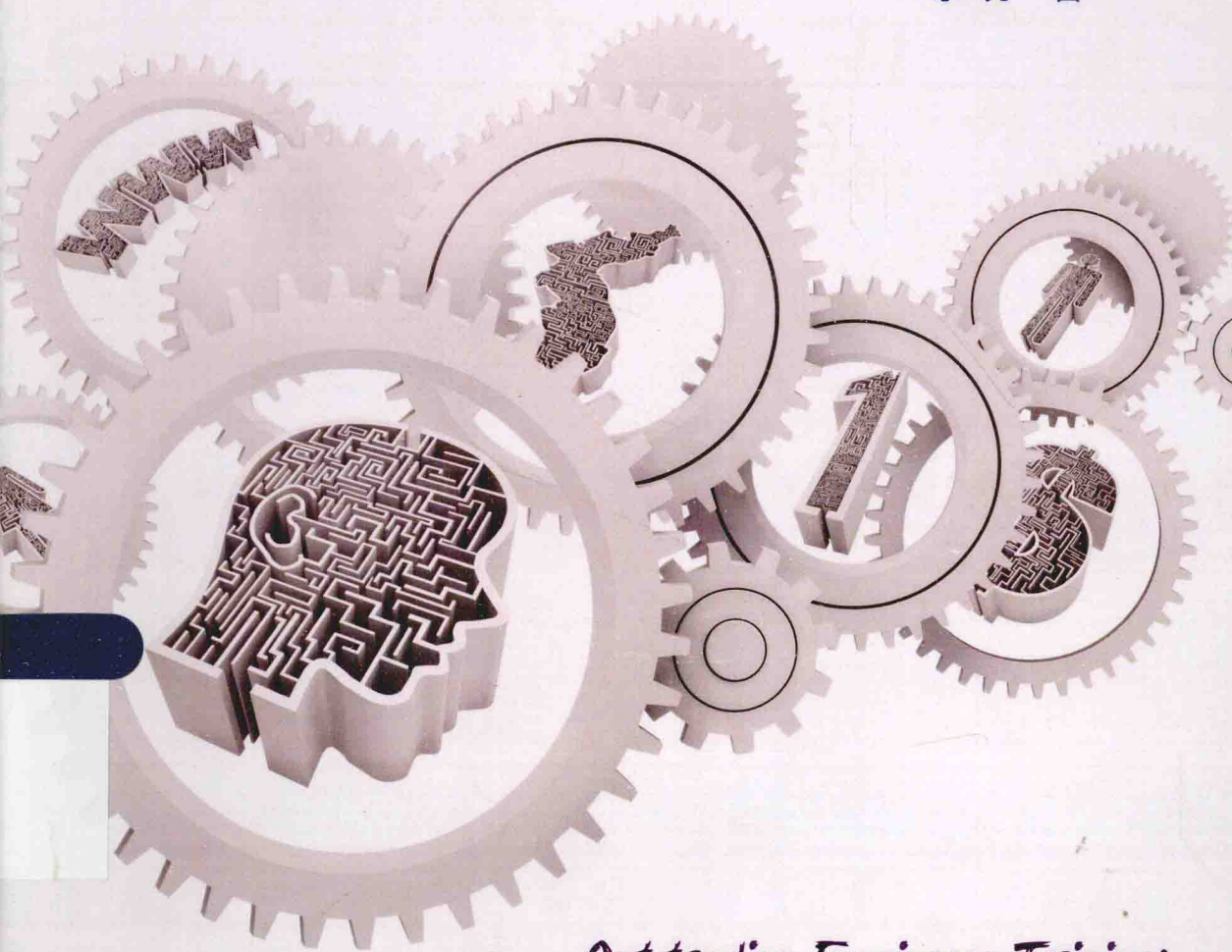


卓越工程师培养： 工程实践教育的理论与实证

余晓 著



*Outstanding Engineers Training:
A Theoretical and Empirical Study on Engineering Practice Education*



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

教育部人文社会科学研究青年基金项目“基于实
教育研究(10YJC880149)”研究成果

浙江省人文社科基地“管理科学与工程”和浙江省哲学社会科学重
点研究基地“产业发展政策研究中心”资助

卓越工程师培养：

工程实践教育的理论与实证

Outstanding Engineers Training: A Theoretical and
Empirical Study on Engineering Practice Education

