

· 课程建设 ·

基于创新教育理念的研究生数学课程体系优化

李建平, 黄建华, 谢 正

(国防科学技术大学 理学院, 湖南 长沙 410073)

[摘要] 数学素质与应用能力的培养是研究生创新能力培养的重要途径。本文分析了我校理工科研究生数学课程体系设置特点与教学现状, 阐明了构建理工科研究生数学课程梯级弹性体系的必要性, 并就建设研究生一流数学课程体系提出了一些具体的建议。

[关键词] 创新能力; 研究生培养; 数学课程; 课程体系

[中图分类号] G642.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8874(2014)01-0023-05

Mathematics Curriculum System Optimization and Reform of Teaching Mode for Graduate Students Based on the Innovation Education

LI Jian-ping, HUANG Jian-hua, XIE Zheng

(College of Science, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: Cultivation of mathematics quality and application ability is an important way to cultivate the innovative ability of graduate students. This paper analyzes the characteristics and the teaching status of the mathematics curriculum system for science and engineering graduate students in our university, expounds the necessity of constructing the science and engineering graduate mathematics curriculum cascade elastic system, and the construction of system of the postgraduate class of mathematics curriculum. Finally, some specific suggestions are provided to construct the first-class mathematics curriculum system for graduate students.

Key words: innovative ability; graduate training; mathematics courses; curriculum system

研究生教育是高等教育的最高阶段, 它为建设创新型国家提高综合国力培养高素质人才。教育部2003年开始实施研究生教育创新计划, 其核心目标是建立研究生创新教育的新机制, 强化研究生创新意识、创新精神和创新能力的培养。研究生创新能力主要由构建知识的能力、发现问题的能力、解决问题的能力 and 提升转化的能力四个基本要素构成^[1]。当前, 在科学技术领域中数学的地位不断增强, 科学计算、理论研究和科学实验已成为科学研究的三大支柱。与此同时, 随着信息技术与计算机技术的高速发展, 数学本身也在发生深刻的变化, 新的数学思想、数学分支层出不穷, 各种理论

和方法相互交叉、相互渗透, 使数学在实际应用中显示出超强的活力, 数学教育在研究生创新教育中具有越来越重要的地位。

课程作为研究生教育的重要载体, 是实现研究生培养目标的中介桥梁。在研究生课程体系中, 课程内容作为制约课程质量的决定因素作用于研究生知识、素质与能力的构建。近些年, 伴随着研究生教育规模急速增长, 研究生课程建设与研究的滞后及研究生科研创新能力培养对课程需求的矛盾愈加凸显, 尤其是反映在课程体系、内容与教学模式层面的问题成为制约研究生创新能力培养的瓶颈。本文通过国内外对比分析我校理工科研究生数学课程

[收稿日期] 2013-08-05

[基金项目] 湖南省学位与研究生教育教学改革研究项目; 国防科技大学教育教学改革项目 (JG2011B002)

[作者简介] 李建平 (1965-), 男, 湖南涟源人, 国防科学技术大学理学院教授, 博士, 博士生导师, 主要从事优化理论与方法、网络表示理论与应用研究。

体系设置特点与教学现状,按照“加强基础、突出前沿、强化实践、引导创新”的原则,提出构建一个梯级设置动态管理的研究生数学课程弹性体系的理念,将研究性教学与实践教学贯穿教学全过程,突出研究生教学重“研”、重“学”的特点。

一、研究生数学课程体系设置特点与分析

目前我校执行2009研究生培养方案,设有17门非数学类研究生数学公共课程(见表1),涉及通识综合、分析方程、代数几何、优化计算、随机统计与前沿讲座等6个类别。数学类研究生数学课程44门(见表2),涉及分析系列、代数系列、几何系列、随机系列、优化系列、计算系列、前沿讲座等7个类别。

