作由传统模式向现代管理模式转变。

2. 对于生产企业来说,登陆追溯平台网站除了可以上报追溯信息以外,还可以查询产品供应链上其他环节用户的追溯信息,浏览相关生产标准、规范,行业新闻,抽检公告等信息。

3. 对于消费者用户,可以登录追溯平台网站了解产品在供应链流转过程及各环节责任主体信息和相应的生产、加工、流通过程质量安全信息。

水产品质量安全可追溯技术体系,可同时为不同行业、不同部门的监管主体,以及生产企业和消费者之间搭建信息沟通的桥梁和纽带。从政府层面来看,水产品质量安全可追溯技术体系的建立,将会成为各级行业主管部门进行水产品质量安全监管的重要抓手,实现中央监督地方,地方追究“违规”、“违法”责任主体的问责机制,提高质量安全监管效率和技术水平;从行业层面来看,水产品质量安全可追溯技术体系的建立,可以促进水产品质量安全水平的快速提升,促进行业进一步健康可持续发展,使得水产行业发展进入战略新阶段;从企业层面来看,水产品质量安全可追溯体系的建立,有助于提高企业管理水平、标准化程度和确保产品质量安全的能力。当出现水产品质量安全问题时,可以提高监管精度,通过追溯责任主体而缩小打击面,减少合法生产经营主体的连带损失;从消费者层面来看,水产品质量安全可追溯技术体系的建立,可以满足消费者对产品质量安全信息的需求,解决我国现存的信息不对称的难题。

五、水产品质量安全可追溯技术体系的要素和难点

(一)水产品质量安全可追溯技术体系的要素

由以上分析可以看出,市场准入制度建设中可追溯技术体系最主要的作用可以概括为:保证追溯信息有效记录和传递、快速准确识别责任主体、满足多方获取信息的能力。而要达到这些要求,水产品质量安全可追溯技术体系需要至

少具备以下 4 个要素：

1. 信息记录

是指水产品生产者对有关产品质量安全信息（可能影响质量安全诸要素的使用时间、频率、数量、间隔期等）、追溯信息（产品名称、批次、批号、生产日期等）、责任主体信息（生产人名称、责任人姓名、生产场所名称、地址等）等的记录；

2. 信息传递

是指采取有效的技术手段，以使信息记录在供应链的各环节之间进行有效的传递的过程，其中包括水产品追溯单元划分规则，水产品供应链数据传输与交换技术体系等；

3. 信息载体

是附着于产品或包装上的可识别代码，如数码、条形码等，应分配给每个追溯单元唯一代码，保证产品可以在单元基础上进行追溯。并确定标识编码方案，以便供应链中各环节上的责任主体采用统一的标识方法，方便和规范信息的收集、存储和交换。

4. 产品追溯信息平台

是由政府执行机构或委托机构建立，在较大范围内可以方便查询的网络信息系统，应满足供应链上不同责任主体和流通途径的追溯要求，保证体系内各环节各责任主体间的信息流通畅，保证系统各模块对不同生产、组织形式责任主体的适用性。

除此之外，可追溯技术体系还可以包括企业质量安全信息管理、产地环境监测、产品准出快速检测、追溯标签标识、信息汇总统计、质量安全预警等要素，从而进一步丰富可追溯技术体系的功能，增强追溯技术体系的质量安全保证能力。

（二）水产品质量安全可追溯技术体系面对的主要技术难点

1. 我国水产行业供应链上主体形式多样，养殖品种众多。水产品供应链上的养殖、加工、流通、销售、监管各个环节，涉及企业、主管部门、第三方（如检测、认证机构等）以及消费者等不同的角色主体。不同主体的生产模式和组织形式十分复杂，如养殖单位从生产模式上可分为池塘、网箱、工厂化、大水面、滩涂、浮阀等，从组织形式上可分为自产自销型、合作社（协会）型、“公司 + 农户”型等；流通环节分为批发市场、农贸市场、超市等形式；主管部门涵盖不同层级等。不同主体形式对于保证产品可追溯性的技术需求也是不同的，加之养殖品种众多，可追溯要求更加复杂。

2. 我国水产品生产实际中，水产品具有单体小、大批量，以单体为单位进行追

溯不具备可操作性;同时水产品多数没有独立包装,不能或不易加贴、加挂标签。

3. 我国农村信息化水平很低,信息化在生产者与初级农产品批发经销商方面发展水平低,对于组织化程度较低的生产单位,甚至是散户更是如此,实现水产品追溯的技术基础薄弱。

4. 各方面进行的水产品质量安全追溯工作尚处于起步阶段,多以项目试点示范为主,缺少统一的信息平台和统一的信息记录、编码和传递方式,难以在不同地区、不同环节间实现信息的有效链接和传递,难以达到追溯的目的。

六、水产品质量安全可追溯技术体系的研究进展

2006 年开始,中国水产科学研究院提出“水产品质量安全可追溯体系构建”项目,在部渔业局的支持和国家农业信息技术研究中心的合作下,逐步开展水产品可追溯技术体系方面的研究工作。通过几年的时间,针对我国水产品质量安全状况和生产消费需求,在可追溯技术体系的总体架构、关键环节、关键技术和追溯机制等方面取得了一系列突破,有效解决了上述技术难点。

(一) 水产品质量安全可追溯技术体系的总体架构

水产品质量安全可追溯技术体系(见图 1),以监管部门和生产单位为实施主体,以水产品供应链中的产品实物流和信息流为主要线索,由针对供应链上各环节及不同监管主体和责任主体开发的系统模块组成;以各生产环节可追溯系统模块为基础,以中央追溯信息数据库和监管追溯平台为核心,完成追溯信息的记录和上传,同时为生产者、监督者和消费者提供了一个追溯信息管理中心和公共信息交互平台,满足多用户、多角色的追溯和查询需求;以批次为基本追溯单元、以追溯条码和标签为信息载体,从而保证追溯信息的有效传递,达到各环节追溯信息向下可追踪、向上可溯源的目的,并且满足各种产品流通途径的追溯要求[10]。

(二) 水产品质量安全可追溯技术体系关键技术

1. 信息记录

确定了水产品供应链各生产环节产品质量安全信息、追溯信息、责任主体信息等的记录细则,配套编制完成水产品质量安全追溯信息采集规程;研究开发了各生产环节可追溯系统模块,是生产者可以快速简便地完成追溯信息的记录和上传。

2. 信息传递

确定了以产品批次为基本追溯单元,建立了水产品供应链数据传输与交换

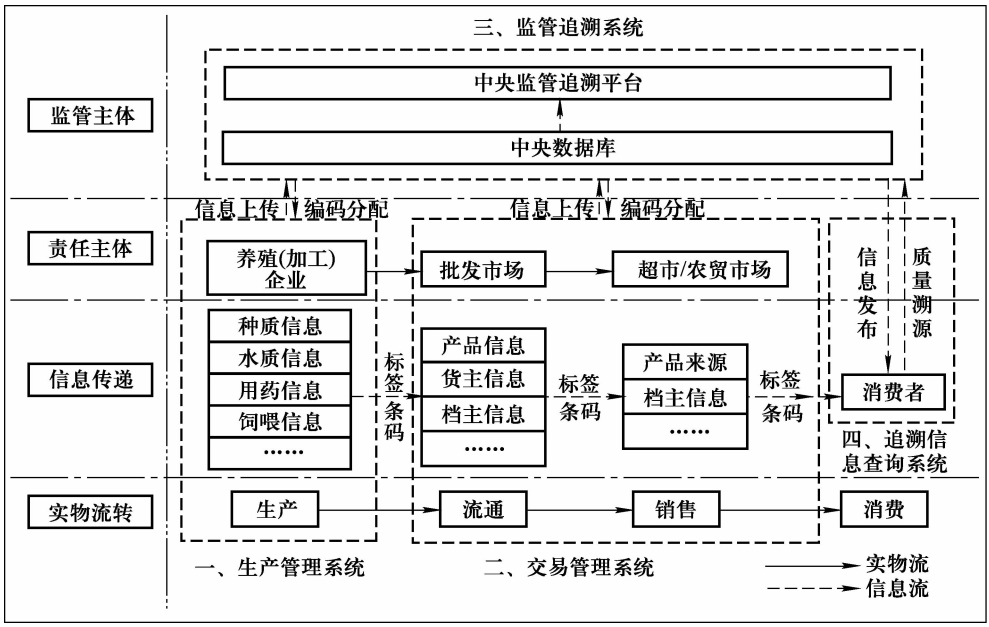


图 1　水产品质量安全可追溯技术体系框架图

技术体系,科学设置了追溯信息导入与查询动态权限分配原则与方法。

3. 信息载体

由于 RFID 技术在目前水产品生产和监管上不具备广泛应用的可操作性,选择条形码作为追溯信息的载体;制定出了贯通养殖、加工、批发、零售和消费全过程、多品种的水产品追溯单元编码规则与编码生成技术;

4. 产品追溯信息平台

以中央数据库、监管追溯平台为支撑,集成了在政府监管层面的监管追溯系统平台。一方面是对辖区内的生产责任主体分配编码,进行管理;另一方面是在各环节上传追溯信息的基础上,对上传信息进行集中管理(存储、统计、发布),使各环节追溯信息形成完整链条,从而实现对产品信息的快速、准确、跨环节的追溯查询。监管追溯平台还可结合追溯信息查询系统,开通公众信息服务功能,以产品标签条码为查询手段,通过网站、POS 机、短信和语音电话等多种追溯信息查询方式,使各环节查询者均可查询到产品全程质量安全可追溯信息。

除了上述四方面关键技术外,现有可追溯技术体系还集成了水产品追溯专用标签生成和打印、企业质量安全信息管理、政府监管信息统计汇总和预警预报等技术,一些试点地区还将产地环境监测评价、产品准出快速检测等技术体系与可追溯技术体系相结合,取得了良好效果。

(三)水产品质量安全可追溯技术体系的功能特点

在现有可追溯技术体系的设计和开发过程中,针对重点难点技术问题,集中攻关,通过一系列信息技术和追溯手段的创新,从而取得突破,保证了技术体系对于我国水产行业实际的适用性和可操作性。

1. 在水产品质量安全可追溯技术体系的系统开发上采用模块化设计,开发完成覆盖"养殖、加工、批发、销售"供应链各环节的系统模块

根据不同角色主体,为追溯系统配置不同预制功能模块,从而可以满足不同品种、不同规模、不同生产方式和组织形式的养殖企业和销售市场的可追溯需求,满足养殖、加工、流通、监管不同环节责任主体的可追溯需求,满足不同供应链流通模式的可追溯需求,符合我国水产行业实际情况。

2. 在"追溯单元"划分上,以"批次"作为追溯单元,即在相同条件和状况下生产的批量产品作为一个追溯单元

分配给每个追溯单元唯一代码(追溯码),附加相同的追溯信息。当单元发生改变时,重新生成新的追溯码,附加相应信息,并保存单元改变的相关记录。在"产品追溯标签问题"上,对于少数高附加值、有独立包装的产品,在离开养殖场或加工厂时直接加贴、加挂标签,泡沫运输箱(在封口处贴防伪标签)。而对于鲜活方式销售的大批量、散装水产品,以批次为追溯单元分配标签,将标签加贴于批次产品转运记录上,如一整车产品作为一个批次,就将标签加贴于随车记录上。

3. 采用纸制记录与电子化追溯手段相结合的信息记录和传递方式,生产企业即可采用纸质记录,也可以采取电子化的系统,对于信息化水平低的生产企业,其追溯信息可通过纸质记录向下一生产环节传递,而由下一生产环节的责任主体完成追溯信息向监管平台的上传

这种设计,既保证了可追溯信息在供应链全程的有效传递,又满足了政府监管需求,同时兼顾信息化水平较低条件下的追溯需求。

4. 建立了统一的符合国际通用规则的追溯条码编码规范,设计开发了集流通、追溯、监管、防伪于一体的符合水产品运销特性需求的可追溯专用标签

在将通用信息技术应用于水产品质量安全管理领域方面取得突破,借助中央数据库、辅以水产品可追溯信息采集标准,实现对海量的水产品质量安全信息和产品追溯信息的管理和分析,为行业监管方式和企业生产管理方式的创新提供有效工具,为满足消费者知情权提供有效手段。

七、结论与建议

（一）结论

我国水产品生产、流通环节仍存在诸多隐患，水产品质量安全形势不容乐观。基于有限的监管资源，为保障和进一步提高水产品质量安全水平，政府主管部门可以建立水产品质量安全可追溯技术体系作为行业监管的有效抓手，作为实行和建设市场准入制度的着力点和切入点。

可追溯技术体系在市场准入制度解决市场失灵和政府失灵问题中的主要作用可以概括为：保证追溯信息有效记录和传递、快速准确识别责任主体、满足多方获取信息的能力。因此，可追溯技术体系需具备信息记录、信息传递、信息载体和产品追溯信息平台等4方面要素。

现有关于水产品质量安全可追溯技术体系的研究，在信息记录、信息传递、信息载体、产品追溯信息平台各方面达到了市场准入制度建设的要求，同时针对我国水产行业实际困难，提出了具有针对性和可操作性的解决措施，可以满足市场准入制度和可追溯技术体系建设的基本要求。

（二）推进市场准入制度和可追溯技术体系建设工作的具体建议

目前，市场准入制度建设工作在多方面还存在缺陷，如相关法律法规的制约能力不强，规范标准不统一，生产加工以及流通企业执行积极性不高，信息管理难度大，消费者对其缺乏了解，支付意愿无从谈起等。因此提出如下建议：

1. 提高认识

重视可追溯技术体系在市场准入制度中的作用，明确政府在市场准入与可追溯体系建设和实行中的主导地位[11]。建设初期由于生产加工以及流通企业执行积极性不高，信息管理难度大，消费者对其缺乏了解，支付意愿无从谈起等不利因素，需要政府切实承担责任，加大投入力度，努力建设可以有效运行的可追溯技术体系。

2. 统筹协调，整合资源

一是要由政府部门主导加强各部门协调联络，理顺水产品质量安全监管职能，明确责任，加强质量安全信息沟通和共享，积极建立“协调联动”的市场准入与可追溯长效机制。二是尝试将可追溯技术体系与市场准入其他技术支撑体系的结合或对接，尝试不同行业、不同部门现有可追溯技术体系的整合与对接，数据信息共享，管理资源互通，形成合力，保证市场准入制度的建设和实行。

3. 循序渐进,试点先行,逐步扩大试点范围

应在重点地区、针对重点品种开展可追溯技术体系与市场准入制度相结合的建设试点,出台区域性法规、制度,保证在一定地理范围内的法律法规具有足够强的约束力,追溯机制、技术标准、运行程序规范等协调统一,以保证达到追溯目的,保障试点效果,为市场准入制度建设提供有力支撑。并在取得经验后,逐步推广,实行更广泛的水产品市场准入制度。

4. 持续改进,与时俱进

针对市场准入制度和可追溯技术体系建设工作中不断出现的新问题,进一步深入开展可追溯技术体系研究工作,不断探索可追溯技术体系的新思想、新技术、新产品、新方法,努力打开市场准入制度与可追溯技术体系建设和实行的新局面。

参考文献

1. 李香, 等. 国外水产品质量安全可追溯体系对我国的启示[J]. 中国渔业经济,2010,28(4): 92 - 97.

2. 修文彦, 等. 国外农产品质量安全追溯制度的发展与启示[J]. 农业经济问题,2008(S1): 206 - 210.

3. 樊红平, 等. 可追溯体系在食品供应链中的应用与探讨[J]. 生态经济,2007(4).

4. Technical Committee ISO/TC 34. Traceability in the feed and food chain — general principles and basic requirements for system design a development, ISO 22005:2007[S]. Switzerland: ISO,2007.

5. Jansen Vullers M H, Van Dorp C A, Beulens A J M. Managing traceability information in manufacture. Interact J Inform Manag,2003(23): 395 - 413.

6. 于辉, 等. 在食品供应链中实施追溯体系的理论探讨[J]. 农业质量标准,2005(3): 39 - 41.

7. 杨明, 等. 可追溯体系在食品供应链中的建立[J]. 食品与机械,2009(1): 146 - 151.

8. 刘学馨, 等. 基于养殖流程的水产品质量安全追溯系统编码体系的构建[J]. 农业网络信息,2008(1): 18 - 22.

9. 冯忠泽. 中国农产品质量安全市场准入机制研究[M]. 北京:中国农业出版社,2010.

10. 杨信廷, 等. 水产品质量安全及溯源系统研究与应用[J]. 中国科技成果,2008(22): 17 - 19.

11. 赵蕾, 等. 水产品质量安全可追溯体系构建中的政府职能定位[J]. 中国水产,2010(8): 24 - 26.



宋怿 中国水产科学研究院质量与标准研究中心主任,研究员。该中心同时承担着全国水产标准化技术委员会秘书处、水产品质量监测技术组织协调、农业部农产品质量安全中心渔业产品认证分中心、水科院水产品质量安全学科集成平台等职责。研究领域一是围绕水产品“养殖生产过程”管理技术进行研究和验证,将 HACCP 理念引入中国水产养殖领域,创制养殖过程管理类标准;二是从事支撑水产品质量安全管理和执法的可追溯管理与技术体系的研究;三是跟踪国外相关领域的发展,主编了《食品风险分析理论与实践》、《国际水产品标准汇编》等出版物。

2007—2011 年承担国家及部级科研项目 9 项;组织争取科研项目 12 项,院基本科研业务费项目 16 项;获得中国水产科学研究院科技进步二等奖 1 项,中华农业科技三等奖 1 项;发表文章 31 篇,第一及通信作者 14 篇,1 篇论文获农业部中青年干部学习论坛农产品质量安全领域优秀论文一等奖。发布国家标准 8 项,在编行业标准 5 项。取得国内发明专利 1 项、受理 1 项;软件著作权 11 项;参编著作 3 个;重要讲座 11 个;参加 5 个科技部、农业部及院规划编写。

现代海洋食品物流技术发展趋势与对策

李来好

中国水产科学研究院南海水产研究所,广州

一、前言

现代海洋食品物流有别于普通商品物流,是现代食品物流体系中专业性较强的物流行业,它既有一般商品物流的基本特征,又有鲜明的行业特点。产品主要以活体保活贮运、冷却保鲜贮运、冻藏保鲜贮运等流通链的技术为支撑,实现快速、高效、保质、低成本的商贸活动。近年来,随着新的商业配送模式的不断创新、以高速公路建设、计算机网络技术、卫星定位系统、条形码技术的运用,使水产品物流在能力和技术上获得巨大的发展。

通过分析国内外海洋食品物流的现状,总结了现代海洋食品物流的发展趋势和主要特点,探讨海洋食品物流发展的对策。目前,海洋食品物流交易系统和监测技术已经从人工管理发展到智能化技术,监测指标已经从单一温度监测发展到多元参数监测,建模方法已经从简单信息分析走向综合系统建模,在传统标识技术基础上,集成无线传感网络、人工智能技术的智能化物流和探索海洋食品物流质量安全监测方法的综合系统模型是海洋食品物流发展的必然趋势。

二、发展现状

海洋食品的自然特性(贮存期短、易腐烂变质等)决定了海洋食品物流同一般的物流相比有一些特殊性,在物流发展不同阶段表现出不同的特点。先进国家的海洋食品生物资源及其制品物流体系是建立在冷链物流的基础上,冷链物流体系的建立是依靠科技创新提升冷链物流业的整体水平,技术创新体现在冷链物流的各个环节。

(一)在标准化养殖基地建设方面

国外积极采用 GAP(良好农业规范)、GVP(良好兽医规范)等先进的管理规范,通过先进、快速的有害物质分析检测技术和原产地加工等手段,从源头上保证冷链物流的质量与安全。

（二）在贮藏技术装备方面

积极采用自动化冷库技术，包括贮藏技术自动化、高密度动力存储（HDDS）电子数据交换及库房管理系统，其贮藏保鲜期比普通冷藏延长 1 ~ 2 倍。

（三）在运输技术与装备方面

先后由公路、铁路和水路冷藏运输发展到冷藏集装箱多式联运，节能和环保是运输技术与装备发展的主要方向。欧洲于 20 世纪 70 年代开始实行冷藏集装箱与铁路冷藏车的配套使用，克服了铁路运输不能进行“门到门”服务的缺点；加拿大最大的第三方物流企业 Thomson Group 除具有容量大、自动化程度高的冷藏设施外，还拥有目前世界上最先进的强制供电器（PTO）驱动、自动控温与记录、卫星监控的“三段式”冷藏运输车，可同时运送三种不同温度要求的货物。

（四）在信息技术方面

通过信息技术建立电子虚拟的海洋食品冷链物流供应链管理系统，对各种货物进行跟踪、对冷藏车的使用进行动态监控，同时将各地需求信息和连锁经营网络联结起来，确保物流信息快速可靠的传递，通过强大的质量控制信息网络将质量控制环节扩大到流通和追溯领域。荷兰作为食品物流的典型代表，在发展海洋食品物流过程中，注意优化供应链流程，减少中间程序，实现物流增值。通过利用收集、鲜储、包装等程序标准化生产，将来自全国，乃至欧盟各地的产品集散到世界各国。同时，注重发展电子商务，信息化程度较高。产品销售有先进的拍卖系统、订货系统，可以通过电子化食品物流配送中心向全球许多国家的消费者服务。

此外，发达国家把海洋食品质量的控制环节扩大到流通和回收领域，并且都是国家强制性执行的规定，强大的水产品质量控制信息网络则是执行这些法规的有效平台。

我国海洋食品现代物流产业正处于起步阶段，部分海洋食品批发市场开始物流配送和加工中心的建设，但物流规模较小，无论从加工量、加工品种和配送的辐射范围，都达不到真正意义上的物流配送。与发达国家相比还存在许多问题，如冷链物流设备老化，自动化程度较低；水产品批发（配送中心）集散地布局不合理；缺乏先进的冷链物流相关软件；冷链物流的配套机制尚不成熟；供应链中产销的行政壁垒和一些关键技术瓶颈，造成物流成本居高不下；缺乏标准化体系，物流主体发育不良，不能承担起推动海洋农业现代物流快速发展的责任；物流政策环境方面的问题造成海洋食品现代物流市场发育不足，信息化、标准化、

共同化以及各种物流方式的合理利用方面的政策缺位都使得当前的物流处于无序竞争状态。

三、发展趋势

由于全球经济一体化进程日益加快,生产企业面临着更加激烈的竞争环境,资源在全球范围内的流动和配置大大加强,随着海洋食品物流体系的进一步发展,信息因素对海洋食品物流体系的功能发挥将越来越重要,海洋食品批发市场开始转变为海洋食品信息中心。信息优势成为海洋食品物流体系必须具备的首要优势。实时的业务信息交流、完备的海洋食品物流企业数据库等,都将成为海洋食品批发市场整合物流资源的竞争优势。通过海洋食品物流基础设施建设,达到海洋食品物流运作的集约化和规模化。同时,尽力整合分散的海洋食品物流资源,建立海洋生物资源生产、加工、流通和消费为一体的物联网络共享平台。将物流与信息技术、电子商务等融合,建立全面完善的管理信息和可追溯信息平台。根据国内外物流发展的新情况,现代物流的发展趋势可以归纳为信息化、网络化、自动化、电子化、共享化、协同化、集成化、智能化、柔性化、标准化、社会化和全球化十二个方面。

目前,国外冷链物流信息化发展较国内领先,射频识别技术实现应用较多。开发基于 RFID(射频识别)技术的冷链物流温度监控系统,利用 RFID 标签、温度传感器和 GPS 技术,实现冷链物流过程中温度监控和实时定位。应用 RFID 传感器通过射频信号自动识别标签并获取数据,识别过程中无须人工干预,可适用于各种恶劣的工作环境。建立了冷藏集装箱(冷藏车)内部参数监控的无线传感器网络,通过智能终端与无线移动网络和因特网的无缝连接,将数据传输到指定数据服务器。随着 RFID 温度传感器的开发利用以及与无线传感器网络技术的结合,冷链物流监测从获取数据发展到自动实时监测、传递和处理温度数据,并且集成建模方法,开发温度预警系统,实现遥测预警控制,形成了智能化物联网物流体系。

四、发展目标

(一)我国海洋食品物流体系建设的战略构想

立足国内市场,拓展国际市场,以海洋生物资源、品牌培育和初级、精深加工为支撑,打破传统产业、部门、地域的局限,优化整合物流资源,建立信息共享平台,以标准化、信息化为前提,逐步建设形成国际化、区域性、中心城市(省会)、重点产销区、主要产品基地五级海洋水产品生产、加工、仓储、运输、配送、供应的

物流网络体系,以有序、高效、快捷、准确的商品流通、信息反馈和资金管理,形成真正意义上的具有中国特色的现代海洋水产品物流体系。建立完善的海洋水产品从生产、收购、加工、包装、储存、运输、装卸、配送、分销和消费为一体的物流体系和信息网络共享平台。形成种类齐全、专业突出、辐射力强、流动顺畅、功能完备、竞争力强、覆盖面广、技术先进、特色鲜明、优质高效的海洋水产品现代物流体系。

(二)建立我国海洋食品物流体系的战略目标

以可持续发展和循环经济的理念为指导,整合捕捞、加工、包装、贮藏、运输、配送、回收、信息和网络资源,发挥我国五个水产品出口产业带(福建、广东和江西鳗鱼产业带;海南、广东、广西对虾、罗非鱼产业带;浙江、福建大黄鱼产业带;长江中下游河蟹产业带;江苏、山东半岛、辽东半岛紫菜、裙带菜产业带)的功能作用,分别在长三角经济区、珠三角经济区和黄渤海经济区建立三个水产品物流体系,重点解决冷链物流的规划、渔获物与初加工、贮藏与装卸、流通加工、产品包装、货物配送、信息服务和冷链成本控制等八个薄弱环节,形成规模化的海洋食品物流体系,积极推动黄淮海、东南沿海、长江流域等海洋食品优势产区到中西部大中城市的海洋食品冷链物流体系,提高内陆居民水产品消费量,提高海洋食品的经济和社会效益,实现海洋食品保值和增值的目标。

(三)“十二五”期间海洋食品物流技术发展目标

在“十二五”期间,着力研究解决海洋食品物流体系的重大基础理论及运行机制问题,特别是海洋水产品流通质量安全控制技术;海洋生物资源鲜活产品现代物流保鲜技术;流通过程品质动态监测跟踪与溯源控制技术;水产品物流包装与标准化技术等关键技术的研究。

(四)“十三五”期间海洋食品物流技术发展目标

在“十三五”期间,着力研究与完善海洋食品物流体系的高新核心技术及共性关键技术,在传统标识技术基础上,将两者有效集成,发展智能化冷链物流,建立完善的海洋食品从生产、收购、加工、包装、储存、运输、装卸、配送、分销和消费为一体的物流体系和信息网络共享平台。实现专业突出、辐射力强、流动顺畅、功能完备、竞争力强、覆盖面广、技术先进、特色鲜明、优质高效的海洋食品现代物流体系。

五、对策

以攻克本领域的核心技术为主导方向,围绕海洋食品物流链、流通增值链、流通信息链、物流保障链等四个层面。重点突破海洋食品的物流信息化技术、物流保障技术、食品安全检测技术、信息标识与溯源技术等核心技术瓶颈,促进海洋食品的持续健康发展。

(一)加强和完善海洋食品物流信息化体系建设

现代海洋食品物流最大的特征之一就是信息化程度很高,可以说没有现代化的信息体系支撑,就不可能完成现代复杂的海洋食品物流活动。必须充分利用现代信息技术成果,尽快加强和完善海洋食品物流信息化体系建设,为我国海洋食品物流整体实现跳跃式发展提供可能和基础。一是成立由渔业、贸易、气象、供销、交通、工商、统计等部门参与的海洋食品市场预测预报体系,对有关情况及时分析预测和发布,为市场提供服务。二是建立全国统一的海洋食品市场供求、交易及价格等信息的收集、整理和发布制度。应用计算机网络将生产、流通、消费各环节连接起来,通过 EDI(数据交换)和 POS(时点销售信息)实现数据的自动采集和交换,建立海洋食品物流信息管理系统,达到整个产业链上的资源共享、信息共用;实现市场内部管理的信息化,包括交易结算、物业管理、客户管理、财务管理、人才管理的信息化;通过网络和其他媒体让水产品信息真正进入千家万户,切实为生产企业和消费群体提供前瞻性、引导性的市场信息,减少海洋食品生产和销售过程中的不确定性和盲目性。

(二)建立海洋食品直接配送物流链商务服务系统共享平台工程

根据国内外水产品物流发展实际和水产品流通的特点与规律,系统地提出水产品消费需求规模化、产销保障渠道化、中长期交易协议化、及时配送直接化的水产品市场与生产基地对接的理论框架。以减少环节、降低成本、保障安全为目标,重点研究水产品直接配送运行模式,设计基于 GIS(地理信息系统)的海洋食品流通专业图层结构,开发直接配送商务服务共享平台。

(三)建立海洋食品现代物流公共服务信息与业务集成共享平台工程

开发适用于水产品物流系统的条码自动生成、无线射频识别(RFID)、GPS 跟踪等技术;研究基于多种网络进行网络、短信和其他无线设备的信息传输技术;开发物流信息、动态管理和决策系统;采用 WebGIS 技术(网络地理信息系统)、分布式处理、数据库技术等研究水产品物流信息处理与发布技术。

对数据采集技术、数据传输技术、数据处理与发布技术进行标准化集成，实现水产品物流信息采集、处理、传输、发布自动化、数据远程传输网络化、交易电子化，建立信息可控、资源共享、贸易灵活、资金流既强大又畅通的水产品交易平台。

（四）建立海洋食品流通过程品质动态监测跟踪与溯源控制系统工程

针对鲜活水产品物流动态过程中生命、品质和地理位置的易变性，应用现代理化分析技术、无损快速检测技术、高敏传感器技术、电子集成技术等，重点研究气味分辨技术、抗环境干扰技术、信息融合技术和模式识别技术等，研制多功能传感器阵列，开发水产品物流动态品质监测系统，采集水产品物流动态过程生命体存亡和产品腐败变质的特征数据，分析关键影响因素，集成射频识别技术（RFID）、GPS 定位技术、无线网络传输技术、多通道信息采集技术，建立基于ZIGBEE（是一种近距离、低复杂度、低功耗、低速率、低成本的双向无线通讯技术）的无线传感器网络，将实时采集的各种信息传输到监控中心；建立动态监测过程中水产品生命与品质评判指标标准体系；实现水产品品质、标识、地理位置的实时监控与跟踪的标准化模式，建立相应的水产品溯源技术标准，制定相应的技术规程，实现消费终端的溯源共享平台。

（五）建立海洋食品流通过程主要危害因子快速检测体系

针对水产品物流过程的品质易变性以及产品安全控制环节弱等问题，研究微生物预测模型、主要致病微生物及其毒素的变化规律及温度波动对冷藏水产品的微生物区系的影响；建立基于栅栏技术、冷链技术、超高压和脉冲等新型冷杀菌技术的低温动物性食品的安全保鲜技术体系；研究开发水产品中药物残留、有害微生物和有毒化合物污染等安全危害因子的灵敏、快速检测成套技术，形成系列检测技术和规程，开发相应的技术产品；形成从养殖、加工、流通、餐饮等各个环节的全程质量安全控制技术体系。采用现代仪器分析新技术和多联实时荧光 PCR 等现代生化分析技术，对海洋生物及其制品中重金属、药残、生物毒素、过敏原、致病菌等危害物质进行快速检测技术研究，建立海洋生物制品中典型危害物质的快速准确、经济安全、高通量、高灵敏的检测系统和实时跟踪监控系统。



李来好 1963 年生,研究员,博士,博士生导师,任中国水产科学研究院南海水产研究所副所长,为中国水产科学研究院重点研究领域首席科学家。兼任国家水产品加工技术研发中心主任,农业部水产品加工重点实验室主任,中国水产学会水产品加工与综合利用专业委员会副主任,全国水产标准化技术委员会委员,广东省食品安全专家委员会委员,广东省水产品质量安全专家委员会副主任。主要从事水产品加工与质量安全研究与开发工作,重点在罗非鱼、对虾、海藻深加工和质量安全领域取得突出的成果。获得各级科技奖励 28 项,其中国家级二等奖 2 项,省(部)级一等奖 5 项、二等奖 7 项、三等奖 7 项,厅(局)级一等奖 2 项,二等奖 3 项,三等奖 2 项。获得国家发明专利 16 项。发表学术论文 200 多篇,出版专著 8 部。享受国务院政府特殊津贴和广东省劳动模范等十多项个人荣誉称号。

海洋食品质量安全风险监测预警和控制

周德庆 等

中国水产科学研究院黄海水产研究所,青岛

一、前言

海洋生物具有独特的营养价值,含有多种生物活性物质,越来越多地成为人类食物和保健食品、海洋药物的重要来源。联合国《21 世纪议程》指出:海洋是全球生命支持系统的主要组成部分,随着世界人口的日益膨胀和资源约束的不断加剧,浅海滩涂资源开发成为缓解人类社会生存与发展面临的人口、资源与环境之间矛盾的有效途径之一。作为水产大国,2010 年我国总产量达 5373 万 t(2011 年达 5611 万 t),位居世界第一位,其中来自于海洋水产品已占半壁江山(2010 年海水养殖年产量达 1482 万 t,海洋捕捞年产量达 1204 万 t,合计 2686 万 t),并呈现出良好发展态势,水产养殖方兴未艾。海洋生物作为"优质食物"被热衷开发利用,已成为今后发展方向。然而,由于海洋生物本身特殊的生物学特性、容易受环境污染、养殖技术和加工流通条件与技术影响,特别是随着水产养殖业的发展和养殖集约化程度的提高,养殖环境日趋恶化,病害发生率越来越高,水产品的质量不断下降,海洋食品的食品安全问题成为人们关注的焦点,成为海洋生物高值化加工利用和渔业可持续发展的"瓶颈",严重影响着行业的健康发展。建立海洋食品质量安全风险监测预警体系,完善海洋食品生产加工全程质量安全控制技术规范,确保海洋食品质量安全显得十分迫切和重要。

二、我国海洋食品质量安全风险监测预警和控制的现状与战略需求

为从根本上解决我国食品安全的棘手问题,2009 年 2 月 28 日全国人大常委会通过的《食品安全法》,已从 2009 年 6 月 1 日起正式实施,表明我国政府对人民健康的高度重视,也彰显了国家关注民生、以人为本的立法理念。2010 年 1 月,卫生部正式颁发了《食品安全风险监测管理规定(试行)》,规定食品安全风险监测是通过系统和持续地收集食源性疾病、食品污染以及食品中有害因素的监测数据及相关信息,并进行综合分析和及时通报的活动。

就海洋食品而言,开展危害因子风险监测和风险评估,紧抓水产品养殖、加工过程控制技术研究,推进产品溯源体系建设,建立质量安全风险监测预警平台,成为海洋食品质量安全工作的重点。

(一) 海洋食品质量安全风险分析制度逐步建立并日臻完善

风险分析在科学评估食品中污染物危害水平、制定切实有效的保障食品安全的管理措施、降低食源性疾病发生、更好地保护人类健康方面有着极其重要的作用,是海洋食品质量安全管理的有效手段。“十一五”期间,中国 CDC 等承担“化学污染物暴露评估技术研究”课题,建立了膳食暴露评估用的食物消费量数据库和全国食品污染物监测数据库,对我国代表性的重金属污染(铅和隔)进行了系统暴露评估,填补了我国膳食暴露评估的空白。2007 年 5 月,农业部成立了国家农产品质量安全风险评估委员会。2009 年卫生部成立了国家食品安全风险评估委员会。2010 年 2 月,根据《食品安全法》及其实施条例,卫生部、工业和信息化部、农业部、商务部、工商总局、质检总局和食品药品监督局联合颁发《食品安全风险评估管理规定(试行)》。2011 年 10 月 13 日,国家食品安全风险评估中心在北京举行成立仪式。《食品安全法》中规定“国家建立食品安全风险监测与评估制度”,确立了我国食品安全管理中对于健康危害的评价采用风险评估的手段,并将这一手段作为一种制度加以实施。

我国有关海洋食品安全的风险评估起步较晚,许多工作刚刚开始,2011 年 10 月,农业部开始部署风险评估实验室建设。海洋食品安全风险评估是海洋食品质量安全管理的有效手段。目前,我国所制定和实施的海洋食品(水产品)国家、行业标准,没有完全以风险评估的科学基础为依据,致使许多食品安全管理措施科学依据不足。

(二) 海洋食品质量安全监测与预警体系初见端倪

进出口食物主管部门国家质检总局不断采取各种措施加强进出口食物管理,于 2002 年制订并启动了我国进出口食物风险预警及快速反应管理措施。我国政府《国家中长期科学和技术发展和规划纲要》(2006—2020),将食品安全确定为优先发展主题(59. 食品安全与出入境检验检疫),指出要重点研究食品安全和出入境检验检疫风险评估、污染物溯源、安全标准制定、有效监测检测等关键技术,开发食物污染防控智能化技术和高通量检验检疫安全监控技术。自 2008 年《食品安全法》实施以来,食品安全风险监测为我国各行政部门所重视并逐渐推广应用。卫生部、农业部和质检总局等都在自己的领域范围内建立了风险监测制度并实施。2010 年初,我国又通过了《食品安全风险监测管理规定》,

对食品安全风险监测第一次进行了法律界定与约束。2010 年农业部部署开展农产品质量安全风险监测,拉开了海洋食品风险监测的序幕。

安全工作要“关口前移,重心下移”。为应对海洋食品安全危机,我国政府正积极加强海洋食品安全的监管工作,构筑食品安全监测网络系统。海洋食品安全风险监测逐步为我国各行政部门所重视并逐渐推广应用,卫生部、农业部和质检总局等都在自己的领域范围内建立并实施了风险监测制度。在“十五”期间,我国科技部实施了“食品安全监测与预警系统研究”重大科技攻关项目子课题。通过各方面的努力,我国进一步提高了安全监管水平,预防和减少了食品安全事件的发生,提高对食品安全重大突发事件的应急处理能力。

我国正不断借鉴国际食品安全预报预警系统的管理经验,逐步建立和完善海洋食品安全预报预警信息的收集、评价、发布系统,并交叉融合应用多元统计学、空间统计学、模糊数学、数据挖掘、统计模式识别等多学科理论方法,构建具备可视化、实时化、动态化、网络化的食品安全预警系统。

(三)海洋食品质量安全控制管理体系逐步建立,技术研究逐步深入

“十五”期间,我国在水产品质量安全控制管理方面做了大量的工作,取得了一些突破性进展。《兽药管理条例》、《水产养殖质量安全管理规定》、《水产苗种管理办法》等法规的实施,特别是《农产品质量安全法》的制定实施,为海洋水产品质量安全管理提供了法规保障;农业部先后在全国范围内组织开展了禁用药物的专项整治活动;城市水产品安全例行监测范围不断扩大;渔药生产经营秩序初步得到规范;水产品质量安全标准体系、检验检测体系和认证认可体系等基础建设得到加强; 我国海洋食品安全控制关键技术受到重视,已经初步形成了一个以 HACCP 原则为核心,吸收了 ISO9000 体系中对管理者的要求、对体系运行效果的监测以及文件记录的控制等管理要素而形成的水产养殖体系。

我国海洋食品质量安全控制日益得到重视,在多个领域开展了研究应用工作,逐渐由被动性限制转为主动采取措施对质量安全危害因子进行控制和消除,将其危害和风险尽可能降低。相比于往日的高热杀菌等传统技术,等离子体杀菌、臭氧处理、紫外线杀菌、超高压处理、高能电子束等冷杀菌技术开始逐渐应用于海洋食品的加工与贮藏,有效延长水产品保质期,保持原有的优良食用品质。对于渔药、重金属以及环境污染物等典型危害因子的脱除净化及活性消减技术的研究尚处于起步阶段,但其重要性已经引起了广泛关注;其中在贝类的净化技术方面,已取得了较为突出的研究成果,并已经产业化应用。对于海洋食品的过敏原性,研究表明一些现代的食品加工技术如辐照技术、超声波能够比较有效地改变或降低。开发环境友好的、非抗生素的渔用抑菌剂,替代或者部分替代渔

药、抗生素以及化学添加剂等,也是解决水产食品安全性问题的重要手段。

三、我国海洋食品质量安全风险监测预警和控制面临的主要问题

(一)风险分析的研究应用与发达国家存在差距

我国的食品安全风险评估研究与应用尚处于起步阶段,与发达国家相比,我国的海洋食品安全风险分析处于起步阶段,差距主要体现在:法律法规、监管机制、技术与设备、信息分析与预警系统等方面。

指导海洋食品质量安全风险分析工作的法律法规尚不健全,没有形成系统的明确的风险评估、分析制度,并由此导致我国的海洋食品安全限量标准更新速度较慢,对部分污染物在食品中的残留情况未开展及时连续的风险评估。风险分析在食品安全标准制定和技术贸易壁垒中的应用研究也比较薄弱。

风险分析各环节隶属于不同的系统和部门,难以及时完成科学、全面、具有前瞻性的风险评估工作。加之技术手段和专家资源都集中在国家级业务机构中,因此出现了不同地区"闭门评估"、不同部门"分段评估"导致方法不统一、结果不相同等混乱局面。

对海洋食品质量安全的风险评估能力较低。样本量小,检测监测手段有限、技术缺乏、设备不足、技术人员少,使相关数据少、数据不全,对评价水平、评价结果有一定的影响。对不断涌现的新海洋食品及食品原料的安全性,以及新涌现的生物、物理、化学因素、食品加工技术对海洋食品安全的影响和危害,尚没有开展科学风险评估。

我国现有的暴露评估数据,项目少,数据不连续,覆盖的地区较少,生物学标志物的研究薄弱。在源头污染资料方面缺乏产地环境安全性资料和产地档案数据库,海洋食品中兽药残留、生物毒素及其他持久性化学物的污染状况缺乏长期、系统的检测资料。

(二)监测与预警体系的建立存在两大难题

我国海洋食品质量安全危机事件频发的根本原因主要有两点:缺乏信息主动监测和统一管理机制、缺乏信息预报预警机制。

我国海洋食品的危害因素监测薄弱,风险监测采集的数据相对较少,而国外风险评估机构都有专门的信息支持系统如欧盟有通报化学物质列表(ELINCS)数据库,澳大利亚有化学物质列表(AICS)数据库等。近年来,随着国家和消费者对食品安全的重视,农业部先后开展了全国范围内氯霉素、恩诺沙星、孔雀石绿、硝基呋喃等重点禁用药物的摸底排查工作,但有关环境因素对海洋食品质量

安全影响的相关监测较少。环境中存在的持久性污染物、病原微生物、生物毒素已成为影响水产食品质量安全的主要隐患,也是影响海洋食品产业可持续发展的“瓶颈”。此外虽然各部门有一些监测和检测机构,做了大量监测和检测工作,但海洋食品安全信息没能形成跨部门的统一收集分析体系,没有统一机构协调食品安全相关信息的通报、预报和处置,政府主管部门对潜伏的危机信息掌握不及时、不全面,导致在危机酝酿阶段政府监管部门无能为力。

(三)质量控制存在缺陷

一是缺乏全程的质量安全控制管理体系,许多养殖和加工企业没有建立质量安全控制体系,现行许多管理标准可操作性不强。据不完全统计,我国通过HACCP质量控制体系认证海洋食品加工企业仅500多家,占6.4%,通过欧盟认证的企业196家,占2.5%,数量明显偏低。二是缺乏有效的鉴别鉴定技术,尤其是无损鉴别鉴定技术。近年来,虽然红外光谱等无损检测技术已经开始应用于食品行业,但多以检测食品中的加工异杂物为主,真正应用于海洋食品指纹化合物的研究还极少。

四、我国海洋食品质量安全风险检测预警和控制的战略定位、目标与重点

(一)建立适应海洋食品安全的风险分析体系

1. 建立符合海洋食品特点的风险分析方法

针对海洋食品进行危害因子筛选、危害识别、量效关系、风险评估技术、饮食暴露调查,以及风险交流模式、风险管理措施等,形成适合海洋食品的风险分析方法。

2. 构建暴露评估数据网络

暴露评估是对通过海洋食品和其他途径摄入的各类危害因素进行定性或定量的评估。结合我国暴露评估数据有效性、样本采集分析能力、支撑数据库架构能力等,开发出适合我国当前条件下应用的膳食暴露评估模型和软件。

3. 健全风险分析机制与平台

建立独立的风险评估机构,结合有效的风险管理(一式体制取代分割式体制),理顺工作运行机制,促使工作程序化,实现风险评估数据的有效共享,确保工作的有效性。

4. 加快对远洋渔业新资源(探捕、加工)的安全评价

在全国范围内排查新危害因素,如环境持续有机化合物、鱼贝类毒素等,远

洋或深海(致病)微生物、类药残、类毒素等的数据资料,并在全球范围内及时迅速地获取来自他国的风险评价资料,加强风险交流,加快新危害因素的风险评价;进行新资源的安全性评价例如南极磷虾、其他新开发鱼类资源等,对于特别海域、高产品种开展重点评估。对一些引进品种、新培育品种也应开展风险评估。

(二)建立风险数据监测与预警发布机制

1. 密切关注近海渔业资源受环境污染的影响程度。由于环境内分泌干扰物不易降解,污染持久,要加强对环境污染因素的检测,建立我国海洋食品受污染的危害评估模式。

2. 对海洋食品中关键污染物建立监测点进行主动监测,获得我国污染状况动态规律(包括本底水平和我国海洋食品污染的区域分布、时间动态和污染水平),建立我国主要海洋食品中重要化学污染物监测基本数据库。

3. 建立健全行业产品监测指标体系,对食品供应链从生产、加工、包装、储运到销售过程中的污染物进行监测和溯源。

4. 建立海洋食品安全风险预警信息中心,对信息进行收集、分析、发布,使海洋食品安全风险预警实现信息全方位汇集、分析,全过程普及、发布全社会覆盖。

5. 健全数据信息采集机制。提高基层定性检测及抽检手段,对每种食品添加物都制定相应检测标准,确保收集的数据准确、全面;对采集到的信息进行筛选和分类汇总,深度挖掘,掌握安全状态,发现存在问题,分析和预测变化趋势。

(三)完善海洋食品质量控制体系

1. 开展海洋食品质量安全追溯的研究与相关联的产品开发

进行产业链物流标识管理追溯:建立企业、管理、消费等全面的可追溯体系,监督和跟踪食品生产、加工、物流、销售等环节的业务流程,追溯编码标准化,加大对追溯标识与标志技术的研究与应用;建立产业链产品危害因子来源追溯,一旦发生能够准确地从养殖、加工、流通、销售、消费等各个环节追溯到危害因子的来源及其产生的原因;发展原料原产地追溯技术与产品,建立同一物种水产品不同产地的鉴别技术,可以有效地保证原料的真正原产地。

2. 健全追溯体系配套技术,构建统一标准的、开放性的追溯平台

以食品供应链为依托,创建提供海洋食品生产档案、产品条形码信息的质量安全信息录入与查询系统,强化食品的身份管理(食品的名称、产地、特征、批次与标识等信息),建立海洋食品质量安全信息快速、高效追溯体系,结合电子商务

平台,形成互联互通、产销一体化、管理与公众都可以使用的追溯信息平台。

3. 发展成本低、易推广、设备要求低的标识技术与产品

开展纹身、耳标、射频标识(RFID)、抗体、条形码(纸质和塑料)、分子标记、微波雷达和智能托盘等多项标识技术研究;将已经成熟的 RFID、项圈电子标签、纽扣式电子耳标等技术加强推广力度;对新颖标识技术开展前瞻性探索。

4. 建立高效、安全的控制或消除危害因子的新技术与装备

通过现代海洋食品加工技术有效地控制或消减既有危害因子的水平,使海洋食品更加安全可靠;建立预期食品货架期或者其他安全质量状况的智能包装技术与材料,有效控制海洋食品安全状况。



周德庆 1962 年出生,山东招远。博士、研究员、博士生导师。现任中国水产科学研究院黄海水产研究所食品工程与营养研究室主任、国家水产品质量监督检验中心质量负责人。国家农产品质量安全风险评估第一届委员会委员、中国进出口食品安全专家委员会委员、中国食品科技学会理事、中国水产学会水产品加工与综合利用分会委员、中国合格评定委员会实验室技术评审员、中国水产科学研究院学术委员会水产品质量安全学科委员会委员和水产品加工与产物资源利用学科委员会委员。政协第十、十一届青岛市委员,青岛市十五届人大代表。

主要研究领域:水产品安全与质量控制、水产品加工与综合利用、食品科学。

主要工作与成果:主持和参加了包括国家“863”项目、科技部重大公益基金项目、国家科技平台项目、农业部 948 项目及国家自然科学基金的“水产品加工与质量安全”、“食品安全”等领域多项课题研究工作和高校教学工作,培养博士、硕士研究生 30 余人。主编《水产品质量安全与检验检疫技术》和《水产品质量安全与 HACCP 应用指南》专著,副主编《农产品质量安全风险评估—原理、方法和应用》和《水产品安全性》等多部专著;主持制、修订国家、行业标准 10 余部,发表学术论文 40 余篇,荣获农业部科技进步三等奖 1 项、国家发明专利 2 项。

专题四

海洋生态工程

中国海洋可持续发展的政策建议

苏纪兰

国家海洋局第二海洋研究所,杭州

海洋是全球生命支持系统的一个重要组成部分,也是一种有助于实现可持续发展的宝贵财富和空间资源。未来 10 ~ 20 年是中国发展的战略机遇期,也是实现快速工业化、城市化和转变发展方式的关键时期。作为海洋大国,在经济迅速增长、人口快速增加及城市化进程加快而陆地资源日益枯竭的背景下,立足陆海统筹,科学开发海洋资源和保护海洋环境,是支撑我国经济社会可持续发展的必然选择,也是实现 21 世纪宏伟蓝图的必由之路。

一、高速发展的中国海洋经济

20 世纪 90 年代以来,中国把海洋资源开发作为国家发展战略的重要内容,把发展海洋经济作为振兴经济的重大措施,对海洋资源与环境保护、海洋管理和海洋事业的投入逐步加大。不断向深度和广度扩展的海洋开发利用创造了中国新的经济增长点。

进入 21 世纪,海洋经济对区域经济发展的贡献日益凸显。2008 年,海洋产业增加值达到 17 351 亿元,对全国 GDP 和沿海地区生产总值的贡献率分别达到 5.77% 、9.24% 。预计到 2020 年,海洋产业增加值将约占同期全国 GDP 的 7% 。

改革开放三十年来,海洋产业结构发生了巨大变化,从构成单一的海洋渔业、盐业发展到以交通运输、滨海旅游、海洋渔业、海洋油气、海洋船舶为主导,以海洋电力、海水利用、海洋工程建筑、生物医药、海洋科教服务等为重要支撑的、优势突出相对完整的产业体系。2008 年中国海洋经济的主导产业是海洋交通运输业、滨海旅游业、海洋渔业、海洋油气业和海洋船舶工业。这五大产业的增加值占整个海洋产业增加值的比重超过 90% 。

二、海洋开发与海洋生态系统

人类是其居住地区的生态系统中的一分子。人类生存所需及其生活质量的保障皆有赖于生态系统的服务功能。生态系统的“服务”就是指人类为其福利(消费、使用、欣赏、享受等)而从自然界获得的物质与环境条件。

沿海地区之所以吸引了大量的居民和投资,是因为沿海生态系统具有特殊的服务功能,为人类提供了优良的生活条件,如环境幽美宜人,丰富的优质海产食品,适于人居;交通运输方便,经济发达,就业率高;人群和文化内涵多元,更有吸引力等等。

改革开放30年间,得益于有利的区位条件、丰富的海洋资源和政策优势,中国经济和生产要素不断向沿海地区聚集。目前中国基本形成了经济高速发展的沿海经济带,成为中国城市化程度高、人口密集、经济发达的区域。2001—2008年,沿海11个省市自治区的国内生产总值年增长速度大于10%。目前,中国沿海地区以13%的国土面积,承载了41.72%的人口,创造了57%以上的GDP,实现了90%以上的进出口贸易。海洋为中国人提供了约20%的动物蛋白质食物,23%的石油资源和29%的天然气资源,以及多种休闲娱乐及文化旅游资源。

除了直接的经济价值外,近海与海岸带还有着多种海洋生境类型,集中了丰富的物种和基因多样性,具有营养储存和循环,净化陆源污染物、保护岸线等功能。此外,海洋对调节全球水动力和气候起着关键的作用,并且是主要的碳汇和氧源,对人类的生存和发展都有着不可替代的作用。

人类开发活动最为剧烈的海岸带地区,恰恰也是各种生命活动最为丰富的区域。岸滩湿地与河口、海湾饵料生物丰富,或者有红树林、海藻床和海草场等隐蔽物,因而成为多种鱼、虾、贝类的重要栖息地、产卵场和育幼场。如中国对虾的产卵场就在渤海和黄海10 m以浅的近岸水域,而其育幼场则在滨海湿地和河口。在渤海沿岸,因大规模围海养殖、多数河流断流等导致对虾栖息地缩小和水质污染,影响了对虾早期发育和种群补充,进而导致了中国对虾捕捞业自20世纪末期开始的衰退。

人类海洋开发活动依附于生态系统,同时又对生态系统造成不容忽视的影响。

三、海洋可持续发展的科学观

生态系统是一个高度的非线性系统。当它受到过度的压力后,就可能发生剧烈的变动,导致良好服务功能的丧失。对湖泊的观测研究表明,湖水的富营养化及湿地的围填等会导致湖泊由水草为主的清澈状态转变成蓝绿藻为主的浑浊状态。而湖泊由浑浊转回清澈有明显滞后特征,修复河流生态系统既耗时又代价高昂。滇池、太湖都是我国湖泊生态系统变异的典型事例,虽然投入几十亿元人民币也没有能够很好的修复。

而海洋可持续发展要求我们:在开发海洋的同时必须重视海洋生态环境的保护。国际上在海洋生态环境管理方面有很多经验值得我们借鉴,例如:

实施基于生态系统的海洋管理和海洋空间规划

实施区域环境管理特别法

建立生态补偿和可持续环境保护财政机制

海洋环境保护与流域管理的综合协调

从20世纪90年代末起,国际社会为防止陆地活动对海洋环境日益严重的影响,提出“从山顶到海洋”的海洋污染防治策略,强调将海洋综合管理与流域管理衔接和统筹,对跨区域、跨国界海洋污染问题建立区域间协调机制。

四、中国海洋的重大生态环境问题

中国海洋生态系统具有地区性和封闭性特征,海洋生物特有种和地方种较多,高度依赖沿岸原始生境条件,生态系统和生物多样性脆弱性明显。从1970年代末开始,中国近海环境日趋恶化,生态系统受损,生态承载力持续下降。与此同时,随着国家新一轮沿海发展战略的实施,海洋可持续发展面临严峻挑战。

(一) 近海富营养化加剧,海洋生态灾害严重

我国近海面临着日趋严峻的富营养化问题,突出表现在:(1) 营养盐污染海域面积广。2000年以来,我国近海未达到清洁海域水质标准的面积均超过13万平方公里,约占我国近岸海域(水深10 m以浅)面积的一半。无机氮和活性磷酸盐是水质超标的主要原因。(2) 河口和海湾区域营养盐污染问题严重。

营养盐污染使我国近海的生态系统呈现出退化迹象,有害藻华和水体缺氧等灾害性生态现象不断加剧。从1970年代至今,我国近海有害藻华发生频率每10年约增加3倍,其分布区域、规模和危害不断扩大。长江口临近海域海底每年夏季都出现大面积严重缺氧的“死亡区(Dead zone)”,会对海洋生态系统产生严重影响。2008年开始,特大规模浒苔绿潮在黄海海域持续出现,经济损失巨大。此外,水母旺发、渔业资源衰退等生态问题也与富营养化有一定关系。

(二) 围填海失控,海洋生态服务功能严重受损

作为向海洋拓展生存和发展空间的重要手段,自新中国成立至今我国沿海已经历了四次围填海浪潮,包括近10年来以城市、港口、工业建设为目的的新一轮填海造地高潮。从1990年至2008年,我国围填海总面积从8241平方公里增至13 380平方公里,平均每年新增285平方公里。随着新一轮沿海开发战略的实施,到2020年我国还有超过5780平方公里的围填海需求,必将给沿海生态环境带来更为严峻的影响。

目前我国的围填海呈现出如下特点:(1) 围填海方式从过去的围海晒盐

(1949—20 世纪 60 年代)、农业围垦(20 世纪 60 ~ 70 年代)、围海养殖(20 世纪 80 ~ 90 年代)转向了目前的港口、临港工业和城镇建设(20 世纪 90 年代至今),围填海的经济效益逐渐提高;(2) 围填海规模持续扩大、速度不断加快;(3) 围填海集中于沿海大中城市邻近的海湾和河口,对生态环境影响大;(4) 在生态环境影响方面,项目的规划与论证大多不够充分,审批周期也短;(5) 管理制度不完善,监管困难。

近十年来,中国因围填海而失去了近 50% 的湿地。2002—2007 年,我国湿地消失速度从 20 km^2/年增加到 134 km^2/年。大规模填海造地对我国海洋生态环境造成了巨大损害,主要表现在:

1) 滨海湿地大幅度萎缩,净化和碳储存等生态服务功能退化;

2) 生境破坏导致海洋生物量下降、多样性降低;

3) 海水动力环境和海岸带景观改变;

4) 围填海速度过快,加剧沿海生态灾害风险。

(三) 渔业开发利用过度,资源种群再生能力下降

渔业的发展在保障我国食物安全等方面发挥了重要作用。但由于选择性低的底拖网长期在渔业作业中占主导地位,并且捕捞强度超过资源再生能力,再加上鱼虾产卵场和孵化场受到各种人类活动的破坏,导致渔业资源量迅速下降或枯竭。过度捕捞还造成渔业生物高值种类减少、个体变小、性成熟提前、营养级下降,渔获物中幼鱼比例显著增加,渔获质量下降。一些传统渔业种类消失,优势种更替加快,生物多样性降低。

海水养殖的发展也对近海的生态环境产生一定影响,鱼虾等投饵性种类的养殖虽占海水养殖产量仅 10%,却是海水养殖污染的主要来源。养殖过程中大量的排泄物和残饵致使水体中氮、磷等营养要素和有机物含量明显增加。规模化养殖对沿岸潮间带生态系统构成很大的压力,引起滩涂湿地、海草床或珊瑚礁等生境的改变,破坏了渔业生物的产卵场和栖息地,影响渔业资源的再生能力。

(四) 陆源入海污染严重,海洋生态环境持续恶化

陆上人类活动产生的污染物质通过直接排放、河流携带和大气沉降等方式输入海洋,成为中国海洋环境恶化的关键因素。陆源营养盐对我国近岸海域污染的贡献率占 70% 以上。近年来,随着点源污染治理取得成效,通过河流输入的农业非点源污染所占比重越来越大,在重点流域农业源高达工业源的 5 倍。

全国入海排污口排放的污染物总量从 2005 年的 1463 万 t 降至 2008 年的 836 万 t,呈显著下降趋势,但“超过污水综合排放标准”的问题仍然严重。大气

沉降是营养物质和重金属向海洋输送的重要途径之一。

（五）流域大型水利工程过热，河口生态环境负面效应凸显

中国大型水利工程数量高居世界第一，世界坝高 15 m 以上的大型水库 50% 以上在我国，绝大部分分布在长江和黄河流域。大型水利工程导致河流入海径流和泥沙锐减，其中 8 条主要大河年均入海泥沙从 1950—1970 年代的约 20 亿吨减至近十年的 3 ~4 亿吨，对河口及近海生态环境产生显著的负面效应。

（六）海平面和近海水温持续升高，沿海和近海生态环境面临新的威胁

海平面上升、水温升高以及海洋酸化为已知气候变化影响海洋环境的重要驱动因素。海平面上升作为一种缓发性海洋灾害，其长期的累积效应将加剧风暴潮、海岸侵蚀、海水倒灌与土壤盐渍化、咸潮入侵等海洋灾害的致灾程度，进而对沿海地区人类的生存环境构成了直接威胁。海水的温度升高将导致海洋生物的地理分布和物种组成格局发生改变，也会引起海洋生态系统的功能和提供的服务发生改变，同时又会通过社会与经济关系以及食物链影响到人类。

五、中国海洋可持续发展的政策建议

与陆地生态系统不同，海洋生态系统具有明显的相互影响、扩散性强的特点，生态系统特别脆弱。尽管中国政府高度重视海洋生态环境保护工作，采取多种应对措施，但与陆地生态环境保护相比，海洋生态环境保护工作仍然薄弱，中国近海环境质量不断恶化，生态系统受损，生态承载力持续下降，严重威胁到中国海洋的可持续发展。随着国家沿海地区发展战略的实施，海洋可持续发展正面临新的形势和挑战。

与 20 世纪 80 年代初相比，中国海洋生态环境问题在类型、规模、结构和性质等方面都发生了深刻的变化，环境、生态、灾害和资源问题共存，且这些问题相互叠加、相互影响，呈现出异于传统发达国家的海洋生态环境问题特征，表现出明显的系统性、区域性、复合性。而在管理方面，我国一是缺少国家海洋可持续发展战略，二是缺少管理协调机制，如缺乏同时包括流域和海洋的战略规划；管理体制机制不顺；法律法规体系不完善；政策交叉与结构缺位；执法效力不够等。

基于上述结论，课题组提出以下政策建议：

建议 1：制定国家海洋和海岸带可持续发展战略

建议由国家发改委会同有关涉海部门，在对《中国海洋 21 世纪议程》综合评估的基础上，研究制定新的“中国海洋和海岸带可持续发展战略”，提出未来 20 年中国海洋和海岸带可持续发展的基本原则、指导方针和战略目标，提出沿海区

域经济发展、海洋经济发展、海洋生态环境保护和资源养护的重点任务,为中国海洋生态环境保护和可持续发展提供宏观指导。“中国海洋和海岸带可持续发展战略”应优先考虑围填海、富营养化和渔业等紧迫问题。

建议 2:设立国家海洋委员会

海洋可持续发展需要实施海洋综合管理,但没有一个单一的部门可以解决海洋可持续发展中出现的综合性和复合性问题。短期内,中国这样的海洋大国实行高度集中统一的海洋管理体制的可能性不大,多部门共同承担海洋管理事务的体制将长期存在。因此,应该通过建立陆海统筹和国家部门间的协调机制,巩固和稳定这种齐抓共管的体制,形成政策合力,以保障目前涉海政策和法律的有效执行。

建议成立国家海洋委员会,由国务院副总理担任“国家海洋委员会”主任一职,委员会主要成员由国务院相关涉海部门的主要领导担任。在成立伊始,国家海洋委员会应高度关注最具特殊性和紧迫性的渤海生态环境问题。

建议 3:建立健全海洋管理法律法规体系

解决中国海洋可持续发展的生态环境问题,需要充分发挥法律、行政、经济政策和手段的综合作用。过去采用了较多的行政手段,未来应该以法律为基础,强化执法能力建设,逐步加强经济手段的应用。

建议全国人大和国务院着手研究和起草“中华人民共和国海洋基本法”,作为实施海洋开发与管理,大力发展海洋经济、保护海洋生态环境,提升可持续发展能力的根本大法。在海洋基本法中,要体现以生态系统为基础管理的基本原则。

建议 4:实施基于生态系统的海洋综合管理

基于生态系统的海洋与海岸带综合管理强调以自然生态系统为管理单元,被国内外学术界和管理界认为是解决跨行政区域、跨部门的环境与生态问题的有效途径。建议政府近期采取 7 方面基于生态系统的海洋管理行动:

行动 1:修编海洋功能区划应以生态系统为基础

行动 2:建立围填海红线制度

行动 3:建立海洋生态补偿制度

行动 4:建立海洋保护区网络

行动 5:加强受损海洋生态系统的修复与恢复工作

行动 6:加强海洋生物资源养护与增殖

行动 7:发展碳汇渔业新模式

建议 5:制定防控流域对海洋负面影响的最优方案

陆源污染和大型水利工程对河口和近海环境与生态系统造成了严重的负面

影响。为减少这些影响,课题组建议制定最优方案控制流域－河口污染,并加强流域水利工程对河口水沙调控的综合管理

建议 6:加强长期、科学、陆海一体化的生态环境监测和预测

长期、连续的海洋环境监测数据和深入的海洋科学研究是科学决策、有效解决海洋生态环境问题的基础。课题组建议采取三方面行动,以克服我国目前环境监测网络分割、监测参数和指标不尽相同的矛盾。

建议 7:健全海洋重大污染事件风险预警及应急响应制度

建议 8:加强海洋意识宣传与建立公众参与制度



苏纪兰 1967 年美国加州大学伯克利分校博士。曾任教于美国,1977 年获佛罗里达州立大西洋大学海洋工程系终身任教权。1980 年迄今任国家海洋局第二海洋研究所副教授、教授、所长、名誉所长。曾任国家海洋局海洋动力过程与卫星海洋学重点实验室主任(1999—2000 年)。并任中科院地学部副主任(1992—1998 年、2004—2006 年)、联合国政府间海洋学委员会主席(1999—2003 年)。当选为中国科学院院士(1991 年)、第三世界科学院院士(1994 年)、俄罗斯自然科学院外籍院士(1999 年)。

长期致力于物理海洋学环流动力学研究,作为中方首席科学家共同主持中日黑潮合作调查研究(1986—1992 年),并于 90 年代与我国台湾海洋学者对南海多次进行海盆尺度的同步合作调查。1991 年起与渔业海洋学家共同推动我国海洋生态系统动力学的发展,并共同主持“渤海生态系统动力学”国家自然科学基金重大项目(1997—2000 年)。曾任国家科委海洋高科技专项专家组组长(1995—1996 年)、863 海洋高技术领域(820)主题专家组组长(1996—2001 年)、973 专家顾问组成员(2007—至今)。先后主持过多项中科院及国家咨询项目。

我国海湾环境现状与挑战

冯士筰 等

中国海洋大学 环境科学与工程学院,青岛

一、前言

海湾是洋或海延伸进陆地且深度逐渐减小的水域,它得天独厚,汇集了海域和陆域的资源优势,吸引大量的人口和经济日益趋海移动。自古以来,海湾就是人类活动密集的区域,尤其是近年来,海湾不仅提供牧渔耕海及舟楫之便,油气开采、制造业、石化工业,以及各种新兴海洋产业更是方兴未艾,海湾因而成为受人类干扰最严重的海域。又因其具有半(准)封闭、水浅、水交换能力较弱,生态脆弱等特征,随着开发活动不断增强,海湾的环境问题日益突显,水质下降、水华频发、物种多样性丧失、排污事故时有发生。如同世界上其他海湾一样,在自然演变与人类活动的双重影响下,我国海湾环境正承受着巨大压力,成为我国海洋环境问题最为集中的区域,并面临着更大的挑战。

二、海湾环境现状

(一)岸线滩涂

目前,导致中国海岸线变化的主要因素已经从入海泥沙,发展到人工围填海工程。大规模的填海造陆使岸线长度比建国初期缩短了近 2000 km[1],岸线形态趋于平直,浅水区等深线向湾内收缩,天然滩涂湿地损失率达 85%,而且破碎化程度严重[2]。这些重要生境的丧失和破碎,成为导致海洋生物多样性下降的最主要原因,也明显降低了滩涂湿地对污染物的净化功能。同时,沿岸工程改变了海滩的动力条件,人工建筑与岸路成为堤坝,不仅切断了陆源向海滩供沙的通道,也阻挡了进流越堤,从而形成强有力的退流冲刷海滩,加速海岸侵蚀[3],从而使海岸工程的稳定性下降。

