

中国工程教育发展报告

2014

• 中国工程院教育委员会

*Annual Report on Development of
China's Engineering Education 2014*

高等教育出版社

*Annual Report on Development of
China's Engineering Education 2014*

中国工程教育发展报告

ZHONGGUO GONGCHENG JIAOYU FAZHAN BAOGAO

2014

高等教育出版社·北京

内容简介

本书是我国第一本以工程教育为主题的年度报告,每年连续出版,之前已经出版两本。本书由中国工程院教育委员会组织编写,编写者力图使本书具有权威性、研究性和资料性的特点。《中国工程教育发展报告 2014》包括专题报告、重要文献、数据资料、工程教育大事记等版块。书中的每一篇专题报告均由研究人员在深入调查研究的基础上撰写而成,不是简单的资料堆砌;所有资料、数据都有可靠的来源,能够准确反映我国工程教育的进展状况;本书还尽可能广泛地收集工程教育相关信息,使之能够系统地保留下来。

本书可供教育主管部门,工程教育领域的教师、研究者和管理者,工程专业学生,企业负责人,以及关注工程教育的社会各界人士参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国工程教育发展报告.2014 / 中国工程院教育委员会编著. — 北京: 高等教育出版社, 2016.6

ISBN 978-7-04-045449-9

I. ①中… II. ①中… III. ①工科(教育)-高等教育-发展-研究报告-中国-2014 IV. ①G649.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 096491 号

策划编辑 黄慧靖

责任编辑 沈晓晶

封面设计 顾 斌

责任印制 韩 刚

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街 4 号

邮政编码 100120

印 刷 北京汇林印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 13

字 数 200 千字

购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landaco.com>

<http://www.landaco.com.cn>

版 次 2016 年 6 月第 1 版

印 次 2016 年 6 月第 1 次印刷

定 价 89.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 45449-00

目 录

第一部分 专题报告

企业:工程教育的参与者和受益者	3
1 工程人才培养离不开真实的工程环境	3
1.1 从工程的定义看工程的本质特征	3
1.2 工程——真实世界中的实践活动	5
1.3 工程教育中理论与实践的再平衡	6
2 校企合作是世界各国培养工程人才的共同经验	8
2.1 美国的校企合作	8
2.2 德国的校企合作	10
2.3 支持和参与教育已成为企业重要的社会责任	12
3 我国校企合作培养工程人才的基本情况	14
3.1 我国校企合作培养工程人才的新进展	14
3.2 校企合作培养工程人才存在的问题	17
4 进一步推进校企合作培养工程人才的建议	18
4.1 强化政府主导作用,加强相关法律法规建设	18
4.2 建立政府、高校、企业分担人才培养经费的机制	19
4.3 企业应当承担起参与和支持人才培养的社会责任	19
4.4 高校应当主动适应企业的需求	20
基于大工程教育观的工程硕士专业学位研究生培养研究	23
1 能力导向型的工程类硕士培养通用标准研究	23
1.1 国外已有的相关标准	24
1.2 国内已有的相关标准	30
1.3 以能力为导向构建工程硕士专业学位通用标准的设想	34
2 中美工程类硕士研究生培养模式比较	37
2.1 培养目标	37
2.2 生源遴选	39
2.3 导师指导	39
2.4 教学设计	40
2.5 毕业环节	42

