

美国的工程教育理念及其启示

[关键词] 工程教育 美国 [中图分类号] G4 T

徐海燕¹ 汪前进²

(国家知识产权局知识产权发展研究中心¹
研究所² 北京 100010)

北京 100088; 中科院自然科学史研

一、美国工程研究中心概况

1983年,为了提高美国工业的国际竞争力,美国制定了《美国国家科学基金会支持的工程研究中心计划》,决定成立若干工程研究中心(英文简称ERC)。这是一种新型的政府、企业和大学的合作方式。中心以大学为依托,由美国国家科学基金会(英文简称NSF)提供启动资金,进而带动企业、州政府、慈善机构等对工程研究中心进行投资;大学主要提供师资力量、研究人员、场地、设备等。NSF对中心投资的期限是11年,以后中心必须自谋生路。1985年,NSF首次拨款1000万美元资助建立第一批ERC。提出申请的有142家,经专家审查批准,决定资助6个ERC。

ERC有以下任务。^[1]

1. 从事跨学科的系统化的研究 目标是将不同的工程和科学的课程结合在一起,以解决工业界重要领域中关系到下一代技术成就的关键性基础研究问题。ERC研究的一个重要特征是它的综合性的工程系统的观点,并在一个新水平的工作平台上进行实验。

2. 进行教育和引导 目的是培养新一代能适应跨学科团队工作方法的工程师。他们应能在研究、设计和生产中理解和采用工业界的观点。

3. 注重与工业界的合作以及技术转化 ERC强调与其合作伙伴之间在共同转化技术方面保持双向的郑重承诺。着重强调ERC的研究必须是工业界需求的,研究成果要能及时、成功地用于提高美国工业界的全球竞争力。

经过17年的发展,美国的这项工程研究中心计划取得了巨大的成功。从1985年到现在,NSF共资助了36个ERC,其中有13个得到了持续11年的资助;有2个中心由于没有通过NSF评议,被终止了资助;有18个是新成立的,现NSF正给予资助;另外,NSF于1996年建立的3个地震中心,也属于ERC的范畴^[2]。

二、工程研究中心的工程教育理念

美国工程研究中心之所以取得成功,一个重要因素,是工程研究中心建立之初便形成了独特的、科学的、创新的教育理念,本文这里所指的“教育理念”是引用《大学理念探析》(韩严明,2000)一文中的定义,即“教育理念是教育思想家乃至整个民族长期蕴蓄和形成的教育价值取向的反映、体现和追求,是关于教育发展的一种理想性、精神性、持续性和相对稳定性的范型,具有导向性、前瞻性、规范性的特征。”^[3]

美国工程研究中心的工程教育理念体现在3个方面:一是实行跨学科的工程教育;二是实现工程教育一体化、系统化,即它不仅把各级教育(从大学教育以前的中小学教育到本科生、硕士生、博士生乃至博士后以及各级的继续教育)进行全盘考虑,而且将工程研究、工程教育和工程实践也有机的地结合起来,使学生能够总结、理解新近创造出来的知识,了解如何把工程知识转变为社会所需的物质产品和服务,并有机会参加真实的设计和制造工作,以获得实际动手的能力和经验;三是注重培养学生的团队合作的精神。

1. 跨学科的工程教育

跨学科教育是由当今世界科学技术的发展趋势所引发的。“二战”以后,新知识、新技术、新材料、新工艺层出不穷,工程领域迅速拓宽,复杂性也与日俱增,交叉学科不断涌现,且学科之间的科学方法也相互借鉴。随着全球经济的基本结构的转换,工程方面的3个变化力量——科学的发现、技术的突破和全球经济的竞争——日趋紧密,从而产生了一种对新型研究的需要,跨学科研究已成为学术研究中的一个创新的概念。跨学科的研究往往集中于复杂的技术系统中。当今许多科学和工程项目均依赖于多种技术的复杂系统,常常需要跨学科队伍共同工作,以识别问题的关键,形成相关新知识、新的技术平台,并从这个技术平台出发,让众多工程师能及时发现具有前途的商业良机。因此,跨学科的

