

# 基于数字孪生技术的数字化 PLC 实训室建设方案探索

贺醒豪<sup>1</sup> 李碧轩<sup>2</sup> 韦可盛<sup>1</sup> 祁汉恒<sup>1</sup>

(1. 东莞市汽车技术学校, 广东 东莞 523000;

2. 东莞市技师学院, 广东 东莞 523000)

**摘要:** 在制造业当家的大背景下, 制造业企业实现数字化转型成为了趋势。对于职业教育来说, 对接企业岗位人才需求, 聚焦数字孪生技术, 切实解决智能制造类人才培养过程中存在的难点、痛点成为了重中之重。以 PLC (可编程逻辑控制器) 课程为例, 传统的 PLC 实训过程中设备成本、实训项目资源、实训操作安全以及远程学习等方面存在一些问题和挑战, 导致在技能型人才的培养过程中实训内容与岗位需求不匹配。本文以数字孪生技术为基础, 以 PLC 实训教学为载体, 探索数字化 PLC 实训室建设新模式, 为全面提升学生职业能力和职业素养奠定基础。

**关键词:** 数字孪生; PLC; 智能制造; 职业教育

## 一、数字化 PLC 实训室建设背景

### (一) 数字孪生技术在工业领域的应用及潜力

数字孪生 (Digital Twin) 被形象地称之为“数字化双胞胎”, 是智能工厂的虚实互联技术, 在构想、设计、测试、仿真、生产线、厂房规划等环节, 可以虚拟和判断出生产或规划中所有的工艺流程, 以及可能出现的矛盾、缺陷、不匹配。通过这种方式进行前期的仿真, 将缩短大量方案设计及安装调试时间, 加快交付周期。数字孪生技术已是制造业数字化的核心技术, 其关键在于建模、仿真和调试, 随着数字孪生技术在智能制造领域的广泛应用, 制造装备数字孪生技术已经成为迈向智能制造的新兴技术和主流技术, 在对于我国制造业由自动化向智能化的转型中, 具有极其重要的战略意义。因此数字孪生技术在智能制造领域具有较高的研究空间和应用价值。

### (二) 数字化 PLC 实训室的背景和意义

PLC 是工业自动化的核心组成部分, 在职业院校装备制造大类专业均开设了 PLC 相关的课程。通过课程的学习, 学生需要掌握编程和操作技能来掌握 PLC 技术应用经验。但是传统的 PLC 实训场所所开展的教学方式在设备成本、实训项目资源、实训操作安全以及远程学习等方面存在一些问题和挑战, 这些问题可能会限制学生的学习效果和教学质量。综上所述, 为学生提供更好的学习机会和体验, 积极探索基于数字孪生技术的 PLC 实训室数字化建设方案, 提供更具成本效益、安全性、灵活性和个性化的实训室建设新思路是十分有意义的。

### (三) 相关研究综述

近年来以数字孪生技术为背景, 开展加工制造类专业建设和课程建设在国内外受到越来越多的关注, 在不断探索中得到较好的实践效果。数字孪生起源于 2009 年美国空军实验室提出的“机身数字孪生”, 在发展过程中逐渐演变成制造业加快数字化转型的重要驱动力量。为适应时代的发展, 各院校积极开展基于数字孪生技术的课程探讨和开发。

新疆师范大学李海峰等人提出数字孪生是未来教育方式变革的重要技术之一, 并选取美国、瑞士等部分高校为案例学校, 分析了数字孪生教育应用的教学模式, 最后提出了数字孪生教育应用对我国的启示。佛山科学技术学院吴俊君等人提出了基于数字孪生技术的加工制造实训教学模式, 结果表明构成虚实结合的实训体系, 能够激发学生的学习兴趣, 增强学习效果, 为实训过程的数字孪生化奠定基础。首都体育学院王秋睿等人将数字孪生技术应用在中小学体育教育教学中并得到推广。

## 二、数字化 PLC 实训室建设方案

装备制造生产模式是虚拟制造和实体制造相结合, 我们

现有课程体系重理论、轻实践, 学生实践能力应用能力差。利用数字孪生技术, 重组专业课教学内容, 在仿真环境中设计标准化复用模块, 进行装备、产线、工厂构建, 使学生做中学、做中教, 以三维可视化方式体验所学知识, 并优化产品的制造工艺方案, 此方式打破原有的课程体系藩篱, 紧固课程之间的依存关系, 实现理论课与实训课的整合。结合以上特点, 以 PLC 实训室为例, 提出服务于课程需求的实训室建设方案成为了关键。

