



傅依备

Fu Yibei

傅依备 核化学与化工专家。1929年4月4日出生于湖南省岳阳市。1953年毕业于四川化工学院。1960年列宁格勒化工学院研究生毕业,获副博士学位。中国工程物理研究院研究员,博士生导师。从事放射化学方面工作,制定放射化学分析法测定核装置试验威力的方法,完成了多次核试验样品的分析任务。负责组建了激光聚变微靶实验室,研制了一系列核爆模拟实验用微型氘氚靶,主持裂变聚变混合堆的氚工艺研究,建立了堆上在线产氚演示回路。在同位素化学,辐射化学和辐射材料改性研究等领域进行了开拓性的研究。获国家发明奖1项,国家科技进步奖1项,部级科技进步奖14项,2003年获何梁何利科技进步奖。发表论文190余篇。2001年当选为中国工程院院士。

我的求学之路

1929年4月4日,我出生于湖南省岳阳县新市镇嶺上傅村的一个农民家。父亲傅时贤,母亲黄氏,家有三个姐姐、一个哥哥,由于逃避国民党抓壮丁,我哥哥长期在外帮人驾船(木帆船),仅父亲一人种田养活全家,家境十分贫寒,一家人除父亲能识几个字外,全是文盲。我从四五岁开始就在家帮父亲做农活,放牛、拾猪牛粪、砍柴、插秧、除农作物野草和收割稻子等,除重活外样样都做。1939年后,日本军队入侵湖

南省,曾多次攻打长沙市,每次来回都经过我家乡,每到一处都烧杀抢掠,我父亲和哥哥先后多次被日本兵抓去做劳工。一次我也被抓走,后来跟我叔父一起逃出日本鬼子的虎口。平时日本军队就驻扎在离我家约两三公里的山里,我们就在日本人的大炮射程以内生活,因此,村庄里的房屋和田地里的人和牛羊就成了敌人的射击目标,许多农田荒芜,人们生命难保,死人是经常的事。1940年,当时国民政府下的赈济委员会在湘北沦陷区收留失学儿童。我一直渴望读书,知道此事后吵着要去,母亲不同意,我父亲硬着心肠把我送到报名的龙头冲,这样我进了湖南衡山南岳难童教养所读书。这里不仅生活很苦,缺医少药,死亡率很高,而且经常遭受日本飞机轰炸,老师天天带我们在山上松树林里上课。虽然如此,我在这里还是可以学到从来不知道的知识,我从一个无知的农村野孩子受到了启蒙教育,第一次懂得国家、民族和敌人的大道理,我开始懂得学习文化知识的重要,慢慢知道没有知识就要受穷受苦、落后就要挨打的道理。我拼命读书认字,我的学习成绩名列前茅,受到老师的关爱。可是好景不长,1944年日本侵略军开始了大规模的进攻,从长沙一直打到贵州省的独山。这时老师带着我们朝广西、贵州、重庆方向逃难。我们在前面逃,日本兵在后面追,国民党的军队毫无抵抗之力,我们经桂林、柳州、宜山跑到河池后,敌人愈来愈逼近,逃难的队伍被冲散了,于是我们开始各自逃命。我和同学赵完璞相依为命,他背着一床棉被,我背着席子和一个铁皮筒(用来煮饭),跟着难民队伍的人流盲目地沿着坑坑洼洼的砂石马路向前蠕动。沿途老百姓的房子都空着,人都跑光了。我们饿了就在路旁的田地里采野菜充饥,或者是在老乡的门前屋后找些玉米棒用火烤糊了吃,晚上就在老乡的空房里或屋檐下过夜。在路经都匀时我们住在城里,到深夜突然听到人们呼唤哭啼和车辆长鸣的混

