

“自动化系统集成综合设计与训练”教学创新与实践

曾元静 吴京秋 李佩娟

(南京工程学院 工业中心, 南京 211167)

摘要:针对新工科背景下对工程实践创新能力的要求,开展了“自动化系统集成综合设计与训练”课程教学改革与实践,以系列化工程项目为载体,创建了产教融合的协作式工程实践环境、“四阶段+五维度”逐层递进式实训模式,构建了基于MOOC的线上线下混合式教学模式。实践表明,通过对传统实践教学的突破和创新,提升了学生工程实践创新能力和解决复杂工程问题能力,促进了创新型卓越工程人才的培养。

关键词:协作式工程实践环境;逐层递进式实训模式;混合式教学模式

中图分类号:G642

文献标识码:A

文章编号:1008-0686(2022)05-0163-05

Teaching Innovation and Practice for Integrated Design and Training of Automation System

ZENG Yuanjing WU Jingqiu LI Peijuan

(Industrial Center, Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211167, China)

Abstract: In response to the requirements for the innovation ability of engineering practice under the background of new engineering, the teaching reform and practice of the course Integrated Design and Training of Automation System has been carried out, and a collaborative engineering practice environment with the integration of industry and education and the “four-stage + five-dimensional” step-by-step training mode have been created with the serial engineering project as the carrier. The online and offline blended teaching mode based on MOOC has been constructed. Practice shows that through the breakthrough and innovation of traditional practical teaching, the students’ ability to innovate in engineering practice and solve complex engineering problems has been improved, and the cultivation of innovative and outstanding engineering talents has been promoted.

Key words: collaborative engineering practice environment; progressive type training mode; blended teaching mode

新工科的内涵是以立德树人为引领,以应对变化、塑造未来为建设理念,以继承与创新、交叉与融合、协调与共享为主要途径,培养未来多元化、创新型卓越工程人才,具有战略型、创新性、系统化、开放式的特征^[1]。在培养卓越工程人才的过程中,实践育人所发挥的作用是巨大的。面对新工科的新要求及新工科人才培养新模式,高校需要对传统的实践教学模式进行调整,不断提高人才培养工作的针对性和有效性^[2-3]。应用型本科高校实践教学受实践基地、实验条件、教学资源和组织管理等条件限制,主要采用“课程实验+课程设计”和“企业实习”相结合的模式,存在理论知识与工程实践脱节、实践教学内容(尤其是工具软件等)和工业现场实际需求脱节、实践过程流于形式、学习成效评价不明确、实践教学质量难以保证等问题。文献

[4]探索“学科交叉、产教融合”工程能力培养模式,打破校企隔阂瓶颈,打造“开放、合作、协同、融合、创新”的工程教育新模式。文献[5]从工程活动的复杂性和高等教育改革两个角度,探讨开展跨学科教育的必要性。课程团队依托学校丰富的校企共建资源,产教融合,协同发展,提炼整合专业核心知识体系和自动化领域主流软硬件技术,创建了一门工程性强、学科交叉、专业特色鲜明的综合实训课程。

1 课程特点

为适应“新工科”人才培养要求,结合应用型本科院校的办学定位和学生就业岗位的需求,课程创建协作式工程实践环境,以系列化工程项目为载体,构建逐层递进的实训模式,引导学生深入理解

收稿日期:2022-06-03;修回日期:2022-07-18

基金项目:南京工程学院优质课程建设项目(YZKC2019093);南京工程学院高等教育研究课题(2021YB14);南京工程学院教学建设项目(JXJS2021033)

第一作者:曾元静(1982—),女,硕士,实验师,主要从事电气自动化、自动化系统集成方面的教学和研究工作,E-mail: yjzeng@njit.edu.cn

自动化控制理论,掌握自动化控制系统设计、调试方法,极大地拓展了学生专业技术应用能力、工程实践创新能力和解决复杂问题的能力,以及创新思维与团队沟通协作等综合素养。同时,课程强调情感维度和价值观对技术问题求解的影响,探索思政元素与工程能力融合,促进学生良性持续迭代发展。

1.1 协作式工程实践环境

协作式工程实践环境包含校企共建教学平台、产教融合的指导模式、教师团队指导和学生分组协作等硬件和软件环境。

1) 平台共建,产教融合

不断拓展校企合作,共建校内实践教学资源和校外实践教育基地。与西门子、三菱、GE、欧辰、台达等国际知名自动化企业共建多个综合实训平台,如表 1 所示。企业不仅参与实践教学平台建设,教学过程中企业专家还深度参与现场指导和项目答辩,学生亦有机会到企业现场进行参观和学习,形成产教深度融合的实践环境。

