

创新型高水平工程人才的培养

——英国工程博士培养的创新与矛盾

雷 环 王孙禺 钟 周

摘要:分析了英国在工程博士培养过程中的创新以及各方的矛盾,以期为我国高等工程教育的发展提供有益的借鉴。

关键词:工程博士;英国;高等工程教育

作者简介:雷环,清华大学教育研究所博士研究生,北京 100084;王孙禺,清华大学教育研究所教授,北京 100084;钟周,清华大学教育研究所讲师,北京 100084。

随着科学技术复杂性的增加,工程与经济、政治、社会的关系越来越密切,社会对从事工程行业的人所接受的教育程度的要求比以前更高。工程博士应运而生,1967年首先在美国发展起来^[1],随后逐渐扩展到世界其他国家。这一学位将工业界与高等教育密切地结合在一起,引起了社会的广泛关注,也在一定程度上满足了社会对高水平工程师的需求。英国在1992年开始设置工程博士专业学位,由工程和自然科学研究委员会(Engineering and Physical Sciences Research Council, EPSRC)总体统筹。经过十多年的发展,工程博士显示出很大优势,在人才培养、加强学校与公司的联系、提高学生的就业率、解决公司的实际问题等方面都有很大的贡献。

在我国,近年来也有很多学者开始研究国外工程博士培养的经验,并建议中国设置工程博士专业学位,以推动我国高等工程教育的发展。这固然是想借鉴国外的成功经验,进一步提高我国高等工程教育的水平。但是,国外在工程博士培养中出现的问题还未引起人们足够的注意。事实上,参与工程博士培养的各方都有不同程度的矛盾和冲突,这也是我国讨论是否应该设置工程博士专业学位或者怎样培养工程博士应该关注的重点。本文分析英国在工程博士培养过程中的创新以及各方的矛盾,以期为我国高等工程教育的发展提供有益的借鉴。

一、英国工程博士产生的背景

工程博士学位是一种与哲学博士处于同一层次的四年制研究型学位^[2]。它有较强的职业导向,采用实践与课程相结合的方式,目的是为工业界培养在知识应用上创新的工程师,使他们不仅掌握相关领域的专业知识,还了解工业环境,具备项目和技术管理、团队合作、领导、沟通等综合能力^[3]。

英国工程博士学位设置的主要动力来自工业界的需求。随着科学技术的进步,工业发展对人才的要求越来越高。企业对传统哲学博士缺乏管理岗位所需的商业和沟通能力提出了批评。1992年,EP-SRC首先在沃里克大学、曼彻斯特理工大学(UMIST,现与曼彻斯特大学合并)以及威尔士大学斯旺西学院设立3个工程博士培养中心。1993年,英国研究委员会咨询处(Advisory Board for the Research Councils)发表了对“哲学博士的性质”的讨论,建议“(学生)所获得的能力应该着重包括:对知识的应用、项目管理、沟通、合作。(新的研究生培养模式)应该更好地满足个人对不同职业道路的需要以及劳动力市场对高质量人才的需求”^[4]。在这样的背景下,英国科学与工程研究委员会(Science and Engineering Research Council, EPSRC的前身)任命了以卢卡斯集团(Lucas Industries)的约翰·帕纳比