（二）水文状况

1. 温度场

海湾较少受外来流系和水团的影响，海表温度（SST）变化大体上与气温一致，近百年来以上升趋势为主，年均变率为0.012～0.039℃。在冬季和春季升温最显著，夏季和秋季水温的变化呈非线性波动，且在垂向各层具有相同的变化趋势。SST变化基本呈阶梯型上升，具有5～7a的变化周期，与ENSO变化有密切关系[4,5]。随着临海工业的发展，工厂温排水对海湾水温的影响较明显。自1994年大亚湾核电站运行后，大亚湾局部海域SST上升可达1～3℃，远大于同期南海SST的增幅0.44℃（1982—2006）[6]。SST上升后，海水层化现象增强，垂向混合和海水的对流效应弱化，不利于营养盐补充。SST上升还能导致浮游生物群落结构改变，生物量下降，珊瑚等生态系统退化。

2. 盐度

由于降雨、蒸发和入海径流量具有明显的年际变化，近几十年来中国海湾盐度波动较大[7,8]。如：1962—1980年间胶州湾盐度明显升高，自1981年降水量增加后，盐度则呈现下降趋势。1961—1996年，黄河入海流量持续锐减，致使渤海特别是莱州湾盐度升高，其夏季温盐场的变化导致流场结构变化，温盐环流的位置、流向明显改变，与黄海的水交换量也随之减少[7]。近年来，海水淡化排海浓盐水，引调外来水等工程，也成为改变海湾盐度场的因素。如深圳湾，引调大鹏湾海水稀释污染，造成了深圳湾水体的盐度变化[9]。盐度改变对海湾产卵场、育幼场和生物群落结构及分布均有重要影响。

（三）水动力环境

1. 纳潮量

纳潮量是指海湾内介于高、低潮位之间的蓄纳潮水的空间，其大小能够反应海湾的自净能力。由于大规模的围填海工程，海湾水域大面积减少，其纳潮量相应呈现快速下降趋势。目前同安湾和厦门西海湾的纳潮量（与1955年相比）减少了23.7%～55.9%[10]。深圳湾纳潮量减少15.6%[11]。在近150年（1863—2008）的时间里，胶州湾的面积缩小了38.6%，2005年纳潮量比1863年减小了19%，其中1935年以后纳潮量的缩小速率大约是1935年以前的250倍[12]。纳潮量的大幅度下降，使海湾更易受污染而很难恢复。

2. 水动力场

海洋工程与岸线自然演变造成的地形变化，均显著影响了海湾水动力场，引起了潮流、环流和波浪场的变化。杭州湾跨海大桥建成后，改变了钱塘江上、下

游的涨落潮位[13]。围填海后,胶州湾两个强流涡余流速度减少,流涡中心向东南方移动,余流场也变弱或消失,流速最大减少达 0.90 m/s[14]。曹妃甸工程后,海域内波高、波周期明显减小[15]。投放人工鱼礁,则产生上升流和背涡流,将沉积于底泥的营养盐携带至上层。围涂填海后,厦门西海域和同安湾流速减小幅度达 20% ~70% 以上(相比 1955 年)[10];而渤海湾西北角的顺时针流环在新地形下消失,并表现为较强的逆时针流,南部流环由于受到西部强逆时针流的影响而变弱,流环半径减小[16]。尽管单个海洋工程对海湾的影响范围不大,如在杭州湾大桥桥位外,水流速度降幅一般在 6% 以内[13],距威海湾新港工程 1.5 km 以外的海区水动力条件也基本不变[17],但是在较长时间段内,多个海洋工程的累积效应却比较明显。因此,对海洋工程的环境影响及累积环境效应,开展充分、科学的评估是很有必要的,但是,目前我国海洋工程对海洋环境的负面影响往往超出施工前的评价预测值[18]。

海洋开发活动引起海湾地形改变,也加剧了风暴潮等海洋灾害的危害程度。研究表明,围涂引起的平面边界改变、地形抬升成为影响杭州湾风暴潮的主要因素,已有围涂使杭州湾极端风暴高潮位抬升 1.85 ~0.09 m;规划围涂后,杭州湾风暴高潮位总体抬升,抬升值最大的湾中部为 0.25 m[19]。同时,沿海滩涂防护林大面积受损,海湾失去了波浪消能的空间,抵御风暴潮、储水分洪及护岸保堤等调节能力大幅度下降,也将加重风暴潮灾害程度。特别在长江口以南的热带气旋风暴潮灾害敏感区,大量沿海天然红树林(69.9% ~80%)丧失后[2],将加大风暴潮的灾害程度。

3. 水交换与污染物输运

由于海湾污染物分布与水动力场有很强的相关性,流场改变将导致污染物浓度场的变化。海湾具有半(准)封闭的特征,水深较小,海水难于交换,容易受到污染;因海洋工程导致的纳潮量下降,潮流流向改变和流速降低,更不利于污染物的稀释与扩散,因而深圳市西海岸海水普遍达不到三类水标准。胶州湾的水交换时间从 1952 年的 59 天,急剧增加至 2008 年的 80 天,减弱了污染物输运能力[14]。由于许多海湾开发程度较大,如桑沟湾养殖面积已经超过全湾的 50%,高密度筏式养殖活动带来的潮流上边界层的存在,桑沟湾的流速减小 40%,平均半交换时间延长 71%[20],不利于污染物质的输移和扩散。因水交换时间延长,部分海湾的物理净化功能降低,其自净作用逐渐依靠生化降解,大大影响了海湾的总体净化能力。

(四)海水和沉积物化学环境

河流与沿岸排放的入海污染物种类不断增加,从一般污染物向有毒有害污

染物扩展;由城镇生活污水、养殖废水,向生活污染、工业污染等复合污染转变。不仅开发程度较高的海湾(如莱州湾、渤海湾等)受污染较严重,一些开发程度较轻的海湾也存在着不同程度的环境恶化问题。尽管北部湾整体上属较清洁海域,表层沉积物中重金属铜、铅、镉、砷和汞属清洁级,但河口附近海区重金属污染已比较严重,铬超过沉积物二类标准[21],内湾有机污染已加重到严重污染的程度[22]。

近数十年来,海湾营养盐浓度呈现增加趋势,高值区主要集中在明显受陆源影响的沿岸邻近海域。海湾营养盐的结构也发生了很大变化,尤其是氮磷比例严重失衡,硅氮比虽有所上升,但仍然低于 Redfield 比值,浮游植物生长的营养盐限制也可能由磷限制转变为硅限制[6,23]。在富营养化海湾,在 SST 上升导致水体强烈层化,以及生化耗氧等过程的共同作用下,底层水体出现了季节性缺氧现象。近年来,由于在某些海湾采取了环保措施,水体氮磷比值开始下降,缓解了氮磷比严重失衡的状态,海湾营养化程度得以好转。相对于河口、大洋型赤潮的次数有所升高,海湾型赤潮的发现次数呈下降趋势[24]。

(五)生物量与物种变化

受营养结构、温度、盐度以及透明度等因素变化的影响,海湾生物量波动较大。近 30 年来,胶州湾浮游植物量[25]、浮游动物生物量呈现明显的上升趋势[26]。优势种组成也出现了变化,总体上是暖水种、甲藻类比例增加,甲藻取代硅藻成为优势种,这是对全球变暖和人类活动(如入海泥沙减少、硅酸盐含量下降)的响应。与 20 世纪 90 年代相比,胶州湾浮游动物种类发生了变化,浮游动物多样性明显增加,这主要受胶质类浮游动物(特别是水母类和被囊类)增加的影响,这一改变是海洋生态系统对全球综合变化的响应。浮游生物量的季节变化规律也明显改变,生物量高峰期由夏季变为春季,这种变化与一些富营养化海域的变化规律相一致。在大亚湾,浮游动物丰度分布明显受大型建设工程和人类活动的影响,生物量季节变化由原来的双峰型变为单峰型;生物量密集中心有向湾外逐渐推移的趋势,提示浮游动物生物量有降低的可能[27],而底栖生物量波动较大,呈现出明显的下降趋势。

三、面临的挑战

综上可知,随着开发力度的加大,我国海湾环境正承受着巨大的压力,海域环境发生了显著的变化。而在未来的海洋发展规划中,已清晰地勾勒出海湾的重要战略地位。在一个新的历史起点上,海湾发展机遇与挑战并存。

(一) 全球变化

从中长期看,全球变暖导致海平面上升,是引起大范围岸线变化的重要因素。中国海海平面的上升速率为 0.593 cm/a,但不同海域的海平面变化趋势存在差异,总体高于全球海平面上升率(+2.1 ±1.3) mm/a[28]。近十年来,相对海平面上升对岸滩侵蚀后退的贡献为 2% ~6%,预计未来 100 a 岸滩后退将超过 300 m[29]。由于海湾是人口、经济高度密集区域,海平面上升后,各类码头、厂房、城镇用地,大多处于被淹没区。可见在海岸工程规划中,如何考虑海平面上升的影响是不可忽视的。

从大气环流的影响来看,由于全球气候变暖,1976 年后中国近海上空的冬、夏季风变弱,海表风应力相应减弱(尤其是经向风应力);海表水温明显上升,增加赤潮发生的几率。同时,近海上空大气环流辐散增强,不利于近海上升流的形成,对沿岸水域营养盐的输送产生影响[30]。

人类活动释放的二氧化碳,不仅导致气温上升,还可导致海洋酸化。在较强的酸化程度下(pH 5.5),藻体的光合和钙化过程将受到强烈抑制,从而危及海洋初级生产力过程[31],也可能加大重金属对底栖生物的急性毒性效应[32],对海洋生物造成巨大影响。

(二) 海洋开发

2008—2011 年,国务院批复了一批涉及海洋经济与海洋开发的发展规划(包括了自北的“辽宁沿海经济带”至南的“广西北部湾经济区”等十多个发展规划),使这些区域发展规划从地方战略上升为国家战略,为海洋经济与战略发展增添了新内涵。而这些开发区主要布局在海湾,随着钢铁、石化、电力等工业的趋海化,以及海湾城市相应的发展,势必增加对围填海等各种海洋工程的需求,也会造成更大的入海排污压力。已经“难堪重负”的海湾,将成为我国环境与经济问题最为突出的海域。

综观数十年的海洋开发,经济发展对海湾环境的负面影响相当明显,部分海湾的污染负荷达到或接近极限。深圳湾的可围垦海涂与水环境容量几乎降至极限[33]。对渤海而言,假设污染物排入量随着经济增长每年增长 5%,在未来的 5 ~10 年内,石油类、活性磷酸盐、无机氮的浓度将超过一类水质标准,10 ~40 年内超过四类水质下环境容量极限值;假设随着经济增长污染物排海量每年增长 10%,6 ~12 年内,将超过四类水质下环境容量极限值。现阶段,我们需要清楚地看到海湾新发展的重要战略意义,又必须清醒地认识到海湾面临的环境危机。如何修复海湾环境,从而协调海洋经济发展的问题值得深思。

（三）公众环境意识

海湾面临的重要挑战还在于，调和经济发展与海湾保护的尖锐矛盾。一旦面临环境与经济的取舍，在不少公众的意识中，认为谋发展要将“GDP”放在首位的观念可谓根深蒂固。但是，不惜代价的“GDP”只能援一时之援，兼顾环境、科教兴海方为长久之计。令人欣慰的是，随着对海洋的深入认识，公众的环境意识正逐渐增强，许多重大海洋工程都能注重科学论证。例如，在曹妃甸填海工程规划中，多次优化了方案，恢复原浅滩潮流系统，使纳潮河的潮流更顺畅，岸线明显增加；保护港口潜力区和产油区，减轻了对海洋环境的损害[34]。2010 年，香港市民朱绮华提出，环保署批准港珠澳大桥的两份环评报告，没有评估臭氧、二氧化硫及悬浮微粒的影响，需要司法复核，香港法院尊重民意，不惜付出 88 亿港元延误工程的费用，“叫停”港珠澳大桥[35]。由此可见，公众渐渐以理性的态度，从科学的视角积极参与海洋开发，有利于促进海湾管理政策的合理性。然而，如何引导更广泛、更有代表性的公众参与环境决策，如何拓展公众参与海洋环境的形式和深度，并使这种参与不流于形式，都是保护海湾环境中值得关注的问题。

（四）海洋人才培养

由于海洋环境的复杂性，开发和保护海洋更需要学科交叉、知识融合的复合型人才。海洋新经济的发展，尤其需要一批掌握海洋科学理论和应用技能，既精通海洋专业技术；也谙熟海洋规划管理，知识、能力并重的高素质人才。为培养高素质的海洋人才，适应快速的海洋发展，我国各沿海省（市）相继成立了海洋院（系）或涉海专业，海洋人才培养初具格局。但现阶段涉海专业结构尚欠均衡，较侧重于渔业捕捞、船舶工程等传统海洋产业，而在油气资源、新能源资源，以及一些新兴的海洋产业，如：海水利用、生物育种和健康养殖等、海洋生物医药（基因提取、制药等）、海洋电力，以及现代海洋服务业等方面，仍有很大的人才缺口，难以满足海洋新开发的需要。而且，现有海洋人才的知识结构与用人单位需求仍存在一定的矛盾。目前从事海洋基础科学、工程技术研究的人员分别占 64.70%、33.24%[36]，难以满足不断增加的海洋工程建设的人才需要。要调和人才供求矛盾，除了学校加强理论与实践相结合，培养兼具理论知识与应用能力的人才外，尤为重要的是，用人单位需要建立对员工的培训制度，才能不断提高从业人员的海洋科学素养与业务技能，从而为海湾的合理开发和保护提供人才支撑。

参考文献

1. 吴壮,等. 严控填海造地,保护海洋生态. 中国渔业报,2008.

2. 赵玉灵. 近 30 年来我国海岸线遥感调查与演变分析. 国土资源遥感,2010(S1).

3. 季小梅,等. 三亚海岸演变与人工海滩设计研究. 第四纪研究,2007,27(5):853 - 860.

4. 伍玉梅,等. 1985—2005 年东海海表温度时空变化特征分析. 海洋学报,2012,33(6):9 - 18.

5. 张秀芝,等. 近百年中国近海海温变化. 气候与环境研究,2005,10(4):799 - 807.

6. Chen X, Gao H, Yao X, et al. Ecosystem - Based Assessment Indices of Restoration for Daya Bay near a Nuclear Power Plant in South China. Environ Sci Technol 2010.

7. 吴德星,等. 渤海盐度长期变化特征及可能的主导因素. 自然科学进展,2004,14(2):191 - 195.

8. 何本茂,等. 钦州湾近 20 年来水环境指标的变化趋势 Ⅶ:水温,盐度和 pH 的量值变化及其对生态环境的影响. 海洋环境科学,2010(1):51 - 55.

9. 陈介中,等. 引调大鹏湾海水对深圳湾的影响. 深圳特区科技,2005(11):248 - 257.

10. 陆荣华. 围填海工程对厦门湾水动力环境的累积影响研究. 国家海洋局第三海洋研究所硕士论文, 2010.

11. 郭伟,等. 深圳围海造地对海洋环境影响的分析. 南京大学学报:自然科学版,2005,41(3):286 - 296.

12. 周春艳,等. 胶州湾近 150 年来海岸变迁. 中国海洋大学学报:自然科学版,2010,40(7):99 - 106.

13. 韩海骞,等. 杭州湾跨海大桥对钱塘江河口水流的影响. 东海海洋,2002,20(004):57 - 63.

14. 刘建波. 胶州湾 60 年岸线变化对水动力影响研究. 中国海洋大学硕士论文. 2010.

15. 勾鸿量,等. 曹妃甸工程对海域波浪场的影响. 华北水利水电学院学报,2009,30(5).

16. 王悦,等. 地形变化下渤海湾 M2 分潮潮致余流的相应变化及其对污染物输运的影响. 中国海洋大学学报:自然科学版,2006,36(1):1 - 6.

17. 冯秀丽,等. 威海靖海湾港区张家埠新港建设对泥沙冲淤影响预测分析. 海洋科学,2011,35(3):72 – 76.

18. 王曙光,等. 由钢铁混凝土岸线带来的思考:海洋工程环境影响后评价. 海洋学研究,2009,(B07):90 – 96.

19. 谢亚力,等. 钱塘江河口围涂对杭州湾风暴潮影响数值模拟. 海洋工程,2007,25(3):61 – 67.

20. 史洁,等. 半封闭高密度筏式养殖海域水动力场的数值模拟. 中国海洋大学学报:自然科学版,2009,(6):1181 – 1187.

21. 廉雪琼. 广西近岸海域沉积物中重金属污染评价. 海洋环境科学,2002,21(3):39 – 42.

22. 蓝文陆. 近 20 年广西钦州湾有机污染状况变化特征及生态影响. 生态学报,2011,31(20):5970 – 5976.

23. 孙晓霞,等. 胶州湾叶绿素 a 及初级生产力的长期变化. 海洋与湖沼,2011,42(5).

24. 赵冬至,等. 我国海域赤潮灾害的类型,分布与变化趋势. 海洋环境科学,2003,22(3):7 – 11.

25. 孙晓霞,等. 胶州湾网采浮游植物群落结构的长期变化. 海洋与湖沼,2011,42(5).

26. 孙松,等. 胶州湾浮游动物群落长期变化. 海洋与湖沼,2011,42(5).

27. 杜飞雁,等. 大亚湾海域浮游动物生物量变化特征. 海洋环境科学,2006,25(A01):37 – 39.

28. 王海瑛,等. 中国近海 1992 – 1998 海平面变化监测与分析. 测绘学报,2009(z1).

29. 施伟勇,等. 杭州湾北岸岸滩变化对海平面上升的响应——以龙泉 – 南竹港岸段为例. 海洋学研究,2012,29(4):77 – 82.

30. 蔡榕硕,等. 我国近海和邻近海的海洋环境对最近全球气候变化的响应. 大气科学,2006,30(5):1019 – 1033.

31. 徐智广,等. 高浓度 CO2 引起的海水酸化对小珊瑚藻光合作用和钙化作用的影响. 生态学报,2012,32(3):699 – 705.

32. 杨世超. 重金属铜,镉及海水酸化对底栖猛水蚤的毒性研究. 中国海洋大学硕士论文,2010.

33. 朱大奎. 深圳海岸海洋环境与空间规划研究. 第四纪研究,2005,25(1):45 – 53.

34. 尹延鸿. 曹妃甸浅滩潮道保护意义及曹妃甸新老填海规划对比分析. 现

代地质,2009,23(2):200 - 209.

35. 新华网. 香港老太较真致 700 亿港珠澳大桥缓建的启示. http://news.xinhuanet.com/fortune/2011 - 04/21/c_121329310.htm 2011.

36. 国家海洋局海洋发展战略所课题组. 中国海洋发展报告. 北京:海洋出版社,2011



冯士筰 1937 年生于天津,物理海洋和环境海洋学家。1962 年毕业于清华大学工程力学数学系。1997 年当选为中国科学院院士。中国海洋大学教授。与合作者提出了超浅海风暴潮理论和数值预报模型,主持完成了国家“七五”和“八五”重点科技攻关风暴潮专题,为我国风暴潮数值预报的发展作出了突出贡献。提出了一种拉格朗日余流和长期物质输运的理论模型,建立了以拉氏时均速度的最低阶近似—物质输运速度来体现浅海环流速度基本场的新理论框架,导出了浅海潮生—风生—热盐环流基本方程组,建立了一种新型的长期输运方程。与合作者提出的新型长期输运方程式已用于美国 Chesapeake 湾时均盐度场以及富营养化问题和渤海营养盐、初级生产问题等的模拟和预测,建立的斜压浅海环流方程组应用于渤海、黄海、东海环流的数值模拟和机制研究。代表作有《风暴潮导论》和《浅海环流物理和数值模拟》。

全球变化背景下“流域—海洋综合管理战略”

洪华生 等

近海海洋环境科学国家重点实验室，
厦门大学海洋与海岸带发展研究院，厦门

一、流域—海洋的综合管理：现实的需求

（一）海洋许多环境和生态问题源于陆地人类活动

当前海洋特别是近岸海域生态系统的健康状况日益恶化，集中表现为资源衰竭、生态退化和环境污染等问题。过去数十年来，已记录的有害赤潮发生率显著上升，珊瑚礁、海草床、红树林等重要生境不断遭受破坏，许多海洋生物尤其是海洋哺乳动物濒临灭绝。这其中，许多海洋环境和生态问题主要是源于陆地人类活动的巨大影响。废水排放、大坝建设、调水工程、城市化、土地利用变化等人为活动主要发生在陆域，但对海域环境产生直接影响。据估计，海洋污染的80%来自陆源，而且污染物入海量还在持续增加；沿海大规模围填海也导致生境退化、水体自净能力下降等问题。

（二）流域—海洋是一个地理上的空间连续体，是陆海相互作用的大生态系统

河流持续不断地向海洋输送各种物质，除了淡水和泥沙外，还包括流域社会经济发展和各种人类活动产生的大量污染物，如过剩的氮磷营养物质、有毒有害污染物质等。与此同时，咸水入侵加剧了沿海地区水资源短缺；来自海洋的热带风暴、寒灾等各种极端天气事件，带来洪水泛滥等问题。

（三）全球变化加剧了流域—近岸海域的环境与生态问题

在气候变化和人为活动的叠加影响下，海岸带区域成为地球系统中最为脆弱的地带。在全球变化情势下，近岸海域面临着海平面上升、海水酸化等新挑战，热带风暴、洪涝、干旱、赤潮等极端事件和环境灾害日益增多增强。

传统的以部门分割、海陆分割、行政区域分割为特点的海洋管理模式已经无法解决日益严重的跨区、跨界的资源与环境问题,更无法适应人类活动和全球变化双重挑战。海洋管理战略必须考虑相互联系的整个生态系统,转变传统的管理模式,向陆海统筹管理的理念转变,即必须实施流域—海洋的以生态系统为基础的综合管理战略。

二、流域—海洋的综合管理战略:从规划到行动

流域—海洋综合管理的基石是基于生态系统的管理。基于生态系统的管理是考虑包括人类在内的整个生态系统的综合管理途径。这种途径全面考虑生物和非生物资源的所有联系,而不是孤立考虑单个问题;综合考虑人类活动、他们的收益以及活动对更广阔的生物和物理环境的影响。基于生态系统的流域—海洋管理要求对目前价值观、管理体制和管理实践进行巨大的变革。这就要求重新审视目前的海洋管理体制(包括机构设置、职能划分、法律框架、决策制定等),以及运行机制(包括协调机制、激励和约束机制)。

(一)在生态系统的尺度制定流域—海洋综合管理规划

基于生态系统的流域—海洋综合管理的边界,要求从原来的以战争和政治决定的行政界线转变为以生态系统的界线为边界。由于基于陆地的活动与海洋环境之间的联系密切,管理范围应该从原来的海洋—近岸系统一直延伸到整个流域,包括流域—河口—近岸—海洋整个系统。因此必须在生态系统的尺度上制定流域—海洋综合管理的规划。在制定规划时,除了考虑环境与生态系统目标外,还必须考虑系统内各方共同利益和问题。只有能够增加、改善各方的经济福利的规划才能得到有效实施。

制定的规划还需要进行战略环境评价,从决策源头考虑人类活动的负面环境影响。由于流域—海洋综合管理规划往往涉及流域—海洋的多个行政区、多个部门、多种自然资源和(或)多种开发利用方式,因此,通过其战略环境评价,实现多技术的集成,可以有效解决多行政区、多部门、多种资源利用方式的矛盾和冲突,从而为流域—海洋综合管理决策提供科学依据,实现海洋陆地综合、科学管理综合和管理部门综合。

(二)建立高级别的流域—海洋综合管理协调机构

基于生态系统的流域—海洋综合管理的管理范围跨越了很多的行政管理边界,目前的体制下没有一个管理的主体和有效的协调机制。针对跨行政区域协调困难的特点,应该建立高级别的协调机构来协调各部门和各地方政府的行动。

对于跨省的流域、海洋，如渤海流域、长江流域等，建立国家级的区域海洋管理委员会，负责统一组织、部署、指挥和协调各部门、各地区间的行动；在省内各海区及与海洋相连的流域建立高级别的流域—海洋综合管理委员会或利用城市联盟机构。

同时设立区域海洋管理咨询委员会，负责为委员会制度提供决策咨询。咨询委员会的成员除了政府代表外，还必须包括利益相关者、公众和专家代表，并且这些非政府代表的比例不得低于 51% ，以便更好地反映民众、利益相关者的意见和建议，形成共同的愿景。

（三）建立有效的考核、约束和激励机制

建立行政区域断面责任考核标准和机制，实行区域环境保护行政领导责任制，将环境管理的绩效与地方领导的政治升迁挂钩。

在生态系统尺度建立可持续的财政机制。足够的财力、有效的财政机制是流域—海洋综合管理项目成功的关键。流域—海洋综合管理涉及的各行政区经济发展水平、财政能力不同，参与环境治理的积极性不一样。因此必须在全流域的尺度建立环境治理的财政机制。

（四）制定综合的流域—海洋管理法规

我国目前涉及流域和海洋有很多的法律、法规和标准，大都以部门立法为主，缺少统一的流域综合管理法规；各流域的综合管理法规要考虑整个流域的社会、经济发展的需要和环境保护的需要，考虑经济发展水平的差异来进行制定。法律还必须厘清、理顺省直各相关机关的职能，特别是环保、水利、林业、农业、规划和国土部门之间的分工，明确地方政府在流域综合管理中的权利和义务，以促进部门协作，真正推动治理工作。

三、加强长期、科学、陆海一体化的生态环境监测和预测

长期、科学、连续的海洋环境监测和预测是科学决策、有效解决海洋生态环境问题的重要技术手段。鉴于我国目前环境监测网络的分割、监测数据矛盾的现状，必须加强长期、科学、陆海一体化的生态环境监测和模拟预测的研究和工作。通过构建实时、高效、可业务化运行的流域—海洋水环境信息共享与应用平台，将分散、异构的信息资源集成在一起并统一管理，为流域—海洋水环境的实时动态监测和评价、水环境动态模拟与预测以及综合业务化管理提供基础数据支撑和成果展示平台。

集成流域污染源模型、河流和近海水动力和水质生态模型，建立可视化、可

运行的流域—近岸海域水环境动态模拟模型。通过建立的模型,开展重要近海流域各县域交界断面、陆海断面及特殊基准控制断面的主要污染物通量计算,为流域和海域生态补偿和责任考核提供依据;开展流域和海域水环境动态变化模拟分析工作,结合非点源污染物分析模型—水动力模型—环境生态动力学模型,开展主要污染物的溯源分析,为区域入海污染物的总量控制提供基础数据和分析手段;开展流域—河口—近海系统水环境安全突发事件的跟踪预警计算,并结合情景分析方法,为藻华、溢油、危险化工品泄漏等突发事故的应急预警、处置提供技术支撑。

提高风暴潮预警预报技术、风暴潮漫滩漫堤技术、风暴潮灾害评估技术和风暴潮灾害应急防范技术,以改善风暴潮业务化预报水平和风暴潮防灾减灾能力,同时完善风暴潮突发灾害应急管理机制。加大对海平面变化的物理机制、预测技术、灾害评估、防范措施等方面的研究,为应对未来海平面变化进行必要的技术储备。

四、建立流域上下游和海洋生态补偿制度

(一)基于环境责任的流域上下游的生态补偿

从20世纪90年代后期开始,我国的很多流域开始实施流域生态补偿方案。从实施效果看,上下游都存在诸多不满。下游地区抱怨他们每年都对上游补偿,但是仍然没有得到清洁的水;而上游则认为与他们付出的巨大努力相比,下游的补偿只是杯水车薪。与环境责任不相匹配的流域生态补偿方案成为影响生态补偿实施效果的重要因素。因此必须建立基于环境责任的流域生态补偿标准。

基于环境责任的流域生态补偿首先必须在考虑公平和基本环境目标的基础上,建立界定流域各方环境责任的模型,得到流域各方应该承担的污染削减量和污染削减成本;然后在考虑削减效率和环境目标的基础上,建立流域—海洋污染削减最优方案,得到要求流域各方的削减量和削减成本。要求流域各方承担的污染削减成本与流域各方应该承担的污染削减成本之差即为基于环境责任的流域生态补偿标准。

(二)建立流域—海洋流域营养盐削减最优方案

营养盐污染是困扰世界各国的主要水环境问题之一。由于营养盐来源的多样性和复杂性、流域营养盐污染削减需要巨大投入,研究达到预定环境目标、成本最小的营养盐削减最优方案成为国外,特别是发达国家学术界和管理界关注的热点领域,而国内在此领域研究还很少。我国目前的实践大都要求各行政区

域等比例削减营养盐排放,没有考虑流域营养盐削减量在各子流域的合理分配以及由此带来的削减成本优化。这种等比例营养盐削减策略在经济学上是低效率的,实践中往往是付出巨大削减努力却没有达到营养盐削减目标。从我国经济发展水平以及由此导致的污染削减财政承受能力的制约考虑出发,实施营养盐削减最优方案——达到预定环境目标、削减成本最低的各子流域削减规模、削减措施的最优组合,是解决严峻的营养盐污染问题的有效途径。

(三) 围填海的生态损害补偿

在近 50 年的时间里,为解决“土地赤字”而实施的围填海使我国海岸带湿地面积减少了 50%,红树林面积减少了 75%。湿地面积的减少导致海洋生物多样性锐减,渔业资源严重衰退。进入 21 世纪,我国又面临新一轮规模大、速度快的填海造地压力。急需寻找新的手段控制围填海造地。

实施围填海生态损害补偿——要求围填海的责任方承担围填海环境与生态损害的全部成本,将围填海活动的环境外部性内部化,已经被学术界和管理实践证明是有效的控制围填海的经济手段。

围填海生态损害补偿方式主要包括两种:货币补偿和生态修复。货币补偿即评估围填海生态损害并将这些损害货币化,要求责任方以货币的方式补偿生态损害的全部成本。生态修复即对围填海造成的资源及服务进行评估,要求责任方将受损的资源和生态系统服务修复到没有破坏前的状态。围填海生态损害补偿制度的实施关键是建立围填海生态损害补偿标准(货币补偿)和制定合理的生态修复计划。

五、提出若干建议

(一) 组织自然科学与人文科学科技力量共同研究流域—海洋综合管理关键科学和政策问题

水环境与生态系统的动态变化和复杂性及其与社会经济系统的交互作用是流域—海洋综合管理的最大技术挑战。人为活动与气候变化对海洋生态系统的叠加影响过程及相互反馈机制人们还了解甚少。科技与管理之间的对接机制尚未真正建立,流域—海洋综合管理的科技支撑能力薄弱,成果转化应用有限。建议构建“大科学”研究平台,整合各个领域科技力量,推动跨学科交叉与综合研究创新,打破高校、研究所和区域间的科技资源限制,通过政策引导,加强组织自然科学与人文科学队伍共同研究流域—海洋综合管理关键科学、技术和政策问题。当前特别需要在如下几个方面加强研究。

1. 全球变化对流域—海洋环境和生态的影响及适应性对策

流域—海洋生态系统的重要组分和关键过程对全球变化的响应机制方面的研究还比较薄弱,包括加强流域、河口、沿海各种不同类型湿地对气候变化、海平面上升、海洋酸化、极端气象事件等全球变化过程的响应规律的研究,全球变化对重要濒危物种的影响研究,流域—海洋生态系统水文过程对全球变化过程的响应规律的研究,全球变化对营养盐循环过程的影响机制研究,等等;在此基础上提出提高气候变化适应对策。通过主体功能区划、海洋功能区划、生态功能区划、环境功能区划等空间优化管理途径加强产业发展空间布局的优化,来适应和减缓全球变化的挑战。

2. 统筹陆海污染控制政策与技术研究

组织开展包括陆源污染量化技术、污染削减场址优化技术、流域尺度排污权交易机制、生态补偿机制等政策研究。在工程技术方面,组织开展针对城镇生活污染、农田污染、畜禽养殖污染、速生林污染的各类控制技术的示范和推广、河流海湾生态恢复工程措施的集成优化和转化应用。

3. 陆—海突发环境事故的生态系统损害评估与修复

对污染物事故性排放、溢油、核泄漏、藻类爆发等陆—海各类突发事故,应通过监测方案的充分论证,布设重点观测站位(剖面)和代表性样点、设计合适的采样频率和合理的监测指标,综合运用人工监测、自动浮标监测、遥感监测等方法,进行大面观测、定点过程性观测、剖面观测和室内模拟实验,从而实现对突发事件的实时动态监测与应急预警,在此基础上针对不同类型事故,在物理、化学到生物、生态到生态系统服务等各水平建立系统的受损生态系统评估体系,并研究操作性、适用性强的生态修复的技术方案。

(二)流域—海洋综合管理与预报决策平台的构建技术及其信息共享政策

环保部门、海洋部门和研究机构共同构建数据和信息共享平台,提高流域—海洋环境数据的共享度和开放度。信息共享平台可实现流域、近海多元数据的自动采集,流域—海洋化学、生物、物理等指标的动态监测与评价,水质预测与应急预警等,是流域与海洋综合管理不可或缺的技术支撑。

(三)试点推行、建立若干流域—海洋综合管理示范区

借鉴国际区域海洋管理的先进经验,建立若干陆海污染统筹控制示范区(如长江、珠江、九龙江—厦门湾—台湾海峡),摸索建立具有地域性特点的流域海洋综合管理的体制和运行机制,以积累经验,有效推动流域—海洋综合管理模式、管理机制与管理体制的创新发展。



洪华生 厦门大学教授,博士生导师。美国罗德岛大学海洋学博士(1984),近海海洋环境科学国家重点实验室名誉主任、厦门大学海洋与海岸带发展研究院首席科学家;国际海洋科学委员会(SCOR)副主席(2006—2010)、中国海洋研究委员会主席(2002—2011)、中国海洋学会名誉理事长(2010—)、《海洋学报》中、英文版副主编。主要从事海洋环境生源要素和有机物的生物地球化学、海岸带可持续发展及综合管理的研究。1992 年以来共主持国家、省部级项目 25 项,研究成果获国家、省部级奖 8 项;至今已发表 SCI 论文 140 余篇,被 SCI 期刊他引 1400 余次;出版编著 5 部、专著 3 部;培养博士生 40 名。当选 2010 年度“中国十大海洋人物”。

海洋环境观测/监测技术现状与发展趋势

吴德星

中国海洋大学,青岛

一、前言

海洋是地球上的资源宝库、生命摇篮和环境调节器。海洋在缓解资源和环境的瓶颈制约、拓展国民经济和社会发展空间、应对全球变化和保障国家安全与维护国家权益等方面发挥着越来越重要的作用,是中华民族伟大复兴的战略依托。进入21世纪,沿海国家纷纷把发展海洋环境观测/监测高技术作为国家发展战略的重要组成部分,海洋环境观测/监测技术成为各沿海国家科技与经济发展竞争的焦点之一,我国海洋环境观测/监测技术面临着巨大挑战。下面仅就海洋环境观测/监测技术研发可借鉴的经验、国内外发展现状与趋势谈点看法,并提出两点建议。

二、美国海洋环境观测/监测技术发展可借鉴的经验

海洋环境观测/监测技术是指对海洋水体及其界面的物理、化学、生物等参量及其相互作用与过程进行不同时空尺度的测量与分析技术,包括测量方法、仪器设备等。

先进海洋国家海洋环境观测/监测技术发展途径各有特点,但又有共性。以美国为例,美国是世界上最发达的海洋国家,在海洋科技、经济、军事等方面的实力和对世界海洋的控制能力上具有霸权地位。美国获得海洋霸权地位的技术基础之一是它具备很强的研发海洋环境观测/监测技术的能力。美国形成强大的海洋环境观测/监测技术研发能力得益于以下两点。

(一)海洋环境观测/监测技术发展始终围绕国家战略目标展开

美国获得海洋霸主地位的基础是它每个阶段都有明确的战略目标,且海洋环境观测/监测技术的发展始终服务于促进战略目标的实现。如20世纪美苏对抗时期,60年代美国确立了“美国海军急需具备在海洋的任何地方、任何深度和任何时间执行军事任务能力”的战略目标,从而提出发展深海技术、开发和利用

海底资源的计划,并从国家层面大幅度增加对发展海洋科技的投入。20 世纪 80 年代又提出《全球海洋科学计划》,把发展海洋科学技术提到美国的全球战略目标高度。在这个时期,美国的海洋环境观测/监测技术得到了快速发展。苏联解体后,美国的海洋战略做了重大调整。主要表现在:一是关注海洋国家的沿海海域,为由海向陆打击做准备;二是关注大洋海底的矿产资源和其他海洋权益,抢占海洋资源,扩大管辖海域;三是关注全球气候变化和生态系统,保障生存环境安全。围绕调整后的战略任务,美国海洋环境观测/监测技术研发重点做了战略性调整,近海海洋观测/监测技术、海洋资源调查技术和海洋环境安全保障技术得到快速发展。进入 21 世纪,美国制订了《21 世纪海洋蓝图》,并将《美国海洋行动计划》作为既是对上述“蓝图”响应的一种长期战略,也是近期主要实施的行动。《美国海洋行动计划》(2004)将建立一个包括综合海洋观测的全球性地球观测网络;建立和配备最现代化的研究和测量船队;构建国家水质监测网络等作为重要行动内容。美国国家海洋大气管理局《未来 20 年海洋研究远景规划》(2005)所设想的未来社会远景是:建立一个充分了解海洋、海岸带和大气圈在全球生态系统中作用的信息社会,并应用上述领域的相关知识来支持社会与经济决策。此规划的技术重点是发展传感器技术、平台技术、信息技术和远程通信技术。今后 20 年,发展传感器技术的重点是降低成本和提高耐用性方面将会不断得到改进,并有大量的生物可降解传感器以足够低的价格投入应用;平台技术除了在固定平台上安装传感器以外,还将开发可移动的传感器平台(如无人驾驶飞机和潜水器)。这些性能先进而结构复杂的平台,与上述传感器结合在一起,将为科学研究者和业务工作者提供更加精确的信息;信息技术发展的重点是以计算机运算速度每 18 个月增加 1 倍的速度增长现实为基础,开发更为复杂模拟系统和数据管理与分析工具,提高基于模型的分析技术,使新型传感器获取的数据得以充分利用,以更高的分辨率完成对环境科学中的所有部分相互作用的描述、理解和预测;运程通信技术将不断改进其分辨率、带宽容量和有效性,使全球通信网络将具有连接模拟和生态信息中心的能力,为用户提供无缝的、便利的数据和图像服务,满足用户自身的个性化需求。

上面所提到的传感器技术、平台技术、信息技术和远程通信技术将在“全球对地观测系统(GEOSS)”建设中不断发展。目前的观测系统是由许多针对各种环境信息需求的单一系统所组成,它们被不同的网络所连接并构成多种多样的数据格式和同化方法。未来集成后的观测系统将能够担负起预测大气、陆地、河流、海洋状况的功能。

(二)解决重大科学问题是发展海洋环境观测/监测技术的引擎,成熟的市场经济是发展海洋环境观测/监测技术的持续力

海洋环境观测/监测技术的发展是以需求为牵引、市场为驱动。海洋环境观测/监测技术研发主要依赖于五个重要阶段,一是解决科学问题需要什么样的观测/监测技术,二是所需的观测/监测技术应遵从什么样的原理,三是从原理出发,如何形成原理样机,四是从原理样机如何发展成为工程样机,五是工程样机如何定型并形成技术产品,六是发展科学的不断需求与市场持续驱动下高技术产品的不断改进与完善和形成市场优势。在上述高技术发展链条中,美国海洋环境观测/监测技术的发展反映了先进海洋国家相应技术发展的共性特征。一般意义上讲,美国的海洋环境观测/监测技术产品,最初是由海洋学家和大气科学家依据要揭示海洋中的新现象和拟解决的重大科学问题有针对性地提出观测/监测技术的需求,然后科学家们从技术原理上与工程技术专家进行探讨,从而确定新技术的原理,一旦确定新技术的原理,科学家和工程技术专家共同研发原理样机,并通过基于技术归零的不断海上试验,形成工程样机,科学家和工程技术人员进一步通过技术归零和是否能揭示期待的海洋现象进行大量海上试验,最终由科学家基于大量的观测/监测数据,诊断确定工程样机是否可以定型,并推广应用。当工程样机达到定型阶段,企业会主动介入,从而使得高技术产品通过市场进一步不断地改进和完善。正是上述过程,使得先进海洋国家占据着海洋环境观测/监测技术的前端,并随心所欲地对我国实行核心技术封锁。

三、国际海洋环境观测/监测技术现状与发展趋势

海洋环境观测/监测技术主要包括海洋动力环境观测技术、海洋生态环境监测技术、海洋卫星与卫星遥感海洋应用技术及海洋环境立体监测系统等。国际海洋环境观测/监测技术各方面技术系统发展是不平衡的,相对而言,海洋动力环境观测技术发展得更快些。

(一)海洋动力环境观测技术

海洋动力环境观测技术包括船基、岸基、海基、天/空基海洋动力环境观测技术和相应的传感器/仪器技术。船基定点海流剖面测量技术和温盐深测量技术已相对成熟,走航式海流剖面测量和温盐深测量技术已商业化,但仍有巨大的改进和完善的空间,特别是现有技术仅能观测时间平均意义下的参量值,瞬时测量技术的研发尚有很长的路要走。另外,传感器在运动和维护成本及使用寿命方面仍将是发展的主攻方向。高频地波雷达是近年发展起来的用于岸基海洋动力

环境观测的主要观测手段,未来岸基平台观测系统重点是努力提高自动化程度和尽量减少人为干预;岸基高频地波雷达技术发展方向是提高目标分辨和多参数反演能力。海基观测技术是指依托布放在水体或者海床上的仪器进行观测的技术,主要包括各种锚系浮标、表面漂流浮标和剖面浮标、潜标及水下移动观测平台技术等。锚系浮标观测技术正在向多功能、高可靠性、长时间序列观测的方向发展;剖面浮标的一个重要发展方向是向适于浅海海域的剖面浮标发展。潜标除自身技术不断改革和完善外,在新近发展起来的海底观测系统中,被用作水下作业节点观测数据的中继站、能源补给及数据的接驳,向着成为多平台和多传感器集成的立体观测系统重要组成部分的方向发展。水下移动观测平台技术,包括遥控潜器、自治式潜器(AUV)、水下滑翔器(AUG)及具有滑翔和自航两种功能的混合型潜器。目前,水下滑翔器的研究集中于现有立体观测系统的融合、集群应用等方向,有的国家还在研制大型化、高机动性水下滑翔器。仿真海洋动物微型移动观测平台技术是一新的发展方向,现处于原型研究阶段。

(二)海洋生态环境监测技术

海洋生态环境监测技术主要包括海洋生态环境监测浮标、海洋生态环境传感器/仪器。国外的海洋环境生态监测技术在近几十年得到了很快的发展,越来越多的传感器与仪器亦已经或正在进入商品化。但是,面对复杂多样的海水化学组成和物理化学性质,目前已有的传感器与仪器的种类仍相当有限;目前已投入实际应用的商品化传感器与仪器有不少从测量原理上有待改进,应用深度上亟须拓展。利用新原理和新技术实现传感器的环境普适、体积小型和多功能一体化,是未来海洋生态环境监测技术的发展方向。

(三)海洋卫星与卫星遥感海洋应用技术

卫星遥感海洋应用技术主要包括星载遥感器和基于电磁辐射信息提取海洋表层及次表层重要性质的特征数据技术。卫星遥感海洋应用技术发展很快,已经从最初的定性观测向定量观测发展,并得到广泛应用。未来海洋卫星和卫星遥感海洋应用技术的发展趋势呈以下几个特点:海洋卫星遥感应用向标准化、系列化和业务化方向发展;海洋水色卫星遥感器性能向更高的高光谱、高时间分辨率、空间分辨率和高灵敏度方向发展;卫星系统向高可靠、长寿命、稳定运行发展,探测范围由局部海域拓展到全球海洋;提高卫星遥感海量数据的快速处理能力和量化水平,发展化学量和生物量的遥感观测技术,推进海表层盐度的遥感观测及海上目标的卫星遥感图像的判读与识别技术等仍是卫星遥感海洋应用技术发展的重要方向。

(四)水下通信技术

通信技术是海洋观测技术的重要内容,随着复杂和先进的传感器和其他水下设备的开发,伴之而来的是大量需要被处理的数据和不断增长的数据传输量。因此,新的水下数据传输技术也在不断地开发。水面以上的数据通信属于通用技术,比较容易实现,具有海洋特色的水下通信与网络技术有待拓展。水下高带宽通信方式主要包括水声通信、射频(RF)电磁波通信、光纤(FO)通信、自由空间光学(FSO)激光通信等。以上通信技术对不同的高速数据传输方式及其在水下高带宽通信应用中存在各自优势和不足,应根据海洋环境的特性采用不同的选择。在海洋环境立体观测系统的建设以及观测数据的传输过程中,水声通信与组网技术将发挥不可或缺的作用。过去几十年的持续研究,使得水下声通信同原始通信系统相比,无论在性能还是稳定性方面有很大改进。近 10 多年来,在点到点通信技术和水下组网协议方面取得了重大进展,但仍面临着严重挑战。

(五)海洋环境立体监测系统

利用先进的海洋观测技术和设备,建立海洋观测站,用光电缆把一个个分立的观测站连接起来,形成海洋观测站网络,对海洋环境进行长时间序列的连续观测,把现场实况传送到陆基中心,并通过互联网实时传送到世界各地的用户是正在兴起的海洋现场观测站网络系统。这种海洋现场观测站网络系统,被称之是海洋观测技术发展史上的第三次革命。海洋观测技术的第三次革命以及伴随着卫星遥感技术、水声和雷达探测技术、水平和水下观测平台技术、传感器技术、无线(含水声、光学)通信技术和水下组网技术的进步,使得海洋观测技术总体上向长时间、实时、同步、自动观测和多平台集成观测方向发展。海洋观测进入了从沿岸、空间、水面、水体、海床对海洋环境进行多平台、多传感器、多尺度、准同步、准实时、高分辨率的四维集成观测时代。具有引领和示范性的典型工程有:美国海军的“海洋自主采样网络”、美国伍兹霍尔海洋研究所与新泽西大学共同研制建立的“长期水下生态环境观测站”、美国与加拿大合作的“东北太平洋时间序列海底观测网络试验(海王星计划)”、“欧洲海底观测网计划(ESONET)”等。

四、我国海洋环境观测/监测技术现状与存在的问题

从 1996 年,海洋监测技术进入国家“863”计划;从 2006 年起,海洋监测技术作为前沿技术列入《国家科学和技术中长期发展规划纲要(2006—2020)》,十多年来,在国家“863”计划和其他相关计划的支持下,我国的海洋监测技术得到了快速发展,显著缩短了与国际先进水平的差距。现就我国海洋环境观测/监测技

术的进展与存在的问题概述如下。

（一）海洋动力环境观测技术的进展与存在的问题

船基海洋动力环境观测技术方面，成功研制了 6000 m 高精度 CTD 剖面仪，形成了 1000 m 水深以内的 CTD 测量仪器系列产品；研究了可快速布放和回收的 CTD 剖面测量技术及投弃式温盐深剖面测量技术，开发了船用宽带多普勒海流剖面测量技术、相控阵海流剖面测量技术（PAADCP）、声相关海流剖面测量技术（ACCP）以及可与 CTD 剖面仪同步吊放的大深度海流剖面测量设备（LADCP）等。存在的主要问题是受国内工业基础、工艺条件、配套能力、原材料等诸多条件的制约，国产 CTD 仪器可靠性、长期稳定性、系统功耗等尚需进一步完善；海流剖面测量技术产品可靠性差、标准化程度不足、产品化水平较低。

岸基海洋动力环境观测技术方面，高频地波雷达技术取得发展，并在产品化方面取得较大进展，但在探测距离、方位分辨率、抗干扰以及表面动力环境信息提取算法方面，还有相当大的差距。

海基海洋动力环境观测技术，特别是浮标、潜标、海床基、水下移动观测平台等技术取得重要进展；浮标技术产品有的已投入业务化应用，有的进入实用化应用阶段。潜浮观测技术在实用性方面迈出了可喜的步伐，但深海潜标系统中关键测量仪器和部件目前还主要依赖进口，还没有适于潜标系统水下数据实时数据传输的国产通信产品，潜标系统的可靠性、稳定性和系统的回收率还不能满足用户需求。海床基观测系统的主要观测仪器设备还未全部实现国产化，观测系统的可靠性、稳定性、安全性还需进一步提高。水下移动观测平台技术在水下自航器（AUV）、水下滑翔器（AUG）的研制方面，开发了实验样机，处于原理探索阶段，与先进国家相比，我国的相关技术差距较大。

海洋动力环境观测传感器技术得到了一定发展，温盐传感器已形成系列产品，并开发出剪切流传感器样机。在极区海洋动力环境观测技术因投入相对较少，目前极区使用的海洋环境传感器和仪器主要依赖进口。

（二）海洋生态环境监测技术的进展与存在的问题

海洋有机污染物监测/检测技术取得了长足的进步，监测/检测范围不断扩大，分析灵敏度逐渐提高，但现有的方法只能满足常规海洋有机污染的检测，一些新的重要海洋有机污染物还缺乏相应的检测方法、技术和小型化仪器设备，生物及仿生传感器还处于初级研究阶段，自主研发能力较弱。海水中营养盐和无机污染物的监测/检测技术目前多数只能采用富集和萃取样品的方法，然后在实验室用分析仪器对样品进行分析和研究，尚没有直接应用于海水现场痕量物质

富集、萃取及分离的技术和设备。海洋致病微生物监测/检测技术已初步形成较系统的技术体系,在副溶血弧菌的免疫传感器技术、大肠杆菌单管定量检测技术、典型海洋致病微生物的免疫学和分子生物学检测技术、致病微生物的芯片检测产品及评价技术等方面都取得较大进展,但大多数技术成果在检测灵敏度、仪器设备的稳定性和重复性等方面需进行大量的实验验证和技术上的改进完善,才能实现产品定型、生产和推广应用。海洋浮游生物监测/检测技术相当薄弱,浮游生物图像的快速分析和自动识别方法的研究远远落后于先进海洋国家。生态环境监测传感器技术方面,开发了一批生态环境传感器试验样机,尚有很长的路要走。

(三)海洋卫星与卫星海洋遥感应用技术进展与存在的问题

卫星遥感的海洋应用技术在我国起步于20世纪80年代,从2002年起我国先后成功发射了海洋水色卫星HY-1A、HY-1B,我国卫星遥感海洋应用技术取得了较大的进展。在水色遥感方面开展了定量化水色遥感信息提取的深化研究,并逐渐发展成为各种遥感监测应用服务系统;在红外遥感方面,海温遥感技术已进入业务化系统,并开始向皮温-水体温模式发展;在微波遥感方面,测量海洋温度与海面高度等方面取得了一定进展,进入了业务化应用;在遥感数据同化方面,发展了表面流场和海温场的同化技术,开展了定量化遥感信息提取的深化研究。存在的主要问题是基础试验和数据积累严重不足,定量化和定标与真实性检验的水平较低,遥感产品的精度验证不够充分。我国尚未构建完善的海洋卫星观测技术体系。

(四)海洋环境立体监测系统进展与存在的问题

自"九五"以来,在国家"863"计划的支持下,建设了几个区域性海洋环境立体监测示范试验系统。主要有:以上海为中心,建立了覆盖长江三角洲濒临海域的区域性海洋环境立体监测和信息服务示范系统;以广州为中心,在珠江口海域建立了海洋生态环境监测示范试验系统;建立了台湾海峡及毗邻海域海洋动力环境实时立体监测系统和渤海海洋生态环境海空准实时综合监测示范系统;支持了南海深水区海洋动力环境立体监测系统技术研发。在"863"计划的支持下,我国开展了海底长期观测网建设的前期关键技术研究,海底观测网络的建设开始起步。总体上看,上述海洋环境立体监测系统仅处于初级试验阶段,与国际上开展的立体监测系统研究相比,巨大的技术差距体现在全方位上。

五、加快我国海洋环境观测/监测技术发展的建议

国家非常重视海洋,"863"计划投入大量经费支持我国海洋环境观测/监测

技术的发展。总体而言,我国海洋环境观测/监测技术取得长足进步,缩短了与国际先进水平的差距。同时,我们必须清醒地认识到,我国的研发水平,仅仅是跟踪,缺乏原创性。为此,提出以下两点建议。

(一)借鉴先进国家的经验,以解决重大科学问题牵引海洋环境观测/监测技术的原始创新

如前所述,美国等先进海洋国家发展海洋环境观测/监测技术的原始创新是以解决重大科学问题作为引擎,海洋科学家从解决科学的角度,提出对新观测/监测技术的需求,并与工程技术专家始终为一体共同研发海洋观测/监测高新技术。我们应借鉴这一成功经验,彻底改变现行的海洋学家与工程技术专家分离的研发模式,提升我国海洋环境观测/监测技术的原始创新能力。

(二)围绕国家战略目标,创新我国海洋环境观测/监测技术特色发展道路

在借鉴美国等先进海洋国家海洋学家与工程技术专家共同研发海洋环境观测/监测技术的同时,我们必须要充分考虑我国海洋环境观测/监测技术及产品的市场发育尚不成熟,特别是国家海洋事业的发展亟待批量性研发高技术海洋环境观测/监测技术及产品,这要求我们必须走符合国情的特色创新发展道路。基于前述海洋环境观测/监测技术研发必须经历的五个阶段的内存规律,结合我国的实际,建议构建适合国情的海洋环境观测/监测技术研发规范化海上试验平台,利用规范化海上试验平台,使海洋学家与工程技术专家融为一体,实现在创新中发展,在发展中创新的海洋环境观测/监测技术的研发体系。



吴德星 教授,1952 年出生,山东省无棣县人。毕业于山东海洋学院,青岛海洋大学物理海洋学博士。现任中国海洋大学校长。

吴德星教授现为第十一届全国人大代表;兼任教育部高等学校地球科学教育指导委员会副主任委员、海洋科学与工程类专业教学指导分委员会主任委员,中国海洋湖沼学会副理事长,中国海洋学会副理事长,《中国科学》和《科学通报》等 5 个学术期刊的编委。

吴德星教授长期从事物理海洋学研究,近年来主持国家973计划、国家863计划、国家科技攻关课题、国家自然科学基金项目等30余项。

2004年获国务院政府特殊津贴,2008年被韩国总统李明博授予大韩民国宝冠文化勋章。共获国家科技进步二等奖1项,教育部科学技术进步奖一等奖1项,中国高校自然科学奖二等奖1项,天津市科学技术进步二等奖1项。

我国近岸海域污染现状与控制策略

孟 伟 等

中国环境科学研究院,北京

一、前言

我国是一个海洋大国,依据《联合国海洋法公约》和中国的主张,管辖有 300 多万平方公里的辽阔海域,其中蕴藏着十分丰富的生物资源、油气资源和各种矿产资源,是国家的宝贵财富。我国人口众多,陆地资源相对贫乏,我国社会、社会的发展对海岸带资源环境均有很大的依赖性。我国的海岸带约占全国 13% 的陆地国土面积,但这一区域却集中了 70% 以上的大城市、50% 左右的人口和 60% 的国民生产总值(GDP),并形成了珠三角、长三角和环渤海三大沿海经济圈。海岸带已经成为中国经济活力最为充沛的区域之一,为社会经济发展提供了强有力的支撑和保障,同时,海岸带也承受着沉重的环境压力。

二、我国近岸海域污染现状

我国近岸海域污染总体形势仍然严峻,污染海域相对集中在经济发展较快、人口密度较大的海湾沿岸和主要河流的入海口附近,如渤海、长江口、珠江口和部分大中城市近岸局部水域。其中海洋污染物总量的 85% 以上来自于陆源污染物,其他还有不合理的海洋开发和海洋工程兴建引起的沿海自然滩涂湿地的破坏、海洋石油勘探开发污染、倾倒废物污染、船舶排放污染、突发海上事故等污染,实施陆源污染控制是降低海洋环境压力的最有效措施。

2010 年,我国近岸海域监测面积约为 28.0 万平方公里,近岸海域水质总体为轻度污染,但局部海域污染较重。一类海水占 31.5%,二类海水占 31.2%,三类海水占 14.1%,四类海水占 4.7%,劣四类海水占 18.5%。2010 年影响近岸海域水质的主要因子是无机氮和活性磷酸盐。

近岸海域沉积物质量状况总体良好。2010 年共监测 289 个站位,监测指标符合第一类海洋沉积物质量标准的站位比例均在 91% 以上,仅辽宁青堆子湾和常江澳、浙江杭州湾北岸、福建福宁湾等个别站位沉积物中的石油类含量劣于第三类海洋沉积物质量标准。

2010 年,在 163 个生物质量监测站位中,六六六、总汞和滴滴涕等指标符合第一类海洋生物质量标准的站位比例分别为 99%、95% 和 84%;受石油烃等的影响,12% 监测站位的生物质量劣于第三类海洋生物质量标准。

我国近岸河口、海湾、滩涂湿地、红树林、珊瑚礁和海草床等典型生态系统的 21 个海洋生态监控区的监测结果表明,近岸生态系统多处于不健康或亚健康状态,处于健康、亚健康和不健康状态的海洋生态监控区分别有 2 个、16 个和 3 个。

三、我国近岸海域污染防治工作

(一) 控制陆源污染,缓解海洋环境压力

实施陆源污染排海总量控制制度,加强陆源污染防治工作,对工业污染源实行达标控制,积极推进清洁生产和循环经济,防止和控制沿海工业污染,“十一五”以来,我国开展了陆域水体 COD 总量减排工作,该项工作使得“十一五”期间我国陆域 COD 排放总量减少了 12% 左右。“十二五”期间还会开展氨氮的总量减排工作。在总量减排工作中,通过建立大批城市污水处理厂和垃圾处理站,提高污水和垃圾处理能力,推进城市生活垃圾处理减量化、资源化、无害化,强化城镇污水、垃圾处理设施建设运行监管,防止和控制沿海城市污染。通过清洁生产、废水深度治理及循环利用,从源头减少污染排放量;大力开展畜禽养殖废弃物综合治理和利用,加大对滨海大型养殖场污染防治力度;建立大批农业面源控制试点示范区,防止和控制沿海农业污染。通过流域污染防治和海域污染防治相结合,推进城镇污水处理厂、垃圾处理厂、生态农业、生态林业、小流域治理等污染治理和生态建设工程,有效的削减河流入海污染负荷。

(二) 综合管理营养盐排放,控制水体富营养化

从富营养化成因来分析,氮、磷负荷增加是引起水体富营养化的最根本原因。因此,控制水体富营养化的关键是降低水体氮、磷浓度。河口水域处于淡水与海水的过渡带,水体中的营养物质主要来自于河流、海水及大气沉降的输入。其中,淡水河流的输入是最主要的途径。因此,控制营养盐负荷必须从全流域的角度对营养盐排放进行综合管理,包括农业面源污染和工业点源污染。

水体富营养化中的农业面源污染可以采用“控源节流”方法进行治理。“控源”即科学施肥,也就是平衡农田中的营养物质,使其输入(化肥、粪肥、种子、降水等)与输出(作物、水土流失等)基本平衡,减少土壤中营养物质的积累量;“节流”即对水土流失进行控制,减少营养物质流失量。除了以上两方面

外,还必须对流域进行全面规划、科学管理,从而达到综合治理农业面源污染的目标。

对点源污染的治理主要是通过建设污水处理厂。大气沉降是许多滨海生态系统中氮的重要来源。我国为了控制大气污染,制定了各行业大气污染物浓度排放标准,并采取污染物总量控制方案。特别自《京都议定书》2005 年生效以来,倡导低碳经济成为我国经济社会可持续发展及转变经济发展方式的重大战略抉择,如目前正积极推广新能源、环保型、小排量汽车,以减少汽车尾气排放量;大力发展利用可再生能源如风能、水能、核能和生物能等,以减少大气污染排放总量。

除此之外,还有海水养殖业污染的控制与管理,还可通过生态恢复手段构建合理的水生食物网来控制浮游植物数量,目前我国通过建设滨海湿地、养殖大型海藻、投放人工鱼礁重建海藻场、增加双壳类软体动物的数量、微生物修复技术等进行水域富营养化的治理。

(三) 实行 POPs 防治和处理

水环境是持久性有机污染物(Persistent Organic Pollutants,POPs)聚集的主要场所之一,我国主要河口生态系统、近岸海域都不同程度地遭到 POPs 的污染。

为了有效防止 POPs 对人类健康和生态环境的危害,我国采取了积极、稳妥的控制对策,从 POPs 进出口、生产、储存、运输、流通、使用和处置等方面建立削减 POPs 的全过程管理政策体系:积极支持和参与联合国有关机构对 POP 物质采取的国际控制行动,完善法规管理和加强执法检查与执法力度,制定淘汰 POPs 的产业政策和研究替代措施,加强全国 POPs 生产、使用和环境污染的实地调查和跟踪,加强环保宣传教育,提高广大群众对 POPs 公害的认识。通过物理修复技术、化学修复技术、生物修复技术等多种技术降解、转化、去除水体中 POPs。

(四) 进一步完善海岸带管理体系

1980 年以来,中国已完成了“全国海岸带和滩涂资源综合调查”、“中国海湾志”、“全国海岛资源综合调查”、“全国海洋功能区划”、“全国海洋开发规划”等,以及一些专项调查研究项目,积累了基础资料和经验。近十年来,中国各学科研究人员在海平面变化及未来预测、海岸带及海洋灾害、海岸侵蚀、海岸带环境保护及生态研究等领域,开展了相应的专题研究,取得了一批研究成果。

十多年以来,我国海岸带管理保护与建设工作取得明显成效。突出表现在:

(1) 海岸带管理保护和建设的法律法规政策体系逐步完善。修订了《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国渔业法》,出台了《中华人民共和国海域使用管理法》、《中华人民共和国海岛保护法》等,制定实施海洋工程建设项目生态环境保护管理等法规与标准规范,颁布了《国家海洋事业发展规划纲要》,为全面推进海岸带管理保护工作提供完善的法律体系,海岸带管理和海洋渔业资源保护执法工作得到长足发展。(2) 海洋保护区网络体系建设初显成效。到 2010 年底,已建成典型海岸带管理系统、珍稀濒危海洋生物、海洋自然历史遗迹及自然景观等各类海洋保护区 210 多处,面积达 3.3 万平方公里,占管辖海域面积 1.12%,其中国家级海洋自然保护区 32 处,国家级海洋特别保护区 17 处,涉及海岛的海洋保护区 57 个,初步形成海洋保护区网络体系。(3) 海岸带管理恢复与治理广泛开展。沿海地区积极开展滨海湿地恢复、自然侵蚀岸线修复和城市滨海岸线整治,并对受损的红树林、海草床、海湾、河口等海岸带管理系统实施生态修复工程。大力开展红树林种植、珊瑚礁修复、人工鱼礁投放、增殖放流、开堤通海、退养还滩等工作,成为海岸带管理保护与建设的重要内容,为海岸带管理保护与建设提供了实践经验。(4) 海岸带管理监测与评价体系逐步完善。在典型海洋系统区域建立了 18 个海岸带管理监控区,开展系统全面的生物多样性监测、评价和保护,为加强海岸带管理保护工作奠定了基础。(5) 海岸带管理保护基础理论研究及成果应用得到加强。组织开展了“全国海岸带管理调查”、“我国近海海洋综合调查与评价”专项和“海洋公益性科研专项”等调查及基础研究,颁布实施了一系列国家标准、行业标准与规范体系,在海岸带管理理论研究及生态保护和修复技术研发等方面取得了丰硕成果。(6) 海岸带管理保护国际合作全面展开。多个海洋保护区加入联合国科教文组织“人与生物圈计划”世界生物圈保护区网络,并与多个国家开展海洋保护区国际合作,组织实施全球环境基金援助的“黄海大海岸带管理系”、“中国南部沿海生物多样性管理”、“东亚海环境保护项目—在中国实施海岸带可持续发展战略”等项目,提升了我国海岸带管理管护能力。

四、我国近岸海域污染防治面临的主要问题

(一) 近岸海域陆源污染尚未有效控制

陆源负荷是近岸海域无机氮、活性磷酸盐严重超标最主要的原因。“十一五”期间,我国在水污染物总量控制方面采取了工程减排、结构减排和管理减排三大措施,总量减排方面取得显著成效。但由于目前沿海地区流域总量控制指标为 COD 和氨氮,而海域环境污染控制因子是总氮、总磷和石油类三项指标,因

此,海域污染控制与陆域污染控制指标难以衔接,氮、磷入海负荷得不到有效控制,导致渤海富营养化问题,一定条件下还会发生赤潮灾害。

(二)水体富营养化

随着沿海经济的不断发展,陆源输入营养物质的不断增加,导致部分海域富营养化,C、N、P、Fe 等生源要素已经发生改变,直接造成近海营养失衡,进一步导致生态系统的结构和功能发生变化。长江水中硝酸盐和磷酸盐的浓度不断增加,而硅酸盐的浓度逐渐降低,因此营养盐的组成发生了巨大变化。N/P 比值波动较大,特别是 20 世纪 70 年代末、80 年代初由于硝酸盐的浓度较高,而磷酸盐的浓度较低,N/P 比值达到了 1000 以上;近 40 年来 N/P 比值总体呈增加的趋势。每年珠江径流携带大量的营养盐进入珠江口海域,致使珠江口近岸海域的海水呈富营养化。排入珠江口海域的污染物主要是 COD 和 DIN,其次是磷和石油类,海水质量大多为四类或劣四类,沉积物则普遍受到铅、镉、砷和铜的污染。大量的有机污染物排放,使该海域有机污染严重,这也是造成珠江口海域底部贫氧或缺氧的主要原因之一。

(三)海上船舶与港口污染

随着工业技术极大的发展以及人口快速的增长,海上货运量逐年大幅度增长,世界船舶总吨位和尺度也在不断增加,油轮特别是超大型油轮在我国水域频繁出现,导致船舶溢油污染,特别是重特大船舶溢油污染的风险增大。船舶在营运过程中,不可避免地直接或间接把一些物质和能量引入海洋环境,以至于产生损害生物资源,危及人类健康,妨碍包括渔业活动在内的各种海洋活动,造成海洋污染。经过综合研究评估,渤海湾、长江口、台湾海峡和珠江口水域是我国沿海四个船舶重大溢油污染事故高风险水域。如渤海是一个半封闭海域,不能与外海形成对流,只产生湾内环流,自净能力薄弱,整个渤海海水交换一次需要若干年,有些小范围区域甚至不能进行交换。因此,渤海海域发生污染事故对环境的损害可能是无法弥补的。

(四)海上养殖污染

过度捕捞及有害渔具的大量使用,导致经济物种资源严重衰退,海洋生态系中物种间平衡被打破。捕捞强度超过资源再生能力,急剧地降低了渔业生物资源量,一些传统渔业种类消失,生物多样性降低,影响到渔业资源的可持续开发利用。另外,海洋捕捞活动中的垃圾、污水对海洋环境也造成了一定的损害。鱼虾类等投饵性种类的养殖虽在海水养殖产量仅占 10% 左右的比例,但却是海水

养殖污染的主要来源,对沿岸潮间带生态系统构成了很大的压力,直接破坏了渔业生物的产卵场和栖息地,进一步影响到渔业资源的再生能力。

(五) 重点河口、海湾的 POPs 污染

长江河口区域的生物已受到 POPs 的污染,与国内外其他河口海岸相比较,长江口滨岸潮滩动物中 PCBs 和 DDTs 的污染处于中等水平,而 HCHs 的污染水平则相对较高。在珠江河口的水生生物体内已经检测出明显的 POPs 污染,珠江口伶仃洋及附近海域表层沉积物中多环芳烃污染状况与国际上相比处于一个中一低的水平,但珠江三角洲河流表层沉积物中多环芳烃在国内属于较高程度的污染。渤海湾沉积物中 PCBs 的含量高于中国黄海(0.92 ng/g)、东海(0.81 ng/g)等海域;其污染程度较为严重,远海沉积物受到陆源污染物的影响较小,故污染物含量较低。

