

JIYU SHEJI DE GONGCHENG XUEXI YANJIU

基于设计 的 工程学习研究

项 聪 著



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

JIYU SHEJI DE GONGCHENG XUEXI YANJIU

基于设计 的 工程学习研究

项 聪 著



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

基于设计的工程学习研究/项聪著. —广州: 华南理工大学出版社, 2016. 5
ISBN 978 - 7 - 5623 - 4941 - 9

I. ①基… II. ①项… III. ①高等教育 - 工科 (教育) - 研究 - 中国
IV. ①G649. 21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 085667 号

基于设计的工程学习研究

项聪 著

出 版 人: 卢家明

出版发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

<http://www.scutpress.com.cn> E-mail: scutc13@scut.edu.cn

营销部电话: 020 - 87113487 87111048 (传真)

责任编辑: 周 芹

印 刷 者: 广州市穗彩印务有限公司

开 本: 787mm × 960mm 1/16 印张: 12.75 字数: 236 千

版 次: 2016 年 5 月第 1 版 2016 年 5 月第 1 次印刷

定 价: 36.00 元

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

在所有更成功的改革期望中，不可缺少的要素是走向更现实的学习，并重新聚焦学生的经验。

——[荷兰]路易斯·L. 布西亚瑞利

前言

当今世界国家与国家之间的激烈竞争，归根到底是包括工程师在内的人才竞争。从某种意义上来说，工程师创造未来世界。然而，科学主义范式把工程教育带入发展困境，即在教育价值取向方面偏重工具理性、在知识观方面崇尚科学知识、在工程教学方面注重主客体关系。由此导致高校工程人才培养质量不能很好地满足企业需求。

本书认为，回归“设计范式”是工程教育的应然选择，这是由工程和本质的本质所决定的。首先，设计作为过程，是一个由个体反思、知识应用、社会互动等子过程相互交织、彼此重叠的复杂的行动过程，具有境域性、迭代反思性和主体间性的特点，并能发挥相应的教育功用。其次，设计作为活动，是工程的本质及核心所在，从而使工程区别于科学。第三，设计作为方案，就是在人类活动情景中，解决物理结构与意向功能如何在人工物上统一的问题；工程教育作为一种人工物，同样需要科学“设计”。

“基于设计的工程学习”在工程产生之初就已诞生，随着工程实践的发展，其模式也得以不断创新。具体表现为：在工程发展初期，“基于设计的工程学习”采取“学徒模式”，即学习者在师傅的指导下，通过动手实践，获得新知识并学会进行工程假想或工程创新。“学徒模式”后来得到了自然主义发展理论的支撑。随后，工业革命浪潮下的工程逐步投向科学的怀抱，同时在行为主义发展理论影响下，“基于设计的工程学习”采用了“传播模式”，即学习者接受教师（作为传播者）发送过来的知识与信息，在一定强化作用下吸收成为自己的知识。在现代工程日趋复杂的大背景下，工程教育采用认知主义发展理论所倡导的“反思模式”，即在复杂的工程活动中不断反思。不过，随着工程实践的社会性日趋明显，“共同体模式”应运而生，即学习者需要置身于真实的工程环境中，在实践共同体中学习。“共同体模式”充分吸收了情境主义发展理论的观点及思想，不仅注重学习者之间的平等性，而且兼顾个体反思与社会互动。

为深入探究基于设计的工程学习机理，本书在某重点大学的建筑学、电力工程及其自动化、化学工程与工艺等专业分别选取了一个案例进行实证研究。在案例分析中，详细描述了“基于设计的工程学习”的背景、过程及效果，并对案例进行解析。在此基础之上，本书对这三个案例进行跨案例聚类分析，获

