

AN INQUIRY INTO
ENGINEERS AND ENGINEERING
EDUCATION

工程师 与 工程教育新论

李曼丽·著

 商务印书馆

工程师与工程教育新论

李曼丽 著

商务印书馆

2010年·北京

图书在版编目(CIP)数据

工程师与工程教育新论/李曼丽著. —北京:商务印书馆, 2010

ISBN 978-7-100-07327-1

I. 工… II. 李… III. 工程师—工科(教育)—研究
IV. T-29

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010) 第 149739 号

所有权利保留。

未经许可,不得以任何方式使用。

工程师与工程教育新论

李曼丽 著

商务印书馆出版

(北京王府井大街 36 号 邮政编码 100710)

商务印书馆发行

三河市尚艺印装有限公司印刷

ISBN 978-7-100-07327-1

2010 年 9 月第 1 版

开本 880×1230 1/32

2010 年 9 月北京第 1 次印刷 印张 10³/₄

定价:25.00 元

目 录

导言	1
第一章 30 年来工程教育研究的文献综述	17
1.1 30 年来工程教育研究的阶段特征	17
1.2 30 年来工程教育研究的主要成就	19
1.3 以往研究的不足和努力方向	30
第二章 工程师职业发展简史	37
2.1 “工程师”词源解析	38
2.2 工程师行业成长史回顾	41
2.3 工程师职业及工程知识问题	49
2.4 当今工程师的社会声望和社会地位问题	63
第三章 欧美工程师的社会角色及工程教育目标	68
3.1 欧美社会有关工程师社会角色的对立观点	68
3.2 现实中两种观点的温和折衷	80
3.3 变化世界中的中国工程师	89
第四章 美、德工程技术人才教育体系的比较研究	95
4.1 背景与概念界定	95
4.2 美国的“陀螺型”与德国的“不倒翁型”	99
4.3 两种不同体系的历史渊源解释	111

2 工程师与工程教育新论

4.4 美、德工程技术教育体系的基本差别	122
----------------------------	-----

4.5 两国发展趋势比较及其对我国的启示	124
----------------------------	-----

第五章 美、德工程教育专业鉴定的历史制度

主义分析	132
------------	-----

5.1 专业鉴定制度问题的描述与概念界定	132
----------------------------	-----

5.2 历史制度主义分析范式的应用	139
-------------------------	-----

5.3 美国工程教育专业鉴定制度的历史制度主义分析	144
---------------------------------	-----

5.4 德国工程教育专业鉴定制度的历史制度主义分析	168
---------------------------------	-----

5.5 中国工程教育专业鉴定领域的实践	192
---------------------------	-----

5.6 高等工程教育专业评鉴制度的若干讨论	202
-----------------------------	-----

第六章 CDIO 与工程教育中的“理论”与“实践”

问题	210
----------	-----

6.1 CDIO 及其背景	211
---------------------	-----

6.2 历史的解读	213
-----------------	-----

6.3 目前对“理论”和“实践”困境的挑战及应对	227
--------------------------------	-----

6.4 关于 CDIO 的几点讨论	230
-------------------------	-----

第七章 工程教育中的“通识”与“专识”问题

7.1 西方工程教育中“通识”的含义	239
--------------------------	-----

7.2 “通识”与中国高等工程技术人员培养	243
-----------------------------	-----

7.3 “深度通识教育”理念及其在工程教育中的应用	253
---------------------------------	-----

第八章 独辟蹊径的卓越工程师培养之道

8.1 欧林工学院的由来	265
--------------------	-----

8.2 “卓越工程师”的教育理念及实践	266
---------------------------	-----

8.3 对欧林试验的评价	277
--------------------	-----

第九章 清华大学某工科系创新人才

培养案例研究	279
9.1 案例简介及案例研究过程回顾	279
9.2 工业工程人才培养中的“深度通识教育”理念	285
9.3 案例总结和讨论	302
附录 德国工程教育认证及工程教育改革与发展	306
参考文献	314
后记	337

导 言

出版《工程师与工程教育新论》，心情很不平静。翻检以往的研究经历，才发觉在这短短的几年历程中，自己已不知不觉地陷入到“工程师教育与培养”的研究主题中。

我的第一本专著《通识教育：一种大学教育观》所涉猎的是高等教育研究领域的一个经典专题。众所周知，“通识教育”这个题目多少有些阳春白雪，而“工程教育”正是为自由教育的肇始者亚里士多德所蔑视的“技巧性教育”。因此，起初我对工程教育并无好感，但学术生涯毕竟不是旅游，不可以兴之所至。近年来，党中央和国务院提出的走中国特色新型工业化道路，建设创新型国家，建设人才强国等一系列国家发展战略，对我国工程教育提出了新的要求，也对我的学术研究产生重大影响。尤其是在进入清华大学教育研究院（原清华大学教育研究所）之后，随着笔者对本院学术工作重点及已有成果的了解，继承和发扬本院有关工程教育研究的责任感更为迫切。

