

面向智能制造的虚拟仿真实训平台构建与应用实践研究

任建民¹, 王鹏程¹, 吴珍祥²

1. 杭州洛根智能技术有限公司, 浙江 杭州 310000

2. 亚龙智能装备集团股份有限公司, 浙江 温州 325000

DOI: 10.61369/RTED.2025080024

摘 要 : 智能制造是新一轮科技革命的核心, 对人才培养提出了新的要求。虚拟仿真技术以其可视化、沉浸式、低成本、低风险等优势, 为智能制造人才实训提供了新的路径。文章面向智能制造应用需求, 探索虚拟仿真实训平台的构建策略与应用模式, 重点阐述平台的总体设计、工业仿真模型开发、实训教学应用等内容, 以期为新工科人才培养改革提供借鉴。

关 键 词 : 智能制造; 虚拟仿真; 实训平台; 人才培养

Research on the Construction and Application Practice of Virtual Simulation Training Platform for Smart Manufacturing

Ren Jianmin¹, Wang Pengcheng¹, Wu Zhenxiang²

1. Hangzhou Logan Intelligent Technology Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang 310000

2. Yalong Intelligent Equipment Group Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang 325000

Abstract : Intelligent manufacturing is the core of the new round of scientific and technological revolution, which puts forward new requirements for talent training. Virtual simulation technology, with its advantages such as visualization, immersion, low cost and low risk, provides a new path for the training of intelligent manufacturing talents. Facing the application needs of intelligent manufacturing, this paper explores the construction strategies and application modes of the virtual simulation training platform, and focuses on expounding the overall design of the platform, the development of industrial simulation models, and the application of training teaching, in order to provide reference for the reform of talent training in emerging engineering disciplines.

Keywords : intelligent manufacturing; virtual simulation; training platform; talent training

引言

面对智能制造对制造业人才的新需求, 高等院校亟须创新人才培养模式, 深化产教融合、校企合作, 加快建设高水平专业化产教融合实践育人平台。虚拟仿真技术以其独特优势在智能制造人才培养中得到广泛应用, 但仍面临仿真资源匮乏、平台建设碎片化、实训教学针对性不强等问题。因此, 亟需聚焦智能制造应用场景, 科学规划虚拟仿真实训平台, 丰富虚拟仿真实训项目, 创新实训教学模式, 破解智能制造卓越工程师培养难题。

一、面向智能制造的虚拟仿真实训平台的总体设计与架构

(一) 平台功能模块划分与系统集成方案

虚拟仿真实训平台应围绕智能制造关键技术, 设计实训教学情境, 开发虚拟仿真软件, 搭建实训教学平台。平台架构可分为四层: 感知层、网络层、平台层和应用层。感知层通过虚拟传感器、虚拟执行器等建立起虚实映射, 将物理世界的设备映射到虚拟世界。网络层基于工业以太网、5G 等通信协议, 实现数据的低

时延、高可靠传输^[1]。平台层整合建模仿真、工艺优化、虚拟调试、远程监控等工具, 支撑工业仿真软件的开发。

(二) 智能制造数字孪生技术的应用设计

数字孪生是智能制造的核心支撑技术之一。运用数字孪生可构建智能车间、智能工厂的虚拟仿真系统, 实现对物理实体的数字化映射与实时交互。在虚拟仿真实训平台构建中, 可基于数字孪生方法学, 实现对制造全生命周期的高保真仿真^[2]。在运维服务阶段, 通过设备运行监测、故障智能诊断等, 学生掌握智能设备管理与维护技能。通过对智能制造全流程的沉浸式体验, 学生

作者简介: 任建民 (1989.01—), 男, 汉, 浙江文成人, 杭州洛根智能技术有限公司副总经理, 研究方向: 机电一体化。

将专业知识内化为工程实践能力。数字孪生系统应采用模块化设计,包括三维可视化建模、实时数据采集、物理属性动态映射、人机交互渲染等功能模块,满足不同工况的仿真需求。

（三）虚拟仿真环境的交互体验优化

沉浸感与交互性是虚拟仿真教学的关键要素,虚拟仿真环境设计应突出学生体验。构建逼真的工业场景,充分运用三维建模、材质纹理映射等计算机图形学技术,高保真还原车间厂房、生产设备等,营造身临其境的感官体验^[3]。设计自然的人机交互,学生通过体感设备、语音识别、眼动追踪等多通道人机交互,与虚拟设备进行实时互动。

