

虚实融通、人机协同：AI赋能高职单片机“三阶递进、双线混融”教学改革探索

叶 波

湖南生物机电职业技术学院机电工程学院，湖南 长沙

收稿日期：2026年8月5日；录用日期：2026年9月4日；发布日期：2026年9月10日

摘 要

针对高职单片机课程长期存在的硬件依赖度高、编程反馈滞后、项目创新不足等结构性困境，本文以“虚实融通、人机协同”为核心理念，构建了“基础认知－综合应用－创新拓展”三阶递进的教学模型，并通过线上AI（人工智能）助学与线下项目实战双线混融的方式落地实施。改革以某高职院校工业机器人技术专业两个平行班为对象开展准实验研究，实验班期末项目优良率较对照班提升23.3%，学生自我效能感正向认同度提高33.2%。AI平台行为数据表明，学困生人均提问次数为学优生的2.3倍，验证了AI助学系统对基础薄弱群体具有显著的补偿性支持。本文同时就AI依赖风险防控及校本化资源建设等议题进行了讨论，为高职电子信息及自动化类课程的教学改革提供了可参照的系统方案。

关键词

AI，单片机教学，虚实融通，人机协同

Integration of Virtual and Practical Learning, Human-Machine Collaboration: Exploration of AI-Empowered Teaching Reform for Microcontroller Course in Higher Vocation Education through a “Three-Stage Progressive, Dual-Track Integration” Approach

Bo Ye

School of Electromechanical Engineering, Hunan Biological and Electromechanical Polytechnic, Changsha Hunan

文章引用：叶波. 虚实融通、人机协同：AI 赋能高职单片机“三阶递进、双线混融”教学改革探索[J]. 教育进展, 2026, 16(9): 788-797. DOI: 10.12677/ae.2026.1691962

Received: August 5, 2026; accepted: September 4, 2026; published: September 10, 2026

Abstract

To address the long-standing structural challenges in microcontroller course for higher vocational education, such as heavy reliance on hardware, delayed feedback of programs, and a lack of innovation in practice projects, this paper adopts the core concept of “integration of virtual and practical learning, and human-machine collaboration” to construct a three-stage progressive teaching model comprising “basic understanding-comprehensive application-innovative expansion”. This model is implemented through a blended approach combining online AI (Artificial Intelligence)-assisted learning with offline hands-on project work. The reform involved a quasi-experimental study conducted on two parallel classes in the Industrial Robot Technology program at a vocational college. Compared to the control class, the rate of excellent and good grades on the end-of-term project in the experimental class increased by 23.3%, and the proportion of students positively endorsing their self-efficacy rose by 33.2%. Behavioral data from the AI platform showed that students with learning difficulties asked 2.3 times as many questions per person as high-achieving students, validating the AI-assisted learning system’s significant compensatory support for students with weaker foundational knowledge. This paper also discusses issues such as the prevention and control of AI dependency risks and the development of school-based resources, providing a systematic reference framework for teaching reforms in higher vocational education courses related to electronic information and automation.

Keywords

AI, Microcontroller Instruction, Integration of Virtual and Practical Learning, Human-Machine Collaboration

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

《单片机原理及应用》是高职电子信息工程技术、工业机器人技术等专业的核心课程，承担着培养学生软硬件协同设计能力与实时系统调试能力的重要使命[1]。随着智能制造产业的深度发展，企业对嵌入式开发人才的需求已从简单的 I/O 控制编程，升级为能够理解系统架构、具备工程决策能力、熟悉工业现场控制逻辑的复合型技能要求。在此背景下，单片机课程作为连接底层硬件与上层应用的关键纽带，其教学改革势在必行。

当前高职单片机课程的教学现实存在三大结构性矛盾。其一，硬件依赖度高。传统教学高度依赖实验箱与开发板，但设备台套数难以满足学生课外训练需求，实训室开放时间受限，学生“想练没设备”的困境长期存在。其二，编程反馈滞后。标准教学班规模通常在四十人左右，当学生面对编译环境报出的数十条错误时，教师难以在有限课时内为每位学生提供及时的个别化指导，大量学生在反复受挫中消磨了学习热情[2]。其三，项目创新不足。课程项目多停留在流水灯、数码管显示等验证性实验层面，与工业机器人关节控制、传感器融合检测等真实应用场景之间存在明显差距[3]。