清华大学教育研究院是一个在工程教育研究方面有着很深积累的学术单位。回想起来，从2002年到2005年，我在余寿文、龚克、杨家庆、王孙禺、李越、江崇廓、史静寰等教授的组织带领下，多次参与有关工程教育专项课题的研究。特别值得一提的是，2005年10月份，我在龚克教授、王孙禺教授的带领下参加一个国际合

作研究项目。在这个项目中,来自巴西、德国、美国、瑞士、日本、中国六个国家的 8 所知名理工大学的学者组成了一个研究团队,启动了一项名为“追求卓越的全球工程教育”(In Search of Global Engineering Excellence)的研究项目。

这是一个为期 12 个月的研究项目,我想对于本项目所有团队成员来说,最大收获在于通过此次跨国、跨校合作,让大家意识到了全球化对于各国工程教育发展的重要性。本研究明确提出,由于技术、商业、工业、经济的跨国家边界的发展,使得一国在讨论工程教育问题时,不得不放大以本国为固有边界的“视域”,把一国的工程教育问题放在一个更大的边界内进行检视。例如:该课题的资助方——大陆轮胎公司(Continental AG, Hanover, Germany, 简称“大陆轮胎”),是德国进入 21 世纪以来业绩最好的全球性公司之一,目前在全球有 108 个海外分部(包括中国和巴西都有分部)。该公司在发展战略中非常关注当地合格工程师的数量和质量,尤其是如何能够获得在多元文化背景下工作的工程师,是该公司发展战略关注的重要问题之一。我想,这也应该是该研究项目启动的背景。

作为一个发展中国家的研究人员,在课题讨论中我常常觉得自己关注的问题和来自发达国家的合作者虽有共同之处,却又有更多不同。例如,谈到我国成为工程专业学生最多的国家时,其他国家的同事颇为艳羡,但作为一个中国的教育研究工作者,很多问题却使我的担忧多于满足。这些问题常常萦绕于我心中:我国建设创新国家需要何种规格的工程技术人才队伍?技术密集型劳动力市场的国际化对我国工程技术人力资源的发展战略意味着什

么？应如何考虑工程师教育的国际化带来的机遇和挑战？我国工程教育质量控制的体系和机制是什么？工程师的继续教育如何组织与实施？如何把社会责任感、伦理因素纳入到我国工程师教育中？大学如何塑造刚刚进入工程专业的 17、18 岁学生的卓越工程理念，如何进一步选择和确定自己的职业生涯以及人生道路？凡此种种，无疑都是当今工业界、高等学校、政府以及工程界从业人员一直关心、思考的问题，我迫切地想知道这些问题的研究进展。

如前所述，从 2002 年到 2005 年，我陆续主持或参与了“中德工程教育比较研究”、“中国工程教育专业鉴定制度构建研究”、“清华大学工科实践教育改革与发展研究”、“中国重大工程项目中优秀工程师的成长机制研究”等项目。研究过程中，因为项目的需求我先后前往美国伊利诺伊大学（香槟分校）、德国亚琛工业技术大学、加拿大萨斯卡彻文大学及多伦多大学等世界名校考察其工科教育。但是，令人汗颜的是当时似乎仅限于完成项目，并没有足够深入思考研究这些问题的意义。

2007—2008 年度，我获得美国富布赖特基金会资助到麻省理工学院的国际研究中心（the Center for International Studies, MIT）进行为期一年的学术研究。在我赴美国波城之前，曾经和清华大学副校长、教育研究院院长谢维和教授有过一次谈话，他认为清华大学在未来一段时间应该在工程教育研究方面做更多工作，并且鼓励我继续投入精力做些有价值的探索。

我带着这些问题来到麻省理工学院国际研究中心。在研究过程中，我发现其实我所关注的某些问题已经有一定基础，当然与过去 5 年来我在工程教育方面收集积累的研究资料有关。更可喜的是，当我真的和国际同行坐在一起讨论工程师培养的问题时，常

常感到在工程师的教育培养中,通识教育是个难以绕开的话题。我欣喜地发现,在深化我以往有关高等教育之“通专结合”的学术观点时,工程教育研究是个非常好的载体和视角。于是,我想利用 MIT、哈佛大学卓越的研究条件,把曾经思考过的种种问题进行系统的研究和整理。这本书的种子也是从那时开始生根发芽的。

