

技工院校数字孪生技术驱动的智能制造实训体系建设现状及对策研究——以湖南兵器工业高级技工学校为例

陶冶

湖南兵器工业高级技工学校, 湖南 益阳 413000

DOI: 10.61369/TACS.2026060040

摘 要 : 数字孪生技术驱动的智能制造实训体系是提高工程职业教育实践教学质量、培养智能制造领域技术性人才的重要途径。本文分析了数字孪生技术驱动的智能制造实训体系的建设与研究现状, 揭示了数字孪生技术驱动的智能制造实训体系面临的困境与挑战, 提出了虚实融合的实训环境构建、动态交互的教学模式创新、产教协同的实践体系衔接等应对策略, 并以湖南兵器工业高级技工学校为实证, 实践证明这些策略的实施显著提升了学生的实践能力与创新思维, 为技工院校专业人才培养模式的创新及职业教育实践教学改革提供了新思路和新方向。

关 键 词 : 数字孪生技术; 智能制造; 实训体系; 技工院校

Research on the Current Situation and Countermeasures of Smart Manufacturing Training System Driven by Digital Twin Technology in Technical Schools - A Case Study of Hunan Ordnance Industry Senior Technical School

Tao Ye

Hunan Advanced Technical School of Ordnance Industry, Yiyang, Hunan 413000

Abstract : The smart manufacturing training system driven by digital twin technology is an important approach to improve the quality of practical teaching in engineering vocational education and cultivate technical talents in the field of smart manufacturing. This paper analyzes the current construction and research status of the smart manufacturing training system driven by digital twin technology, reveals the dilemmas and challenges faced by the system, and proposes corresponding countermeasures such as the construction of a virtual-real integrated training environment, the innovation of a dynamically interactive teaching mode, and the connection of an industry-education collaborative practice system. Taking Hunan Ordnance Industry Senior Technical School as an empirical example, practice has proved that the implementation of these strategies has significantly improved students' practical abilities and innovative thinking, providing new ideas and directions for the innovation of professional talent training models in technical schools and the reform of practical teaching in vocational education.

Keywords : digital twin technology; smart manufacturing; training system; technical schools

一、前言

随着新一代信息技术(物联网、云计算、大数据、人工智能)的迅猛发展,制造业正经历深刻变革,向智能制造转型。智能制造作为人工智能与工业化深度融合的产物^[1],对高技能人才需求迫切。健全的智能制造实训体系是提升工科实践教学质量、培养高级工程人才的关键路径^[2],然而实现高效、安全、低成本的实训运行面临重大挑战。为此,《国家智能制造标准体系建设指南(2024版)》提出数字孪生(Digital Twin,DT)技术作为重要解决方案。该技术起源于2003年美国密歇根大学 M.W.Grievies 提出

的“镜像空间模型”,通过建立物理实体与信息空间的精准映射关系,实现对制造过程的数字化模拟、评估与预测^[3]。数字孪生融合了计算机技术、传感器技术、人工智能与数字化技术,为智能制造过程建模、仿真、虚拟现实、数据采集与传输等环节提供全方位技术支撑,最终达到对物理实体的精准数字化呈现与控制。

随着智能制造技术迭代加速,如何构建数字孪生驱动的智能制造实训体系以提升实践教学质量,已成为职业院校工程教育的关键难题。湖南兵器工业高级技工学校智能制造实训中心在承担数控加工与模具制造等核心实训任务时,面临区域产业技术升级带来的教学脱节问题:教学方法传统单一且虚实闭环缺失,教师

校企合作深度不足，教学内容滞后于产业技术发展。因此，探索数字孪生技术驱动的实训体系构建与运行模式，对推动智能制造人才培养与产业需求精准对接具有重要实践价值。

二、技工院校智能制造实训体系建设现状

（一）智能制造类专业实训体系建设的研究现状

信息技术飞速发展推动制造业转型升级与产业迭代，智能制造成为未来制造业核心方向^[4]。当前智能制造实训教学面临设备陈旧、成本高昂、师资不足、内容与产业脱节及教学效果不足等瓶颈，传统模式难以支撑学生技能培养需求。近年来，职教领域学者聚焦数字孪生技术驱动的实训体系创新，通过多维度研究构建虚实融合、产教协同的解决方案，为破解实训难题提供理论支撑与实践路径。

