

自动化专业开设综合实验课的探索与实践

柏艳红 李虹 赵志诚 王健安

(太原科技大学 电子信息工程学院, 太原 030024)

摘要:针对当前课程体系中综合应用专业知识的实践教学环节的不足,依据围绕核心课程设置项目驱动综合实验的思路,增设了“自动控制综合实验”和“计算机控制综合实验”2门实验课程,形成递进式专业课实践教学体系:“专业基础课→专业综合实验→专业课→专业综合实验→综合课程设计→毕业设计”,已完成两届学生培养,获得良好的教学效果。

关键词:自动化专业;综合实验;项目驱动

中图分类号:TP273

文献标识码:A

文章编号:1008-0686(2022)04-0187-04

Exploration and Practice of Comprehensive Experiment Course in Automation Specialty

BAI Yanhong LI Hong ZHAO Zhicheng WANG Jianan

(School of Electronics and Information Engineering, Taiyuan University of Science and Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: In view of the lack of practical teaching of comprehensive application of professional knowledge in the current curriculum system, according to the idea of setting project driven comprehensive experiment around the core curriculum, two lab courses are added, which are Automatic Control Comprehensive Experiment and Computer Control Comprehensive Experiment. A progressive practice training system of professional courses is formed, which is professional basic course experiment, comprehensive experiment, professional basic and professional course experiment, comprehensive experiment, professional course experiment curriculum design, graduation design in turn. The new curriculum system has completed two sessions of student training and achieved good teaching results.

Key words: automation specialty; comprehensive experiment; project-driven

工科教育实践教学是工程科技人才培养的重要环节^[1]。工程教育认证通用标准的12条毕业要求,不仅包括工程知识、问题分析、研究、使用现代工具、项目管理等6条技术性要求,还包括工程与社会、环境和可持续发展、职业规范、个人和团队、沟通、终身学习等6条非技术性要求,反映了对工程专业毕业生知识、能力、素质的全面要求,毕业要求的达成需要理论教学和实践教学协同支撑^[2]。

实践教学帮助学生加深理解所学理论知识,培养综合运用所学知识和技能分析和解决实际问题的能力,培养实验设计、实施、测试分析、仪器选择使用等实践能力,同时培养创新精神、爱岗敬业精神、职业素养、协作精神等工程素质^[3-5]。工程教育认证通用标准和补充标准对实践环节提出明确要求:工科专业应设置完善的实践教学体系,工程实践与毕业设计(论文)至少占总学分的20%,电子信息与电气工程类专业的工程实践包括金工实

习、电子工艺实习、课程实验、各类课程设计与综合实验、认识实习、专业实习等环节^[6]。

在工程教育认证的推动下,太原科技大学自动化专业在2015版培养方案修订时,加强实践教学,设置了“自动控制综合实验”和“计算机控制综合实验”2门专业实验课。在分析原课程体系存在问题的基础上,提出综合实验课的设置思路和方案,介绍实施情况。

1 原课程体系不足之处

太原科技大学自动化专业原专业课教学体系为:专业基础课及专业课→综合课程设计→毕业设计。专业基础课主要包括:“自动控制理论”“最优化方法”“传感器与检测技术”“电机与拖动基础”“电力电子技术”“微机原理与微控制器技术”“信号分析与处理”“自动化工具软件”;专业课主要包括:“现代控制理论”“计算机控制系统”“电气控制

与 PLC 技术”“运动控制系统”“过程控制及自动化仪表”;2 个综合课程设计为:“单片机应用系统”“PLC 控制系统”。

教学实践表明,原课程体系存在以下不足:

(1)缺少阶段性地及时综合应用多门专业课程知识的实践教学环节。2 门综合性课程设计综合应用多门专业课程知识,但开设在所有专业课程修完之后,对第 6 学期前开设的专业课程来说,间隔时间较长,所学理论和技术知识无法及时地巩固和应用。因此,缺乏阶段性地围绕重要核心课程开展综合应用相互关联的几门课程知识的实践教学环节,导致学生对所学专业印象不够深刻,理解不够深入,掌握不够扎实,应用能力欠缺。

(2)缺少以完整的控制系统实现为教学内容的实践教学环节。控制系统实现需要综合应用多门理论和技术课程知识,通过实物对象控制系统实现的实践训练:一方面巩固提升所学理论知识,提高应用能力和动手能力;另一方面,使学生对控制系统有一个整体概念的认识,体会成就感,调动专业学习兴趣;同时,培养工程意识和创新能力。但是,由于控制系统实现涉及多门相关理论和技术课程,无法在单独的某门课程实验中开设系统实现的教学内容,课程实验中的综合设计性实验只能是针对某门课程知识的综合应用。课程设计具有综合性,但由于设计题目多样,控制对象和控制要求各不相同,重点在理论性设计而不要求全部实现。因此,在专业课程体系中,需要增设以实物对象控制系统实现为教学内容的实践教学环节。