二、基于工业场景的仿真模型开发

（一）典型智能制造设备的建模与仿真

智能制造装备是开展虚拟仿真实训的基础,应重点建模数控机床、工业机器人、自动化生产线等设备。建模过程中,要充分借鉴工业设计思路,对智能设备的结构、运动、物性等进行参数化描述,支持学生灵活调整设计参数、优化设计方案。如在五轴数控加工仿真项目中,通过可配置的刀具参数、进给速度、切削用量等,学生可方便地评估加工精度和效率。在工业机器人调试仿真中,学生通过调整关节、连杆的尺寸和运动范围,掌握机器人结构设计要领。通过参数化建模,学生可快速对设备进行结构优化、性能评估,培养工程优化能力。同时,设备模型还应具备业务逻辑接口,支持控制程序的集成仿真。如数控设备模型可与CAM软件无缝集成,直接导入G代码,进行图形化仿真加工^[4]。

（二）生产线工艺流程的虚拟重构

利用虚拟仿真技术可高度还原智能车间的生产组织全过程,让学生在虚拟场景中领悟精益生产、敏捷制造的精髓。如在汽车焊装生产线虚拟仿真项目中,学生根据产品订单灵活配置机器人工作站,优化产线平衡,缩短产品交付周期。生产线的构建要综合考虑设计、工艺、物流、供应链等要素^[5]。通过可视化建模工具,学生自主规划车间布局,配置物流输送线,构建离散事件仿真模型。在三维可视化环境中,学生沉浸式体验产品从投放到产出的全流程,优化生产组织管理,强化综合实践能力。同时,工艺流程仿真环境要支持学生的创新性思维,鼓励学生创新工艺路线、突破常规约束,孵化创新性生产组织方案。

（三）设备故障诊断与维护训练模块

虚拟仿真实训平台要加强对设备故障的建模仿真,设计形式多样的设备故障诊断与维护训练项目。以数控机床为例,通过设置主轴振动、刀具磨损、热变形等多种故障模式,学生在虚拟数控机床上实时监测设备状态,分析振动频谱、主轴电流等信号,及时发现设备故障征兆,评估故障严重程度。项目难度应由易到难分层设置,循序渐进地提高学生的故障发现、定位、隔离、排除等能力^[6]。

（四）生产数据采集与可视化实现

虚拟仿真平台应支持对生产设备和产品的多源异构数据采集,让学生在虚拟场景中学习数据挖掘分析方法。在数控加工仿

真项目中,可通过虚拟传感器采集主轴转速、进给速率、切削力等加工参数。学生分析多参数之间的关联规律,优化切削参数,实现加工效率和成品率的提升^[7]。在产品装配仿真中,学生通过实时采集装配误差、偏移量等数据,开展装配质量的统计过程控制,掌握智能质量管理方法。

三、面向智能制造的虚拟仿真实训平台应用效果评估与优化

（一）实训教学效果的量化评价指标

针对智能制造技术技能要求,构建涵盖专业知识、工程实践、创新创业等维度的量化评价指标,评估学生在虚拟仿真环境中的学习效果。如在专业知识维度上,细化智能传感、机器视觉、运动控制等领域的考核要点,重点考查学生对智能制造共性技术的掌握程度。在工程实践维度,通过对虚拟仿真训练全过程数据的挖掘分析,多角度评估学生的实操水平,涉及设备操作规范性、故障诊断准确性、安全防护意识等^[8]。在创新创业维度,关注学生在开放式虚拟项目中表现出的创造力,涵盖新工艺方案、新产品开发等。评价指标的设定要坚持以学习产出为导向,能客观反映学生的职业能力素养。

（二）学生技能掌握度分析与评测

虚拟仿真实训的根本目标是提升学生的实践技能。要运用教育数据挖掘、学习分析等方法,深入剖析学生在虚拟仿真环境中的学习行为和能力发展轨迹。可采用可视化分析工具,多维度展现学生在虚拟项目中的操作动线、完成质量、所需时长等信息,发现学生在操作技能掌握上的薄弱环节。通过对海量训练日志数据的机器学习建模,刻画不同层次学生的能力画像,推荐匹配的训练项目,实现因材施教。鼓励学生在虚拟环境中创新实践,挖掘制造业创新人才。可设置创新挑战项目,学生自主策划实施,系统客观评估其创新思维能力。要引入企业评价,邀请企业专家点评指导。

