

中国工程教育发展报告

2016

• 中国工程院教育委员会

*Annual Report on Development of
China's Engineering Education 2016*

高等教育出版社

*Annual Report on Development of
China's Engineering Education 2016*

中国工程教育发展报告

ZHONGGUO GONGCHENG JIAOYU FAZHAN BAOGAO

2016

高等教育出版社·北京

内容简介

《中国工程教育发展报告》由中国工程院教育委员会组织编写，是我国第一部以工程教育为主题的年度报告。该报告每年出版一本，本书是第五册年度报告。本书由专题报告、数据资料和工程教育大事记三部分组成。其中，专题报告都是在中国工程院院士领衔开展研究的基础上撰写而成；数据资料 and 大事记则来自《中国教育统计年鉴》《中国科技统计年鉴》，教育部、中国工程院、科技部的官网和国内主流媒体网站,以及联合国教科文组织、经合组织的统计网站。因此，本书具有权威性和资料性的特点。

本书涵盖的学科范围以传统工科为主，同时也包括农科、医科等与工科有相似特点和内涵的学科。本书可为上述学科领域的管理者和研究者提供参考，并为广大教师和学生，以及关心工程教育和农科、医科教育的社会各界人士提供所需要的信息。

图书在版编目(C I P)数据

中国工程教育发展报告.2016 / 中国工程院教育委员会编著.-- 北京：高等教育出版社，2018.1
ISBN 978-7-04-049043-5

I. ①中… II. ①中… III. ①高等教育-工科(教育)-发展-研究报告-中国-2016 IV.①G649.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 292615 号

策划编辑 黄慧靖 责任编辑 黄慧靖 张 冉
封面设计 顾 斌 责任印制 赵义民

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	中国农业出版社印刷厂		http://www.hepmall.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	14.5		
字 数	265千字	版 次	2018年1月第1版
购书热线	010-58581118	印 次	2018年1月第1次印刷
咨询电话	400-810-0598	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 49043-00

《中国工程教育发展报告》编辑委员会

顾 问：周 济 李晓红 潘云鹤

主 任：徐惠彬

副主任：余寿文 吴国凯

委 员（以姓名笔画为序）：

马永红 马润青 王元晶 王孙禺 王沛民

王振海 孔寒冰 吴爱华 陈 敏 郑 义

郑晓齐 赵婷婷 姜嘉乐 高战军 雷 庆

樊新岩

主 编：雷 庆

前言

《中国工程教育发展报告》又和大家见面了。2016年的《中国工程教育发展报告》延续了以前几本报告的体例,分为专题报告、数据资料和工程教育大事记三个部分。其中,专题报告主要呈现中国工程院教育委员会组织完成的院士咨询研究项目的成果,概述我国工程教育改革发展的整体情况。

《我国工科人才培养质量提升机制与路径研究》是一篇理论与实践有机结合,并体现工程教育理论研究前沿的报告。该报告基于近年来出现的“整体工程教育”这一经典研究范式,构建工程教育系统的理论模型,以此为基础提出提升工程教育质量的若干机制。例如,目标系统设计机制、技术系统优化机制、结构系统改良机制、社会心理系统塑造机制、管理系统创新机制等。针对每一个机制,报告都列举了我国高校工程教育改革的实例进行深入分析,便于读者理解其内涵。

继续工程教育是工程教育的重要组成部分,也是提高工程科技人才队伍水平的重要途径。信息技术在教育领域的广泛应用,为继续工程教育提供了有力支撑。《我国继续工程教育远程培训问题研究》通过对比分析国内外继续工程教育远程培训的政策制度、资源建设和质量监控,探讨我国继续工程教育远程培训的模式。报告涉及培训主体和对象,资源库、管理系统、学习支持服务系统等培训平台建设,培训专家团队建设,以及办学模式和学习模式等多个方面。报告抓住信息技术广泛用于教育的有利契机,探索建立我国继续工程教育的远程培训系统,是十分有远见的。