在非数学类研究生通识综合类数学课程中,针对文科研究生及工程硕士学位类研究生,分别开设了文科应用数学基础和工程应用数学基础。这一方案充分体现了我校长期重视工科研究生数学基础的培养特点,其课程涵盖面广,应用特色鲜明。数学类数学课程充分照应了基础数学、应用数学、计算数学、概率统计、运筹学与控制论等5个二级学科的专业要求,突出应用特色,并增加了分析、代数与几何类基础课程的共享性,开设前沿讲座类课程扩展学术视野。近年来,我们针对文科生数学基础及专业研究对数学的需求,优化了教学内容模块,并对教学模式和考核方法进行了一些有益的探索^[2]。

表1 非数学类研究生数学公共课程

类别	课程名称(注:括号内为学时)
通识综合类(5门)	应用数学基础(72);高等工程数学(72);文科应用数学基础(54);工程应用数学基础(72);数学建模(36)
分析方程类(2门)	泛函分析及其应用(54);微分方程(54)
代数几何类(2门)	矩阵分析与计算(54)代数学基础(54);
优化计算类(3门)	优化理论及其应用(54);高等数值分析(54,工);小波分析及其应用(36)
随机统计类(4门)	随机过程(36,工);应用数理统计(36);时间序列分析(36);统计决策理论与Bayes分析(36)
前沿讲座类(1门)	现代数学专题及应用讲座(18)

表2 数学类研究生数学公共课程

类别	课程名称(注:括号内为学时)
分析系列(10门)	高等泛函分析(54)、调和分析(54)、测度与积分(54)、函数逼近论(54)、样条函数与再生核空间(54)、常微分方程定性理论(54)、无穷维动力系统(54)、泛函微分方程(36)、现代偏微分方程理论(54)、随机动力系统(54)
代数系列(8门)	矩阵分析与计算(54,理)、代数学(54)、有限域(36)、代数数论(36)、同调代数与K理论(36)、编码学(36)、密码学(36)、计算机代数(36)
几何系列(2门)	微分流形(36)、代数拓扑(36)
随机系列(6门)	随机过程(54)、隐马氏模型(36)、多元统计分析(36)、高等数理统计(54)、现代鞅论与随机积分(36)、信息融合的数学理论(54)
优化系列(6门)	数学规划(54)、图论与组合数学(54)、网络算法与复杂性(54)、对策与决策(36)、全局最优理论与算法(36)、现代优化方法及应用(36)
计算系列(5门)	高等数值分析(54)、偏微分方程数值解(54)、有限元方法及应用(54)、小波分析及其应用(54)、几何多尺度分析(54)
前沿讲座(7门)	动力系统理论前沿(36)、代数结构理论与应用专题(18)、微分方程数值解前沿(18)、现代统计方法选讲(18)、编码密码专题(18)、信息融合理论应用前沿(18)、电磁拓扑及其应用(18)

国内以工科为主的985大学都开设非数学类研究生数学公共课程,如西安交通大学开设的非数学类研究生数学公共课程包括:应用数学基础、泛函

分析及应用、数理统计、随机过程、计算方法a、计算方法b、工程优化方法及其应用、神经网络导论、神经网络理论及应用、最优控制、振动理论、

有限元方法及其程序设计等，华中科技大学开设的非数学类研究生数学公共课程包括：应用泛函分析、数理统计、随机过程、数值分析、矩阵论、高等数理统计等。上海交通大学为非数学类研究生开设数学公共课程 28 门（表 3），其中 6 门课程暂时不开设。这些课程分属 4 大板块，5 个类别，课程覆盖面与内涵与我校基本相当。但上海交通大学除针对研究生专业方向开设有生物数学 I、II 外，其工具类课程紧扣数学现代应用，在基础类和提高类课程中开设了一些代数几何类共享性课程，如工程微分几何、应用近世代数、拓扑学基础等课程，这些相当于本科数学专业近代数学课程，对打牢工科研究生近代数学基础，提高创新能力大有裨益。

国外大学的非数学类研究生数学课程通常由所在专业学院开设，也可以自由选修数学系开设的课程。为了对比分析，我们调研了英国剑桥大学数学专业研究生课程设置^[3]。剑桥大学数学系师资力量雄厚，拥有一大批国际顶尖专家。据剑桥大学数学学院网站上提供的资料统计，剑桥大学数学硕士