3	高层次工程人才培养的“立交桥”	43
3.1	“立交桥”概述	43
3.2	“立交桥入口”:工程硕士招生考试制度	45
3.3	“立交桥纽带”:以工程硕士为中心的学位类型衔接制度	49
3.4	“立交桥出口”:工程硕士学位与工程师职业资格衔接	54
4	硕士层面的工程教育认证制度	58
4.1	工程教育认证的发展趋势	58
4.2	创建工程硕士认证《北京协议》的设想	61
5	优化工程硕士研究生培养的建议	67
5.1	基于工程性和创新性,构建和完善能力导向型工程专业学位通用标准	67
5.2	围绕能力导向的质量标准,优化工程硕士研究生的培养模式	67
5.3	以灵活的学分制为基础,搭建高层次工程人才培养的“立交桥”	68
5.4	学校主导,校企合作,培养企业需要的高层次工程人才	68
5.5	创新工程教育制度,建立硕士层次的工程教育认证体系	69
	战略性新兴产业工程科技人才队伍建设研究	73
1	发展战略性新兴产业的重要意义	73
1.1	应对国际金融危机的重要举措	73
1.2	实现可持续发展的关键途径	74
1.3	促进和谐社会建设的客观要求	75
1.4	维护我国国家安全的重要保障	75
2	我国战略性新兴产业发展现状和存在的问题	75
2.1	发展现状	75
2.2	主要问题	78
3	面向战略性新兴产业的工程科技人才需求分析	79
3.1	质量需求:适应战略性新兴产业发展的工程科技人才 KAQ 模型	79
3.2	结构需求:符合战略性新兴产业要求的工程科技人才队伍结构	80
3.3	规模需求:满足战略性新兴产业需要的工程科技人才数量	80
4	美国、日本、英国、德国、法国五国当前科技人才政策比较	87
4.1	培养科技人才的政策	87
4.2	吸引科技人才的政策	97
5	美国科技人才培养案例	100
5.1	麻省理工学院的计算与系统生物学博士学位计划	100
5.2	罗切斯特理工大学的微系统博士培养计划	101
5.3	纽约大学理工学院的创造、创新和创业模式	103
6	适应战略性新兴产业发展的工程人才队伍建设对策	105
6.1	追踪战略性新兴产业发展,超前部署工程科技人才培养	105
6.2	建立基于大项目、大工程、大平台的人才培养模式	106

6.3 建立跨产业、跨领域、跨系科合作的人才培养机制	106
6.4 建设教学水平高、科研能力强、工程经验丰富的教师队伍	107
6.5 打造企业、科研院所和国际化的人才培养环境	107
6.6 大力引进和充分利用海外人才资源	108
高等学校和工程研究院所联合培养博士研究生试点工作研究	111
1 引言	111
2 工程研究院所研究生教育调查	112
2.1 工程研究院所研究生教育现状	112
2.2 工程研究院所研究生教育的特点	122
2.3 工程研究院所研究生教育的问题和挑战	125
3 高校和工程研究院所联合培养博士研究生试点工作调查	127
3.1 联合培养的现状和成效	127
3.2 联合培养的问题和挑战	141
4 推进高校和工程研究院所联合培养博士生的建议	145
4.1 加强顶层设计,制定总体框架	145
4.2 扩展合作内容,创新合作模式	145
4.3 健全统筹有力、权责明确的管理体制	146
4.4 建立有针对性的评估体系和监督机制	146
4.5 组织开展改革试点	147

第二部分 重要文献

教育部 卫生部关于实施卓越医生教育培养计划的意见	151
教育部 农业部 国家林业局关于实施卓越农林人才教育培养计划的意见	157
教育部 农业部 国家林业局关于批准第一批卓越农林人才教育培养计划改革试点项目的通知	161

第三部分 数据资料

第一批卓越农林人才教育培养计划改革试点项目名单	165
普通高等学校设置研究生、本科专业数	172
普通高等学校设置高职(专科)专业数	173
博士研究生人数	174
硕士研究生人数	175
在职人员攻读博士学位人数	176

在职人员攻读硕士学位人数	177
普通本科学生人数	178
普通专科学生人数	179
成人本科学生人数	180
成人专科学生人数	181
网络本科学生人数	182
网络专科学生人数	183
普通高等学校专任教师数	184

第四部分 工程教育大事记

2014 年工程教育大事记	189
---------------------	-----

第一部分

专题报告

企业:工程教育的参与者和受益者

中国工程教育发展报告项目组

随着科学技术快速发展和广泛应用,以及全球经济一体化,工程系统日趋综合化、复杂化、国际化,这使工程领域的从业者面临前所未有的挑战,也对工程教育提出新的更高的要求。但无论工程教育怎样变革,实践性作为其本质特征不会改变。企业是工程教育的主要受益者,在工程人才培养过程中,它所拥有的真实工程场景也是高校无法替代的。所以,企业参与工程教育至关重要,也是世界工程教育的普遍经验。