得如下结果：一是构建了“共同体模式”下基于设计的工程学习过程模型，提炼出其核心要素（包括学习环境、动机、设计行动、探究行动、共同体等）的共同特征，并阐明了各核心要素以及细分要素之间相互作用、相互影响的关系。二是深入剖析了“基于设计的工程学习”的内在机理。一方面，学习者在基于设计的工程学习过程中，从接受设计任务到最终完成设计任务，通过社会化、表出化、联结化、内在化机制实现了显性知识与默会知识的转化，通过行动中反思、溯因推理、联结化机制实现了新知识的创生；另一方面，学习者在基于设计的工程学习中，通过综合运用有效的搜索策略（包括产生—检验策略、手段—目标分析、头脑风暴、试误法、溯因推理、类比推理等等）解决各类问题，锻炼解决问题的能力。由此，学习者在“效率”与“创新”之间形成动态均衡发展。三是明确了“基于设计的工程学习”的影响因素，主要包括学习动机、学习内容、人际互动关系以及评价方式。四是提炼出“基于设计的工程学习”的基本特征，包括嵌套情境性、个体反思性、社会交互性和循环迭代性。

综上，笔者针对我国高等工程教育改革提出对策如下：其一，课程体系要从直线式结构向螺旋式结构转变；其二，学习环境建设要从偏重于学校课堂向构建实践共同体转变；其三，师生关系要从单向传授向对话共享转变；其四，学习评价要从静态评价向动态评价转变。

目 录

1 绪论	1
1.1 问题的缘起	1
1.1.1 工程教育面临的困境	1
1.1.2 问题的提出	5
1.2 研究的意义	8
1.2.1 进一步丰富工程学习机制研究领域的内容	8
1.2.2 有助于指导高校工程人才培养实践	8
1.2.3 有助于工程教学模式转变	9
1.3 核心概念界定	9
1.3.1 设计	9
1.3.2 工程设计	9
1.3.3 基于设计的工程学习	10
1.3.4 工程师	10
1.3.5 工程教育	11
1.4 文献综述	11
1.4.1 关于工程设计的文献综述	11
1.4.2 关于“基于设计的学习”文献综述	26
1.4.3 文献述评	35
1.5 研究思路及方法	36
1.5.1 研究思路	36
1.5.2 研究方法	38
2 设计范式：工程教育的应然选择	40
2.1 科学主义范式下的工程教育困境	41
2.1.1 在教育价值取向方面偏重工具理性	41
2.1.2 在知识观方面崇尚科学知识	42
2.1.3 在工程教学方面注重主客体关系	43
2.2 工程设计的解构	44
2.2.1 作为过程的设计	45

2.2.2	作为活动的设计	50
2.2.3	作为方案的设计	51
2.3	设计范式对工程教育发展的深刻意义	53
2.3.1	价值取向:培养工具理性与价值理性兼备的工程师	53
2.3.2	知识观:建立科学知识、技术知识、工程知识三元论	55
2.3.3	工程教学:注重主体间性	58
2.4	本章小结	60
3	基于设计的工程学习:模式变迁与理论阐释	61
3.1	学徒模式	61
3.1.1	“学徒模式”的基本内涵	62
3.1.2	“学徒模式”的理论阐释:基于自然主义发展理论	62
3.1.3	“学徒模式”的优劣评述	64
3.2	传播模式	64
3.2.1	“传播模式”的基本内涵	65
3.2.2	“传播模式”的理论阐释:基于行为主义发展理论	66
3.2.3	“传播模式”的优劣评述	68
3.3	反思模式	69
3.3.1	“反思模式”的基本内涵	69
3.3.2	“反思模式”的理论阐释:基于认知主义发展理论	69
3.3.3	“反思模式”的优劣评述	71
3.4	共同体模式	71
3.4.1	“共同体模式”的基本内涵	72
3.4.2	“共同体模式”的理论阐释:基于情境主义发展理论	78
3.4.3	“共同体模式”的优劣评述	82
3.5	本章小结	82
4	基于设计的工程学习:案例研究(1)	83
4.1	华南理工大学工程教育发展概况	83
4.1.1	学校概况	83
4.1.2	学校工程教育发展概况	85
4.2	案例一:基于“中国传统瓦屋屋顶结构优化设计”的工程学习	88
4.2.1	案例背景	88
4.2.2	学习过程	90

