

新工科背景下“电气控制技术”课程教学改革探索

李 腾, 刘建国*, 牟 恽, 秦 岭, 张定学

武汉轻工大学电气与电子工程学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2025年12月11日; 录用日期: 2026年1月12日; 发布日期: 2026年1月19日

摘 要

随着智能制造、工业互联网和人工智能技术的迅速发展, 传统工科课程面临知识结构更新快、实践要求高、跨学科融合强等挑战。《电气控制技术》作为自动化专业的重要核心课程, 亟需在新工科背景下进行系统重构。本文以武汉轻工大学自动化专业的课程为研究对象, 基于OBE理念与建构主义学习理论, 提出一套系统的改革方案。重点探索了构建“辅助而非依赖”的AI时代教学新范式, 以及打造“产、教、赛、学”四位一体的融合机制。文章从教学内容优化、教学方法创新、实践体系强化、评价方式改革等方面阐述了具体路径, 旨在通过“基础扎实-应用丰富-实践贯通”的课程体系, 全面提升学生的工程思维与系统调试能力, 为自动化专业新工科人才培养提供参考。

关键词

新工科, 电气控制技术, PLC, 教学改革, 人工智能

Exploration of Teaching Reform for “Electrical Control Technology” under the New Engineering Background

Teng Li, Jianguo Liu*, Yi Mou, Ling Qin, Dingxue Zhang

School of Electrical and Electronic Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan Hubei

Received: December 11, 2025; accepted: January 12, 2026; published: January 19, 2026

Abstract

With the rapid development of intelligent manufacturing, the industrial internet, and artificial

*通讯作者。

文章引用: 李腾, 刘建国, 牟恽, 秦岭, 张定学. 新工科背景下“电气控制技术”课程教学改革探索[J]. 教育进展, 2026, 16(1): 1332-1338. DOI: 10.12677/ae.2026.161182

intelligence technologies, traditional engineering courses face increasing challenges such as fast-changing knowledge structures, higher practical demands, and stronger requirements for interdisciplinary integration. As a core course in the Automation major, *Electrical Control Technology* urgently requires systematic reconstruction under the New Engineering framework. Taking the course offered at Wuhan Polytechnic University as the research object, this study proposes a comprehensive reform scheme based on the Outcome-Based Education (OBE) philosophy and constructivist learning theory. The reform focuses on developing a new teaching paradigm for the AI era—one that emphasizes “assistance without overreliance”—and constructing an integrated “industry - education - competition - learning” mechanism. The paper elaborates on specific paths in content optimization, teaching method innovation, practical training enhancement, and assessment reform. By establishing a curriculum system characterized by “solid fundamentals, enriched applications, and practice-driven learning,” the study aims to enhance students’ engineering thinking and system debugging capabilities, providing useful insights for cultivating high-quality New Engineering talents in the field of automation.

Keywords

New Engineering, Electrical Control Technology, PLC, Teaching Reform, Artificial Intelligence

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着新一轮科技革命和产业变革不断深入推进,我国高等工程教育正从传统工科向新工科加速转型。教育部于2017年提出“新工科”概念,旨在回应人工智能、大数据、物联网等新技术的迅猛发展,培养兼具跨学科融合能力、创新思维与国际视野的工程科技人才[1][2]。新工科强调以“新理念、新结构、新模式、新质量、新体系”为牵引,使专业建设与人才培养模式紧密对接产业变革,实现从“以知识传授为中心”向“以能力培养与产出为导向”的转变[3]。对于自动化专业而言,《电气控制技术》是直面产业一线需求的核心课程,涵盖电气控制基础、PLC编程与应用等内容,直接支撑智能制造与工业自动化的人才培养[4]。然而,长期以来以讲授为主,配以少量验证性实验的传统教学方式,难以充分匹配新工科对复合型、实践型人才的培养要求。

在人工智能快速演进的语境下,ChatGPT、DeepSeek等大语言模型已能够辅助生成梯形图、调试控制程序并模拟控制逻辑,这既为课程教学提供了新的工具与情境,也对学生“会想、会做、做得好”的动手与综合能力提出更高要求。根据教育部《关于加快建设高水平本科教育全面提高人才培养能力的意见》(教高〔2018〕2号)的相关要求,新工科建设需在科学基础、工程实践与人文素养之间实现协同发展[5][6]。

基于此,本文以武汉轻工大学电气学院自动化专业的《电气控制技术》课程为研究对象,结合教学实践,探索系统化的改革路径。本文的论述将重点围绕两大核心创新展开:一是应对AI技术普及,构建理性使用的教学新范式;二是深化产教融合,构建以学科竞赛和企业案例为牵引的“四位一体”育人机制。

