

优化和完善交叉学科专业知识结构 积极创造条件培养研究生的创造力*

贾红辉, 张智宇, 李修建, 杨建坤, 常胜利

(国防科学技术大学 理学院, 湖南 长沙 410073)

【摘要】 通过分析交叉学科知识对科学研究的重要性, 探讨了在制订研究生培养方案过程中要注意交叉学科知识背景对研究生创造力的积极作用, 在培养方案的实施过程中要注意为优化和完善交叉学科专业知识结构积极创造条件。

【关键词】 研究生; 交叉学科专业; 培养方案

【中图分类号】 G643 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1672-8874 (2009) S0-0031-03

随着科学技术迅猛发展, 科学研究呈现出从高度分化走向高度综合的新趋势。科学上的重要成果、新的生长点以及新学科的产生, 往往是在多种学科专业彼此交叉、融合、渗透中形成的。国内首家院级交叉学科研究机构——北京大学前沿交叉学科研究院 AAIS (Academy for Advanced Interdisciplinary Studies, PKU) 于 2006 年 4 月正式成立, 韩启德院士出任院长。这在我国交叉学科发展史中具有重要意义。

其实, 早在 2003 年 5 月, 美国国家科学院和凯克基金会就已宣布设立旨在促进交叉学科发展的“国家科学院协会凯克未来计划”。在国家科学院支持下, 科学、工程和公共政策委员会还成立了促进交叉学科研究委员会^[1]。

交叉学科专业的发展在国内外已越来越受到重视。正如韩启德院士在北京大学前沿交叉学科研究院 AAIS 成立庆典上所言, “纵观古希腊以来的科学发展史, 学科不断地发展、分化、融合, 这是科学发展的客观规律。特别是在知识爆炸的今天, 各个现有学科都已发展得愈加饱满, 因此学科交叉之间的空间, 就成为原始创新的重要渊源, 交叉学科方才显出其突出的重要性。”

情况就像英国诺丁汉大学校长、著名的原子物理学家杨福家院士所指出那样: “当今世界 25% GDP 来自量子理论。相信再过几十年, 或许会说世界上 25% GDP 来自于与物理、化学、数学密切相关的生命科学。”交叉学科将成为科学新时代的宠儿, 并将担负起开辟社会、经济与科学中新生长点的重任。

因此, 在培养研究生的过程中要注意优化和完善交叉学科专业知识结构, 及时指导学生找准交叉点, 将有利于发挥研究生的创造力, 尽快找到研究方向。这就对培养方案的制订和实施提出了相应的要求。

一、在制订培养方案的过程中要注意交叉学科知识背景对研究生创造力的积极作用

1、交叉学科为研究生选择课题指明方向

作为一名涉足科研工作不久的新手, 研究生往往会在选择研究课题时感到困惑。这体现在选题缺乏创新性和深刻性, 其主要原因是研究生的知识储备不够, 知识结构单一, 思维视角狭窄等。然而, 选题是整个科研链条的初始环节, 也是最关键的环节之一。选题是否成功直接影响到后续研究工作的进展和成效。所以, 优化和改进研究生知识结构无疑是一条提高选题质量的有效途径, 而提升知识结构最基本的要求还在于培养方案中对交叉学科课程的设计, 即要加强研究生交叉学科的专业知识。

(1) 丰富性。跨学科知识的积累和交叉专业思维的培养, 使研究生思考、选择与分析问题的思路变得开阔, 思想更加丰富。研究生唯有广纳博取, 文理渗透, 理工综合, 方能形成合理的知识结构; 也就是说, 广博的文理工交叉知识背景才能使研究生从整体上把握知识间的纵横联系, 从而为其选择课题提供丰富的思路和不同的门径。

(2) 新颖性。著名的控制论创始人维纳说过, 科学研究中的无人区往往存在于不同学科的交界处, 这里也常常诞生具有重大影响力的科学成果。这说明, 加强交叉学科知识积累有助于突破固有的思维模式, 触发灵感, 激励顿悟, 从而摆脱定向思维, 跳出狭小的思维空间, 并找出一个科学、合理、新颖的切入点, 从新的视角、层面和维度来探寻客观世界的规律。

