

# “自动控制原理”课程研究性教学改革与实践

罗家祥 高红霞

(华南理工大学 广东省 广州市 510640)

**摘要:**“自动控制原理”是自动化、电气工程等专业的本科专业基础课程,理论性强,知识点多,数学描述与物理概念相互印证,学生难以理解和掌握。结合课程特点,从研究性教学的思路出发,探讨了该门课程的教学改革方法,提出在课堂教学中采用基于问题的研究性授课方法,以及学生从问题角度重新整理知识点、关注科技前沿的报告型课后学习模式。这种教学方法一方面提高了学生对“自动控制原理”课程的学习热情,另一方面培养了学生深度思考、团队协作以及学术表达的能力。

**关键词:**自动控制原理;研究性教学;课程改革;实践

## Research-based teaching reform and practice for “Principles of Automatic Control”

Jiexiang Luo, Hongxia Gao

(South China University of Technology, Guangzhou 510640, Guangdong Province, China)

**Abstract:** “Principles of Automatic Control” is a professional foundation course for automation, electrical engineering and other undergraduate programs. The course is with strong theoretical knowledge, many mathematical descriptions and physical concepts, interplaying with each other, and so students are difficult to understand. Combining with the characteristics of curriculum and starting from the idea of research-based teaching, the ways and methods to teaching reform of this course are discussed in this paper. A research-oriented teaching method based on the decomposition of questions in classroom teaching and an after-school learning mode of the students rearranging knowledge, paying attention to the forefront of science and technology are proposed. This kind of teaching method on the one hand, can improve the enthusiasm of students learn the course of “Principles of Automatic Control”, on the other hand, can cultivate the deep thinking, teamwork, and academic expression ability of the students.

**Key Words:** Automatic control principle; Research-based teaching; Curriculum reform; Practice

### 引言

自动控制技术是数控机床、汽车、航空飞行器

等工作器械或生产过程的关键技术,研究生产过程或者工作机械如何自动地按照预先设定的规律运行,在工农业生产、交通、国防和航空等领域中获得了广泛的应用。《自动控制原理》是自动控制

---

联系人: 罗家祥. 第一作者: 罗家祥(1979—),女,博士,副教授.

基金项目: 华南理工大学新工科研究项目、广东省高等教育教学研究和改革项目、华南理工大学教学成果奖培育项目。

技术的基础理论,研究自动控制共同规律,是我国自动化、机械、测控技术与仪器、电气工程及其自动化等相关专业一门重要的专业基础课程,在工科专业教学体系中占有重要地位。

《自动控制原理》以三大变换(拉氏变换、傅立叶变换、Z变换)、微积分和复变函数为数学基础,研究单输入、单输出的自动控制系统描述、分析与设计问题。该门课程理论性强,概念抽象,数学描述与物理概念相互印证,知识点多,难以理解和掌握<sup>[1-2]</sup>。在该课程传统的教学过程中,主要以传统教学手段为主,即讲解——接受式的教学方式,教授按照教材上的知识体系结构,按部就班地向学生传授知识,以帮助学生形成认知结构。但是,由于本课程的特点和学生认知能力的不足,学生在课程进行过程中可能会越来越难以理解课程所学知识:(1)本课程知识点多,学生容易因理解不透彻而遗忘知识点;(2)数学推导公式众多,学生容易因数学知识掌握不清晰而不理解知识点;(3)课程理论与实践联系紧密,学生容易因知识不理解而导致难以将理论应用于实际自动控制系统的分析与设计。导致学生疲于机械性记忆,而很少提出“为什么”的问题,教学效果差。对该类专业课程,以上的教学方式显然不利于调动学生的积极性,只能让学生了解这门课程“皮毛”,而不是理解本质,不利于学生进行“分析问题、解决问题”的思维训练,也不利于创新思维的培养。

近年来,为了提高大学生在学习过程中的积极主动性和培养大学生的研究和创新能力,研究性教学方法受到了越来越广泛的重视。我国学者已从理论<sup>[3-5]</sup>和实践<sup>[6-8]</sup>上对研究性教学的内涵进行了相关解读和实践。有专家认为研究性教学是一种将教师研究性教授与学生研究性学习、课内讲授与课外实践、依靠教材与广泛阅读、教师引导学生自学有机地结合并达到完整、和写、统一的教学<sup>[4]</sup>。基于该研究性教学的内涵,针对《自动控制原理》课程,积极探索《自动控制原理》研究性教学策略,提出在课堂教学中采用基于问题的授课模式,以及学生从问题角度重新整理知识点、关注科技前沿的报告型课后学习模式。开展的教学实践表明该教学方法取得了良好效果,深受学生好评。