2007 年下半年,我常和在 MIT 的合作教授格茜克(Patricia Gercick)一起讨论问题,她和我谈得最多的是“工程教育的国际化”问题;另一个合作教授魏迪格(Bernd Widdig)和我谈得更多的是“工程师的培养”、“人才的国际流动”。2008 年春季学期,我又进入了波士顿学院(Boston College)国际高等教育研究中心主任菲利普·阿尔特巴赫(Philip Altabach)教授的课堂,参加了他主持的博士生课程“国际高等教育”的讨论。课堂内外我和他多次交流了研究题目,他不仅给我提供了相关的重要资料,而且提供了重要的交流机会。我们一起在哈佛大学教育学院参加了“全球化与高等教育”主题的论坛……那段时期,我觉得自己几乎被无所不在的工程教育淹没了。

2007 年美国工程界反响最大的问题之一是白领阶层的工程技术人员的工作大量被外包到发展中国家,尤其是印度。相比之下,欧美国家却长期把大量的蓝领阶层工作外包到中国。这种来自国际劳动力外部市场的划分对我思想的冲击较大,迫使我对工程行业、工程师职业、工程教育重新审视。全球化如此深刻地影响了工程行业,也势必对工程教育产生影响。作为教育研究工作者,我们始终关注的最重要的焦点是“人”,“人”是教育的灵魂和精髓,人是一切教育工作的起点。对工程教育的思考也是如此。

工程教育首先要明确培养什么样的工程师？大学应为未来的卓越工程师奠定什么样的基础，即“培养什么样的人”，这是高等工程教育首先要解决的问题。放眼国际，在经济和科技快速发展的背景下，各国都在研究需要什么样的工程人才。20 世纪 90 年代，美国提出了工程教育“回归工程”；进入新世纪，又致力于培养具有创新能力和领袖素质的高水平工程技术人才。欧洲一体化以后，欧洲高校进一步加强了与工业界的紧密结合，通过加强校际协作、学生交流等促进工程人才培养的国际化。日本、韩国、印度等国把实行产学结合、培养创新型工程科技人才作为工程教育改革的重点。虽然各国都有各自的特色和特殊情况，但在工程技术人才培养上却有着共识：强调工程师强烈的社会责任感；加强工程师的综合素质培养；实施领导力培训计划，培养工科学生引领本国和世界工程科技发展的能力；培养工程师的国际视野和跨文化交流能力。

针对我国工业发展的实际，有专家指出，我国工程师的需求正在逐步呈现出多元化、多样化的发展趋势。我国在 21 世纪的发展中迫切需要五种类型的工程师：一是以解决实际工程技术问题为主的专业技术工程师；二是以科技研发为主的研究导向型工程师；三是以多种专业知识交叉应用为主的技术集成创新型工程师；四是以创新设计为主的产品创意设计型工程师；五是侧重于创业与市场开发能力的经营管理型工程师。高等工程教育要健全和完善创新型工程科技人才的培养模式，主动适应多元化和多样化的外部人才需求变化，核心是培养创新能力强、适应国家经济社会发展需要的各类优秀工程科技人才。无疑，这些讨论是适时、敏锐、深刻的。

实事求是地看,改革开放 30 多年,中国能够实现工业化建设的快速推进,是 20 世纪 50 和 60 年代我国高等工程教育大发展带来的巨大“红利”,当今我国工程科技各行业的领军前辈很多是在这个时期接受的高等教育。可以说,没有 20 世纪 50 和 60 年代高等工程教育的发展,中国 80 年代以后的工业化建设就会受到很大的影响。从这个意义上讲,加紧培养一批创新意识强,能够适应经济和社会发展需求的各类工程科技人才,提高科技创新能力,对于加快经济发展方式的转变、实现未来我国经济社会的持续发展,具有重要意义。

根据统计资料显示,到 2008 年,全国开设有工程类专业的高等学校达到 981 所,占普通高等学校总量的 43%;工程类在校研究生、本科生和专科生规模达 773.3 万人,占当年全国高校在校生总量的 36%。全国的工程科技人员总量也超过 1400 多万人。我国已经成为名副其实的工程教育大国。然而,大而不强、多而不精,工程教育普遍缺乏创新性和实践性,一直是困扰我国高等工程教育改革与发展多年的难题。如何能够让中国的工程师“卓越”起来,如何能够让中国培养出具有国际竞争力的工程科技人才,是我们下一步要着力的方向。