1 工程人才培养离不开真实的工程环境

1.1 从工程的定义看工程的本质特征

自现代工程诞生以来,相关工程或工程教育组织对工程的界定有许多,从中可以看到,实践性是工程的本质特征,而造福人类则是工程的根本目的。

较早给出工程定义的是英国土木工程师协会,1828年该协会在其章程中指出,“工程是利用丰富的自然资源为人类造福的艺术。”^①这个定义比较简短,从中还不能清晰理解工程究竟是什么,但它成为人们思考工程内涵的开端,特别是工程“为人类造福”的目的一直影响到今天。1852年,《美国土木工程师协会章程》中定义,“工程是把

^① 转引自王沛民、顾建民、刘伟民《工程教育基础——工程教育理念和实践研究》,高等教育出版社,2015年1月,第16页。

科学知识和经验知识应用于设计、制造或完成对人类有用的建设项目、机器和材料的艺术。”^①这个定义首次比较明确地描述了工程的实践特性——应用的艺术,通常情况下工程是一项具体的设计和制造活动,其最终结果是一个人工制品,是物质的和人造的,而不是思想观点的文字陈述。

之后,一些与工程或工程教育相关的重要组织也提出各自对工程的定义,工程的实践性和为人类造福这两点被一直延续下来,不同的只是对工程具体内容的描述。如1961年美国职业发展工程理事会(Engineering Council on Professional Development, ECPD)提出,“工程是一种专门职业,(从事这种职业的人)需要把通过学习、体验和实践所获得的数学和自然科学知识用于开发并经济有效地利用自然资源,使其为人类造福。”^[1]1982年,美国工程与技术认证委员会(Accreditation Board for Engineering and Technology, ABET)把工程定义为“一种专业性职业,从事这种职业的人,需要把通过学习、研究和实践所获得的数学和自然科学知识应用于如何开发和经济有效地利用自然资源,使其为人类造福。”^②1985年,美国国家研究委员会(National Research Council, NRC)指出,“工程指企业、政府、院校或个人从事的下述工作:它将数学、物理和(或)自然科学应用于研究、开发、设计、制造、系统工程或技术操作,以创造和(或)提供目的在于使用的系统、产品、过程和(或)技术性质与内容的服务。”^[2]

2010年,联合国教科文组织首次发布以工程为主题的报告,其中对工程作了比较全面的定义,可以说是目前各种工程定义的综合。该报告指出,“工程是一个领域或学科、一项实践活动、一种职业和一门艺术,它涉及技术、科学和数学知识的发展、获取和应用,这些知识与具有特定用途的材料、机械、结构、系统和工艺的理解、设计、开发、发明、创造、使用相关。”^[3]

中国工程院教育委员会成立以来,对工程教育开展了一系列研究,在发布的报告中,也提出了关于工程的看法。1998年,《我国工程教育改革与发展咨询报告》指出,“工程是人们综合运用科学的理论

① 转引自孔寒冰《基于本体的工程学科框架研究》,浙江大学博士论文,2009年,第10页。

② 转引自刘盛刚、曹善华、薛继良、王洁《美国加拿大高等教育评估(第一分册)高等教育评估概况》,浙江大学出版社,1987年10月,第156-157页。

和技术的手段去改造客观世界的具体实践活动,以及它所取得的实际成果。工程中不仅含有许多技术方法问题,也涉及大量的科学理论问题。”^[4] 2010年,中国工程院教育委员会发布题为《走向创新——创新型工程科技人才培养研究》的报告,其中分析了工程科技创新的内涵,即工程、科学与技术的交叉融合日益加强,工程科技与工程服务和其他非工程因素结合更加紧密。报告还指出,“当代工程科技创新具有‘功利性’与‘公益性’相结合的目标特征。与自然科学以‘发现’为目标明显不同,工程科技创新必须源于需要、扎根大地,有创造财富的经济目标,同时又与公众利益相一致,与社会福祉相和谐,与自然环境相协调。”^[5]

总之,工程具有很强的目的性、实践性和创新性。工程师不仅要在科学技术方面受到严格的训练,更重要的是能够应用科学技术设计、建造、运行工程系统,为人类谋福祉,并与自然和社会协调起来。

