

文章编号：1672-5913(2012)18-0059-04

中图分类号：G642

随机控制课程研究性教学的思考与实践

刘 伟, 张 明, 张纪阳, 谢红卫

(国防科技大学 机电工程与自动化学院 自动控制系, 湖南 长沙 410073)

摘 要：根据随机控制课程数学基础要求高、理论性较强等特点，在分析国内外各高校相关课程设置的基础上，提出将研究性教学方式应用于教学实践，推广研讨式和案例式教学方法，设置编程应用等实践环节。

关键词：随机控制；课堂讨论；研究性教学

在自然界以及人类的生产和生活中，“随机”问题到处可见。天气预报就是一个随机问题的例子，某地区的天气状况是个随机量，受到气流和云层等各种随机因素的影响，只有全面综合这些因素的作用，才能准确地做出天气预报。又如，水库流量调度是生产中的随机问题，需要全面分析降雨量、上游来水量和下游需水量等随机因素，才能给出合理的调度方案。这些都属于随机控制中的预报、预测问题。随机控制理论专门研究具有噪声扰动的动力学系统，包括随机过程、状态估计、随机最优控制和自适应控制等内容^[1-2]。作为控制系列课程中较为重要的专业课之一，国内外多所高校开设了随机控制的研究生课程，如哈尔滨工业大学的“随机控制”，国防科技大学的“随机滤波与控制”，麻省理工大学的“动态规划与随机控制”等。

通过分析和比较国内外多所高校中随机控制相关课程的设置，发现在目前的随机控制课程教学中，还存在研究与教学衔接不够、理论与实践结合不够紧密、教学内容的深度、广度和新颖度不够等问题^[3]。迫切需要根据自身特点，科学的确立教学目标，系统的规划教学内容，探索和改革教学方法，以提高教学质量和效果。结合我校

随机控制的既往教学实践和经验，应重点加强教学内容的组织和编排，突出随机控制理论的实践和应用环节。

为了提高随机控制课程的教学效果，我们在课程设计和实践过程中引入了研究性教学的理念和方法。研究性教学是大学精神的具体体现之一，是一种理念，也是一种教学模式和教学方法^[4]。所谓研究性教学，是将课内讲授与课外实践、教师引导与学生自学、教材与阅读有机结合并达到完整、和谐、统一的教学。研究性教学有助于学生探索和解决问题，提升自主学习能力和动手能力。分析我校随机控制课程的目标、特点和大纲要求，研究性教学的这些教学理念与方法恰好与之相适应。因此，在随机控制课程中开展研究性教学，既是客观需求，也是提高教学效果的最好途径。通过确立合理的课程目标，精心安排和组织课程内容，设计课堂讨论专题和编程实践环节，准备大量的扩展阅读材料，在随机控制的课程中开展了全面的研究性教学。

1 课程的目标与特点

合理的课程目标与定位是决定课程建设成败

基金项目：自然科学基金项目（31000591）。

作者简介：刘伟，女，讲师，博士，研究方向为生物信息；张明，男，教授，博士，研究方向为量子控制。

和教学效果的基础,其主要依据是人才培养需求和授课对象的实际情况。通过问卷调查发现,选修该门课程的研究一小部分是从事控制专业相关的科学研究,大部分将来要走向部队,为军队的武器装备和自动化服务,因此不仅需要扎实的理论基础,更应充分考虑理论与实践的结合。在此基础上,我们分析了随机控制课程的特点,为该课程设置了合理的教学目标。

1.1 课程目标

作为随机控制的导论课,课程目标确立为:介绍随机控制理论的基本概念和方法,为从事控制相关领域的研究和工程应用打基础。本课程主要介绍线性随机控制系统的基本概念、滤波估计和最优控制。通过本课程的学习,希望学生对随机控制理论体系的形成及发展有所了解,掌握随机控制理论的基本概念、分析方法和解决问题的基本技巧,为从事控制领域的研究和应用打下坚实基础。

1.2 课程特点

通过分析随机控制的研究内容以及学生的专业背景,发现该课程具有如下几个特点:

1) 随机性不好理解。学生们以前学习的控制类专业课,如现代控制理论和线性系统,都是确定性控制系统。如何用随机过程来描述噪声的干扰,理解系统的不确定性和随机性,都是学生要面临的崭新问题。

