

# 基于数字孪生虚拟仿真的虚拟数字化工厂实训课程教学研究

吴景春 王林艳 李晓妮

无锡城市职业技术学院, 中国·江苏 无锡 214000

**摘要:** 论文探索并优化基于数字孪生虚拟仿真技术的虚拟数字化工厂实训课程教学模式。论文研究虚拟数字化工厂实训课程的课程性质和现状, 深入介绍了前沿的数字孪生虚拟仿真技术概念、优势及其核心平台 PQFactory。为提升教学质量, 本研究提出了一系列创新性的教学改革措施, 包括构建虚实交融的实训环境、革新实训教学方法以促进深度参与, 同时强化校企间的紧密合作机制, 以及通过壮大“双师型”师资队伍来增强教学与实践的深度融合。本研究旨在为未来数字化智能化工厂人才培养提供一套高效且前瞻的教学解决方案, 为行业培养出能够适应未来制造业发展需求的高素质人才。

**关键词:** 数字孪生; 虚拟仿真; 虚拟数字化工厂实训

## Research on Teaching of Virtual Digital Factory Training Courses Based on Digital Twin Virtual Simulation

Jingchun Wu Linyan Wang Xiaowei Li

Wuxi City College of Vocational Technology, Wuxi, Jiangsu, 214000, China

**Abstract:** This paper explores and optimizes the teaching mode of virtual digital factory training courses based on digital twin virtual simulation technology. It delves into the nature and current status of virtual digital factory training courses, and comprehensively introduces the concept, advantages, and the core platform PQ factory of the cutting-edge digital twin virtual simulation technology. To enhance teaching quality, this study proposes a series of innovative teaching reform measures, including the construction of an integrated virtual-real training environment, the innovation of training teaching methods to promote students' deep engagement, the strengthening of close cooperation mechanisms between schools and enterprises, and the expansion of the “double-qualified” teaching staff to deepen the integration of teaching and practice. This research aims to provide an efficient and forward-looking teaching solution for the cultivation of talents in future digital and intelligent factories, nurturing high-quality personnel who can adapt to the development needs of the manufacturing industry.

**Keywords:** digital twin; virtual simulation; virtual digital factory training

### 0 前言

当前, 新一轮信息技术革命正深刻改变全球制造业, 作为制造业大国, 中国制造业迎来了转型升级的重大机遇。为了能抓住机遇, 以数字化发展为核心, 将工业互联网技术、人工智能技术、工业云、工业大数据等新一代信息技术进行深度融合, 推动工厂生产线物理世界与数字虚拟仿真世界的无缝衔接, 才是推动中国制造业数字化转型的根本途径。所以, 通过虚拟数字化工厂实训课程培养能适应数字化转型的新型复合型人才至关重要。学生在学校内很难能够接触到工厂里的生产线, 数字孪生以其能够实现物理实体与数字虚拟模型之间的精准映射和实时同步, 为虚拟数字化工厂实训课程带来了前所未有的真实性和沉浸感, 不仅降低了传统实训教学中的风险和成本, 还极大地提高了学生的实践能力和创新精神。论文旨在探讨如何通过数字孪生虚拟仿真技术构建与实物高度逼真的虚拟数字化工厂环境, 为虚拟

数字化工厂实训教学提供全新的方法和手段, 推动教育与科技前沿、制造业转型以及行业进行深度融合, 培养能够适应未来制造业发展需求的高素质技能型复合型人才。

### 1 课程性质

虚拟数字化工厂实训课程利用先进的虚拟仿真技术、工业互联网技术和大数据技术, 为学生构建一个虚拟仿真的数字化工厂环境, 模拟工厂实际的加工生产线, 同学们可以在软件里进行平台搭建、参数设置、机器人编程、PLC 编程、网关连接等。这门课程旨在为学生提供与实际工厂操作相仿的实训体验, 使学生能够在安全可控的虚拟工厂生产环境中进行实际操作、故障排除和生产优化等实训活动, 有助于学生将理论知识进行综合实际应用转化为实际技能, 提高学生的实习和就业的竞争力, 也提升了学生分析和解决实际工程问题的能力。

