

面向21世纪高等工程教育
教学内容和课程体系改革研究成果

《面向 21 世纪高等工程教育
教学内容和课程体系改革计划》
工作指导小组 编

挑战

探索

实践

第 1 集

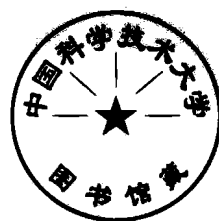
高等教育出版社

挑战 · 探索 · 实践

面向 21 世纪高等工程教育教学内容和 课程体系改革研究成果

第一集

《面向 21 世纪高等工程教育教学内容和课程
体系改革计划》工作指导小组编



高等教育出版社

(京) 112 号

图书在版编目 (CIP) 数据

挑战·探索·实践: 面向 21 世纪高等工程教育教学内容和课程体系改革研究成果 第 1 集/《面向 21 世纪高等工程教育教学内容和课程体系改革计划》工作指导小组编.
北京: 高等教育出版社, 1997. 11

ISBN 7-04-006511-8

I. 挑… II. 面… III. 高等教育-课程-教学改革-研究-中国-文集 IV. 6642.3-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 21849 号

*

高等教育出版社出版
北京沙滩后街 55 号

邮政编码: 100009 传真: 64014048 电话: 64054588

新华书店总店北京发行所发行
国防工业出版社印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 33.25 字数 820 000

1997 年 11 月第 1 版 1997 年 11 月第 1 次印刷

印数 0 001—3 055

定价 38.00 元

凡购买高等教育出版社的图书, 如有缺页、倒页、脱页等
质量问题者, 请与当地图书销售部门联系调换

版权所有, 不得翻印

编委会主任：朱传礼

副 主 任：刘志鹏

编委会成员：吴敏生 袁德宁 杨式毅
 朱荣华 李志宏 霍雅玲

我们所处的时代，是一个充满着挑战与机遇的时代，在 21 世纪即将来临之际，高等工程教育怎样改革才能适应时代发展，是我们面临的紧迫任务。为此，国家教育委员会于 1995 年 3 月提出了《面向 21 世纪高等工程教育教学内容和课程体系改革计划》，1996 年 6 月批准了第一批立项项目。第一批立项项目共 41 个，包括 236 个子项目，直接参加课题的院校有 107 所，主要研究人员 2 300 多人。与历史上历次教学改革相比较，这是一个有组织、立意新、起点高、较系统的教学改革计划。实施这一计划的目标是：经过几年的努力，使我国高等工程教育的教学内容、课程体系和教学方法相对落后于经济和社会发展的状况有一个较大的改观；探索适应新时期要求的各类高等工程技术人才的培养模式；在教育思想和教育观念上有较大的更新，为今后大范围提高我国高等工程教育教学水平和教育质量奠定良好的基础。目前参加各个项目研究和实践的人员正在积极、认真地开展工作，许多项目已取得可喜的进展，有些已取得阶段性成果。这里奉献给大家的主要是这一计划经过一年多的探索与实践取得的部分成果，这些成果标志着《面向 21 世纪高等工程教育教学内容和课程体系改革计划》已进展到实质性阶段。

高等工程教育教学内容和课程体系改革是一项复杂的系统工程，在改革计划已进展到实质性阶段时，为了进一步推进这一改革计划的实施，对以下几方面问题应给予充分重视：实施改革计划要有正确的指导思想，总体思路既要与全球社会发展的总趋势相协调，更要从我国将长期处于社会主义初级阶段这一基本国情出发；更新教育思想和教育观念是先导，参加改革计划的全体人员应积极进行教育思想和教育观念的研究，并应贯穿于改革计划实施的全过程；人才培养模式的定位是教学内容和课程体系改革的出发点，教学内容和课程体系改革要紧密结合人才培养模式的改革和新修订的本科专业目录进行，以专业类的教学改革为结合点，把高等工程教育基础性研究课题与系列课程改革课题有机地结合起来，处理好局部与整体的关系，探索整体优化的专业类培养方案；改革计划的实施既要进行理论探索，更应注重实践，在实践中要处理好点与面的关系，各校应结合本校实际情况在点上进行“小范围、大幅度”的试点，面上的改革不是简单地推广点上的经验，而是一个结合实际情况的再创造的过程，宜稳妥进行；要进一步做好宣传、动员工作，完善有关政策，激励教学第一线的优秀教师投身到教学改革的研究与实践之中来。

《挑战·探索·实践》第一集所汇集的文章是几千名教育工作者辛勤耕耘的成果。这些成果既有理论探索，又有实践经验的总结，对上面所列出的问题也基本涉及到了。我们相信，这本书的出版，不仅有利于各课题组之间加强联系和交流，促进改革计划顺利实施，而且对各高等学校的教学内容、课程体系和教学方法的改革，也会产生积极的推动作用。我们期望，在《挑战·探索·实践》第二集出版时，将会有更多更优秀的成果涌现出来。