（三）平台可靠性与稳定性测试

虚拟仿真实训对实时交互提出了苛刻要求,要优化核心算法提升渲染效率,保障平台的流畅度。建设智能运维平台,监测系统的CPU占用率、内存使用率等,实现故障的实时预警和自动定位。构建柔性的云端架构,支持资源的弹性伸缩,保障平台的高可用。针对安全性要求,严格进行等保测评,配备数据备份、容灾等手段,保障平台的数据安全和业务连续性。平台应定期进行渗透测试和代码审计,及时修复潜在的安全漏洞。平台的质量管理要全员参与,建立试点用户反馈机制,教师反馈平台建设需求,学生反馈对交互体验的建议。高质量、高可用的实训平台是智能制造人才培养的坚实载体^[9]。

（四）教学反馈与持续改进机制

要定期开展师生座谈,了解不同专业、不同学习阶段的个性化需求。综合考虑智能制造产业发展趋势,平台应快速迭代更新,为教学注入新动能。及时将行业前沿、生产一线案例引入教学,使虚拟项目紧跟智能制造发展脉搏。要建立常态化的教学质

量反馈渠道，鼓励学生对平台功能、课程内容、教学组织等进行评价，帮助教师诊断教学效果，为课程持续改进提供参考^[10]。

四、结束语

智能制造是制造强国建设的主攻方向，对高素质工程技术人

才提出了新的更高要求。职业院校要主动顺应智能制造发展趋势，深化复合型技术技能人才培养改革，大力推进虚拟仿真实训平台建设。聚焦智能制造关键技术，开发交互友好、沉浸感强的虚拟仿真项目，为学生提供开放的实践创新空间。秉承产教融合理念，虚拟仿真平台建设要主动对接行业企业需求，让智能制造生产场景和工程案例走进校园。

参考文献

[1] 谭礼健, 秦程. 基于虚拟仿真技术的机器视觉与工业机器人实训平台研究 [J]. 内燃机与配件, 2024, (24): 143-145.DOI: 10.19475/j.cnki.issn1674-957x.2024.24.026.

[2] 高森, 蒋保涛. 基于人工智能的工业机器人专业群实践教学生态建构 [J]. 武汉工程职业技术学院学报, 2024, 36(04): 84-87.

[3] 赵洋, 胡亚伟, 张兆云. 面向真实应用场景的 PLC 实训平台构建 [J]. 东莞理工学院学报, 2024, 31(05): 117-122.DOI: 10.16002/j.cnki.10090312.2024.05.003.

[4] 胡海霞, 胡坤, 刘志卫, 等. 依托工程实训平台的先进制造技术教学模式探讨 [J]. 机电产品开发与创新, 2024, 37(04): 155-157.

[5] 李林. 基于 PLC 的模块化可重组机器人实训平台控制系统研究 [J]. 现代制造技术与装备, 2024, 60(07): 221-224.DOI: 10.16107/j.cnki.mmte.2024.0449.

[6] 黄伟, 马术文, 吴静, 等. 虚拟仿真实训平台在智能制造专业教学中的应用探索 [C]// 河南省民办教育协会. 2024 高等教育发展论坛暨思政研讨会论文集 (上册). 德阳城市轨道交通职业学院; , 2024: 137-140.DOI: 10.26914/c.cnkihy.2024.017222.

[7] 姚立权, 刘永刚, 李文化. 基于数字孪生的智能制造教学试验实训平台开发 [J]. 机电工程技术, 2024, 53(07): 133-136.

[8] 何全文. 高职院校智能制造专业虚拟仿真实训教学平台设计 [J]. 教育观察, 2024, 13(19): 23-26.DOI: 10.16070/j.cnki.cn45-1388/g4s.2024.19.032.

[9] 何洁, 王怀艳. 为企业发展新质生产力培养高技能人才 [N]. 南京日报, 2024-04-07(A03).DOI: 10.28601/n.cnki.nnjrb.2024.001501.

[10] 李军科, 戴明, 杨国华. 基于 STM32 与 LabVIEW 的 CAN 总线创新实训平台设计 [J]. 苏州市职业大学学报, 2024, 35(01): 52-59.DOI: 10.16219/j.cnki.szxzbk.2024.01.009.