



高等工程教育研究丛书

姜嘉乐 王孙禺 主编

# 工程教育基础

## ——工程教育理念和实践的研究

王沛民 顾建民 刘伟民

高等教育出版社

高等工程教育研究丛书

# 工程教育基础

——工程教育理念和实践的研究

**Essentials of Engineering Education**

Studies in Engineering Education Ideas  
and Practice

王沛民 顾建民 刘伟民

高等教育出版社·北京

## 内容提要

《工程教育基础》是探究考察世界范围工程教育理论与实践的一部专著。本书运用一种有创意的系统方式,探讨工程教育的来龙去脉、周边环境,以及工程教育系统的目标设计、课程规划、教学运行和管理控制;从专业维度和教育维度两个视角,剖析作为高等教育一大门类的工程专业教育的若干基本问题。本书资料翔实、信息丰足、立论新颖,旨在开拓创新思路、解决现实问题,满足读者探索高教改革的理论和实践之两方面需要。

本书可供理工科院校的广大师生与教育管理干部使用,亦可为其他高等院校的同类人员和高教理论研究者参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

工程教育基础:工程教育理念和实践的研究/王沛民,顾建民,刘伟民著.--北京:高等教育出版社,2015.1

(高等工程教育研究丛书/姜嘉乐,王孙禺主编)

ISBN 978-7-04-041296-3

I. ①工… II. ①王… ②顾… ③刘… III. ①高等教育-工科(教育)-教学研究 IV. ① G642.0

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 241031 号

策划编辑 李慧

责任编辑 李慧

封面设计 于文燕

版式设计 马敬茹

插图绘制 杜晓丹

责任校对 刁丽丽

责任印制 田甜

出版发行 高等教育出版社

咨询电话 400-810-0598

社址 北京市西城区德外大街4号

网址 <http://www.hep.edu.cn>

邮政编码 100120

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

印刷 北京铭成印刷有限公司

网上订购 <http://www.landaco.com>

开本 787mm×1092mm 1/16

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

印张 26.5

版次 2015年1月第1版

字数 480千字

印次 2015年1月第1次印刷

购书热线 010-58581118

定价 56.00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 41296-00

# 高等工程教育研究丛书编委会

主 编 姜嘉乐 王孙禺

编 委 别敦荣 周光礼 陆国栋 林 健 李 正

陆根书 齐晶瑶 吴静怡 雷 庆 许晓东

# 总 序

近现代意义上的中国工程教育始于晚清洋务运动，迄今已走过了140多年的历程。百余年来，历经萌芽、发展、初具规模、历史性跨越，今天，我国已成为世界上工程教育规模最大的国家。

新中国成立后的前17年，尽管照搬苏联模式给我国高等教育带来不少问题，但高等工程教育仍取得了不俗的成绩，基本上满足了发展我国社会主义经济、特别是建设独立自主的工业体系对高级工程人才的需要。

改革开放以来，我国的高等工程教育厉行改革，阔步发展，成就卓著，形成了层次丰富、形式多样、学科门类齐全的工程教育体系，培养了大批优秀的工程科技人才，为我国工业、农业、科技、国防现代化做出了举世瞩目的卓越贡献。在我国高等教育事业中，工程教育规模巨大、目标远大、任务重大，是国家创新体系的主要智力资源。

近些年来，西方发达国家不约而同地将工程人才培养作为重塑竞争优势的战略选择，通过回归实体经济，大力发展先进制造业，创造新的经济增长点和新的就业机会，来摆脱经济长期停滞不前的危机，并为此而全面改革其工程教育体系。这些战略的提出和实施，对我国的工业化，甚至对我国经济走向全球市场、获得长远发展构成了严峻的挑战。为此，我们必须制定战略、采取措施、积极应对，而工程教育在这一进程中的关键作用不容低估。

