

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2013.03.011

美国高等工程教育及启示

鲁正,武贵,熊海贝

(同济大学 土木工程学院,上海 200092)

摘要:文章主要从培养模式、专业认证制度和注册工程师制度等三方面介绍美国的高等工程教育。美国高等工程教育以通才教育、开放式教学以及校企联合培养模式为基础,以工程教育与专业认证制度、注册工程师制度的合理衔接为保障,为工业界培养出大量既能满足行业发展需要,又能适应和引领未来工程技术发展的工程师。美国高等工程教育模式为进一步完善中国高等工程教育体制和高等工程教育实践提供了很好的经验和参考。

关键词:美国高等教育;工程教育;培养模式;专业认证;资格认证;注册工程师

中图分类号:G649.712.28

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2013)03-0043-05

美国的高等教育始于17世纪,而高等工程教育则始于19世纪初叶,最早从事工程教育的院校可以追溯到1802年建立的西点军校,其目的在于促进“科学为日常生活的需要服务”^[1]。经过两个世纪的发展,美国高等工程教育走在了世界前列。笔者主要从美国高等工程教育的培养模式、专业认证和注册工程师制度等方面介绍美国高等工程教育,以期对进一步完善中国高等工程教育体制和高等工程教育实践提供借鉴。

一、美国高等工程教育人才培养模式

美国高等工程教育的人才培养理念是通才教育,其课程理论体系主要包括核心课程、主修课程和选修课程三大部分。其中,核心课程有以数学、物理、化学、生物等为主的自然科学课程,以人文、艺术、社会科学等为主的社会科学课程,以理工选修课和实验类为主的课程,以及对学生基本交流、写作技能要求的课程;主修课程包括专业主修课和跨学科主修课两种;选修课程则由各工科院校自行设计,各工科院校大多开设了大量的选修课,几乎涉及所有的学科,学生可不受专业限制自由选择选修课,到大二时可根据学生兴趣自行选择所学专业,这是美国通才教育的一大特色。

在教学方法上,美国高校仍然以课堂教学为主。为了保证学生对课堂内容的理解,学生往往被分成15~30人的讨论组,由低职称的教师或研究生负责,一周一次或两次组织学生对课程内容进行讨论或答疑。美国大学注重学生的讨论,为学生提供独立学习和思考的机会。学生可以进行各种尝试,包括失败的尝试,以培养学生独立探索的能力。此外,学校还实行开放式的教学,引导学生积极主动地参与各项科研活动,锻炼学生社会实践、科学研究等综合能力。比如在

收稿日期:2013-03-07

作者简介:鲁正(1982-),男,同济大学土木工程学院讲师,博士,主要从事振动控制、工程结构抗震研究,

(E-mail)luzheng111@tongji.edu.cn。

麻省理工学院,有一项 UROP 计划 (Undergraduate Research Opportunities Program)。本科各年级的优秀学生都可以报名直接参与这一课题研究。他们每周需要抽出 6~20 小时投入研究工作,暑假期间每周工作达 40 小时左右。参与科研工作的大学本科生与硕士研究生、博士研究生、博士后研究人员以及教授等各种层次、不同研究领域的研究人员共同开展科研工作,不仅能培养、锻炼和提高大学生的研究能力,也拓展了他们的学科视野。通过该计划学生还可以得到丰厚的回报,既可以将所取得的研究成果向基金会申请研究经费,公开发表论文、申请专利等,还可以得到一定的学分和报酬^[2]。

在美国,高等工程院校在工程师培养过程中与企业有广泛而密切的合作,这不仅有利于学生实践能力的提升,同时也有利于加快高校科研技术转化的速度,可谓互惠互利。如斯坦福大学通过开设继续教育课程、聘用企业专家作为教师、校企共同研发项目等多种形式,尽可能地为学生创造更多、更好的了解企业、参与实践的机会。