人才已经成为适应当今科学和工程技术领域发展的不可缺少的重要因素。

ERC 为了培养能适应当今科学技术发展需要、能为提高美国工业界的国际竞争力做出贡献的新一代工程师,特别将跨学科的教育视为其核心任务的重中之重。在《工程研究中心的指南》中,ERC 跨学科的教育理念已十分明确。《指南》指出,“NSF 已经注意到:(1)技术的迅速发展要求工程朝着跨学科的方向发展,专家仍是需要的,继续发展高质量的工程基础学科也是非常关键的,但是,与此同时,在工程教育中,对工程基础学科和应用学科跨学科发展的需求正日益增强;(2)技术的进步也导致了设计、工程、生产和市场的相互融合,这就需要工程师对整个生产系统以及系统各个部分之间的关系有一个广泛的理解;(3)在设计和生产技术方面的进步导致了工业界需求的技术与大学的教学能力之间产生越来越大的差距,工程教育必须提供关于理解计算机辅助设计、生产的自动化控制以及技术交流的课程,还必须使学生对新材料和新材料的生产技术有所了解。”ERC 的创建人员相信,进行跨学科研究和教育、培养跨学科的人才满足美国工业广泛的研究需求,并进而提高工业竞争力的最有效的办法。

2. ERC 跨学科教育的理念主要体现在以下几个方面

(1) ERC 要求大学为其提供的课程必须是跨学科的,而且设立跨学科的学位。ERC 的学生可以在大学不同的系选择一些课程作为 ERC 的课程,这样学生可以有一个比较宽的工程知识背景,能更好地理解不同学科之间的联系。同时,ERC 还从不同的系请来教授开设一些综合性的课程,ERC 的工业界代表有时也加入其中联合教学。例如在卡内基—梅隆大学的 EDRC,一门综合性的设计课程就是由化学工程和土木工程的教授联合教学的,这样有利于学生在设计中培养跨学科的观念。

(2) ERC 的教师由于同时从事跨学科的研究项目,他们根据研究的需要开发出一些原来大学里没有的跨学科的课程,这些课程已出现在大学的两个或多个系的课程表上;另外,ERC 对大学原有的课程进行了一系列的修改,从而使这些课程更能适应研究和工业界的需要。

(3) ERC 的教科书也随着课程的发展一步步发展起来,这有助于巩固跨学科的教学方法。

3. 实行工程教育的一体化和系统化

注重一体化。工程教育的一体化是指 ERC 把各级教育进行全盘考虑,使 ERC 的教育覆盖整个受教育的人群。在美国,人们已普遍地认识到,在为国家培养大量优秀工程研究的人才方面所遇到的困难主要是一个连贯的“渠道”问题,也就是说,它的根

源不在于工程的高等教育阶段,而是要追溯到高中甚至是更早的中等和初等教育,因为在中等和初等教育中存在着两方面的缺陷:一是没有足够的学生愿将工程师作为有吸引力的职业选择;二是这些学生在数学和科学方面的准备不足。为此他们开始关注提高大学之前的数学和科学教育水平,着重关注有工程方面潜力的学生和与工程相关的知识水平。工程研究中心特别针对中小學生制定了相应的宣传、引导计划,他们通过各种方式对中小學生进行 ERC 的教育,提高他们对科学和工程的兴趣,从而有效地吸引他们将来从事工程事业,力图从根本上解决传统工程教育中后续力量不足的问题。另外,ERC 还针对妇女、少数民族和残疾人等弱势群体在工程领域所占比例较低的现状,特别制定了针对这些弱势群体的宣传教育计划,以吸引更多的妇女、少数民族和残疾人加入到工程领域中来,这样就使 ERC 的教育理念得到了更广泛的传播,使 ERC 的教育具有了特别重要的价值和意义,这也是工程研究中心能取得成功的关键。