余 晓 著



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书重点围绕“如何提升工程师工程实践能力”这一基本问题展开,力图全面分析工程实践培养的内涵及如何进行工程实践能力培养两大重要议题。并通过理论演绎、案例研究、内容分析、问卷调查、数据分析等方法,开展了一系列理论探讨和实证研究。致力于将教育科学和管理科学的理论在工程实践这一领域中进行有机结合,把握工程实践教育的基本特征,从系统的视角,动态考察工程人才实践能力的形成过程,针对目前在实践能力培养中存在的主要问题并明确发展和改进的方向。

本书适合从事工程教育的工作者和工程专业的学生参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

卓越工程师培养:工程实践教育的理论与实证 / 余
晓著. —上海:上海交通大学出版社,2013
ISBN 978-7-313-10405-2

I. ①卓… II. ①余… III. ①工程师—人才培养—研
究 IV. ①T-29

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 228242 号

卓越工程师培养:工程实践教育的理论与实证

余 晓 著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 951 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

上海方正数字出版技术有限公司印刷 全国新华书店经销

开本:710mm×1000mm 1/16 印张:14.25 字数:250 千字

2013 年 10 月第 1 版 2013 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-313-10405-2 / T 定价:38.00 元

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:021-61769600

前言

人口特征变化、全球化和技术快速变革的强大力量,驱使工程在社会中的作用发生了深刻变化,工程实践的重要性也日益突出。实践性是工程的本质属性,也是工程教育从传统“科学范式”向现代“工程范式”转变的核心议题。但是,由于没有厘清工程理论和工程实践的主次、先后关系,不区分科学教育与专业教育的内在差异,未明确工程实践能力的具体内涵,以至于当前工程实践教育中出现了“重理论、轻实践”、“只知坐而论道、不懂起而践行”的普遍现象,工程教育质量正经受着严峻考验。

2010年,我国教育部正式启动了“卓越工程师教育培养计划”(简称“卓越计划”),旨在培养各行业高质量创新型的工程技术人员,该计划明确了未来我国高等工程教育的发展方向,并着重提出强化培养学生的工程能力。卓越工程师教育培养计划充分体现了以社会需求为导向,以实际工程为背景,以工程技术为主线,强化学生的工程意识和实践能力,努力减少上述偏差的理念,并一再强调培养工程人才的大工程观和工程能力的重要性,显示了在新的历史条件下,培养懂理论、会实践的工程师对于我国未来经济社会发展的重大意义。2012年1月,教育部、中宣部、财政部等七个部门又联合发布了《关于进一步加强高校实践育人工作的若干意见》,要求强化实践教学环节、深化实践教学方法改革等,并对理工农医类本科专业实践教学的比重进行了量化规定,由此可见专业教育中实践教育的重要性日益显现和突出。

本书重点围绕“如何提升工程师工程实践能力”这一基本问题展开,力图全面分析工程实践培养的内涵及如何进行工程实践能力培养两大重要议题。具体而言,本书逐层深入研究以下几个问题:①在工程师能力形成的不同阶段,工程实践能力培养的最佳模式有哪些?②在知识经济背景下,面对信息技术和网络技术的飞速发

展,工程师应具备怎样的工程实践能力框架?理工院校的工程实践培养与产业界对工程师实践能力的要求之间的契合程度如何?

③工程师实践能力的主要形成阶段及不同阶段对能力形成的相对重要性是怎么样的?④从管理层面考虑,如何设计与构建提升工程师实践能力的政策体系。基于上述问题,本书通过理论演绎、案例研究、内容分析、问卷调研、数据分析等方法,开展了一系列理论探讨和实证研究。

本书是在作者的博士论文基础上修订而成,其研究致力于将教育科学和管理科学的理论在工程实践这一领域中进行有机结合,把握工程实践教育的基本特征,从系统的视角,动态考察工程人才实践能力的形成过程,针对目前在实践能力培养中存在的主要问题并明确发展和改进的方向。在“回归工程”和“倡导实学”的大背景之下,本书对于工程教育的范式转变、工程实践能力的框架构建和工程师实践能力的提升具有较大的理论和现实意义。