作为在高等工程教育办学模式上的一种尝试,美国在 1997 年建立了一所私立本科工程大学——富兰克林欧林学院。该学院将工程师定义为具有全面考虑人类与社会需求的、在工程系统中有创造性设计的、拥有创业以及慈善等多种价值的创新型人才。欧林工学院创新的课程设置是其引领 21 世纪工程教育革新的重要因素。课程的设置是基于“欧林三角”,它是由卓越的工程学知识、企业管理精神以及艺术、人文社会学科三部分有机组成的。这种课程理念在“SCOPE (Senior Consulting Program for Engineering)”项目的开展中被诠释得淋漓尽致。毕业季的学生会在一个由来自多学科学生组成的小组里工作,这 5~7 个学生会与赞助商进行整整一年的工程项目合作。在这项合作中,合作伙伴们会提出对赞助商有很大意义的工程学难题,欧林学院会派出学生团队、指导顾问,并提供专业的工作环境。合作伙伴会提供必要的经济援助以及各种硬件,学校则允许学生团队使用技术中心的实验室设备,并能够面对面咨询技术专家。团队每周会向赞助商汇报合作项目的最新进展,期中期末也会有总结。通过这项合作,学生们能够接触到最前沿的工程难题,并尝试提出全新的解决方案,这对学生来说是难得的锻炼动手能力、建模能力、团队协作能力的机会。

二、美国高等工程教育的专业认证制度和注册工程师制度

美国高等工程教育的专业认证组织和工程师注册组织彼此独立。工程和技术认证委员会 (Accreditation Board for Engineering and Technology, ABET) 主管工程教育的专业认证。各州的专业工程师注册局主管专业工程师注册。各注册局又以会员制形式组成全国工程与测量考试委员会 (The National Council of Examiners for Engineering and Surveying, NCEES), 为各注册局承担一些有必要统一和协调的工作,如工程师资格考试工作。20 世纪 90 年代初,工程和技术认证委员会、全国工程与测量考试委员会会同全国专业工程师学会 (National Society of Professional Engineers, NSPE) 组建美国国际工程业务委员会 (USCIEP), 全面代表美国的工程组织参与国际工程界的活动等。

(一) 专业认证制度^[3]

ABET 是一个独立于政府之外的民间组织,自成立以来一直从事工程教育的专业认证,致力于确保和提高工程教育质量、促进工程教育改革、推动工程专业的国际互认及为学校、专门职业团体、公众、学生和雇主服务等工作。ABET 的专业认证得到美国教育部、各州专业工程师注册机构以及全美高等教育认证机构的民间领导组织——高等教育认证委员会 (Council for Higher Education Accreditation, CHEA) 的承认。可以说 ABET 是得到美国官方和非官方机构共同承认,得到美国高教界和工程界广泛认可和 supports 的全美唯一的工程教育专业认证机构,它的专业认证具有很高的权威性。ABET 又是《华盛顿协议》的 6 个发起工程组织之一,这意味着它的专业认证已获得广泛的国际承认。

ABET 主要包括 4 个认证委员会:应用科学认证委员会 (Applied Science Accreditation Commission, ASAC)、计算机科学认证委员会 (Computer Accreditation Commission, CAC)、工程认证委员会 (Engineering Accreditation Commission, EAC) 和技术认证委员会 (Technology Accreditation Commission, TAC)。其中,工程认证委员会负责各工程专业的认证。截至 2011 年,经工程认证委员会认证通过的共有 442 所高校中的 2 141 个工程技术专业点。

EAC 工程专业认证的准则是“工程准则 2000”。该准则于 1995 年 12 月公布。通过 ABET 和工程界

的反复讨论、修改和试点,于2001年秋全面推行,此后,每年都有所修改。EAC认证的仅是工程专业,而不是专业院系或学位。其认证的全过程如下:第一步,由院校向EAC/ABET提出某个或某些专业点的认证申请。第二步,申请被接受后,由院校进行专业自评,完成自评问卷调查表,包括学生、课程、师资、管理、设备和院校支持等方面是否符合标准。第三步,EAC认证小组进校访问,访问的目的,一是对在自评报告中难以表述的、比较抽象的问题进行评价,诸如智力氛围、师生的精神状态和能力表现等;二是帮助学校自评,使学校能准确把握自身的强项和弱点;三是详细审查学校的认证材料,包括代表性的学生作业等。第四步,报告必须包括客观事实、符合准则的方面、弱项、缺点、认证小组对今后可能出现的问题的关注、认证小组对改进专业的评论和建议等;第五步,EAC根据认证报告和学校反馈的意见,对专业点做出认证结论。认证有效期限通常为2-6年。

学校以ABET通用标准和行业标准为基础,根据学校自身特点进行调整,以更好地体现学校特色。由于ABET与工业界共同参与专业认证标准和程序的制定,并直接参与认证评估过程,因而能及时把工业界对工程师的要求和期望反馈到工程师培养过程中,为高校高等工程教育专业的改革与发展指明方向,同时也能促进工业界对高等工程教育的了解和支持,提高高等工程教育的产业适应性。