注重系统化。所谓工程教育的系统化是指 ERC 强调将工程教育、工程研究和工程实践相结合,使学生们(不仅是研究生还包括本科生)参与到具体的研究项目中去,为 ERC 的學生们创造了大量实践的机会。《工程研究中心指南》中强调:“工程教育的一个非常相关的问题是使學生参与工程实践。工程教育必须为學生提供能真正解决设计和制造问题的实践的机会。让學生置身于工业界的环境中,这需要有与工业界工程师和工业界问题直接接触的机会,而不仅仅是增强工业界的资助^[4]。在这种理念的指导下,ERC 中的教育和研究的界限已经分得不是很清楚,ERC 所从事的是工业界的问题驱动下的工程研究,因此设定每一个研究项目都有现实的意义,學生参与了这样的研究以后,不仅可以将他们所学到的知识应用到实践中去,而且还可以了解到本领域中一些前沿的问题,因而可以明确自己今后学习的方向。此外,更为重要的一点是,在从事研究的过程中,學生们培养了自己解决实际问题所需要的各种能力,如收集信息、理解工业界的技术需求、与他人沟通等等,这些都为他们将来到实际的工作中很快适应工作岗位的各种需要打下了良好的基础。

4. 培养学生团队合作的精神

在“大科学”时代,现代科学和技术均已呈现出明显的综合化趋势,科学发展需要综合,科学研究也需要综合,需要立体的、大兵团的联合攻关,仅靠个人或少数人已经很难完成一项重大的科研工作。另外,在科学技术飞速发展的当代,一个企业任何一项新产品和新技术的创造都是许多不同专业、不同部门的人集体协作的产物。这就需要人们在不

断变动的团队群体中工作, 每个人都要了解自己在整个大背景中的地位和意义, 进而需要发挥自我设计、自我创造、自我优化、自我组织的能力。为此需要不断地调整自己以适应整体的需要, 并与其他人进行交流、相互支撑、相互配合。因此, 工程院校的学生不管将来是从事研究工作, 还是进入企业界, 都不可避免地成为一个团队的一部分, 如果对团队合作的规则不了解, 不具备团队合作精神和能力, 那么他将很难胜任未来的工作岗位, 很难在激烈的竞争中获胜, 最终难免被社会淘汰。而这种能力的培养必须从大学时代就开始。《指南》中明确指出: “工程教育必须反映工程团队合作的特点, 这将使学生们为将来成为工程师以及如何参与并管理一个高效率的团队而做好准备”^[4]。ERC 还将本科生、研究生和博士生以及工业界的人士分配在一个研究小组从事项目研究, 使他们在研究过程中发挥不同的作用, 并相互影响。ERC 的本科生在参与 ERC 研究项目以后, 对研究都产生了很大的兴趣, 90% 的本科生决定继续攻读研究生; 在研究小组中, 研究生是作为本科生从事研究的帮助者和指导者的身份出现的, 这个角色使研究生的教学和管理水平得到提高。这样就使来自不同学科不同层次的学生在一个团队中, 分别承担一个项目中不同部分的研究工作, 担任不同的角色, 充分发挥各自的特长, 但同时又必须与别人进行协作, 共同完成研究目标。这样, 学生们不仅充分感受到自己是这个研究团体的一部分, 有了一种归属感, 同时又使他们在与别人合作的过程中相互取长补短, 了解自己在知识结构和实际工作能力方面有哪些需要在今后努力提高, 使自己的能力在与别人合作的过程中得到加强。这种团队合作精神的培养, 为今后胜任工作、与他人的合作, 均打下了良好的基础。

总之, ERC 的教育理念是 ERC 的创建者在总结前人经验基础上创建的新教育理想, 也是一种创新的源泉。因此, ERC 的工程教育理念得到了美国国内甚至是国际上的一致推崇, 也很值得我国予以关注和研究。

三、教育理念产生的影响

ERC 的教育计划之所以被认为是 ERC 最成功的方面, 是因为 ERC 的教育理念已对学生产生了重大的影响。受到 ERC 教育的学生与没有接受 ERC 教育的学生相比, ERC 的学生具有以下几方面的优势: 具有了广泛的跨学科的意识; 具有更广阔的眼界, 更容易将知识集成起来; 在合作小组中工作得更好; 具有更多的全球性眼界; 具备更有效的口头和书面的交流技巧; 能够从参与专业性会议和 NSF 评审过程中获益; 得到了工程研究的系统训练; 由

于知识面较广, 解决问题时更具有灵活性; 较早获得了与工业界合作的经验; 能积极参与团队合作研究活动; 更有兴趣于研究性的工作; 对于所承担的任务具有了更多的跨学科的视角; 实际操作能力与技巧在工业界受到欢迎; 在日后的职业生涯中能较早地承担起责任, 在领导岗位上的任职也更容易。^[5]

