

# 基于“二虚一演”的 PLC 原理及应用实验教学改革

杨莉<sup>1</sup>, 张葛祥<sup>1</sup>, 魏伟<sup>2</sup>, 郭德全<sup>1</sup>, 庄慧敏<sup>1</sup>, 王刚<sup>1</sup>

1. 成都信息工程大学自动化学院 四川 成都 610225; 2. 四川农业大学建筑与城乡规划学院  
四川 成都 611830

**[摘要]**针对有限的实验条件且大多为插线式的实验装置,使得学生自主动手机会少,满足不了培养学生工程实践能力等问题,为了提高 PLC 原理及应用课程的实验教学效果,提出“二虚一演”的虚拟仿真技术与现场演示相结合的线上线下混合式实验教学模式。在课前,教师通过教学平台发送实验内容、实验要求及与实验内容相对应的简单实验仿真演示视频,学生通过教学平台观看视频预习实验内容及实验要求;在课堂,学生根据实验内容与实验要求完成“TIA Portal+CADe\_Simu”双软件的虚拟仿真,教师再依次点评与考核,从中选择 2-3 组的 TIA 仿真程序下载到实验室 PLC 实训平台进行演示;在课后,教师布置实验思考与扩展作业,学生完成实验思考和实验报告。该教学模式有效地激发了学生的学习兴趣,培养了学生的合作精神和团队意识,提高了学生的工程实践能力,提升了学生的学习效果。

**[关键词]**PLC 原理及应用;线上线下混合式;虚拟仿真;现场演示

**[中图分类号]** TM13 **[文献标识码]**A **[文章编号]** 1687-9534(2025)-0054-49 **[收稿日期]** 2025-05-15

## 一、引言

随着现代工业自动化技术的快速发展,PLC 控制在工业自动化控制领域起到至关重要的作用。PLC 原理及应用课程作为一门理论性实践性均强、软硬件相结合及综合性高的专业课程,能全面培养学生工程实践能力<sup>[1-2]</sup>。PLC 课程<sup>[3-4]</sup>涉及继电器控制中的低压电器、电气控制系统绘图识图、逻辑控制、保护功能实现等理论及实践知识和 PLC 控制技术中的 I/O 分配表、PLC 硬件接线、梯形图、仿真软件环境应用以及实验平台应用等相关理论与实践知识。PLC 课程实验<sup>[5-6]</sup>能有效促进学生对软硬件知识的全面掌握,由此可见,实验教学部分<sup>[7-8]</sup>具有

举足轻重的作用。针对目前学时和实践场地有限的实验教学<sup>[9]</sup>而言,如何更好地提高教学目的,满足学生的求知欲望,提供更多工程实践机会和提高学生编程应用能力?在实验课上,采用“二虚一演”的线上线下混合式<sup>[10]</sup>教学模式,即:“二虚”是指 TIA Portal 仿真软件与 CAdE\_Simu 绘图仿真软件相结合的虚拟仿真技术,“一演”是指实验平台现场演示,运用虚拟 PLC 代替真实的硬件、以虚拟被控对象代替实物装置进行实验的思想。采用 CAdE\_Simu 绘图仿真软件使学生形象地掌握电气主电路接线与 PLC 硬件接线及元器件文字符号、图形符号的规范绘制并进行仿真验证,采用

TIA Portal 软件编写梯形图程序并进行虚拟仿真使学生全面熟悉西门子 PLC 软件编程应用环境；通过实验平台现场演示以增强学生的理解认知能力。

## 二、PLC 实验教学现状

随着教学改革不断推进和课程优化的不断深入，PLC 课程实验教学在适应新的教学要求和学生需求的过程中，逐渐显现出一些亟待解决的问题。PLC 课程实验教学现状主要存在以下几个方面的问题。

### （一）实验要求单一

以往的 PLC 课程实验要求主要集中在编程指令的熟悉上，而对主电路和 PLC 控制电路的绘图与识图重视不足。这导致学生在完成 PLC 课程学习后，仍然难以区分继电器控制电路和 PLC 控制电路，对电路硬件设计和绘制规则掌握也不够充分，无法达到工程实践的要求。