国家教育委员会高等教育司

1997 年 9 月

前言

《面向 21 世纪高等工程教育教学内容和课程体系改革计划》(以下简称《计划》)的提出和实施,意义重大,影响深远。因为教学内容和课程体系的改革是当前教学改革的重点和难点。它涉及到教育思想和教育观念、专业调整、课程结构、教学内容、教学方法和手段、教学管理等许多方面的理论与实践问题。通过研究与实践,使改革取得突破性进展和实效,将会从整体上提高人才培养质量,更好地实现教育的“两个重要转变”,把高水平、高效益的高等教育带入 21 世纪。

《面向 21 世纪高等工程教育教学内容和课程体系改革计划》于 1995 年 3 月提出,1996 年 6 月正式批准了第一批立项项目,共 41 项(含 236 个子项目)。参加课题研究的学校达 107 所,参加项目研究的主要研究人员达 2 300 余人。

各个项目立项以来,在改革思路及有关理论研讨、新课程体系构建、教学内容更新与重组、人才培养模式试点、教学管理与评价标准的相应改革、新教材编写设想与规划、实践教学的强化等诸多方面,都做了大量卓有成效的工作,取得了可喜的进展,不少项目已取得较好的阶段性成果。

为了促进项目之间的联系与交流,及时互相学习、借鉴,进一步推动《计划》的实施。受国家教育委员会高等教育司委托,由《面向 21 世纪高等工程教育教学内容和课程体系改革计划》工作指导小组组织,每年出一本《挑战·探索·实践》文集,及时将 41 项课题的主要有代表性的阶段研究成果推荐给大家。1997 年 4 月,国家教育委员会发出教高司便[1997]4 号通知后,各课题参加单位踊跃寄稿,承办单位北京理工大学也专门成立了编辑组,在国家教育委员会高等教育司和编委会的指导下,编辑组本着选取反映《计划》课题的阶段研究成果,论文质量较高,以及成果的广泛性等原则,进行了精心筛选和严格地审稿、编辑,择优选出 77 篇论文,经工作指导小组研究确定,形成了本书的第一集。诚望它面临世纪之交,在教育思想和教育观念的改革、建立适应我国社会主义建设所需要的各具特色的高等工程人才培养模式及相应的教学内容和课程体系、教学方法改革上,在提高教学质量等一些主要问题上,能给读者以启迪。

参加本书(第一集)编辑的同志有:霍雅玲(主编)、杨式毅(副主编)、席巧娟、杨东平、宋钺、林彤。

这一文集能够成功出版,应该感谢各课题参加学校提供了较多的供选论文,也感谢高等教育出版社所给予的支持。

文集的篇幅有限,各校阶段性成果很多,只能有其中的部分论文入选,而且部分过长的文章也略有删节。限于我们的水平与联系的不便,难免有编辑上的疏漏与不当之处,诚恳希望大学批评指正。

编者

1997 年 9 月

责任编辑	鲍 涌
封面设计	刘晓翔
责任绘图	汪 婷
版式设计	马静如
责任校对	王效珍
责任印制	宋克学

000000

000000

目 录

第一部分 人才素质要求与培养模式

工业创新和高等工程教育改革	路甬祥 王沛民 (1)
“重点理工大学培养的人才素质要求与人才培养模式的研究与 改革实践”课题的研究思路和体会	北京七校课题组 (8)
重点理工大学工程人才素质培养研究	北京七校课题组 (14)
重点理工大学人才培养模式研究报告	北京七校课题组 (21)
更新思想观念 推进人才培养模式和课程体系改革	袁德宁 (34)
关于清华大学教育教学改革若干问题的思考	吴敏生 (40)
迎接跨世纪挑战,创建具有哈工大特色的人才培养模式	刘家琦 (46)
当代中国社会主义市场经济条件下社会对高等工程 人才人文素质的要求	北京科技大学课题组 (50)
关于工业工程 (IE) 复合型人才培养的思考	张思复 易树平 陈晓慧 (60)
一般工科院校人才培养模式的总体设计研究	北京轻工业学院课题组 (63)
面向 21 世纪工科人才全面素质教育大纲的基本框架	王端庆 (78)
一般工科院校培养的人才素质要求与基本规格	长沙铁道学院课题组 (88)
一般工科院校的人才培养模式	长沙铁道学院课题组 (93)
21 世纪地方工科院校人才培养素质和人才培养模式的探讨	北京工业大学课题组 (101)
工程本科生培养模式的研究	浙江工业大学课题组 (106)
福建区域工业经济的发展对工科人才的素质 要求调查与分析	林卫国 陈兴明 郑威 陈尚义 (112)
“校企合作、学工交替、回归培养、共同育人”的 311 教育模式的 研究与实践	王洪斌 叶景楼 孙宝铮 (119)
高等工程专科教育在高等教育中的地位和任务	常州工业技术学院课题组 (123)
高等工程专科教育人才培养模式研究	常州工业技术学院课题组 (136)
高等工科院校实践性教学环节设置的历史回顾 与今后发展的探索	西北工业大学课题组 (147)
中国高校工业培训及其发展趋势的研究	赵月望 (154)
高等工科院校实验和工程实践教学改革方案的研究	华北电力大学课题组 (159)
在江苏省进行高等工程教育社会调查试点的情况报告	联合调查组 (164)
理工科大学毕业生在深圳特区的社会适应性研究 (节选)	俞晶 (177)

