

DOI: 10.3969/j.issn.1672-8874.2012.04.014

· 比较教育 ·

国外高等工程教育的改革动态及启示

周伟¹, 李俭川²

(国防科学技术大学 1. 信息系统与管理学院; 2. 研究生院, 湖南 长沙 410073)

[摘要] 简要阐述了工程教育产生的背景、重要发展阶段以及当前的主要格局, 研究认为当前国外高等工程教育正朝着树立大工程观、回归工程实践、加强国际互认体系建设等方向发展, 并提出了对我国高等工程教育发展的几点启示。

[关键词] 高等工程教育; 国外改革动态; 启示

[中图分类号] G649.21 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8874(2012)03-0045-04

The Reform Trends and Enlightenments of the International Higher Engineering Education

ZHOU Wei, LI Jian-chuan

(College of information systems and management, National University of

Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: This paper briefly explains the background, the important developing stages and the current setup of the engineering education. It analyses the new reform trends of international higher engineering education, including the establishment of the idea of "Macro-engineering", the return of engineering practice and strengthening the construction of the international mutual recognition system; Finally it presents some enlightenments for the development of our nation's higher engineering education.

Key words: higher engineering education; international reform trends; enlightenments

一、世界工程教育发展的基本沿革

科学技术是第一生产力, 工程科技是第一生产力中的一个最重要因素, 它是科学发现与工业发展之间的桥梁, 是产业革命、经济发展和社会进步的强大杠杆, 是人类文明进步的“发动机”。高等工程教育是工程科技人员培养的主渠道, 为工程科技的发展源源不断地提供着新鲜活力, 同时, 在这一过程中, 大学也直接参与工程科技的研发, 推动着科技进步。^[1]

现代意义上的工程教育, 若从法国的波旁王朝在1747年创办的以培养土木工程师为目标的土木工程学校算起, 至今已有260余年历史。^[2]从近代以来的工程教育看, 它大体上经历了两种相继的发展范式: 科学范式和工程范式。科学范式起源于工业发展初期, 持续到20世纪后半叶, 它大致经历了两个发展阶段, 一是重视工程实践、强调技术应用和实践操作的“技术阶段”, 这一阶段工程教育根植于工业生产的现实需要, 局限于工程科学和技术的发展水平, 明确以培养现场工程师为目标, 强调现场教学和工程实践; 二是重视工程科学和强调理论分析的“科学阶段”, 当时工程师被认为缺乏科学原理方面的严格训练, 难以将科学原理应用于先进技术, 因此开始强调工程的分析性, 加强工

程学科的数学和科学知识基础。80年代后, 工程范式占据主流, 注重工程综合, 科学与技术、技术与非技术融为一体, 还工程以本来面目, 强调工程教育的实践性、整体性和创造性。^[3,4]经过多年的发展, 当前国际工程教育形成了两极格局: 一是以《华盛顿协议》为代表的工程教育互认体系; 二是以德国和法国为代表的欧洲大陆工程教育互认体系。这两大工程教育体系各有特点, 以美国主导的《华盛顿协议》体系, 其成员主要来自单一的英语国家, 旨在形成完全统一的教育模式, 偏重于培养工程学学位; 而欧洲工程教育体系受其传统的文化多样性的影响, 采取了灵活的态度, 包容了多种教育模式, 偏重于培养工程师学位。

当今世界, 科学技术发展与更新越来越快, 工程技术对经济和社会的推动作用越来越大, 而工程技术人才的培养直接决定工程技术的水平和发展的速度, 决定国家的工业竞争力。因此, 世界各国特别是工业发达国家都在大力推进工程教育的改革与发展, 力争培养出高质量的工程技术人才, 以保持竞争中的有利地位。尤其是进入21世纪后, 随着以信息技术为代表的新技术革命方兴未艾, 经济结构的不断调整变化, 世界各国的工程教育立足现实、着眼长远, 纷纷采取一种发展的、前瞻的、革新的态度, 认真审视本国工程教育面临的挑战, 积极研究对策, 主动应

