

面向复杂工程问题,推进实验教学改革

彭熙伟 郭玉洁 张 婷 王向周 郑戌华 汪湛清

(北京理工大学自动化学院,北京,100081)

摘 要: □□工程教育专业认证以先进的教育理念引导专业建设与教学改革,对于提高人才培养质量产生了积极的影响。解决“复杂工程问题”的能力是毕业要求的核心内容,本文聚焦解决“复杂工程问题”,剖析了传统实验教学存在的一些主要问题,基于“复杂工程问题”所具有的特征,探索专业实验教学改革与创新,有针对性地提出突出工程特色、强化工程设计、注重系统集成以及改革考核评价等实验教学改革思路。

关键词: 专业建设; 专业认证; 成果导向; 实验教学

Focusing on Complex Engineering Problems and Promoting Experimental Teaching Reform

Xi-wei Peng Yu-jie Guo Ting Zhang Xiang-zhou Wang Shu-hua Zheng Zhan-qing Wang

(School of Automation, Beijing Institute of Technology, Beijing, 100081)

Abstract: Engineering education program accreditation with advanced educational philosophy guides the program construction and teaching reform, which has a positive impact on improving the quality of personnel training. The ability to solve “complex engineering problems” is the core of program-outcome. In this paper, solving “complex engineering problems” is focused, and some main problems existing in traditional experimental teaching are analyzes. Based on the characteristics of “complex engineering problems”, the reform and innovation of program experiment teaching is explored, and the experimental teaching reform ideas are put forward from the following aspects: highlighting the engineering characteristics, strengthen the engineering design, focusing on integrated integration and reforming assessment evaluation.

Key Words: program construction; program accreditation; outcome-oriented; experimental teaching

引言

2016年6月2日我国正式加入《华盛顿协议》,标志着我国高等教育对外开放向前迈出了一大步,我国工程教育质量保障体系得到了国际认可。我

国工程教育专业认证工作的全面展开,引入了先进的教育理念,即以学生为中心、成果导向和持续改进。这对于引导工程教育专业建设与教学改革、全面提高工程教育人才培养质量,意义重大。

在2015版中国工程教育专业认证通用标准中,毕业要求有12条,从12个方面对毕业生的能力提出了非常具体的要求,其中有8个方面都提到

联系人: 彭熙伟. 第一作者: 彭熙伟(1966—),男,博士,教授.

基金项目: 北京市高等学校教育教学改革立项“基于成果导向教育的课程目标达成度的质量评价及保障体系的研究与实践”(2015-ms027)、北京市教育科学“十二五”规划重点课题“加强工程科技人才培养实验教学研究与实践”(ADA13086).

了解解决“复杂工程问题”的能力[1]。解决“复杂工程问题”的能力是毕业要求的核心内容,着力于工程应用的能力,涉及运用数学、自然科学和工程基础知识的能力,问题分析、方案设计和研究的能力,以及应具备的工程素质。“复杂”两字是指在工程应用中除技术、专业知识外,还要考虑许多非技术的因素,要考虑技术开放环节之外的许多其他环节的因素。“工程问题”四个字强调工程应用,需要实践环节支撑。显然,要达到解决“复杂工程问题”的能力,工程教育中传统的实践教学模式、内容、方法、考核评价等都面临挑战,必须进行改革与创新。

本文建立在我校自动化专业工程教育专业认证和实践教学改革的基础之上,基于成果导向的教育理念探索自动化专业实践教学的改革与创新。

1 复杂工程问题的特征

“复杂工程问题”是本科毕业生在实际职业岗位中所面对的既要考虑内外部制约因素、又要满足内外部需求的技术工作问题。有以下几方面的特征[2]:

- 1) 必须运用深入的工程原理,经过分析才可能得到解决。
- 2) 问题本身是多方面的,涉及技术、专业和其他因素,并可能相互有一定冲突。
- 3) 是一个实际的问题,没有显而易见的解决方法。
- 4) 问题具有综合性,需要创新应用专业知识及最新研究成果才可解决的问题。
- 5) 需要考虑多方的限制,如成本、材料、技术、设备等。
- 6) 问题本身可能对社会及环境有影响。

“复杂工程问题”上述6个方面的特征,说明解决“复杂工程问题”不只是纯技术、理论问题,其同时还融入了大量非技术性的社会、经济、健康、安全、环境、工程伦理、团队合作、责任意识等制约因素,往往是系统性的问题,无法用单一或多门的技术课、专业课知识来解决。因此,解决“复杂工程问题”的能力培养是一个循序渐进、螺旋递进的实现过程,综合集成,贯穿于人才培养的全过程。