2 综合实验课设置思路 and 方案

2.1 综合实验课设置思路

跨课程的专业综合实验,是对相关专业课知识的大串联,通常以项目为载体组织教学内容^[7-8]。项目驱动式教学围绕项目开展教学活动,将所有需要学习和掌握的专业知识与项目融合在一起^[9]。以项目驱动的综合实验,可以充分调动学生的学习兴趣 and 主动性,提高专业知识应用和融会贯通的能力,培养创新能力、实践能力、协作能力和解决复杂工程问题的能力^[10-11]。

开设综合实验课的学校和专业中,有针对部分专业课程开设的,也有针对所有专业课程开设的。西交大生物工程在第 5 和第 6 学期设立了 4 门独立的综合开放实验课^[12];大连民族大学测控专业在第 6 学期开设了综合实验课^[13];北京服装学院自动化在学习了部分专业基础课程之后还未进行

专业课程学习之前的大三的短学期开设了综合实验课,内容为基于单片机的温度采集与显示系统设计与实现^[14];山东科技大学自动化专业在第 7 学期设置了项目驱动的综合实验,要求学生综合运用所学专业理论知识和方法,完成自动控制系统设计、实验、调试等工作^[15]。未查阅到相关文献,在开设专业基础和专业课程的第 5 和第 6 学期穿插以控制系统实现为主要内容的综合实验环节,实现阶段性地、及时地综合应用多门专业课程知识。

在自动化专业课程体系中设置项目驱动的专业综合实验课,可以解决上述课程体系存在的不足。思路为:依据专业基础课和专业课的安排,围绕专业核心课程穿插设置综合实验课,并以控制系统实现的工程项目为主线组织教学内容,起到阶段性综合应用作用,同时提供完整的控制系统实现过程的实践训练。

2.2 综合实验课设置方案

“自动控制理论”和“运动控制系统”分别是自动化专业重要的专业基础课和专业课,安排在第 5 学期和第 6 学期,选择以这两门课为核心设置综合实验,可以起到阶段性及时综合应用课程知识的实践训练作用。2015 版培养方案中,设置了分别以这 2 门课程为核心的“自动控制综合实验”和“计算机控制综合实验”,各 32 学时,分别开设在第 5 学期和第 6 学期。新专业课程体系见图 1。

第四学期	信号分析与处理	自动化工具软件	最优化方法		
第五学期	电机与拖动基础	自动控制理论	电力电子技术		
	自动控制综合实验				
第六学期	传感器与检测技术	计算机控制系统	运动控制系统	微机原理与微控制器技术	现代控制理论
	计算机控制综合实验				
第七学期	电气控制与 PLC 技术		过程控制及自动化仪表		
	PLC 控制系统课程设计		单片机应用系统课程设计		
第八学期	毕业设计				

图 1 专业课教学体系

2 个综合实验课开设在学完部分专业基础和专业课程之后,重点为控制系统的实现;2 个课程设计开设在所有专业课程之后,重点分别为以单片机和 PLC 为核心的控制系统设计;毕业设计重点为以工程应用为背景的控制系统的设计和开发。形成“专业基础课→专业综合实验→专业基础和专业课→专业综合实验→综合课程设计→毕业设计”递进式专业课实践教学体系。

“自动控制综合实验”以“基于 Matlab/RTWT 实时仿真环境的锅炉控制系统实现”为主线,综合

应用自动控制理论、自动化工具软件、传感器与检测技术、计算机控制系统等课程知识。一方面巩固提升已修课程知识,提高学生动手能力和创新能力;另一方面,提前接触后续专业课程相关内容,直观认识控制系统的组成,激发学习兴趣和学习主动性;同时,RTWT 实时仿真技术是原课程体系教学内容的拓展。

“计算机控制综合实验”以“单片机控制直流脉宽调速系统实现”为主线,综合应用运动控制系统、微机原理与微控制器技术、计算机控制系统、电力电子技术等专业课程知识。一方面,巩固提升所学理论知识,提高分析和解决问题的能力;另一方面,了解完整的控制系统设计和实现的内容和方法,为后续课程设计和毕业设计奠定基础。

