

工业网络智能控制与维护大赛的研究成果在 《PLC 应用技术》课程中的应用与实践

曹利刚

(陕西农林职业技术大学,陕西咸阳 712100)

[摘要] 本文深入分析当前高职院校《PLC 应用技术》课程在教学内容、实训条件及培养目标等方面存在的问题,重点探讨如何将大赛成果有效转化并深度融入课程教学体系。通过重构课程标准、引入模块化项目案例、升级虚实结合实训平台、改革教学评价模式等具体路径,显著提升了课程的先进性、实践性与职业适应性。实践表明,基于大赛成果的教学改革有效激发了学生的学习动力,显著提升了其解决复杂工程问题的综合能力、创新思维和职业素养,为培养适应智能制造时代需求的高素质技术技能人才提供了可借鉴的模式。

[关键词] 技能大赛;工业网络智能控制与维护;PLC 应用技术

[中图分类号] G642.44; TP273-4

[文献标识码] A

[文章编号] 2096-711X(2025)24-0176-03

doi:10.3969/j.issn.2096-711X.2025.24.060

[本刊网址] <http://www.hbxb.net>

随着“中国制造 2025”战略的深入推进,智能制造已成为产业转型升级的核心驱动力,工业控制系统也从传统的单机、孤立控制向基于工业互联网的网络化、智能化、集成化方向飞速演进。可编程逻辑控制器(PLC)作为工业自动化领域的基础设备,其应用技术也随之发生深刻变化。现代 PLC 系统也不再是简单的逻辑控制执行单元,而是承担着数据采集、边缘计算、协议转换、智能决策支持等多元化角色。

然而,当前国内众多高职院校开设的《PLC 应用技术》课程,其教学内容、实训内容及培养目标在一定程度上滞后于产业技术迭代的步伐。教学内容大多聚焦于单一品牌 PLC 的基础编程与简单逻辑控制,对工业网络通信、多设备协同控制、系统故障智能诊断与预测性维护等前沿技术基本缺失。实训设备也只是功能单一的 PLC 实验台,缺乏真实工业场景下的网络化、集成化环境模拟,学生难以获得解决复杂系统工程问题的实战经验,导致毕业生能力与企业需要的复合型技术技能人才之间存在显著差异。

职业技能大赛是全世界规模和影响力最大的技能竞赛,其竞赛项目设置与技术标准紧密追踪全球产业技术发展前沿。工业网络智能控制与维护作为重要赛项之一,其竞赛任务设计、评价标准、技术平台代表了该领域全球最高技术水准和人才能力标杆。该项目不仅考核选手对 PLC、HMI、变频器、伺服驱动器等核心设备的熟练应用,更着重考察其在复杂工业网络架构设计、搭建与调试,智能控制算法的工程实现,以及利用数字孪生技术进行虚拟调试与优化等方面的综合能力。将工业网络智能控制与维护赛项的前沿理念、技术规范与评价体系融入《PLC 应用技术》课程的日常教学中,对突破传统教学瓶颈、对接产业前沿需求、提升人才培养质量具有迫切的现实意义和巨大的实践价值。

一、工业网络智能控制与维护大赛概述与成果

(一) 大赛概述

工业网络智能控制与维护大赛是一项聚焦于工业领域中网络智能控制与维护技术的重要竞赛。该大赛旨在推动工业网络控制与维护技术的创新和应用,提高参与者在这一

领域的实践能力和解决实际问题的水平。其竞赛任务高度模拟真实工业生产环境,比赛内容涵盖了多方面,包括工业网络的搭建与配置、智能控制系统的设计与调试、设备的故障诊断与维护、数据的采集与分析,以及系统的优化与升级等。

此赛项不仅考验学生对工业网络控制与维护理论知识的掌握程度,更注重他们的实际操作能力、团队协作能力、创新思维能力以及在面对突发问题时的应急处理能力。同时,大赛也为企业发现和选拔优秀人才提供了平台,促进了产学研的深度融合,推动了工业网络智能控制与维护技术的不断发展和进步。