(3) 深刻性。交叉学科知识积累的过程是不断拓展跨学科交流、增进不同学科间了解的过程。研究生在交流与合作中, 有机会参考其他学科解决问题的思路, 并就某些共同关心的问题进行探讨, 共享知识链条中有效信息, 借鉴其他学科专业前沿的情报资料, 拓宽知识面, 形成全新的研究空间。在整个跨学科交流中, 研究生应当主动创造条件, 集思广益, 取长补短, 超越俗套, 深化思路, 并提升对知识体系理解的深刻性, 从而减少局限性, 最终发掘出具有突破性、可行性、原创性的课题和方向。

需要强调的是, 虽然交叉学科视野中的选题环节具有丰富性、新颖性和深刻性的特点, 但还应注意只有当研究

* [收稿日期] 2009-04-15

[作者简介] 贾红辉 (1979-), 男, 贵州松桃人, 国防科学技术大学理学院讲师, 博士。

生深刻理解和掌握了交叉学科知识,并从自身能力、精力和兴趣等因素出发综合选择时,效果和优势才能发挥出来,这就要求在培养研究生的过程中还要注意个性化培养。

2、交叉学科为研究生做出突破性创新奠定知识基础

学科交叉创新是人类科技史昭示的最基本和最有效的创新方式之一,控制论创始人维纳也一再强调不同学科专业的边缘领域最有可能取得突破性创新成果。20 世纪的量子力学是物理学与数学交叉创新的典范,而 DNA 双螺旋结构的揭示则是生物学家与物理学家合作创新的结晶。而随着科技领域的拓展和科技问题的日益复杂,交叉创新正显示出前所未有的威力。

去年学校组织了专家、博士生导师组团赴美考察了斯坦福大学等四所世界顶尖学府。考察中所遇到的大多数学者都不约而同地强调学科交叉与合作创新的极端重要性。由斯坦福大学设计制造的最新一种功能强大的芯片,即是 2 名计算机专家,1 名机械学专家,1 名航空航天专家和 1 名图像处理专家等 5 位不同领域专家合作攻关的成果。据说这种芯片即将推向市场,并将引发新一轮计算能力的提升和计算机市场的剧变。斯坦福大学著名航空航天专家杰尼斯院士指导的博士生大幅度改进了波音 747 飞机的外壳设计,并已在波音公司推广应用。这一重大成果即是流体力学、控制理论与数值计算等学科专业交叉的成功产物。杰尼斯教授在座谈中明确指出,处理这样的复杂问题,多学科专业的交叉合作比传统的单一流体力学考量要更为优越。斯坦福大学的另一位机械工程专家摩因院士任职的研究单位即称为计算数学与工程研究所,这个研究所竟下设一个带有纯粹自然科学性质的湍流研究中心。摩因教授在座谈中指出,由其领导的研究机构所涉及的学科专业包括流体力学与计算,热力学与热动力,固体机械与生物机械等广泛的领域。

由此可以断言,交叉学科专业合作是处理和解决复杂性科学技术问题的基本途径之一,交叉学科专业知识背景则是研究生以及一切从事科学工作的研究者取得创造性成果的一个重要条件。跨学科与交叉性知识结构在研究生做出突破性创新的过程中起着举足轻重的作用。交叉学科知识背景在突破性创新中所起的作用主要体现在以下三个方面:

(1) 学科创新。李四光运用力学方法解决地质学领域的问题,并将实践中经验性知识归化上升为理论创新体系,从而开辟了地质力学这一崭新学科领域。谭其骧院士通过地理学和历史学交叉视角,堪称精绝地成功解释了“黄河安流”问题,并将交叉视野不断拓展、完善,最终开创了历史地理学。成功解决高速飞行流体力学难题从而成为国际著名应用力学专家的钱学森,后来由理及工,又由理工及交叉学科,并创立工程控制论这一新的学科专业。1984 年,不同学科专业的三位诺贝尔奖获得者盖尔曼(粒子物理学家)、阿罗(经济学家)和安德森(磁学物理学家)在研究复杂性的共同兴趣下集结起来,创立了复杂性科学。

(2) 原理创新。在隐形飞机技术创新的角逐中,美国和俄罗斯的科学家采用了截然不同的创新原理。美国的设计师具有材料力学和飞机制造等学科交叉理论知识背景,而俄罗斯科学家的知识结构则是以高能物理、等离子体物

理和飞机制造等学科为交叉背景。不同的知识结构导致了不同的涉及原理。前者通过改变飞机材料来减少雷达反射回波,而后者是用等离子体环绕飞机来形成高通滤波装置。不同的设计原理,产生了同样高水平的原始创新成果。

