



## 自动控制原理实验教学改革探索

王桂芳, 程上方, 张 瑜

(西安交通大学 能源与动力工程专业国家级实验教学示范中心, 西安 710049)

**摘要:** 该文针对目前自动控制原理实验教学中存在的问题和不足, 提出了实验教学改革思想、目标和措施, 从教学内容体系、实验教材、教学方法、考核形式以及实验教学管理模式等方面进行了一系列改革探索。通过改革创新实验教学, 激发了学生的学习积极性, 推进了学生对基础理论知识的系统性学习, 提高了分析问题与解决问题的能力, 培养了学生工程实践能力、综合应用能力、创新能力和协作能力, 取得了良好的教学效果。

**关 键 词:** 自动控制原理; 改革探索; 实践能力; 创新能力; 协作能力

中图分类号: TK32

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20180528

## Exploration on Experimental Teaching Reform of Automatic Control Principle

WANG Guifang, CHENG Shangfang, ZHANG Yu

(National Experimental Teaching Demonstration Center of Energy and Power Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

**Abstract:** Aiming at the problems and deficiencies in the current experimental teaching of the principle of automatic control, this article puts forward the ideas, goals and measures of experimental teaching reform. A series of reforms have been explored from the aspects of teaching content system, experimental teaching materials, teaching methods, assessment forms, and experimental teaching management modes. The reform and innovation of experimental teaching has stimulated students' enthusiasm for learning, promoted students' systematic learning of basic theoretical knowledge, improved the ability to analyze and solve problems, and cultivated students' engineering practice ability, comprehensive application ability, innovation ability and collaboration ability, and finally achieved good teaching results.

**Key words:** automatic control principle; reform and exploration practical; practical ability; innovation ability; team work ability

“自动控制原理”是能源与动力工程专业的重要基础课程, 理论性和实践应用性都很强, 涉及跨学科交叉知识较多且概念抽象难以理解, 使得学生学习起来具有一定困难。因此, 实验教学环节在课程中起到非常重要的作用, 不但可以加深对自动控制原理理论知识的理解和巩固, 更重要的是可以建立理论和工程实际之间的联系, 加强工科学生实践能力和创新能力的培养<sup>[1-3]</sup>。

针对“自动控制原理”课程实验教学存在的问题和不足之处, 从教学内容体系、实验教材、教学方法、考核形式以及教学管理模式等多个方面进行改革和探索, 达到了良好的效果。

### 1 实验教学存在的问题和不足

#### 1.1 实验结构层次设计不合理

开展的实验以验证为目的基础性实验为主, 学生通过基础性实验只是对自动控制原理理论知识进行验证, 缺乏对相关问题多方面多角度的比较分析, 学生被束缚在验证性实验中, 很难培养其分析问题和解决问题的能力<sup>[4]</sup>, 也不利于思维能力和创新能力的培养。

#### 1.2 缺少系统性的实验教程

缺少系统全面性的实验教程, 实验指导讲义上只列举了实验原理、实验内容、实验步骤等简单的信息, 缺少实验所涉及知识的相关介绍, 而

收稿日期: 2018-11-23; 修回日期: 2019-04-24

基金项目: 教育部高等学校能源动力类教育教学改革项目(NDJZW2016Y-61)。

作者简介: 王桂芳(1981-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事能源与动力专业自动控制原理实验教学及相关研究工作。

自动控制原理课程涉及跨学科交叉知识较多,使得学生进行实验后只知其一不知其二,思维得不到发散,因此通过实验收获较小。

### 1.3 实验教学管理模式单一

以往采用固定时间和固定实验室完成单一实验的教学模式,学生在规定实验内集中完成实验。采用这种实验管理模式便于统一管理,但减少了学生实际动手和思考的机会,不利于提高学生实际操作能力和创新能力。

## 2 实验教学改革思想、目标和措施

### 2.1 实验教学改革思想和目标

实验教学改革的思想 and 目标决定着实际改革措施的方向,因此改革思想和目标的准确定位对具体措施的制定和实施至关重要。

实验教学改革以培养创新应用型能源与动力专业人才为目标,根据实验教学当前存在的一系列问题和不足,改善不合理的实验结构层次,建立以验证性实验为基础,以设计性和综合研究性实验为导向的实验教学内容体系;以实验教学内容体系为依托,优化完善实验教程;改善教学考核方式和实验室管理方式,优化实验教学环境。基于上述改革思想,达到提高学生自动控制综合创新能力和创新性人才培养的目标,既要培养学生动手操作能力、分析问题能力和解决问题能力,还要重视学生知识综合应用能力和沟通能力,培养学生的科技创新和团队协作精神,为后续课程的学习和将来的工作奠定坚实的基础。

