

文章编号: 0253-9950 (2009) S0-0094-12

加强人才培养措施, 迎接核化学与放射化学的第二个春天

吴王锁

兰州大学 放射化学与核环境研究所, 兰州 730000

摘要:“核化学与放射化学”是支撑核科学技术的基础理论学科之一,与国家安全、能源、医学、环境等密切相关。本文针对我国“核化学与放射化学专业”人才培养的形势和要求,回顾了该专业发展历史,在充分调研的基础上,提出该专业人才培养的第二个春天即将来临;从当前面临的机遇和挑战入手,全面分析了国内外现状、发展趋势和面临的问题,提出了关于加强我国高等学校“核化学与放射化学”专业人才培养的建议和具体措施。

关键词:核化学与放射化学;人才培养;现状、问题、建议与措施

中图分类号: G40-011.8

文献标志码: A

Nuclear and Radiochemistry Education and Training in China

—The History, Current Situation, Problems and Suggestions

WU Wang-suo

Radiochemistry Laboratory, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

Abstract: Nuclear & Radiochemistry is one of the fundamental disciplines for nuclear science and technology and is related to national security, energy source, medical science and environmental science, etc. The development history of nuclear & radiochemistry education and training in China is reviewed; the the foreign and domestic current situation, development trend and problems are analyzed in detail according to the opportunities and challenges. Several suggestions and strategies for nuclear & radiochemistry education and personnel training in China are proposed to the government, to the companies and to the universities respectively in this paper.

Key words: nuclear and radiochemistry; education and training; current situation; problems; suggestions and strategies

“核化学与放射化学”与国家安全、能源、医学、环境、基础科学前沿乃至国民经济等密

切相关。“核化学与放射化学”和“原子核物理”是支撑核科学技术的两个相互关联的兄弟

收稿日期: 2009-04-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (J0630962/J0109)

作者简介: 吴王锁 (1960—), 男, 陕西澄城人, 博士, 教授, 博士生导师, 放射化学专业

学科。我国高等教育涉核本科专业和研究生学科，是随着 20 世纪 50 年代我国核武器事业和核科技工业的发展而建立起来的。创建初期参照前苏联模式，划分较细，主要有核反应堆工程、核动力装置、同位素分离、核材料、核物理（包括实验核物理、理论物理、辐射防护、加速器物理及核电子学）、放射化学、核化工（包括前处理、后处理和同位素分离）、核地质、核矿冶等，这样的专业学科体系延续了近 40 年。

1997 年，教育部对本科专业和研究生学科进行了调整，将核工程、核技术 2 个本科专业合并为“核工程与核技术”专业。将核工程、核技术相关的研究生学科合并为“核科学与技术”一级学科，下设 4 个二级学科，包括核能科学与工程、核燃料循环与材料、核技术及应用、辐射防护与环境保护；将与“核物理”相关的学科合并为“物理学”下的“等离子体物理”、“粒子物理与原子核物理”等学科，后来又变成物理学（或应用物理学）下的一个方向；将“核化学与放射化学”本科专业归属于应用化学专业，研究生则为无机化学的一个方向；将与“核地质铀矿冶”相关学科合并入“矿产普查与勘探”、“水文学及水资源”、“采矿工程”等学科。

涉核专业学科在建立初期，是比较系统和完整的，适应了当时核武器事业和核科技工业的发展需要。但在后来的几次合并调整过程中，由于受多种因素影响，普遍被削弱，部分学科濒临消亡，所在院系被边缘化。兰州大学原现代物理系的“核物理”专业并入物理学院，“放射化学”专业并入化学化工学院，相应的专业名称也分别改为“应用物理”（原子核物理方向）专业和“应用化学（II）”（放射化学）专业。

我国已经将大规模发展核能作为未来能源发展战略，2006 年 3 月 22 日，国务院总理温家宝主持召开了国务院常务会议，审议并原则上通过《核电中长期发展规划（2005—2020 年）》，这是我国发展核电的第 1 份中长期规划。“十一五”期间，国家要把积极发展核电作为基础产业设施建设的重要举措，并计划到 2020 年，核电装机容量达到 40 GWe，占总电力装机容量的 4%。这是具有重大战略意义的事件。这将意味着在机遇和挑战面前，中国核事业的第二个

春天正在来临。可以预见，随之而来的人才需求将大规模增加。因此，有必要对涉核专业，特别是“核化学与放射化学”专业人才培养的现状进行深入研究，以便针对具体问题，采取有效措施，不断提高我国“核化学与放射化学”专业人才培养质量。

1 核化学与放射化学的第二个春天

1.1 春之序曲

“核化学与放射化学”和“原子核物理”是支撑核科学技术的两大基础理论学科，就“核化学与放射化学”本身而言，可以总结为：“抓核头”（核燃料循环的前端，从铀矿冶、铀浓缩、铀转化到燃料元件生产制造）；“管核尾”（辐照核燃料及乏燃料后处理、核废料处理与处置、核设施退役等）；“重应用”（同位素技术及应用等）。由此可见，“核化学与放射化学”专业与核科学技术事业发展息息相关。

上世纪 50—70 年代，随着我国核事业的飞速发展，核科学技术处于黄金时期，“核化学与放射化学”学科在这一时期得到了迅速发展。进入 80 年代后，由于国际形势变化及国家发展战略转向等多种原因，导致核工业及整个核科学技术在上世纪后 20 年陷入困境。

进入 21 世纪以来，由于国际政治形势和国家安全与反恐需要，国家重新高度重视核科学与技术的发展；另一方面，从能源发展战略考虑，我国已加快了核电发展步伐，计划 2020 年核电总装机容量达到总电力装机容量的 4%~5%；再者，同位素技术及其应用的迅速发展，使得核科学技术在低谷徘徊了 20 多年以后，迎来了新的动力和发展机遇。“核化学与放射化学”也随之由衰到兴^[1]。