围绕智能制造人才培养目标，构建了“德、知、技”三位一体人才培养理念与“理虚实”三元融合教学模式^[5]。技术层面，系统梳理数字孪生概念框架与多学科融合方法，建立实训场景应用理论依据，突破虚拟示教技术及实训系统开发难题，攻克单一设备虚实映射核心技术，同时探索智能制造与数字孪生技术融合发展路径，验证其在提升制造效率方面的显著成效^[6]。体系建构方面，实现制造工程领域数字孪生技术与教育领域实训体系的深度融合，提出基于数字孪生技术的智能制造人才实训体系建设理念，构建包含平台训练、管理、师资等要素的完整实训体系^[2]。教学内容上，对标企业真岗位、真项目、真工艺，引入虚拟仿真、MES系统、工业机器人、智能加工、智能检测、智慧物流等新技术，将智能制造核心要素和流程深度融入MES系统，重构“五阶递进”综合实训项目^[5]。该体系通过理念创新、技术突破、体系重构和内容升级的协同推进，有效解决了传统实训教学与产业需求脱节问题，为智能制造人才培养提供了可复制的实践范式。

（二）数字孪生技术驱动智能制造实训体系建设的困境与挑战

当前职业教育人才培养在数字孪生技术驱动智能制造实训体系建设中面临多重挑战^[7]，技术层面，数字孪生模型保真度不足导致与真实设备存在偏差，高精度建模需融合激光扫描与摄影测量技术，但成本高昂；算力需求激增与边缘计算节点部署滞后形成矛盾，影响实时交互体验。教学层面，传统实训教学理念滞后于工业4.0需求，课程内容与产业数字化进程脱节，缺乏虚实融合的系统化设计；师资队伍存在“技术应用浅层化”问题，教师对数字孪生全生命周期管理能力不足，难以支撑复杂工程问题解决。资源层面，校企数据共享存在安全壁垒，国产加密技术尚未完全覆盖企业核心数据，制约产教协同深度；实训场景多聚焦单一设备操作，缺乏全产业链协同训练，难以培养系统思维。评价体系尚未突破传统考核模式，缺乏对操作轨迹、应急响应等过程性数据的动态分析工具^[2]。这些困境反映出技术赋能教育转型中的“最后一公里”难题，亟需构建“技术-教育-产业”三元协同的创新生态^[8]。

三、数字孪生技术驱动智能制造实训体系建设的策略

（一）虚实融合的实训环境构建

通过数字孪生技术搭建物理实体与虚拟空间的高保真映射，构建沉浸式实训场景^[9]。利用三维建模、实时数据交互等技术，模拟复杂工业系统的动态行为，支持学生开展安全、可重复的虚实联调实验。同时，结合VR/AR设备增强操作体验，解决高危、高成本场景的实训难题^[10]。

（二）动态交互的教学模式创新

基于数字孪生的实时反馈机制，设计“观察-模拟-优化”的迭代式教学闭环。学生可通过调整虚拟参数观察系统响应，结合数据分析优化工艺流程，培养系统思维与动态决策能力。学生通过建立预测模型并调节参数，实现产品质量的动态优化。此类模式突破传统单向教学局限，支持复杂工程问题的多维度探究^[10]。

（三）产教协同的实践体系衔接

构建与产业需求深度对接的模块化实训平台，整合工业机器人、智能仓储等典型场景，强化跨学科能力培养，如通过虚拟调试与实体产线同步运行，实现PLC编程、MES系统操作等技能的实战化训练。同时，融入企业真实数据与案例，推动科研成果向教学资源转化，形成“教学-产业-创新”良性循环^[11]。该策略通过虚实协同赋能，有效弥合教育供给与产业需求的鸿沟。