第二部分 专业人才培养方案及教学内容体系改革

关于材料类专业教学计划整体框架的初步设想	朱荣华 柯俊 孙祖庆 (187)
“工程学基础”教学内容的初步设计	北京科技大学“工程学基础”教改小组 (198)

“工程设计”课程设计及初步实践	滕向阳 (204)
增强适应 优化整体——机械类专业人才培养方案及教学内容体系	
改革的研究与实践	杨叔子 张福润 (207)
机械工程及自动化专业课程体系初探	张济生 任光胜 王奕 (212)
我国金属材料类专业人才素质现状的调查分析研究	姜茂发 施月循 (217)
21 世纪金属材料类专业人才培养方案的研究	赵刚 郝士明 (223)
无机非金属材料科学与工程专业教学改革初探	刘顺妮 朱小英 尚钢 张联盟 (227)
浅论化工专业课程体系与教学内容的重组与改革	朱子彬 乐清华 (230)
对电气信息类人才培养模式和课程体系改革中几个问题的思考	曾祥仁 严欣平 (235)
石油工程专业教学改革的实施方案	
与近期进展	石油高校石油工程专业教学改革项目组 (239)
军工类专业人才培养方案及教学体系改革的研究与实践	兵总教育局等立项课题组 (246)

第三部分 系列课程内容体系改革

工科数学教学改革的总体构想和指导思想	马知恩 王绵森 (251)
适应科技发展 转变教育思想 努力做好物理系列课程	
教学内容与课程体系改革的研究与实践工作	林铁生 吴柳 (256)
工科大学物理实验课程改革初步方案	王玉凤 (261)
关于编写面向 21 世纪工科物理教材的思考与设想	王彬 (272)
关于能力、素质的量化与大学物理考核改革	陈强 (276)
面向 21 世纪工科(化工类)化学系列课程体系改革初探	天津大学化学系 (284)
工科化学系列课程改革实施方案	华东理工大学课题组 (288)
工科化学课程体系及内容改革的研究与实践	徐崇泉 强亮生 胡立江 蒋宏第 (292)
面向未来加强素质教育 构建工科大学化学新的	
教学内容和课程体系	曾政权 刘咏秋 曹渊 甘孟瑜 张云怀 (295)
工科高校人文社会科学课程改革实验初探	周湘斌 (299)
清末民初至 1990 年近百年来中国高等理工科院校	
人文社会科学课程设置	西北工业大学课题组 (304)
重视转变教学思想 做好系列课程改革——力学系列课程改革一年小结	范钦珊 (310)
计算机基础教育改革的研究和实践	西安交通大学课题组 (319)
在更新教学内容的基础上建设计算机基础	
课程的新体系	华东理工大学计算机课程改革课题组 (324)
电工、电子课程体系改革的实践与思考	邹寿彬 彭容修 吴鸿修 孙亲锡 (328)
面向 21 世纪的电工电子实验室建设	李哲英 (333)
以培养设计能力为主线改革机械基础课群教学内容体系	庞思勤 张同庄 焦永和 (339)
以培养设计能力为主线改革机械基础系列课程	吴瑞祥 佟国治 郭卫东 唐劲松 (344)

第四部分 现代教育技术的应用与研究

- 教学信息集成——CAI 发展的重要方向 黄卫祖 赵雯 吕雅文 李金文 (347)
- 建设数学实验与数学教学 CAI 环节, 培养学生科学
计算能力和创新意识 白峰杉 蒋建民 蔡大用 (351)
- 基于网络的多媒体教学环境的研究 张晓武 魏明辉 金惠娟 (355)
- 多媒体 CAI 在现代工业培训中的应用研究 廖智勇 赵月望 (359)
- 基于万维网 (WWW) 的 CAI 课件管理应用系统 王洪 贾卓生 唐梅 (363)
- 基于校园网的网络 EDA 系统 丰顺会 吴鸿修 (367)

第五部分 高等工业学校教学工作评价

- 高等工业学校本科教学工作评价研究报告 (节选)
..... 高等工业学校教学工作评价课题组 (371)
- 把握教学评价工作的时代特征 努力
提高评建质量 高等工业学校教学工作评价课题组 (396)
- 高校教学工作评价指标体系模型的研究 宋烈侠 (399)