耐人寻味的是：一方面，无论就其规模还是能量，工程教育都是我国高等教育中毫无争议的“专业大户”，在培养大批创新人才、应对上述全球挑战的时代话剧中扮演着真正的主角；另一方面，诚所谓“桃李不言，下自成蹊”，工程教育界似乎很少大张旗鼓地谈论教育理论，致使人们误以为工程教育对现代高等教育研究的贡献不大。然而，实际情况绝非如此。为了贯彻落实国家的科技战略、人才战略和教育发展战略，在国家教育部和中国工程院的推动下，我国高校不仅在工程教育中率先进行了一系列意义重大的教育和教学改革实践，而且相当一批学者专家积极参与了相关的专题研究，其中既

有非常前沿的理论研究，也有包括政策研究和案例研究在内的大量实证研究。这些研究深刻地总结了国内外工程教育改革发展的实践经验，为我国工程教育的战略决策和长远发展提供了先进的理论指导，同时，也提升了我国高等教育研究的理论水平，极大地丰富了我国高等教育研究的知识宝库。

中国工程教育研究始终意识到它的实践背景，以国际视野观察工程的未来，以国家理想探索人才的成长，把历史创痛视为前进的动力，把真实问题作为研究的导向。这是工程教育研究的最大特色，也是它对高等教育研究在方法论上的最大贡献。

总之，系统地搜集、整理、精选、出版中国高等工程教育研究成果、特别是改革开放三十年来工程教育研究成果的时机已经成熟。我们决定编辑出版这套丛书，把我国工程教育研究中的精髓以系列书籍的形式奉献给广大读者，这不仅是为了检阅我国高等工程教育研究的成就，更是为了通过国际比较、历史回顾、政策分析、案例研究、理论探讨来引领我国工程教育未来的改革发展。

感谢中国工程院教育委员会、教育部高教司、高等教育出版社对这项工作的大力支持。

姜嘉乐 王孙禺

2014年10月12日

# 前 言

本书是在教学和研究过程中形成的，它的主题和问题曾经过多次讲授或研讨。

1987年，我们开始试验一项名为“工程教育规划”的跨学科硕士学位计划。顾名思义，该计划不是正宗的高等教育学，也不是正宗的管理科学，而是有关工程的教育学和有关工程教育的管理学。它的多学科交叉特性，在组织课程和选择教材时，一开始就提出难题，因为没有现成的东西适合它。

另有件事反映出类似的困难。一位资深教授接任教学行政工作不久，找我推荐几本“有用的”读物武装一下。未隔几天，他把我精心挑选的几部《学》还过来，留下这些话：“拜读了，多是做过的，或者想到的，要针对问题才带劲。”

不能把这两件事视为撰写本书的主要原因。生动的工程教育改革实践，大量尚无合适答案的问题，才是它的基本理由。在高等教育的广阔领域，工程教育仅占一席之地，然而它的创造革新本性和历史发展逻辑，将它推上引人注目的舞台。人们可以忘记生活质量的提高直接受惠于工程的产品和服务，可以忘记经济文化的繁荣直接依赖于工程的产品和服务，但是千万不要忘记，这里有着工程人才的奉献。工程的理想是以其产品和服务造福人类，工程教育则是为社会造就合格工程人才以实现工程的理想。因此毫不奇怪，为什么人们会对工程不十分了然，而工程教育却被时代推动着急速地变革与发展。

世界各国的工程教育都已意识到面临的挑战，可是当它们真正行动起来欲取对策时，才发现挑战不仅来自外部，更多的还是来自自身。不恰当的观念，不明确的目标，不完善的组织、内容与方法，就像无形的绳索，束缚着决策和行动。这个情境，仿佛急匆匆赶路的人突然置身于繁华的闹市口，茫然迷惑起来。一路上的商品模特广告招贴太多了，他弄不清如何到的这儿，甚至连此行目的也模糊了。他不能久伫路口或徘徊不前，但他需要尽快判定所处的位置，凝神识别来路与去途，从而找准方向继续登程。本书愿意成为