表1 英国授予工程博士学位的学校和专业

工程博士学位名称	授予学位的学校	所涉及的专业
系统工程博士	巴斯大学(Universities of Bath)	增强性能的管理系统
	布里斯托尔大学(Universities of Bristol)	
航空航天技术高性能金属工程博士	伯明翰大学(University of Birmingham)	航空航天技术高性能应用的工程金属
化学工程博士		化学工程、化工产品微观处理的微观结构
增强工程博士	格连菲尔德大学(Cranfield University)	航空航天、制造系统、高级计算、水科学和环境工程
电子系统设计工程博士	爱丁堡大学(University of Edinburgh)	电子系统设计、系统芯片技术
	格拉斯哥大学(University of Glasgow)	
创新三维数字技术工程博士	赫瑞瓦特大学(Heriot - Watt University)	三维数字设计、虚拟环境、成形技术和图象表示
微系统工程博士		微工程、模型、制造、射频微电子系统和微系统工程
光子工程博士	斯特拉思克莱德大学 (University of Strathclyde)	光子学,包括无线电通讯,高能激光材料处理和光学感应
	圣安德鲁大学(University of St Andrews)	
无损探伤工程博士	伦敦帝国理工学院 (Imperial College London)	无损探伤
建筑工程博士	拉夫堡大学(Loughborough University)	建筑工程
系统工程博士		系统工程
制造工程博士	曼彻斯特大学(University of Manchester)	制造工程;过程与产品工程
核工程博士		道尔顿核研究院
电力电子、驱动器和机械工程博士	纽卡斯尔大学(University of Newcastle)	电力电子、驱动器和机械
交通知识和系统工程博士	南安普敦大学(University of Southampton)	交通知识和系统工程
微-纳米材料及技术工程博士	萨里大学(University of Surrey)	纳米材料及相关技术
环境技术工程博士	布鲁内尔大学(University of Brunel)	环境技术
通信工程博士	伦敦大学学院 (University College London)	系统、网络服务及应用
生物过程工程博士		生物过程项目
虚拟环境、成像和可视化工程博士		虚拟环境、成像和可视化
环境工程科学工程博士		环境工程科学
分子模型和材料模拟工程博士		分子模型和材料模拟
钢铁技术工程博士	威尔士斯望西大学 (University of Wales Swansea)	钢铁技术
制造系统工程博士	沃里克大学(University of Warwick)	制造系统工程学

(John Parnaby) 博士为组长的调查小组开始研究这一问题。调查小组通过对美国、德国等国的专业博士学位进行考察之后, 建议英国推广工程博士学位。自 1992 年以来, 经过 14 年的发展, 目前英国已有 20 个工程博士中心, 覆盖了多个学科领域 (见表 1)^[5]。

二、英国工程博士培养模式的创新

1. 机构创新: EPSRC 领导下的工程博士中心

EPSRC 是英国资助工程和物理科学研究的非政府公共机构, 它在工程博士的设立和培养过程中都处于重要的位置, 统一筹划和监督英国工程博士的培养。EPSRC 在各大学设置工程博士培养中心, 实施具体的培养方案, 并向每个中心派遣联系人, 负

责协调 EPSRC 与各中心的合作, 提供工程博士的政策和管理咨询。EPSRC 还通过合作培养基金 (Collaborative Training Accounts) 为工程博士生提供大部分的资助和奖学金。

设立工程博士中心的大学大多是 1950 年以前建立的综合性研究型大学。这些大学都有授予哲学博士的资格, 不仅历史悠久, 学术实力也很强大。在各大大学内的工程博士中心直接参与学生培养。工程博士中心的意义在于, 它是一个独立的机构, 能够独立招收、培养和管理工程博士生, 使工程博士生的培养过程区别于传统的哲学博士生。

工程博士中心还是一个交流的中心。与公司合作培养人才的模式使工程博士中心具有了加强学术界与工业界联系的作用, 成为学校内外交流沟通的



重要渠道。有的工程博士中心是由多个院校合作建立的,如爱丁堡大学、格拉斯哥大学和赫瑞瓦特大学的联合工程博士中心;或者有多所学校的参与,比如无伤探测 (Nondestructive Evaluation) 工程博士中心是由伦敦帝国理工学院、斯特拉思克莱德大学、巴斯大学、布里斯托大学、诺丁汉大学和沃里克大学合作的^[6]。各工程博士中心每年召开工程博士生大会,给学生提供机会发表和讨论他们的工作和论文,与其他学生、老师和企业交流,获得更多的资源。工程博士生大会同时也是向新的学生和导师介绍经验和宣传工程博士的机会。因此,工程博士中心成为工程博士培养的核心机构,将学术界、学生、企业界联系起来,构成一个资源丰富的网络。

2. 过程创新:大学与公司的合作

参与工程博士项目的学生不是传统意义的博士候选人,而实际上具有双重的身份。在学校,他们是学生,需要按照学校的要求完成专业课程,参加其他必要的活动;在合作公司,他们被称为研究型工程师 (Research Engineer), 是公司的职员,与其他正式职员一样遵守公司的各种制度,完成相应的工作量。这样的身份体现了工程博士培养过程的独特之处。