核科技事业的迅速发展，导致核就业市场需求增大，“核化学与放射化学”人才需求增加。然而，目前该专业人才资源现状却不容乐观。

2000 年，国际核科学与教育研讨会上，与会专家一致认为，21 世纪核人才需求量与核电总装机容量及核能发展趋势成正比。表 1 给出了一些核能发达国家核专业人才需求与核电装机容量之间的关系^[2]。

2001 年 3 月，美国国家能源政策显示，美国需要更多的核电站^[3]。美国核电需求情况示于图 1。

表 1 某些国家核专业人才需求与
核电装机容量之间的关系

Table 1 Relations between human resource demands
and nuclear power capacity in some countries

国家 (Countries)	专业人才需求数	核电装机容量/GWe
比利时 (Belgium)	860	5.5 (5.5)
芬兰 (Finland)	394	2.3 (2.3)
荷兰 (Netherlands)	413	0.5 (0.5)
瑞士 (Switzerland)	708	3.0 (3.0)
瑞典 (Sweden)	1 621	10.0 (10.7)
加拿大 (Canada)	3 232	11.9 (15.4)
日本 (Japan)	9 843	27.6 (49.7) *
英国 (U.K.)	14 013	11.2 (9.9)
美国 (USA)	74 511	98.0 (104.0)

注: 1) 美国能源部核能委员会数据;

2) 括号中数据为预测值; *为 2000 年实际数据

核能的强势发展以及国防需要使美国加快了人才培养的步伐。美国政府所做的民意调查结果显示, 美国公众从 1983 年到 2003 年 20 年间对核能的支持率除 1986 年受切尔诺贝利核电站灾难性事故影响而有所下降外, 其他时间几乎逐年增长 (图 2) [2]。

美国核工业人力资源现状调查显示 (图 3) [5], 美国核工业面临严峻的挑战。通常, 美国核工业企业工作人员退休年龄为 55 岁, 2004 年统

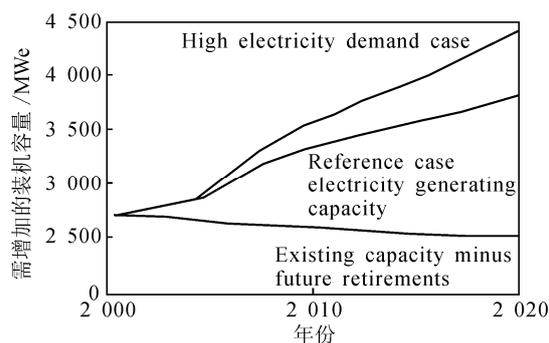


图 1 美国核电需求情况 [2]

Fig. 1 U.S. needs of nuclear power [2]

计, 大约有一半人员为 48 岁以上。未来 5 年内, 美国核企业将有 26 000 人需要补充和替换, 其中 16 000 人因为退休, 另外 10 000 人因其他原因将离开现有岗位。2008 年, 更换的人员 60% 是因为退休所致。美国三分之二的核企业都制定了其人力资源计划, 其中 15% 为 1~3 年计划, 58% 为 3~5 年计划, 其余 27% 为 6 年以上计划。

中国核工业集团公司人力资源部 2003 年所做的人力资源现状调查显示 [6], 我国核工业人才现状同样不容乐观。我国核工业各类技能人才的年龄结构比例为: 55 岁以上占 10%, 46—54 岁占 45%, 36—44 岁占 38%, 35 岁以下仅占 7% (图 4)。各级技能人才的学历层次更为严峻。大专以上学历仅占 3%, 高中 (中专、技校) 占 52%, 初中以下占 45% (图 5)。

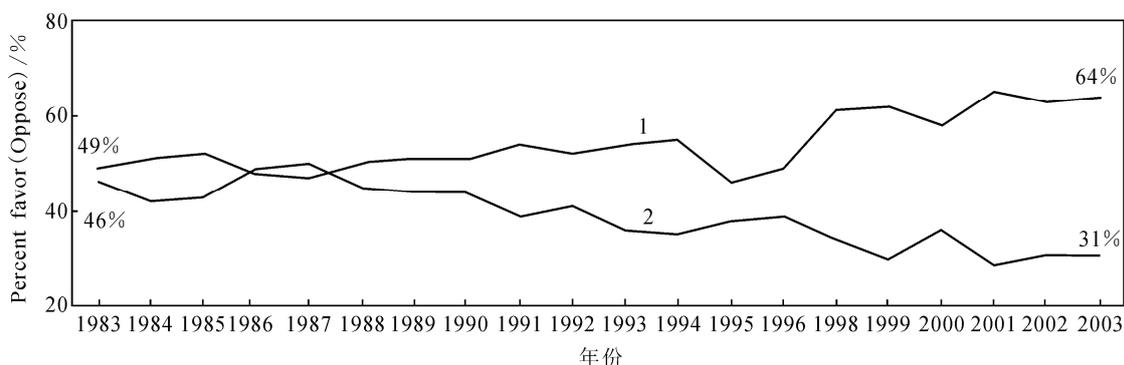


图 2 美国对核能发展的公众调查结果 [2]

Fig. 2 U.S. perspective on public opinion of nuclear power [2]

1—Favor, 2—Oppose

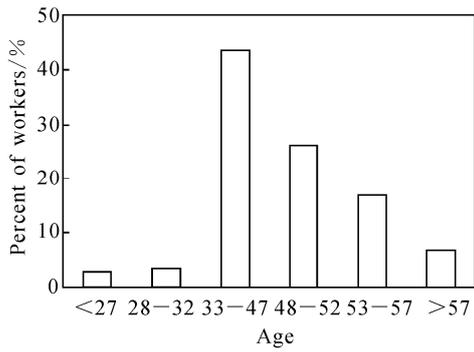


图3 美国核工业人才年龄结构

Fig. 3 Age structure of nuclear professionals in U.S.