2. 课程现状与问题分析

2.1. 课程定位与内容概述

《电气控制技术》(课程代码: ELEN4212)是武汉轻工大学电气学院自动化专业的一门专业核心课程

(选修), 设置 2 学分, 总学时 32 学时(理论 24 学时 + 实验 8 学时), 主要面向本科三年级学生, 于春季学期开设。先修课程包括《电路》《模拟电子技术》《微机原理与接口技术》等。该课程直接支撑工程教育专业认证毕业要求中的“问题分析”“设计/开发解决方案”“使用现代工具”等指标点, 旨在使学生具备电气控制系统分析、PLC 程序设计、系统集成与现场调试的综合能力。

现行教学大纲将内容分为七大模块: 常用低压电器、电气控制线路分析与设计、可编程控制器原理及 S7-1200 硬件结构、基本指令、扩展与工艺指令、系统设计与工程应用、工业通信与网络。教学逻辑遵循“继电器硬逻辑→梯形图软实现→工程项目应用”的递进路径, 强调传统控制是理解现代 PLC 的基础, 硬件架构是程序运行的依托, 编程与组态最终服务于智能制造场景。

2.2. 现状与存在的问题

尽管该课程在自动化专业体系中处于承上启下的关键位置, 但受限于学分学时与新工科、新技术、新需求的叠加冲击, 传统课程存在以下突出矛盾与问题:

第一, 学时与内容广度、深度之间存在一定矛盾。课程仅有 2 学分、32 学时(理论 24 学时 + 实验 8 学时), 却需要涵盖低压电器、继电器控制线路、S7-1200/1500 指令系统、PROFINET 通信等内容, 知识点较为密集。受限于总学时, 教师在案例讲解和学生动手练习上的时间安排较为紧张, 部分高阶能力(如复杂故障诊断与系统优化)的训练深度还有待进一步加强, 部分学生反映“理解尚可, 但实际编程与调试存在困难”。

第二, 人工智能工具的广泛应用对学生核心能力的培养提出新挑战。目前 ChatGPT、DeepSeek 等大模型已能够快速生成规范的梯形图程序, 若学生过度依赖这些工具, 容易忽视指令执行时序、I/O 映射、通信机制等底层原理的深入理解, 影响现场调试与独立排障能力的形成。

第三, 课堂互动性有待提升, 部分学生注意力不够集中。由于内容较多、进度较紧, 课堂仍以教师讲授和 PPT 展示为主, 在讲解指令语法、数据块组织、通信协议等相对抽象的内容时, 学生参与度相对较低, 偶尔会出现使用手机的情况, 影响整体学习效果。

第四, 教学内容与行业最新需求的同步性仍需加强。企业越来越重视“PLC+ 工业物联网 + 人工智能”的复合能力[7], 而现行教材和实验内容主要基于较早版本的 TIA Portal, 新协议、新技术(如 PROFINET IO、工业边缘计算、数字孪生等)的覆盖还不够充分; 实验案例多为经典的交通灯、电梯等项目, 与企业真实产线场景相比, 实战性稍显不足。

第五, 教学模式与新工科及工程教育认证的要求还有一定差距。目前仍以课堂讲授结合验证性实验为主, 项目式教学、混合式教学占比偏低, 与机器人、人工智能、大数据等学科的交叉融合尚不充分, 产教融合深度也有待进一步挖掘, 距离有效支撑“复杂工程问题解决能力”还有提升空间。

国际先进经验为我们提供了有益借鉴。美国 ABET 强调学习产出可衡量、可评估并与产业需求实时对标; 德国双元制将企业真实产线引入教学; 通过校企联合开发课程, 将边缘计算、数字孪生、AI 等技术深度融入 PLC 教学, 采用全程项目驱动模式[8] [9]。这些实践表明, 在学时有限的前提下, 通过精选内容、强化企业项目、合理借助现代工具, 同样可以实现高水平的能力培养目标。

综上所述, 课程当前仍存在一定改进空间, 需在有限学时内进一步优化内容结构、丰富教学手段、深化产教融合, 以更好地适应新工科建设和智能制造时代对人才培养的要求。

3. 教学改革思路

3.1. 改革指导思想

本课程的教学改革以新工科“四新”建设理念为根本依据, 强调面向本科生、在降低入门难度的同

时突出工程能力培养。改革坚持 OBE(Outcome-Based Education)成果导向教育理念[10],将“学生能做什么、能做到什么程度”作为教学设计的出发点与落脚点,明确课程学习产出:学生能够完成基本 PLC 控制系统的独立设计与调试,理解 AI 辅助编程的优点与限制,并在小组项目中具备协作与沟通能力。为提升学生的主动学习意识,课程引入建构主义教学思想,通过分层实验、课程小项目与案例分析等方式,引导学生在“做中学”“研中学”,逐步形成系统化的工程思维。