近年来，以生成式人工智能为代表的 AI 技术快速迭代，其在个性化学习支撑、即时反馈生成、自适应训练等方面的独特优势，为破解上述困局提供了新的可能。然而，现有研究多聚焦于 AI 辅助的单个功

能,鲜有将 AI 系统嵌入课程整体设计的实证探索,尤其在职业教育领域,结合专业核心课程开展“技术-教学-评价”全流程融合的改革成果更为匮乏。基于此,本文以《单片机原理及应用》课程为改革载体,提出“虚实融通、人机协同”的改革理念,构建“三阶递进、双线混融”的教学模式,以期为其他高职工科课程的教学改革提供系统参考。

2. 课程现状与学生特点分析

2.1. 教学层面存在的突出问题

结合对 8 所高职院校单片机课程教学情况的调研,当前教学在以下三个层面存在显著问题。

(1) 教学内容与实际产业需求脱节。大部分院校仍以传统 MCS-51 系列单片机为主,无法满足产业实际需求。智能制造、物联网等领域普遍采用的 STM32 等先进平台很少进入课堂,技术前沿性不足。同时,课程内容组织缺乏系统性,各知识点之间呈现碎片化,学生虽能记忆寄存器配置方法,却难以将其迁移到完整的应用系统设计中[4]。

(2) 理论与实践分割,未真正落实“理实一体”。学生学理论时缺乏实操体验,到实践时已将理论遗忘殆尽。部分教师以讲授为主,学生被动接受,缺乏主动建构知识的机会。虽有院校尝试项目化教学,但因项目难度与学生能力不匹配、过程指导不足等原因,实施效果不理想。

(3) 教材质量参差不齐,实训资源不足。部分教材的案例陈旧,偏重理论讲解,难以反映技术的更新迭代。实训室多人共用一台开发板,硬件实训资源不足,严重影响教学实践效果。

2.2. 高职工科学生的学习特点

高职工科学生在学习特征上呈现明显的两面性。

(1) 学生的实践动手能力较强,对操作型任务上手快,能在反复练习中快速掌握技能要领;对新技术、新设备普遍抱有好奇心,在具象的工程问题面前表现出较高的参与热情;在项目实践中团队协作意识较好,能够通过分工配合完成较为复杂的协同任务。

(2) 学生理论基础普遍薄弱,对抽象的原理推导、复杂的算法逻辑理解困难,容易在理论学习阶段产生挫败感而丧失信心;自主学习意识和规划能力不足,相当部分学生缺乏课外主动学习的习惯,需要教师持续督促;由于自我价值观的偏差,常常陷入自卑阴影中[5]。

基于上述分析,单片机课程改革应从两个方向着力:一是充分利用学生“动手能力强、对新技术有兴趣”的优势,以项目实践带动知识建构;二是针对学生“理论基础薄弱、自主规划能力弱”的短板,设计即时、个性化、低心理门槛的学习支持机制。

3. AI 赋能教学改革系统设计

3.1. 整体框架:“三阶递进、双线混融”

基于对课程痛点的深入分析与对学生特征的准确把握,本研究提出了“三阶递进、双线混融”的课程改革框架,从纵向能力进阶与横向教学组织两个维度对课程进行系统性重构,如图 1 所示。

纵向维度的“三阶递进”将课程内容重组为三个逐级攀升的能力阶梯。第一阶为“基础认知”,将课程拆解为 I/O 端口控制、定时器/计数器、外部中断、串口通信、接口技术等核心模块,确保每位学生逐个固基,形成扎实的底层操作能力。此阶段以单知识点训练为主,要求学生熟练掌握寄存器配置方法、基本程序编写规范以及常用外设驱动逻辑。第二阶为“综合应用”,以智能温度监控系统、PWM 电机调速控制、超声波测距与显示等模块化项目为载体,推动多个知识点的融合运用。学生需完成从功能分析、电路设计、程序编写到系统调试的完整流程,初步形成模块化设计思维。第三阶为“创新拓展”,引入六

轴机器人关节舵机 PWM 控制、传送带物料检测与分拣等工业场景项目，直接对接工业机器人技术专业的核心能力需求，实现知识向职业能力的实质性迁移。

横向维度的“双线混融”指线上 AI 助学系统与线下项目实战教学相互支撑、交替推进的教学组织方式。线上依托智慧教学平台构建由 AI 智能答疑、代码纠错辅助、自适应训练题库等组成的个性化学习支持系统，为学生提供全天候在线支持。线下课堂聚焦关键知识精讲、实验操作规范指导、项目推进过程监控以及师生深度互动。双线各自发挥优势，线上突破时空限制提供即时、个性化、可重复的学习支持，线下提供真实操作体验与社会性互动空间，两者交替推进，形成有机融合的教学整体。