作 者

2013年夏于杭州

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 研究的背景和意义	(2)
1.1.1 理论上的必要性	(2)
1.1.2 实践上的紧迫性	(3)
1.2 文献溯源	(6)
1.2.1 工程实践与工程知识的获取	(6)
1.2.2 工程环境变化下工程实践的新举措	(7)
1.2.3 工程实践与创新能力的培养	(9)
1.2.4 工程实践教育的模式	(11)
1.3 问题的提出与相关概念	(13)
1.3.1 目前研究存在的局限	(13)
1.3.2 本研究拟解决的问题	(14)
1.3.3 工程和实践的概念辨析	(15)
1.3.4 工程实践能力的概念及构成要件	(17)
1.4 研究方法 with 架构	(26)
1.4.1 本书的研究方法	(26)
1.4.2 技术路线和研究结构	(26)
第 2 章 工程实践的哲学思想和相关理论	(29)
2.1 实践论	(29)
2.1.1 马克思主义的实践哲学观	(29)
2.1.2 毛泽东的《实践论》	(30)
2.1.3 布迪厄的实践理论	(31)
2.1.4 对本研究的启示	(33)
2.2 知行论	(33)
2.2.1 先秦诸子的知行说	(33)

2.2.2	近现代学者的知行观	(34)
2.2.3	教育领域的知行观	(36)
2.2.4	对本研究的启示	(37)
2.3	知识论	(37)
2.3.1	知识的分类	(38)
2.3.2	知识的转移	(39)
2.3.3	基于实践视角的隐性知识获取和转移	(41)
2.3.4	对本研究的启示	(43)
2.4	能力观	(43)
2.4.1	布卢姆的教育目标分类与能力观	(43)
2.4.2	能力本位教育	(44)
2.4.3	对本研究的启示	(46)
2.5	本章小结	(47)
第3章	工程实践能力的开发模式	(48)
3.1	工程实践模式的研究探索	(49)
3.1.1	工程实践面临的新场景	(50)
3.1.2	工程师形成的阶段	(53)
3.2	大学层面的工程实践能力开发	(55)
3.2.1	经验导向型的工程学位建设模式	(55)
3.2.2	工程训练平台建设模式	(65)
3.3	产业层面的工程实践能力开发	(77)
3.3.1	公司大学模式	(77)
3.3.2	实践社区模式	(83)
3.4	社会机构层面的工程实践能力开发	(90)
3.4.1	依托职业资格认证的培训模式	(91)
3.4.2	产业与社会机构联合模式	(97)
3.5	工程实践能力开发模式的总结和评述	(102)
3.6	本章小结	(103)

第 4 章 工程实践的能力框架及产学契合度	(105)
4.1 研究目的和研究框架	(105)
4.2 研究方法与研究设计	(106)
4.2.1 变量的定义和测量	(106)
4.2.2 分析方法	(108)
4.2.3 数据的收集和处理	(110)
4.3 新时期工程实践能力的内涵和结构研究	(111)
4.3.1 描述性统计	(111)
4.3.2 样本的信度检验	(113)
4.3.3 样本的效度检验	(115)
4.3.4 实践能力结构的分析结果	(116)
4.4 工程实践能力的产学契合度分析	(118)
4.4.1 描述性统计	(118)
4.4.2 样本的信度检验	(119)
4.4.3 样本的效度检验	(119)
4.4.4 产学契合度的分析结果	(121)
4.5 本章小结	(124)
 第 5 章 影响工程实践能力的关键因素	 (125)
5.1 关键因素的指标选取	(125)
5.1.1 内容分析法	(125)
5.1.2 影响因素类目表的建立	(127)
5.1.3 编码过程及信效度检验	(130)
5.2 理论假设和分析方法	(133)
5.2.1 初始概念模型	(133)
5.2.2 研究假设	(134)
5.2.3 分析方法	(134)
5.3 数据的收集和处理	(135)
5.3.1 问卷设计	(135)
5.3.2 数据收集	(136)