(二) 核心成果分析

经过深入剖析近年来工业网络智能控制与维护大赛的竞赛内容与评价体系,发现其中具有重大的教学价值核心成果。其一,大赛中的工业网络架构设计与集成技术:突破了传统 PLC 教学中“单机操作”的局限,引入了多设备、跨协议、网络化协同控制的核心概念和实战技能。其要求选手深刻理解各种工业通信协议的原理、配置与调试技巧。其二,智能控制算法应用:将 PLC 编程从基础逻辑控制提升到复杂过程控制,强调控制理论在工程实践中的应用。其要求选手不仅需要实现基础 PID 控制,更需要根据被控对象特性和工艺要求进行 PID 参数的自整定、自适应调整,甚至应用更复杂的模糊控制、前馈补偿等策略以实现更优的动态响应性能和稳态精度。其三,预测性维护与智能故障诊断:将 PLC 系统的功能从“控制”扩展到“感知”与“预测”,培养学生利用数据进行智能运维的能力。其四,数字孪生驱动的虚拟调试与优化:引入了“先虚后实”的现代工程方法,极大地提升了系统开发的效率和可靠性,降低了实训成本和风险,是培养系统设计思维和工程优化能力的有力工具。其五,标准化工程实践与安全规范:强化了工程素养、职业规范、安全意识的培养,这些是技术技能人才胜任岗位不可或缺的“软实力”。

二、《PLC 应用技术》课程现状与痛点分析

随着工业自动控制技术的快速发展,西门子公司也在不

收稿日期:2025-9-28

基金项目:本文系陕西省“十四五”教育科学规划 2023 年度课题“技能大赛研究成果在高职院校日常教学中的应用与实践”阶段性成果(项目编号:SGH23Y2964)。

作者简介:曹利刚(1980—),男,陕西澄城人,陕西农林职业技术大学副教授,主要从事自动控制、电气自动化研究。

断推出功能更全面的可编程控制器——PLC,虽然许多高校开设 PLC 的课程,但当前高职《PLC 应用技术》课程普遍存在以下制约人才培养质量的痛点,主要体现在以下几个方面:

(一) 教学内容滞后于技术发展

当前,高职院校的《PLC 应用技术》课程的教材和实验内容多集中于单一品牌“三菱、西门子 S7-200SMART、S7-1200 系列”等 PLC 的基本指令、梯形图编程和简单开关量控制,对于工业通信网络、伺服和变频器深度集成、模拟量处理、数据处理与高级算法等现代 PLC 核心应用领域的知识在课程中很少涉及,对于工业物联网、云边协同、预测性维护等前沿概念的内容更是提都没有提过。

(二) 实训条件与真实场景脱节

调查显示,大部分高职院校的实验室设备多为功能单一、结构简单的 PLC 实验台,普遍缺乏“多设备协同、复杂网络拓扑、异构系统集成”等要素,而真实工业环境中会把 PLC、HMI、驱动器、远程 IO、传感器网络等多设备进行协同合作,所以高职院校的实训室,学生难以体验和掌握“系统性设计、安装、调试、排故”的完整流程,实践能力碎片化,综合能力较差。

(三) 能力培养目标单一化

PLC 课程传统教学侧重指令的学习、编程的编写,以及单一设备的操作技能,对学生系统集成思维、复杂问题分析能力、创新能力、文档规范意识、安全素养等综合职业能力的培养明显缺乏。学生毕业后往往能顺利写一段梯形图程序,却难以设计一个完整的、可靠的、符合工程规范的小型控制系统。

(四) 评价方式片面化

《PLC 应用技术》是一门实践性很强专业课程,该课程考核不仅需要考核理论知识,更应该重视实践操作能力的考核。因受设备和实验条件的限制,以及出于安全因素的考虑,现考核多集中于上机程序功能的编写和实验室简单的硬件接线,对设备的布置、外部接线、安装调试、网络配置、安全规范、维护思路等关键能力的评价缺乏有效手段和权重。

(五) 教学方式落后

不管任何品牌的 PLC 课程,要想学好都需要在编写程序的基础上进行大量的实践操作。目前采用的理论教学已不能满足实际工作岗位的需求。编写程序只能培养逻辑思维,与设备实际控制运行相差较远,所以 PLC 课程的教学适合理实一体化教学模式。通过大屏幕投影给学生现场讲解编写控制程序,通过在线视频的方式把 PLC 的外部结构和接线,设备安装、运行和调试的过程都能详细地展示出来,确保每个学生都能看清楚学明白。

(六) 教师缺乏实践经验

随着自动控制技术的快速发展,新技术、新知识不断更新迭代,大多数以理论教学方式为主的教师,在教学过程尤其是实践操作教学方面显得力不从心。主要是因为高校教师深入企业实践锻炼的机会较少,参与技能大赛指导的只是极少数老师,大部分老师对企业新知识、新技能的了解不多,缺乏实践教学指导能力。

