

“虚实协同”视域下《PLC应用技术》金课建设 研究与实践

吴桂文 梁琴

重庆化工职业学院

摘要: 研究立足PLC实训教学中“设备工位数量少、集成度高、危险度高以及教学难实施、难观摩、难再现”的“三高三难”痛点,以《PLC应用技术》金课建设为出发点,遵循《PLC应用技术》教学规律,对标金课“两性一度”,从“内容、难度、实施”三维度构建了PLC仿真案例体系,并提出了基于教学目标的PLC仿真案例开发要点及内容。通过线上线下混合式教学、PBL项目式教学,创新性的提出并实施“虚实协同。三阶赋能”教学模式,显著提高了教学质量,实现了“以学生为中心”的金课教学导向。

关键词: PLC; 金课建设; 两性一度; 虚实协同; 教学改革

DOI: 10.65976/3105-4838.2026.03.007

可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)作为工业自动化控制领域的核心技术,在智能装备自动化控制、生产线集成以及工业机器人编程等方面发挥着重要作用。近年来,伴随着重庆市“33618”战略的实施推进,PLC技术在智能工厂建设和数字化车间普及中的作用愈发凸显,这使得开展以PLC技术为核心的金课建设成为必然选择^[1-2]。通过系统构建PLC金课体系,不仅能够有效培养掌握工业自动化编程、设备控制与维护的高素质技术技能人才,更能为“智能装备及智能制造”产业集群发展提供高技能人才储备,推动区域产业升级和经济社会发展。

一、PLC应用技术金课建设现状

(一) PLC应用技术课程建设现状

金课建设的核心理念是坚持以学生为中心、以质量为保障,其标准主要体现在课程的高阶性、创新性和挑战度。以此标准审视当前PLC应用技术课程建设现状,目前在实训教学中主要存在“设备工位数量少、集成度高、危险度高以及教学难实施、难观摩、难再现”的“三高三难”痛点。

(1) 生均设备比偏低,限制了“以学生为中心”理念的践行。设备数量不足直接导致学生人均操作时间减少,学生的实践动手能力和综合素质培养因缺乏设备支撑而得不到充分锻炼,从而影响学生岗位技能水平和职业发展,由此导致学生学习满意度偏低。另一方面,

设备不足迫使教师依赖演示教学,学生被动观察而无法动手实践,教师也难以针对个体差异进行指导。

(2) 新型教学方法难以开展,限制了金课的创新性。如线上线下混合式教学、PBL项目式教学等。PLC应用技术课程开展高度依赖实验设备,受地域、时间限制,学生只有在上课时间,利用实验室设备,才能进行PLC编程实践。影响线上线下混合式教学。在执行PBL教学时,由于实验设备数量限制,小组任务常以单人成果呈现,未能展现PBL团队协作的优点。

(3) 教材与实训设备匹配度较差,教学质量保障度受限。教材案例缺乏设备支撑而无法开展实验验证,实验设备案例缺乏教材理论指引,导致学生实操难度增加,教材与实训设备之间脱节现象明显。已有PLC应用技术教材或偏重理论,着重PLC架构及指令的讲解,以增强对实验设备的普适度;或偏重PLC实践案例,高度依赖已有实验设备,不具备普适性。以上特点导致PLC教材和实训设备相互限制,融合度不高。

(4) 实验内容固定,导致课程的高阶性和创新性、挑战度受限。已有PLC实验设备均有成熟工艺,实验内容开发具有较长周期。设备一经采购,短期内实验内容难以变更,导致实验内容固定并停滞,难以适应教学内容的优化和创新。例如,十字交通灯实验板只有直行功能,缺乏“倒计时”,“左右转”提示的训练内容,与真实应用场景存在差距。在实训教学时,