3 “自动控制综合实验”教学实施

该课程已面向 2015 ~ 2018 四届学生顺利开设,采用期末集中授课方式。

3.1 自动控制综合实验系统

依据现有实验设备资源,制定了“基于 Matlab/ RTWT 实时仿真环境的锅炉控制系统实现”的实验项目,开发了相应的实验系统。

硬件条件包括:工控机,多功能数据采集卡及接线端子板,自控理论实验箱,锅炉实物对象,见图 2。自控理论实验箱用来搭建模拟电路控制对象。

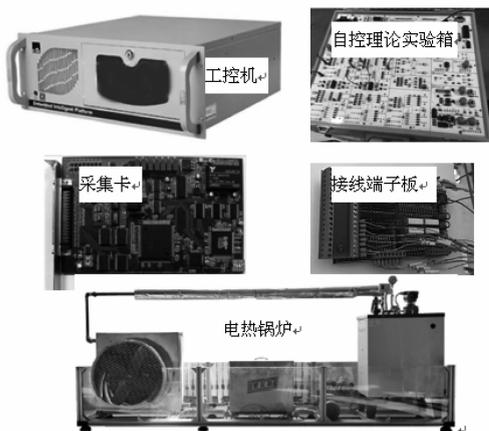


图 2 自动控制综合实验系统照片

实验系统采用 Matlab/RTWT 实时仿真工具,需要以下软件环境: Matlab/Simulink, Microsoft Visual C/C++ 6.0。另外,还需要安装采集卡测试软件。

3.2 “自动控制综合实验”教学内容

以项目实现为目标,按照由易到难、分步实施的原则设计了教学内容。首先,针对模拟电路对象,按照分步实施的方式,实现基于 RTWT 的硬件在回路实时仿真;然后,进行控制系统特性测试和

闭环控制研究;最后,搭建针对锅炉实物对象的控制系统。主要教学内容见表 1,以项目实验为主,辅以课堂讲授和总结讨论。

表 1 “自动控制综合实验”教学内容

实验项目及主要内容
项目一:RTWT 环境下控制系统实时仿真实现 通过非实时仿真和实时仿真研究二阶系统阶跃响应,保存仿真数据并绘制曲线,比较实时和非实时仿真结果。
项目二:RTWT 环境下数据采集卡的使用 使用测试软件对采集卡功能进行测试,了解采集卡驱动 S 函数,构建 RTWT 环境下数字信号和模拟信号输入/输出 Simulink 模型,进行实验测试。
项目三:模拟对象硬件在回路实时仿真实现 针对由运放搭建的二阶对象模型,构建以工控机为控制器、基于 RTWT 环境的硬件在回路实时仿真系统,进行测试。
项目四:基于硬件在回路实时仿真的控制系统研究 采用硬件在回路实时仿真技术,对典型系统进行时域分析、频域特性分析、闭环 PID 控制实验研究。
项目五:基于 RTWT 的锅炉控制系统构建 针对电热锅炉实物对象,构建特性测试和闭环控制硬件回路,建立特性测试和闭环控制 Simulink 模型,重点是固态继电器控制用 PWM 信号模块、压力和温度信号检测变换与滤波模块。

“自动控制理论”课程实验主要包括阶跃响应特性、频率特性测试、系统校正、采样系统分析等基本理论的验证;综合实验课程侧重基于 PC_Based 的控制系统组成和基于 RTWT 硬件在回路实时仿真技术的软件实现,同时巩固基本理论。

4 “计算机控制综合实验”教学实施

该课程已面向 2015 ~ 2017 三届学生顺利开设,采用期末集中授课方式。

4.1 单片机控制直流脉宽调速实验装置

针对“单片机控制直流脉宽调速系统实现”实验项目,自行开发了实验装置,其组成原理见图 3。主要由 STM32 开发板、IGBT 模块及驱动板、直流电机、旋转编码器、电流检测模块、上位机等组成。实验装置照片见图 4。

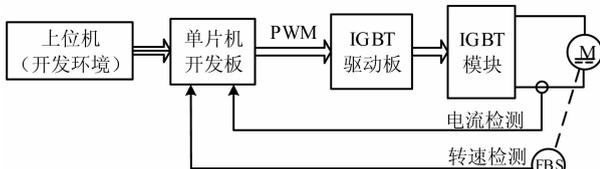


图 3 单片机控制直流脉宽调速实验装置组成原理



图 4 单片机控制直流脉宽调速实验装置照片

4.2 “计算机控制综合实验”教学内容

以项目实现为目标,按照分步实施原则将其划分为几个子任务:电机开环运行控制,编码器测速,闭环控制。根据子任务设计教学内容,主要教学内容见表 2,以实验为主,辅以课堂讲授和总结讨论。