专业课程可分为：代数、分析、组合、逻辑、微分几何与拓扑、数论、代数几何、统计、概率、数学物理等 10 大系列，包括了 83 门课程（见表 4），这些课程几乎覆盖了整个现代数学研究领域，深入到了各学科前沿，可以充分满足具有不同研究兴趣的学生的需要。每门课程的教学内容相当饱满。以微分几何为例，其内容包括局部分析、微分流形、黎曼几何三大方面的内容，介绍了流形、切丛、余切丛、微分形式、外微分、 p -形式在 p 维子流形上的积分以及斯托克斯定理、李导数、曲率、黎曼度量、黎曼联络等。丰富的课程设置让学生可以根据自己的研究兴趣以及实际情况选择适合自己的课程。剑桥大学数学课程设置强调学科之间的交叉融合，特别强调数学与物理、数学与计算机科学、数学与金融领域的融合。其中，数学物理课程开设比例占 40%。由此看出，在课程基础性、前沿性及内容深度方面，国内数学专业研究生课程与世界一流大学的差距甚大。

表 3 上海交通大学非数学类研究生数学公共课程

板 块	类 别	课程名称（注：括号内为学时；★为暂不开设）
通识课程板块（4 门）	代数几何类（1 门）	矩阵理论（54）
	优化计算类（1 门）	计算方法（54）
	随机统计类（1 门）	基础数理统计（45）
	通识综合类（1 门）	文科通识数学（36）
应用数学基础课程板块（7 门）	分析方程类（2 门）	数学物理方程（54）、近代分析基础（54，★）
	优化计算类（2 门）	图与网络（45）、最优化理论基础（54）
	随机统计类（2 门）	应用随机过程（54）、随机运筹数学（54，★）、
	通识综合类（1 门）	生物数学 I（45）
方法、工具数学课程板块（8 门）	代数几何类（1 门）	工程微分几何（45）
	优化计算类（3 门）	偏微分方程数值方法（45）、小波与分形（36）、变分法与最优控制（36）、
	随机统计类（3 门）	时间序列与多元分析（45）、最优估计与系统建模（36）、计算智能与统计学习（45，★）
	通识综合类（1 门）	生物数学 II（45）
提高类（或近代数学类）数学课程板块（9 门）	分析方程类（5 门）	应用泛函分析（54）、非线性泛函分析（36，★）、非线性动力系统理论（54）、近代微分方程理论（45，★）、近代应用分析（45，★）
	代数几何类（3 门）	近代矩阵分析（45）、应用近世代数（54）、拓扑学基础（36）
	优化计算类（1 门）	高等计算方法（45）

二、研究生数学课程教学现状与思考

结合我校教学实践中研究生选课情况，目前研究生数学课程教学还存在如下问题：

（一）非数学类研究生数学公共课程多，没有

和数学专业研究生课程一起搭建一个科学合理的梯级课程体系

应用数学基础、高等工程数学、文科数学基础、工程应用数学基础等课程是非数学类研究生必选预修课程，它们为非数学类研究生提供了积木式

数学知识模块,拓展大学数学基础。其它的研究生公共课尽管有较强的应用针对性,但开设的层次偏低,而且与一些数学类研究生课程重复。这种降低要求开设的数学公共课不仅占用了数学系大量宝贵的教学师资,进而影响数学学科的建设,而且也不利于研究生学习深入的数学知识、获得宝贵的数学思维方法,进而影响研究生创新能力的培养。另外,后续的数学公共课程也没有很好地和必选预修

课程在内容模块上进行有效的衔接,造成内容上的重复。在实际选课中,除这4门必选预修课程外,其它公共课程的选修人数并不太多,大大浪费了教学资源。在实际教学中,不少研究生继续选修那些与应用数学基础或高等工程数学内容模块有一定重叠的后续数学公共课程,这样容易得到学分。他们不是为提高专业研究能力拓展数学基础选课,更不是为了提高学识选课,浪费了宝贵的学习时间。