## II 前 言

他此时可能急需的最新版市区交通图，而不是路标或问询处。本书不提供唯一现成答案，只展示不同选择的多种可能结果，仍然需要行路人自己的综合判断。

本书就是在这样的背景下完成的。它的框架和细节几乎全部按照工程的理解与方法加以构造，或许有些不伦不类。不过，竭力打破分散学科或山头的界限，打破理论与实践的界限，打破知与行的界限，正是本书的追求和尝试。

十分欣赏与感激本人的合作者对该书的贡献。顾建民（撰写第二、五、八章和第一章第四节）、刘伟民（撰写第九章）这两位来自不同专业的极有才华的年轻人，热情参与了全书的讨论和分工，在各自承担的任务中表现出丰富的学识、透彻的理解力和洞察力。

应当感谢浙江大学高教研究所及其前、现任所长（浙大副校长）薛继良教授和黄达人教授，没有他们始终如一的关心和支持，本书的创作和出版几乎是不可能的；衷心感谢浙江大学校长路甬祥教授，他对工程教育的精辟见解和创意实践让本书作者受益匪浅。本书许多主题正是他们向作者提出的研究课题，见诸文字的这些结果其实很难与他们的指导与鼓励分开。

王沛民于求是园

1994年1月



# 目 录

<b>第 1 章 引论:基本的方法和概念</b> .....	1
1.1 为何研究工程教育? .....	1
1.2 视为人工系统的工程教育 .....	4
1.3 研究工程教育的系统方式 .....	6
1.3.1 结构观念 .....	7
1.3.2 功能观念 .....	9
1.3.3 环境观念 .....	10
1.3.4 层级观念 .....	11
1.3.5 过程观念 .....	12
1.3.6 五种观念的综合 .....	13
1.4 预先说明的几个概念 .....	14
1.4.1 工程中的技术和非技术 .....	15
1.4.2 科学和工程 .....	18
1.4.3 艺术和工程 .....	21
1.5 小结 .....	23
<b>第 2 章 工程教育的历史</b> .....	25
2.1 工程史略 .....	25
2.1.1 古代工程 .....	26
2.1.2 近代工程 .....	28
2.1.3 现代工程 .....	29
2.1.4 五大工程学科的形成 .....	32
2.2 工程教育的开端 .....	38
2.2.1 艺徒制的兴盛 .....	38
2.2.2 艺徒制的衰微 .....	39
2.3 工程教育的形成 .....	40
2.3.1 大学的传统 .....	41

2.3.2	在大学外崛起 .....	42
2.3.3	大学的改革 .....	46
2.3.4	在大学内确立 .....	47
2.3.5	中国工程教育的缘起和成长 .....	48
2.4	工程教育的发展 .....	50
2.4.1	结构趋向合理 .....	50
2.4.2	模式不断完善 .....	52
2.4.3	内容日益丰富 .....	53
2.4.4	职能逐步拓宽 .....	56
2.5	工程教育未来展望 .....	58
2.5.1	形势和挑战 .....	58
2.5.2	未来的走向 .....	61
2.6	小结 .....	62
<b>第 3 章</b>	<b>工程教育的环境 .....</b>	<b>65</b>
3.1	环境中的工程教育 .....	65
3.2	科学环境和技术环境 .....	67
3.2.1	科学和技术的分类体系 .....	68
3.2.2	工程观点的科技结构 .....	70
3.2.3	人工科学:工程的科学基础 .....	71
3.2.4	“普通工程学”的探索 .....	73
3.2.5	结论:要会考虑技术可行性 .....	76
3.3	经济环境、政治环境和社会环境 .....	76
3.3.1	历史性的抱怨 .....	77
3.3.2	经济、管理及其教育 .....	79
3.3.3	政治、文化及其教育 .....	82
3.3.4	结论:要会考虑经济可行性和社会可行性 .....	85
3.4	生态环境 .....	85
3.4.1	人类新的觉悟 .....	85
3.4.2	能源和环境的教育 .....	87
3.4.3	结论:要会考虑生态可行性 .....	89
3.5	小结 .....	90
<b>第 4 章</b>	<b>工程教育的专业维度 .....</b>	<b>92</b>
4.1	工程维:工程教育的基因之一 .....	92