杂声四起, 我们被惊醒后睁开眼一看, 火光冲天, 知道不好了, 这是放火烧城。我们仓忙起来往城外跑, 在混乱的人群中我和同伴赵完璞跑散了, 剩下我一个人, 我只有跟着逃难的人群继续往前走。几天后走到靠近贵阳的贵定时, 遇上了上面派来收留我们的人, 喜从天降, 我们有救了。在贵阳逗留数天后, 上面用卡车把我们送到重庆赈济委员会所在地。这时我们从湖南出发时的两千多个小孩只剩下三百多人了, 我成了这次大难中活下来的幸运儿之一。到重庆后不久, 赈济委员会把我们分配到所属的巴县第二儿童教养院。这已是 1945 年初。院方原拟把我们送到重庆利华橡胶厂做工。在求学欲望驱动下我以同等学力考进了江津国立九中。当时的国立中学全部公费, 包括学费和食宿费用, 但是书籍和文具需自己解决。我和沦陷区的父亲(后来知道母亲在 1943 年就去世了)已失去联系多年, 现在他乡异地举目无亲, 没有任何经济来源, 怎么办? 我暗下决心, 要以非凡的毅力克服当前的困难: 课堂上用脑子记, 一面作笔记, 课后借别人的书来抄, 最困难的是英语, 当时英文字母都不识, 抄写和听课就更难了。抗战胜利后国立九中搬回安徽省, 我转入重庆市二中。由于刻苦学习, 成绩优异, 我被多次评选为班上优秀生和模范生。

1948 年, 我考入当时很著名的公费学校中央工校专科部化工专业。报考时我连报名费和照一张相的钱都没有, 去找一个同乡借遭到拒绝, 我只有把唯一的一床棉絮卖掉。在重庆整个冬季, 我没有穿过棉衣和袜子, 一年四季穿草鞋或麻窝窝, 天再冷也只是一条单裤, 而这些衣服也都是周围的好心同学送的。1952 年来了一批调干生, 他们见我穿得单薄就凑钱给我买了一件棉衣, 这件棉衣后来在我分配到东北时帮了大忙。

解放后我曾多次报名参加军干校, 可是长期的营养不良使我骨瘦如柴, 体重只有八十多斤, 体检时均未通过。由于从小过着贫寒的艰

苦生活, 因此, 我对自己的生活处境也不十分介意。解放初期虽然我的生活远未走出困境, 但我的精神很充实, 我由党的地下外围组织新民主主义群众服务社转团, 1952 年入党。我一方面努力学习, 一方面积极参加各种社会活动, 这使我学到许多在书本上学不到的东西, 增长了不少做事的才干, 使我后来在做人人处事和思考问题的方法上受益匪浅。

我与核事业结下不解之缘

我 1953 年毕业于四川化工学院(其前身为中央工校的一部分), 被选派到中国科学院工作, 在北京文津街科学院报到后分到长春综合研究所(现为应用化学研究所), 参加钻探泥浆的科研工作, 这对我来说是一项完全陌生的领域。一年后我被动员去参加留苏考试, 给我一个月的准备时间, 当时我是不愿去报考的, 原因是我得了神经衰弱症, 头痛得厉害, 但在领导催促下只有去试一试。报名的人数不少, 但最后全所只考取了我一名。开始所里要我去学人造纤维专业。1955 年出国时又要我改学金属腐蚀专业。这年的秋天我进了列宁格勒大学化学系读研究生。我的导师是一位德高望重的电化化学教授叫杜鲁金。我虽然出国前在北京俄专学了一年俄语, 但听力还是不行。导师每天上午都要给我开小课, 讲金属腐蚀的基本理论, 他一边讲, 一边在纸上画画写写, 讲完了把稿纸给我, 让我回去好复习。他的精神真使我感动, 现在我还常常想念他。1956 年春, 根据我国政府和苏联的协议, 苏方将一批保密专业对我国开放, 同时政府决定从当时在苏联留学生中抽调一批在读研究生和大学生改学保密专业。这样我就被抽调到列宁格勒苏维埃工学院第五系学习核化工专业(即核燃料后处理工艺), 从此结下了与核技术的缘分。当时核科学技术是尖端技术, 也就是说我要从头学起, 包括基础课和专业课。我知道这是一门高新技术——原子核科学技术, 对我们国家太重要了, 虽然对我来说实

