

面向岗位能力培养的《电气控制技术PLC》课程实验教学改革与实践

毛昀 陈佳凝 徐媛媛

新疆工程学院 控制工程学院, 中国·新疆 乌鲁木齐 830023

摘要: 在智能制造和工业自动化快速发展的背景下,《电气控制技术及 PLC》作为自动化专业承上启下的核心必修课,其教学质量直接关系到学生面向电气控制与 PLC 应用类岗位的就业竞争力。针对当前课程实验教学中存在的实验内容碎片化、工程综合性不足、实验体系缺乏递进、教学模式单一、考核评价不全面等问题,本文以成果导向教育(OBE)理念为指导,以岗位能力需求为逻辑起点,构建了递进式实验课程体系,并系统阐述了以“基于 PLC 的抢答程序设计”为例的教学实施过程。实践表明,该改革有效促进了学生对输入输出、特殊存储器、互锁概念、定时器与计数器等核心知识的掌握,显著提升了学生举一反三的工程迁移能力,为后续实训课程的学习奠定了坚实基础。

关键词: 实验教学改革;项目驱动;岗位能力

Reform and Practice of Experimental Teaching in the "Electrical Control Technology PLC" Course Focused on Job Skills Development

Mao Yun, Chen Jianing, Xu Yuanyuan

School of Control Engineering, Xinjiang Institute of Engineering, China Xinjiang Urumqi 830023

Abstract: Against the backdrop of the rapid development of intelligent manufacturing and industrial automation, "Electrical Control Technology and PLC" serves as a core compulsory course connecting preceding and subsequent courses for automation majors. Its teaching quality directly affects students' employ-ability for jobs related to electrical control and PLC applications. Aiming at the existing problems in the current experimental teaching of this course, including fragmented experimental contents, insufficient engineering comprehensiveness, non-progressive experimental systems, monotonous teaching modes and incomplete assessment and evaluation, this paper adopts Outcome-Based Education (OBE) philosophy as guidance and takes post competency requirements as the logical starting point to construct a progressive experimental curriculum system. It also systematically elaborates the teaching implementation process illustrated by the case of "PLC-based Quiz Buzzer Program Design". Practice shows that this reform effectively helps students master core knowledge such as input and output, special memory bits, interlock concepts, timers and counters, greatly improves students' engineering transfer ability to apply knowledge flexibly, and lays a solid foundation for the study of subsequent practical training courses.

Keywords: Experimental teaching reform; Project-driven; Post competency

0 引言

当前,以智能制造为代表的新一轮科技革命和产业变革深入推进,教育部、工业和信息化部、中国工程院在《关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划 2.0 的意见》中明确提出,要面向产业需求培养工程人才,深化产教融合、校企合作的机制创新,提高学生的工程实践能力。《电气控制技术及 PLC》是自动化专业一门重要的专业必修课程,课程目标分别对应毕业要求中的工程知识、问题分析、设计/开发解决方案、实验研究以及终身

学习等指标点,其教学效果直接关乎自动化专业人才培养目标的达成度,课程教学必须实现从“知识本位”向“能力本位”的转变,因此对课程教学提出以下要求:第一,坚持成果导向,以岗位能力需求反推教学内容与实验项目设计^[1],使教学内容与岗位要求精准对接;第二,强化实践教学,扩大实验项目的综合性与设计性,让学生在“做中学、学中做”;第三,以真实工程任务为载体,贯通“需求分析—硬件设计—软件编程—系统调试”的完整工程流程;第四,创新教学组织与考核方式,采用分组协作、过

程性评价与成果评价相结合的方式,全面培养和考查学生的工程实践能力与职业素养。

1 当前实验教学存在的问题与困境

1.1 实验内容碎片化,验证性实验为主,工程综合性不足

原课程设置的实验项目多为单知识点验证性实验,学生按照实验指导书给定的步骤依次操作,观察到预期现象、填写实验报告即完成任务。这类实验虽然有助于巩固课堂讲授的基本概念,但知识点被割裂在彼此独立的实验中,学生难以将分散知识点串联成完整的控制系统概念,更无法体会“解决一个完整工程问题”所需的综合思维。验证性实验占比过高、设计性和综合性实验不足,导致实验环节对学生工程综合能力的训练严重缺位。

