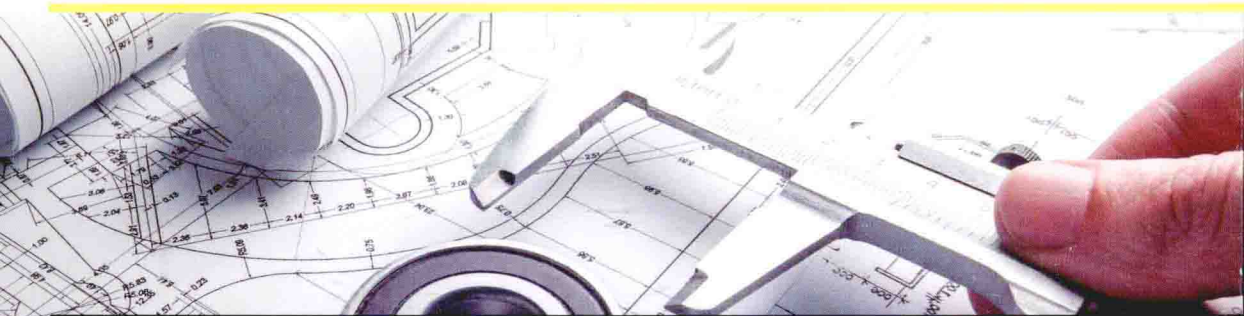


□ 科教发展论丛（第三辑）·工程教育研究专项·

国际视角的工程教育 模式创新研究

孔寒冰 叶 民 等著



ENGINEERING EDUCATION
INNOVATIVE MODELS
INTERNATIONAL PERSPECTIVE



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

中国工程院教育委员会 · 工程教育研究专项 ·
教育部人文社科项目

国际视角的工程教育 模式创新研究

孔寒冰 叶 民 等著

*Research on the Innovative Models of Engineering Education
from an International Perspective*



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

国际视角的工程教育模式创新研究 / 孔寒冰等著.
—杭州:浙江大学出版社, 2014. 7
ISBN 978-7-308-13493-4

I. ①国… II. ①孔… III. ①高等教育—工科(教育)
—教育模式—研究 IV. ①G642.0

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 149340 号

国际视角的工程教育模式创新研究

孔寒冰 叶 民 等著

责任编辑 李海燕
封面设计 续设计
出版发行 浙江大学出版社
(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
排 版 杭州中大图文设计有限公司
印 刷 富阳市育才印刷有限公司
开 本 710mm×1000mm 1/16
印 张 15
字 数 278 千
版 次 2014 年 7 月第 1 版 2014 年 7 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-308-13493-4
定 价 42.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部联系方式: 0571-88925591; <http://zjdxcb.tmall.com>