## 2 教学现状

### 2.1 资源受限

在高职院校里搭建一个真实的工厂生产线受到场地和资金的限制,而且一个生产线很难让所有同学上手练习,所以用虚拟仿真技术可以把生产线实物搬进虚拟仿真软件,既降低了成本,避免了实物调试的危险,也能够让更多的同学能上手操作。但是随着技术的快速发展,虚拟数字化工厂的实训资源也需要不断更新以适应新的教学需求。然而,由于技术或成本等因素的限制,部分资源可能无法及时得到更新换代,导致虚拟数字化工厂实训的教学内容与实际脱节。同时,虚拟数字化工厂实训系统的开发需要专业的研发团队和技术支持,也增加了建设和维护成本。

### 2.2 虚拟与实物差异

部分虚拟数字化工厂实训系统可能存在交互性不足的问题,无法完全模拟真实生产线中的复杂交互过程。这可能会影响学生对本实训课程的学习体验,降低学生对虚拟数字化工厂实训课程的学习兴趣和积极性。虚拟数字化工厂实训系统能够模拟真实的工厂环境和操作流程,但是与真实的工厂实训相比,仍可能存在一定的差异,因为虚拟仿真里的数据和实际生产加工数据有差异。这种差异可能会影响学生对实际操作的掌握程度,以及对未来工作环境的适应能力。

### 2.3 教学团队经验不足

数字化虚拟仿真技术日新月异,新的工具、平台和方法不断涌现。如果师资队伍不够强大,可能无法及时跟踪和掌握这些新技术,导致虚拟数字化工厂实训的教学内容更新滞后,与企业使用的最新技术脱节。有些教师可能拥有丰富的理论知识,但是缺乏在真实工厂中的实践经验。在实训过程中学生可能会遇到各种实际问题,如果教师缺乏实践经验,可能难以给出及时的解答和有效的指导,进而影响学生对虚拟数字化工厂实训课程的学习体验和学习成果。

## 3 数字孪生虚拟仿真技术

### 3.1 数字孪生概念

数字孪生思想最早是由密歇根大学的 Michael Grieves 教授提出,一开始命名为“信息镜像模型”(Information Mirroring Model),而后演变为术语“数字孪生”。数字孪生(Digital Twin)是指通过高精度传感器、人工智能、大数据、工业互联网等先进技术,将物理世界中的实体对象或系统映射到虚拟空间中,形成一个与之相对应的、高度逼真的虚拟模型,可以基于这个虚拟模型对物理实体进行仿真操作和技术优化。

### 3.2 数字孪生虚拟仿真技术优势

数字孪生虚拟仿真技术是一种将物理世界中的实体或系统通过高精度建模和网关通信与实时数据连接,从而实现在虚拟环境中对生产线进行仿真操作模拟实际的技术。该技术融合了大数据、工业互联网、人工智能等先进技术,能够

实时反映实体工厂生产线的状态变化,并通过模拟和优化,为以后实际操作的决策制定、产线性能提升和工厂产线的故障预防提供有力支持。数字孪生虚拟仿真技术不仅具备高度的精确性和实时性,还具备强大的可视化能力,能够将复杂的工厂产线以直观、易懂的方式呈现出来,便于用户进行操作、交互和决策。在工业制造领域,数字孪生虚拟仿真技术展现出了巨大的应用潜力,是推动制造业数字化转型和智能化升级的重要工具。

数字孪生虚拟仿真技术可以通过构建与真实工厂生产线高度一致的“数字双胞胎”,为学生提供了更加真实、沉浸的虚拟数字化工厂实训环境。这种高度的真实性使得学生在实训过程中能够更直观地理解复杂的产线系统和流程,学生可以方便地搭建产线并进行创造性的操作,提高学习效果。

随着数字化技术的不断发展,数字孪生的模型可以不断更新和改进工厂生产线场景,以适应新的教学需求。同时,数字孪生还支持跨领域的知识共享和协同创新,为虚拟数字化工厂实训教学带来更多的趣味性和拓展性。

