

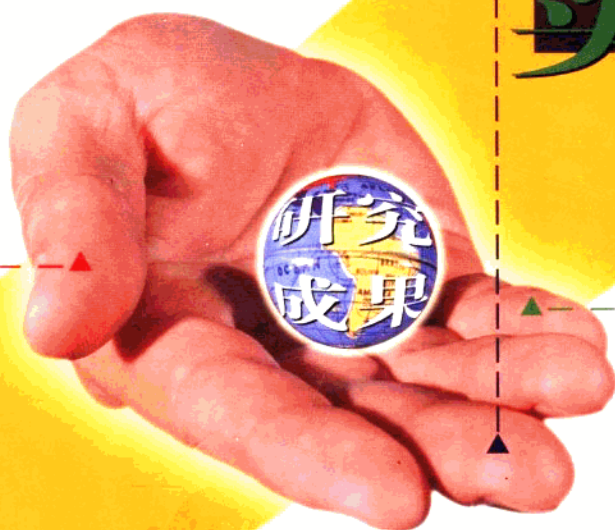
面向二十一世纪高等理工科教育教学
内容和课程体系改革研究成果

挑战

探索

实践

《面向二十一世纪高等理工科教育教学内容和课程体系改革计划》工作指导小组编



北京航空航天大学出版社

第二集

G642.10
8/2

挑战·探索·实践

面向 21 世纪高等理工科教育教学内容和
课程体系改革研究成果

第二集

《面向 21 世纪高等理工科教育教学内容和课程
体系改革计划》工作指导小组编

北京航空航天大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

挑战·探索·实践 第2集/钟秉林主编. —北京:北京
航空航天大学出版社, 1999.8
ISBN 7-81012-915-5

I.挑… II.钟… III.高等教育—课程—教学改革—研究
—中国—文集 IV.0642.3—53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 28514 号

挑战·探索·实践

(第二集)

编委会主任 钟秉林

责任编辑 娄铁军

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市学院路 37 号(100083) 82317024(发行部电话)

北京市宏文印刷厂印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:34.25 字数:877 千字

1999 年 10 月第 1 版 1999 年 10 月第 1 次印刷 印数:4000 册

ISBN 7-81012-915-5/G·079 定价:45.00 元

编委会主任 钟秉林

副主任 刘志鹏 陈孝戴

编委会成员 (按姓氏笔画)

刘志鹏 李志宏 李克安 孙丽为

沈颂华 朱荣华 吴敏生 陈孝戴

杨式毅 张彦通 钟秉林 袁德宁

葛道凯 雲子厚

序

“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”(简称教改计划)是教育部为使我国高等教育适应并促进社会发展,迎接 21 世纪挑战而实施的重大教学改革项目。这一有组织、立意新、起点高、较系统的教改计划,经过几年的努力已经取得重大进展。目前,几百个新教学改革方案正在试行,约 1 000 本面向 21 世纪的课程教材正在组织编写(有些已出版)。在“教改计划”中,高等理科和高等工程教育的课题占了较大的比重,并吸引了许多院士和知名专家、教授参与了研究工作,涌现出一批高水平的研究成果。这里奉献给大家的就是高等理科和工程教育的“教改计划”经过几年的探索与实践取得的部分成果。从这些课题成果可以看出,“教改计划”经过方案论证,目前已经进入攻坚阶段,预计今后 1~3 年内将会涌现出一批实质性成果。

教学改革是一项复杂的系统工程。为了使“教改计划”顺利完成并取得预期的成果,在“教改计划”进展到攻坚阶段时,对以下几方面问题应给予充分重视:① 教育思想和教育观念的研讨要贯穿在教学改革的始终,参与改革研究与实践的师生应结合社会的发展和改革实践不断转变教育思想和教育观念,并把研讨成果体现在最终的课题研究成果中;② 教学内容和课程体系的改革要紧密结合人才培养模式,以专业类的教学改革为结合点,处理好局部与整体关系,要整体优化;③ 要处理好点与面的关系,面上的改革不是简单推广点上取得的经验,而是一个结合实际情况的再创造过程,宜积极稳妥进行;④ 加强教改项目的联系与交流,例如,通过加强理工科之间、专业之间、课程之间、教改项目与基地建设之间的联系,促进各项目之间观念上交融、思路上借鉴、操作上协调,使目标的一致性得到充分体现;⑤ 教学内容、课程体系改革与教学方法、教学手段改革要相辅相成,在教学内容、课程体系改革要与教学方法与教学手段的改革同步;⑥ 要结合校内管理体制改革的改革,进一步完善有关政策,激励教学第一线的优秀教师特别是中青年教师投身到改革的研究与实践中来,以保证“教改计划”的顺利实施和改革成果的延续性。