## 1 “自动控制原理”课程研究性教学策略

典型的研究性教学方法有案例教学、基于问题解决的学习和基于问题的学习<sup>[3]</sup>。其中,基于问题的学习的主要教学过程包括提出问题、分析问题、形成假设和验证假设、修正假设。通过引导学生解决复杂的、实际的问题,使得学习者建构宽厚而灵活的知识基础,训练解决问题的技能,培养学习的积极主动性和终生学习的能力。《自动控制原理》尽管知识点众多,但从问题提出和问题解决的角度来看,可高度概括成如下四个基本问题:(1)什么是自动控制系统;(2)如何描述自动控制系统;(3)如何分析自动控制系统性能;(4)如何设计自动控制系统。这与研究性教学方法中基于问题的学习策略不谋而合。充分结合《自动控制原理》的课程特点,运用基于问题的学习方法,提出了《自动控制原理》课程研究性教学策略。

### 1) 学习目标逐级分解

作为一种教学方法,研究性教学以问题为中心,培养学生的问题意识。纵观整个科学研究史,新科学、新技术都是以人类不断地提出问题和解决问题而进步的。比如,哲学的发展是以解决人类从哪里来、到哪去等基本问题展开的,引发了人类对自然界的思考,推动了科学的发展。爱因斯坦也说过“发现问题和系统阐述问题可能要比解答问题更为重要。”如果一个大学生不对世界、科学、对课程知识充满好奇,学习便缺乏主动性,难以做出推动科学发展的成绩。因此,保持学生在课程学习中提出疑问或者保持疑问就显得非常重要。在研究性教学过程中,教师需要重新审视整个学习目标,将学习目标逐级分解形成子问题,以问题的形式展开课程教学。

### 2) 教师授课方式的改变是培养学生研究性学习的关键

由于课程的复杂性,教师课堂授课仍然是教学的主要手段之一,但需要进行教学过程中采用启发性的、以问题为导向的授课方法。以问提为核心进行精心的教学设计,注重引导学生如何分析问题和用已有知识构建解决问题的方法,激发学生积极思考。不但可以提高课堂互动性,还可以提高学生的研究兴趣,培养他学生的主动思考

习惯。

### 3) 培养学生的创新精神和创新素质。

在学生进行研究性学习过程中,培养学生的创新精神和科研素养是研究性学习的主要目标。研究性教学并不要求学生真正地对所学的教学内容进行理论性创新和研究,因此,可在课堂教学的基础上,让学生在课堂教学后对知识点进行重新思考和拓展学习。比如以问题形式对知识点重新归纳总结、学科前沿问题探讨、实例分析、实验验证等。旨在培养学生归纳总结能力,提高学生对学科的认识度,以及对科学研究和课程学习的兴趣。

## 2 “自动控制原理”研究性教学的实践

基于上述教学策略,《自动控制原理》研究性教学的实施方案如下:

### 1) 学习目标的分解

为了以问题为核心开展教学,需将课程大目标分解成为两级子问题(如图1所示),按照“提出问题——分析问题——假设检验(解决问题方法)——验证和修正假设(对解决方法的讨论)”的思路,将课程所涉及的知识点串成为各级子问题和解决问题的方法。

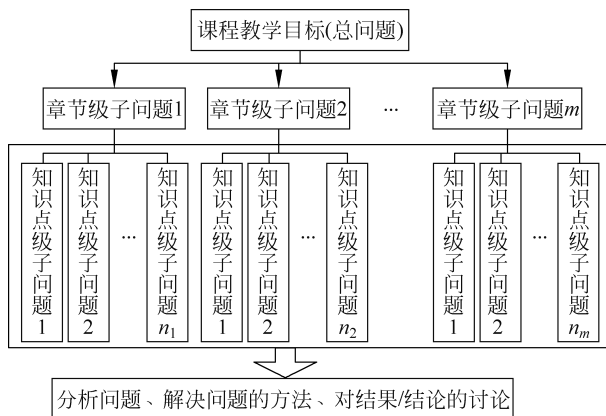


图1 学习目标分解图

Fig.1 The decomposition of learning goals

以频率特性分析法为例,设计了如下问题:

- ① 频率特性定义和物理含义是什么?
- ② 如何用图形表示系统的频率特性?有什么优势?(引出奈奎斯特曲线和对数频率特性)
- ③ 如何在图形化的系统开环频率特性中分析

系统性能?(引出稳定裕度)

④ 如何在图形化的系统闭环频率特性中分析系统性能?

在第三个问题对应的知识点“稳定裕度法”再进一步设计如下子问题:

- ① 典型系统的奈奎斯特曲线离 $(-1, j0)$ 的距离为何可以反映出系统稳定特性?
- ② 如何评价远离的程度?(引出幅值裕度和相位裕度)
- ③ 两种裕度如何计算?
- ④ 稳定裕度能否反映时域指标性能?
- ⑤ 从开环对数频率特性能否分析出系统的性能?如何分析?