Figure 1. AI-empowered framework of teaching reform for microcontroller course in higher vocational education: “three-stage progressive, dual-track integration” approach

图 1. AI 赋能高职单片机“三阶递进、双线混融”教学改革思路框架

3.2. 智能助学系统：知识图谱驱动的 AI 助手

为实现线上 AI 助学功能，首先对课程知识体系进行了系统梳理，将《单片机原理及应用》课程细化为 87 个最小知识点，并建立与 C 语言关键语法(指针、结构体、位运算、状态机等)和电路原理(电平匹配、上拉电阻、驱动能力、滤波电容等)的关联映射，形成可视化知识图谱。每个知识点节点挂接三项资源：5~8 分钟的微课精讲视频、3~5 道涵盖典型错误的分层练习题、以及从历年教学积累中提炼的高频错误条目与纠错提示。

在此基础上，训练了课程专属的 AI 答疑机器人。该机器人并非通用型 AI 的简单套用，而是经过课程语料微调的专用系统，训练数据包括近五年积累的课堂问答记录、学生作业与考试中的高频错误、实

训中反复出现的典型故障及其排查步骤、以及教师编制的分层次答疑脚本。经过多轮迭代优化, AI 答疑机器人能够识别学生提问中的知识盲区, 给出具有教学引导性的分层回复——对基础性问题提供直接的知识讲解与操作提示, 对需要思考的问题先给出排查方向而非最终答案, 引导学生建立自主分析的习惯。

针对编程反馈滞后这一核心痛点, 系统集成了代码纠错辅助功能。学生可将编译环境中的错误信息截图上传, 或粘贴仿真时的异常现象描述, AI 在数秒内定位可能的错误行, 给出修改建议并阐释原理。例如, 当学生遇到“定时器中断无法触发”的问题时, AI 按顺序提示检查: 定时器工作模式寄存器配置是否正确、中断使能位是否置位、全局中断是否开启、中断号是否与中断向量表匹配, 引导学生形成系统化排查思路。在创新拓展阶段, 允许学生用自然语言描述功能需求, AI 生成规范化的初始化代码框架, 但学生不可直接复制使用, 必须完成逐行添加中文注释、标注需调整的参数及其取值范围、撰写程序逻辑概述三项要求后方能进入仿真验证。

3.3. 实训教学重塑: 虚实结合的双重训练

实训教学是单片机课程的关键环节, 也是传统模式下痛点最为集中的环节。本文对实训教学体系进行了“虚实结合、相互印证”的系统重塑。

在基础认知阶段, 采用“先虚后实”的训练路径。课前, 学生使用 Proteus 软件完成虚拟电路搭建与程序仿真。AI 后台自动比对学生的仿真电路与标准接线图之间的差异, 推送针对性的纠错提示, 如“P0 口作为 I/O 使用时需外接上拉电阻, 请检查电路”“晶振起振电容典型值为 22pF~33pF, 当前设置是否合理”。这一机制使得学生在进入实训室之前, 已在虚拟环境中完成了电路的初步验证与程序的基本调试。课中, 教师不再耗费大量时间逐一排查学生的接线错误, 而是集中讲解共性故障现象、典型设计误区与优化思路, 课堂效率明显提升。之后, 学生将在 Proteus 中验证通过的程序下载至实物开发板运行。当实物运行结果与仿真不一致时, 学生需从接线可靠性、电源稳定性、时序差异、驱动能力等多个维度排查原因, 在此过程中深化对软硬件协同工作机制的理解。

在综合应用与创新拓展阶段, 实验项目设计进行了深度的专业对接。以“六轴机器人关节舵机 PWM 控制”项目为例, 学生需使用单片机产生多路独立可调的 PWM 信号, 控制舵机旋转角度, 驱动机器人关节完成指定轨迹运动。这一项目融合了定时器多通道配置、PWM 周期与占空比计算、舵机控制协议理解等多个知识点, 直接对应工业机器人关节控制的底层原理。“传送带物料检测与分拣”项目则融合了红外对管传感器信号采集、步进电机加减速控制、串口通信上位机显示等模块, 模拟工业现场的分拣控制逻辑。在这些复杂项目中, AI 辅助的主要作用是为学生生成初始化代码框架和控制参数的整定参考值, 使学生将主要精力从繁琐的寄存器配置细节中抽离, 投入到控制逻辑的理解、参数整定的优化与系统整体性能的提升中去。