表4 剑桥大学数学专业研究生部分课程

代数(8门)	表示理论与不变量理论、Topos理论、李代数和表示理论、伽罗瓦上同调、交换代数、Kac-Moody代数与Virasoro代数、局部域、范畴理论
几何(3门)	谱几何、图上的渗透理论、共形不变性和随机性
分析(8门)	逼近论、泛函分析导论、微分方程、微积分与代数中的一些问题、可计算函数理论、反应扩散方程、椭圆型偏微分方程、扰动和稳定性的方法
组合(5门)	运筹学、时间序列和蒙特卡洛推理、组合数学、最优投资、分配理论与应用
逻辑(1门)	Ramsey理论
微分几何与拓扑(8门)	微分几何、复流形、黎曼几何、超对称、代数拓扑、扭结与4维流形、微分几何在物理学中的应用、辛几何
数论(2门)	Iwasawa理论导论、素数
代数几何(3门)	Abelian簇、代数几何、椭圆曲线
统计(7门)	统计场论、统计理论、半参数统计、高等金融模型、应用统计、生物统计学、精算统计
概率(4门)	高等概率、随机微积分与应用、随机矩阵、随机网络
数学物理(34门)	高等量子场论、孤立子与瞬子、天体物理流体动力学、广义相对论、气象流体力学中的问题、超弦理论、低速粘性流体、对流、银河系天文学和动力学、宇宙学、气候流体力学的基本原理、波的传播和散射、高等宇宙学、对称和颗粒、动力学中的数学问题、标准模型、生物物理、星系起源和演化、量子场论、量子信息理论、渗流及相关的主题、行星系统动力学、量子理论基础、恒星的结构和演化、物理学、极地海洋、海冰和气候变化、时间序列和蒙特卡洛推理(I)+黑洞、量子计算、湍流、天体物理光盘动态、哈密顿动力系统、广义相对论中的应用、实验室演示的流体力学

(二) 数学类课程选课人数少,课程层次结构不够合理

一方面,数学类研究生培养规模小,导致数学类大多数课程出现选课人数很少的情况,大大浪费教学资源,也不利于发挥教师课程建设的积极性。另一方面,从地方985大学招收的一些研究生,由于本科专业课程设置不同,在本科阶段没有学过泛函分析、近世代数、拓扑学等课程,统一选修代数学、高等泛函分析困难重重。如果取消或者合并一些非数学类公共课程,如随机过程、最优化方法、矩阵分析与计算等,可以大大提高选课人数。事实上,在实际教学中,象数学规划、图论与组合数学等数学专业课程有很多工科研究生选修。在教学过程中,由于研究生主动学习能力强,教师适当调整教学策略,容易让工科研究生很快适应这些数学专业研究生课程的学习。通过改造数学公共课程和专

业课程,按照课程内容与研究生教育层次相匹配以及课程内容深度递增的原则,搭建科学合理的梯级课程体系,使本科生、硕士生和博士生以及非数学类研究生与数学类研究生的课程内容形成螺旋式递增关系,这将有利于研究生通过便利的选课构建系统的数学知识体系,为开展科研创新打下扎实的数学基础,同时,可以大大提高研究生数学课程的建设水平,提高人才培养的质量。

(三) 研究生数学课程的基础性、前沿性、实践性有待进一步加强,教学模式有待进一步改革

课程前沿性是指研究生课程内容体现学术上的先进性、高端性、创新性,是科学或学科最新成果在课程内容上的体现。研究生数学课程设置既要考虑数学各二级学科的基础性知识模块,也要在课程中反映数学学科发展及其最新应用成果,如数学规划课程中凸分析是基础性内容,信赖域方法、非光

滑优化方法是前沿性内容。目前研究生数学教学模式和考核评价方式单一,教学大多以教为主,考核大多以课程笔试为主,“本科化”教学痕迹明显。要把研究生数学教学以“教”为主转化为以“学”为主,落实到“研”。充分利用三小时授课制,实施“2+1”“学+研”制^[4],在教学中将研究生带入学术前沿、科研情景中,开展案例教学、论文研读、课题研讨等研究性实践教学,提高研究生的学术研究能力。

