



林元培

Lin Yuanpei

林元培 桥梁专家。1936年2月8日出生于上海,原籍福建省莆田县。1954年毕业于上海土木工程学校。上海市工程设计研究总院资深总工程师。主持工程设计的主要项目有:嘉陵江石门大桥,上海南浦大桥,上海杨浦大桥(跨度602 m),上海徐浦大桥(8车道,跨度590 m),上海卢浦大桥(全焊钢结构拱桥),重庆李家沱长江大桥(跨度为444 m),东海大桥(海上大桥长32 km)。获国家科技进步奖一等奖3项。2005年当选为中国工程院院士。

少年时代我对数学最有兴趣,特别是几何学令我非常神往,那么多的定理归根到底可为少数几条公理演绎而出,而且用圆规直尺去实际检验都是正确的。更为有趣的是将其中的某些公理适当地修改一下即可推导出另外一套与欧几里得几何不同的几何学,例如黎曼几何十分美妙,但它有何用?为此认真学习了广义相对论,看到用它来解释宇宙要比欧几里得几何恰当得多,牛顿定律不再正确。在青年时代,这件事对我的心灵是十分的震撼,几千年来一贯正确的欧几里得几何可以被取代,使我懂得人的思想方法是什么,真理应该怎么去追求,对我世界观的形成起着举足轻重的作用。

但人生许多事往往阴差阳错,兴趣与职业往往并不一致,我的工作桥梁设计,60年代设计的大都是中小桥,以套苏联标准图为主,其跨度很小,最大也就是苏州河上的桥。然而我

们老一辈的高资质的工程师们不甘心于此,他们希望自己有生之年能在黄浦江上建上大桥,完成人生理想,而我们明白这需要机遇,机遇什么时候到来,谁也不知,即使机遇来临,我们有没有这技术水平来设计制造它?机遇是不可求的,但技术水平是可以追求的,我们都明白要不断提高技术水平。

我是做理论工作开始进入工程领域的,在60年代,设计的是中小桥,施工工艺并不复杂,设计的主要困难是结构分析,要求在没有任何计算机的情况下,求得桥梁问题的弹性力学近似解,最后落实到可以用计算尺或手摇计算机操作,我的研究工作是解决一系列桥梁空间计算问题。

例如:斜交构造异性板理论。当时高速公路开始大量出现,桥梁构造服从线路走向要求,出现大量斜交桥,这方面已有李国豪教授的斜交桥弯曲理论,我的创新点是完善了李国豪理论。证明刚度得数 D_{ik} 必对称,并求出 D_{ik} 的表达式。计算结果与日本成冈昌夫教授的实验结果一致,并应用于上海沪嘉高速公路设计,之后李国豪教授将此论文向国际桥协推荐,发表于 I. A. B. S. E 论文集中。

同时在这期间,柳州有座大桥需要设计,跨度是120 m,建设部原本请苏联专家设计,遭到他们拒绝,他们推说还是请西德专家来设计,当时我国同西德没有外交关系,所以这是不可能的事。因工程非常紧急,建设部邀请我院担任设计,当时我院总工程师很有勇气,坦然答应,给我们年轻一代树立了很好榜样。当时我们的设计只有在苏州河上建五六十米桥梁的经验,国外文献中西德的桥没有真正的介绍,只有几张照片,这件事对我院来说是件风险很大的设计。当时我被调入设计组,除了做结构分析工作外,还做徐变试验工作,做混凝土浇筑的可行性试验,在这个工程中我深深感到施工工艺的重要性,单有理论不能解决全部问题,工程师同科学家工作方式完全不同,科学家主要是认

识世界,这一次认识不到下一次改进再认识,工程师则不同,是改造世界,必须说到做到,有缺点可以,不能有错误,不能失败,没有下一次。况且工程中的问题并不是都可用理论解决,比如说地基的应力和变形问题,已经研究了一百多年了,迄今还不能全部用理论指导实践,还是要用经验的方法来综合判断,我们总不能因地基的理论没有解决就不做设计不做工程了,问题是许多因素带有经验性质,经验又不是放之四海皆准的真理,由于其不确定性,给工作带来风险,有风险而又不能失败,所以工作责任很大,当然柳州大桥最后还是建成了,我深感到当工程师的不简单,桥梁设计是我的职业,我的工作是不能失败的,否则后果不堪设想,渐渐地我的人生风格由理论家转向到工程师。