(六) 海岸带管理面临的形势严峻

近岸局部海域生态环境恶化趋势未得到有效遏制,海岸带环境面临严峻形势和新的挑战。(1) 近岸局部海域污染严重,生态环境质量呈下降趋势。(2) 海洋保护区网络体系尚不健全,海洋生物多样性保护能力不足。(3) 自然岸线未得到有效保护,海岸带生态系统日趋脆弱。(4) 典型海岸带生态系统受到损害,生态安全面临威胁。(5) 海岸带管理灾害频发,应急能力不足。(6) 海岸带管理保护和建设重视不够,监管能力薄弱。沿海地方尚存在重视海洋经济发展,轻视海岸带管理环境保护;重视海洋资源开发利用,轻视入海污染源治理;重视滨海工(产)业园区建设,轻视海岸带管理整治修复的现象。海岸带管理环境保护的法律法规执行不严,政策措施不够完善,管理责任不够落实,需进一步加大生态保护建设资金投入,提高监管力度。

五、我国近岸海域污染控制策略

(一) 严格控制陆源污染源,减少污染物排放总量

继续推进城镇生活污水处理厂和配套管网建设。加强垃圾收集和无害化处理。加强工业企业管理与污染治理。加强工业企业的监督管理和沿海工业直排口的监督管理。确保工业污染源达标排放,调整产业结构,优化产业布局,加强工业企业园区化建设。控制陆域面源污染物入海量。强化农业面源污染治理,大力发展农业清洁生产,积极建设生态农业示范区。减少养殖业污染物排放总量。强化畜禽养殖业污染防治。严格控制新建规模化畜禽养殖场,规范新建畜

禽养殖场的建设,严格“三同时”环保验收。加强畜禽养殖废弃物处理和综合利用,严格控制畜禽污染物排放,对畜禽粪便污染的管理要纳入总量控制。大力发展生态渔业,减少氮磷污染物排放。加大对海洋水产养殖项目的管理,根据环境容量,合理调整养殖布局,科学确定养殖密度,优化养殖生产结构。禁止向海水直接施肥,改善养殖环境和生产条件。加强标准化水产示范场(区)建设,积极发展生态健康养殖。加强船舶和港口污染治理。加强渔港渔船的监督管理,新建渔港要同步建设废水、废油、废渣回收与处理装置,中心渔港和一级渔港要全部安装废水、废油、废渣回收处理装置,满足渔船油污水等的接收处理要求。禁止随意向渔港和渔业水域中倾倒垃圾、废旧鱼箱等废弃物,渔港应设置生活垃圾接收处理设施和设备,实现集中统一处理。

(二)陆海兼顾,加强陆海污染综合防控

坚持陆海统筹、河海兼顾,积极推进重点海域近岸海域排污总量控制。按照海域—流域—区域控制体系,加强河流跨界断面和入海断面监测,建立完善流域综合污染防控机制,减少流域入海污染负荷量。开展入海河流流域环境综合整治。加强对污染较重、对近岸海域环境影响较大的河流以及污染较重的支流、沟渠的环境综合治理。加强海漂垃圾治理。以源头污染防治、垃圾清理整治为重点,推进海上和海滩垃圾污染治理。继续推进海洋垃圾清理、清扫与整治,建立海滩垃圾定期清扫制度,实施海上垃圾打捞制度,减少海洋垃圾污染。完善海洋垃圾监督管理,强化日常执法检查,严格管理海洋垃圾倾倒,坚决查处违法倾倒和排放固体废弃物的行为;在国家和地方建立健全海洋垃圾管理工作机制,形成政府统一领导、部门齐抓共管、群众积极参与的治理格局。强化宣传教育,提升公众对海洋垃圾污染防治必要性和严肃性的认识,全力推动公众参与,加强海洋垃圾污染治理的国际合作。

(三)实行海岸带综合管理和整治

从目前状况来看,除了陆源污染外,在海岸带的开发和利用中普遍存在着开发不当、过度利用、疏于保护的现象,导致各类海岸带环境问题。污染和海岸带不合理的开发和利用威胁着与海洋相关的旅游业和休闲业,严重损害了海岸带环境和经济的可持续发展。解决这类海岸带环境问题,事后的治理固然重要,但根本的途径是遵循可持续发展的原则,将海岸带环境保护同海岸带的开发利用紧密结合起来,既不能因保护海洋生态环境而停止经济发展,也不能因发展经济而破坏海岸带生态环境,应采取有效的措施,在海洋开发利用的同时,将海洋环境保护贯彻其中,兼顾海洋经济发展和环境保护,进行科学、合理的海岸带开发,

使得两者协调发展,避免走“先污染,后治理;先破坏,后修复”的弯路。只有这样,才能实现海洋资源的可持续利用和海洋生态环境良好。因此,要综合考虑海岸带开发利用、海洋环境保护、海洋生态建设之间的关系,科学管理,适度进行海岸带开发利用,以实现合理利用海洋资源、保护海洋环境的目的。

长江河口生态系统的演变趋势与生态建设的战略目标及关键措施(摘要)

陆健健

华东师范大学,上海

一、引言

人类入驻长江河口的历史不少于5000年,但人类成为长江河口生态系统的主要组分还不到100年。目前人类作为长江河口组分的主导力度在全球20余个同类河口中位居第二,仅次于莱茵河口,但高于密西西比河等河口。人类在长江河口的主导能力主要表现为对河口地形地貌的改造能力,水体水量水质的管理能力,河口自然灾害的预警应对能力,河口自然资源的利用和保护能力,及河口生态系统演变趋势的把握能力等。

二、长江河口生态系统的演变趋势

进入21世纪以来,长江河口生态系统的演变主要呈如下趋势:

(1) 以上游来水中碳、氮、硫、磷等营养盐高浓度为指标的河口水质持续下降,但总体尚能维持3类水。

(2) 以光合产物为代表的自然初级生产率持续低下,据不完全统计,如除去河口地区农业(含种植和养殖业)的人为辅助能投入,长江河口生态系统自然能转换率总体仅为太阳辐射到长江口的辐射能的0.1% ~0.2%。为亚马逊河口的10%,密西西比河口的三分之一,莱茵河河口的二分之一。

(3) 河口生态系统生物组分的结构向人类伴生种和趋污种演变。以鸟类为例:伴人和半伴人物种如鹭类和鸦雀类数量增加,猛禽等天敌类数量下降;大型珍稀鸟类如鹤类、鹳类和天鹅数量锐减;以大型底栖无脊椎动物为例:与20世纪80年代数据相比,物种数基本维持在130种左右,但物种组成的变化约占三分之一,原先30多种清水种已移居他处,相同数量的耐污种出现在长江河口。底栖生物的生物量每平方米比20世纪80年代下降约50%;以鱼类为例:洄游鱼类中上溯繁育的亲鱼和赴大海生长的仔鱼种类和数量都急剧下降,与20世纪50年

代末期的资料对比,数量约为原来的三成,种类降了三成。河口鱼类的种类和生物量也有下降,但降幅较上溯鱼类稍小。状态最好的是海洋产卵内陆河流生长的鱼类,如鳗苗,基本维持在原来的年度变化幅度内。

(4) 河口生态系统服务功能和自然资产价值有负增长和退化程度加剧的趋势。以目前国际评估生态系统的4大功能性指标,并比较国际同类河口:长江河口生态系统的碳汇功能有所下降,主要表现在河口具有主要碳汇功能的高潮区湿地面积减少,碳汇植被退化,以及水体初级生产力下降;长江河口生态系统的生物多样性自我更新功能下降,主要表现在功能物种(关键种)生存必需的小生境日渐消失,资源类生物和濒危珍稀物种都呈现不同程度的退化;长江河口生态系统的生产、消费和分解三大类生物组分间的能量和物质代谢不平衡,严重影响系统服务功能的体现;同时,长江河口生态系统自我维持和自我更新能力退化,如水质自然净化功能下降明显。

(5) 在长江河口生态系统自然资产下降和退化的同时,长江口人类社会资产和改善人类生存能力的社会资产有了长足的发展。人类对长江河口地貌形态的改造能力、水量水质的管理能力、河口自然灾害的预警应对能力、河口自然资源的利用和保护能力,及河口生态系统演变趋势的把握能力等都有极大程度的提高。

总体来说,长江河口生态系统目前虽然不同程度地存在着人类高强度开发地区河口的通病:水污染,富营养化,酸雨影响,水下三角洲氧亏,河口外近海赤潮等等。但与长江流域的人类活动和流域开发的强度和水平相比,长江河口生态系统的退化还不能说很严重,这得益于人类在长江河口的主导能力及相应的社会资产的增长。在进一步调研基础上,更多的研究案例将证实上述结论。采取有力的生态建设措施对系统进行正向干预,遏制其退化,长江河口适合人类生存和发展的时间就会大大延长。

三、生态建设的战略目标和关键措施

人类进行生态建设的基础思路在于用社会资产培育自然资产,拓展环境容量,恢复生态服务功能,促进区域的可持续发展。其前提是认识不同区域生态系统及其相关的生态系统服务功能发育、发展和演变的规律,及关键生态问题。

近年来环境学研究说明,人类进入工业时代以来,最大的特点是大量开发和利用含碳化石能源,在其过程中大量二氧化碳等温室气体被排放到大气中,因而影响太阳辐射和地球散热,造成地球局部及全球气候变异。同时影响全球各类生态系统,河口生态系统处于地球大气圈、水圈、土圈和生物圈等四圈交汇处,对

“碳”变化及其带来的连锁反应极其敏感。鉴于上述对长江生态系统演变趋势的认识,笔者认为长江河口生态建设的战略目标应定位于培育长江河口自然资产,大力发展“碳汇”产业,以碳汇产业带动生态保护和环境治理,以碳汇产业恢复长江河口及近海自然资源。

关键措施有两条:

1. 发展碳汇林产业及产业链

用现代林业技术引进和选育速生耐淹耐盐木本植物,在长江河口沙洲岛屿(如崇明岛、长兴岛、青草沙、中央沙、扁担沙、白茆沙等大小沙洲),已圈围和拟圈围的潮滩湿地,以及自然淡水潮滩湿地发展碳汇产业。如崇西湿地科学实验站研究案例,分区分时种植各类林木。5~8 年后,可轮流收获比原生植被芦苇等碳汇能力强近一个数量级的木材,湿地单位面积光合作用率可比原先增加 8~10 倍;湿地碳汇林不仅创造社会资产发展需要的“碳指标”,而且收获的木材用于制造活性炭,活性炭可作为净水剂的主要成分,处理城市和农村的各类污水。潮滩碳汇林还会向河口水域和近海输送大量有机养料,有利于长江河口水生生物的生长。

2. 实施“碳汇”鱼礁工程

选择长江口天然岩礁(佘山岛、鸡骨礁、大小金山岛和龟山岛等)或人工导堤附近,构建人工鱼礁,在其中养殖大型藻类,放流贝壳生物,通过自然过程,“固”碳、“埋”碳、“封”碳,不但创造“碳汇指”,还可结合河口水质净化,消除“氧亏”区,增殖水生生物,消除口外赤潮。



陆健健 华东师范大学教授、博士生导师。1978 年获华东师范大学学士学位,1985 年获美国华盛顿州立大学博士学位(生态学专业)。1998 年起享受国务院特殊津贴。中国发展研究院长江流域可持续发展研究中心主任;中美绿色合作伙伴(湿地研究)中方首席科学家。《International Journal of Ecological Engineering(国际生态工程学报)》、《环境科学研究》、和《湿地科学》等学术刊物编委。研究领域:生态系统的结构、过程、功能、服务功能评估与价值化;湿地生态系统,生物多样性及生态恢复与重建。近年曾承担 GEF(全球环境基金)宁波水环境项目(国际合作);“近岸海域水质变化机理及生态环境效应”

(973 项目课题);长江口潮滩生态安全预测模型研究(国家重点基金项目);以及国家水利部项目、教育部重点项目、国家民航总局项目,国家科技部和上海市科委共建“崇明生态岛建设”专项等多项研究项目。

全球变化与水母暴发

孙 松

中国科学院海洋研究所,青岛

一、前言

全球变化是一个受到广泛关注的话题,全球变化下的海洋生态系统在多重压力下发生了很多的变化,其中一个人引人注意的问题是海洋生态灾害的问题:有害赤潮发生的频率和范围不断增加和扩大,2007 年开始在北黄海又出现了底栖藻类(浒苔)大量漂浮到水体中并聚集为绿潮的现象,对近海生态系统健康造成很大压力和威胁,最近几年在渤海和胶东半岛沿岸还出现微型藻类暴发的现象,对当地的海水养殖业造成极大破坏。上述生态灾害的肇事者主要是藻类生物的大量暴发引起的(有些属于原生动物),但在过去 20 年间人们忽然发现海洋中的胶质类生物(水母、栉水母、被囊类等)明显增多,特别是水母类生物在世界许多海域出现的种群暴发现象(Vinogradov et al. 1989;Lotan et al. 1994;Brodeur et al. 1999;Uye and Ueta 2004)。水母的暴发导致一系列的经济和社会问题,被认为是一种非常严重的、由于海洋动物的暴发而形成的生态灾害。

水母在近海、特别是近岸的暴发引起社会和媒体的极大关注,一些核电站由于水母的暴发导致海水冷却系统堵塞而停止运转,仅 2011 年就发生了日本、以色列和苏格兰的核电站由于水母的暴发导致停止运行的事件,这样的事件在近几年不断发生;由于水母的暴发对旅游业也造成了很大的影响,一些沿海的旅游设施由于水母的暴发而关闭,因为很多水母带有刺细胞,对人体造成伤害,甚至经常发生游客被水母蛰死的事件;水母的暴发也给海洋渔业活动造成很大影响。这样的事件在网上只要搜索一下“jellyfish bloom”就会出现大量的报道。水母的暴发也给海洋生态系统健康造成很大影响,很多生态学家认为由于水母的持续增加,水母有可能取代鱼类等大型生物成为生态系统的主导性生物,对海洋生态系统健康带来极大危害,甚至会导致生态系统的灾难(Jackson *et al.* 2001;Richardson *et al.* 2009)。但最近 Robert Condon 等人(Condon *et al*, 2012)在 *BioScience* 上发表了一篇综述性文章,认为水母未来未必会成为海洋生态系统的统治者,目前缺乏足够的证据说明全球水母的增加是趋势性的还是阶段性的,也

许只是海洋生态系统的一个周期性的变化,因为在历史上也曾经发生过多次水母暴发的现象,目前水母的数量增加是由于全球气候变化和人类活动共同作用下海洋生态系统的一个综合反应,海洋生态系统未来的变化趋势还有待于进行深入的研究,现在不足以做出一些结论性的判断。英国自然杂志也刊登了一篇文章对这个问题进行评述(Schrope,2012)。

水母是海洋生态系统中的重要组成部分,主要食物是海洋中的浮游动物,与鱼类等生物进行饵料竞争,也会摄食鱼类的卵和幼体,水母的数量增多会对海洋生态系统的结构与功能产生重要的影响,也会对渔业资源造成破坏,使渔业资源长期得不到恢复。针对水母暴发的基础生物学、生态学、发生机理和生态效应等问题,我国在 2011 年启动了国家重大基础研究项目:"中国近海水母暴发的关键过程、机理及生态环境效应",通过大量的文献分析、历史资料综合分析、海洋综合考察和实验生态学研究,对水母暴发的关键过程、机理和生态效应有了初步的认识,取得了一些阶段性的成果和突破性的进展。本论文专辑是对前期研究的综合报告,涉及实验生物学、基础生态学、关键物理过程、化学过程、生物过程、野外考察等各个方面的内容。本文在对国际水母暴发问题的研究现状、关键科学问题的争论以及未来发展方向等的综合分析基础上,结合我国在此领域的最新研究成果,提出了中国近海水母暴发机理的理论框架和科学假设,在未来的几年中我们将进行进一步论证和补充,建立我国近海水母暴发与生态系统演变的理论体系。

通常我们所指的水母包括两大类,一类是带有刺细胞的水母,例如海月水母(*Aurelia spp.*)、海蜇(*Rhopilema esculentum*)、沙蛰(*Nemopilema nomurai*)和霞水母(*Cyanea spp.*)等;另一类是不带刺细胞的水母,身体上带有像梳子一样的纤毛,例如侧腕栉水母(*Pleurobrachia pileus*)和瓜水母(*Beroe cucumis*)等。尽管水母的身体柔软、不带骨骼,但仍然能够发现很多古生物学的证据,从已有的古生物学记录来看,在 5.4 亿年之前,也就是寒武纪早期就出现了栉水母(Chen *et al.* 2007),其他水母约在寒武纪中后期—5.4 ~ 5.2 亿年之前出现(Hagadorn *et al.* 2002),所以说水母是地球上最古老的生物之一,它们在海洋中已经生存了超过 5 亿年的时间,在这漫长的历史长河中,水母经过了地球上几次大的极端环境的考验,在这些过程中一些曾经在地球上非常繁茂的生物,例如三叶虫、鹦鹉螺和海洋爬行类等都先后灭绝了。水母能够在地球上繁衍这么长的时间,说明其具有非常顽强的适应环境变异的能力,最主要的是它们具有快速繁殖的能力和高效利用饵料的能力(Butterfield 1997)。水母的身体含水量很高,一般超过 95%,因此它们单位体积的有机物含量很低。水母通过滤食的方式摄食水体中的浮游生物,这有利于水母在低密度和块状分布的饵料环境(Ducklow *et al.* 2009)和动

荡的环境(Eiane *et al.* 1999)与其他捕食性生物进行食物竞争。

水母具有世代交替的繁殖特性,水母体在海洋中营自由生活,通过有性繁殖产生浮浪幼体,沉到海底变态为水螅体。水螅体生活于海底,营底栖生活,水螅体通过多种多样的无性繁殖方式进行繁育,包括横裂生殖、出芽生殖和足囊生殖等。水螅体的无性繁殖方式取决于环境条件的变化,这对揭示水母暴发机理来说至关重要,将在下面进行详细讨论。

二、水母研究中的困难性与复杂性

(一)样品采集和鉴定方面的困难

水母广泛分布于全球海洋中,从近海到大洋,从浅海到深海都有水母的分布。最近的考察结果表明在水深几千米的深海中,仍然能够发现大量的水母。水母也是大洋中最常见的生物之一。水母的个体差异很大,从直径几个毫米到几米。水母体内含水量很高,身体易碎,使用浮游动物拖网所获的样品往往是黏糊糊的一堆果冻样的东西,给种类鉴定和生物量统计带来很大困难。所以在很多海洋浮游动物调查中不包括水母考察的内容,只有一些专业考察和采取特殊的取样方法才包括水母考察的资料;另一个原因是大部分的水母不具备经济价值,而且经常对渔业活动造成很大破坏作用,所以也难以获得渔业活动方面的资料。

(二)水母观测方面的困难

由于水母体内含水量很高,对声波反射作用小,所以很难使用声学设备,例如探鱼仪等进行声学探测;大型水母往往分布在水深 10 米以下,因此也难以通过卫星遥感的手段对水母进行观测;水母身体透明度比较高,所以也难以使用光学设备进行探测。到目前为止,人们还没有研发出有效的用于水母观测的设备。现在的水母观测基本是基于船基目测、拖网取样等方法,给水母研究带来很大困难。

(三)长期变化数据缺乏

由于上述原因,导致有关水母种类组成和数量的长期变化数据缺乏,因此难以判断现在海洋中水母的种类组成和数量变化是周期性的自然变动还是趋势性的异常变动。

(四) 生活史复杂

水母具有世代交替的特性,在生活史发育过程中受制于环境条件的变化,水螅体阶段的生活史策略复杂多变,在环境不利的情况下能够进行休眠,一些研究表明水母的水螅体在休眠几十年之后仍然能够进行正常生长和发育(Richardson *et al.*,2009)。

三、关键科学问题与研究策略

在水母研究过程中,人们最关心的科学问题简单来说主要是下述几个方面:

1. 海洋中的水母为什么会出现数量增多、甚至出现泛滥成灾的现象?是什么原因导致了水母数量增多,是全球气候变化的原因还是人类活动引起的?

2. 水母数量增多对海洋生态系统的影响,水母是否会成为海洋生态系统中的主导性生物,从而改变海洋生态系统的结构与功能,这些变化对渔业资源、海洋生物地球化学循环等会产生什么影响。

针对上述几个关键科学问题,在研究策略上首先我们必须弄清水母的生活史策略,特别是水螅体阶段,它们的分布范围、数量变动、生殖方式等与环境变化之间的关系,这对于了解水母暴发的发源地、导致水母暴发的原因等问题非常重要。对于水母暴发机理的认识,我们必须针对环境因子变动对水母生活史不同阶段的影响、特别是对水螅体繁殖方式的影响进行实验生物学和生态学研究,根据这些研究基础来解析在自然环境中水母暴发的机理。其次是探讨水母暴发与海洋生物网变动之间的关系:没有充足的饵料,水母种群不可能得到补充和壮大。第三个关键内容是研究水母与其他生物之间的相互关系:水母的数量增多是否是由于敌害生物或者与之进行食物和空间竞争的生物数量减少的结果。综上所述,水母种群的暴发应该满足三个方面的条件:高繁殖率、高生长率和低死亡率。其中高繁殖率主要与水母生活史策略、特别是生活在海底的水螅体阶段的无性繁殖策略密切相关;高生长率的关键是必须能够获得足够的食物;满足低死亡率的一个重要的条件是敌害生物(能够摄食水母的生物)的数量要少。要回答上述问题,首先要进行大量的活体培养和实验生态学实验,同时进行大量的海上调查,建立水母暴发概念模型,并通过一系列的实验和考察数据进行检验和修正,建立水母暴发机理的理论体系和预测模式,我们已经进行了大量实验生物学方面的研究和大规模海洋现场考察,取得了一些重要的进展。

(一) 水母种群暴发与水螅体栖息地的探索——观念上的改变

水母的水螅体在自然海域中生活在哪里?人们认为要了解水母暴发的原

因,最重要的就是要找到水螅体的分布区域,只有这样才能找到水母暴发的发源地,才能解开水母暴发的秘密,从而进行监测、预警和预报。但是在水母研究中人们所面临的一个非常重要的问题是:在自然海域中根本找不到水螅体,到目前为止这还是一个世界难题。尽管水母的个体很大,例如沙蛰的身体直径能够达到 2 米,体重 200 公斤,但是它们的水螅体只有几个毫米大,在茫茫大海中寻找水螅体无异于大海捞针。我们通过大量的实验和野外调查结果表明:在合适的温度和环境条件下,水螅体能够在大部分的硬质海底上生存。以海月水母为例,在合适的温度和饵料环境下,海月水母的水螅体能够在玻璃、波纹板、PC 管、水泥版、礁石、贝壳等各种介质上附着下来,并进行正常生活。但由于水螅体个体很小,底栖生物众多、海底复杂,以及水深和光照等方面的制约,我们难以在硬的礁石海底进行观察和取样,因此在自然海域中进行大规模水螅体数量和分布调查(就目前来说)几乎是不可能的。尽管可以使用分子生物学的方法进行种类的鉴定,但定量研究也是非常困难的。

水螅体是水母生活史中最重要的阶段,水母生活史中的大部分时间都是以水螅体的方式存在的,水螅体也是水母度过不良环境的最重要的阶段,它们具有很多适应环境的生物特性:在不同的环境中采用不同的生活史策略,甚至在环境不利的情况下能够进入休眠等。因此即使我们找到了水螅体,并不意味着水母种群的暴发,因为水母种群的暴发取决于很多因素:水螅体的数量、水螅体是否通过横裂生殖的方式产生碟状幼体、水体中的饵料数量能否支撑水母的快速繁殖和生长等。因此,在研究方法和理念上需要进行一些调整:不应该把主要精力放在寻找水螅体上,而是应该放在导致水母暴发的环境条件上,水螅体能够存在于各种硬质海底,但并不是每个有水螅体存在的区域都是水母暴发的源头。如同我们在环境中发现了能够导致感冒的病毒,但并不意味着一定会感冒,关键还是取决于我们自身的健康状态。水母种群暴发与生态系统的健康状态密切相关。

(二)对水母暴发机理的新认知——理论模式

水母种群的暴发是对环境变异的一种应激反应,是一种生物迁徙行为,其目的是为了逃避不良环境、扩大分布范围、寻求新的生存空间、为种群繁衍寻求更多的机会,这是水母在几亿年的漫长历史演化过程中能够生存下来、持续繁衍的一个重要特征。

水母的出现是水螅体扩大分布范围、度过不良环境的一种生殖策略。水母生活史的一个非常重要的特征是世代交替:有性生殖和无性生殖交替出现,无性生殖发生在水螅体阶段。水螅体的无性繁殖也有多种方式:通过足囊生殖和出

芽生殖产生新的水螅体(水螅体—水螅体);通过横裂生殖产生碟状幼体,然后发育为幼水母(水螅体—碟状幼体—水母)。通过横裂生殖产生碟状幼体是水螅体离开海底、离开它们熟悉的家园、寻求新的栖息地的关键步骤。从碟状幼体开始,它们就开始了随波逐流、充满风险和刺激的流浪生活:它们将被海流和风带到完全陌生和未知的世界,将面临:饵料短缺、被摄食、极端环境等众多风险,在成熟之后还将面临在水体中能否相聚在一起、产生的雄性和雌性配子能否顺利结合从而通过有性繁殖产生另一种形式的幼体——浮浪幼体。浮浪幼体沉到海底之后变态为水螅体(浮浪幼体—水螅体),浮浪幼体又将面临找不到合适的附着基、被摄食、环境不适宜等方面的风险。在这个过程中,水母已经在茫茫大海中漂游了几个月的时间,其实早已远离它们原来的家园(水螅体栖息地),到达一个陌生的环境,在这个过程中所产生的新的水螅体不能对原栖息地的水螅体群落进行补充,而原栖息地的水螅体在产生碟状幼体之后,本身的生长和数量会受到影响。因此水螅体采用何种方式进行无性繁殖、哪些环境因素控制水螅体的繁殖方式等,将是我们认识水母暴发机理、寻找水母暴发源地的关键环节。通过不同的温度和饵料组合实验证明:温度和饵料是控制水螅体发育方向和生殖策略的关键因子。

(三)我国近海水母暴发的几个受到关注的问题

水母的暴发是海洋生态系统演变的一个综合结果,与赤潮、绿潮(浒苔)的等生态灾害是同一类的现象。对于导致水母数量增多、在一些区域出现暴发,目前有各种各样的解释,归纳起来主要有下面几个原因:(1) 由于渔业资源的减少,给水母的暴发提供了机会,因为降低了水母被捕食和食物竞争的压力(Purcell,2012);(2) 由于富营养化导致的,浮游藻类的增多,特别是小型和微型浮游生物的增多,藻类的沉降和分解导致水体底部缺氧,这样的环境不适合其他生物的生存,但水母具有耐受这些恶劣环境的能力,所以水母的数量急剧增多(Arai,2001;Purcell,2012);(3) 由于全球气候变化引起的,因为从一些现象的分析中可以看出水母数量变化与海水温度变化具有很好的对应关系(Attrill *et al.*, 2007; Richardson *et al.*,2008);(4) 由于外来种的入侵导致的,船舶的压舱水将水母从一个海域带到了另一个海域 (Kideys,2002; Graham *et al.*,2007);(5) 由于人类活动导致海岸带的改变而引起的,例如大量海岸带工程,为水母水螅体的附着提供了硬质附着基。但上述这些对水母暴发原因的解释,大部分是从生物学和生态学原理进行的推理,缺少直接的实验证据(Purcell,2012)。从我们目前的研究来看,在我国近海导致水母增多的主要原因是全球气候变化引起的底部海水温度变异和富营养化导致的小型和微型生物的大量增加导致的。



孙松 1959 年出生，山东莱阳人，研究员，2006 至 2009 年 3 月任中国科学院海洋研究所所长、党委书记；2009 年 4 月至今任中国科学院海洋研究所所长、党委委员。一直从事近海生态学和南大洋生态学的研究，曾三次赴南极进行科学考察。在“八五”期间作为主要业务骨干参加国家重点攻关项目“南大洋磷虾资源考察与开发利用研究”，在“九五”期间承担中国科学院重大项目“南大洋生态系统动态变化研究”和国家科委“九五”科技攻关计划“南大洋生态系统动态变化和碳的生物地球化学研究”，作为主要业务骨干承担国家基金委重大项目“浮游动物种群动力学及其在生态系统中的调控作用研究”课题。973 项目“黄东海生态系统动力学与生物资源的可持续利用”课题负责人，国家公益项目“南极磷虾生长状况与南大洋生态系统动态变化关系研究”课题负责人和中国科学院创新项目“人类活动影响下的我国典型海湾生态系统动态变化研究”项目负责人。目前承担国家 973 项目“我国近海生态系统食物产出的关键过程及可持续机理”中的“浮游动物功能群在食物生产中的调控作用”课题负责人；国家自然科学基金重点项目“黄东海浮游动物优势种种群动态变化机制”课题负责人和南大洋生态系统研究等。

主要学术兼职：国际海洋生物普查计划（CoML）科学指导委员会委员、中国委员会主席；国际浮游动物普查计划（CMarZ）科学指导委员会委员；国际海洋研究委员会（SCOR）115 工作组正式成员（Full Member）、海洋生物观测新技术工作组正式成员（SCOR Panel on New Technologies for Observing Marine Life）、海洋生物自动识别系统工作组（130）成员；国际海洋生态系统动力学研究委员会（GLOBEC）海洋生态系统动态过程研究工作组正式成员（Full Member）；北太平洋海洋组织（PICES）生物科学委员会委员；第四届国际浮游动物大会科学指导委员会委员；中国海洋研究委员会副主席；中国海洋与湖沼学会常务理事；海洋与湖沼学会生态学分会理事长等。

我国海洋能开发利用现状及发展战略

杨作升 等

中国海洋大学,青岛

一、我国围填海工程现状

1949 年至 20 世纪末,我国兴起了三次大的围填海热潮,进入 21 世纪以来,我国进入了新一轮大规模围填海热潮。

(一) 1949—2000 年的三次围填海热潮

从新中国成立到上个世纪 90 年代中期,沿海地区先后兴起了三次大的围填海高潮。第一次是建国初期的围海晒盐;第二次是 20 世纪 60 年代中期至 70 年代,围垦海涂扩展农业用地;第三次是 20 世纪 80 年代中后期到 90 年代中期的滩涂围垦养殖热潮。据初步统计,这三次大规模围填海造地面积达 12 000 km^2,平均每年约为 230 ~ 240 km^2(《典型围填海综合评估体系与应用示范研究总报告》, 2010)。根据国家海洋局对沿海各省市用海面积的统计,2002 年之前,我国(港、澳、台地区除外)共围填海 1655.54 km^2(《中国海洋可持续发展的生态环境问题与政策研究》2012)。

(二) 21 世纪以来新一轮大规模围填海热潮

进入 21 世纪以来,我国开始了新的一轮大规模围填海热潮。根据国家海洋局海域使用管理公报的统计,2002 年以前确权围海造地共 358.49 km^2,2002 年《海域使用管理法》实施后,2002—2012 年确权围填海 2446.81 km^2,10 年总增加面积相当于 2002 年以前的 7.8 倍,速度快,数量大(图 1)。

但根据国家海域使用动态监视监测管理系统的监测结果,1990 年我国实际围填海面积为 8241 km^2,2008 年达 13 380 km^2,19 年间年均新增围填海面积 285 km^2(图 2)(《中国海洋可持续发展的生态环境问题与政策研究》,2012)。而 2008 年的确权围填海面积仅为 2341.32 km^2,为实际围填海面积的 17.5%,即实际围填海面积远大于已确权的数据,目前围填海实际规模出现巨大增长。

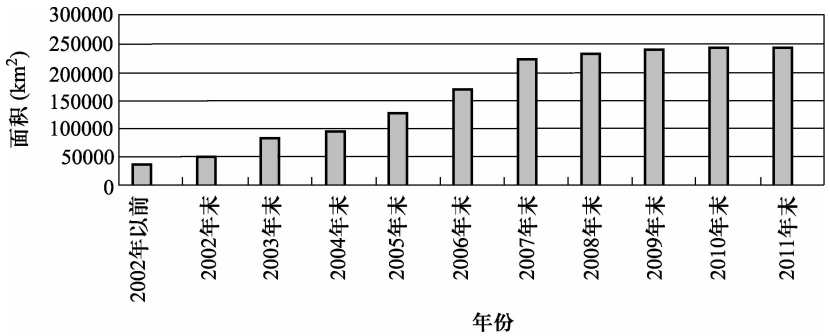


图 1　围垦造地工程确权用海面积年际变化

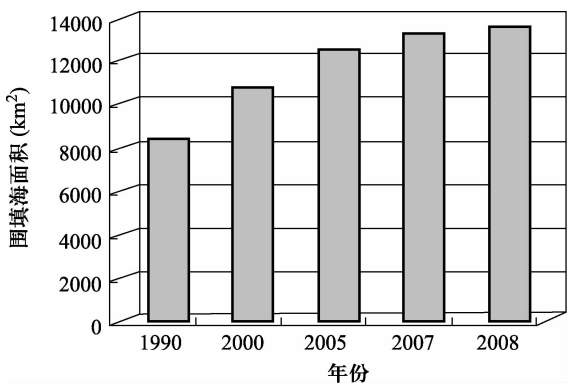


图 2　中国围填海累计面积历史变化趋势

（《中国海洋可持续发展的生态环境问题与政策研究》,2012）

二、目前我国围填海的主要特点和趋势

（一）围填海工程进入大规模围填海阶段

1. 规模大,面积快速增加,持续时间长,速度加快

沿海各省市都作出了大规模围填海计划,如山东省规划填海造地用海 700 km^2,江苏省 2005—2010 年计划围海造地 400 km^2,上海市 2010—2020 年规划填海造地 400 km^2,浙江省滩涂围垦规划造地 1747 km^2。福建省 2005—2020 年规划围填海 571 km^2。到 2020 年的未来 10 年中,我国沿海省市围填海需求在 5780 km^2 以上,年均达 578 km^2,比 1990 年至 2008 年年均新增围填海面积的 285 km^2 增加一倍以上。

2. 从过去的零散围填海转向大规模集中用海

大型围填海工程多,动辄数百平方公里,如唐山曹妃甸工业园填海造地 240

km^2,黄骅港工程规划围填海 121.62 km^2。天津滨海新区国务院批准填海造地 200 km^2,上海南汇临港新城填海规划填海 133 km^2。较小者也有数十平方公里,如大丰市王竹垦区匡围 48 km^2,福建省罗源湾围垦工程 71.96 km^2,福建省湄州湾围垦区约 47 km^2。

以上情况表明,我国围填海工程已进入了大规模围填海阶段。

(二) 围填海类型发生重大变化

从过去的晒盐、农业、养殖等围填类型转向了港口、临港工业和城镇建设等需求类型,近年来港口交通运输和临港工业用海确权面积增加很大。2008 年末—2011 年末的 3 年期间,围垦造地、港口交通运输和临港工业用海等三种类型用海确权面积分别增加了 105.49 km^2,390.11 km^2 及 278.58 km^2(图 3),港口交通运输和临港工业用海确权面积分别是围垦造地的 3.7 倍和 2.6 倍。

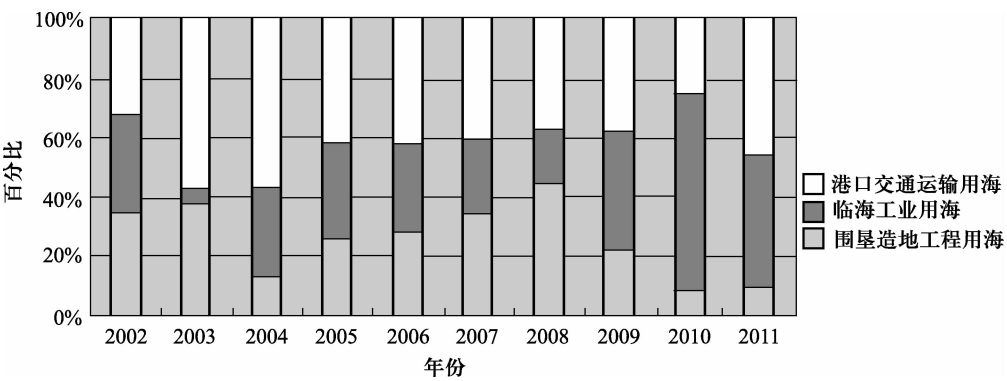


图 3 新增围垦造地、临海工业和港口交通运输三种类型确权用海面积比例的逐年变化

(三) 围填海集中于沿海大中城市邻近的海湾和河口,生态环境影响大

目前围填海大多集中于沿海大中城市邻近的海湾和河口,造成海湾面积缩小,海岸线缩短,河口湿地面积缩减,污染加剧,水动力减弱。

21 世纪以来我国大规模围填海工程及其类型转变和位置特点,必将对我国近岸海域和海岸带的生态环境带来重大影响。

(以上内容主要依据《中国海洋可持续发展的生态环境问题与政策研究》编辑,部分资料来自国家海洋局海域使用管理公报)

三、大规模围填海导致的生态环境问题

大规模围填海活动远远超出了自然环境所能承载的范围,带来了严重的生态环境问题。

(一)滨海湿地减少和湿地生态服务价值下降

大规模围填海使滨海湿地面积锐减,生态服务价值大幅降低。围填海急剧地改变了滩涂湿地在长期演替中形成的自然属性,使滩涂生态服务功能作用消失或削弱,生物多样性降低,群落结构改变,生物种群数量减少,甚至濒临灭绝。围填海过程对底栖生物的影响特别大。这种自然属性的破坏,可能是不可逆转的和永久性的。

湿地重要的生态系统严重退化,使生态服务功能大幅度衰减。新中国成立以来累计丧失滨海湿地约 2.19 万 km^2,约占其总面积的 40%。经初步估算,围填海所造成的海洋和海岸带生态服务价值损失达到每年 1888 亿元,约相当于目前国家海洋生产总值的 6%。

(二)鸟类栖息地和觅食地消失,湿地鸟类受到严重影响

滨海湿地是多种鸟类重要的栖息地和觅食地。湿地减少使得大量鸟类无处栖息,湿地鸟类生境受到严重影响,鸟类的数量和种类显著下降。

(三)海洋和滨海湿地碳储存功能减弱,影响全球气候变化

全球湿地占陆地生态系统碳储存总量的 12% ~24%,如全部释放到大气中,全球平均气温将升高 0.8 ~2.5℃。围填海将滨海湿地转为农业用途,导致湿地失去碳汇功能,转变为碳源。而用作工业或城镇建设用地则完全丧失了其碳汇功能。

(四)海岸带景观多样性受到破坏

围填海后人工景观取代自然景观,降低了自然景观的美学价值,很多有价值的海岸和海岛景观资源被破坏。被破坏的海岸原始景观在很长的时期内难以恢复,弱化了海洋休闲娱乐功能。

(五)鱼类生境遭到破坏,渔业资源锐减,影响渔业资源延续

大规模的围填海改变了区域水文特征,破坏鱼群的洄游路线、栖息环境、产卵场、仔稚鱼肥育场和索饵场,很多鱼类生存的关键生态环境遭到破坏,河口大

型围填海工程会彻底摧毁鱼类产卵场。最终导致渔业资源锐减,对渔业资源的可持续发展极为不利。

(六)水体净化功能降低,附近海域环境污染加剧

大规模围填海工程产生大量工程垃圾,加剧海洋污染。同时使海岸线发生变化,海岸水动力系统和环境容量发生急剧变化,大大减弱了海洋的环境承载力,加重了海洋环境污染。形成土地后的开发利用又产生大量陆源排污,导致水质更加恶化、海水富营养化,引发赤潮的概率也大大增加。

(七)改变水动力条件,引发海岸带淤积或侵蚀

围填海工程必然导致周边海洋水动力条件变化,破坏岸滩和河口区原有的冲淤动态平衡,导致海岸带淤积或侵蚀,对航道、港湾和海堤等造成严重威胁,宜港资源衰退,许多深水港口不得不重新选址或依靠大规模清淤维持发展。

(八)重要海湾萎缩甚至消失

围填海使一些重要海湾面积大幅度萎缩,重要景观消失。港湾内纳潮量减少,水交换能力变差,使近岸海域水环境容量下降,削弱了海水净化纳污能力,导致海水中营养物质增多。围填海后大量工业和生活用水不断排入,使湾内海水水质进一步恶化,污染物净化功能丧失。

(九)地面沉降风险加大,海岸防灾减灾能力降低

围填海加剧了沿海地区的地面沉降。由于滨海湿地系统受到破坏,湿地调节径流和风暴潮缓冲功能显著下降,海岸带防灾减灾能力削弱,海洋灾害破坏程度加剧。

综上所述,围填海对生态环境的破坏主要在以下三个方面:

第一,海岸带生态系统受到破坏,生物多样性降低,生态服务功能价值大幅下降

围填海活动致使滨海湿地、红树林、珊瑚礁、河口、海湾等重要的海岸带生态系统类型严重退化,鸟类栖息地遭到破坏,底栖和浮游生物种类和数量大大下降。生物多样性的降低直接影响到海岸带的各种生态服务功能。

第二,近岸海域渔业资源衰竭

围填海工程改变了水文特征,影响了鱼类的洄游规律,破坏了鱼群的栖息环境、产卵场,很多鱼类生存的关键生态环境遭到破坏,渔业资源锐减。

第三,海洋环境污染加剧

围填海工程垃圾加剧了海洋污染,同时使海岸水动力系统和环境容量发生急剧变化,减弱了海洋的环境承载力,减少了海洋环境容量,影响纳潮量和海水自净能力,造成海洋生态系统的自我修复能力下降,赤潮频率增高,风暴潮等灾害的压力加大。

(以上内容主要依据《中国海洋可持续发展的生态环境问题与政策研究》编辑,部分内容参考了《典型围填海综合评估体系与应用示范研究总报告》)

四、大规模围填海造成近岸海域生态环境破坏的主要因素

(一) 围填海规模过大,审批周期过短,项目实施过快

围填海规模过大,且大多集中于港湾、河口等生态脆弱区域。平面设计简单,技术手段落后,造成近岸海域生态环境的严重破坏,海水动力与冲淤环境严重失衡,近岸海域生态服务功能严重受损。

项目实施过快。如曹妃甸工业园一期工程从动工、建港到开港历时仅 1 年,与荷兰鹿特丹港扩建的围填海项目 10 余年的立项论证审批和历时 5 年的一期施工过程形成鲜明对比。

(二) 围填海管理和处置存在漏洞

2002 年《海域法》出台以前,围填海处于无法可依、无序可循、管理混乱的局面,造成海域生态环境破坏严重。2002 年《海域法》出台后,仍然有不少地区采取各种手段违法围填海,管理和执法都存在漏洞,对围填海不敢管或管不住,造成实际围填海面积大大高于确权面积。

(三) 缺乏生态补偿措施

现有的海域有偿使用制度,仍然缺乏对生态系统及其服务功能的补偿,造成海岸带资源逐步被围填海所蚕食,生物多样性和生态系统服务功能难以恢复。

(以上内容依据《中国海洋可持续发展的生态环境问题与政策研究》编辑)。

五、改善大规模围填海对生态环境影响的政策建议

建立起一套综合的围填海管理体系,从规划与立法、项目审批与执行监督以及基础支撑系统三个层次对围填海管理予以完善。

(一) 加强围填海规划与立法

1. 坚持以生态系统为基础,科学进行海洋功能区划修编

(1) 以基于生态系统管理为基本原则,提出国家和地方两级海洋功能区划,指导中国海洋功能区划的进一步修编。

(2) 基于海洋生态服务功能和价值,对海洋空间内的经济活动进行优化部署,对海洋生态环境实行分区管理,合理规划和管理围填海,协调不同用海之间的矛盾和冲突,实现海洋资源的可持续利用。

2. 制定围填海红线制度

建立围填海红线制度。划定海域潜力等级,确定海岸带/海洋生态敏感区、脆弱区和景观生态安全节点,提出要优先保护的区域,作为围填海红线,禁止围垦。

3. 尽快出台海岸带管理法

具体明确海岸线及河海分界线的界定方法,明确海涂和河口的行政管理属性,明确陆海和河海界线,以法律形式明确沿海滩涂及河口的属性。做到海陆统筹,统一管理,特别要加强对滩涂围垦的管理,滩涂围垦要纳入围填海总量控制。

4. 加快生态补偿法规及机制的建设

建立生态补偿的法规和机制,尽快出台海洋生态补偿/赔偿指导意见。对大型围填海工程,增设生态补偿方案,对项目所造成的生态系统服务功能的损失进行实际的生态补偿,达到在项目实施后生态系统的服务功能不会降低,以保证海洋经济可持续发展。

(二) 加强围填海项目审批与执行监督

1. 设立专家咨询委员会

组建专家咨询委员会,对重点建设项目进行评估和审核,为科学决策提供技术支持。重大开发利用项目必须经过专家咨询委员会论证,严格海域开发利用的科学论证把关。

海域使用论证和环境影响评价改由审批部门指派具有相关资质的单位进行。

2. 构建全面的围海造地评价技术体系

构建严密的评价技术体系来支撑围海造地的管理。首先是基础环境评价技术体系,其次是工程环境评价技术体系,对围海造地及工程施工和营运期进行综合损益分析。

3. 加强后评估常规性常态化管理

建立围填海造地工程后效应评估制度。对重大区域性填海项目,设立长期海域使用动态监测点,并建立海岸线侵蚀变化影响数据库,以便海洋行政主管部门更好地开展宏观管理。

4. 加强监管,强化用海执法

强化海上执法,对违法违规行为及时发现和查处。建立海岸带的陆域和海洋联合执法机制与执法合力,开展联合执法。建立健全围填海项目跟踪监测制度,改变重论证轻管理的现状,从过去单一项目监测向区域用海监测转变。

(三)加强围填海基础支撑系统建设

1. 加强海岸带生态环境的监测检测并设立公共数据平台,为围填海的决策评价提供坚实基础;

2. 加强海岸带生态服务功能价值的定量评估研究,以指导围填海选址定位及生态补偿方案的制定;

3. 加强基于生态服务功能的管理学研究并加强建设海洋生态文明,提高各级官员及公众的生态意识,以促进科学决策。

(以上内容依据《中国海洋可持续发展的生态环境问题与政策研究》编辑)

参考文献

1. 我国围填海工程的科学问题研究. 中国科学院院士咨询项目报告,2010年4月.

2. 中国海洋可持续发展的生态环境问题与政策研究. 中国海洋可持续发展的生态环境问题与政策研究课题组编著. 中国环境与发展国际合作委员会研究成果,2012.

3. 典型围填海综合评估体系与应用示范研究总报告. 国家海洋环境监测中心, 海洋公益性行业科研专项成果200705015号,2010年8月.

4. 2002 – 2011年海域使用管理公报,国家海洋局.



杨作升 教授,博士生导师,中国海洋大学地球科学学院河口海岸带研究所名誉所长。1960 毕业于苏联列宁格勒大学(现俄罗斯圣彼得堡大学)地球化学专业,获学士学位。主要从事海洋沉积学及海洋沉积地球化学、陆架及河口动力沉积学研究。培养了博士 16 名,硕士 27 名。曾担任过三项国家自然科学基金面上项目负责人,一项重大基金第四负责人和一项重点基金第二负责人,两项国家“八五”攻关专题、两项“九五”攻关专题的第二负责人,一项国家“863”项目子课题负责人,多项委托项目负责人,以及中美、中德、中澳海洋合作项目中方首席科学家,中美、中日、中法合作项目主要参加者。受聘担任华东师范大学河口海岸国家重点实验室、南京大学海岸海岛教育部重点实验室、海洋沉积与地质环境国家海洋局重点实验室等学术委员会委员,多个国内和国际学术组织成员。获省、部级科技进步二等奖 4 项、三等奖 3 项,国家“八五”攻关重大成果 1 项、“九五”攻关优秀成果 1 项。山东省专业技术拔尖人才,享受国务院特殊津贴。

近海有害赤潮的应急处置原理、技术与应用

俞志明

中国科学院海洋研究所,青岛

一、前言

有害赤潮(现统称为有害藻华)是一种全球性的海洋灾害。近年来,随着沿海经济的快速发展,赤潮问题在我国近海水域尤为突出。据中国国家海洋局《中国海洋灾害公报》近五年的数据统计,中国近海平均每年发生赤潮达 76 次、每年赤潮累计面积达 1 万 4 千多平方公里。有害赤潮不仅破坏了近海的生态环境,对近海经济造成了严重损失,而且有些赤潮藻种能够产生毒素、危及人类健康。所以,赤潮的应急处置方法与技术是近海环境保护所关注的重要内容。

从原理上讲,应急处置有害赤潮发生的方法有很多。但由于在实际使用时需要符合"成本低、操作简单、无污染"等原则,真正能够推广应用的极少。特别是对于海洋中的有害赤潮,发生面积通常较大,应急处置尤为困难。目前采用粘土材料治理海水中的有害赤潮是世界上唯一得以推广和应用的治理方法:20 世纪 80 年代日本在鹿儿岛进行了现场研究和实验;20 世纪 90 年代韩国利用黄土进行了现场应用;美国、香港等也进行了相关的研究和尝试。粘土材料治理有害赤潮的优点在于成本低、来源广、操作简单、易于推广与应用,另外,该方法对水环境不会带来二次污染,对鱼类、贝类也没有明显的危害,是一种成本低、较为安全的应急处置方法,由此得到了广大使用者的青睐。但是该方法长期以来存在使用量太大的技术难题:如韩国在治理一个面积为几平方公里的养殖渔场发生的赤潮时,使用黄土量达到 6 万 t;日本在治理鹿儿岛赤潮时,使用粘土量也达到 1 kg/m^2。现场使用量过大成为制约粘土类材料应急处置有害赤潮大规模应用的关键因素。所以,如何提高粘土材料治理有害赤潮的效率一直为人们所关注。

为此,自 20 世纪 90 年代我们开展了改性粘土治理有害赤潮的研究,提出了如何提高粘土材料治理有害赤潮效率的粘土表面改性理论与方法,研发出高效改性粘土,成功应用于海水赤潮和淡水藻华的应急处置。

二、粘土颗粒与藻华生物的絮凝作用机制

粘土是一类铝—硅层状结构的天然矿物,是大地土壤的基本单元。根据其

层状结构可分为两层和三层粘土,主要种类有高岭土、蒙脱土等。作为一种治理有害赤潮的材料,其基本原理是通过絮凝作用去除水体中的赤潮生物,粘土颗粒的絮凝效率主要依赖于组成、结构、表面性质等。为此,我们首先研究了不同种类粘土对中国近海中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)、微型原甲藻(*Prorocentrum minimum*)、夜光藻(*Noctiluca scintillans*)、拟菱形藻(*Nitzschia pungens*)等主要赤潮生物种的絮凝作用机制与特点。

结果发现,不同粘土种类对赤潮生物的絮凝作用不同,其中高岭土对赤潮生物的絮凝效率远远高于蒙脱土。该结果与日本学者提出的蒙脱土去除赤潮生物效果最好的传统观点相悖。该传统观点主要基于吸附理论:蒙脱土有较大的比表面,吸附效率较高。该论点对于溶解态的分子或离子吸附体系是完全正确的,但对于颗粒直径在几微米到几十微米的生物细胞与粘土的相互作用就存在很大的问题。由于粘土材料治理有害赤潮主要基于絮凝作用,与吸附作用有很大的区别,所以仅通过吸附理论难以解释絮凝作用的特点。为此,我们基于 DLVO 理论,建立了粘土颗粒与赤潮生物相互作用模型:粘土颗粒与赤潮生物之间的相互作用分为静电作用和范德华作用。由于海水中粘土颗粒带负电,赤潮生物表面也带负电。所以,粘土颗粒与赤潮生物的静电作用表现为排斥作用,该作用的大小与不同粘土颗粒表面电位有关。测定结果表明,高岭土的表面负电性低于蒙脱土,说明高岭土与赤潮生物的静电排斥作用小于蒙脱土,絮凝效率较高。另外,我们研究了不同种类粘土和藻华生物的结构、形状对絮凝作用的影响,发现链状颗粒、生物体上的鞭毛等可以提高颗粒间的桥联作用、导致絮凝效率增强,更容易絮凝沉降,从结构特点上进一步阐释了高岭土絮凝效率高于蒙脱土的原因,为提高粘土对赤潮生物的絮凝效率奠定了理论基础。

三、提高粘土材料治理有害赤潮效率的途径与方法——粘土表面改性理论

在上述研究的基础上,进一步提出了旨在提高粘土颗粒絮凝赤潮生物效率的粘土表面改性理论。该理论的基本出发点是降低粘土表面的负电性,使粘土颗粒与赤潮生物之间的静电排斥作用降至最小;同时增强桥联作用。为此,建立了粘土颗粒与赤潮生物之间的静电作用模型,模拟研究了粘土颗粒表面引入改性试剂后,表面静电性质的变化对絮凝作用的影响。研究发现,假设用于粘土表面的改性试剂 M 带正电荷 Z,粘土体系中引 M^{Z+} 可以增加和促进粘土颗粒与赤潮生物间的絮凝作用;其增加幅度与 M^{Z+} 的性质有关,M^{Z+} 的吸附能力越强、正电荷越多,促进作用越强。同样,利用范德华作用方程可以证明,改性试剂 M 分子链越长,桥联作用越大。

上述研究从机制揭示了粘土表面改性对絮凝赤潮生物效率的影响,为选择合适的改性化合物、改变粘土表面性质、提高其去除藻华生物的能力提供了理论指导和依据。在粘土表面改性理论指导下,分别选择了无机改性试剂和有机改性试剂,利用吸附、插入等技术制备出无机改性和有机改性粘土。实验结果表明,随着改性试剂浓度的增加,粘土颗粒表面负电性逐渐降低,在一定浓度下达到等电点,随后发生电荷反转。改性后的粘土对赤潮生物的絮凝效率明显提高,其中,高岭土尤为明显,与改性前相比,絮凝效率提高了几十到几百倍。蒙脱土也表现出相同的变化趋势,尽管其絮凝效率远远高于改性前的蒙脱土,但仍低于改性后的高岭土,粘土颗粒表面电位与赤潮生物絮凝效率之间存在明显的正相关。实验结果进一步验证了前面提出的粘土表面改性理论。

四、改性粘土方法的生态环境效应

(一)改性粘土对水质的影响

实验结果显示,改性后的粘土对磷酸盐的吸附能力远远高于未改性粘土;改性粘土对磷酸盐的吸附能力随着环境中磷酸盐浓度的增大而增加。另外,改性粘土应急处置赤潮的同时,水体中 DO 也发生了变化:未加改性粘土条件下,由于藻细胞死亡分解消耗大量氧气,水体中的溶氧一直呈下降趋势;加入改性粘土后,水体中 DO 逐渐升高,慢慢恢复到水体的正常溶氧水平。水体中 COD 也发生了相应变化:开始时由于藻细胞死亡分解,水体中 COD 高达 7.45 mg/L,远远高于海水的正常范围;加入改性粘土后,COD 降至 1 mg/L 以下,对 COD 有显著控制作用。

(二)改性粘土对典型养殖生物的影响

以中国典型的海水养殖生物(日本对虾、太平洋牡蛎等)为模式生物,考察了改性粘土对水生生物的影响。实验结果表明,无论是对东海原甲藻还是赤潮异弯藻的去除实验中,日本对虾仔虾的存活率与其相应的对照组相同,达到100%。通常,在底栖生活的贝类等对环境中悬浮颗粒物的变化较敏感。在培养太平洋牡蛎幼体的水体中分别加入不同改性粘土,连续培养 56 天后取样,通过透射电镜观察牡蛎鳃组织和消化腺的超微结构。与对照组牡蛎鳃细胞结构比较,添加了改性粘土的实验组牡蛎的鳃组织的细胞无显著变化,结构仍然完整缜密,牡蛎的消化道边缘仍然有大量密集而排列整齐的微绒毛,纤毛基体和纤毛小根清晰可见,说明改性粘土对太平洋牡蛎幼体的鳃和消化道组织不会造成明显的机械性损伤,长期培养后没有发现改性粘土对生物的存活率有显著影响。

(三)对藻毒素的影响

某些赤潮生物可以产生藻毒素,造成其他水生生物和人类中毒,是有害赤潮的重要危害之一。为此,我们在利用改性粘土技术去除赤潮生物的同时,考察了该技术方法对藻毒素的影响。发现改性粘土可以抑制藻毒素的产生,最高抑制效率可达 30% 以上。相关结果进一步表明,改性粘土去除塔玛亚历山大藻时,能有效降低水体中藻细胞浓度及其所携带的 PSP 毒素。

上述研究证明,改性粘土在有效去除有害赤潮的同时,还可以有效改善水质环境、抑制藻毒素产生、对其他生物不产生负面影响,这些特点为改性粘土技术的推广应用奠定了基础。

五、改性粘土技术典型应用实例

至今,改性粘土应急处置赤潮技术已成功应用于 2005 年第十届全国运动会、2007 年青岛国际帆船赛、2008 年北京奥运会帆船赛、2010 年亚运会、2011 年世界游泳锦标赛、2011 年深圳大运会等各项重大赛事相关水域的赤潮应急处置工作,为这些重大项目的顺利进行提供了技术保障,取得了丰富的现场应用经验,是目前国内唯一得到如此广泛应用的方法和技术。

(一)在 2008 年北京奥运会帆船比赛水域赤潮应急处置中的应用

青岛是 2008 北京奥运会帆船比赛举办城市,为了保障比赛水域不受赤潮的影响,青岛市政府早在 2006 年将改性粘土方法确定为奥帆赛赤潮应急处置唯一方法,制定了相应的应急方案,为奥运会前期的各项国际赛事、奥运会期间的帆船比赛等顺利进行做出了贡献。

2008 年奥运会正式开始之前,作为系列测试赛,青岛在 2007 年举办了“好运北京—2007 青岛国际帆船赛”,改性粘土技术多次在期间的赤潮应急处置中得到应用:2007 年 6 月消除了发生在沙子口湾海域、面积约为 10 km^2 的赤潮异弯藻赤潮;2007 年 8 月消除了发生在比赛海域、面积约为 3 km^2 的赤潮;保障了这些国际赛事的顺利进行。

特别是 2008 年 8 月 7 日奥运会开幕前夕,紧邻奥帆赛赛场的青岛灵山岛北部海域爆发了 86 平方公里、以卡盾藻为优势种的赤潮。青岛市政府启动应急预案,组织 36 艘船只、使用 360 多吨改性粘土,应急处置近 40 个小时,成功消除了威胁奥帆赛场的有害赤潮,保障了奥帆赛的顺利进行。8 月 9 日,海监飞机再次对该海域进行监测,该海域水色已经恢复正常。现场监测表明,藻细胞密度降低了 1 ~ 2 个数量级;10 日再次监测,水域浮游植物数量恢复正常,赤潮警报解除,

改性粘土技术为奥帆赛的顺利进行做出了重要贡献。

（二）在2011年深圳大运会及世界游泳锦标赛比赛水域赤潮应急处置中的应用

2011年8月“第26届世界大学生夏季运动会”在深圳举行，为保障海上游泳、帆船、帆板等比赛项目不受赤潮的影响，大运会组委会启动了“深圳市第26届世界大学生夏季运动会比赛海域赤潮防治行动”。改性粘土治理赤潮技术作为大运会海上比赛水域赤潮应急处置方法，承担着大运会期间40平方公里比赛海域的赤潮应急处置任务。比赛期间，利用改性粘土技术对比赛海域出现的多次赤潮生物密度增加现象采取了有效的处置行动，特别是8月18日成功消除了比赛海域爆发的以脆根管藻为优势种的赤潮。水质跟踪监测结果表明，改性粘土喷洒后比赛水域浮游植物数赤潮生物量明显降低，赤潮生物去除率达到86%以上，水体透明度显著增加、营养盐浓度（特别是磷酸盐浓度）下降，各种水质指标符合海上运动项目的进行，海上各种赛事得以顺利进行，产生了重要的社会效益。

2011年7月“第14届国际泳联世界锦标赛”在上海举行，其中公开水域游泳项目选址在上海市金山区的城市沙滩，比赛水域面积约1.5平方公里，是“长三角”著名的金沙碧水式城市景观。2011年5～6月，比赛水域爆发了以东海原甲藻为优势种的赤潮，藻细胞密度高达2.6（10^{10}cell/L，导致水体呈褐色，透明度明显下降，严重威胁着7月中旬即将在此举行的“第14届国际泳联世界锦标赛公开水域游泳项目”的正常进行。为此，赛事组委会利用改性粘土技术于2011年6月23～27日，对比赛水域进行了赤潮应急消除行动，成功消除了该水域的赤潮。水质跟踪监测结果表明，改性粘土治理后的比赛水域赤潮生物量明显降低，赤潮生物去除率达到90%以上，水体透明度显著增加、营养盐浓度下降，应急处置后的海水水质符合海上运动项目的要求，保障了世锦赛公开水域各项游泳项目的顺利进行。

（三）在2005年第十届全运会水上项目比赛水域藻华应急处置中的应用

2005年入夏中国南京玄武湖爆发了以铜绿微囊藻（Microcystis aeruginosa）为优势种的蓝藻水华，水华最大厚度达到20～30 cm，密度达到10^{7}cell/mL。由于蓝藻水华不仅影响景观，更严重的是大量蓝藻腐烂后散发出恶臭气味，排泄毒素，从而对玄武湖水质和周围居民的生活造成严重影响，而且对即将在玄武湖公园内举行的第十届“全国运动会”水上项目和首届“中国绿化博览会”的顺利举行构成了严重威胁。

为此,南京市政府利用改性粘土技术对玄武湖蓝藻水华进行了大规模应急处置,成功消除了湖区水域的蓝藻水华,恢复了该湖的旅游、休闲等功能,保障了“十运会”的顺利进行。监测结果表明,生物量由原来的平均 10^5 cell/mL 降至 10^3 cell/mL;玄武湖的水质情况发生明显改善:透明度由治理前的平均 30 cm 升至治理后的 36 cm;溶氧有所升高、pH 有所下降;微囊藻毒素得到了有效控制,COD、TSI、高锰酸盐指数、Eh 及营养盐均有所降低。另外,生物多样性得到了一定程度的恢复,其他主要水生生物(鱼类、底栖贝类)没有受到改性粘土的影响。

综上所述,改性粘土应急处置有害赤潮技术为人们战胜赤潮灾害提供了又一重要手段,对于近海生态环境保护具有重要的意义。



俞志明 1959 年出生。中国科学院海洋研究所研究员、博士生导师、国家杰出青年基金和国务院政府特殊津贴获得者,入选中科院“百人计划”。现任中国科学院海洋生态与环境科学重点实验室主任,兼任 SCOR – IOC 赤潮工作组中国委员会委员;中国环境科学学会理事、海洋环境保护委员会主任;中国海洋湖沼学会理事、水环境分会秘书长等职;担任“海洋与湖沼”、“海洋科学”、“环境科学研究”、“海洋环境科学”、“东海海洋”等杂志编委。

长期从事海洋环境与生态学方面的研究,研究方向包括近海富营养化、有害赤潮发生机制和防治、海洋污染物的生态效应等。近年来,作为项目负责人共承担国家、院、省部委等科研项目几十项,其中包括“973”课题、“863”项目、国家自然科学基金重点项目等。实验室设备先进,课题组人员团结、朝气蓬勃、具有良好的科研氛围。

曾荣获多项科研奖励和荣誉称号。2003 年被中组部、中宣部、统战部、人事部、教育部和科技部六部委授予“全国留学回国人员先进个人”称号和“全国留学回国人员成就奖”;2006 年被国家海洋局、科技部授予“全国海洋科技先进工作者”荣誉称号,同年被山东省政府授予“山东省有突出贡献的中青年专家”荣誉称号。

海洋生态环境监控与风险控制工程发展战略研究

马明辉

国家海洋环境监测中心,大连

一、我国海洋环境风险现状及发展态势

环境风险是由自发的自然原因和人类活动引起的、通过环境介质传播的、能对人类社会及自然环境产生破坏、损害及至毁灭性作用等不幸事件发生的概率及其后果。我国是一个海洋国家,因便利的海上通道和丰富的海洋资源,使得沿海地区成为全国最发达的地区,人口稠密,城市集中,工业密集,是核电、水电、机械、电子、医药、重化工等重大产业集聚区。具体体现在海洋赤潮频发,绿潮持续发生,溢油事故损害严重,化学品泄漏、海平面上升、海岸侵蚀、外来物种入侵等环境风险也威胁着海洋生态环境,影响和制约了人口—资源—环境—经济的可持续发展。近年来,我国海洋生态环境风险总体呈上升趋势,海洋生态环境安全受到的威胁日益突出。

(一)海洋溢油

随着石油资源需求的快速增长,我国战略石油储备、海上石油运输及海洋石油开发的规模迅速增加,海上重大溢油事故显著上升,溢油风险升高。据统计,1973—2006 年,我国平均每年发生 2 起重大船舶溢油事故,平均溢油量为 537 t;2000—2005 年,我国海上溢油发生率明显高于 1973—2006 年的平均值。海洋溢油事故主要发生在油码头、接卸港口、海岛附近海域及海洋油气开发海域。近年来,重特大海上溢油事故次数增多,2010 年以来相继发生了大连“7.16”及渤海“19-3”油井溢油等重大海洋溢油事故,对海洋生态环境产生了严重影响。

(二)赤潮与绿潮

中国近海大规模赤潮发生次数增多,有毒有害赤潮发生率升高,海洋赤潮多集中在浙江、上海、江苏近岸海域。1972—2007 年,共发生较严重赤潮 85 次,

2008—2009 年发生重大赤潮多达 36 次。近两年大规模赤潮年发生率是过去 25 年的 5.14 倍。近年来,面积达千 km^2 以上的赤潮灾害中,优势赤潮种类中有毒种类占总数的 30% 左右。据不完全统计,沿海地区贝类中毒事件已超过 160 起,中毒者 1000 多人,死亡近 60 人。2008 年青岛近海海域首次爆发大面积绿潮灾害,累计直接经济损失已超过 20 亿元人民币。

(三) 化学品泄漏

据海事部门不完全统计,1990—2001 年沿海各海事局管辖水域共有 31 起散装化学品污染事故,泄漏数量为 791 t,泄漏数量大于 100 t 的污染事故有 5 起。易发生事故的货种多为原料型,涉及苯、苯乙烯、冰醋酸等多种散化物质。

(四) 海岸侵蚀

监测表明,2007 年中国海岸侵蚀长度已达 3708 km,重点岸段主要分布在辽宁省的营口鲅鱼圈海岸和葫芦岛绥中海岸、河北省秦皇岛海岸、山东省龙口至烟台海岸、福建省闽江口以东海岸和莆田海岸、海南省文昌和南渡江口海岸以及江苏省连云港至射阳河口沿岸。2003—2009 年,除营口市盖州至鲅鱼圈岸段的侵蚀速度减缓、侵蚀岸段缩短外,其他岸段的侵蚀速度及侵蚀长度均在增大。

(五) 海水入侵与盐渍化

受海平面上升和对岸线不正当开发的共同影响,海水侵入近岸土地速度加快,造成大面积农田盐渍化,近岸地下水系统破坏严重,特别对我国长江三角洲、珠江三角洲及环渤海地区的地下水及土地资源构成潜在威胁。监测结果表明,2009 年,河北海水入侵最大宽度达 53 km,山东海水入侵最大宽度 30 km,辽宁大连海水入侵面积 800 km^2,全国沿岸的年平均入侵速度正在加快。

(六) 海平面上升

受全球海平面上升的影响,近 30 年来我国海平面上升速率加快,平均速率为 2.5 mm/年,总体高于全球海平面上升的平均速率。据预测,2039 年中国近海海平面,与 2009 年值相比上升范围在 70 ~ 150 mm。其中,天津、山东、上海、广东、浙江海平面上升的最高值超过 140 mm。同时,近岸城市规模的进一步扩大造成的压实效应以及过量地下水开采,也将不可避免地加重海平面上升趋势。

