

# Design and Implementation Path of “PLC+FMS” Cross-course Integrated Teaching Mode

Xuejie Zhang Shanshan Hu Xuehui Chen\*

Department of Mechanical Engineering, School of Mechanical and Electrical Engineering, Anhui Jianzhu University, Hefei, Anhui, 230009, China

## Abstract

This study addresses the fragmentation of knowledge systems and weak engineering practice capabilities in mechanical engineering education under the context of intelligent manufacturing by systematically constructing an “PLC+FMS” cross-course integrated teaching model. Guided by the core principles of “real-scenario-driven, competency-oriented, and system-integrated,” the research innovatively designs a “three-tiered, three-stage” teaching framework comprising foundational, integrated, and extended levels, along with a three-phase implementation pathway. By establishing modular flexible manufacturing system teaching carriers, this model redefines the pedagogical positioning of PLC technology, forming a systematic solution covering faculty development, resource construction, institutional innovation, and technological updates. The study demonstrates that this model significantly enhances students’ system integration capabilities and engineering literacy, effectively promoting disciplinary knowledge integration and engineering practice cultivation. The research findings provide a systematic paradigm for engineering education reform in the intelligent manufacturing era, combining theoretical innovation with practical operability, offering significant guidance for cultivating interdisciplinary engineering talents.

## Keywords

intelligent manufacturing; PLC+FMS; cross-course integration; teaching framework; implementation path

## “PLC+FMS” 跨课程集成式教学模式设计与实施路径

张雪洁 胡珊珊 陈雪辉\*

安徽建筑大学机械与电气工程学院机械工程系, 中国·安徽 合肥 230009

## 摘要

本文针对智能制造背景下机械工程教育中存在的知识体系碎片化与工程实践能力薄弱问题, 系统构建了“PLC+FMS”跨课程集成式教学模式。研究以“实景驱动、能力导向、系统融合”为核心理念, 创新性地设计了包含基础层、集成层、拓展层的“三层三阶”教学框架及三阶段实施路径。该模式通过建立模块化柔性制造系统教学载体, 重塑PLC技术的教学定位, 形成覆盖师资发展、资源建设、制度创新和技术更新的系统性解决方案。研究表明, 该模式能够显著提升学生的系统集成能力与工程素养, 有效促进学科知识融合与工程实践能力培养。研究成果为智能制造时代的工程教育改革提供了兼具理论创新性与实践可操作性的系统化范式, 对培养复合型工程技术人才具有重要指导价值。

## 关键词

智能制造; PLC+FMS; 跨课程集成式; 教学框架; 实施路径

## 1 引言

新一轮科技革命与产业变革正重塑制造业的生态格局, 柔性制造系统 (Flexible Manufacturing System, FMS) 作为智能制造的核心物理载体, 已成为融合机械、电气、信息和自动化技术的复杂集成平台<sup>[1]</sup>。在这一系统中, 可编程逻辑

控制器 (PLC) 不仅是基础的控制执行单元, 更是实现系统智能化、网络化与柔性的关键中枢<sup>[2]</sup>。尤其对于本科机械专业学生而言, 理解并掌握 PLC 在 FMS 中的系统级应用, 是从传统机械设计向智能装备与系统集成能力跨越的关键环节, 对培养面向未来制造业的复合型工程人才至关重要<sup>[3]</sup>。

然而, 在当前本科机械专业的课程设置中, PLC 技术、传感检测、工业机器人及工业网络等教学内容往往分散在“电气控制”“机电传动”“自动化基础”等不同课程中, 呈现明显的知识模块割裂状态<sup>[4]</sup>。这种以学科边界为导向的教学组织方式, 导致学生虽能掌握若干孤立的技术点, 却难以构建对智能制造系统整体运行逻辑与多技术协同机制的系统性认知, 更缺乏将机械本体、驱动执行与智能控制进行

【作者简介】张雪洁 (1991-), 女, 中国安徽宿州人, 博士, 讲师, 从事机械工程研究。

【通讯作者】陈雪辉 (1977-), 男, 中国安徽合肥人, 博士, 教授, 从事机电装备智能化传动、激光先进制造研究。

有机整合的工程实践能力。面对制造业向柔性化、智能化转型对人才提出的“机-电-控-软”深度融合的新要求,改革现有教学模式,构建以FMS为综合载体、以PLC为技术纽带、贯穿多门课程的集成化教学体系,已成为当前机械工程专业教育亟待突破的瓶颈,具有重要的理论探索价值和紧迫的实践改革意义<sup>[5]</sup>。

