

以能力培养为导向的过程装备控制技术实验平台建设

张 兰

(中国石油大学(华东)新能源学院, 山东 青岛 266580)

摘要:为推进过程装备控制技术课程建设和工程教育,分析了课程现状和存在的问题,探讨了过程装备控制技术实验教学平台的建设内容,构建了分层次、分类型、综合化的过程装备控制实验平台,从而有效地将教学与工程实际相结合,促进学生工程意识的培养和创新能力的提高。

关键词:过程装备;控制;实践;教学平台

我校过程装备与控制工程专业始建于1953年,起源于石油炼厂机器及设备专业。本专业是教育部国家级特色专业和国家卓越工程师计划专业,2018年顺利通过教育部工程教育专业认证,2019年入选国家级一流本科专业建设点。本专业与原化工设备与机械专业的重要区别之一,即是要加强过程装备的控制学科方向教学,但又不同于纯粹的机电控制,更注重培养学生对典型过程单元设备及成套装置控制系统的分析与设计能力。

教育部《关于一流本科课程建设的实施意见》指出,课程是人才培养的核心要素,课程质量直接决定人才培养质量。建设一流本科课程是一流专业建设的重要内容之一。实验教学是培养学生动手能力、创新能力和综合素质的关键环节,是检验理论知识的掌握和运用的良好平台。为了更好地推动本专业一流本科专业建设和工程教育,推进控制类课程整体教学内容的理解与工程应用,有必要立足本学科专业特色,面向工程教育认证要求,搭建一个融合课程内容和实践分析方法、以工程实际项目驱动的课程实验创新教学平台,从而有效地将教学与工程实际相结合,促进学生工程意识的培养和创新能力的提高。

一、课程现状分析

《过程装备控制技术》是过程装备与控制工程专业控制类课程模块的核心单元。课程主要讲授流程工业过程控制系统结构、原理、特点与应用,具体包括过程测量仪表和过程控制仪表原理,简单控制系统和复杂控制系统的设计,计算机控制系统的组成与应用,典型过程装备的控制方案等。课程理论授课32学时,专业实验12学时。学生在修读高等数学、电工电子学、认识实习、控制工程基础等先修课程后,在大学第6学期学习本课程。

通过本课程学习后,学生应具备控制科学思维和专业问题解决过程装备领域控制工程问题的综合实践能力。能够理解检测方法 with 仪表的适用工况和局限性,恰当地选择先进检测仪器、测试方法与技术开展研究。能够针对复杂工程问题,开发满足特定要求的过程装备检测和控制方案,优选测量、控制方案和控制算法,并体现一定的创新意识。

课程主要采用的“讲授+实验”的教学模式,教学团队在单元教学过程中实践了问题式、项目式、案例式等多元化教学方法,并开展了基于过程监督的课程考评方式改革,但由于控制类课程综合性强,专业背景知识要求高,知识点多而繁杂,抽象难理解学生不易掌握。实验教学主要以教师讲授为主,学生按照步骤机械实验,难以激发学生的创新思维;实验装置台套有限且多以演示性验证性实验为主,难以培养学生探究性、研究性设计思维;实验装置多以单一课程知识点内容为背景,与工程实际联系不紧

密,难以为每位学生提供训练过程装备控制系统综合分析能力和工程应用能力的有效平台。因此,迫切需求对过程装备控制技术课程实验教学进行改革。

二、实验教学平台建设

为促进大学生全面化、个性化、最大化成长,构建分层次、分类型、综合化的实验教学平台。过程装备控制技术实验平台建设主要分为以下几个部分:

(一)基础实验模块

遵循“厚基础、重实践、强能力”原则,注重基础知识点内容的形象化展示,强化学生动手操作能力、巩固、加深对专业课基本理论和知识的理解,掌握专业实验技能与方法,开展压力表校验、热电偶特性测量实验、PID参数整定实验、串级控制系统试验、DCS控制系统试验。培养学生观察问题、分析问题与解决问题的能力 and 团队协作能力。实验装置如图1所示,具体实验内容如表1所示。



图1 基础实验装置

表1 基础实验项目

序号	实验项目	实验内容
1	压力表校验实验	了解弹簧管式压力表的结构和工作原理,采用“示值比较法”校验压力表是否合格。
2	热电偶特性测量实验	掌握热电偶的基本结构和工作原理,测量热电偶的温度特性曲线。
3	PID参数整定实验	掌握简单控制系统的组成和工作原理,定性的研究PID控制器参数对系统性能的影响,整定控制器的参数。
4	串级控制系统实验	掌握串级控制系统的构成和工作原理,掌握串级控制系统控制器参数的整定和投运方法,了解阶跃扰动分别作用于副对象和主对象时对系统主控制量的影响。
5	DCS控制系统实验	熟悉DCS控制系统的硬件结构和系统运行调试方法,实现比值控制系统的自动控制。

建设“实景”教学资源库,教学团队成员在带领学生参加专业实习时,注意收集一些与本课程相关的工业现场照片、资料与影像,在专业论坛网络上也收集了一批与本课程教学相关的动画视频和图片资料,在讲课过程中充分利用这些图片和视频作为辅助手段。购置了与教学过程中常用的各式过程测量仪表和控制仪表,建设了过程控制仪表模型室。上述这些教学辅助资料直观形象,增强学生的感性认识,有利于知识点的理解和学习。