5.3.3	各变量的描述性统计	(137)
5.3.4	信度与效度检验	(138)
5.4	实证研究的结论	(143)
5.4.1	回归方程模型评价	(143)
5.4.2	回归分析的结论	(145)
5.4.3	实证结果和讨论	(153)
5.5	本章小结	(156)
第6章	新时期工程实践能力的提升机制	(157)
6.1	工程实践能力提升的关键因子扫描	(157)
6.1.1	大学因子的扫描	(158)
6.1.2	产业因子的扫描	(159)
6.1.3	社会机构因子的扫描	(160)
6.2	提升工程实践能力的战略选择与行动计划	(161)
6.2.1	战略选择	(161)
6.2.2	行动计划	(166)
6.3	提升工程实践能力的保障体系	(168)
6.3.1	资源配置	(168)
6.3.2	评价机制	(170)
6.4	本章小结	(173)
第7章	本书的主要结论及创新点	(174)
7.1	本书的主要结论	(174)
7.2	本书的创新点	(176)
7.3	研究展望	(177)
附录		(179)
参考文献		(187)
索引		(213)
后记		(217)

第1章 绪 论

为了贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》和《国家中长期人才发展规划纲要(2010—2020年)》，2010年，我国教育部正式启动“卓越工程师教育培养计划”(简称“卓越计划”)，旨在培养各行业高质量创新型的工程技术人才，该计划明确了未来我国高等工程教育的发展方向：第一，行业和企业深度参与培养过程；第二，学校按通用标准和行业标准培养工程人才；第三，强化培养学生的工程能力和创新能力。“卓越计划”的三大特点均充分体现了在工程人才培养过程中实践的重要性，显示了在新的历史条件下，培养懂理论、会实践的工程师对于我国未来经济社会发展的重大意义。而事实上，西方发达国家一直将工程教育视作国家未来的技术和经济的基础(NRC, 1985)，在20世纪末就把工程实践的重要性摆上了议事日程。20世纪80年代，美国教育界、美国科学基金会(NSF)联合一些著名大学对20世纪40年代以来美国高等工程教育发展状况作了深入调查、研究与讨论，发现美国高等工程教育出现了偏离工程实践的问题。因此，麻省理工学院提出了“回归工程”的理论，这一理论主要是针对传统工程教育过分强调专业化、科学化从而割裂了工程本身这种现象提出来的。在接下来的一段时间里，美国工程教育界相继出台了一系列报告，建议采用工程实践的新范式。美国卡内基教育促进基金会在2008年发表的《培养工程师：谋划工程未来》中提到目前美国的工科院校旨在让学生为职业做好准备，但是他们受着学术传统的严重影响，而学术传统并非致力于满足行业的需求，因此专业实践的教学应该成为在未来本科工程教育中课程内容和教学策略选择的试金石(Sheppard et al., 2008)。2007年英国皇家工程院(RAE)出版的《培养21世纪的工程师》中也指出，工业界需要那些具有“真实产业环境实践经验”的工程毕业生。特别地，“产业……将理论知识运用到实际产业问题中的能力视为员工新入职时最重要的特质……包括对理论知识的理解、创造力和创新、团队合作、技术广度以及商业技能等”(RAE, 2007)。目前我国已经成为世界上高等工程教育规模最大的国家(门珏，武

艳丽等,2011),但是从工程师的整体学历水平、设计能力,尤其是优秀工程师的总体质量与美国、德国和日本等发达国家甚至是发展中国家都有很大的差距(李培根,2007)。在目前创新型国家的建设背景之下,实践和创新已经成为工程教育人才培养的两个关键问题(刘吉臻,2005),创新之根在实践(杨叔子等,2001,2002,2003,2006)。

尽管实践是一个非常古老的话题,中国的实学文化历史悠长,我国古代的诗人陆游也曾留有这样的诗句:“纸上得来终觉浅,绝知此事要躬行。”这里的“躬行”就是亲自全力去实践。对于人才实践能力的培养也是教育界、产业界一直在关心和呼吁的问题,但是我们看到直至现在,工程人才实践能力并未有一个显著的提升,大学长期以来科学教育的思想和狭窄的工科专业设置,无法让工科生了解工程的真实面貌,更不用说认识工程的实质和精髓,以至于大多数学生在毕业后,对于工程的认识仍然极其有限、零散,这对工程师队伍的质量造成了严重影响。因此,在理论和实践层面上,迫切需要我们工程实践问题进行正确、深入和全面的探讨。

