



高等教育面向 21 世纪教学内容和
课程体系改革计划系列报告

教育部高等教育司 全国高等学校教学研究中心 编

工科数学系列课程 教学改革研究报告

项目总负责人 马 知 恩

项目主持学校 西安交通大学



高 等 教 育 出 版 社
HIGHER EDUCATION PRESS

G642.0

J557

高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系
改革计划系列报告

013

教育部高等教育司 全国高等学校教学研究中心 编

工科数学系列课程教学改革 研究报告

项目总负责人 马知恩

项目主持学校 西安交通大学

高等教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

工科数学系列课程教学改革研究报告/教育部高等教育司,全国高等学校教学研究中心编. —北京:高等教育出版社,2002.12

ISBN 7-04-011168-3

I. 工... II. ①教...②全... III. 高等学校-数学
教学-教学改革-研究报告-中国 IV. 013

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 043639 号

工科数学系列课程教学改革研究报告

教育部高等教育司 全国高等学校教学研究中心 编

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市东城区沙滩后街 55 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100009	网 址	http://www.hep.edu.cn
传 真	010-64014048		http://www.hep.com.cn

经 销 新华书店北京发行所
排 版 高等教育出版社照排中心
印 刷 北京中科印刷有限公司

开 本	850×1168 1/32	版 次	2002 年 12 月第 1 版
印 张	4.25	印 次	2002 年 12 月第 1 次印刷
字 数	100 000	定 价	7.00 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

高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系 改革研究系列报告总序言

教育部副部长 周远清

20 世纪 90 年代,大家都在思考把什么样的高等教育带进 21 世纪这样一个重大命题。高等教育的改革,体制改革是关键,教学改革是核心,教育思想观念改革是先导,已成为大家的共识。在教学改革方面,1994 年原国家教委高等教育司制定了《高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》。该“计划”公布后,得到全国各地教育行政部门和高等学校的热烈响应和积极参与,全国近 600 所高校 23 000 多位校(院)长、院士、教授、教师以及教学管理和研究人员申报了 3 000 多个改革研究项目。经组织专家评审、整合之后,在文科、理科、工科、农科、医科、财经、政法、外语等科类,先后批准立项共 221 个大项目,包含 985 个子项目,共 10 000 多人承担了这些项目的改革研究工作。1995 年 3、4 月间,原国家教委在清华大学举办的两场“当代科技发展与教学改革”大型报告会,标志着这个大型改革研究计划的全面启动。此后,各高校对立项的改革项目进行了大量的国内外发展情况的调研;开展了教育思想观念的大讨论;提出了各自的“改革方案”和“面向 21 世纪课程教材”的编写计划;在各有关

高校开展了“改革方案”的试点和“面向 21 世纪课程教材”的编写和试用等工作。1997 年 6 月,原国家教委在北京金海湖召开了“面向 21 世纪教学内容和课程体系改革经验交流会”,该会的召开标志着这个改革研究计划进入了实质性研究阶段,进一步显示了这个改革研究计划的重要意义和作用。在此前后,原国家教委又启动了《高等师范教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》,批准立项 210 个项目;许多地方教育行政部门和高等学校也制定了省级和校级“教学内容和课程体系改革计划”,使这项改革真正成为全国性的“有组织、较系统、起点高、立意新、整体性”的大型教学改革计划。1998 年 3 月,在教育部于武汉召开的第一次全国普通高等学校教学工作会议上,进一步交流了这项改革研究计划的经验和成果,确定这项改革研究计划要取得两方面的实质性成果:一是 100 份左右代表国家级水平的系列“改革研究报告”;二是 1 000 本左右“面向 21 世纪课程教材”。1998 年底,在教育部机构改革后成立的“全国高等学校教学研究会”成立大会上,进一步交流了这项改革研究计划的丰富成果,标志着这项改革研究计划进入了收获的阶段,提出要加强成果的汇集、总结和宣传、推广、应用。