高校与工程研究院所联合培养博士研究生是由中国工程院倡导,在教育部大力支持下,从2010年起开展起来的。《高校与工程院所联合培养博士生评估制度研究》借鉴发达国家博士生培养质量评估的经验,以我国博士生培养质量评估制度存在的问题为导向,构建了高校与工程研究院所联合培养博士生质量评估指标体系,包括三级指标、指标的内涵和权重等。这一工作对进一步完善高校与工程研究院所联合培养博士生体系有重要作用,对推动我国博士生培养质量评估制

度建设也有积极意义。

《中国智能机器人产业人才培养战略研究》通过分析全球和我国的智能机器人产业发展状况,提出这一产业的人才培养战略。智能机器人产业作为新兴的高技术产业,在军事和民用领域,在制造业和服务业,都有广泛的应用前景,世界各国对此都给予高度重视。因此,超前布局智能机器人产业所需人才的培养,主动回应国家的重大战略需求,具有非常重要的意义。

《从数字看我国工程教育新进展》收集了我国和世界工程教育的规模、结构数据以及工程科技人力资源数据,通过对比分析,阐释了我国工程教育发展的成就和在世界的地位,提出了存在的一些问题。报告还通过数据展现了卓越工程师教育培养计划、工程教育专业认证、CDIO 工程教育模式等我国工程教育重要改革举措的进展情况。

《中国工程教育发展报告 2016》是中国工程院教育委员会组织编写出版的第五册年度报告,期待社会各界读者继续给予关注,并提出宝贵意见。

《中国工程教育发展报告》编辑委员会
2017 年 8 月

目 录

第一部分 专 题 报 告

我国工科人才培养质量提升机制与路径研究	3
1 国内外工程教育理论研究	3
1.1 工程教育及其范式变迁	3
1.2 工程教育系统及其建构	14
2 工程教育质量提升机制	19
2.1 目标系统的设计机制	19
2.2 技术系统的优化机制	21
2.3 结构系统的改良机制	28
2.4 社会心理系统的塑造机制	31
2.5 管理系统的创新机制	35
2.6 各子系统之间的关系	40
3 政策建议	41
参考文献	46
项目组名单	48
我国继续工程教育远程培训问题研究	49
1 绪论	49
1.1 研究背景	49
1.2 研究目的与意义	50
1.3 研究思路与方法	51
2 我国继续工程教育远程培训理论研究	55
2.1 继续工程教育远程培训的概念与内涵	55
2.2 继续工程教育远程培训的基本特征	55
2.3 继续工程教育终身学习理念	56
2.4 继续工程教育远程培训的理论	56
3 国内外继续工程教育远程培训比较研究	57
3.1 国外继续工程教育远程培训现状	57
3.2 我国继续工程教育远程培训状况	60
3.3 国内外继续工程教育远程培训状况比较研究	68

II	目 录	
4	我国继续工程教育远程培训模式研究	69
4.1	继续工程教育远程培训的主体与对象	69
4.2	继续工程教育远程培训平台建设	69
4.3	队伍建设	73
4.4	继续工程教育远程培训模式研究	74
5	政策建议	85
5.1	完善立法和相关配套政策,做好继续工程教育远程培训的顶层设计	85
5.2	跨部门协作与联动,形成推动继续工程教育远程培训的工作合力	87
5.3	注重国际交流与合作,推动继续工程教育远程培训国际化发展	88
5.4	强化资源整合与共建,创新继续工程教育远程培训服务支持体系	89
	参考文献	91
	项目组名单	93
	高校与工程院所联合培养博士生评估制度研究	94
1	研究背景	94
1.1	高校与工程院所联合培养博士生的现状	96
1.2	高校与工程院所联合培养博士生质量评估的必要性	99
2	研究的理论基础	101
2.1	主要概念界定	101
2.2	协同创新理论	103
3	国外博士生培养质量评估的经验	105
3.1	美国	105
3.2	英国	107
3.3	法国	108
3.4	德国	109
3.5	日本	110
3.6	俄罗斯	111
4	高校与工程院所联合培养博士生质量评估指标体系构建	113
4.1	我国博士生培养质量评估制度存在的问题	113
4.2	我国博士生培养质量评估制度的改进对策	115
4.3	联合培养博士生质量评估指标体系的设计	117
	参考文献	128
	项目组名单	128
	中国智能机器人产业人才培养战略研究	129
1	智能机器人产业综述	129
1.1	智能机器人概述	129
1.2	智能机器人产业概述	133
1.3	智能机器人产业特征分析	134