1.1 研究的背景和意义

1.1.1 理论上的必要性

1) 工程教育需要从“科学范式”走向“工程范式”

在世界范围内的高等教育改革中,科学和工程教育是很多国家的战略重点,这是提高国家综合竞争力的核心领域。但就目前我国工程教育的现状来看,依然存在着诸多问题,比如教育体系混乱,不同层次和类型的高校发展目标定位不清晰;工程教育内容与产业需求相脱节,课程陈旧,毕业生难以适应快速发展和日益复杂的工程技术;工程教师队伍普遍缺乏实践经历,影响教育质量;工程师职业资格制度缺失,工程师培养体系不够健全等(李晓强,2008;王刚,2011)。这些问题的出现,究其深层次的原因主要在于很长时期内一直将应用研究位于学术研究之下(Abbott,2001),致使工程教育过分强调了“工程科学”(Engineering Science),而忽视了诸如设计(Design)等实践能力培养的环节,因此工程教育在理论上迫切需要从传统遵循的“科学范式”向“工程范式”进行转变,关注横向思维,从(实践)经验学习,强调集成(合),联系“无序”,处事调和折中,重综合,重设计、过程、制造,注重问题形成,注重实现想法,团队协作,强调社会的背景(倪明江,1999)。而

实现这一转变的核心问题就是处理好工程理论和工程实践之间的关系。

2) 对于工程实践的内涵理解需要重新讨论

理论上,工程实践内涵的理解还有很多的偏差。这些在意识形态上的混淆对工程教育,尤其是工程实践教育带来显著影响。具体表现在对实践没有全面的认识,认为实践就是动手,实践能力的培养就是动手能力的培养,认为理论指导实践,理论是实践的基础,先有理论再有实践。这个观点在高等工程教育中的最直接表现就是工程教育中课程设置的“三层楼式”方法,即分为基础理论课、专业基础课和专业方向课,而不是从知识本身之间的联系的角度,以课程群和课程类的形式进行课程的设置。此外理论指导实践的问题也使我们的工科院校均以低年级的课堂教学、高年级的毕业设计和生产实习的面貌出现,理论和实践在教学中不能紧密结合,或者理论课程凌驾于实践课程之上,认为实践教学仅仅是一个教学环节,只能在专业课中使用,而事实上实践教育更是一种通识教育,它同样可以应用于基础课和通识课(孙康宁,傅水根等,2011)。因此,非常有必要从哲学层面、管理学层面和教育学层面全面探讨理论和实践的关系,从而使工程实践教育有正确的指导思想。

3) 对于工程实践能力的框架需要明确

在目前的工程教育研究中,对于工程实践能力概念的界定和框架的确定非常少见,目前只有美国工程教育鉴定委员会(ABET)对于提出认证申请的工程专业毕业生的能力要求中有部分的实践能力的定义。而对于工程专业实践能力定义最为细致和明确的应属英国提出的工程专业能力标准中的不同层次工程人才的实践能力构成。我国的工程教育界对工程实践能力的研究尚处于粗线条的研究之中,对于工程实践能力的理解各执其词,也未形成对工程实践能力研究的有效方法和科学范式。因此,在全面归纳、整理国外工程师实践能力要求的基础上,结合我国的国情,综合企业的需求和工程师成长的环境,提出的我国工程实践能力的内涵和框架对于丰富工程实践教育理论,明确工程教育的人才培养目标,提高工程师质量,逐步实现工程师的国际互认具有重要意义。