### （二）实验设备缺乏

有限的 PLC 实验设备无法满足所有学生充分实践的需求，导致学生无法反复动手操作使其熟练掌握 PLC 编程及其控制技能。陈旧的 PLC 实验设备无法满足学生进行复杂仿真和创新设计需求，导致学生无法模拟真实的工业应用控制环境，使得学生难以跟上 PLC 技术的快速发展和工业应用实际需求。

### （三）实验课时不足

随着培养方案改革和课程优化的不断深入，PLC 课程的教学课时被普遍压缩，导致实践课时严重不足。为适应有限的实验课时，教师不得不简化实验项目和降低实验要求，这使得学生无法全面掌握 PLC 的应用实践技能。同时，实验课时的减少也降低了学生的实验参与度，部分学生甚至无法获得足够的动手实践机会。这不仅影响了学生对 PLC 知识的理解和应用，还削弱了他们的实践能力和创新思维能力。

### （四）教学方法传统

在实验教学过程中，教师通常采用传统的讲授式教学方法，详细地向学生介绍实验内容、实验步骤和实验要求。这种教学方式虽然能够让学生清晰地了解实验的基本流程，但却忽视了学生主动思考和自主探究的重要性。学生在实验中往往只能扮演执行者的角色，机械地按照教师给出的步骤依次完成实验内容。该种实验教学模式不利于学生对实验原理的深入思考，极大地限制了学生创新思维的培养。

## 三、PLC 实验教学改革方案

### （一）实验教学方案设计

面对有限的实验学时以及陈旧且数量有限的实验设备，为了更好地提高 PLC 实验教学效果，满足学生的求知欲望，提供更多机会实践和提高编程能力，该课程实验采用“二虚一演的线上线下混合式”教学模式，如图 1 所示。

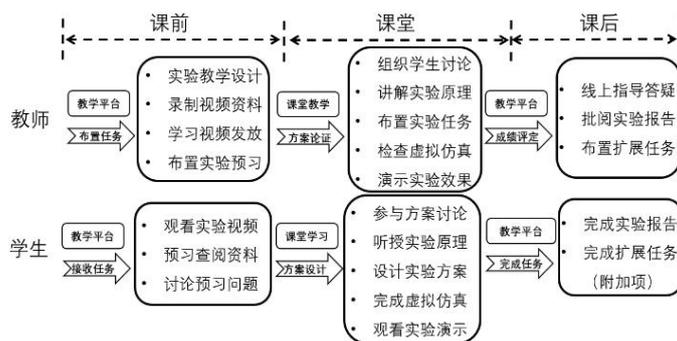


图 1 “二虚一演”的线上线下混合教学模式

教学过程组织按照“课前一通过教学平台发放学习视频让学生对实验内容和实验要求进行课前预习，采用线上学习平台（QQ 群、雨课堂等）进行课堂答疑与课堂预习测试；课堂一组织学生进行控制方案讨论、主电路及控制回路接线图设计并进行 CADe\_Simu 虚拟仿真验证，程序设计并进行 TIA Portal 虚拟仿真、选取仿真效果较好的进行实验演示；课后一要求学生独立完成思考题、总结实验调试步骤及解决方法，并完成实验报告提交到教学平台，自愿完成 HMI 仿真界面设计”三个阶段进行组织，使得学生在课前、课堂和课后的学习形成一个有机整体。

### （二）教学方案可行性分析

根据图 1 所示，“二虚一演”的线上线下混合式教学实施的核心环节在于挑选合适的在线教学平台、虚拟仿真软件，以及充分利用学校实验教学平台。

#### 1. 在线教学平台

目前，在大学教学中，“慕课堂”、“雨课堂”和“学习通”等智慧教学工具被广泛应用。为了更好地满足教学需求，提高

教学效率和质量，成都信息工程大学自主搭建一“成信学堂”，支持教师课前发放文字和视频资料，习题测试用于及时掌握学生学习动态等功能，学生可随时下载和学习相关资料，及时练习习题，促进自主学习和深入理解实验内容。

