

虚实协同视角下智能制造 VR 沉浸式教学模式构建与实践

谢济江

广西电力职业技术学院

DOI:10.32629/er.v9i8.7323

[摘要] 智能制造产业数字化升级持续推进，行业对技术人才的系统化实操与工程研判能力要求持续提升。传统实训受设备成本、场地条件、安全规范等因素制约，存在实训场景单一、高危工况训练缺失、虚实教学衔接不足等问题，难以适配复合型人才培养需求。本文以虚实协同理念为核心，构建三维一体的 VR 沉浸式实训教学模式，设计闭环实训流程与多维评价体系。实践表明，该模式可有效弥补传统实训短板，优化学生技能养成路径，可为智能制造专业数字化实训改革提供参考。

[关键词] 智能制造；虚实协同；VR 沉浸式实训；教学模式改革

中图分类号：G642.0 **文献标识码：**A

Construction and Practice of Intelligent Manufacturing VR Immersive Teaching Model from the Perspective of Virtual-Real Synergy

Jijiang Xie

Guangxi Electrical Polytechnic Institute

Abstract: With the continuous digital upgrading of the intelligent manufacturing industry, the industry has increasingly higher requirements for technical talents' systematic operational ability and engineering judgment capability. Restricted by equipment cost, site conditions and safety specifications, traditional practical training is limited by single training scenarios, insufficient training of high-risk working conditions, and poor connection between virtual and real teaching, which fails to meet the cultivation needs of compound technical talents. Based on the core concept of virtual-real synergy, this paper constructs a three-in-one VR immersive practical teaching model and designs a closed-loop training process and a multi-dimensional evaluation system. Practical results show that the proposed model can effectively make up for the shortcomings of traditional practical training and optimize students' skill cultivation paths, which can provide a reference for the digital teaching reform of intelligent manufacturing majors.

Keywords: intelligent manufacturing; virtual-real synergy; VR immersive teaching; teaching model reform

引言

智能制造生产模式的数字化迭代，推动行业人才培养标准持续升级，企业愈发重视从业者的产线统筹、故障排查与工艺优化综合素养，对院校实训教学质量提出了更高要求。当前多数院校智能制造专业仍沿用传统实训模式，受设备造价、实训安全、场地资源等现实条件限制，校内实操训练覆盖面有限，核心高危实训内容难以开展，学生难以形成完整的工程系统认知，实训成果与企业岗位需求存在脱节。VR 技术凭借场景复刻、零风险试错的优势，可有效拓宽实训教学边界，已广泛应用于工科实训教学。基于此，本文构建可落地的 VR 沉浸式实训模式，细化实施路径，助力专业实训教学数字化转型。

1 智能制造教学困境与 VR 技术适配逻辑

1.1 智能制造教育核心诉求与现实瓶颈

智能制造岗位重点考察学生产线联动、故障排查与工艺优化等综合性工程能力。此类能力具备较强的系统性与实践性，无法依靠理论记忆和碎片化操作养成，需依托完整工业场景开展反复实训与试错探究。现阶段多数院校实训条件与企业岗位需求存在错位，传统实训模式的固有局限，难以满足学生高阶工程素养的培育要求。

结合校内实训实际，当前教学瓶颈主要包含三方面。资源层面，智能产线设备造价高、更新快，院校多配置局部实训模块，有限工位无法支撑规模化教学，学生单人实操时长普遍不足。实施层面，精密设备容错率低，为规避设备损耗

与安全隐患，实训仅保留基础标准化操作，删减故障调试、参数优化等核心高危训练内容，学生缺少试错探究空间。认知层面，碎片化的单设备、单工序训练模式，导致学生难以掌握产线联动与数据交互逻辑，无法形成系统工程认知，最终造成实训成果与岗位需求脱节。

1.2 VR 技术特征与智能制造教学适配性分析

VR 技术具备高精度场景复刻与沉浸式交互优势，可有效弥补传统实训短板，高度适配智能制造实训教学需求。该技术可 1:1 还原工业产线与设备结构，突破传统平面教学的认知局限，帮助学生快速建立立体、整体的产线认知。同时，虚拟实训支持全流程自主操作与无限次试错，无设备损耗、无安全风险，有效解决了实体实训试错机会匮乏的痛点。

此外，VR 场景可自定义设置设备故障与极端生产工况，支持学生开展参数调试与工艺优化探究，锻炼工程研判与问题解决能力。但单一虚拟实训存在明显局限，无法还原实体设备的物理触感与细微运行偏差，易造成学生理想化操作认知。因此，通过虚实协同模式实现虚拟预训与实体实操校准的互补融合，是完善实训体系、提升教学质量的关键。

1.3 虚实协同教学的理论基础

虚实协同教学模式依托建构主义与具身认知双重理论支撑构建而成。建构主义理论指出，专业知识与实操技能源于学习者的情境化主动探究，而非被动灌输。虚实融合的沉浸式实训场景可创设任务化教学情境，引导学生在实操试错中内化专业知识，有效弥补传统静态教学场景单一、代入感薄弱的缺陷。