2000 年, 总共有 319 名学生从 ERC 毕业, 其中 61 名被学术部门雇用、62 名被 ERC 的工业界成员雇用、157 名被美国其它的工业企业雇用、15 名为美国政府部门工作、6 名被国外企业雇用, 另外还有 18 名被其它部门雇用^[6]。不管是在哪个用人单位, 具有 ERC 经历的硕士和博士都能将他们从 ERC 中学到的知识、技巧、能力和技术运用到他们随后的工作中去。雇用 ERC 学生的 ERC 的成员公司评价是: 从雇用 ERC 的学生方面所获得的利益超过了参与 ERC 其他任何方面所获得的利益。

在工业界工作的 ERC 的毕业生负责范围广泛的工作, 主要集中在工程、制造、基础研究和技术的管理过程和产品上, 他们最有可能使用他们在 ERC 中学到的知识或技术, 并利用 ERC 特殊的研究成果。大约有一半这样的学生既能很好地使用专利又能发表文章, 并且有 70% 的毕业生在毕业时的会议上作了学术报告, 多于 40% 的毕业生与大学的研究者进行着合作, 并且多于 50% 的人从大学或研究人员中间获得了新技术的方法。大约有 33% 的毕业生日后与 ERC 保持了合作^[6]。

在联邦实验室工作的 ERC 的毕业生在某些方面与那些在工业界工作的毕业生有着相似之处。例如: 都倾向于与大学的研究者进行合作并在专业性的会议上作工作报告; 有 2/3 在联邦实验室工作的 ERC 的毕业生参加了跨学科的研究, 而且几乎一半的雇员完成了以系统工程为基础的研究。

在学术界工作的 ERC 的毕业生认为他们主要的工作是进行自己的研究并对学生的研究工作进行指导。另外, 他们也会负责一些行政管理工作、与工业界的联合以及对外的指导工作。50% 的毕业生推崇与工业界的合作研究; 80% 的毕业生自动建立或参与了跨学科研究小组; 60% 的毕业生参与了以系统工程为基础的研究。其中大多数人的研究注重与工业界直接相关的需求与问题^[6]。

总之, ERC 的毕业生已经把在 ERC 中所接受的教育理念以及 ERC 的文化带到了他们工作的各个领域, 从而使 ERC 的理念以及文化得到广泛的传播。正因为 ERC 的学生所具有的这些优势, 并对他们的工作业绩产生了巨大的影响, 所以用人单位更愿意雇用 ERC 的学生, 而不是非 ERC 的学生, 这是 ERC 教育目标成功的最强有力的证明。

四、对我国的启示

我国的工程教育是在自己工业基础十分薄弱的状况下,参考前苏联的工程教育体系建立起来的,培养出来的是按计划经济体制模式塑造的专业性人才。受这种工程教育理念的影响,在学科割据的传统工程教育中,无论是体制、结构、教学的内容和方式方法、课题研究,还是课程的设置都以传统的学科和专业为准,它是一种单学科占统治地位的工程教育。它大量培养单学科或仅具有狭隘专长和技能的人才,基本上不考虑跨学科、多学科人才的教育和培养。此外,我国的高等工程教育受传统文化的影响,重书本轻实践,重学轻术,手脑分离,只重知识的传授,忽视能力的培养;“应试教育”、“分数教育”、“填鸭式教育”还有相当的市场,培养出来的学生就像大规模生产的标准化产品一样,是一种模式而没有个性,特别是缺乏创造性。在现代科学技术飞速发展的态势下,在市场经济的发展过程中,这样的专业性的人才适应力差,生存的空间越来越小,满足不了不断变化的社会发展的需求。

在经济全球化的形势下,我国成为“世界制造中心”的趋势已越来越明显,迫切需要我国培养的高级工程技术人才具有以下技能:(1)工程技能和能力方面,要具有较强的绘图、运算、设计、实验、测试、计算机应用能力,并具有一定的独立工作和分析、解决工程实际问题的能力,有对生产过程及设备的实验研究、技术改造、设计计算、技术经济分析和评价能力,以及应用外语和文字表达的能力;(2)信息技能和能力方面,包括具有获取、储存和交流信息的技能,具有较强的信息转化能力、扩展深化知识和获取新知识的能力、文献检索能力、知识迁