20世纪80—90年代，美国核相关专业学生的注册数和获得学位数的调查结果同样令人担忧^[7]。表2比较了1979年和1999年美国涉核专业在校学生数量和获资助的学生数，可以看出，无论是在校生数量还是获得资助的学生数，20年来都有明显的下降。

1999年，由经济合作与发展组织核能机构(OECD/NEA)进行的一项研究，对包括中、美、英、法、日在内的16个成员国进行了调查研究。图6是这些国家90年代授予的核专业学位数。可以看出，整体趋势是：博士学位授予数量略有增加，硕士学位数基本持平，本科生数量呈下降趋势。调查还发现，在大多数国家，目前大学中全面、高质量的核技术计划数目比以前少。因此强烈呼吁，如果现在不采取适当措施，将来势必会严重危及为明天提供足够的核专业专门人才。

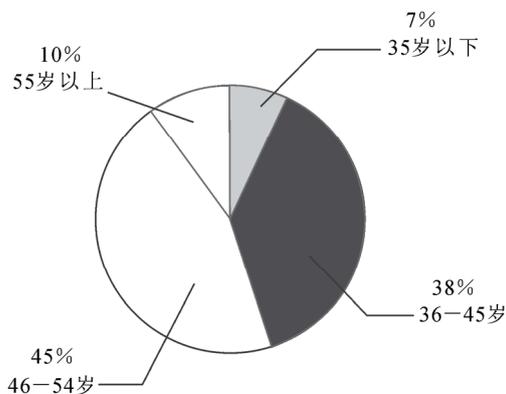


图4 我国核工业各级技能人才年龄结构^[3]

Fig. 4 Age structure of nuclear professionals in China^[3]

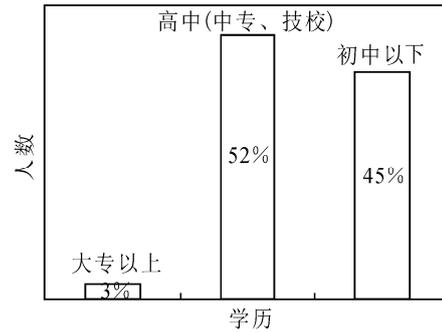


图5 我国核工业各级技能人才的学历层次^[3]

Fig. 5 Education degree structure of nuclear technical personnel in China^[3]

表2 美国核专业学生数20年比较^[3]

Table 2 U.S. nuclear students quantity in past two decades^[3]

年份	本科生		硕士生	
	在校生数	获资助数	在校生数	获资助数
1979	1 800	800	950	460
1999	600	300	460	152

IAEA成员国在最近的几届大会上，通过了几项要求加强全球核科学技术教育与培训措施的决议，其覆盖范围从核安全、辐射防护和废物管理到核技术在水文学和其他领域的应用。大会还要求机构重视对成员国核应用发展的支持，“以便保留核知识，维持核基础设施，并且促进有利于加强核安全的科学、技术与工程活动”^[3]。

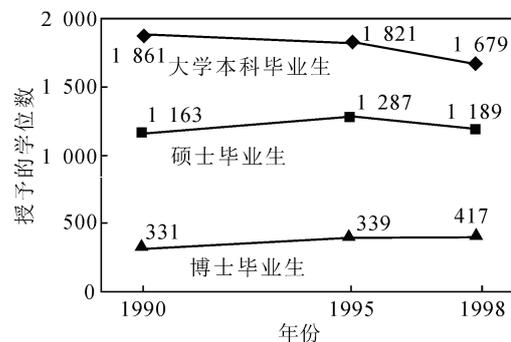


图6 90年代一些国家授予的核学位数

Fig. 6 Numbers of nuclear degrees in the 1990s

根据NEA 2000年提出的有关16个国家的研究报告以及一些国际学术会议上提出的报告得出：被调查国家包括比利时、加拿大、芬兰、法国、匈牙利、意大利、日本、荷兰、韩国、西班牙、瑞典、瑞士、英国和美国

美国能源委员会 (NEA) 研究报告^[3]指出: “使美国的核能重新具有一个光明的前景, 将有利于招收和教育新一代大学生, 以满足今后几十年的 (人力资源) 需要”。“不论人们是支持核能、反对核能, 还是对其持中立态度, 目前和将来都明显存在若干重要的核问题, 需要相当多的专门知识加以解决”。

1999 年 10 月美国能源部 (DOE) 成立了独立的核能研究咨询委员会 (NERAC), 任务是为 DOE 的各种核计划提供专家建议和指导。NERAC 内部成立了 1 个“第一小组委员会”, 其任务是: 考虑美国核教育基础设施的未来, 并且特别关注美国的大学研究反应堆的未来; 以及大学和国家实验室之间在进行核工程研究方面的关系。2000 年 5 月, 该小组向 NERAC 提出其最后报告, 紧急呼吁采取行动, 强烈要求为核教育和研究投入更多资金, 以扩大计划为目标, 支持核工程核科学教育, 更新大学的培训和研究反应堆。使正在老龄化的教师队伍和技术队伍恢复活力。因此, 如何尽快调整/整合核相关学科 (如核化学与放射化学等), 以适应国家战略和社会发展需要, 就成为摆在我们面前的首要问题。

1.2 春风拂面

2004 年 7 月, 胡锦涛、江泽民、温家宝等中央主要领导人核科技 (含核化学与放射化学) 领域做出了“亡羊补牢, 犹未为晚”, “要奋起直追的往前赶”, “必须重视此问题, 认真研究, 做出部署”等重要批示。