目前,面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划的两方面实质性成果正在陆续正式出版问世,并正在教学工作和教学改革中发挥着重要作用。这些成果,对于 21 世纪初叶我国高等教育的教学改革和人才培养质量的提高具有重要意义和指导作用。“面向 21 世纪课程教材”已正式出版近 300 种,今年还将出版 400~500 种,到

2002 年将超过 1 000 种。系列“改革研究报告”是各项目几年来改革研究和实践的成果总结,是包括国内外发展情况调研、教育思想观念改革、专业或学科的教学改革方案、改革方案的试点效果、今后的改革方向等的全面总结。经过结题验收和专家鉴定论证,从中精选出 100 份左右的优秀成果,作为代表国家级水平的面向 21 世纪高等教育教学改革研究报告,由教育部高教司和全国高等学校教学研究中心编审,交高等教育出版社正式出版,供各高校在教学和教改中选用或参考。希望这批凝聚着高教界广大干部和教师辛勤劳动的优秀成果,能在 21 世纪的高等教育教学改革中发挥重要作用。

2000 年 5 月于北京

目 录

一、引言	1
二、21 世纪的发展背景及对工科数学课程的教学要求	3
1. 知识经济时代的到来要求高等教育把培养高素质创新型人才 作为根本目标	3
2. 当代科技加速增长和急剧变革的发展趋势要求高等教育应从 “职业教育”转变为“终身教育”	4
3. 当代科技的高度综合化发展趋势要求高等教育拓宽专业口径, 加强综合应用能力的培养	5
4. 数学在当代科学中地位的巨大变化,数学与当代科技的高度 融合,要求高等教育全面提高学生的数学素养,培养应用数学 的能力	6
5. 我国社会主义市场经济的建立和发展,要求高等教育必须努 力提高学生的应变能力,尊重个性,发挥特长,实行按层次分 流培养	8
三、目前我国工科数学课程教学的现状	11
1. 我国高等教育和工科数学课程教学改革的简要回顾	11
2. 目前我国工科数学课程教学存在的主要问题	13
四、国外数学教学改革中值得研究和借鉴的一些动向	17
1. 美国“新数学教育浪潮”对我们的启示	17
2. “新数学教育浪潮”之后的改革动向	18
五、改革的指导思想	24
1. 培养高素质创新型人才是改革的根本目标	24
2. 教学内容与课程体系的改革是教学改革的核心	25
3. 加强基础,加强应用,全面提高学生的数学素养	26
4. 转变教学观念与教学思想,争取在教学方法改革和教学手 段现代化方面有所突破	27

5. 实行按层次分流培养,为各类优秀人才的成长创造条件	29
6. 坚持改革的长期性与阶段性相结合,改革研究与改革实践相结合	30
7. 点面结合,逐步推广	31
8. 坚持“双百”方针,为教学改革创造一个宽松的环境	31
六、改革方案	33
1. 工科数学系列课程设计方案	33
2. 编写配套的系列改革教材	34
3. 教学方法与考试方法的改革研究和实践	39
4. 教学手段现代化的研究	40
七、改革方案的试点情况	42
1. 试点概况	42
2. 改革教材有利于学生数学素养的提高和应用能力的培养	43
3. 改革教材有利于满足按层次分流培养的需要,试点收到了初步成效	45
4. 对教学方法和手段的改革进行了有益的尝试,收到了一些成效	46
八、存在的问题与建议	49
1. 成果需要推广使用和不断完善	49
2. 系列课程的综合改革需要整合实践	49
3. 教学方法与考试方法的改革尚待突破	50
4. 采取更积极的措施,实行按层次分流培养	50
5. 深入研究“数学实验”课的建设	50
6. 进一步提高使用现代化教学手段的质量	50
7. 进一步探讨在工科数学教育中如何提高学生数学素养、培养创新精神和创新能力,为优秀人才的迅速成长创造条件	51
项目鉴定意见	52
附件	54
附件一 项目主持单位和主持人、参加单位和参研人员名单	54
附件二 项目鉴定组织单位、鉴定委员会主任及成员名单	55
附件三 项目研究工作大事记	55
附件四 关于工科数学系列课程教学改革的建议	58