#### 2. 虚拟仿真软件

成都信息工程大学“PLC 原理及应用”实验教学是以西门子 S7-1200 为实验平台，使用西门子公司开发的全集成自动化软件 TIA Portal。在 TIA Portal 中完成 PLC 硬件组态、变量表编辑和梯形图程序编写后，通过与 PLCSIM 建立通信连接，之后在 PLCSIM 的 SIM 列表中，通过改变输入触点状态用以模拟实际的硬件开关或按钮动作，并观察输出线圈的通断状态，以此判断是否符合实验预期控制要求，从而验证程序编写的可行性。但 PLCSIM 的无硬件模拟功能，然而 CADe\_Simu 绘图仿真软件能有效弥补这一缺陷。采用 CADe\_Simu4.0 绘图仿真软件绘制主电路、PLC 控制电路，编写 PLC 梯形图程序，通过点击 PLC 控制电路按钮动作，可直接观看主电路动作过程。最

后将 TIA Portal 软件中的程序下载到实验教学平台进行演示。TIA Portal 仿真软件和 CADe\_Simu4.0 绘图仿真软件的有效使用不受实验平台限制，能有效训练学生的编程能力和硬件搭建及调试能力。

### （三）教学改革案例实施

顺序逆序控制逻辑在自动化生产线、物流控制系统、工业通风系统等现实生活和工业自动化中有着广泛的应用，因此将多电机顺序控制作为 PLC 实验教学的一个基础实验性项目。本文将以此为例对基于 TIA Portal 和 CADe\_Simu 仿真软件的“二虚一演”实验设计流程进行详细说明。该实验内容为：设计三台电机顺序启动逆序停止的硬件电路设计和控制程序设计。要求为：每台电机都有单独控制的启停按钮和过载保护；每台电机只需要实现单向连续运行；顺序启动时，只有第一台电机 M1 运行后才允许第二台电机 M2 运行，同理只有电机 M2 运行后才运行第三台电机 M3 运行；逆序停止时，只有 M3 停止后才允许 M2 停止，同理只有 M2 停止后才允许 M1 停止。采用 TIA Portal 仿真软件完成控制程序仿真，采用 CADe\_Simu 完成主电路和 PLC 控制硬件电路图连接，并结合 TIA Portal 控制程序完成三台电机顺序启动逆序停止的虚拟仿真实现。

课前，教师录制单台电机连续运行的实验视频，主要包括功能分析、I/O 地址分配、TIA Portal 的硬件组态、变量表编写、

梯形图编写与 PLCSIM 仿真调试、CADe\_Simu 软件上的主电路连接、PLC 控制电路连接、梯形图编写、过载保护功能实现与实验平台演示等，发送视频到教学平台、布置预习任务；学生通过观看单电机连续运行的“二虚一演”的实验视频，预习多台电机顺序控制的实验指导书、实验要求及实验内容，思考多台电机的功能分析。课中，教师先发布实验任务；学生先解读实验任务分析三台电机顺序控制功能、编写 I/O 分配表、其次在 TIA Portal 仿真软件编写变量表、梯形图并联合 PLCSIM 进行功能仿真调试、然后在 CADe\_Simu 软件上绘制主电路、PLC 控制电路接线图、依据 TIA Portal 软件所编写的梯形图在 CADe\_Simu 软件上编写梯形图，最后在 CADe\_Simu 软件上实现三台电机顺序控制的虚拟仿真；教师再分别对每一组的双软件虚拟仿真进行功能检查并考查相关知识点，当每组检查完后，最后选出两个组的 TIA Portal 梯形图下载到实验平台，演示三台电机顺序控制功能。课后，教师布置实验课后思考题和 TIA Portal 软件上三台电机顺序控制的 HMI 动态界面仿真扩展内容；学生完成实验报告、整理实验数据及出错的调试方法等、选择完成扩展内容。

### 四、结论

通过“二虚一演”的线上线下混合式实验教学教改，有效地解决了有限的实验条件、落后的实验装置，增强了学生自主

动手能力,有效地提高学生的 PLC 编程、硬件接线、系统调试以及故障排查等多方面的技能,同时也能深刻理解 PLC 在实际生产中的重要作用,为今后从事工业自动化相关工作打下坚实的基础。该实验课程的探索为今后开展线上线下混合式教学奠定了良好的基础。

