2017年 第5期(总第157期) 化工高等教育 75

研究生教育

自动化学科研究生的数学素质培养探析*

沈 栋,李大字

(北京化工大学 信息科学与技术学院,北京 100029)

[摘要]本文以北京化工大学自动化专业研究生为案例,讨论了自动化学科研究生的数学素质现状,并进行了深刻剖析,在此基础上提出了进一步加强自动化学科研究生数学素质培养的建议,着重突出自动化专业特色与数学素质培养的有机结合。

[关键词]自动化;研究生;数学素质;培养体系

On Cultivation of Mathematics Ability for Graduate Students in Automation Major

Shen Dong, Li Dazi

Abstract: Based on the specific case of graduates in Department of Automation, Beijing University of Chemical Technology, this paper discusses the current status of mathematics quality of graduate students in automation major, analyzes the inherent reason, and provides further suggestions on cultivation system for improving the this quality. The highlight of this cultivation system is the specific connection between automation and mathematics.

Key words: Automation; Graduate students; Mathematics quality; Cultivation system

自动化学科是一门理论与实践深度结合的综合性学科,以自动控制理论为主要理论基础,以电子技术、计算机信息技术、传感器与检测技术等多种工程技术为主要技术手段,对各种自动化系统和装置实施控制。随着自动化在“二战”时期军事上的成功应用,其得到了长足的发展。与此同时,自动化中的一些基本概念与基本思维(如反馈思想等)也在其他领域得到了应用。自动化已成为一个重要的研究方向,从事这一方向研究的学者既需要有敏锐的洞察力和发现并解决实际控制问题的思路,又需要有扎实的数学基础,能进行理论分析。

在研究生培养方面,如何针对自动化专业研究生设计有序、有效的培养体系是一个重要的课题[1-2]。在目前的课程体系中,数学相关课程的设置与教学都还存在不足之处,而后者导致多数研究生的数学基础普遍存在明显的短板。这一问题已经得到了许多同仁的关注,他们就如何提高研

[作者简介] 沈栋(1982-),男,副教授,博士;李大字(1971-),女,教授,博导,系主任。

* 基金项目:本课题研究受北京化工大学2014年研究生教育教学改革立项资助(G-JG-XJ201404,G-JG-ZD201405)。

究生的数学素质提出了相应的建议[3]。但针对自动化学科学生数学素质培养问题的相关探索有限，且多着重于工科大体系下的数学课程设计与教学[4-6]。同时，多数高校以全校公选课的方式设置教学课程，由数学系教师完成授课任务。这种培养方式可以有效地利用师资资源，但在研究生培养方面却存在一个明显的短板，即教学内容与研究生自身的研究内容不能有效结合，造成所学与所研脱节[7-9]。

基于对现状的分析，本文拟探讨自动化学科研究生数学素质培养的思路和方法。一方面，自动化学科涉及的数学基础知识十分广泛，而开设课程相对较少，研究生难以在短时间内快速、广泛地涉猎相关知识；另一方面，相关数学课程的讲授多从数学角度展开，自动化方向的研究生并不明了其在专业研究中如何运用，因此学习缺乏针对性。自动化学科研究生的数学素质培养需要兼顾这两个方面的需求，既能让研究生快速掌握所需基础知识，又要将相应知识与自动化进行有机结合。

一、研究生数学基础样本调研

笔者以北京化工大学信息科学与技术学院2015年春季学期参加自适应控制课程的研究生为调研对象，对其数学基础进行了调查。调查对象共计30人，包含免试推荐研究生与统一招考研究生，同时包含本校与外校生源，涵盖本校控制科学与控制工程硕士点的多个研究方向。

本次小样本调研主要包括如下几个方面。

第一，本科阶段修过哪些数学课程。本次调研给出的课程选项包括微积分/高等数学、线性代数、概率论、随机过程、数理统计、实分析、复分析/复变函数、运筹学、数值计算、微分方程、时间序列统计、数学模型、泛函分析等。在这些课程中，微积分/高等数学、线性代数、概率论三门课程是工科专业的基础课程，修过的人数占比为100%。另外，曾有部分学生修过数理统计(63.3%)、微分方程(43.3%)、复分析/复变函数(30%)、运筹学(10%)等课程。这一结果大致反映了自动化专业的学生在本科阶段所修数学课程的情况。