基金项目: 重庆化工职业学院2025年职业教育教学改革研究项目(G202513),“数字孪生案例库+虚实协同”视域下《PLC应用技术》金课建设研究与实践研究。

作者简介: 吴桂文,男,本科,高级工程师。

梁琴,女,硕士,助教。

受实训内容限制,教师只能开展与设备对应的实验,由此导致课程的挑战度受限^[6]。

从实践教学的共性问题来看,学生规模大、实训场地有限、设备数量不足等是职业院校普遍面临的挑战。在建设金课的背景下,这些问题对PLC应用技术课程改革提出了更高要求。

(二) 虚拟仿真技术在PLC类课程中的应用现状

近年来,数字孪生及虚拟仿真技术的发展为解决“三高三难”痛点提供了新思路。该技术通过构建虚拟孪生体,能够实现物理设备的数字化映射,具有操作性、交互性和可追溯性等显著特点,为破解实训教学中“设备工位数量少、集成度高、危险度高以及教学难实施、难观摩、难再现”的“三高三难”痛点提供了技术支撑。

在虚拟仿真技术的应用研究中,周悦提出以西门子自动化软件TIA Portal和PLCSIM作为仿真工具实现PLC无硬件调试,从而助推线上教学提质^[7]。王苗苗通过UGNX MCD搭建自动化生产线的数字孪生模型和“三段五步”的教学设计,有效地解决了PLC实训教学中实训设备满足不了实际教学的难题,提高了学生主动学习的热情,达到了培养技能型人才的目的^[8]。李秀忠提出一种运用Factory IO软件进行PLC应用技术课程虚拟仿真教学的方法,有效地解决了教材与设备不配套,实训耗材消耗大,实践教学组织实施较难的问题^[9]。王乐利用现有工具Multisim开发了虚实结合的PLC实验教学平台并在此基础上构建了虚实结合的创新型教学体系,打破了PLC实验室建设中所存在的多方限制,改变了PLC实验因实验条件不足而被迫压缩或取消的弊端,提升学生的实践能力^[10]。以上研究解决了虚拟仿真技术“如何用”“用什么”的问题,如仿真平台的选取(TIA Portal和PLCSIM、UGNX MCD、Factory IO、Multisim等),仿真平台的搭建、基于数字孪生的教学设计与课程体系构建,为虚拟仿真技术在PLC金课建设中的运用提供了实践参考。然而以上研究存在共性问题,未能与金课建设相融合,仅提供虚拟仿真的技术实现路径,缺乏以金课理念为指引的仿真案例体系建设及教学模式设计。

目前,关于PLC类课程的金课建设研究多围绕“混合式教学”开展,强调课中“案例式”“项目式”教学,却忽略了因“设备缺乏”而导致的教学质量问题。针对该问题,PLC金课建设应充分利用虚拟仿真、孪生技术等现代信息教学手段,系统构建PLC仿真案例体系并结合教学方法改革、教学模式创新,以践行“以学生为中心”的金课理念,从而增强学生的实践动手

能力和创新能力。

二、PLC仿真案例体系构建

金课强调课程的高阶性、创新性和挑战度,因此PLC仿真案例体系的构建应对标金课“两性一度”标准。具体体现为在仿真案例内容设计方面应体现课程的高阶性。仿真案例需充分整合“知识—技能—素养”三维目标,通过将PLC核心知识点、技能点与典型工业应用场景相结合,着力培养学生的PLC应用能力、编程创新思维以及职业适应性。在仿真案例难度梯度设计上应体现出课程的适度挑战性。仿真案例应遵循学生学习规律和认知规律,具备由浅入深、循序渐进的特点。通过初、中、高三级任务体系递进式层级设计,既满足基础教学验证性需求,又保证具备工程特征的项目复杂性。在仿真案例教学实施层面,应整合既有教学方法,实现虚拟仿真技术与新型教学方法(线上线下载混合式教学、PBL项目式教学)的深度融合,构建课程的创新性体系。通过教学资源的系统整合,实现教材案例与实验设备及工作场景的深度融合。在理论与实践的交互中,构建知识学习—技能训练—能力提升的多重递进路径,保障教学效果的最大化。