在新工科背景下,本科生需要具备宽口径、厚基础与一定的交叉认知。因此,课程内容以“基础扎实、实践够用”为原则,通过整合电气控制、PLC 编程与机器人基础应用等内容,构建跨专业交叉的学习路径。围绕这一目标,课程改革设计了四个方面的基本框架:(1) 内容优化:引入智能制造、工业网络、简单 AI 控制等新兴技术案例,使学生了解行业发展方向;(2) 方法创新:采用线上线下混合教学,配合虚拟仿真平台帮助低基础学生快速入门;(3) 实践强化:依托实验室资源,开展可操作性强的基础实验,并鼓励参与校级竞赛或企业开放日,增强工程情境体验;(4) 评价多元:建立以课堂表现、实验过程、项目成果为依据的综合性评价体系,更加关注学习过程与能力形成。

3.2. 与人工智能发展的融合思考

面对 ChatGPT、DeepSeek 等大语言模型对工程教育的影响,《电气控制技术》课程在本科层面更需明确“利用 AI、但不过度依赖 AI”的教育原则。对于初学者,AI 可在生成示例梯形图、提供语法解释方面发挥辅助作用,有助于降低学习难度。但课程要求学生必须在实际 S7-1200 平台上手动检查 I/O 映射、时序逻辑与安全互锁,确保对控制原理与实际问题具有真实理解。工业现场的噪声干扰、接线错误、传感器故障等复杂情况,只有通过动手实验才能体验与解决,这是 AI 无法替代的核心能力。

为帮助学生形成正确的认知,课程设置主题讨论“AI 在 PLC 学习中的作用与边界”,引导学生分析 AI 生成内容的可靠性、可解释性以及可能带来的伦理问题,如程序版权、数据来源等。通过这种方式,学生不仅能够利用 AI 提升学习效率,也能在新工科背景下形成对技术风险与工程责任的初步判断,实现知识、能力与价值观的同步提升。

4. 课程教学改革的具体实施路径

在新工科建设背景下,《电气控制技术》课程的改革不仅是课程内容层面的更新,更是理念、体系与资源的整体重构。为回应智能制造、工业互联网及自动化产业对工程人才提出的新要求,本课程从内容、方法、实践以及人工智能应用四个维度提出有针对性的改革路径。

4.1. 教学内容优化:从“知识堆积”走向“结构化能力链”

在内容层面,本课程坚持“基础扎实、应用够用、前沿适度”的原则。首先,在基础模块中对继电器-接触器控制原理、典型控制环节、保护回路等内容进行系统梳理,强化传统电气控制与 PLC 梯形图之间的逻辑映射关系,让学生从“硬逻辑”自然过渡到“软实现”。其次,在应用层面围绕 S7-1200 PLC 的指令系统、模拟量处理、PID 调节、通信与网络配置等核心能力模块构建完整知识链条,通过“知识点-典型案例-工程任务”三段式推进,使学习过程紧贴实际工业场景。此外,在内容体系中适度加入智能制造元素,如 PROFINET 通信、HMI 交互设计、数字孪生基础概念等,让学生在本科阶段便形成对行业发展趋势的初步判断。最终,通过“基础-应用-场景”的三级内容结构实现从课堂知识向工程能力的平稳过渡。

4.2. 教学方法创新:构建“课堂-实验-案例”融合式教学模式

教学方法改革的重点在于提升课堂互动性与工程思维培养。课程采用任务链式教学组织,使每个核

心知识点都能对应到一个可验证的任务，如定时器对应计时控制实验，高速计数器对应编码器测速实验，模拟量处理对应温度 - PID 控制系统。课堂中引入翻转课堂策略，通过预习视频、案例导入和现场演示，将传统的“被动接受式学习”转变为“问题驱动式学习”。同时，运用混合式教学平台，将 TIA Portal 仿真、在线模型演示与线下设备调试结合，实现“虚实一体化”教学。教学中强调逻辑推演、系统分析与团队讨论，通过板书推理、实验观察、代码走查等方式培养学生的工程表达能力与分析能力。