2006 年 3 月 22 日, 国务院总理温家宝主持召开了国务院常务会议, 审议并原则上通过《核电中长期发展规划 (2005—2020 年)》, 这是我国发展核电的第一份中长期规划。这个规划最显著的特点是将适度发展核电调整为大力发展核电, 并计划 2020 年核电从现在占总电量的 1% 增加到 4%, 2008 年初的冰雪灾害以后, 该计划又作了大幅度调整。

我国经济社会发展面临能源资源不足, 环境污染严重和能源供应安全等问题, 发展核电是必然的选择。现在全世界运行的核电机组约 360 GWe, 核电占总发电量的 17%, 其中法国 77%、日本 34%、德国 30%、英国 27%、美国 20%, 而我国 2007 年核电仅占总发电量的 2%, 根据规划, 到 2020 年我国核电将达到 4 000 万

千瓦 (约占总发电量的 4%), 到 2050 年估计将达到 1 亿千瓦 (占 10%)。据了解, 该计划已调整为到 2020 年核电装机容量达到 7 000 万千瓦 (占 6%), 另有 3 000 万在建。

中央领导的重要批示犹如春分拂面, 为我国核科技事业的全面复苏带来了新的机遇, 核能的强势发展为“核化学与放射化学”学科注入了新的活力, 标志着“核化学与放射化学”的第二个春天即将来临。

2004 年 10 月, 我国科研院所、高等院校的 20 多位核化学与放射化学专家学者聚集北京, 根据国内外学科发展动态, 召开了具有重要意义的“核化学与放射化学战略研讨会”。2008 年 11 月, 又召开了第二次战略研讨会, 为我国该学科进一步发展制订了战略规划。

1.3 春暖神州

1) 春风吹绿江南岸

2007 年 11 月 2 日, 经国务院批准, 国家发改委正式对外发布我国《核电发展专题规划 (2005—2020 年)》。根据规划, 在未来的 13 年中, 我国将新增投产 2 300 万千瓦核电站。

《规划》称, 新增投产 2 300 万千瓦的核电站的选址, 将从广东、浙江、山东、江苏、辽宁、福建等沿海城市中优先选择, 目前已经在几个省市确定了 13 个优先选择的厂址, 国家考虑在尚无核电的沿海省 (区) 各安排 1 座核电站开工建设。这些新建和规划建设的核电站选址, 不是在江南, 就是在海岸。

《规划》称, 按照 15 年内新开工建设和投产的核电建设规模大致估算, 核电项目建设资金需求总量约为 4 500 亿人民币。这些资金的筹措, 原则上按企业自筹资本金、银行提供商业贷款方式运作。

通过这些核电厂的建设, 我国除将在 2020 年实现核电运行装机容量达到 4 000 万千瓦的目标外, 还将有 1 800 万千瓦在建项目结转到 2020 年以后续建 (注意该计划已经大幅度调整)。

美国能源部网站 2007 年 3 月 8 日报道, 美国核管会 (NRC) 近日颁发批准 Exelon 电力公司所属的位于伊利诺斯州中部的克林顿厂址的早期选址许可 (ESP) 的决定。能源部认为, 这项决定是布什总统扩展核电使用计划的一个重要里程碑。这是美国在间隔 30 年后重新颁发新核电站选址许可。

此外，法国、立陶宛甚至伊朗等国都相继批准了一批新核电站项目。

2) 春风将度玉门关

保持核电长期可持续发展，必须解决 2 个问题：(1) 乏燃料后处理；(2) 高放废物处置。我国已制定了乏燃料后处理及高放废物地质处置方针政策，也制定了相应的研究指南。同时把高放射性核污染的环境修复工程列为“973”项目支持的重要方向。

我国乏燃料后处理中间试验厂正在建设，我国第 1 个大型商用乏燃料后处理厂初步选址在甘肃嘉峪关附近，由四零四厂筹建。此外，我国第一个高放废物地质处置场初步选址也在甘肃酒泉地区的北山。

2007 年 9 月 4 日，原国务院副总理曾培炎亲临四零四厂，2008 年上半年，乏燃料后处理大厂规划方案已经由国家发改委正式上报国务院，有希望在不久的将来得到落实。

1.4 春色满园(院)

自 2005 年至今，我国科研院所及高等院校纷纷行动，加强科研及人才培养。

科研领域，除核电以外，一批与核科技相关的重大项目相继得到立项，如：(1) 国际热核聚变实验堆 (ITER) 计划，我国作为主要成员国之一，投资 10 亿美元，核动力研究设计院和中国科学院等离子体所主要参与；(2) 大型同步辐射装置建设 (中国科学院)；(3) 高温气冷堆计划 (清华大学)；(4) 放化大楼建设 (中国原子能科学研究院)；(5) 散裂中子源 (中国科学院与广东省)；(6) 其他核计划项目等。

高校动态：

2005 年 12 月 13 日，哈尔滨工程大学率先在国内高校中成立核科学与技术学院。之后，各高校纷纷恢复核专业，成立核学院。至今，已有 10 余所大学成立相应的核学院。

过去已经取消“核化学与放射化学”专业的院校正在积极恢复，有些院校正在筹建。据官方权威估计，到 2020 年，我国共需要核专业人才 13 000 人，而 2005 年统计，我国高校相关专业在校内每年不足 500 人。为此，原国防科工委联合中核集团等单位，向教育部申请增设 5 个与核相关的国控专业并很快得到批复。2006

年，教育部批准从 2007 年起，在有条件的 10 余所 (清华大学、北京大学、上海交通大学、西安交通大学、兰州大学、四川大学、天津大学、哈尔滨工程大学、复旦大学、东华理工大学、南华大学、成都理工大学等) 高等院校增设 5 个核专业：核反应堆工程、核化工与核燃料工程 (循环) (核化学与放射化学)、核技术及其应用、辐射防护与环境工程、原子核物理。2008 年 6 月，国防科技工业局在其直属院校 (哈尔滨工业大学、哈尔滨工程大学、北京航空航天大学、北京理工大学、南京航空航天大学、南京理工大学、西北工业大学)、共建院校 (如南华大学、东华理工大学、西南科技大学等) 及部分教育部直属院校 (北京大学、清华大学、上海交通大学、西安交通大学、复旦大学等) 设立了包括放射化学在内的特色专业和特色学科。