第二，调查对象对所学数学课程的掌握程度进行自我评估，共分为6档。具体人数分布情况如图1所示，从中可以看出，绝大多数学生认为自己的掌握程度在60%～80%之间。

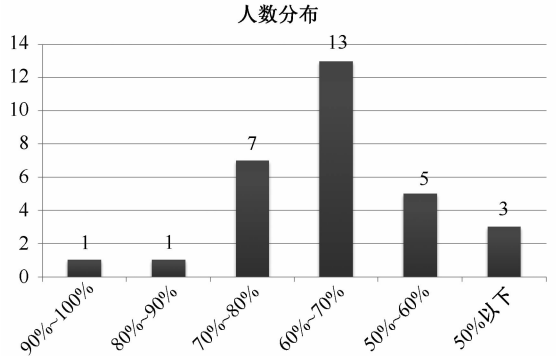

图1 课程掌握程度分布图

第三，研究方向所需的数学基础课程情况。本次调研对象的研究方向比较分散，因此对各个课程有不同程度的需求。这里所给出的数学课程选项与前面相同，各课程的拟修人数分布如图2所示。

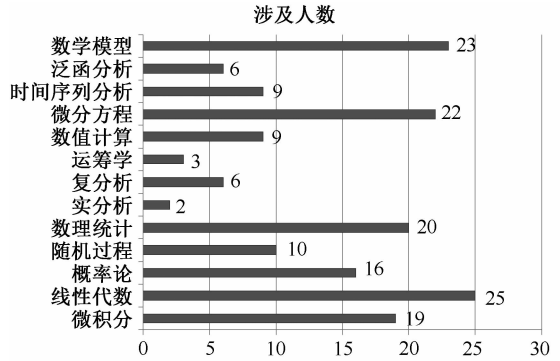

图2 各课程拟修人数分布图

从图2中可以看出，微积分与线性代数仍为主要数学课程，而且这两门课程的知识也是解决各种实际工程问题必备的。另外，其他课程有如下特点：1.各个数学分支均有不同程度的涉及，且多数分支的选择比例在20%以上，超过调查人数50%的共有6个分支；2.数学模型、微分方程、数理统计成为热门课程，选择人数均超过20人；3.时间序列分析、数值计算、随机过程成为潜在的重要课程。

第四，评估各门课程对研究的重要程度。笔者根据每门课程对调研对象研究课题的重要性进

行了排序评估，共分为5档，分别为非常重要(I)、比较重要(II)、一般(III)、不重要(IV)、无关(V)。各个课程的重要性统计如表1所示。

表1 课程重要性评估分布表

	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
微积分	60%	33.3%	6.7%	0	0
线性代数	80%	13.3%	6.7%	0	0
概率论	30%	36.7%	33.3%	0	0
随机过程	20%	32%	44%	4%	0
数理统计	31%	48.3%	20.7%	0	0
实分析	0	34.6%	57.7%	0	7.7%
复分析	0	42.3%	46.2%	3.8%	7.7%
运筹学	7.7%	19.2%	30.8%	26.9%	15.4%
数值计算	25%	42.9%	25%	7.1%	0
微分方程	50%	42.3%	7.7%	0	0
时间序列分析	16%	40%	44%	0	0
泛函分析	12%	40%	36%	8%	4%
数学模型	67.8%	28.6%	3.6%	0	0

从表1中可以看出，被调查者认为微积分、线性代数、微分方程、数学模型等非常重要，概率论、数理统计、数值计算、泛函分析等比较重要。由此可以看出，自动化学科的研究生在本科选修的数学课程不能满足自身研究所需的数学知识，诸如数学模型、微分方程、数值计算、泛函分析等内容都需要独立学习。

调研结果表明，多数研究生数学基础不好，意识不足、基础薄弱是目前的典型问题。究其原因，一方面，本科阶段的培养计划侧重于培养学生的工程实践能力和动手能力，强调从应用的角度获得认知，对相关数学知识的教授不够重视。另一方面，学生在本科阶段也倾向于学习实践性课程，对数学知识的学习兴趣较低，因而导致研究生阶段数学基础薄弱。

二、研究生数学素质现状及分析

笔者就数学基础知识及其在自动控制中的重要性等问题先后与多位研究生进行了交谈，并在指导研究生进行科学研究的过程中多次探讨了相关问题。分析发现，目前自动化学科研究生的数学素质有如下几个特点。