围绕“两性一度”标准,PLC仿真案例体系的构建如图1所示。

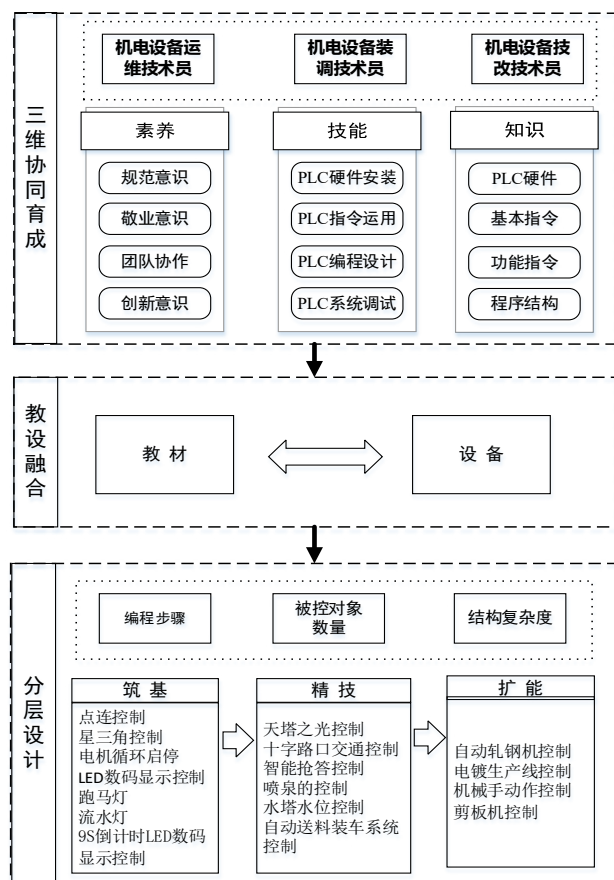


图1 仿真案例体系构建图

三、仿真案例开发

(一) 仿真平台选择

仿真平台是案例开发和运行的基础,所选平台在满足对既有实验设备特性仿真的同时,还应考虑平台的使用成本及应用门槛。针对 PLC 类课程,目前常见的仿真软件有 UG NX MCD、Factory IO 和 Multisim 等。UG NX MCD 是专业机电设计与仿真软件,功能强大,侧重机械行为和电气控制的深度融合仿真,适合复杂机械系统(如机器人、柔性产线)的虚拟调试和物理行为模拟。Factory IO 定位为工业自动化场景搭建和 PLC 编程训练平台,具备 20 个典型工业应用场景和丰富的预制工业元件库,聚焦于 PLC 程序调试与设备联动逻辑的可视化,如智能仓库分拣、流水线控制等。Multisim 是专业电路仿真软件,可仿真基于模电设计的 PLC 实验面板。以上仿真软件均为授权付费软件,需学校购买后方能使用,不利于仿真应用的普遍推广。同时,它们作为第三方软件需单独安装并做本地部署,具有专业操作难度。学生需额外学习第三方软件使用技能,由此导致学习动机降低。

目前,PLC 类实验设备常采用模拟表征(按钮,发光二极管及表征控制对象的图形)的方式设计实验内容,如按钮即可代表真实按钮,也可代表传感器,或代表某类产品,发光二极管即可表征指示灯,也可表征某类被控对象,如电机,液位管,管道,传送皮带等。模拟表征的方式导致实验项目整体上呈现静态属性和手动属性,不利于工业特征和工业应用场景的展示。在既有实验板中,被控对象以指示灯亮灭的 二元状态展示,缺乏被控对象的动态展示。例如,灯对电机的表征,仅以亮灭代表电机转动与否,而缺乏电机旋转的动态展示,又如液位储罐,灯亮灭表征液位是否已满,缺乏液位的动态变化过程。用按钮替代传感器,导致被控对象控制过程呈现明显的手动属性。

TIA PORTAL 是西门子自动化集成软件,WINCC 是其集成软件之一。WINCC 基本组建库中包含常见基础控件,如按钮、指示灯、图形等。该控件能够与实验板的表征器件对应,从而满足对既有实验设备的仿真映射。在 WINCC 工业对象库中,电机、传感器、管道、储罐、料槽、水泵,小车等工业对象为常见工业应用场景仿真案例的搭建提供了基础,通过组态即可工业应用场景的

动态展示。相比其他第三方虚拟仿真软件如 Factory IO、NX/MCD 等,学生安装简易快捷且无需做本地部署,通过 TIA PORTAL 软件间的内置接口即可解决 PLC、PLCSim、WINCC、WINCCRUNTIME 等软件的网络数据连接问题,实现仿真软件与 PLC 间的连接。如图 2 所示。