4.2	工程的领域 .....	93
4.2.1	社会的观点之一:行业分类 .....	93
4.2.2	社会的观点之二:职业分类 .....	95
4.2.3	大学的观点之一:专业分类 .....	98
4.2.4	大学的观点之二:学科分类 .....	100
4.3	工程的活动 .....	103
4.3.1	对象分析法 .....	103
4.3.2	过程分析法 .....	105
4.3.3	组织分析法 .....	107
4.4	工程的方法 .....	109
4.4.1	方法的一般概念 .....	109
4.4.2	方法构成的三因素说 .....	111
4.4.3	发想:方法的第四因素 .....	113
4.4.4	问题的一般概念和分类 .....	115
4.4.5	工程方法的几种定义 .....	118
4.5	工程方法的新概念 .....	120
4.5.1	设计:工程的基本方法 .....	121
4.5.2	设计过程与模式 .....	122
4.5.3	设计方法:一种流程图式 .....	125
4.6	小结 .....	128
<b>第5章</b>	<b>工程教育的教育维度 .....</b>	<b>130</b>
5.1	教育维:工程教育的基因之二 .....	130
5.2	教育、社会和人 .....	131
5.2.1	教育与社会发展 .....	131
5.2.2	教育与人的发展 .....	137
5.2.3	社会发展和人的发展:教育的抉择与统合 .....	141
5.3	教育的内在结构 .....	142
5.3.1	教育范畴的发展 .....	143
5.3.2	教育的基本要素 .....	144
5.3.3	教育的基本关系 .....	147
5.4	教育变革和发展 .....	149
5.4.1	变革一:教育民主化 .....	150
5.4.2	变革二:教育终身化 .....	152
5.4.3	变革三:教育职能多元化 .....	155

5.4.4	变革四:教育结构多样化	156
5.5	小结	158
<b>第6章</b>	<b>工程教育的目标</b>	<b>159</b>
6.1	作为“价值系统”的目标系统	159
6.1.1	目标逻辑结构	160
6.1.2	目标系统特性	161
6.1.3	目标系统悖论	166
6.2	区别于大学目标的教育目标	166
6.2.1	高等学校的多重目标	167
6.2.2	工科院校的教育目标	171
6.3	工程教育目标的外部考察	174
6.3.1	工程队伍的分层	174
6.3.2	工程师的定义和分类	180
6.3.3	研究、设计和开发	184
6.4	工程教育目标的内部考察	190
6.4.1	教育目标分类法	190
6.4.2	知识和技能的一般概念	192
6.4.3	“知识塔”:行为目标的空间性	194
6.4.4	“技能钟”:行为目标的时间性	197
6.4.5	作为行为动力的品性目标	201
6.5	工程教育目标的动态考察	205
6.5.1	“工程形成”的概念	205
6.5.2	预备教育阶段	206
6.5.3	大学教育阶段	207
6.5.4	继续教育阶段	208
6.6	小结	210
<b>第7章</b>	<b>营造工程教育系统</b>	<b>212</b>
7.1	课程设计的使命	212
7.2	工科课程:培养工程人才的“设计”	214
7.2.1	课程的一般概念	214
7.2.2	课程的单元类型和联系	217
7.2.3	课程的设计思想	221
7.2.4	工科课程单元及其配置	225