### 2.2 优化实验教学内容体系

学生进行实验的目的不仅仅是为了掌握实验设备使用方法和实验操作步骤,更重要的是通过实验培养学生的实践能力、思维能力和创新能力。以往的实验内容以验证型的基础性实验为主,设计性实验较少且缺乏综合研究性实验。鉴于此,从改革和完善实验内容体系入手,充分利用综合实验平台的资源优势,对实验项目进行优化和整合<sup>[5]</sup>。

为了培养学生的实践能力和创新能力,将实验教学内容设置为基础性实验、设计性实验和综合研究性实验。实验课紧跟理论课程的进度,安排层次水平不一的实验教学内容体系,如图1所示。在自动控制原理课程的前期,根据实验进度开设基础性实验,比如典型环节模拟实验、控制

系统时域响应实验和控制系统频域响应实验等,使学生巩固、加深所学理论知识。在课程的中后期开设一些设计性实验,如 MATLAB 环境下高阶系统特性分析实验和串级系统的设计实验等,要求学生能够运用所学理论知识掌握控制系统的设计方法,培养学生将理论应用于工程实际的能力。在课程后期可以让学生根据兴趣组成团队,开设具有一定难度且基于实际系统的综合研究性实验,结合热能与动力测试技术等课程,让学生自己设计自动控制系统,比如水箱液位控制系统及回路流量控制系统等,培养学生分析解决问题能力、创新能力和团队协作能力。

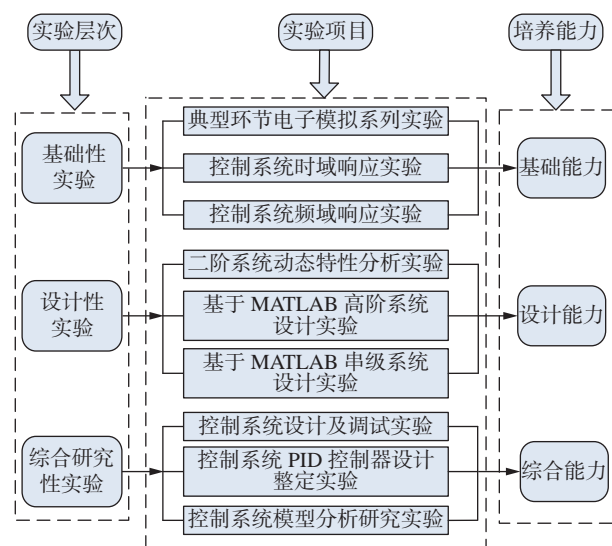


图1 自动控制原理实验教学内容体系

### 2.3 精编出版“十三五”规划教材

实验指导讲义《自动控制原理实验教程》已使用十多年,虽然前后经历多次修订,但其中没有包含新增的一些设计性和综合性实验,且其他实验内容的介绍过于单一,仅列举了实验原理、步骤等一些基本内容。随着实验内容体系调整以及实验设备不断更新优化,原有非正式出版的实验指导讲义已不能满足目前实验教学和人才培养的需要。因此,2018年通过西安交通大学出版社正式出版了《自动控制原理实验教程》,该教材隶属于普通高等教育能源动力类专业“十三五”规划教材。

新版实验教材紧密结合教学需要,对实验所涉及的基础理论、实验原理和方法进行了系统全面的阐述;提供了一些相关思考题,以利于学生进一步思考,掌握知识要点;加入了新的实验内

容、控制理论和控制方法,从而使學生更加全面和深入地认识和掌握自动控制技术发展前沿。通过使用新编教材,提高了实验课堂效率,学生反映效果良好,其工程实践能力和现代测控技术的综合应用能力得以大幅度提升。

## 2.4 采取灵活多变的教学方式

依据学生层次和不同实验的特点采用多媒体展示式、问题导向式、自主研究式等多种教学方法完成教学实验内容,改变教师讲授为主的实验教学模式,引导学生发挥主体作用。引入多媒体课件、微视频等信息化技术进行教学设计,丰富实验教学内容;借助新媒体工具实时推送学习资源,摆脱物理时空限制,扩充课堂容量。