因为学习和工作性质和内容的不同,为了更好地培养适应企业需要的优秀人才,工程博士生至少有两位导师,分别来自学校和公司,这些导师在整个培养过程共同指导学生。根据现实条件,有的工程博士中心会指定两位学术导师,有的公司也会有专门负责技术指导的人员。这样的导师制度有效弥补了学校和公司各自的不足,导师团队既有学术知识,也有实际工作经验,他们共同确定研究题目和培养方案的实施计划。工程博士中心一般都要求学生与两位导师分别或者一起见面,汇报学习情况,及时对培养方案作出调整。

工程博士生的培养周期一般是四年,其中四分之三的时间在合作公司工作,一年时间在学校完成课程。在公司,作为研究型工程师的工程博士生参与具体的实践,解决现

实中的问题,与企业导师一起深入讨论解决实际问题的方法和途径。在学校,作为学生的工程博士生学习的内容是模块化的硕士水平课程,涉及专业技术(工学硕士课程)、管理(MBA课程)以及公司要求的内容,有针对性地满足各专业领域以及公司项目的需要,同时也能保证工程博士生在有限的学习时间内,掌握基本的专业知识和工程管理知识。学习的总时间是一年,但分散于整个培养计划中,一般比较集中在前两年。

毕业时,工程博士生必须完成一项合作公司的实际项目,并在项目中体现创新和完整的设计、管理、产品研发、营销等过程。工程博士生的考核包括课程的考试、论文以及答辩,这些要求与哲学博士生基本相同。但是,工程博士生的论文既可以是一篇完整的研究论文,也可以是相关问题的一系列小报告。这充分体现出工程博士培养的灵活性,也符合实际的需要,因为一个工程项目往往由很多不同的具体问题构成。如果学生能够顺利完成论文并通过答辩,就可以获得工程博士学位。如果由于各种原

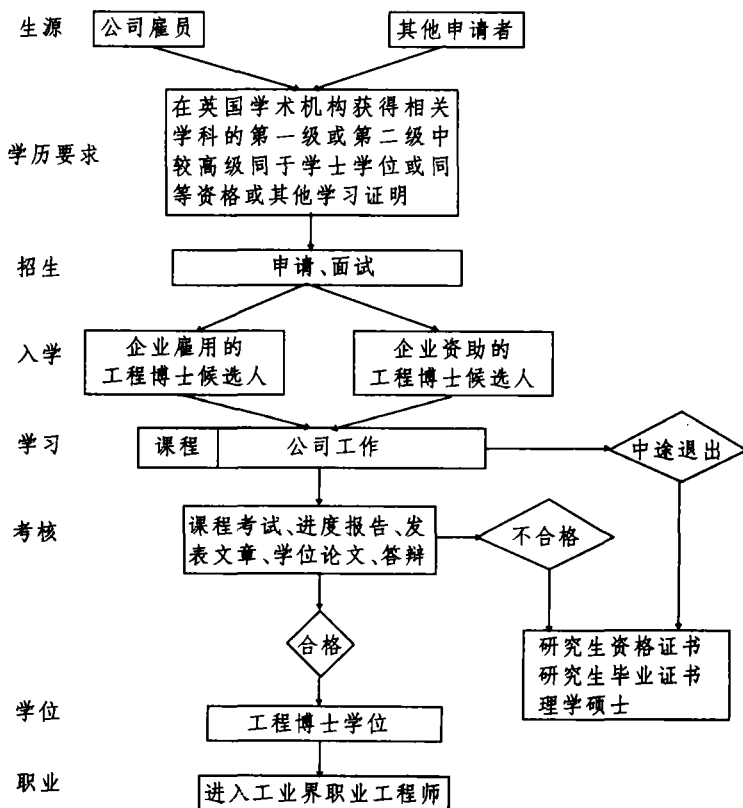


图1 英国工程博士生培养过程



因,学生不能完成学业,也可以根据他已经完成的部分,获得研究生资格证书(Postgraduate Certificate)、研究生毕业证书(Postgraduate Diploma)或者理学硕士学位(见图1)。