2007 年，中核集团及其所属企事业单位相继在有关高校，包括兰州大学设立国防定向奖学金，资助每人每年 5000 元，鼓励毕业生到中核集团所属企事业单位工作。

以上事实充分说明，春色满园 (院) 关不住，与核化学、放射化学相关的科研院所、高等院校必将迎来新的发展机遇。

1.5 春光无限

核科学技术前途无量，必将使“核化学与放射化学”迎来无限美好的前景。主要体现在以下几个方面^[4]：核电——能源骄子；核武器——武库霸主；核动力——动力之最；辐射发生器——功效奇特；放射性同位素——业绩非凡；放射性同位素在医学上的诊断、治疗及其在其它行业的应用；核燃料——核动力之本；核废料——可以妥善处置；核辐射——可以有效防护。

2008 年 8 月在匈牙利布达佩斯召开的第七届国际核化学与放射化学大会，聚集了国际上 40 多个国家的 300 多名代表，会议涉及基础化学、放射分析化学、钢系元素化学、超钢系元素化学、放射性核素生产及应用、放射化学与环境、医学、材料、地球科学、交叉学科等 10 个大主题，每个主题都涉及很多方面，标志着核化学与放射化学在国际上已开始全面复苏。

2 核化学与放射化学专业人才培养的现状和问题

2.1 国外核化学与放射化学教育现状及发展趋势

国际原子能机构(IAEA)2004—2005年核教育计划预算报告显示^[3],2004年用于核科学及相关学科教育培训的设施维持费总计333多万美元,2005年增加到370多万美元;2004年维持核科学与技术特殊领域知识的投资达到725万美元,2005年增加到761万美元(表3)。

表3 2004—2005 原子能机构在核人才教育财政拨款预算

Table 3 IAEA 2004—2005 program budget summary on nuclear education

项目	2004	2005
Facilitating sustainable education and training in nuclear science and related fields	3 337 000	3 700 000
Maintenance and preservation of knowledge in specific areas of nuclear science and technology	7 248 000	7 611 000

一些发达国家已经采取措施,加强该专业人才培养^[3]。

日本在7所国立重点大学设有核科学技术教育相关的系,其中设有7个放射化学实验室,10个同位素中心,3个研究所拥有核反应堆。其资金来源于教育、科学和文化部,研究院所及企业。为使研究生教育水平与21世纪相适应,日本大学的核科学技术教育正在进行重建工作。日本多数国立大学正在拓展核科学与核技术的研究前沿,而研究机构和核工业亦应积极招募这些新培养的、与传统有别的核专业人才。

英国的核教育虽然还没处于“危机点”,但是现在人们担心:“核教育是否依旧完善和灵活,足以支持发展中的核工业”。有关公司正在更加紧密地与大学合作,例如英国核燃料有限公司,它一直与大学合作,以建立一个优秀的核化学中心。此外,各公司为提高企业形象正积极开展公关活动。

法国电力的75%以上靠核动力。法国原子

能委员会招聘的原子工程大学毕业生的年龄分析显示,法国拥有一个“能够将其专门知识保持到今后若干年”的相对年轻的群体。核教育的前景比较光明。但政府对此仍不敢掉以轻心。受国家部际科技委员会委托,法兰西科学院在“法国2000—2005年科技状态报告”中仍将“放射化学”和“核材料技术”列入政府应考虑进一步增加投入的11个优先发展领域。并要求在后继人才的培养、实验室的对外开放和交流、国际合作等方面给予资金保证。此外,报告还建议,政府应尽快对年青博士,包括在国外做博士后的人才回到法国后的就业情况做出评估,以防人才流失^[5]。

匈牙利约40%的电力需求由核电满足;核教育与培训一直与核电厂建造、运行和未来紧密联系。多年来一直在科技大学计划框架内制订核动力、放射化学和核测量技术方面的专门计划;在IAEA帮助下,建立了一个核维护中心,培训新一代教师,作为旨在改善该国核电厂专业培训系统和条件项目的一部分^[8]。

美国更全面、更具体的行动计划包括以下几方面。

1) 大学

2004年统计包括Caltech,加州大学-Berkeley,Stanford大学等在内的41所大学有核化学和放射化学的研究生培养计划。一些大学如Berkely,德州A&M大学等在为低年级学生开设的General Chemistry课中都含有“核化学与放射化学”一章并还有1个专门的Seminar用于普及核化学与放射化学及相关的应用知识。

2003年的统计表明:美国有28座大学研究反应堆在20个州的27所大学校园运行。这些研究反应堆为国家实验室、私营产业、联邦政府和学术界培养从事基础性和应用性研究所需的人才;是国家研究和教育基础设施至关重要的组成部分。此外,在反应堆共享计划的帮助下,还为其他学院和大学提供的教育、研究和培训计划,以及对为执行有关教学计划而访问反应堆的高中教师与教师开放并提供服务。

2) 政府

美国能源部(DOE)在本世纪初制定的战略计划中采取了一系列措施。重要目标是:帮助美国大学吸引和培养核科学学生;培训、资助教师和研究人员;维持和发挥大学的研究设

施在核教育中的核心作用。美国能源部核能科技委员会 2004 年预算资金合计 300 004 520 万美元, 其中投入大学的 2 300 多万美元, 占 6.69% (图 7)。