让学生参与到授课和实验操作中,提高学生的参与度。课前发送给学生一些与实验相关的图片、课件或微视频,学生结合实验教程提前预习;课上通过多媒体课件图文并茂的对实验进行讲解,然后大家一起讨论,学生提问、教师答疑,引导学生学习,突出学生的主体地位,激发学生的学习兴趣。课后学生处理实验数据并撰写实验报告,实验报告不要求学生抄写实验原理、实验步骤等内容,使得学生把更多的精力投入到对实验结论的分析和思考上。

根据实验性质的不同,采取灵活多变的教学方式。对于基础性实验和设计性实验,学生可在教师指导下完成;对于综合研究性实验,学生可自行选题,指导教师向学生提出实验任务和方向,学生自行完成实验方案的设计分析—实验操作—解决问题—实验报告分析等一系列过程。

## 2.5 实行多样化的实验考核形式

以往的实验课程成绩仅根据实验报告成绩计算,无法避免个别学生抄袭他人的实验报告的现象,这样的成绩评定方法对认真做实验、动手能力强且勤于思考的学生有失公平,打击了学生做实验的积极性,不利于学生综合能力的培养。

为了更好地培养学生实践能力和创新能力,必须对实验考核方式进行改革,建立合理的考核机制。实验考核的评价标准应当鼓励学生创造力的发挥,只要学生解决问题的方式方法有创造性,就应得到相对较高的评价等级<sup>[6]</sup>。科学地评定实验成绩对引导学生重视实验,正确处理知识、能力和素质的关系尤为重要。按照“知识、能力和素质”全面发展的要求,对于不同的实验性质

采用不同的考核方式<sup>[7]</sup>。

对于基础性实验,应从实验设备的使用操作、实验结果正确性以及实验报告完成情况等方面对学生评价考核;对于设计性实验,应从实验方案设计、实施情况、实验完成效果以及实验结果分析等方面对学生评价考核。

## 2.6 改进实验教学管理模式

为了扩大学生的发展空间和发展机会,实行实验室开放制度<sup>[8-9]</sup>。以往实验室只在规定时间内使用,除了完成正常实验教学任务以外,不对学生开放。一些学有余力且对本课程有兴趣的学生没有机会接触更多的实验,他们的能力和才华得不到施展。针对这些情况,实验室实行开放制度,学生可以根据自己的空余时间和兴趣预约时间和实验内容,在预约时间内学生可以到实验室自行进行实验,实验期间若有问题可以咨询值班老师,完成实验项目后应向实验室提交实验报告。

开放实验室是提高实验教学质量的一种良好形式,为学生提供更多的独立思考空间和更多的实际操作机会。灵活的实验教学管理模式为学生提供了更广阔的实验平台,有利于提高学生的兴趣,更重要的是能够培养学生学习的积极性和创新思维。

# 3 实验改革的效果

## 3.1 调动了学生在实验教学中的主动性

授课教师和学生共同参与实验教学过程,突出学生的主体地位,启发引导学生学习实验过程。如“基于 MATLAB 高阶系统设计实验”,引导学生认识满足哪些条件的极点是主导极点,鼓励学生通过 MATLAB 编写程序绘制零极点图求取主导极点,让学生主动学习使用主导极点表达高阶系统的具体方法,分析高阶系统响应指标(阻尼振荡频率、超调量、峰值时间、衰减率等)特点。教师适当设计实践过程中可能会出现问题的环节,鼓励学生主动思考,尝试解决实验中遇到的问题,培养学生发现问题、解决问题和动手操作的能力。

授课教师和学生共同参与互动的教学方式,使课堂气氛更加活跃,有效地调动了学生的主观能动性,由原来的被动实验转变为主动积极参与,取得了良好的实验教学效果。

### 3.2 提高了学生设计能力和综合应用能力

实验教学改革后的实验层次分为基础性实验、设计性实验和综合研究性实验,通过设计性实验和综合研究性实验可以培养学生的设计能力和综合应用能力。

比如“控制系统PID控制器设计整定实验”,该实验要求设计一个PID控制器,使得控制系统超调量小于10%,调节时间小于5s,单位阶跃信号输入下的稳态误差接近零。学生首先要查阅资料了解控制系统的结构框架、PID控制器的工作原理,根据实验要求设计实验方案,在Simulink中搭建控制系统的模型,根据控制对象不同形式选择合适的工程整定方法,将整定后的参数作为PID控制器参数,运行整个控制系统,经过反复调试直至达到设计要求。实验要求学生不仅要学会使用可视化仿真工具Simulink,且必须自行设计实验方案、实验步骤,搭建控制系统模型并分析实验结果,每一步都需要学生积极思考,这非常有利于培养学生分析和解决问题的能力,提高学生设计能力和综合应用能力。