7.3	工科课程规划:“设计”的设计 .....	234
7.3.1	泰勒模式 .....	235
7.3.2	波比特模式 .....	238
7.3.3	非模式的“模式” .....	240
7.3.4	规划方法论的讨论 .....	242
7.4	案例研究:工科课程方向 .....	246
7.4.1	三明治课程 .....	246
7.4.2	设计式课程 .....	252
7.4.3	跨学科课程 .....	257
7.5	小结 .....	264
<b>第8章</b>	<b>运行工程教育系统 .....</b>	<b>266</b>
8.1	教学运行的使命 .....	266
8.2	教学和教学过程 .....	267
8.2.1	教学的一般概念 .....	268
8.2.2	教学系统 .....	269
8.2.3	教学过程 .....	271
8.3	学与教:活动与策略 .....	283
8.3.1	学习和影响学习的因素 .....	284
8.3.2	成功教学的标识和策略 .....	289
8.3.3	学会学习和教师发展 .....	295
8.4	教与学:方法与匹配 .....	298
8.4.1	教学方法的层次和分类 .....	298
8.4.2	常用教学方法举要 .....	300
8.4.3	教学方法的选用 .....	304
8.4.4	学法和教法的匹配 .....	306
8.5	“教学—研究—生产”三结合 .....	309
8.5.1	教学与研究的结合 .....	309
8.5.2	教学与生产的结合 .....	311
8.6	小结 .....	313
<b>第9章</b>	<b>控制工程教育系统 .....</b>	<b>315</b>
9.1	管理和控制的使命 .....	315
9.2	教育管理的实践与研究 .....	318
9.2.1	西方的管理运动 .....	318

9.2.2	中国高教管理的进展 .....	322
9.2.3	行政权力和学术权力 .....	325
9.3	工程观点的教育管理 .....	330
9.3.1	教育管理的控制论定义 .....	331
9.3.2	人才培养的 TQC .....	336
9.3.3	决策与评价 .....	341
9.4	管理“迷宫”:组织/行为 .....	345
9.4.1	组织理论的变迁 .....	346
9.4.2	组织及其行为 .....	350
9.4.3	杂烩还是拼盘? .....	354
9.5	小结 .....	359
<b>第 10 章</b>	<b>未完工的基础 .....</b>	<b>361</b>
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>366</b>
<b>附    录</b>	<b>.....</b>	<b>384</b>
	《工程教育基础》(日文版)序言 .....	384
	《工程教育基础》(日文版)解说 .....	386

# Table of Contents

<b>1. INTRODUCTION; BASIC METHOD AND CONCEPT</b> .....	1
1.1 WHY RESEARCH ON ENGINEERING EDUCATION? .....	1
1.2 ENGINEERING EDUCATION AS AN ARTIFICIAL SYSTEM .....	4
1.3 SYSTEMS APPROACH FOR ENGINEERING EDUCATION RESEARCH .....	6
1.3.1 View of the Structure .....	7
1.3.2 View of the Function .....	9
1.3.3 View of the Environment .....	10
1.3.4 View of the Hierarchy .....	11
1.3.5 View of the Process .....	12
1.3.6 Integration of Five Views .....	13
1.4 PRELIMINARY NOTES OF CONCEPTS .....	14
1.4.1 Technology and Non-Technology in Engineering .....	15
1.4.2 Science vs. Engineering .....	18
1.4.3 Arts vs. Engineering .....	21
1.5 SAMMARY .....	23
<b>2. HISTORY OF ENGINEERING EDUCATION</b> .....	25
2.1 A BRIEF HISTORY OF ENGINEERING .....	25
2.1.1 Ancient Engineering .....	26
2.1.2 Modern Engineering .....	28
2.1.3 Contemporary Engineering .....	29
2.1.4 Evolution of the Five Big Engineering Branches .....	32
2.2 RUDIMENT OF ENGINEERING EDUCATION .....	38
2.2.1 The Prosperity of Apprenticeship System .....	38
2.2.2 The Decline of Apprenticeship System .....	39
2.3 START OF ENGINEERING EDUCATION .....	40