表 2 “计算机控制综合实验”教学内容

实验项目及主要内容
相关知识讲授: 课程和实验系统介绍,直流脉宽调速系统的硬件方案,直流脉宽调速系统基本理论和软件方案,开发板及模块功能配置。
项目一 编程环境及开发板使用 软件环境及开发板使用,编程实现 I/O 口操作和外部中断。
项目二 基本功能编程实现 编程实现 LCD 显示、定时中断、PWM 生成。
项目三 直流电机开环运行及特性测试系统实现 编程实现开环运行控制、编码器测速、开环控制特性测试。
项目四 闭环直流脉宽调速系统实现 在开环控制软件方案基础上,增加定时采样、PI 调节器,实现闭环控制。
项目五 拓展创新训练 参考内容:可逆直流脉宽调速实现、双闭环系统实现、其它编码器测速方法、PI 算法改进等。

运动控制系统课程实验中,针对模拟直流调速系统进行参数测定、单元调试、开闭环静态特性测试和启动波形观测,不涉及数字控制系统;计算机控制系统课程实验中,针对直流电机控制进行 PID 参数调节,不涉及硬件方案设计和软件编程。综合实验课程侧重基于微控制器的系统实现,包括硬件方案和程序编写,如:PWM 信号产生、编码器测速、PID 算法等,同时进行特性测试,进一步巩固相关理论。

5 结语

针对自动化专业教学体系存在的问题,围绕“自动控制理论”和“运动控制系统”专业核心课程,分别设置了以项目为载体“自动控制综合实验”和“计算机控制综合实验”。已在 2015~2018 四届学生中顺利实施,项目驱动的教学方式调动了学生学习兴趣,获得良好的教学效果。通过增加综合实验课,加强实践教学,增强了实践能力、创新能力和解决复杂工程问题能力的培养,满足了工程教育认证标准要求,太原科技大学自动化专业于

2018 年通过了工程教育认证,2019 年获批国家首批一流专业建设点。

下一步将考虑针对其它专业核心课程开设综合实验。

参考文献

- [1]李培根,许晓东,陈国松.我国本科工程教育实践教学问题与原因探析[J].高等工程教育研究,2012(3):1-6.
- [2]顾晓薇,王青,邱景平.工程教育认证“毕业要求”达成度的认识与思考[J].教育教学论坛,2016(14):24-26.
- [3]陈平,吴祝武.着眼学生解决复杂工程问题能力培养的实践教学体系建设[J].实验技术与管理,2019,36(6):201-203.
- [4]徐菊美,许琨,雷明.ABET 认证对实验教学改革的启示[J].实验技术与管理,2015,32(7):193-196,201.
- [5]马修水,何小其,钟伟红.“四维一体”渐进式自动化专业实践教学体系建设[J].实验室研究与探索,2015,34(5):150-154.
- [6]杨洪涛,王小兵.工程教育专业认证标准下的测控专业实践教学的改革与实践[J].实验技术与管理,2017,34(6):183-186.
- [7]辛颖,雅菁,刘志锋.材料科学与工程专业综合实验的教学改革与实践[J].实验室科学,2009(1):38-42.
- [8]赵丽杰,赵丽萍,李良.环境工程专业综合实验的教学改革与实践[J].实验室科学,2009(3):30-32.
- [9]徐雅斌,周维真,施运梅.项目驱动教学模式的研究与实践[J].辽宁工业大学学报(社会科学版),2011,13(3):125-127,130.
- [10]刘俊,汪焯,杨惠勤.基于工程项目的机电一体化综合实验教学研究[J].实验室研究与探索,2012,31(8):128-130,150.
- [11]周秦武,张博,张大龙.以项目驱动为导向的专业综合实验课程设计与实践[J].实验技术与管理,2014,31(3):183-185.
- [12]马建岗.综合实验课在生物工程专业课程体系的探索与实践[J].教育教学论坛,2013(31):223-224.
- [13]刘俊杰,谢春利,张涛.测控技术与仪器综合实验课程改革与实践[J].西部素质教育,2017,3(19):186-187.
- [14]何宁,刘晓洁.自动化综合实验课程的教学创新与改进[J].科技资讯,2014(1):197-198.
- [15]高宏岩,王誉钱.基于 LabVIEW 和单片机的自动控制系统综合实验[J].实验技术与管理,2019,36(1):53-57.