3.4. 项目全流程: AI 有机融入的教学闭环

在综合应用与创新拓展阶段的项目化教学过程中, AI 以“隐形助教”的角色有机渗透于三个关键节点, 形成从需求分析到联调测试再到成果评价的完整融入闭环, 如图 2 所示。

(1) 需求分析阶段: AI 辅助方案比选。面对“智能物料搬运小车”这样的开放性任务, 学生小组首先进行头脑风暴, 提出不同技术方案。各小组陈述方案后, 教师引导各小组向 AI 提出查询, AI 快速列出每种方案的所需元件清单、市场参考价格、技术实现难度评估、典型开源代码库支持度与优劣对比。例如, AI 会分析指出“红外寻迹方案成本最低、实现简单, 但无法检测悬空障碍物; 超声波避障方案覆盖范围广, 但多传感器间存在串扰问题”。学生在此基础上进行有理有据的方案决策, 教师在旁引导讨论的工程维度, 悄然培养学生的工程决策意识与多约束权衡能力。



Figure 2. The entire teaching process with AI organically integrated

图 2. AI 有机融入教学全流程

(2) 联调测试阶段: AI 辅助分步排查。在实训室联调过程中, 学生不可避免地遇到各种异常。在教师分身乏术的情境下, 学生将异常现象拍照或录像, 配以简要文字描述上传 AI 系统。AI 不是直接给出答案, 而是返回分步排查思路——“请先用万用表测量驱动模块使能端是否为高电平”“尝试将串口波特率逐级降低, 排除系统时钟配置误差”“检查舵机供电是否独立于单机电源”。这种引导式的排查提示, 帮助学生逐步建立“观察现象→提出假设→分步验证→定位根因”的系统化调试思维。

(3) 成果评价阶段: AI 静态评估与多维互评。项目完成后建立复合评价机制。首先是 AI 静态代码评估: 系统根据代码规范性(命名规则、注释覆盖率、模块化程度)、执行效率(冗余指令、阻塞延时占比)、内存资源占用、潜在风险(数组越界、未初始化变量、中断嵌套深度)等维度, 对每组提交的工程代码进行自动扫描, 生成“代码体检报告”。其次是小组互评: 根据成员贡献度进行匿名打分, 评价维度包括方案创新性、技术难度、协作配合、现场答辩表现等。最后是教师综合评定: 结合 AI 代码报告、小组互评数据以及现场提问答辩情况进行综合赋分。评价结束后, AI 系统根据每位学生在过程中暴露的知识薄弱点, 自动推送个性化补训任务清单, 形成“评价-诊断-补救”的闭环机制。

4. 教学改革实验与效果分析

4.1. 实验设计

为验证改革方案的有效性, 选取本校工业机器人技术专业 2024 级两个自然班为研究对象, 采用准实验设计。随机确定一个班为实验班(41 人), 采用 AI 赋能的新教学模式; 另一个班为对照班(42 人), 沿用传统教学方式。实验前测显示, 两班的《电工电子技术》《C 语言程序设计》期末成绩均无显著差异(独立样本 t 检验, $p > 0.05$), 使用教材、课时安排、期末项目选题范围均保持一致。实验周期为一个完整学期(16 个教学周, 每周 4 课时, 理实一体)。

4.2. 效果数据与分析

(1) 项目实践能力对比。期末综合项目盲评成绩统计结果显示, 实验班优良率达到 68.4%, 对照班为 45.1%, 优良率提升 23.3%。卡方检验表明, 两班成绩等级分布存在显著差异($\chi^2 = 8.76, p < 0.05$)。进一步分析实操环节的表现差异, 实验班超过 80% 的学生小组在首次实物上电时即可实现核心功能, 仅需微调参数即可完成演示; 而对照班多数小组需反复排查接线错误和代码逻辑问题, 平均调试耗时较实验班多出约一倍。这表明 AI 赋能的前期虚拟验证与代码纠错机制, 有效降低了学生从仿真到实物的迁移障碍。