表 1 综合实训平台

序号	平台名称
1	西门子先进自动化联合实验中心
2	GE-Fanuc 自动化系统集成实验室
3	三菱自动化实验室
4	欧辰自动化实验室
5	台达自动化实验室
6	科瑞恩互联网+自动化生产线
7	可视化三菱 e-factory 自动生产线

2) 团队指导,分组协作

鉴于课程专业性强、涉及知识面广,指导老师由相关专业老师、工程经验丰富的实验老师和企业专家等共同组成导师团队,每个实训平台由 4~5 名导师共同指导,多元化的师资团队,校企交叉,优势互补。学生在实践过程中,分组协作,每小组由 4~6 名学生组成。要求小组成员团队合作,角色分工完成每阶段的任务,不同的阶段和项目设计中,角色可交叉进行;根据具体任务的复杂度,可单独完成任务,也可合作完成。小组长作为团队领导者,协调任务分配,掌控项目进度,确保每位学生都能按项目流程完成不同角色的分工和任务。小组成员协作学习、互相指导和经验分享,不仅加强团队沟通,而且提升了学生的学习效率。

1.2 系列化工程项目

课程以系列工程项目为载体,融合机械、电气、仪表、液压、气动等多领域知识,涵盖过程控制、运

动控制、工业机器人工作站、智能制造生产线等典型应用系统,包括低压电器、PLC、变频器、人机界面、组态监控、伺服系统、现场总线、工业机器人、MPS 生产线等,如表 2 所示。课程团队通过与企业进行充分的沟通,引入生产过程中真实案例,并根据学生的知识结构、平台需求等进行项目设计。每个项目集原理分析、技能训练、技术应用、系统集成为一体,将自动化控制领域的常用设备、技术集成运用。

表 2 实训项目案例

序号	项目名称
1	变频器控制三相异步电机的多段速调速
2	变频器应用于电机模拟量无极调速
3	人机界面应用于水箱液位控制系统
4	组态软件应用于水箱恒温控制系统
5	单轴伺服运动控制系统
6	两轴随动运动控制系统
7	MPS 自动生产线供料单元控制
8	MPS 自动生产线检测单元控制
9	MPS 自动生产线模拟加工单元控制
10	MPS 自动生产线机器人搬运单元控制
11	MPS 自动生产线分拣单元控制
12	MPS 自动生产线整体控制和调试

1.3 “四阶段+五维度”逐层递进式实训模式

结合课程知识体系和实训目标,以工程项目案例为载体,采用“四阶段+五维度”逐层递进实训模式,如图 1 所示。从第一阶段 PLC、变频器在速度控制系统中的应用,到第二阶段人机界面和组态在过程控制系统中的应用,再到第三阶段伺服系统应用于位置随动控制系统,最后到 MPS 自动化生产线的设计,教学任务由浅入深、由点到面、由简单应用到复杂系统设计逐层递进,形成从认识、操作到综合创新逐层深入的实践教学特色。

学生在实训过程中,从任务需求分析、软硬件系统集成设计、系统安装到调试运行,均按照实际工程项目流程进行,从工程设计、工程操作、系统思维、工程沟通和项目管理五个维度进行工程实践创新能力的培养。



图 1 “四阶段+五维度”逐层递进实训模式

1.4 融入课程思政

为落实立德树人根本任务,探究如何在教育实践中将工科专业课程建设与思想政治工作有效结合^[6-7],教学团队深度挖掘思政元素,并将其有机融入到实践教学的各个阶段,如表 3 所示,从安全意识、系统思维、学以致用、工程思维、工匠精神、法律意识、团结合作、交流思辨、反思总结等方面进行思政切入,讲述工程背景故事及蕴含的思想价值和精神内涵,并无缝融入,形成思政案例。以润物无声的方式培养学生树立正确的科学观、责任感和工匠精神,培养有家国情怀、有职业素养、有责任担当,具备勇于探索的创新精神和团结协作精神的卓越工程科技人才。