[收稿日期] 2012-07-05

[作者简介] 周伟(1990-), 男, 重庆人, 国防科学技术大学信息系统与管理学院硕士研究生。

战。^[5]

二、世界高等工程教育的改革动态

工程教育是一个开放的系统,中国的工程教育不能关起门来搞。目前,世界高等工程教育由世界主要发达国家主导,研究这些国家的高等工程教育改革实践有助于我们掌握国际高等工程教育的发展趋势,探索高等工程教育发展的一般规律,也有利于我们更清醒地认识到我国高等工程教育的不足和差距,为其科学发展指明方向。

(一) 树立大工程观

工程是范围辽阔的专业领域,它有为数众多的科学和技术分支。传统的划分有土木工程、电气工程、化学工程、工业工程等,以土木工程为例,土木工程科技涉及到如下方面:大气与空间、建筑系统、地球技术、海洋技术、交通、市政规划等。又以其中的地球技术为例,过去的地质工程有大地构造学,传统的土木工程也有土力学或土工学,新的地球技术则集成了所有与土、大地和地球相关的土木工程技术。科学技术汇聚发展的今天,现代土木工程正在打破传统的学科界限,集成更多的科学和技术分支,现代土木工程如此,现代工程的其他领域亦是如此。^[6]同时,随着工程问题的日趋复杂化,工程师在拥有良好的科学技术知识与数学能力的基础上,还必须拥有必要的政治、经济、文化、法律等学科的知识与实践经验。现代工程的这种发展态势,使得大学按单一学科分类组织教学的传统受到挑战,现代工程教育已不可能只针对每个专业化领域设置一套相应的课程来组织,必须打破传统上以单一学科为架构的人才培养模式,走一种内涵交叉发展的道路,以保证培养的人才具备跨学科与知识融合的能力。^[7,8]工业发达国家有两句批评他们工程教育的话,经典地概括了这两种情形:一是“技术上狭窄的”(technically narrow),如学机不懂电、学电不懂机;另一句是“狭窄于技术的”(narrowly technical),如工科学生不懂成本、经营、管理,更缺少人文修养。在此背景下,人们的工程观念发生了变化,工程内部的系统综合和工程在社会大系统中综合的必要性正被越来越多的人所认识,大工程观作为一种新的工程理念乃至社会理念已在工程教育界显现。^[9]

80年代中期,美国工程教育还彷徨在十字路口时,有人呼吁要跨越学科边界,到了90年代,措辞变得更加明确而尖锐,“跨越学科边界”(crossing the boundaries)变成了“打破学科壁垒”(breaking the barriers)。1994年美国工程教育协会(ASEE)发表的题为《面对变化世界的工程教育》就指出要提高人才培养的全面素质,在确认以工程原理作为工科课程核心和强调技术能力的同时,还开列了包括他们所理解的人才全面素质的12点标准,包括小组合作技能、交流技能、领导才能、多科学的视野、伦理道德及了解社会、经济和环境对工程决策的影响等等。在2004年美国“2020工程师”计划发表的《2020的工程师:新世纪工程的愿景》报告中,再一次凝练了未来工程师应具备的关键特征,包括分析能力、实践经验、创造力、沟通能力、商务与管理能力、伦理道德和终身学习能力。这不仅为高等工程教育界提出了鲜明的培养目标,同时也对工程专业界提出了要求,必须要在一个大系统中培养未来真正的卓