### 3.3 数字孪生虚拟仿真平台 PQ Factory

PQ Factory 是一款由北京华航唯实机器人科技股份有限公司自主研发的智能产线设计与虚拟调试软件,基于数字孪生技术,能够为用户提供一个高度逼真的虚拟仿真平台。该平台具备智能产线专用在线库,可快速进行生产线布局和数字化设计,支持用户自由定义产线中的各种设备,包括机器人、气缸、传感器等,并与 PLC 实现实时通信,真实模拟设备间的通信与协作。PQ Factory 通过完美的模拟实际设备的动作、流程仿真和信号传递,最大程度提升产线设计质量,为工厂产线搭建节约了时间与金钱成本,同时降低了调试风险。PQ Factory 底层采用 Open GL 高级显示组件,界面友好且易于操作,具备多品牌编程支持和丰富的编程辅助功能,能够大幅提升产线设计与调试的效率和质量。

## 4 基于数字孪生虚拟仿真的虚拟数字化工厂实训教学研究

### 4.1 搭建虚实结合实训平台

实训课程依托 PQ Factory 软件构建虚拟数字化工厂的实训平台。该平台以先进的数字孪生虚拟仿真技术为核心,确保虚拟模型与实训装置的高度一致,为学生提供沉浸式的学习体验,促进学生所学的理论知识与实际应用进行深度融合。

如图 1 所示,虚拟数字化工厂实训平台包含工业机器人单元、工具单元、立体仓库单元、视觉检测单元、打磨单元、数控加工单元、分拣单元和总控单元。在这个实训平台上,学生拥有高度的自主性与创造性,学生可以在智能产线专用在线库里导入模型,根据生产流程的步骤和工艺技术的具体需求,进行不同的组合和布局,以实现不同的功能需求。模

型搭建后学生可以根据需求进行数字设备的定义,接下来进行机器人操作,包括抓取放开工具、抓取轮毂、轮毂打磨、轮毂翻面、视觉检测、数控加工等等,还可以通过网关通信实现 PLC 和 HMI 与 PQ Factory 的通信,实现虚实联调。

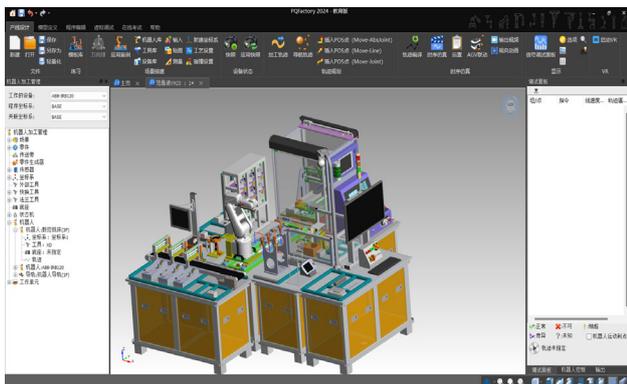


图 1 虚拟数字化工厂实训平台

通过在 PQ Factory 里模拟工厂生产线的操作,学生不仅能够通过调试过程直观看到编写的程序能否实现工艺过程,还能够有效地优化流程,显著提升产线质量和效率,这一过程充分展现了数字化设计的理念与实践应用。

#### 4.2 创新实训教学方法

传统的实训教学方法是教师布置实训项目,学生在实训室编程、调试并提交实训报告。由于设备的缺乏导致很多学生没有机会上手练习,同时受设备限制导致实训项目变化不大,很多同学会产生偷懒情绪,参与度不高,所以借助于数字孪生的实训平台,合理创新虚拟数字化工厂实训教学方法。

和华航唯实技术专家沟通,设计一系列与实际工厂生产线相关的项目,尽可能保证每个项目小组 3~4 人一个题目,让学生互相讨论、共同协作,尽量提高题目的多样性和趣味性,提高学生的学习兴趣并激发其主观能动性,培养学生的团队协作意识和能力。

利用虚拟数字化工厂实训平台,模拟真实的生产环境和突发事件(如设备故障等),让学生在模拟情境中进行学习和应对。这样使学生能够更直观了解工厂生产线的全过程,提高学生面对实际生产问题的处理能力和操作能力。

在虚拟数字化工厂实训中,鼓励学生主动在完成实训项目的过程中发现问题、寻找解决方法并在 PQ Factory 软件平台上进行验证,培养学生的独立思考能力和创新能力。