(一)数学基础知识掌握不牢，考试应付，考完忘记

在笔者的批量调研与一对一访谈中，多数学生认为自己在本科阶段对数学基础知识的掌握不牢，不懂得学以致用。部分学生表示平常学习不认真，依靠考前突击复习应付考试。造成这一现状的原因是多方面的。首先，在本科阶段，数学基础课程通常安排在第一学年及第二学年，此时多数学生自我管理与自我学习的能力相对较低，很多学生在学习模式上不能实现由跟从老师学习向自己独立学习转变。其次，在学习内容上，大学阶段的数学课程无论在逻辑思维能力方面还是知识广度与深度方面，相比高中数学都有明显的扩展，学生的学习量巨大。再次，在学习兴趣上，学生对数学普遍有畏难情绪。数学知识需要较好的抽象思维，且知识体系前后关联紧密，一个地方掌握不好往往会导致后续内容全部理解困难。

(二)不清楚数学与自动化的内在关联，学而不知所用

数学作为理工科的基础，是一门高度抽象的学科。换言之，数学是在各个应用学科的具体问题的基础上提炼出共性问题，并以代数或几何的方式进行表述，然后进行推演的学科。数学的高度抽象性使其很难直接与某个应用学科关联起来，其抽象性与应用问题的具象性之间存在一个必不可少的转化步骤。对于大部分研究生而言，其在本科阶段所接受的数学训练都是集中于数学层面上的学习，并没有完整地接受如何将数学知识应用于解决复杂工程问题的训练。因此，他们往往不知道该如何从实际问题中提炼问题本质，抽象问题模型，并与数学知识进行关联，不能熟练应用相应的数学工具进行解决。学生仍未跨过所学与所用之间的鸿沟，仅停留在所学知识在此岸、所遇问题在彼岸的现状，无法灵活运用学到的数学知识解决实际问题。

(三)研究模式僵化，不能由问题出发寻找方法

研究生在学习过程中较少接触到全局性的观点，缺少对理论与实践相结合的认识，导致所学不

能为所用。这样产生的结果是,许多研究生的研究模式僵化,只是死板地模仿,而不能灵活地创新。研究生在研究中常出现的问题包括:1.在遇到实际问题时,对问题的抽象、简化能力较差;2.在解决问题的过程中,对潜在的数学工具缺乏认识;3.在解释结果的意义时,对数学结果反映的实际意义缺乏认知。自动化学科的研究生在研究上要想有较大的突破,需要突破僵化的研究模式,转向从问题出发,由问题提炼核心模型,根据核心模型选择适当的数学工具,将所获得的结果与实际背景进行有效结合。因此,教学中需要对研究生的数学素质进行强化训练。

(四)研究生培养方案极端化,缺乏立体化、全方位的培养方案

国内高校在自动化专业研究生的培养方面存在两个极端现象:要么是仿真强而理论分析弱,要么是重理论而轻应用。事实上,自动化学科的研究生如果只强化动手仿真能力而缺乏数学思维训练,则其对问题的理解往往是片面的,不能够上升到理论层面;而如果只强调数学技巧运用却忽视实际动手实验,则其很难学会如何从自动控制的角度去考虑问题。自动化学科是一门系统化的工学学科,理论与实践应并重,本学科的研究生需要在两个方面都得到适当的训练与培养。

三、研究生数学素质培养建议

目前自动化学科研究生的数学课程与自动化课程分别开设,架设两者之间桥梁的课程十分缺乏。研究生在研究过程中往往受制于数学工具的缺乏,处理问题时缺乏深度创新,因此探索相关培养方案十分必要。国内外在自动化专业尤其是控制科学与工程方向学生的数学基础培养方面,已有少量探索与尝试[1,3],但总体而言,成果还非常少。表现之一是大多数高校仍未开设系统的课程,表现之二是合适的课程教材比较缺乏。基于此,针对自动化学科研究生的数学素质培养,笔者提出如下建议。

(一)探索针对自动化学科研究生的数学基础知识框架

自动化学科研究生的数学基础知识要始终注重与自动化的内容相结合。高校应以解决自动化复杂工程问题为目标,以训练研究生的数学应用能力为出发点,以连通自动化问题与数学工具为方向,构建适合自动化学科研究生的知识体系。

首先,不同于传统的数学课程,新的知识体系在难度与广度上都需要考虑对象的需求,以需求作为出发点来筛选必要的数学知识和方法,在内容的选择与编排上要具有明显的应用特色。

其次,新的知识体系要注重与自动化知识相结合,笔者建议从自动化研究中的具体问题出发进行问题模型的提取与简化,并将其转化为相应的数学模型,在此基础上展开所需数学知识与方法的体系范式。在这种范式下建立起的知识框架便于研究生的理解与掌握,并对培养研究生将自动化问题与数学工具、方法进行结合的能力有重要作用。