越工程师。^[8]德国工程师协会(VDI)对德国工程教育提出建议,指出要特别注重广阔的系统前景,要求工程专业的毕业生不仅需要牢固的技术技能基础,还需要对经济、市场和商业问题有基本的了解,此外,还需要有良好的个人技能,如在国际环境下工作时了解各国文化间的差异等。法国巴黎理工学校对学生的培养也是全方位的,它注重对学生的实践能力培养的同时还关注学生综合素质培养。如在教育内容上,巴黎理工学校的所有学生都必须学习经济,人文教育虽然不要求同学统一学习,但要求他们有一个比较开阔的学习视野和开拓领域,并由此找到适合自己的学习内容,外语教学要求了解有关国家的历史和人文,同时还十分注重体育。日本在其高等工程教育改革和发展过程中,以问题为中心,打破学科壁垒,积极调整学科布局,创新发展跨学科领域。90年代以来,日本一流大学有两个改革口号,一是“学部一体化”,二是“研究生院重点化”,如京都大学首先完成了体制改革,把分散于学部和研究生院的教师统一归属于研究生院,设立若干“专任讲座”、“共同大讲座”,以及与相关研究所和研究中心合办的“协作讲座”,同时,还创建了以“跨学科化”、“综合化”为特色的独立研究生院。通过有机整合,拓展了其学科疆界,也丰富了学科内涵,更提高了人才培养的综合素质。^[6]

(二) 回归工程实践

正如前文所提到的,80年代以来,工程教育的钟摆开始从偏执于严格的工程科学方法的一端荡回到工程实践,强调理论教学与实践训练之间的平衡和融合,重视小组工作、交流和设计。美国麻省理工学院(MIT)在这场跨世纪的改革中扮演了先锋角色,在对工程的新认识的基础上,MIT时任校长C. Vest曾发表文章,呼吁“工程教育必须更密切地回到工程实践的根本上来”,同时认为工程实践,尤其是工程设计和制造,才是工程教育的“根本”。时任工学院院长Moses更是形象地称其改革是“正在召回工程的灵魂”。在美国大学里,过去流行“不发论文就滚蛋”(to publish or perish),现在则开始出现另一种声音,即所谓“不实践就滚蛋”(to practice or perish)。^[6]此外,世界各国一流大学工程教育的改革实践也充分体现了这一理念。如美国麻省理工学院对它所有的工科系的课程计划,规定必须达到48个设计点(design point)的要求;英国帝国理工医学院自80年代实施“丹顿计划”后,也加大了设计和实践环节的比重,加大必修的设计课程的学时数,且在研究生课程计划的10个研究方向中,都有相应的设计要求和设计内容,有的甚至被列为核心课程。^[6]德国的工程教育十分重视设计,以理论联系实际而著称,其高等工程教育的课程体系主要分为两个阶段:基础学习阶段和专业学习阶段,专业学习阶段主要包括专业大课、实验室工作、小组课程设计和毕业设计等环节,在这一阶段实践环节所占比重很大,同时许多德国工业大学对实践课程都进行了量化要求和规定,以保证实践环节的比重,如亚琛工业大学课程设计的学时数为400,试验占总学时的比例为15%。^[11]为加强工程实践能力的培养,法国工程师学院的培养体系中也非常重视实践,几乎所有的工程院校都提供实习,并且多是强制性的规定,学生必须参加,各个学校总实习时间大约

为7个月, 占总学习时间的15% - 30%, 甚至更多。近年来, 由美国麻省理工学院、瑞典查尔姆斯技术学院、瑞典林克平大学、瑞典皇家技术学院4所工程大学发起, 全球23所大学参与、合作开发了一个国际工程教育合作项目, 建立了一种新型的工程教育模式, 称为“CDIO模式”, 即“构想—设计—实施—操作”, 它以产品研发到运行的生命周期为载体, 让学生以主动的、实践的、课程之间有机联系的方式学习工程。CDIO模式的理念之一就是要重拾传统, 把工程教育重置于工程实践环境, 即产品、流程和系统的开发和运行之中。^[12,13]这一模式在全世界掀起了教学模式改革的热潮, 各国争相学习并付诸实践。