2 全球智能机器人产业发展分析	136
2.1 全球智能机器人产业现状	136
2.2 全球智能机器人产业市场规模分析	139
2.3 美国智能机器人产业发展	142
2.4 欧洲智能机器人产业发展	143
2.5 亚洲智能机器人产业发展	145
3 中国智能机器人产业发展分析	147
3.1 中国智能机器人产业发展概况	148
3.2 中国智能机器人产业发展环境	151
3.3 中国智能机器人产业市场供求分析	155
4 中国智能机器人产业人才培养	157
4.1 人才培养战略	157
4.2 典型案例	158
4.3 人才培养建议	161
5 智能机器人产业发展前景及趋势	165
5.1 全球智能机器人产业发展前景及趋势	166
5.2 中国智能机器人产业发展前景及趋势	167
参考文献	169
项目组名单	171
从数字看我国工程教育新进展	172
1 工程教育和工程科技人才队伍的规模	172
1.1 工程教育的规模	172
1.2 工程科技人才队伍的规模	175
2 工程教育的结构	177
2.1 层次结构	177
2.2 专业结构	179
2.3 国际学生的比例	182
3 工程教育改革	184
3.1 实施“卓越工程师培养教育计划”	184
3.2 开展工程教育专业认证	187
3.3 推广 CDIO 人才培养模式	189
参考文献	190
项目组名单	191

第二部分 数据资料

普通高等学校设置研究生、本科专业数	195
-------------------------	-----

普通高等学校设置高职(专科)专业数	196
博士研究生人数	197
硕士研究生人数	198
在职人员攻读硕士学位人数	199
普通高等教育本科学生人数	200
普通高等教育工学门类分大类本科学生人数	201
普通高等教育专科学生人数	203
成人本科学生人数	204
成人专科学生人数	205
网络本科学生人数	206
网络专科学生人数	207
普通高等学校专任教师数	208
科技人力资源	210

第三部分 工程教育大事记

2016 年工程教育大事记	213
---------------------	-----

第一部分

专题报告

我国工科人才培养质量提升 机制与路径研究^①

“我国工科人才培养质量提升机制与路径
研究”项目组

1 国内外工程教育理论研究

1.1 工程教育及其范式变迁

剖析工程教育系统对完善工程教育研究领域的理论体系和指导高等工程教育实践具有重要的意义。浙江大学中国科教战略研究院的研究团队近年来持续跟踪国内外高等工程教育案例,结合大 E 工程教育、整体工程教育等模式研究,对该问题进行了探析,课题研究成果提出了“一体三维”的整体工程教育、工程教育生态系统等理论概念。

1.1.1 工程教育

很多国家把工程作为国家的未来^[1],把工程教育视为国家未来技术和经济发展的基础^[2],把工程人才视为发挥国家潜力的保证^[3],以及国家竞争力和国家创新能力的核心。所以,国内外研究工程教育的文献颇多,近几年有成为研究热点的趋势,但是工程教育的概念尚无权威定义。Cranch 基于系统视角认为,工程教育是受环境包围的和处

^① 原文约 5 万字,限于篇幅,收入本书时做了删节。

于运动状态的工程系统和教育系统的交集系统^[4]。王沛民等^[5]从社会属性分析认为,工程教育是作为一种社会现象和一项活动而存在的,它不只是一个客观事实,同时也是一个主观概念。李晓强^[6]从目标角度认为,工程教育是以工程科学为主要学科基础、以培养工程人才为目标的活动,强调实学、集成和创新原则。