为进一步研究 AI 赋能教学对不同学业水平学生的差异化影响, 本研究依据前测成绩(《电工电子技术》《C 语言程序设计》期末成绩标准化后的综合得分)将两班学生分别划分为学优生(前 30%)、中等生(中间 40%)和学困生(后 30%), 比较三组学生实验前后的成绩变化幅度, 如表 1 所示。结果显示: 实验班学困生期末项目成绩较前测综合得分提升了 31.8%, 而对照班学困生仅提升 11.6%; 实验班中等生提升 18.9%, 对照班中等生提升 15.3%; 实验班学优生提升 8.2%, 对照班学优生提升 6.2%。三组中, 学困生的进步幅度最为显著(提升差距达 20.2%), 中等生次之(3.6%), 学优生最小(2%)。这一梯度式的进步格局

有力地验证了越是基础薄弱的学生，越能从 AI 提供的即时反馈、个性化辅导和低心理门槛的求助渠道中获益。

Table 1. Experimental data of classes and students
表 1. 班级及学生的实验数据

班级	学生类别	前测成绩	期末成绩	进步幅度	班级期末优良率
实验班	学困生	52.5	69.2	31.8%	68.4%
	中等生	71.3	84.8	18.9%	
	学优生	84.6	91.5	8.2%	
对照班	学困生	54.2	60.5	11.6%	45.1%
	中等生	72.4	83.5	15.3%	
	学优生	85.3	90.6	6.2%	

(2) 自我效能感与学习体验。课程结束后对两班学生发放学习体验与自我效能感问卷，回收率 100%。独立样本 t 检验表明，实验班在自我效能感维度得分较对照班高出 33.2% ($t = 4.02, p < 0.01$)，在学习投入度维度得分也显著更高 ($t = 2.76, p < 0.05$)。对具体题项的进一步分析显示，实验班在“我敢于调试未曾见过的硬件故障” (认同率 81.6% vs 47.2%)、“面对编译错误我会先自行分析而非立即求助” (认同率 76.3% vs 44.4%) 等关键题项上的正向认同度均大幅领先。

(3) AI 平台行为数据分析。从时间分布来看，晚间 20 时至 22 时的 AI 答疑量占全天答疑总量的 18.6%，表明 AI 系统有效填补了传统教学时间之外的空白，支持了学生的碎片化自主学习需求。从使用频次的群体差异来看，更为重要的发现是：学困生(以前测成绩排名后 30%划分)的人均 AI 提问次数高达 47 次/学期，而学优生(前 30%)人均均为 20 次/学期，前者为后者的 2.3 倍，独立样本 t 检验表明差异具有统计学意义 ($t = 5.18, p < 0.001$)。学困生提问次数多反映了他们在传统课堂中因羞于提问或教师无暇顾及而积压的大量学习困惑，在 AI 系统中找到了释放出口。AI “零评判、无限次、即时响应” 的特性，降低了学生的求助心理门槛，使他们敢于暴露知识盲区，从而获得了更多的补救机会。

(4) 教师教学负荷与角色转变。教学日志和课后反思记录显示，AI 赋能后教师的日常工作重心发生了明显转移。传统模式下，教师课堂时间的 60% 以上用于排查学生的接线错误和程序语法错误；改革后，这一比例降至约 25%，节省出的时间用于学生高阶思维引导、项目方案讨论和个别化深度辅导。教师从繁重的重复性纠错中部分解放出来，得以将专业经验更充分地发挥在最需要人类教师判断力的教学环节上。

5. 讨论与建议

5.1. 改革成效的作用机制

综合以上研究结果，AI 赋能单片机教学改革的成效可从三个层面加以阐释。

(1) 即时反馈机制消解了“错误累积”效应。在传统学习情境中，学生的一个微小错误若不能及时纠正，极易引发连锁反应——编译报错增多、调试无从下手、信心持续下滑，最终导致习得性无助。AI 助学系统提供的即时错误定位与分步排查引导，使学生在遇到困难的初始节点就能获得有效支持，避免了错误的持续累积，从而保护了学习动机的持续性。

(2) 个性化学习支架兼顾了效率与公平。统一的教学进度是传统课堂的内在逻辑，但学生的先备知识差异是客观现实。AI 系统在一定程度上实现了“千人千面”的支持：学优生可以加速完成基础训练，将更多时间投入创新拓展项目；学困生则可以在 AI 的反复引导下补足知识断层，在课外完成额外的巩固练