(七) 外来物种入侵

对海洋生态系统的外来入侵物种进行调查表明,我国具有潜在入侵危害的

海洋外来物种有 100 余种，其中植物约 20 种，动物约 50 多种，微生物约 30 余种。首次发现的地点集中在南部沿海地区，近年来有逐步北移的趋势。美洲、欧洲和亚洲其他地区是我国海洋外来入侵物种的主要来源地。

（八）核辐射

目前，我国核电安全记录良好，在役运行的 13 台核电机组没有发生过 2 级及以上的运行事件或事故，在建的 22 台核电机组建造质量也处于受控状态。我国核电站分布主要集中在沿海地区，运营核电站邻近海域的水质、沉积物和生物体中的放射性核素基本在建站前的本底范围内波动。但日本核泄漏事故再次提醒我们，核电站应给予高度重视。

二、海洋环境监测与风险管控能力发展现状

（一）海洋环境监测发展现状

历经 30 余年的发展，我国已初步形成以国家海洋局为主体的近海海洋监测网，包括岸基（平台）海洋监测站、锚系水文气象监测浮标站、雷达测冰站、高频地波雷达站、调查监测船、志愿监测船、海监飞机、海洋遥感卫星以及数据通讯系统，能够对我国沿岸区进行海洋环境监测，对赤潮、海上溢油等海洋环境风险进行重点监控。我国海洋环境监测网共有成员单位 100 余个，分为国家级，海区及省级与市级环境监测业务机构，各级监测业务机构的主要工作包括常规监测、污染事故监测、调查性监测以及研究性监测等。

（二）海洋环境风险控制能力现状

我国针对海洋溢油、海洋赤潮与绿潮、化学品泄漏、海平面上升、海岸侵蚀、外来物种入侵、核辐射等主要海洋生态环境风险，加强了风险监测，初步形成了上述风险的控制能力。

目前已初步建成卫星、航空、雷达、船舶等多种监控技术相结合的海洋溢油事件监控体系和应急体系，基本覆盖整个中国近海。开展石油勘探开发定期巡航、溢油卫星遥感监测、石油平台视频及雷达监控等海洋石油勘探开发的监管和溢油风险排查，并在重点石油勘探开发区及周边海域进行水质、沉积物质量、底栖环境和生物质量监测。建立了原油指纹信息库，海上溢油应急漂移预测预警系统及海上无主漂油溯源追踪系统等，初步建立了海洋环境敏感区决策支持系统。

2003 年起，我国海洋部门每年对 19 个赤潮监控区开展常规监测和跟踪监

测,并发布《海洋专报 - 赤潮(绿潮)月报》,制定了沿海省、自治区、直辖市和部分县、市级的赤潮(绿潮)海洋风险应急预案体系,开展了赤潮风险评价,确定我国赤潮风险高发海域。

近年来,海洋化学品泄漏事件时有发生,海洋部门及时开展了现场监测和跟踪监测,并针对潜在的污染源,对 PAHs、OCPs、PCBs、PFOS/PFOA、HBCD 和 TBBPA 等优先控制污染的分析方法进行了技术储备,为应对化学品泄漏事件后的快速送检、及时检测、确定污染物种类、排查污染源等一系列工作奠定技术基础。利用区域风险评价技术方法,通过源项分析、环境后果分析、风险表征和风险评价以及风险管理四个评价过程,确定我国化学品泄漏风险高发区域及风险等级划分。

国家海洋局自 2003 年起,每年对重要岸段开展海岸侵蚀监测。2007 年始,在沿海地区布设固定监测断面,开展海水入侵和土壤盐渍化监测。构建了海岸带典型区域海岸侵蚀风险评价指标和评价标准,确定海岸侵蚀、海水入侵风险高发区域,并在重点区域开展了海平面影响风险评估示范研究。

通过科学的监测站点布设,采取现场调查和遥感影像分析相结合的方法,对我国沿海 11 个省市(不包括台湾省)的互花米草群落进行了观测调查。此外,还针对局部区域泥螺、水母等生物入侵问题进行了连续监测,初步掌握了外来物种入侵方式和来源,分布范围、密度等情况,并建立了生物入侵物种库。结合国外物种入侵风险评价的研究成果,建立了沿海各省外来入侵物种风险评价的指标体系,确定外来物种入侵风险图。

国家海洋局依托现有的海洋环境监测业务体系,通过船舶走航、岸(岛)基站及海上石油平台定点监测等方式,构建了多元化的放射性物质监测体系,对我国管辖海域的大气、海水及海洋生物等主要海洋环境介质实施放射性物质监测。日本福岛核泄漏事故发生后,国家海洋局及时组织开展了海洋放射性物质预报预测工作,对核泄漏物的大气扩散趋势和放射性污水扩散影响进行预测,分析评估了核泄露事故可能对我国产生的影响。

(三)海洋环境监测与风险控制存在的问题

与我国海洋生态安全维护和海洋经济持续发展的需求相比,海洋环境监测和风险管控能力明显不足,主要体现在以下几个方面:

1. 海洋环境监视、监测、观测系统尚不健全

我国海洋环境监测体系覆盖的区域主要是近岸及近海海域,其目的是对我国人为活动影响区域的海洋环境质量、海洋生态健康状况、赤潮、海岸带地质灾害等进行监测与评价,为海洋环境管理提供依据,监测的手段主要是现场船舶监

测。海洋观测系统主要集中在岸基观测台站。从海洋监测覆盖范围来看主要还是近岸与近海,主要薄弱环节是远海监测能力不足,连续自动观测能力薄弱。

2. 海洋生态环境风险管理的信息支撑能力薄弱

目前我国尚缺乏海洋风险管理的综合信息服务平台建设,亟须整合汇集风险源、海洋水文动力、海洋生态环境监测、海洋环境灾害等各类基础信息,为海洋风险管理提供快速、有力的支撑。

3. 海洋生态环境灾害的应急处置能力有待加强

海洋生态环境灾害的应急处置能力主要包括灾害应急物质的储备、海洋污染的清除与处置、海上救援及突发环境事故的快速反应等诸多方面。目前我国海洋生态环境灾害应急储备明显不足,应急物资储备的空间布局不尽合理,海上溢油回收等技术、设备落后。

三、发展目标与任务

(一) 发展目标

围绕海洋生态环境观测网、海洋风险管理综合信息服务平台及生态环境灾害的应急处置等重大工程的建设,全面提升海洋生态环境风险的综合管控能力,降低污染灾害、赤潮(绿潮)、溢油、危化品泄漏、海岸带地质等灾害风险,实现核辐射等巨灾风险的可控,保障海洋生态安全,促进海洋经济持续发展。

(二) 重点任务

针对我国海洋环境现状及目前海洋环境监测与风险控制能力建设存在的问题,未来 20 ~ 30 年间我国海洋环境监控与风险控制重点任务主要为:

1. 构建强大的海洋观测系统

未来我国应进一步加强由岸基监测站、船舶、海基自动监测站、航天航空遥感组成的全天候、立体化数据采集系统的能力建设,使污染监测、生态监测、灾害监测及海洋自然环境监测结合为一体,建立错层次、多功能、全覆盖的海洋监视、监测与观测的网络结构,形成由卫星传送、无线传输、地面网络传输等多种技术和专业数据库组成的监测数据传输和监测信息整合系统。加强配备重金属、新型持久性有机污染物及放射性等的分析检测设备,探索适合我国的海洋环境监测分析技术方法,重点开展海洋功能区监测技术、海洋生态监测技术、赤潮监测技术、海洋大气监测技术、海域污染物总量控制技术、污染源监测技术研究,尽快形成标准规范,指导海洋环境风险评价与分析工作。

2. 建立海洋生态环境风险管理信息服务平台

构建海洋生态环境风险管理信息服务平台,主要包括应急监测数据编报系统、海洋环境监测数据库、风险源数据库、应急监测数据管理系统、应急信息产品制作系统、海洋动力动态数值模拟系统、海洋环境应急信息可视化查询系统等,为海洋环境突发事件提供应急处置的相关信息,从而提高应急指挥的实效性和科学性,最大限度地降低突发事件对海洋生态环境造成的不良影响。

3. 形成有效的海洋生态环境灾害应急处置能力

建立海洋溢油以及处置物质储备基地,根据海洋溢油风险区、多发区等合理布局溢油物质储备网络体系,合理配置消油剂、围油栏、吸油毡等常备物质。积极研发海洋溢油回收、绿潮海上处置等工程设备,提升海洋环境灾害的现场处置能力。建立由陆岸应急车辆、海洋应急专业船舶和直升机构成的海、陆、空立体快速应急反应体系,提升海洋生态环境应急反应速度。



马明辉 1962 年出生,理学硕士,研究员。现任国家海洋环境监测中心副总工、战略研究与信息服务室主任,全国环境监测技术委员会委员,主要从事海洋生态环境监测与保护研究工作。主持编制了《近岸海洋生态健康评价指南》、《珊瑚礁生态监测技术规程》、《红树林生态监测技术规程》、《海草床生态监测技术规程》等海洋行业标准。主持完成了“908专项”“全国海洋环境保护战略”等课题,先后参与《渤海环境保护总体规划(2008 – 2020)》、《全国生态保护与建设规划(2011 – 2020)》、《“十二五”近岸海洋污染防治规划》等国家规划的编制工作。目前承担海洋领域公益项目“全国海洋环境监测评价体系优化和综合服务平台开发”项目研究工作。

海南省海洋生态环境保护策略

孟 伟

中国环境科学研究院海洋生态与环境工程课题组,北京

一、前言

海南位于我国最南部,是我国陆地面积最小、海域面积最大的省份,也是我国最大的经济特区和唯一的热带岛屿省份,拥有独特的区位优势、资源优势和生态景观优势,海岸线总长度为1823公里。

海南省近岸海域环境质量总体保持优良,海南省近岸海域水质基本保持稳定,保持良好态势,大多数近岸监测海域处于清洁状态。2011年,全省45个近岸海域监测点位中,一类和二类海水占88.9%,92.5%的功能区测点达到水环境功能区目标要求。三类和四类海水主要出现在三亚河入海口、海口秀英港和万宁小海,主要污染源为城市生活污水、港口废水和海上集中养殖区废水。

重要生态监控区生态环境基本稳定。一是红树林生态系统。近几年,通过加大沿海湿地恢复工程,海南省红树林面积稳步增加,至2010年底,全省红树林面积达到4200公顷。二是珊瑚礁生态系统。海南省监测的珊瑚礁生态系统海水环境质量良好,珊瑚礁生态系统总体呈健康和亚健康状态。长棘海星等敌害生物和人类破坏性活动的影响是造成珊瑚礁生态系统退化的主要原因。三是海草床生态系统。2010年监测的海草床生态监控区健康状况良好,海草床平均盖度高,海草种类和数量稳定,海水环境和沉积环境质量良好,海草床生态系统呈基本稳定状态。

主要海洋功能区环境质量基本满足海域使用要求。2006—2010年,除三亚港、八所港、秀英港口区海域为国家海水水质四类标准外,大部分港口区海域水质优于三类,主要污染指标为石油类、无机氮或化学需氧量。大部分海水养殖区水质符合二类标准,基本上满足功能区的要求。除海口东寨港、澄迈花场港、陵水新村港沉积物中硫化物超标外,沉积物质量状况总体良好。大部分海洋保护区水质符合国家海水水质一类标准。海水浴场监测海域大部分为一、二类海水水质。

二、近岸海域环境保护工作主要成效

(一) 近岸海域陆源污染得到有效防治

海南省大力实施城乡污水处理设施及管网配套工程建设,2011 年,城镇污水处理厂 29 座,日处理能力达到 105.9 万吨。乡镇人工湿地污水处理工程 43 个,年处理污水量 769 万吨,全省列入国控、省控重点污染源废水排放达标率达到 96.6%。通过清洁生产、废水深度治理及循环利用,推进原有工业项目升级改造。大力开展畜禽养殖废弃物综合治理和利用,加大对滨海大型养殖场污染防治力度,加强水产养殖的管理,制定渔业发展规划,推行健康养殖模式。

(二) 船舶和港口污染防治有序开展,近岸海域生态保护得到加强

以东寨港国家级红树林自然保护区为例,通过堪界立碑、湿地及水鸟监测、红树林恢复、宣传教育、禽流感监测、资源保护、开展数字化保护区建设、国家支持和开展国际交流与合作等多种活动进行保护工作,使得红树林的保护和保护区的建设得到了长足的发展。为保护和恢复近海渔业生态,2011 年海南省组织在三亚、陵水、琼海、文昌等海域放流斑节对虾、石斑鱼等鱼虾苗种 4200 万尾,放流"国家 II 级保护动物"白碟贝 15 万粒。组织实施三亚保护区西岛珊瑚礁人工移植修复试验项目。加强对海洋自然保护区和特别保护区的巡视巡护,对保护区水质、海洋和岛陆生态环境进行观察监测,对珊瑚天敌长棘海星进行清理。

(三) 近岸海域环境法律法规与制度进一步健全,近岸海域环境监测不断强化

"十一五"期间,海南省不断完善海洋和海岸带环境保护法规体系,共制定和修订了《海南省海洋环境保护规定》、《海南省珊瑚礁保护规定》、《海南省沿海防护林建设与保护规定》、《海南省人民代表大会常务委员会关于加强重点景区、沿海重点区域规划管理的决定》、《海南省实施〈中华人民共和国海域使用管理法〉办法》和《海南省实施〈中华人民共和国渔业法〉办法》等 6 项地方法规,颁布了《海南省赤潮灾害应急预案》。同时,为适应国际旅游岛建设发展需要,海南省组织对《海南省海洋功能区划》和《海南省近岸海域环境功能区划》开展了修编,其中《海南省近岸海域环境功能区划(2010 年修编)》已由省政府批准印发实施。海南积极推进近岸海域环境监测,每年对 68 个近岸海域监测点位开展两期监测,已初步建立起较为完善的近岸海域监测网络。自 2009 年起每年开展西沙群岛环境质量调查监测工作,对永兴岛、东岛、北岛、七连屿、西沙洲等岛屿近

岸海域进行调查监测,大力推动南海监测。积极做好重点海域环境预警监测,对洋浦经济开发区、东方工业园区、老城经济开发区等主要工业园区和19个主要滨海旅游区附近海域环境质量状况进行定期监测,加强重点海域环境预警。

(四)海岸和海洋工程环境监管力度得到加强

近年来,海南省采取有力措施,加强对海岸和海洋工程项目执行环保法律法规情况进行规范管理。根据国家海洋局《海洋听证办法》,制定了《海南省海洋与渔业听证规则》,完善海洋工程环境监督管理行政许可程序。组织对海洋工程建设项目实施全过程监管。“十一五”期间海南省共核准31个海洋工程建设项目,“环评”和“三同时”执行率均达到100%。

三、海洋生态环境保护面临的问题

(一)海岸带污染负荷不断增大,局部海域出现海水环境质量下降

城镇生活污水处理设施不完善,管网建设普遍滞后,大部分城镇雨污分流不彻底。水产养殖布局不合理,养殖规模控制不够严格,养殖密集现象普遍,养殖废水绝大多数为直接排放。港口、码头废水处理设施有待进一步加强。部分渔船缺乏有效的防油污处理设备,船舶生活污水及含油污水直排现象依然存在,部分新建的码头配备的船舶污染物、废弃物接收和处理设施尚未有效运行,港区水质超标现象时有发生。化肥、农药、散养畜禽粪便等面源污染成为入海河流污染物的主要来源。另外,随着国际旅游岛建设的全面推进,海南旅游人口持续增多,由此带来的生活污染负荷不容小视。

(二)受围填海、采砂、风暴潮等因素影响,局部海岸带土地利用发生结构性变化,生境退化严重

海南省海岸线80%为沙质海岸,由于潮流、风暴潮、波浪和海平面变化以及人为采沙、围填、滥挖乱炸珊瑚礁等破坏等作用,使文昌、三亚、海口等地部分岸线侵蚀后退,海岸带生态系统受损。三亚湾、乐东县龙栖湾海岸带由于房地产开发建设的影响,海岸带原有基岩、沙岸、珊瑚礁、红树林等地形地貌和自然生态系统被不同程度改变。万宁市太阳河改道每年减少约5亿m^3的流量,削弱洪水拓宽口门能力,造成港口通道严重淤塞,减少了淡水,加剧河口沿岸侵蚀。三亚湾在大海礁盘中吹填出的人工岛屿凤凰岛,长1100 m,宽365 m,离岸跨度1500 m,面积500亩,取沙显著改变了湾内水动力条件,造成了三亚湾东、西两岸侵蚀严重,湾内生态环境面临严重威胁。游艇港工程离岸跨度400 m,水深-10 m,

-6 m,该工程建设使得港区活珊瑚生长环境改变,珊瑚礁基础被破坏。新村港口门取沙后,改变深槽位置,流向改变,使西南端通道淤浅。另外,部分滨海滩涂湿地被水产养殖业、盐业、油气化工业和旅游业无序侵占,天然湿地面积减少,生态服务功能下降。利用滩涂围海造地,建造虾塘,直接减少了小海的纳潮面积。1960 年小海的面积为 50.73 km^2,2007 年为 44.33 km^2,小海滩涂开发面积减少了 6.3 km^2,减少百分比为 12.4%。纳潮面积的减少直接导致了小海纳潮量的减少和水交换能力的下降。

(三) 珊瑚礁、海草床、红树林等典型海洋生态系统健康受到胁迫

受陆源污染、沿海过度旅游活动、渔业生产、长棘海星等敌害生物爆发以及全球变化等诸多因素影响,大部分珊瑚礁生态系统退化明显。根据 20 世纪 60 年代的调查资料,海南岛沿岸的珊瑚礁分布面积大约有 5 万 hm^2,岸礁长度约 1209.5 km;1998 年的调查表明,海南岛近岸浅海的珊瑚礁面积仅为 22 217 hm^2,岸礁长度约 717.5 km,面积和长度分别减少 55.57% 和 59.1%。由于陆域污染、渔业活动、海洋工程、非法渔业以及自然条件变化的影响,海草床生态系统呈退化趋势,分布范围缩小。由于沿岸不合理开发和外来植物物种入侵,特别是 1960 年代至 1970 年代中期的围海造田,以及 1980 年代以来的围塘养殖和海岸工程建设,海南红树林质量呈下降趋势,20 世纪 50 年代海南岛的红树林面积为 9992 hm^2,而 1998 年红树林资源调查表明,海南省全岛现有红树林面积 4772 hm^2,面积减少了将近一半,群落结构发生改变。以海南东寨港红树林保护区为例,存在以下主要问题:(1) 经济活动与红树林保护要求不协调。根据海南省政府批准实施的《海口市海洋功能区划》,东寨港自然保护区部分水域和滩涂已经被规划为海水养殖用海,为方便群众出入及渔船停泊避风,在保护区的缓冲区修建码头等便民设施,从长远的角度看,有可能导致东寨港内淤积增加,水面缩小的后果;(2) 无序经营与国际旅游岛定位不匹配。2002 年以来,东寨港旅游始终处于无序经营状况;(3) 人才配置与现代化管理需要不适应。东寨港红树林保护区管理局共有职工 45 人,其中大学本科毕业只有一人,中专 3 人(不含自学进修人员),其余为高中、初中、小学毕业甚至小学都未毕业的职工。

(四) 海洋污染事故应急能力和近岸海域环境监测能力薄弱

海南省工业主要集中在洋浦、东方、老城、临高等沿海工业区,均存在一定的环境安全隐患。目前还未编制全省海洋环境事故应急规划和应急预案,海洋环境事故应急反应机制尚不健全,海洋环境应急能力不足,应急设备配备还不能满足要求。目前近岸海域环境监测能力薄弱,监测自动化程度较低,近岸海域环境

监测网络尚未形成,难以及时掌握近海海域水质状况。

四、关于海南省海洋生态环境保护的建议

目前正处于海南推进国际旅游岛建设的关键时期,加强保护国际旅游岛的环境要素非常重要。海南岛典型的三大海岸带和海洋生态系统珊瑚礁、海草床、红树林都不同程度出现退化,受全球气候变化以及人类活动等综合因素引起海洋酸化、海岸带侵蚀、生态环境恶化,大量污水排放,使水环境质量发生变化,海南岛海洋环境保护迫在眉睫。

(一) 以潟湖为重点,维护近海生态系统的物理完整性、化学完整性和生物完整性,确保红树林和海草床生态安全

潟湖是由窄长的沙坝、沙嘴或岩礁等同海洋分隔开的海滨浅海湾,常与海有狭窄的通道相连。潟湖是海南省典型海岸地貌类型之一,分布较为广泛。调查表明,海南省的红树林主要分布于潟湖港湾和入海河口岸段,如海口的东寨港、文昌的八门湾、陵水的新村港和黎安港、儋州的新英湾、临高的后水湾、澄迈的花场湾等。同时,海南省的海草床也主要分布在近岸珊瑚礁坪内侧的沿岸港湾和一些潟湖沿岸,主要有花场湾、新村港、黎安港、铁炉港、老爷海和小海等。可见,海南省独特的沙坝—潟湖体系因其独特的水文、动力条件,为红树林和海草床生态系统的发育提供了良好的物理环境。因此,潟湖完整性是红树林和海草床生态系统物理完整性的基础和前提。只有在这一前提下,辅以陆源污染控制、养殖污染控制等手段,才可能保证红树林和海草床生态系统的化学完整性,进而实现其生物完整性。

然而,由于沙坝-潟湖这一地貌类型具有水深浅、水流缓等特点,一些海岸带开发活动,如围填海也将潟湖作为优先区域,导致潟湖生态功能的丧失,甚至部分或全部消失,以潟湖为生存环境的红树林和海草床生态系统也成为无本之木。为此,建议海南省将潟湖系统作为重点保护区域,作为保护红树林和海草床生态系统的首要任务,严格控制在潟湖中实施围填海项目;同时控制陆域入海污染物总量,强化养殖污染的防治和监管,必要的情况下实施潟湖生态环境综合整治工程,改善和恢复潟湖的海洋生态环境。

(二) 进一步加强对珊瑚礁、海草床、红树林三类典型生态系统以及自然岸线的保护

海南岛作为国际旅游岛,其独特的自然生态条件是最大战略资源,其发展战略定位是生态立省,珊瑚礁、海草床、红树林三类典型生态系统是海南省的城市

名片和重要资源,而岸线沿海 2 公里以内的海岸带是海南省建设国际旅游岛不可多得的自然资源。目前,海南省的三类典型生态系统已经不同程度受损;约 1822.8 公里的岸线中,自然岸线长度仅占 67.3%。为了切实保护三类典型生态系统和剩余的自然岸线不受损,建议从多个方面入手,加强对珊瑚礁、海草床、红树林三类典型生态系统以及自然岸线的保护。一是要坚持"河海兼顾,陆海统筹",推行陆海一体化,推进近海海域综合治理,加强近岸海域与流域污染防治的衔接。二是建议各级政府积极支持保护区的生态保护工作,科学规划、稳步扩大海南省珊瑚礁、海草床、红树林等各类自然保护区的规模,提高自然保护区的科技支撑能力,并与保护区共同制定措施以加强保护区的生态保护。同时加强市县海岸带生态环境监测能力建设,逐步完善海南省海洋环境监测网构建,提升自然保护区日常管理水平,实行自然保护区分类管理制度,参照国际一流标准加大对自然保护区的支持。三是严格控制红树林湿地内的养殖规模、珊瑚礁、海草床生长区的围填海项目,因地制宜开展红树林种植、珊瑚礁移植、海草移植等海洋生态修复工程,恢复三大典型海洋生态系统的结构和功能,营造滨海湿地红树林、水下珊瑚礁、海草床景观。四是通过发展深海养殖业、外海和远洋捕捞业、保护区外围旅游服务业等措施,解决好自然保护区利益相关人群的就业与出路问题,使保护区建设成为人们的自觉行动。

在东寨港,为保护红树林重要生态价值,减少保护区周围生产活动干扰,建议海口市政府本着谋稳定、谋大局、谋长远的思路,在全市范围内,结合城镇化发展及产业结构转型,通过就业扶持及人口迁移,引导周边 2 万多居民从事二、三产业,彻底杜绝保护区内的渔业及养殖活动,要在符合国家相关法律法规前提下,有序发展旅游业,并进一步制定符合海南省实际的生态环境保护法规及条例,建立长效机制。

(三)立足于维护南海海洋权益,创新海南省环境监控理念,加强环境监测与预警,强化环境风险管理

近海岸环境的监控、预警和环境风险控制对于保持国际旅游岛环境优良至关重要。建议立足维护南海海洋权益、保护南海海洋环境的重大国家需求,在南海海域及主要岛屿设置水质、沉积物、海洋生物、空气质量等国家控制监测点,建立例行监测制度,实现实时、密集、立体、长期、连续和系统的海洋监测,实现海洋环境监测标准化、系统化。将南海环境监测能力建设作为捍卫南海权益、维护国家主权的有效方式。同时,加强海洋环境预报预警能力建设,制定海洋灾害的预警、预报及应急方案,加强海南省海洋环境信息与决策支持系统建设。加强沿海工业区和核电项目的风险控制与应急监管能力建设,逐步实现陆源排污的实时

监控和风险预警,力争实现海岸带生态环境零风险。

(四)实施重大科技专项,建设海洋生态文明

加大海南省科技体制改革力度,引进若干院士、首席专家等涉海生态与环境保护研究高端人才,结合科技兴海工程,推进海洋渔业关键技术研发、海洋生态环境保护、海洋生物资源利用等方面的科学研究及成果转化。立足“十二五”,瞄准“十三五”,分阶段、分重点组织申报和实施一批国家级重大科技专项项目与平台建设项目,优先支持典型生态系统保护与恢复技术、环境风险评估技术、海水养殖环境评估及环境修复技术,加强海岸生态环境监测预警系统、近海海域环境监测系统的研究,提高海洋生态与环境保护科技支撑能力。加强海洋产业及海洋生态关键技术引进与集成、加强海洋科技平台建设,为海洋科技创新提供良好环境。围绕海南国际旅游岛建设,积极推进资源节约型和环境友好型社会建设,有意识维护海洋生态安全,坚持可持续发展,实现人与自然、人与环境的和谐关系,增强全民海洋生态文明意识,推动建设海洋生态文明。

海南岛近海典型生态系统长期变化趋势分析

韩保新等

环境保护部华南环境保护督查中心,广州

一、前言

海南岛位于南海西北部,界于 18°10′04″~20°9′40″N 以及 108°36′43″~112°2′31″E 之间,全岛面积 33 920 km^2。海南岛属热带季风岛屿型气候,气候变化呈半年交替。海南环岛海岸线长 1528 km;周围海拔 -10 ~ -5 m 的地区达 2330.6 km^2,约相当于陆地面积的 68%。海南岛从北到南地跨亚热带与热带两个气候带,形成了丰富多样的海洋生态系统,拥有丰富的热带海洋生物资源。海南海洋生态系统类型主要包括红树林、珊瑚礁、海草床、海岛、河口、潟湖、上升流、深海等类型。

但在各类近海生态系统中,海南岛最为典型的海洋生态系统为红树林、珊瑚礁和海草床。本文结合文献资料和海南东海岸生态监控区多年监测报告,分析了海南岛近海典型生态系统的长期发展变化,并总结了发生此类变化的主要原因。

二、红树林生态系统

红树林是生长在热带、亚热带低能海岸潮间带、受周期性潮水浸淹的常绿灌木乔木组成的木本植物群落。红树林常生长在港湾、潮汐水道、河口地区的淤泥质滩涂上,是介于陆地和海洋生态系统间复杂的自然综合体,是地球上生物多样性最丰富、生产力最高、最具价值的生态系统之一,在全球生态平衡中起着不可替代的重要作用。红树林湿地保护海岸地貌沉积环境、维持近岸海域水质、支撑重要河口的食物链、为无脊椎动物、幼鱼和鸟类提供重要的保育栖息环境。

海南岛由于受地形的影响,发育有众多短而独流入海河流,组成放射状水系。全岛独流入海的水系有 154 条,在暴雨季节,河流从内陆夹带大量细粒泥沙,在港湾内宽广地带沉积,形成广阔的滩涂沼泽。大量的河水流入港湾,调节港里海水盐度,为红树林的发育造就有利条件[1]。

海南红树、半红树物种为 16 科 44 种,稀有和濒危的物种有水椰、红榄李、海南海桑、杯萼海桑、卵叶海桑、拟海桑、木果楝、正红树、尖叶卤蕨等;海南特有物

种有海南海桑和尖叶卤蕨。水椰、红榄李、海南海桑、杯萼海桑、卵叶海桑、拟海桑、木果楝在海南已处于濒危状态,不但数量少,而且果实的种子率和种子的发芽率都很低;水椰、红榄李、海南海桑、拟海桑、木果楝已载入《中国植物红皮书》[2]。

在过去 50 年,我国红树林受到各种自然和人为因素干扰,退化明显,面临着分布面积缩小、生物多样性下降以及渔业资源衰退等问题。海南岛的红树林生态系统同样存在这些问题,甚至更为严重。

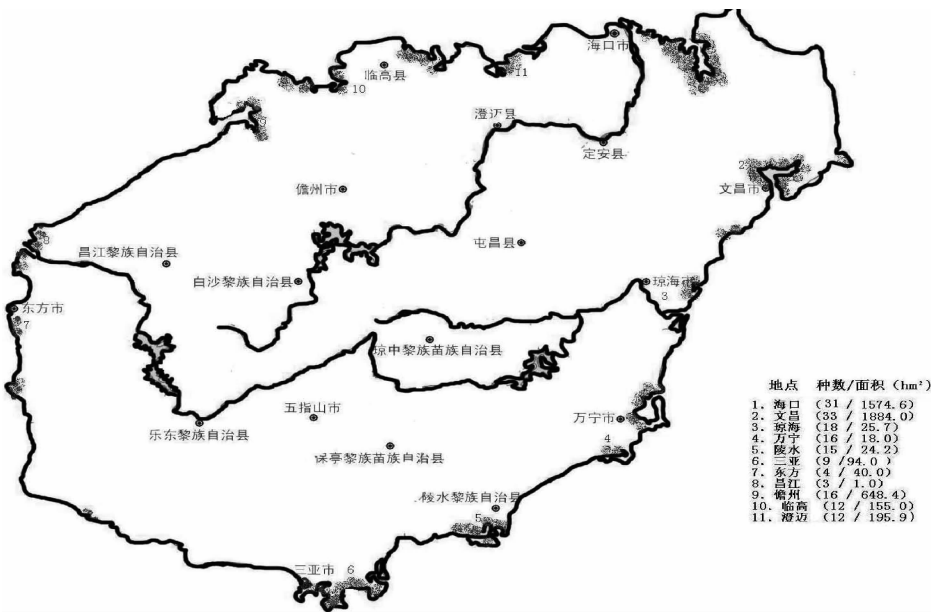


图 1 海南岛各地红树林种类和面积

一般认为,我国红树林面积在历史上曾达 25 万 hm^2,20 世纪 50 年代(如 1956 年热带亚热带资源勘测或 1956 年森林资源调查资料)为 4 万 hm^2或 4.2 万 hm^2[3]。资料记载,1956 年海南岛的红树林面积为 9992 hm^2,1983 年的红树林面积为 4836 hm^2[4],而 1998 年红树林资源调查表明,海南省全岛现有红树林面积 4772 hm^2[2],面积减少了将近一半,2001 年进一步减少为 3930.3 hm^2[5](图 1)。虽然历史上人们对红树林的认识不如目前这么深刻,但海南岛人民曾在红树林保护和管理方面有过一定的积极贡献。从东寨港林市村发现的 1789 年林市村村志保护红树林的 10 条规定、东寨港湾顶三江镇发现的 1845 年保护红树林的官府禁令石碑、清澜港头宛镇发现的嵌于庙宇内墙的 1888 年关于红树林管理的乡规民约的古碑文可以看出,人们认识到红树林保护沿岸村庄安全的重要性,对当时存在砍伐、采摘、放牧、渔猎而损害红树林之事件,能通过乡规民约立

禁制止[4,6]。在社会生产力水平较低时期,对红树林植物资源和水产资源以传统的小规模自给式开发,红树林生态系统能保持可持续发展状态,这是人类与红树林较和谐相处时期。

王丽荣等的研究表明,1959—2009 年的 50 年间,在三亚河、三亚青梅港和海口东寨港,物种多样性、群落特点和红树林面积都有所减少和退化[7]。三亚河红树林从 26 种减少为 20 种(另有 2 个引进种),青梅港和东寨港的红树植物也都减少了 1 种;三亚河红树林面积减少 92%,东寨港与青梅港各减少约 53%。所毁灭的群落以近岸的内缘种为优势的群落为主,主要是海莲、尖瓣海莲、木榄群落和角果木群落等,并存在单优种群落向多种混合的多优种群落的演替,种群濒危,矮化和面积碎化现象突出。



图 2 东寨港自然保护区周边形势图

近 50 年社会经济发展及其土地利用与土地覆盖变化对东寨港、三亚河以及青梅港所在区域的红树林生态改变影响深远。土地利用变化与城市化的发展,使生境受到污染和频繁干扰,不但使原有红树林群落退化和面积碎化,而且还使乔木群落的内部种受威胁,表现出外缘种逐渐占优势和林相矮化等趋同性变化,也进一步加速了红树林面积减少。在早期农业发展阶段,农渔业对红树林生境影响主要是围海、毁林营造盐田和农田等的半自然化改变;在农业商品化时期,形成毁林挖塘养鱼虾的人工生态系统;到城市化快速发展阶段,却是将红树林生境彻底改变乃至永久损毁。这也正是沿海城市扩张没有顾及到生态绿地所造成的不可逆转的结果。

据统计,20 世纪 50 年代初期,东寨港曾有天然红树林 3414 hm^2,60、70 年代红树林遭到严重破坏,围海造田、乱砍滥伐导致天然红树林面积锐减到 1773 hm^2,后经人工恢复,红树林面积有所增加(图 2)。东寨港地区的红树林减少是以红树林地改造为农田为主,1976 年前的围海造田使之骤减约 1/3,其中三江农场北部等地的红树林消失面积较大。1990 年代后虽保护区扩种红树林,但外部势力毁林现象依然存在。红树林生境近 10 年来以年均 2.56% 的速率减少,与 1998 年面积相比又减少了 25.6%,致使 50 年内红树林总面积减少 50% 以上。

由于各类人类活动特别是城市化的影响,在不到 100 年的时间里,三亚大面积的红树林已经绝迹,现存的红树林基本以残次林或人工防护林为主。经过农业开发和城市化过程,三亚河、红沙、铁炉港等地的红树林生境永久消失 90% 以上。由于三亚河地处三亚市中心,受城市化严重影响,红树林面积破碎化严重,由原沿河道分布的 9 块林斑演变成每块均不足 1 hm^2 的 60 块残迹林地。红树林群落生态序列不完整,镶嵌度值高达 71%,反映群落生境与周围人工环境形成了差异较大的景观对比度。三亚河红树林面积流失、溯河分布距离(离河口距离)减少,以及红树林种类和群落的变化,除与城建占用林地相关外,还与上游农业开发导致水土流失、河道淤积或加上三亚河的城建渠化和修建堤坝等影响潮水上溯涌入的水量而改变了红树林宜林地盐度等有关。现仅存于三亚河岸带的红树林大部分呈小斑块间断分布,水系环境的变化也将不利于红树林的持续繁衍。三亚河沿岸的城建、修建堤坝和水道渠化改变了红树林适生地盐度,白鹭公园段的原有红树、红海榄群落消失应与建园后水系、水环境的改变有关,而现存的白鹭公园海榄雌林和在建红树林公园等红树林地的水环境退化有待改善。

三亚青梅港的红树林总面积近 10 年来虽保持平衡,但由于长期受砍伐等人为干扰,原有单优的正红树群落、榄李群落和角果木群落面积严重萎缩,林相退化,其群落结构呈多分枝灌丛状,成树稀少,其中杯萼海桑、正红树、瓶花木等种群也逐渐减少。现以榄李和角果木群落等多种优势种混合矮灌状群落为主,而且稀疏的、矮化的残迹林地高达 35%。2009 年青梅港仍出现因工程施工而砍埋部分红树林等严重问题。建议该区除加强红树林的保护和发展管理外,还应考虑从河道、河口地貌的改变对红树林湿地水环境的影响入手,重点开展保护和恢复红树、杯萼海桑、瓶花木等群落的定位实验研究,使之在世界红树林研究和保护中占有重要席位。

总体而言,造成我国近代红树林面积急剧下降的毁灭性开发(或称为转换性开发)主要是 20 世纪 60 年代至 70 年代中期的围海造田,以及 1980 年代以来的围塘养殖和海岸工程建设。20 世纪 60、70 年代是我国人口增长高峰期,以粮

为纲和增加农业用地,曾大规模有计划有组织地开展围海造田。而当时对红树林的社会价值与生态价值尚缺乏认识,导致大片红树林被毁。例如红树林分布中心区的东寨港,49% 的红树林被围垦毁灭。20 世纪 80 年代之后,随着改革开放和沿海经济迅速发展,海水养殖成为红树林海岸居民致富的重要途径,毁林围塘养殖竞相发展,毁林进行各类海岸工程建设也屡有发生。尽管前一阶段围垦毁林的恶果已现,红树林社会价值和生态价值已为较多人所认识,并已开始采取保护红树林的措施,然而被局部利益和短期效益驱使,仍然难以制止毁林建塘或其他海岸、水利工程等事件的发生。转换性开发等人类干扰使全国红树林湿地面积剧减,且至今尚未被完全制止。红树林已面临濒危境地,并对海岸带生态环境带来严重后果,因为红树林转换性开发导致的红树林湿地资源濒危及其后果在东南亚(世界红树林分布中心区)及世界其他各地同样存在和同样十分严重,红树林湿地的管理和保护(以及整个海岸带的综合管理)已成为全社会乃至全人类十分紧迫的任务。

三、珊瑚礁生态系统

近几十年来,由于人类活动和全球环境变化等的影响,全球珊瑚礁生态系统出现衰退的趋势,日益引起了人们对珊瑚礁健康状况的关注。

历史上,海南的珊瑚礁遭受过巨大破坏,尤其是海南岛周围海域。根据 20 世纪 60 年代的调查资料,海南岛沿岸的珊瑚礁分布面积大约有 5 万 hm^2,岸礁长度约 1209.5 km;1998 年的调查表明,海南岛近岸浅海的珊瑚礁面积仅为 22 217 hm^2,岸礁长度约 717.5 km,面积和长度分别减少 55.57% 和 59.1% [8]。调查研究表明,三亚鹿回头活珊瑚覆盖率由 20 世纪 60 年代的 85% 下降到 2004 年的 20%。海南岛南部造礁石珊瑚种类分布较东部丰富,自东向南呈增加趋势。受到人类活动的影响,海南东、南部监测区域珊瑚种类的分布有减少的迹象[9,10]。

另一方面,历史上珊瑚礁在海南曾被用于烧制石灰。近 20 年来建筑材料需求增大更加剧了针对珊瑚礁资源的这种破坏性利用。如文昌市邦塘湾因开采珊瑚礁导致海岸线内缩 1 km;三亚市、琼海市也有类似的情况。这种只顾眼前利益的开采活动,不但大大降低了珊瑚风景的美学价值,影响到旅游收入,而且严重破坏了珊瑚礁生态系统,断送了长远的利益[10]。

由于海洋捕捞和海水养殖等人类开发强度加大,海南岛东部和南部近岸部分海域珊瑚礁生境呈退化趋势,珊瑚健康状况受到严重影响。长圮港、潭门港及铜鼓岭珊瑚健康状况较差;三亚鹿回头等区域局部珊瑚生态健康状况良好,生长呈恢复趋势;远离海岸的岛屿区域,如蜈支洲岛和分界洲岛,由于来自陆地的污

染和人为扰动小,珊瑚健康状况呈现良好[11]。

过渡捕捞采挖特定资源性物种还导致生态失衡,造成海胆种群增加,导致生态系统弹性和恢复能力降低。2002 年调查还发现仅次于长棘海星的珊瑚敌害动物的一种腹足类软体动物(*Drupella rugosa*),其通常夜间侵害分支状珊瑚活体,导致局部白化并在其中积聚栖息,是珊瑚礁大规模破坏和生态衰退的标志[9,12]。

四、海草床生态系统

20 世纪以来,世界各地报道了海草床面积大量减少的现象。

海南岛近海的海草床主要分布在黎安港、新村湾、龙湾和三亚湾等地。其中,黎安港海草床的面积为 320 hm^2,分布在该潟湖四周 0 ~ 3 m 深海域,底质类型为沙——泥质;新村湾海草床主要分布在该潟湖的南部,面积约为 20 hm^2,底质类型为沙——泥质;龙湾海草床分布在珊瑚礁坪的内侧,呈带状分布,底质类型为细砂;主要为泰来藻、海曹蒲和喜盐草等,分布稀疏,面积约为 350 hm^2。三亚湾的海草主要为泰来藻和海营蒲,底质类型为细砂,面积小于 1 hm^2[13]。

黎安港海草的种类包括海营蒲、泰来藻、海神草、喜盐草和二药藻等,其中,海营蒲为优势种,而喜盐草和二药藻的分布面积之和小于 10%。新村湾主要种类包括海营蒲、泰来藻、海神草和二药藻等;海营蒲为优势种,而二药藻的分布面积小于 8% [13]。

海南省海洋开发规划设计研究院王道儒等 2004—2009 年对海南岛近岸海域海草资源的综合调查结果表明:海南岛海草共有 6 属 10 种,面积约 5500 hm^2,优势种为泰莱藻;海南岛海草分布于近岸海域的珊瑚坪内侧或潟湖沿岸,主要位于潮间带低潮区和潮下带上部 4 m 水深范围;海草生物量范围为 71.24 ~ 727.24 g/m^2,平均为 410.26 g/m^2; 海草密度范围为 4131.20 ~ 550.40 株/m^2,平均为 1753.39 株/m^2。海南岛海草主要受陆源污染、海洋工程、渔业活动、非法渔业等活动影响[14]。

华南环境科学研究所郭振仁等 2007 年对椰林湾的实地调查发现,此湾海草床内分布有大量死亡的珊瑚礁,椰林湾海岸侵蚀严重,而海草主要分布在距岸约 100 ~ 200 m 的水域,分布水深约为 0.5 ~ 2.5 m,生长于死亡礁盘上的海草长势良好,覆盖度明显较其他位置的高[15]。

新村湾无序开发活动在增加,使海洋生态环境受到威胁,海洋生物资源逐步减少,与 20 世纪 60 年代相比,新村湾海草床的面积在持续缩小,因此必须加强新村港海草床特别保护区的管理,对重点保护区域进行严格管理,禁止改变海域自然属性的海洋开发项目;禁止炸鱼、底拖捕鱼、贝类采挖、麒麟菜养殖和网箱养

鱼等渔业活动;禁止布设陆源污染物排污口,开展海洋生态旅游以观光旅游为主的开发活动[16]。

总之,人类活动是海南岛近岸典型生态系统演变的主要驱动力,在演变过程中发挥了主导作用。目前,各类典型生态系统仍然受到各类人类活动的威胁与干扰,仍然面临着巨大的生态压力。

参考文献

1. 王颖. 海南岛海岸环境特征[J]. 海洋地质动态,2002,18(3):1-9.

2. 莫燕妮,等. 海南岛红树林资源现状及保护对策[J]. 热带林业,2002,30(1):46-50.

3. 张忠华, 等. 我国红树林的分布现状、保护及生态价值[J]. 生物学通报,2006,41(4): 9-11.

4. 张乔民, 等. 中国红树林湿地资源及其保护. 自然资源学报,2001,16(1):28-36.

5. 韩淑梅, 等. 我国红树林群落生态学研究进展[J]. 海南大学学报自然科学版,2009,27(1):91-95.

6. 廖宝文. 海南岛红树林研究的简史与展望[J]. 防护林科技,2000,43(2):28-31.

7. 王丽荣,等. 近50年海南岛红树林群落的变化及其与环境关系分析[J]. 热带地理,2010,30(2):114-120.

8. 颜家安. 海南岛生态环境变迁研究[M]. 北京:科学出版社,2008.

9. 张乔民,等. 海南三亚鹿回头珊瑚岸礁监测与健康评估[J]. 科学通报,2006,51(增刊II):71-77.

10. 周祖光. 海南珊瑚礁的现状与保护对策[J]. 海洋开发与管理,2006(4):48-51.

11. 吴钟解,等. 海南岛东、南部珊瑚礁生态健康状况初步分析[J]. 热带作物学报,2011,32(1):122-130.

12. 施祺, 等. 海南三亚鹿回头造礁石珊瑚生长变化与人类活动的影响[J]. 生态学报,2007,27(8):3317-3323.

13. 黄小平,等. 华南沿海主要海草床及其生境威胁[J]. 科学通报,2006,51(增刊II):114-119.

14. 王道儒,等. 海南岛海草资源分布现状及存在威胁[J]. 海洋环境科学,

2012,31(1):34 -38.

15. 郭振仁, 等. 海南椰林湾海草床调查及其演变研究[J]. 海洋环境科学,2009,28(6):706 -709.

16. 陈春华,等. 新村港海草床的生态状况及可持续利用探讨[J]. 海洋开发与管理,2011,(11):74 -78.



韩保新 研究员,国务院特殊津贴专家,研究生导师,现任环保部华南环境保护督查中心副巡视员,兼任中国环境科学学会中国海洋环境专业委员会副主任委员和中国环境风险专业委员会副主任委员。自1982 年以来,韩保新从事环保科研已超 30 年。2001 ~2011 年期间,担任环保部华南环境科学研究所业务副所长,1996 ~2001 年期间,担任所区域环境研究中心主任、科技处副处长、研究员。30 年来主持完成了 20 多项国际、省部科研项目,获得省部级科技进步二等奖二项、三等奖二项,并在核心刊物上主笔发表论文 30 多篇,主笔专著 1 部,合著专著 1 部。韩保新在水环境、近岸海域环境、沿海环境承载力、海洋环境风险、战略与规划环评等方面积累了丰富的理论和实践经验。

我国海洋工程建设的若干环境生态问题思考

李永祺

中国海洋大学,青岛

海洋工程(Ocean engineering)指“应用海洋学、其他有关基础科学和技术学科开发利用海洋所形成的综合技术学科。包括海岸工程、近海工程和深海工程。”(《海洋科技名词》第二版,2007 年,科学出版社)。“本条例所称海洋工程,是指以开发、利用、保护、恢复海洋资源为目的,并且工程主体位于海岸线向海一侧的新建、改建、扩建工程。具体包括:(一) 围填海、海上堤坝工程;(二) 人工岛、海上和海底物资储藏设施、跨海桥梁、海底隧道工程;(三) 海底管道、海底电(光)缆工程;(四) 海洋矿产资源勘探开发及其附属工程;(五) 海上潮汐电站、波浪电站、温差电站等海洋能源开发利用工程;(六) 大型海水养殖场、人工鱼礁工程;(七) 盐田、海水淡化等海水综合利用工程;(八) 海上娱乐及运动、景观开发工程;(九) 国家海洋主管部门会同国务院环境保护主管部门规定的其他海洋工程。”(《防治海洋工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》,2006 年,国务院)

近 10 多年来,我国沿海海洋工程、尤其是大型工程的建设,诸如:大型港口建设、跨海桥梁建设、海底电(光)缆工程的建设,通过海上交通运输、跨洋光缆的途径,把我国与远隔重洋的五大洲紧密联系为一体,对我国经济的持续、快速增长起了重要的作用;海上防浪堤的建设,有效地抵御了台风等自然灾害,保障了沿海地区人民的生命财产安全;海水养殖场和人工鱼礁的建设,为老百姓提供了大量优质蛋白;海上油气田的开采,大大缓解了我国油气能源不足的困境。应当说,已建的海洋工程是强国富民之举。

但任何事物都是一分为二的。在取得的巨大成绩面前,我们是否也应该冷静地看到,许多海洋工程,尤其是一些大型工程(如大规模围填海)的建设,严重地改变了海域的原生态环境,势必产生(或潜在)严重的生态和环境影响。认真思考,提出有效对策,增益减弊,以利进一步发展,是我们共同的责任。

问题之一,我国近海生态环境现状如何?

科学判定我国近海生态环境现状,是进一步做好海洋经济、海洋工程建设和

海洋生态环境保护协调发展的前提。

我认为当前我国近海生态环境的现状可以概括为:局部海域有所改善,但总体趋于恶化,是世界近海生态环境较差的海域之一。理由是:

(1) 近海污染尚未得到有效控制。自 2000 年以来,我国近海未达到清洁海域水质标准的面积均超过 13 万 km^2,约占我国近岸海域(水深 10 米以浅)面积的一半。海水中的主要污染物是无机氮、活性磷酸盐和石油类(因美国 EPA 公布的具有致癌、致突效应的优先控制污染物,如多环芳烃等,没有列入我国海水和沉积物常规检测项目中,故污染状况不明)。严重污染海域主要分布在辽东湾、渤海湾、莱州湾、江苏沿岸、长江口、杭州湾、珠江口和部分大中城市近岸局部水域。

(2) 生态系统受损严重。我国近海各种类型海洋生态系统,已由自然生态系统向半人工(或人工)生态系统演化,系统的组成、结构均发生了显著的变化。

据国家海洋局 2009 年公布的,对我国近岸海域 18 个生态监控区的监测,结果是:有 5 个处于不健康状态,10 ~ 11 个为亚健康,属于健康状态不到 3 个。滨海湿地因生境大面积被侵占,生态系统受损最严重。我国南部海域典型红树生态系统,其面积已从 20 世纪 60 年代的 5.5 万公顷减少到目前的 1.5 万公顷,丧失了 73%;另一个典型生态系统——珊瑚礁,在我国南海的分布面积在 40 年期间减少了 80%。2010 年莱州湾底栖动物的种类组成与 1998 年比较,耐污染的小头虫成为绝对优势种;而对污染较敏感的棘皮动物,其生物量已由 1998 年占底栖动物的 32.07% 降至 2010 年的 1.89%[3]。沿海一些珍稀物种已趋于灭绝,如儒艮、柱头虫等。

(3) 海洋生态灾害频繁发生。近十多年来,我国沿海赤潮(red tide)、绿潮(green tide)和大型水母灾害(Jellyfish hazard)频繁发生,表明近海生态环境状况的恶化程度。

我国是世界沿海赤潮重灾区之一。在 20 世纪 80 年代之前,赤潮虽在沿海已有多次记录,但总的来说发生次数少、规模不大。但从 90 年代起,发生的次数明显增加。据不完全统计,1990—1998 年,我国渤、黄、东、南四个海区共发生赤潮 234 起。进入新世纪,赤潮发生的频率和规模又不断增大,尤其是在东海,2000—2008 年发生赤潮的次数共达 450 次。而在南海海域,一年四季均有赤潮发生的记录。我国沿海赤潮发生不仅频次高、规模大,如 2002 年长江口海域超过 1000 km^2 的赤潮就达 11 次之多,赤潮持续时间长(有的持续时间 1 个多月),而且赤潮生物群落种类组成多样、优势种演替明显。在 20 世纪 90 年代之前,发生赤潮的种类以无毒的种类为主,而 90 年代以后逐渐由以硅藻赤潮为主向以微型甲藻赤潮为主的趋势演替,有毒赤潮种类明显增多,还新发现一些有毒赤潮种

类的新纪录。赤潮的发生对海水养殖业、旅游业和人们健康都造成损害。如2005年春季东海爆发了近2万km^2特大规模的有毒米氏凯伦藻赤潮,细胞密度高达10^6~10^7个/L,造成海水养殖鱼苗大量死亡,直接经济损失6000多万元。自2009年以来,秦皇岛海域夏季发生微藻赤潮,对北戴河海水浴场构成了威胁。

我国黄海海域从2007年起已连续6年爆发了绿潮。它是由一种大型底栖丝状藻——浒苔形成的。这种藻,春季首先出现在苏北浅滩,然后沿江苏沿海向山东漂移,到达山东南部近海后,在水动力和气象条件的控制下,由西南向东北继续漂移。2008年6月中旬,浒苔漂移到青岛近岸海域,6月底扩展至33 000km^2,使得青岛第一海水浴场和第二海水浴场无法使用,且严重威胁到2008年夏季奥运会帆船比赛场,受到世界的关注。对此,国家和山东省、青岛市政府高度重视,派部队、动员全省渔船和青岛市民,数万人海上围堵和打捞浒苔。2008年黄海爆发的绿潮是迄今为止世界范围内规模最大的,造成的直接经济损失10多亿元。据估计,该次浒苔的生物量可能高达1000万吨,仅青岛地区打捞的浒苔就达100万t。

水母灾害或称水母旺发,指的是一些大型水母,如霞水母、口冠水母(或称沙海蜇),在一定条件下暴发性增殖或异常聚集,形成对近海生态环境和渔业危害的一种生态异常现象。近10年来,我国东海北部和黄海南部海域,已成为世界水母灾害频繁发生的海域之一。在东海,霞水母暴发期间,一艘小型拖网渔船,一个潮水期间进入渔网的霞水母可高达数吨,损坏网具,严重影响渔业生产。水母暴发还常常堵塞滨海电厂的冷却水管,导致停产。由于水母刺细胞能分泌毒素,每年黄渤海海水浴场都发生游客被蜇伤事故,还有多人致死的记录。

(4)除上述外,近海渔业资源严重衰退、海洋生物多样性下降、外来物种入侵、养殖生物病害严重、不少海产食品污染物超标等问题,也说明近海生态与环境趋于恶化状态。

问题之二,我国近海生态环境恶化的主要原因?

总的来说,污染、生态损害和捕捞过度是三大动因。但沿海不同地区、不同时间段,哪个因素为主,应作具体分析。

(1)污染压力仍然很大,且出现新动向。近10多年来,来自陆源的污染得到了一定程度的遏制。当前应关注的新问题主要有:一是近几年沿海地区重工业、化工、储油项目大批上马,对近海的环境压力不断增大,尤其是风险事故的发生将造成局部海域严重的生态后果,如大连油库事故将上万吨原油泄入海中就是典型例子;二是沿海地区已建成或正在兴建的核电,一旦发生严重事故,对陆地和海洋所造成的生态环境影响将是灾难性的;三是海洋油气田开发、油轮事

故,以及海水养殖已成为海洋环境污染的重要污染源,蓬莱 19 -3 油田事故就是一个实例。

(2) 当前,特别应当关注的是围填海,尤其是大规模、高速度的填海造陆问题。10 多年来,到底填了多大面积的海,说法不一,恐怕很难得到一个准确的数据。尽管国家颁布实施了《海域使用法》,海洋主管部门也确实加大了监管力度,还给各地下达了年度指标。但有的地区不填海造地似乎就难以发展。"上有政策,下有对策"。至今填海造地高烧未退。填海造地主要用来搞工业、城建、公路和港口等。

我们不能笼统反对填海造地,对于淤涨型海岸地带、国家重大工程需要,经过科学论证、经批准有计划、适度地填海是必要的。但我国有的省(市)大规模(几十、几百平方千米)、高速度和高强度填海(有的填至 10 米水深)的做法值得考虑。大规模填海是对海岸带自然状况的人为改造,对近海生态和环境势必造成直接或间接影响。目前,全国滨海湿地已过半面积变成陆地、湿地功能大大降低;海湾、河口大多有 10% ~30% 的面积变为陆地,水动力、地质地貌、环境容量、海洋生物、渔业等均受到不同程度的影响;特别是为了满足填海造陆、城镇建设的需要,全国沿海大规模、大量、无序的挖采海沙,这是当前对底栖生物最大的损害。

(3) 李克强副总理 2010 年 11 月 10 日,在"中国环境与发展国际合作委员会 2010 年年会"开幕式上的讲话中指出:"中国正处于工业化、城镇化深入发展的时期,发达国家几百年工业化过程中分阶段出现的环境问题在中国集中出现,资源环境已成为经济社会发展的瓶颈制约。在这种情况下,离开发展谈环保,是不现实的、不可行的;而离开环保谈发展,也是难以为继、不可持续的。"这个讲话对于我们分析海洋生态和环境出现的问题很有启迪作用。除此之外,我认为至今在我国还仍然普遍存在"重陆轻海"的思想。

问题之三,科学技术如何为海洋工程建设服务?

对于这个问题,提几点建议:

第一,建设海洋生态文明,大力提倡生态价值观

人类的发展史,是不断调整人与自然关系的历史。工业化过程中出现的环境污染、生态破坏和对自然资源的过度掠夺,实际上是人类把自己摆在凌驾于地球之上、认为可以随意和粗暴对待自然的思想所导致的恶果。如果不能正确对待、处理人与自然的关系,要摆脱环境、资源和生态危机、持续发展经济是难以办到的。在党的十七大报告中,胡锦涛总书记把生态文明建设作为实现 2020 年全面建设小康社会奋斗目标的新要求之一。这为我国走出环境、资源和生态所面

临的困境指明了方向和根本途径。生态文明建设,首先应大力倡导现代的生态价值观。所谓现代价值观,就是以整体性的认识论、关联性的系统论、经济上的循环论、资源利用的俭约论、关系维系的协调论方面的认识来规范人与自然关系的基本价值观[4]。生态文明的底线是生态安全,生态良好是生态文明建设的物质基础,也是人与自然和谐,是生态文明建设的根本要求[5]。

第二,加大对海洋管理的力度,进一步加强对海洋的综合管理

应研究如何实现以基于海洋生态系统的综合管理。可以先以个别海区,如渤海为试点,逐步解决海洋管理中部门、条块在实际管理中存在的不协调、不顺畅,甚至矛盾的现象,建立和完善适合我国国情的现代海洋管理体系。

第三,加强海洋工程对生态环境影响的研究

海洋环境生态学应与其他海洋分支学科,以及经济、法学等人文学科积极配合,针对海洋工程建设的规划、选址、施工建设和运营全过程,以经济—社会—环境和生态的复合系统为中心,按压力—状态—反应—对策的科学思路,对项目的必要性、区划和规划的符合性、选址的适宜性、技术的先进性、环境的可承载性、生态的安全性、经济的可行性、利益相关公众的福利性进行科学论证,提出切实可行的建议。特别是要防止走过场、按长官意志办事。当前应当着力研究建立海洋工程建设对海洋生态健康和生态系统服务功能损益的评估标准和方法。

第四,倡导海洋生态工法

生态工法,指“以海岸工程技术缓和未来可能因开发利用对景观及生态的冲击。而最终目标即在使海岸具有良好的生态环境、优美景观、活化的人文和生产渔法,达到永续的生产、生态、生活之三生效益”,“海岸工程的生态工法,是强调在涉及防浪堤、离岸堤或护岸等结构物时如何增加生态效果”[6]。生态工法要求工程建设的设计、建设单位、人员要提高保护生态和环境的认识,建设节约资源、生态环境友好的工程。同时要求国家和地方支持工程建设海域受损生态系统的恢复。

参考文献

1. 国家海洋局海洋发展战略研究所课题组. 中国海洋发展报告(2011). 北京:海洋出版社,2011.

2. 李永祺. 中国海洋环境生态学研究(中国海洋区域海洋学丛书之七). 北京:海洋出版社,2012.

3. 张莹,等. 莱州湾多毛类底栖动物生态特征及其环境变化的响应. 生态学

杂志,2012,31(4):888 - 893.

4. 戴秀丽. 倡导生态价值观,建设生态文明//严耕等. 生态文明理论构建与文化资源. 北京:中央编译出版社,2009.

5. 曹清尧. 我们离生态文明还有多远. 北京:中央编译出版社,2009.

6. 郭一羽,等. 海岸生态景观环境营造. 中国台北:明文书局股份有限公司,2006.



