

学科交叉与创新型人才 培养的实践与思考*

吴宜灿

(中国科学院等离子体物理研究所 合肥 230031
中国科学技术大学 合肥 230026)

摘要 作者以多年担任研究生指导教师的实践为基础,对交叉学科创新型人才培养进行了有益的探索,通过理论分析和案例剖析,提出了新时期研究生培养值得注意的问题和建议。

关键词 创新,学科交叉,研究生培养

DOI:10.3969/j.issn.1000-3045.2009.05.007

1 引言

随着经济和科技走向全球化,创新能力不仅是个人和单位的竞争优势,也是国家的核心竞争能力。建设创新型国家,是以胡锦涛同志为总书记的党中央提出的一系列重大战略思想之一,是对科学发展观的进一步落实和发展,是顺应时代潮流、应对时代挑战、面向我国经济社会当前和长远发展需求所做出的重大战略抉择^[1]。我国传统的经济增长方式难以持续发展,需要尽快提高我国科技创新能力以支持国民经济的可持续快速发展,而加快创新型人才培养则是快速提高我国科技创新能力的根本,也是教育工作者的重任。

我国科技人力资源已达4 200万人,居世界第一,并且以每年200万—300万人的规模增加^[2],每年研发人员总量超过140万人,仅次于美国,但我国创新型人才不足,高

层次创新型人才更加缺乏。这样的现状使得培养创新型人才的任务变得越发紧迫,而创新型人才需要有一个“耐心培养”和“脱颖而出”的过程,并不是只有少数人才能成为人才,每个人都有成为人才的潜能,关键在于如何最大限度地发掘和发挥这种潜能。

实现科技创新的途经有很多,但由于学科交叉与创新的本质有着必然的联系因而学科交叉显得尤其重要,而且非常有效。正如中科院院长路甬祥院士所说,“学科交叉点往往就是科学新的生长点、新的科学前沿,这里最有可能产生重大的科学突破,使科学发生革命性的变化”^[3]。中国工程院院长徐匡迪院士也强调,培养创新型人才,学科交叉是正途^[4]。

当前形势下创新型人才培养和多学科交叉两者唇齿相依密不可分,笔者试图结合研究生培养的亲身经历阐述在科学研究中通过多学科交叉如何达到创新型人才培养

* 修改稿收到日期:2009年5月18日



中国科学院

的目标。

2 创新型人才之我见

对于创新和创新型人才的概念和理论,不同行业 and 不同领域的专家学者都有系统和深入的研究,本文不再赘述,笔者理解的创新简单地讲就是利用已有资源创造新东西的一种手段或者过程,而创新型人才应该具备合理的知识结构,具有较高的创新意识和创新能力,有结合各专业领域的的能力,最终能做出创造性成果。创新型人才至少应具备3大显著特征,一是懂得创新型学习,传统的学习是一般意义上对知识的理解和接收,而创新型学习在此基础上还能主动寻求某种知识的线索信息以及这些线索背后贮藏的更丰富的知识;二是乐于创新型思考,这类人勤于思考、善于思考并敢于思考,尤其注重思考过程的逻辑性和周密性,具有深刻的洞察力以及预测力;三是善于创新型实践,创新的过程是依据事物客观规律进行探索的过程,不能有半点马虎和仅凭空想,而是要有严谨求实的工作作风,从实际出发取得创新性成绩和价值。

其实,创新和创新型人才的理论定义对我们的实践影响并不是固定不变的,随着行业和领域的不同,对创新的要求不一样,对创新型人才的关注点也不一样,科学家需要关注发现规律和创造知识的能力,企业家更关注创造经济效益的能力,艺术家则更关注创意理念和审美价值的能力。笔者认为,社会需要的创新型人才并不仅是“创新”的字面理解,也就是说并不是仅需要“与众不同”的思维方式和行为方式,而是更需要具有能推动科技和社会发展的“与众不同”的能力,并最终做出“与众不同”的更大贡献。社会最需要的创新型人才应是一种综合型人才,他们至少应具有创新品质、创新意志、创新思维、创新知识和创新实践等特点。