三、大赛成果在《PLC 应用技术》教学中的应用路径与实践

根据多年的大赛经验,通过以下几方面将大赛内容与《PLC 应用技术》课程内容进行整合,拟达到“以赛促教、教赛结合”的目的,形成理论与实践相结合的教学模式。

(一) 基于大赛能力模型重构课程标准与内容体系

1. 升级学生能力目标

根据大赛要求和标准以及行业需求,重新确定《PLC 应

用技术》课程的教学目标,明确学生在知识、技能和职业素养方面的具体培养目标,强调学生不仅要掌握 PLC 的基本编程和操作技能,还要具备系统集成、故障诊断与维护、网络通信等综合能力,比如“能够设计小型工业控制系统网络拓扑、能够配置与调试不同设备间的工业通信、能够实现包含 PID 控制、简单运动控制的复杂逻辑与过程控制程序、能够利用传感器数据实现设备运行状态基本监测与阈值报警、能够运用仿真软件进行 PLC 程序的虚拟调试与优化、能够规范进行电气安装、系统调试、故障排查并撰写工程文档”等能力,突出对学生综合应用能力和创新能力的培养。

2. 模块化内容重组

打破传统按指令划分章节的模式,构建“基础—进阶—综合”三级模块化内容体系,把大赛涉及的知识点进行重新梳理和排序,形成由浅入深、循序渐进的教学体系,实践教学环节建立专门的工业网络智能控制与维护实训室,配备与大赛相似的设备和工具,增加实践课程的比重,让学生有足够的时间进行实际操作和训练。仿照大赛的团队参赛模式,将学生分成小组,培养学生的团队协作能力、沟通能力和解决问题能力。

(二) 引入大赛项目化案例,驱动任务式学习

以大赛项目为载体,采用项目驱动法教学,驱动任务式学习。例如,引入“智能恒压供水虚拟调试与优化”,学生根据任务完成:搭建包含水泵、压力罐、管道、压力传感器的供水系统模型,编写 PLC 程序,通过物理连接将 PLC 程序与 FactoryIO 模型连接,在虚拟环境中调整 PID 参数优化控制性能,在虚拟环境中模拟“管道泄漏”“水泵故障”等场景,测试程序的报警功能。引导学生在完成大赛项目的过程中学习和掌握相关知识和技能,激发学生的学习兴趣,提高综合技能。

(三) 构建虚实结合的进阶式实训平台

把训练单一知识点的实训内容更换成培养综合技能的多个知识融合项目,把大赛项目涉及的知识点进行拆解归类,组合成适合实训室进行的综合项目。同一个实训项目给出多种不同的解决方案,培养学生灵活解决问题的技能,达到举一反三的应用效果,在解决问题中建立自己的完整专业知识体系。

学校要构建符合大赛训练的实训室和与硬件相匹配的数字孪生模型库,并配置稳定可靠的工业以太网环境。教学上要采用“先虚后实、虚实结合、以虚扩实”的策略。先在虚拟环境中学习 PLC 编程、HMI 组态、通信基础,降低入门门槛和硬件损耗风险,在虚拟环境中进行方案验证和程序初步调试,调试没问题之后,再进行硬件安装、接线工艺、网络配置、现场调试、排故等实操练习。考核学生在虚实结合的环境中完成从设计、仿真、安装、编程到调试、维护方案制定的全流程技能。

(四) 改革教学评价模式,对标大赛标准

建立多元化、过程性、能力导向的评价体系,《PLC 控制技术》是一门实践性很强的专业课程,考核结果既要反应理论知识的掌握情况,还要反应操作技能的真实水平,采用理论加实践的新型考核方式才能准确反映教学效果。把多套大赛原题进行分析和总结,提炼出适合考核且能解决实际问题的题卡,根据考核内容的多少和难易程度分为单人操作题卡和多人操作题卡,学生从考核题卡中提炼出控制工艺要求,总结出 PLC 控制的输入输出(I/O)信号,对设备进行选型,设计出性价比高的控制系统,编写控制程序并进行模拟仿真,再上传程序后对设备进行安装和调试。

考核内容包含理论知识、设备选型、设备安装、外部接线工艺、通电和断电操作顺序、调试运行技巧、拆除设备方法、

分析和处理突发问题的能力、现场回答问题,共计9个部分组成,每一部分按照国赛评判标准进行详细赋分。考试前将题卡公布给学生,让学生熟悉考核内容。考试时由学生随机抽取题卡或教师随机指派题卡,在规定时间内完成题卡的考核内容,监考老师按照学生操作的正确性、规范性、熟练程度、设备运行结果,参照题卡评分标准逐一给出分值。并把评分结果及时反馈给学生,让学生知道考核过程存在的问题,有的放矢,查漏补缺。老师对评分结果进行统计,把所有的问题进行数据量化,找出教学中存在的问题。通过分析问题的原因,找到解决问题的办法,不断提升教学效果。其次,鼓励学生考取相关的职业技能等级证书,并将其作为课程评价的加分项或替代部分考核内容。