表 3 课程思政元素分析

实践阶段	思政切入点	思政元素	教学目的
实验室安全教育	安全意识	遵守规章制度和操作步骤,高压电源使用时充分检查,保护人身和设备安全	强化学生安全意识,培养学生职业道德与素养
项目需求分析	系统思维	项目背景分析与技术路线的探索,从不同角度进行系统的理论分析和技术探索	提高理论分析能力,培养系统思维能力和科学探索的精神
方案设计	学以致用	应用专业知识,设计系统解决方案	提高解决复杂工程问题的能力及专业技术应用能力
硬件选型	国际竞争	硬件性能对比,国产与进口品牌对比,如 PLC、变频器、传感器等性能对比	激发科技报国的情怀
电气原理图绘制	工程思维	遵守技术标准,规范撰写技术文件、绘制工程图纸的是工程师基本素养	培养严谨的工作作风与工程规范意识
接线安装	工匠精神	规范接线和美观布线,鼓励小组进行安装接线等操作比赛	培养精益求精、追求卓越的工匠精神
软件/算法设计	创新意识	突破常规思维,创新设计方案和解决途径	培养学生创新意识和科学创新能力
程序开发	法律意识	尊重程序开发中的知识产权	培养法律意识
系统调试与运行	团结合作	小组成员协作配合,排除故障,共同完成系统调试	培养组织协调能力、全局观、系统观、团队意识
项目答辩	交流思辨	制作答辩 PPT,答辩时重点突出目、思路清晰	提高学术交流、思辨能力
实践报告	反思总结	总结不同阶段的项目设计过程、调试结果、遇到的问题以及解决路径,形成技术报告,反思实践中的收获与不足	培养归纳总结、反思能力,提升技术报告写作能力等工程素养

2 混合式教学模式

为提升实验教学效果,文献[8]研究如何将 MOOC 资源与翻转课堂有机结合提升课堂教学质量;文献[9]基于 Moodle 平台和混合教学理念构建了混合实验教学模式。“自动化系统集成综合设计与训练”课程充分借鉴已有相关教学改革与实践的成果,基于 MOOC 线上平台,线下翻转课堂分组协作,以学生为中心、教师为引导,着力提升学生实践创新能力与团队协作精神。

2.1 基于 MOOC 的在线教学平台

“自动化系统集成综合设计与训练”于 2019 年秋季学期在中国大学 MOOC 在线开放课程平台发布课程,到目前为止开课 4 期,选课人数超过 4000。教学团队持续开发课程资源,丰富教学视频,增加非视频资源,扩充测试题库,目前共录制发布教学视频 24 个,总时长约 465 min;教案文档 25 个,习题若干。教学团队关注自动化前沿技术,课程内容跟踪行业新技术的发展并持续更新,包括每阶段项目相关知识、硬件及软件技术,重点难点技术微视频等。

MOOC 教学平台拓展了学生学习的空间,弥补了课内学时不足的问题,便于学生自由在线观看视频、浏览文档、讨论交流、在线测试和完成线上作业,促进培养学生自主学习能力和独立思考能力,激发学生的学习动力,挖掘学生潜能。

2.2 线上线下混合式教学

基于 MOOC 教学平台,建立了线上线下混合教学模式,如图 2 所示。

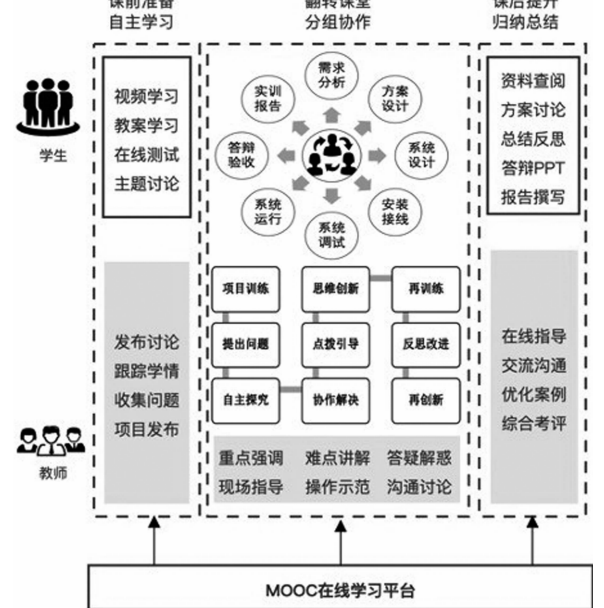


图 2 基于 MOOC 的线上线下混合式教学模式

学生通过课前线上自主性学习、线下课堂翻转、学生分组协作学习、教师指导学习,以及课后线上线下的交流互动,总结归纳,完成四个阶段的项目设计、安装接线、编程调试、故障排查、系统运行等任务,辅以线上测验、研讨交流,线下项目答辩、撰写报告等,每个阶段周期为 2~3 周,整个综合实训的周期为 10 周。