4.2.3	学习效果	97
4.2.4	案例分析	97
4.3	案例二：基于“高效烟气脱硫液包气雾化喷嘴开发”的工程学习	99
4.3.1	案例背景	99
4.3.2	学习过程	100
4.3.3	学习效果	106
4.3.4	案例分析	106
4.4	案例三：基于“环保聚乙烯醇-聚氨酯高吸水海绵开发”的工程学习	108
4.4.1	案例背景	108
4.4.2	学习过程	109
4.4.3	学习效果	113
4.4.4	案例分析	113
4.5	本章小结	115
5	基于设计的工程学习：案例研究（2）	116
5.1	基于设计的工程学习：过程模型	116
5.1.1	核心要素的共同特征	116
5.1.2	“共同体模式”下基于设计的工程学习过程模型	123
5.2	基于设计的工程学习：内在机理	128
5.2.1	知识转化及创生过程	128
5.2.2	工程问题解决能力发展过程	135
5.2.3	基于设计的工程学习：工程专长最佳发展通道	140
5.3	基于设计的工程学习：影响因素	145
5.3.1	调查对象	145
5.3.2	研究工具	145
5.3.3	研究程序	145
5.3.4	结果与分析	146
5.4	基于设计的工程学习：基本特征	150
5.5	本章小结	152
6	工程教育改革对策：走向设计范式	153
6.1	课程体系：从直线式结构走向螺旋式结构	153

6.1.1	工程教育课程体系的“螺旋式结构”	153
6.1.2	“螺旋式结构”课程体系的建设策略	155
6.2	学习环境：从学校课堂走向实践共同体	158
6.2.1	工程教育需要校外学习环境	158
6.2.2	高校构建实践共同体的策略	159
6.3	师生关系：从单向传授走向对话共享	162
6.3.1	学习的本质	162
6.3.2	面向对话共享的师生关系创建策略	163
6.4	学习评价：从静态评价走向动态评价	165
6.4.1	EE - CMM 模型	166
6.4.2	基于 EE - CMM 模型的动态评价	169
6.5	本章小结	171
7	结论	172
	主要参考文献	177
	附录 1 “工程人才培养质量规格”调查问卷	188
	附录 2 “基于设计的工程学习”影响因素调查问卷	191
	后 记	193

1 绪 论

1.1 问题的缘起

1.1.1 工程教育面临的困境

理论与实践之间的矛盾在专业教育中一直存在。正如李·S. 舒尔曼 (Lee S. Shulman) 指出,“理论与实践的‘紧张关系’是所有专业教育的中心特点。这是一种最基本的紧张关系,如同家庭中各成员间高度依赖的紧张关系一样。”^① 高等工程教育也陷入同样的困境。雷诺兹 (Terry S. Reynolds) 等人用“钟摆”来形象地比喻工程教育重点在理论还是实践之间的反复变化。^② 自 19 世纪后期以来,由于自然科学的发展、兴盛,科学主义作为一种重要的哲学思潮开始影响专业教育。尤其是到了 20 世纪前期,科学主义已在专业教育中占据了一个牢固的位置。就工程教育而言,科学主义既促进了工程科学的发展,又把工程教育带入了困境。

首先,从发达国家工程教育的发展来看,以美国为例,工程学院在 20 世纪日趋“科学化”,“……20 世纪以来自然科学几乎将人工物科学从专业学院课程中驱逐出去的做法的确使人啼笑皆非。这种动向在第二次世界大战后的二三十年内达到了高潮。工程学院逐渐变成了数理学院,医学院变成了生物科学学院,商学院变成了有限数学学院。”^③ 20 世纪 80 年代和 90 年代,人们对工程教育偏重于数学、科学和技术专业方面的理论教学而忽视设计、团队合作和沟通等方面的实践基础知识提出了批评。这些批评表明,现代工程教育中的两个关键目标之间出现了紧张关系:既要培养学生成为某一领域的专家,又要把学生培养成为“通识家”。^④

① 李·S. 舒尔曼,王幼真,刘捷. 理论、实践与教育的专业化 [J]. 比较教育研究, 1999 (3): 37-41.

② Reynolds T S, Seely B E. Striving for Balance: A Hundred Years of the American Society for Engineering Education [J]. Journal of Engineering Education, 1993 (3): 136-151.

③ 司马贺. 人工科学 [M]. 武夷山,译. 上海:上海科技教育出版社,2004: 103-104.

④ 克劳雷,等. 重新认识工程教育——国际 CDIO 培养模式与方法 [M]. 顾佩华,等译. 北京:高等教育出版社,2009: 1-2.