(三) 加强国际互认体系建设

当前, 发达国家正在加速相互认同和接轨的步伐。在全球化背景下, 美国工程与技术鉴定委员会(ABET)与澳大利亚、加拿大、爱尔兰、新西兰、英国的工程和评估团体进行了大量磋商, 于1989年成功地签署了致力于国际工程技术专业鉴定结果互认的“华盛顿协议”。到目前为止, 已有9个正式签约组织。对于打算申请ABET专业鉴定的非美国本土院校来说, 如果该院校所在国已签署华盛顿协议, 则其本国相应工程教育鉴定结果就可以在美国得到ABET的承认, 对于没有签署华盛顿协议的国家来说, 申请鉴定的专业可以直接向ABET提出“本质等效”的鉴定。^[14]美国ABET制定的11条工程教育专业认证标准, 如具备应用数学科学与工程等知识的能力, 具备设计、实验分析与数据处理的能力, 具备有效表达与交流的能力, 具备终身学习的能力等等, 这11条成为签约国家培养现代工程师应具备的能力和素质的标准。

欧洲各国的工程教育体系类型多样, 在博洛尼亚进程的影响下, 正逐步走向一致。同时, 在欧盟委员会支持下, 欧洲工程协会联合会于2004年9月启动了一个欧洲认证工程师计划, 这实际上是一个欧洲工程教育认证计划, 旨在建立一个统一的工程教育认证体系, 并已在6个建立了良好工程教育认证系统的国家(即英国、爱尔兰、法国、德国、葡萄牙和俄罗斯)率先付诸实践。此外, 欧洲工程协会联合会为了促进欧洲统一市场和保障工程人才的自由流动, 制定了著名的“欧洲工程协会联合会公式”, 还包括12条欧洲工程师注册标准和相关的注册条件, 也可以被看作是欧洲工程师培养的标准和条件。“欧洲工程协会联合会公式”, 即要想注册成为一名欧洲工程师, 要在经过鉴定认可的院校接受至少3年的工程教育, 并且在指导下接受至少1年的工程训练, 以及在专业实践中至少有2年的工程经历, 还有1年则可用在教育、训练和工程经历的任何一种形式上。

ABET国际鉴定以及欧洲工程教育认证计划的广泛开展, 有力地证明了全球化发展要求工程专业学生和工程技术人员能够进行跨国流动, 一切有碍于流动的障碍都将被打破。各国工程专业鉴定的趋于等效, 各国的鉴定组织签订互认协议, 相互承认彼此鉴定过的专业及其所授予的学历与学位, 是国际工程教育界的势不可挡的发展趋势。^[15]虽然《华盛顿协议》下的ABET专业认证体系与欧洲工程教育认证体系不尽相同, 但在全球化的推动下, 经历较长时间的磨合后, 两者终会逐渐趋同。

三、启示与借鉴

(一) 重新审视“工程”的科学内涵, 优化工程学科、专业、课程结构体系

目前, 我国的高等工程教育“非工程化”现象严重, 长期采用科学教育的模式, 按照科学的学科分类思想设置专业, 按照科学教育的习惯设置课程, 在教育过程中理论教学压倒一切。同时, 在专业设置上划分过细, 口径狭窄, 课程设置也是如此, 且缺乏综合性课程。因而导致我国高等工程教育培养的人才大多缺乏工程素养, 缺乏综合性和创新能力, 难以成为高质量的复合型人才, 不能适应社会主义现代化建设和工程技术发展的要求。在国外“大工程观”的浪潮下, 我国的高等工程教育必须重新审视“工程”的科学内涵, 在学科、专业和课程结构体系上做出优化调整。Ralph Johnson在《科学还是艺术》一文中指出:“工程是艺术与科学的桥梁”, 工程交融于科学、艺术与社会, 具有综合性和复杂性, 在“大工程观”的视野下, 工程是思维整体性与实践可行性的统一, 是工程与科学、艺术、管理、经济、环境、文化的融汇。^[16,17]因此, 工程的种种综合属性要求工程教育必须要具有复合性, 即工程教育应当培养具备复合性知识背景和在工程创新实践中整合各种知识能力的工程人才。在学科专业的设置上, 必须进一步归并划分过细的学科专业, 形成较为宽泛的学科专业覆盖面, 拓宽学生的学科专业视野, 同时还应适当扩大各高校的办学自主权, 使得各高校可以根据学校各自的特点对专业的方向和宽窄进行调整, 也可以设置各种交叉学科。在课程体系方面, 也必须根据“大工程观”的要求, 进行广泛的整合, 应包括工程科学与自然科学基础课程、工程专业课程、社会科学与人文科学基础课程及工程伦理教育课程等。同时值得注意的是, 在课程改革上不应采用简单的扩增办法来满足新的要求, 这样只会进一步加剧课程与学时之间的矛盾, 而应当是通过优化调整, 将新的要求和内容整合进现有课程。^[18]然而, 在学科专业宽泛化和课程体系整合化的同时, 还要根据国家和院校的具体情况处理好通与专的关系。^[19]