1) 课前准备,自主学习

课前准备环节,教师提前发布教学视频、阶段项目需求;学生组建团队在 MOOC 平台上自主学习教学视频,查询学习项目相关文档资料。教师和学生利用线上平台开展互动交流,如发布主题讨论、闯关式测试等,深度研讨解决技术难题,形成良好的互动学习氛围,提高学习动力和效率。教师在线跟踪和调查学生的视频学习、讨论回复、在线测试等学情,不仅掌握学生的学习动态、对知识点的理解和掌握情况,同时收集和分析学生自主学习过程中的问题,及时更新授课内容,拓展具有创新和富有挑战的项目,以便更好地开展线下课堂实践活动。

2) 翻转课堂,分组协作

线下课堂实施翻转课堂,以学生为中心,学生实践为主,教师讲授、指导为辅。教师根据学生课前准备情况,对重点难点技术进行讲解和分析,针对项目进行需求分析并引导任务;学生以小组为单位,小组长为核心进行组织协调、任务分工、进度控制,小组成员分工合作,协作完成项目设计。

根据课程内容,每个阶段设计 3~4 个项目,项目难度逐渐提升,环环相扣,最终形成一个系统设计。每个项目均经历需求分析、方案设计、硬件设计、软件设计、安装接线、系统调试、系统运行、项目答辩、实践报告等环节。小组成员根据具体任务的复杂度,单独完成或协作完成,如在需求分析和方案设计环节,需要小组共同讨论;对于硬件原理图设计或软件程序设计则可单独完成;安装接线、调试等可由两名学生协作完成等。

在实训过程中,学生团队合作学习,将理论知识应用于实际的工程项目设计,遇到问题共同研究探讨,或借鉴其它小组经验,或与老师单独探讨;在探讨和解决问题的过程中,不断体会、训练、领悟和反思。教师跟进学生的项目进展,对重要设备进行操作示范,对于个性问题及时答疑,共性问题统一讲解演示和示范。教师在答疑过程中,针对知识点进行深层次引导,促使学生不断探索,突破常规思维,进行任务拓展和创新。一个阶段结束后,通过

项目验收、答辩等过程性考核,教师进行阶段性总结、评价和反馈,并在下一个阶段的项目设计中进行改善和提高。

实训课堂经过反转后,学生在“项目训练-提出问题-自主探究-协作解决-点拨引导-思维创新-再训练-反思改进-再创新”的过程中,工程设计、工程操作、系统思维、工程沟通、项目管理等实践能力得到逐步提升,促进创新思维和创新能力的培养。翻转课堂不仅增加学生与老师之间的互动,增进了师生感情和学习效率;团队合作、协作学习也提升了学生之间的信任与互助。

3) 课后提升,归纳总结

学生课后活动,线上可与老师沟通交流,线下小组团队协作学习,主要任务有:①对于课堂实践中遇到的问题,查阅资料、技术文档学习、讨论交流解决方案;②过程性文档的整理,如原理图、程序代码资料等;③阶段性答辩材料准备、PPT 的制作;④阶段性实践报告的撰写等。教师跟踪学生在线答疑和学习情况,进行技术交流和线上指导,并根据课堂实践情况,进行项目案例的优化设计,提高挑战性和创新性。

线上线下的课后活动,进一步提升了学生归纳总结、反思的能力,技术文档撰写能力,展示汇报能力等,促进学生系统思维能力、项目管理能力的培养。

3 考核评价

课程考核评价体系的改革和创新在于强调全方位考核学生专业核心技术应用能力、工程实践能力和创新能力。线上(30%)与线下(70%)相结合,过程与结果考核相结合,如表 4 所示。

表 4 考核与评价表

成绩分项	考核评价环节	比例(%)	考核/评价细则
线上成绩 30	单元测验	10	单元测验对学生线上视频学习情况进行验收,依据单元测验评分细则评定成绩(教师评价)
	研讨交流	5	依据学生参与线上主题研讨及活跃度评定成绩(教师评价)
	单元作业	15	依据线上项目设计任务情况评定成绩(学生自评、互评)
线下成绩 70	项目实施与成果演示	30	依据项目设计安装、系统调试及演示结果评定成绩(学生互评、教师评价)
	项目答辩	20	依据项目答辩结果评定成绩(教师评价)
	实训报告	20	依据实训日志和实训报告评定成绩(教师评价)