李永祺 中国海洋大学,教授,博导,长期从事海洋环境生态教学和研究。曾任海洋生命学院院长、海洋经济与海洋法学研究院副院长、名誉院长。从事几十项有关海洋污染、环境方面的研究,发表论文几十篇,编著《海洋污染生物学》等多本著作,获得省部级科技奖励多项。近几年参加苏纪兰、唐启升院士主持的中国科学院院士部、中国工程院和国合会科技咨询项目多项,且受聘任国家海洋局海洋公益项目专项监理专家组组长。在国内首先开创海洋放射生态学研究:编著《海洋的放射性》、《海洋污染生物学》,主编《海水养殖生态环境的保护与改善》、《海域使用管理基本问题研究》、《中国海洋高技术及其产业发展战略研究》,副主编《海洋知识经济》、《海洋管理概论》等多部著作,任中国大百科全书海洋卷海洋环境科学副主编;承担国家、部、省和地方科研 30 多项,发表论文约 70 篇;获省、部级科技一、二、三等奖 4 次,以及国务院特殊津贴。

我国海洋环境敏感区分类方案初探

舒俭民 等

中国环境科学研究院,北京

一、前言

随着人类对海洋资源开发程度和空间利用规模的不断扩大,对海洋环境产生的影响也日益严重,因此对海洋环境敏感区进行识别,并分析其对不同海洋活动类型的敏感程度,对于在经济开发或海洋污染防控中优先保护重要敏感目标,选择影响最小的活动方式,尽可能减少对生态及人类环境造成的冲击均具有重要的意义。

二、环境敏感区(ESA)的概念与内涵

环境敏感区的概念起源于1986年的英国农业法第18条。该法案认识到农业可能对事关国家利益的优质农地、野生动物和历史遗迹带来深远的影响,英国农业渔业和食品部推出了ESA项目,以帮助农民将典型的农村区域作为一种类型的自然保护区进行保护。选择环境敏感区的标准包括:(1)具有特定方式的农业开发;(2)改变其农牧耕作方式已经或将对环境造成危害;(3)对于维持整个国家或区域的经济持续稳定发展具有环境意义等[1]。2005年3月,英国环境、食物及乡村事务部优化了ESA项目及乡村管理方案,推出了新的环境管理方案,内容扩展到:保持生物多样性;维持土地生产力;保护历史文化遗迹;促进公众对乡村的理解等保育自然资源等六个方面[2]。

在美国,环境敏感区是指"对本地生境或区域环境的生物多样性、土壤、水体或其他自然资源的长期维持具有重要作用的景观要素或区域,包括野生生物栖息地、悬崖、坡地、湿地以及重要的农业用地"。依据环境敏感区的资源特征与功能差异,可将其划分为以下四类:(1)灾害敏感区:包括崩塌敏感区、冲蚀严重区、地层下陷区、海岸侵蚀区、强展敏感区、洪水敏感区等。(2)生态敏感区:包括野生或特殊稀有动植物栖息地、重要生态系统如沼泽、海岸湿地等。(3)景观敏感区:包括重要的地形、地质景观、动植物景观、文化景观等。(4)生产性资源敏感区:包括重要矿产资源敏感区、特定农业区、重要的自然能源如水力、地热等

所在地、水资源保护区等[3]。

在我国有关环境管理的文件中,环境敏感区最初是1999年在原国家环境保护总局《建设项目环境保护分类管理名录(试行)》中提出的,包括需特殊保护地区、生态敏感与脆弱区、社会关注区以及环境质量已达不到环境功能区划要求的地区等四种类型。2008年,国家环境保护部再次颁发了新的分类管理名录,并将名称变更为《建设项目环境影响评价分类管理名录》,对环境敏感区做出了细致的规定,明确定义环境敏感区是指"依法设立的各级各类自然、文化保护地,以及对建设项目的某类污染因子或者生态影响因子特别敏感的区域"。环境敏感区范围可归纳为特殊保护区、社会关注区和特征敏感区等3类。其中特殊保护区是指国家法律明确要求保护的区域,社会关注区是指与人的生活环境息息相关的区域,而特征敏感区则主要涵盖部门规章要求保护的区域[4]。《名录》中特征敏感区则是指仅对某类或某几类建设项目产生的环境影响因子特别敏感的区域,这似乎还不够。此外,环境敏感区划不应是一成不变的,还应依据时空关系的变化、经济社会的发展情况等进行适时的修正或调整。

三、国内外海洋环境敏感区分类情况

目前国外海洋环境敏感区主要针对溢油污染而划分,在对其他海洋活动的环境敏感研究中大多数参考溢油的环境敏感区分类进行。在这些分类体系中,影响较广的是美国的"环境敏感度指标(ESRI)",和国际石油工业环境保护协会针对溢油应急提出的"环境敏感度指标"。

(一) 环境敏感度指标(ESI)[5-7]

环境敏感度指标由美国海洋及大气总署(NOAA)与美国RPI公司合作制定,是目前使用最广的海洋环境敏感度指标。日本环境省1990年代引进这一指标,称之为"脆弱沿岸海域图";加拿大在研究极地区域的各项活动对于生态环境影响时,也参考了类似ESI的概念来建立相关的环境敏感地图。NOAA提出的环境敏感度指标主要分为三大类(NOAA,2002),分别为:

① 海岸分类:根据油污接触各类海岸后,经波浪冲刷后的滞留残存情形及是否容易清除等考虑,来确定其敏感尺度并予以分类分级。

② 生物资源:对于容易受到油污损伤或稀有生物(如红树林或珊瑚等)及其栖地,评估其丰富度及分布来界定其敏感尺度并予以分类分级。

③ 人类利用资源:又称人文社经资源,根据海岸土地使用形态(如沙滩、公园、港口、码头、取水口、历史古迹等)来界定敏感性划分。大致可区分为四类,即

高度开发游憩地区、港埠及机场、资源开发区和 文化资源区。

(二) 国际石油工业环境保护协会提出的海洋环境敏感指标[8]

针对海洋溢油反应中的海洋环境敏感图的制作,国际石油工业环境保护协会提出溢油反应敏感资源应包括以下几类:

海岸线类型: 主要使用易损度或环境敏感度指数(ESI)对海岸线分类,一般以 Gundlach 与 Hayes 于 1978 年制定的初始指数为基础。这一指数以 10 分制评估海岸线类型,基本规则是:随着海岸抗御波动作用的遮蔽物、溢油向下层土壤的渗透量、溢油在岸上的自然滞留时间及海岸有机物的生物生产力这四项指标的增长,海岸线对溢油的敏感度亦会增长。

潮下带:包括珊瑚礁、海草床和海草床。

野生动植物与保护区:敏感图应该标明对野生动植物物种来说最为敏感的地区,如摄食区与繁殖区,至少在一年中的某些时间,这些地区的动植物可能比较密集。这样的例子有:海鸟栖息地、对迁徙类滨鸟很重要的入海口、海豹栖息地、海龟筑巢的海滩。对于濒危物种很重要的地区,敏感图要给予突出显示。

鱼类、捕捞活动、贝壳类及水产养殖业:商业性捕捞区及维生性捕捞区都需要考虑。这类区域需在敏感图中标明,包括近岸浅水捕捞区;海藻采集区;位于潮间带或近岸浅水水域的贝类区;鱼类及甲壳类哺育区;从事捕捞活动(如拉网捕捞)的海滩;永久性或半永久性的养鱼圈与钓鱼台;鱼类、软体动物类、甲壳类及海藻类的养殖设施;以及对鲑鱼等迁徙鱼类很重要的河流入海口等。

(三) 我国的海洋环境敏感区分类现状

目前我国对于海洋敏感指标研究还不是很多,具体工作中多数都采用美国的 ESI 环境敏感指标体系。

环境保护部门已经注意到了识别环境敏感目标在海洋环境保护工作中的重要性,在《海洋工程环境影响评价技术导则》[9]中提出了“海洋生态环境敏感区、生态环境敏感亚区”的概念。其中对海洋生态环境敏感区的定义为:“海洋生态环境功能目标很高,且遭受损害后很难恢复其功能的海域,包括海洋渔业产卵场、重要渔场水域、海水增养殖区、滨海湿地、海洋自然保护区、珍稀濒危海洋生物保护区、典型海洋生态系(如珊瑚礁、红树林、河口)等”,对于海洋生态亚敏感区的定义为:“海洋生态环境功能目标高,且遭受损害后难于恢复其功能的海域。包括海滨风景旅游区、人体直接接触海水的海上运动或娱乐区、与人类食用直接有关的工业用水等”。

我国《海洋溢油生态损害评估技术导则》[10]也提出开展环境敏感调查工作

中,应包括以下全部或部分内容:(1) 自然保护区;(2)典型海洋生态系;(3) 生活或工业用水取水口;(4) 珍稀和濒危动植物及其栖息地;(5) 水产养殖区;(6) 重点渔业水域;(7) 河口湿地;(8) 重要的海洋工程和海岸工程;(9) 风景名胜古迹、重要的景观和水上旅游娱乐场。

四、我国海洋环境敏感区分类体系研究

与国外的海洋环境敏感目标的分类体系相比,我国关于海洋敏感区的分类更加注重其功能高低,但也表现出以概念性分类为主,没有形成完整的分类体系,由于海洋环境保护工作人员对海洋敏感区的理解和认知的不同,在具体的海洋敏感区划分过程中有时会存在差异。因此,笔者在充分研究海洋生态环境特征以及我国“海洋环境功能区划”等相关法规和标准的基础上,提出适用于我国的海洋环境敏感区分类体系。

(一) 海洋环境敏感区的划分原则

1. 以生态系统服务功能为主导

各类海洋工程及污染事故对海洋及海岸地带所造成的影响,其实质都是对海洋生态系统的自然或社会经济服务功能的影响。笔者拟以海洋及海岸带生态系统的主要服务功能为依据,在充分考虑工程影响的情况下对其进行分类。

2. 尽量与现有的规章和标准相一致

在分类体系及命名上,尽可能与“海洋功能区划技术导则”和“近岸海域环境功能区划分技术规范”等我国现有与海洋环境分区等相关的标准相一致,以保障与各类标准使用之间的一致性。

3. 尽量借鉴现有的国际成熟体系

目前国际上已有成熟体系,已经过多年的实践获得一致认可,因此在与之相关的分类中,应进行一定的借鉴。

4. 敏感资源管理上的可操作性

海洋环境敏感区的类型应保证在时间和空间上能够给予明确划分,易于与GIS 制图技术相结合,易于应急操作时的控制和管理。

(二) 海洋环境敏感区分类体系

针对海洋等水生生态服务功能对海洋工程建设以及海洋污染的反应程度和类型,摒弃了功能,以及虽敏感但其功能分区难以界定的部分(如调节功能),将海洋环境敏感区分为三种类型,分别为:生物多样性保护敏感区、资源敏感区和社会经济敏感区,各类敏感区的具体类型见表 1。

表 1 海洋环境敏感资源分类表

一级区	二级区	敏感资源
1. 生物多样性保护敏感区	1.1 海洋自然保护区	1.1.1 海洋和海岸自然生态系统
		1.1.2 海洋生物物种
		1.1.3 海洋自然遗迹和非生物资源
	1.2 典型海洋生境	1.2.1 海草床生态系
		1.2.2 珊瑚礁生态系统
		1.2.3 红树林生态系统
		1.2.4 河口湾生态系统
		1.2.5 盐沼湿地生态系统
		1.2.6 上升流生态系统
	1.3 重要野生动植物栖息地	1.3.1 敏感海洋哺乳动物生活区
		1.3.2 鸟类生活区、迁徙地
		1.3.3 鱼类洄游、产卵、索饵、育幼区
		1.3.4 敏感岸线区
2. 资源利用敏感区	2.1 渔业区	2.1.1 渔港及渔业设施建设区
		2.1.2 养殖区
		2.1.3 捕捞区
	2.2 盐田区	2.2.1 盐田
	2.3 水源区	2.3.1 特殊工业用水地
		2.3.2 一般工业用水地
		2.3.3 岸上水源涵养地
		2.3.4 矿产开发区
3.	3.1 文化活动区	3.1.1 风景旅游区
		3.1.2 度假旅游区
	3.2 社会经济区	3.2.1 港口工业区
		3.2.2 滨海工业区

1. 生物多样性保护敏感区

主要是指具有重要的生物支持功能的区域。一般包括三类二级区和 12 种敏感资源。

(1) 海洋自然保护区:

为保护珍稀、濒危海洋生物物种、经济生物物种及其栖息地以及有重大科学文化和景观价值的海洋自然景观、自然生态系统和历史遗迹需要划定的海域,包括海洋和海岸自然生态系统、海洋生物物种、海洋自然遗迹和非生物资源三种类别的海洋自然保护区,其类型划分标准主要按《海洋自然保护区类型与级别划分原则(GB/T17504 - 1998)》的相关要求执行。

(2) 典型海洋生境

指未被列入海洋保护区,但具有典型特色、承载大量生物多样性的部分海洋生态系统。主要包括海草床、珊瑚礁、红树林、河口湾等典型海洋生态系统。

① 海草床生态系:大面积的连片海草生长的区域。以海草床在海洋生态环境中的作用非常重要,如改善水的透明度,控制浅水水质;许多动物的直接食物来源;为许多动物种类提供了重要的栖息地和隐蔽保护场所等等。

② 珊瑚礁生态系统:以珊瑚礁为依托的生态系统。造礁珊瑚以其形状复杂的骨骼形成多样的生活场所,成为其他生物生活的基础和依存物,由于珊瑚礁环境水体稳定、光照充足,形成了与周围海洋环境不同的特殊的生态系统。其中有许多种类的底面底栖生物、底下底栖生物和周生生物,种类丰富,具生物多样性;与周围外洋相比,这里有更为旺盛的初级生产力。

③ 红树林生态系统:红树林是生长在热带、亚热带沿海潮间带的植物群落,在海岸生态系统中具有维护生物多样性、防风消浪、促淤护堤、抗灾减灾、净化海水、调节大气、美化海岸景观等作用。

④ 河口湾生态系统:河口海湾是大陆水系进入海洋的特殊生态系统,由于许多河口湾是人类海陆交通要地,受人类活动干扰甚深,一般地说,河口区生物的种类组成较为复杂,多样性指数较高。

⑤ 盐沼湿地生态系统:盐沼湿地生态系统由喜湿耐盐碱的植物组成。盐沼湿地附近有大量的潮汐沟,是生物迁徙、鱼类洄游、营养交换、能量和物质转移的通道。

⑥ 上升流生态系统:在上升流生态系统中,由于底层富营养盐海水的上升,导致表层浮游植物获得充足营养其初级生产量高;上升流区常招引食植性鱼类大量集群,随之食肉性动物也增加,常形成主要渔场区;上升流区海洋生物多样性指数高于邻近非上升流区。

(3) 重要野生动植物栖息地

① 敏感海洋哺乳动物生活区:中华白海豚、水獭等易受海洋工程建设和污染伤害的哺乳动物主要栖息地。

② 鸟类生活区、迁徙地:以鸟类长期聚集区以及迁徙季节的落脚区。

③ 鱼类洄游、产卵、索饵、育幼区:在特定时期的鱼类洄游区、产卵区、索饵区和育幼区。

④ 敏感岸线区:根据 ESI 分类,具有较高敏感性的岸线。

2. 资源利用敏感区

指具有产品供给能力,为捕捞、养殖、开采等人类利用海洋资源活动提供场所的海域或海岸,主要包括:

(1) 渔业区

指用于渔业生产的区域,包括:

① 渔港及渔业设施建设区:供渔船停靠、装卸作业和繁殖重要苗种的场所。

② 养殖区:近海、近岸、或滩涂养殖海洋经济动植物的区域。

③ 捕捞区:在海洋游泳生物产卵场、索饵场、越冬场及洄游通道使用国家规定的渔具或人工垂钓方法获取海产品的区域。

(2) 盐田区

利用日晒方法蒸发浓缩海水、盐湖卤水或地下卤水结晶产盐的滩场。

(3) 水源区

① 特殊工业用水区:从事取卤、食品加工、海水淡化、或从海水中提取供人食用的其他化学产品的区域。

② 一般工业用水区:利用海水作冷却水、冲刷库场等的区域。

③ 水源涵养区:距离岸线较近的城市饮用水源区。

(4) 矿产开发区

正在开采的油气田、金属和非金属矿区。

3. 社会经济敏感区

指承载人类各种社会经济活动提供场所的海域或海岸,主要包括旅游区和社会经济区两类。

(1) 旅游区:包括风景旅游区与度假旅游区

(2) 社会经济区:主要为港口航运区及近海、近岸的各类滨海工业生产区。

五、结论与建议

合理划分海洋环境敏感区,预先确定海洋环境敏感地区并制定科学的保护方案,可以在海岸生态系统遭受海洋环境污染或人为开发冲击的情况下,提供海

洋敏感区位置,及时采取最佳的防护处理措施,从而切实保护海洋生态完整性,极大提高重大海洋污染事故应急处理效果,尽可能使生态损失降低到最小。本文对海洋环境敏感区分类方案进行了探讨,但这仅仅是海洋敏感资源保护中的部分工作,开展海洋环境敏感图制作与海洋环境敏感目标的保护方案制订工作,并针对不同的海洋工程活动和污染类型对海洋环境敏感程度进行定量化研究,均是合理进行海洋开发活动,加强海洋环境管理和污染事故应急处理中需要进一步深入研究和探讨的内容。

参考文献

1. Steiner F, Blair J, Mcsherry L, et al. A watershed at a watershed : the potential for environmentally sensitive area protection in the upper San Pedro Drainage Basin (Mexico and USA) [G]. Landscape and Urban Planning, 2000, 49: 129 -148.

2. http://www.defra.gov.uk/erdp/schemes/es/default.htm

3. DeMeo Ndubiai, Ditto D. Environmental sensitive areas : a template for developing greenway corridor [J]. Landscape and Urban Planning ,1995 ,33 (1 - 3) : 159 - 177.

4. 环境保护部. 建设项目环境影响评价分类管理名录,2008.

5. API, NOAA, USCG & USEPA. Characteristics of Response Strategies: A Guide for Spill Response Planning in Marine Environments, 2001.

6. NOAA. Environmental sensitivity index guidelines, NOAA Technical Memorandum NOS OR&R 11, Seattle, Washington, 2002.

7. Michel J, Hayes M O. Sensitivity of coastal environments to oil, in Introduction to Coastal Habitats and Biological Resources for Spill Response, Chapter 3, NOAA Report No. HMRAD 92 - 4, 1992.

8. IMO, IPIECA. 关于溢油污染对生态环境所造成影响的指导性文件,1991.

9. 海洋工程环境影响评价技术导则(GB/T 19485 - 2004).

10. 海洋溢油生态损害评估技术导则(HYT 095 - 2007).

11. 陈尚,等. 我国海洋生态系统服务功能及其价值评估研究计划,地球科学进展,2006,11(21):1127 - 1132.

12. Borja á., Franco J, Pérez V. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft - bottom benthos within European estuarine and Coastal

environments Marine Pollution Bulletin,2000,40(12):1100 – 1114.

13. 海洋功能区划技术导则(GB/T 17108 – 2006).

14. 海洋自然保护区类型与级别划分原则 (GB/T 17504 – 1998).

15. 近岸海洋生态健康评价指南 (HY/T 087).

16. 海洋特别保护区分类分级标准(HY/T 117 – 2008).

17. 近岸海域环境功能区划分技术规范(HJ/T 82 – 2001).

18. 任叙合. 海洋环境保护中的环境敏感图. 交通环保,1991,6(12):31 – 37.

19. 郑青怡,等. 台湾南部环境敏感指标(ESI)地图之建置调查,海上污染防治及应技术研讨会论文集. 北京:环境科学出版社,2009:328 – 335.

20. 欧阳志云,等. 中国生态环境敏感性及其区域差异规律研究[J]. 生态学报,2000,20(1):9 – 12.



舒俭民 中国环境科学研究院研究员、副院长、国家注册环评工程师。主要从事生态环境演替、质量评价以及生态恢复等领域的研究工作。主持和参与完成了 50 多个国家级和省部级科研项目,获省部级科技进步一等奖三次,2008 年获国家科技进步二等奖。发表论文 60 余篇, 专著 4 部。

主要社会兼职有:青海省人民政府科技顾问、国家农产品质量安全风险评估专家委员会委员、国家环保总局新化学物质环境管理专家评审委员会主任委员、中国环境科学学会生态农业专业委员会主任委员、国防环境分会常务理事。

我国海洋环境化学污染的总体趋势

江桂斌 等

中国科学院生态环境研究中心,青岛

我国海域总面积约 300 万平方公里,从北到南分别为渤海、黄海、东海和南海 4 个海区,海岸线绵长 1.8 万公里,跨越暖温带、亚热带和热带三个气候带。入海河流众多,流域范围广阔,有鸭绿江、辽河、海河、黄河、淮河、长江、珠江等 1500 余条河流入海,丰富的海洋资源环境为沿海经济社会和海洋经济的可持续发展奠定了良好的基础。改革开放 30 多年以来,随着我国沿海地区经济带的快速发展和人类活动的日益频繁,工矿企业以及日常生活产生的废水、废渣、废气大量排入邻近海域,各类化学污染物也随之进入海洋生态环境中,加上对海洋资源掠夺式的开发,给近海海域带来了沉重的环境压力,海洋污染问题已经受到了的普遍关注。2010 年的中国海洋环境质量公报指出,我国近岸主要污染区域分布在黄海北部近岸、辽东湾、渤海湾、莱州湾、长江口、杭州湾、珠江口和部分大中城市近岸海域,江河污染物入海量较 2009 年大幅度增加,溢油等突发事故灾害对海洋生态环境的损害严重。近岸局部海域富营养化、赤潮频发是影响我国海洋环境状况的突出问题之一。

我国海域环境化学污染总体趋势具体表现为以下几个方面:(1) 近海海洋环境污染日趋严重。20 世纪 70 年代前,中国近岸环境总体未受污染;70 年代末至 90 年代,随着沿海经济建设速度的逐步加快和海洋开发活动的日益频繁,海洋环境污染问题日渐凸显。至 20 世纪末,已有 20 万平方公里的近岸和近海海域受到污染,其中约 4 万平方公里海域的水质污染较重,海洋沉积物和海洋生物质量均受到不同程度影响。最近几年,由于经济的过热过快发展,河流携带入海的污染物持续增高,并且大气输入海洋的污染物通量也在增加,导致海洋环境中污染物的浓度呈不断上升的趋势,且分布范围不断扩大。参考过去几年的中国海洋环境质量公报可知,我国近海海域水质劣于一类海水水质标准的面积在逐年上升,到 2010 年已达 17.8 万平方公里,主要污染物为营养盐、重金属和石油烃,且浓度逐年递增,海水富营养化现象越来越严重,导致局部海域赤潮频发。21 世纪以来,无论是发生频次还是涉及海域面积,我国的赤潮灾害都在骤增。2001—2009 年,赤潮发生次数和累计面积均为 20 世纪 90 年代的 3.4 倍。从多

年的趋势上看,赤潮的发生有从局部海域向全部近岸海域扩展的趋势。沉积物中的主要污染物如重金属、硫化物、持久性有机污染物等以及生物体中的重金属、有机氯农药等的浓度水平也呈现上升的趋势,但污染程度总体要好于水体。(2) 江河径流和陆源排污口污水入海依然是我国海洋环境中各类污染物的主要输入方式。在渤海、黄海、东海和南海 4 个海区,污染程度总体上都呈现由近岸向外海降低的趋势。近岸海域总体污染程度较高,近海海域污染面积居高不下,主要污染区域分布在黄海北部近岸、辽东湾、渤海湾、莱州湾、长江口、杭州湾、珠江口和部分大中城市近岸海域。这些区域大多为我国沿海经济发达地区,先污染后治理的发展之路使得这些地区背上了沉重的环境债务。而另一方面,各不同海区的污染程度也不尽相同。渤海、黄海、东海和南海 4 个海区中,渤海和东海污染程度较重;黄海受污染程度相对较低;东海主要污染区域相对集中且污染程度较重,主要集中在长江口和杭州湾海域;南海总体污染程度较低,中度污染和严重污染海域主要集中在珠江口、汕头和湛江港近岸局部水域。(3) 沿海区域工、农业的快速发展,化工产品、电子电器产品以及农药等大量使用,造成海洋环境中污染物种类逐渐增加。70 年代末、80 年代初,我国开始比较全面系统的区域性海洋污染源调查评价工作,从最初在海洋环境中检测出种类比较单一,含量相对较低的无机污染物,如无机氮、活性磷酸盐等营养盐,发展到现在多种对海洋生态环境和人类健康威胁较大的持久性有机污染物,如多环芳烃、有机氯农药、多氯联苯类及多溴联苯醚等,以及铊、铍、锑等重金属等污染物也普遍被检出的情况,且含量还呈现出逐年加剧的趋势。这些污染物协同作用形成复合污染,将对生态环境造成不可预测的潜在威胁。

锦州湾沉积物中 Zn、Cu、Pb 和 As 污染最为严重,胶州湾沉积物的 Zn、Cu 和 Pb 浓度次之,但 Cd、Ni 的浓度高于其他海区。Hg 在珠江口的浓度比较高,在渤海湾、黄河口和长江口的浓度较为接近。对于生物体来说,渤海蚌类 Cd 含量较高,特别是莱州湾蚌类的体内 As、Hg、Pb 的含量均高于渤海其他地区;杭州湾蚌类体内重金属含量高于东海沿岸其他地区;珠江口鱼类体内 Pb 含量较高。总体上,珠江口生物体内痕量金属平均浓度高于中国其他地区,且最近几年仍有增加趋势。持久性有机污染物中 PCBs 以珠江口最为严重,长江口、大亚湾、锦州湾在同一污染水平;高度城市化、工业化的沿海地区,如珠江口和大连湾,PAHs 污染最为严重;OCPs 污染以我国东南部河口及邻近海区较为严重,大亚湾和泉州湾最为严重,其次为渤海湾北部,东海近海海域最低。整体上,有机污染水平与经济发展水平直接相关,珠江口及其邻近海域,长江及厦门闽江口工业活动密集,经济发展速度较快,持久性有机污染较其他地区严重。

总之,我国沿海地区快速的经济发展已经给海岸带和海洋造成巨大环境压

力,部分海域环境污染相当严重。随着沿海地区人口继续增长和经济持续发展,这些问题必然会更加突出。解决历史遗留的海洋环境问题和控制发展过程中出现的新的环境问题,仍将会是一项长期而艰巨的任务。



江桂斌 中国科学院院士。现任中国科学院生态环境研究中心环境化学与生态毒理学国家重点实验室主任,《环境化学》期刊主编,美国化学会 ES&T 期刊副主编。为中国化学会副理事长,中国毒理学会副理事长和 IUPAC Titular Member。研究领域涉及化学形态、环境过程和毒性效应。为两期 POPs 973 项目首席科学家,国家基金委重大基金和创新群体学术带头人,国家 973 顾问组成员,国家纳米重大研究计划专家组成员,国家食品安全风险评估专家委员会成员,卫生部食品安全专家组成员,国家环保部咨询专家组成员。曾分别参加过我国南极和北极科学考察。在国外 SCI 收录期刊发表论文 400 余篇,其中 IF > 3 的论文 200 余篇。在国内外重要学术会议和著名大学作大会报告或特邀报告 280 次。培养的研究生两人获全国百篇优秀论文,曾 6 次获得中国科学院优秀研究生导师。1998 年获国家杰出青年科学基金,2001 年获得中科院青年科学家奖,先后 4 次获得中国分析测试学会科学技术一等奖,两次以第一完成人获得国家自然科学二等奖,2007 年获得长江学者成就奖。

我国海岸带生态环境现状

李新正 等

中国科学院海洋研究所,青岛

一、前言

海岸带是指陆地与海洋的交界地带,是海岸线向陆、海两侧扩展一定宽度的带型区域。海岸带的定义不是唯一的,而是根据研究的目的有所变化。海岸带的理解通常有狭义和广义之分。狭义的海岸带是指海洋向陆地的过渡地带,带有地貌学意义,包括三个部分:海岸,平均高潮线以上的沿岸陆地,通常又称潮上带;潮间带;水下岸坡,平均低潮线以下的浅水部分。广义的海岸带则是指以海岸线为基准向海陆两个方向辐射扩散的广阔地带,包括沿海平原、河口三角洲、浅海大陆架一直延伸到大陆边缘的地带。目前国际上对海岸带的划分主要有四个标准:自然标准、行政边界、指定距离、选择环境单元。我国在全国海岸带和海洋资源综合调查中规定,海岸带调查的宽度为海岸线向陆侧延伸 10 km,向海侧延至 10 ~ 15 m 水深线。海岸带拥有十分丰富的自然资源,如海涂资源、港口资源、盐业资源、渔业资源、石油资源、天然气资源、旅游资源和砂矿资源等。海岸带具有多方面开发和利用的价值。目前全世界的海岸带上拥有港口 2300 多个,担负着国际贸易货运量的 90%。世界海岸带水产养殖年产鱼、贝、藻约计 200 余万吨。在海岸带上有着丰富的土地、港口、生物、海洋石油、天然气、海洋矿产、海洋可再生能源以及海洋旅游等资源,海岸带是地球系统中最有生机的部分之一,但是也是生态系统平衡非常脆弱的地带。因此,综合管理与科学开发利用海岸带资源,做到既能保护资源与环境,又能获得最大的社会经济效益是十分重要的。

我国是海洋大国,大陆海岸线北起中朝交界的鸭绿江口,南至中越交界的北伦河口,海岸线 1.8 万 km,地跨温带、亚热带和热带,有众多的河口、海湾和岛屿,分布有红树林、珊瑚礁、滨海湿地、海草床、海岛、海湾、入海河口和上升流等多种类型海洋生态系统,海洋生物多样性十分丰富,已记录的海洋生物 22 629 种,资源环境为沿海经济社会和海洋经济的可持续发展奠定了良好的基础。中国的海岸带一般可分为河口岸、基岩岸、沙砾质岸、淤泥质岸、珊瑚礁岸和红树林

岸等6种基本类型。

根据我国2010年《海洋环境公报》,我国海洋环境质量总体维持在较好水平,主要海洋功能区环境质量基本满足海域使用要求,海洋赤潮和绿潮灾害有所减轻,但江河污染物入海量增加,溢油等突发事故灾害对海洋生态环境的损害严重。近岸局部海域富营养化、海洋环境灾害频发和海岸带生境破坏是影响我国海洋环境状况的突出问题。沿海滩涂湿地、红树林和珊瑚礁均遭受严重破坏,海底沉积环境受到污染,若不未雨绸缪,必将直接影响到我国经济的健康发展。海岸带环境质量的退化,已成为海岸带经济进一步发展的瓶颈。

二、中国海岸带主要生境环境现状和面临的主要问题及对策

(一)沿海湿地

沿海湿地是指发育在海岸带附近并且受海陆交互作用的湿地,广泛分布于沿海海陆交界、淡咸水交汇地带,是一个高度动态和复杂的生态系统。湿地是地球上具有多功能的独特的生态系统,是自然界最富生物多样性的生态景观和人类社会赖以生存和发展的环境之一。它具有调节气候、补充地下水、降解环境污染、蓄洪抗旱、控制土壤侵蚀、促淤造陆、保护生物多样性等多种功能,被称之为"地球之肾"。因此,保护湿地生物多样性,保证湿地资源的可持续利用愈来愈引起世界各国的高度重视。然而,近40年来,因围海造田、造地和发展滩涂养殖业为目标的大规模围垦,使沿海地区累计丧失海滨滩涂湿地约219万 hm^2,相当于沿海湿地总面积的50%,严重破坏了湿地景观,造成了巨大的损失[1,2]。

1. 我国沿海湿地的主要分布

(1)滨海湿地。中国滨海湿地主要类型包括盐沼湿地、潮间砂石海滩、潮间带有林湿地、基岩质海岸湿地、珊瑚礁、海草床、人工湿地和海岛等。沿海地区各类自然湿地总面积为622.76万 hm^2,占全国自然湿地总面积的17.2%。其中,滨海湿地面积为511.67万 hm^2,占沿海湿地总面积的82.2%;河流湿地的面积为60.52万 hm^2,占9.7%;湖泊湿地为32.26万 hm^2,占5.2%;沼泽湿地18.31万 hm^2,占2.9%。

我国滨海湿地主要分布于沿海的11个省(市、自治区)和港澳台地区。沿海地区约有1500多条大中河流入海,形成了浅海滩涂、珊瑚礁、河口水域、三角洲、红树林等滨海湿地生态系统。滨海湿地以杭州湾为界,分成杭州湾以北和杭州湾以南两个部分。杭州湾以北的滨海湿地除山东半岛、辽东半岛的部分地区为岩石性海滩外,多为沙质和淤泥质海滩,主要由环渤海滨海湿地和江苏滨海湿地组成。这里植物生长茂盛,潮间带无脊椎动物特别丰富,浅水区域鱼类较多,

为鸟类提供了丰富的食物来源和良好的栖息场所。因而我国杭州湾以北的许多滨海湿地成为大量水禽的栖息过境或繁殖地,如辽河三角洲、黄河三角洲、苏北沿海浅滩等。杭州湾以南的滨海湿地以岩石性海滩为主。其主要河口及海湾有钱塘江、泉州湾、珠江口河口湾和北部湾等。在海湾、河口的淤泥质海滩上分布有红树林,在海南至福建北部沿海滩涂及台湾西海岸都有天然红树林分布。

(2) 河流湿地。我国绝大多数河流分布在东部气候湿润多雨的季风区,主要江河,如长江、黄河、海河、辽河、淮河、珠江等,均从此区域入海,沿海地区的河流湿地较为发育,占全国河流湿地总面积的 7.4%。

(3) 湖泊湿地。长江及淮河中下游、黄河及海河下游和大运河沿岸,不仅是我国湖泊分布密度最大的地区之一,也是我国沿海地区湖泊湿地的主要分布区,本区域的湖泊湿地占全国湖泊湿地总面积的 3.9%。该区域湖泊水情变化显著,生物生产力较高。

(4) 沼泽湿地。沿海地区受纬度地带性的影响,沼泽面积有从北向南减少的总趋势。辽宁省的沿海地区因气候比较冷湿,不仅沼泽类型多,面积也较大。随着沿海地区向南延伸至暖温带、亚热带和热带,沼泽湿地面积迅速减小,因此,我国沿海地区的沼泽湿地面积总量很小,仅占全国沼泽湿地总面积的 1.3%。

2. 沿海湿地的保护与管理

建立各种湿地类型保护区,是保护沿海湿地最积极、最直接、最有效的途径和措施。截止到 2005 年初,沿海地区已建立了不同级别的各类湿地自然保护区 127 处,总面积达 256.03 万 hm^2。其中,国家级自然保护区 19 处,面积为 83.72 万 hm^2。这些保护区的建立对保护典型湿地生态系统、主要河流入海口、候鸟繁殖和越冬栖息地,以及维护沿海地区的生态安全等发挥了极其重要的作用。目前,分布在沿海地区的国际重要湿地共有 9 个,占全国国际重要湿地总数的 30%。黄河三角洲、双台河口、广西山口红树林自然保护区等国家级自然保护区建设成效显著,一大批濒危物种得到有效保护,野生动植物种群数量明显回升,生物多样性更加丰富。

3. 我国沿海湿地资源开发存在的主要问题

(1) 对沿海湿地的盲目开垦和改造。共有 54.5% 的沿海湿地已经遭到或正面临着盲目开垦和改造的威胁。从地域上来看,主要存在于珠江三角洲、长江三角洲、红树林区域、山东、浙江、福建等沿海地区。目前沿海湿地开垦、改变自然湿地用途和开发占用湿地是造成我国滨海湿地面积削减、功能下降的主要原因之一。自 20 世纪 50 年代起到 1997 年,长江河口湿地已被围垦的滩涂达 7.85 万 hm^2,相当于辖区陆域面积的 12.4%。特别是目前,随着沿海地区城市化进程的加快,对土地的需求量越来越大,在国家规定严格保护基本农田的政策颁布

后,很多地方把建设用地转向了湿地,这对滨海湿地的保护和发展带来了更为严峻的挑战。

(2) 沿海湿地污染加剧。共有 42.4% 的沿海湿地正面临着环境污染的威胁,主要存在于珠江三角洲、辽宁辽河口、山东胶州湾地区等。环境污染是沿海湿地面临的最严重的威胁之一,不仅对生物多样性造成严重危害,也使水质变坏。污染沿海湿地的因子包括大量工业废水、生活污水的排放,油气开发等引起的漏油、溢油事故,以及农药、化肥引起的面源污染等,而且环境污染对沿海湿地的威胁正随着工业化进程的发展而迅速加剧。

(3) 生物资源过度利用。共有 39.4% 的沿海湿地正面临着生物资源过度利用的威胁,主要存在于珠江三角洲、红树林区域、海南、福建、浙江、上海等沿海地区。在我国重要的经济海区,酷渔滥捕现象十分严重,不仅使重要的天然经济鱼类资源受到很大的破坏,而且严重影响着这些滨海湿地的生态平衡,导致沿海湿地生物群落结构的改变、多样性的降低以及生态功能的丧失。

(4) 海岸侵蚀不断扩展。据统计,至 20 世纪末,我国已有 70% 的砂质岸滩和淤泥质海岸出现了不同程度的侵蚀。海岸植被遭破坏和海浪、飓风侵蚀使沿海地区,尤其是在我国南部海区更为严重,导致其所具有的抗风减灾、抵御自然力破坏的功能大幅降低。

(5) 保护管理体制不完善。沿海湿地保护与管理牵涉面广,涉及部门多,不同地区和部门在湿地开发利用方面存在各行其是、各取所需的现象,矛盾非常突出。采油、旅游、捕鱼、造纸、晒盐、开荒、养殖、狩猎等都在向沿海湿地要产品、要效益,而出现问题时难以协调和解决,严重影响了对沿海湿地的保护和合理利用。

我国虽然已加强了滩涂湿地的保护工作,建立了大量的湿地保护区,但是海岸滩涂湿地保护现状仍不容乐观,除个别地区环境改善外,大部分区域的状况仍在恶化。如何加强保护区的建设,搞好非保护区滩涂合理开发,需要了解人为因素和自然因素对海岸湿地的作用过程,必须系统地开展全国性的海岸带地质环境调查与评价[1,3]。

(二) 红树林

红树林是湿地盐生植物群落,即指生长在热带、亚热带海洋潮间带地区,受海水潮起潮落浸淹、干露的耐盐性木本植物群落,也是独一无二形成保护海岸的植物群体。它们适应在海滨泥滩地带,土壤缺氧、通气性差、水分饱和,质地黏重,贫瘠,土壤的养分不在表层,而在下层,与陆地森林差别明显。它的生境特点是:① 土壤呈酸性,pH 小于 5.0,泥底硫化物经氧化生成硫酸,增强酸度,pH 可

降到2.2;② 富含有机质,由于植物落叶,根系分泌物多加上大量微生物作用,提供丰富有机质来源,由于底泥缺氧,有机质分解缓慢,含量可高达2.0%,如广东雷州半岛红树林土壤有机质含量达0.7% ~4.9%,平均为2.4%;③ 含盐度高,不仅水体具较高的含盐量,土壤中盐量也较高,在黏土质内可高达4%,并具有积盐特性。

中国红树林是主要的生物海岸,历史上面积达到2500 km^2,上世纪50年代近500 km^2,2001年全国红树林资源调查显示,面积仅225 km^2,占世界红树林总面积的0.13%,其中80%均为次生林。至今,中国已建成27个不同级别的红树林保护区。

1. 红树林现状

红树林遍布中国南海沿岸,常见真红树植物26种,半红树植物11种(表1,2)。以下分地区论述。

海南:红树林总面积为39.3 km^2,是中国红树林分布中心,主要在清澜港、东寨港、三亚港以及新英港,种类有瓶花木、红树、水椰、红榄李等23种,现建有东寨港、清澜港、花场湾、新盈、彩桥、新英、三亚河口、青梅港等10个红树林自然保护区。

广东:红树林原有面积为8.4×10^4 km^2,占全国红树林总面积的40%,20世纪70年代之前,由于建造盐田和围塘养殖,遭到严重破坏,80年代后才逐渐恢复,据广东908调查现有12 546.4 km^2,人造未成林940 km^2,天然未成林667.4 km^2。主要分布在湛江、深圳、珠海等地区,优势种为桐花树、秋茄、红海榄、白骨壤、木榄等11种。现建有湛江和福田等8个红树林自然保护区。

广西:红树林总面积83.7 km^2,主要分布在英罗湾、铁山港、北仑河口、丹兜海,珍珠港等地区。优势种为桐花树、红海榄、木榄、白骨壤等10种,现建有山口、茅尾海、北仑河口红树林自然保护区。

福建:红树林总面积4.038 km^2,主要分布在漳江、九龙江、泉州湾等地区,优势种为秋茄、桐花树、白骨壤、木榄等4种。现建有九龙江等3个红树林自然保护区。

香港:红树林总面积为3.8 km^2,主要分布在深圳湾米埔、大埔汀角、大屿山岛、西贡等地区。优势种为秋茄、桐花树、白骨壤等9种,现建有米埔红树林1个自然保护区。

台湾:红树林总面积2.8 km^2,主要分布在台北淡水河口,仙脚石海岸、新竹红毛港等地。优势种为秋茄、白骨壤等4种,建有淡水河口等3个红树林自然保护区。

澳门:红树林总面积0.01 km^2,主要分布在仔跑马场外侧,水仔与路环之间的大桥西侧海滩等地区。优势种为桐花树、老鼠勒、白骨壤等9种。现尚未建立红树林自然保护区。

表 1 南海红树林植物名录及分布

科名	种名(真红树植物)	海南	广东	广西	福建	香港	台湾	澳门
爵床科 Acanthaceae	小花老鼠勒 *Acanthus ebracteatus vahl*	√						
	老鼠簕 *Acanthus ilicifolius* L.	√	√	√		√		
卤蕨科 Acrostichaceae	卤蕨 *Acrostichum aureum* Linn	√						
	尖叶卤蕨 *Acrostichun speciosum* Willd	√						
使君子科 Combretaceae	榄李 *Lumnitzera racemosa* Willd.	√	√	√		√		
	红榄李 *Lumnitzera littorea* (Jack) Voigt	√						
大戟科 Euphorbiaceae	海漆 *Excoecaria agallocha* L.	√	√	√		√		√
棟科 Meliaceae	木果栋 *xylocarpus granatum* Koenig	√						
紫金牛科 Myrsinaceae	桐花树 *Aegiceras corniculatum* (L.) Blanco	√			√			
棕榈科 Palmaceae	水椰 *Nypa fruticans* van Wurmb.	√						
红树科 Rhizophoraceae	木榄 *Bruguiera gymnorhiza* (L.) Lamk	√	√	√	√	√	√	√
	柱果木榄 *Bruguiera cylindrica* (L.) Blume	√						
	海莲 *Bruguiera sexangula* (Lour.) Poir.	√						
	尖瓣海莲 *Bruguiera sexangula* (lour) van *rhynchopetala* Ko	√						
	角果木 *Ceriops tagal* (Perr.) C. B. Rob.	√	√	√			√	
	秋茄 *Kandelia candel*(L) Druce	√	√	√	√	√	√	√
	红海榄 *Rhizophora stylosa* Griff	√	√	√				
	红茄苳 *Rhizophora mucronta* Poir						√	
	正红树 *Rhizophora apiculata* Blume	√						

续表

科名	种名(真红树植物)	海南	广东	广西	福建	香港	台湾	澳门
茜草科 Rubiaceae	瓶花木 *Scyphiphora hydrophyllacea* Gaertn	√						
海桑科 Sonneratiaceae	海桑 *Sonneratia caseolaris* (L) Engler	√						
	海南海桑 *Sonneratia hainanensis* Ko et Chen	√						
	拟海桑 *Sonneratia paracaseolaris* Ko	√						
	杯萼海桑 *Sonneratia alba* J. Smith	√						
	卵叶海桑 *Sonneratia ovata* Backer	√						
	无瓣海桑 *Sonneratia apetala* Buch Han	√						
马鞭草科 Verbenaceae	白骨壤 *Avicennia marina* (Forsk) Vierh.	√	√	√	√	√	√	
科名	种名(半红树植物)							
夹竹桃科 Apocynaceae	海杧果 *Cerber manghas* L.	√	√	√				
紫葳科 Bignoniaceae	海滨猫尾木 *Dolichandrone spathacea* (L. f.) Kschum	√						
菊科 Compositae	阔苞菊 *pluchea indica* (Linn.) Less.	√	√	√				
莲叶桐科 Hernandiaceae	莲叶桐 *Hernandia sonora* Linn.	√						
玉蕊科 Lecythidaceae	玉蕊 *Barringtonia racemosa* (Linn) Spreng.	√						
	滨玉蕊 *Barringtonia asiatica* (L.) Kurz.							
锦葵科 Malvaceae	横槿 *Hibiscus tiliaceus* I.	√	√	√				
	桐棉 *Thespesia populnea* I. Soland. et Corr.	√	√	√				
蝶形花科 Papilionaceae	水黄皮 *Pongamia pinnata* (L) Pierre	√						

续表

科名	种名(真红树植物)	海南	广东	广西	福建	香港	台湾	澳门
梧桐科 Sterculiaceae	银叶树 *Heritiera littoralis* Dryand	√	√	√		√		
马鞭草科 Verbenaceae	许树 *Clerodendrum inerme* (Linn) Gaertn.	√						
千屈菜科 Lythraceae	水芫花 *Pemphis acidula* J. R et Forst	√						

表 2 南海建立的红树林自然保护区

省及地区	名称	地区	建立时间	林区面积 (km^2)	级别
海南	东寨港红树林自然保护区	琼海	1980	17.33	国家级
	清澜港红树林自然保护区	文昌	1981	12.23	省级
	东场红树林自然保护区	儋州	1992	4.78	县级
	新英红树林自然保护区	儋州	1992	0.79	县级
	彩桥红树林自然保护区	临高	1986	0.86	县级
	花场湾红树林自然保护区	澄迈	1995	1.50	县级
	亚龙湾青梅港红树林自然保护区	三亚	1989	0.63	市级
	三亚河口红树林自然保护区	三亚	1989	0.60	市级
	铁炉港红树林自然保护区	三亚	1999	0.70	市级
广东	福田红树林鸟类自然保护区	深圳	1988	0.82	国家级
	湛江红树林自然保护区	湛江	1997	72.57	国家级
	淇澳红树林自然保护区	珠海	2004	1.93	省级
	电白红树林自然保护区	电白	1999	6.07	市级
	惠东红树林自然保护区	惠东	2000	0.14	市级
	镇海湾红树林自然保护区	台山	2005	0.13	市级
	南万红树林自然保护区	陆河	1999	1.60	省级
	程村豪光红树林自然保护区	阳西	2000	0.80	县级

续表

省及地区	名称	地区	建立时间	林区面积(km^2)	级别
广西	山口红树林自然保护区	合浦	1990	8.06	国家级
	北仑河口红树林自然保护区	防城	1990	11.31	国家级
	茅尾海红树林自然保护区	钦州	2005	18.92	省级
香港	米埔和后海湾红树林、鸟类保护区	香港	1980	3.80	香港
台北	淡水河口红树林自然保护区	台北	1986	0.50	省级
	关渡自然保留区	台北	1975	0.19	县级
	北门沿海保护区	台北	1984		县级
澳门		澳门		0.4	

2. 红树林生长于沿海、河口、港湾的湿地,具有以下特殊功能

(1) 维持生物多样性。在红树林区具有丰富的生物多样性。它的叶、花、茎、枝等以凋落物的方式,形成复杂的食物网,创造良好的生存环境,为海洋底栖生物提供丰富营养物质。在这环境中有丰富藻类、底栖动物、浮游生物、鱼类、昆虫等各类生物。红树林具有发达的潮沟可以吸引深水动物到红树林区觅食、育肥、栖息、繁殖。这区域也成为候鸟越冬及中转站,并为海鸟栖息与繁殖场地。红树林生态系统是联结大陆与海洋重要媒介,是一个具有全球高度生产力的生态系统之一。

(2) 防浪护堤。红树林具有不同类型发达根系,可滞留陆地的泥沙,较好固沙功能。它茂密树体可有效抵御风浪冲击,具有消浪、缓流、减轻风暴破坏力。誉称“天然海岸卫士”、“海上绿色长城”。如 50 m 高的白骨壤红树林带,可以使 1 m 高的波浪削减到 0.3 m 以下。在台风引起风暴潮中,对减流消浪非常突出,宽 100 m、高 2.5 ~ 4 m 红树林可消浪达 80% 以上。

(3) 促淤造陆。红树林促进颗粒泥沙、沉积,其速率较非红树林区高出 2 ~ 3 倍,并向海伸展,使海滩面积不断向外扩大和抬升,从而达到巩固海岸堤坝的作用,为防止因全球变暖带来的海平面上升具有独特功能,具有“造陆先锋”的美誉。

(4) 净化功能。红树林的净化功能包括大气净化、水体净化和土壤净化功能。它的固碳量高出热带雨林 10 倍,并将大气 CO_2 转化为有机碳。同时释放大量氧气,起到净化大气的功能。它的发达根系成为天然污水处理系统,既可以抵抗溢油污染,还可以吸收人类排放的各类污染物中大量的氮磷和重金属等,将其

吸收到不易转移扩散的根系或树干部位,从而达到净化水体和土壤的功能。

3. 红树林的价值

(1) 经济价值。红树林生态系统在全球 16 种生态系统中占第四,每公顷红树林湿地每年可产生价值近 1 万美元的经济效益,相当于珊瑚生态系统的 1.64 倍,为热带森林的 5 倍。

红树林湿地是鱼虾、蟹和贝类等海产品主要觅食、栖息繁殖的场地。它提供水产养殖业天然苗种的重要来源,它通过提供丰富食物和保护场地等途径来维持近海渔业高产。

红树林做木材、纸浆、化工原料、香料等,提供多种工业、药物用途。20 世纪 70 年代前,渔民用它提取丹宁染渔网,耐于磨损。

红树林的海蕨,黄槿的嫩叶,秋茄、木榄、海莲、红海榄的胚轴,经脱涩处理皆可食用。

(2) 社会价值。旅游价值:红树林地处海陆交界,环境优美,是具有多种观赏价值的资源。在南海红树林最早开发旅游的是东寨港红树林,在海岸众多选美名单中,能有幸选中,是它独特海岸类型和它胜似江南水乡般的蓝天、绿树、大海组成一个十分优美的景观。

科普活动场地:红树林也是科普活动、环保教育示范场地,如香港米埔建有野生生物教育中心,居民郊野学习中心,广西山口、深圳福田等都有类似的设施。

科学研究:红树林区保留地球上大陆变迁的痕迹,红树林区生物多样性及其演化,红树林在全球气候变化中的作用等研究。

4. 21 世纪以来红树林的研究

从研究资料表明,中国红树林研究是从 20 世纪 50 年代开始,先由红树林分类研究,进入资源调查和群落分析,以及引种、试种扩大红树林的工作。直到 80 年代才重新认识和重视红树林在沿海生态和经济效益方面的意义,明了保护红树林必须建立保护区。到 90 年代开始探索红树林生态系统结构,将其物质流和能量流的研究引向深入,并开展红树林区动、植物资源和红树林生理生态研究,胚轴发育特性和育苗试验,多项专著如“中国红树林研究与管理”、“中国红树林环境生态及经济利用”(1995)、“中国红树林生态系”(1997)、“海南省清澜港红树林发展动态研究”(1995)、“台湾红树林”(1998)等相继面世,这是中国红树林生态系统研究兴盛阶段,特点是研究队伍不断扩大,研究项目增多,设备逐步充实。进入 21 世纪以来,红树林的保护得到国家主管部门林业部和国家海洋局的重视与支持,加强定位研究站的建设,长期积累观测数据,同时加强国内省际沟通和扩展国际合作渠道。

5. 红树林面临的威胁

中国现有近海及海岸湿地约594.9万hm^2,其中海涂面积235万hm^2。近50年来已被垦119.2万hm^2,加上城乡工矿占地96.5万hm^2,人工养殖面积19.5万hm^2。中国现有红树林面积仅1.4万hm^2(全世界约170多万hm^2),不足全世界总面积的千分之一。海南是我国红树林大省,原有8000 hm^2,现减少到2000 hm^2,其中35%被开垦和改造,30%受污染。对红树林负面影响相当严重,现红树林面临生存的威胁,并未缓解。

(1) 海平面上升致使红树林分布面积减少,并加剧海岸被风浪侵蚀,大大降低海洋抵御风暴潮、海浪的能力。近30年来,中国沿海海平面总体上升9 cm,但个别地区如2005年广西防城光坡镇被淹没土地面积达4.2 km^2,迫使沿海100多户迁移。预测未来30年,沿海海平面将上升8~13 cm。近10年来,广西有10%红树林消失。

(2) 城市建设削减红树林的面积。如深圳福田红树林自然保护区与城建一直存在矛盾,保护区红线内面积数次被调整,城市建设工程侵占基围鱼塘和红树林湿地达147.2 hm^2,占保护区面积的48.68%,直接毁坏红树林36.13 hm^2,保护区严重受干扰。生态功能与效益显著下降。

(3) 深圳湾红树林原与香港米埔红树林遥遥相望,近年来由于加大开垦,致使周边环境恶化,严重遭受污染,生物多样性降低,生态功能退化,加之外来生物入侵,病虫害猖獗,已丧失保护区的效果,现拟建设深圳体育中心,彻底改变原有的蓝图。

(4) 围(填)海工程的建设,大规模地改变了红树林生境,如深圳妈湾建造油码头及石油基地填海,高栏岛石化基地开垦毁掉红树林生境,北仑河口原有红树林3338 hm^2保护区,经历上世纪修堤毁林,滥砍滥伐,开垦造田以及毁林养虾,四次破坏高峰,现荡存仅1066 hm^2,致使国土流失。

(5) 破坏红树林生境和资源。红树林滩涂蕴藏丰富生物资源,退潮时群众进入林区无限制,无管理采捕贝、蟹等海产品,减少钻穴生物,直接影响红树林场透气功能,致使林场生长缓滞,矮化和稀疏化。直接砍伐红树林做薪柴,采集枝条上附着生物为饵料喂鱼虾,时有发生。

(6) 虽然红树林对生活污水、重金属和有机物质具有抗御能力和净化功能,但是不能超过限度,特别是高浓度同样对红树林有威胁,如猪场浓粪水烧害了秋茄树林,油污飘落到红树林区也会造成毁灭性的后果。

(7) 林区出现病害,在林区常发现甲壳类等足目、软体动物瓣鳃类、昆虫的星天牛、咖啡木蠹娥的幼虫柱洞危害树干。

6. 拯救红树林的对策

(1) 2007 年 9 月,在北海召开红树林论坛,与会人员 230 多人,盛况空前,发表《中国红树林湿地论坛北海宣言》,回顾红树林湿地遭受开发、开垦被蚕食的教训。南方红树林的面积不断萎缩,生境严重污染,环境质量恶化,尚得不到有效的遏制,红树林湿地多样性及生物资源保护形势严峻,不容乐观。为此建议尽快制定红树林保护政策和法规体系,完善湿地管理机制,强化部门沟通和协调,拟订中国红树林保护行动计划和红树林保护发展规划,加强对红树林湿地资源利用项目的环境影响评价与监督,逐步建立重点湿地利用的补偿和有偿使用机制,维护生态安全,加强对红树林的研究以及国际会议与合作交流等。此次会议发表的宣言,拉开国家对红树林建设序幕。

(2) 制定红树林建设各项规定。目前已完成《中国红树林国家数据和信息报告》和《中国红树林国家优势生境的评估和示范区推荐》等国家报告,也已完成《广西防城港市红树林备选示范区详细科学调查报告》和《广东珠江三角洲红树林的数量和生态功能演变报告》,现在进行《中国南海地区红树林 GIS 空间数据库》、《广西防城港 GEF 红树林示范区申请报告》,《海南东寨港 GEF 红树林示范区申请报告》、《中国红树林保护行动计划》。

(3) 加强南海红树林的保护。南海红树林占全国总面积 94.67%,是全国重点区域,拟在一些地区扩展红树林种植,如海南拟在 10 年内种植红树林 9300 公顷,超过历史上红树林面积。将珠海市级保护区的大围湾扩大到横琴岛,前者改为试验区,后者作为核心区。将湛江地区特呈岛的白骨壤建设成城市公园,将广西防城马正开海港内红树林建设为滨海湿地公园。并加强对外来种限制,拟不在一些核心区种植无瓣海桑,对原地野生种群(银叶树等)加以保护。

(4) 继续深入开展造林护岸的技术研究。如开展半红树林植物营造技术,红树林生态工程质量原理探索,外来种生态安全,红树林湿地生态系统科学管理示范的建设等。

(5) 加大经费支持和国际合作渠道。2001 年林业部启动国际合作项目与荷兰政府合作,对湛江红树林工作投入 500 多万美元;2001 年广西红树林研究中心成为 UNEP/GEF 作为南海“国家红树林专项的中国执行机构”,负责南海红树林资源现状和社会经济关系的评估工作。山口红树林保护区也得到 UNESCP/Asipaco 的基金资助。

海岸生态关键区的丧失,必然导致海岸生物多样性和海岸水产资源及一系列相关社会价值和生态价值的丧失或削弱,并带来污染加剧、海岸环境恶化的严重后果。我国已建立国家级红树林自然保护区 4 个、省级 6 个、县市级 8 个,保护区的红树林已占全国总面积的一半以上。要真正实现红树林和红树林海岸的

有效保护,还有大量工作要做。

(以上资料主要来自孙松等主编的生物海洋学)

(三)珊瑚礁

在热带、亚热带海洋中出现一种石灰质的岩礁,这种岩礁主要是由造礁珊瑚所分泌的石灰性物质和遗骸长期聚集而成。参加建造珊瑚礁的生物,除造礁珊瑚(石珊瑚)外,还有珊瑚藻、多孔螅、海绵、苔藓虫和有孔虫等,虽然它们的个体很微小,但经过长年积累,在一些岛屿和海岭顶部,水深在 40 m 以内,形成了一座座或巨大连成数千海里长,具有抗击风浪的海底隆起,这就是由珊瑚骨骼和生物碎骨组成的珊瑚礁或称生物礁,它是一个生物多样性高,动、植物种数极为丰富的区域,是重要生物海岸之一。

根据珊瑚礁与岸线远近的关系,珊瑚礁可划分为五种类型。

岸礁。珊瑚礁沿着大陆或岛屿岸边生长发育,称为岸礁或边缘礁或裙礁,因它很靠近陆岸,退潮时仅数米深,如台湾恒春或海南沿岸呈现不发达的岸礁分布。

堡礁。珊瑚礁离岸有一定距离,形似岸堤,称为堡礁或堤礁。它与陆地隔开之间有潟湖或水道,船只可在其间通行,如澳洲大堡礁。

环礁。珊瑚礁呈环带状,其中间具有深度不等的潟湖,潟湖与外海有水道相通,为开放型环礁。没有水道相通,为封闭性的环礁。南沙群岛这两种类型都有。

台礁。在水中呈台地状高出,中间没有潟湖,有的在礁坪上可发育成灰沙岛这种类型称为台礁或桌礁。如西沙群岛的中建岛、南沙群岛的牛车轮礁等。

点礁。出现在堡礁和环礁潟湖中高出的礁体,大小不等,深浅不一,形状多样,呈圆丘礁、塔礁,马蹄礁。层状礁都称为点礁或礁斑。

1. 珊瑚礁现状

南海周边地区和南海诸岛已记录珊瑚 50 属 300 余种,约占印度—太平洋珊瑚总属数的 2/3 和总种数的 1/3。有 84 种岸礁分布在台湾东部沿岸和海南南部沿岸,广东沿岸多数是大大小小的礁块,仅在雷州半岛西岸出现不典型的岸礁。海南岛沿岸的“近岸礁”,具有宽广的礁坪后侧,相对处于低潮带,有利于沉积泥质物,对红树林的生长提供了适宜环境,如新村港部分海岸、新盈海岸、冯家海岸均生长着红树林。

珊瑚礁生态系统是众多湿地类型的一种,不仅在陆海交接地带外,它还出现在大洋孤立耸起的岛礁或海山顶部,遍布在热带区域,它对维护海洋生物多样性、生物生产率和海洋生态平衡具有至关重要的意义。珊瑚礁生物多样性是海

洋生物多样性最丰富的储库,这是由于珊瑚礁形成复杂生态环境,容纳庞大生物群在这个环境生存繁衍后代。

珊瑚礁孕育着丰富的生物资源。在珊瑚礁内拥有许多重要经济鱼类、贝类与章鱼、海参类,是经济生物资源的繁育区,还有不少装饰品也是从珊瑚礁中采得。同时也是天然药用资源的宝库。珊瑚礁的生物群具有大量生理活性物质。利用沉积于地下的古珊瑚和地表层的珊瑚化石提供鉴别古代地壳、古气候的可靠证据。同时也可以通过珊瑚岩层的厚度来验证海洋地质、地貌的变化。无论古生代的珊瑚化石,还是现代造礁的六放珊瑚,其组织内部和外部都有年生长和季节成长现象,并与海水温度有关。珊瑚礁积成的石灰岩,具有建造陆地的功能,可保护海岸,防止台风、风暴潮的冲击,形成天然屏障,保护海岸带的建设,在一个礁体中,发育的礁突起带,南海是北部较南部高而宽,可防风抗浪,保护礁体;珊瑚礁构成五彩缤纷、鲜艳多姿多态的海底世界,及奇特新颖的地质地貌,提供人们旅游、度假、休闲的场所,也是人类亲近海洋、探索海洋的活动空间。

我国采取多项措施加强南海珊瑚礁的保护。如 1998 年海南省颁布“海南省珊瑚礁保护规定”,2001 年“中国珊瑚礁生态系统的保护”列入“中国湿地保护行动计划”的优先项目,成立国家级三亚珊瑚礁自然保护(1990 年)、徐闻珊瑚礁国家级自然保护区(2007 年),西沙群岛建立 4 个珊瑚礁监控区(2005),香港海下湾(1996)、鹤咀(1996)、东平洲(2001)先后建立珊瑚礁海洋公园,东沙群岛(2003)建立国家公园,加强在南沙群岛的珊瑚礁管理,拟在太平岛建立保护区。只有重视珊瑚礁的保护、修复和重建,才能提高对南海珊瑚礁管理水平。珊瑚礁面临的威胁

珊瑚经历长达 2.5 亿年的演变过程,保持顽强的生命力,但是珊瑚礁的衰亡,并非始于近几十年之事,当数千年前,人类学会捕鱼之时,就已经开始,只不过不如近年来如此严重。科学家研究了太平洋、印度洋、大西洋 14 个珊瑚礁生存区域,发现珊瑚的疾病。水温升高引起白化和全球变暖是加速本世纪珊瑚礁衰亡的原因。衰亡是沿着同一条路线,首先是大型食植物性和食肉性动物被人类捕杀,接着是中、小型鱼类;最后是珊瑚礁上的海草和活珊瑚,这种衰亡的趋势是带有普遍性的。当上世纪之初,潜水面具发明之前,全世界 80% 珊瑚开始走上缓慢死亡之路。由联合国环境规划署提供的数据显示,全世界有 11% 珊瑚遭受毁灭之灾,16% 已不能发挥生态功能,60% 正面临严重威胁。威胁的主要原因是海水污染、透明度降低,过度捕捞珊瑚礁鱼类,气候变迁等。如果这种趋势持续发展下去,珊瑚金三角将在本世纪内被完全毁坏,依靠这区域生存的 1 亿人民的生计也同样受到严重威胁。

全球变暖引起海水表层异常高温,导致珊瑚白化将成为 21 世纪珊瑚礁的重

大威胁。

一般认为珊瑚礁的威胁主要直接来自人类的干扰和气候变化威胁,仅是遥远的未来;但在1998年出现全球最高年平均气温,造成20世纪最强厄尔尼诺事件和40年来最大规模的全球性空前严重的珊瑚礁白化死亡事件后,人们逐渐认识到全球气候变化的威胁要大于人类活动的直接威胁,它是大尺度涉及全球性,而人类干扰偏重于局部威胁和破坏。

预计未来50年CO_2的增加和全球温度的升高都会大大超过以往50年的水平。从IPCC预报,2030—2050年珊瑚礁可能在全球损失一半以上,温度升高明显对珊瑚新陈代谢、繁殖、抗病能力、幼虫固着等产生正面的影响,珊瑚钙化率降低,造成生存威胁。到2100年热带海洋水温上升1~3℃,珊瑚礁系统可能会在全球中消失。

海洋酸化对珊瑚礁的胁迫:全球每年排放CO_2多达200亿t,其中1/3在海水中分解成碳酸,并与碳酸盐发生反应,海水中水解导致H^+浓度增加和海水酸化。虽然海洋吸收30%大气CO_2总量,有利于减缓未来气候变化,随着表层海水碳酸盐矿物质饱和度下降,珊瑚和其他海洋生物的骨骼形成所需要霰石就是碳盐的一种,易被碳酸盐溶解,缺少霰石的珊瑚易碎。如果大气CO_2维持目前水平、气温上升1℃,海洋霰石可供珊瑚继续生长,当大气CO_2升高500 ppm以上,气温上升3℃,海水温度增加,表层海水碳酸盐矿物质饱和度下降,引起珊瑚骨骼钙化率下降,造礁珊瑚和钙质生物建礁能力也会下降。加上碳酸盐矿物质饱和深度变浅,这些建礁生物居住空间会越来越小,导致生存空间丧失。

根据南沙群岛碳酸盐化学及相关资料分析得出,IPCC的CO_2"正常排放"构思,从工业革命前至2002年、2065年、和2100年,南沙群岛表层水中$CaCO_3$的各种矿物的饱和度将分别下降16%、34%和43%,利用饱和度推算相应时段的珊瑚礁生态平均钙化率将分别下降12%、26%和33%,这将导致珊瑚生长缓慢,骨架变脆和易受侵蚀破坏。由此海水酸化威胁建礁生物钙化率降低,这是本世纪对珊瑚礁的重大冲击。

2008年在台湾绿岛和兰屿珊瑚礁蔓延一种黑病,在100 m内有26 m被黑皮海绵所覆盖,导致珊瑚覆盖率下降,这是由于缺乏大型食海绵鱼类所造成。近年来不论西沙还是南沙珊瑚礁,遭受长棘海星吞食,这与珊瑚金三角出现的敌害相似,同样缺少大型贝类克星。长棘海星大量繁殖生长,可能与水质变化有关,是珊瑚礁大面积死亡的早期迹象。

2. 拯救珊瑚礁的对策

世界自然基金会2009年5月13日在印尼万鸦老的世界海洋大会上报告,如果全世界不采取有效措施应对气候变化,珊瑚金三角地区的珊瑚到本世纪末

就会消失,会议当天发表题为“珊瑚金三角气候变化、生态系统、人类和社会面临威胁”的报告,在该会议上已起草一个协议,并准备今年底在丹麦哥本哈根世界气候大会正式通过全世界减排 CO_2 气体的决议。最近美国国会众议院代表团访问中国,众议长评价中国积极应对全球气候变化的行动。

南海珊瑚礁仍然处于生存危机之中。这取决于政治意愿、资金和其他预料的困难,需要周边各国共同维护和恢复。特别是要使用综合性、多学科的手段加强岛礁规划和使用。加大渔民参与维护的力度,积极利用经济刺激,顺应渔民可替代资源充分利用,加强对珊瑚礁有效管理同时,加强对渔民教育与宣传。

南海珊瑚礁修复和重建:从 20 世纪 50 年代以来,我国沿岸珊瑚礁受到人为严重干扰和破坏,特别是海南岸礁采挖珊瑚骨骼,用于建筑和烧制石灰,在礁区炸鱼、毒鱼、电鱼,锚锭……造成海南离岛 80% 珊瑚礁严重衰退,以及近年来珊瑚礁潜水活动,捕捉观赏鱼类造成损害。东沙群岛 1998 年受全球珊瑚白化严重影响,南沙群岛礁群受渔业过度开发的破坏等一时难以恢复。从上世纪末开始,在华南沿岸、香港、广东、广西、海南、台湾垦丁,以及东沙、西沙和南沙,已建立或在建保护区或国家公园,加强对珊瑚礁的保护和管理,促使珊瑚礁生态系统的恢复与重建。

珊瑚礁具有重要的环境价值、经济价值和科学研究价值,我国珊瑚礁目前也正受到海洋污染和人为的严重破坏与威胁。如:海南省文昌县清澜港出海口东侧的邦塘湾,邻近海域有 500 余公顷的珊瑚礁。近年来,由于滥采珊瑚礁,邦塘湾的生态环境遭受严重破坏。到 1990 年 6 月,文昌县境内年珊瑚礁挖采量达 6000 多吨,近岸珊瑚礁已所剩无几,海岸遭受严重侵蚀,海水冲击村庄,迫使居民举家迁移。同时,由于对珊瑚礁的乱采、滥挖,海洋动植物赖以生存的家园遭受破坏,致使珊瑚礁鱼类、贝类资源锐减。

(四)海草床

海草是继红树林和珊瑚礁以外又一个重要的海洋生态系统,大面积的连片海草被称为海草床,是许多大型海洋生物甚至哺乳动物赖以生存的栖息地,在生态上具有重要意义。全世界的海草包括 12 个属,约 50 多种,南中国海就分布了 20 多种。海草广泛分布于温带和热带的海岸带水域,并且常常受到自然原因和人为原因的严重干扰。它们偏爱的生境主要是水流速度较小的沿海洞湖、河口和海湾,在热带和亚热带地区,是生物圈中最具生产力的水生生态系统之一。海草在海洋生态环境中的作用非常重要,如改善浅水水质、是一些动物的直接食物来源、为许多动物提供重要的栖息地和隐蔽保护场所、能抗波浪与潮汐、是保护海岸的天然屏障。海草的根能利用沉积物中含量较高的营养物质,而这些营养

物常常无法被该生态系统中的其他初级生产者所利用。海草是最大的固碳贡献者之一,能通过其高生产力建立较大的碳储备,碎屑食物链通常认为是来自海草的主要能量源流动的途径。

我国北方的海草研究极少,在华南地区,海草的分布及其种类主要有:(1)广东的海草床主要分布在雷州半岛的流沙湾、湛江东海岛和阳江海陵岛等地,其中,流沙湾海草床的面积约为 900 hm^2,主要种类包括喜盐草和二药藻,二者分布的区域相对独立,优势种为喜盐草,分布面积占 98% 以上,整个海草床基本上呈连续分布。湛江东海岛海草的种类为贝克喜盐草,面积约为 9 hm^2;阳江海陵岛海草的种类为喜盐草,分布面积小,约为 1 hm^2。(2)广西的海草床主要分布在合浦附近海域和珍珠港海域等。合浦海草床主要分布在铁山港和英罗港的西南部,基本上分成 8 块斑状分布,各斑块的面积为 20 ~ 250 hm^2,总面积约为 540 hm^2,底质类型为细沙质,主要种类为喜盐草和矮大叶藻,还有少量二药藻和贝克喜盐草,喜盐草为优势种。珍珠港海域的海草种类主要为矮大叶藻,还有少量的贝克喜盐草,海草床的面积为 150 hm^2 左右。(3)海南的海草床主要分布在黎安港、新村湾、龙湾和三亚湾等地。其中,黎安港海草床的面积为 320 hm^2,底质类型为沙一泥质;海草的种类包括海营蒲、泰来藻、海神草、喜盐草和二药藻等,其中,海营蒲为优势种。新村湾海草床主要分布在该潟湖的南部,面积约为 200 hm^2,底质类型为沙一泥质。主要种类包括海营蒲、泰来藻、海神草和二药藻等,海营蒲为优势种。龙湾海草床分布在珊瑚礁坪的内侧,呈带状分布,底质类型为细砂。主要为泰来藻、海曹蒲和喜盐草等,分布稀疏,面积为 350 hm^2 左右;三亚湾的海草主要为泰来藻和海营蒲,底质类型为细砂,面积小于 1 hm^2,香港地区海草床的面积相对较小,主要种类为矮大叶藻、喜盐草、贝克喜盐草和川蔓藻,主要分布在深圳湾海域和大鹏湾海域,底质类型以泥质沙为主。

中国对海草的地理分布、种类、密度、生产力、生物多样性、生境多样性、生态功能和经济价值等情况的了解还很肤浅。人们对海草在海洋生态系统中的重要性认识不足,缺乏保护海草及其生境的意识,更缺乏对海草保护的管理。中国的海草研究建议从以下几个方面展开:(1)弄清海草的资源状况;(2)研究人类活动与全球变化对海草床的影响;(3)展开海草床生物多样性与生态功能研究;(4)展开海草床保护生物学研究[4]。

三、中国海岸带环境面临的主要问题和风险

(一)近岸沉积物污染问题突出

我国海岸地区的主要污染源为入海河口污染源、直排口污染源及近岸海域

污染源。研究表明,重金属、放射性废物、有机物质及营养盐在沉积中聚集并随沉积物运移,产生二次污染,并已危及人类健康、安全、生物资源和旅游资源等诸多问题。

2010 年进行的海洋环境监测中,河流携带的化学需氧量、氨氮和总磷入海量较上年明显增加。监测的入海排污口达标排放次数比例为 46%,总磷、化学需氧量和氨氮等主要污染物的达标率均有所提高;但入海排污口邻近海域环境质量状况较上年未见明显改善,部分排污口邻近海域环境质量较差。夏季全海域海水中营养盐、酸碱度、溶解氧、化学需氧量、石油类和重金属等指标的监测结果显示,符合第一类海水水质标准的海域面积约占我国管辖海域面积的 94%。近岸局部海域水质劣于第四类海水水质标准,面积约 4.8 万平方公里,主要超标物质是无机氮、活性磷酸盐和石油类。其中渤海、黄海、东海和南海的劣四类水质区域面积分别为 3220、6530、30 380 和 7900 平方公里,主要污染区域分布在黄海北部近岸、辽东湾、渤海湾、莱州湾、长江口、杭州湾、珠江口和部分大中城市近岸海域。其他季节,渤海和黄海海水中无机氮、活性磷酸盐含量比夏季略有升高,东海和南海海水水质基本稳定。2010 年,在我国近岸海域的 289 个站位开展了沉积物质量监测,监测指标包括石油类、汞、镉、铅、砷、多氯联苯、硫化物和有机碳等。近岸海域沉积物质量监测结果显示,辽宁青堆子湾和常江澳、浙江杭州湾北岸、福建福宁湾等沉积物中的石油类含量劣于第三类海洋沉积物质量标准。2010 年,经由全国 66 条主要河流入海的污染物量分别为:化学需氧量(CODCr)1653 万 t,氨氮(以氮计)60.7 万 t,总磷(以磷计)29.2 万 t,石油类 8.5 万 t,重金属 4.2 万 t(其中铜 4159 t、铅 2812 t、锌 34318 t、镉 191 t、汞 77 t),砷 4226 t。其中,长江入海径流量比上年增大 25%,所携带的 CODCr、氨氮和总磷等污染物入海量分别增加 59%、290% 和 26%。

1. 赤潮

近年来,中国同世界其他沿海国家一样,一直遭受赤潮灾害的困扰,海洋环境受到破坏,经济损失也不断增加,赤潮已经成为中国沿海地区主要海洋生态灾害之一。赤潮是一种复杂的生态异常现象,发生的原因也比较复杂。关于赤潮发生的机理虽然至今尚无定论,但是赤潮发生的首要条件是赤潮生物增殖要达到一定的密度。

中国沿海的很多海域都是赤潮高发区,同时中国也是世界上赤潮发生比较频繁的国家之一,每年都有多起赤潮事件的记载。在中国的海域中,发生赤潮比较集中的海区有:渤海(主要是渤海湾、黄河口和大连湾等地)、长江口(主要包括浙江舟山外海域和象山港等地)、福建沿海、珠江口海域(大亚湾、大鹏湾及香港部分海区等地)。