在“教改计划”中理科有 27 个大项目,197 个子项目,工科有 41 个大项目,236 个子项目,直接参与研究的教师有几千名。《挑战·探索·实践》第二集中汇集的文章是从这些课题组推荐的 400 多篇文章中精选而出,是几千名参与研究与实践的教育工作者辛勤耕耘的成果。这些成果既有理论探索,又有实践经验总结,与《挑战·探索·实践》第一集相比,第二集有了三方面明显的变化:一是将理科与工科教改成果合为一集,这有利于理工科之间交流与合作;二是各课题的研究工作更加深入,方案更加具体,可借鉴性强;三是增加了相当数量的一般院校的研究成果,体现了分类指导的思想。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与交流,进一步提高研究工作的水平和质量,而且对各高等学校教学改革也会产生积极的推动作用。21 世纪是一个充满挑战与机遇的时代。当前适逢党中央国务院明确提出科教兴国,深化教育改革,全面推行素质教育为根本宗旨,为实施科教兴国战略奠定坚实的人才和知识基

础。这为高等教育改革与发展指出了明确方向,让我们继续努力,进一步开创高等教育改革与发展的新局面。

教育部高等教育司 钟秉林

1999年6月

前 言

“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”(简称教改计划)从 1995 年初全面启动以来,至今多数项目已经进入攻坚阶段,部分项目已经进入收获期。

为了促进项目之间的联系与交流,及时相互学习、借鉴,进一步推动“教改计划”的进行,受国家教育部高教司委托,由“教改计划”理工科工作指导小组组织,争取每年出一本《挑战·探索·实践》文集。第一集已经于 1997 年底由高等教育出版社出版。本书为第二集。

1998 年 11 月,教育部高教司发出了“关于报送面向 21 世纪高等理工教育教学内容和课程体系改革计划阶段成果的通知”(教高司理工便[1998]1 号),并确定第二集的编辑工作委托北京航空航天大学负责。承办单位北京航空航天大学成立了编辑组,在教育部高教司和编委会的指导下积极进行了编辑工作。编辑组共收到各项目、各学校报送的阶段成果论文 420 篇,但是各项目、各学校报送的阶段成果论文的数量和质量是不平衡的。由于文集篇幅的限制,在报送来的很多很好的成果论文中,只能有部分论文入选(后来我们知道还有一些更好的阶段成果论文,因为各种原因未能及时报送到编辑组来)。为了在有限的篇幅内尽量增加有效信息,我们对各篇论文中重复的内容作了删节,来不及与作者商量,请谅解。

根据教育部高教司和编委会的指导意见,与第一集相比,第二集有三方面的变化:一是由于“人才培养的总体设计”在第一集中已经有比较多的选入,所以第二集主要篇幅用于“主要专业大类人才培养方案的整体优化”和“系列课程的内容体系改革”,而且随着研究工作的深入,方案都更加具体;二是把理科和工科的成果合并安排,便于理工科之间的比较与交流;三是选入了相当数量的一般院校、地方院校的成果,体现分类指导的思想。

参加本书编辑的同志有:陈孝戴(主编)、沈颂华(副主编)、张彦通、赵竞全、周延泽、王群。同时,魏晓民、秦安琳、董少英等同志为本书报送论文材料的整理作了大量具体工作。

本文集能够成功出版,应该感谢各项目、各学校提供了多而好的供选论文,也感谢北京航空航天大学出版社给予的大力支持。

限于我们的水平和联系的手段,编辑上难免有疏漏与不当之处,诚恳希望大家批评指正。

编者

1999 年 6 月

目 录

第一部分 人才培养的总体设计和实践

对现代工程教育的认识和思考	余心根、霍绍周	1
创新的教育,教育的创新	徐乃庄	14
一般工科院校本科培养模式的研究	沈阳工业大学课题组	18
地方工科院校人才培养方案的研究	地方工科院校教改协作组	22
高等工程专科人才培养模式的研究报告	高等工程专科教育课题组	28
关于制定工科本科专业教学计划若干问题的研究	朱荣华、毛祖恒、江丕权、许茂祖、曾平荣、郭景文	32
建立体现大工程观念的新型课程体系	北京科技大学	38
工科基础教育内容和体系的研究	陈孝戴	47
工程教育实验与实践教学体系改革的实施方案及实践进展	华北电力大学课题组	55
按照新的专业目录修订教学计划的实践	北京理工大学教务处	61
推进平台课群建设制定宽口径专业培养计划	东北大学	66
一般工科院校优化培养方案的研究与实践	北京轻工业学院	74
把教改成果固化到培养计划和培养过程中的探索与实践	长沙铁道学院	82
中国工程学位与工程师资格通行世界的必由之路	毕家驹	91