其次,从我国来看,高等工程教育发展大致经历了三个阶段:第一阶段为新中国成立至“文革”前。本阶段我国高校学习苏联经验,普遍重视实践教学和工程设计,培养“高级专门人才”,即“成品”工程师。第二阶段为“文革”期间。尽管社会动荡对高等工程教育造成极大冲击,但高校为了培养所谓“有文化的劳动者”,即“又红又专”的实用人才,还是比较重视实践教学和工程设计的,以避免出现“三脱离”(脱离无产阶级政治、脱离生产劳动实践和脱离工农大众)。^①第三阶段为改革开放(1978年)至今。我国高等工程教育受科学主义范式的影响,实践教学被弱化。进入21世纪,人们开始认识到工程教育科学化的负面影响。中国工程院于2007年启动了“创新型工程科技人才培养研究”重大咨询项目,成立了由徐匡迪、朱高峰任顾问,潘云鹤、周济任组长,刘德培、翁史烈、左铁镞、吴启迪任副组长,工程技术领域和教育界的170余位院士以及近300位专家参与的咨询项目组。经过将近两年的研究,认为“我国当前培养创新型工程科技人才的任务十分紧迫”,而这种紧迫性主要源于四个方面:一是中国经济正处于结构调整与效益提高的关键时期;二是企业和工程科技人员的创新能力和创新愿望薄弱;三是工程教育的工程性与创新性缺位;四是新一轮国际科技、经济激烈竞争的挑战。^②李曼丽通过对27位参与过国家重大工程项目——青藏铁路建设的优秀工程师进行深度访谈后同样发现,尽管近年来中国工程教育发生了很多变化,取得了不斐的成绩,但高校的工程专业设置以及课程改革,并没有使中国工科学生在“工程实践活动”“专业知识”等传统强项上有明显提升,相反与以往相比甚至有所下降;在工程设计中需要的“写作技能”“沟通协调能力”上,教育准备与实际能力相去甚远。^③

第三,从高校具体个案来看,工程教育尚有很大的提升空间。笔者曾于2013年3月在某大学就工程人才培养质量规格开展了一次问卷调查(见附录1)。调查共发放问卷200份,回收有效问卷154份,回收率77%。在回收的问卷中,工科教师问卷84份,占54.55%;企业工程人员或管理人员问卷70份,占45.45%。调查结果显示,在工程人才培养质量规格的各要素中,大家一致认为最重要的三个要素依次是“工程专业知识”“解决实际

① 顾建民,董小燕,顾冷.我国工程设计教育的回顾与思考[J].机械工业高教研究,1995(2):14-18.

② 中国工程院创新人才项目组.走向创新——创新型工程科技人才培养研究[J].高等工程教育研究,2010(1):2.

③ 李曼丽,王争鸣,李长海.现代工程师的胜任力及其高等教育准备——来自“青藏铁路工程”技术人员的质化研究报告[J].高等工程教育研究,2009(6):9-17.

工程问题的能力”和“社会责任感和工作责任心”（如表1-1所示）。

表1-1 所有要素重要度一览表

序号	要素	重要度	所属板块
1	工程专业知识	91.00	知识
2	解决实际工程问题的能力	83.00	能力
3	社会责任感和工作责任心	79.80	素质
4	工程职业道德	77.40	素质
5	学习能力	76.86	能力
6	技术标准与政策法规	65.50	知识
7	创造性与批判性思维能力	65.43	能力
8	自然科学知识	63.75	知识
9	运用工具能力	63.57	能力
10	追求卓越的态度	55.60	素质
11	包容心与团队精神	52.40	素质
12	组织管理能力	50.43	能力
13	爱国奉献精神	34.80	素质
14	危机处理能力	33.71	能力
15	人文社科知识	29.75	知识
16	中外交流合作能力	26.86	能力

注：重要度 = $(\sum \text{频数} \times \text{权值}) / \text{本题填写人次均值} / \text{所属板块最大权值} \times 100$ 。