3. 经费保障:EPSRC 和公司共同支持

工程博士学位是“授予有志担任管理工作的英国顶尖的研究型工程师”^[2],它的生源有两个,一是已经成为公司雇员的申请者(Industry Employed EngD),二是尚无工作经验、通过工程博士中心招收的学生(Industry Sponsored EngD)。根据来源的不同,工程博士生可以得到不同的奖学金和津贴,保证学业的顺利进行。特别是英国居民和欧盟居民,获得奖学金的比例更高。

对公司的雇员,主要由公司出资与工程博士中心合作培养。公司需要支付所有的学费,并照常支付给雇员工资。

工程博士中心招收的学生的培养经费主要来自 EPSRC。EPSRC 通过 CAT 提供近三分之二的经费,学生同时也能够得到合作公司的资助。如果是英国的居民^①,按照 2006 年的标准, EPSRC 除了支付学费外,每年向每个学生提供的奖学金是 9000~14000 英镑(各中心略有不同),公司每年提供至少 3000 英镑的补助。因此,学生每年能得到 17000~19000 英镑的免税奖学金。如果是欧盟的居民, EPSRC 一般只提供学费。而对其他地区的留学生来讲,他们需要自己承担所有的学费和生活费,有的留学生可以通过公司或者其他机构申请到一定的经费支持^②。

此外,无论是对哪一类学生,公司还需要每年付给工程博士中心一笔捐款,用于支持工程博士中心的运作。捐款额度为每人每年 3000 到 7000 英镑不等,有的还被要求支付定额的费用以资助工程博士生参加会议、出差或其他额外的开支。但 EPSRC 对公司也有拨款,或者给公司的雇员支付学费。一般来讲,扣除捐款之后,公司每年还能得到一部分拨款(见图2)。

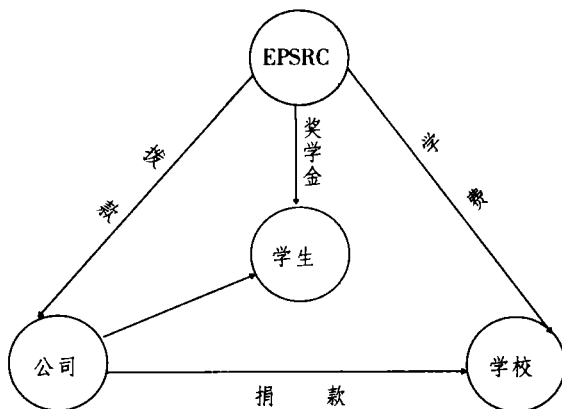


图2 英国工程博士经费来源示意图

虽然各工程博士中心的学费、奖学金和其他费用都不相等,但是从各中心的运作来看, EPSRC 和各合作公司为工程博士的培养提供了坚实的经费保障,学生在学习过程中一般不会遇到经济上的困难。这成为吸引学生选择工程博士学位的重要原因之一。

三、英国工程博士培养中的问题和矛盾

从 1992 年至 2005 年,英国各工程博士培养中心共招收了 1280 名学生,1997 年培养出第一批工程博士。截至目前,获得工程博士学位的人数为 550 人^[7]。2006 年 EPSRC 对工程博士培养的参与方做了一个调查,结果显示工程博士的社会认可度还不高,这已成为限制工程博士发展的一个关键问题^[8]。不仅大学教师普遍认为工程博士的社会地位不如哲学博士,其他专业的学生和工业界人士也很少有人知道什么是工程博士。目前,了解工程博士的主要渠道是网络、广告、专业杂志或报纸的插页广告等^[7],说明工程博士尚处于推广阶段,还依赖大众传媒进行宣传。这样一种没有得到国内广泛认同的学位在国际上的影响就更小,不具备与其他国家类似学位的等效性^[9]。出现这样的现象原因是多方面的,如工程博士在英国尚属于新生事物,处于起步阶段,规模较小,毕业生的影响也比较小,培养模式也还在探索之中等等。然而,工程博士培养过程中所出现的矛

① 在英国居住 3 年以上的申请者,包括在英国接受了 3 年以上全日制教育的申请者。

② 各中心的资助额度详见各中心的官方网站,每年更新。



盾和冲突是更根本的原因。公司参与学生培养是工程博士学位最突出的特点,传统的“学校—学生”的二元结构发展成为“学生—学校—公司”的三元模式,公司通过工程博士的培养能够与学校和学生都获得双赢的关系,但是又因为其特殊的利益诉求,而与学校和学生产生了冲突,使各方在对待工程博士的态度上都比较谨慎。