习。数据中学困生高频使用 AI 的现象，正是这种补偿机制发挥作用的直接证据。

(3) 虚实融合的实验体系优化了认知负荷。学生在虚拟仿真环境中完成电路的初次搭建与程序的初步调试，将一部分原本在实物环节才会暴露的问题提前解决，使得进入实物操作时的认知负荷大幅降低，能够将注意力聚焦于仿真与实物之间的差异分析，而这恰恰是培养工程调试能力的关键所在。

需要指出的是，本研究采用的准实验设计虽在统计上控制了前测成绩等可观测变量，但难以完全排除霍桑效应等潜在影响因素。实验班学生作为“被特别关注”的群体，其学习积极性的提升在一定程度上可能源于对参与教学改革实验的知晓与期待，而非完全归因于 AI 赋能的教学干预本身。同样，对照班也可能因知道自己处于“对照组”而产生“约翰·亨利效应”——以加倍努力来回应未被选入实验组的落差感。为尽可能削弱此类效应，本研究在实施过程中对两班保持了相同的课时安排、项目选题范围和考核标准，并采用盲评方式评定期末项目成绩。

5.2. 伦理考量

本研究严格遵循教育研究伦理规范。研究实施前，向实验班与对照班全体学生及所在院系说明了研究目的、教学安排差异、数据采集范围与用途，并获得了学生的口头知情同意。学生被告知其参与纯属自愿，拒绝参与或中途退出不会对课程成绩产生任何不利影响。AI 平台采集的学习行为数据(包括提问记录、代码提交、仿真操作日志等)仅用于教学效果分析与学术研究，所有数据在分析前已进行匿名化处理，无法追溯至具体学生个人。

5.3. AI 依赖风险与防控策略

实践中确实发现，少数学生出现了直接复制 AI 生成代码而不加理解的现象苗头。这一问题若不加管控，可能催生“AI 依赖”[6]——学生只知道向 AI 提问，却不具备脱离 AI 后的独立思考能力。在认知层面看，AI 依赖的实质是学习者将本该由自身完成的“建构性认知”外包给了机器。当学生直接复制 AI 生成的代码时，他们跳过了程序设计中最为关键的“从问题到算法、从算法到代码”的思维转化过程，丧失了错误中试错、在调试中建构知识的机会。据此，本文在教学设计中融入如下策略：其一，设置“思维显性化”环节，要求学生在使用 AI 之前先用自然语言或伪代码写出自己的解题思路，再与 AI 生成的方案进行对比分析，找出差异并说明理由；其二，设计“认知冲突”任务，在 AI 生成的代码中故意嵌入若干逻辑漏洞或非最优实现，要求学生识别、质疑并优化；其三，在项目答辩中增设“方案溯源”提问，要求学生说明其最终方案中哪些部分来自 AI 建议、哪些部分经过了自主修改、修改的依据是什么。在制度执行层面，本文制定了“三道防线”加以防控。第一道防线是过程规范：所有 AI 辅助生成的代码必须附带学生手写的逐行注释，并在项目报告中撰写程序逻辑概述。第二道防线是答辩审查：期末答辩中，教师随机抽取代码片段，要求学生口头解释其功能与设计意图，无法解释者扣除相应分数。第三道防线是独立考核：期中和期末考试均设置脱离 AI 环境的纸笔程序设计与硬件故障排查环节，所占比分不低于总评的 30%，确保学生形成不依赖外部工具的内化能力。

5.4. 推广的现实障碍与系统性应对建议

尽管本研究的改革方案在本校特定专业中取得了积极成效，但将其推广至更广泛的高职院校仍面临多重现实障碍，需予以审视。

(1) 资金与硬件投入障碍。AI 助学系统的建设需要配置算力基础设施、大模型接口服务、知识库维护等技术支持，对大部分职业院校而言，技术的配置成本较高。校本化知识图谱的构建、课程专属 AI 助手的微调训练，均需要持续的经费投入和专业团队支撑。这对经费本就紧张的地方高职和民办高职构成

较大压力。

(2) 师资能力与观念障碍。AI 赋能教学对教师的数字素养提出了更高要求。教师不仅需要掌握 AI 工具的基本操作,更需具备将 AI 系统有机嵌入教学设计的能力、引导学生合理使用 AI 的教学智慧、以及基于 AI 平台数据进行学情诊断与分析的专业素养。当前职业院校教师初步具备智能教学素养,部分教师对 AI 工具的使用尚停留在初级阶段[7]。师资培训多采用统一模式,缺乏针对不同学科、不同基础教师的差异化培养方案。