同时校企双方都认为，工程人才培养在各要素的满足度方面仍有较大的提升空间。在工科教师看来，高校在培养学生“自然科学知识”和“运用工具能力”方面表现较好，满足度分别达到了75.83%和73.29%；在“危机处理能力”“技术标准与政策法规”“人文社科知识”等方面表现较差，满足度分别只有46.26%、52.57%和53.12%。而核心要素“工程专业知识”“解决实际工程问题的能力”和“社会责任感和工作责任心”的满足度分别是68.60%、54.90%和55.21%（详见图1-1）。在企业工程人员或管理人员看来，高校在培养学生“工程专业知识”和“学习能力”方面表现相对较好，满足度分别为69.91%和68.94%；在“中外交流合作能力”和“危机处理能力”要素方面表现较差，满足度分别只有48.71%和49.40%。而核心要素“工程专业知识”“解决实际工程问题的能力”和“社会责任感

和工作责任心”的满足度分别是 69.91%、57.03% 和 54.77%（详见图 1-2）。

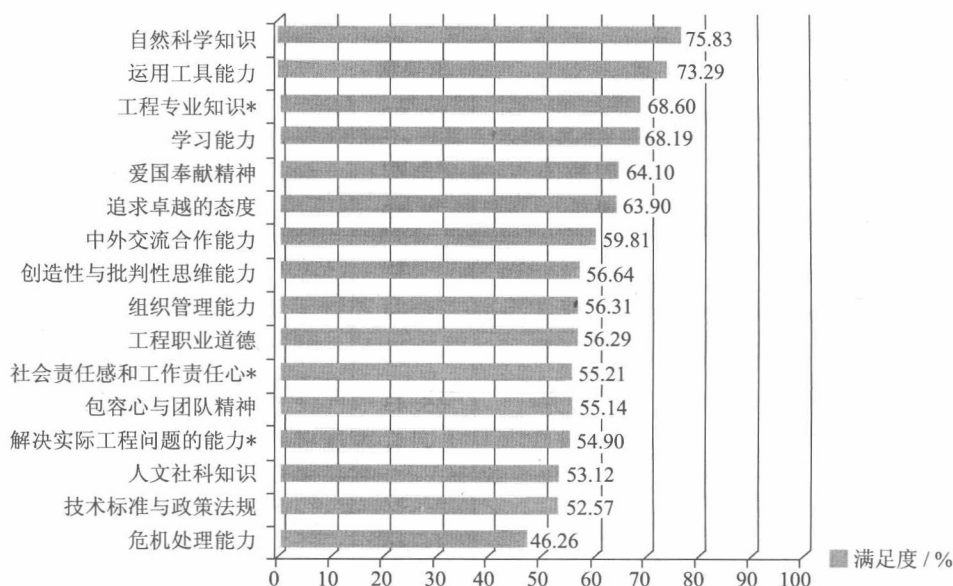


图 1-1 高校工科教师对各要素满足度的判断

注：* 表示核心要素，下同。

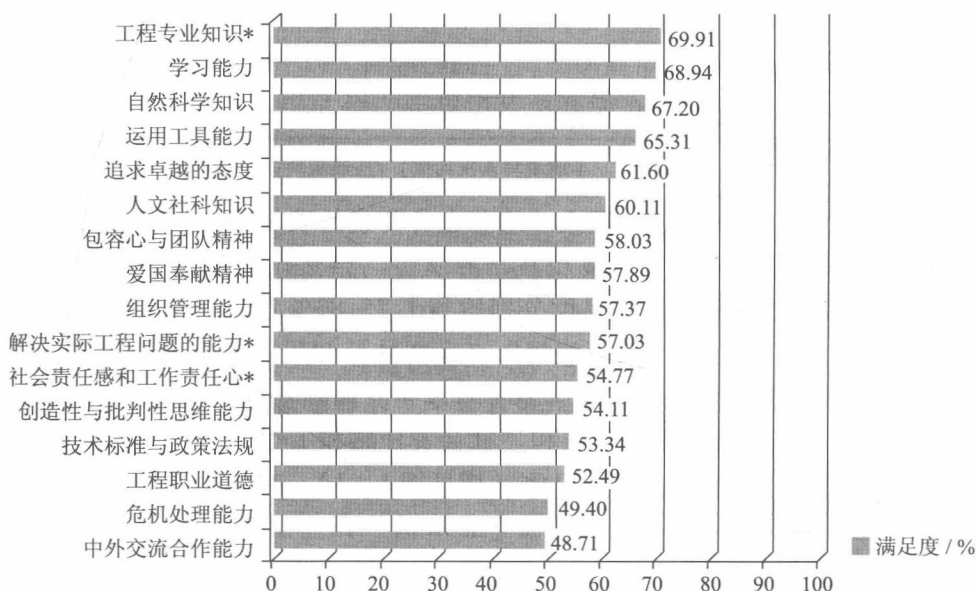


图 1-2 企业工程/管理人员对各要素满足度的判断

1.1.2 问题的提出

面对工程教育存在的理论与实践之间的矛盾,世界各国工程教育界积极采取措施,努力改革探索,以提升工程人才的培养质量。

美国 20 世纪 80 年代末至 90 年代初提出工程教育要“回归工程”。约翰·狄克逊和迈克·达菲 (John Dixon & Michael Duffey) 认为,美国由于忽视工程设计而导致其制造业竞争力丧失,因此亟待加强工程设计的教育、实践及研究。^① 美国工程教育学会于 1994 年发布《面向变化世界的工程教育》的报告,提出工程教育不仅要教工程理论知识、经验和实践,而且还要提高这些内容的相关性(要与学生的生活、职业相关)、吸引力(要把有才华的学生吸引并留在工程专业)和关联性(通过整合活动,与企业 and 政府的需求形成关联)^②。麻省理工学院 (Massachusetts Institute of Technology) 工学院院长乔·莫西斯 (Joel Moses) 在该学院 1994—1998 年长期规划中提出“大工程观”(Engineering with a Big E),指出工程师除了要关注生产制造过程中的设计、销售之外,还应该关注更广泛的内容,如工程师本人所服务的企业、顾客、公共政策、环境等等。^③ 此外,美国自然科学基金会斥巨资组建了若干工程教育联盟项目(包括 Ecsel、Synthesis、Gateway、Succeed、Foundation,以及 Greenfield)。这些项目的主要目标有三个:一是大幅提升工程教育质量和工程学位的数量(包括女性和未被充分代表的少数民族);二是设计、实施、评价和推广若干能对本科工程教育产生影响的新结构和新方法;三是在所有类型的工程机构(不管大型或小型)之间建立新的联系。