在太难了,但是为了我国的现代化,为了祖国的强盛,再困难我也要迎难而上。在50年代所谓核物理、放射化学、核燃料后处理工艺学等对我来说都是闻所未闻的,对一些专有名词也很生疏,我必须面对语言和专业的困难。当时有幸听发现铀自发裂变的彼得扎克教授的核物理讲座,他讲得深入浅出、易懂。经过一年多的努力我终于完成了副博士研究生的基础和专业课的考试,下一步是要进入研究生的论文课题研究。我的导师是教研室主任施伟多夫教授。他对我能否胜任副博士论文研究工作持怀疑态度,他要对我进行一个前期考试,考试通过就给题目,通不过就要“走人”。(在当时的苏联,导师的权限很大,对不合格的学生有权劝退,但要经学校学术委员会通过。)他给我三个样品瓶,瓶内装有几种不同的混合放射性同位素,要我在一个星期内分析出来,那时对我这个刚接触核技术的初学者,又无现在的多道分析测量设备是有一定困难的。接到任务后我根据已掌握的知识做了分析,四天后把结果交给导师,他看了后很不高兴,说只做对了个样品,要我重做。这时我感到问题严重。第二次拿到样品后,我没有急于动手,而是去图书馆进行了几天的文献调研,然后制定出分析方案,对样品逐一进行放射分离,再测半衰期确定核素。当我把分析结果送给导师时,他看后说了一句“好样的”。也就是说我获得了做论文研究工作的资格。几天后他给了我一个清单,里面开了5至6个研究方向,由我来选择。选什么方向,研究工作如何做就是研究生自己的事了。后来我领会到,这样的指导研究生方法,对培养研究生独立地进行创造性科学研究的能力是很有益的。由于基础薄弱,专业知识要从头学,加上语言困难,我要比其他学生更加倍地努力。从早上8点到晚上10点钟除中午吃顿午饭,我都在实验室做实验,每天都是最后一个离开实验室,寒暑假期间也不例外。我的论文题目是“汞阴极法分离放射性同位素”。国外文

献报道用这种方法只能提取有稳定二价的稀土元素,如铈、钐和铽。我从建立方法和实验装置开始,经过无数次实验失败和多次修改方案,所谓功到自然成,终于走出了困境和谜团,摸清了规律,接下来就是取数据写文章。最后我的论文发展了该方法,采用铷汞齐的技术途径,实现了提取和分离无稳定二价的稀土元素,并且成功地用该方法完成了数种放射性稀土同位素的分离,同时对该方法的机理进行了探索。先后在苏联权威杂志《放射化学》上发表论文7篇。于1960年5月完成并通过了论文答辩,获得副博士学位,但这只能说我在核技术领域刚跨进了门槛。

1960年初回国后分配在清华大学工程化学系120教研室任副主任。在清华先后指导了核燃料后处理专业的毕业生和研究生。编写了我国第一部《人工放射性物质工艺学》讲义,并在北京大学技术物理系第一次开设了这门课程。

1963年春节前夕,我接到通知,调到二机部第九研究所(后来的九院——中国工程物理研究院)工作。当我知道九所是从事核武器研制的单位后,我的心是多么的激动,这是全国各族人民多年来的心愿,它像磁石般地吸住了我的心,这是多么伟大、多么光荣的事业啊!作为一个党和人民一手培养出来的科技工作者,我义无反顾,能为这个关系到国家安危和声望的事业添砖加瓦,也算没有辜负党和人民的期望,也是我毕生的愿望和追求,我没有丝毫犹豫,毅然走上了这个新岗位。

转眼就是四十多年了。这四十多年是我人生道路上最宝贵、最重要的四十多年,也可以说这是我一生中称得上真正为社会为国家做了点事的四十多年。这四十多年我从北京到西部,从青海高原、新疆戈壁沙漠,到四川深山峡谷来回滚打,都留下了我的足迹。我经历了“四清下楼”的批判,“文化大革命”中莫须有罪名的残酷