四、实证研究

湖南兵器工业高级技工学校联合三一重工等企业，针对智能制造类专业实训与产业需求脱节问题，启动数字孪生实训中心升级项目，成功构建“物理设备+虚拟产线+企业案例”三位一体的融合实训体系。该项目采用Unity引擎与OPC UA通信协议，搭建1:1映射的虚拟实训平台，为数控加工中心加装传感器实现设备数据实时采集与同步；基于校企合作基地真实生产线数据，开发含8个核心环节的虚拟产线模块，支持学生进行产线布局优化与工艺参数调整。同时，创新开发“虚实协同”监控系统，通过虚拟平台记录分析学生操作日志自动生成评分，物理设备端摄像头与数据采集终端捕捉实操动作并与虚拟最优流程对比，及时提示操作偏差，如模具设计与制造环节的系统自动标注差异点并指导物理设备验证优化。此外，建立“湖南省智能制造实训资源共享库”，整合物理设备、虚拟资源、企业案例三类资源，实现设备预约维护、教师任务定制与学生仿真练习的全流程智能化管理，为智能制造人才培养提供了虚实融合、产教协同的实践平台。

数字孪生驱动的实训体系改变了传统“教师示范-学生模仿”的单向教学模式，构建了“虚拟预习-物理验证-优化迭代”的闭环学习路径，显著提升了学生的实践能力与创新思维。实践证明，数控加工专业与模具制造专业“产线工艺优化”项目合格率显著提高；学生在省级技能竞赛获奖率与奖励等级得到较大提升；2025届毕业生实习中85%以上的学生能在1个月内独立完成实习车间基础运维，适应期缩短2周。同时，该校采用的“数字

孪生教学评价系统”，从虚拟操作（占比 40%）、物理实操（占比 30%）、创新方案（占比 30%）三个维度综合评分，避免了传统实训“重操作、轻思维”的评价局限。学生自评数据显示，参与数字孪生实训后，“问题解决能力”得分较传统实训班级提升 51.8%，“创新思维”得分提升 43.6%，更符合智能制造对技术技能人才的能力需求。

五、结语

随着数字化转型加速，数字孪生技术成为智能制造发展的关键支撑和职业教育教学改革的必然趋势。将数字孪生融入智能制造实训体系，不仅彰显了职业教育向智能化转型的办学特色，提升了人才培养质量，同时促进了智慧教学与智能制造的深度融合。这一举措为技工院校专业人才培养模式的创新及职业教育实践教学改革提供了新思路和新方向。

参考文献

- [1] 李钰龙, 张红梅, 陈普银, 等. 数字孪生技术在智能制造实训中的应用研究 [J]. 农机化综合研究, 2025, (5): 156-159, 171.
- [2] 赵翠俭, 刘淑杰, 容旭巍, 等. 数字孪生技术在智能制造人才实训体系中的应用研究 [J]. 石家庄学院学报, 2024, 26(3): 145-148, 160.
- [3] 韦兰花, 黄亮. 数字孪生技术在智能制造中的应用 [J]. 电子技术, 2024, 53(4): 366-368.
- [4] 刘艳申, 郭凯, 潘冠廷. 智能制造背景下高水平技术技能人才培养实训体系构建研究与实践 [J]. 陕西教育 (高教), 2025, (4): 83-85.
- [5] 蒋道霞, 符学龙, 刘欢. 智能制造综合实训课程“三三五”体系的教学设计与实施 [J]. 湖北开放职业学院学报, 2025, 38(1): 177-180.
- [6] 钱江. 基于数字孪生的工业机器人虚拟示教技术研究与教学实训系统开发 [D]. 浙江大学, 2022.
- [7] 蒋太波. 基于数字孪生技术的智能制造虚拟仿真实训基地设计与建设研究 [J]. 造纸装备及材料, 2024, 53(12): 187-189.
- [8] 谢远龙, 王书亭, 郭卉, 等. 教育数字化转型下数字孪生驱动的机械工程专业人才培养 [J]. 高等工程教育研究, 2023, (6): 47-53.
- [9] 吴俊君, 陈海初, 张清华, 等. 基于数字孪生技术的智能制造实训教学模式研究 [J]. 工业和信息化教育, 2022, (2): 72-76.
- [10] 叶金梦. 新质生产力视域下数字孪生技术驱动实训教学模式的创新 [J]. 现代制造技术与装备, 2025, (11): 222-224.
- [11] 李东安, 黄婷. 智能制造背景下中职学校工业机器人技术专业实训体系建设 [J]. 科技与教育, 2020, (12): 188-190.