



虚实结合多层递进的机电实验教学研究

高家利, 赖家美, 王国超, 汪 科

(重庆理工大学 工程训练与经管实验中心, 重庆 400054)

摘要: 针对传统机电控制实验教学手段单一、教学效率低下和运行经费较高等不足, 该文设计了虚实结合多层递进的实践教学体系。该体系将虚拟仿真实验与基于自制 TT-JD-1A 机电控制柜的实物实验相结合, 将实验内容分成认知实验、基础实验、综合实验和创新实验等多个层次, 贯穿于本科生四年学习之中。实践结果表明: 这种虚实结合、多层递进、优势互补的实验教学体系, 可以引导学生进行自主性、探究性、创新性地学习, 并培养学生的团队协作精神和工程实践能力, 提高学习效率和实验教学质量。

关键词: 虚实结合; 多层递进; 实验教学体系; 机电控制; 自制设备

中图分类号: G642

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20190062

Research on Electromechanical Experiment Teaching Combining Virtual Reality with Multi-layer Progression

GAO Jiali, LAI Jiamei, WANG Guochao, WANG Ke

(The Engineering Training and Economical Management Experiment Center, Chongqing University of Technology, Chongqing 400054, China)

Abstract: A practical teaching system combining virtual reality with multi-layer progression was designed aiming at the shortages of traditional electromechanical control experiment teaching such as single teaching method, low teaching efficiency and high operating expenses. The system combines the virtual simulation experiment with the physical experiment based on the self-made TT-JD-1A electromechanical control cabinet. The experimental content is divided into cognitive experiments, basic experiments, comprehensive experiments, and innovative experiments, which run through the four-year study of undergraduates. The results show that this kind of experimental teaching system, which combines virtual reality, multi-layer progression and complementary advantages, can guide students to learn autonomously, inquiryly and innovatively, and cultivate students' teamwork spirit and engineering practice ability, improve learning efficiency and the quality of experimental teaching.

Key words: virtual-real combination; multi-layer; experimental teaching system; mechanical and electrical control; self-made equipment

随着国家“新工科”建设规划、工程教育改革和重庆市建设国家重要现代制造业基地“十三五”规划的出台, 培养符合区域发展需求的、高素质机电控制类应用型人才, 成为当地高校人才培养的首要任务。机电控制类专业主要包括机械设计制造及其自动化、智能科学与技术、自动化、电气工程与自动化和测控技术与仪器等, 均为学校重点建设的学科, 也是与重庆地方产业发展最紧密相关的学科。而实践教学环节是学科建

设的关键一环, 是培养学生实践能力、工程意识和创新能力的重要手段。因此开展机电控制实践教学体系研究, 并对此进行实践验证, 具备紧迫性、必要性和实用性。

重庆理工大学工程训练与经管实验中心是省部级实验教学示范中心, 定位为学生实践能力和创新创业能力培养基地, 着力打造理论与实践相结合、学校与社会紧密联系、开放办学与产学研结合的平台。在中央财政和地方政府的支持下,

收稿日期: 2019-02-02; 修回日期: 2019-10-24

基金项目: 重庆理工大学高等教育教学改革研究重点项目(2016ZD08); 重庆市高等教育教学改革研究重点项目(172022); 重庆理工大学重大教育教学改革培育项目(2017ZDJG08)。

作者简介: 高家利(1981-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事机电控制技术及实践方面的教学研究。

投入了大量先进的实验教学设备,构建了人员结构合理的师资队伍,形成了“四层递进,四年不断”的实践教学体系。该体系把教学内容分为认知模块、基础模块、综合模块和创新模块四个层次,贯穿于整个本科四年的学习之中。然而该体系也存在着实验手段单一、实验成本较高、实验设备不足和易受时空限制等缺点。近年来随着虚拟现实、云计算和大数据等信息技术的发展,虚拟仿真技术逐渐进入实验教学体系^[1-2]。将虚拟仿真实验和传统实物实验有效整合起来,形成了虚实结合、优势互补、多层递进的实践教学体系,启发学生进行自主性、探究性、创新性地学习,经过多年实践,取得了较好的教学效果。

1 虚实结合实践教学的必要性

传统机电控制实验一般采用“一讲二练三考核”模式开展。教学方式单一,教学内容有限,学习过程被动。与传统实物实践教学相比,虚拟仿真实验可以利用云平台进行远程教学,学生在课前就可以自主学习相关实验知识并开展仿真实验,在课堂上再进行实物实验,这样既提高了学生学习的自主能动性,又提高了学习效率。再者随着新器件和新设备的不断出现,设备购置经费和实验场地的压力较大,而虚拟仿真实验只需要一台联网计算机即可逼真模拟各种仪器设备的功能,利用虚拟现实技术将实验过程真实再现,大大节约实验经费和实验场地^[3-8]。另外机电控制实验会消耗各型号的导线、接线端子、熔断器和接触器等。实验过程中还需要使用 380 V 的“强电”,