折磨,但我忠于事业的心从来没有变。我先后在放射化学、同位素化学、辐射化学、环保化学和材料科学等领域承担了一个又一个国防科研任务,在同仁共同努力下作出了应有的成绩。指导培养了一批硕士、博士研究生。在实验室和研究所的建设与管理中尽了我应尽的力量,也获得了党和国家给予的各种荣誉称号。

在我国第一枚原子弹研制的日子里

我到九院后的第一个工作就是参加钋—铍特种中子源的研制,这是一个和中国原子能研究院的合作项目,我是九院方面的负责人。这项工作的首要任务是利用反应堆生产钋-210。钋在门捷列夫周期表中是空白。1898年由法国人比埃尔·居里(Pierre Curie)和法籍波兰人玛丽·居里(Marie Curie)共同发现钋(Polonium, Po),玛丽·居里为了纪念她的祖国波兰(Poland),将这个放射性元素取名钋。钋有20几种同位素,但钋-210的寿命适中,其半衰期为138.4天,衰变时放射出能量为5.305兆电子伏的 α 粒子。做成钋—铍中子源就是利用这些 α 粒子打在金属铍上发生核反应释放出中子。钋-210是用金属铋(Bi)放在反应堆孔道内经中子照射发生核嬗变反应而生成的,然后用化学分离方法将钋-210同位素从辐照靶料中提取和分离出来。这是一种毒性很大的放射性元素,国内是第一次生产,而且要制成一种特种中子源,需要的量大。因此这项工作对我们不仅是陌生的,而且难度很大。我来九院前这项工作已经开始。由于当时缺乏实验室条件和设备,工作环境非常艰苦,但人们都有一股为国争光为人民争气的苦干精神,那时有一个口号“有条件要上,没有条件创造条件也要上”。就是在这种精神鼓舞下,没有实验室就自己搭工棚,没有手套箱就自己制造。为了抢时间,我们不得不在技术安全条件完全不符合要求的情况下工作。开始时整个工作是在用油毛毡做屋顶的工棚里进行的,冬天无暖气,夏天炎热逼人,

通风很简陋。手套箱是自制的简易结构,密封性很差。放射性废水都贮藏在工棚里,因此,工棚里的辐射剂量很高,加上大家当时对钋的放射性特性不甚了解,手套箱内外,甚至地面墙面都受到钋的放射性沾污。我们就是在这种条件下夜以继日工作。到1964年上半年已建立钋的生产工艺,并生产出居里量级的钋-210,制成我国第一枚原子弹研制所需的模拟裂变谱中子源,这不仅填补了我国在这一领域的空白,而且当时在国外也只有很少的几个国家能达到这样的水平。此外,我还负责青海核基地放化实验室的工艺设计,并配合设计院的工程设计工作。

1964年是我国核武器研制最关键的一年,年初我们大队人马要向青海我国第一个核武器研制基地221厂转移。3月份,当时的国防科委副主任张爱萍将军给我们作了动员去青海的报告。一提到青海,我们就想到高海拔、低气压、风雪严寒的塞外风光,对仍然年轻的我们来说,虽有些好奇的浪漫色彩,但仍有离乡背井、远去他乡之感。然而我们中没有一个人提出特殊要求,说一句怪话,没有一个人掉队,没有一个人借故留下来不去,就像战士上前线一样,青海是我们该去的地方,是我们发挥作用的地方,因为那里是战场。

在我的行李、书籍和关系都随大队人马向青海出发时,接到大连523厂的电报,要我们派人去。我们在该厂加工的用于青海221厂放化实验室的一套大型设备在加工中出了技术问题,厂方和设计单位在这个问题上意见分歧,要求使用单位去人。我是这项工程的负责人,只有推迟去青海,先去大连。到523厂后分别与厂方和设计单位进行了讨论,但双方各持己见:设计方认为加工精度未达到设计要求,厂方则认为设计方案不行。为此只有严格按图纸重新加工后再做调试实验,装配调试结果仍然不行。最后决定将原自动机构的设计改成手动,虽不如自动控制好,但更可靠了。由于双方反复多