3 如何培养创新人才

创新的简单表现形式就是“不同”,如何培养创新型人才本身不应有固定的模式,因而它的实现方式应根据具体情况不同而不同。在多年的研究生培养实践中,笔者体会到下列几个方面显得尤为重要。

3.1 建立信心是前提

爱因斯坦说:“信心是成功的第一步”,信心使一个人得以征服他相信可以征服的东西,在诸多因素之中,充满必胜的信心去迎接挑战是最终取得成功的基础。在研究生培养中,导师首先要有深厚的知识底蕴和学科前瞻视野以建立成功的信心,然后要鼓励学生建立成功的信心。

其实,创新的最重要特征之一就是“知识组合+交叉应用”,创新的本质是探索未知,但它的实现过程的每一步却是已知的、可设计的。无数的实事已经证明多学科交叉是创新的源泉,如百年来获得诺贝尔自然科学奖的300多项成果中,近半数的项目是多学科交叉取得的。导师作为学生进入科研领域的心理依赖者首先自己应提高对建立信心的认识,然后才能以自己的热情去感染学生,当学生在科研途中遇到困难时,进行鼓励和坚持。

虽然信心是成功的前提,但成功本身又才能使增强信心。将探究的主动权交给学生,给他们多一些表现的机会,多一份成功的体验,给学生一种到达成功彼岸的力量。现在研究生的基础大多参差不齐,所以要根据学生的个性特点、能力水平提出适当的要求,先让他们做力所能及的事,通过成功自我激励,体验成功的喜悦,获得信心。在特殊情况下,也可对基础不错且自我感觉特别好的学生,让他们适当尝试小挫折的滋味,以免产生急躁情绪,让他们在以后真的遇到大挫折时能够认识到那只不过是成功过程的

必然一步。此外,要让他们从现实案例中获得信心,尤其是他们的师兄师姐的成功案例对学生的影响是很大的,因为他们从师兄师姐身上更容易看到成功原来不是遥不可及,从而增强信心。

3.2 跨学科知识和氛围是基础

英国经济学家贝弗里奇说过“独创常常在于发现两个或两人以上研究对象或设想之间的联系或相似之点。”“成功的科学家往往是兴趣广泛的人。他们的独创精神可能来自他们的博学。多样化会使人观点新鲜,而过于长时间钻研一个狭窄的领域,则易使人愚蠢”。要发现事物间的联系,首先就要了解这些事物。凭空想象无法创新,跨学科知识背景是获得创新成果的基础,创新需要不同学科间的相互渗透,产生创新思维的火花,然后不断放大和升华直至达到目标。这就要求导师、课题组长和课题组其他成员首先刻苦进行创新型学习,全面掌握相关学科动态,主动了解与课题目标相关的知识和信息线索。跨学科知识能让导师通观全局、掌握课题的发展方向;跨学科知识能让学生将知识和技能融会贯通、交叉应用;跨学科知识能让课题组全体成员通力合作、取长补短,从而营造一个跨学科相互学习和相互支持的氛围,达到“1+1>2”的效果。

科技知识是一个庞大的体系,几乎是无穷无尽的,让大家都了解和掌握是不可能的,在数学上可以这样类比,知识海洋趋近于无穷大,不论掌握的知识为 n 还是 $n+1$,所掌握知识占整个知识的比例都近似为 0,因此掌握获得所需知识的方法和途径是创新人才必须的能力。除了自己努力进行创新型学习获得必要的知识外,充分利用跨学科氛围和他人知识则能使个人知识获得快速增长,并且掌握这些知识的精髓和相互联系。

3.3 导师正确心态是关键

在研究生培养中,不应只是知识和技能的传授,更应包含做人道理和做事方法的教导;不应只是关注在学期间取得的成绩,更应关注学生发现问题和解决问题的能力以提升他们未来的发展潜力。在今天的现实中,导师是一名普通的科研工作者,有需要完成的科研任务,同时又是一名教育工作者,肩负着培养人才的使命。这种双重角色就要求导师在人才培养过程中要有正确的心态,真正将人才培养作为自己事业的重要目标,而不是将学生当成廉价的劳动力,要象钻研科研课题一样去钻研人才培养方法和问题。如果导师怀着仅完成课题任务的心态工作,那么学生自然就成了成就自己科研事业的工具;如果导师把人才培养本身当作自己的一项事业目标,那么导师就会以为为国家培养出一流人才而感到自豪和欣慰。