基金项目:教育部产学合作协同育人项目(CXY202301014, 231007200072151);四川省普通本科高校创新性实验项目(批文号:川教函[2024]451号);成都信息工程大学校级教改项目(JYJG2024010, JYJG2024024, JYJG2024071, JYJG2023087, JYJG2024136, JYJG2025063);成都信息工程大学自动化学院院级教改项目(ZDHXYJG-2023006, ZDHXYJG-2024004)。

作者简介:杨莉(1984-),女,四川仁寿,博士,讲师,研究方向为先进控制理论及其应用、风力发电系统及其控制、电气工程及其自动化、自动化专业教学与研究。

#### 参考文献:

[1]王玉槐,安康,胡克勇,勾治践,吴小涛.改进 CDIO 下“电气控制与 PLC 技术”教学研究[J].电气电子教学学报,2021,43(5):88-93.

[2]夏文鹤,杨青,秦连升.“电气控制与 PLC”课程教学方法改革探索[J].教育教学论坛,2023,32(8):61-64.

[3]Liu Ruini.Practical Teaching Reform of Electrical Control and PLC based on OBE Concept [J].Curriculum and Teaching Methodology, 2022, 5(3): 102-107.

[4]Zhu Jijin.Electrical Control Technology and PLC Course Teaching Reform Strategy [C].3rd International Conference on Mechatronics and Intelligent Robotics (ICMIR-2019), 2020: 301-304.

[5]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(2):237-240.

[6]王双园,白国振.电气控制与 PLC 课程教学实践改革研究[J].教育教学论坛,2019,44(10):95-96.

[7]陈庆.新工科背景下 PLC 实验课程中讨论课教学模式探索[J].教育教学论坛,2020,48(11):384-387.

[8]游文涛,王郁倩,黄晓明.电气控制与 PLC 实验课程的 BOPPPS 模式教学实践[J].集成电路应用,2022,39(4):172-173.

[9]肖原彬.PLC 实验课程改革的几点建议[J].中国设备工程,2021,11:207-209.

[10]刘俊,袁训锋,郭琳,柯希彪.混合式教学模式在“PLC 课程”中的教学实践[J].电气电子教学学报,2022,44(1):150-154.

## Virtual Simulation

Yang Li<sup>1</sup>, Zhang Gexiang<sup>1</sup>, Weiwei<sup>2</sup>, Guo Dequan<sup>1</sup>, Zhuang Huimin<sup>1</sup>, Wang Gang<sup>1</sup>

1.School of Automation, Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan 610225; 2.College of Architectural and Rural Planning, Sichuan Agricultural University, Chengdu Sichuan 611830

**Abstract:** In response to the limited experimental conditions and mostly plug-in experimental devices, which result in fewer opportunities for students to engage in hands-on activities and cannot meet the needs of cultivating students' engineering practical abilities, in order to improve the experimental teaching effectiveness of PLC principles and applications courses, a hybrid online and offline experimental teaching mode with "two virtual and one demonstration" combining virtual simulation technology with on-site demonstrations is proposed. Before class, the teacher sends experimental content, experimental requirements, and simple experimental simulation and demonstration videos related to the experimental content through the teaching platform. Students watch the videos on the teaching platform to preview the experimental content and requirements. In the classroom, students complete the virtual simulation of the "TIA Portal+CADe\_Simu" software based on the experimental content and requirements, then the teacher evaluates and assesses them in turn, selects 2-3 groups of virtual simulations with good results and downloads them to the laboratory PLC training platform for demonstration. After class, the teacher assigns experimental thinking, and students complete experimental thinking and experimental reports. This teaching model can effectively stimulate students' autonomy and creativity in learning, cultivate their spirit of cooperation and teamwork, improve students' engineering practice ability and enhance their learning outcomes.

**Key words:** Principles and Applications of PLC; Online and offline hybrid; Virtual simulation; Live demonstration