4.3. 实践环节强化：打造“分层递进、虚实结合”的工程训练体系

实验是本课程的核心组成部分，应摆脱传统验证性实验模式，构建具有工程真实度的实践体系。充分利用电气学院的电气控制实验室设备，如图 1 所示，具有 10 台电气控制实验系统平台 EE19，包括标准控制屏、西门子 CPU1214 DC/DC/DC 型 PLC 控制器、SM1234 模拟量输入输出模块、西门子 KTP700 HMI 触摸屏、西门子 SINAMICS G120C 变频器单元、西门子 XB005 工业以太网交换机单元、皮带传送及检测实物单元、温度控制实物单元、按钮指示灯控制单元等，所有单元模块均安装在标准控制屏上。

基础层实验聚焦程序基础、I/O 映射、接线规范、调试流程等关键技能；综合层实验以小型控制系统为任务载体，如恒温控制、变频调速、输送监测等，要求学生从需求分析、流程图绘制、程序编写到 HMI 设计实现完整开发流程；创新层则设置开放式小组项目，如分拣系统优化、PID 抗扰性设计、简易数字孪生系统构建等，引导学生面向真实问题开展探索。与此同时，在实践中强化故障诊断训练，通过仿真故障植入、通信中断模拟、互锁逻辑缺失测试等方式让学生体验工程现场常见问题，提高其综合判断与排除能力。



Figure 1. Equipment in the electrical control technology laboratory

图 1. 电气控制技术实验室内的设备

4.4. 理性融合 AI 工具：开展关于“边界与价值”的专题教学

面对大模型广泛应用的趋势，本课程倡导“合理使用、避免依赖”的理念。为引导学生正确认知和使用 AI，课程专门设计“AI 在 PLC 编程与学习中的角色”主题研讨。教师提供正反案例，例如对比一段教科书标准程序与一段 AI 生成的、语法正确但逻辑存在潜在风险的代码，组织学生讨论其优劣及适用场景。课程明确，AI 可用于辅助理解概念、生成代码初稿或进行错误排查提示，但所有程序的最终调试、优化及在真实工业环境中的验证，必须由学生在实体 PLC 上亲手完成。通过这种对比实践，强化学生“工具为我所用，而非我为工具所役”的主体意识，并初步培养其技术伦理观念。

5. 产教融合与赛教融合

在智能制造与装备自动化迅速发展的背景下，《电气控制技术》课程的教学改革不仅要面向课堂，

更要主动连接产业一线与高水平竞赛平台,实现“以产业促教学、以竞赛带学习”的双向驱动。本章从企业工程师讲座、产业案例库建设以及“西门子杯”竞赛牵引三方面构建系统化产赛融合机制。

5.1. 企业一线工程师的现身说法

依托武汉轻工大学自动化专业庞大的校友资源库,许多毕业3~5年、正工作于食品加工、装备制造、智能物流等行业的青年工程师,对“PLC调试-电气维护-现场排障”有着直接经验。课程改革建议每学期邀请1~2名此类校友返校开展专题讲座。讲座不追求理论深度,而重在分享“工程坑点”,例如:因接地不良导致PLC模块反复烧毁的事故;工厂中强干扰环境引发传感器误动作的排查方法;为什么书本上的自锁电路在实际工程中必须叠加急停回路和硬件互锁。这些“过来人”的亲身经历往往比书本更有冲击力,能够有效提升学生对安全规范、现场调试细节以及工程责任的重视程度,强化课程思政中“工匠精神”与规范意识的育人目标。

5.2. 面向产业的案例库建设

依托学校轻工与粮食工程特色,课程建设团队拟开发“饲料机械自动化”系列教学案例,如基于S7-1200的配料称重控制系统、混合搅拌自动投料单元等。这些案例天然包含模拟量处理、配方管理、批量生产逻辑、故障报警体系等核心PLC功能,既体现了行业背景,又能作为跨章节综合实例,使学生在真实产业链条中理解控制系统的整体结构。通过持续沉淀案例库,可逐步形成覆盖“控制环节-设备-工艺-网络”的轻工特色自动化教学资源体系。

5.3. “西门子杯”牵引的项目化教学

“西门子杯”中国智能制造挑战赛对接智能制造的最新趋势,强调机械、电气、信息、网络与调度的综合协同能力。课程改革以竞赛能力要求为牵引,将其通用能力模块拆解为课堂“微项目”与课程综合项目。课堂微项目包括:电机启停与互锁调试、输送线按节拍分拣、模拟故障插入与系统恢复等。课程综合项目则构建“小型装配/分拣产线”,涵盖S7-1200、HMI、变频器、传感器阵列、滑台执行机构及PROFINET通信,实现对完整自动产线的教学化呈现。赛后,还将参赛队的优秀程序、接线图、调试记录和故障案例整理为“最佳实践库”,用于反哺课堂教学与后续项目指导,形成竞赛驱动课程改革的良性循环。