侧重学习过程监测,完善结果考核;考核方式多样性,有专业知识测验、系统分析设计、系统调试

运行、报告撰写、交流讨论、汇报答辩等方式;考核角度突出多元性,结合学生自评、学生互评和教师评价,多维度评价学习效果,激发学生自主、终身学习意识。

4 实践成效

近两年,对学生进行了课程满意度调查,结果如图3所示,认为课程对自己实践创新能力培养很有帮助的同学超过92%。同时,开展了用人单位对毕业生满意度抽样调查,部分结果如表5所列。调查结果表明,学生毕业后能很快适应自动化领域各种岗位的技术开发需求,课程对他们的职业发展起到了重要推动作用,使他们能够很快适应并融入团队及企业的重要工作岗位。

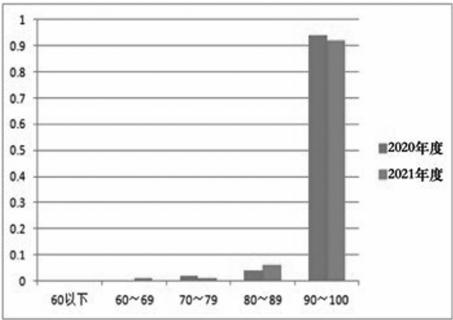


图3 课程满意度调查

表5 用人单位对自动化专业毕业生满意度调查表

序号	用人单位名称	学生所在部门	对学生满意度
1	江苏海上龙源风力发电有限公司	生产技术部	A 很满意
2	南京二机齿轮机床有限公司	销售	A 很满意
3	南京森贝伽生物科技有限公司	直接的用人单位	A 很满意
4	常熟长城轴承有限公司	直接的用人单位	B 满意
5	常熟华德粉末冶金有限公司	技术部	B 满意
6	江苏东成机电工具有限公司	人力资源部	A 很满意
7	大金空调(苏州)有限公司	人力资源部	A 很满意
8	大一汽配有限公司	品质管理部	C 一般满意
9	济川药业集团	设备部	C 一般满意
10	南京消防器材股份有限公司	直接的用人单位	B 满意
11	南京诺米医疗科技有限公司	直接的用人单位	A 很满意
12	南京因泰莱电器股份有限公司	人力资源部	B 满意
13	南京中电熊猫平板显示科技有限公司	直接的用人单位	A 很满意
14	西安康瑞达环保科技有限公司	直接的用人单位	A 很满意

5 结语

“自动化系统集成综合设计与训练”课程坚持以学生为中心,以系列化工程项目为载体,创建了协作式工程实训环境,逐层递进式实践模式,以及线上线下混合式教学模式,培养学生自主学习能力,深入理解自动化控制策略,掌握自动化控制系统设计方法、安装调试能力等,大大提升了学生的工程实践能力和创新能力,学生受益面大,影响深远。

教学团队将持续推进课程的改革,深化线上线下混合式教学模式,凝练专业核心知识体系,结合新领域新技术深层开发训练项目,提高课程的高阶性、创新性和挑战度。完善课程资源建设,充分利用校企合作共享资源,密切企业沟通,丰富课程配套的软硬件资源,加强线上教学资源建设和管理维护。同时,增强教学团队的德育意识和德育能力,持续推进课程思政建设,坚持知识传授、能力培养和价值引导于一体,促进未来创新型卓越工程人才的培养。

参考文献

[1]钟登华.新工科建设的内涵与行动[J].高等工程教育研究,2017(3):1-6.

[2]姜晓坤,朱泓,李志义.新工科人才培养新模式[J].高教发展与评估,2018,34(2):17-24,103.

[3]刘宇雷,余明.“新工科”背景下高校实验教学体系建设探索[J].实验技术与管理,2019,36(11):19-21,32.

[4]周珂,赵志毅,李虹.“学科交叉、产教融合”工程能力培养模式探索[J].高等工程教育研究,2019(3):33-39.

[5]郝莉,冯晓云,宋爱玲,等.新工科背景下跨学科课程建设的思考与实践[J].高等工程教育研究,2020(2):31-40.

[6]何玉海.关于“课程思政”的本质内涵与实现路径的探索[J].思想理论教育导刊,2019(10):130-134.

[7]吴宝海,沈扬,徐冉.高校新工科课程思政建设的探索与实践[J].学校党建与思想教育,2020(21):61-62,65.

[8]曾明星,周清平,蔡国民,等.基于MOOC的翻转课堂教学模式研究[J].中国电化教育,2015(4):102-108.

[9]阎群,李擎,崔家瑞,等.新工科背景下实践类课程混合教学模式研究[J].实验技术与管理,2021,38(1):198-201.