当下,适应外部环境的迅速变化,培养和造就出能够满足经济社会发展需求的高水平工程师,已成为工程教育界乃至全社会普遍关注的问题。进入新世纪,我国的高等工程教育改革面临着巨大的挑战。我国经济发展方式转变和产业结构转型,以及加快推进创新型国家建设,要求科技界、教育界及产业界必须解放思想、加快探索创新型工程科技人才培养路径。过去,我们的高等工程教育模式深受前苏联、美国以及德国等诸多国家的影响,现在我们

在借鉴国外优秀经验的同时,更需要主动探索适应我国国情的工程科技人才培养模式。

国际金融危机以后,美国等发达国家将“再工业化”作为重塑竞争优势的重要战略,通过大力发展先进制造业,重新回归实体经济,创造新的经济增长点,带来新的就业岗位,摆脱当前危机。发达国家实施“再工业化”战略将对我国的工业化产生巨大的影响,我国与发达国家之间的竞争将更加激烈。美国麻省理工学院前任校长、现任工程院院长查尔斯·威斯特(Charles Vest)指出,“拥有最好工程人才的国家占据着经济竞争和产业优势的核心地位”。很多国家都将工程科技人才培养提升到国家的战略高度。

面对我国工业界的需求和国际高等工程教育的前所未有的发展趋势,如何加快推进高等工程教育改革发展;如何构建布局合理、结构优化、类型多样、主动适应经济社会发展需要的、具有中国特色的社会主义现代高等工程教育体系;如何思考和解决我国工程教育教学中的弊端与问题;以及我国作为世界上总人口最多、劳动力人口最多、教育人口最多的国家,如何从把工程技术人力资源大国转变为工程技术人力资源强国,等等。这些问题既有来自教育内部的问题,也有社会焦点问题在教育中的集中反映。

当然,本书不可能勾勒出一个具有中国特色的工程教育发展路线图,但是在本书的主题下,希望对某些重要议题做些有意义的探讨。笔者希望就如下问题进行探讨:第一,转型期中国经济、社会及文化发展需要什么样的工程师?第二,中国究竟需要一个什

么样的工程技术人才培养体系？第三，工程教育教学改革的发展趋势如何？本书对这些问题的考察，既有理论层次上严肃的分析讨论，也有横向的国际比较；既有事实的陈述，也有力图客观的评价。笔者希望这个研究是对国内外工程技术人才教育与培养历程的回顾，也可以成为对未来发展趋势的展望。

循此思路，本书在比较各国工程师职业历史和现状、工程师教育的特征、问题及趋势的基础上，力图以我国工科人才培养机制、工科人才教育中的规律性问题探讨为主线讨论主要问题。

全书包括以下四部分。

第一部分，理论篇。主要探讨工程师职业发展的历史及现状，并延伸到讨论工科人才培养目标问题。本部分可分为三章：

第一章，30年来工程教育研究的文献综述。作者对改革开放30年来工程教育比较研究的文献进行了综述、评估和分析，提出了本研究关注的问题，在此基础上确定了本研究探讨的几个主要问题及相关研究方法。

第二章，工程师职业发展简史。工程师是一个具有悠久发展历史的职业，一部工程师史也就是凭借工程科技人才通过一个个工程项目一步步改善人类生活环境、提高生活质量的历史。笔者在对工程师职业发展史进行回顾的基础上，分别对工程师职业的性质与工程知识之特征进行了界定。

第三章，欧美工程师的社会角色和工程教育目标。本章拟从工程伦理学、社会学角度就工程师职业在当今社会文化中的地位和作用，以及世界各国对工程师职业特性、社会角色期待等问题加以讨论，同时探索不同工程文化及其对工程科技人才培

养的影响,以及世界主要国家对新型工程师的社会角色期待的异同。

从国际比较视野探讨以上问题,是中国新型工程教育在确定其培养目标时的一个理论基础,是任何工程教育改革需要首先明确的理论问题,这些讨论可以帮助我们回应一些经常在实践中令人困扰的问题。例如,从雇佣技术人员到国家精英,中国的工程教育究竟选择单一目标还是多层次目标问题,如何认识中国工程师成长和工程教育的问题,政府制定政策吸引优秀人才学习工科的必要性问题,等等。

第二部分,体制篇。本部分探讨了中国工科人才培养体系改革问题。这一层次的问题相当复杂,不可能面面俱到,因此本书作者只选取与此相关的两个典型问题在第四、第五章中进行了探讨。