赤潮对我国沿海地区最大的危害是导致养殖的鱼、虾、贝类死亡。我国是世界上海洋养殖业最为发达的国家之一,水产养殖业已经成为很多沿海地区的重要产业之一。大面积、高频度的赤潮发生,使得养殖业损失惨重,已成为海产养殖业可持续发展的关键制约因素之一。有些赤潮生物分泌赤潮毒素,当鱼、贝类处于有毒赤潮区域内,摄食这些有毒生物,虽不能被毒死,但生物毒素可在体内积累,其含量大大超过食用时人体可接受的水平。这些鱼虾、贝类如果不慎被人食用,就引起人体中毒,严重时可导致死亡。

2010 年中国沿海共发生赤潮 69 次,累计面积 10 892 平方公里。其中,渤海 7 次,累计面积 3560 平方公里;黄海 9 次,累计面积 735 平方公里;东海 39 次,累计面积 6374 平方公里;南海 14 次,累计面积 223 平方公里。2010 年赤潮灾害造成直接经济损失约 2.06 亿元。

2010 年赤潮多发期为 5 月至 9 月,高发区为东海(发生次数和累计面积分别占全海域的 56.5% 和 58.5%),大面积赤潮主要发生在渤海西部海域、浙江和福建沿海。2010 年全海域赤潮中,有优势种记录的赤潮 66 次,引发赤潮的生物种类主要为东海原甲藻、夜光藻、中肋骨条藻和米氏凯伦藻等,一些赤潮是由两种或两种以上赤潮生物共同形成。

与 2009 年相比,2010 年全海域赤潮发生次数增加 1 次,累计面积减小约 3200 平方公里。其中,渤海赤潮发生次数增加 3 次,累计面积减小约 1720 平方公里;黄海赤潮发生次数减少 4 次,累计面积减小约 1140 平方公里;东海赤潮发生次数减少 4 次,累计面积减小约 180 平方公里;南海赤潮发生次数增加 6 次,累计面积减小近 170 平方公里。

赤潮的预防首先就是要控制海域的富营养化,减少工业废水、生活污水等陆源污染物质向海洋的排放,同时加强科学的海产养殖和管理,建立生态养殖的新理念,防治海产养殖业的自身污染;其次,对于重要的经济海区,特别是养殖海区,可以进行人工改善水体和底质环境,比如对已经遭受严重有机污染的底泥进行疏浚,改善底质条件,缓解水体污染;第三,控制有害赤潮生物外来种的引入,对于通过船舶压舱水和养殖新品种的引入而携带的外来赤潮生物要严加防范,采取科学的监测和管理,将它们拒之门外。

2. 绿潮(浒苔灾害)

浒苔爆发和赤潮一样,大量繁殖的浒苔能遮蔽阳光,影响海底藻类的生长;死亡的浒苔也会消耗海水中的氧气。有研究表明,浒苔分泌的化学物质很可能还会对其他海洋生物造成不利影响。浒苔爆发还会严重影响景观,干扰旅游观光和水上运动的进行。现在国外已经把浒苔一类的大型绿藻爆发称为“绿潮”,视作和赤潮一样的海洋灾害。现在普遍认为,由于人类向海洋中排放大量含氮

和磷的污染物而造成的海水富营养化,不仅是许多赤潮发生的重要原因,也是许多绿潮爆发的重要原因。近年来浒苔在中国近海,尤其是江苏、山东沿海多次爆发。

2010 年首次在江苏省如东太阳岛以东海域发现零星漂浮浒苔。6 月 13 日在江苏省连云港以东海域发现大面积浒苔,分布面积约为 5500 平方公里,覆盖面积约 183 平方公里。随着浒苔的漂移、生长,7 月初浒苔的分布面积达到最大,约 29 800 平方公里,实际覆盖面积约 530 平方公里,主要影响范围为山东省日照、青岛、烟台和威海近岸海域。进入 8 月份以后,黄海浒苔分布逐渐减少,至 8 月中旬,山东近岸海域浒苔消失。此次黄海浒苔灾害爆发面积大,持续时间长,大量涌入近岸海域,对渔业、水产养殖、海洋环境、景观和生态服务功能产生严重影响。

(二)海岸带资源开发与海岸工程建设带来环境问题

海岸地下水资源和砂矿资源开发利用涉及诸多环境问题,一些不合理的海岸带资源开发与海岸工程建设,必须与环境保护同步进行。然而,因为非合理性的海岸带资源开发与海岸工程建设,给我国海岸带带来诸多环境问题。

1. 因地下水开发而诱发的主要环境地质问题

包括地面沉降、海水入侵、土地盐碱化等现象,特别是地面沉降已给我国很多沿海城市的经济发展造成严重影响。

2. 我国于 20 世纪 90 年代初期和中期发生了两次海砂开采热潮,由于对海砂开采造成的后果缺乏认识,开采行为盲目无序,引发了严重的环境问题

如:海岸侵蚀、海水倒灌等,导致耕地、植被、道路、堤坝等被破坏,养殖业、渔业生产受损。如何在保护环境的情况下,开发和利用海岸带资源,已成为国土资源管理部门面临的一个重要的问题。

3. 近年来随着对外开放不断深入发展,沿海地区的工程建设越来越多

如:港口建设、石油开采、高速公路修建、筑坝、填海工程等。这些工程的布局和实施都需要海洋环境地质调查数据。如:1979—1981 年,在未进行综合环境评价的基础上,山东某沿海城市兴建了港口工程,造成巨大损失,后来不得不将原来建造的大坝炸毁。从这些事例中可以看到,在海岸带附近兴建工程设施,一定要了解海岸体系的地质作用规律,否则就会给人类带来无法挽回的危害。

(三)中国海岸带的地质灾害问题

海岸侵蚀、港湾河口淤积、海平面上升、沿岸土地盐渍化、海咸水入侵地下淡水层、沿海地面沉降等缓发性海洋地质灾害,目前已呈恶性发展趋势。这些灾害

在沿海经济发达地区分布更为严重。如:我国 70% 左右的沙质海岸和大部分处于开阔水域的泥质潮滩均存在着海岸侵蚀现象,河口淤积问题已经涉及几乎所有的重要河口。海平面上升对沿海地区带来多方面的严重影响,最突出的影响是加重了海岸带地区的自然灾害。沿岸土地盐渍化是风暴潮海侵、海平面上升、沿海地面沉降的必然结果。海咸水入侵地下淡水层,严重破坏沿海地区的平衡,直接影响了沿海人民的生活和生产。沿海地面沉降已成为沿海地区许多城市的重大问题。继上海、天津等大城市之后,河北沧州,浙江宁波、嘉兴,广西北海等中等城市也很严重。另外,近海海底滑坡、风暴潮和风暴浪每年也给我国造成近百亿元的经济损失。根据《2010 年海洋环境公报》[5],2010 年,海水入侵严重地区分布于辽宁盘锦和锦州、河北秦皇岛、唐山和黄骅、山东滨州和潍坊滨海平原地区。海水入侵距离一般距岸 20 ~ 30 公里。与 2009 年相比,渤海沿岸大部分监测区基本稳定。辽宁盘锦、葫芦岛龙港区北港镇、河北秦皇岛、唐山、山东烟台莱州监测区海水入侵范围有所增加;黄海沿岸辽宁丹东、江苏盐城和连云港监测区海水入侵范围有所增加。东海和南海沿岸海水入侵影响范围较小。东海大部分监测区海水入侵基本稳定;南海沿岸地区,如广东茂名、揭阳、阳江、湛江和广西北海,海水入侵程度和范围有所增加,部分近岸农用水井和饮用水井已明显受到海水入侵的影响。

表 1 受影响严重地区的海水入侵范围 **单位:km**

监测断面所在地	断面长度	重度入侵距离	轻度入侵距离
辽宁省盘锦唐家乡	17.60	17.60	17.60
辽宁锦州小凌河西侧娘娘宫镇	7.31	4.72	7.31
河北秦皇岛抚宁	16.03	8.54	13.71
河北沧州渤海新区冯家堡	53.6	—	37.7
山东滨州沾化县	29.32	29.32	29.32
山东潍坊寿光市	32.1	31.18	32.1
山东潍坊滨海经济开发区	27.98	25.26	27.33
山东潍坊寒亭区央子镇	30.10	29.45	29.99

土壤盐渍化较严重的区域主要分布于辽宁、河北和山东的滨海平原地区。与 2009 年相比,河北秦皇岛、唐山、山东滨州、烟台莱州等监测区域盐渍化范围呈扩大趋势,其他地区基本稳定。黄海沿岸辽宁丹东、山东威海盐渍化范围呈扩

大趋势,土壤含盐量有所升高。

2010 年,长江口和珠江三角洲均遭遇较为严重的咸潮入侵。2010 年,长江口宝钢水库取水口共监测到 5 次咸潮入侵过程,其中上半年发生 4 次(均出现在 1 ~4 月),下半年发生 1 次。每次咸潮入侵过程平均持续时间为 4.6 天。其中,影响最严重的咸潮入侵出现在 3 月 3 日 ~8 日,持续时间为 5.2 天,期间最大含氯度出现在 3 月 6 日 02 时 03 分,达到 1029.6 mg/L。珠江三角洲河口区域在 2010 年共发生咸潮入侵 14 次,其中 1 ~3 月和 10 ~12 月发生次数较为频繁。影响最严重的一次咸潮入侵过程出现在 1 月 8 日 ~16 日,持续时间长达 9 天。珠海市平岗泵站 1 月 11 日 03 时监测到的最大含氯度为 2650 mg/L,是 2010 年该站监测到的最大值。

近 30 年来,中国沿海海平面总体呈波动上升趋势,平均上升速率为 2.6 mm/年,高于全球海平面平均上升速率;本世纪 10 年来(2001—2010),中国沿海的海平面处于历史高位,较 20 世纪 90 年代升高约 25 mm。2010 年,中国沿海海平面比常年高 67 mm,与 2009 年海平面基本持平。受气候变化等因素的影响,中国沿海海平面变化区域特征和时间特征明显,渤海、黄海 2 月份海平面和南海 10 月份海平面均为近 30 年来同期最高值。

(四) 溢油和原油泄漏等突发事件

我国每年发生的海上溢油事故约有 500 起。1989 年在青岛发生的黄岛油库爆炸起火事件,超过 600 t 原油流入大海,对海洋的生态平衡构成了严重威胁。2011 年 6 月 4 日 19:00 时许,康菲石油中国有限公司报告,蓬莱“19 -3”油田 B 平台东北方向海面发现不明来源少量油膜,到 6 月 13 日的单日溢油最大分布面积达到 158 平方公里。渤海蓬莱“19 -3”油田溢油污染事件导致附近 840 平方公里海水由一类水质变为劣四类水质。康菲石油中国公司和中国海洋石油总公司总计支付 16.83 亿元,承担保护渤海环境的社会责任。用于渤海生态建设与环境保护、渤海入海石油类污染物减排、受损海洋生境修复等。

2010 年 7 月 16 日 18 时,中石油大连新港石油储备库输油管道发生爆炸,大量原油泄漏入海,导致大连湾、大窑湾和小窑湾等局部海域受到严重污染,对泊石湾、金石滩和棒棰岛等十余个海水浴场和滨海旅游景区,三山岛海珍品资源增殖自然保护区、老偏岛—玉皇顶海洋生态自然保护区和金石滩海滨地貌自然保护区等敏感海洋功能区产生影响。

海上溢油事故发生后,石油类污染物将直接进入海域,首先在水面扩展,形成油膜,在风、海浪及其他水动力条件的作用下会逐渐向近岸海域汇集并被带到海滩,并粘附在沙质海滩表层。与此同时,在海水和大气降水作用下以可溶性油

的形式向沙体内部对流和弥散,这样会使整个沙滩遭到石油污染 。近海海域及海滩等的石油污染,对人们在天然浴场游泳和海滩休闲娱乐活动产生了不利影响。张传松等研究表明,长江口、杭州湾口及其邻近海域表层海水中石油烃浓度在 0.019 ~0.183 mg/ L,平均浓度为 0.076 mg/ L,已超过一级海水标准(>0.05 mg/ L)。

(五) 其他影响海洋环境的事件(如海冰、风暴潮)

2009/10 年冬季渤海及黄海北部发生的海冰灾害对沿海地区社会、经济产生严重影响,造成巨大损失,于 2010 年 1 月中下旬达到近 30 年同期最严重冰情,2010 年辽宁省海冰灾害直接经济损失 34.86 亿元,山东省直接经济损失 26.76 亿元。风暴潮(含近岸浪)对我国的海岸带生态环境和经济也造成重大影响。2010 年"灿都"台风风暴潮(含近岸浪)导致广东省和广西壮族自治区沿海受灾,直接经济损失 32.15 亿元,死亡(含失踪)5 人;"鲇鱼"台风风暴潮(含近岸浪)造成福建省直接经济损失 26.22 亿元。

(六) 相关法律法规

涉海法律体系的完善,对实施海洋与海岸带的综合管理起着重要的作用。我国海洋法制建设正式起步于 20 世纪 80 年代初,到目前为止,经全国人大常委会审议通过的涉海法律接近 10 部, 国务院颁布的条例及规章达 20 部以上。围绕海洋权益、环境保护管理、资源管理、交通安全、科学研究管理以及海域使用管理等多个方面,我国调整海岸带开发利用和管理的行业法律法规众多(如表 2 所示)。

表 2 我国主要涉及海岸带地区的法律法律

海洋管理	领海与毗邻区法	颁布时间
海洋权益	领海与毗邻区法	1992 – 02 – 25
	专属经济区与大陆架法	1998 – 06 – 26
环境保护管理	海洋环境保护法	1982 – 08 – 23
	海洋石油勘探开发环境保护管理条例	1983 – 12 – 29
	防止船帕污染海域管理条例	1983 – 12 – 29
	海洋倾废管理条件	1985 – 03 – 06

续表

海洋管理	领海与毗邻区法	颁布时间
	防止拆船污染环境管理条件	1988 – 05 – 18
	环境保护法	1989 – 12 – 16
	防治海岩工程建设项目污染损害海洋环境条件	1990 – 05 – 25(2007 – 09 – 25 修订)
	防治陆源污染物污染损害海洋环境管理条件	1990 – 05 – 25
	自然保护区条件	1994 – 10 – 09
资源管理	渔业法	1986 – 01 – 20(2000 – 10 – 21 修订)
	矿产资源法	1986 – 03 – 19(1996 – 08 – 29 修订)
	土地管理法	1986 – 06 – 25(1998 – 08 – 29 修订)
	渔业法实施条例细则	1987 – 10 – 20
	野生动物保护法	1988 – 11 – 08(2004 – 08 – 28 修订)
	水生野生动物保护实施条件	1993 – 10 – 05
	野生植物保护条例	1996 – 09 – 30
海洋交通安全管理	海上交通安全法	1983 – 09 – 02
	航道管理条例	1987 – 08 – 22(2008 – 12 – 27 修订)
海域使用管理	海域使用管理法	2001 – 10 – 27 通过

我国众多的涉海法律虽对海岸带的开发管理具有一定的调整，但从 1979 年提出制定《海岸带管理法》任务至今，尚未成功颁布一部全国性的、综合性的《海岸带管理法》。涉及海岸带管理的各部门因其职责不同，着眼点不同，管理的目标和对象也不同，造成管理中缺乏必要的合作与联系，出现“重叠”或“真空”管辖，忽略了海岸带的特殊性和整体性。相关法律之间的争议与冲突。

我国由海监、港监、渔政、海上公安和海上缉私等 5 支队伍构成的海洋执法体系，执法效率和装备存在诸多问题，在实施海岸带综合管理中极不适应。需要完善、健全海洋法规体系，以法律条文形式进一步明确、协调各执法队伍的职责与分工；完善海洋执法监督约束机制、冲突解决机制以及应急机制；提高全社会海洋法律意识，鼓励公众参与是必不可少的途径[6,7]。

参考文献

1. 王建春,等. 我国沿海湿地及其保护研究. 林业资源管理,2007(5):5 – 8.

2. 安鑫龙,等. 中国海岸带研究 III:滨海湿地研究,安徽农业科学,2009,37(4): 1712 – 1713.

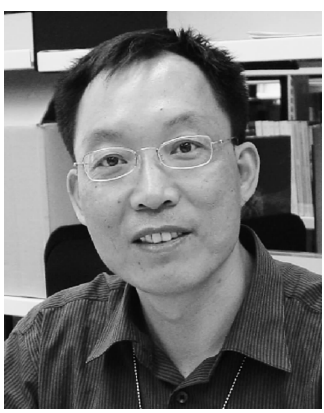
3. 安鑫龙,等. 中国海岸带研究 II : 海岸带生态环境问题及其解决途径. 安徽农业科学,2008,36(27) : 11967 – 11969.

4. 黄小平,等. 华南沿海主要海草床及其生境威胁. 科学通报,2006,

5. 国家海洋局. 2010 年中国海洋环境公报. 科学通报,2010,51(增 2):114 – 119.

6. 黄康宁,等. 我国海岸带综合管理法律问题探讨. 广东农业科学,2010(4):350 – 354.

7. 中国海岸带面临的主要问题. 中国海洋报,1437. http://gongxue. cn/guofangshichuang/ShowArticle. asp? ArticleID = 6868&Page = 1.



李新正 1963 年生,博士,研究员,博士生导师。1991 年 6 月毕业于南开大学生物系并获理学博士学位;1997—1998 年在美国史密森研究院留学;2005 年 12 月至 2006 年 6 月在新加坡国立大学留学。1991 年 6 月至今在中国科学院海洋研究所工作。

长期从事无脊椎动物分类系统学、海洋生物多样性、甲壳动物学、海洋底栖生态学、海洋环境保护研究;1996 年起任研究员,1999 年起任博士生导师,2002 年始任中国科学院研究生院教授,2008 年起任二级研究员;先后赴德国、澳大利亚、日本、法国、英国等访问或短期合作研究。现任国际海洋生物普查计划(CoML)科学委员会委员、国际甲壳动物学会理事、中国甲壳动物学会理事兼秘书长、中国动物学会理事、青岛市动物学会理事长;国家级海域使用论证评审专家、中国科学院生物多样性委员会委员、农业部濒危水生野生动植物种科学委员会委员;《中国动物志》编委;《海洋学报》、《动物分类学报》、《生物多样性》、《海洋科学集刊》、《海洋科学》、《海洋学研究》等期刊编委,《甲壳动物学论文集》编委会副主任等。1994 年起享受国务院政府特殊津贴。已主持完成国家基金、973 项目专题、国家专项专题、中国科学院知识创新

方向性项目课题、企业委托项目等数十项研究任务。培养研究生30多名。发表学术专著3部、科普著作1部、学术论文160篇，其中SCI期刊论文45篇，获国家专利授权3项。

深海(微)生物资源与功能基因

肖 湘

上海交通大学,上海

一、前言

深海海底生物物种丰富,仅在热液区就发现了500多种新物种,据估计深海未知生命形式有1000多万种之多。即使深海海底以下数千米深部仍然有大量微生物生存,据估算深海海底的生物量可达56 kg/m^2。据初步研究,热液口、冷泉和海山生态系统分别孕育着极为不同的海洋生命形式,具有各自独特的生物地理分布。由于处于极端的物理、化学和生态环境中,许多深海生物在高静水压、剧变的温度梯度和高浓度的有毒物质包围下,形成了极为独特的生物结构和代谢机制,产生了特殊的生物活性物质,例如嗜碱、耐压、嗜热、嗜冷、抗毒的各种极端酶。这些特殊的生物活性物质功能各异,是深海生物资源中最具应用价值的部分。可以预料,对极端海洋生态系统中的生物资源、生物多样性进行系统的研究不仅对揭示生命的起源、进化和生物对特殊环境的适应有着极为重要的意义,而且对生物资源的开发利用、新能源的探索和新型生物材料的研究具有重大的理论和应用价值。深海生物勘探(Bioprospecting)已受到国际社会的高度关注,其主要任务就是获取深海基因资源。生物勘探分为三个技术层面,首先是通过海上勘察从深海环境中获得地质与生物样品;第二步,从中分离获得微生物菌株及基因资源;最后,对所获得的微生物及其基因样本进行应用潜力评估,从中获得具有特定功能的基因、酶以及活性化合物等,并最终获得知识产权保护。

二、深海微生物的培养

迄今为止,只有极少数深海微生物能够获得纯培养,即使在单细胞测序技术逐步走向成熟的今天,通过基因组序列分析设计培养方案还是非常困难的,解除这一困惑也还需要新理论的支持。代谢是生命的最基本特征之一。与物质代谢相伴随的,是能量的转化。深海环境是典型的黑暗生物圈,其能量输入远低于陆地生态系统。能量供给可以直接确定微生物处于存活(survive)、维持(maintenance)或生长(growth)等不同状态。也可以确定生态系统中微生物多样

性与不同物种的丰度。还决定了古菌的进化方向及生态位。现代的微生物分离主要依赖“高能”培养技术,所以对进化上长期处于能量饥饿状态的古菌和一些需要特殊能域激活的休眠细菌基本是无能为力的。一种比较新的看法是:微生物的极端环境适应性可能与其在体内不同的能量代谢系统之间切换有关。生命需要是有复杂、有秩序并巧妙组织的物质所组成,而且还必须不断建构并保持这一复杂体系,这就需要不断的能量输入。生命的极限范围就在于有效提供能量供给的理化环境,这一能量环境是可以量化而估算的,主要因素包括:(1) 环境中主要可用能量源:例如在酸性热液环境中,CH_4、CO 和磁铁矿是最好的电子供体,而在微碱性的环境中氧化 Fe^{2+}、H_2S、S 和 CO 都能较氧化 H_2 提供更多的能量。(2) 能量物质输入细胞的限制因子:能量通过生物化学反应被贮存、转移及释放的速度上限;(3) 总能量与能压与生物能域相匹配的程度。总体看来,各种不同的生物只能利用能量谱的某一或某几部分,如特殊的化学组合或者特殊波长的光。生命的极限范围实际上是指生物大分子复杂度被破坏之前的环境范围,为克服这一破坏就需要新的能量输入,如能量输入应对额外的温度、压力、pH、盐度等等。以现有生命耐受温度上下限粗略估算,当环境温度从 -20℃ 提高到 120℃时,细胞维持所需要的能量增加 5 个数量级。某些古菌能够耐受 pH =0 左右的极酸环境,它们通常还同时面临高温。考虑到细胞内必须维持近中性的内环境,所以这些微生物必须耗能应对 5 个数量级的质子梯度的变化。极端嗜盐古菌在盐浓度 150 ~ 200 g/L 的环境中生存。高盐浓度会导致电化学效应和渗透性效应,从而影响核酸与蛋白的作用与稳定。嗜盐菌必须额外耗能将多余的 Na 离子泵出体外,这可看做是一种相对的低能环境。另外一些生物则必须共同生活在低能的边缘,它们通过合作共同克服热力学的困难,以低得多的能量维持细胞的基本需求。McInerney 等报道了 *S. aciditrophicus* 的基因组研究结果,这一类微生物只有在共生伴侣(通常是利用 H_2 的甲烷产生菌或者硫酸盐还原菌)利用其代谢终产物 H_2 的情况下,才能有效降解脂肪酸或者安息香酸盐。去除 H_2,使得代谢平衡被打破,进一步为 *S. aciditrophicus* 生长提供能量,共生体也由此获得能量丰富的底物,如 H_2 或者甲酸。这一结果展示了在低能环境中共生体驱动的物质与能量循环,或将促使我们认识到微生物通过共生更高效地利用自由能,从而扩大了可居性范围(Habitable Zone)。这为我们深海取样、环境模拟以及微生物的富集分离提供了有益的启示。

三、深海热液生物及基因资源

绿色化工对新型酶制剂的需求是无止境的,利用嗜热酶作为生物催化剂有如下的优点:(1) 降低酶制剂的制备成本。嗜热酶的稳定性高,因而可以在室温

下分离提纯和包装运输,并且能长久地保持活性;(2) 加快了动力学反应。随着反应温度的提高,分子运动速度加快,酶催化能力加强;(3) 对反应器冷却系统的要求标准降低,因而减少了能耗。由于嗜热酶有耐高温的特性,所以生产中不需要复杂的冷却装置。一方面节省了开支,另一方面也降低了冷却过程中对环境所造成的污染;(4) 提高了产物的纯度。在嗜热酶催化反应条件下(超过70℃),很少有杂菌生存,从而减少了细菌代谢物对产物的污染。由于嗜热酶的高温反应活性,以及对有机溶剂、去污剂、变性剂的较强抗性,使它在食品、医药、制革、石油开采及废物处理等方面都有广泛的应用潜力。在深海热液生态系统中发现的一些极端古菌,不断挑战人们所认知的生命的理化极限。该区域的高温、厌氧条件类似早期的地球环境,被认为可能是生命起源的摇篮,其极端温度、化学梯度也造就了特殊的微生物代谢系统。热液区分离的嗜热古菌 *Pyrolobus fumarri* 和菌株 121 保持了全球高温下生长的纪录(113℃和 121℃),这一温度范围被认为是生命的上限。我们近期发现绝对嗜压菌 *Pyrococcus yayanossi* CH1 能在 98℃、1200 个大气压条件下进行繁殖,在 1000 个大气压下的代时小于 5 小时。这些超嗜极微生物体内的酶在生物催化等工业领域具有无可比拟的应用研究价值,如来源于深海火球菌 *Pyrococcus woesei* 的 α - 淀粉酶在 120℃处理 2 h 仍具活力,显示出很强的应用前景。2007 年,P. Zhang 等以价格相对低廉的葡萄糖或淀粉作为底物,通过 13 种酶以及一个辅因子,完成了酶耦合体系合成酶途径生物转化生产氢气。运用无细胞合成酶途径转化生产燃料具有诸多优势,但是该技术的广泛应用还存在两个主要的技术障碍:(1) 相对较低的反应速率;(2) 纯化的酶和辅因子的高成本。利用深海嗜热酶来代替现有反应中使用的易失活的常温酶,将可能解决这一问题。

四、冷泉微生物的综合利用

从冷泉微生物的发现到现在近二十年来,国际上对其研究基本上还处在利用环境基因组来考察多样性的水平上。随着工业高速发展,绿色能源以及环境问题日趋急迫。温室效应气体的排放,直接影响全球气候变化,比如,甲烷作为重要的温室效应气体,其温室效应比二氧化碳高 28 倍。另外,工业废水中有大量有用物质不能被回收利用,造成资源和物质的浪费,比如制药和金属工业废水中含有大量的硫酸盐和金属离子。冷泉区沉积物中广泛存在着大量的古菌,主要是广生古菌中的甲烷营养菌和一类被称为海底 B 族(也被称为 DSAG)和 C 族的泉生古菌。由甲烷厌氧氧化古菌和硫酸盐还原细菌通过共生完成的甲烷的厌氧氧化反应是支持冷泉生态系统的主要初级生产力。这一过程阻止了海洋中 80% 以上的甲烷排入大气,直接影响全球气候。

与深海热液口不同,冷泉微生物生态系统的多样性低、有机物贫瘠、能量主要来自于甲烷的厌氧氧化。荷兰的 Wageningen 大学和 Paques 环境公司合作,尝试利用冷泉口的甲烷厌氧氧化古菌和硫酸盐还原细菌,处理温室效应气体和富含硫酸盐的工业废水,并将废水中的硫和金属回收。然而他们的研究并不成功,主要原因是他们所使用的反应器不能流动式加入高压甲烷,致使微生物活性很低,不足以满足工业要求。此外,冷泉微生物需要在高压、低温、寡营养的超极端环境维持生长,甚至与珊瑚、管状蠕虫等大型生物共生,支持整个生态系统。已知微生物在甲烷厌氧氧化过程中获取的能量比葡萄糖的氧化过程等其他代谢途径获取的能量要低一个数量级。这些冷泉微生物对能量低需求的特殊代谢机制以及其中可能存在的特殊低温酶很值得我们研究开发。冷泉微生物的实验室培养一直面临着需要高压甲烷流动培养这样一个技术难题。我们在前期工作中设计建造的高气压高液压两相连续培养生物反应器,能够成功模拟冷泉生态系统的主要环境因子,实现了关键冷泉微生物的富集,在工程技术上为资源开发提供了基础。

五、生物活性物质

栖息在深海的微生物在适应外周极端环境的漫长进化过程中,形成了不同于陆生微生物的生长代谢调控机制和化学防御机制。这些微生物合成的独特代谢产物蕴含着丰富的化学结构多样性,是未来获取新类型天然产物的最大来源。此外,对相关代谢产物的生物合成机制的研究将为建立新的生物转化途径及组合生物合成提供理论依据。生态环境迥异的深海热液区域,同样蕴藏着多种微生物资源,包括提供了陆地上 50% 以上抗生素的放线菌。处于此一特殊生态区域的微生物天然产物的报道还相当有限,只占到目前发现的深海天然产物的 1% ~2%。但是,这些化合物同样呈现出结构的多样性,如:脂类、非核糖体酯肽类、芳环类。因此,探索发现这一特殊生态环境的微生物源天然产物资源,和研究可能的独特代谢途径所蕴含的新的生物化学反应都具有巨大的空间。例如生活在深海底部的 *Aspergillus fumigatus* strain BM939,承受着巨大的水压,能够产生一系列结构新颖的代谢产物,如 tryprostatin A,该类化合物对细胞周期具有阻断作用。

六、深海保护区与科学家行为守则

深海黑暗生物圈资源绝大部分处于国际海域,实际上处于凭借技术和资金优势先到先得的状态。同时深海黑暗生物圈又是在地球上为数不多而目前人类社会知之甚少的区域之一。深海暗能量生态系统具有高度的敏感性,极易受外界因素的干扰和影响,若各国在矿产和生物资源开采中自行其是,一旦造成严重海洋环境污染,必将危害整个暗能量生物圈的安全。如何在矿产、生物勘探开发

和开展科学研究的同时,有效地避免损害脆弱的深海生态系统,进而保护这些珍稀的深海生物资源已显得尤为重要。在国家管辖范围以内的海底区域,各国已采取行动建立海洋保护区。其中,加拿大 1998 年在胡安德富卡海脊(Juan de Fuca Ridge)的鲍伊海山(Bowie Seamount)和安得维尔地块(Endeavour Segment)成立了试验性质的离岸海洋保护区。同年,葡萄牙按照 1992 年欧洲共同体生境指示,把唐胡安德卡斯特罗海山(Sedlo Seamount)定为特别保护区和欧洲共同体重要生境地点。此外,有人建议把大西洋中脊好彩(Lucky Strike)地区的一部分划为《保护东北大西洋海洋环境公约》规定的海洋保护区,2008 年,世界保护区委员会(WCPA)、国际自然保护联盟(IUCN)、海洋保护生物研究所(MCBI)等提议促进对南极附近的 Ross 海、墨西哥以南东太平洋脊等 10 个公海区域的保护。加拿大安得维尔热液喷口海洋保护区是国际上第一个在海底区域建立的海洋保护区,该保护区位于太平洋水深 2250 m、距离加拿大大不列颠哥伦比亚省温哥华岛 250 km 处,是一块面积为 100 km^2、由海床、沉积物及上覆水域所组成的区域。该海洋保护区对于独特的、生物富集的海底热液喷口点的保护起到重要作用,引起国际社会就海底区域生态系统的价值评估及其积极保护的进一步关注,值得各国学习借鉴。

在安得维尔热液喷口海洋保护区内,加拿大政府根据各区域的情况和特点,设立了主要管理区域。对于不同区域进行区别规范,开展科学研究及监察活动,从而减少人类活动的影响,更好地保护和认识海洋保护区。目前四个主要管理区域从南至北,分别是摩斯拉区域(Mothra Field)、主安得维尔(Main Endeavour)、高层(High Rise)和咸耶(Salty Dawg)。对于 2000 年发现的萨斯克奇喷口(Sasquatch Vent),将在 2012 年进行规范。摩斯拉区域和主安得维尔是海洋保护区内有史以来科学研究最主要的区域,未来将继续用以供科学家进行研究。咸耶和高层是相对新的区域,因此保护防范程度最高,分别仅用作观察或最小程度的研究和开展教育。此外,加拿大政府规范了缓冲措施,并对研究计划、航行报告、科研行为守则等进行了具体规定,从而减少人类活动对于海洋保护区的影响。(*InterRidge Statement of Commitment to Responsible Research Practices at Deep - Sea Hydrothermal Vents*),科学家行为守则将适用于安得维尔热液喷口海洋保护区内的活动。具体内容如下:避免科研行为对热液生物种群永续性造成有害的影响;在科研活动中避免显著改变甚至破坏喷口位置;避免科学研究中非必需的采集活动;(还有商业化的或获取纪念品的采集)在科研活动中避免将不同喷口之间的生物以及地质材料相互转移;了解国内外的研究进展和计划,避免与其他研究者的研究与观察重复,确保通过 Interidge 和其他公共数据库使你的研究活动和计划被其他国际同行所知晓;在全球科学家之间促进并尽可能地实现生物、化学和地质样品间的共同采集与合作研究。

专题五

海陆关联工程

海陆关联工程布局的海陆统筹战略与对策建议

叶向东

中共福州市委党校,福州

一、统筹理论的发展

对统筹的理解,就是要更加有全局性观念,更加有前瞻性地规划和设计经济社会发展的整体格局。统筹现是建设中国特色社会主义重要的方法论之一。中国共产党对统筹观的认识是随着实践的发展不断深化的。十六届三中全会提出的“五个统筹”就是对统筹观的进一步发展和深化。所谓统筹,是指在领导和管理经济、自然环境和社会事务时,在制定发展战略,采取发展措施时,做到总揽全局,全面规划,兼顾各方,协调发展。统筹就是兼顾,是整合,是协调。统筹观是一种实践思维、关系思维。统筹观体现着马克思主义的辩证思想。这种思维方式就是运用矛盾双方相互依存、相互作用、共同组成矛盾统一体的辩证思想。矛盾的双方既有斗争、对立,又有综合、统一。在和平建设时期,就应当开创一种使人民能够安居乐业、社会生产力得以发展的局面。这个时期不是没有差异和矛盾,而是要使差异和矛盾的各方成为相互补充、相互协调的关系,尽可能不要造成外部冲突的局面,从而促成社会各个方面平稳发展。早在 20 世纪 50 年代,毛泽东就提出了统筹兼顾的思想,由此,通盘考虑、综合谋划、统筹兼顾成为我们处理各种矛盾和关系、促进工作和事业发展的重要方针。改革开放后,党和国家领导人高度重视海洋,为了最大限度地获取海洋利益,在国家的大政方针中从不同侧面体现出海陆统筹的思想和意识。从以毛泽东为领袖的新中国缔造时期到以邓小平为总设计师的改革开放时期、以江泽民为核心的与时俱进时期和以胡锦涛为总书记的科学发展时期,以毛泽东、邓小平、江泽民、胡锦涛为代表的中国共产党领袖们实际上就是以这种理念来解决中国发展问题的。党的十六届三中全会提出了“五个统筹”的要求和坚持统筹兼顾,协调改革进程中的各种利益关系,统筹推进各项改革等一系列统筹发展思想。“五个统筹”,构成我们在发展中需要把握的几个大的关系。这就是既要重视当前的发展,又要考虑长远的发

展;既要维护全局的利益,又要照顾局部利益;既要保持沿海地区的发展速度,保护发达地区的利益,又要支持中西部地区的开发,照顾比较落后地区的利益;既要保护通过辛勤劳动和合法经营先富起来的人们的利益,又要关心普通群众,特别是使农民、低收入和困难群众的利益;要调节和处理好城乡、区域、经济社会、人与自然、国内发展与对外开放的关系,实现各个方面的良性互动。十六届三中全会阐述的统筹思想是对统筹方针的发展和深化。它表现出这样几个特点:第一,统筹体现了发展性的要求。把统筹和发展联系起来,提升统筹发展思想到指导方针和战略的最高层。统筹从变化着的实际出发,针对前进中的问题,突出了以统筹谋发展的战略思考。第二,统筹体现了全面性的要求。统筹是全面的统筹,全社会的统筹,改革发展稳定要统筹,各种利益关系要统筹,推进各项改革要统筹。第三,统筹体现了以人为本的价值趋向。统筹,就是要始终代表中国最广大人民的根本利益,正确反映和兼顾不同方面、不同地区、不同类型群众的利益,调动一切积极因素,促使整个社会比较协调地发展,使全体人民朝着共同富裕的方向迈进。第四,明确提出“五统筹”作为统筹发展的主要内容。“五统筹”既是我们发展的指针,也指明了我们当前乃至今后相当长一个时期发展中需要解决的重点问题。第五,统筹体现了整体性的要求。统筹总揽建设社会主义市场体制必须正确处理的多种关系,包括经济社会发展各方面的关系、人与自然的关系、国内发展和对外开放的关系,使之相互促进、协调。统筹观,就是要统筹兼顾,要全面地协调各种利益群体、各方面利益关系,使之能达到相对的平衡。统筹兼顾是中国的语言,或者说是中国化的马克思主义语言,是毛泽东首先提出来的。后来,经过中国共产党几代领导人的继承和发展,逐步成为我们党在长期执政过程中一条行之有效的重要经验,也必将继续指导中国特色社会主义现代化建设。

二、海陆统筹的要义及由来

海洋与陆地是全球生态系统的两大组成部分,存在着内在的密切关系,相互影响,互为依存,是不可分割的统一整体。由于海洋地理条件的特殊性,陆地与海洋之间存在着广泛的物质、能量交换和生态统一性,存在着密切的社会、经济联系,应本着海陆联动,因地(海)制宜的原则,采取各种措施和多种形式统筹海陆关系,促进区域协调发展,发挥海洋区位优势,实现国家区域协调发展目标。

海陆统筹是指在区域社会经济发展过程中,综合考虑海、陆的资源环境特点,系统考察海陆的经济功能、生态功能和社会功能,在海、陆资源环境生态系统的承载力、社会经济系统的活力和潜力基础上,以海陆两方面协调为基础进行区域发展规划、计划的编制及执行工作,以便充分发挥海陆互动作用,从而促进区

域社会经济和谐、健康、快速、可持续发展。

海陆统筹之说,是随着陆地资源的衰竭、生态环境的恶化,人类对海洋资源价值的发现、海洋科技的进步、海洋经济地位的提高而诞生的。虽然国外学者一般不使用海陆统筹和海洋经济一词,但是从经济角度研究海洋的工作客观上在进行着。美国罗德岛大学从 1969 年起开始培养海洋资源经济博士研究生。苏联 20 世纪 70 年代后期即有若干海洋经济类著作出版:如 II · B · 布尼奇的《海洋开发的经济问题》(1975)、《大洋经济》(1977)、JI · B · 勃列斯拉夫的《世界海洋开发手段的技术经济论证》(1986)等。Kenneth Boulding(1966)从经济增长新空间理论角度认为,海洋经济的增长速度将会超出国民经济的增长速度,成为未来世界经济发展的希望所在。联合国《21 世纪议程》(1992)所阐明的海洋可持续发展理论,认为加强海洋资源和环境管理对于促进海洋经济可持续发展具有重大意义。当前世界各国都把开发海洋、发展海洋经济和海洋产业作为国家发展战略来抓:① 编制海洋经济发展规划;② 优化海洋产业结构;③ 政府管理合理化;④ 遵循可持续发展原则。

国家海洋局海洋发展战略研究所王芳认为:“海陆统筹”是一种思想和原则,是一种战略思维,是指统一筹划我国海洋与沿海陆域两大系统的资源利用、经济发展、环境保护、生态安全和区域政策。“海陆统筹”就是要树立正确的海陆整体发展的战略思维,正确处理海洋开发与陆地开发的关系,加强海陆之间的联系和相互支援。21 世纪进入了全面开发利用海洋的新时代,在今后 10 ~2 0 年,我们有可能赢得一个和平发展的战略机遇期。要充分利用这宝贵的时期推动经济繁荣,促进社会发展,在贯彻落实科学发展观,全面建设小康社会进程中,要兼顾“海”与“陆”两个方向。在海洋领域层面上,发展海洋事业必须统筹兼顾陆域即沿海区域社会经济状况;从国家层面讲,制定国家大政方针时,应把“海陆统筹”作为一项基本原则,在谋划国家发展战略时统筹安排海洋事业的发展,让“蓝色国土”及其资源在国民经济和社会发展中发挥更大作用。1996 年国家海洋局编制的《中国海洋 21 世纪议程》首次提出“要根据海陆一体化的战略,统筹沿海陆地区域和海洋区域的国土开发规划,坚持区域经济协调发展的方针”。徐质斌(1997)提出“海陆联姻”是解决海洋经济发展中困难问题的有效途径;张海峰、徐质斌(1998)提出:“照顾好海洋与陆地的关联,统筹兼顾,使二者融为一体。”周亨(2000)提出实行“海陆双栖开发”;王茂军等(2001)研究了海域污染海陆一体化调控;刘志高等(2002)做过“连云港市地方性海陆经济一体化的实证研究”;浙江省海洋工作会议(2003)提出“海陆联动”发展战略;张海峰在 2004 年北京大学“郑和下西洋 600 周年”报告会上首先提出“海陆统筹 兴海强国”,同时提出应该把“海陆统筹”提到最大的高度——与中央所提的“五个统筹”并

列。栾维新(2004)完成了他的国家社会科学基金项目《海陆一体化建设研究》并出版了同名专著;张登义、王曙光在2005全国政协会议提案:“海陆统筹”应列入“十一五规划”之中;丁德文(2006)从人海关系阐述了区域发展的海陆统筹问题;王元龙(2006)从可持续发展的角度论证了中国海陆统筹的金融支持问题;张耀光(1996)、杨占芳(2004)根据发达国家经验,认为海陆经济带之间的经济发展具有相对的独立性,但经济带区域内之间的分工与合作非常密切,并且海陆产业结构呈现综合、多元和开放的趋势;郑培迎(1991)、杜国庆(1997)则提出海洋产业优化模式、并从海陆产业布局比较角度进行了分析。徐志良、潘虹等(2008)完成了其著作《中国‘新东部’——海陆区划统筹构想》,高之国(2005)撰文:“统筹发展应包括‘海陆统筹’,‘海陆统筹’是科学发展观题中之义。”并从产业特色角度对我国海洋经济区海陆产业发展特征进行比较,认为通过海陆产业的协调发展,以陆域产业、技术为依托,以陆域空间为腹地和市场,强化海洋产业的辐射和带动作用,可以实现海陆经济带的跨越式发展;同时论述了海陆产业的合理布局。李义虎在《现代国际关系》(2007.8)发文:“从海陆二分到海陆统筹——对中国海陆关系的再审视”。李义虎认为,中国是一个海陆度值高、兼具陆地大国和濒海大国双重身份的地缘实体,在战略上需要消解海陆二分的现实,而采取海陆统筹的全方位选择。国家海洋局王殿昌在《海洋开发与管理》(2008.5)发文:“海洋经济增长与海洋可持续发展统筹问题”。结合海洋管理工作实践,分析海洋经济发展过程中海洋资源、环境和生态受损原因,他认为:发展海洋经济必须“统筹海洋产业布局,调整海洋产业结构,转变海洋经济发展方式”。王芳在《宏观经济》发文“对海陆统筹发展的认识和思考”(2009.3)。叶向东在北大版核心期刊《太平洋学报》撰文发表“构建数字海洋 实施海陆统筹”(2007.4),策划2007年中国海洋论坛主题“海陆统筹 兴海强国”、2008年中国海洋论坛主题“海陆统筹 加快海陆经济集成创新”,并在《海洋开发与管理》发文“海陆统筹发展战略研究”,(2008.8),在《福州党校学报》(CN)发文“福州海陆统筹发展战略研究”(2010.2),同时完成2009年福建省社会科学规划重点项目“海陆统筹 加快发展福建海岛经济问题研究”,2010年福州市重点项目“海峡西岸经济区率先实施海陆统筹发展战略研究”等相关课题。党中央、国务院非常重视海洋经济的发展,十七届五中全会公报和“十二五”规划建议从国家战略高度确立了“十二五”期间海洋事业的发展方向和目标,“公报”明确提出“坚持陆海统筹,发展海洋经济”。

三、海陆关联工程布局中坚持海陆统筹战略的重要意义

（一）经济动因

（二）海洋生态文明

（三）国家海洋安全与海洋权益

四、海陆关联工程布局的海陆统筹对策建议

（一）海陆关联工程布局应注意的问题

（二）海陆关联工程布局重点领域

1. 临海产业发展

2. 港口－腹地一体化

3. 线路陆海空通盘布局

4. 跨海大桥和海底隧道工程

5. 环境污染陆海统一治理

（三）海陆关联工程布局的若干对策

1. 实施海陆联动发展，构建海陆统一规划保障体系（产业结构及功能统一规划）。

2. 设立权威性海陆产业综合管理机构（“蓝办”），协调管理海陆各产业的发展。

3. 培育发展海洋战略性新兴产业，提升发展海洋现代服务业。

4. 优化海陆产业结构，打造具有竞争优势的海陆产业集群。

5. 推动国内外合作，建成以海洋为主要特色的高科技研发和产业聚居区“海陆蓝色硅谷”。

参考文献

1. 李冬晓. 中国共产党的统筹观初探. 甘肃农业，2006（6）.

2. 叶向东，等. 构建“数字海洋”实施海陆统筹. 太平洋学报，2007（4）.

3. 王　芳. 对海陆统筹发展的认识和思考. 宏观经济，2009（3）.

4. 叶向东. 福州海陆统筹发展战略研究. 福州党校学报，2010（2）.



叶向东 1963 年 7 月生,福建寿宁人,教授,中共党员。中共福州市委党校、福州行政学院、福州社会主义学院经济学教授。主持完成国家级及省级重点项目 6 项、福州市重大课题 2 项、市厅级以上课题 10 余项,在全国性海洋领域重要学术报告会主旨演讲 10 余场,策划主持全国性海洋论坛、海洋经济规划评审会 10 余场次,获地厅级以上奖项 12 项,发表论文 100 余篇、主编书著 27 部、独著 3 部。

现兼任中国海洋经济学会常务理事、中国太平洋学会理事、广东海洋大学海洋文化研究所特约研究员、福建省委政研室特约研究员、《中国综合实践教育》杂志编委、福州市海洋经济学会常务副会长兼秘书长;主讲《海洋经济学》、《宏观经济管理学》、《市场营销学》、《社会主义市场经济理论》、《当代世界经济发展总趋势》、《项目管理学》等课程。主要研究方向:海陆统筹、海洋经济。

当前沿海港口发展形势及任务

蒋 千

交通运输部,北京

一、前言

沿海港口是我国对外开放的窗口,也是经济社会发展的晴雨表,自改革开放以来,港口发展建设随经济社会的发展呈高速发展中。进入21世纪,我国进入了全面建设小康社会和加快实现现代化的新阶段,十年间沿海港口吞吐量年均增速16.4%,平均每年增长约5亿吨,2010年达到65.1亿吨(含长江南京以下港口,下同)。同期外贸吞吐量增速也达16.0%,2010年达到24.3亿吨,占港口吞吐量的37.3%。经过改革开放以来港口的高速发展建设,我国港口实现了由上世纪八十年代的严重滞后、压船压港问题突出,到九十年代末的"瓶颈"制约得到较大程度缓解,目前已经达到基本适应国民经济的发展需要。2010年底,我国沿海港口共有中级以上泊位约3760个,其中深水泊位约1770个,总吞吐能力55.1亿吨,其中与国际海上运输相适应的煤炭、原油、铁矿石、集装箱等大型专业化泊位约410个,吞吐能力27.2亿吨。港口的发展有力支撑了我国经济社会发展、沿海产业布局和对外开放。

二、新世纪以来港口发展的态势

进入新世纪,中国的入世和全面建设小康社会目标的确立,经济社会快速发展,对外开放进一步扩大,工业化进程加快,港口吞吐量呈现快速发展状态,分析港口吞吐量高速增长的内在原因,我们可以看到:

——全面建设小康社会的总目标下,中国国民经济一直保持高速发展,国内生产总值年均增长10%左右。我国人均国民生产总值已超过2000美元,正是工业化进程的加快,遵循世界各国发展的普遍规律,这一阶段经济发展会引起较强的运输需求。

——工业化进程加快,重化工业快速发展成为这一时期的特征。近年来我国第二产业占GDP的比重为48%左右,其中轻重工业已经达到38:62,重工业比重增长带动了煤炭、原油、铁矿石等大宗能源、原材料等吞吐量的增长。

——经济全球化的进程加快,中国在更大范围、更深层次参与全球经济活动。进入21世纪以来,外贸进出口额以超出20%的年均速度增长,利用外资规模不断扩大,沿海地区引入外资占全国的87%左右,外资投入加工制造业占外资投入的70%左右,由此带动沿海港口外贸吞吐量和集装箱吞吐量的增长。

——我国矿产资源分布、生产力布局、地区间经济发展水平和经济结构差异大,东西间、南北间经济互补性强。区域经济协调发展中,海运成为"北煤南运"、"北油南运"、南北物资交流、外向型经济向内地辐射的重要通道。

面对旺盛的运输需求和国际海上运输船舶大型化、专业化,运输组织联盟化的发展趋势,沿海港口在参与全球经济活动、发展综合运输体系、发展现代物流业中的作用更显突出。为走集约化、规模化、效益优先的港口发展道路,交通运输部适时发布的《全国沿海港口布局规划》成为沿海港口发展建设的指导性文件。

《全国沿海港口布局规划》在努力构建综合运输体系的大框架下突出沿海24个主要港口的作用;利用系统工程的思路,以提高经济效益为中心,研究煤炭、外贸进口原油、外贸进口铁矿石、集装箱等重点物资合理的专业化运输系统和大型、专业化码头布局;根据沿海各区域经济的发展特点,研究环渤海地区、长江三角洲地区、东南沿海地区、珠江三角洲地区、西南沿海地区的港口布局规划,形成各区域规模化、集约化、现代化的港口群体。在《全国沿海布局规划》的指导下,按照系统布局规划的思想,沿海煤炭装卸码头,20万吨级以上的原油、铁矿石码头,9个集装箱干线港的规模化集装箱码头等布局建设取得辉煌成就,初步形成了主要物资的合理运输体系。

三、当前港口面临的发展形势

"十二五"期是我国全面建设小康社会的关键时期,是深化改革开放、加快转变经济发展方式的攻坚时期,是我国经济发展重要的战略机遇期。但是,世界经济的动荡、政治格局的变化、经济全球化的深入发展,我国经济发展的外部环境更趋复杂。经过30余年经济的高速发展,我国经济社会的和谐发展对经济结构转型,城乡、区域平衡发展,更多融入国际社会,资源、环境约束下的可持续发展等提出了更高的要求。这些对港口提出了新的更高要求。

(一)国民经济的平稳较快发展对运输的需求仍将持续增长,需要港口进一步提高保障能力

工业化和基本建设对能源、原材料的运输仍保持一定增长,区域间物资交流仍较活跃。城镇化诱发了人民集聚化和生活水平的不断提高,城市建设速度、水

平不断提高。近年来,冰雪灾害等极端气候的影响,国际市场的动荡,对于经济的安全发展也提出了较高要求,基础设施的适度超前发展不仅保障经济的平稳发展,也将提高各类应急保障能力。

(二)国家的区域发展总体战略的实施,东部率先发展、中部崛起、西部大开发、振兴东北老工业基地等国家一系列的区域发展战略发掘了各经济区的发展优势和潜力

在区域发展战略的指导下,目前各经济区均依托各自优势,加快发展步伐,区域差异化的发展,之间的交流增加。在新一轮的发展战略中,园区化发展、产业集聚区的建设提高了资源利用率、形成产业链、减少了运输成本。沿海地区依托优良的港口条件,围绕园区经济,新港区的开发建设全面展开。

(三)进入新世纪以来,经济全球化趋势明显,科技革命发展迅猛,全球化的进程中全球经济在高速增长中积累的各类矛盾在美国次贷危机下诱发,受其影响我国经济发展、对外进出口总额增速明显下滑,能源、原材料加工业、装备制造业等发展受阻

国际经济发展既给我国经济发展带来压力,同时也给了我们发展的机遇,利用国际国内两种资源、两个市场,更多融入国际经济舞台,发展中国的外向型经济。提高沿海港口的现代化水平,将有力支撑我国经济在国际市场综合竞争力的提高。

(四)中国经济经过了30余年的高速发展,面对当前复杂的国内外经济形势,党中央审时度势,提出消费、投资、对外贸易共同拉动经济发展的一系列举措

加快新农村建设,拉动国内需求;主导产业的结构调整、振兴;加大基础设施投入、拉动经济发展;金融、财政导向等举措已见成效。国内主导产业的结构调整和布局改善,消费、基建市场的拉动,都将对港口发展速度和质量,效率和效益提出更高要求。

(五)沿海港口必须走资源节约型、环境友好型发展道路

在30年的港口高速发展中,港口的膨胀型发展是以资源的占有为代价的,今天,在全球气候变化以及资源、能源约束增加,环境压力日益加大的环境下,港口的转型发展已提高到重要的议事日程。港口运营中的节能减排,发展建设中的节约岸线、土地、海洋资源,与城市环境的协调发展等都将是社会发展对港口提出的重要课题。

四、当前港口规划发展的重点

针对港口长期以满足需求为主的扩张性建设,结构问题、环境问题、资源利用等问题尚待改善等问题,交通运输部提出了“十二五”期沿海港口围绕全面建设小康社会的总体目标,深入贯彻落实科学发展观,坚持市场化发展方向,以科学发展为主题,以转变发展方式、加快发展现代交通运输业为主线,有序推进基础设施建设,着力优化港口结构与布局,提升服务能力和水平,与各种运输方式衔接,促进综合运输体系发展,为经济社会发展和对外开放提供强有力的支持和保障的指导思想。

针对沿海港口建设与发展存在的问题,防止出现“过度超前”和低水平重复建设,促进沿海港口健康、安全、持续发展,更好地服务我国经济社会发展,交通运输部近期发布了《关于促进沿海港口健康持续发展的意见》,当前,沿海港口发展的重点任务是:

(一)推进大中小港口协调发展

加快上海、天津、大连国际航运中心建设,进一步提高我国沿海港口发展水平与国际竞争力,服务国家战略需要。继续强化主要港口在全国港口中的骨干地位,有序推进港口基础设施建设与完善,大力拓展现代物流、现代航运服务功能,着力提升发展水平,充分发挥主要港口在综合运输体系中的枢纽作用和对区域经济发展的支撑作用。积极推进中小港口发展,加强基础设施建设,发挥中小港口对临港产业和地区经济发展的促进作用。推动大中小港口协调发展,形成我国布局合理、层次分明、优势互补、功能完善的现代港口体系。

(二)按照适度超前的原则,有序推进主要货类运输系统专业化码头的建设

结合国家煤炭铁路外运通道的建设,继续推进北方煤炭装船码头的建设,在长三角和东南、华南沿海地区建设公用煤炭接卸码头,提高煤运保障能力。根据沿海石化企业布局,原油管线布局和原油储备要求,沿海建设大型原油码头。加快环渤海和长江三角洲外贸进口铁矿石公共接卸码头布局建设,结合钢铁企业结构调整和沿海大型钢铁基地布局,相应建设铁矿石接卸泊位。根据集装箱运输市场需求,充分发挥既有设施能力,稳步推进干线港集装箱码头建设,相应发展支线港、喂给港集装箱码头,积极发展内贸集装箱运输。加强液化天然气码头规划工作,相对集中建设成品油、液体化工码头,提高码头利用率和公共服务水平。继续完善商品汽车、散粮、邮轮等专业化码头建设。

（三）结合国家区域发展战略、主体功能区规划、城市发展及产业布局的新要求，深化和完善港口布局规划

统筹新港区与老港区合理分工，统筹区域内新港区的功能定位，注重形成规模效应，带动和促进临港产业集聚发展。防止新港区开发一哄而上、遍地开花和低水平重复建设。针对目前新港区开发中遇到的不同问题，开展系统勘测研究工作，统筹港口与园区、城市、海洋、环境、综合交通等的关系，做好总体规划。坚持“规划指导、需求导向、有序开发、分期实施”的原则，合理确定新港区初期建设规模，稳妥把握后续工程建设节奏，切实提高投资风险意识，避免过度超前。

（四）利用当前港口需求增长趋缓的时机，加大结构调整的力度，走内涵式的发展道路

提升港口专业化水平和公共服务能力。加强专业化公共码头改造与新建，优化运输组织，进一步提升港口专业化服务水平和运输效率，推动港口转型升级。针对现有大量的老码头、改革开放初期建设低等级的通用码头等，加大港口技术改造力度，通过专业化改造或利用信息技术，提高港口的有效供给能力。积极推动老港区的功能调整，适应专业化、大型化、集约化的运输发展要求。整合现有低效率的业主自建码头资源，鼓励以优势港口企业为主，采取合资合作、兼并重组等多种形式实施企业间资源整合，优化港口资源配置，提升区域港口现代化水平和整体竞争力。

（五）继续加强公共基础设施建设，提高港口服务能力

在整合资源，发展规模化港区的同时，组织开展港口集疏运体系专项规划编制工作，批准后纳入城市总体规划、港口总体规划和相关交通专项规划。加大疏港公路、铁路、内河航道、依托港口的物流园区等公共基础设施建设，加快主要港口后方集疏运通道的建设，与国家综合运输骨架有效衔接，充分发挥沿海港口在综合运输体系中的枢纽作用、现代物流业的基础性作用。加大公共航道、防波堤等基础设施建设，为港口发展和安全运行创造有利条件。

（六）大力发展围绕港口的现代物流业，提升港口服务水平

依托主要港口建设国际及区域性物流中心，构建以港口为重要节点的物流服务网络。加强港口物流园区、货运场站及物流通道的建设与衔接，发展集装箱、大宗货物专业化物流，继续推进内陆无水港建设。大力支持信息、商务平台的建设，培育物流企业，提高专业化物流水平。大力发展航运金融、保险、海事仲

裁、信息、航运交易等现代航运服务业务,延伸航运服务产业链。

(七)注重环境和资源的约束

对处于城市中心区,生产繁忙、环境影响较大的老港区逐步退出城市发展区,还港口城市优美环境。继续推进港口节能减排,加强港口码头节能设计工作,应用先进节能技术,优化港口装卸工艺及配套工程。全面加强港口环境保护力度,注重港口污水回用系统建设,提高到港船舶污水、垃圾处理水平和溢油防控能力。完善公共资源共享共用机制,坚持节约、集约利用港口岸线、土地和海洋资源。

当前受到国际国内各种环境影响,沿海港口发展速度在放缓,这给了我们认清形势、审视发展道路、科学和谐发展港口的机遇,中国经济持续健康发展的大局不会改变,中国经济融入国际市场的发展环境不会改变,中国的港口一定会保持良好的发展势头,继续支撑经济社会的可持续发展。



蒋千 1949 年 7 月出生于江苏省张家港市,中共党员,高级工程师,交通运输部原总工,现中国水运建设行业协会常务副理事长。1982 年毕业于大连理工大学土木工程专业,大学本科学历,学士学位。1990 年于英国 Strathclyde 大学培训港口规划与管理。

蒋千同志组织和承担了多项全国性、区域性水运布局规划和单个港口的总体规划,水运重大工程项目的前期研究工作,水路运输系统专项研究、沿海港口、内河航运发展战略等重大课题。其中《全国水运主通道、港口主枢纽布局规划》、《广东省沿海及珠江三角洲港口布局规划》获交通部科技进步二等奖,《沿海港口、内河航运发展战略研究》、《青岛前湾港区矿石专业码头工程可行性研究》、《深圳大铲湾港区集装箱码头详细规划》、等获中国工程咨询协会优秀成果二等奖,《江苏省干线航道网规划深化研究》、《国内贸易水路集装箱运输发展战略》等项目获水运工程咨询协会二等奖。

作为在水运(内河及沿海港口)工程设计、规划和水运工程项目前期研究领域中的学术带头人之一,具有较高知名度。在确定国家标准、制定研究思路、明确研究方法,撰写课题报告等方面具有较强的工作能力。

离岸深水港建设面临的新问题

祝世华

中交第一航务工程勘察设计院有限公司,天津

一、前言

近几年离岸深水港建设问题越来越频繁地被工程技术人员提及,说明目前的实际国情对离岸深水港的需求在不断加大。“十一五”期间交通运输部也曾专题组织《离岸深水港建设关键技术研究》,但是由于离岸深水港建设尚缺少工程实践和足够的试验研究,还有很多关键技术没有解决,因此对离岸深水港建设面临的新问题进行研究和探讨是十分必要的。

二、离岸深水港的定义

离岸不仅仅是空间的概念,更重要的是由于远离大陆,建筑材料的运输、堆存,施工基地的建设和人员生活给养的补充都变得十分困难,缺少必要的工程和生活依托使得施工条件恶化,不仅大大加大了工程难度而且直接影响设计思想和设计原则。不同工程领域对于深水的理解有不同的标准,海洋石油行业水深可能达数百米甚至数千米,针对水运工程来讲由于大部分在航船舶营运吃水不超过 20 米,因此天然水深超过 20 米就可以定义为深水,加之水运工程往往采用大体积混凝土构件,其承受的波浪力已经相当可观了。

三、离岸深水港建设的必要性

改革开放以来,我国的港口建设经历了近 30 年的持续发展,特别是最近 10 年更是经历了高速发展阶段,全国沿海无论是港口数量、港口规模都达到世界先进水平。伴随而来的是我国漫长海岸线中比较适合港口建设的优良港湾和天然岸线开发使用殆尽,原来不太适合建设港口的岸线也开始用来建港,加之综合国力的提高和港口建设技术的进步也促进了港口建设不断走向外海、走向深水。伴随着国民经济的发展,人们的生活水平在不断提高,人员和物资的流通也提出了更高的要求,便捷、高效已经成为交通基础设施建设的基本标准。越来越多陆岛交通设施和海上大型人工岛建设开始出现在人们的视线中,而这些工程项目

更多的处于离岸深水位置。由于世界各国经济发展更加依赖能源的供应和保障,蕴藏丰富油气资源的海洋也不断成为争夺的焦点,领海的纠纷已经成为许多沿海国家无法回避的主权问题,因此离岸深水港的建设对于维护国家主权和海洋权益也是十分必要的。

四、离岸深水港建设的关键技术

(一)长周期波对港口总体设计的影响

离岸深水环境下水动力条件的改变会对港口建设产生较大的影响。其中潮汐、海流、波浪三项关键因素中波浪的影响更大,特别是长周期波对港口总体设计和水工结构设计的影响是不可忽视的。

根据毛里塔尼亚努瓦克肖特友谊港的工程实践和多项专题研究证明,传统的透水型防浪构筑物无法阻拦长周期波进入港池,一旦长周期波传入港池,在港船舶会在长周期波作用下产生较大的升沉和位移,由于船舶运动幅度的加大会对系缆系统产生较大的影响,情况严重时则会发生断缆事故,严重影响在港船舶的安全。因此长周期波对港口总体设计的影响主要是港内泊稳的影响。从目前的经验来看除了在港口总体设计中尽量采用不透水型防浪构筑物外,还没有更有效的手段控制长周期波对港内泊稳的影响。在经常出现较长周期和较大波高波浪的国内、外许多港口,更多的是采取加强监控,及时松、紧缆的措施保证船舶的靠泊安全。在波浪较大的海区和较重要码头上增加缆绳拉力监控装置,当缆绳拉力超过设定值时自动报警,提醒船方或港方及时松缆,并在缆绳过松、船舶运动加大时及时紧缆。港口在采取上述一系列措施后会有效地降低断缆的风险,但断缆事故仍时有发生,威胁港口作业安全。为了更有效地解决这一问题,或者总结更有效的措施,在离岸深水港建设技术探讨中应该研究长周期波和较长周期涌浪对系泊船舶运动及系缆系统的影响及应对措施。包括靠船系缆设施的合理布置、护舷与系缆设施的合理配备、码头作业和操船标准的确定、码头结构的定期检测和维护计划的制定与执行等。

(二)风暴潮增减水对港口总体设计的影响

在离岸深水环境中经常会出现由于风暴潮引起的增减水,当增水比较频繁发生时会直接影响码头面高程的确定,而当减水出现时又可能造成由于水深不足船舶无法进出港口。因此风暴潮增减水也是离岸深水港设计不可忽视的问题。

在交通运输部颁发的港口设计系列规范中,明确了设计高水位和码头面高

程的计算方法以及采用极端高水位校核增水的影响,但没有明确增水对码头面高程的影响以及如何确定增水的重现期标准。增水出现时不仅可能会对码头结构安全构成威胁,同时由于增水可能淹没码头面或者码头面上水造成货物和陆上机电设备水损,给港口的生产运行带来重大损失。因此在离岸深水环境下进行潮汐及潮位资料的统计分析时,需要重视对风增水的分析统计,在码头面高程确定时,应该根据码头的重要等级和货物种类进行评估,根据损失大小、发生次生灾害的可能及影响,谨慎合理地确定风增水的重现期标准,一方面防止由于码头面过低频频上水,同时也应避免由于码头面过高增加太多工程投资,而且码头面过高时也会影响船舶装卸作业。

(三)水工结构设计面临的新问题

1. 波浪对柔性桩基结构的作用

离岸的深水码头有许多不同于近岸的特点,随着水深的加大,波浪、水流条件的恶化(涌浪的比重大幅度加大),海底的地质条件往往也变得越来越差,按照近岸的设计标准和理念建设码头将变得非常困难且不经济,因此柔性的高桩码头往往成为首选,因它具有的柔性使其在大的波浪出现时可以确保自身安全;但也正是由于它的柔性,使得这种码头的刚度设计成为了其设计的重点。如何把握码头的刚度使其既能在恶劣条件下保证安全,又能在设计条件下为上部工艺设备提供一个尽可能好的安装和工作条件,同时保证结构体系特别是连接处又有足够的耐久性,将是我们必须要面对的问题。

随着结构体系柔性的加大,其自振周期可能将与波浪的周期相接近,这时结构体系是否对波浪存在动力放大问题、如何通过较经济的方法减小结构的放大响应也是需要研究的问题之一。

现有的码头结构设计主要采用的是拟静力方法,对于刚度较大的重力式及板桩和近岸的刚性高桩码头而言已总结了较为丰富的经验,但随着码头的离岸及柔性的加大,如何考虑波浪的作用效果,特别是面对周期较长的涌浪,面对柔性较大的结构,原有的波浪与结构物的相互作用计算方法和公式等都需要有所改进才能适应这种新的变化。

随着码头的离岸,往往对应码头的下卧土变得越来越软弱,波浪作用在结构上引起的结构振动,会引起结构周边软粘土的强度弱化,而对于柔性较大的全直高桩码头而言,表层软粘土的动力软化对于码头的安全性和耐久性的影响也是一个全新的研究课题。

2. 波浪—结构—地基相互作用

波浪力是一循环动力作用过程,作用于建筑物上的波浪力通过建筑物传递

给地基,构成波浪—结构—地基相互作用系统。当波浪力的比重较大且下卧土的物理力学指标较差时,波浪的循环动力作用效应主要有两方面的特点:其一,在动力荷载作用下结构的动力响应相对较大,即结构的振动 - 滑移 - 提离摇摆耦合运动较近岸有较大幅度的增长。其二,在循环波浪力荷载作用下地基土强度会发生液化(砂性土)或软化(粘性土)现象,导致地基承载力降低。在近年港口与海岸工程建设实践中,曾经发生了多起波浪作用下结构稳定性与地基承载力破坏问题。

作用在港口和海岸建筑物上的波浪力是一种随机动荷载,但目前通用的设计方法,既不考虑波浪对结构的动力作用效应,也不考虑通过结构传至地基的波浪循环作用对地基承载力的影响,因此无法用来全面指导离岸深水码头结构的设计。建立考虑波浪循环动力作用效应的深水水工结构设计理论和计算方法,是港口与海岸工程基础设施建设向深水、复杂地质条件海域发展的需要,波浪—结构—地基相互作用是其中亟待解决的关键问题。

随着防波堤、码头建设位置的外移,水深及波浪都在逐渐加大,海底表层土的物理力学指标也在进一步变差,如果防波堤的建设仍然采用不经地基处理的基床式基础重力式防波堤,则下卧土的动力软化问题必须予以考虑。如果要在这样的地基上采用传统型式的防波堤设计,均需要对地基进行大规模的加固处理(如打设砂桩、换填等),水深越大,费用很高。需要研究深水软基上能够抵抗强浪的新型水工结构,无论研究何种新型结构都需要通过对波浪—建筑物—地基的相互作用进行更深入的研究,得出更加合理的计算方法和下卧土力学指标选取方法。