目 录

00 引言

第一篇 工程教育改革的现实场景

01 欧洲工程教育的改革行动

- 1.1 欧盟官方支持的四项计划 / 7
- 1.2 有组织的持久改革与创新 / 10

02 美国工程教育的新近发展

- 2.1 “顶层设计”的三个报告 / 19
- 2.2 改革创新计划的切实推行 / 27

03 中国工程教育的改革声浪

- 3.1 三个大型的官方研究 / 42
- 3.2 卓越工程师等计划的研究实施 / 54

第二篇 工程教育模式变革的创新案例

04 模式创新概述

- 4.1 模式创新的焦点 / 65
- 4.2 整体的工程教育 / 70

4.3 多样化的创新实践 / 74

05 欧林工学院的创新模式

5.1 应时而生的欧林工学院 / 82

5.2 欧林工学院的办学理念 / 84

5.3 基于项目的体验式教学 / 87

5.4 个案小结 / 91

06 伍斯特理工的教育模式

6.1 一以贯之的教育理念 / 93

6.2 新型的课程体系 / 95

6.3 结果导向的运行机制 / 98

6.4 个案小结 / 99

07 英国体验式工程教育计划

7.1 改革计划发起的初衷 / 102

7.2 六校案例研究 / 104

7.3 工程学位的体验式成分 / 119

7.4 案例小结 / 121

08 俄美 SkTech 合作模式

8.1 莫斯科郊外升起的新星 / 126

8.2 SkTech 的组织与文化 / 128

8.3 三重螺旋的 SkTech 模式 / 131

8.4 个案小结 / 142

第三篇 工程教育范式转移与第二次革命

09 工程教育的范式转移

9.1 工程教育第一次革命:科学化 / 147

9.2 工程教育第二次革命:回归工程 / 162

10 模式创新:第二次革命的重大课题

10.1 二次革命的理论准备 / 177

10.2 二次革命在行动中 / 189

结 语 / 216

参考文献 / 220

索 引 / 235

00 引言

创新,是当今时代的主旋律,也是工程教育改革发展关键议题。本课题同样以创新作为一个主题词,从全球工程教育的广泛视角,探讨工程教育的创新模式和模式创新问题。研究这个问题主要不是基于“学术”兴趣,根本原因在于“形势所迫”。中国的工程教育要改革、要发展也不是心血来潮,而是今天国内外的形势要求它必须审时度势,抓住机遇,迎接挑战,为国家的发展做出自己实实在在的贡献。本课题的动因主要来自三个方面:一是大环境的世界工程教育改革新的潮流;二是中国发展提出创新型国家建设的新任务;三是相应的工程教育自身发展的内在新需求。

人类社会进入 21 世纪的短短十余年间,国际工程教育创新风起云涌,研究、改革、发展的浪潮扑面而来。发展改革的大潮给工程教育界带来了新思路、新经验、新气象和新机遇,也给各国政府、工业界和工程专业界提出了新的课题。据不完全统计,仅为浙江大学科教发展战略研究中心(RCSTEP)关注的全球工程教育研究类的学术期刊即达 35 种、与工程教育相关的各类国际研讨会平均每年 80 场之多、设有独立网站的各类工程教育研究机构或部门近百个,工科院校、院系的各种改革计划与实践活动更是难以准确计数。自 2006 年起,由中国工程院教育委员会主办、浙江大学科教发展战略研究中心编辑发行的《国际工程教育前沿与进展》每年出版 4 期,至今已经连续出版了 7 卷。将近 240 万字的《国际工程教育前沿与进展》,记录了这些年世界工程教育蓬勃发展、改革创新精彩画面。

工程是经济和社会的根本,提供衣食住行的基本保证,它的产

品、服务和系统与人的生老病死一生相伴。从事工程事业的工程人才及培养工程人才的工程教育,理所当然也就成了根本的根本。工程事业是实事,工程人才是实干的人才,不能是夸夸其谈不做实事的人,因此,工程教育只能是实学而不能是虚文。可以说,高等教育的诸多学科门类没有哪一个像工程教育这样,以巨大的热情去关注、研究与实践自身的改革与发展。

本研究聚焦在国际和时代大背景下工程教育模式的变革与发展。从系统的层次观点看,通常所谓的“模式”可以分为:(1)思想、观念、理念、价值观层面的模式;(2)体制、制度和政策层面的模式;(3)计划、操作层面的模式。它们分别对应着:(1)工程教育及其环境全系统;(2)工程教育系统;(3)教学系统。在本课题的研究中,研究的个案集中在第二层次和第三层次的模式;而这些个案的背景,如果视之为模式的话,则是集中发生在第一层次和第二层次的模式。

具体地说,在本书的第一篇,我们拉拉杂杂粗线条地介绍了欧洲、美国和中国工程教育的研究与实践,意图展现工程教育不同于其他学科教育的改革画面。尽管未予剖析与展开讨论,但是它们蕴涵着工程教育改革的若干基本特点:

(1)环境敏感性。工程教育改革不是孤立的自我完善,它是对经济、政治、科学技术、社会文化、人类与生态的迅猛变化与强大需求的积极响应。MIT曾给工程下过一个定义:“工程是关于科学知识的开发应用以及关于技术的开发应用的,在物质、经济、人力、政治、法律和文化限制内满足社会需要的一种有创造力的专业。”(参见§9.2.3)可见“满足社会需要”是工程应尽的天职,为工程事业输送人力资源的工程教育同样是以“满足社会需要”为己任,这也是一种“天下兴亡、匹夫有责”的价值取向。

(2)系统整体性。工程教育改革的对象极为丰富,涉及上述三个层次系统发生的全部内容,以及与内容相关的过程与方法。分散的零星的改革也时有发生,但是如果不能持之以恒,不能适于环境,那它们无法持久,更不可能取得最后的成功。工程教育改革的系统整体性决定了它的复杂程度与难度,也提示了系统改革的意义和价值。小打小闹终究不行,范式变革才有希望。(参见§4.2)

(3)广泛参与性。工程教育改革是由多方参与的,包括它的主办者和范围极其宽广的“利益相关者”,不仅是利益相关的个人,更多的是利益相关的组织

与群体:学生、教师;学校、政府、企业;工程专业团体、工程学术组织、工程评鉴机构、基金会等其他非政府组织和个人。如此广泛的参与必然表现为不可缺少的实质性的合作,为协同创新建立和提供了最可靠的基础,同样也产生了“一加一大于二”的协同效应。因此,工程教育的改革看上去总是经久不衰的、声势浩大且热热闹闹的。