具身认知理论进一步强调，工程认知的形成依赖身体与真实工况的双向交互，纯虚拟实训易出现认知悬浮，单一实体实训则存在训练场景受限问题。虚实协同模式有效整合两类实训场景的优势，构建阶梯式技能养成体系，兼顾虚拟实训的可试错性与实体实训的真实性，为学生实操能力与系统认知的同步提升提供坚实理论支撑。

2 虚实协同视角下 VR 沉浸式教学模式构建

2.1 模式构建核心框架

基于前文梳理的教学痛点、技术适配性与理论支撑，本文以破解实训场景不足、虚实教学脱节、学生认知浅层化问题为核心目标，结合院校常态化教学落地条件，搭建空间、流程、认知三维协同的 VR 沉浸式实训模式。空间维度聚焦场景融合，重点打通虚拟 VR 场景与实体实训设备的数据传输通道，实现两类实训场景的资源互补、状态同步，从根源上解决虚实实训相互割裂的行业普遍教学问题^[1]。流程维度聚焦教学重构，打破传统实训碎片化、无序化的训练模式，搭建循序渐进、循环迭代的阶梯式实训节奏，高度适配学生课堂认知规律与技能养成逻辑。认知维度聚焦能力落地，通过虚实场景的对照训练与联动验证，引导学生从浅层的设备机械操作，逐步进阶至深层的产线逻辑理解与故障研判思维养成。三个维度紧密衔接、协同发力，形成闭环式育人体系，区别于流于形式的线上线下混合教学，全程聚焦实训质量提

升与学生核心技能落地。

2.2 模式层级结构设计

为适配普通院校实训设备条件、降低教学改革落地门槛，本模式构建虚拟实训、虚实映射、实体实训三层联动结构，各层级分工明确、衔接紧密，形成完整实训育人体系。虚拟层级依托常规 VR 设备与实训软件，搭建覆盖设备认知、工艺仿真、故障模拟等模块的沉浸式实训场景，主要用于课前预习与课堂前置训练，帮助学生熟练操作规范，规避实体实训基础失误。映射层级依托数据交互技术打通虚实双向传输通道，实现工艺参数、操作流程与设备运行状态实时同步，保障两类实训场景运行逻辑统一。物理层级依托院校现有智能产线与机器人设备，承接虚拟实训成果，完成实操验证与技能固化，培养学生适配岗位的实操能力。

依托三层空间架构，本文搭建适配多场景教学的四阶递进闭环实训流程，可满足基础训练、专项实训、综合项目实训等多元教学需求。虚拟认知预演阶段，学生在零风险虚拟场景中熟悉设备结构与操作规范，消除精密设备操作畏惧心理，夯实实训基础。虚实联动校准阶段，学生将优化后的虚拟操作方案落地实体设备，对比场景差异，修正虚拟训练带来的理想化认知偏差。实体实操固化阶段，学生依托虚实联动积累的经验，独立完成产线调试、故障排查等核心任务，实现虚拟认知向实操能力的有效转化。数据迭代优化阶段，教师结合学生实操数据动态校正虚拟场景参数，持续完善实训体系，构建可循环迭代的长效实训闭环。

2.3 多维协同评价机制

传统智能制造实训评价体系侧重终结性考核，仅依托实训报告、最终操作效果打分，难以全面反映学生的训练过程、成长细节与能力短板，评价结果存在明显片面性。为适配虚实协同的全新实训流程，本文搭建过程记录、现场表现、实训成果三位一体的多维评价体系，实现实训教学全程可量化、可追溯的精准评价。其中 VR 实训系统可自动采集学生全过程训练数据，涵盖训练时长、操作步骤、试错次数、故障研判准确率等核心量化指标，完整记录学生课前预习、课堂练习、自主训练的整体表现，构成过程性评价的核心依据^[2]。

在量化数据考核基础上，增设课堂现场质性评价维度，教师结合学生实操过程的技能迁移能力、操作规范性、问题探究主动性与小组协作表现，评判学生虚拟技能向实体实操能力的转化成效，弥补量化数据无法覆盖的综合素养评价短板。同时以实训成果为终结考核依据，结合工艺调试精度、故障处置效率、方案优化效果等具象指标，客观评判学生核心专业实操能力。三类评价方式有机融合、互为补充，整合形成学生个性化实训能力档案，能够精准反映学生成长趋势与能力短板，为教师动态调整教学节奏、优化训练内容、落实因材施教提供可靠数据支撑。

2.4 教学模式内在增效机制

前文构建的三维协同框架与四阶实训流程，能够从认知养成、学习状态、技能转化三个核心层面，突破传统实训模

式的育人局限，形成独特的教学增效机制。在认知培育层面，前置化虚拟训练可帮助学生提前熟悉实训流程与设备运行逻辑，大幅降低实体实操的认知负荷，让学生摆脱基础操作记忆的桎梏，集中精力攻克故障研判、工艺调试等核心实训难点。同时虚拟场景支持无限次低成本试错，打破传统实训不敢试错、不能试错的保守训练局限，学生可自主尝试多元操作方案、观测设备运行反馈，在反复探究中逐步养成系统性产线研判思维。