1.2 工程——真实世界中的实践活动

工程的需求和要解决的问题往往来自于外部,工程师通常不选择他们自己的问题,而是由用户,包括政府、其他社会组织和个人提出要求,或是由工程师主动发现社会的需求。人类最初的工程活动源自统治者的需要。统治者为了对外扩张和保护自己的疆域,需要建造攻打敌方城池的工具和防御工事;统治者为了祈求神灵的保佑和体现自己的威严,需要修建用于祭祀的建筑和宫殿;统治者为了发展经济,也需要修筑水利设施、道路、桥梁等。今天,工程活动早已从军事领域扩展到民用领域,从为统治者服务变为造福人类。大到三峡大坝、载人航天、高速铁路、跨海大桥等许多举世瞩目的工程,小到人们日常的衣食住行和学习娱乐设施,无一不是为了满足社会需求和推动人类文明发展。

工程活动都是在真实的世界里开展的,不仅其问题来自社会的实际需要,而且工程活动的整个过程都要受自然环境、自然资源,以及政治、经济、法律、文化等各方面因素的制约。工程师的任务就是从问题出发,在种种约束条件下,经过一系列复杂的分析、计算和设计,确定能够达到的工程目标,寻求满意的解决方案,并组织方案实施,最后还要评估工程目标达成的情况。

工程活动成功与否也是用人类的需要或愿望被满足的程度来衡量。由于人们的需要或愿望随时间、地域不同,以及经济社会发展而变化,工程活动的成效必须放在特定的时空和真实的社会背景中衡量。

无论是需求、过程还是最终结果,都决定了工程是真实世界的实践活动。因此,对于将以工程师为职业的工科学生来说,真实的工程环境在他们学习、成长过程中的重要性就不言而喻了。在真实的工程环境中,工科学生能够获得直接经验,或将所学知识用于实践,从而加深对工程的理解和认知,增加对工程的兴趣;通过亲自动手解决实际工程问题,有助于提升工科学生的实践能力,也可使他们体验到工程师服务社会、造福人类的崇高使命和责任。正因为如此,国际工程教育界持续不断地发出工程教育要回归实践的呼声,工业界也给予积极回应。我国工程教育过去有着与工程实践紧密结合的优良传统,当前,虽然校企联合培养人才还有许多现实问题需要解决,但政府、大学和企业越来越充分认识到,真实的工程环境对于培养工程人才的重要性。正在实施的“卓越工程师教育培养计划”中提出,高校要“大力改革课程体系和教学形式”,以强化学生的工程实践能力;同时“鼓励参与卓越计划的企业建立工程实践教育中心,承担学生到企业学习阶段的培养任务。”^[6]

1.3 工程教育中理论与实践的再平衡

工程起源于人类的实践活动,作为传授工程知识和经验的一种教育类型,工程教育开始也是与实践紧密结合的。在正规的学校工程教育产生以前,工程教育以师徒相传的方式进行,教学与实践融为一体。1794年在法国成立的公共工程学院是世界上较早开展工程教育的学校,第二年它更名为巴黎理工学院。这所学校的学制四年,第一年开设几何学、三角学、物理学、化学基础等课程,并关注它们在结构和机械工程中的实际应用;还有大量的规划绘图课和一些实验、实践课程。第二年和第三年继续开设这些课程,并增加了它们在道路、运河、防御工事和军火制造方面的实际应用。在最后一年,学生被派往一所专业学校,如炮兵学院、军事工程学校、矿藏资源学校、桥梁和道路学校、地理工程师(地图绘制)学校、船舶学校等^[7]。

随着科学和技术越来越广泛地应用到工程当中,20世纪30~60年代,工程教育的第一次重大转型是向科学靠近。工科院校的课程内容开始从注重动手操作和实践性向注重数学建模和理论方法转变。特别是第二次世界大战期间,数学家和物理学家在解决一些疑难问题的过程中做出重要贡献,也进一步推动工程教育向数学和科学靠拢。