第六部分 国内外比较教育研究

- 国家教育委员会工程教育考察团赴美考察报告 (409)
- 工程教育实学精神的典范 浙江大学高等教育研究所 (418)
- 美国工科非传统学位的创新实践 浙江大学高等教育研究所 (427)
- 重建工科基础课程的大手笔 浙江大学高等教育研究所 (433)
- Fraunhofer 联合体的启示与我国高等工程教育走向的探讨 吴敏生 (439)
- 面向 21 世纪美国理工大学课程体系、人才培养方法改革与发展趋势探索 张喜梅 (447)
- 世纪之交的国际高等教育评估 毕家驹 (453)
- 国外高等工程教育中人文教育状况的调查与研究 华中理工大学课题组 (458)
- 部分国家和地区 CAI 研究的现状 佟玫 阎洪森 刘树棠 张为民 (466)
- 浅论物理学应用的教学价值——国内外工科
物理教材比较研究之一得 黄瑞霖 王莉 张庆福 (471)
- 国内外化学工程专业课程体系近年动态分析 吴秋芳 齐鸣斋 (478)
- 德语国家土建类工程技术人才培养模式及教学特点分析 程鸿鑫 (495)
- 由亚琛工大化学实验教学所引起的思考 高占先 刘志广 靳长德 迟玉兰 (504)
- 瞄准国际先进水平, 办好具有我国特色的石油工程专业——
对国外石油工程教育的情况调研及分析 鄢捷年 (508)

第一部分 人才素质要求与培养模式

工业创新和高等工程教育改革

中国科学院 路甬祥

浙江大学 王沛民

工程教育起源于工业发展的需求,工业发展的规模和水平决定着工程教育的规模和水平,工程教育的水平和质量又是工业发展水平和质量的人才保证和智力基础。由于工业为三大产业和国防提供装备,为人民生活和社会发展提供物质基础和技术手段,因而它是现代国家的命脉。一个国家兴办工程教育的目的,均在于借助它为本国工业的发展提供高质量人才,进而推动经济和社会发展,以实现壮大综合国力、富民强国的宗旨。

工程教育的历史无须追溯很远,在世界上也不过近两个半世纪的历史,在中国也就约莫一个世纪。今天的天津大学、上海交通大学和浙江大学,从前身的天津中西学堂、上海南洋公学和杭州求是书院开始,也不过是百年历史。当然,新中国成立前后,尤其是改革开放以来,中国工业和工程教育的规模、质量、学科结构、综合水准,以及对国家社会的作用和贡献已不可同日而语。然而面对全球性科技和经济的剧烈竞争和合作,中国工业和工程教育也面临着更严峻的挑战。

当代科学技术的急速变化,使得“日新月异”不仅是个形容文字,更是活生生的事实。世界正处于前所未有的变化中,中国也正面临着前所未有的发展机遇。微电子与信息技术的发展,新结构材料和功能材料及其应用,生命科学和生物医学工程技术的进展,环境科学与工程进步,核科学技术、海洋、空间和地下工程等,已使人类的工程活动空间和水平,拓展到前所未有的领域、规模和高度。现代科技的蓬勃发展和奇迹般不断创新,全球和地区间政治经济的剧烈竞争和广泛合作,资源、生态环境与人类发展需求的尖锐矛盾,迫使人们努力寻求一条新的可持续发展道路。12亿人口的中国,人均资源并不富裕,发展别无他途,只能走改革开放、依靠科学技术、人民智慧勤劳、自主创新、民主法制、社会公平、生态协调的有中国特色的可持续发展的社会主义之路。正因为如此,我们对即将跨入21世纪的中国工业社会、对即将迎来新纪元的中国高等工程教育表示极大的关注,并以创新为主题来讨论它们,希望有助于深化改革与加速发展。

一、工业创新的意义和范畴

江泽民同志在全国科技大会的讲话中指出：“创新是一个民族进步的灵魂，是国家兴旺发达的不竭的动力”。创新的意义对国家民族如此，对工业和工程教育亦如此。有史以来，无论是科学进展、技术发明、经营管理、行销服务、军事战略和战术、教育培训，无不依赖于创新。尤其是在当代社会，国家的富强，民族的兴旺，乃至企业的兴衰，无不取决于对科学技术知识的学习与掌握及其创造性的开拓和应用，创新已是人类社会发展的基础和生命力所在。

航空工程的先驱者、美国加州理工大学的冯·卡门教授有句名言：“科学家研究已有的世界，工程师创造未有的世界”。原文是“Scientists study the world as it is, engineers create the world that never has been”。用术语来说，一个是“发现”，一个是“发明与革新”。两者都需要创造性和先进性，但对于认识自然界的科学研究，可以不必强调它的应用目的；然而，对于创造人工物的工程活动，以及认识其规律性的工程科学研究，就必须讲究应用目的。也就是说，必须要求它们能满足客观需要，努力探究并且解决实际问题。

另一方面，可以说科学无国界，科学知识属于全人类。但工程和技术则不然，它具有功利性，它还与当时当地的经济、文化、政治、社会、自然资源与环境密切相关并受其制约。科学发现一般都抢先发表，而技术专利和“Know How”一般有世界性的知识产权制度保护，要有偿转让，有的更是秘而不宣。许多先进技术和适用技术想买也买不到，工程更是买不来，因为它需要适合国情，在中国地方由中国人自己来营造、运作、维护与管理。