### 3.3 奠定了学生科技创新基础

开放实验室是加强实验教学的一种良好形式,给学生提供了更多的独立思维空间和操作机会。热工过程自动化实验室为学生提供了水箱、水泵、加热器、各类传感器、PLC控制器、智能控制仪、测量显示仪表等设备及部件,学生可根据自身兴趣利用这些设备开展开放性实验、项目设计或科技创新竞赛等。比如学生可以自主设计“水箱液位自动调节系统”,2~3个人组成一个设计小组,提出设计思想、实施方案、可能出现的问题、拟采取解决的方法等,讨论确定设计方案,小组成员具体分工后各自执行任务,分别完成查阅资料、硬件构建和软件编程、硬件和软件通信、整体系统调试、效果分析、撰写报告等任务,实施过程中小组成员不断沟通相互协作,共同完成项目任务。

完成上述实验项目需要用到自动化仪表、计算机、软件通信及自动控制等技术,使学生将所学交叉学科的知识有机结合起来,知识结构更加系统化;通过项目案例设计及实施过程,使学生在实验技能、工程设计综合能力、沟通协作能力等方面得到很大程度的提升,激发了学生的开发兴趣,带动了科技创新活动在学生中的影响,形

成了良好的科技创新氛围,为各类科技创新竞赛储备了优秀的人才。

## 4 结束语

通过对自动控制原理课程实验教学改革与探索,逐步形成了合理的实验教学体系,丰富了实验内容,深化了实验教学层次,为该课程的持续发展奠定了良好的基础。实践证明,通过该实验课程的改革实践,使学生对“自动控制原理”课程的理解进一步巩固加深,使学生对抽象枯燥乏味的自动控制原理课程产生浓烈的兴趣,对学生的自主学习能力、工程实践能力、应用开发能力、创新意识和创新精神培养起到了积极的作用,为学生后续的各类竞赛、课程设计、毕业设计以及未来工作打下了坚实的基础<sup>[10-12]</sup>,达到了学以致用目的。

## 参考文献

- [1] 刘明华,王彩霞.“自动控制原理”实验改革探索与研究[J].中国电力教育,2014(36):191-192.
- [2] 徐颖秦,陶洪峰,刘艳君,等.“问题驱动+能力提升”卓越课程建设与实践[J].大学教育,2016(11):125-126.
- [3] 陈宜建,杨全会,张素琴.自制实验平台的应用[J].实验室研究与探索,2017,36(2):276-278.
- [4] 赵环宇.关于自动控制原理教学的几点思考[J].大学教育,2016(12):148-149.
- [5] 盛守照,叶冯超,孙臣武.“自动控制原理”实验设计与教学改革思考[J].电气电子教学学报,2017,39(1):131-134.
- [6] 王素青.应用型本科院校“自动控制原理实验”教学改革的探索与实践[J].实验室科学,2014,17(1):104-106.
- [7] 王新环,郑征,余发山.工程应用型自动化专业电力电子技术实验改革与实践[J].实验室科学,2014,17(3):123-126.
- [8] 宋乐鹏.改革自动控制原理实验教学注重学生工程素质培养[J].中国冶金教育,2009(1):65-66.
- [9] 李斌,孙跃,谢昭莉,等.对工科自动控制系列课程教学体系的思考[J].电气电子教学学报,2009,31(12):106-108.
- [10] 陈胜利,包晓霖.工业自动化多功能控制系统实验教学平台开发[J].实验技术与管理,2017,34(6):143-145.
- [11] 夏静萍.面向卓越工程师培养的自动控制原理实验教学改革[J].实验室研究与探索,2017,36(12):188-191.
- [12] 张平,宋寅卯,曹卫锋,等.自动化专业自动控制原理实验教学改革[J].中国现代教育装备,2017(23):64-66.

编辑 钟晓