(3) 方法创新。柯达公司出于大众化和市场需求的考虑,简化了装胶卷的方式,又设计出自动曝光的功能,继而发明了袖珍式照相机。在这一研制过程中并没有采用任何新技术,而是对现有技术进行了创造性的综合。

3、交叉学科为研究生进行持续创新提供动力

(1) 自主性。交叉学科专业知识背景为研究生提供了广阔的选题空间,并可以通过选择灵活多变的研究路径来思索和解决问题,这样就有助于研究生从自身的能力和兴趣出发来自主灵活地选择研究方向。

(2) 自激性。由于选题的自主性,研究生所进行的科研探索基本上都是适合自身特点的。这使研究生能够不断地找到认同感,充满信心和毅力,保持乐观向上的心态,从而勇攀高峰,绝不轻易言败。

(3) 互助性。沃森生物学理论素养深厚,训练有素;克里克则具有物理学优势,又不为传统生物学思维束缚,常常从全新视角提出问题。他们取长补短,优势互补,并主动借鉴鲍林、威尔金斯和弗兰克林等人的最新成果,从而仅用不足两年时间便构建了 DNA 分子双螺旋结构模型的理论,完成了一场前所未有的生物学革命。

总而言之,交叉学科知识背景对研究生创新活动有重要的积极意义。以中南大学的生物选矿学科为例,采矿、矿物加工、冶金是中南大学的传统优势学科之一,在此基础上,融合现代生物技术产生了生物选矿学、生物冶金学等交叉学科。目前,该学科形成了一支世界一流的研究团队。近 5 年来,生物冶金教育部重点实验室获国家科技进步一等奖 1 项,二等奖 2 项,中国高校十大科技进展 2 项,省部级科技奖励 20 项,全国优秀博士论文 3 项,专著 6 本,中国发明专利 12 项,论文 483 篇,被 SCI、EI、ISTP 收录 223 篇,被国内外同行引用 412 篇次^[2]。

基于以上原因,研究生培养方案中突出培育交叉学科是十分重要的。

二、在培养方案的实施过程中要注意为优化和完善交叉学科专业知识结构积极创造条件

随着学科专业间交叉融合的发展趋势逐渐加深,交叉学科专业知识背景将为研究生科研创新提供更加强有力的支撑,因此,如何优化和完善研究生交叉学科专业知识结构自然就成了亟待解决的问题。笔者认为,该问题的有效解决需要学校、导师和研究生三方的共同努力。唯有当学校、导师与学生三者间目标一致,协调合作,进而形成一股生气盎然的合力时,才能为研究生开辟出了一条通往丰富多彩的创新天地的广阔门路。

1、要为交叉学科发展提供政策支持

首先,一所具有远见卓识的大学应当积极地为交叉学科发展提供宣传和引导,甚至创设交叉学科研究机构和组织,如北京大学 AAIS 的成立。其次,培养方案要科学地设

置跨学科课程, 并邀请多方专家对交叉学科课程的课时比例分配问题进行论证。再次, 学校可以通过营造以交叉学科为主题的特色校园文化, 为传统的学科发展思路注入全新的血液。

在学科专业交叉方面, 有些传统上以纯粹理论研究为主的学科专业的做法也令人耳目一新并值得借鉴。如哈佛大学有强大的科学史系, 然而它并不限于纯粹的理论研究, 而是将人文性的传统理论与博物馆展示相结合, 设立了包含各式钟表、望远镜、第一张 X 光照片, 早期控制台, 人体解剖模型、蒸汽机车等无数实物的“时间、生命与物质”博物馆, 并进一步将博物馆科技发明实物引入大楼走廊, 成为科普宣传的有力手段。在哈佛文理学院大楼的宽阔走廊里, 展出了第一台机电计算机模型, 而在有一处客厅里, 竟将比尔·盖茨在哈佛编写的第一个划时代的创新程序当作装饰品悬挂于墙上以供人观赏和思考。哈佛的科技史系真乃创造了科学与大众相亲近, 理论与广告相融合的学府奇迹。