第二部分 主要专业大类人才培养方案的整体优化

生物学类教学内容基本要求	高等理科生物学教学指导委员会	97
“高等学校生物学试题库”的研制与应用	高等理科生物学教学指导委员会	108
对“环境学”内容体系的新探索	左玉辉	112
生态学教改的新方案	陈昌笃	117
理科化学专业和应用化学专业化学教学基本内容	高等理科化学教学指导委员会	121
理科化学专业课程体系设计	高盘良、常文保、段连运	130
应用化学专业课程体系教学内容改革综述	杨宏孝	134
“化学工程与工艺”专业培养方案	高等工科化工类专业人才培养课题组	139
应用化学专业培养计划及试点方案	张季爽、曾鸽鸣、李基永、李志良	144
化工类化学系列课程改革阶段成果汇报	石油大学(北京)	147
理科材料科学专业人才培养的改革	南京大学	151
材料类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究	高等工科材料类专业人才培养课题组	156
材料类专业教学改革的探索与实践	武汉工业大学	161
“材料科学与工程”专业教学计划的思路与构成	张秀英、孙灼、左演声	166
机械设计制造及其自动化专业参考性教学方案	张福润、吴昌林、姜楷、杨叔子	170
机械工程类专业教学改革方案	大连理工大学机械工程类专业教学改革课题组	177
建设机械工程创新人才培养体系	上海交通大学	183

地方大学工程型机械类人才培养模式的探索与实践	北京工业大学	185
电气电子信息类专业人才培养方案和课程内容体系改革的研究与实践	陈笃信、沈永朝、陈怡、邹家禄	188
电气信息类专业人才培养模式改革和教学计划框架	郑大钟、袁德宁	200
电气工程与自动化专业教学计划探讨	邱捷、罗先觉、王兆安	206
电气工程与自动化类人才培养模式及课程体系改革	杨鹏、杨庆新、孙鹤旭	212
电子信息工程专业试点班教学计划及其说明	北京邮电大学	217
计算机科学面向 21 世纪的课程设置	岳丽华	223
计算机专业教学与实验环境的初步研究	王志英、张春元、穆长富、刘春林	228
土木工程专业宽口径教学计划	同济大学土木工程专业教改工作小组	233
土木工程专业教学改革与实践的探讨	湖南大学	238
土木工程专业教学计划	山东矿业学院	244
应用物理学专业教学计划改革	石油大学(华东)项目组	250
培养数学应用型人才的新模式	郑斯宁、林建华、冯思民	256
大气科学专业本科教学改革	南京大学	260
航海类专业人才知识、能力、素质结构和人才培养模式的研究	高等工科航海类专业教学指导委员会	264
地矿类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践	高等工科地矿类人才培养课题组	275
石油工程专业人才培养方案的研究与实践	江汉石油学院	280
工商管理类核心课程建设的研究	复旦大学管理学院课题组	289

第三部分 系列课程的内容体系改革

建构文化素质教育体系的理论与实践	华中理工大学课题组	295
经济管理系列课改革与实践研究	高等工科经济类管理系列课程改革课题组	302
在高校开展环境伦理教育	许鸥泳	310
体育教学改革的探索与实践	北京航空航天大学	316
工科数学教学内容和课程体系改革的研究与实践	马知恩、王绵森	322
工科数学基础的模块式教学试点	孙丽华	326
高等数学实验课建设的研究与实践	李卫国	328
关于“数学建模”课程的若干想法	雷功炎	332
数学实验课的想法和做法	李尚志	337
工科物理系列课程教学内容与课程体系改革方案	高等工科“物理系列课程改革(二)”课题组	341
普通物理课程教学改革设计	姜东光、余虹	348
大学物理实验教学内容和课程改革的探索和研究	熊永红、刘文汉	354
理科非物理专业基础物理教学改革的研究与实践	高崇伊	358
编写《基础物理学》和《基础物理学教程》的体会	陆果	372
工科普通化学与大学物理相关内容联合改革的研究与实践	哈尔滨工业大学	378
工科《普通化学》教学基本内容框架	高等工科(非化工类专业)化学课程改革课题组	382
高校工科计算机基础教学知识结构的研究	计算机基础教学改革联合课题组	386
C++ 作为程序设计入门语言的实践研究	李文军、李师贤、周晓聪	392
工科基础力学内容和体系改革的研究和实践	北京航空航天大学	400
热工课程在工科各专业人才培养中的地位及设置建议	陶文铨、何雅玲、王秋旺	404

改革机械基础课程教学内容建立新课程体系的研究与实践	黄茂林、李靖华、张济生	411
非电类专业电工电子系列课程改革方案的设想	大连理工大学	417
以“信号与系统”和“数字信号处理”为主体的教学内容、课程体系、教学方法改革实践总结	吴湘淇	424
“电子信息系统基础”是理科各专业的公共基础课程	蓝鸿翔	430
工程训练中心的建设思路和实践	张文锦	433
“工程设计初步”的设计与实践	刘胜富、滕向阳	438
“信息检索与利用”课程教学改革初探	李俊红	442