人才培养是一个长期过程,决不可能一蹴而就、切忌追求立竿见影。不是经过三五年研究生教育学生就成了人才,也许毕业甚至毕业几年后端倪还尚未初露,创新型人才培养的成绩更多表现在学生未来的事业中!人才培养是一个量变到质变的过程,需要导师多点耐心和宽容!导师对待学生要像对待自己的孩子一样,始终有一颗培养之心、帮助之心和成就之心。

3.4 团队合作是有效途径

21 世纪是一个团队至上的时代。单打独斗已不可能获得现时代的成功,仅依靠个人奋斗的时代已一去不再,时代呼唤团队合作。创新型人才一定有着强烈的团队意识和合作精神,通过团队合作完成创新目标的过程正是在多学科交叉中培养创新型人才的一个优势条件。在创新型人才培养过程中,成立导师组(导师团队)来联合指导一个学生组(学生团队)是一个非常有效的途径,组



中国科学院

内各导师和每个学生具有的专业知识背景不同,思维方式也不同,有利于培养出创新型人才。

首先,创新需要多知识、多技能共同作用来完成,然而每个人的精力、时间和才能都是有限的,一个人也许可以在一个或两个学科中做到精益求精,却很难保证其能深入掌握多个学科知识。其次,创新成果快速获得的最佳方式是团队合作,团队可以在遇到挫折的时候给人以最贴心的鼓励,让学生感觉到在追求成功的路上不是孤军作战而是身边还有一群有着共同兴趣、共同目标的同行者,因而能增强继续努力工作的信心和热情。最后,也是最重要的,团队合作不仅培养人才创新能力,取得创新成果,更是培养综合性人才必需的环境,团队中每个人都需要学会成为创新型人才起码应具备的能力,如配合能力、组织能力和规划能力。

4 FDS 团队人才培养案例

FDS 团队是以中科院等离子体物理所和中国科技大学核科学技术学院为依托,与国内外多家科研机构密切合作建立的多学科交叉研究团队,目前主要开展核反应堆设计与技术研究、核能科学与工程相关专业教学、核辐射医学技术产业化研发等方面科学研究与人才培养工作,以实现“产学研”交融。多学科交叉是 FDS

团队最显著的特色,主要包括 8 个学科研究领域:反应堆物理学、反应堆工程学、核材料科学、反应堆技术、系统工程学、核安全与环保、医学物理学和计算机应用技术。团队培养的研究生来自 10 余个不同的本科专业,包括物理、热工、材料、化学、

安全、经济学、医学、生物学、计算机、数学、电子技术和自动化技术等。团队 5 年前以反应堆技术研究室为依托正式命名成立,成立之初仅有导师和研究生 10 余人,随后每年以平均近 20 名成员增速发展,目前拥有成员 100 余名,其中博士生导师 5 名,硕士生导师 7 人,博士学位获得者 20 余人,在学研究生 80 余人。

团队按 8 大学科领域分为 8 个行政组进行日常行政管理,但科研工作则按 10 余个带有明确目标但大多无硬性进度要求的课题项目进行分组管理,这些课题项目组成员分布于不同的行政管理组,各组共性的管理事务则由团队中不同的研究生兼职分工或合作来承担,即实行按管理内容不同进行分工的多重多级交叉管理,包括导师联合指导小组、团队专项助管、行政组长管理、项目组长管理等,见图 1。所有研究生都不仅仅属于某一导师指导,而是根据课题研究发展随时变动或者联合指导,所有研究生都有从事兼职管理工作的机会。团队有鲜明的文化特色,包括美好的愿景“一流团队、一流人才、一流成果、一流人生”、明确的工作理念“实力——不可替代,积极——掌握先机,合作——无坚不摧,创新——持续发展”和体系化的管理规章制度和工作行为规范,详细