1.2 实验设计与岗位工作过程脱节

企业实际从事电气控制与 PLC 应用的技术人员,其工作过程遵循“需求分析→硬件点位规划→电气图纸设计→软件编程→实物接线调试→故障诊断→文档归档”的完整工程流程。而传统实验往往只截取流程中的某一两个片段,例如只要求完成接线测试,或只要求编写一段程序,学生没有机会经历完整的工作过程,缺乏对工程开发流程的整体认知,因而出现“会做实验、不会做工程”的现象,毕业后进入企业岗位需要较长的适应期。

1.3 实验体系缺乏递进关系,能力培养不系统

原有四个实验项目虽然分别涉及电气控制线路、PLC 基本指令、综合程序设计等内容,但实验之间缺少明确的能力递进逻辑:各实验相互独立、难易程度相近,既没有按“基础技能→综合应用→工程创新”的路径组织,也没有为实验内容之间的知识衔接设计铺垫与扩展,学生无法在实验过程中感受到能力的螺旋上升,实验体系的整体育人效能不高。

1.4 教学模式单一,学生被动参与,创新与协作不足

传统实验教学多采用“教师演示讲解+学生模仿操作”的模式,学生按部就班地执行固定步骤,缺乏主动思考和自主探究的空间。同时,实验多为单人独立完成,缺少企业班组式的分工协作训练,学生的团队沟通能力、组织协调能力和责任意识得不到有效培养。在有限的实验学时内,教师忙于演示与答疑,难以对每个学生进行个性化指导,教学效率与效果均不理想。

1.5 考核评价方式单一,重结果轻过程

原有实验考核以实验报告为主要依据,对实验操作过程的规范性、程序设计的合理性、故障排查能力、团队协作

作表现等过程性指标关注不足。这种“一纸报告定成绩”的评价方式既难以客观、全面地反映学生的真实能力水平,也在一定程度上助长了部分学生“重报告、轻操作”的功利心态,削弱了实验教学对能力培养的导向作用。

2 改革内容

2.1 改革总体思路

针对上述问题,课程组以 OBE 理念为指导,按照“反向设计、正向实施”的思路重构实验课程体系:首先,依据自动化专业毕业要求与电气控制类岗位能力标准,明确实验教学应达成的能力目标;其次,将能力目标分解到各实验项目,构建“基础层—综合层—应用层”逐级递进的实验体系;最后,通过项目驱动、分组协作、过程评价等教学组织方式保障实验目标的达成。

2.2 面向岗位能力的实验课程体系设计

四个实验项目构成了“基础层(实验一、二)→综合层(实验三)→应用层(实验四)”的递进式体系。前一实验的成果与经验为后一实验提供直接支撑,构成“电气基础—PLC 基础—综合设计—工程应用”的能力成长链,其结构关系如图 1 所示。同时注重思政育人元素的自然融入:实验一中强调电气安全操作与规范意识,实验二中结合 PLC 发展历程激发科技报国情怀,实验三中通过“先抢优先、后抢屏蔽”的公平竞争逻辑渗透规则意识与公正价值观,实验四中结合交通秩序情境培养学生的规则意识与社会责任,实现知识传授、能力培养与价值塑造的有机统一。

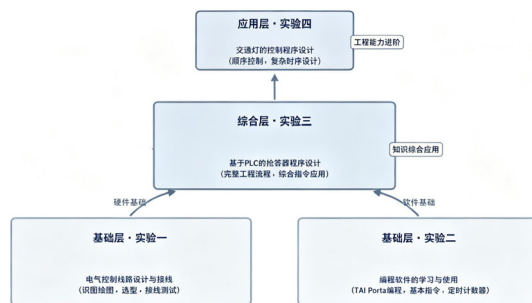


图1 层次递进式实验课程体系结构

3 教学实施过程——以“基于 PLC 的抢答程序设计”为例

实验三基于 PLC 的抢答程序设计是整个实验体系中承前启后的核心环节,其教学实施过程完整体现了“翻转预习+项目驱动+分组协作”的改革理念,下面以该实验为例详细说明实验课程的教学实施过程。