第四部分 教学方法、教学手段改革和创新教育

适应素质教育需要改革教学方法和考试方法	赵中时	445
电工电子课程教学手段改革的回顾与展望	刘兴荣	450
物理系高等数学教学方法改革的思考	曾月新、刁雅云	453
指导本科生参加科研活动的收获和体会	湖南大学	456
“CAI 公共基础研究开发”课题的进展	高等工科“CAI 公共基础研究开发”课题组	459
CAI 课件设计的技术标准	高校工科 CAI 协作组	462
实践环节中的现代教育技术应用研究	姚飞、黄大铨	467
多媒体课件制作平台的研究与实现	西安交通大学	470
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	474
教学信息检索及维护系统	魏明辉、金惠娟	477
多媒体高等数学教学面授系统的研制与实现	许家珪、谢云荪、成孝予	481
个性化·智能化·情景化高等数学测试与辅导系统的研制	卢光盛、郑威义、陶志穗	485
深化物理实验教学改革大力开展微机辅助教学	山东大学、山东工业大学	489
物理 CAI 在教学中的应用	王稼军、陈熙谋、胡望雨、周岳明	494
机械设计 CAI 的理论研究与课件开发	陈云飞	497
“模拟电子技术基础”CAI 授课模式的设计	蔡惟铮、杨春玲、齐明	501
工科化学 MMCAI 系列课件的研制与应用	大连理工大学	503
应用虚拟——多媒体技术建设冶金工程与材料工程电子音像教材	刘喜海、庞维诚、翟玉春	509
金工 CAI 的研究与推广	华南理工大学	513
创造教育的教学模式研究与初步实践	陈威	517
从《热学》课程与教材改革看基础理论课中学生创新能力的培养	秦允豪	523
《机械原理》课程考试改革与学生创新能力培养	申永胜、汤晓瑛、姚华、方嘉秋	528
利用课外时间加强学生综合能力培养的探讨	朱文坚	532
因材施教教创新为本	杨丽萍	535

第一部分 人才培养的总体设计和实践

对现代工程教育的认识和思考

中国地质大学 余心根 霍绍周

一、教育观念的转变

(一)对现代教育的反思

西方古典教育理性主义,认为教育就是为了发扬人的理性。

近代工业社会,刺激了科学的发展,科学教育受到了重视,人们认为,有价值的知识是实用知识、科学知识,而不是古典的净化人的灵魂的人文知识。在教育思想领域里确立了科学教育和实践教育的地位,开创了20世纪科学教育和技术教育的全新局面。

20世纪,科学技术不断革新和工业结构的变革引起了教育革命,经典的古典课程受到批判,新的教学内容与学科被引进,数、理、化成为学校的学科之冠!教育被看作是人力资源投资,是为科技发展和大工业生产提供后备人才的手段。教育追求技术的、经济的实际目标。学校、教师、课程教育服从于科学技术和经济发展。导致了教育重追求社会经济效益,忽视人的心灵的变化和人格的培养;重实用知识与技能的学习,而忽视人的精神和价值的实现;重大众文化的继承和传播,而忽视文化创新。

现代教育,在科学技术和大工业生产的冲击下,教育被工业化和技术化,把工业科学管理原则运用于学校教育;学生是“原料”,是被学校这架“机器”加工的对象。用标准化的程序,制造标准化的教育“产品”。导致了教育只重视知识的掌握,忽视人精神结构的完善,导致了自然科学与人文科学的冲突,全面发展和专业训练的分裂,使现代人在各自特殊的工作领域中专业化和固定化,造成了人的片面发展,人的创造性和个性越来越少。学生成为教育格式化的对象,养成了学生的依赖性和惰性,不再有创造性和想象力。

由此可见,现代教育必须把科学和人文、理性与非理性、个性与普遍性、学习和创造统一起来。这就是我们对现代教育反思的结论。

(二)教育观念的转变,培养目标的调整

教育必须是完整的教育,即教育不仅要为受教育者未来的实际物质生活作准备,还要进行

精神陶冶,达到人格的圆满。教育要在这两方面不断保持和谐和平衡,才能达到学生的全面发展。这种完整的教育体现在,关注人才培养的三个方:K(Knowledge)知识、A(Ability)能力、Q(Quality)素质和注意对学知识(to know)、学做事(to do)和学做人(to be)关系的研究。

联合国教科文组织在对 21 世纪的教育与学习、教育的地位和作用的报告中,强调“教育在社会发展和个人发展中起基础性作用”;“教育是社会的核心,是提高社会生活质量的基本手段”;“教育和各种培训已成为发展的重要推动力”等。提出未来教育的四大支柱是:

(1) 学知(learning to know),即掌握认识世界的工具。

(2) 学做(learning to do),即学会在一定的环境中工作。强调“从技能到能力”的转变。能力包括动手技能,也包括处理人际关系能力、社会行为、集体合作态度、主观能动性、交际能力、管理和解决矛盾的能力,以及敢于承担风险的精神等综合而成的能力。