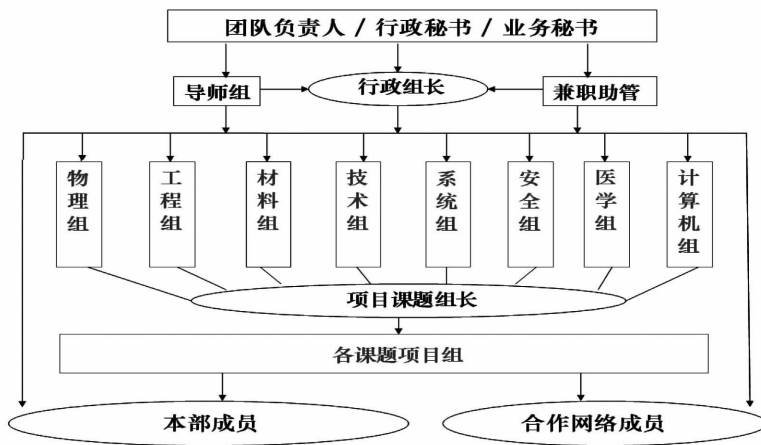


图 1 FDS 团队组织管理结构图

内容请见 FDS 团队网站 <http://www.fds.org.cn>。

团队承担的研究课题大多为多学科交叉研究课题,如研究课题之一“聚变反应堆新概念设计研究”,该课题涉及等离子体物理学、中子物理学、热工水力学、材料科学、计算机技术和系统工程等多个学科领域。课题启动之初,由于人力、财力、经验和信息等限制,工作进展主要表现在某些局部点上,如反应堆中子学概念创新上。但随着课题研究的深入,这种局部发展的缺陷越来越明显,一些综合性新思想的证明和证实不仅缺乏计算和实验手段,而且缺乏其他学科知识和人力的支持。为应对此种局面,在研究生生源和指标又都有限情况下,团队负责人组织导师与合肥地区其他高校导师合作,动员了一批合作单位研究生来团队做课题,实行联合培养。这些研究生原有专业基础并不十分好,但团队负责人和导师们确立了兼顾“科研成绩”和“人才培养”双目标原则,即便一时难以取得较大科研成绩,但也可以有培养人才的成绩。后来的实践证明,通过课题分工合作和导师联合指导,他们既互相学习,又互相支持,因而成长迅速、成绩显著,而且信心十足、激情盎然,这样又感染和吸引了一批批新的不同专业背景的研究生加入团队,一度成为单位研究生生源最好的研究室之一。

团队正是利用这种多学科交叉人才优势,围绕课题总体发展需要,研发了一批具有自主知识产权的大型集成数值模拟和设计分析软件,部分软件已在欧、美、日、韩、印等国的 50 余个科研与设计单位获得应用,其中中子学建模软件和聚变堆核分析计算模型已被选为国际热核聚变实验堆(ITER)参考软件和基本模型,提供给 ITER 国际组织和各参与国共同使用,其他一些软件也在国内核电设计研究单位和实际核电站安全

分析中获得应用。进而,基于这些体系化的、功能强大的设计分析软件工具,团队开展了一系列独具特色的聚变堆概念设计,主要包括多功能聚变驱动次临界堆、聚变发电堆、聚变高温制氢堆和紧凑球型聚变堆概念设计和关键技术研发。团队的工作得到了国际同行专家的广泛关注和高度评价,被著名的国际同行专家评价为“从物理学的角度开创了一种早期利用聚变能的新途径”,“在锂铅包层领域中国际最强的课题组之一”等等。