(二) 注重工程实践, 建立校企深度合作的良性机制

随着科学技术的飞速发展, 经济全球化的不断推进, 国际竞争日趋激烈, 世界范围内对于工程师的能力, 尤其是实践能力, 提出了更高的要求。以加强工程实践训练, 大力培养和提高工程技术人才的动手操作能力、思维创新能力的工程教育改革, 势在必行。在过去一段时间, 我国受教育经费不足、教育观念偏差等因素的影响, 工程教育中实践环节的实施受到严重削弱, 如实验基地设备老化, 工厂实习难以落实等等, 导致学生实践能力、创新能力不强, 培养出来的人才与社会需求和国际标准之间的差距越来越大。^[20]在“回归工程实践”的号召下, 我国的工程教育必须要高度重视工程实践训练, 不仅要改革课程体系结构及内容、改革教学模式和方法, 更重要的是要建立校企深度合作的良性机制, 切实提高工程实践训练的效果。校企合作是世界各国工程教育的重要经验, 也是工程教育回归工程实践的必然要求。目前, 我国的工程教育也采取了校企合作这一形式, 但合作内容比较狭隘, 过多局限于订

单培养;合作目标较为单一,都是为了实现学校、企业各自利益的最大化;缺乏互利共赢的长效机制;缺乏法律保障和政策支持等等。^[21]分析其原因,关键在于缺乏对企业利益诉求的关注,使得企业参与合作的积极性不高,且政府缺乏有效的激励和引导。因此,必须要转变观念,政府、高校、企业和社会都要积极参与到工程人才的培养上来,特别是在培养其实践创新能力方面。首先,政府要充分发挥引导作用,制定相应法规和政策,为校企合作提供制度保障;其次,学校要发挥主动性,积极寻求与企业的多方位合作;最后,企业也应更新观念,着眼长远,主动打破学校与企业之间的壁垒,积极与高校开展多层次的合作,逐步建立起互利共赢的校企长效、深度合作的合作机制,努力提高学生的工程实践能力、工程设计能力和工程创新能力。

(三) 提高工程教育质量, 加快构建与国际接轨的工程教育专业认证制度

专业认证是由专业性认证机构针对高等教育机构开设的职业性专业教育实施的专门性认证,工程专业认证就属于这一类认证,它是保障工程教育质量的重要手段,也是各国实施工程师认证制度的前提和基础。但迄今为止,专业认证在我国高等工程教育评估体系中还是一个薄弱环节,除国家建设部在建筑工程领域进行了一些探索外,我国尚未开展过大规模的专业认证工作。^[22]建立工程教育专业认证制度,是实现我国工程教育全面、协调、可持续发展的迫切需要;且近年来,工程师和工程专业的国际互认趋势不断加强,尽早建立具有国际实质等效性的工程教育专业认证制度已成为共识;同时,随着经济全球化、教育国际化趋势的发展,加入工程专业国际互认协议,不仅有利于我国工程教育质量的提高,也有利于我国注册工程师制度的实施以及工程师在国际市场的流动,提高国际竞争力。因此,建立具有中国工程教育特色且具有国际等效性的工程教育专业认证制度具有十分重大的现实意义。建立认证制度的核心是制定认证标准,在制定标准时,必须分析研究我国经济社会发展对工程教育的战略需求,充分吸取高校、工程界、企业界及相关专业协会等各方的意见和建议,分析研究国际工程教育专业认证标准的变化和发展趋势,加强与世界上各主要工程组织的联系,使我国的专业认证标准与世界发达国家的认证水平相当,以保证和提高我国工程教育质量,为进一步取得工程专业和工程师的国际互认资格创造条件。^[23]