三、研究生数学课程体系优化的设想

(一) 构建一个理工科研究生数学课程梯级弹性体系

将理工科研究生数学课程作为一个贯穿工科和理科的整体系统来考虑,课程内涵贯穿本、硕、博三个层次按知识难度和深度梯级设置(这里的本科层次是指工科研究生数学公共课程内容模块与数学专业本科课程水平相当),搭建基础性、应用性、实践性、前沿性、交叉性的数学课程知识模块,按照分析系列、代数系列、几何系列、随机系列、优化系列、计算系列进行课程配置与管理,满足理工科研究生开展专业研究的知识和能力需求。基础性课程相对稳定,应用层面与前沿性课程实施弹性设置与动态管理,课程内容及时更新。课程教学中开展案例研究与分析,促进研究生个性化培养与创新能力提升。这一方案,工科研究生公共数学课程大幅减少,但工科研究生数学素质与应用能力不减反升。工科研究生在修完公共基础模块后,在导师指导下,可以修学数学专业研究生课程,突出理学本源,夯实数学基础,提升数学素质和应用能力;或者专业学院自己开设有特色的数学课程,突出数学与工程应用的结合。

(二) 以建设研究生公共数学一流课程体系、研究生专业数学一流课程体系为契机,大力提高课程建设水平

把数学教师从繁重的研究生公共课程教学中解放出来,使他们有更多的时间和精力投入到教学研究和学术研究中去,提高教师的学术水平和研究能力。通过引进和培养高水平教师,锤炼一支高水平教师队伍。教师自觉地将科研成果转化为教学案例,融入课堂教学的研讨中,将学科最新发展与前沿应用成果融入到教材中,融入到课堂中,建设高水平教材,打造一流课程。改革研究生教学过程中“本科化”教学方法,重“教”,更重“学”,落

实到“研”,广泛开展研究性实践教学,采取多样性考核方法,培养研究生敢于挑战、大胆质疑、勇于创新的精神。

(三) 促进研究生数学课程教学国际化交流和优质资源共享,重视学科交叉创新,提升课程的开放性

聘请国际著名大学知名教授在研究生数学课程中开展学术讲座,让研究生接触学科前沿、扩大学术视野、感受名家学术风范。国内外各高校数学课程优质教学资源共享,鼓励理工科研究生跨校区、跨学科选修数学课程。为工科博士生设数学副导师^[6]的跨学科共同导师制培养模式有利于提升工科研究生的学术创新能力。

四、结束语

数学素质与应用能力的培养是研究生创新能力培养的重要途径。国外著名大学在理工科研究生数学课程设置上重质量、厚基础,教学内容更新快,案例教学理论联系实际。国内大学则注重研究生数学基础,开设的数学课程门数多,覆盖面宽,内容体系完备。但课程设置“统一化”倾向突出,课程管理缺少弹性,教学模式“本科化”色彩较浓,课程内容实践性不足,考核方式单一,这些都不利于研究生创新能力培养。本文针对我校研究生数学课程的设置与教学现状进行了较深入的分析和思考,阐明了构建理工科研究生数学课程梯级弹性体系的必要性,并就建设研究生一流数学课程体系提出了一些具体的建议。但如何重组课程模块、优化课程设置,搭建基础性、应用性、实践性、前沿性、交叉性数学知识平台,形成有利于研究生创新能力培养的理工科研究生数学课程梯级弹性体系,有许多具体问题值得深入研究。

[参考文献]

- [1] 董泽芳,何青,张慧. 我国研究生创新能力的调查与分析[J]. 学位与研究生教育,2013(2): 1-5.
- [2] 郑言,李建平. 文科研究生数学课程教学问卷调查及其分析[J]. 高等教育研究学报,2012(4): 93-96.
- [3] 李建平,谢正,黄建华. 英国数学专业硕士研究生培养模式特点分析与启示[M],任职教育数学课程创新教学研究—军队院校数学课程创新教学研究研讨会论文集[D]. 北京:国防工业出版社,2012:6-9.
- [4] 王本陆,姚相全. 提升研究生课程教学质量:“2+1”教学模式的构建与实践[J]. 学位与研究生教育,2012(12): 51-54.

(责任编辑:陈勇)