改革传统的结果考核评价方式,实现对实训全过程进行考核,对学生实训过程中的学习态度、技能掌握情况和调试结果进行全面评价,强调过程与结果并重,同时引入学生的自评、互评以及企业导师评价等多元化评价主体,这样评价更全面和客观。

虚拟数字化工厂实训教学方法的创新需要教师不断更新教学理念和方法,同时也需要学生积极适应新的学习方式

和环境。通过教师和学生的共同努力,才可以推动虚拟数字化工厂实训教学方法的不断改进,激发学生的学习兴趣 and 积极性,提高实训教学效果,培养具备创新思维和实践技能的新工科人才。

#### 4.3 强化校企紧密合作

本课程联合北京华航唯实机器人科技股份有限公司共建实训基地,这样可以提供强有力的技术支持。

本课程邀请华航唯实的技术专家参与本课程教学内容设计,确保实训课程的教学内容能够贴近行业前沿与实际应用需求。

本课程引入行业最新技术案例,并让学生在虚拟工厂生产环境中模拟真实生产流程锻炼实操能力。

本课程实施校企联合指导机制,邀请华航唯实的专家作为企业导师在线或现场指导,共同评价,促进教学质量全面提升。

#### 4.4 壮大“双师型”师资队伍

首先,需要明确“双师型”教师的具体要求。首先教师要具备扎实的专业理论知识,其次要能熟练地将理论知识与实践操作相结合。通过设定这样的要求,确保引入的教师团队能够真正满足虚拟数字化工厂实训课程的教学需求。

鼓励和支持校内教师参加与本实训课程相关的企业实践、行业培训、学术交流等活动,不断提升教师的实践能力和教学水平。比如安排教学团队教师去华航唯实公司进行半年企业实践,充分了解数字孪生虚拟仿真技术以及如何将企业技术转化引入学校。

通过“请进来、走出去”的方式,让校内教师与企业专家建立紧密联系,共同开展实训教学研究和实训项目开发,促进教师向“双师型”实训教师转变。

建立科学合理的教师奖惩机制,对在虚拟数字化工厂实训的教学创新、专利申请、校企合作等方面表现突出的“双师型”教师给予物质和精神上的奖励,激发教师们的积极性,推动他们更好地投入到本课程的教学工作中去。

建立科学的管理机制,对本实训课程教学的教师团队进行规范化管理。通过制定详细的实训教学进度、安排合理的实训教学内容、提供必要的实训教学实验室等,确保本课程的教学工作有序进行并取得良好的教学效果。

### 5 结语

综上所述,本研究围绕基于数字孪生虚拟仿真的虚拟数字化工厂实训课程展开了全面而深入的探索。通过对课程现状的细致剖析,明确了当前教学面临的挑战与机遇。随后,通过引入先进的数字孪生虚拟仿真技术核心平台 PQ Factory,为虚拟数字化工厂实训教学注入了新的活力与可能性。在此基础上,论文提出并实施了包括搭建虚实结合虚拟数字化工厂实训平台、创新实训教学方法、强化校企紧密合作以及壮大“双师型”师资队伍在内的一系列教学改革措

施。这些改革不仅丰富了本实训课程的教学内容，提升了实训教学效果，更为培养适应未来制造业发展需求的高素质复合型技能人才奠定了坚实基础，为推动中国制造业转型升级贡献重要力量。

#### 参考文献：

- [1] 吕楠,王琪冰,陆佳炜,等.基于数字孪生的新型计算机集成信息系统研究与探索[J].现代电子技术,2023,46(18):77-84.
- [2] 李福,吴益飞,孔维一,等.数字孪生趋势下机器人虚拟仿真实验建设[J].实验技术与管理,2021,38(10).
- [3] 华磊.虚拟仿真实训基地在职业教育人才培养中的应用研

究——以机电工程专业复合型技术技能人才为例[J].电子元器件与信息技术,2021,5(12):104-106+241.

- [4] 刘永刚,姚立权,朱虹.数字孪生虚拟仿真在智能制造生产线技术课程中的实践[J].科技资讯,2023,21(4):203-207.

作者简介: 吴景春(1988-),女,中国江苏盐城人,硕士,讲师,从事机电一体化技术的应用与研究。

课题项目: 2024年江苏省高职院校青年教师企业实践培训计划,项目编号: 2024QYSJ034。