以 ECSEL (Engineering Coalition of School for Excellence in Education and Leadership) 联盟为例,它们开展了实质性的改革与试验,把设计贯穿于整个本科教育。^④ 进入 21 世纪,美国工程院于 2004—2005 年期间先后发布了《2020 的工程师:新世纪工程的愿景》^⑤ 和《培养 2020 的工程师:为新世

① John Dixon, Michael Duffey. The Neglect of Engineering Design [J]. California Management Review, 1990 (2): 9-23.

② ASEE. Engineering Education for a Changing World [R]. Washington, DC, 1994: 1-5.

③ Joel Moses. Engineering with a Big E: Integrative Education in Engineering [R]. Massachusetts: MIT, 1994: 3.

④ Coward H R, Ailes C P, Bardon R. Progress of the Engineering Education Coalitions [R]. Arlington, VA: SRI International, 2000: 1-48.

⑤ NAE. The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century [R]. Washington, DC: National Academies Press, 2004: 1-118.

纪变革工程教育》^① 两份报告, 提出要面向未来培养工程师。麻省理工学院联合瑞典皇家工学院 (Royal Institute of Technology)、瑞典查尔姆斯理工大学 (Chalmers University of Technology)、瑞典林雪平大学 (Linköping University) 等大学成立了以 CDIO 命名的国际合作组织, 开展基于设计的工程教育改革。“C”代表构思 (Conceive), “D”代表设计 (Design), “I”代表实现 (Implement), “O”代表运作 (Operate), 因此 CDIO 意味着, 学习者通过构思、设计、实现和运作的步骤来完成一件产品或作品, 从而进行有效的学习工程。CDIO 组织的愿景是: 通过 CDIO 活动构建相互支持又高度交织的课程体系; 给学生提供丰富的设计类项目; 集成专业技能 (如团队合作和沟通) 学习; 特色活动和体验学习; 不断完善质量保障过程以确保人才培养高于认证标准。此外, 美国大学普遍加强了面向大一新生的设计课程建设。