这些区别与联系，向我们展现了工程的这样一幅图景：工程，它自古以来就是以利用和改造客观世界为目标的实践。它包含非技术成份，例如经济、政治、人文社科。技术里头既有科学原理也含有非科学因素（经验的、经济的、道德法制的、艺术的、社会传统的等等）或尚未发现的科学道理，它们以综合应用的目的联结成为一个工程整体，文献里现在多用 seamless 和 holistic 等词汇来形容它。

工程师参与其中的工程活动，无论是所谓朝阳工业还是夕阳工业，都具有类似的场景。工业创新也均发生在其过程中，显然它包括科学和技术的创新。但工业创新不只是科技创新，因为前者的本质属性是为国家社会提供真实产品和服务、因时因地因事制宜地开创现实和未来。明了这个属性，可能会使我们有意识地做到继承与模仿之中有创意，引进消化之后再创新，借助天时地利人和，逐步建立有自身特色的先进而强大的工业。明了这个属性，也才可能会使我们在科技创新、勇攀高峰的同时，自觉地面向中国实际，与中国国情紧密结合起来，把它们融合到中国工业创新中来，从而为我们的经济和社会文明再造辉煌。这是想首先说明的一点。

第二点，是想说明工业创新的范畴。

为人熟知的新产品、新材料和新工艺的开发，历来是工业创新的重要内容。把高新技术转化为现实生产力，从而创造现代物质文明，这是工业创新的广阔天地。例如，设计和开发先进的生产系统与工艺，发展和监控新的能源、交通与通信系统，改进和开发崭新的农业工程、水利系统与环境工程，为公众设计和建造新的居住环境与活动空间，发明先进的医学仪器、治疗器械与保健体系，探索 and 开发空间、海洋与地下资源，等等。这些创新活动，不仅仅是涉及工业装备和技术的硬件（hardware）和技术软件（software），还在于它们之间的有机综合，形成新的概念与思想、新的结构与功能，创造出新的生产模式；同时还涉及经营管理方式的创新，行

销战略的创新, 服务和应用方式的创新, 从而创造出新的行销方式和服务体系, 新的消费和生活方式。所以说, 工业创新的范畴包含着从科技、生产到市场的整个物质、技术和信息循环中的创新活动。

现举几个例子说明。

一个是所谓“精益生产”(Lean Production)。这是麻省理工学院(MIT)在80年代末90年代初提出的新概念, 他们称之为“世纪级制造技术的核心”。这个概念随即被德国人吸收, 并在1992年宣布要以精益生产来“统一制造技术的发展方向”。亚琛工大继续发展了这个概念, 构造出一幅以精益生产为屋顶, 以即时制(Just in Time)、成组技术(Group Technology)、全面质量控制(Total Quality Control)为三根支柱, 以并行工程(Concurrent Engineering)为基础的建筑图画, 形象地描绘了21世纪的现代化生产方式和目标。显然, 这里既有新的制造技术, 又有新的管理方式, 更重要的还有一种不限于制造与管理的、以市场效益为核心的设计、开发、制造、经营这样一种全局的系统创新思想。几乎所有的设计、生产和市场行销全过程, 均能从“精益生产”得到有益的启示与借鉴。

另一个是所谓“可持续发展工程和教育”(Sustainable Development Engineering and Education)。这是美国工程师协会联合会在1994年8月一份政策声明的主题。80年代后期, “可持续发展”的概念逐步形成。但它的开端, 则是更早时候德国和其他欧洲国家在绿色和平运动旗帜下的绿色设计、绿色生产、绿色工程, 等等。现在提出的“可持续发展工程和教育”, 其要义即站在工程的立场, 在加速人类工业文明繁荣昌盛的同时, 正视世界人口爆胀、粮食短缺、资源枯竭、能源匮乏、污染加剧、生态失衡, 以及天灾人祸等问题, 致力于开发旨在资源节约化、能源与生产过程清洁化、废物再生化、环境无害化、农业生态化、社会公平协调等可持续发展理论与技术; 从工程伦理角度协调全社会创造新的价值观念、行为方式和工业规范。在工程教育方面, 则是造就一代具有环境文明意识并拥有相应科技武装的现代工程师。最近, MIT在全校实施了一项“环境工程教育与研究计划”, 为“可持续发展工程和教育”提供了实例。

再一个是所谓“宏工程”(Macro-engineering)。与我们熟悉的系统工程不同, 这个概念指的是关系全局的超大规模工程项目的规划、设计、决策和组织实施。它试图以全新综合大系统的工程概念, 运用系统动力学(SD)、结构解析(ISM)、试误分析(Try and Error Analysis)等定量和定性参半的方法, 采用协调折衷、互补共济等寻求合适而非最优的思想方法, 并且借助“any-to-any”而非“some-to-some”格式的多维巨型信息处理系统来解决自己的问题。宏工程与其说是关心系统, 不如说注重系统包络, 并重视包络外的整个系统环境。这一概念在70年代就已提了出来, 但它得到重视和发展应用则是80年代初的事。当时有两个事件起了推动作用, 一是在Robert Jackson勋爵倡导下成立了国际宏工程学会联合会, 一是在MIT开办了以19世纪的英国著名工程师、管理专家和政治外交家Isambard Kingdom Brunel命名的布律内尔讲座。我们中国也有一位国际公认的宏工程师, 他就是唐代安史之乱以后据称做过Minister的刘晏。外国人对他在公元8世纪重修大运河的方式与实践细加研究, 推崇备至, 视之为世界宏工程的范例。可惜我们对此反而研究甚少, 即使研究古代水利史的专著也是一笔带过, 更不用说联系政治、经济、地理和历史文化等其他系统综合地考察它。