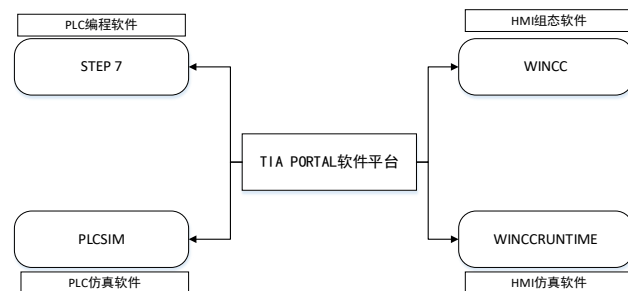


图 2 TIA PORTAL 仿真平台图

综上,TIA PORTAL 自带的仿真平台可作为仿真案例开发平台。

(二) 仿真案例开发要点与内容

《PLC 应用技术》课程的主要目的在于培养学生的 PLC 编程能力,而非虚拟仿真的应用能力。因此,仿真案例开发的核心目标在于为 PLC 编程训练提供虚拟实验对象,辅助实现 PLC 课程的实训教学目标。开发要点包括“四性”,即虚实交互性、友好性、真实性、可扩展性。开发内容应紧扣既有实验设备内容,从而满足日常教学虚实印证需求。在此基础上,适当开发常见工业场景应用案例,以增强教学的真实性和职业针对性。此外,在人机界面(Human Machine Interface, HMI)设计时应体现友好性,方便学生入手操作,提升学习体验。在案例开发过程中,应考虑案例的可拓展性,由此可采用模块化设计,为学生和教师提供创新空间。学生可根据兴趣重组案例元素并进行 PLC 编程实践,教师也可基于学生特点进行二次开发,实现差异化的教学目标。以四性为开发要点,各仿真案例的开发内容如表 1 示。

四、“虚实协同。三阶赋能”教学模式构建

PLC 虚拟仿真案例是课程内容的组成。在教学、教法、教材三位一体的课程体系下,虚拟仿真案例及虚拟仿真技术的引入将促进教法、教学模式的改变与创新。将虚拟仿真案例的开发与教法、教学模式的改变创新有机整合,才能塑造金课的高阶性、创新性、

表 1 虚拟仿真案例开发内容表

开发内容	功能
虚拟画面	实现对实验板元器件及工艺流程的虚拟仿真
I/O 映射变量关联	实现 PLC 的 IO 变量与仿真变量的映射关联
操作提示	任务说明、I/O 变量映射说明

挑战度。PLC类课程偏重实践，在教学全流程中，教学应紧紧围绕课程“实践性”进行设计，并融合运用线上线下混合式教学、项目式教学(PBL)等教学方法，以培养学生PLC硬件运用及逻辑编程等工程实践能力。基于此，研究提出一种“虚实协同、三阶赋能”的教学模式，如图3所示。

(一) 课前“习技”

以任务为导向，突破传统图文教学的时空限制，引入课前仿真演练环节，有效提升预习效果。教师在课前发布相关任务，以知识点自学和技能点应用为核心目标，在线仿真演练作为主要实践形式。在教学实施中，这一阶段的重点是基于教材知识点和案例进行仿真训练，通过验证式学习加深学生对指令和软件的运用能力。研究表明，在传统PLC混合式教学模式中，线上教学内容往往局限于理论层面，这种单一的教学形式容易导致学习过程的单调性，进而影响学生的学习兴趣 and 参与积极性，难以实现良好的预习效果。引入虚拟仿真实验技术后，课程教学模式得到显著优化。学生在安装TIA软件后即可开展线上仿真练习，这种方式不仅丰富了学习形式，还有效解决了传统理论教学的单调性问题。通过线上仿真练习考核，任课教师能够及时掌握学生的共性问题，从而在课堂教学中更有针对性地进行讲解。这种教学模式改革作为重要补充手段，不仅为教师提供了及时反馈学生学习状态的渠道，更使课堂讲授的精准把握成为可能，为后续高阶教学目标的实现奠定了良好基础。

(二) 课中“精技”

突破教材和设备数量的局限性，通过PBL项目式教学手段的引入，切实提升教学效果。课中教学以实验设备支持的项目为基础，重点培养学生的分析问题、解决问题的能力，以及“团队协作”“勇于挑战”“积