2、导师要为交叉学科发展率先探路

导师要在交叉学科领域积极地摸索路子, 并根据每个研究生的知识背景和兴趣爱好等特点, 指导研究生修读交叉学科课程, 进而在选题时找准恰当的交叉点。以脑科学领域为例。脑科学是一个典型的交叉学科, 除神经科学外, 又涉及生物学和医学, 还需要数学、物理学、化学、心理学、信息科学、认知科学、计算机科学以及教育学等诸多学科介入。作为一名从物理学领域转向脑科学研究的科学家, 唐孝威院士在谈到如何培养交叉学科专业研究生时, 指出, 首先要求研究生选修多种学科的课程, 使他们打好多方面的基础, 兼具几个学科的最新知识和实践技能。其次, 给不同专业背景的研究生创造一个坐在一起的机会, 把学生“打乱”(打破专业上的隔阂), 并使他们坐在一起, 利用平时聊天、交流等多种机会, 接触多种专业的“语言”, 进行“思维的碰撞”。第三, 要和不同专业的教师合作编写交叉学科教材, 亲自为研究生授课。第四, 组织研究生开展学术讨论会和举办科技知识讲座, 坚持每周进行几次, 并对不同专业研究生开放, 以各个学科基础知识或前沿态势来拓宽他们的视野, 增进跨学科知识积累。第五, 要求研究生尽早开始科研工作, 并亲自给以指导^[3]。

韩启德院士为从事交叉学科相关研究的导师提出了更高的要求, “我们的亲身经历告诉我们, 学科交叉是件非常困难的事。要求从事学科交叉的人员一定要有激情, 全身心地投入, 如果把交叉学科作为自己的副业, 一定不会成功的。”

唐孝威院士做出了表率: “在生物学和医学领域, 我是从头学起的。我向这些领域的许多前辈和专家请教, 学到

很多知识。不过, 我对生物学和医学至今还知之甚少, 而这些领域的发展却很快, 因而我还需要加倍努力。”

3、学生要主动拓宽跨学科知识视野

首先, 研究生要增强跨学科意识, 自觉创造条件去获取交叉学科专业知识。克里克在《狂热的追求》一书中, 有一段关于交叉学科的精辟见解: “在自然界中杂种往往不育, 但是在科学中正相反, 交叉学科常常惊人地多产。如果一个学科过于单纯, 它就会枯萎。”

其次, 不要抵触跨学科交流, 不要担心面对原本陌生的领域, 更不能一味把自己局限于所谓的优势之中, 患得患失。“甚至弱点和缺陷也会视善为友。正如人往往为其骄傲所害一样, 人的缺陷也总会在某些地方帮助他。寓言中的雄鹿陶醉于自己漂亮的角, 鄙夷自己的足蹄。但当猎人追来时, 却是它的足蹄帮了它, 而它的角却夹在树丛中, 最终毁了它。每个人在他的有生之年都得感谢他的缺陷。”

再次, 要敢于挑战自我, 勇于攀登科学的高峰险岭。库珀是主攻原子核理论的, 因研究中要用到量子场论, 杨振宁便把他介绍给了巴丁, 从而有机会接触超导电性领域。然而, 研究超导电性是一场遭遇战, 因为库珀并不是一名固体物理学专家, 可最终他还是在这一领域作出了关键性的贡献, 并因此荣获诺贝尔物理学奖。

著名物理学家薛定谔在《生命是什么》一书中所阐述的观点, 即生物学问题只有借助物理学和化学才能得以解决, 使克里克深受启发。他不仅观念上接受了薛定谔的预见, 深信所掌握的物理知识将有助于生物学研究, 科学实践中他也同样饱含热情地践行着《生命是什么》所阐述的要旨, 又因其化学基础薄弱, 而发奋研习有机化学、X 射线衍射等理论和技术, 继而为接下来探索蛋白质结构问题奠定了厚实的交叉学科理论基础。

4、研究生应当对自己的科研能力充满信心

江泽民同志曾在 1998 年 6 月 1 日的院士大会上, 概括性地指出: “综观世界科学技术发展史, 许多科学家的重要发现和发明都是产生于风华正茂、思维最敏捷的青年时期。这是一条普遍性规律。”

【参考文献】

- [1] 陈立, 武夷山. 促进交叉学科研究述评[J]. 科学管理研究, 2006, (1).
- [2] 程仕平等. 交叉学科: 培养研究生创新性的摇篮[J]. 中国高等教育, 2005, (15).
- [3] 周金品, 张春亭. 从原子弹到脑科学——唐孝威院士的传奇人生[M]. 北京: 科学出版社, 2003.

(责任编辑: 阳仁宇)