6. 基于社会建构主义的多元化评价体系

为适应新工科背景下对工程能力与综合素质的要求,更加全面、客观地评价学生的工程能力与素养,需要改革传统的单一考试评价方式,构建基于社会建构主义理念的多元化评价体系。

首先,过程评价(40%)关注学习过程的规范性和真实性,包括平时测验(重点考察基础指令与逻辑理解)、实验操作规范(接线工艺、安全意识、调试流程)以及课堂互动表现。课程设置代码走查(Code Review)环节,学生以小组形式互评程序,从逻辑严谨性、代码规范性、注释清晰度等方面提出修改意见。这一过程不仅提升了程序质量,更在协作与批判性讨论中深化了对知识的理解,体现了“知识在社会互动中建构”的理念。

其次,项目评价(30%)面向小组综合项目,重点考察系统功能的完整性、PLC与HMI的交互合理性、团队协作与分工,以及工程文档的规范性,突出系统集成思维与项目管理能力。

再次,期末考核(30%)减少记忆性题目,强化逻辑推演与工程应用情境,如根据工艺要求绘制状态转移图、分析故障原因并给出调整方案,重点考查学生解决复杂工程问题的能力。

最后,增值评价机制鼓励创新实践。对在课程项目中合理使用人工智能辅助设计、在学科竞赛中表

现优异或完成高质量开放式任务的学生给予适度加分，以激发自主学习与创新动力。

7. 总结

《电气控制技术》课程教学改革以新工科建设理念为引领，围绕“AI 赋能与产教赛教融合”两大核心创新展开系统探索。改革以 OBE 成果导向教育为逻辑主线，构建了从课堂教学到工程实践再到创新竞赛的完整育人链条。通过教学内容结构化重组、方法创新与虚实结合的实验体系建设，课程实现了从“知识传授”到“能力生成”的转变，学生在 PLC 编程、系统集成与工程表达等方面的综合能力得到显著提升。

在改革实施过程中，理性引入 AI 工具的教学理念，既提升了学习效率，也引导学生形成对智能化工具的辨析与反思，强化了工程伦理与责任意识。同时，借助“西门子杯”等竞赛平台与企业案例库建设，教学实现了课堂与产业的双向互动，学生的创新实践能力和团队协作意识明显增强。

未来，课程建设将继续深化智能制造、数字孪生等前沿技术的融入，拓展跨学科协同教学与国际化课程资源。通过持续完善教学评价机制与产教融合体系，《电气控制技术》课程将进一步成为自动化专业实践育人的核心支撑，为培养新工科背景下具备创新意识与工程能力的高素质人才提供示范。

基金项目

武汉轻工大学 2025 年度校级青年教学研究项目(XQ2025009)。

参考文献

- [1] 吴爱华, 杨秋波, 郝杰. 以“新工科”建设引领高等教育创新变革[J]. 高等工程教育研究, 2019(1): 1-7+61.
- [2] 储春华, 唐荣年, 袁琦, 等. 新工科背景下自动化专业实践教学改革探索[J]. 中国现代教育装备, 2025(17): 71-73.
- [3] 罗雪梅, 覃涛. 新工科背景下自动化专业人才培养举措[J]. 西部素质教育, 2025, 11(17): 33-37.
- [4] 方红伟, 殷雨薇, 刘飘羽. “电气控制技术”课程混合式教学改革探索[J]. 电气电子教学学报, 2024, 46(3): 1-3.
- [5] 胡菁华, 李冀宁. 人工智能技术在电气自动化控制中的应用[J]. 模具制造, 2024, 24(10): 27-29.
- [6] 教育部关于加快建设高水平本科教育全面提高人才培养能力的意见[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2019(3): 34-41.
- [7] 潘德灼. 人工智能与物联网技术在工业制造领域的融合应用——以 TCL 产业园为例[J]. 互联网周刊, 2025(18): 25-27.
- [8] 李霓, 布树辉, 汤志荔, 等. 基于 ABET 理念的工科课程改革实践与思考[J]. 高等工程教育研究, 2022(1): 42-47+109.
- [9] 徐理勤. 德国二元制高等教育的发展特征、影响因素及发展前景[J]. 浙江科技大学学报, 2025, 37(2): 100-109.
- [10] 杨慧, 闫兆进, 慈慧, 等. OBE 驱动的工程教育课程教学创新设计[J]. 高等工程教育研究, 2022(2): 150-154.