(4)政府主导性。历史地看,工程教育改革总能得到官方的关注与支持,如果形成国家的政策则能够得到最大的支持。欧美国家对工程教育及其改革的支持力度是我们不可想象和难以企及的。这倒不是这些国家的决策者那么乐善好施,对工程教育尤其慷慨,而是他们从过去的决策和相关政策中已经获得巨大的好处与回报,认定了对 STEM 教育的支持能最大地符合他们的国家利益,是他们的“秘密武器”,从而毫不犹豫地将它上升为国家的决策。(参见 § 10.2.3 和 § 9.1.2)中国也在发生类似的变化,20 年前成立中国工程院虽然至今仍为多数人所不解,它的真正意义和价值迟早终将显现出来。

在本书的第二篇,我们列举了带有转型意义的几个工程教育案例。所选的几个模式创新,都是以“回归工程”(参见 § 9.2.2)为特征的。工程的本质特性是什么?工程的本质特性是:实践性、综合性、创造性。回归工程的工程教育改革,就是要解释、阐发、弘扬、坚持工程的实践性、工程的综合性和工程的创造性。该篇重点研究了 4 个案例。美国的欧林工学院是标榜凤凰涅槃、浴火重生的一所新建学校,伍斯特理工学院则是百余年来始终秉承“双塔”传统而永葆青春的老校,它们均以造就 21 世纪工程师为己任。英国的一批学校重拾其原创的“三明治”课程精神,在新形势下开展了多种以“经验主导型”或“体验式”为纲领的改革探索。俄国在麻省理工学院协助下创办的斯科尔斯沃理工大学,这是一所集若干现代大学理念为一体的、研究生起点的创新创业型大学。在该篇的概述章中还简单介绍了基于问题/项目学习(P²BL)的模式和 CDIO 模式,这是两个世界性的创新模式,我国已有初步实践。上述这些个案用自己的行动彰显着工程的三大特性,这是其创新模式的“门道”。

在本文的第三篇,我们试图厘清百年来工程教育发生的范式转移:第一次是早已完成的从“技术范式”到“科学范式”的变化,我们称之为工程教育的“第一次革命”;第二次是正在进行的从“科学范式”到“工程范式”,我们称之为工程教育的“第二次革命”。这些变化主要发生在当今世界工程教育主流的美国模

式,该模式分享着“第一次革命”的“红利”,也同时吞咽着变革过头遭遇的苦果。这些变化在欧陆模式的工程教育中并不显著,原因可能在于它们工程教育的起源与文化传统不同,即其工程和工程教育在欧陆社会中一如既往的优势地位。因此,该篇主要以美国的材料为分析对象,处于“科学化”高潮中的中国工程教育似可从中看出一些奥妙,认清自己该走什么道路。

课题的结论是简短的。我们不再集中提供什么“战略思考”和“改革建议”,正文三篇 10 章的讨论已经叙述得足够完整、具体和清楚了。我们只是提出一个所谓“工程教育模式创新动力学”的命题,不加证明地给出该创新动力学的三个维度:“理论—实践”维度上的侧重于实践,“分析—综合”维度上的侧重于综合,“传统—现代”维度上的侧重于现代。对于必须的这三个侧重,换言之,即当前科学范式中的工程教育应当有针对性地进行定向调节,扭转过分强调理论、强调分析和强调文科通识教育的倾向,第二篇中详述的个案莫不如此实行。如何把 21 世纪工程对其人才的需求在工程教育过程中完整而完美地统一起来,这些模式的创新给出了很好的榜样。

第一篇 >>

工程教育改革的现实场景

工程教育改革的大潮历经 20 世纪 80 年代的新技术革命、90 年代的知识经济,以及 21 世纪以来短短十年世界翻天覆地的巨大变化,今天变得更加汹涌澎湃。从欧美到亚非拉,各国的工商业界、政府、工科院校和相关团体对工程教育的改革发展均给以极大关注和有力支持。本篇仅能有选择地介绍欧美和中国工程教育改革与发展的几个重点场景。透过这些简略的描述,我们可以看到工程教育改革的一些重大主题、新兴模式的主旨与框架,以及它们的发展路径与策略。这方便我们下文更深入地了解工程教育模式创新的背景与动力。