(二)注册工程师制度

美国的专业工程师注册由各州负责。各州议会就本州的专业工程师注册和工程业务等问题立法,并成立州的专业工程师注册局负责执行有关法规。注册局成员(board member)由州长任命。成员中的多数是专业工程师,少数是公众代表。前者必须是美国公民,本州长期居民,本州注册专业工程师,具有较长的工程业务经历;而后者必须在过去和现在都不是工程师。各州的组织情况因地制宜,所以并不完全相同。

美国有关专业工程师注册的条件主要包括:教育要求、经验要求和考试要求三个方面,而报考职业注册师的条件仅有教育要求和经验要求。各州的具体要求略有差别,但总体水准大体相当。

1. 教育要求

审查申请人是否具有经ABET-EAC认证的4年制工程学士学位;或其它经注册局认证的4年制

或学制为4年以上的相关专业学位。其中还包括审查由校方直接递交注册局的申请人成绩单。

2. 经验要求

审查申请人在取得ABET-EAC认证的学位后,是否具有4年的专业工作经验。对于未取得ABET-EAC认证学位的申请人,在取得经注册局认证的4年制或学制为4年以上的相关专业学位后,所要求的专业工作年限,要根据他们所受教育质量的好坏来决定。学历质量保证越差,则对之要求的专业工作年限越长,如有6年、8年、12年以至20年等不同的要求。

3. 考试要求

审查申请人是否通过工程基础(Fundamentals of Engineering, FE)考试与工程原理和实践(Principles and Practice in Engineering, PE)考试。对已通过认证院校的毕业生参加执业注册考试,可免除部分基础科目或全部基础科目的考试。而对未通过认证院校的毕业生参加执业注册考试,则要求其具备更长年限的工程实践经验。对于获得ABET-EAC认证的工程学士学位的申请人,允许他们在大学4年级时或毕业后参加FE考试;并在取得4年专业工作经验后再参加PE考试。对于未获得ABET-EAC认证的工程学士学位的申请人,则视其教育质量和专业工作质量的情况,提出更为严格的专业工作年限限制。

资格考试是一种合格水平的考核。其目的是评估申请人是否具备专业工程师的基本能力,能否在专业工作中确保公众的健康、安全和利益。FE考试着重考核申请人所受的高等教育水平,评估其是否达到见习工程师的合格水平,它的具体要求和工程与技术认证委员会下属的工程认证委员会(ABET-EAC)规定的专业认证标准相呼应;PE考试着重考核申请人的专业工作经验,检验其是否达到专业工程师的合格执业水平。

美国工程与测量考核委员会是一个全国性的非营利机构,其工作目标是通过规范的法律、严格的注册标准和高尚的职业道德,将工程人员和测量人员的执业资格注册纳入科学健康的轨道,保护社会公众的身心健康、人身安全和财产安全,进而引领职业资格认证工作的发展方向。其具体任务是协助会员(各个注册执业管理局)开展工程师和土地测量师的注册工作,保证注册人员在知识、能力、职业发展和道德情操上达到较高的标准;为会员开

展统一的注册工作提供服务,评估注册工程师;积极开展国际和国内合作,促进工程师和土地测量师的州际互认和国际互认。

美国的注册工程师继续教育已形成了一套比较完善的机制,即注册工程师继续教育供应项目(Registered Continuing Education Providers Program, RCEPP)。RCEPP是美国工程与测量考试委员会和美国工程公司委员会(ACEC)合办的项目,是美国为专业工程师提供的首个网上在线形式的继续教育管理系统。RCEPP包括:(1)经NCEES注册的符合NCEES继续教育标准的继续教育供应商;(2)继续教育供应商提供的继续教育课程和活动日历;(3)专业人员接受教育时间的在线记录;(4)可供美国全国工程师注册委员会采用的统一可靠的记录。

(三)专业认证与注册工程师制度的关系

工程教育专业认证制度是注册工程师制度的基础,注册工程师制度是与高等工程教育的评价密切联系在一起的。注册工程师的首要标准是获得经ABET认证的工程专业的学士学位,这种制度安排密切了人才培养和人才使用之间的关系。从最初的大学教育到具体的工作实践,连贯一致的制度体系不仅使得美国高等工程教育能够保持必要的灵活性,能够及时反映工程实际的需要,培养适应社会需要的人才,也为注册工程师制度提供了坚实的教育背景,使其在具体实施时更具针对性,它将教育界、工程界与实业界紧密联系起来,调动社会各界关心工程师的成长,关注工程行业的发展。