综上所述, 如果我们找准了工业创新活动面向实践的立足点, 如果再站得高些, 不把工业创新活动只是看成单纯的工程技术活动, 而看成是一项社会化的经济活动, 如果再把眼光放开

些,注意到工程创新活动的社会责任,那么我们会更加深刻地看到工业创新的价值和意义,看到它对国家经济建设、科技发展和社会进步的全方位的作用;同时也会看到,当新的世纪一天天走来的时候,我们有许多地方可能还准备不足,尤其包括与工业创新和工程教育相关的思想观念,包括培养未来工程师的新观念与实践。

二、工程教育改革的几个关键主题

西方有人评论他们的大学,认为高等教育天生是个惯性很大的保守系统。高等学府中的实际权威并不是作为行政主管的校院长,而是分布密集在学科活动基层的教授们。学术组织与政府和企业的组织有许多根本的不同。由于教育改革的效果时效性更长,效果的表征更具多元和隐含性,任何革新举措都更难获得行政和学术的一致赞成。这个情况具有一定普遍性,我们应事先有个思想准备,哪怕涉及一门课程的改革也有相当难度,非朝夕之功。但是工业则不然,它直接面向市场、顾客和用户,需求和商情不仅瞬息万变,而且非得及时地不断地调整、改革与创新,否则难逃竞争败北、破产倒闭的厄运。

运动速度和运行机制是不同的两个系统,其矛盾焦点集中在培养的人才身上。现代的高等教育观要求大学自觉地把自已放在主动为社会服务的地位上,工业和社会需求是工程教育的服务对象,是工程教育存在与发展的依据,也是评价工程教育改革的最终根据。因此我们应树立起工程教育必须适应社会需求的基本观点,以及工程教育是工业和社会发展大系统中的一个子系统的基本观念,而不仅仅是为教育系统孤立的自我完善。

1. 关于目标问题

党和国家的教育方针明确指出,教育必须要“培养德、智、体全面发展的建设者和接班人”,工程教育当然不应例外。问题是要认真研究、分解细化这个总的目标,直到可以操作的程度。然而,此项工作下的功夫还不够,常常是把教育方针作为原则和口号,而改革和操作措施是本专业对知识技能要求如何、课程设置如何、分配去向如何,省略了许多中间层次,也忽略了许多重要方面。

工程教育无疑要培养工程人才,无论是侧重工程技术的,还是侧重工程科学的,抑或侧重工程管理的,他们都是未来的工程专业人员或专业人士(Professionals),都要以工程实践为基础,以实践作为立足的根本。按全面发展方针的要求,根据面向中国实际、面向未来、面向世界的需要,国家对工程专业人员的资格要有一个既合国情又便于国际接轨的明确界定;从而工业界和大学要相应对工科学生的“应知”、“应会”、“应是”(即应具备的品质)提出具体的基本的要求。工业发达国家有两句批评他们工程教育的话,一句是“技术上狭窄的工程教育”(technically narrow),学机不懂电、学电不懂机,我们这里更窄,学热加工的不懂冷加工、学流体的不懂得固体。另一句话是“狭窄于技术的工程教育”(Narrowly Technical),工科学生不懂成本、经营、管理,更缺少人文修养,我们的情况似乎更为突出。

现在已是世纪之交,时代的飞速发展和工业创新的巨大挑战,要求21世纪的工程师至少做好回答四个问题的准备。第一个是“会不会去做”。一项工程技术任务甚至科技难题放在面前,你拿不拿得起。第二个是“值不值得做”。看你能否在人、财、物和时间要求的现实约束条件下,能否经济合理地完成这项任务。第三个是“可不可以做”。看你能否在政策法规、社会公德、文化习俗允许的前提下,既遵照法律又合乎情理地把事情办成。第四个是“应不应该做”。看你能

否自觉地考虑生态的可行性,以本职的技术工作为可持续发展作出贡献。四个问题对工程教育都是基本问题,我们设想,可以按此思路去寻求答案的线索,或许能使教育方针的人才目标在工程教育中具体化,也可能便于把大学生的素质教育和中小学生的素质教育区分开来。