但是到20世纪70年代,人们就开始反思这一转型。时任美国宾夕法尼亚州立大学校长的 Eric A. Walker 认为,工程教育中“过分强调科学本身”是当时很多工程学院的特点,同时他认为“工程师的危险……是他们太迷恋研究本身。一个好的工程师……必须在知与行之间取得平衡。”^[8]

工程教育发展的历史证明,极端地定义“作为科学的工程”和“作为实践的工程”都是灾难性的。第二次世界大战后,工程教育更多地接近科学;到了20世纪末,工程教育又开始倾向于实践。工程教育就如同钟摆,在实践与理论之间摆动,过去从偏重实践到偏重理论,现在又向回摆。但是这种反向的摆动并不意味着工程教育要回到最初工厂里的学徒制,而是需要开始用新的思路去思考^[7]。如何在理论与实践两者之间找到平衡,使两者并重,并且有机结合,才是工程教育未来发展的正确路径。

目前,我国工程教育中的实践环节面临一些困境:一是随着企业面向市场独立经营以及政府转变职能,企业与工程院校之间原有的联系被打破,而新的联系机制还未建立起来;二是我国高等教育规模快速增长,使得工程实践环节所需的资源严重不足;三是有专家指出,第二次世界大战前后西方工程教育科学化的倾向,也对我国工程教育中的实践环节产生了冲击。“由于科学导向,对工程教育所必不可少的实践环节的认识也模糊了,有的以模拟、虚拟化、演示观摩来代替,使学生解决实际问题的能力严重缺失。”^[9]

面对这些困境,工程教育界需要探寻一条新的路径,加强工程教育中的实践环节。今天,我们强调回归工程实践,不是简单地回到过去主要在实践中学习工程的模式。全国政协原副主席、中国工程院主席团名誉主席徐匡迪院士在中国工程院教育委员会全体会议上曾讲过一段十分精辟的话,他说,工程教育改革最重要的是处理好实践性和创新性之间的关系。如果没有实践性,工程教育就成为无源之水、无本之木;如果没有创新性,工程教育就会失去竞争力。离开了实践

的创新是异想天开,离开了创新的实践就变成了低水平重复劳动。因此,当工程教育的钟摆再次摆向实践的时候,其内涵已经发生了根本的变化,我们要探寻的是一条理论与实践有机结合、实践与创新融合在一起的道路。

如何建立新的工程实践模式,以此改善工科学生工程实践环节,中国工程教育界对此研究还不够,没有找到加强实践的有效途径,工程实践环节也还存在现实与理念的差距。

探索加强工程实践的路径需要新思维。工程实践的目是要工科学生在知识、能力、情感态度等方面有所发展,包括更好地学习、理解、应用知识;提升组织领导、团队合作、处理复杂关系、沟通交流等能力;形成正确的工程伦理和社会责任心,了解国情,理解多元文化等。因此,工程实践的核心是,让学生亲自参与到一个完整的工程项目中,担负实际责任,了解整个项目运作过程,解决其中的具体问题,而企业正是工程实践教育的关键场所。恰当的工程实践项目不一定需要技术最先进,也不一定与学生的专业完全对口,关键在于项目的完整性,学生能够真正参与,对社会有实际贡献。相对于工程实践中的技术水平、专业对口等因素,学生能够真正参与更加重要。

2 校企合作是世界各国培养工程人才的共同经验

目前,世界各国和地区都把高校与企业合作作为培养现代工程人才的基本途径,并根据自身的实际采取不同策略和措施来加强工程教育界与企业界的联系。联合国教科文组织的调查数据显示,在全球发达国家中,学校选择与企业合作的比例 1980 年为 12%,1991 年是 70%,到 2006 年已经达到 90%^[10]。美国和德国在这方面具有代表性。

2.1 美国的校企合作

2.1.1 美国校企合作的发展与模式

美国是世界上最早探索和实践产学合作的国家之一。高校与企

业的大规模合作始于 20 世纪 70 年代,到 80 年代中期,校企合作在规模上扩大了好几倍。但是,早期的校企合作并不深入,合作的两个主体有各自的目的。“学校有求于企业,希望能通过合作提高学生的本领,获取资金、技术的支持;企业则希望通过合作来改善自身形象,提升企业的无形资产。”^[11]到了知识经济时代,企业面临的国际竞争压力逐渐增大,使其更加重视未来员工的素养,从而推动企业与高校的进一步合作。同时,学校也更加主动地改进教学,以符合市场的需求。正是社会发展的要求,使得校企双方合作的深度和广度不断加强。