存在一定的安全隐患。而虚拟仿真实验可以有效减少耗材的使用并增加实验的安全性。

虚拟实验虽然具备上述优点,但也存在着以下不足^[9-12]。

1)真实的实验情景存在各种变数,比如实验器件损坏、线路开短路或接触不良等情况会随机出现,但虚拟仿真软件一般都是理想化的、程式化的模型,不会出现意外情况。然而培养学生处理随机问题的能力是实验教学的重要意义之一。

2)综合性机电控制实验通常比较复杂,需要多位学生协作完成,这种分组协作方式可以培养学生交流沟通能力和团队合作意识。但目前使用的机电控制仿真软件普遍缺失这一功能。

3)在虚拟的实验环境中,教师无法面对面指导,言传身教的作用削弱。因此,在机电控制实践教学过程中,不应顾此失彼,理应虚实结合,优势互补,才能取得事半功半的教学效果。

2 虚实结合多层递进的机电控制类实训教学设计

基于虚实结合、优势互补的教学理念,近年来中心引进了部分虚拟仿真实验,并制作了丰富的多媒体教学资源,与原有机电控制实践教学体系有机融合,经过不断地补充完善,逐渐形成了如图1所示的虚实结合多层递进的实践教学体系。整个体系分为认知实验、基础实验、综合实验和创新实验四个层次,虚拟实验技术和云技术贯穿其中。

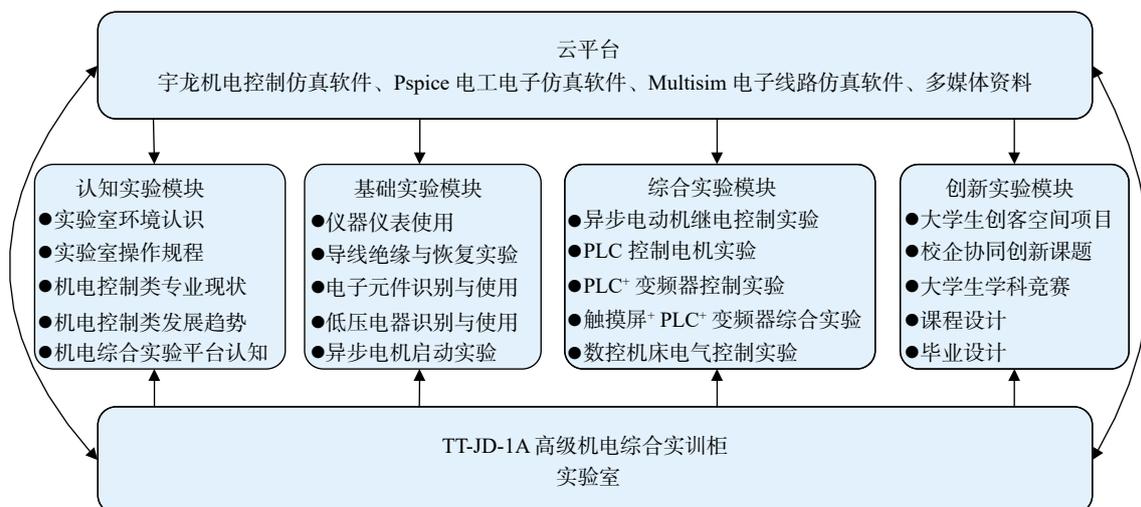


图1 虚实结合多层递进的机电控制实践教学体系图

2.1 认知实验模块

认知实验是新生全校认知实习的一部分，主要让学生熟悉实验室环境、了解实验室操作规程和机电控制专业发展现状和趋势，重点介绍机电控制实验平台建设情况。由于认知实习时，每批次人数较多，教学效果受到影响。在虚拟结合的教学体系中，学生可以使用手机等移动终端扫描现场设备上的二维码，借助云平台上的教学资源，辅助学习该模块的内容，做到虚实结合，线上线下联动，提升学生的专业热情，激发学生的求知欲望。

2.2 基础实验模块

基础实验一般安排在大二专业基础课之后。基础实验以验证性实验为主，在进入实验室实物操作之前，学生登陆云平台，通过 Pspice、

Multisim 等仿真软件，学习虚拟仪器仪表的使用，掌握电子、电器元件的封装和属性，并搭建电路大胆仿真。进入实验室后，学习导线的绝缘与恢复方法、掌握布局布线规则，最后在机电综合实训柜上实物操作，对仿真的结果进行验证。