最后,新知识体系的最终目的是培养自动化学科研究生解决实际问题的能力,因此需要特别注重相关内容的应用性,选择应用性强的数学知识,并保证其在课程体系中占有足够的比重。

(二)构建自动化与相关数学基础知识相结合的课程体系

目前,国内自动化学科研究生所接触的数学课程基本是由数学系教师开设的,其优点是内容体系完备,缺点是缺乏实际的应用背景。因此,高校有必要开设学科应用与数学知识相结合的课程,以使学生快速提升应用数学工具解决实际问题的能力。新课程体系的构建过程中应注意如下几个方面。

首先,课程内容要侧重数学思想。每一种数学理论都蕴含着一套完善的数学思想,体现了这一分支内在的方法体系,是研究生掌握相关知识的基础与核心所在,是其灵活运用的前提。

其次,课程内容要侧重关键方法,旨在与现有的数学课程体系相互补充,突出关键方法和技巧的使用背景与使用过程,使学生能够清晰地了解其潜在的应用点。

最后,课程要侧重数学工具与自动化问题之

间的关联，注重弥合两者之间的差距。短期来看，课程要为研究生解决问题提供帮助；长期来看，则是侧重培养研究生的研究思维与研究逻辑，从根本上提升研究生解决问题的能力。

（三）编著面向自动化学科研究生的数学教材

目前，以自动化学科研究生作为读者对象的数学教材与专著非常有限，国内更是十分匮乏。科学出版社出版的《控制系统中的矩阵理论》与清华大学出版社出版的《系统与控制中的随机方法》是少有的面向自动化学科研究生的数学教材。中科院系统所程代展研究员等编著的《系统与控制中的近代数学基础》根据自动化学科系统科学与现代控制理论研究前沿的现状与需求，介绍了有关的近代数学基础知识，是近代数学与自动化学科有机结合的优秀教材。在国际上，由 Dennis S. Bernstein 教授主编的 *Matrix Mathematics: Theory, Facts, and Formulas* 则是近年来的代表作，是工程与应用数学方面的重要参考书。不过，现有以自动控制研究人员及研究生为对象的教材或专著仍主要侧重矩阵论，这与现代控制理论中以状态空间模型为基础不无关系。而在自动控制问题的解决过程中，微积分、概率论、随机过程、数理统计、微分方程等一系列数学知识均有举足轻重的作用。目前，针对这些数学工具在自动控制中的应用的基础教材或专著还十分匮乏，是需要努力的方向[10]。

四、结论

本文探讨了自动化学科研究生数学素质的现状，并进行了剖析，在此基础上给出了提升研究生数学素质的建议。自动化学科是一门与数学知识高度关联的学科，数学知识的运用在其研究过程中起着举足轻重的作用。研究生是从事科学研究的重要力量，有效的培养体系可以帮助他们快速掌握科学研究的必备基础与技能，提升他们解决实际问题的能力，促使其做出有实际价值的创新成果。

（文字编辑：李丽妍）

参考文献：

[1] 刘心，刘胜，张子迎. 控制科学与工程学科研究生培养质量评估体系的研究[J]. 教育教学论坛，2016(26)：77-78.

[2] 晋芳，董浩斌，李志华，等. 检测技术与自动化装置专业研究生培养探索[J]. 中国电力教育，2013(2)：22-23.

[3] 郭正光，王玮明，应裕林. 面向专业的高等数学教学改革探索[J]. 教育教学论坛，2014(10)：138-140.

[4] 岳建海，孙玉朋，商朋见. 试论工科研究生数学基础课程体系的改革[J]. 北京交通大学学报(社会科学版)，2011，10(2)：118-122.

[5] 郑继明，朱伟，刘勇，等. 工科研究生数学课程教学与创新能力培养[J]. 教育教学论坛，2016(7)：126-128.

[6] 周少波，孙祥，徐晟. 工科研究生数学能力的培养研究——基于科技创新的视角[J]. 研究生教育研究，2013(4)：42-47.

[7] 李超，屈龙江，戴清平. 研究生数学公共课程体系建设[J]. 高等教育研究学报，2013，36(增刊)：38-41.

[8] 张玲玲，黄建华，黄立宏. 研究生数学公共课程中教学案例创新与建设的思考[J]. 大学数学，2015，31(3)：117-121.

[9] 高凌云. 美国研究生教育中数学课程设置的启示[J]. 高等理科教育，2011(4)：66-68.

[10] 付兴建，马洁，王巧玲，等. “控制工程数学基础学习指导”教辅教材建设的思考[J]. 科技信息，2012，32：486-487.