(3) 学会共同生活(learning to live together),培养在人类活动中的参与和合作精神。

(4) 学会发展(learning to be),以适应和改造自己的环境。

当前,社会主义市场经济体制正在建立过程之中,在教育观念上,有几个方面的问题需要特别澄清。

教育与社会的关系 从教育要适应社会到教育应是本体,不能把教育只看作是工具,是发展经济的手段,只要求教育“适应”市场经济的发展,只重视科学技术知识的传授,忽视学生人文精神的培养。教育应是本体性存在,不应看作是政治或经济的工具。教育要为政治服务,但为政治服务不是教育的全部,教育不仅要适应社会政治经济的需要,而且要促进政治、经济的发展,教人学会有价值地生存。

教育目的 相应地应从社会本位论到个人主体论。理性、科技、实用、功利的教育观念把教育变成培养工具的行为。而现代教育的根本目的应是确立受教育者在教育中的主体地位,增强其主体意识,激发其积极性、自立性和创造性,把社会文化内化为受教育者主体结构的内容,使其发展成为有价值主体性的人。市场经济需要的是市场的主人;政治民主化进程需要的是积极参与的主体;文化与科技的进步需要的是其内化者和创造者。所以把教育目的仅只定位在培养经济建设所需要的科学技术人才上,是远远不够的。教育的目的还有建构人丰富和全面的主体性。

(三) 新教育模式和新的学生观、课程观

“教育模式”是在一定的教育理论指导下,对教育过程的组织方式作简要概括,供教育实践选择;或对教育实践经验作适当的概括,以丰富教育理论。

新的学生观认为:学生是主体,教师是主导,双方之间的对话和理解是作为二个完整的人之间的理解和沟通;学生是有差异的,有学习好的,也有差的;有学得快的,也有慢的;而重要的是提供了适当的学习条件,大多数学生在学习能力、学习态度、学习动机等方面都会少有差异。这里关键是对有差异的学生,进行有差异的教育,因材施教。

从 20 世纪初至今教育模式可用三个隐喻(加工、生长、旅游)来说明。

加工模式 把学生想象为原料,由熟练工匠依设计加工为成品。

过程模式 把教师隐喻为园丁,了解各花木(学生)的特性,给以各种养料,精心培育。根据学生生长的特点,不断调试教育过程,使学生最大限度地学习和发。

实践模式、批判模式 把教师隐喻为导游,引导学生领略风景(知识、技能、能力和态度等),游客看到什么,对什么感兴趣,取决于他们自己的背景。

前两种模式(“目标模式”、“过程模式”)学生依然处于被动状态。“批判模式”中,教师已是“导游”,是一个始终深刻批判、反思自身行为,剔除了教师传统“权威”的参与者。“批判模式”把教育置于政治文化背景下进行考察,主张充分发挥学生的能动作用,把学生的经验融汇到课堂生活中;课程设计要考虑到文化差异,把不同的文化引进课程领域;批判教师权威,让学生批判地思考一切权力结构。

学生是一个完整的人,面对的社会是政治的、经济的、科学的、文化的、艺术的各种活动,学生在社会中既要有谋取生存的能力,又要有完整的精神生活。因此,学校的课程应该是完整的,应包括:普通课程,专门课程,科学课程,人文课程。

二、工程是综合、创造、实践

(一)“工程”概念

工程(engineering)一词与发动机(engine)、创造能力(ingenious)均来源于相同的拉丁词根(ingenium),意为天赋、能力或发明,而英语中 engine(发动机)有发明之意。可见,工程一词从产生起就与发明、创造有关。

工程是一种古老的文明活动。发明、设计、创造都是工程活动的一部分,这是工程最古老的涵义。发明创造意味着精审物理、独立思考、有所发现、有所创造。

现代的工程,源于近代工业革命的兴起和工程专业的出现,在科学家和实际生产管理者之间出现了工程师。

工程是利用丰富的自然资源为人类造福的艺术(art),是把科学知识和经验知识应用于设计、制造或完成对人类有用的建设项目、机器和材料的艺术,工程范围不断扩大,工程手段日益丰富更新,但工程的强烈的实践性未变。工程就是按照人类既定的目的而使自然界人工化的过程,是组织设计和建造人工物以满足某种明确需要的实践活动。因此,搞工程必须懂得人!

(二)工程是综合、创造、实践

工程的本质,是人类创造有用的人工物的一种实践。钱学森指出:人类运用自己的智慧加工自然界原有的材料,制造出自然界原来没有的东西……这是具有特殊性质、形态、结构的人工自然物,属于人工自然,也是自然科学的研究对象。工程设计的复杂性主要是它所面临的环境(包括科学、技术、经济、政治、社会、文化、生态环境等)复杂性引起的,工程必须综合以应变,创造出人工物以满足人的需求。

工程这一实践活动,包含技术,也包含非技术,例如经济、政治、人文、社科。技术里头包含科学道理,也包含种种非科学(例如只知其然,不知其所以然的经验、熟巧、诀窍,未必知其然的直觉、灵感、想象力、创造力)。工程是以实用为目的,把技术与非技术、科学与非科学联系在一起的整体。