2. 关于模式问题

工程教育的模式本来就应当是多样的、灵活的、时变的。从高等工程教育层次看,有专科、本科、硕士、博士和博士后。从工程活动类型看,有侧重研究、设计、开发、运筹和规划的,有侧重工业现场服务的,也有较多涉及生产销售、经营管理、技术咨询服务、安全监督、质量管理、标准与法规、决策咨询,以及教育和培训的。这些学历层次和工作类型,当然应该在不同国家地区和产业部门,组合成为不同样式的工程教育。用单一模式去满足多种需要并不经济,在效率和效益两方面皆不足取。

世界工程教育模式确实五彩缤纷。不久前,欧洲工程师协会联合会搞了个“多样统一”,提出七年的欧洲工程师形成模式,包括至少三年的大学工程教育、至少一年的学习期间的工程训练、至少两年的初期工程经历,剩下一年可加到前面任何部分。这是从时间框架上和知识层次与能力结构上的规范,具体做法上则任各国各具特色。

美国工程教育协会最近也有一个报告,建议工科院校在更宽范围内考虑自己的使命并找到适当位置,建议根据情况分别选择三个基本模式之一,或者它们的组合,或者创造其他模式。第一种是以本科为主,报告建议他们把传统的技术要素与较宽的技能结合起来,如书面和口头交流、管理、经济、国际关系技能,等等。需要说明一点,美国另有一种与工程教育(EE)有区别的工程技术教育(ETE),两者都有本科,这里是指工程教育的本科。第二种是学硕贯通的模式,报告建议他们组建类似医学院和法学院那样的专业学院。以五年或六年时间完成一个含有学士学位的工程硕士学位计划。第三种是培养 Ph·D·的院校,报告建议要充分考虑到实际需要,要为 Ph·D·创造更多的就业机会。这第二种模式是美国工程教育的新模式,但在欧洲大陆已并不稀罕,这就是欧洲工科大学的本科,是一种长学制的工程教育。

最近,清华大学率先进行了六年制学硕联攻的改革,这是有远见的创新之举,它将会受到我国工业尤其是高技术产业的欢迎。我们关注这类新模式的尝试,也希望有关方面有相应的政策支持这类模式的探索。当然,中国是个发展中大国,工业的跨度和差异也很大,并经历着快速的动态发展,我们应考虑在结构和比例上既适合工业和社会当前需求,又能灵活调节和发展以应对未来发展的工程教育体制和模式。任何模式其实都是反映了对工程教育的一整套观念和做法,或者称之为“范式”(Paradigm)。新的时代呼唤新的范式。这使我们想起前面说到的一项工业创新,即精益生产。这个概念是基于对质量和效益的追求,是借助高新技术对信息社会快速多变的多样化需求的敏捷反应。工程教育培养人,实质上也是一种生产,是工程人才及其思想与创造力的“智力资源”的生产,完全可以提出“精益教育”的概念,从而创造我们的范式。

在这里,作为基础的并行工程的实际含义,就是把红与专、德育和智育、理论和实践、知与行等紧密结合,把学科的壁垒打破,把“知”、“会”、“是”三者再重新组合起来,造就全面质量和素质优秀的建设者和接班人。为了支撑起精益教育的屋顶,那种从中学校门到大学校门、从基础课课堂到专业课课堂的单调和连续式学校教育是无能为力的。至少需要有三根支柱才能使屋顶稳定:模块式的课程结构和教学环节;适时的教育内容和教育方法;从招生到求业教育

全过程的全面质量管理。我们还可以把电化教育、CAI、多媒体、远距离教育以及“虚拟大学”等,纳入精益教育这一个以学校为主要基地、企业和社会为大环境的社会化工程教育的大框架。这幅壮观的工程教育的图画并非是“VR”(虚拟现实),国际工程教育的进展已经让我们看到了它的轮廓。

3. 关于核心问题

我们多次讨论过创新设计对工程教育的重要性。中科院外籍院士西蒙教授曾说过,创新设计是所有专业训练的核心,是将专业与科学区分开的主要标志。长期以来,工程教育由于“技术上狭窄”且又“狭窄于技术”,设计被人误解为只是翻手册套公式,画工程图,声誉不佳。它大致对应着工业初期的仿制阶段。但是除了这类“常规设计”,还有所谓“创新设计”,现在很时髦的策划和创意可归到这一类。机械工业的前辈沈鸿先生谈到设计时说,设计就是想办法,是对新东西的预计,是创造新东西。可见设计不是单纯的技术工具,也不是教学计划中一般的实践环节,应当把它理解成人类创造未来的主动思维和创造行为。不仅在工程教育中需强调创新设计,在其他专业教育乃至中小学和幼儿教育,也应引进创新意识、分析综合、评价判断等创新要素的启蒙和培育。

人们已经提出设计创造是人类文明的第三种文化。学术界以往只推崇科学文化和人文文化,也有人尝试借助科学家和艺术家共同努力寻求其完美结合。第三种文化——创造设计,将使工业产品实现科技、艺术、功能和经济的统一,在现实世界开创像应用卫星与卫星应用、长二捆、大京九那样的宏大工程。