## 2 跨课程集成式教学模式设计理念与总体框架

### 2.1 设计理念与原则

本教学模式以“实景驱动、能力导向、系统融合”为核心理念,构建基于真实工程情境的跨课程集成教学体系。通过突破传统学科知识线性传授模式的局限,确立了模块化柔性制造系统作为融合机械工程、自动化技术和信息技术等多学科知识的一体化教学载体。在此框架下,PLC技术被赋予了新的教学内涵——不仅是逻辑控制的教学内容,更是衔接机械系统动力学特性与智能控制算法的重要工程实现桥梁。其教学定位从“单一技能习得”提升为“系统集成能力构建”,成为实现柔性制造系统智能化运行的核心技术支撑。整个教学过程完全遵循工业系统集成项目的全生命周期逻辑,使学生在设计、实施、调试与优化的完整工程实践链中,逐步建立系统化思维和综合工程素养。

在教学原则层面,本模式构建了完整的设计框架,并遵循以下设计原则:采用实景化工程项目驱动原则,以真实工业项目为蓝本构建全流程教学情境,确保学习任务与工程实践需求高度契合;遵循结构化能力递进发展路径,按照“基础认知-系统应用-创新优化”的渐进式规律构建能力培养体系;实施多学科知识融合原则,通过具体工程载体促进机械、电气、信息等学科的有机整合;构建虚实协同的教学环境,形成“虚拟仿真-半实物调试-全系统联调”的渐进式实践体系;建立全过程评价机制,形成覆盖项目全周期的多元综合评价模式,实现过程评估与结果考核的有机结合。这些原则相互支撑、协同作用,共同保障了教学模式在理论建构与实践成效上的系统性统一。

### 2.2 “三层三阶”总体框架构建

在“三层三阶”总体框架构建中,教学内容体系被解构为三个层次:基础层聚焦于技术要素的单元性精炼,通过将柔性制造系统的物理模块转化为特定课程中的教学案例,例如在控制类课程中以传送带运动控制阐释编程逻辑,在检测类课程中解析传感器在物料定位中的实际应用,从而在知识与设备之间建立初步的映射关系;集成层致力于跨领域技术的系统性融合,借助独立设置的智能制造综合实训课程,引导学生以项目小组形式完成硬件集成、通信组态与软件联调三大核心任务,着重培育学生应对复杂系统集成问题的工程解决能力;拓展层则着眼于生产系统的运行优化,通过引入制造执行系统模拟多品种变批量生产任务,促使学生开展参数调整、路径优化与效能分析等进阶实践,从而培养

其工程管理与持续改进的系统思维。

在教学实施层面,本框架遵循三阶递进的推进路径:仿真实训阶段依托数字孪生技术,在虚拟环境中完成系统的建模、组态与逻辑验证,构建起理论与实践之间的安全过渡桥梁;半实物实训阶段聚焦于实体平台的单元调试,着重解决信号采集、执行控制与人机交互等实际工程问题,强化学生的硬件实施能力;全系统联调阶段则通过跨工作站的协同运行与优化调试,使学生直面时序协调、异常处理等综合性工程挑战,从而完成对其专业知识、实践技能与团队素养的全面检验。该框架具有纵向的能力衔接性,形成矩阵化培养网络;横向的课程协同性,构建一体化教学团队;动态的技术适应性,保持对产业发展的持续响应;以及全程的评价一致性,建立与教学阶段相匹配的多元评价机制。

### 2.3 对机械工程人才培养目标的支撑

本框架系统性地支撑了机械工程专业人才的培养目标,通过多维度强化学生在智能制造领域的核心竞争力:在能力建构层面,引导学生基于机械运动特性设计控制参数,深化对机电系统耦合机理的理解,培养真正的机电协同设计能力;在思维培养层面,通过全系统联调中复杂工程问题的处理,促使学生建立系统化的问题分析框架,形成从整体视角辨识问题根源并提出综合性解决方案的系统思维能力;在工程素养层面,引导学生建立全生命周期的工程意识,在设计阶段即同步考量制造可行性、控制可实现性、维护便利性等多维度因素,培养面向智能制造时代的系统工程思维范式。

## 3 集成式教学模式的系统化实施路径

### 3.1 第一阶段:基础准备与体系建设(建设期)

为确保跨课程集成式教学模式的落地实施,首要任务是构建完备的软硬件基础与制度保障。这一阶段的核心工作聚焦于三大支柱的建设:第一,组建跨学科教学团队。打破传统教研室壁垒,通过联合教研机制、企业实践培训及软件专项认证,推动教师向具备系统整合能力的项目导师转型。第二,完成课程体系的重构与标准化。运用逆向工程思维,以FMS完整项目为蓝本,解构其所含知识技能点并正向映射至相关课程教学大纲,同步开发一体化项目教材、模块化实训任务书及贯通多课程的标准化评价体系。第三,推进实训平台与数字资源的协同建设。规划建设一个模块化、可重构、符合主流工业标准的FMS教学实训平台,其硬件应具备良好的开放性与扩展性。同时,须配套开发与平台深度绑定的数字化教学资源库,包括基于数字孪生技术的仿真项目库、关键技术的微课视频、典型故障诊断案例库以及在线虚拟实训平台,为“虚实结合”教学提供坚实基础。