当然我常会在时间有空余的时候去思考爱因斯坦的统一场理论问题来满足我平生对理论的兴趣。

“文化大革命”结束后我被提拔为副总工程师,设计柳港大桥,采取斜拉桥型式跨度 200 m 为当时国内跨度最大的桥梁,同时是一座试验桥,目的是为以后跨越黄浦江作技术上的准备。这是一件非常重要的设计,在考核我们的设计水平,看看我们的技术水平是在纸上谈兵还是能实际解决问题,经过三年奋战终于建成柳港大桥。然而黄浦江大桥河面宽四百多米,柳港大桥这二百米跨度的经验是不够用的,国际上也只有 300 m 的水平,我们的跨度还需向前推进。但我们手里也一时拿不出比柳港大桥更大跨径的桥来锻炼,眼看时间在流去而无所作为。1984 年我被提到总工程师的岗位,我手里的工程当时也只有规模不大的工程,例如新客站的恒丰北路斜拉桥,跨径只有 76 m,在设计上没有任何困难,但这座桥也有它的特点,即沉降要求很高,我们采用 80 m 深的钢管桩基础。建成后这个基础的经验可以为以后黄浦江上大桥所应用。今天把它设计好,并已在实践中经过考验,就是为以后黄浦江大桥作技术准备。在

这样的思想指导下,我们把过去柳港大桥中的锚头在恒丰北路中也进行改进,付诸实施加以考验,作为技术储备。果然后来在南浦大桥的设计中也毫不犹豫地应用恒丰北路斜拉桥的基础及锚头。

在黄浦江大桥机遇未来到之前,我总是把未来可能发生的问题分解为若干小问题,这些小问题分别在各个小工程中分别加以实践检验,等到黄浦江大桥真的机遇来了,我们需要解决的问题可能已不多了。

不久之后,我们遇到了一个不大不小的机遇,即在重庆嘉陵江上要建一座独塔的单索面混凝土斜拉桥,其跨度是 220 m + 230 m,如果这座桥能建成,那么我们重复再做一把伞即可构成一座 460 m 双塔斜拉桥就可以跨过黄浦江了,当时国际上最大跨度是加拿大 Annasis 桥,跨度是 465 m,国内最大跨度是 260 m 斜拉桥,在胜利油田。

我深深明白这座桥的战略意义,集中了很大的设计力量投入该桥,如果此桥能建成,则建上海黄浦江大桥就有八成把握,由于是混凝土斜拉桥,如何悬臂施工是关键问题,我提出了品字形施工工艺,解决了 8 m 节间巨大箱形断面悬臂浇筑问题,并提出钢束工厂化生产方式,终于在 1989 年夏天大桥合龙。听到合拢消息我不知怎的,突然二眼一黑,什么也看不见了,人差一点倒在地上,身边的同事以为我身体出了什么问题,但我心里明白,实在是太激动了,黄浦江上建大桥技术上有可能了。

该桥 1989 年通车,1991 年获国家科技进步一等奖。

嘉陵江大桥建成后不久,上海几代工程师梦寐以求的机遇来到,上海要开发浦东,要建造大桥了,我院接到设计南浦大桥任务,兴奋至极,方案经反复论证选择跨度为 423 m 的迭合梁斜拉桥,当时加拿大已建成 Annasis 桥跨度为 465 m 的迭合梁斜拉桥,对我们设计很有参考价值,我们已有的经验在跨度上、施工工艺

上、结构分析上、锚头上都有过实践,唯独迭合梁构造尚需向他们学习,迭合梁的设计则参照加拿大图纸进行设计,但不久从加拿大考察回来的同仁反映该桥有许多裂缝,几米外用肉眼就能清楚看出,这消息使我心急如焚,我们的工作是不能有错误的,立即赶去加拿大再次实地考察,心想前人触了霉头,对后人却是教训,应谢谢这位设计师,智者千虑必有一失。经反复分析后提出三条措施,修改了大量图纸,终于在1991年建成通车,通车后已不再有类似的结构裂缝。1994年获国家科技进步一等奖。