2 实验教学存在的主要问题

长期以来,实验教学依附于理论教学,实验教学在工程人才培养中的地位没有得到足够重视、作用没有得到充分发挥,影响了人才培养质量[3]。

2.1 工程性薄弱

经过“985工程”、“211工程”及其他专项建设,实验教学平台建设得到加强,实验室面积扩大、设备更新、台套增加,但是实验装置工程性薄弱问题没有解决,难以支撑工程性实验教学,特别是面向解决复杂工程问题的设计性和综合性实验。以自动化专业为例,电路、电子技术、微机原理、单片机技术、嵌入式系统、自动控制理论等专业基础课程的实验教学,国内高校基本上都是依托于各类电路实验箱,通过电路验证科学原理的正确性。

例如,单片机技术实验,传统实验是在实验箱上通过指示灯、点阵显示、液晶显示等完成通信、A/D、D/A等实验,基本上是局限于验证单片机的各项功能,并没有把单片机应用于工程实际项目,没有达到分析、解决工程实际问题的目的。这样,实验内容与工程实际脱节,不利于培养学生的工程感性认识、工程意识和工程素养,也难以把工程基础知识应用于工程实际问题中。

2.2 设计性实验内容少

在自动化专业课程的实验教学中,很多专业的实验装置齐全,如直流调速实验平台、电力电子技术实验平台、电机及自动控制实验装置等,虽然这些实验装置可以对学生进行操作实训,但实验教学内容局限于验证检验,教师主导、统一要求,实验步骤操作、方法相同,结果可预知、一致。

例如,自动控制理论实验,传统实验是在实验箱上通过单元电路、温度控制单元、直流电机单元等完成控制实验,只是局限于验证控制原理,并没有把控制应用于实际系统,学生对工程实际控制系统中的被控对象、传感与检测、A/D、D/A、功率放大器、计算机控制器等组成结构缺乏基本的感性认识和了解,也没有搭建实际的控制系统,难以感受工程实际系统中稳定性、快速性、控制精度等控制问题,无法体会各种扰动、非线性因素等对控制的影响问题。这样,实验内容没有针对工程实

际问题,缺乏方案设计、问题分析、独立思考、独立操作,使学生处于被动学习的状况,独立思维受到压抑。

2.3 综合性实验内容欠缺

在以往的专业课程实验教学中,一般都是单门课程的实验,例如水箱液位控制实验、控制理论实验、单片机技术实验、传感器技术实验等,其实实验内容局限于单门课程的专业知识方面。

例如,工程测试技术实验,通常是通过传感器测量电路等完成测试实验,局限于验证传感检测原理,并没有把测试项目应用于实际系统,学生对工程实际测试系统缺乏感知与实际设计项目训练,难以体会传感器、信号调理电路、数据采集、数据分析与处理等各环节对测试精度、动态特性的影响。实验内容缺乏整合运用多方面专业知识的系统性实验,难以培养学生综合分析问题、解决问题及多学科专业知识交叉复合应用能力,难以培养学生系统性思维、研究与创新能力,同时也难以培养学生在解决复杂工程问题中的自学能力、现代工具使用、信息综合、团队合作、沟通与交流等综合能力。

2.4 实验教学考核评价单一

通常高校实验教学考核评价方式单一,主要依据实验报告和实验结果。导致学生看重分数、抄袭报告,不重视实验设计、操作、过程分析、探索等,教学效果受到很大影响,难以培养学生解决复杂工程问题的专业能力和各方面的综合素质。

3 实验教学改革创新

工程是一种创造性的实践活动。在实验教学中,通过方案设计、制作、操作、实验、分析、研究、思考等使学生获得知识、发展能力以及培养团队合作、沟通与交流、自学能力等综合素质,对于解决复杂工程问题具有重要的支撑和基础作用。因此,按照工程教育专业认证标准的要求,聚焦解决复杂工程问题,传统的实验教学需要改革创新。

3.1 突出工程特色

培养工程人才需要遵循教育规律和工程人才成长规律,实验教学装置应从偏向科学原理验证

向注重工程实践转变,突出工程实际应用。

例如,在单片机技术的实验中(如图1所示),以单片机最小系统为基础,学生设计、搭建扩展电路,采集压力、湿度、温度等参数,增加双容水箱、云台、电风扇、电机/丝杠模组等控制对象装置,使单片机的应用贴近于工程实际。这样,实验装置工程化,把实验内容与工程实际结合,增强感性认识,培养学生的工程意识、工程思想和工程素养,为解决复杂工程问题奠定了基本的工程平台基础。