机电综合实训柜由中心根据自身教学需求向教仪生产企业量身定制，仿造生产现场控制柜设计，包含 A、B、C 三面实训功能区，D 面为故障设置区及工具箱，控制柜布局如图 2 所示。每个实训区电源相互独立、互不干涉、资源共享，有效利用电气柜的空间。柜内所有电器的节点全部引到接线端子排上，并用标准符号进行标识，接线时直接在端子排上操作，避免器件本体的损坏，延长器件的使用寿命。



图 2 综合实训柜实物图

基础实验的实操部分主要在 A 面和 B 面进行，并可以在 D 面设置故障，考察学生排除故

障、现场解决问题的能力。开展的实验包括室内线路的安装、动力配电线路的安装、电气控制线

路的安装、电力电子电路的调试、直流调速系统调试等。基础实验面向全校几乎所有工科专业开设, 教学工作量较大。利用这种虚实结合的教学模式, 可以大大提升设备利用率, 减少现场教学工作量, 并降低了硬件设备投入和实验耗材的消耗。

2.3 综合实验模块

综合实验主要面向大三年级机电相关专业的学生开设, 在掌握传统继电控制的基础上, 重点学习作为工业控制核心的可编程逻辑控制器(PLC)在各种实际工业场景中的应用。综合实验以“项目制”的形式进行, 分成不同项目小组, 随机从案例库中抽取题目, 学生自主设计, 教师从旁引导。课程组准备了包括数控车床电气控制系统、电梯控制系统、自动制造生产线和交通灯智能控制系统等近 30 个实际案例。学生领取项目任务后, 结合实验室提供的 PLC、变频器、触摸屏、

伺服系统和各类传感器等实物设备, 分解任务目标, 设计系统控制图, 编写程序, 在宇龙机电控制仿真软件上进行控制系统仿真, 最后在综合实训柜 D 面和相应控制对象上进行实物操作。其中宇龙机电仿真软件是一个由开放式的 3D 元器件库、控制对象和可视化操作构成的机电控制仿真平台, 涵盖了欧姆龙、三菱、西门子等主流电气生产厂家的上百种产品。软件除具备强大的仿真功能外, 还具备故障提醒和程序评判功能。如图 3 所示, 参数选择过小或系统短路造成了交流接触器烧毁。该功能可以有效避免后续实物操作中出现硬件错误和程序错误。这种虚实结合、分组协作、学生主导、教师辅助、以实际任务为导向的综合训练实验, 可以提高学生解决复杂工程问题的能力, 培养团队合作意识和系统工程意识, 有利于学生综合实践能力的形成。

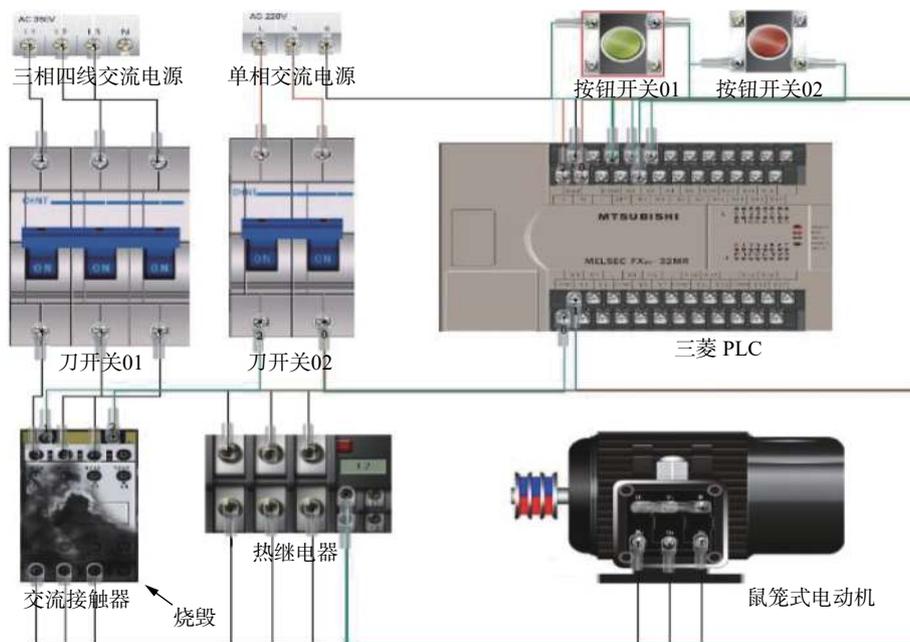


图 3 机电控制仿真软件故障提醒示意图

2.4 创新实验模块

创新实验项目主要从学校设立的“校企协同创新平台”和“创客空间”中孵化, 也包括大学生学科竞赛项目和大四学生的毕业设计等。“校企协同创新平台”通过学校和企业合作, 解决实践教学过程中资源匮乏的问题, 包括各种先进仪器设备资源、实操经验丰富的“企业导师”资源以和项目资源等。“创客空间”主要解决学生的学习动机问题, 空间设立有数控加工、3D 打印、机器人、无人机等多个跟机电