附件五 部分会议纪要和总结汇报	67
附件六 项目研究成果	123
后记	125

一、引言

从新中国成立至今,历史已经跨越了半个世纪。半个世纪以来,作为历史悠久的一门学科,数学的发展出现了空前繁荣的局面。由于数学各个分支的研究取得了许多重大的突破,数学的各个分支之间,数学与其他科学之间的相互交叉、相互渗透,不但改变了数学科学的面貌,提高了它在科学中的地位,而且极大地推动了科学技术和社会经济的发展,促进了人类文明的进步。人们越来越相信,良好的数学素养,不但是科技人员攀登科技高峰,获取创造性成果的必备条件,也是现代人类科学文化素质的重要方面。因此,如何加强和改进数学教育已成为世界许多国家在进行高等教育改革中普遍关注的一个重要问题。

解放以后,我国在加强和改进数学教育方面做了许多工作。在历次教学改革中,各级领导和广大教师都曾对高等工科大学数学课程的教学进行过许多有益的改革研究和改革实践,使得我国工科数学的教学质量逐步得到提高。然而,由于种种原因,总的来看,近五十年来,工科数学课程教学内容和课程体系变化不大,与当代科学技术的迅猛发展以及我国 21 世纪对培养高素质创新型人才的需求还相距甚远。因此,在世纪之交,如何对工科数学系列课程的教学内容和课程体系进行认真系统的改革研究,以适应科学技术和经济、社会发展的需要,适应 21 世纪国家对高质量人才的需要,就成为我们这一代数学教育工作者的光荣历史使命!

1995 年底,经原国家教委批准,我们承担了《高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》中工科类编号为 03-11 的立项课题的研究任务,项目名称为“数学系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”。参加该项目研究的共有 13 所高等院校,它们是:西安交通大学、大连理工大学、同济大学、电子科技大学、

四川大学、吉林大学(原吉林工业大学)、大连海事大学、清华大学、上海交通大学、东南大学、西北工业大学、重庆大学和华南理工大学。课题组按照全面规划、集中领导、统一部署、避免重复研究的精神,将整个项目分解为 15 个子项目,涵盖教育思想、教学内容与课程体系、教学方法与教学手段等方面,由参加项目研究的各校分工承担。为了保证研究成果的质量,我们在课题组内外引入竞争机制。对改革教材中除已被评为国家级和教育部的重点教材之外的,均在课题组内由各院校分工承担研制项目,同时还向全国公开招标,欢迎课题组外的院校和教师投标,并通过专家评审,择优选用。

在原国家教委(现教育部)指导下,在有关院校的大力支持下,参加本项目研究的 13 所院校的百余名教师在近五年的时间内,召开了多次报告会和专题研讨会,就工科数学教学改革中的一系列重大问题与数学界、工程科学界的专家以及工作在工科数学教学第一线的广大教师进行了广泛的讨论。我们从新时代对工科数学课程教学的要求出发,认真总结了解放以后我国工科数学课程教学改革的经验和教训,充分吸取国外同行的有益经验;对工科数学教学内容和课程体系提出了系统的改革思路和改革方案;按照改革思路和改革方案编写了系列配套改革教材,进行了教学试点;对教学方法和考试方法进行了专题研究和改革试点;研制了多媒体教学软件和计算机辅助教学软件。这份研究报告,就是本课题组研究工作的初步总结。由于教学改革是一项长期的系统工程,改革成果的好坏需要在教学实践中检验,因此,我们真诚地欢迎数学界同行们和工程科学界的专家学者们的批评和指教,更希望理工科院校的广大数学教师积极参加教学改革,在改革实践中提出新思想、新方案和新经验。