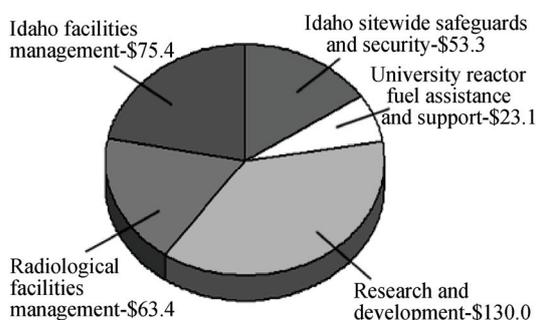


图 7 美国能源部核能科技委员会 2004 年预算

Fig. 7 DOE program budget summary in 2004

该委员会还制定了相应的大学核教育计划, 以资助大学研究反应堆及其他核教育设施的运行。具体措施包括:

(1) 大学核基础设施计划 (university nuclear infrastructure (UNI))。该计划用于支持大学核基础教育设施更新、重点大学核工程基础设施建设。

(2) DOE / 工业配合补助金计划 (DOE/industry matching grants)。大学核工程系可将这些资金用于资助大学生和教师、进行研究、采购设备、改进实验室以及其他目的。每年有 20~25 所大学得到该计划资助。

(3) 核工程教育研究 (NEER) 计划 (nuclear engineering education research (NEER) grants)。这是一个 competitive peer-reviewed 计划。1998 年重新启动后至 2002 年 (截止 2003.1), 已为各大学核技术计划提供了 111 项资助基金。资助对象为在核相关领域开展创新性研究的杰出大学生和教师。该计划每年使约 75 名大学生受益。2000 年增加了新内容: 为未设核工程系的个别院校的学生提供取得核工程学位的机会, 即到有核工程系的大学听课, 并且在本校完成主要的学位要求。

(4) 核工程与科学教育补充计划 (nuclear engineering and science education recruitment program)。该计划于 2000 年启动, 提供“使学生为核工程与科学职业作好准备”所需资金。旨在开发一系列基础课程以填补理学教师在核

科学和工程领域的知识空白, 并吸引更多的新生选修。

(5) 国际学生交流计划 (international student exchange program (ISEP))。资助美国学生到国外核设施较为发达的国家从事核科学技术领域的研究, 同时资助国外学生到美国能源部相关国家实验室从事核相关领域的研究。该计划起初仅涉及日本、法国、德国 3 个国家, 2002 年起增加了俄罗斯、巴西、阿根廷 3 个国家, 目前仅涉及上述 6 个国家。

(6) 核化学和放射化学暑期培训学校 (summer schools in nuclear and radiochemistry)。该计划由 DOE 资助, 美国化学会组织, 每年分别在东海岸的布鲁克海文国家实验室和西海岸的加州圣何塞州立大学举办暑期学校。目的是为各地的化学和物理本科生提供核化学和放射化学基础课程和训练, 引起他们对这些学科的兴趣, 继而认知和认同核技术及其应用。每期 6 周强化训练, 共开设 14 门课, 11 个实验以及 3 个教学单元的讲座, 参加者可计 6 个大学化学学分。至 2002 年共有 420 名本科生接受了培训。

此外, 还设有 Summer Internships at National Laboratories 计划以鼓励本科生和研究生到 Idaho, Argonne, Oak Ridge 等国家实验室进行 10~12 周与核化学与放射化学有关的实习研究。

总的趋势是, 若干国家已经开始行动起来支持核研究、发展核教育以确保核科学与核工程后继有人^[2]。这些行动主要包括: 政府资助研究和计划, 包括为大学、技术教育学院、研究院和企业购置设备; 政府和企业为大学 (包括专业化的暑期培训班) 的学生和教师提供资助; 核企业、研究中心和大学在完成研究和计划、学生和职员的培训和交换等方面密切合作; 加强国际合作与交流; 支持公共研究机构的相关教育活动。

2.2 我国高等学校“核化学与放射化学”专业人才培养的现状

前已述及, 我国高等教育核科学与技术类本科专业和研究生学科, 是随着 20 世纪 50 年代我国核武器事业和核科技工业的发展而建立起来的。以北京大学和清华大学为主, 在建立和发展核科学与技术学科、培养专业人才方面发挥了极其重要的作用。例如, 原北京大学物理系物理研究室 (设核物理专业和放射化学专

业) 仅 1956—1957 年就有 200 多名大学毕业生在专门进修放射化学和核物理专业。这些人才, 大多数成为我国研制第 1 枚原子弹和氢弹的基层技术骨干, 成为建立和发展我国放射化学和核物理学科的主力军以及我国国防科技战线的领导和科技领军人物。

由于高等学校招生专业调整, 有一段时间几乎已无放射化学专业设置。1995 年以后, 在我国高校中, 放射化学一般只作为应用化学专业的一个方向进行招生和培养(表 4)。

与此同时, 我国培养放射化学专业学生的高等学校也急剧下降, 20 世纪 80 年代以前, 包括复旦大学、中国科技大学、吉林大学、南开大学、武汉大学等重点院校在内的近 20 所院校都曾从事放射化学专业本科的人才培养, 但是目前, 仅有北京大学、兰州大学、四川大学 3 所院校有本科生培养。研究生除上述 3 所

表 4 我国高等学校化学类专业设置的变化

Table 4 Change of chemical specialties in Chinese university

1995 年以前	1995 年以后
无机化学	化学
有机化学	
物理化学	
分析化学	
高分子化学	应用化学
环境化学	(I or II)
精细化学品化学	
放射化学	

院校外, 还有清华大学和北京师范大学。而且各学校本科生和研究生培养的专业方向也略有差异(表 5)。

表 5 目前我国从事放射化学本科和研究生培养的主要高校

Table 5 Major Chinese universities for radiochemistry undergraduate and postgraduate training