1. 大学与公司:市场压力下的高等工程教育

公司与大学的双赢关系表现在双方的合作上。在日益发展的科学技术面前,大学与公司都不能单独应对新的挑战。二者的结合能够互相弥补,发挥各自的优势,在知识与技术之间架起桥梁。但是公司作为一个营利的机构参与博士生的培养,其利益需求与大学追求真理的宗旨会产生冲突。在英国工程博士的培养过程中,这种冲突主要表现在学生的培养标准、选题、公司与大学的关系和经验等方面。

学术界注重论文发表,论文的数量和质量是评价学生的一个重要方面;而工业界并不看重这一点,他们需要的是迅速解决问题和管理项目的能力。因此,双方在学生的培养标准上是存在分歧的。

工程博士的选题一般由公司、学校和学生一起决定,但是一个课题的重点在公司和大学之间存在很大差异,因此在课题开展的过程中,就会出现很多问题。如果学生本来就是公司的职员,他们的项目往往能够更直接满足公司的需要,而此时大学就成为声誉与学术资源的提供者。因此,要找到能将大学和公司利益完美结合起来的项目培养学生,是一件非常困难的事。由于工程博士的培养经费主要来自 EPSRC 的 CAT 基金和公司的支持,大学往往在一些问题上让步于公司。如果项目出现矛盾,公司会有更大的决定权。从这个角度看,大学过多地受制于市场和经费的压力,在学生培养中失去了一些主动权和独立性。

而即使是大学与公司的合作本身,英国 14 年的实践也表明这种合作关系并没有预想的那样完美。大学与公司的合作主要依靠双方已有的交往或者联系,例如大学的教授以个人身份参与过公司的项目,大学的某项科技成果通过公司转换成产品等。这样的联系缺乏机制上的保证,偶然性较大,大学并没有

通过培养工程博士与更多的企业建立起联系。因此,大学要加强与工业界的联系还应开拓更多的途径。工程博士不仅是一种联系的纽带,还应该作为学术界的代表,主动参与工业实践,推动大学科技成果的转化,引导工业界的发展。

对双方来讲,经验的积累也是一个需要重视的问题。这是一种创新的人才培养模式,需要较长时间逐步摸索和提高。各大学建立工程博士中心的时间都比较短,而企业在培养人才方面的经验也是有限的。根据 EPSRC 的调查,只有 10% 的企业从工程博士诞生以来就一直参与合作,而大多数企业都还没有完整地指导过工程博士生。从数量上看,每个工程博士中心每年招生的人数一般为 10 人,而企业的承受能力更小,大型企业可以同时培养 5 名学生,多数规模较小的企业只能同时接纳 1 到 2 名。因此,经验的积累将是一个漫长的过程。

2. 企业与学生:学习者与廉价劳动力

参与培养工程博士生的企业,最大的动力来自降低人力资源开发的成本,企业只需付出很少经济上的支出而得到稳定、高质量的劳动者。虽然企业向研究型工程师支付工资、奖学金和其他费用,但由于研究工程师并不计算在企业的职工总数中,没有保险金、养老金等福利性支出,因此企业总支出的数额仅为雇佣一个正式员工工资的一半。有的研究型工程师会在毕业之后选择合作的企业,这样企业有四年的时间考察员工,因而减少了大笔招聘和培养员工的费用。

而学生则看重学位和实践的双重经历。一方面,学生能从企业得到很大一部分资金的支持完成学业,或者在攻读学位的同时继续领取工资;另一方面,在企业的实践经验也是在学校环境中不能获得的,很多毕业生还直接选择在企业工作。与企业的密切接触联结了教育与就业,学生在企业的经历使他们能学用结合,并能够直接扩大未来的就业机会。

但是,学生与企业的关系也是一个棘手的问题。企业更多地将学生看作自己的雇员,以雇主的身份要求学生的研究内容、时间安排、过程方法符合自己的需要。而学生则成为了一个弱势的群体,