二、21 世纪的发展背景及 对工科数学课程的教学要求

人类已经跨入 21 世纪。展望新世纪的发展前景,研究新世纪的时代特征,研究我国社会主义市场经济的建立和发展趋势,对于把握教学改革的方向,使教学改革适应时代的要求,具有重要的意义。课题组在进行课程的教学改革时,在研究改革思路和改革方案时,始终注意面向 21 世纪,面向未来,把时代和国家对于人才的需求和当前的改革紧密结合起来。

1. 知识经济时代的到来要求高等教育把培养高素质创新型人才作为根本目标

20 世纪是科学技术、世界经济和人类文明取得空前发展和巨大进步的世纪。人们在通过对 20 世纪科学技术和经济发展深入研究的基础上,预测到 21 世纪世界将进入“知识经济时代”。所谓知识经济,是继农业经济、工业经济之后的第三个社会形态。这个时代的主要特征是:知识和能力将成为主要的社会资源和生产要素,知识的生产和创新、知识的传播和应用是经济和社会发展的核心,劳动者的素质和高素质的创造性人才是社会发展的关键,创新是知识经济发展的灵魂。因此,知识经济时代是知识和经济一体化的时代。知识和技术的创新,高新技术的产业化,重视高素质创新型人才的培养是衡量国家综合国力的主要标志。

近几年来,党和国家的领导人对于 21 世纪的时代特征和科教兴国的战略给予了极大的关注,发表了一系列重要讲话,采取了一系列重大措施。1998 年,江泽民总书记在北京大学校庆 100 周年大会上指出:“当今世界科学技术突飞猛进,知识经济已见端倪,国力竞争日趋激烈。”在 1999 年 8 月 23 日召开的全国技术创新大会上,他又进一步指出:“当今世界综合国力竞争的核心,是知识创

新、技术创新和高新技术产业化。”在第三届全教会上,江泽民同志针对当前的教育改革,要求我们“必须转变那种妨碍学生创新精神和创新能力教育观念、教育模式,特别是由教师单向灌输知识,以考试分数作为衡量教育成果的惟一标准以及划一呆板的教育教学制度,要下功夫造就一批真正能站在世界科学技术前沿的学术带头人和尖子人才”。

中央领导同志的讲话,向我们明确指出了 21 世纪对高等教育的要求,就是要面对知识经济时代的到来,培养一大批高素质创新型人才。如果今后二三十年内我们不能培养出足够数量的具有创新精神和创新能力的科技人才,特别是能站在世界科技前沿,具有参与国际竞争能力的大师级人才,如果我们不能在科技领域创造出具有世界领先水平的新思想、新理论、新方法和新技术,并把它迅速地转化为生产力,我们就要落后,就会在激烈的国际竞争中打败仗,就无法立足于世界之林。由于我国的科学技术与先进国家还有相当的差距,因此,要赶超世界科技的先进水平,必须实现科技的“跨越式”发展。这就要求我们能培养出更多勇于攀登科技高峰、善于进行科技创新的优秀人才。这既是对整个高等教育的要求,也是对工科数学课程教学改革的要求。作为高等工程教育重要基础的工科数学课程,必须面对时代的挑战,锐意改革,使它在培养学生创新精神和创新能力方面,在培养世界级的“种子选手”、“登山队员”方面发挥应有的作用。

2. 当代科技加速增长和急剧变革的发展趋势要求高等教育应从“职业教育”转变为“终身教育”

20 世纪中叶以来,科学技术呈现出加速发展和急剧变革的趋势,人类进入了知识信息“大爆炸”的时代。有人统计,人类的科技知识,19 世纪是每 50 年增加一倍,20 世纪中叶是每 10 年增加一倍,进入 20 世纪 90 年代以后,每 3~5 年增加一倍。由于科技知识的激增,新兴学科的不断涌现,知识更新的速度也在不断加快。1945 年以来,现代科学技术的发展经历了 5 次急剧变革,即核能