极创新”的意识。传统教学模式下，由于课时和设备的限制，教学过程往往将验证性教学和创新性教学割裂开来。具体表现为先进行验证式教学作为铺垫，随后开展项目式教学以培养学生的综合运用能力和创新能力。这种教学方式导致学生知识和技能的衔接性欠佳：一方面过度强调验证性教学而忽视了创新性训练，另一方面在进行创新式训练时，由于缺乏扎实的验证基础，使得高阶性实验效果大打折扣。为了解决这一问题，引入了数字孪生案例和虚拟仿真技术，课前环节开展验证式训练，课中教师针对普遍性问题进行讲解，随后进入创新性项目训练阶段。在此阶段，将PBL项目式教学方法融入其中，以学生小组为单位开展协同训练。针对实验设备数量有限的情况，采用灵活的教学策略，部分小组成员可利用与实验设备一致的孪生案例进行虚拟仿真训练，另一部分成员则直接进行实验设备演练，这样既减少了设备占用时间，又提高了设备利用率和小组成员的协同效应。这种创新性的教学安排显著提升了教学效果和学生的综合能力培养。

(三) 课后“拓技”

设置基于真实应用场景的仿真训练，旨在突破设备内容限制，扩展职业技能并提升学生的职业适应性。课后教学应结合PLC应用场景，设置基于真实应用场景的仿真训练。在传统教学模式中，课后教学常以“书本作业”的方式体现，这种方法虽巩固了理论，却因缺乏实践而导致技能扩展的局限。基于数字孪生的仿真案例提供了更加贴近真实工作场景的学习环境，不仅能够突破传统设备的限制，还能实现教学内容的灵活扩展和深度创新，为学生提供更高效的实践训练环境。通过PLC真实应用场景的仿真训练，学生的职业技能进一步扩展，职业适应性进一步提升。

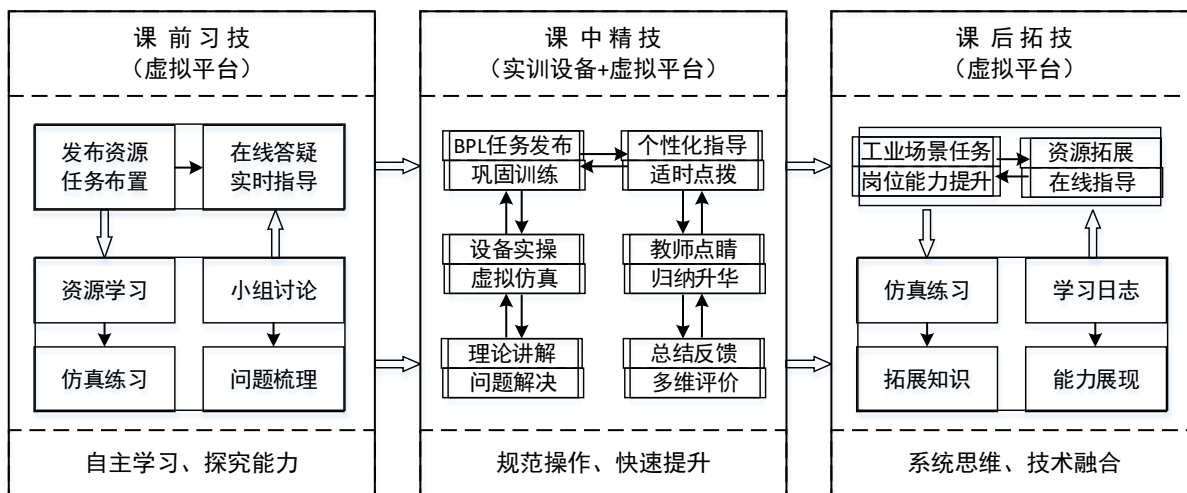


图3 “虚实协同，三阶赋能”教学模式构建图

通过“虚实协同、三阶赋能”的教学模式设计,传统“先理论后实操”教学方法的局限性得以打破,理论与实践的双向强化得以实现。教学遵循学生的认知规律和学习规律,以理论引导 PLC 编程实践,通过实践反过来深化 PLC 理论认知,如此往复构成教学的螺旋式提升闭环,从而凸显课程的高阶性、创新性和挑战度。