学习环境和工作环境的混淆使他们不能很好地找到自己的位置,对学习的过程产生了一定的影响。有的企业要求学生必须按照企业的需要开展研究,束缚了学习的广度,使其没有时间选修学校的其他课程,扩展自己的兴趣和知识面;在时间分配上,学生和企业也往往存在分歧。特别对没有工作经验的学生来讲,他们希望有一定的理论基础再参与实践,而企业则倾向于先获得工作经验,课程是相对次要的成分。目前,各中心将课程和实践交叉设置,企业又面临项目暂停的局面,造成经济上的损失。

企业作为营利机构,用四年的时间等待一个研究的结果是非常困难的。企业认为工程博士生存在两大弱点:一是不能满足快速解决问题的需要,二是学生中途回大学完成课程会中断在企业的工作。企业需要立竿见影的经济利益和争分夺秒的工作效益。从某种意义上看,这并不适合研究性人才的培养。因此,能够支持培养工程博士的企业在数量上十分有限,一般都是规模很大的企业,而且有良好的研发条件和重大的研发项目。有一部分企业因为工程博士培养成本过高、投入过大或者其他方面的原因,中途退出了合作培养,对学生的学业造成了很大的影响。

3. 工程博士的定位

工程博士的培养过程中出现这些矛盾的根本原因在于工程博士的定位问题。如果我们将哲学博士作为参照物,到底应该如何描述工程博士呢?在英国,学术界和工业界对这一问题一般有两种看法。

一种是工程博士是“PhD+”。也就是说,工程博士的培养方案在哲学博士的基础上增加了实践的部分。二者在招生要求、考核、论文发表上都有同样严格的要求,而工程博士又有大量时间在企业里进行实际的研究和管理,因而这是优于哲学博士的一种培养方案,它对学生的要求更高,毕业生的能力更全面。

另一种相反的观点则可以简单归纳为“PhD-”。这是大多数传统的哲学博士及其导师的观点。从时间上讲,虽然二者都需要3~4年的学习周期,但是哲学博士全部是通过学术研究和论文答辩获得学位,而工程博士除了有论文的要求,还要参

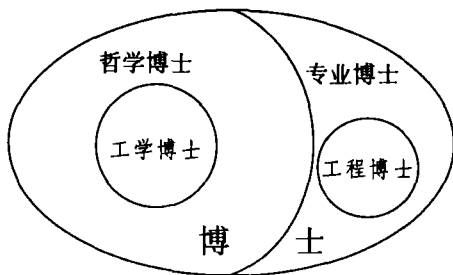


图3 博士层次学位关系示意

与大量的企业研究。同样的时间,工程博士要做更多的事情,其深度就很可能不如哲学博士。

从根本上来说,工程博士和哲学博士是处于同一个学位的层次(见图3),但是在性质上仍存在相当大的区别。从上文的分析可以看出,学校、学生和企业三方都有自己理智的选择:学校强调工程博士生作为博士层次的研究生所应该具备的研究能力;学生将它作为哲学博士之外的另一种途径,希望以此进入工业界;企业所看重的是工程博士生作为研究工程师的身份。但这三点并不矛盾,也正是工程博士的独特性之所在,关键的问题是在三者之间找到一个平衡点。

四、英国工程博士培养对我国的启示

2002年,我国在全国工程硕士专业学位教育指导委员会下设置了全国工程博士研究小组,在工程硕士学位的基础上,讨论工程博士学位的设置问题。从英国14年工程博士培养过程来看,我国在论证工程博士的必要性和可行性时,一方面要借鉴国外培养过程的创新之处,另一方面要注意处理好各方面的矛盾和利益冲突。

1. 准确定位

我国已经设置了一些专业学位,主要集中在硕士层次。从现状来看,这些专业学位都面临定位的问题,即如何提高学位的认可度。如果设置工程博士专业学位,一个不能回避的问题是如何确定工程博士在学术和实践中的平衡点。学校和企业都应该以独立和自主的身份平等合作,保持教育与产业的边界。同时也应该建立起有更好的保障机制,使双方的义务和权利更明晰,合作更稳定。而学生作为整个过程的核心,不仅是大学和企业的纽带,受到双