的利用、宇宙空间的开发、遗传和生命过程的揭秘和控制、微机的生产和使用、软件的开发和产业化,每次改革都只用了大约 10 年时间。当前以计算机技术为代表的电子技术、信息科学和软件产业的发展以及以基因学为代表的生命科学的巨大突破,使人们有理由相信,在即将到来的知识经济时代,这种增长和变化趋势必定会更加鲜明。

当代科技发展的上述特点,要求高等教育必须改变那种传统的“职业教育”观念。大学阶段不可能传授给学生从事任何一种职业(专业)终身够用的知识,大学毕业生走上工作岗位后必须不断地学习和更新自己的知识,以适应工作和科技发展的需要。因此,必须转变那种在走向工作岗位之前一次性地完成终身需要的所有知识的传统“职业教育”观念,使大学教育成为“终身教育”的一个基础性教育阶段。在这个阶段中,要把培养学生获取新知识的能力作为重点。为此,应当全面提高学生的素质,为今后在工作中知识的不断更新打下一个比较广泛而坚实的基础。这就要求我们在工科数学的教学改革中,改变过去那种仅着眼于传授数学知识的倾向,通过必要的数学知识的传授,培养终身所需要良好的数学素养和能力。这就要求我们从终身所需要的基础、素养、能力出发去深入探讨教学内容、课程体系和教学方法的改革。

3. 当代科技的高度综合化发展趋势要求高等教育拓宽专业口径,加强综合应用能力的培养

20 世纪以前,人类对自然界的认识,科学技术的发展,经历了由统一到逐步分化的过程。20 世纪以后,由于生产力的高度发展,人类遇到了更加复杂的问题,往往需要综合运用多种学科才能解决,因此,科学技术的发展,呈现出既高度分化又高度综合、而以高度综合为主要特征的统一化趋势。不但各学科内部的不同分支相互结合、相互渗透,而且各学科之间也相互交叉、相互融合,出现了理工结合、文理渗透的局面。新的跨学科研究领域不断涌现,新兴的边缘学科不断形成。例如,能源科学、材料科学、生命科学、环

境科学、信息科学、控制理论等,无一不需要借助于多种学科从多种角度来进行综合研究。所谓高科技,就是科学知识密集的技术。航空航天技术是集数学、物理学、力学、计算机科学、材料科学等为一体的研究;新能源技术则是集化学、物理学、地学、海洋学为一体的研究。可以预见,21世纪将是不同领域科学技术创造性相互融合的时代。

面对当代科学技术高度综合化的趋势,我国高等教育应当如何改革,适应新世纪需要的科技人才应当具备怎样的知识结构呢?这是当前教学改革中应当深入研究的问题。我们认为:(1)应当拓宽专业口径,加强基础课程的教学。专业口径太窄,学生毕业后无法适应科技发展的综合化的需要,只有具有宽厚的基础知识的人,才能具有较强的适应性和应变能力。(2)坚持人文精神、科学素养和创新能力相统一的综合性教育,加强对学生综合应用能力的培养。这就要求我们必须突破原有学科和课程的界限,进行课程重组。对工科数学而言,不但要对数学众多分支之间进行课程和内容的重组,制定新的课程设置方案,而且要加强数学与其他学科之间的联系,认真解决数学脱离实际的问题,大力加强对学生综合应用数学和其他各种学科的知识解决实际问题的能力的培养。

4. 数学在当代科学中地位的巨大变化,数学与当代科技的高度融合,要求高等教育全面提高学生的数学素养,培养应用数学的能力

在20世纪中叶以来的半个世纪中,伴随着现代科学技术的发展,数学科学呈现出一派空前繁荣的局面。概括地说,主要表现在以下两个方面:

(1) 数学科学的面貌和它在科学中的地位发生了显著的变化

由于数学各分支的研究取得了许多重大的突破,由于数学的各分支之间,数学与其他学科之间的相互交叉、相互渗透,极大地改变了数学的面貌,提高了它在科学中的地位。泛函分析、拓扑、近代代数已经取代经典数学中的数学分析、高等几何、高等代数,