团队研究工作取得显著成绩,仅 2007 年在 *Nucl. Fusion*、*Fusion Eng. Design*、*J. Nucl. Mater.* 等国际聚变研究领域权威期刊和中国核学会会刊《核科学与工程》等一系列学术刊物上发表研究论文就有 100 余篇,其中“聚变发电反应堆概念设计研究”一文入选“第一届中国百篇最具影响优秀国内学术论文”,“ITER 中国液态锂铅实验包层模块设计研究与实验策略”荣获“第五届中国科协期刊优秀学术论文奖”,8 篇论文被大型国际会议上选作特邀报告,包括 1 名博士研究生作为第一作者亲自在国际大会做特邀报告。取得的这些成绩几乎全部是在导师联合指导下、由研究生分工合作而完成的。由于这几年整个团队的工作成绩在国际上的影响,成员中有 10 余人次在国际上本领域权威学术组织机构担任委员、学术秘书等职,并多次组织或主持相关国际学术会议。团队培养的研究生还未毕业时就被很多国际上知名单位联系邀请攻读博士或博士后,有的邀请作为访问学者,有的甚至给予永久性职位待遇等。

FDS 团队在完成主要科研任务的同时,还开展了核能技术在其他领域应用的交叉学科探索性研究。“精确放射治疗关键技术问题研究”是团队开展的多学科交叉性很强的一项课题,主要研究与放射治疗精确实施相关的物理与技术问题,最终研发出一套用



中国科学院

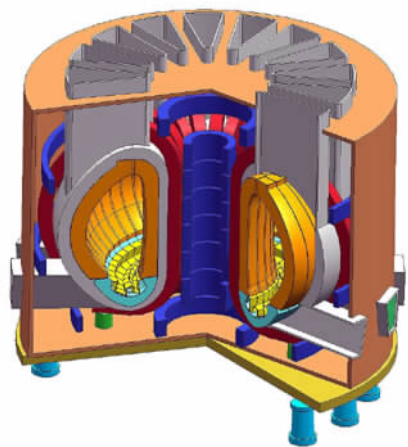


图2 聚变堆三维模型

放射线最大限度杀死癌细胞但保护正常组织的放射治疗计算与计划系统(图2)。研究工作涉及核辐射物理、人体剂量学、医学影像学、人体解剖学、放射临床学、辐射生物学、最优化理论和计算机技术等多学科。

这项课题的启动得益于2002年申请安徽省自然科学基金项目一次偶然调研机会,团队负责人了解到目前我国每年新增癌症病人多达200万,放射治疗是最为主要的手段之一。国内大多数中低级医院由于资金问题根本没有放疗设施,高级医院放疗系统绝大多数是从国外进口,价格极其昂贵(仅一套计划软件价格就高达几十万美元),而且实施精度非常有限。团队凭着前期在科研工作中获得的信心和组织管理的经验,在几乎没有外来专门经费(仅5万元省级基金启动经费)和没有直接专业经验(导师中没有一人有相关经验)支持的情况下,凭着对减轻癌症患者痛苦的责任感和对该项工作的兴趣,组织10余名不同专业背景的研究生形成多学科交叉自由兴趣课题组开展了探索性研究工作。

经过近3年艰苦努力,取得了显著的阶段性成绩,2004年得到了20万元研究所所长基金的扶持,又经过2年的继续努力,于2006年攻克了目前在放射治疗实践中应用最普遍的光子治疗计划系统精度改进的各

主要环节关键技术难题,并开发了完全自主知识产权的原型计划软件系统。该成果获2006年度安徽省科技成果一等奖(图3),并于2006年获国家“973”计划前期专项支持,2008年上海民营企业联合投资5000万元支持该项技术产业化,目前已建立了产业化技术研发中心。这项课题的主力研究人员自始至终全部是研究生,目前产业化技术中心的主要研发成员仍然是不同专业背景的研究生,技术管理人员也是从团队毕业的研究生。

在上述课题研究过程中,由于没有硬性的科研任务指标和进度要求,工作完全是在使命感和研究兴趣的驱动下进行的,研究内容是为实现课题最终目标的必然选择,成绩和荣誉的获得也是没有刻意追求的一个自然结果。这项工作的成绩不仅是科研成绩本身,也在于为中国放射医学物理研究和技术发展培养了一批优秀人才,研究生和指导他们的导师们同时在迅速成长,通过上述工作不仅获得了相关知识和技能,也学会了开展和组织交叉学科科研工作的方法,更重要的是建立了从事创新工作的信心。

在过去5年内,从团队毕业的博士生有近30人,硕士生20余人,他们大多已成为所在单位的中坚力量,其中7位晋升为教授/研究员/博导/大校、10余位晋升为副教授/副研究员/室主任/学院副院长、5人次