人工科学是工程的科学基础。工程是“人为的”,它把人的目的或意图作为一个系统纳入其生存的环境之中,才得以存在。人工科学包括三个各有侧重、相互独立的方面:分析为主的技术科学;综合为主的生产科学;兼有分析与综合的设计科学。工程构思、工程设计、工程实践,是工程活动的完整过程。其中工程设计处于核心位置,设计是创造人为事物的活动基础,必须是“硬”“软”结合的。因为人为事物的特性是建立在自然法则与自然法则以外的事物之间相互满足的界面上的。

工程的技术环境,集中在“技术可行性”的问题上。任何一项工程问题的解决不能违背客

观自然规律,不能破坏具有法律约束意义的技术标准和规范,更不能违反常识。考虑工程问题不能只“狭窄于技术”和“技术上的狭窄”。

工程面临的一个中心问题是稀缺性。因为资源——土地、资金、能源、时间、注意力——在使用上是稀缺的,所以,资源配置是关于合理性的一项任务。可见,工程与经济和管理有着内在的紧密联系。工程要受社会约束。工程活动和国家总目标密切相关。政府通过法律和政策调整工程的活动,以维护国家利益,脱离国家目标的工程是没有前途的工程。

工程活动受到文化的影响。不同文化的交流、碰撞、融合都会影响工程。

工程活动受生态环境的制约。运用工程力量“征服自然”常受到了自然的报复。生态问题成为最复杂、最尖锐的问题。提出“天人合一”可持续发展,在工程活动中,人们不得不考虑人与自然的和谐、环境污染的治理、自然资源的保护、生态平衡的恢复等事关经济发展和社会进步问题。复杂的环境决定了工程的复杂。环境的约束、限制或要求,决定了工程必须是综合的,“与环境相适应”的。

未来的工程师,面对实际的工程任务,必须顺次回答出四个问题:会不会去做(由科学环境和技术环境的约束而形成的基本问题);值不值得做(由经济环境的约束而形成的基本问题);可不可以做(由政治环境和社会文化环境的约束而形成的基本问题);应不应该做(由生态环境的约束而形成的基本问题)。

(三) 创造是工程的生命力的体现

路甬祥先生曾指出,从历史角度,有以下几种代表性的工程定义:①工程是工业的技艺或技术(工程教育发生期);②工程是科学又是技艺(本世纪上半叶);③工程是科学的应用分支(二战后至80年代);④工程是一种创造性的专业(近年明确提出)。

20世纪90年代,MIT提出工程是在物质、经济、人力、政治、法律和文化限制内满足社会需要的一种创造性专业。

工程是以创造为自己的使命。需要创造的是还没有的东西,这是工程专业的本质特征。创造有着实际的功利目的,即满足社会的需要。这又是在一系列约束条件下有限地满足社会的需要。这些约束包括问题的边界不确定或不明确。控制不明确的、非必然的事物,必须把社会、环境、市场等多因素综合考虑在解答之中。有了创造的冲动,工程师就会综合各方的条件,通过设计和实践不断前进,最大限度地满足社会的需求。

三、压力巨大、变化激剧时代的现代工程教育

(一) 保持灵活适应的美国现代工程教育

二次大战以后,美国工程教育不断强化教学与科学基础,用分析而非综合的方法统治整个工程领域,所造就的工程师只擅长用精确的、逻辑的思维处理问题,对现实世界发生的现实问题几乎丧失了洞察力。然而,现代技术革新的需要,以及提高产品竞争力的需要,都迫使现代工程师需具备全面综合的素质:即现代工程师应能解决边界不确定或不明确的问题,而且懂得从众多的可选答案中选择最佳答案;应能综合各种知识,控制不明确的、非必然的事物;应能将社会、环境、市场等诸因素考虑到他们的解答之中。因此,20世纪90年代初,为改变工程教育刻板化的教育模式,美国开始探索一些大胆的、全新的、综合的本科工程教育模式。

1. 麻省理工学院(MIT)大工程观与工程集成教育

大工程观是指工程师应该关注许多更大的背景因素,包括他所工作的公司、公司顾客、公

共政策和环境等。这是对为工程实际服务的工程教育的一种回归,而与研究导向的工程科学观相对立。不容否定,工程科学深厚的基础是必要的,但不能以缺乏洞察力为代价,所以强调工程应注意背景影响。这种影响应体现在工程结果的计算和设计之中。这些背景包括企业和组织的,也包括顾客的愿望和需要,包括社会的、政治的、环境的、文化的因素。

工程集成教育认为,应该让学生接触大规模的复杂系统的分析与管理。不仅是有关技术科学的集成,还包括更大的经济、社会、政治和技术系统的理解。技术革新、科学原理的应用、工程分析和综合都应在这样一个大系统中进行,21世纪工程师在组织化的社会中的基本作用是一种集成作用,工程师的任务是构建整体。