回想南浦大桥历程深感平生有幸,十年磨一剑,剑刚磨好,要开发浦东了,几代工程师梦寐以求的夙愿在我们手中实现。

南浦大桥还未造好就设计杨浦大桥,杨浦大桥有二个方案,一个方案是一跨过江跨度是602 m(当时斜拉桥的世界记录530 m在挪威),超过世界纪录,意味着风险;另一个方案是用南浦大桥423 m方案,这个方案没有风险,但水中有桥墩,对航行不利,且工期长。这二个方案使我进入二难境地,如果采用602 m方案有风险,出了问题桥塌在黄浦江里,我实在担不起这责任,自己的几十年声誉也将付之东流。反之采用南浦大桥423 m方案,虽然稳当,但将来船撞桥墩,工期长造价高,也要受到后人不断指责,经过二个多星期反复思考后最后认为:虽然是世界记录有风险,但是结构分析是有把握的,施工工艺同南浦大桥一样,经过实践也是有把握的,应该有80%的把握,还有20%的风险,这20%的风险应该用120%的努力去全力克服。苍天不负有心人,终于在1993年建成杨浦大桥。获得国家优秀设计金质奖。

在上海一连建立了南浦、杨浦、徐浦三座斜拉桥,现在要建卢浦大桥,是否还要再建斜拉桥?过去一直建斜拉桥主要是它造价最便宜。这十几年来生活条件在不断提高,人们的品位也在提高,桥梁不仅是交通工具,且应该是标志

性建筑物,不要千篇一律,过于单调,所以卢浦大桥在方案投标中我们推出一个价格略高而造型别致的拱桥方案,跨度则世界第一,为550 m,结果这方案一举中标。

接下来是做什么样的拱桥,目前在世界上最大拱桥有二座,一座是美国西弗吉尼亚州的新河谷桥,跨度为518 m的桁架拱,建成于1978年,另一座是澳大利亚悉尼海湾桥,跨度为503 m,也是桁架拱桥,建成于1933年,这二座桥杆件都用开口小杆件组成,虽然杆件轻,但整个桥杆件繁多、造型不简洁。

现在21世纪来临,几十年来电焊工艺已成熟,斜拉工艺的起重能力已在300T以上,如果我们拱的断面做成闭口箱形断面,利用电焊技术把断面做得足够大代替原来的开口断面,使其起重量控制在300T左右,那么这样构成的拱桥、杆件数量(全桥用钢量与桁架拱差不多)将大大减少,造型将十分简洁,达到了美学上的要求。

这个桥是建在上海的软土地基上,采用斜拉桥上的钢束来平衡拱的水平推力,总体结构是可靠的。

在结构分析方面由于主拱断面是闭口箱形断面而现有的总体稳定分析软件都是针对开口断面的,不得已我只好针对闭口箱形断面建立“非线性闭口薄空间杆件稳定有限元理论”,请二个单位编制软件,直到二个单位计算结果完全一致为止,最终算出卢浦大桥总体稳定安全系数为2.3。

所以卢浦大桥在结构分析上是有把握的,另外一方面在施工工艺上拱肋采用斜拉方式安装,这在过去斜拉桥施工中已千锤百炼,这样既然结构分析和施工都有把握,虽然550 m跨度谁也没有做过,像杨浦大桥一样,总的来说应该有80%的把握,具体问题具体解决认真去办,最后卢浦大桥设计就这样推出去了。经过施工单位努力奋战终于在2003年建成,2004年获美国国际桥梁协会颁发的尤金费戈奖,2008年

获 I. A. B. S. E 杰出结构奖。

我最近一次主持设计工作是东海大桥工程,该桥主要问题是桥长 32 公里,在海上施工,风浪大,每年只有 180 天的工作日,要求在三年半内建成,与港区建设同步完工,提出了简化施工工艺,结构配合工艺,联合国内有关单位对防腐攻关,桩基采用钢管桩,大型桥梁构件陆上预

制海上吊装,减少海上风险,保证质量,缩短工期,在全体施工单位努力下终于在 2005 年建成东海大桥,2007 年获国家科技进步一等奖。

回想人生走过的路,阴差阳错,一个热爱理论的青年最后变成一个工程师,当然理论对工程师起了重要的铺垫作用。

平生有幸,所设计过的桥梁从未有过失误。