根据以上逐级问题的引导与分析,让学生更为清晰地构架整个章节知识点的逻辑关系。

### 2) 以问题为中心的知识点教学

将学习目标分解成各级子问题后,教师的授课方法对引导学生思考起着重要的作用。在课程教学中,围绕问题进行精心的教学设计,注重引导和激发学生学习与探究的兴趣,逐渐培养学生的主动思考习惯。

一是在教学过程中,采用生活中常见又比较有趣的案例引发学生思考,提出对应于某个知识点的子问题,引导他们对于这个子问题能否解决,着重分析为何以及能从哪些方面入手思考,逐步引出解决问题的方法。锻炼学生分析问题和解决问题的能力。

二是构建知识体系结构图,引导学生归纳总结,锻炼学生的逻辑思维能力和归纳总结能力,培养他们有联系地看待知识点,从而对知识点进行深入的理解。

三是在教学中以问题的形式及时引入其他课程、最新科学研究的新进展和新成果叙述,不仅可以丰富教学内容,而且可以让学生接触科研前沿,对培养学生科研思维、提高学生研究兴趣有着重要作用。

### 3) 以归纳、推广、实践为核心的课后讨论学习

课后讨论学习以专题报告为基本形式开展。专题报告是对所学的章节级问题的知识点、课程相关领域新的问题和关键技术进行思考和拓展性总结,包括问题提出、归纳、分析和比较,给出结论;最后以专题汇报和总结报告提交研究成果。

在这个过程中,以团队形式展开,学生自由分组,每组一个组长,对某个问题进行阐述和总结。这种方法不但可以培养学生“提出问题——分析问题——解决问题——结果讨论”的学术思维,还可以提高学生的团队协作能力、演讲能力。

在实践中,围绕课程知识点和控制科学与工程学科热点问题,给学生确立了如下 11 个方向:(1) Matlab 仿真;(2) 控制系统的数学模型;(3) 控制系统的时域分析;(4) 控制系统的根轨迹;(5) 控制系统的频率分析;(6) 控制系统的校正;(7) 智能设备;(8) 非线性控制系统;(9) 先进控制技术;(10) 离散控制系统;(11) 智能车间。这些题目涵盖了课程知识、学科热点和学科应用工具的使用,以扩展学生的知识范围。

要求学生自由形成小组(一组成 4-5 人),通过文献搜索、实验验证和归纳总结,完成报告:(1) 内容简单介绍;(2) 课题意义和作用;(3) 研究问题的方法是什么;(4) 如有实验,补充仿真实验结果;(5) 得出的结论,以及对本问题的理解和深入的思考。在此期间,教师的角色就是指导者,而学生则是知识的学习者、总结者和传播者。

#### 4) 实施效果的总结和评价

从学生的反馈来看,学生对课程学习的积极主动性和对科学研究的兴趣得到了很大的提高,主要表现在:

(1) 以问题为引导的教学方法使得学生在授课时能够积极思考,主动回答问题的次数明显增加,课堂互动性加强;所提问题多数是对知识点的发散式思考,反映出学生对知识点的理解更为深入;

(2) 在课后讨论过程中,每组学生分工明确,均能对各主题做较为深入的阐述,锻炼了学生的团队合作与语言表达能力;从总结报告看,基本能按照预设的五个方面开展,但整体阐述的逻辑性还需要加强;

(3) 从课下交流看,学生对控制科学与工程学科的前沿研究有着浓厚的兴趣,并意愿将机器人、人工智能等作为的未来研究领域;

(4) 从期末考试成绩来看,与其他未实施研究性教学的班级相比,在高分个数和平均分上均表现更好。

### 3 结论

《自动控制原理》是一门理论性强、概念抽象、数学描述与物理概念相互印证、知识点多、学生难以理解和掌握的课程,但又是自动化、机械、测控技术与仪器、电气工程及其自动化等相关专业的一门非常重要的专业基础课程。本文采用研究性教学思想,对《自动控制原理》课程进行改革与实践,提出了在课堂教学中采用基于问题的授课模式,以及学生从问题角度重新整理知识点、关注科技前沿的报告型课后学习模式。教学实践表明了课程改革的有效性。以上是作者在自动控制理论教学中的认识和经验。实际上,教学中没有普遍的、一定行之有效的方法,需要教师根据具体的教学对象选择恰当的教学方法。

### References

- [1] 李东霞,石庆研.《自动控制原理》课程教学改革探索与实践.武汉大学学报(理学版).2012,58(s2): 153-156.
- [2] 王万良.“自动控制原理”课程教学中的几个关键问题.中国大学教学.2011,8: 48-51.
- [3] 赵洪.研究性教学与大学教学方法改革.高等教育研究,2006,27(2): 71-75.
- [4] 夏锦文,程晓樵.研究性教学的理论内涵和实践要求.中国大学教学,2009,12: 25-28.
- [5] 别敦荣.研究性教学及其实施要求.中国大学教学,2012,8: 10-12.
- [6] 王李.“内部控制”课程的研究性教学实践.中国大学教学,2010,9: 63-65.
- [7] 柴干.交通信息工程及控制专业硕士课程的研究性教学实践.东南大学学报(哲学社会科学版),2016,15 增刊(6): 146-148.
- [8] 管清波,冯书兴.研究性教学方法在运筹学课程中的实践.现代教育技术,2008,18(13): 35-37.