控制专业相关的兴趣小组, 学生根据自身兴趣爱好主动加入各个学习小组, 兴趣是最好的学习动力, 以兴趣为导向指引学生深入学习各种专业知识, 能起到事半功倍的效果。创新实验项目可以改善目前本科生实践锻炼平台缺乏、实践机会少、实践时间不足、实践内容单一、理论与实践脱节、培养的学生与社会需求脱节等方面的问题, 提高学生实践创新能力和工程应用能力, 培养符合国家人才战略要求和社会需求的高素质应用型人才。

3 教学实践及效果分析

为了解虚实结合教学模式的实际教学效果,对近六年来,在完成机电控制实验课程后,参加

了国家职业技能鉴定考试的 345 名学生的成绩进行了统计分析。统计结果如表 1 所示,其中自 2016 年开始,采用的是虚实结合多层递进的实验教学模式。

表 1 虚实结合多层递进实验教学效果统计表

鉴定时间/年	鉴定工种	等级	人数	理论考试过关人数	实操考试过关人数	通过率/%
2013—2015	电气设备安装	三级	82	82	69	84.1
2016—2018	电气设备安装	三级	75	75	72	96.0
2013—2015	电梯安装维修	三级	38	38	27	71.1
2016—2018	电梯安装维修	三级	32	32	28	87.5
2013—2015	维修电工	三级	66	66	57	86.4
2016—2018	维修电工	三级	52	52	50	96.2

技能鉴定考试一般安排在大四上学期进行,考试分为理论考试和实操考试两部分,两门全部通过才能取得职业技能等级证书。从统计情况来看,学生理论知识掌握的比较扎实,通过率较高。而实操部分是难点,特别是电梯安装与维修的实操考试要测试排除故障能力,对 PLC 和变频器的综合运用能力要求较高。在虚实结合教学模式下,电梯控制系统仿真是教学重点,再配合 VVVF 模拟电梯实物模型,学生实操能力得到有效提升,考级通过率大幅提高。其他工种的考级通过率在虚实结合的教学模式下也有一定程度地提高。

为配合学校测控技术与仪器专业申请工程教育专业认证,提供了该专业近五年来本课程的课

程目标达成度分析。教学目标达成度的判断方法为:对参加本课程学习的所有学生成绩进行全部抽样,计算课程目标 1~4 对毕业要求指标点达成度,该专业学生满足毕业要求的达成度阈值为 0.66,因此平均达成度超过 0.66 即视为教学目标达成。

测控技术与仪器专业 2013—2017 年课程目标达成度考核结果如表 2 所示。其中课程目标 1 和 2 对应的是认知实验和基础实验,2016 和 2017 级在虚实结合的教学模式下,达成度略有提升。课程目标 3 和 4 对应的是专业实验和综合实验,在虚实结合的教学模式下,课程达成度提升明显。分析表明虚实结合分层递进的实验教学模式可以提升学生的学习兴趣 and 主观能动性,达到较好的学习效果。

表 2 测控专业近五年本课程教学目标达成度分析表

学生年级	课程目标1达成度	课程目标2达成度	课程目标3达成度	课程目标4达成度	平均达成度
2013级	0.89	0.82	0.72	0.65	0.77
2014级	0.88	0.84	0.75	0.68	0.79
2015级	0.90	0.83	0.69	0.64	0.77
2016级	0.89	0.85	0.78	0.70	0.81
2017级	0.88	0.88	0.77	0.72	0.81

另外近年来,通过创新实验项目选拔出来的学生,在 A 类国家级大学生科技创新竞赛中,取得了良好的成绩,获得了全国一等奖两项,二等奖一项。推荐到企业工作的毕业生也获得越来越多的认可。在一定程度上证明了虚实结合实验教学体系的优越性。

4 结束语

虚实结合分层递进的教学模式应用在机电控

制实验教学中,具备必要性、可行性和前瞻性。既能充分发挥虚拟实验的优势、弥补传统实物实验的不足,又能激发学生的学习兴趣和专业热情,引导学生自主学习,形成以学生为主导的交互式学习氛围。从教学效果来看,这一教学模式对培养机电控制类高素质应用型人才起到了积极的作用,对其他工科专业实践教学模式改革也具有一定的借鉴和启发意义。

(下转第 86 页)