(上接第 34 页)

内的收入不平等程度。由于中国不同地区的经济发展水平相差很大,地方财政能力也随之产生很大的差距。因此,对于经济较发达的地区来说,地方财政相对充裕,居民人均转移性收入就比较高;而经济欠发达地区,地方财政连吃饭都成问题,对居民的转移支付就相当少了。2001年,在城镇居民的人均转移性收入中,最高的是上海(4 791.53元),最低的是山东(918.25元),二者相差 3 873.28元;在农村居民的人均转移性收入中,福建最高(270.07元),新疆最低(21.22元),二者相差 248.85元。

2. 政策建议

首先,要从根本上消除城乡分割的、歧视性的收入再分配制度。应调整国民收入的再分配结构,加大政府对农村居民的转移支付力度,建立城乡一体化的居民最低生活保障制度,让所有居民都能受惠于相同的政府转移支付制度。

其次,加强政府转移支付力度,特别是应加强中央政府对欠发达地区的转移支付力度,保证经济欠发达地区财政的基本公共品的供应,从而为每个

居民提供公平的获取收入的环境。

移能力、阅读理解及社会调查能力;(3)组织管理能力方面,包括合作协调、交涉联络、技术洽谈、组织指挥能力,能承担企业的产品开发、技术改造工作,有较强的专业管理意识;(4)开拓创新能力方面,包括敏锐的洞察力和判断力、丰富的想象力、较强的应变能力和开发创新能力^[7]。

因此,为了适应时代发展的需要,我国工科院校面临着工程教育重大改革的紧迫使命,而认真研究、借鉴、吸收当今国外成功的工程教育新理念、新方法,无疑是当务之急。

参考文献

- [1] Engineering Education and Center Division Directorate for Engineer, NSF. Highlights of Engineering Research Centers Education Programs (NSF95 - 64). 1995, p1 - 2
- [2] Joseph Bordogna. The ERC - Industry Interaction Recognizing 15 Years of Partnership. ERC Program Annual - Meeting 2000. <http://www.erc-assoc.org>
- [3] 韩严明. 大学理念探析. 厦门大学高教所 2000 届博士研究生论文, 2000, p167 - 168
- [4] National Academy of Engineering. Guidelines for Engineering Research Centers. 1984, p18 - 19
- [5] Engineering Education and Center Division Directorate for Engineering, NSF. The Engineering Research Centers Program - An Assessment of Benefits and Outcomes. 1997, p20
- [6] Engineering Education and Center Division Directorate for Engineering, NSF. The Engineering Research Centers Program - An Assessment of Benefits and Outcomes. 1997, p20
- [7] 钱建平, 童从奇. 面向 21 世纪深化工程教育改革的思考. 高等建筑教育. 1997(1): 20 - 22

(责任编辑 王宏章)

居民提供公平的获取收入的环境。

参考文献

- [1] LEE Jongchul, 2000, "Changes in the Sources of China's Regional Inequality", China Economics Review, 11, 232 - 245
- [2] Raiser, Martin, 1998, "Subsidising Inequality: Economic Reforms, Fiscal Transfers and Convergence Across Chinese Provinces". The Journal of Development Studies, Vol. 34, No. 3, 1 - 26
- [3] Xiaobo Zhang, Ravi Kanbur, 2001, "Fifty Years of Regional Inequality in China: A Journey through Revolution, Reform and Openness". working paper
- [4] Carl Riskin, China's Political Economics, Oxford University Press, 1987
- [5] 金碚. 当前中国经济的突出特点和发展趋势 [J]. 中国工业经济, 2002(1)
- [6] 金双华. 理顺收入分配关系的财政支出作用 [J]. 数量经济技术经济研究, 2002(11)
- [7] 金双华. 财政收入水平与社会公平关系的实证分析 [J]. 经济学动态, 2002(4)
- [8] 刘磊. 中国居民总体收入差别研究概述 [J]. 经济学家, 2000(4)

(责任编辑 王宏章)