第四章,美、德工程技术人才教育体系的比较研究。德国、美国工程教育几乎同时肇始于19世纪初期,但在发展的过程中形成了不同的价值取向。本章首先概要地梳理了美国、德国两种工程技术人才教育体系分别体现出的“陀螺型”、“不倒翁型”结构特征,进而考察了19世纪60年代至20世纪20年代两国工程技术教育体系变迁过程,探讨形成各自特征的历史制度渊源。本章重点在于阐释上述两种各具特色工程技术人才培养体系的形成,主要是该时期内两国与工程教育的相关利益群体——政府、专业学术团体、产业界、大学——之间利益相互诉求与不断达成共识的结果。据此,作者指出,我国工程技术教育改革逻辑不应是对某个发达国家教育体系的简单模仿,而应立足于我国当前社会转型期产业结构与发展需要来完善自己的工程技术教育体系。

第五章,美、德工程教育专业鉴定的历史制度主义分析。本章

旨在从历史制度主义视角梳理德国高等工程教育专业认证制度的均衡系统及其特征。首先从历史制度主义之“历史观”探察该制度创设之初两国独特的社会历史背景,叙述制度发展的史实经过,描述该制度的发展路径;在此基础上,遵循历史制度主义的“结构观”和“均衡观”,分析该制度的利益主体及其参与机制,以及最后所形成的制度均衡系统及其特征。最后,对中国工程教育专业鉴定现状作了介绍,并对其中的相关问题作了讨论,也给出了初步的改进建议。

工程教育的质量保障机制——鉴定制度在美、德两国各有不同,但同样成功。中国的工程教育专业鉴定制度意欲如何?本书采用历史制度主义的分析范式讨论了美国 ABET 和德国的 ASSIN 两种制度的均衡性、稳定性,以及两种制度在本国产生变迁的模式,本书将其分别称为“诱致性”变迁(美国)和“强制性”变迁(德国),本书讨论此两种变迁模式对于两种制度在本国嵌入后的均衡性之贡献,并在此基础上讨论中国工程教育鉴定制度构建中必须关注的问题。

第三部分,课程与教学篇。本部分讨论了工科教育、教学发展史上贯彻始终、持续充满张力的两对矛盾,即“实践”与“理论”、“通识”与“专识”。整个高等工科课程与教学史,就是“实践”与“理论”、“通识”与“专识”的冲突与调和史。不同国家、不同学校对这两对矛盾的处理方式是不同的,体现出他们对工科人才培养规律的认识有所不同。在我国,这两个问题均为改革开放后直至目前我国工程教育界普遍关注、但又始终没有解决得很好的问题。本书分别在第六章、第七章中对这两对矛盾的演变过程、特点、内在规律及趋势进行了深入考察。包括:

第六章,CDIO 与工程教育中的“理论”与“实践”问题。作者以目前讨论较多的工程教育中的 CDIO 教学改革为切入点,梳理了工程行业和工程教育在欧美国家发展的不同轨迹,及其对工程教育的不同影响。无论在欧洲还是美国,工程教育均起源于国家基础建设及军事需要。19 世纪末 20 世纪初,科学被认为是工程的基础,自此后,理论和实践的关系在工程教育中一直是争论的焦点,直到目前还困扰着现代工程教育。工程教育发展历史表明,不同国家处理这一争论的方式有所不同。在美国,教育界在理论与实践之间如同“钟摆”不断寻找平衡;而在欧洲,双元制的工程教育体系分别侧重于工程教育的理论和实践两个侧面。第二次世界大战以后,工程需以科学为基础的观念影响更深、更广,尤其是 1960 年代后,工程教育甚至忽视了实践、经验等特性,使得“工程”与“科学”、“工程师”与“科学家”界限模糊,工程师在社会中的作用和地位受到质疑。自 1970 年代始,“回到实践”的呼声强烈。本章指出,CDIO 是对当前工程教育困境在“教”与“学”问题上的一种回答。但也指出,CDIO 只是应对目前工程教育困境的诸多解决方案中的一种。CDIO 对于不同国家、不同层次、不同具体情况的学校可能会有积极的启发意义,但并不意味着它是唯一值得借鉴的做法。

第七章,工程教育中的“通识”与“专识”问题。有关教学的另一个反复争论的问题,是通用知识和专门知识的问题。当前的知识和技能总是在变,哪些是基本的、核心的学科知识?未来工程教育中核心的内容有哪些?相应的,哪些技能可以在学校课程里完成,哪些技能可以在工作岗位上完成?本章的讨论反映出“通识”与“专识”的关系是工程技术人才培养中不能回避的一对矛盾,