1.1.2 实践上的紧迫性

1) 创新型国家需要大批富有创新精神的工程师

工程师是解决这个时代所面临的环境可持续发展、世界饥饿、能源依赖以及疾病蔓延等重大挑战性问题的创新者和创造者(Duderstadt,2008)。他

担负着一个国家底层创新的重任。一个创新型国家最大的创新群体可能还是工程师队伍,这支队伍的优劣,从根本上决定了一个国家的创新能力(李培根,2007)。我国目前是“现役”和“后备”工程师数量最多的国家,现在中国每年大约有 250 000 名本科学历的工程师毕业,而美国只有 60 000 人(Vest,2008),但是从工程师的整体学历水平、设计能力尤其是优秀工程师的总体质量与美国、德国和日本等发达国家,甚至是发展中国家相比都有很大的差距。杜祥婉院士的课题调研结果显示,目前 21.8% 的被调查者认为高校培养的学生完全不符合或基本不符合国家技术发展需要,52.4% 的被调查者认为工程专业学生质量一般(参见新华网,2007)。中国人才热线(CJOL)在 2006 年发布的大学生求职调查显示,缺乏经验已经成为大学生求职时的最大障碍,占到了 48%,专业能力弱占了 18%(参见胡珏,2009)。世界著名的战略咨询公司麦肯锡(McKinsey)对全球 83 个跨国公司的工程师抽查显示,我国的现岗工程师符合跨国公司要求的近为 10% 左右,大大低于发达国家(见图 1-1),世界经济论坛《2012—2013 年度全球竞争力报告》也进一步印证了这个结论,中国在“科学家和工程师的可用度”指标中,仅排名第 46 位。报告预计,美国 81% 的工程专业毕业生可以立刻胜任工作,印度有 25% 的毕业生可以做到这一点,中国只有 10% 的毕业生可以做到这一点。

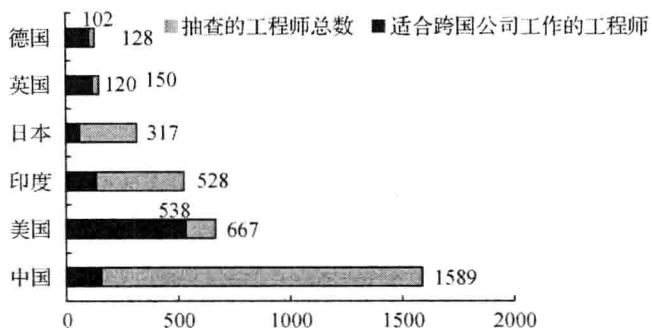


图 1-1 现岗工程师达到跨国公司用人标准的比例(单位:千人)

资料来源:查建中,面向经济全球化的工程教育科学发展观[J],高等工程教育研究,2011(5):10—19,经本研究修改整理。

出现这个现象的主要深层次的原因就是长期以来过于僵化的人才观以及高校脱离企业实际教育模式,正如大唐电信集团的副总裁杨毅刚指出:目前高校与企业工程教育是“两张皮”现象,即学生在高校期间已进行了工程

教育,但是工科毕业生的技术创新模式及理念、产品意识、竞争意识、市场意识和客户意识等均无法很好地适应企业的需求,于是就业后只能在企业又重新接受一次企业版本的工程教育,从而导致资源浪费(杨毅刚,2012)。可见工科学生由于缺乏实践和实训导致专业能力的不足,已经成为制约大学生就业能力提升和工程师专业能力提升的主要障碍。

实践的锻炼是创新的来源。因此,多渠道、多途径地开展工程实践教育,培养和造就高素质的具有创新精神的工程科技人才,对于参与企业的建设与发展至关重要,这直接关系到创新型国家建设的成败。