在学习状态层面，VR 沉浸式交互场景能够打破传统实训枯燥、被动的学习氛围，有效激发学生自主探究积极性。梯度化的虚实递进训练流程，让学生循序渐进积累操作成就感，推动学习状态从被动完成任务转变为主动探究突破，持续提升课堂实训参与度与专注度。在技能转化层面，虚实映射的对照训练环节搭建起虚拟训练与实体实操的认知桥梁，引导学生主动对比两类场景的运行差异、修正认知偏差，有效化解单一虚拟实训技能脱节、单一实体实训视野局限的双重问题，显著提升专业知识与实操技能的转化效率，让校内实训效果更贴合企业岗位实际需求。

3 教学模式落地实践路径

3.1 重构模块化虚实融合课程体系

传统智能制造课程存在理论、虚拟、实操模块割裂脱节的问题，各教学单元衔接松散、育人合力不足，无法适配虚实协同的实训逻辑。为破解这一问题，本文结合企业岗位核心能力需求，对现有课程内容进行模块化重构，优化全程实训教学节奏。课程导入阶段依托 VR 沉浸式场景完成设备认知、产线布局的可视化教学，帮助学生快速建立直观专业认知。技能夯实阶段拆分设备调试、参数设置、基础运维等基础模块，通过高频次虚拟训练夯实学生基础操作技能。综合提升阶段聚焦故障排查、产线联动优化等教学难点，全面落地虚实联动一体化训练模式，让虚拟预训、虚实校准、实体实操贯穿教学全过程，实现课程内容与实训模式的精准适配、深度融合^[3]。

3.2 搭建一体化虚实协同实训平台

针对多数院校实训经费有限、设备迭代滞后的现实办学条件，本文采用分层建设、逐步迭代的轻量化思路，搭建低成本、可落地的虚实协同实训平台，无需一次性投入全套高端设备。平台分为四大协同板块，各板块各司其职、联动运行。物理设备层依托院校现有智能实训设备、传感装置搭建实体载体，充分盘活现有教学资源，降低改革投入成本。数据交互层依托基础数据采集与传输工具，实现虚拟场景与实体设备的实时数据互通，保障操作参数、运行状态同步统一。虚拟仿真层依托成熟商用 VR 实训软件，搭建适配课程知识点的沉浸式训练场景，覆盖全模块实训教学需求。

3.3 强化教师数字化教学设计能力

教师数字化教学设计与实施能力，是保障虚实协同教学模式落地见效的核心关键。当前多数任课教师具备丰富的传统实训教学经验，但普遍缺乏数字化虚实融合教学的设计思维与实操能力，难以充分发挥新模式的育人优势。对此，院校可针对性开展专项教研培训，培训内容聚焦 VR 场景实操应用、虚实实训流程衔接设计、实训数据研判分析、分层实训方案开发等落地性较强的实操内容^[4]。通过系统化培训引导教师转变传统固化的实训教学理念，摆脱单纯设备演示、手把手教学的传统模式，掌握虚实联动课堂的设计与管控方法，推动教师从传统实训授课者，逐步转型为数字化实训教学设计者与学生自主探究引导者，全方位夯实新模式落地的师资基础^[5]。

4 结论

本文结合智能制造实训教学的现实痛点，依托虚实协同、具身认知等理论，构建三维一体的 VR 沉浸式实训教学模式，设计四阶闭环实训流程与多维评价体系，形成适配院校常态化教学的育人方案，整套方案落地性较强，能够为智能制造专业实训教学数字化改革提供可行的实践参考。后续将结合分层教学理念优化实训方案，持续迭代场景体系，依托长期教学实证数据完善模式内容，进一步提升数字化实训教学的育人成效与行业推广价值。

【参考文献】

- [1]陈天娥,乐明于.智能制造类课程“虚实结合”教学改革范式研究[J].机械职业教育,2023(3):51-54.
- [2]黎花,刘泳生,耿青玲,等.基于数字孪生的“虚实融合+跨空间协同”智能制造产线实训模式探索[J].内燃机与配件,2025(23):144-147.
- [3]吴义纯,齐佩雯,徐结红,等.基于虚实混仿平台的翻转课堂实训教学研究[J].中国现代教育装备,2022(21):60-62.
- [4]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.
- [5]祝洲杰,陈昌安,尤光辉.虚实一体,提质增效——智能制造数字孪生技术实践基地建设探索与教学实践[J].中国多媒体与网络教学学报(中旬刊),2023(12):127-130.

作者简介:

谢济江（1986-），男，汉族，广西玉林人，本科，讲师，研究方向：人工智能。

基金项目:

中国高校产学研创新基金-新一代信息技术创新项目课题《基于大数据驱动的智能制造产教融合平台构建与虚拟现实协同教学研究》（课题编号 2024IT064）。