2) 数学基础要求高。该门课程要求具备概率论和随机过程的数学基础,随机过程中有关随机过程的分析和运算难度较大,学生不容易理解和掌握。

3) 公式推导多。教材中公式推导较多,如何以一种合适的方式呈现出各种公式和定理背后的含义,是教师面临的一个重要任务。

4) 工程应用广泛。随机控制在通讯、导航和工业过程控制等方面均有广泛的应用,是一门与实践结合紧密的学科^[5]。

这些特点对授课教师提出了较高的要求,一方面要详细介绍随机控制的数学基础,让学生建立随机性和随机分析的基本概念,一方面要注意理论与实践相结合,通过实际案例分析和讨论,认识公式和定理背后的含义和实际应用过程。

2 教学内容的选择与组织

教学内容的选择和组织遵循两个基本原则,即系统性和理论性。首先应保证内容的系统性,构建起课程的总体框架并体现内容上的承接关系,展现随机控制系统的建模、分析、预测和控制的全过程。进一步说,课堂教学内容应突出理论性,详细分析和推导重要的定理和公式,对于定理的意义和特点进行深入解析。由于随机控制包含的内容非常丰富,受课时的限制,在课堂上难以完成全部的任务,因此需要对教学内容进行精心取舍。

经过认真分析和研究,我们对授课内容进行了如下安排。

1) 重点突出。重点讲授随机系统在白噪声情况下的线性二次型控制,构建随机控制的基本理论框架,讲授最基本的概念和方法,保证课程难度适中。对于非线性和自适应控制部分仅作简单提示和概括,留给学生自学。

2) 概念清楚。针对该课程对数学基础要求较高的特点,务必要做到概念讲解清楚,通过反复强调和解释,及时与学生沟通对概念的理解和掌握情况,梳理和解决认识上的偏差。考虑到学生原有的数学基础,对于某些概念和定理的介绍方式进行调整,以方便学生理解和接受。如以随机变量为基础引入随机过程的定义,而如何在测度论基础上理解随机过程只在研讨部分做简要介绍,供感兴趣的学生进行课外学习。从确定性函数的功率谱密度概念过渡到随机过程的谱密度概念,使学生更好的理解概念蕴含的物理意义。

3) 实例丰富。在课堂教学中加入丰富的实例演示,以图片或动画的形式让学生建立起直

观的印象,加深对问题的理解。如讲授平稳过程的定义时,学生对于时不变性的概念比较容易掌握,但面对实际随机过程,如随机游走问题,学生想当然的认为其统计特性不随时间而改变就是平稳的,但经过仔细分析和公式推导才发现,随机游走并不是平稳过程。通过对这些重点案例的深入探究,让学生主动地思考和发现问题,动手去解决问题。

4) 研讨式教学。为了充分体现研究性教学理念,应以学生为主体加强课堂互动和研究讨论。每一节预留讨论环节,每一章设主题讨论,及时解决授课过程中的遗留问题,深化学生对于课程内容的理解。其中,课堂讲解时间约占 $2/3$,讨论和报告时间约占 $1/3$ 。

5) 实践环节设置。通过问卷调查发现,学生对于该课程的一个普遍期望是理论与实践相结合。而该课程应用性较强的特点也正适应了这一要求。通过精心选择,我们布置了五道编程题目,包括随机过程模型、最小方差控制和卡尔曼滤波等,要求学生课外进行仿真实验并提交研究报告。

6) 课外阅读。由于课程信息量非常大,在课堂上难以解决所有的问题。因此,在课堂上仅讲授与本课程关系最为紧密的随机过程和控制基础知识,其他部分提供大量的参考资料供学生进行课外阅读和学习。

3 研究性教学的设计与实践

研究性教学一方面应发挥教师的主导作用,一方面要发挥学生的主体作用;培养学生的学习兴趣,激发学生思维,同时培养学生分析解决问题的能力;使学生不但要掌握系统扎实的基础知识,而且要具备实际操作能力^[6]。为了体现研究性教学的这些理念,在随机控制的教学过程中重点加强了课堂研讨和应用环节的设计与实践。首先,针对重要的知识点进行专题研讨,其次对于应用性较强的部分设置编程环节进行仿真实验,

最后通过课外文献阅读要求学生撰写相关的研究报告。

同时,需要注意的是所谓研究,并不是要脱离教师指导、脱离课堂教学、脱离教材,而是教师根据教学内容和学生的认识水平,激发学生主动参与教学过程,启发学生积极思考,引导学生运用所学的知识去积极探索新知识,培养学生创造性地分析解决问题的能力。因此,在课堂讨论上要紧紧围绕主题,控制好节奏,启发学生思路,引导讨论的不断深入。在编程环节和研究报告撰写过程中,也应对学生的选题和完成情况进行及时监督和指导,保证其顺利实施并达到预期的效果。