1.1 欧盟官方支持的四项计划

欧美工业发达国家历来把工程教育改革作为国家和地区发展战略的一项重大主题,其缘由自不待言。先从欧洲来看,欧洲工程教育的发展受到多种力量的支持与推动,其中最有影响的一是欧洲共同体官方的努力,二是欧洲工程教育协会(SEFI)等民间团体的努力。

以欧盟官方的支持为例,欧盟委员会的教育文化部(DG EAC)多年前就开始建设和推广一个投资巨甚、规模庞大的 Erasmus 主题网络(TN)。其目标是通过大学、学者或专业协会的合作在某个特定学科建立和开发欧洲的体系。针对工科院校,欧盟相继组织实施了四个专题网络计划,以努力提高工程教育质量和工科课程创新、激发关于教学方式的讨论,并加强欧洲合作伙伴之间的对话。最早执行完成的三个计划是:

1.1.1 H3E 计划

H3E 计划的全称是“欧洲高等工程教育”: Higher Engineering Education for Europe,于 1998—1999 年实施完成(H3E,1999)。其主要目的是通过一系列行动来开发高等工程教育的“欧洲维度”(European Dimension),着重解决以下 6 个焦点问题:

- 学习工程的动机；
- 工程教育的类型、模式和核心课程；
- 质量保证和相互认可；
- 国际化；
- 终身学习的教育方法；
- 继续工程教育。

1.1.2 E4 计划

E4 计划的全称是“加强欧洲工程教育”：Enhancing Engineering Education in Europe, 于 2001—2003 年实施完成(E4, 2003)。2004 年发布了题为《联盟专题报告：推进欧洲工程教育》的 6 卷研究报告。研究焦点针对以下 5 项活动：

- 革新课程以增加就业；
- 质量保证和鉴定以促进工程人才流动；
- 工程职业发展；
- 加强欧洲维度；
- 学习和教学方法的创新。

1.1.3 TREE 计划

TREE 计划的全称是“欧洲工程教育教学与研究”：Teaching and Research in Engineering in Europe, 于 2004—2008 年实施完成(TREE, 2008a)。其 4 大主题是：

- 调整和优化；
- 教育和研究；
- 增加吸引力；
- 可持续发展。

TREE 计划完成时发布《再造欧洲工程教育》(Re-engineering Engineering Education In Europe)报告。该报告最后指出,欧洲工程教育界经过 10 余年的持续努力,取得改革创新的丰硕成果,但是仍然面临 10 项挑战,需要继续研究解决。这 10 项挑战是(TREE, 2008b)：

- 欧洲工程教育与全球化；

- 创业；
- 强化伦理道德的需要；
- 吸引优秀青年的挑战；
- 使博洛尼亚三级学位产生效果；
- 提高教师的教育教学能力；
- 在各级水平上挖掘研究活动的学习潜力；
- 创造良好的成人学习氛围；
- 打造杰出的欧洲工程专业鉴定系统；
- 改善和扩大高质量的终身学习(LLL)机会。

1.1.4 EUGENE 计划

EUGENE 计划的全称是“欧洲和全球的工程教育”：EUropean and Global ENgineering Education，于 2009—2012 年实施完成（EUGENE, 2012）。EUGENE 的主要目的在于提高欧洲工程教育的竞争力、创新和社会经济增长，及其在全球的影响力。它的总体目标是建立一个最高水准的“讨论与行动”论坛，以跟踪工程教育在欧洲的持续进步，并敞开边界，提高欧洲工程教育在全球的竞争力。

为什么在前三个计划成功完成后还要继续实施一个新的计划呢？欧洲工程教育界给出了自己的理由（Borri & Guberti, 2010）。这是因为：

- 日新月异的世界需要一种灵活应变、快速响应的工程教育；
- 新计划将进一步加强欧洲工程教育的发言权；
- 先前几个计划取得的项目成果需要进一步强化；
- 大学必须寻找到与企业的更深入、更稳定的合作；
- 创新是技术驱动的，新计划主要基于创新和创业能力。

EUGENE 计划为此安排了五个专项活动：

- 博士研究：建立一套欧洲的卓越标准和原则使欧洲工程和技术领域的博士培养更加有效、更有竞争力和创新性；
- 工程教育研究：加强欧洲的工程教育研究使其成为真正的研究领域，一个能提高创业创新能力和竞争力的创新的研究领域；
- 人才流动研究：加强学位标准、职业资格的国际互认，以促进工程专业的