五、课程实施效果

课程以学习通为平台,搭建《PLC 应用技术》线上线下混合式教学体系。课程资源包括课前学习资源 5 章节内容,如 TIA 平台介绍、虚拟仿真应用、S1200 硬件介绍、S1200 常用指令介绍等;课中 PBL 项目 11 个,呈现初、中、高三级难度,遵循教学循序渐进的教学规律;课后作业 6 个,以工程典型实践场景为依托,达到技能扩展及职业适应要求。学生课前学习完成率达 100%,实现课前习技的预期效果。课中发布 PBL 实训项目 11 次,学生完成率达 100%,实现课中精技的预期效果。

教学实施数据显示本研究实现了教学模式的重大转变,推动了教学实践从传统的“验证范式”向“创新范式”转型升级,取得了显著的改革成效。在课程设置方面,通过优化课程结构,显著提升了实践教学比重,使理实比例从传统的 1:1 提升至 1:3。这一改革突破了原有课时限制,为创新式教学的实施奠定了基础,有效解决了传统“验证式”教学中存在的课时不足问题。在教学实施层面,突破了实验设备的时空限制,构建了线上线下混合式教学模式。其中,线上平台实现了课前预习与课后复习的数字化支持,使学生能够通过孪生案例进行充分的仿真演练,达到“习技”和“扩技”的教学效果。而在课堂环节,通过 PBL 项目式教学的开展,学生能够运用虚实结合的方式进行技能训练,充分发挥小组协作优势,有效培养了学生的专业技能和职业素养。

六、总结

本文以《PLC 应用技术》金课建设为出发点,遵循《PLC 应用技术》教学规律,对标金课“两性一度”,从“内容、难度、实施”三维度构建了 PLC 仿真案例体系,并提出了基于教学目标的 PLC 仿真案例开发要

点及内容。通过线上线下混合式教学、PBL 项目式教学,创新性的提出并实施“虚实协同、三阶赋能”教学模式,显著提高了教学质量,实现了“以学生为中心”的金课教学导向。通过虚拟仿真资源的深度应用,学生的实践参与度和实验时长均显著提升,实践动手能力得到充分培养,分析与解决问题的能力获得实质性的提升,从而实现学生核心素养的全面发展。通过虚拟仿真技术的深度融合,实验实训条件得到显著改善,数字化教学资源的多样性与系统性得到显著提升,为金课建设提供坚实支撑,推动课程建设迈上新台阶。

参考文献:

- [1] 阳慕伶,张一平.“新双高”背景下“金课”课程标准开发的本来,实然与应然[J].职教论坛,2025,40(01):56-64.
- [2] 彭一航,刘志刚,李秀忠.基于工业数字孪生技术的高职智能控制类专业课程教学改革研究——以《西门子工业技术及应用》课程为例[J].中国设备工程,2024(22):263-265.
- [3] 王飞,唐伟强.基于 NX/MCD 光机电一体化数字孪生体虚拟实训平台的开发[J].机电工程技术,2024,53(06):24-28.
- [4] 魏博.数字孪生技术在工业机器人专业课程教学中的创新应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)教育科学,2024(11):151-154.
- [5] 田雪梅,王运武.虚拟仿真实验课程建设现状、问题及对策[J].教育与装备研究,2023,39(09):65-71.
- [6] 寇舒.职业教育一流核心课程建设研究——以电气与 PLC 控制技术课程为例[J].家电维修,2024(01):25-27.
- [7] 周悦,赵巍.“电气控制及 PLC”虚拟仿真实验教学探索与实践[J].电气电子教学学报,2024,46(02):237-240.
- [8] 王苗苗,蒋燕,林伊婷,等.数字孪生技术在“PLC 技术及应用”课程中的应用研究[J].安徽电子信息职业技术学院学报,2024,23(04):54-58.
- [9] 李秀忠,彭一航,陈思涛,梁宝英.Factory IO 在 PLC 应用技术课程虚拟仿真教学中的应用[J].中国设备工程,2024(05):253-255.
- [10] 王乐英,智少雷,张军.Multisim 仿真技术在 PLC 教学中的应用[J].实验室研究与探索,2024,43(05):89-92.