## II Table of Contents

2.3.1	Tradition of the University	41
2.3.2	Emergence Beside the University	42
2.3.3	Reform of the University	46
2.3.4	Establishment Inside the University	47
2.3.5	Origin and Development of Engineering Education in China	48
2.4	DEVELOPMENT OF ENGINEERING EDUCATION	50
2.4.1	Towards an Adaptive Structure	50
2.4.2	Improving Educational Model	52
2.4.3	Expanding Instructional Content	53
2.4.4	Widening Educational Function	56
2.5	PERSPECTIVE OF ENGINEERING EDUCATION	58
2.5.1	Situation and Challenges	58
2.5.2	Trends of the Future	61
2.6	SAMMARY	62
<b>3.</b>	<b>ENVIRONMENT OF ENGINEERING EDUCATION</b>	<b>65</b>
3.1	ENGINEERING EDUCATION IN THE CONTEXT	65
3.2	SCIENCE AND TECHNOLOGY ENVIRONMENT	67
3.2.1	Category of Science and Technology	68
3.2.2	Science and Technology from the Engineering Viewpoint	70
3.2.3	Sciences of the Artificial; Scientific Foundations of Engineering	71
3.2.4	Exploring an “Unified” Engineering Science	73
3.2.5	Conclusion; Focus on the Feasibility of Technology	76
3.3	ECONOMIC, POLITICAL AND SOCIAL ENVIRONMENT	76
3.3.1	Historical Complains	77
3.3.2	Economy, Management and Relevant Education	79
3.3.3	Political, Culture and Relevant Education	82
3.3.4	Conclusion; Focus on the Feasibility of Economy and Society	85
3.4	ECOLOGICAL ENVIRONMENT	85
3.4.1	Human’s New Consciousness	85
3.4.2	Energy and Environment Education	87
3.4.3	Conclusion; Focus on the Feasibility of Ecology	89
3.5	SAMMARY	90



<b>4. PROFESSION: ONE OF THE ENGINEERING EDUCATION</b>	
<b>DIMENSION</b> .....	92
4.1 ENGINEERING DIMENSION; ENGINEERING EDUCATION	
GENE 1 .....	92
4.2 ENGINEERING SCOPE .....	93
4.2.1 Society's Viewpoint 1; Industrial Classification .....	93
4.2.2 Society's Viewpoint 2; Professional Classification .....	95
4.2.3 University's Viewpoint 1; Classification of Programs .....	98
4.2.4 University's Viewpoint 2; Classification of Disciplines .....	100
4.3 ENGINEERING ACTIVITY .....	103
4.3.1 Object Analysis .....	103
4.3.2 Process Analysis .....	105
4.3.3 Organization Analysis .....	107
4.4 THE ENGINEERING METHOD .....	109
4.4.1 General Definition of Method .....	109
4.4.2 Three Pillars of Method .....	111
4.4.3 Abduction; The Fourth Pillar of Method .....	113
4.4.4 Definition and Classification of Problem .....	115
4.4.5 Definitions of the Engineering Method .....	118
4.5 NEW CONCEPT OF THE ENGINEERING METHOD .....	120
4.5.1 Design; Primary Engineering Method .....	121
4.5.2 Design Process and Its Paradigm .....	122
4.5.3 Design Methodology; A Process Schema .....	125
4.6 SAMMARY .....	128
<b>5. EDUCATION: ONE OF THE ENGINEERING EDUCATION</b>	
<b>DIMENSION</b> .....	130
5.1 EDUCATION DIMENSION; ENGINEERING EDUCATION	
GENE 2 .....	130
5.2 EDUCATION, SOCIETY AND INDIVIDUAL .....	131
5.2.1 Education and Society Development .....	131
5.2.2 Education and Individual Development .....	137
5.2.3 Society Development vs. Individual Development; Educational Choice and Integration .....	141
5.3 INTRINSIC STRUCTURE OF EDUCATION .....	142