学生、毕业生和专业人员的跨国流动；

- 终身学习和继续教育研究：创新且有效利用信息通信技术，使终身学习和继续教育成为提升欧洲工程师竞争力和创新能力的手段；

- 增强在欧洲学习工程的吸引力研究：重点在于吸引优秀学生进入本科和硕士专业学习，并促进工程教育在欧洲以外地区的发展。

此外，该计划还设有三个横向行动，包括：

- 让企业界的利益相关者（国际化的欧洲企业）直接参与上述活动；
- 推动建立一个常设的欧洲工学院院长理事会（EEDC），作为国际工程教育协会联合会（IFEES）的全球工学院院长理事会（GEDC）的中间团体；

- 总结主题网络可持续发展的经验，创建一个专门关注工程教育及其未来计划与活动的“佛罗伦萨工程教育集团/网络”。

1.2 有组织的持久改革与创新

推动欧洲工程教育改革发展的另一支重要力量是来自“欧洲工程教育协会”（SEFI）等团体的活动。正是这些工程教育团体长期不懈的努力，使得欧洲工程教育保持与时俱进的步伐，成为推动区域和国家创新的有生力量。

1.2.1 欧洲工程教育协会（Société Européenne pour la Formation des Ingénieurs, SEFI）

欧洲工程教育协会（SEFI）是一个国际性的非政府组织，于1973年在比利时宣告成立，是目前欧洲最大的工程教育研究机构与工程教育工作者的网络。SEFI的中心工作以及发展目标是：不断发展和提高欧洲工程教育水平，强化工程教育在社会中的地位，为协会成员提供相关的各类服务以及分享工程教育相关信息，促进教师、科技工作者以及学生间的沟通与交流，推动工程教育研究机构与高等技术教育机构间的合作，强化工业界与工程教育工作者之间的合作。SEFI为其成员与国际各组织间搭建相互合作的桥梁，进而从深度和广度两方面推动欧洲高等工程教育的发展。SEFI为其成员提供多种欧洲工程教育论坛，参加者涉及全世界范围的高等工程教育与研究单位、研究院所及相关机构、

公司以及教师和学生个人。

SEFI 每年组织各种类型的研讨会、学术年会和欧洲工学院院长会议 (ECED), 主办《欧洲工程教育》杂志和其他出版物, 承担欧洲专项研究课题并发表其论文成果, 举办多种针对特定主题的 SEFI 工作坊。SEFI 的工作还包括与其他主要欧洲组织及国际机构展开合作, 如欧洲委员会、联合国教科文组织 (UNESCO)、欧洲议会和经济合作与发展组织 (OECD); SEFI 本身就是“国际继续工程教育协会”(IACEE)、“国际工程教育协会联合会”(IFEES)、“欧洲工程教育鉴定组织”(ENAE)、“国际工程学者发展研究院”(IIDEA) 和“欧洲工学院院长理事会”(EEDC) 等组织的创始者之一。

从 SEFI 进入 21 世纪以来的历届年会主题, 可以看出欧洲工程教育改革与发展的若干动向:

- “变革范式: 新的工程能力”(2001, 丹麦哥本哈根);
- “明天的文艺复兴工程师”(2002, 意大利佛罗伦萨);
- “全球的工程师: 为国际流动的工程教育与训练”(2003, 葡萄牙波尔图);
- “21 世纪: 工程教育的黄金时机?”(2004, 西班牙巴伦西亚);
- “文明十字路口的工程教育”(2005, 土耳其安卡拉);
- “工程教育和主动学习”(2006, 瑞典乌普萨拉);
- “工程教育追求卓越的联合行动”(2007, 匈牙利密塞科尔兹);
- “质量评价、就业能力与创新”(2008, 丹麦奥尔堡);
- “吸引青年人来学工程”(2009, 荷兰鹿特丹);
- “多样性的统一: 工程教育的多样化”(2010, 斯洛伐克特尔纳瓦);
- “全球工程认可、永续性和流动性”(2011, 葡萄牙里斯本);
- “工程教育 2020: 面向未来”(2012, 希腊塞萨洛尼基)。

2013 年是欧洲工程教育协会成立 40 周年, 协会在比利时鲁汶召开“工程教育飞速发展 40 年”主题年会。SEFI 为此动情地宣传预告: “看一看我们走过的路。工程师是那些有远见的众男众女, 他们设计了我们孙辈享用的技术世界, 这些技术已经实现, 并将在日常生活和教育中成为最为基本的工具。从 SEFI 1973 年诞生直到现在, 工程和工程教育以一种前所未有的方式在发展。2013 年的 SEFI 年会将要回顾这个历程, 以期把工程教育的优势和劣势转化为未来发展的机遇, 庆祝它致力于光明未来的不懈努力。”(SEFI, 2012)