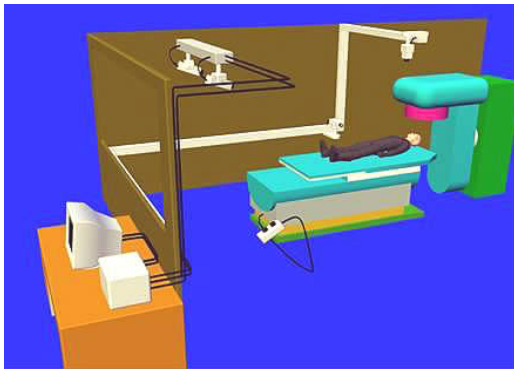


图3 放疗精确系统示意图

获省部级科技成果一等奖,10余人次获得国家自然科学基金项目支持。

5 对我院创新人才培养的思考和建设

我国高端创新型人才距离建设创新型国家的要求还有很大差距,还需进一步缩小和国际水平的差距。正如路甬祥院长所言,中科院作为我国最大的研究生培养基地应在创新人才培养方面起示范和带动作用。笔者结合多年研究生培养的亲身经历,就如何提高创新人才培养提几点建议:

(1)加强导师队伍建设,导师培训要制度化和专业化。导师是人才培养之本,一流的师资才能培养出一流的人才。通过专业性培训不断强化以培养人才为导向、以项目为手段的创新型人才培养理念,同时积极交流人才培养技巧。

(2)重视人才培养业绩,健全导师考核评估制度。将人才培养业绩作为考核评估导师的主要内容之一,强化导师人才培养与科学研究并重的意识,引导优秀科研人员以培养优质人才为己任。

(3)鼓励学科交叉和团队合作,建立导师组联合指导机制。学科交叉成绩往往难以立竿见影,团队攻关更需要经费支持。建立专门基金从财力上支持交叉合作研究,改建导师制度,鼓励多导师联合挂名培养综合创新型人才。

(4)以试点促推广普及,以示范促全面发展。选择若干人才培养成绩显著的创新型团队作为试点,进而向全院推广,最终探索中科院创新人才培养的新思路、新模式。

主要参考文献

- 1 韩振峰. 中国特色社会主义理论的新发展. 中国教育报, 2007年10月11日.
- 2 中国科技人力资源发展研究报告. 中国科协调研宣传部. 北京: 中国科学技术出版社, 2008.
- 3 路甬祥. 学科交叉与交叉科学的意义. 中国科学院院刊, 2005.
- 4 院士们关于研究生培养问题的讨论. 中国工程院化工、冶金与材料工程学部第五届学术会议, 2005年12月10日.

Disciplines Crossing and Practice of and Considerations on Innovative Talents Training

Wu Yican

(Institute of Plasma Physics, CAS 230031 Hefei; School of Nuclear Science and Technology, University of Science and Technology of China 230026 Hefei)

The training mode of interdisciplinary innovative talents has been explored based on the author's practice as a tutor of graduate students for many years. Comments and proposals on the education and training of graduate students in the new period have been presented through theoretical and case analyses.

Keywords disciplines crossing, innovation, training of Graduate Students

吴宜灿 中科院等离子体物理所副所长、研究员、博士生导师。中国科技大学核科学技术学院教授、副院长。1964年出生。1985年毕业于西安交大,1992年在中科院等离子体物理所获博士学位,曾先后在德国FZK研究中心和日本国家聚变研究所从事访问学者工作。兼任国际聚变核技术大会执委会委员/科学秘书及中国核物理学会常务理事/全国反应堆物理与核材料专委会主任委员等学术职务。主持负责包括IAEA和ITER国际合作项目、国家自然科学基金项目、国家“863”/“973”计划项目等科研课题20余项。作为作者之一发表论文200余篇,申请发明专利10余项,曾获省级科技成果奖等10余项奖励和荣誉。已培养和正指导研究生50余名,被评为中科院“优秀教师”。E-mail:ycwu@ipp.ac.cn



中国科学院