### 3.2 第二阶段:试点运行与迭代优化(试点期)

在完成基础建设后,本阶段选择具有代表性的专业班级开展教学试点,通过小范围实践验证模式可行性并进行迭代优化。试点工作采用分层推进策略:首先,选取机电一体

化、智能制造工程等高级班级作为试点对象，实施“课程渗透-集中实践”的双轨教学策略——在先修课程中系统融入FMS模块化案例教学，在后续的综合实训或毕业设计环节集中开展集成式项目实践。其次，推行企业化项目教学模式，组建4-6人项目团队，模拟真实工程角色分工，完整实施从需求分析、方案设计到系统集成、调试验收的全流程项目实践，教师团队以顾问和评审角色提供全过程指导。最后，构建能力导向的多元评价体系，涵盖过程性评价（项目规划、团队协作）、成果性评价（系统功能、代码质量）以及创新性引入的“课程贡献度回溯评价”，通过分析学生知识整合与应用情况反向优化前期教学，形成可持续改进的教学闭环机制。

### 3.3 第三阶段：全面推广与持续深化（推广期）

在试点验证与优化完善的基础上，教学模式进入规模化推广与可持续发展阶段。本阶段的首要任务是建立标准化实施体系，通过编制《“PLC+FMS”跨课程集成教学实施指南》、《项目化教学管理规范》及《综合能力评价手册》等系列文件，将课程设计、教学流程与评估工具制度化，确保模式在不同专业和更大范围内的高效复制。之后，深化产教协同育人机制，一方面引入区域龙头企业的真实工程案例与技术挑战作为教学项目，聘请企业工程师参与教学指导与成果评价；另一方面推动课程内容与“1+X”职业技能等级证书标准深度融合，实现“课证融通”，提升学生岗位适应能力与就业竞争力。最后，构建技术驱动的教学内容动态更新机制，组建由专业教师与企业专家构成的技术跟踪小组，持续关注工业物联网、机器视觉、人工智能等前沿技术发展，通过模块化方式将成熟技术整合进FMS教学平台与课程体系，保障教学内容的先进性与前瞻性。通过上述系统化推进，最终构建出具备闭环反馈、动态适应与持续进化特征的高素质工程人才培养体系。

## 4 关键挑战与对策

在“PLC+FMS”跨课程集成式教学模式的实施过程中，我们面临着一系列结构性挑战：师资方面，机械专业教师普遍缺乏工业控制与系统集成实践经验，跨学科教学团队在协

同与评价上面临机制构建难题；资源方面，模块化FMS平台与数字孪生资源的建设与维护成本高昂，虚拟资源的高效配置成为运营挑战；制度方面，传统教学管理与项目式长周期教学存在冲突，多元化评价体系的执行复杂；内容方面，智能制造技术的快速迭代对教学更新构成持续压力。为此，需要构建系统性解决方案：通过“校内培养与企业实践”双轨机制提升师资能力，借助“校企共建与资源共享”模式优化资源配置，以“弹性学制与信息化管理”推动制度创新，并依托“技术跟踪与产教融合”机制确保内容持续更新。这些对策相互支撑，共同构成了保障教学模式从试点走向成熟应用、并将实施挑战转化为改革动力的系统保障。

## 5 结论

本研究系统构建了“PLC+FMS”跨课程集成式教学模式，以“实景驱动、能力导向、系统融合”为核心理念，创新性地设计了“三层三阶”教学框架与三阶段实施路径，并形成涵盖师资发展、资源建设、制度创新和技术更新的系统性解决方案，有效破解了机械工程教育中长期存在的知识结构碎片化与工程实践能力薄弱等关键问题。研究表明，该模式能够显著提升学生的系统集成能力与综合工程素养。研究成果为智能制造背景下的工程教育改革提供了兼具理论创新性与实践可操作性的系统化范式，对培养适应产业转型升级需求的复合型工程技术人才具有重要的理论指导与实践借鉴价值。

### 参考文献

- [1] 周济. 智能制造——“中国制造2025”的主攻方向[J]. 中国机械工程, 2015, 26(17): 2273-2284.
- [2] 张立军, 孙伟, 王磊. PLC在智能制造系统中的集成应用研究[J]. 控制工程, 2020, 27(4): 78-84.
- [3] 教育部高等学校机械类专业教学指导委员会. 智能制造工程专业建设指南[M]. 北京: 高等教育出版社, 2019.
- [4] 陈珍珊. “工程牵引, 全景式协同”——智能产线导向的电气智造课程群高阶教学实践[J]. 高等工程教育研究, 2025(2): 54-58.
- [5] 王建国, 李志强, 张华. 智能制造背景下工程实践教学模式创新研究[J]. 高等工程教育研究, 2022(3): 45-50.