本文中的工程教育参考 Cranch 的定义,认为工程教育是受复杂工程环境包围的、处于运动状态的工程系统和教育系统的交集的复杂系统,有自身培养工程师的目标,有自身的要素和结构,有内部的功能和关系。工程教育本身是一个复杂系统,又是高等教育体系的有机组成部分,并与政治、经济、科技、文化和社会等有着不可分割的联系,所以工程教育系统需要具有适应性。

1.1.2 工程教育的范式变迁

自博洛尼亚大学成立以来,高等教育历经风雨 900 余年。大学一直是理性的灯塔照亮人类文明的进程,期间大致经历了两次范式变迁:洪堡为大学注入了“科学研究”使命,视为第一次学术革命;威斯康星为大学烙印了“社会服务”标识,视为第二次学术革命。工程教育,以 1747 年巴黎路桥学校的建立为开端,在不足 300 年的时间里,大致上也经历了两次范式变迁,以美国的工程教育最为显著,分为“技术主导时期”、“科学主导时期”以及“回归工程时期”,最早由 Crawley 等于 20 世纪 90 年代初总结,同时在《反思工程教育:CDIO 方法》(*Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach*)一书中有集中描述^[7]。

事实上,我们可以以科学性与技术性为轴,对工程教育进行描绘,分别是技术范式时期、科学范式时期以及工程范式时期(见图 1)。

(1) 技术型工程教育范式

该范式下的工程即艺术、技艺、技巧、技能、技术的应用^[8]。1862 年的莫雷尔法案和“赠地学院”促使工程教育开始从车间向教室转移,包括大量现场和实验课程,很少强调科学理论或数学分析^[9]。大抵也是受当时实用主义文化兴起的影响,美国工程教育就以技术范式启航,重视实训,以学徒制、操作手册为特色,强调 hands-on 经验的习得,可以说是以培养工匠为旨趣。1949 年,麻省理工学院(MIT)发表了《刘易斯报告》,提出实事求是的专业人员概念以及强调工程教育