2. 探索全新的、综合的本科工程教育模式

为探索一些全新的、综合的本科工程教育模式,美国还成立了相应的研究机构。下列这八个工程教育改革联合体虽然改革中心主题各不相同,但都认为工程核心是综合、创造、实践。

ECSEL 联合体 改革中心主题是将设计教育贯穿于整个本科教学。ECSEL 认为,设计是工程的本质,是思考、领悟、做事的方式。这种方式要求学生具有创造性地处理多种约束的能力、判断能力、解决模糊和不确定问题的能力、提出切合实际的问题的能力以及分析问题的能力等等。因此,在本科实施设计教育必将提高本科工程教育质量。

SYNTHESIS 联合体 开发了三个综合课程结构模型。“强调综合的课程系列”,每个学生每年必须至少选择一门综合课程(可以是跨学科的)。“机电一体化课程系列”,机电一体化对所有领域都有贡献,因为它需要将一些工程领域的知识综合起来去寻找解决问题的答案,而这种答案将极大地增加工程系统的灵活性和可靠性,寻找答案的过程实际上是做决策的过程。“综合计算机技术的土木和环境工程系列”,这类课程对于土木和环境工程师尤其重要,因为他们面临着比以往更为复杂的现实世界。在课程教学中运用计算机模拟现实问题,无疑为现代工程师,尤其是土木和环境工程师的培养带来全新的概念。

GATEWAY 联合体 认为当代工程师的知识结构中最缺乏的是知识创造性以及有关经济、文化、社会等诸方面整合的知识。该联合体拟定了一个方案,通过四个方面重新构建课程计划。这四个方面是:课程的改革和发展;人的潜能发展;教育技术和方法;评估和质量保证。

SUCCEED 联合体 设计了一套“21世纪课程”。“21世纪课程”的学术框架和教育过程包括三个重要而相互联系的学习阶段:一套整合的工程核心课;一套工程设计和过程的核心课;一套功能工程核心课。

强调学生在学习和实践中将物质科学、数学、生命科学和人文学综合在一起,把工程作为学习各种知识的汇合点,学习如何识别、定义和评估工程问题,以及如何用生产的和过程的观点来进行设计,掌握问题的求解技能和小组工作经验,掌握解决真正复杂工程问题的技能,强调诸如制造、环境影响、质量、商务和经济等工程实践的多重功能,并将其融入课程计划。

新课程之所以强调工程和工程教育的过程性,是因为未来工业竞争取决于产品更新和开发过程的效率高低,为有效进行工程过程的教育和工程教育过程的教育提出了问题,试图创建一种新的学术文化,努力将其活动建立在不断发展与完善的创新实践之上。

FOUNDATION 联合体 提供一整套低年级基础课程改革计划,从一年级起就打下解决和设计工程问题的基础,培养其合作精神。

NEM 联合体 提出工程教育应与企业密切合作,培养极具才干和竞争力的制造工程师。

SCCEME 联合体 提供一项有关制造工程本科教学的跨大学计划,整合了现代工程实践

的概念(包括全面质量管理、连续过程改进、敏捷制造等)。

EAN 联合体 认为本科课程应注重一年级的综合制造概念,并将此概念贯穿整个本科计划之中。将制造业的设计和综合产品开发的案例研究作为传授知识、进行创造性学习、熟识工程设计过程的媒介。

3. 德雷克塞尔(Drexel)大学的 E4 低年级课程改革计划,为未来工程师提供强化的教育经验

为适应急剧变化的局势和现代工程教育的要求,德雷克塞尔大学先审查了原有的本科计划。原计划强调了基础科学、工程科学、专业课和人文学科的学习,同时加强了工程设计和计算机应用,坚持了作为学校特色的合作教育。但是,存在问题也是严重的。概言之,学生课程负担过重;低年级课程学习与解决问题结合不够,学生不了解工程专业与所学课程的关系;工程与非工程内容(如交流、经营、技术政策、艺术等),以及与现代科学内容脱节;课程不能激发学生主动的学习热情,也不能给予学生终身学习的意识和能力的准备。解决这些问题的老办法是做加法,今天加强(增加)这个,明天加强(增加)那个,结果是教学计划不断膨胀,课程学时一加再加,而学生的独立思考能力和活动能力得不到开发,学生的学习兴趣 and 乐趣也所剩无几。这就迫切地要求从教育哲学上,对教育思想、教学目标、课程内容和课程开发设计的方法论上进行重大变革。要求教育工作者作为人才培养的设计师发挥想象力和创造性,了解诸门学科和专业分支的基本原理与内在联系,弄清原理与原理之间、原理与整体之间的关系,并且揭示它们的作用范围以及如何发挥作用。

德雷克塞尔大学的 E4 计划对 21 世纪的工程师进行了设计,指明了跨世纪工科人才应当具备 12 项特征:

- ① 扎实的基础科学、数学和工程原理的基础;
- ② 应用这些原理解决多种问题的能力;
- ③ 掌握实验方法的知识和经验;
- ④ 掌握工程实践原理的知识和技能;
- ⑤ 掌握专业技术学科的较深的知识;
- ⑥ 具备较强的口头交流和文字交流的能力;
- ⑦ 对工商实务和法人责任有基本的了解;
- ⑧ 对社会、伦理、职业道德、政治和个人责任有完整的认识;
- ⑨ 对技术的作用有历史的和社会的见解;
- ⑩ 具有统一的跨学科的视野;
- ⑪ 具有终身学习的文化修养;
- ⑫ 具有创新的理性精神、批判性鉴别和持久的主动学习热情。

针对这些特征提出新计划应具有如下 8 个重点:

- ① 注重工程专业的知识内核、经验、方法和态度;
- ② 注重工程的统一和跨学科形态,不能仅有狭隘的单一学科兴趣;
- ③ 注重工程的实验方法及其在分析、设计、开发和制造中的应用,注重用书面和口头方式描述并提出实验结果;
- ④ 注重作为学习手段、学习对象、职业工具、理性工具和社会变革武器的计算机应用,尤其是要认识它对工程专业所有学科的原理与实践的革命性影响;

⑤ 注意应用多种教育方法和教育技术以提出效能和效率,尤其要强调自定进度和方向的学习,以开发对毕业生的持续专业发展至关重要的学习技能和学习态度;

⑥ 注重坚持不懈的终身学习对专业成就和个人发展的巨大作用;

⑦ 注重出色的书面和口头交流,并视之为职业成功的先决条件;

⑧ 注重工程师和工程专业的社会意识和社会责任的与日俱增的重要性。

这些特征和革新的要点打破了原来学科课程的界限,代之以《工程的数理基础》、《工程基础》、《工程实验》和《个人充实和专业发展》四大门新课。《个人充实和专业发展》课的首要目标是:使学生认识坚持不懈的终身学习对职业成就和个人提高的必要性,培养自学态度和发展学习技能,开发书面和口头交流技能,提高发展这些技能的多种机会,增加合作教育期间的学习内容以减轻过重的校内负担。同时提出如下原则:新生从第一天起就参加工程设计;由跨学科组成的教授小组进行教学;始终把计算机作为关键工具;让学生按工业方式参加小组工作;让学生在现代化的实验室里学习;所有课程均要有意识地发展学生的人文精神和交流技能。这些原则确定后,一套新型的工科低年级课程终于诞生。

4. “工程综合和创新”教育的新阶段

以综合和创造为特征的设计是工程的本质和核心,是工程师首要的思维方式和工作方式。人们对工程教育的认识,经历了“工程实践”、“工程科学”到“工程综合”的演进。在工程教育的不同发展阶段,人们对设计概念的理解和对设计教育的任务作用的认识是各不相同的。在“工程实践”阶段,设计被理解为计算、绘图之类的技术活动,因而设计教育不是着力培养工程师的创造性能力,而是重点训练诸如绘图、机械设计等辅助技能。在“工程科学”阶段,设计被简化为对科学原理的应用,设计教育也就成了验证、巩固、应用理论教学的成果,仅仅存在于课程设计课和毕业设计之中。到了当今的“工程综合”阶段,设计概念有了质的飞跃,趋于广义化,被认为是“一种始于辨识需要、终于满足需要的装置或系统的创造过程”。横向上,设计包括了设计对象、设计进程甚至设计思路的设计;纵向上,设计贯穿于产品孕育至消亡的全寿命周期。涵盖了需求辨识、概念设计、总体设计、技术设计、生产设计、营销设计、回用处理等设计活动,起到了促进科学研究、生产经营和社会需求之间互动的中介作用。同时,设计教育开始超越仅仅作为工程教育的一个组成部分,正朝着贯穿工程教育全过程,沟通各学科之间、理论与实践之间的联系,起到整合工程教育的作用,向开发创造性能力的方向发展。

面对新的需求和工程问题复杂化、约束增多,21世纪的工程师应能敏锐地把握革新的机会,创造性解决边界不确定的问题;应能从众多的备选方案中作出选择,并能集体合作开发最佳方案;应能综合各种知识,处理不明确、不确定的问题;应能从全局高度出发综合考虑社会、环境、市场等因素;应具有设计和制造“产品”的经验,等等。一句话,21世纪的工程师如果想要能应付种种日益复杂艰难的挑战,全面参与领导革新潮流的话,他就不仅必须掌握高深的学科知识,而且还必须具有很强的综合品质 and 创新能力。

要培养工程师的高深学科知识、综合品质和创新能力,仅仅强调工程实践或学科知识是远远不够的,仅仅依靠二者之间简单的平衡和机械式的拼凑也是难以实现的。现行工程教育必须使学生在掌握学科知识和基本技能的同时,发展综合品质和创新能力。显然,这种着眼于培养综合品质和创新能力的工程教育,不是从理论到理论的学究式工程教育,也不是从理论到实践的应用式工程教育,更不是从实践到实践的学徒式工程教育,而是理论与实践、分析与综合、学习与发现(发明革新)互为交融、螺旋发展的整合式工程教育。