(一) 确定教学目标和需求: 确定 PLC 实训室的主要教学目标, 包括提炼学生需要掌握的技能和知识; 分析学生的水平和需求, 以确保课程的内容和难度适合目标学生群体。

(二) 确定数字孪生技术的应用: 确定数字孪生技术在 PLC 教学中的具体应用, 例如虚拟实验、仿真建模、云平台等, 分析数字孪生技术如何支持教学目标的实现。

(三) 确定硬件和软件需求: 列出所需的硬件设备, 包括计算机、PLC 模拟器、传感器和执行器等。选择合适的数字孪生软件工具, 如 PLC 编程和仿真软件、NX MCD 设计软件以及数据采集系统等。

(四) 设计实训内容: 制定详细的实训内容, 包括不同的实训项目和任务, 以覆盖不同的 PLC 应用场景, 确保实训内容与教学目标一致, 能够帮助学生掌握必要的 PLC 编程技能。

(五) 创建虚拟实训室环境: 使用数字孪生技术创建虚拟实训室环境, 包括模拟 PLC 系统、传感器、执行器和工业过程。确保虚拟环境与实际 PLC 系统的行为一致, 以便学生能够获得真实的实训体验。

(六) 开发实训指导和教材: 编写详细的实训指导和教材, 包括实训步骤、任务说明、示例代码和练习题。考虑提供多媒体资源, 如视频教程和交互式模拟。

(七) 实施和评估: 在实训室中实施设计的实训内容, 确保学生可以顺利进行虚拟实训。收集学生的反馈和数据, 以评估实训室的效果, 包括学习成果和教学质量。

(八) 持续改进: 基于学生的反馈和评估结果, 对实训内容和教材进行改进。考虑引入新的数字孪生技术和工具, 以不断提高实训室的质量和效率。

(九) 培训教师和学生: 提供教师培训, 以确保他们能够有效地使用数字化 PLC 实训室。向学生介绍虚拟实训室的使用方法和规则。

(十) 质量控制和可维护性: 设计质量控制机制, 确保虚拟实训室的稳定性和可靠性。确保虚拟实训室的维护和更新, 以跟随技术的发展和教学需求的变化。

### 三、数字化 PLC 实训室功能概述

以我校为例,实训场地紧凑,班级人数40多人,而满足教学要求的PLC工作台只有6套,极大地限制了教学活动开展的灵活性,不利于技能型人才的培养。而数字孪生技术是将实际设备虚拟化,先进行虚拟验证,再结合真实设备进行虚实同步验证,有效克服基于真实物理设备的实训教学的缺陷。本文以我校《PLC应用技术》课程教学项目-分拣单元的安装与调试为例,详细介绍基于数字孪生技术的PLC教学实训任务的开发与应用。

(一)目标和任务定义:首先,明确教学目标。在分拣单元的安装与调试任务中,学生的主要目标是掌握PLC控制系统的基本原理和操作,以及应用PLC的功能指令来实现分拣工作。确定任务的具体要求,包括需要编写PLC程序、触摸屏界面设计、传感器配置、执行器操作等。

(二)物理系统建模:使用数字孪生技术,结合NX MCD软件,创建一个虚拟分拣单元模型,包括传送带、传感器、执行器、分拣装置等。确保虚拟模型能够准确地模拟实际分拣单元的行为,如图1所示。

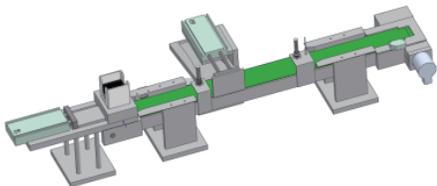


图1 分拣单元模型

(三)任务设计:设计一系列分拣任务,从简单到复杂,以逐步引导学生掌握PLC编程和调试技能,结合本项目,可分成以下4个任务。任务1-运行和停止:学生需要编写PLC程序来控制传送带的启停。任务2-传感器配置:学生学习如何配置传感器以检测物品,并修改PLC程序以响应传感器信号。任务3-分拣逻辑:学生设计分拣逻辑,使PLC根据传感器信号将物品分拣到不同的出口。任务4-故障排除:学生学习如何诊断和修复PLC程序中的错误,以确保分拣单元的正常运行。