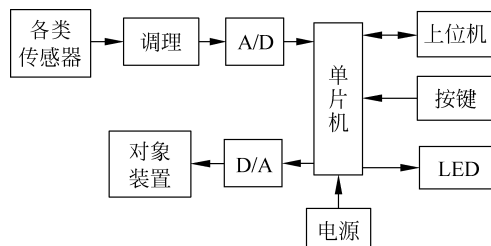


图1 单片机技术实验结构原理

Fig. 1 single-chip technology experimental structure

3.2 强化工程训练、工程设计

实践能力、设计能力是工程人才应具备的两个基本能力。因此,面向解决复杂工程问题,实验装置应着力于工程训练、工程设计,培养学生分析问题和工程设计能力。要把操作程序统一的实训装置向贴近工程实际的自主工程训练、工程设计转变。

例如,控制理论实验立足于工程实际的控制系统,如图2所示比例阀控液压缸。这样,学生对实际控制系统有基本的认识了解,对传感与检测、数据采集的精度以及被控对象的死区、摩擦、饱和、滞回、非线性等实际问题进行分析,确定采样频率,制定控制方案,C语言编写控制算法,让学生独立思考、识别、表达、建模仿真、分析复杂工程问题,能够基于科学原理并采用科学方法对复杂工程问题进行研究,体现数学和自然科学在本专业应用能力培养。这样,实验步骤、实验方法、控制设计不相同,实验结果不同、不可预知,达到强化工程训练、工程设计的目的,有效培养学生分析问题、解决问题的能力,同时实验内容的设计性、自主性、开放性调动了学生的积极性和主动性。这为解决复杂工程问题奠定了基本的工程设计能力基础。

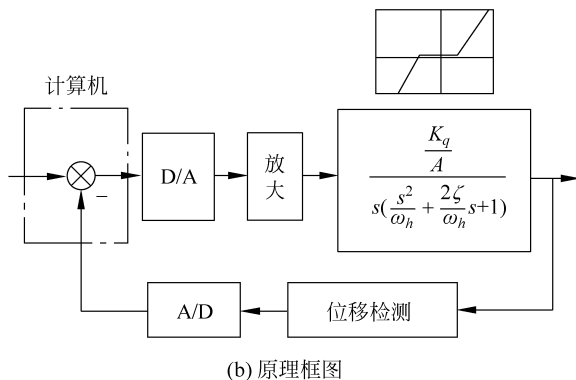
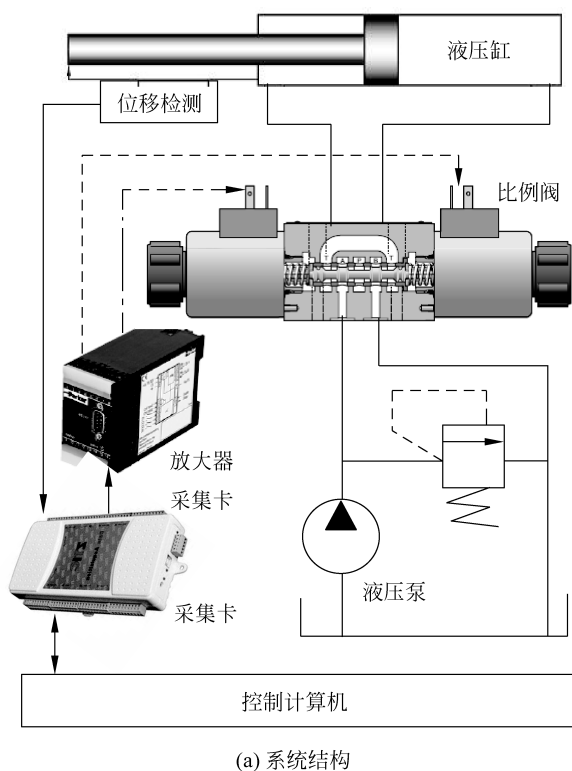


图 2 比例阀控液压缸

Fig. 2 proportional valve control hydraulic cylinder

3.3 注重综合集成

面向解决复杂工程问题,培养学生应对复杂任务、复杂系统和多学科知识交叉应用的能力,实验装置应综合集成,有利于多门专业知识的整合运用,也有利于培养学生的研究能力和创新能力。