2) 工程教育的学术化倾向呼唤实践教育的开展

从学问分类的角度,笼统地可将其分为科学学问和各种专业学问;也可以分为关于理论的学问和关于实践的学问等(Simon,1981),或者“纸上的”学问和“做事的”学问(梁启超,1917)。正是基于对学问的这些认识,人们把作为“学问分支”的学科也相应划分为文理学科(Arts and Sciences)和工、农、医、法、商、教育等专业学科(Professions)两大类。两大类学科由于其知识的内在逻辑和外在功用等特点的迥异,在各自人才培养的模式上也必然不同;所学学问的不同和学习目标的差异进而导致学习方法产生差别。文理科从理论的演绎、归纳或推理中获得真知,而后者则需要理论与实践的紧密结合,它既可能是理论指导实践,也存在从实践中形成理论,或者先进行实践,再带着问题学习理论知识。但从目前高等教育现状来看,占主导地位的意识形态和教育思想对这两类不同知识特点的人才培养方式并未明确加以区分。工科人才的培养一直以来是理论教学为主,实践教学为辅;理论教学时间长,实践教学时间短;只知坐而论道,不懂起而践行,工程实践逐步“边缘化”,实践训练环节由软化、虚化、弱化甚至逐步走向了形式化(孔垂谦,2005)。同时,片面强调科学基本原理的工程课程已经导致工程的实践环节薄弱,不够重视产业创新和技术商业化(Ulsoy,2007)。再看承担培养工程师重任的工科教师现状,他们本应该兼具教师和工程师的双重身份,或者至少有深刻的工程意识和一定的工程经验。实际上,工科教师分成理论教学和实践教学两类,前者普遍学历高但缺乏甚至没有工程经验,后者部分教师具有丰富的工程经验但学历不高。严重的是,后一类教师时刻担心被剥离出教师队伍,成为编外人员,进一步加剧实践教学的困境。**工程教育不是科学教育或人文教育,而是培养工程师这类人士的专业教育**(Professional Education)。科学家的研究目的是揭示真理、认识世界,而研究工程师的目

的在于问题的实践方面,即不仅要揭示和认识真理,还希望在此基础上前进一步,找到科学理论、新的发现和发明的实际应用(王沛民,1994)。因此用培养科学家的方式来培养工程师,反映了工程教育的学术化倾向,这是工程教育的极大错位。对于工程人才的培养,我们只能回到工程实践这个根本上来,没有其他途径。

1.2 文献溯源

工程实践的研究主要在于工程教育的研究领域。尽管工程实践的问题被产业界、教育界、管理界等广泛呼吁和重视,工程实践也作为热点议题,被广泛研究,目前主要的研究尚停留在操作层面上的一些对策研究,但是目前对于工程实践的系统、完整、深入的研究并不多见,工程实践领域的研究主要基于以下几个视角。

1.2.1 工程实践与工程知识的获取

实践是工程的本质属性,工程实践是工程师获取专业知识的必要途径。在全球工程教育改革的背景之下,美国土木工程师协会(ASCE)于2001年召开理事会,颁布465政策法案(Policy Statement 465),希望通过工程硕士学位教育或同等水平教育来取代传统4年制的学士学位教育,从而培养适应未来工程环境的土木工程师。他们认为社会在变革的工程环境下,很多问题在数量、范围与激烈程度上都会不断发生变化,并且这些问题很多都没有明确的边界,也没有现成的理论加以指导,而实践经验则可以为解决这些复杂问题发挥重要作用(ASCE,2007)。该政策法案中认为人才培养的途径主要是课堂教育和实践训练,并且专门成立BOK(Body of Knowledge)委员会,在2004年颁布了土木工程师的知识体,并于2007年修订了第二版。BOK对于土木工程师在专业实践中所需要的知识、技能和态度从“what”、“how”和“who”的角度进行了具体的界定。BOK将土木工程师的知识体系在纵向上从低到高分认识、理解、应用、分析、综合和评价,在横向上又分为基础知识、技术知识和专业知识,前两者主要通过本科学位学习和硕士学位或者30个学期被认可的课程的学习来获得,而在专业能力的水平输出中,BOK将其划分为10类(见图1-2)。

图1-2中B是指Bachelor,即本科学习,E是指Experience,即体验或实践。由图1-1可见,除了全球化之外其他专业能力都需要通过实践来获取,

尤其是在应用、分析、综合和评价等知识运用的高级阶段,实践是主要的途径。针对正规教育和实践训练结合的培养模式,BOK 还提出了 B+M/30&E 公式,其中 B 代表学士学位教育,M 代表硕士学位教育

沟通能力	B	B	B	B	E	
历史和传统	B	B				
全球化	B	B	B	B		
专业伦理	B	B	B	B	E	E
公共政策	B	B	E			
商业和公共管理	B	B	E			
团队精神	B	B	B	E		
领导力	B	B	E	E		
继续教育	B	B	B	E	E	
态度和意见	B	B	E			
	认识	理解	应用	分析	综合	评价

图 1-2 土木工程 BOK 专业能力水平与项目

资料来源:ASCE. Civil Engineering Body of Knowledge for the 21st Century: Preparing the Civil Engineer for the Future[R]. 2007,8:22-23.