(四)实验指导和教材:为每个任务编写详细的实验指导,包括步骤、代码示例、图表和说明。提供相关的教材和参考资料,以帮助学生理解PLC编程原理和分拣单元的操作。

(五)虚拟实训平台设置:建立虚拟实验室环境,让学生可以访问虚拟分拣单元并进行实训。确保虚拟实训平台易于导航和操作,同时提供实时反馈。

(六)学生培训和实施:培训教师和学生,介绍如何使用虚拟实训平台进行任务。确保学生理解任务的目标和要求,并能够独立完成实训任务。

(七)实验和评估:学生在虚拟环境中完成任务,并收集他们的实验数据。教师可以评估学生的表现,包括PLC程序的准确性、任务完成时间和问题解决能力。

(八)考虑多样性和复杂性:确保实验任务涵盖不同的PLC编程场景,从基础的运行控制到更复杂的逻辑控制和故障排除,这有助于学生逐步提高他们的技能水平。

(九)汇总反馈和改进:根据学生的反馈和教学评估结果,对实训任务进行改进。可能需要调整任务的难度、增加挑战性。

(十)持续改进和更新:不断改进虚拟实训平台的性能和内容,以确保它跟随技术的发展和行业需求的变化;更新任务和教材,使其保持新鲜和有趣。

(十一)个性化学习:同时还需要考虑为学生提供个性化学

习路径的选项,以满足他们的不同需求和水平。某些学生可能需要额外的挑战,而其他人可能需要更多的支持。

(十二)考虑联机模式:虚拟实训平台设计为联机模式,允许学生协作完成任务或与教师进行实时交流,这种模式可以增强学生之间的互动和学习体验。

通过这些步骤,为每一个PLC教学实训任务开发一个基于数字孪生技术教学载体,提供学生高质量的PLC教育体验,同时降低硬件成本和安全风险。基于此教学方法有助于学生更好地理解PLC编程和调试,增强他们在自动化领域的实际应用能力。

### 四、数字化 PLC 实训室初探成效

通过数字化实训室实现PLC教学模式的优化,实现了虚拟平台中进行实训和编程,减少了时间和资源的浪费,学生可以模拟和解决真实工程问题,积累实际的工作经验,助推着我PLC应用课程改革,主要体现在以下三个方面。

(一)解决实训设备紧缺问题,更有利于教学活动的全面开展

以我校为例,工业机器人专业把班级人数为45人左右,而学校因场地受限,目前PLC实训工作台只有6套,在分组教学过程中限制了教学活动开展的灵活性。而利用数字孪生技术、结合广东省职业院校技能大赛制造装备数字孪生技术应用赛项的模型开发与实训项目相匹配的教学模型,让学生先利用教学模型的实际动作效果验证PLC实训效果,验收成功后再导入到PLC实训工作台进行硬件验证,从而实现了实训分流,进而提高设备的使用率。

(二)解决实训设备更新慢的问题,更有利于技能型人才的培养

学校开展PLC教学过程中,由于实训项目受限于实训设备所搭载的教学模块。在制造业快速发展的过程中,企业对于技能型人才的需求大且要求越来越高,在此基础上,学校教学需紧跟产业的发展。而基于数字孪生技术开发教学项目所需模型的过程中,可不受真实物理设备的限制,如口罩机、PCB板分拣机等设备模型均可引入到教学项目中,使得学生的学习情境更加贴近岗位需求。

(三)解决教学素材丰富性的问题,更有利于课堂教学的有效性

传统的教学方式都是通过教学案例与教材相结合,备课过程中结合网络资源如图片、视频等方式,如分拣机构项目则以实训平台与分拣机构视频相结合的方式呈现,由于学生受限于专业知识和行业背景,教学素材不具备直观性。基于数字孪生技术开发的模型能够很好地解决这一问题。在课堂教学中,教师将直观的教学模型呈现出来,甚至录制相关虚拟设备操作视频作为课前任务,也变得十分便捷。

#### 参考文献:

[1] 杜明芳. 基于数字孪生建筑构建数字孪生城市与城市信息模型[J]. 智能建筑, 2021(08): 14-17.

[2] 张枝实. 数字孪生技术的教育应用研究[J]. 成人教育, 2021, 41(05): 27-32.

基金项目: 广东省职业技术教育学会第四届理事会2023-2024年度科研规划课题“基于数字孪生技术的PLC课程实践教学模式研究”(项目编号: 202212Z034)

#### 作者简介:

贺哩豪(1989-),男,硕士研究生,湖南娄底人,讲师,教学副部长,研究方向:机电一体化、工业机器人。

李碧轩(1991-),女,硕士研究生,河北邯郸人,讲师,研究方向:机电一体化。