例如,工程测试技术实验,如图 3 所示,采用项目牵引、小组团队、开放式研究型教学形式,以工程参量实际测量为项目。依托流体传动与控制实验教学平台,把液压传动系统中的油液温度、流量、压力,执行元件位移、转速、加速度、力以及驱动液压泵的交流机电流、电压等参量作为测试

项目,学生需要完成问题分析,方案设计,电路仿真,了解传感器电气特性和指标,对传感器的输出信号进行电路调理,搭建测试系统,学会使用采集板卡,采用虚拟仪器进行数据分析与处理等,这样把传感器技术、电路与电子技术,计算机接口技术等相关专业知识整合集成应用于实际测试系统中,并学习测试技术、虚拟仪器技术等新知识。实验教学使学生经历了完整的工程测试系统设计、分析、选型、制作、搭建、仿真、操作、测试和数据分析与处理等,应对多学科知识交叉复合应用的工程实践能力、工程设计能力和工程创新能力得到培养,工程素养得到提升。

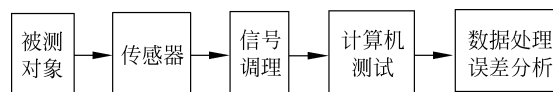


图 3 工程测试系统组成

Fig. 3 engineering test system components

同时,在方案设计、元件选型需要查阅资料,进行经济性分析,潜移默化地培养学生在设计中考虑经济、条件等制约因素,启发学生系统性思维和创新意识;借助 EDA 仿真工具进行电路分析,探索事物内在关系和变化规律;自学虚拟仪器技术,培养自学能力;合作与交流,既实现学生个人价值,又培养学生协作精神;通过课程报告、答辩、项目作品验收增强学生自信心和成就感。这样的实际测试项目可支撑毕业要求中解决复杂工程问题相关能力指标点,体现能力导向的价值取向。

3.4 考核评价改革

面向解决复杂工程问题,考核评价改革的核心思想是把关注实验报告成绩转向毕业要求能力指标、综合素质的考核,发挥评价的导向、改进、激励和发展等作用,课程目标质量评价体系和评价方法设计致力于促进学生获取知识、培养能力、和提高素质,促进学生的全面发展。

根据实验教学的内容,考核评价包括:学生自评与互评、平时讨论、设计项目的复杂性与创新性、作品验收、PPT 答辩、课程报告和考试,各项考核指标的权重如表 1 所示。其中 PPT 答辩由 3-5 人教学团队考核,项目作品由 2-3 人教学团队验收,这就把量化评价与质性评价、终结评价与形成评价相结合,并实现评价主体和评价内容的多元化。评价方式的多样化,激发学生的内在发展动

力,促进学生知识、能力、素质的全面发展。

表 1 考核评价指标 (%)

Tab.1 Assessment Criteria (%)

讨论	自评	互评	设计复杂 与创新性	答辩	考试	课程报告
10	5	5	20	10	20	30

5 结束语

遵循工程教育专业认证标准,面向解决复杂工程问题,传统的实践教学模式、内容、方法、考核评价等都面临挑战。基于复杂工程问题的特征,在剖析传统实验教学存在的突出问题基础上,按照以学生为中心、成果导向的教育理念对专业实验教学平台建设、教学内容、教学模式、教学方法和考核评价进行改革探索与实践,突出工程特色,强化工程实践和工程设计,培养创新意识,在设计

中考虑经济、环境等制约因素,把现代工具使用、自学能力、合作与交流、沟通与表达等非技术因素内容整合到实验内容中,从知识、能力、素质三方面促进学生全面发展。这些改革实践取得了成效,提升学生工程素养,提高学生的工程实践能力和工程设计能力,综合素质提高,并为我校自动化专业 2014 年通过工程教育专业认证提供了有利地支撑作用。

References

- [1] 中国工程教育专业认证协会. 专业认证通用标准 [EB/OL]. <http://www.ceeaa.org.cn/main!mainPage.w>
- [2] 林建. 如何理解和解决复杂工程问题——基于《华盛顿协议》的界定和要求[J]. 高等工程教育研究, 2016 (5): 17-26
- [3] 教育部高等教育教学评估中心. 中国工程教育质量报告 (2013 年度) [EB/OL]. <http://jwcad.ahut.edu.cn/xz2/zggcjyztbg13.pdf>