欧盟国家也纷纷采取措施加强本国的高等工程教育, 如德国高等工程教育采取了如下措施以进一步加强高校与企业在工程领域的合作: 加强企业实习; 推行项目形式的课程设计和毕业设计; 校企合作式专题讨论课; 引入职业教育中的“双元制”把高校和企业两个学习场所结合起来等等。^② 英国提出要面向 21 世纪培养更有竞争力的工程师^③, 要求高校要以“经验导向” (experience-led) 培养工程人才, 同时积极设立企业客座教授 (Industrial visiting professors) 项目以加强大学与工厂企业的直接联系。^④ 荷兰埃因霍芬理工大学 (Eindhoven University of Technology) 则自 1997 年开始在全校推广“基于设计的学习”。^⑤ 比利时鲁汶大学 (Katholieke Universiteit Leuven) 要求工程类学生从第一学期开始就进入真实的工程实践和团队合作。^⑥

① NAE. Educating the Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century [R]. National Academies Press, 2005: 1-46.

② 徐理勤. 论联邦德国高等工程教育的发展趋势和改革措施 [J]. 外国教育研究, 2002, 29 (4): 42-45.

③ Davies G J, Goodhew P J, et al. Educating Engineers for the 21st Century [R]. London: The Royal Academy of Engineering, 2007: 1-37.

④ Lamb F, Arlett C, Dales R, et al. Engineering Graduates for Industry [R]. London: The Royal Academy of Engineering, 2010: 1-75.

⑤ Wijnen W. Towards Design-Based Learning [R]. Netherlands: Eindhoven University of Technology, 2000: 4.

⑥ Heylen C, Smet M, Buelens H, et al. Problem Solving and Engineering Design, Introducing Bachelor Students to Engineering Practice at K. U. Leuven [J]. European Journal of Engineering Education, 2007 (4): 375-386.

2010年6月,中国教育部联合工程院等有关部门、行业协(学)会,共同启动“卓越工程师教育培养计划”,拉开了我国工程教育新一轮改革的序幕。“卓越工程师教育培养计划”有两个主要实施目标:一是通过坚持“三个面向”(面向工业界、面向世界、面向未来),培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要、能为建设创新型国家服务的高质量各类型工程技术人才;二是以此为抓手,推进工程教育改革创新,全面提高我国工程教育人才培养质量,促使我国由工程教育大国提升为工程教育强国。^①2015年5月,中国国务院发布《中国制造2025》。作为我国实施制造强国战略第一个十年的行动纲领,《中国制造2025》指出,提高国家制造业创新能力的重要举措之一是要“提高创新设计能力”:即“在传统制造业、战略性新兴产业、现代服务业等重点领域开展创新设计示范,全面推广应用以绿色、智能、协同为特征的先进设计技术。加强设计领域共性关键技术研发,攻克信息化设计、过程集成设计、复杂过程和系统设计等共性技术,开发一批具有自主知识产权的关键设计工具软件,建设完善创新设计生态系统。建设若干具有世界影响力的创新设计集群,培育一批专业化、开放型的工业设计企业,鼓励代工企业建立研究设计中心,向代设计和出口自主品牌产品转变。发展各类创新设计教育,设立国家工业设计奖,激发全社会创新设计的积极性和主动性。”^②

综上所述可以发现,各国高等工程教育的相关改革正表现出一些共同的趋势:一是重新认识到工程设计的教育价值;二是在课程体系中增加设计类课程;三是在工程教学过程中推行基于设计的工程学习。但是,上述改革更多地停留在具体操作层面,而对于“基于设计的工程学习”何以成为工程教育改革的核心?其内在机理又是如何?还缺乏深入的研究。因此,在发达国家重新加强工程设计以及我国高等工程教育推进“卓越工程师教育培养计划”、实施“制造强国”战略的大背景下,我国高校既要积极借鉴外国先进经验,又要立足本国国情,认真反思、潜心研究,找到合适的工程教育改革与发展路径。

^① 教育部. 关于实施卓越工程师教育培养计划的若干意见 [EB/OL]. <http://www.moe.gov.cn/publicfiles/business/htmlfiles/moe/s3860/201102/1150666.html>.

^② 中国国务院. 国务院关于印发《中国制造2025》的通知. http://www.gov.cn/jzhengce/content/2015-05/19/content_9784.htm.