次,本来很快就可解决的问题拖延了很长时间。但最后赶上了第一次核试验的需要。523厂地处海滨,大而空旷的钣金车间,暖气不足,成天呆在那里比不上长期工作于此的工人师傅,感觉寒气透骨,我的腿关节隐隐发痛。回到北京时腿痛在加重,虽然走路已经很困难,但去青海心切,没有把它当一回事,以为痛一阵就会好起来的。万没有想到坐了两天两夜火车后腿痛病发展很快,到西宁后已不能自己下火车了。同行的魏金玺同志帮我找来一辆卡车,将我送到西宁杨家庄招待所,这时我已不能行走,大小便也不能自理了。221厂得悉后派人来,并决定把我送进西宁市人民医院、医院进行了各种检查和多方会诊,但一直查不出病因,诊断不出病症。住院约20多天后,我院的马祥副院长决定用软卧把我送回北京就医。先后在北京积水潭医院、北京中医院和北京部队261医院进行了诊断和治疗,到10月底病情略有好转,借助拐杖可以走路了。

同年10月16日,我国研制的第一颗原子弹在新疆罗布泊基地爆炸试验成功。这是我国人民的一个伟大事件,它庄严地向全世界再一次宣布,中华民族是一个伟大的有着悠久文明历史的民族,是一个具有非凡聪明才智和创造力的民族,任何困难、技术封锁和垄断都阻挡不住中国人民前进的步伐。它像一剂兴奋剂,强烈地震撼和激励着每个炎黄子孙的心。突然间每个人的眼睛亮堂起来了,腰杆也挺直了,这是多么振奋人心的一幕啊!那时我正住在261医院里,当听到这个消息后我非常高兴,兴奋得彻夜不眠。作为一个中国人我感到无比骄傲和自豪,但作为一名核科技工作者我深感内疚,因为在关键时刻我病倒了,我为我们的核事业贡献得太少了!

10月30日第一次核试验爆炸样品运到221厂。对样品的放化分析是每次核试验的重要一环,是核试验工作的延续。通过对核爆炸产物的分析获取核爆的重要信息,确定核爆释

放的能量(威力),验证核装置设计的原理,为核装置的进一步完善和改进提供依据。11月初221厂实验部来电报要我尽快回青海参加核爆样品的放化分析工作,接电后我非常兴奋,无所顾忌地立即启程,到厂后实验部领导考虑我的腿痛病尚未痊愈,上下车和行走不便,安排我暂住在离实验室很近的分厂厂区,以便减少上下班来回生活区与实验室的折腾。我安顿下来后的第二天召开了核爆样品分析讨论会。核爆样品分析对我们来说,谁都是平生第一次,也是第一次见到这种经高温熔融并具有极强放射性的怪状物,对其组成、化学和物理特性一无所知,如何对这种怪状物入手分析,当时对我们来说面临一个技术难题。另一方面这不是一件平常的分析任务,是一件要对我国第一次核试验的成功与否提供判据的放化分析任务,是一项极其严肃的政治任务。同时样品是一次性的不可能有第二次取样,样品不仅量少,而且样品中的放射性物质是要衰变的,也就是说从核爆中这些产物形成时开始,就一天天地衰变减少,随着时间推移,这些放射性物质就愈来愈少,使得对其分析的难度愈来愈加大。因此,在时间上容不得我们去做文献调研和慢条斯理地研究,必须基于已有的知识和经验果断地作出科学的决策。在此之前我们做了一些工作,但对核爆样品分析的技术储备还是不够。这时候对我们来说,没有多少可选择的余地,只有迎着困难上。当时我们集体中除两三个年过30的人外,大部分都是来自北大、清华和复旦等名校的毕业不久的二十几岁的大学生,虽然我们知识经验欠缺,但我们有科学民主这个法宝。我们群策群力,经大家反复充分讨论,制订了一个对我国第一次核试验爆炸样品进行分析的方案。确定了对样品进行分解的方法、对放射性核素进行分离和纯化的技术路线及工艺流程、对放射性核素进行核物理鉴定和定量分析测量的方法。随后组成了指挥小组,由我牵头,进行了分工,分若干小组分头开展工作。