本科		研究生		
学校	招生专业	学校	招生专业	研究方向
北京大学	应用化学 II	北京大学	化学(应用化学)	辐射化学与工艺 核药物化学 核环境化学
兰州大学	应用化学 II (放射化学)	兰州大学	无机化学 应用化学 化学工程与工艺	环境放射化学 放射化学 放射化学
四川大学	应用化学 (放射化学方向)	四川大学	无机化学 核技术及应用	核燃料循环与材料 功能材料及在放射化学分离中的应用 核药物化学与核技术在生物中的应用
		清华大学	核燃料循环与材料 放射性废物处理处置技术	
		北京师范大学	无机化学	放射性药物

除表 5 这几所高校外, 一些科研院所如: 中国原子能科学研究院, 中国工程物理研究院, 中国辐射防护研究院, 西北核技术研究所, 中国科学院高能物理研究所、近代物理研究所、上海应用物理研究所、等离子体物理研究所等科研院所也有研究生培养。

即使如此, 受专业目录调整等多种因素影

响, “核化学与放射化学”专业人才培养数量仍然明显不足, 为了解决人才匮乏的燃眉之急, 相关单位和高校采取了一定的措施。

中国核工业集团公司从 1995 年起就制定了“112”育才工程计划, 其含义是: 培养 100 名复合型领导人才, 100 名经济管理业务专家, 200 名专业学科带头人。同时还与清华大学合作,

制定了联合培养定向生计划, 连续 10 年, 为中国核工业集团定向培养 600 人。

中国工程物理研究院从 2000 年起, 陆续在清华大学、北京大学等 5 所名校进行本科生定向培养。招收的这些学生在校期间除享有与非定向生同等待遇外, 其学费和住宿费均由中国工程物理研究院代交, 还将获得该院提供的每年一定数量的定向助学金。毕业后, 这些学生将到中国工程物理研究院工作。

四川大学从 2003 年暑期开始不定期地为中核动力研究设计院举办放射化学培训班以解决该单位放射化学专业人才缺乏的问题。

兰州大学先后专门为 404 厂和新疆自治区培养了 3 届放射化学专业毕业生, 以解决人才急需问题。

兰州大学从 1958 年原子能科学系成立(后改名为现代物理系)即开始放射化学专业人才的招生和培养, 尽管后来该校院系和专业多次调整, 并面临诸多困难, 但兰州大学一直坚持从事放射化学专业的设置与培养, 为我国该学科人才培养、特别是上世纪 80 年代以后的人才培养作出了自己的贡献。

2.3 存在的问题

1) 政府对“核化学与放射化学”教育的重视程度不够, 投入甚少, 没有全面的、综合性的长远规划; 对“核化学与放射化学”专业及其它涉核专业的重视和投入程度不够;

2) 从事“核化学与放射化学”专业人才培养的高等院校及招生人数均明显减少, 师资力量萎缩, 教师严重不足, 教学水平亟待提高;

3) 缺乏对优秀高中后备生源的吸引力, 人才培养的规模和水平与社会需求有较大差距;

4) 教学和研究经费来源狭窄有限, 如专业课教材建设, 高年级学生的毕业实习、毕业论文和购买专业教学所需设备等的经费严重欠缺;

5) 由于高等学校招生专业调整、学分制全面实行及学生选课更加自由, “核化学与放射化学”专业基础课比重及系统性有所降低。

6) 目前局部的、有限的资助经费投入, 存在以下倾向: (1) 重工程(如堆工), 轻基础(如放射化学等); (2) 重科研, 轻教学; (3) 重点(学术带头人), 轻面(更多的一线教师, 尤其是年轻教师)。

3 关于加强高等学校核科学与技术专业人才培养的建议

我国核科学技术事业发展所取得的成就举世公认, 两弹一艇的成功, 最重要的经验可以归结为 2 个方面: 一方面是从中央到地方各级政府高度重视, 从政府到各行各业在财力、物力上的大力支援; 另一方面是采取多种途径和方式, 调集、培养和使用了一大批思想政治素质高、业务能力优秀的技术人才和管理人才。

目前, 我国核科学技术事业面临良好的发展机遇。人才培养同样面临难得的良好机遇, 据了解, 从 2005 年至今, 包括兰州大学、四川大学、哈尔滨工程大学、上海交通大学、西安交通大学等重点院校在内, 全国相继有 10 多所高等院校成立了“核科学与技术(或工程)学院”, 恢复了部分濒临消亡的涉核专业, 这些学院的成立及相关专业的恢复, 标志着我国涉核专业高等教育的复兴, 笔者从“核化学与放射化学”专业人才培养的可持续发展出发, 结合我国涉核专业培养的经验教训, 提出以下几点建议。

3.1 制定立体性政策, 在财力和物力方面大力支持

(1) 各级政府部门应高度重视, 统筹组织规划, 全盘考虑, 联合行动, 制定长远的人才战略; 对发展相对缓慢, 萎缩严重的“核化学与放射化学”学科实行政策倾斜、加大经费支持力度。

(2) 研究院所、企业大力支持, 充分发挥企业优势, 加强科研、教学与生产实际相结合, 充分调动企业支持教育, 教育回报企业, 做到学校与科研院所及企业的设备共享, 体现以企业为主的自主创新。

(3) 学校及院系的支持, 主要体现在对高中生、大学新生的放射化学宣传和对高年级学生进行专业取向教育, 以及在教学仪器或设备的添置和实验室维修方面给予适当的政策倾斜。

3.2 加强师资队伍建设

受多种因素影响, 高校“核化学与放射化学”专业青年教师流失严重, 加之老教师陆续退休, 90 年代末至今, 该专业教师严重缺员, 出现青黄不接的局面, 严重影响教学质量。培养优秀青年教师, 吸引优秀毕业生、特别是优