3.1 课堂讨论

课堂讨论可以调动学生积极性,促进其思考,是提高教与学互动性的有效方法之一。在实践中,我们开展了三种类型的课堂讨论。第一种是随堂讨论,即鼓励学生发现问题就马上提问,通过师生互动及时的解决问题。第二种是预留问题研讨,在每次课的授课内容结束之后,预设部分开放性问题的,启发学生针对其感兴趣的问题展开讨论。这种讨论有助于及时反馈教学效果,合理调整授课方式和授课内容。第三种是专题讨论,需提前预告讨论主题,让学生有所准备。例如,对于控制的理解、随机性产生的根源、随机积分与确定性积分的区别等,都是随机控制中的重要课题。主题选择不拘泥于教科书的授课内容,更接近于科学前沿和应用实践,以扩展学生思路,促进对课程内容的理解。

3.2 编程实践

作为一门应用性较强的学科,教材中大部分的理论都能找到对应的实例。通过设置编程环节,让学生自己动手建立系统模型并进行仿真实验,能够加强对于理论知识的掌握,对于以后开展相关的研究性和应用性工作都大有帮助。例如在随机过程基础部分,让学生模拟几种重要的随

机过程,如马尔可夫过程和维纳过程,通过实践加深对这些过程的定义和性质的了解。又如在卡尔曼滤波部分,面对复杂的滤波公式,学生对于公式的应用过程及应用中可能出现的问题都缺乏深入的理解。通过雷达跟踪的实例能够很好的对卡尔曼滤波的全过程进行演示。

3.3 研究报告

随机控制理论远没有像确定性控制理论发展的那么成熟,在深度和广度上都有待进一步研究和扩展。在课堂上,重点讲授以线性随机模型为基础的估计和控制,其他方面如非线性随机控制、自适应随机控制等作为扩展材料留给学生进行课外学习,以培养学生的自主学习和研究能力。同时,随机控制在其他领域中有广泛的应用,如通讯、流量控制、网络、金融等。鼓励学生结合自己的专业特点,收集随机控制在多个领域的应用实例,准备课堂报告,并撰写研究报告。通过研究报告,可以全面的锻炼学生的表达能力、写作能力和创新思维能力,培养学生的综合素质。

4 扩展阅读材料的准备与推荐

开放性是研究性教学的一个主要特征,实

现开放性教学的基本途径之一是在教材之外开展大量的拓展阅读,让学生从文献和研究案例中获取灵感,扩大视野。会议报告、期刊文献、专业网站等都是随机控制研究的重要信息资源。除教科书之外,我们为学生准备和推荐了大量的扩展阅读材料,包括与随机过程、随机微分方程的分析以及随机控制相关的参考书。同时,在控制类的国内外杂志中也蕴含了丰富的文献资源,如IEEE的控制系列期刊。在课程内容选择的过程中,对这些资源进行了筛选和推荐,有的直接体现在课件中,更多的则分类整理,以学习光盘形式提供给教学对象。通过及时共享学习资料,沟通存在的问题,加深对课程内容的理解,扩展知识面。

5 结语

通过不断探索并努力践行研究性教学,随机控制课程取得到了较为满意的教学效果。学生思维活跃,反应积极,不但掌握了扎实的基础理论知识,而且增强了创新意识和实践动手能力。在以后的教学实践中,要继续落实研究性教学的理念并采取具体措施,进一步提高教学效果,如网络课程建设、学习资源的丰富与更新、以教学效果为终极目标的教学方法的设计与改进等。

参考文献:

- [1] Astrom. 随机控制理论导论[M]. 潘裕焕,译. 北京: 科学出版社, 1983.
- [2] 郭尚来. 随机控制[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [3] 黎锁平, 杜建军, 张民悦, 等. 随机控制理论研究内容及研究现状述评[J]. 兰州理工大学学报, 2004, 30(3): 109-112.
- [4] 刘国福, 李慧, 张玓, 等. 研究生课程研讨式教学初探[J]. 高等教学研究学报, 2009, 32(1): 37-38.
- [5] 郭丽, 李子阳. 随机控制方法在工程中的应用[J]. 自动化技术与应用, 2007, 26(7): 7-9.
- [6] 赖绍聪, 华洪, 王震亮, 等. 研究性教学改革与创新型人才培养[J]. 中国大学教学, 2007(8): 12-14.

(编辑: 白杰)