成为现代数学的三大基础;非线性、非局部、非正规、非确定等问题的研究越来越受到人们的重视;现代数学在理论上更加抽象,方法上更加综合,应用上更加广泛;出于数学与计算机和软件技术的相互结合产生了科学计算理论和方法,并且科学计算已与理论研究和科学实验并列为科学研究的三大基本手段;现代数学、计算机技术与现代科学技术的有机结合产生了所谓“数学技术”;数学与生命科学、经济科学及社会科学的结合,产生了诸如生物数学、经济数学、金融数学等许多新的分支。因此,人们已把数学科学与自然科学、社会科学并列为基础科学的三大领域。数学已不仅是一种工具,而且是一种思维模式;不仅是一种知识,而且是一种素养;不仅是一门科学,而且是一种文化。众多的有识之士都将能否运用数学观念定量思维作为衡量民族文化素质的一个标志,将提高数学素养作为提高民族文化水平的一个重要途径。

(2) 数学已经被融入现代科学技术,现代科学技术的发展正在出现所有方向“数学化”的趋势

1997年10月在西安交通大学召开的当代工程科学的进展与工科数学课程教学改革报告会上,工程科学方面的院士和专家们的报告使与会代表得到极大的启示。大家深深地感到,与二三十年前有很大不同的是,当代工程科学的发展对于数学的需求越来越广,越来越深,越来越高。专家们普遍认为,当代工程科学不仅需要诸如微积分、线性代数、微分方程、概率统计、复变函数与积分变换等经典的数学知识,而且涉及大量现代数学的概念和理论。那些过去被认为非常抽象的数学分支(例如,泛函分析、拓扑、近世代数等)以及近年来发展起来的许多新领域(例如,分形、小波、神经网络等)在现代工程科学中都得到了应用。当代高技术的高精度、高速度、高自动、高安全、高质量、高效率等,要求所研究的数学模型和数学方法由低维到高维(甚至无限维)、由自治到时变、由线性到非线性、由局部到整体、由正规到奇异、由稳定到分支、混沌。专家们说:“数学已融入工科专业,数学的表达已成为现代科学技

术的内容。”“没有足够的数学知识,已无法学习本专业,没有良好的数学素养已无法在工程技术上有所创新”。无怪乎人们赞同这样的看法,高技术“本质上是一种数学技术”,在当代社会中,数学正在显示出第一生产力的本性。

国外许多科学家对于数学在当代科学技术发展中的重要作用,对于加强数学研究和教育也给予了高度的重视。例如,2000年11月,美国NSF(美国国家科学基金委员会)的主席、生物学家Rita Colwell,在说明为什么该委员会提出了一个大幅度增加对数学科学研究资助的计划时指出,这个计划背后的动力是科学和工程所有方向的“数学化”。她认为,对科学技术的一切进展来说,数学是一个“跳板”。数学既是洞察的有力工具,也是科学的“世界语”。基础数学形成的概念和结构经常最终是正确的框架而应用在那些看上去没有关系的方向上。

当代数学科学发展的上述状况,使我们感到必须重新认识数学在高等工程教育中的地位和作用。必须改进数学仅仅是学习后继课程的工具和工程计算的方法的观念,真正树立良好的数学是攀登现代科技高峰的必要基础,是现代人类科学和文化素质的重要方面的思想。因此,改善和加强数学教育是教学改革的一项重要任务。虽然在大学本科阶段不可能为学生提供“终身够用”的数学知识,但却应当为学生打下“终身受用”的数学基础,提高学生的数学素养,培养继续学习数学和应用数学的良好能力。我们认为,对工科大学生来说,提高“数学素养”应当从两个方面着手:①适当拓宽和加强数学基础;②加强应用数学知识解决实际问题的意识、兴趣和能力的培养。后面,我们对这两个方面还将作更详细的阐述。

5. 我国社会主义市场经济的建立和发展,要求高等教育必须努力提高学生的应变能力,尊重个性,发挥特长,实行按层次分流培养

当前,我国正在由计划经济向社会主义市场经济过渡,世界经