3.1 课前准备:翻转预习与任务分析

通过教学平台发布预习任务包,学生小组为单位开展

课前自主预习,梳理限时抢答、锁定互锁、超时闪烁、加减计分四大核心功能的逻辑关系;初步规划梯形图整体架构,形成简易程序设计思路,并在小组内交流优化方案、合理分工。教师通过批阅预习作业,了解学生的共性问题及薄弱环节,据此调整课堂讲授与指导的重点。

3.2 课中实施:阶段式教学

课堂实施按“导入研讨→程序设计→实操调试→成果验收”四个阶段展开,全程约 90 分钟。

第一阶段:课堂导入与分组研讨。教师以“如何让三组选手抢答时既公平又高效”为问题导入,引导学生回顾基本概念;针对各小组预习方案中 I/O 分配合理性、逻辑框图完整性进行点评与纠错,根据学生反馈抛出研讨主题,引导学生在交流碰撞中完善设计方案。

第二阶段:程序设计。教师演示项目创建、硬件组态、变量表建立的标准流程,学生分组操作。程序设计过程中,教师巡回指导,纠正“定时器时基设置错误”“互锁触点遗漏”等易错点。该阶段将碎片化知识点整合为系统化的程序功能模块,训练学生运用经验设计法解决实际问题的能力。

第三阶段:实操调试。各小组将程序下载至 S7-1200 PLC 实验台,开展实物联调。针对典型故障进行归因分析,小组讨论排查方案,教师巡视指导在线监控调试方法。该阶段让学生亲历“设计—调试—优化”的闭环工程过程,有效锻炼硬件实操与故障排查能力。

第四阶段:成果验收。教师按照验收标准逐项测试系统功能,并记录各组实操、程序、协作得分。该阶段既是对学习成果的检验,也是对学生工程表达与成果展示能力的训练。

3.3 课后巩固:总结与报告

学生整理实验截图与测试数据,撰写实验报告,完整呈现 I/O 分配表、PLC 外部接线图、梯形图程序、实物运行截图及调试过程记录,梳理实验问题、成因及解决办法,完成项目学习总结。教师批改实验报告,重点核查图纸规范性、截图完整性、故障分析深度,并将批改结果反馈至后续实验教学。完整教学实施流程如图 2 所示。

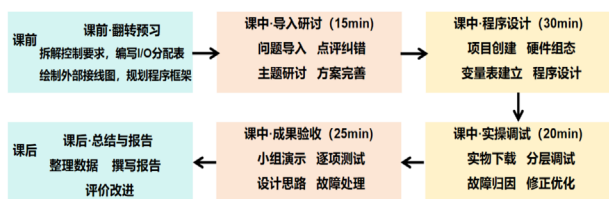


图 2 教学实施流程

3.4 考核评价:过程性评价与成果评价相结合

考核分为三个时间节点实施:课前节点考核预习作业,考查 I/O 分配表、PLC 外部接线图绘制完成质量;课中节点考查梯形图程序完整性、实物调试操作规范性、故障自主排查能力,并同步记录小组协作表现;课后节点评定实验报告质量。考核方法采用过程性评价与成果验收相结合的方式:课中实操过程考核占 60%(程序功能缺失、逻辑错误酌情扣分),实验报告占 40%(含预习内容,侧重图表规范与问题分析深度)。多元化的考核方式引导学生在整个学习过程中持续投入,全面客观地反映学生的知识掌握、技能操作与素养表现。

4 结论与改进

4.1 学生学习目标的达成

经过层次递进式实验体系的系统训练,学生达成了预期的学习目标,具体表现在以下四个方面,

第一,形成了对输入输出的系统性认识,为后续控制系统硬件设计打下坚实基础。第二,深化了对特殊存储器的认识。利用时钟存储器位可以便捷地生成周期性的脉冲信号,使学生体会到合理利用 PLC 内部资源可以显著简化程序设计、提高程序可靠性,深化了对 PLC 内部存储资源组织方式与作用的认识。第三,掌握并应用了互锁概念。学生不仅理解了互锁在防止误动作、保证系统安全中的重要作用,更体会到电气互锁与程序互锁的异同及其配合使用的方法,实现了概念从“理解”到“应用”的跨越。第四,熟练应用了定时器与计数器。通过对比不同定时器的时序特性与应用场景,学生建立了“根据控制时序选择合适定时器”的工程判断能力,为交通灯实验及后续复杂时序控制奠定了坚实基础。