(3) 制度与机制障碍。AI 教学改革的深入推进需要配套的制度保障。目前多数高职院校在 AI 教学应用的制度规范方面尚不完善,缺乏系统性的资金投入规划、师资培养机制、以及 AI 伦理治理的责任主体与流程。校企协同推进 AI 应用的成熟模式尚未形成,政策制定与制度保障机制相对滞后。

针对上述障碍,本文提出以下系统性应对建议。在资金层面,建议院校设立 AI 教学改革专项经费,优先保障知识图谱构建、AI 助教微调训练等核心环节的投入,同时积极争取产教融合项目资金与企业合作支持。在师资层面,建议建立分层分类的 AI 教学能力培训体系,对不同基础的教师设置差异化的培训目标与路径;鼓励教师以“工作坊”形式开展 AI 教学实践的同伴学习,降低技术学习的心理门槛。在制度层面,建议院校将 AI 教学应用纳入教学质量评价体系,建立“试点-评估-迭代-推广”的渐进式推进机制,避免“一刀切”式的强制推行;同时明确 AI 伦理治理的责任主体,制定数据使用与隐私保护的校内规范。在资源建设层面,建议采用“校本为主、校际共享”的策略,鼓励区域内高职院校联合开发课程专属 AI 助学系统与典型故障数据集,降低单个院校的研发成本。

5.5. 研究局限与未来方向

本次教改研究存在若干局限。首先,样本仅来自一所高职院校的一个专业,样本量偏小,研究结论的外部效度有待在多院校、多专业的更大范围内进行验证。其次,准实验研究设计难以完全控制无关变量,学生课外自主学习投入的差异、小组协作中的同伴效应等因素可能对结果产生一定影响;霍桑效应等潜在的心理效应亦可能在一定程度上影响实验结果。再次,研究周期仅为一个学期,AI 赋能教学的长期效应、学生能力在后续课程中的迁移表现等问题,尚需延长研究周期、结合后续课程进行追踪。未来研究可考虑采用多校协作试验设计,增加质性研究成分,以更深入地理解 AI 赋能教学的内在机制。此外,校本化工业机器人控制案例库与典型故障数据集的持续建设,也是保障 AI 系统“懂得”职业教育场景的关键基础设施,需投入长期的关注。

6. 结语

本研究以“虚实融通、人机协同”为核心理念,将人工智能技术系统嵌入高职单片机课程教学全流程,构建并实践了“三阶递进、双线混融”的教学模式。准实验研究表明,该模式有效提升了学生的项目实践能力与学习自我效能感,尤其对基础薄弱学生具有显著的补偿性支持。AI 助学系统提供的即时反馈、个性化支架与全天候支持,有效破解了传统教学中硬件依赖度高、编程反馈滞后、学生畏难情绪重等长期痛点。同时,改革必须辅以有效的 AI 依赖防控机制,并将校本化资源建设作为可持续推进的关键条件。本次研究可为高职电子信息及装备制造类课程的教学变革提供参照,也有待在更大范围的实践中不断迭代完善。

参考文献

- [1] 刘乐,周振超,杨娇.基于 OBE 理念与 AI 赋能的单片机课程教学改革研究[J].辽宁科技学院学报,2026,28(1):70-72.
- [2] 王承林,李哲,梁丽娟,吕斌斌,高娇娇.基于数智化教学平台的人才培养模式探索——以单片机原理及应用课

-
- 程改革为例[J]. 邢台学院学报, 2026(7): 1-9.
- [3] 雍涛, 袁杰敏, 湛海云, 汤梦阳. 面向应用型人才培养的单片机课程教学改革[J]. 中国教育技术装备, 2026(12): 107-110+122.
- [4] 张家敏, 吕宁, 乔玉晶, 孙壮壮, 李双全, 等. 新质生产力下高职“单片机原理与应用”课程改革[J]. 科技风, 2026(10): 63-65.
- [5] 雍楠. 高职教育中培养学生工匠精神的必要性与可行性[J]. 公关世界, 2025(1): 85-87.
- [6] 邱均平, 高慧鸽, 徐中阳. 高校科研工作者生成式 AI 依赖的关键影响因素及优化策略研究[J]. 情报理论与实践, 2026, 49(7): 29-38.
- [7] 清华大学教育学院. 职业教育人工智能应用发展报告(2024-2025) [R]. 北京: 清华大学教育学院, 2025.