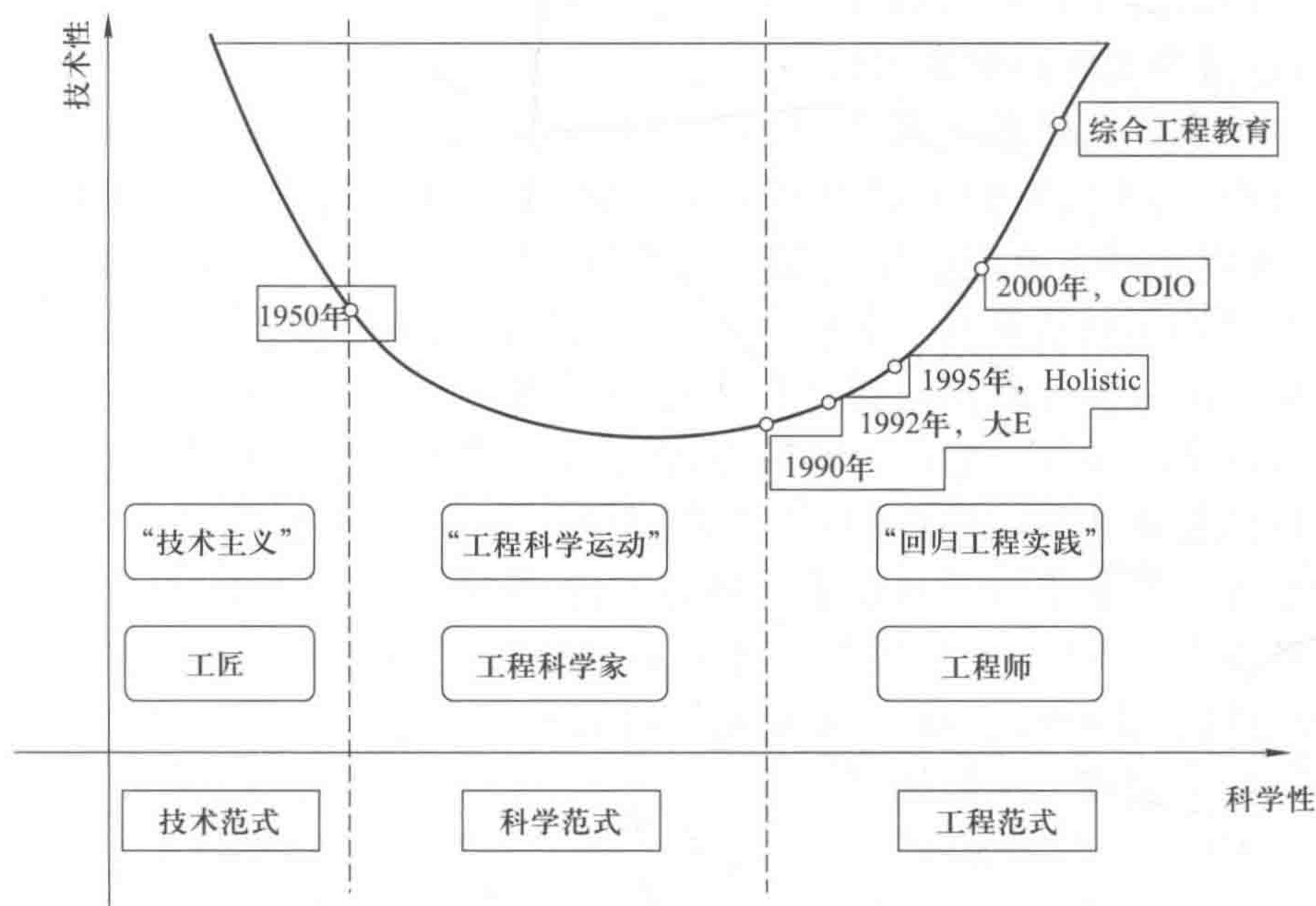


图 1 工程教育范式变迁

实践,集中体现了这一时期的技术色彩。

技术范式的形成是为了适应农业经济时代和工业经济时代初期的简单生产需要。当时工程实践的主要技术是手工艺技术,所以以师徒制为基础的言传身教式技术传承方式成为工程技术教育初期的主要传播模式。但是随着工业经济时代的飞速发展,工程师所面临的工程实际越来越复杂,院校式工程教育模式开始萌芽和涌现。日益复杂的工程实践问题推进了工程学科体系和课程体系的持续丰富,并催生了本科、硕士和博士不同阶段的工程教育层次结构。

(2) 科学型工程教育范式

该范式下的工程是科学的分支,是科学原理的应用。在 1950 年左右,美国工程教育发生范式转变,标志是自然科学与工程科学在工科课程设置中长驱直入,实践和设计课程被大量挤占或删除,这是以技术和实践占主导的传统工程教育被以科学和理论占主导的新兴工程教育取而代之的一场革命,或者说范式变迁^[10]。数学和理论方面的课程代替了加工、测量和制图等实践性课程^[11],Grinter 指出,“科学指引下的工程课程设置”可以追上科学与技术飞速发展的步伐^[12]。

这一时期的工程教育强调工程科学,侧重对现象的原理性解读与分析,以培养工程科学家为旨趣。

科学范式的形式源于对第二次世界大战后工程师作用的反思。一方面,由于当时的工程师偏重于实践,普遍缺乏科学方面的严格训练,难以将科学原理应用于先进技术的开发。另一方面,随着科技革命的深远影响和亚当·斯密劳动分工理论应用带来的效率提高,特别是第二次世界大战期间雷达技术和原子弹的使用所显示出的科学技术对社会经济发展的巨大影响力,需要工程教育范式发生变革以适应环境的复杂变化。以《格林特报告》(*Grinter Report*)为标志,美国工程师培养开始紧跟科学和技术发展的步伐,并确立了工科课程划分的若干基本方针,创立了工科学科体系。工程教育一头扎进科学的怀抱,工程师的培养模式与科学家的培养模式越来越相似。