[参考文献]

[1] 顾秉林. 中国高等工程教育的改革与发展[J]. 高等工程教育研究,2004(5):5.

- [2] 王沛民. 工程教育的目标、模式、核心:问题与思考[J]. 浙江大学教育研究,1989(1):16.
- [3] 何放勋. 工程教育范式演进与工程师责任[J]. 煤炭高等教育,2006(3):38.
- [4] 顾建民. 发达国家工程设计教育发展的新趋势[J]. 高等工程教育研究,1997(3):63.
- [5] 王沛民. 发达国家工程教育面向21世纪的实践与动向[R]. 高等工程教育研究西安会议主题发言报告,1996.
- [6] 孔寒冰,叶民,王沛民. 国外工程教育发展的几个典型特征[J]. 高等工程教育研究,2004(4):57-61.
- [7] 路甬祥. 再谈现代工程教育[J]. 高等教育研究,1994(1):2-3.
- [8] 李晓强,孔寒冰,王沛民. 建立新世纪的工程教育愿景—兼评美国“2020工程师”愿景报告[J]. 高等工程教育研究,2006(2):7-11.
- [9] 王雪峰,曹荣. 大工程观与高等工程教育改革[J]. 高等工程教育研究,2006(4):19.
- [10] 王沛民. 美国工程教育改革的新进展[J]. 高等教育研究,1995(4):95.
- [11] 张新科. 德国高等工程教育的发展轨迹和模式特征[J]. 继续教育,2006(7):61.
- [12] 高雪梅,孙子文,纪志成. CDIO方法与我国高等工程教育改革[J]. 江苏高教,2008(5):69-70.
- [13] Edward F. Crawley, 查建中, Johan Malmqvist 等. 工程教育环境[J]. 高等工程教育研究,2008(4):15.
- [14] 杨西强,王国祥,田冰雪. 美国高等工程教育专业的鉴认制度及其启示[J]. 高等工程教育研究,2005(1):76-78.
- [15] 寇有志. 美国工程技术教育专业鉴定制度的特色与借鉴[J]. 高等教育与学术研究,2006(6):22-26.
- [16] 李正,林凤. 从工程的本质看工程教育的发展趋势[J]. 高等工程教育研究,2007(2):19-24.
- [17] 王雪峰,曹荣. 大工程观与高等工程教育改革[J]. 高等工程教育研究,2006(4):19-23.
- [18] 顾建民,王沛民. 美国工程教育改革新动向[J]. 比较教育研究,1996(6):38.
- [19] 朱高峰. 谈工程教育[J]. 高等工程教育研究,2004(3):3.
- [20] 时铭显. 高等工程教育必须回归工程和实践[J]. 中国高等教育,2002(22):14-16.
- [21] 吴绍芬. 校企深度合作培养卓越工程人才的思考[J]. 现代大学教育,2011(6):100-104.
- [22] 张文雪,王孙禹,李蔚. 高等工程教育专业认证标准的研究与建议[J]. 高等工程教育研究,2006(5):22-26.
- [23] 张文雪,刘俊霞,彭晶. 工程教育专业认证制度的构建及其对高等工程教育的潜在影响[J]. 清华大学教育研究,2007(6):60-64.

(责任编辑:林聪榕)