工程教育必须开阔思路,对设计教育有新的认识,利用计算机与网络等现代工具,把它提到更高的水平。一个完整的工程系统或工业循环,有设计开发、生产制造、销售运行等互相关联的基本环节。过去往往人为地将其相互割裂,尤其不把销售和服务作为工业自身的环节。事实上,工业产品的行销和售后服务是工业循环周期中最重要的实现社会价值的阶段。新的问题、新的需求、新的设想主要来自市场和用户的需求。训练有素的工程师涉足经营管理、规划和策划并参与决策,与无工程技术背景的经理相比,将有更大的竞争力。现在有技术背景的 MBA 受到欢迎,就主要起因于此。创新设计在工程实践循环中处于中心地位,因为它一方面与现实的生产制造和运行相联系,另一方面也与美学和社会伦理道德规范相联系,与比较抽象的数学和物质科学的概念、理论和工程技术实现相联系。工程的创造性、现实性、科学性和经济性将集中地体现在创新设计和优秀工程师身上。工程教育需要加强科学、加强技术、加强人文、经济管理,以及加强系统化集成的能力。因此,创新设计及其教育的地位不可低估。

工程教育的第二核心是工艺技术。工艺是创新设计得以经济、清洁、高效实现的创造性技艺,是创新设计物化的技术过程。它包含着物理、化学、生物学等物质科学的最新成果,以及在材料、工艺、检测等方面的工业创新;包括数学、信息科学、系统科学等在生产制造过程的建模、仿真、运筹、控制、监测等方面创新;包括硬件和软件在制造设备和系统中的创新集成;包含经营管理和市场营销服务的 CIMS、敏捷制造等新的概念。现代工业社会中工艺环节是不可或缺的,它也是工程教育的核心之一。然而从发展趋势看,现代工艺技术更重视新材料、新工艺、先进制造技术和系统、工艺过程的仿真、优化和监控。

工程教育的第三核心是管理和经营。工程教育不应该是单纯的科学技术教育,现代工业是以社会化的生产过程和满足社会需求为特征的产业。工程活动是社会化的工程技术和经济行为,

或工程技术的社会行为（国防工程、环境工程、医疗工程等）。无论工程目标的实现或过程的优化，都离不开科学管理和合法经营。因此，现代管理科学、经营战略、法制规范、职业道德、公关和协同等，应是现代工程教育的核心内容之一。这也是市场经济环境下的工程教育与计划经济环境下工程教育的差别。

根据上述核心内涵，每一个未来的工程师除要有相应专业业务能力外，还应具备较宽领域的相应基本知识、能力和素质，要培养现代工程师的全面素质。

4. 关于途径问题

工程教育改革与发展存在多种途径。按照创造性问题求解的理论，这是个多解命题，找到它的合适答案本身就是一个创新过程。我们以为，其中的“合作与参与”在今天尤为重要。因为教育是一个长期的积累和继续的过程，它甚至始于学前教育，直至工程师脱离工程界。可惜传统的学历教育把人们的创造性束缚了起来，应试教育的指挥棒迫使青少年走上读书应试的死胡同。工科学生到毕业还不知道工程为何物，以为工业创新就是在“一级杂志”发表论文。医科教育尚注重临床，工科教育的实验、实习恰步履维艰。陈旧的设备，短缺的经费，不足的实习机会和场所，均使得工程训练几乎有名无实。在职攻读学位和继续工程教育，也由于种种原因，始终局限在较小规模和较低水平上徘徊，尚不能满足工业发展和工程技术人员的迫切要求。所以，工程教育合作和参与的途径，需要我们进一步解放思想，更新观念，不能认为工程教育只是学校的事，工程教育必须有工业和社会的参与，中央和地方政府教育部门和工业主管部门要积极通过方针、政策法规、层次结构和质量评估等，发挥引导和宏观调控作用。院校内部，“合作和参与”的途径在于提倡多学科、跨学科协同，打破院系界限，改变本科教育和研究生教育互相割裂的局面。转换教育观念，改革教育方法，提倡启发式教育，鼓励学生主动参与和自主学习精神，努力养成未来工程师的自学能力，善于相互学习，善于协同，鼓励奉献、创新精神。许多中外杰出工程师在科技史和艺术史上是无名英雄，但他们的创新业绩和奉献精神在工程史上是不可磨灭的。要让我们的学生在工程教育的“合作和参与”中，学习前辈工程师创造未来世界的精神，理解工业创新的社会价值和意义，担起振兴中国经济、发展工程技术的光荣责任。

在结束本文的时候，我们想到中国的龙。龙是什么？兽的头，蛇的身，鱼的尾，鹰的爪，鹿的角……好像什么都不是，又可能什么都是，它能呼风唤雨，威力无比。这是中华民族想象力和创造性的象征。我国的工程教育要学习和吸收其他国家和民族的有益经验，但决不可照搬照抄。中国有自己的传统和国情，有自己的发展阶段。我们应该走一条博采众长，自主创新之路。坚持发扬实事求是、开拓创新精神，“面向现代化，面向世界，面向未来”，我国的高等工程教育和工业发展一定能取得突破性进展，东方的巨龙一定会在下个世纪腾飞。