软粘土地基土在波浪动力作用下可能发生强度降低,从而危及海工结构物的稳定,近年来在国际上已经引起人们的重视,并已开展了大量理论和试验研究。但是,由于这一问题涉及波浪 - 结构物 - 地基的相互作用,问题十分复杂,因下卧土的软化现象与加载路径密切相关,很难脱离具体问题给出共性的结论,因此目前国外研究主要处于基础性研究阶段,未见相应的定量分析—设计方法—工程实践的相关成果。

五、离岸工程实践与探索

离岸深水港建设面临很多新的技术问题,由于设计条件的变化,许多原来成熟的设计方法和施工经验已经不能满足离岸深水工程的需要,因此工程技术人员一方面结合工程实践积极探索新的结构和新的施工工艺,一方面从基础理论的研究开始探索新的计算方法、总结新的设计思想。在近几年的工程实践中出现的半圆型沉箱和箱筒型防波堤结构是比较成功的案例,虽然工程海域水深并

不是很深,但是新型结构不仅很好地解决了实际工程难题,也很好地提示了离岸深水的工程概念和设计思想。

(一)半圆型沉箱

半圆型沉箱长 20 米、宽 17 米、高 7.6 米,重量 1180 吨(图 1)。它的开发源于长江口深水航道整治二期工程。该工程远离大陆具备了离岸工程的典型特征,为了实现后方预制、浮式运输、现场安装的作业方式,在半圆型防波堤基础上经过改进而成。一方面为了浮式运输对结构进行了改进,一方面为了争取在有限的工作日尽可能提高安装效率、加快工程进度,按照当时预制场的最大下水能力把结构尺度加大。这种结构形式还有进一步拓展的空间,以实现多种功能的需求:如沉箱式码头结构满足船舶停靠要求、沉箱式存储设施可以用于存储淡水、燃油或其他物资。它的尺度及重量取决于预制场地大小、下水设施的条件和拖运的能力。在地质条件合适的海区是很有发展空间的离岸深水港水工结构形式。

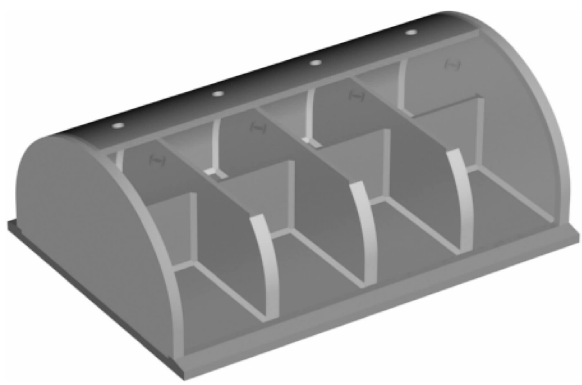


图 1　半圆型沉箱结构示意图

(二)箱筒型基础结构

箱筒型基础结构沉入土中部分的基础为双排圆筒,沉放时主要依靠自重和抽气实现下沉和纠偏(图 2)。箱筒型基础防波堤研究的初衷是针对天津港的软粘土地基开发的一种新的结构型式,并在天津港防波堤建设等工程中成功应用。但是这种结构型式也具备了使用沙石料等建筑材料少、便于后方工厂化预制场预制、气浮运输、现场安装的优点。由于结构与下卧土有较多的接触面,可以较好地发挥下卧土的承载能力,因此比基床式基础半圆型结构适应更深的水深条件。通过对上部结构的改进及对上下筒连接方式的改进,该结构可以适应更多的离岸深水环境及不同的软粘土厚度条件。

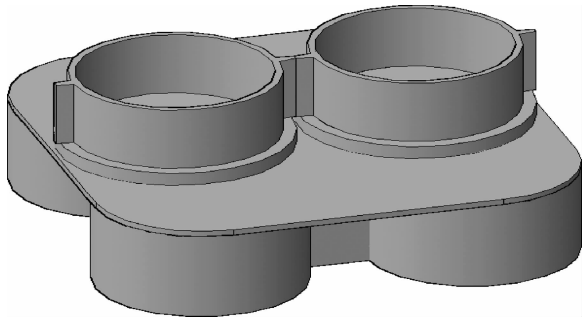


图 2　箱筒型基础结构示意图

（三）浮式箱体结构

箱体结构目前仅仅是一种设想,设想的初衷是为了尽量减少工程现场的工作量,把截桩、浇铸桩台和纵横梁及面板等工作转移至预制场进行,把桩基码头的上部结构设计成一个可以浮式运输的箱体(图 3、4)。箱体的结构尺寸和结构强度一方面取决于工程的需要和建设环境的允许,一方面取决于预制能力、下水方式和拖运能力。箱体既可以单独组装构成小型码头,也可以作为单元拼装组成大码头。箱体在预制时即预留桩基础施工的孔洞,浮运至工程地点后完成定位、沉桩、顶升、固定。

由于箱体结构尚未经历工程实践,还需要今后结合工程项目开展一系列试验研究加以论证和完善。

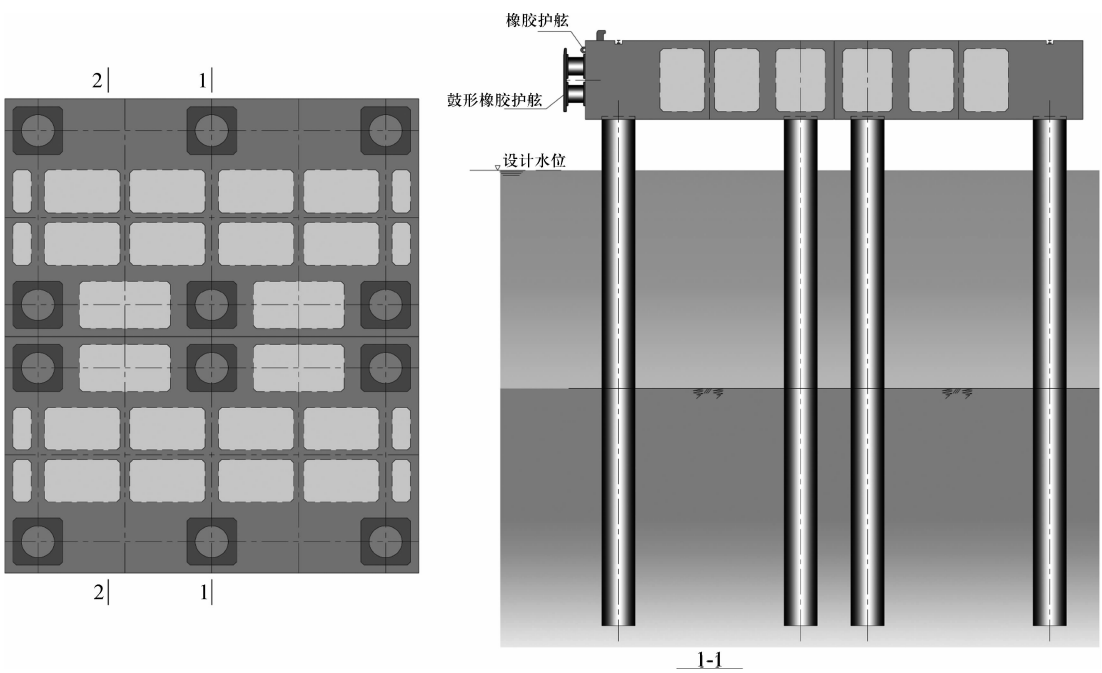


图 3　箱型桩基结构设想图

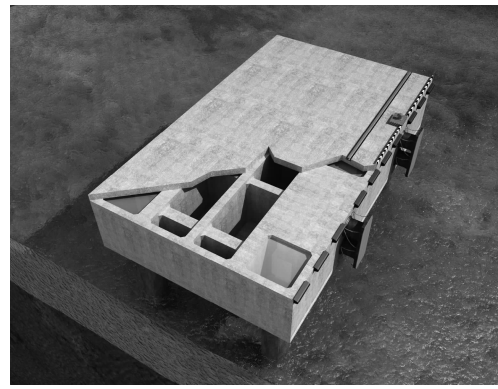


图 4　浮箱式桩基码头效果图



祝世华　生于 1956 年 11 月。1982 年 2 月毕业于大连工学院(现大连理工大学)港口及航道工程专业。现任中交第一航务工程勘察设计院有限公司副总经理,教授级高级工程师、设计大师,享受政府特殊津贴。

祝世华长期从事港口、航道及其他海岸工程的规划、设计工作,30 年来共完成不同规模、不同阶段、不同性质工程近百项,其中国家和交通部重点工程 30 余项。先后获得国家科技进步一等奖一项、国家科技进步二等奖一项、国家优秀设计金奖两项,国家优秀设计银奖一项、国家优秀设计铜奖一项、国家优秀设计奖一项。交通部优秀水运工程设计一等奖四项、交通部优秀水运工程设计二等奖、三等奖及其他各种设计咨询奖多项。还获得多项詹天佑土木工程大奖。由于在多项国家重点工程建设中贡献突出,先后获得共青团中央和国家计委联合授予“共和国重点工程建设青年功臣”、交通运输部授予“长江口深水航道整治工程建设功臣”等荣誉称号。

祝世华还受聘担任:国际水利工程与研究协会(IAHR)中国分会执行委员会委员;全国勘察设计注册工程师管理委员会注册土木工程师(港口与航道工程)执业资格考试专家组组长;大连理工大学“海岸和近海工程国家重点实验室”第五届学术委员会委员。

海陆联运和经济学两个视角下的港口及其关联

朱意秋

中国海洋大学,青岛

一、前言

港口是海洋运输中最典型也是数量最多的海陆联运工程。我国《港口法》中对港口的定义为:港口是指具有船舶进出、停泊、靠泊,旅客上下,货物装卸、驳运、储存等功能,具有相应的码头设施,由一定范围的水域和陆域组成的区域。1992 年联合国则将港口按照其发展阶段分为第一代、第二代和第三代港口。第一代港口的功能比较简单,主要是海运货物的转运、临时贮存和发货等;第二代港口增加了使货物增值的工业商业活动,港口成为装卸和服务中心;第三代港口在服务方面呈现出多样性,信息服务成为其重要内容,港口成为贸易的物流中心。我国关于港口的定义以及联合国的第一代港口,与我国现行的港区更为接近,与海陆联运的视角相符,而联合国关于港口的定义是从港口的功能而言,不限于港区的地理范围。

二、一个港口两种解读

“海陆联运”即海运与陆运的联合运输,是指海运与公路或者海运与铁路两种运输方式使用同一运输凭证,由数个运输企业相互衔接运送货物或旅客到目的地的运输方式。港口是海陆联运方式的交汇点,就海陆联运而言,港口主要指航道、岸壁、码头前沿,甚或前方和后方堆场,其用途主要完成货物或旅客从陆地到船舶或者反向的短距离位移,与我国港口定义相一致。就经济而言,港口的位置并不仅指港区,还指港区周边,通过公路、铁路和水路的辐射,一个港口至少扩展到港口所在的城市,还可能扩展至内陆数千平方公里的范围,借助于虚拟市场港口甚至可以延伸到另外一些国家。一个港口的两种解读,犹如中国的工笔画和写意画,前者精准丝丝入扣,后者散淡天马行空,这大概也是工程和经济的区别,但是经济寄希望于工程,能为做大经济在工程上留有充足的空间。

经济学视角下,港口不仅是一个地理位置,更是一个围绕海运货物的多产业集合空间。港口的可贵之处在于形成显著的产业聚集。普遍规律是:港区及其周边聚集了众多的港口必备产业,这些产业从事货物的装卸、储存、集疏运以及船舶服务,其作业依赖于水陆交接的岸线;另一部分产业因其货物需要海运而依存于港口,称为港口依存产业,这些产业通常为降低物流成本而愿意尽量靠近港区或者位于港口城市,譬如造船业、国际贸易行业、依赖于海外铁矿石的钢铁产业等。鉴于我国在自由国际贸易和开放国际资本市场所遇到的政策困境,在地方政府以及专家学者的呼吁和努力下,利用港口封闭区域优势而设立的保税物流园区、保税加工区、自由贸易区和期货货物交割仓库等等,也属于一个港口的经济范畴。通过公路和铁路运输可及的内陆"无水港"所在区域,也属于一个港口的经济范围和依存产业。所以,港口对港口所在城市的地方政府而言,经营的好可以成为聚宝盆。经济学者喜欢使用乘数理论,研究港口必备产业每创造一元钱的附加值,给整个国民经济所带来的间接经济贡献,比如,美国康涅狄格港的间接贡献是直接贡献的 1.86 倍,欧洲一般在 2 ~ 2.5 倍,天津港为 3.5 倍,上海为 6.9 倍。总之,经济学家们测算的结果大都是港口所产生的间接经济效益要大于甚至数倍于自身所创造的直接经济效益。

三、第三代港口——商贸物流中心

回到工程意义上的港口,观察风头正盛的第三代港口。第三代港口的最重要特征能够提供为国际贸易服务的综合物流服务。处于此阶段的港口,货物不仅因转运在这里其进行装卸和暂时存储,更重要的是货物应商业需要在这里进行采购集中、全球配送、流通中的加工或配货,因而出现众多的为贸易服务的分销中心。如果说第一代港口的主导企业是装卸和运输企业,那么第三代港口的主导企业则是商贸和配送企业。第一代港口内,散布在港口甚至水线岸边的仓库一般由港口装卸和海陆运输企业经营,第三代港口内,还有众多仓库是由商贸企业或者第三方物流企业经营,在这些仓库里,来自世界各地的同一产品的不同部件组合装箱成为完整产品,销往目的市场。比如,惠普打印机的主机、墨盒、说明书来自不同的国家或地区,在鹿特丹港分销中心组合包装后,再销往欧洲各个国家。

国际贸易企业可以很大,但更多的是小企业;贸易的商品可以是铁矿石、煤炭等大宗散货,但更多的是林林总总品种多不胜数的小批量货物,这些小企业、小商品对物流的需求也非常的个性化,不仅仅是装卸和储存那么简单,比如德国一家大型连锁百货公司,对 T 恤衫的纸箱装箱,要求按门店同一尺寸不同花色顺序叠放,目的是,从纸箱拿出后,直接摆在商场货架上。这些小的、个性化的物流

服务需求,应该由业务专精但又各不相同的小型物流公司来满足。所以,第三代港口由商贸需求衍生而来的特点就是容纳大量的物流服务公司,它们通常也属小微企业。在鹿特丹港信息网上,我们看到港区内云集了大量的港口相关企业,从类型上分有运输装卸、重化工业、金融与咨询、港口相关行业、货物处理和货物检验等六大类,大约两千家企业,后三类企业属于严格意义上的物流行业,超过1000 家,其中绝大部分是小型物流企业,这些企业的服务范围一般较窄,比如有专门的冷藏公司、专门的包装公司、专门的挖掘企业、专门的港口设备企业、甚至专门的潜水公司,但是,每一种物流服务都有数家企业提供,比如提供港口设备的公司有 48 家,通关公司有 78 家,仓储公司竟有 226 家。可以想象,这些术有专精的小微物流公司肯定愿意为大大小小贸易公司的形形色色的商品提供个性化的物流服务,任何物流需求活动都可以找到专业公司,而且,由于存在竞争,其服务的质量和价格必是有优势的。

第三代港口还应该提供通畅而庞杂的信息服务,否则无法支撑作为商贸的物流中心。第三代港口内应该容纳各种经济实体和货物,经济实体层面上,应该有航运和港口装卸这些大型公司,众多的是商贸公司和物流企业;货物层面上,有大宗的原油和干散货,众多的则是多种多样的消费品和零配件。每一笔货物都要涉及不同的经济实体,每一个经济实体都要处理各种货物,实体和货物之间构成了庞大而复杂的网络,相关信息在这些实体内能否一传到底、能否快速传递、能否适时共享,就是一个港口能否成为真正的第三代港口的关键。我们观察到我国某些港口,货物在政府、运输和物流企业间部分实现了电子化,部分实现了适时化,但在一些节点上存在断裂,照样延长了物流时间,贻误了商机,与第三代港口的水平存在较大差距。

四、海陆联运工程与港口发展空间

自 2009 年起全球十大集装箱港中我国大陆占据五席,依次是上海、深圳、宁波—舟山、广州和青岛,但我国单个港区的面积普遍偏小,大部分在 10 平方公里的数量级,如上海洋山港约为 15 平方公里,青岛前湾港区约为 10 平方公里,港区内以港口装卸企业为主,兼有航运和大货主企业的堆场仓库。反观世界上一些国家的港区面积普遍较大,即便货物吞吐量比我国前五大港口小,其港区面积却动辄在 100 平方公里的数量级,如荷兰鹿特丹港区面积约为 105 平方公里,德国汉堡港区面积约为 74 平方公里,比利时安特卫普港约为 140 平方公里。我国的港区为未来预留的发展空间小,改革开放 30 多年来,许多港口城市不断远离老港区开辟新港区,而开辟的新港区无需数年又会发现预留面积不够,货物集疏运不畅成为很多港口的难题,有的港区没有预设专用公路集疏运通道,或者没有

预设用于集装箱水铁联运的铁路线路,要想解决这些问题时港区及其周边已经没有土地了。试想我们的港区对于海陆联运密切相关的陆地疏运工程都惜地如金,更不用说给小微物流企业在港区内提供办公和物流操作的场所了。

我国当前港口集疏运还没有形成铁路、公路和水路运输的协调发展格局。我国在公路、铁路和水路三种集装箱集疏运方式中,公路占 80% 以上,水路约占 10%,铁路仅占 2% ~3%,上海港则不到 1%。在欧洲,鹿特丹港的集装箱铁路疏运占 10%,汉堡更是占 40% 左右。在笔者参加的数次港口国际会议中,到场的汉堡市府官员和汉堡港口高管都强调他们在发展铁路集装箱疏运方面获益甚多,并且殷殷提醒中国同行一定注重规划好港口的铁路集疏运系统。

虽然我国一些港口在吞吐量上已经跃居世界前列,但与世界上一些典型的第三代港口还存在差距,由于商贸企业并没有成为港口的主导企业,我们的港口产业生态缺乏多样性,港口仍然以大型运输装卸企业为主导,小微物流企业因各种原因难以在港区内存在。我国港口更多地以转运为主导,应该说与我国港口的管理体制有关,在我国,港口主要是指那个港口装卸企业的厂区,而不是计划容纳众多商贸和物流企业的区域。如果我们不把一些吞吐量大港做成真正的第三代港口,一个港口的腹地只能是刚性腹地,随着港口的增多,这些刚性腹地会越来越小,地方政府将港口经济做大的热情只能是纸上谈兵。

笔者在海陆联运工程的语境下谈物流和经济学意义上的港口,意在向工程界人士述明第三代港口及商贸物流港口的真相,希冀工程界在港区设计上为集疏运企业和小微物流企业预留足够的空间,从而为地方政府和经济学界做大港口经济创造条件。

参考文献

1. http://search.moc.gov.cn:8080/was40/detail?templet=falvtest.jsp&record=1&searchword=名称=中华人民共和国港口法&channelid=1386

2. 陆挺潮. 第三代港口——未来物流业的平台[J]. 中国港口,1999(4):34-35.

3. 宋炳良. 论上海港口全部经济贡献的评估[J]. 上海海运学院学报,2001(4):26-29.

4. http://www.portofrotterdam.com/en/Pages/default.aspx

5. 徐萍等. 欧洲港口发展现代物流的启示[J]. 综合运输,2008(3):77-80.



朱意秋 中国海洋大学经济学院教授,山东省蓝色经济区建设咨询委员会专家,青岛市政府口岸办“大通关工程”特聘专家。主要研究方向为海运经济和企业物流管理。主持国家社会科学基金项目“FFA在中国相关航线上的市场效率研究”,担任教育部人文社会科学重大招标课题“我国海洋行政管理体制改革研究”中的“国外海洋管理体制比较”分课题的主持人。在《山东大学学报》、《上海海事大学学报》、《大连海事大学学报》、《上海船舶运输科学研究所学报》、《中国海洋大学学报(社科版)》等刊物上发表航运方面论文二十余篇。

韩国海岛开发、保护及对我国的启示

刘洪滨 等

中国海洋大学,青岛

一、韩国海岛开发与保护概况

(一) 韩国海岛开发概况

韩国有 3358 个岛屿,其中无人岛 2876 个,占全部岛屿的 85.65%。在全部岛屿 3757.7 平方公里中,无人岛屿面积为 76.5 平方公里(表 1)。韩国海岛开发、保护的类型大体可分为农业开发、工业开发、旅游开发以及综合开发和绝对保护等类型。在 20 世纪 80 年代前海岛注重开发,开发速度快、规模较大,大多以农业和工业开发为主。如 20 世纪 60~70 年代开始的江华黄山岛和界火岛围填海农业项目,属于连岛造湖、造陆工程。再如巨济岛三星船厂和玉浦船厂工业项目的建设。20 世纪 90 年代,海岛开发以污染少效益高的旅游项目居多。1997 年韩国把生态旅游确定为主导产业进行培育,海岛的生态保护也越来越受到重视。代表性项目,如群山新万金围填海工程,多岛海型釜山统营海洋牧场建设等。进入新世纪,韩国开始注重无人岛的开发、保护,包括与周边国家有争议岛屿的开发,例如独岛、苏岩礁。绝对保护的海岛有 11 个。

表 1 韩国岛屿现状

类别	合计	有人岛屿	无人岛屿				
			小计	登记	未登记	私有	国有及共有
岛屿数量(个)	3358	482	2876 (85.65%)	2642 (91.86%)	234	1398	1478
面积(km^2)	3757.7	3681.3	76.47 (2.03%)	76.5	—	—	—

(二)韩国海岛立法保护现状

韩国海岛保护法律分一般法和特别法。一般法主要有:《岛屿开发促进法》(1986)、《韩国岛屿开发促进法实施令》及《韩国沿岸管理法》(1998)、《关于国土计划及利用法》(1972)、《自然公园法》(1980)的相关规定。特别法主要包括:《关于独岛等岛屿地域生态系保护的特别法》(1997)、《关于无人岛屿保护及管理法》(2008)、《韩国无人岛保护及管理法实施细则》(2011)。

韩国涉及海岛的相关规划包括:《韩国 21 世纪的海洋发展战略(2000—2010)》、《韩国第二次海洋水产发展基本计划(2011—2020)》和《韩国无人岛屿管理战略规划(2012)》。韩国国土海洋部逐年加大了无人岛屿管理规划的投入(表 2)。

表 2 无人岛屿的总体投资计划

项目	合计(亿韩元)	管理基础建设	各管理类型系统管理	领海基点无人岛屿特别管理	教育宣传
2012	174	33	97	36	8
2013	152	14	106	29	3
2014	182	6	127	38	10
2015	177	4	129	36	7
2016	167	4	132	23	7
2017	162	5	121	34	2
2018	180	5	136	31	8
2019	173	6	140	25	2

二、韩国有居民海岛开发和保护

韩国有居民岛开发可以分为四种类型:以渔业为主的农业型,朝鲜半岛南端多数岛屿从捕捞转向海水养殖业;以旅游为主的综合开发型,例如济州岛;以空港为主枢纽型,例如永宗岛;以造船为主的工业型,例如巨济岛。情况简介如下:

(一)济州岛开发

济州岛为省级建制、面积 1845 平方公里,是国际海岛综合开发管理的范例。

1999 年韩国建设交通部完成了建立济州国际自由都市的可行性调查，出台了《济州国际自由城市建设综合方案(2002)》、通过了《济州国际自由都市特别法(2002)》、《济州特别自治道特别法(2006)》，《济州自由都市基本计划(2011)》，目标是建设成具有观光、高科技、物流、金融等综合功能的海岛。形成了“济州国际自由城市开发中心(JDC)”牵头，组织中央、济州道、韩国观光公社和民间企业参与的“四位一体、分工协作”的联合开发模式。

济州岛国际空港、邮轮客船码头、岛上路网交通基础设施完善，高中低各类接待设施、酒店结构合理、配套齐全(图 1)。济州岛有“韩国夏威夷”之称，是韩国人的蜜月、度假岛，也是世界著名旅游度假岛。济州岛高端(五星)酒店多坐落在位置优美的风景区、海滨，多为花园式，空间大，步道环绕。酒店拥有室内、露天、温泉泳池、海水浴场，烧烤、健身、娱乐、博彩设施齐全，服务一流，令人流连忘返。

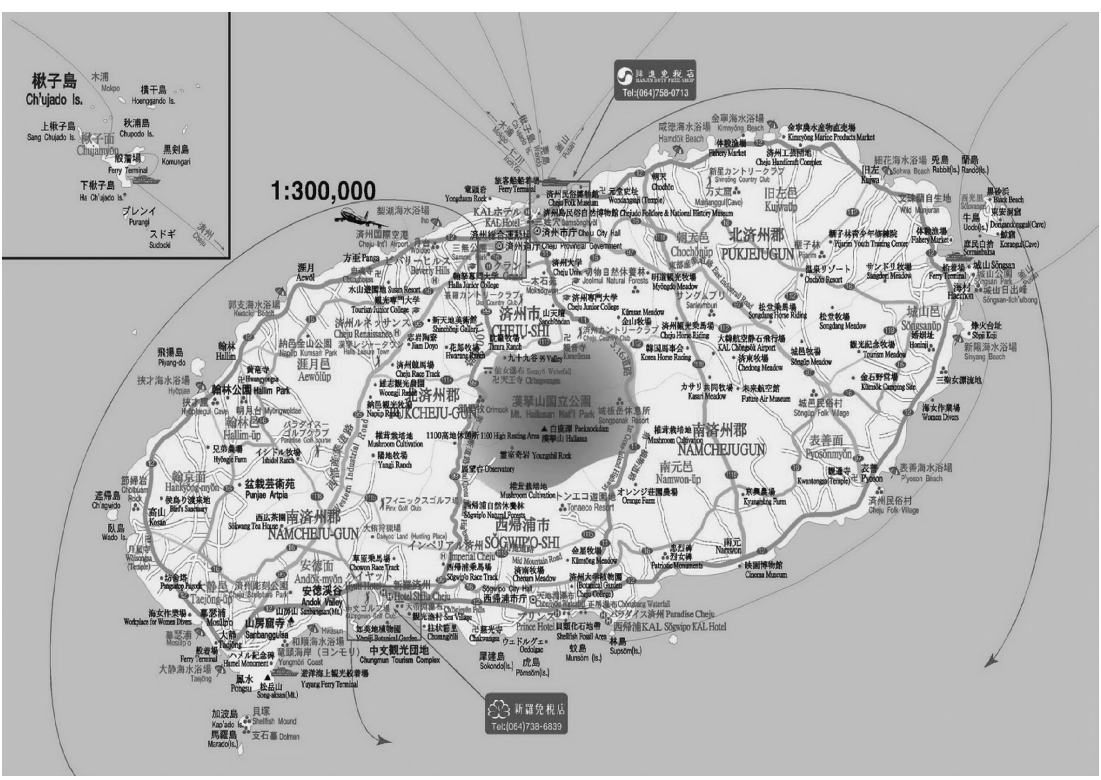


图 1　济州岛观光游览图

济州国际自由都市建设总体规划确立了休养型居住区、尖端科技技术区、旅游胜地西归浦市、前店后厂购物、生态·神话·历史公园、机场自由贸易区、中国文化观光区七大先导事业规划。旅游、教育、医学疗养、高科技以及环境友好为

核心的五大产业,并把旅游业作为最重要的产业,制定了包括大力拓展直航航线、落地签证、将影视与旅游相结合、扩大免税区、博彩业、大力保护自然环境等鼓励旅游发展的政策。确立的优惠政策包括:改善投资环境,为外国投资者提供开放的签证和居住政策;投资优惠政策,给以旅游投资者更大的优惠;设立自由贸易区;开放教育和医疗领域。

济州岛在进行雅顿华城休闲观光综合开发项目,是岛上规模最大、具开发潜力的项目,包括大型赌场及分时度假酒店、奥特莱斯名品小镇、五星酒店、温泉水疗乐园、度假村等 5 大项目。该项目也把吸引中国高收入人群移民作为目标之一。

(二)永宗岛—龙游岛填海造地工程

经过长期论证,永宗岛和龙游岛间填海造地工程于 1992 年开工,在两岛间修建了 22 公里的大坝,围出 156 平方公里土地。首先建成了仁川现代化国际空港(图 2),满足韩国和城市发展多方面的需求,最终发展为自由经济区。仁川国际空港是韩国最大的民用机场,是国际客运及货运的航空枢纽,是亚洲第 6 位最繁忙的国际机场。据瑞士日内瓦国际机场协会(ACI)2006 年至 2011 年的调查,仁川国际机场取代新加坡樟宜机场连续六年获得"全球服务最佳机场"第一名。

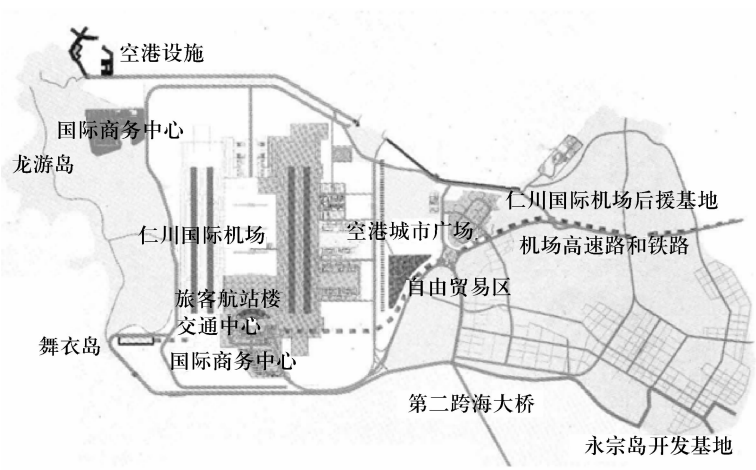


图 2 仁川国际机场规划

永宗岛空间分为三大区域(图 2):西部为机场区、西南侧为国际商务区和东侧为机场后援基地,各功能区由机场高速公路相连。未来的机场后勤基地和永宗岛将建设成空港综合城市。在机场地区西侧与永宗岛相连的龙游岛及龙游岛

以南的舞衣岛,作为空港城综合功能的延伸,结合岛上优美的自然风景,规划建设国际旅游综合设施,发展有特色的旅游休闲项目。主要优惠政策包括:企业可以 BOT 方式参与投资建设,运营期最长 50 年;外资企业根据不同行业和投资规划可在今后 5 ~7 年内享受免税等优惠政策;进口货物的免税优惠政策等,是韩国仁川自由贸易区的三大组成部分之一。

(三) 巨济岛开发

巨济岛是韩国第二大岛屿,面积约 400 平方公里,具有蜿蜒曲折的岸线,是世界造船业的中心,也是著名的旅游岛。20 世纪 70 年代韩国政府在巨济岛建设了玉浦造船厂(1973)(现大宇造船厂)和三星造船厂(1974),造船基地主要通过围填海造地来满足用地需求。经过不断的发展,大宇造船厂和三星造船厂成为世界著名的造船企业。根据克拉克松统计至 2011 年底,三星船厂手持订单 826.9 万 CGT(179 艘)居世界第一,大宇船厂 749.9 万 CGT(159 艘)居世界第二,获得了全球大型油轮、LNG 船、钻井船、FPSO、大型集装箱船和高端海洋装备订单的绝大部分。韩国的造船业也因这两家造船企业而提升到了新的层次(图 3)。近年来,巨济岛的旅游业发展迅速,主要依托海岛上优美的自然风貌和人文景观,并结合影视宣传推销海岛旅游。



图 3　三星巨济船厂 FPSO 和大宇船厂 LNG

三、韩国无居民海岛开发和保护

韩国把无人岛划分为绝对保护、准保护、可利用、可开发四种类型。为确保

海岛的合理开发,韩国对610个无人岛进行了调查,并确立了不同开发类型的数量(表3)。

表3 韩国部分无人岛开发计划

类型	可开发	可利用	准保护	绝对保护	
数量(个)	610	49	389	161	11
面积(1000 m^2)	16706	3213	6536	3869	3088

(一)绝对保护型海岛的保护

绝对保护型海岛包括行为限制和出入限制,行为限制包括禁止建设或重建建筑物、围填海、矿物开采、地下水开采、捕猎野生动物、养殖牲畜、倾倒垃圾、露营以及其他破坏自然环境的行为等。进入限制包括除军事用途、自然灾害救援、紧急情况疏散和原住民的耕作、捕鱼等活动外,其他一律禁止。无居民海岛还确定了监控计划,对受损海岛实施精密调查,开展生态修复,对不能修复的岛屿再重新进行管理模式的制定。绝对保护型的海岛如金吾岛(Jinwoodo),它位于釜山南部沿海地区,面积982 m^2,地处洛东江河口和文化遗产保护区内,有濒临灭绝的物种,过去曾有居民,现在划为绝对保护海岛。

(二)准保护海岛保护

准保护海岛的行为限制和绝对保护的海岛相同。在出入限制上,允许为保护自然环境和生态系统的临时性进入。准保护的海岛如金尺岛(Gyengchido),位于韩国南部海域,面积213 m^2,被指定为国家公园、灯塔及海蚀崖保护区。

(三)可利用海岛开发和保护

可利用海岛行为限制在海洋休闲旅游、观光、生态教育、以休闲活动为目的的野生动物捕猎活动,但是禁止改变海岛的形状。可利用海岛如位于全罗南道的比萨岛(Bisado),主要以茂密的阔叶林为主,允许在海岛周边捕鱼。

(四)可开发海岛

可开发岛屿的开发方式包括观光、农业开发、林业开发、科研和调查、军事历史开发、资源开采等,通常是多种方式相结合的开发,多有私人承担开发。在岛屿面积达到3000 m^2,或开发区域达到海岛全面面积的10%,修建四层以上建筑

的需要制定开发计划并经国土海洋部、地方港湾厅和海事部门的批准。33 m^2 以下用于农业、林业和 250 m^2 以下用于渔业开发的可不用制定开发计划。

1. 观光为主的开发

尾岛(Waedo)面积 145 000 m^2,1973 年由私人购买开发。在农业和养殖开发失败后转为观光开发,在 1990 年建成了国家海洋公园,岛上的植物以人工种植为主,旅游设施的建设以环保为原则,年旅游人数达百万以上。江沙岛(Jangsado)位于统营市,面积 390 000 m^2,1970 年约有 14 户约 80 人居住,1980 成为无人岛,1996 年私人购买后开发,2011 年完成一期工程建设。幽寂岛(Eumjido),位于巨济岛以北,面积 82 505 m^2,主要是借助战争历史进行开发,建造了海战体验馆和海洋生命主题公园,由海军免费提供退役军舰供人游览。

2. 综合型开发

(1) 独岛开发

独岛(日本称为竹岛),独岛面积约 0.187 平方公里,韩国与日本有主权争议。韩国采取抢先占领的手段,在独岛设立了港口、海洋观测站、开发旅游(图 4),并成立了国家独岛研究所。近年来,韩国政府出资以韩英中日四国语言出版《独岛是韩国领土》教材,以外国游客、留学生及在韩外国人为对象,加大对独岛是韩国领土的宣传。2006 年,韩国派遣 30 名警察在岛上执勤,并由韩国电信公司为岛上居民提供电话服务。2010 年韩国对独岛原有建筑进行了扩建,总面积为已有建筑的 3 倍以上,高度由 2 层变为 4 层,并制定了新的移民计划。并任命露梁海战胜利的柳珩将军(1566—1615 年)的子孙为全权负责独岛警备的郁陵警备队长。

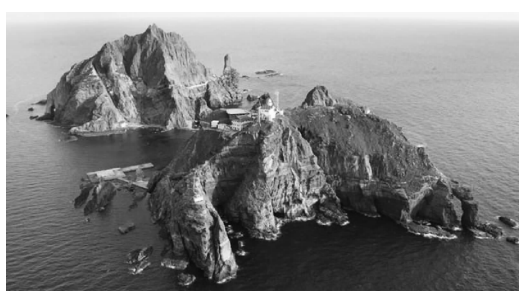


图 4 独岛

(2) 苏岩礁开发

苏岩礁(韩称离於岛)位于东海北部海域,是一处水下暗礁。2000 年起,韩国不断采取变“礁”为“岛”的动作,并在苏岩礁建设海洋科学研究基地(图 5),2003 年 6 月竣工。该基地位于苏岩礁最高峰的南侧 65 m 处,为钢筋建筑物,水下 40 m,水上 36 m,重 3600 t,面积约 1320 m^2。基地建有直升机停机坪、卫星通

讯、雷达、灯塔和码头。基地由韩国海洋研究院负责管理,可驻 8 名研究人员,15 天轮换一次。韩国还制定了“离於岛日”。2012 年,韩国高调对外宣布将成立“独岛离於岛舰队”并决定为该舰队配备数量可观、性能一流的舰艇,同时计划在今后 5 年内向该舰队投入约 60 亿美元的经费。



图 5 韩国在苏岩礁的海洋科学基地

四、韩国海岛开发对我国的启示

(一) 海岛开发的原则

1. 坚持保护优先、远近并重

海岛战略价值重大,生态环境脆弱,在开发的过程中要坚持保护优先的原则,要把海岛的生态保护放到突出重要的位置,坚持在保护中开发,杜绝破坏性开发。《联合国海洋法公约》赋予海岛巨大的战略价值,在海岛开发过程中必须树立远近并重的理念,近海较大岛屿的开发可以在短期内解决经济发展的问题,但远海小岛或者领海基线岛的保护和开发是确保主权、经济可持续发展的重要保障。

2. 对有争议岛屿,采取占领为先的原则

从国际仲裁的判例来看,先占是判定争议岛屿归属的重要依据。韩国对独岛、苏岩礁采取了先占原则,使日本和我国维权被动。我国与周边国家存在岛屿争端,我们要主动出击,抢先占领争议岛屿。在南海争议岛礁面积小、不适合人类生存情况下,可以通过修建人工岛、大型平台、大型浮岛等多种方式来实现占领、控制。采取占领为先的原则,尤其后两者可以在陆地施工,拖到岛礁安装,成本低、速度快。初步核算 50 m 水深的大型平台,高出水面 10 m,不包括其上设

施,平台每 10 000 m^2 造价 10 亿元左右,其上可以安装太阳能、风力发电、海水淡化设备,生活、娱乐设施,用于生产、生活、国防、科研。岛礁还可通过发展海洋产业达到占领的目的。例如,在岛礁周边开发油气资源、进行渔业、旅游业、海洋科学研究等,建立开发与保护相关的科学研究基地。“海洋石油 981”平台进军南海,是一个良好的开端。

(二) 完善海岛开发各项立法,吸引留住人才

从韩国的海岛开发历程可以看出,完善的立法是确保海岛可持续开发的重要保障。虽然我国制定了《海岛保护法》和其他的配套制度,但海岛保护法作为基本法,多为原则性规定,可操作性不强。配套制度多为规范性法律文件,法律层次较低,多为调整行政执法内部行为,对行政相对人的规范作用不强。需要尽快制定海岛保护法实施细则,提升相关配套制度的法律地位。

海岛工作条件艰苦,难以留住人才。建议出台相关政策,对在海岛长期工作人员做出规定,鼓励精英、科技、管理人才上岛,提高工作、生活待遇。

(三) 提升海岛管理水平

目前海岛由国家海洋局管理,行政机关的级别低,无法统领全国的海岛管理,这也是我国海洋管理面临的一大难题。应进行海洋管理的大部制改革,以此来统领全国的海洋、海岛管理工作。

1. 对海岛开发、保护制定高标准的规划

不要过分强调硬件设施的建设,避免引发大规模的海岛建设性破坏,要注重海岛软件设施的建设,如提高海岛管理水平、相关技术研发水平、海岛公共服务的水平和质量、居民海岛保护意识等,实现海岛的可持续发展。

2. 积极进行海岛调查,摸清我国的海岛情况

迄今为止中国仅在 20 世纪 80 年代开展过全国范围的、较为系统的海岛调查。改革开放以来,海洋经济快速发展,海岛资源生态、开发利用情况等发生了巨大变化,调查研究工作跟不上经济发展。要尽快实施《海岛保护法》确定了每 10 年一次的海岛综合调查计划,特别是对 500 m^2 以下的海岛进行全方位的调查,建立海岛数据库,对海岛进行变更登记。

3. 实行差异的海岛管理思路

对有居民海岛和无居民海岛实行差异的管理思路。对于有居民海岛,要优化海岛的产业结构,加大对海洋新兴产业的支持,实现海岛产业的优化升级。对无居民海岛,实施分类保护,划分为绝对保护海岛,采取严格的行为限制和出入限制;准保护海岛,允许临时性进入;可利用海岛,严格限制改变海岛地形和岸线的行

为,坚持生态开发;对可开发海岛,坚持适度开发和保护型开发的四个等级原则。

(四)制定优惠政策和准入制度,吸引多方投资

济州岛、仁川国际机场的开发均得益于优惠的政策。我国的海岛开发也应制定包括税收、土地、关税、外汇、教育、医疗等各方面的政策吸引外资的进入。具体包括:第一,寻求更大的开放政策的支持,采取更加开放的出入境政策,逐步扩大免签国家范围、延长免签时间等。第二,给予进驻企业税收、关税、外汇等方面的优惠。第三,鼓励发展国际教育培训产业,对进驻企业提供落户、物流、设施、管理流程、法律咨询等全方位的服务。第四,发展医疗休闲产业,建设以中医疗法和生态疗法为主的国际中医疗养中心,弘扬中国传统文化和特色。济州岛、巨济岛等海岛的开发经历了近 30 的时间,是一项耗资巨大的工程,在吸引多方投资的同时要做好对投资方实力的调查,避免重大问题产生。

(五)发展多种海洋产业,促进海岛产业合理布局

海岛的开发是一项资本密集型和科技密集型的产业,需要强大的资金和技术做后盾。从海岛整体开发来说,第一、海岛的开发需要持久的能源供应,因此要大力发展新能源产业。韩国济州岛基于《能源基本法》确定了能源发展计划,对新能源发展给予各项鼓励,包括:对基础设施建设的贷款支持、关税补贴、对新兴能源企业的支持、对新能源消费的支持。我国在海岛开发过程中也应结合海岛自身特点,制定相应的能源开发政策,包括风能、温差能、波浪能、太阳能等。第二,要大力发展海洋观测和预报产业。海岛的开发需选定海洋灾害相对较少的岛屿进行开发,这就需要研发精确的气候观测、地质观测等多种观测和预报技术,另一方面为已开发或正在开发的海岛提供精确的预报。

从单个海岛开发来说,要制定长远发展规划,优选产业,促进产业的集聚和优化整合。严格控制入驻企业的标准,引进制造业的产业链高端和现代服务业,吸引国际跨国公司和专业化科技企业及国内知名的现代服务企业。应避免与现有各开发区重复,突出产业的特点。大力发展第三产业,如商贸服务、金融业、现代物流业等。并逐步发展面向市场的知识密集型高新技术产业,如电子、生物工程等。从较长远来看,还要将信息咨询业、旅游业等作为后续的产业支撑点。

(六)降低交通成本,增强海岛交通的经济性

低运价政策对促进济州岛旅游人数的增加有重要作用,推进了济州岛就业机会的增加和旅游收入的提高。政府采取了一系列的措施来支持低运价政策的执行,包括完善公共基础设施建设、管理运作系统、规划和人力资源培养等。同

时要避免低价乘客和传统乘客的冲突,改变现行机场运作模式,建立新的针对传统乘客和低价乘客的服务标准,并指出低价政策也要考虑到航运容量和当地景点的容量,坚持可持续发展的原则,避免过度利用。中国的机场也应该进行统筹规划,使航空运输平民化,刺激收入相对较低的人群的旅游需求。

参考文献

1. Kim K N. Ecotourism Development of the Republic of Korea. Seminar on Sustainable Development of Ecotourism in Pacific Island Countries, 17 – 18 October 2001, Suva, Fiji.

2. 梅宏. 韩国的海岛立法与管理. 中国海洋报, 2011 年 5 月 19 日.

3. 常晓华. 韩国济州岛:进发“国际自由都市”[J]. 中国经贸导刊, 2004, 16:53.

4. 吴士存. 济州模式的海南思考[J]. 今日海南, 2008, 8:32 – 33.

5. http://www.zgcsjs.org.cn/js.asp? id=2098&td=js.

6. 顾向荣. 汉城仁川国际机场的规划建设[J], 北京规划建设, 2001, 6:72 – 74.

7. 张琳. 韩国仁川机场自由贸易区[J]. 中国物流与采购, 2008, 17:37.

8. http://www.shipol.com.cn/xw/cshq/206224.htm.

9. http://www.shipfestival.com/cn/? mode=festival2.

10. http://chinese.visitkorea.or.kr/chs/SI/SI_CHG_2_11.jsp? cid=298714#3.

11. Jung J H. Korea's examples from conservation, utilization, development in uninhabited islands. 2nd International Seminar of Korea – China maritime cooperation (April 18, 2012).

12. http://www.chinareviewnews.com.

13. http://www.zgcsjs.org.cn/js.asp? id=2098&td=js.

14. http://www.gov.cn/jrzg/2011 – 03/11/content_1822745.htm.

15. Park Y C, Kim D S, Huh J C, et al. New and renewable energy policies of Jeju Island in Korea. World Renewable Energy Congress 2011—Sweden, 8 – 13 May 2011, Linkoping, Sweden.

16. Chung J Y, Whang T H. The impact of low cost carriers on Korean Island tourism. Journal of Transport Geography, 2011, 19:1335 – 1340.

海岛开发与保护模式探讨

刘 康

山东海洋经济研究中心,青岛

一、前言

海岛类型的多样性和资源环境的不确定性,使得国际海岛开发与保护活动具有多元化属性,处在不同区域及社会经济发展阶段的海岛存在显著的差别,但不乏一些共性因素。传统的海岛开发除了海岛陆地上有限的土地与矿产资源外,主要依赖海洋生物资源、滨海旅游资源及港口资源等地方优势资源,是一种典型的"资源依赖型"经济,对海岛自身脆弱的资源和环境承载力具有显著的影响。随着经济全球化和环境保护主义的深入发展,海岛可持续发展理念及海岛自身的生态环境与生存压力迫使海岛社会进行变革,农牧渔业等传统海岛产业快速弱化,以旅游、金融为代表的海岛服务业的兴起成为国际海岛开发的新趋势,保护性开发成为国际海岛开发与保护的显著特征。

二、国际海岛开发经验

(一)海岛发展影响因素

海岛作为一种特殊类型的经济体,面积狭小、位置偏远、生态环境脆弱等自然地理因素所造成的内部市场的有限性、过于专业化、细分市场、规模不经济、交通制约、出口导向、进口依赖等都成为海岛经济发展的不利因素。Sufrauj 认为[1]:面积小与位置偏远可能是妨碍海岛经济发展的主要因素,但从另一个角度来看,位置偏远、面积狭小提高了经济开发的成本,降低了外部投资的积极性,在一定程度上抑制了海岛开发的冲动,降低了海岛开发的规模和范围,维持了海岛传统社会文化与自然生态环境,同时也从根本上避免了未来海岛保护与恢复的巨大投入,有利于海岛自然生态环境和传统社会文化的保全。

(二)基本发展模式

20 世纪 80 年代,Bertram and Watters(1985)提出了 MIRAB 模型,即人口迁

移、汇款与援助以及官僚体制模型,认为海岛国家通过出口劳动力和国际事务权利(联合国投票权等)来实现海岛经济发展,依靠来自雇主国的劳动收益汇款和国际援助来维持标准生活水准。除了宗主国及其他国际援助外,劳务输出和初级农林牧渔产品出口是海岛地区的主要外汇收入来源。

进入20世纪末期,很多海岛地区的社会经济结构发生了显著的变化,传统的海岛发展思路面临很多挑战,一些研究者开始总结新的海岛发展模式。通过对北大西洋海岛的深入研究,Baldacchino and Milne(2000)发现:像海岛这样的小型社会,通过控制海岛社会无形的弹性管理状态来建立海岛管辖权利框架,包括来自于中央政府的税收、金融、资源、贸易及其他特许权等。这种所谓的PROFIT模型强调海岛政策的灵活性和创造性,以及动态变化的私有部门。通过制定灵活的海岛开发与对外交流政策,从中央政府争取有关劳动力(人口迁徙)、资源、对外事务管理、财政金融和交通运输的权利[2],实现海岛社区权益的最大化。

随后,McElroy(2006)引入了第三种发展模型,即所谓的SITE模式来解释位于暖水海域的小型海岛旅游经济体发展,特别是在加勒比海地区。作为传统海岛农林牧渔业的替代产业,多样化、劳动密集型的海岛旅游开发及其相关建筑业的发展作为海岛现代化发展的主要引擎[2]。

(三)海岛发展路径

除了少数超大型海岛,如日本列岛、英伦三岛、台湾岛等遵循大陆经济一般发展路径外,绝大多数海岛经济发展趋于高度特色化,初级生产与服务业等部门占优势,很少以制造业为主。主要发展路径包括两大类[3]:一是以经济增长为核心,通过进口替代、开发新市场、寻求援助及劳务输出等推动海岛发展;二是鼓励以人为本的海岛开发活动,通过参与式互动过程和满足居民基本需要来驱动海岛发展。

以经济增长为核心的海岛开发路径存在两种基本导向,一是以旅游业发展为核心的服务型海岛经济体,重点开发海岛旅游资源,结合海岛休闲渔业和乡村旅游开发,推动海岛传统农林牧渔业向休闲旅游等现代服务业的转化,其前提是海岛具备独特的海岛旅游资源和休闲度假吸引力;二是充分利用海岛的港口与岸线资源,发展港口物流、临港工业及金融商务服务等产业,以装备制造、水产品加工、石化等现代工业替代传统产业,并以此带动仓储物流、商贸金融等相关服务业发展,以取代传统的海岛农业和手工业,其前提是海岛具有充足的土地空间和资源环境承载能力。

以人为本的海岛开发路径体现了海岛可持续发展需求,即充分尊重海岛独

特的自然环境属性,以海岛自然生态系统保全和海岛社区文化传统维护为前提,实现海岛经济与社会环境的协调发展,其重点在于海岛的保护。发挥海岛社区的参与和决策权力,通过传统产业的优化和新型生态产业的开发来减少海岛开发的不利影响,通过海岛保护区建设来促进海岛生态环境的保护和自然生态系统的修复是该路径的核心要素。

三、海岛开发模式

海岛开发建立在海岛独特的资源与地理空间基础上,在不同的海岛资源、地理位置、土地空间、经济基础和社会文化传统共同作用下,形成各具特色的海岛开发模式。对于多数大中型海岛或群岛而言,以经济多元化发展为核心的海岛综合开发模式更适合海岛经济的健康发展,但对海岛交通、水电等基础设施有着更高的要求,其环境影响力和外部依赖性也更强;相对而言,小微型海岛则更多地采用专业开发模式,围绕特定的市场开发,强化专业竞争优势,以满足小微型海岛多样化的发展需求。

(一)综合开发模式

综合开发模式适用于面积较大,具有一定土地资源和劳动力基础,能承载多种产业发展的大中型海岛或群岛,其经济发展依托至少一个具有比较优势的产业或产业类群,面向大陆专业化市场以及海岛内部综合性市场需求,通过整合海岛内外部资源,形成多元化的海岛产业发展集群。综合开发模式主要包括农业综合体、工业综合体和旅游综合体三大类。

农业综合体建立在传统的海岛土地和渔业资源基础上,依托传统的农牧渔业基础,并逐步向农牧渔业产品加工及相关服务业拓展。该模式建立在传统产业发展基础上,属于典型的资源依赖性产业体系,是海岛开发的初级模式,对外部资金和人才、技术的依赖性较低,对海岛基础设施和自然环境质量的要求也不高,但市场竞争力和经济效益也有限,且受制于多种内外部因素的影响,经济波动性较大,是很多发展中国家大中型海岛开发初期的现实选择。

工业综合体是依托海岛的港口与岸线资源,充分发挥海岛的海上运输与物流优势,带动海岛临港工业及相关生产性服务业发展。该模式对海岛地理区位、港口建设、海上运输能力、土地空间、水电供给及海岛生态环境有很高的要求,不仅需要海岛的自然生态环境与资源具有一定的产业承载能力,而且需要海岛具有相当的产业基础设施、劳动力供给、技术保障与市场开发能力,特别是工业发展所必需的能源和淡水供给。

旅游综合体是依托海岛独特的旅游资源,围绕海岛休闲旅游开发形成一个

海岛服务产业集群,以适应海岛独特的自然生态环境和地理区位条件。优越的自然生态环境和独特的休闲旅游资源,包括自然与人文旅游资源是海岛旅游综合体开发的前提,而高品质的旅游基础设施建设和充足的水电供给与废水、垃圾处理能力是海岛旅游综合体健康发展的重要保障,这就需要海岛具有一定的土地空间和资源承载力,特别是对大众型海岛旅游开发的承载容量。

(二)专业开发模式

专业开发模式适用于面积较小,资源和环境承载力不足,只能依托有限的海岛空间和特定资源类型,借助外部的人力、财力和物力,面向海岛外部市场,进行专业化市场开发,来满足海岛多样化的发展需求。相对于综合开发模式,海岛专业开发模式的产业类型单一,市场风险承载能力下降,发展不确定性提高,但专业化程度的提高却有利于发挥海岛的相对竞争优势,最大限度地减少不利因素的制约。

专业开发模式主要包括农林牧渔岛、休闲度假岛、物流仓储岛、工业岛和能源岛等形式,其中:

传统农林牧渔开发是历史上绝大多数海岛的基本产业活动,多数小型海岛的农林牧渔开发以满足海岛居民生存为主,是典型的生存型经济。现代海岛农林牧渔业发展尽管已超越“自给自足”定位,但资源依赖度依然很高,资源赋存度在根本上决定着海岛农林牧渔业的发展潜力。相比较工业和旅游等服务业开发,传统海岛农林牧渔业发展难以实现海岛经济的快速发展和海岛居民收入的大幅提升,但对于大多数不具备工业和旅游业开发能力的海岛来说,农林牧渔业发展仍将是海岛开发长期的现实选择。

休闲度假岛是多数具备休闲旅游度假资源海岛进行产业结构调整的重点导向,特别是那些处在暖水海域,受西方游客偏好的 3S 型旅游度假地。休闲度假岛开发除了对海岛旅游资源的高度依赖外,对外部资本和市场的依赖性也很高,靠近主要客源国市场、完善的旅游基础设施以及旅游地现代化是大众型海岛旅游开发的前提条件。休闲旅游岛开发对海岛生态环境有很高的要求,但旅游开发也给当地带来一定的环境压力,特别是外来文化给海岛传统文化所带来的巨大冲击,直接影响到海岛旅游的可持续性。

海岛特有的深水岸线和港口开发优势,以及海岛的隔离性和封闭性为海岛物流仓储提供了便利条件。物流仓储岛开发需要大量的资本投入和工程设施建设,可能对海岛环境产生显著的影响,在一定程度上改变了海岛的自然环境状态,也改变了海岛传统的产业结构。物流仓储岛建设可以带动海岛临港加工业的发展,但对传统的农林牧渔业和旅游业发展具有不利影响,适合地质条件稳

定,邻近工业区或大型港口的海岛。

海岛工业开发存在先天的不足,包括交通、原材料、市场及劳动力等诸多不利因素,但也并非一无是处。工业岛模式可以充分发挥海岛的岸线资源和海上运输优势,显著地减少了大型制造业基地或钢铁基地等对大陆稀缺土地和岸线资源的占用,有效降低了与其他产业发展的冲突。

能源岛主要是利用海岛丰富的海洋可再生能源,为海岛自身及周边海岛,甚至大陆提供清洁电力。能源岛开发取决于海岛的能源开发条件,尽管需要一定的工程建设,但对海岛自然环境的影响有限,而且可以与其他产业发展互为补充,有效地缓解海岛能源短缺的问题。随着海洋可再生能源利用技术的突破,能源岛将成为众多海岛能源开发的普遍模式。

(三)战略开发模式

海岛战略开发模式的重心不是经济收益,而是海洋国土或国家海洋经济安全。该模式主要以国家和地方政府投入为主,主要目的是为国防安全、外海资源开发和海洋科技开发提供战略保障,包括海上防卫基地、远洋补给基地及海洋科研基地等。

海上防卫基地主要由国家投资建设和军方管理,具有军事防御、宣示主权、海洋观测、通讯导航等功能,对确保国家海洋主权和海域管辖权的意义重大;远洋补给基地以海上运输、远洋渔业和海洋科考服务为主,一般建立在远离大陆、处在重要交通航线附近的海岛,为海上运输船只和远洋捕捞船只提供应急救援、船舶维修、燃料、淡水、生活用品等服务;海洋科研基地包括海岛试验场、海岛观测站、海岛测试基地等,对海岛的自然生态系统和周边海域状况具有很高的要求,不同的科研领域具有特定的研究需要,包括海岛特有的生态系统类型、资源类型和基础设施建设条件等。

四、海岛保护模式

从国际海岛发展历程来看,海岛保护模式可分为两大类,一类是保护中的开发,即以保护为主,开发为辅;一类是开发中的保护,即以开发为主,保护为辅。两类海岛保护的实施力度和形式有所不同,前者是主动型保护,后者是被动型保护。主动型保护主要是设立各类海岛保护区,采取多种措施来限制海岛开发活动;被动型保护则更多地通过制定法律法规,依法采取一些应对性的保护措施,包括生境保护、污染物排放、生态系统恢复等,通过管理政策引导和行政执法来实施海岛保护。此外,一些海岛军事区、位置偏远难以进入的海岛,以及一些没有开发价值的无人岛也在客观上形成了对海岛生态系统的保护。

（一）被动保护模式

以开发为主的海岛被动保护主要建立在法律规制基础上，是最普遍采用的海岛保护模式。通过制定相关法律法规或政策措施，在开发过程中依法依规实施保护。在这种保护模式下，只要不违反相关法律条例规定，且没有出现明显的环境影响，海岛开发活动就不会受到限制，其保护效率受制于相关政策法律的科学性和合理性，以及相关执法的严谨性和有效性，这也造成短期的经济开发形成长远的环境破坏问题。

（二）主动保护模式

海岛主动保护是通过建立不同类型的海岛保护区，通过分区规划和严格的限制措施来完成对海岛生态系统及其传统社会文化遗产的保护。海岛保护区可分为严格的海岛自然保护区模式和兼顾海岛保护与开发的海岛特别保护区两大类，其中，海岛自然保护区属于国际保护联盟规定的严格的保护区类型，其核心区域除了必要的科学考察研究活动外，一般禁止任何形式的人类开发活动，但保护区外围区域可开展与保护目的不存在冲突的适度的开发活动，如生态观光旅游和传统渔业。海岛特别保护区兼顾海岛保护与开发功能，是很多海岛在开发的同时维护海岛环境健康所采取的重要方式。这种模式符合很多海岛开发与保护的现实需求，满足了海岛资源开发的需要，与合理的海岛资源开发活动并不冲突，但对开发活动的类型和开发程度具有一定的要求，需要符合一定的管理规范和环境影响评价标准。

五、结语

海岛属性的多样化决定了海岛开发与保护模式的多样化，不同海岛开发与保护模式的选择建立在海岛不同的自然地理、社会文化、经济发展、政治体制与管理机制基础上，需要依据不同的目的和内外部条件来取舍，以满足多样化的海岛发展需要。

对于绝大多数中小型海岛而言，其独特的自然地理条件决定了海岛开发的专业化导向和保护性开发基础。成功的海岛开发与保护不仅需要海岛社区的有效管理，也需要海岛外部的大力扶持。充分发挥海岛的优势，实施海岛特色开发，并将海岛经济有机地嵌入区域经济发展体系，实现陆岛一体化发展是海岛实现可持续发展的重要保障。

参考文献

1. Sufrauj S. Islandness and remoteness as resources: Evidence from the tourism performance of small remote island economies (SRIES). European Journal of Tourism, Hospitality and Recreation, 2011, 2(1): 19 – 41.

2. Oberst A, McElroy J L, Contrasting socio – economic and demographic profiles of two, small island, economic species: MIRAB versus PROFIT/SITE. Island Studies Journal, 2007, 2(2): 163 – 176.