育,30 则代表 30 个学分(代替硕士学位的学习),E 代表实践经验。在 BOK 的理念中,仅仅依靠正规教育无法实现 BOK 的全部目标,因为实践训练是一位卓有成效的老师,学生在工程专业和技能学习的过程中,有些技能诸如沟通力、领导力、团队协作能力无法通过课堂学习获得,必须通过工程实践来获取,因此实践是知识技能获取的重要也是必不可少的途径。

由此我们可以这么说,如果正规教育是引导 BOK 的有效环节,那么针对工程经验的实践训练则兑现了 BOK 的培养目标,即知识必须与实践相对应(胡珏,2009)。

除此之外,FEANI(欧洲工程师协会联合会)提出了欧洲工程师的最低注册标准的 FEANI 公式,认为工程知识的获取以及工程师的形成过程中,必须要有 T(Training)和 E(Experience),即偏向产业的实习、实训环节(FEANI,2000);美国的注册工程师在申请时也需要有在注册工程师指导下至少 4 年的专业工作经验(毕家驹,1998;韩晓燕,2007),这些研究以及报告均充分说明,工程实践对于工程师的知识获取,尤其是专业知识的获取的决定性的影响。

1.2.2 工程环境变化下工程实践的新举措

包括人口特征、全球化和技术快速变革在内的一系列强大力量,驱使工

程在社会中的作用发生了深刻的变化。工程环境的变化致使工程实践的重要性日益凸显,并且在实践的模式、方法上发生了重大变化。许多研究均表明,某些专业的工作和专业性质将随着工程环境的变化而继续发生快速的变化(Wilson & Pirrie, 1999; Hargreaves, 2000; Campbel, 2001)。李培根(2010)就已经指出,未来工程实践中的实践含义已经不完全是传统意义上的实践了,此“实践”非彼“实践”。美国密歇根大学原校长杜德斯达在 2008 年发表的《变革世界的工程》从工程作为一门学科、作为一种职业和作为知识基础以及多样化的教育系统等视角,采用战略路径图的方法,分析了变革的工程环境、未来工程的愿景和一系列旨在变革工程实践、研究和教育的建议和行动,对于工程实践提出了以下建议:①必须把工程作为一门学术性的学科和作为一种有学问的职业两种概念加以区分,将工程建立为一门真正的通识学科,如同自然科学、社会科学和人文学科那样。进一步实现工程从业者的多元化,包括国家所需的工程角色以及将这些角色推向职业实践的培训计划;②把工程实践建立成一个真正的精深的专业,其严谨程度、知识宽度、培养过程、地位以及影响,类似于法学和医学,同时具有广泛的研究生培养体系和相比一般公司雇员更接近于专业协会的文化。重新明确工程基础研究和应用研究的本质,开发更加重视社会紧迫需求为特征的新的研究范式,而非以科学研究为特征的方法;③改变工科教师都是“工程科学家”的局面,支持企业科学家和工程师作为高校工科访问教师中的“实践型教授”计划(Duderstadt, 2008)。

除此之外,各个国家和机构对于工程实践领域的研究也乐此不疲。1999 年,欧洲各个工科院校在 H3E(Higher Engineering Education for Europe)^①研究的基础上,启动了创新工程教育改革的第二个主题专项,即“推进欧洲高等工程教育(Enhancing Engineering Education in Europe)”,简称 E4, E4 的研究重心就是将高等工程教育从关注教育内部的需求转向教育外部的需求,即关注企业、雇主的需求。在 E4 所要解决的四个问题中,就明确说明了需要促进实践性,形成提升就业能力相关的改革思路即创新课程体系以及加强互动性,使工程教育界和职业界通过相互沟通构建交流的平台(Günter Heitman, 2003; 陈乐,王沛民, 2006), E4 的研究成果以“关注雇主

① H3E 是欧洲的工科院校和大学生联合会在 1996 年成立的欧洲高等教育专项研究联盟,其主要致力于研究欧洲高等教育在面临的新的历史条件下的六大新问题。