经过近 20 年发展之后,美国政府开始在校企合作中发挥引导和保障作用。1991 年 6 月,美国劳工部成立获取必要技能部长委员会(The Secretary's Commission on Achieving Necessary Skills, SCANS),并发表题为《职场要求学校做什么》的报告,建议学校根据社会需要来变革教学大纲,改善课程体系^[12]。美国前总统克林顿 1994 年 5 月签署了《学校到职场机会法案》(School to Work Opportunities Act),来塑造学校与职场相衔接的教育系统,促进了知识经济时代高校与企业之间的合作^[13]。

美国校企合作的形式灵活、多样,其中最重要、影响最大的是合作教育,它有 3 个显著特点。第一,切实有效,三方获益。学生通过在企业实习,更好地理解 and 掌握理论知识,提升解决实际问题的能力。学校培养的学生能够顺利就业,有助于打造自身品牌,扩大影响力。企业也可以省掉雇员入职培训环节,节约成本,提高效率。第二,各方高度重视,积极参与。学校更加重视向学生传授有实际应用价值的知识;企业为学生提供实习场所和劳动报酬;各级部门加强监督和引导;银行提供资金保障;新闻媒体也给予更多宣传,引起广泛关注。第三,强调为地区服务。社区高校与企业合作主要是为本地企业的发展提供新鲜血液,输送大批优秀人才。企业为本地高校提供资金支持,以吸引人才的流入和聚集^[11]。

2.1.2 企业积极主动地参与校企合作

在美国,不管是公立高校还是私立高校,都把校企联合培养人才放在十分重要的位置上。同时,发达的工商业也为校企联合培养人才提供了丰富的资源。美国高校与企业在培养工程人才方面能够很好地合作,企业功不可没。

校企合作涉及两个不同主体之间的互动,虽然企业和高校是两种类型的组织,但在美国的校企合作中,企业参与的愿望非常强烈。这固然有政府的政策支持,如联邦政府和州政府提供的税收减免、财政补贴及专项资金等;也有企业技术力量雄厚、资金充足,完全有能力支持高校的人才培养,如微软、IBM 等许多大型企业每年都会拿出几十亿美元的资金用于校企合作;但更主要的原因是,企业意识到校企合作能够发现并培养未来的优秀雇员,对企业的可持续发展具有重大意义^[10,14]。

在美国,通过市场选择的过程,使校企双方得以充分共享资源。校企双方从人才培养方案制订、专业设置、教师配备、课程和实践环节内容的确定,到技术技能鉴定标准和评估、评价标准的开发与实施等方面,都开展密切合作^[15]。

2.2 德国的校企合作

2.2.1 德国的应用科技大学和“双元制”教育

由于德国在当今世界经济中的地位,特别是在 2008 年经济危机中不俗的表现,其发展经验受到国际社会广泛关注。而德国的应用科技大学和“双元制”教育,更是成为世界各国的借鉴对象。

20 世纪 60 年代,德国超过英国、法国成为世界第三大经济体。工业的转型升级对劳动力提出新的要求,为了满足产业界对提升工程技术人员培养层次的要求,德国的应用科技大学(Fachhochschulen, FH)应运而生。FH 建立以后发展迅速,从 1993 年到 2012 年的 20 年间,其数量从 125 所增加到 214 所。2013 年, FH 注册在校生共 82.8 万人,约占德国高校在校生总数的 1/3。FH 与传统大学具有平等地位,所授学位相当于 4 年制的学士学位,近年来也开始授予硕士学位^[16]。

与此同时,1969 年联邦德国颁布了《职业教育法》,标志着“双元制”培训体系初步形成。今天,“双元制”承担了德国 97% 的职业培训任务,并且由于它最接近实际、费用低廉,推广到世界许多国家,在职业培训领域内处于显著的位置^[17]。“双元制”是一种国家立法支持、校企合作共建的办学制度,即由企业和学校共同担负培养人才的任