4.2 举一反三能力的培养

以实验三抢答器项目为载体,学生掌握了可迁移的工程方法:需求拆解与功能模块划分方法、经验设计法程序设计方法、分层调试与在线监控的调试方法、基于现象分析的故障排查方法。这些方法具有鲜明的通用性:抢答器实验训练的定时器时序控制能力可直接迁移至实验四交通灯的顺序控制,自锁互锁概念可迁移至电机正反转保护、设备安全联锁等场景,计数器逻辑可迁移至生产件统计、物料计数等工业应用。学生在实验四中能够自主运用在实验三中习得的经验设计法完成交通灯程序设计,验证了举一反三能力的培养成效。从课堂反馈看,多数小组在完成实验三后能够独立完成实验四的功能分析、程序框架设计与调试方案制定,迁移能力显著增强。

4.3 后续实训课程的扩展学习

课程实验教学为后续实践教学环节搭建了坚实平台。在后续的综合实训、课程设计、毕业设计等环节中,学生可将实验课程习得的能力进一步扩展深化:一是从单一功能控制向系统集成扩展,如将抢答器的互锁逻辑与计分逻辑扩展至多工位生产线协同控制、自动仓储系统管理等综合性工程场景;二是从基本指令应用向综合设计方法扩展,如运用顺序控制设计法完成物料分拣、电梯群控、交通信号协调等典型时序控制系统的设计;三是从实验台架向真实工程对象扩展,结合产教融合资源开展企业真实项目的 PLC 控制系统改造与调试。课程实验培养的“分析问题—设计方案—实践验证—优化改进”工程思维,将贯穿学生后续全部实践环节,为其成长为面向生产一线的应用型工程技术人才奠定基础。

4.4 改革成效与改进方向

从改革实施效果看,层次递进式实验体系与“翻转预习+项目驱动+分组协作”教学模式有效解决了传统实验教学的主要问题:学生能够独立完成 I/O 分配、外部接线图绘制、梯形图编写、系统联调的完整流程,能够区分定时器、计数器的应用场景,掌握自锁互锁工程设计思路;分组协作模式下,学生图纸规范程度、程序注释质量、设备运维意识显著提升,工程系统思维与规范操作意识明显增强。同时,改革仍存在进一步改进的空间:一是针对实验台套数有限、部分学生实操时间不足的问题,可引入虚

拟仿真实验平台(如 S7-PLCSIM)作为实物实验的补充,实现“虚实结合”的混合式实验教学;二是进一步完善分层递进的任务设计,针对学有余力的学生设置扩展任务(如增加抢答队伍数量、扩展答题倒计时功能等),满足个性化学习需求;三是加强与企业的产教融合,引入真实工程项目案例,实现课程实验与岗位需求更深层次对接。后续将围绕上述方向持续深化实验教学改革,不断提升应用型自动化人才培养质量。

参考文献:

- [1] 教育部,工业和信息化部,中国工程院. 关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划 2.0 的意见[EB/OL]. (2018-10-17). http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201810/t20181017_351895.html.
 - [2] 中国工程教育专业认证协会. 工程教育认证标准[EB/OL]. (2024-11-30). <https://www.cceaa.org.cn>.
 - [3] 孙骊洲, 孟樱. 基于 OBE 理念的 PLC 实践教学改革探索[J]. 长春大学学报, 2023(2): 75-80.
- 基金项目: 项目来源: 2026 年度新疆工程学院教育教学研究与改革项目, 项目名称:《<电气控制技术及 PLC>课程知识图谱的构建与应用研究》, 项目编号: XJGCJGB202643。

作者简介: 毛昀(1983-), 女, 汉族, 湖南长沙, 本科, 副教授, 研究方向: 自动化应用。