(3) 工程型工程教育范式

事实上,在1980年之后,美国工程教育界出台了若干重要报告,开始对过于科学化的工程教育进行全面反思。比如1980年美国国家科学基金会(NSF)发表的《尼尔报告》(*Neal Report*)指出,本科工程毕业生对现有工具与科学知识了如指掌,却没有弥补他们工程实践经验匮乏的机会。MIT针对美国工业面临的危机和挑战,于1989年发表《美国制造:夺回生产的优势》(*Made in America: Regaining the Productive Edge*),提出工程领域要加强制造工程教育和工商管理教育,以重振美国生产力的雄风,试图抑制工程教育科学化倾向^[13]。Moses^[14]和Bordogna等^[15]分别提出了大E工程与整体观,为工程范式提升了理念高度。2000年之后,以项目生产全过程贯穿为特色的CDIO更是将工程范式下的模式实践推向高峰,而我们今天所研究的整体工程教育事实上也处于这一范式下。

“回归工程实践”是否等于“技术范式复辟”?“回归工程”究竟要回归到工程的哪里?有学者认为要回归到工程的本体、本源或本性,即综合、整体或集成^[10]。Reynolds认为这是工程教育的钟摆现象^[16]。实际上这个问题就是要回答工程与“技术”、“科学”的关系,以及其他非科学技术的关系。2010年,联合国教科文组织(UNESCO)发布的首个关于工程的报告《工程发展:问题、挑战与机遇》(*Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development*)对此有较为明确的论述,认为科学构成了工程的理论基础,而技术则为工程提供了工具

性支持^[17]。

所以工程范式不是简单地回归到技术范式时期,尽管两者都强调实践,但是工程范式的面向实践是建立在一定的工程科学基础上的,属于科学与技术集成范式,是一种螺旋式递进。这种集成范式中的实践任务需要包括项目组织和沟通,突出学生作为专业咨询人员的作用、创新设计能力及其经验要求,以及科学如何在社会中应用的伦理问题^[18]。同时,在科学与技术集成的基础上,工程范式还强调与更大的环境如政治、文化、经济等因素的集成,即 Moses 在大 E 工程理念开篇作中集中阐释的“背景敏感工程”(context-sensitive engineering)。

1.1.3 工程教育的研究视角

工程教育的研究大多立足于宏观教育体系层面:查建中^[19]应用控制论思想,建立工程教育的宏观控制模型,并由此讨论工程教育的培养目标和评估体系;常晓玲^[20]构建了高等工程教育双闭环控制系统,以便分别根据社会需求和阶段性教育目标的比较差距进行整体或局部动态调控;周凌宇等^[21]则应用生态系统理论,审视我国高等工程教育问题等;王沛民等^[5]将其总结为研究工程教育的系统方式并指出,对于工程教育,无论是研究它或营造它,亦无论是讨论它的运行或它的控制,系统方式都是不可或缺的。具体分析见表 1。

表 1 工程教育的研究视角

研究视角	具体内容
过程观	把工程教育视为一系列状态构成的整体:反映时间的有序性,表现在对工程教育历史经验的批判继承和对未来发展的预测规划
环境观	把工程教育视为更大系统的一个部分:认识到工程教育并非存在于真空,工科院校也不是“象牙塔”,即系统(外)-环境(内)的二位一体
层级观	把工程教育视为一系列层次构成的整体:当规划、设计、运筹或控制工程教育改革活动时,要求从上而下的思路,力求从全局出发宏观把握问题,了解各层面的关系再逐层解决问题
功能观	把工程教育视为具有某种功能的组织,该组织由相互联系的功能点组成:借助系统结构的输入/输出变换,要辨识三个概念:输入接口处的变换称为功能或目标,结构内部的变换称为效能,输出接口处的变换称为性能或结果