(二) 认知实践模块

依托学校工程教育训练中心和校外实习培训基地,学生在大二、大三暑假深入生产一线,通过校内训练中心模型观摩理论讲解和石油石化企业现场参观,认识了解完成不同工艺流程所需要的不同设备的检测控制仪表,理解设备、控制仪表的功能及工作原理,加深对课堂上所学习的专业知识的感性认识和深入理解,强化培养学生理论联系实际的能力。



图2 学生认知实践现场

(三) 提升训练模块

为解决实验场地固定、实验时间有限、实验装置台套数有限而学生人数多的问题,采用现代信息技术与智能技术,构建虚拟实验环境和实验对象,实现“网上做实验”和“虚拟做真实验”,强化课程基础知识学习,形象易理解,促使学生产生浓厚的学习研究兴趣。采用 Matlab 实现理论课程基础内容的控制仿真分析,软件操作简单友好易用,图形丰富形象。使学生在课下学时内更加深刻理解基础知识内容本身,而不是简单的学习仿真软件命令函数。主要包括控制系统建模、PID 控制器仿真、串级控制仿真、前馈控制系统仿真、分程控制系统仿真、均匀控制系统仿真等。

(四) 综合实训模块

突出装备特色,结合工程实际。专业课既要强化学生对基本理论、基本知识和基本技能的掌握,更要注重学生工程实践能力和解决问题的能力。开发具有装控专业装备特色的工程实际分析案例,以典型的过程装备为被控对象,开展动态建模、控制系统设计与分析,最终在 Matlab 中进行仿真验证,引导学生将控制课程专业知识融会贯通、学以致用,将所学的过程、装备与控制知识融为一体。

以学生认识实习中已有所了解的 CSTR 反应器控制系统设计项目为例,采用基于问题的项目式教学模式,随着课程内容的深入,逐步推进控制问题由基础性向研究性、高阶性递进。首先引导学

生通过文献调研熟悉 CSTR 反应器工艺原理和工作过程,分析对象过程动态建立控制模型。根据实际工况选择合适的测试技术和测量仪表,进行反应器压力、温度、流量。其次,选择合适的执行器和控制器,设计相应的控制算法,完成简单控制系统设计,通过仿真分析控制系统能否达到控制要求。进一步的,如若不能达到控制要求,采用何种创新型或改进型控制方案能够满足控制要求,通过仿真验证方案的有效性。对于学有余力的同学,还可以引导他们通过机器学习算法对方反应器运行故障进行诊断。

(五) 开放提高模块

以先进控制方法为基础,开展创新训练。以教师的科研项目为依托,建立过程装备联合仿真分析软件平台。鼓励学生根据自己的兴趣、组建课题研究团队并选择开放性创新性实验项目,开展过程装备制造的智能化信息化的创新实训,积极参与校级以上的各类创新实践活动和创新竞赛,培养学生勇于探索、批判性思维与创新创业能力。

以 SMPT-1000 过程控制半实物仿真实验装置和西门子杯中国智能制造挑战赛为背景,根据任务要求进行工艺分析、冷态开车步骤设计、仪表选型及控制系统设计。根据提供的仿真对象模型,进行控制方案优化、控制参数调试、控制方案实施仿真等,形成完整的设计方案报告。以科研实验室 Amigo 机器人、智能协作机械臂、表面缺陷视觉检测系统等科研实验装置和全国大学生过程装备实践与创新大赛为背景,学生完成了智能巡检机器人路径规划、管道智能检测机器人设计、便携式无损检测装置设计等创新创业训练项目,学生参赛获得大赛特等奖 2 项,二等奖 1 项,三等奖 3 项。通过比赛和创新创业实训,培养了装控专业学生对控制方向的课程学习热情与科学研究兴趣,提高了学生的创新与工程实践能力。

三、结语

针对过程装备控制技术课程特点和教学存在的问题,建立了分层次、分类型、综合化的实验教学平台。使实验内容由单一性、局部性向综合性、整体性拓展,实验方法由示范性、验证性向开发性、设计性转变,探索产学研协同创新机制和实验教学新模式。综合性实验平台的建设改善教学效果,加强学生对控制理论与方案设计的理解;同时也有效地将教学与工程实际相结合,促进了学生实践与创新能力的提高。

参考文献:

- [1] 谢和平.以创新创业教育为引导 全面深化教育教学改革[J].中国高教研究,2017(03):1-5+11.
- [2] 张学军,王锁萍.全面改革实验教学 培养学生创新能力[J].实验室研究与探索,2005(01):4-6.
- [3] 蒋文春,王宗明,王增丽.以工程设计为主线的人才培养模式探索[J].高教论坛,2021(06):46-49.
- [4] 李强,许伟伟,王建军,金有海,王振波.过程装备与控制工程专业立体化实验教学的实践与探索[J].实验技术与管理,2015,32(11):187-190.
- [5] 李平.推进虚拟现实技术应用 提高高校教育教学质量[J].实验室研究与探索,2018,37(01):1-4.
- [6] 熊宏齐.国家虚拟仿真实验教学项目的新时代教学特征[J].实验技术与管理,2019,36(09):1-4.