在美国,专业认证、职业实践与考试考核形成一个完整的工作链条,以确保执业注册人员的水平。在认证与考试的衔接关系上,充分认可专业认证的结论,申请执业注册的人员必须拥有通过专业认证院校的教育背景。

三、借鉴美国高等工程教育人才培养模式,进一步完善中国高等工程教育

(1)加强人文社科课程体系建设。目前中国的工科院校开设了很多人文社科的选修课程,但是缺少特色和系统性。高等工程教育要加强对未来工程师的非技术教育,使工科学生具备社会和人文科学素养,尤其是树立正确的人生观、价值观,具有良好的工程伦理道德和职业操守。因此,工科院校要有浓厚的人文氛围,要对学生进行特色鲜明和系统完

整的人文教育。

(2)拓宽专业基础课的跨学科课程设置。现代科学技术的发展,要求高等学校的课程设置向着文、理、工等相互渗透和交融的方向发展。目前中国工程专业过于细分,并不利于工程师处理涉及交叉学科的问题,因此要打破学科边界,真正实现学科之间的互相渗透和联系,增强学生的综合能力。

(3)发挥学生个性,培养学生的创造性和自主性。课程设置上应给予学生更多的自主时间,即压缩课内学时,增加课外学时,赋予学生更多的学习主动权,培养学生独立发现问题、思考问题、解决问题的能力。

四、学习美国高等工程教育的专业认证和注册工程师制度,大力加强中国专业认证制度建设

(1)健全专业认证制度,实现专业学历国际互认。在关于工程教育与工程师资格互认的国际性协议中,《华盛顿协议》被认为是最具权威性、国际化程度较高、体系最为完善的国际间专业学历互认协议。《华盛顿协议》的核心内容是经过各成员组织认证的工程专业培养方案,具有实质等效性(substantial equivalence)。等效性是指在认证工程专业培养方案时所采用的标准、政策以及其过程结果都得到所有成员的认可。遗憾的是中国至今还未能加入《华盛顿协议》。尽管中国工程教育发展迅速,工业发展对人才质量和数量的需求也在提高,但由于缺乏完善的认证制度,人才培养标准远远不能满足社会的需求。因此,建立健全专业认证制度已势在必行。

(2)增加高等工程教育与专业认证标准的联系,发挥专业认证在注册师执业资格制度中的基础作用,真正将专业认证环节纳入执业资格制度。目前中国大多数高校的工程教育游离于专业评估认证制度之外,培养的人才无法满足工业界的实际需求,专业认证与执业资格制度也基本脱离^[4]。对此,相关人员和机构应给予高度重视,并采取必要措施。

(3)明确职业实践的要求,规范职业实践的标准,并加强其检查和考核。目前中国的职业实践制度还不健全,对参加注册师考试人员职业实践的评估仅通过其参加工作的年限来体现,对于其实际工作水平和经验却无从考核。

(4)探索科学高效的工程继续教育模式,加强继续教育内容的针对性,推进培训组织形式的多元化。工程继续教育要认真分析注册工程师的需求,并针

对不同培训者的要求提供不同的培训服务,制订实用的培训大纲,提供不同的培训手段和丰富的培训教材。在实践中积极探索继续教育的方式和方法,充分发挥地方注册执业管理部门和执业注册师在继续教育中的组织协调作用。

参考文献:

[1] 劳伦斯.P. 格雷森,陈慧芳. 美国工程教育简史 [J]. 清华

大学教育研究, 1981(2): 53 - 61.

[2] 郭际,吴先华,陈斐. 美国高等教育对中国大学生能力培养的启示 [J]. 国土资源高等职业教育研究, 2007:37 - 40.

[3] 毕家驹. 美国 ABET 的工程专业鉴定新进展 [J]. 高教发展与评估, 2005, 21(5): 44 - 50.

[4] 毕家驹. 中国工程专业认证进入稳步发展阶段 [J]. 高教发展与评估, 2009, 25(1): 1 - 5.

An overview of higher engineering education in the United States

LU Zheng, WU Gui, XIONG Haibei

(College of Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, P. R. China)

Abstract: We studied an overview of higher engineering education in the United States, emphasizing on the cultivating patterns, professional certification system and registered engineer system. The cultivating patterns of universal genius education, opening teaching and university-enterprise cooperation, and the close contacts among engineering education, professional certification standards and certificated engineer system, help the U. S. universities produce qualified engineers, who can solve practical problems and meet the industrial needs. These provide a good experience and reference for the implementation and reform of higher engineering education in China.

Keywords: higher education; engineering education; training mode; professional accreditation; qualification authentication; registered engineer

(编辑 王 宣)