当时生活条件很差,工作条件也很简陋。初到 221 厂时,科研室的桌椅等办公用品都很缺乏,科研人员就用搬家来时用的大木包装箱当桌子,小的做椅子,在这种条件下编写实验方案,处理实验数据,进行实验的文字总结。实验室是新建的,实验用的化学试剂、玻璃器皿等都不齐全。对核素测量需要能满足测量精度要求的高灵敏度和高分辨力的探测器和多道分析器,可当时只有很少的最普通的探测设备和一台 64 道多道分析器,其他分析仪器就更缺了,只能做简单的酸碱度分析。

就是在这种条件下开始了我们第一次核爆样品的放化分析实验。面对各种困难没有人抱怨和泄气,大家心往一处想,力往一处使,那就是要用我们的手和脑解决放化分析的难题,尽快报出我国第一个核装置的爆炸威力,圆满完成我国第一次核试验任务。这是全国人民所期盼的,也是我们从事核武器研制的科技工作者的天职。在“自力更生,艰苦奋斗”的精神感召下,大家充满信心,夜以继日地工作,一般都要从早晨工作到第二天凌晨三四点,还有的人因实验流程的需要,要通宵达旦地工作。为了确保成功,要先做预备实验和冷实验模拟,再过渡到正式热试验,一次失败再来第二次、第三次,这个方案不行,改用那个方案,反复实践,反复总结,等到很有把握时,才开始正式样品的分析实验。经过半个多月的艰苦磨炼、顽强拼搏和潜心钻研,终于初步解决了从核爆产物中提取和分离所需核素的工艺流程和测量技术。于 12 月 1 日报出了我国首枚核装置爆炸的威力数据,并得到了国防科委领导的肯定。通过这次放化分析任务的攻关成功,不仅锻炼了队伍,而且增强了我们迎接日后更大挑战的信心。

221 厂地处青海东北部的大草原,海拔高

(约 3 500 米),气压低,空气干燥稀薄,馒头发不起来,大米饭夹生,平时吃不下饭,夜间睡不好觉,经常头痛、头晕、血压升高,胃部鼓胀不消化,各种高原不适症状都有反应。我们去的时候,221 厂的住房和生活条件比过去有了很大的改善,但由于 1964 年上来的人员多,住房建设一时跟不上,以至于我们来后都住得很拥挤。不论年龄大小、级别和职位高低,研究室的人员都是睡双层床,一间住房少则 4 至 5 人,多则 10 至 20 人不等。夫妇两人也只能住一间能放一张双层床的房间(套房内的小厨房)。面对这样的生活条件谁也没有在意,因为大家一心想的是工作,整天忙的是完成国家的任务。没有人争过待遇,提过奖金,更没有人要过加班费。这种精神非常可贵,它是来自广大知识分子、工人和干部内心对祖国、对社会主义的爱,来自他们对建设强大祖国的责任感。这就是为什么在我国经济实力很弱,工业基础底子不厚,科技水平不高的条件下,能够在不太长的时间里,依靠自己的力量研制出只有少数几个经济发达国家才能制造得出原子弹来的根本原因之一。

寄希望于未来

回顾 40 多年前的往事略感欣慰,因为我们没有辜负人民的期望和时代赋予的责任,做了我们应该做的事,虽然不能说做得尽善尽美,但是到底在我国核武器发展史上留下了一丝痕迹。时代不同了,但青年人对社会、对祖国的责任没有变。古人云:青出于蓝而胜于蓝。我们相信今天的青年人会以出色的成就把我们远远地抛在后面。对此我们决不会嫉妒,我们将为他们对祖国做出的每一个成就和业绩鼓掌、喝彩!只有这样我们伟大的祖国、伟大的民族才有希望,才有光辉的未来。