四、改革成效与挑战

(一)实践成效

在陕西农林职业技术大学自动化技术专业连续两届《PLC应用技术》课程中实施上述改革方案后,取得了显著成效。

1. 提高学生的学习积极性

以大赛项目为主的启发式、互动式、探究式的教学方式,融入大赛前沿技术和真实项目案例,特别是虚拟调试和预测性维护等新内容,极大激发了学生的好奇心和求知欲,不但活跃了课堂氛围,更让每个学生时刻置身于课堂之中,积极参与每个教学环节,从设备结构、外部接线、设定参数、调试运行等方面进行的详细实践操作演示,更是点燃了学习的兴趣。学生主动利用课余时间,在虚拟平台进行探索性实验的比例大幅增加。

2. 学生综合能力明显增强

学生对工业网络架构的理解和配置能力显著优于往届,能独立完成包含 PLC、HMI、驱动器、网络交换机的系统集成调试任务;在应对 PID 控制振荡、通信中断、多轴运动不同步等复杂故障时,学生展现出更系统的分析思路和更有效的解决策略,不再局限于“重写程序”或“检查接线”等简单手段;学生的断电操作、急停测试安全操作意识得到企业评委的高度认可;通过“6S”规范操作,学生的职业素养明显提高。

3. 强化了教师个人专业能力

通过研究大赛试题,总结大赛成果,课程团队开发了系列基于大赛案例的校本教材、项目任务书和虚拟仿真资源库。教师经常研究国赛试题,有助于专业技能的全面提升,科技前沿技术的不断创新应用。教师在参与课程改革和指导竞赛过程中,工程实践能力和技术水平得到显著提

升,为以后的教学和科研储蓄更多的新知识和新技能。

(二)存在的挑战

在实践过程中面临的挑战是:实训平台建设投入大,构建支持先进工业网络和智能算法的硬件平台及购买正版仿真软件成本较高;教师掌握工业网络、智能算法、预测性维护、数字孪生等前沿技术需要持续学习和实践;大赛涉及技术面广、深度大,如何在有限学时内有效融入是挑战;对学生网络配置、控制性能、维护方案等能力的客观、高效评价难度较大。

五、结论

世界技能大赛“工业网络智能控制与维护”项目的竞赛成果,是引领工业自动化领域技术发展和人才培养方向的风向标。将其核心精髓涵盖工业网络深度集成、智能控制算法工程化应用、预测性维护理念实践、数字孪生驱动的虚拟调试方法以及严格的工程规范与安全标准系统化、创造性地融入高职《PLC应用技术》课程改革,是破解传统教学滞后于产业发展难题、培养适应智能制造时代需求的复合型技术技能人才的必由之路和有效途径。

本文提出的应用路径与实践经验表明,通过对标大赛重构能力目标和课程标准、引入模块化项目案例驱动学习、构建虚实结合的进阶式实训环境、革新多元化过程性评价体系,能够显著提升课程的先进性、实践性和挑战性。改革实践有效激发了学生的学习内驱力,培养了其解决复杂工程问题的系统思维、实践能力和创新意识,并显著提升了其在技能竞赛和就业市场中的竞争力。

参考文献:

- [1]李宏胜,等. 高职《PLC应用技术》课程教学改革探索与实践——基于世界技能大赛标准的视角[J]. 职业技术教育,2021,42(32):55-59.
- [2]彭瑜. 工业物联网(IIoT)和智能运维(APM)[J]. 自动化仪表,2020,41(1):1-7,13.
- [3]王建新,杨志强. 基于数字孪生的智能制造生产线虚拟调试技术研究[J]. 制造技术与机床,2021(10):150-154.
- [4]沈丽霞. 职业技能大赛在实践教学中的应用研究——以旅游类专业赛项教学为例[J]. 旅游与摄影,2023(12):125-127.
- [5]陈亚琳. 世界技能大赛成果转化推动高职专业课程改革的研究——以工业控制项目为例[J]. 中国职业技术教育,2022(14):82-86.

Research Achievements of the Industrial Network Intelligent Control and Maintenance World Competition Application and Practice in the Course of “PLC Application Technology”

CAO Li-gang

(Shaanxi Agriculture and Forestry Vocational and Technical University, Xianyang Shaanxi 712100, China)

Abstract: This paper analyzes the problems in the daily teaching of the course “PLC Application Technology” and proposes four paths to apply the research results of the Industrial Network Intelligent Control and Maintenance World Skills Competition to teaching. It details the specific application of the competition research results in theoretical teaching, practical operation, teaching methods, and assessment evaluation. After multiple practical applications, good teaching results have been achieved.

Key words: skills competition; industrial network intelligent control and maintenance; PLC Application Technology

(责任编辑:章樊)