方的保护,更应该承载更多的责任,在实践中坚持学术的理想,在研究中培养全面的素质和能力。

2. 长远规划

人才培养是一个长期的过程,不可能有立竿见影的效果。如果我国现在开始培养工程博士,也需要有足够的支持和耐心,以宽容的心态保护新生的事物。短期内,工程博士所获得的社会认可度可能会比较低,这也需要参与工程博士培养的各方,包括学校、企业 and 学生自己充满信心。同时,市场需求、经济形势、工业发展周期等宏观因素直接影响人才发展的空间,必须有长远的目光预见未来社会发展所需的行业和人才素质。因此,研究未来社会的需求是讨论工程博士设置的重点问题之一。

3. 控制规模

首先是专业领域的规模,不是每个工程专业都适合设置工程博士,英国的工程博士中心覆盖的主要是电子、生物、纳米、通信、环境、核等高新技术、跨学科的领域。另外,还需要考虑在这些专业领域内,是否存在有实力的企业参与培养。其次是人数的规模。工程博士专业培养“首先要满足企业技术进步的质量要求,而不是规模需求”^[10]。在 EPSRC 的调查中,企业界认为工程博士的需求量由于种种条件的限制不可能很大,甚至会缩小。对我国来讲,我们的创新水平正从单纯引进向自主创新过渡,因此,应该充分论证我们对博士层次的专业人才真实需求,合理利用我国有限的高等教育资源。

4. 强调质量

工程博士对申请者的本科和硕士学历有相对严格的要求,一般需要申请者有相关的工程背景,因为实践的时间较多,如果学生的基础不扎实,学位的学术水平就更要打折扣。而英国的工程博士的发展速度就受到了生源的影响,很多企业认为申请者的质量越来越低。从 1992 年到 2005 年,有工作经历的申请者从 74% 下降到不足 60%。我国高等教育在新世纪发展的速度很快,各学位层次的毕业生数量增长迅速,但其中达到工程博士生入学标准或者适合按照工程博士模式来培养的人才的数量还有待研究。在参与培养的学校和企业方面,我国更缺乏足够的资源。由于各方面的原因,高校缺乏有工业和工程

项目经验的老师,而工业界中有资格、有能力指导博士生的人的比例也不高,二者如何更好地合作,也需要切实可行的制度保证以及建立专门的机构协调学校和企业之间的关系。

技术创新是我国应对新世纪的竞争的一项重要任务和手段,而创新的基础则是创新人才的培养。大学和企业都是技术创新的重要源泉,应该积极合作,培养高水平、高质量的人才,承担技术创新的任务。尽管目前还存在许多矛盾,但工程博士确实是实现校企合作、培养创新人才的方式之一。随着社会对高水平工程人才的要求不断提高,工程博士学位制度的产生是完全有可能的。

参考文献

- [1] 顾建民,王沛民. 美国工程博士及其培养的研究[J]. 上海高教研究,1993(4): 102.
- [2] EPSRC 工程博士简介[EB/OL]. [2006-12-21]. <http://www.epsrc.ac.uk/PostgraduateTraining/EngineeringDoctorates/default.htm>.
- [3] 沃里克大学工程博士中心[EB/OL]. [2007-01-21]. <http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/eng/engdoc/>.
- [4] University of Brunel. EngD in ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY: Handbook for Research Engineers and Supervisors (Academic Year 2006 - 2007) [R], 2007-01-25.
- [5] EPSRC 工程博士中心简介[EB/OL]. [2007-01-21]. <http://www.epsrc.ac.uk/PostgraduateTraining/EngineeringDoctorates/CentreDetailsAndContacts.htm>.
- [6] 英国无损探测研究中心工程博士简介[EB/OL]. [2007-01-21]. https://www.rcnde.ac.uk/public/eng_doctorate.aspx.
- [7] EPSRC. Review of the Engineering Doctorate Scheme. Stakeholders Survey [EB/OL]. <http://www.epsrc.ac.uk/PostgraduateTraining/EngineeringDoctorates/StakeholdersSurvey2006.htm>.
- [8] UK Council for Graduate Education. Professional Doctorate [M]. Dudley: UKCGE, 2002: 43.
- [9] 邓光平. 英国专业博士学位设置的政策分析[J]. 中国高教研究,2005(11): 20-27.
- [10] 仇国芳,张文修. 工程博士专业学位设置初探[J]. 学位与研究生教育,2004(5): 36-39.

(责任编辑 刘俊起)