3. Kerr S A. What is small island sustainable development about? Ocean & Coastal Management, 2005, 48: 503 – 524.



刘康 1968 年出生,现任山东社科院海洋经济研究所区域经济研究室主任,副研究员。主要研究领域包括海洋区域经济、海洋开发政策与海岸带管理。近年来,主持完成国家社科基金 1 项,省社科基金重点项目 2 项;参与完成 10 余项国家自然科学基金、国家社会科学基金及省部重点研究课题,独立或合作发表论文 40 余篇、专著 5 部、研究报告数十篇。

新区时代对舟山海岛开发转型的思考

孙 丽 等

国家海洋局第二海洋研究所,杭州

一、前言

2011 年 3 月,十一届全国人大四次会议审议通过的《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》以及几乎同时批复的《浙江海洋经济示范区规划》中,都明确提出了重点推进浙江舟山群岛新区发展,这意味着舟山的发展已经上升并纳入国家发展战略规划的层次。6 月 30 日,国务院正式批准设立“舟山群岛新区”,这是继上海浦东新区、天津滨海新区、重庆两江新区后,党中央、国务院决定设立的又一个国家级新区,也是我国首个以海洋经济为主题的国家战略层面新区。新区时代的到来并不仅仅意味着舟山市将走进经济特区的行列,更是对舟山的经济发展提出了更高的标准和要求。由于特殊的地理位置和资源属性,舟山的社会经济发展以海岛经济为主,可以预见,在设立舟山群岛新区的时代背景下,舟山的海岛开发正面临一次重要发展机遇,这必将成为舟山海岛开发的一次里程碑式转折。

二、新区时代机遇与挑战并存

舟山具有优越的战略区位、举世罕见的港口岸线、丰富的海洋海岛资源、扎实的海洋产业基础、日益完善的海洋海岛开发管理机制,“浙江舟山群岛新区”的建设具有特殊的重要意义。在国家、省、市的“十二五”规划正式进行、《规划》即将得到审批实施之时,舟山经济正处于转型的关键时期,海岛开发面临着机遇与挑战并存的局面。

(一) 地理位置优越,发展空间巨大

舟山新区处在我国东部海岸线和长江出海口的组合部,既是我国南北航线的中点,扼守我国南北海运和长江水运的“T”型交汇要冲,也是东亚航线的中点,占据有利的停靠补给的地理位置。同时,舟山又位于长江航线的入海口,是江海联运和长江流域走向世界的主要海上门户。此外,舟山还拥有罕见的深水

岸线,具有良好的建港条件(图 1)。全市港域内适宜开放建港的深水岸线 54 处,总长 282 公里,占全省的 55.2%。在可供开发的 54 处岸段中,未开发利用(包括部分未开发)的岸线 41 段[1]。按照舟山的区位优势和《浙江舟山群岛新区空间发展战略规划》、《舟山市国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》等规划内容,舟山市在港口建设方面的发展空间巨大,可充分发挥舟山具有独特的战略区位优势和丰富的深水港口条件,大力建设综合性国际枢纽港,积极建成我国重要的大宗散货国际性、综合型枢纽港和外贸集装箱集散基地。



图 1 舟山群岛地理位置图

(二)海岛资源丰富,开发前景良好

根据《浙江舟山群岛新区空间发展战略规划》,将舟山规划成为海洋产业岛和国际休闲岛,主要是由舟山群岛丰富的海洋资源决定的。舟山境内拥有大小海岛将近 2000 个,约占浙江省海岛总数的 1/2,依托海岛存在的渔业资源、旅游资源都具有良好的开发利用价值。舟山是中国最大的海水产品生产、加工、销售基地,舟山渔场是全国最大的渔场,共有海洋生物 1163 种,主要经济海水产品 40 余种[2]。“海洋产业岛”的规划将促进舟山海洋渔业及加工业的转型和升级,并建设成为全国一流的现代海洋产业基地。舟山保存完好的海岛自然景色蕴藏着丰富的景观旅游资源,浓郁的海洋宗教习俗蕴藏着丰富的文化旅游资源。“国际休闲岛”的规划使舟山的海岛旅游资源开发具备了更为广阔的空间,为舟山发展成为世界一流的休闲度假、宗教文化、休闲旅游胜地提供了良好的契机。

（三）先行先试优势，探索海岛开发新模式

舟山群岛新区是我国首个以海洋经济为主题的国家战略层面新区，具有先行先试的优势。海岛是舟山海洋开发的前沿和核心，舟山群岛新区的先行先试必然意味着海岛开发及管理的先行先试。目前我国的海岛经济粗放发展方式尚未得到根本性扭转，加上陆源排海污染管理联动不够严密、海岛法律法规仍在完善等原因，我国海岛资源利用水平整体上尚不高。舟山群岛新区的设立，要求舟山有责任先行开创海岛转型升级新途径、先行推进我国群岛开发开放新模式、先行探索海岛资源保护开发管理体制机制。

（四）任重道远，保障和维护经济、权益安全

舟山群岛新区是一个综合性的概念，包括经济、政治、文化、社会、生态五大方面。经济社会发展的阶段特征和资源国情决定我国战略性资源物资需要大量进口，长三角及长江流域是消耗资源物资的主要区域。而这些战略物资将主要通过海上运输从境外到达我国。舟山群岛被定位为国际物流岛，肩负着增强国家大宗战略物资储备中转能力，确保我国特别是长三角地区大宗战略物资储运中转安全的重任。从我国疆域看，唯独舟山群岛和台湾岛真正深入太平洋，无论是拓展战略空间，还是维护国防前哨阵地，舟山都是重要战略支点和桥头堡。建设浙江舟山群岛新区，有利于将舟山打造成为我国面向世界各大洋拓展战略空间的前进基地和海上综合支撑基地，成为我国开发、保护、利用东海油气、海底多金属核等海洋战略资源的前沿阵地。

三、海岛开发存在的问题及工程导向

《舟山市国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》中，明确了将舟山建设成为大宗商品国际物流基地、现代海洋产业基地、国家级海洋科教基地和群岛型花园城市的措施和目标。2011 年为落实国家海洋经济战略，促进新区跨越发展，舟山市组织有关单位编制了《浙江舟山群岛新区空间发展战略规划》（以下简称《规划》），提出了舟山群岛新区“四岛一城”的空间发展战略目标，即将舟山建设成为国际物流岛、自由贸易岛、海洋产业岛、国际休闲岛和海上花园城。纵观舟山市的海岛开发，虽然位于全国前列，且已具备一定规模，但其经济社会综合效益依然不高，对社会发展的整体贡献仍未完全发挥，在新区建设的大背景下，亟须转型升级。结合舟山群岛的功能定位，将舟山市的海岛开发分为港口物流工程、临港工业工程、滨海旅游工程、海洋渔业工程、清洁能源工程、海洋科教工程、海洋生态工程七大类。

(一) 港口物流工程

舟山现有的港口物流模式主要为运输、中转、仓储、装卸搬运,基本都是比较传统的物流功能,缺少流通加工、配送、保税和信息这些高端物流或者物流附加值高的功能。而且舟山现有的港口岸线开发较为分散,规模化、集约化港区较少。国际物流岛的建设要求舟山港口物流业从传统的物流向更高层次的方向发展,要求舟山的港口不仅仅要服务于我国的长三角和华东地区,更要将辐射区域扩大到全国乃至东北亚,建成国际中转和国际贸易中心。要实现该目标,应通过引导港口物流业从中转式物流向商贸型综合物流转变,促进港航物流集聚发展。港口物流工程主体导向为大物流、一体化、国际化。主要发展路径:(1) 建设"大物流"工程。在金塘、六横、衢山、洋山、舟山本岛建设大型港口物流园区,促进物流发展区域集聚;(2) 建设"一体化"服务工程。港口建设与物流园区联动发展,将进口、储存、中转、运输、加工、贸易及其他各项业务贯穿起来,拓展港口供应链模式;(3) 建设面向国际的枢纽大港。充分借助浙江舟山群岛新区先行先试的政策,积极建设自由港、自由贸易区及保税港区。

(二) 临港工业工程

舟山工业最具竞争力和最有前途的是临港工业。由于临港工业对资源、空间的占用比其他工业要大,因此在寸土寸金的海岛上发展临港工业,需要面临更为严峻的考验。临港工业工程与港口物流工程是密切联系、相辅相成的关系。舟山港域现已依托港口物流业形成了以石油、砂矿、煤炭等为主的大宗货物中转和集装箱中转产业,但在临港工业自身发展方面仍不可避免的存在直接腹地不足的问题。此外,舟山的临港工业集群构建尚处于初级阶段[3],临港工业基本处于"低、小、散"状态,舟山特色潜力尚未完全发挥。因此,充分利用舟山港口大进大出的优势,实现临港工业升级,是舟山群岛新区发展的一大要务。临港工业工程主体导向为高集群、多元化、环保型。主要发展路径:(1) 建设高度集群的临港工业工程。依托舟山港口特色,将港口运输与地区经济结构有机地结合起来,重点建设船舶修造业、水产品加工业、重化工业等临港工业基地,形成明显的产业集聚优势;(2) 注重产业的多元化发展。不仅要发展传统型临港工业,更要促进临港工业与区域内部制造业之间的关联互动,延长产业链,如促进传统水产加工业向精深加工、生物制品、生物制药、生物保健品等方向发展;(3) 优先引进环保型项目。综合规划临港工业区的环境建设,优先发展低污染的项目,减少大排放的临港工业项目,注重发展临港工业循环经济,将环境保护与废物综合利用相结合。

（三）滨海旅游工程

舟山拥有佛教文化景观、山海文化景观、历史军事文化景观和海岛渔俗景观1000余处[4]，是全国最早开发海岛旅游的区域之一。经过多年的发展建设，舟山除传统的普陀山佛教文化旅游外，还开发出了多种海洋海岛特色的旅游项目，如宗教旅游、休闲渔业游、影视旅游、节庆旅游、科普旅游、生态旅游等产品类型。目前舟山的滨海旅游主要存在特色旅游开发项目雷同、旅游区域分散、旅游产品低端化等问题。结合新区规划，滨海旅游工程主体导向为集合性、高端化。主要发展路径：（1）整合重组区域资源。链接相邻的旅游产品，形成一种多资源、多品种、高密度、大空间的复合型产品集合，具有高度辐射带动作用；（2）发展高端旅游产品。在优化和升级传统观光型产品组合的基础上，开发建设游轮游、度假游、户外特种运动游等。

（四）现代渔业工程

海洋渔业是舟山最原始的基础产业，长期以来海洋捕捞业是舟山的海洋支柱产业，但随着海洋渔业资源的衰退，捕捞业已经成为舟山的夕阳产业。近年来，在充分利用渔业资源特色的基础上，舟山开发了海水养殖、海水增殖、原/良/苗种场、休闲渔业等多种形式的现代渔业工程。由于发展时间不长，舟山的现代渔业工程存在资源衰退、产品单一、产业化水平不高等问题。现代渔业工程主体导向为农牧化、现代化、休闲型。主要发展路径：（1）建立海洋牧场。在舟山群岛附近的部分海域，设立海洋渔业资源增殖区。通过投放人工鱼礁、人工放流苗种等方式，保护和增殖水产资源，建设和改良沿海渔场。（2）开发现代化养殖模式。在发展传统的池塘养殖、滩涂养殖、底播养殖等模式外，开发筏式养殖、网箱养殖、工厂化养殖以及循环水养殖、深水网箱养殖等新型养殖模式；（3）建立休闲渔业景区，延长产业链。以渔业综合开发为内容，建立起不同层次、不同规模、不同类型，具有观光、垂钓、美食、体验、度假、教育等多种功能的休闲渔业景区，使休闲渔业与旅游业、养殖业、服务业和渔业结合起来，促进各个产业共同发展。

（五）清洁能源工程

舟山现有的清洁能源工程主要有生物质能、太阳能、风能和海洋能开发[5]。生物质能利用主要是沼气生产，太阳能利用主要是热水器，风能利用主要是岛上发电，海洋能利用仅限于潮流能的开发，但仍处于科学实验阶段。总体来看，舟山的清洁能源工程主要存在开发难度大、规模小、成本高、普及率低等问题。清洁能源工程主体导向为低成本、普及性、前瞻性。主要发展路径：（1）开发低成

本技术。引进和开发先进科学技术,采用节能、环保、智能化等关键技术,提高能源利用的技术水平;(2) 普及清洁能源开发成果。大规模开发生物质能、太阳能和风能资源,多途径推广和应用开发成果;(3) 建设海洋能实验基地。提升和转化潮流能研究成果,进一步研究波浪能、盐差能、温差能等海洋能源的开发,为新能源的开发做好准备。

(六) 海洋科教工程

《舟山市国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》中专门提到"建设国家级海洋科教基地"。目前,舟山在海洋科教方面已取得一定的成就,拥有浙江省唯一的一所海洋类本科院校——浙江海洋学院,建成了海洋科技馆,2011 年在摘箬山岛启动了国内首个"海洋科技岛"工程。可以说,舟山的海洋科教工程仍处于起步阶段。海洋科教工程主体导向为多资源型、服务型、产业型。主要发展路径:(1) 构建多种资源齐头并进的海洋科教基地。建设高新技术产业发展的引领区,促进海洋研发机构、海洋项目、海洋高素质人才等多种科技资源集聚;(2) 重点推进应用功能强大的科研项目。建设海洋高新技术服务平台,研发实用性的海洋类科研成果,并加以推广应用,以促进海洋产业发展和改善海岛生活环境;(3) 逐步将海洋科教工程融入海岛产业链。通过高新技术研发和应用,与海岛产业发展相结合,不断拓宽和加深海岛产业链。

(七) 海洋生态工程

舟山的海洋生态工程包括海洋生态保护和海洋生态修复两大方面。保护方面,建立了普陀中街山列岛和嵊泗马鞍列岛 2 个国家级海洋特别保护区;修复方面,开展增殖放流、海洋藻类栽培和海岛生态修复工程。舟山的海洋生态保护工程一直以来是海洋保护的重点,生态修复工程是近几年才开始实施的。海洋生态工程主体导向为强制性、防护型、示范性。主要发展路径:(1) 推进海洋特别保护区建设。对海洋特别保护区内的生态环境进行强制性保护,对已受破坏的生态环境开展修复工作;(2) 建设特殊生态功能区。维护特殊生态功能区内的海洋生态动态平衡,通过构建防护林、防波堤等人工设施,减轻海洋自然灾害造成的危害;(3) 建立生态环境示范区。在海洋生态环境良好地区建立示范区,开展旅游生态环境保护、沿海生态防护林体系、海洋生物多样性保护等工程建设,起到海洋生态保护示范效应。

四、需要处理好的几个关系

不同的开发类型对海岛的资源要求不同,对环境的影响程度也不同,因此在

海岛开发的过程中,应处理好海岛开发类型间的关系,做到集约化利用资源和最大化产出成效。

(一)临港工业与滨海旅游、海洋生态的共存关系

临港工业的开发不可避免地需要损害部分海岛生态环境,而海岛优美的生态环境是滨海旅游业赖以生存和发展的基础。从表面来看,临港工业开发与滨海旅游、海洋生态之间是对立的关系,而实际上在经济发展与环境保护协调发展的今天,三者亦是共存的关系。现代临港工业的发展必然更加注重生态环境的保护,更多的临港工业有意打造生态园林式工业园区,有利于保护生态环境和促进海岛旅游业的发展。建设舟山群岛新区后,临港工业园区应进一步向"海岛工业生态旅游园区"发展。

(二)临港工业与港口物流的协同关系

临港工业是依托港口发展起来的工业,临港工业的发展与港口物流的建设二者之间是相互依存、相互促进的关系。舟山的港口物流业发展目标是建成国际航运中心,其发展必然经历三个阶段:第一阶段是航运中转和货物集散中心;第二阶段是货物集散和加工增值中心;第三阶段是具有综合资源配置功能的物流中心[6]。临港工业是在港口物流第三阶段发展的基础上形成的,即港口物流业的发展带来其他工业的发展,物流、资金流、信息流、技术流又为港口物流业提供更多的货源,从而推动现代港口与临港产业相互促进、互为依存、协调发展。

(三)滨海旅游与清洁能源的支撑关系

清洁能源不产生或极少产生污染物,对滨海旅游业发展需求的良好环境具有重要意义。此外,在海岛上,常规能源难以应付能源供应的波动,而清洁能源消耗后可得到恢复补充,在季节性旅游高峰时期以清洁能源作为辅助能源供应设施是最经济的解决方案。因此,滨海旅游业的发展将加大对清洁能源的需求,清洁能源的开发有利于保持良好的环境,也将有助于滨海旅游业的发展。

(四)滨海旅游与海洋渔业的促进关系

在现代渔业的发展中,滨海旅游与海洋渔业是相辅相成的关系。当海洋渔业的旅游和休闲功能得到发挥后,观光渔业、体验渔业等休闲产业就纳入旅游业的范畴。新区建设后,一方面要求拓展滨海旅游业的发展空间,积极开发舟山深厚的渔业文化和渔业资源特色;另一方面要求延长渔业产业链,提高鱼产品附加值,建设海洋牧场园区、浅海设施养殖园区、渔港经济园区、休闲渔业园区等。借

助滨海旅游项目,可带动渔业园区的建设;渔业园区的发展,又可进一步推动滨海旅游项目的建设。

(五)海洋科教与其他工程的承接关系

海洋科教工程是在各类其他海洋工程发展的基础上产生的,同时又作用于其他海洋工程。一方面,各类海洋工程的发展形成集聚效应,共同对产出的需求促进了对科技服务的需求,因而产生了海洋科教服务工程;另一方面,海洋科教工程的发展,加大了高新技术的研发和在海洋工程中的应用,反过来又支持和推动其他海洋工程的发展。

"舟山群岛新区"的设立并不仅仅意味着 GDP 的增长,这更是一个整体的具有突破性的新时代。在新区时代,我们需要用一种新的视角和思维来思考和规划舟山群岛的开发和建设,不能一味追求经济产业的做大做强,更要从根本上寻求产业开发转型和升级的途径。浙江省和舟山市政府应紧紧抓住舟山群岛新区建设的机遇,科学规划舟山海岛的发展定位,做好产业开发和转型的导向作用,合理设计海岛开发转型途径,注重处理好各产业开发之间的关系,努力将舟山群岛新区建设成为全球一体化背景下的中国海洋综合开发战略试验区。

参考文献

1. 舟山新区网,http://zsxq.zjol.com.cn/

2. 中国舟山政府门户网站,http://www.zhoushan.gov.cn/

3. 冯伟芳,等. 舟山港口产业集群构建策略[J]. 水运管理,2010,32(8):16-18.

4. 任淑华,等. 舟山海岛旅游开发策略研究[J]. 经济地理,2011,31(2):322-326.

5. 王兆忠,等. 舟山群岛新能源开发利用现状和前景[J]. 可再生能源,2009,27(4):112-114.

6. 杨岩. 港口物流与临港工业协同发展研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2009.



孙丽 1982 年出生，工程师。现任职国家海洋局第二海洋研究所/国家海岛开发与管理研究中心，主要从事海岛开发与管理、海洋综合管理研究。

我国岛屿经济体在国家经济中的作用、特点与发展

张耀光

辽宁师范大学海洋经济与可持续发展研究中心,大连

一、前言

在人类历史发展的长河中,岛屿对人类社会进步、经济发展有着极其重要的意义。岛屿是人类生产生活的重要场所,也是人类文明的重要组成部分。在经济全球化背景下,岛屿作为一个相对独立的地理单元,其经济活动的特殊性、生态环境的脆弱性,以及一些战略地位重要岛屿的政治、军事价值日益显现,这些都引起人们对岛屿的广泛关注和兴趣。岛屿的发展一直伴随着人类社会的进步,有关岛屿经济体发展的道路、规律、模式等方面的问题不但是各国学者长期研究的对象,更是各国政府及国际社会始终关注的课题。

世界海洋中岛屿总计约 10 万个、总面积约 970 多万平方公里,约占世界陆地总面积的 1/15,相当于我国陆域国土面积。中国海域中面积在 500 平方公里上的海岛 7000 多个,总面积近 8 万平方公里,占全国陆域国土面积的 0.3%。其中 400 多个岛屿有常住人口 3000 多万人。海岛具有丰富的海陆资源,在沿海经济发展中具有重要作用。尤其是在现代国际政治、经济、军事、科技、文化等方面的地位日益升高,有的岛礁在国家之间占有重要战略地位。众多的岛屿位于陆海交界、大陆边缘,所处位置极为重要,或为战略要地,或成为发达的经济体。

二、岛屿经济体概念

岛屿经济体是一个独立的海岛或一群海岛,开发利用其岛陆、岛滩及环岛海域的陆地资源和海洋资源,以发展经济并具有一定行政、经济组织的地(海)域单元。岛屿经济体有大、小之分,在行政单元上可以是一个国家,一个国家中的一部分,如省、市和县域。但并不因其面积而论,一些岛国形成的岛屿经济体,其岛陆面积可以很小,而一些国家中省、市的岛屿经济体,其海岛面积可以较大。作为一个岛屿经济体,由于区域和国际分工的发展,须与外界发生经济、贸易、文

化联系。

在经济发展阶段上,有的海岛经济体已进入较先进经济发展阶段,有现代化的工业体系、信息网络。而有的海岛经济体则摆脱殖民统治不久,过分依赖外界。有的则由于较小的岛屿仅有有限的开发选择和可供开发的资源贫乏,经济结构单一,发展水平较低。因而使经济发展呈现出独立性和趋向单一性。

三、国内外主要岛屿经济体

(一)国外主要岛屿经济体

国际上众多的岛屿经济体中,也有经济发达的岛屿经济体,一般来讲经济发达的岛屿经济体,多数是一个国家下属的行政经济单元,这些岛屿经济体的经验,值得我国借鉴。主要有:纽约长岛岛屿经济体、国际避税港一一泽西岛岛屿经济体、爱琴岛岛屿经济体、爱德华王子岛岛屿经济体、济州岛岛屿经济体、冲绳岛屿经济体,等等。还有各大洋中一些岛国经济体,此外,国外学者还提出旅游小岛屿经济体。

(二)我国岛屿经济体

我国海岛具有丰富的海陆资源,在沿海经济发展中具有重要作用。南海诸岛领土面积加起来不到 13 平方千米,但战略地位却十分重要。

我国不同大小、规模、类型的岛屿经济体众多,有台湾、海南省级岛屿经济体,也有香港、澳门特别行政区岛屿型经济体,还有舟山、厦门市级岛屿经济体,新成立的海南三沙市经济体,更多的则是县级岛屿经济体。

我国海岛县经济体不下 20 个,如经常提到的 12 个海岛县,后来增加了福建的琅岐、广东的万山(群岛)2 个。此外,河北曹妃甸经济体、台湾省的澎湖县以及福建省的金门县,也都是重要的岛屿经济体。

四、我国岛屿经济体发展的差异性与特殊牲

岛屿经济体是区域发展中的一个特殊地域单元,其独特的地理区位和丰富的自然资源,决定了其经济发展有着不同于陆地发展的特殊模式。

(一)岛屿经济体的差异性特点

1. 空间尺度差异

我国最大的海岛是台湾,面积 3 万多平方公里。在海岛县中,最小的山东长岛县陆域面积仅 56 平方公里。以海陆国土全覆盖而言,海岛县中普陀区陆域面

积458.9平方公里,海域面积6269平方公里,海陆国土面积6727平方公里。

空间尺度差异性决定了发展上升的空间不同。由于产业活动是在特定的地域上产生和发展的,产业依托的地域资源存量、人力资本和其他要素成为影响区域发展的重要条件,因而,空间尺度的不同使得区域承接外来产业能力进而消化吸收的潜力不同。岛屿的狭小性制约了产业链选择的多样性。

2. 发展基础差异

就大多数海岛县来讲,其本身发展处在初级阶段,工业基础大都相对薄弱,农业的发展水平也相对落后,薄弱的经济发展基础弱化了经济的深度发展。特别是一些与气候因素有关的产业活动,比如渔业、旅游业等可能因为受到季节和气候的影响而发展不稳定,大大地影响经济发展和居民的收入水平。

3. 基础设施发达程度

海岛孤立在海域中,岛间资源不能共享,岛上修一条公路,只能在本岛回旋。特别是在现代经济快速发展的今天,一个区域的基础设施水平直接关系到其竞争力,发达的交通网络可以一定程度上弥补资源相对稀缺带来的劣势,越来越多的地区依托交通而迅速发展起来。而岛屿本身由于远离大陆,物质运输到岛屿的成本很高,在一定程度上增加了岛屿地区的经济边缘性。自然与气候的障碍也使得岛屿在海运、空运、通讯及其他基础设施建设、运输方面的成本提高。

4. 环境的承载力

由于岛屿是相对封闭的地区,生态环境具有脆弱性。如果其生态环境遭到破坏,很难在短时间内恢复,甚至于难以恢复,会给岛屿发展带来灾难性后果。岛屿生态承载力的脆弱性在一定程度上制约了某些产业的发展,为其他产业发展保留了空间。

随着人类社会经济发展对海洋依赖程度的提高,岛屿作为探索海洋的前沿阵地和国家战略要地,其政治意义不亚于其经济意义,在一定程度上推动了岛屿的跨越式发展。

(二)岛屿经济体发展的特殊性

1. 发展模式的特殊性

经济发展与区域本身的特性有着密切联系,与区域资源禀赋和发展基础有关。如何在岛屿狭小的空间里实现区域更快、更好的发展,在保持原有生态环境的同时,最大限度地发挥岛屿的潜能,对于岛屿经济体发展而言至关重要。

发展岛屿经济一开始就存在环境的门槛,岛屿经济的发展不可避免地污染环境,但是如何将环境损害降低到最小的程度,也是岛屿经济体面临的重要任务。

2. 产业选择的特殊性

经济发展模式的特殊性,在很大程度上制约了岛屿产业选择的多样性。要求岛屿经济体从发展初期,就要注意产业的培育和引进的限制性,对于那些对环境具有很大污染的产业类型要坚决限制,同时对于污染相对较少,可以循环利用的产业,则要以最有效的方式发挥其在岛屿经济发展与环境保护中的重要作用,走可持续发展道路。

我国岛屿经济体的突出优势资源为“渔、港、景”,因此,对于多数岛屿经济体来讲,可以发展旅游业、港口物流产业、水产与水产加工业等。

(1) 旅游业。多数海岛有丰富的自然风光资源,成为岛屿发展旅游业的优势。通过旅游业来提升岛屿品牌,成为岛屿发展中可以选择的好途径之一。世界上众多的岛屿发展模式大多都是通过旅游业的发展来积累岛屿的资本,进而吸引相关企业入驻,达到经济可持续发展的目的。

(2) 在海岛中具备建港条件的海湾,深水海域逼近海岸。具有良好水深条件的岛屿地区,通过承接国际、国内贸易的发展而兴起,成为发展物流业当中的重要节点。通过发展港口带动国际、国内或区域贸易发展,进而形成现代物流业蓬勃发展的局面。随着现代物流业越来越强调绿色物流,物流功能不断提高,整个岛屿在全球物流业中位置或在某个地区的位置就会发生改变,从而推动岛屿物流行业发展壮大。

(3) 水产与水产加工业,海岛四周海域丰富的水产资源,历来成为海岛人民发展渔业生产的场所,随着科技进步,水产加工已改变了冷冻、盐制的局面。水产加工已向多元化、高档次方向发展。

3. 投资环境

要实现岛屿经济体的跨越式发展,需要从改善岛屿经济体的投资环境着手。增加包括交通在内等一系列基础设施的投入,提高适宜产业发展的基础条件。同时,由于岛屿经济体的经济发展是在经济基础相对薄弱的前提下进行的,如果通过岛屿经济体自身逐步累积达到经济发达有很长的距离,需要对岛屿发展提供政策上的支撑,通过优惠的政策带动经济发展,并且随着发展水平的不断变化制定的相应政策,更好地推进政府服务在发展岛屿经济中的重大作用。

五、我国岛屿经济体在全国经济中的地位

(一) 经济总值

为了对我国岛屿经济体的经济总值有一个完整的概念,但又由于目前台湾、香港、澳门的特殊状况,因此,用一个可比较的数据进行折算。把台湾的新台币、

香港的港元、澳门的澳门元均折合成人民币。通过对不同币值的岛屿经济体地区国内生产总值用人民币折算的结果,我国岛屿经济体的国内生产总值为48 203.56 亿元,约占我国国内生产总值的13.98%(约14.0%)左右(在2008 年全国国内生产总值中,加进了台湾、香港和澳门的国内生产总值,达344 752.83亿元)(见表1)。

表1 我国海岛经济总值及人均水平表(2008 年)

地区	本地币值	折合人民币/亿元	比重/%	人均生产总值	
				本地币值	折合人民币/元
台湾	126730 亿元(新台币)	28590.3	59.31	553289(新台币)	124822
香港	16769 亿元(港元)	14092.7	29.24	236988(港元)	199105
澳门	1718.7 亿元(澳门元)	1399.9	2.91	303091(澳门币)	255012
海南	1459.23 亿元(人民币)	1459.2	3.03	17175(人民币)	17175
舟山市	490.25 亿元(人民币)	490.25	1.0	46936(人民币)	46963
厦门市	1560.02 亿元(人民币)	1560.02	3.24	62651(人民币)	62651
海岛县	611.23 亿元(人民币)	611.23	1.27	30384(人民币)	30384
合计		48203.6	100.0		

(二)海岛经济水平差异明显

按我国不同行政单元计算的海岛经济总值中,台湾占59.31%,香港占29.24%,两地合计占全部海岛经济总值的88.55%,其他海岛仅占11.45%。

从海岛人均国内生产总值看,其差异更为明显:澳门为255 012 元,居首位;其次是香港,人均国内生产总值为199 105 元;台湾为124 822 元,占第三位。

(三)海岛的产业结构

不同行政级别的海岛,因其区位条件、资源状况、生产条件、发展水平等因素的不同,从而形成了各自的国民经济三次产业结构(表2)。

从以上不同行政级别海岛省、市、县等单位的产业结构状况,可以分为以下几种类型:

(1) $x_3 > x_2 > x_1$:台湾、香港、澳门、定海、岱山、洞头、南澳;

(2) $x_2 > x_3 > x_1$:舟山市、厦门市、崇明县、玉环县、普陀县、嵊泗县;

(3) $x_3 > x_1 > x_2$:海南省、平潭县;

(4) $x_2 > x_1 > x_3$:东山县;

(5) $x_1 > x_3 > x_2$:长海县、长岛县。

表 2 不同行政级别海岛的三次产业结构(2008 年)

地区	产业结构/%			产业结构顺序
	第一产业(x_1)	第二产业(x_2)	第三产业(x_3)	
台湾	1.7	25.0	73.3	$x_3 > x_2 > x_1$
海南	30.0	29.8	40.2	$x_3 > x_1 > x_2$
香港	0.1	7.7	92.3	$x_3 > x_2 > x_1$
澳门	—	13.7	86.3	$x_3 > x_2 > x_1$
厦门市	1.4	52.4	46.2	$x_2 > x_3 > x_1$
舟山市	10.0	46.2	43.8	$x_2 > x_3 > x_1$
海岛县中:长海	72.3	8.5	19.2	$x_1 > x_3 > x_2$
长岛	56.4	11.5	32.1	$x_1 > x_3 > x_2$
崇明	16.8	45.8	37.4	$x_2 > x_3 > x_1$
玉环	8.2	61.9	29.9	$x_2 > x_3 > x_1$
洞头	16.1	29.0	54.9	$x_3 > x_2 > x_1$
平潭	36.7	15.9	47.4	$x_3 > x_1 > x_2$
东山	38.3	31.2	40.5	$x_2 > x_1 > x_3$
南澳	41.8	25.4	32.8	$x_3 > x_2 > x_1$
舟山市中:嵊泗	19.2	45.8	35.0	$x_2 > x_3 > x_1$
岱山	26.4	32.1	41.5	$x_3 > x_2 > x_1$
普陀	17.8	38.4	43.8	$x_2 > x_3 > x_1$
定海	5.4	41.2	53.4	$x_2 > x_3 > x_1$

(四) 海岛县经济体发展的模式

发展海岛经济首先是要找准定位。要因地制宜,突出重点。海岛经济发展可以采取 4 种模式。一是开发区的模式。就是以工业为主的模式,是以海产品、

养殖、加工业为主。这个模式在我国有一个成功的范例,就是长海县的獐子岛。他们通过发展海洋捕捞业、养殖业和加工业已经成长为上市公司,并且取得了比较好的效益。二是保税区模式,是以物流为主导,将货代、船代、会展等方面进行综合配套。保税区模式一定要有港口,没有港口就不起作用,而且后面要有区域作为支撑,这样才能实现区港结合。目前已建的洋山保税港区。三是生态区模式。像上海崇明岛就提出建设示范生态区、建生态岛、建设东滩湿地公园、东平森林公园,给上海人民提供了一个休闲、享受大自然的环境。四是旅游区模式,国务院规定旅游区模式应该具备相应的条件。具体采取哪种模式要根据海岛本身的特点。当然,有一些海岛还可以综合几种模式,但是要突出一个重点。例如崇明岛突出生态重点,舟山岛突出国际旅游重点。大、小洋山岛突出保税港区重点。一定要突出重点,因为只有突出重点才能带动海岛的全面发展。

六、提升为国家战略的岛屿经济体

国家根据对全国生产力布局规划、国土规划以及对海洋开发的重视,近几年国务院相继批复了14个沿海区域规划,它们分别是辽宁沿海经济带、天津滨海新区、山东黄河三角洲高效生态经济区、山东半岛蓝色经济区、江苏沿海地区、长三角经济区、舟山群岛海洋经济发展示范区、福建海峡西岸经济区、珠三角经济区、广西北部湾经济区、海南国际旅游岛、福建平潭综合实验区以及河北沿海地区等上升为国家战略。此外,国务院还批准珠海横琴总体体展规划。

在以上的不同规模、类型的沿海区域规划中,岛屿经济体占了4个,占28.6%。说明国家对海岛开发的重视,也是对海洋开发的重视。

(一)建设海南国际旅游岛

国务院批复的《关于推进海南国际旅游岛建设发展的若干意见》中,明确海南省要加快发展海洋经济。国际旅游岛孕育海洋产业,海洋产业撑起国际旅游岛,国际旅游岛最大魅力在海洋。《意见》中提出的6个战略定位之一是南海资源开发和服务基地。加大南海油气、旅游、渔业等资源的开发力度。加强海洋科研、科普和服务保障体系建设,使海南成为我国南海资源开发的物资供应、综合利用和产品运销基地。

(二)舟山群岛新区

舟山群岛新区设立是继上海浦东新区、天津滨海新区和重庆两江新区后,国家决定设立的又一个国家级新区。该新区的功能定位为浙江海洋经济发展的先导区、海洋综合开发试验区、长江三角洲地区经济发展的重要增长极。

舟山群岛新区将建成中国大宗商品储运中转加工交易中心，搭建起海陆联动集疏运网络、金融和信息支撑系统“三位一体”的港航物流服务体系。通过合理确定岛屿、海域的主体功能，积极探索海洋海岛开发与保护的新模式。通过提升、改造传统海洋产业，引导培育海洋战略新兴产业，加快形成以航港物流、船舶制造、海洋新能源为特色的现代海洋产业基地。在政策上，将积极创新建设管理机制，为全国的海陆统筹发展借鉴经验；进一步扩大开放，将新区建设成为东部地区重要的海上开放门户。

（三）平潭综合实验区

国务院 2011 年 11 月批复《平潭综合实验区总体发展规划》。平潭综合实验区东邻台湾海峡，陆域总面积 392.92 平方公里，是全国第五大岛、福建第一大岛，开发空间十分广大。平潭综合实验区距离台湾新竹仅 68 海里，是祖国大陆距台湾本岛最近的区域，在开展两岸交流合作中具有独特的区位优势。

平潭是全国首个面向台湾的两岸交流的综合实验区，是海岛县中唯一提升为国家级的岛屿经济体。福建省提出了“共同规划、共同开发、共同经营、共同管理、共同受益”的两岸合作模式。

（四）横琴岛新区

2010 年国务院批准的《横琴总体发展规划》。珠海市横琴新区面积 106.46 平方公里，位于珠海市南部，珠江口西侧，毗邻港澳。横琴新区发展定位于“一国两制”下探索粤港澳合作新模式的示范区。深化改革开放和科技创新的先行区和促进珠江口西岸地区产业升级的新平台。澳门已经没有发展空间，人口密度是全球最大的地方之一，横琴有 106 平方公里，是澳门的 3.6 倍。有了横琴岛的开发，澳门的经济适度多元化发展、世界级休闲度假建设就有了更大的空间。

七、岛屿经济体持续发展

（一）我国立法为岛屿经济发展提供法律保障

海岛在我国沿海经济发展中的地位和作用日益重要，开发利用海岛的活动也日益频繁。维护国家海洋权益已经成为海岛管理面临的迫切问题，而现有的陆上管理制度又不适用于海岛管理。针对我国海岛发展相对滞后和“无法可依”的现状，2010 年国家颁布了《海岛法》。从而发挥海岛在国家和区域发展中的作用。通过海岛保护法的颁布，在一定程度上是对岛屿经济体的保护，使岛屿经济持续发展。

(二)海岛经济体持续发展

关于海岛持续发展:宣言提出必须从海岛的环境资源特色中,寻求发展的优势,探索发展的出路;必须致力加强基础设施建设,解决制约海岛发展的“瓶颈”,增强发展环境竞争力,为海岛实现可持续发展打下坚实基础;必须按照建设“生态文明”的战略部署,确立环保生态经营海岛的理念,加强环保宣传教育工作,从环保的角度思考产业的选择和空间的延伸,加大环保建设投入,增强保护环境能力,持续推动依赖环境的生态产业发展,不断营造独特的产业优势,努力构建人与自然、环境与经济社会和谐发展的新格局,推动海岛的全面可持续发展。需要从海岛的环境资源特色中,寻求发展的优势,探索发展的出路。致力加强基础设施建设,解决制约海岛发展的‘瓶颈’。按照建设‘生态文明’的战略部署,确立环保生态经营海岛的理念,从环保的角度思考产业的选择和空间的延伸,加大环境建设投入,推动生态产业的发展,形成环境与经济发展良性循环,推动海岛经济体的全面可持续发展。



张耀光,1934 年出生,教授、博士生导师。辽宁省优秀专家、大连市优秀专家及荣誉优秀专家。享受国务院特殊津贴。曾任中国地理学会海洋地理专业委员会副主任委员,现为荣誉副主任委员。

长期从事海洋经济地理、海岛经济研究。曾获国家、省部级科技进步奖十多项次,其中国家教育部、中国科学院科技进步奖一等奖各一项。辽宁省、大连市科技进步奖一、二、三等奖十多项次。获大连市学术著作一等奖,辽宁省哲学社会科学三等奖。

独立、主编著作 8 部,主要著作:《中国海岛开发与保护——地理学视角》、《中国边疆地理(海疆)》、《中国海洋政治地理学—海洋地缘政治与海疆地理格局的时空演变》。发表学术论文 100 篇,主要内容是海洋资源开发利用、海洋经济地域系统和海岛经济等。培养研究生 30 余名。

我国沿海产业涉海工程区划问题研究

刘曙光

中国海洋大学海洋发展研究院,青岛

一、基本概念辨析

区划是一定地域的事物和现象根据其地理空间特征的相似性和差异性进行划分或合并,并按彼此间的从属关系,建立一定形式的地域等级系统的研究方法。区划是认识自然和人类社会经济活动空间规律和引导合理布局实践的基础性手段。产业活动及相关工程规划的主要任务是合理归纳、协调和规整不同行业社会经济活动的空间发展与布局,为制定进一步的产业空间发展与布局规划提供基本前提。

沿海产业是海岸带空间范围内的不同行业性质的经济活动;而其涉海工程则是该产业活动在规划、建设、运行等环节对于海洋的空间、资源、环境等产生直接影响或作用,利用甚至改变海洋的自然属性或生态系统运行状态。因此,涉海工程的区划需要在考虑区划一般原则的基础上,更加关注对海洋的影响以及海洋对于该类工程的支持、制约甚至威胁。

二、我国沿海产业涉海工程区划背景

(一)海岸带自然地理基础

我国拥有的海岸线长度为 18 000 多千米。从资质构造基础看,主要欧亚大陆板块与太平洋板块作用下形成的北东 - 南西向新华夏向构造系控制,形成一系列沿海隆起和沉降带,在河流沉积和与洋流等综合作用下,形成沉积型海岸与基岩海岸交错的格局,其中长江口以南以基岩海岸为主,以北除山东半岛和辽东半岛以外,以沉降型海岸为主。这样的海岸带自然地理基础既提供了沿海港口、产业和城市布局的基础,形成诸如珠江三角洲、长江三角洲和京津唐等城市 - 工业群,也支持了大连、青岛、厦门等基岩海岸线港口及其产业的形成与集聚。同时,我国东部沿海区域整体位于世界最大的环太平洋地震带,近年来不断加剧的海洋及地质灾害不仅提醒我国沿海区域空间容量的整体限制,而且加剧了自然

灾害影响沿海产业布局的自然环境安全隐患。

(二)陆地与海洋空间规划推进

我国的区域经济发展长期以陆地经济发展为主导,沿海产业的布局也形成以“陆强海弱”、“陆先海后”的陆地经济思维模式,海陆经济发展与空间规划尚未采取国际较为普及的海岸带空间规划模式,先后出台的陆地与海洋空间规划面临艰巨的协调任务。

其中,国务院于2010年12月发布的首个全国性国土空间开发规划《全国主体功能区规划》,涵盖陆地和海洋国土,按开发方式将国土空间划分为优化开发区域、重点开发区域、限制开发区域和禁止开发区域,但是依然以陆地空间规划为主导,并且迫使更多土地开发导向围填海。

2012年3月,国务院批准了《全国海洋功能区划(2011—2020年)》,认为我国海洋经济发展战略已进入全面实施的新阶段,统筹协调海洋开发利用和环境保护的任务艰巨。国务院批复强调,海洋功能区划是合理开发利用海洋资源、有效保护海洋生态环境的法定依据,必须严格执行,到2020年,围填海等改变海域自然属性的用海活动得到合理控制,渔民生产生活和现代化渔业发展得到保障,海洋保护区、重要水产种质资源保护区得到保护,主要污染物排海总量制度基本建立,海洋环境灾害和突发事件应急机制得到加强,遭到破坏的海域海岸带得到整治修复,海洋生态环境质量明显改善,海洋可持续发展能力显著增强。

三、沿海产业涉海布局的国际经验

(一)欧洲古代的涉海产业活动及沿海工程

应该说,早期腓尼基人与雅利安人(其中的重要分支希腊人)在环地中海的海上交流与冲突,成为海洋经济活动和沿海港口设施建设的早期形态。而9世纪以来北欧维京人的沿海袭扰,客观上促成了以北德国城邦为主的汉萨同盟的形成,也扩大了波罗的海和北海的沿海港口城市及沿海贸易设施建设。到16世纪,欧洲基本上形成以吕贝克和汉堡的中北欧汉萨同盟航线,以威尼斯和热那亚为中心的地中海航线等交织的网络,并在安特卫普、阿姆斯特丹和伦敦形成交汇,催生一系列大西洋沿岸港口群。

(二)欧洲地理大发现以来的沿海产业格局

17世纪的荷兰利用难得的南北欧海上交通枢纽位置,形成了海运中转以及海陆(主要通过内陆河流)贸易与运输枢纽。也成为其跟随西班牙和葡萄牙开

辟全球贸易口岸和从事海洋运输的桥头堡,当然,随着人口剧增和临港产业活动的增加,其作为低地国家的沿海用地趋于紧张,这也是荷兰建设一系列涉海工程的基本动因,也客观上促进了被殖民地区的沿海贸易口岸与城市建设。18 世纪以来的英国,不仅通过与西班牙、荷兰的海上竞争,而且通过尊重自然科学和推进科技创新应用,实现了本土工业化与产业国际化的同步推进,同时通过海外殖民和海洋贸易航线建设,促进了本国沿海贸易港口和殖民地国家沿海地区近代化,并为全球港口建设和后来的海洋工程建设提供了一系列典范甚至国际标准。

(三) 二战后欧美国家沿海产业布局

美国作为欧洲大航海时代以来的殖民基础上建立的国家,其沿海经济活动和涉海工程建设具有明显的"自由竞争"痕迹。首先是 17 世纪以来的沿海殖民过程,不同来源的殖民者形成了一系列"同构化竞争"的沿海小港口区群;19 世纪 40 年代以后的西进运动,以及沿五大湖南岸的煤炭、铁矿、木材等资源开发利用,造就了一系列沿湖港口城市群,并通过竞争形成一系列专业化分工。竞争造成了资源浪费,也带来了竞争效率和专业分工。20 世纪后期,随着美国制造业经济的份额降低,尤其是与大西洋对岸贸易量减低,开始出现港口间的兼并和整合过程,出现大型综合性枢纽港与小型专业化港口分工的复合型港口群格局。

(四) 近年来国际海洋空间规划的启示

海洋空间规划(Marine Spatial Planning)包括沿海地区、海洋港口区,以及相关海域在内的海洋、陆地资源和空间范围,通过产业部门协调和空间协调,以促进和实现海陆资源的可持续利用,因此应该理解为海陆经济发展的统筹规划(overall planning)。欧洲、美国、澳大利亚等国家(地区)开展海洋空间规划的主要启示为:(1) 建立国际、国家、沿海地方相协调的法律与政策框架体系,是实现沿海工程建设与海岸带可持续发展的基本前提;(2) 利益相关者分析与整合,是解决沿海工程建设重复和不合理布局的内在机制;(3) 依靠科学的现代化手段,进行跨行业、跨地区规划协调,是解决上述问题的现实工具;(4) 提出具有共同价值取向的目标和战略部署方略,是引导解决现实问题的基本导向;(5) 工程技术专家与战略咨询专家共同努力,是推进问题解决的保障。

四、我国沿海产业涉海工程布局发展回顾

(一) 我国沿海产业发展与布局历史回顾

我国海陆经济发展的历史经验表明,沿海经济发展及涉海产业工程建设,与

当时国际、国内政治经济形势存在密切关系,海岸带的经济发展经常受陆域经济海外经济联系强化(海外贸易、出口、海外投资)和海外经济进入(古代海外袭扰、近代殖民等)的影响,沿海工程设施在政治统一和经济繁荣上升时期成为支持和推进经济外向发展的桥头堡;在内部纷争和外部袭扰时期又成为国际冲突的“挡箭牌”和“牺牲品”。

(二)新中国建立初期的涉海工程建设

由于当时的国际环境,建国后我国的沿海产业布局并没有成为国家的重点,以至于出现了“上(海)青(岛)天(津)”等近代港口工商业中心城市“蜕变”为全国轻纺工业城市。同时,沿海防卫设施和工程(包括海防林等)的建设,客观上起到了沿海岸线遭受过度破坏的作用。此阶段的涉海工程,在围填海方面以潮滩造田、建设海防设施等为主,建设规模和增加幅度并不太大。

(三)改革开放以来的涉海工程建设

改革开放以来,我国沿海工程开发与建设布局出现以下特征:(1)开发时空变化表现为80年代珠三角沿海地区为重点和热点,90年代长三角地区为重点和热点,2000年以后环渤海地区为重点和热点;(2)从临海产业区域经济功能类型划分,其主要建设内容涵盖沿海城市(城区)综合开发建设、区域港口群(综合性港口、专业性港口)建设,临港工业区(临港加工出口型、内陆向海搬迁型、外资登陆桥头型、转口贸易口岸性等);(3) 海岸带利用模式由临海向海岸线改造与利用,围海及填海,海岛开发及陆岛工程建设等方面扩展,海岸带开发规模和速度明显加大。

我国应对2008年全球金融危机所采取的启动内需刺激加护,稳定了传统产业的发展,与此同时,我国在寻求战略性新兴产业的发展和新的地区经济增长空间。海洋产业作为国家战略受到空前的重视,沿海省市区的地区发展战略也逐步上升为国家级战略,使得海岸带开发与建设迎来一个空前的热潮。同时,海洋产业活动无论总量还是增长率,都表现为环渤海地区涉海经济活动是全国热点。

随着2011年浙江、广东与山东一起成为国家海洋经济先行示范区,尤其是类似舟山群岛成为国家副省级海洋经济区,福建省平潭岛海峡两岸合作示范区等综合工程的开发建设,以国家级沿海发展战略为导引的全国新一轮沿海产业布局与城市(港口)建设已经展开。

五、我国沿海产业涉海工程布局问题评析

（一）沿海横向布局相对过度，而海陆纵深布局相对缺失

首先，表现为各省区甚至地、县级市之间在沿海项目建设中出现竞争性布局，在各个局部看似具有规模经济的项目，实际上是更高层次的重复建设和规模不经济，有些项目以高科技含量和战略新兴产业为名义，实际缺乏真正的自主知识产权核心技术和合理产业链支撑；其次，我国所需要的离岸岛屿与海洋专属经济区开发，尤其是专属经济区以外深远海勘探、开发，需要强有力的国家级海洋装备和高技术产业群的优先布局，而该类项目由于与地方经济发展战略存在一定层次的差距，得不到规划布局的支持和落实。上述现象的存在，反映了国家海洋经济的整体性、长远性，与地方经济发展的局域性、近期性之间的矛盾，需要从战略层面予以重视。

（二）行业内布局存在空间竞争，而行业间布局缺乏关联

首先，沿海各省市的沿海经济与海洋经济发展战略大同小异，导致同行业在各省区的布局反复出现，从而导致新一轮的原料、市场、技术、劳动力竞争；同时，各省区的沿海规划布局，忽视行业自身的布局要求，对于行业之间的布局经济技术联系和可能威胁与冲突考虑不足，尤其是没有在海洋及海岸带区域空间规划的综合布局协调与关联布局论证方面做足文章，使得海洋带的利用不尽合理，也为可能出现的布局冲突甚至灾害埋下隐患。

（三）布局强调近期及经济效益，忽视中长期及环境效益

在陆地思维和地方经济主体的主导下，我国沿海项目工程布局强调近期见效和以经济效益为主的布局思想，选择容易见效和短期变现程度高的新型“形象项目”，如壮观的沿海“风电阵”，港口设施等；而对于海洋生物多样性保护与生物基因开发。离岸海洋科技与工程项目。以及海洋（海岛）生态产业综合体建设等，则因为高投入、长周期、低“社会显示度”，而被“有意”回避或者被“无意”忽略。

六、初步结论与建议

（一）初步结论

1. 我国沿海产业发展与布局的历史经验表明，我国的经济重心基本上经历

了从西北内陆向东南沿海稳步迁移的过程,沿海经济活动及产业布局压力增加属于基本符合这一历史趋势,需要正确理解和对待。

2. 国际(尤其是欧洲)沿海经济活动发展与布局的漫长历史告诉我们,沿海经济发展与产业聚集是一个国家和地区经济对外交往过程中的区域性甚至全球性竞争与合作的结果。

3. 沿海工程的建设标准不仅因为时代经济技术发展而变迁,而且随着竞争者与合作者的关系网络变动而不同,参与网络化合作与竞争,成为其中的成员甚至领导者,才可能建立具有通用意义的工程技术标准。

4. 推动沿海产业合理布局与建设的区划与规划具有必要性,我国的相关区划和规划需要借鉴国际经验和吸取其教训。

5. 我国沿海涉海工程布局存在的主要问题包括:沿海横向布局相对过度,而海陆纵深布局相对缺失;行业内布局存在空间竞争,而行业间布局缺乏关联;布局强调近期及经济效益,忽视环境及中长期效益。解决这些问题需要新时期的沿海及海洋经济发展战略的深层次转型。

(二)对策建议

1. 把握沿海经济发展战略机遇期;
2. 统一沿海区域发展规划;
3. 适时推进国家沿海工程布局转型;
4. 建立健全涉海工程布局规范与标准;
5. 建立公众参与的科学合理监督机制。



刘曙光 1966 年生,人文地理学博士。中国海洋大学经济学院副院长,教授,应用经济学区域创新与国际经济合作方向博士生导师。教育部重点人文社科基地海洋发展研究院副院长;教育部新世纪优秀人才入选者,新加坡南洋理工大学 RSIS 学院高级访问学者。兼任中国海洋发展研究中心业务室主任,研究员;国际地理联合会(IGU)经济空间动态委员会个人会员;中国工业经济学会理事;青岛市蓝色经济区建设研究会会长。《地理科学》、《海洋与湖沼》审

稿人,《中国海洋大学学报(社会科学版)》编委、《中国海洋经济评论》编辑部主任。承担国家自然基金、国家软科学、教育部人文社科基地重大招标项目,以及中国科学院、中国工程院、中国社会科学院、中国城市规划设计研究院等单位委托项目,参加联合国开发计划署(UNDP)、联合国工业发展组织(UNIDO)、国合会(CCICED)等合作研究课题。在《人民日报》、《中国工业经济》等发表文章60余篇,出版著作3部。

附录

参会代表名单

（一）中国工程院

序号	姓名	工作单位	职务、职称
1	宋　健	中国工程院	原全国政协副主席、原工程院院长、院士
2	周　济	中国工程院	院长、院士
3	潘云鹤	中国工程院	常务副院长、院士
4	樊代明	中国工程院	副院长、院士
5	白玉良	中国工程院	秘书长、党组成员
6	郑晓光	中国工程院	副局长、宋院长秘书
7	张政刚	全国政协秘书局	宋院长秘书
8	封　杰		宋院长警卫参谋
9	吴国凯	中国工程院	局级、周院长秘书
10	张　松	中国工程院	潘院长秘书
11	王振海	中国工程院	一局副局长
12	阮宝君	中国工程院	二局副局长
13	李仁涵	中国工程院	三局副局长
14	姬　学	中国工程院	主任科员
15	郑召霞	中国工程院	副主任科员

（二）山东省有关领导和代表

序号	姓名	工作单位	职务、职称
1	阎启俊	山东省人民政府	省政府特邀咨询
2	翟鲁宁	山东省科技厅	厅长
3	李乃胜	山东省科技厅	副厅长

续表

序号	姓名	工作单位	职务、职称
4	关兆泉	山东半岛蓝色经济区建设办公室	副主任
5	于书良	山东省科技厅	副厅长
6	于永信	山东省科技厅	处长
7	祝恩元	山东省科技厅	副主任

(三)青岛市有关领导和代表

序号	姓名	工作单位	职务、职称
1	李　群	中共青岛市委	省委常委、市委书记
2	张新起	青岛市人民政府	市委副书记、市长
3	牛俊宪	青岛市人民政府	市委常委、副市长
4	王书坚	青岛市政协	主席
5	王广正	青岛市人民政府	市委常委、副市长
6	王鲁明	中国青岛市委	秘书长
7	王修林	青岛市政协	副主席
8	李众民	青岛市人民政府	秘书长
9	刘西山	青岛市政协	秘书长
10	王卫平	青岛市人民政府	副秘书长
11	吕　鹏	中共青岛市委	副秘书长
12	姜　波	青岛市科技局	局长
13	韩守信	青岛蓝色硅谷核心区管委	主任

（四）沿海省市代表

序号	姓名	工作单位	职务、职称
1	绕刚建	广东省发改委	调研员
2	魏济章	广东省发改委	处长
3	李宝纯	天津市科委	副主任
4	杨超英	天津市科委	调研员
5	王伯玱	福建省科技厅	调研员
6	陈金福	福建省发展和改革委员会	主任科员
7	李　克	浙江省发改委	
8	龚玲玲	上海市发改委环资处	处长助理
9	林　海	上海市科委	

（五）海洋探测与装备工程课题

序号	姓 名	工作单位	职务、职称
1	金翔龙	国家海洋局第二海洋研究所	院士
2	宫先仪	中国船舶重工集团公司第 715 研究所	院士
3	封锡盛	中国科学院沈阳自动化研究所	院士
4	钟　掘	中南大学	院士
5	雷　波	国家海洋局	副司长
6	方爱毅	解放军总参谋部	大校
7	刘保华	国家深海基地管理中心	主任
8	罗续业	国家海洋技术中心	主任
9	刘仁义	浙江大学	主任
10	刘　涛	中船重工集团公司第 702 研究所	副总工

续表

序号	姓 名	工作单位	职务、职称
11	陶春辉	国家海洋局第二海洋研究所	副主任
12	夏登文	国家海洋技术中心	副主任
13	刘少军	中南大学	教授
14	王晓辉	中科院沈阳自动化研究所	主任
15	连 琏	上海交通大学	教授
16	李德骏	浙江大学	教授
17	田纪伟	中国海洋大学	教授
18	徐 文	浙江大学	教授
19	叶 瑛	浙江大学	教授
20	叶树明	浙江大学	副教授
21	金晓峰	浙江大学	教授
22	陈惠芳	浙江大学	副教授
23	瞿逢重	浙江大学	副教授
24	丁忠军	国家深海基地管理中心	
25	李 艳	中南大学	副教授
26	赵航芳	中国船舶重工集团公司 715 所	研究员
27	徐红丽	中科院沈阳自动化研究所	副研
28	殷建平	中科院南海海洋研究所	
29	齐 赛	解放军总参谋部三部	副研
30	周建平	国家海洋局第二海洋研究所	副研
31	王 冀	国家海洋技术中心	助研
32	赵建如	国家海洋局第二海洋研究所	助研
33	朱心科	国家海洋局第二海洋研究所	助研
34	孙 清	科技部中国 21 世纪议程管理中心	处长

（六）海洋运载工程课题

序号	姓名	工作单位	职务、职称
1	吴有生	中国船舶科学研究中心	院士
2	闻雪友	中船重工集团第七零三研究所	院士
3	沈闻孙	大连新船重工有限责任公司	院士
4	陆建勋	中国舰船研究院	院士
5	徐德民	西北工业大学	院士
6	王哲荣	中国兵器工业集团公司 201 所	院士
7	王玉明	清华大学	院士
8	陈明义	中共福建省委	原书记、全国政协常委
9	陈　戈	中共福建省委办公厅	秘书
10	陈传阔	武警总部司令部	原副司令、全国政协常委
11	谭三军	武警总部司令部	秘书
12	沈滨义	海军司令部	原副司令、全国政协常委
13	吕金丹	海军司令部办公室	秘书
14	曹　钢	工信部装备司	副巡视员
15	王　蓉	工信部装备司	副处长
16	钱建平	中国船舶重工集团公司	副总经理
17	罗季燕	中国船舶重工集团公司	主任、研究员
18	黄平涛	中国造船工程学会	理事长
19	张广钦	中国造船协会	理事长
20	柳　正	农业部渔业船舶检验局	局长
21	吴　壮	农业部南海区渔政局	局长
22	朱英荣	农业部南海区渔政局	副巡视员、前总队长

续表

序号	姓名	工作单位	职务、职称
23	程立民	交通运输部海事局	处长
24	张建国	交通运输部海事局	副处长
25	沈建忠	科技部	处长
26	金建才	国家海洋局大洋协会	主任
27	周　宁	中国大洋协会办公室	总工
28	郁志荣	中国海洋发展研究中心	研究员
29	潘　锋	中国科学院计划财务局	副局长、研究员
30	陈映秋	中国船级社	研究员
31	杨建民	上海交通大学	教授
32	庞永杰	哈尔滨工程大学	教授
33	李　晔	哈尔滨工程大学	教授
34	李玩幽	哈尔滨工程大学	教授
35	王海黎	厦门大学	副主任、教授级高工
36	严新平	武汉理工大学	教授
37	李志传	中国海洋石油总公司	高工
38	王佩云	中国海洋石油报	主编
39	谢　新	上海船舶工艺研究所	研究员
40	汤　敏	武汉船用机械有限责任公司	研究员
41	唐石青	上海船用设备研究所	研究员
42	张德林	中船重工集团 407 厂	总经理
43	郑爱荣	中船重工集团 407 厂	规划部长
44	周伟中	沪东重机有限公司	副总工程师
45	谭智超	潍柴动力股份有限公司	副部长

续表

序号	姓名	工作单位	职务、职称
46	宋　杰	潍柴动力股份有限公司	主任
47	周　杰	中国水产总公司	副总经理
48	朱卫星	江苏省渔船检验局	副局长
49	贺　波	宁波捷胜海洋开发有限公司	总经理
50	沈长云	中国舰船研究院	研究员
51	唐金龙	农业部渔业船舶检验局	处长
52	杨　丽	农业部渔业船舶检验局	主任科员
53	马运义	中船重工集团第 701 所	总师
54	左文锵	中船重工集团第 701 所	主任
55	翁震平	中船重工集团第 702 所	所长、研究员
56	李百齐	中船重工集团第 702 所	研究员
57	赵　峰	中船重工集团第 702 所	副总工
58	吴宝山	中船重工集团第 702 所	副总工
59	高　雷	中船重工集团第 702 所	主任
60	倪其军	中船重工集团第 702 所	主任
61	司马灿	中船重工集团第 702 所	副总工、研究员
62	张福民	中国船舶及海洋工程设计研究院(708 所)	研究员
63	杨葆和	中国船舶及海洋工程设计研究院(708 所)	研究员
64	范建新	中船重工集团第 711 所	副总工程师
65	王　锋	中船重工集团第 711 所	研发中心总经理
66	冯细文	中船重工集团第 711 所	主任
67	丁淑富	中船重工集团第 711 所	业务经理

续表

序号	姓名	工作单位	职务、职称
68	李彦庆	中船重工集团第 714 所	所长
69	张信学	中船重工集团第 714 所	副所长
70	韩　光	中船重工集团第 714 所	副总工
71	黄　冬	中船重工集团第 714 所	副处长、高工
72	王传荣	中船重工集团第 714 所	高工
73	赵泽华	中船重工集团第 714 所	高工
74	刘啸波	中船重工集团第 714 所	工程师
75	郑礼建	中船重工集团第 714 所	工程师
76	董　亮	中船重工集团第 714 所	工程师
77	柳正华	中船重工集团第 714 所	工程师
78	张思维	中船重工集团第 714 所	工程师
79	于宪钊	中船重工集团第 714 所	工程师
80	王　玮	中国船舶重工集团公司	处长
81	丁君海	中国船舶重工集团公司	处长
82	梁　冰	海关总署缉私局	处长
83	陈晓东	武警装备研究所	高工
84	刘贵浙	中国船舶工业经济研究中心	工程师

（七）海洋生物资源工程课题

序号	姓名	工作单位	职务、职称
1	唐启升	中国水科院黄海水产研究所	中国科协副主席、院士
2	林浩然	中山大学	院士
3	赵法箴	中国水科院黄海水产研究所	院士
4	雷霁霖	中国水科院黄海水产研究所	院士

续表

序号	姓名	工作单位	职务、职称
5	丁　健	中国科学院上海药物研究所	所长、院士
6	麦康森	中国海洋大学	院士
7	赵兴武	农业部渔业局	局长
8	陈毅德	农业部渔业局	副局长
9	张显良	中国水产科学研究院	院长、研究员
10	李杰人	中国水产科学研究院	副院长、研究员
11	王清印	中国水科院黄海水产研究所	所长、研究员
12	董国海	大连理工大学	教授
13	张嗣良	华东理工大学	教授
14	叶志华	中国农科院质量标准研究所	所长、研究员
15	于秀娟	农业部渔业局	处长
16	黄新胜	农业部船检局	副主任
17	金显仕	中国水科院黄海水产研究所	副所长、研究员
18	许柳雄	上海海洋大学	教授
19	徐　皓	中国水科院渔业机械仪器研究所	所长、研究员
20	孙　龙	中国水科院渔业工程研究所	党委书记、研究员
21	黄洪亮	中国水科院东海水产研究所	研究员
22	赵宪勇	中国水科院黄海水产研究所	副所长、研究员
23	关长涛	中国水科院黄海水产研究所	研究员
24	陈丕茂	中国水科院南海水产研究所	研究员
25	任玉清	大连海洋大学	副教授
26	单秀娟	中国水科院黄海水产研究所	副研究员
27	谷体华	福建省海洋与渔业厅	主任科员

续表

序号	姓名	工作单位	职务、职称
28	谭业国	农业部黄渤海区渔政局	处长
29	张国范	中科院海洋研究所	研究员
30	秦启伟	中科学院南海海洋研究所	研究员
31	何　艮	中国海洋大学	教授
32	杨红生	中科院海洋研究所	副所长、研究员
33	包振民	中国海洋大学	教授
34	王　宁	中国海洋大学	教授
35	张文兵	中国海洋大学	教授
36	倪　琦	中国水科院渔业机械仪器研究所	副所长、研究员
37	谌志新	中国水科院渔业机械仪器研究所	研究员
38	刘　鹰	中科院海洋所	研究员
39	谭洪兴	上海海洋大学	教授
40	郭根喜	中国水科院南海所	研究员
41	林文辉	中国水科院珠江水产研究所	研究员
42	方建光	中国水科院黄海水产研究所	研究员
43	梁萌青	中国水科院黄海水产研究所	研究员
44	郭跃伟	中科院上海药物研究所	研究员
45	陈　奕	中科院上海药物研究所	研究员
46	张元兴	华东理工大学	教授
47	刘　琴	华东理工大学	副教授
48	焦炳华	第二军医大学	教授
49	刘军华	第二军医大学	教授
50	肖　湘	上海交通大学	教授

续表

序号	姓名	工作单位	职务、职称
51	徐　俊	上海交通大学	教授
52	孙　谧	中国水科院黄海水产研究所	研究员
53	杜昱光	中科院大连化物所	研究员
54	王长云	中国海洋大学	教授
55	刘万顺	中国海洋大学	教授
56	韩宝芹	中国海洋大学	教授
57	于广利	中国海洋大学	教授
58	韩丽君	中科院海洋研究所	研究员
59	林文翰	北京大学	教授
60	陈建明	国家海洋局三所	研究员
61	徐安龙	中山大学	教授
62	谭仁祥	南京大学	教授
63	林　洪	中国海洋大学	教授
64	薛长湖	中国海洋大学	教授
65	李来好	中国水科院南海水产研究所	副所长、研究员
66	宋　怿	中国水产科学研究院	研究员
67	翟毓秀	中国水科院黄海水产研究所	研究员
68	周德庆	中国水科院黄海水产研究所	研究员
69	刘　慧	中国水科院黄海水产研究所	研究员
70	王　群	中国水产科学研究院	副研究员
71	林志华	浙江万里学院	处长、教授
72	徐永健	宁波大学	副教授
73	仝　龄	中国水科院黄海水产研究所	研究员
74	刘志鸿	中国水科院黄海水产研究所	研究员

(八)海洋生态工程课题

序号	姓名	工作单位	职务、职称
1	孟　伟	中国环境科学研究院	院士
2	苏纪兰	国家海洋局第二研究所	科学院院士
3	冯士筰	中国海洋大学	科学院院士
4	傅伯杰	中科院生态环境研究中心	科学院院士
5	丁德文	国家海洋局第一研究所	院士
6	侯保荣	中国科学院海洋研究所	院士
7	于志刚	中国海洋大学	书记、教授
8	吴德星	中国海洋大学	校长、教授
9	洪华生	厦门大学	教授
10	孙　松	中国科学院海洋研究所	所长、研究员
11	舒俭民	中国环境科学研究院	副院长、研究员
12	佟　羽	国家环保部	处长
13	李　义	国家环保部	调研员
14	许国栋	国家海洋局	副司长
15	杨作升	中国海洋大学	教授
16	李永祺	中国海洋大学	教授
17	马明辉	国家海洋环境监测中心	总工
18	陆健健	华东师范大学	教授
19	高会旺	中国海洋大学	教授
20	温　泉	国家海洋环境监测中心	研究员
21	王　凡	中国科学院海洋研究所	副所长、研究员
22	俞志明	中国科学院海洋研究所	研究员

续表

序号	姓名	工作单位	职务、职称
23	林卫青	上海市环科院	副院长、总工
24	李盛泉	山东海事局	副处长、高工
25	韩保新	华南环境科学研究所	研究员
26	李新正	中国科学院海洋研究所	研究员
27	徐惠民	辽宁师范大学	讲师
28	王忠能	中国船舶重工集团公司	副所长、研究员
29	马　伟	中国船舶重工集团公司	高工
30	何志强	中国船舶重工集团公司	工程师
31	张　锐	厦门大学	副教授
32	卢士强	上海市环科院	所长
33	王宗灵	国家海洋局第一海洋研究所	处长、研究员
34	张朝晖	国家海洋局第一海洋研究所	主任、副研
35	富　国	中国环境科学研究院	研究员
36	李俊生	中国环境科学研究院	研究员
37	张　远	中国环境科学研究院	研究员
38	雷　坤	中国环境科学研究院	研究员
39	刘录三	中国环境科学研究院	副研究员
40	闫振广	中国环境科学研究院	副研究员
41	全占军	中国环境科学研究院	助理研究员
42	余云军	华南环境科学研究所	工程师
43	杨　静	华南环境科学研究所	主任、高工
44	王　彪	上海市环科院	博士
45	李家乐	上海海洋大学	校长助理、教授

续表

序号	姓名	工作单位	职务、职称
46	杨金龙	上海海洋大学	副教授
47	李道季	华东师范大学	教授
48	马启敏	中国海洋大学	教授
49	梁书秀	大连理工大学	教授
50	李宝泉	中科院烟台海岸带研究所	副研究员
51	郑丙辉	中国环境科学研究院	副院长、研究员
52	李发生	中国环境科学研究院	总工、研究员
53	刘征涛	中国环境科学研究院	研究员
54	秦延文	中国环境科学研究院	研究员
55	柴国旱	环保部核与辐射安全中心	总工、研究员
56	陈晓秋	环保部核与辐射安全中心	副总工、研究员
57	卢学强	天津市环境科学研究院	副院长
58	王　彤	辽宁省环境科学研究院	所长、教授级高工
59	汤　育	辽宁省环境科学研究院	书记、教授级高工
60	石玉敏	辽宁省环境科学研究院	室主任、高工
61	胡　成	辽宁省环境科学研究院	副院长
62	孙鹤鲲	青岛市环境科学研究院	院长、研究员
63	左　华	青岛市环境保护科学研究院	副院长、正高
64	徐洪磊	交通部规划研究院	副院长、研究员
65	徐　敏	南京师范大学	教授
66	史剑波	中科院生态环境研究中心	副研究员

（九）海陆关联工程课题

序号	姓名	工作单位	职务、职称
1	管华诗	中国海洋大学	院士
2	袁业立	国家海洋局第一海洋研究所	院士
3	顾心怿	胜利石油管理局机关	院士
4	朱善庆	交通运输部规划设计院	高级工程师
5	祝世华	中交第一航务勘察设计院有限公司	教授级高工
6	李华军	中国海洋大学	副校长、教授
7	余锡平	清华大学	教授
8	朱意秋	中国海洋大学	教授
9	郑金海	河海大学	教授
10	董国海	大连理工大学水利工程学	院长、教授
11	李术才	山东大学	教授
12	高　艳	中国海洋发展研究中心	研究员
13	史宏达	中国海洋大学	教授
14	刘　勇	中国海洋大学	副教授
15	刘洪滨	中国海洋大学	教授
16	张耀光	辽宁师范大学	教授
17	刘　康	山东省社科院经济研究所	副研究员
18	倪国江	中国海洋大学	讲师
19	刘　振	中国海洋大学	研究生
20	谢　健	国家海洋局南海海洋工程勘察与环境研究院	常务副院长、教授级高工
21	娄全胜	国家海洋局南海海洋工程勘察与环境研究院	高级工程师

续表

序号	姓名	工作单位	职务、职称
22	赵明利	国家海洋局南海海洋工程勘察与环境研究院	工程师
23	吴珈慧	国家海洋局南海维权技术与应用重点实验室	工程师
24	孙　丽	国家海洋局第二海洋研究所	工程师
25	潘克厚	中国海洋大学	教授
26	孙　杨	中国海洋大学	讲师
27	李大海	中国海洋大学	博士
28	施　平	中科院烟台海岸带研究所	研究员
29	王　斌	国家海洋局北海分局	副局长
30	刘德辅	中国海洋大学	教授
31	杜铭海	秦山核电	高工
32	侯西勇	中院烟台海岸带研究所	研究员
33	于良巨	中院烟台海岸带研究所	助理研究员
34	马德毅	国家海洋局第一海洋研究所	所长、研究员
35	彭轩明	青岛海洋地质研究所	所长、研究员
36	刘曙光	中国海洋大学海洋发展研究院	副院长、教授
37	于谨凯	中国海洋大学经济学院	教授
38	叶向东	中共福州市委党校	研究员
39	于君宝	中国科学院烟台海岸带研究所	研究员
40	顾　卫	北京师范大学	教授
41	许映军	北京师范大学	副教授
42	李京梅	中国海洋大学经济学院	教授

（十）海洋能源工程课题

序号	姓名	工作单位	职务、职称
1	周守为	中国海洋石油总公司	副总经理、院士
2	黄　鑫	中国海洋石油总公司	综合管理经理
3	李健民	中国海洋石油总公司工程建设部	深水工程经理
4	谢　彬	中海油研究总院技术研发中心	副主任
5	李清平	中海油研究总院技术研发中心	首席工程师
6	赵志刚	中海油研究总院勘探研究部	资深工程师
7	付　强	中国海洋石油总公司办公厅	助理

（十一）综合课题

序号	姓名	工作单位	职务、职称
1	刘世禄	中国水科院黄海水产研究所	主任、研究员
2	杨宁生	中国水产科学研究院	研究员
3	刘　岩	国家海洋局发展战略所	主任、研究员
4	王　芳	国家海洋局发展战略所	主任、研究员
5	王建坤	中国水科院黄海水产研究所	助理研究员
6	高乐华	中国水科院黄海水产研究所	博士

后　记

科学技术是第一生产力。纵观历史，人类文明的每一次进步都是由重大科学发现和技术革命所引领和支撑的。进入21世纪，科学技术日益成为经济社会发展的主要驱动力。我们国家的发展必须以科学发展为主题，以加快转变经济发展方式为主线。而实现科学发展、加快转变经济发展方式，最根本的是要依靠科技的力量，最关键的是要大幅提高自主创新能力。党的十八大报告特别强调，科技创新是提高社会生产力和综合国力的重要支撑，必须摆在国家发展全局的核心位置，提出了实施“创新驱动发展战略”。

面对未来发展之重任，中国工程院将进一步加强国家工程科技思想库的建设，充分发挥院士和优秀专家的集体智慧，以前瞻性、战略性、宏观性思维开展学术交流与研讨，为国家战略决策提供科学思想和系统方案，以科学咨询支持科学决策，以科学决策引领科学发展。

工程院历来重视对前沿热点问题的研究及其与工程实践应用的结合。自2000年元月，中国工程院创办了中国工程科技论坛，旨在搭建学术性交流平台，组织院士专家就工程科技领域的热点、难点、重点问题聚而论道。十年来，中国工程科技论坛以灵活多样的组织形式、和谐宽松的学术氛围，打造了一个百花齐放、百家争鸣的学术交流平台，在活跃学术思想、引领学科发展、服务科学决策等方面发挥着积极作用。

至2011年，中国工程科技论坛经过百余场的淬炼，已成为中国工程院乃至中国工程科技界的品牌学术活动。中国工程院学术与出版委员会今后将论坛有关报告汇编成书陆续出版，愿以此为实现美丽中国的永续发展贡献出自己的力量。

中国工程院

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 （010）58581897　58582371　58581879

反盗版举报传真 （010）82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号　高等教育出版社法务部

邮政编码 100120