秀博士毕业生在高校任教,保证“核化学与放射化学”专业师资队伍稳定是一件刻不容缓的事情。一方面学校要为学科建设和青年教师培养创造好的条件,另一方面需要政府的积极支持与投入。为各校“核化学与放射化学”专业教师提供相对稳定的研究经费支持,以这些研究为支撑平台,教师既可从事科研、跟踪前沿,又可培养本科生和研究生,有利于稳定现有教师队伍,并吸引高水平人才加入到这个队伍中。

3.3 充实教学和研究硬件平台

由于相当长一段时间投入不足,建设力度不大,发展缓慢,高校“核化学与放射化学”专业普遍设施陈旧,资源匮乏,已不能适应教学的基本需要,急需支持和投入,以保证基本条件的维护和建设。因此建议教育部、国家自然科学基金委、中核集团等部门加大经费投入,使各个高校尽快逐步更新现用于本科和研究生教学/科研的实验仪器设备。

3.4 更新和完善专业培训计划

(1)更新教材,跟踪学术前沿,调整专业基础理论课和实验课内容。“核化学放射化学”专业教材已使用多年,很多内容都已经陈旧,急需补充和编写新的教材。与计算机类教材不同,由于该专业教材需求量很小,出版获得经济效益小,因此,没有专门的经费支持,这一工作难以进行。

(2)强化毕业实习和毕业论文教学环节。设立一定的奖学金或训练津贴,鼓励优秀高年级本科生提前接触有关研究工作,并为他们提供与科研院所中的教授和其他资深研究人员一道工作的机会。

(3)聘请卓有成就的专家进校讲学,或作兼职教授直接参加教学活动,作专题讲座,指导研究生等。

(4)暑期培训计划(针对非核专业本科生,或核事业单位的非核专业在职人员,甚至高中生)等。

3.5 继续探索其他有效培养模式

“核化学与放射化学”专业人才培养的数量、层次和质量与核事业和核科技工业的发展不相适应,具体体现在:

(1)“核化学与放射化学”专业人才培养规模不能完全满足核科技工业发展的需要。据

统计,虽然目前我国各高校“核化学与放射化学”专业学生的培养规模与核科技工业的发展需求大体相当,但由于目前输送尚不到四成,每年的毕业生输送只能满足1/4的需求,如不采取特殊措施,该专业人才断档的情况将进一步加剧。

(2)“核化学与放射化学”专业人才培养的层次和质量不能适应核科技工业发展的需要。我国核事业和核科技工业之所以取得辉煌成就,关键是有一批优秀学科带头人和科技骨干。但在相当长一段时间内这些单位的骨干人才流失严重,加之由于该专业的特殊性和科技人员长期待遇偏低、地域偏远等因素,核科技工业单位缺乏吸引人才的竞争力,一流高校毕业生以及硕士以上研究生补充不足,面临人才青黄不接的严重局面。据统计,自90年代起几乎没有清华、北大的毕业生到中西部的核科技单位工作。1999年中国工程物理研究院硕士以上科技人员仅占科技人员的5%,而美国这一数字为70%。这种现象在核科技单位普遍存在,高层次人才无论从数量还是质量上都很难适应未来国防事业和核科技工业的发展。

高校人才培养除了考虑整体规模外,还需结合用人单位的需要,注意输送人才的层次和质量。为了解决相关单位“核化学与放射化学”骨干人才断档的问题,中核集团、中国工程物理研究院和高校一起,探索了定向生培养、第二学士学位培养、工程硕士培养和在职人员的教育培训以及在职培养、联合培养等多种人才培养方式,有效地缓解了国防核科技工业对“核化学与放射化学”骨干人才的迫切需求。这些实践证明成功的人才培养的特殊方式,需要在政府的指导和支持下,结合政府、企业、高校的力量,进一步推动和发展。因此,建议继续并扩大定向生培养计划,增强对优秀高中后备生源的吸引力,为培养高层次人才提供良好的人力资源。

纵观核化学与放射化学事业的历史,可以总结为:

过去——成就辉煌,“核化学与放射化学”学科所取得的成就举世公认;

曾经——骄傲迷茫,骄傲的是老一辈科学家,他们为我国的“两弹一艇”事业做出了突出贡献,值得骄傲,现在仍然为我国的“核化

学与放射化学”学科发展献计献策, 贡献力量; 迷茫的是中年一代, 他们曾经在该专业低迷时期产生过迷茫;

现在——蒸蒸日上, 随着核科技事业的复苏及核能的强势发展, “核化学与放射化学”学科迎来了第二个春天, 正在蒸蒸日上、蓬勃发展;

将来——前途光明, 我国国防、能源及国民经济发展离不开“核化学与放射化学”, 同时该专业的发展也与国家整体发展密不可分。

因此, 只要各级政府、相关高校高度重视, 从我国国防和国民经济发展对“核化学与放射化学”专业人才需求出发, 针对我国放射化学专业人才培养现状, 采取有力措施, 统筹组织, 合理规划, 全盘考虑, 联合行动, 就一定能够重振“核化学与放射化学”专业人才培养的辉煌。

参考文献:

- [1] 祝汉民. 我国放射化学百年历程[N]. 科学时报, 2008-02-06 (2).
- [2] 吴王锁. 高等学校核科学与技术类专业人才培养的现状、问题和建议[J]. 高等理科教育, 2008, (3): 39-42.
- [3] 李玉忠, 吴王锁. 我国高等学校核科学与技术专业人才培养的现状、问题和建议[J]. 高等理科教育, 2008, (4): 24-27.
- [4] 罗上庚. 走进核科学技术[M]. 北京: 原子能出版社, 2005: I-VIII.
- [5] 李江. 为政府科技决策提供咨询: 法兰西科学院完成“科技咨询报告”[N]. 科技日报, 2000-10-26 (3).