



DOI: 10.7512/j.issn.1001-2303.2026.05.17

基于焊接虚拟仿真实验平台的建设与优化管理

阴 明, 郭枝梁, 庞雅琪

山西电子科技学院 智能制造学院, 山西 临汾 041000

摘 要: 随着教育技术的不断进步, 虚拟仿真技术在实验教学领域的应用范围持续扩大。针对焊接虚拟仿真实验平台的建设与优化管理进行了深入研究, 探讨其在提升教学质量、节约资源及增强实验安全性等方面的显著优势, 并据此设计了详尽的建设方案与管理策略。通过创建高度仿真的虚拟焊接环境, 使学生能够在此条件下进行有效训练, 进而提升其实际操作技能与综合问题解决能力。此外, 研究还根据焊接虚拟仿真实验室的建设特性, 深入剖析了虚拟实验室的局限性, 并提出了“虚实结合”的教学模式, 以实现虚拟与实体实验资源的互补优化。

关键词: 焊接; 虚拟仿真; 实验平台; 教学改革; 优化管理

中图分类号: G482, G642.0 文献标识码: A 文章编号: 1001-2303(2026)05-0140-07

Construction and Optimized Management of a Welding Virtual Simulation Experimental Platform

YIN Ming, GUO Zhiliang, PANG Yaqi

School of Intelligent Manufacturing Industry, Shanxi University of Electronic Science and Technology, Linfen 041000, China

Abstract: With the continuous advancement of educational technology, the application of virtual simulation technology in the field of experimental teaching has expanded significantly. In this context, an in-depth study was conducted on the construction and optimized management of a welding virtual simulation experimental platform. The study explored the platform's significant advantages in enhancing teaching quality, conserving resources, and improving experimental safety. Based on these findings, a detailed construction plan and management strategy were subsequently designed. By creating a highly realistic virtual welding environment, students can effectively train in such conditions, thereby refining their practical operational skills and fostering their comprehensive problem-solving abilities. Furthermore, the study delved into the limitations of virtual laboratories, drawing on the construction characteristics of welding virtual simulation laboratories. Consequently, an innovative 'combination of virtual and real' teaching mode was proposed, aiming to achieve complementary optimization of virtual and physical experimental resources.

Keywords: welding; virtual simulation; experimental platform; teaching reform; optimized management

引用格式: 阴明, 郭枝梁, 庞雅琪. 基于焊接虚拟仿真实验平台的建设与优化管理[J]. 电焊机, 2026, 56(5): 140-146.

Citation: YIN Ming, GUO Zhiliang, PANG Yaqi. Construction and Optimized Management of a Welding Virtual Simulation Experimental Platform [J]. Electric Welding Machine, 2026, 56(5): 140-146.

收稿日期: 2025-04-02 修回日期: 2025-12-11

基金项目: 山西省高等学校教学改革创新项目(J20231815); 临汾市重点研发计划(2334); 山西电子科技学院人才引进启动资金(2023RKJ031)

作者简介: 阴 明(1990—), 男, 博士, 副教授, 主要从事增材制造工艺与应用研究。E-mail: ymym6868@163.com。

0 引言

焊接技术是现代制造业的基石,在航空航天、汽车制造等领域发挥着关键作用,推动技术创新与产业升级^[1]。然而,传统焊接教学模式面临成本高、安全隐患及资源限制等挑战,制约了学生实践机会与技术普及^[2]。为解决这些问题,研究者探索了多种教学方法,但仍未完全突破瓶颈^[3]。随着计算机科学与虚拟现实技术的发展,焊接虚拟仿真实验平台应运而生,成为解决传统焊接教学问题的创新途径^[4-6]。该平台模拟真实环境,降低成本,提高安全性,使学生能无风险地反复练习,直至精通技巧。同时,其灵活性与可定制性丰富了教学内容,提升了教学效果与学习体验。但平台建设,尤其是综合性管理,仍有待完善。本文深入探讨焊接虚拟仿真实验平台的建设策略与优化管理措施,从关键技术、教学资源整合、用户交互设计及评估反馈机制等维度分析,旨在为教育工作者提供实践参考。期望推动该平台在高等教育与职业培训中的广泛应用,培养适应未来需求的工程技术人才,为行业持续发展注入新活力。

1 焊接虚拟仿真实验平台的建设背景

1.1 虚拟仿真技术的发展

虚拟仿真技术结合计算机图形学与虚拟现实技术,创造出身临其境的虚拟实验场景^[7]。该技术精确模拟实验流程及成果,提供沉浸式体验,同时避免真实实验的风险和高成本。随着计算机技术的飞速发展,虚拟仿真技术在实验教学中得到了广泛应用^[8],尤其在焊接实验教学中,成为增强学生实践能力、丰富教学内容、深化学习层次的创新解决方案。

1.2 传统焊接教学的局限性

传统焊接教学模式高度依赖实体设备与材料,然而,这一模式面临着多重挑战^[9-10]:高昂的设备购置与频繁维护成本、焊接作业中的高温与火花飞溅等安全隐患、实验室空间资源紧张导致的学生实践机会受限,以及焊接实践对金属及耗材的巨大消耗,这些都显著加重了教学负担。为解决这些局限

性,探索高效、安全的实验教学模式已成为当务之急。

1.3 焊接虚拟仿真实验平台的需求

鉴于传统焊接教学的局限,构建焊接虚拟仿真实验平台成为提升教学质效的核心策略。该平台模拟真实焊接环境与操作流程,让学生在安全可控环境中实践,增强操作技能与问题解决能力,有效提高了焊接课程的教学质量与效果。

2 焊接虚拟仿真实验平台建设方案

2.1 高端焊接虚拟仿真实验平台架构设计

焊接虚拟仿真实验平台集硬件、软件与数据库系统于一体,如图1所示。硬件系统集成高性能计算机、先进的虚拟现实头盔以及高度仿真的焊枪与焊件等尖端设备。计算机核心主控系统采用分布式仿真实训主控台,搭载Intel i9-12900K多核处理器与NVIDIA RTX A6000显卡,实现多通道数据处理与实时渲染,确保流畅仿真。电磁/光学追踪模块精度达 $\pm 0.1\text{mm}$,精准捕捉焊枪6DoF运动,实时同步至虚拟场景,增强操作精准度与真实感。HTC Vive Pro 2 VR头戴式显示器,双眼分辨率 $4\,896\times 2\,448$,瞳距自适应,带来极致沉浸式视觉。力反馈焊枪1:1复刻真实焊枪,内置振动马达与压力传感器,模拟电弧阻力与熔池反馈,提升操作真实性与手感。软件系统采用先进的物理引擎和算法,实现高精度模拟和实时渲染,精准再现焊接过程中的复杂物理现象,如电弧瞬态闪耀、焊液动态流淌及焊缝逐步凝结等。WM-VR渲染引擎基于Unity3D/Unreal Engine构建,能够实现每秒超百万粒子的动态熔池模拟,同时集成光线追踪技术,精确复原电弧光谱。物理引擎采用NVIDIA PhysX 5.0,支持多材料焊接热力学的高精度模拟,并包含焊缝形貌预测算法,有效模拟鱼鳞纹、咬边等缺陷。此外,在教学与管理模块设有分级训练体系,涵盖基础训练、工况模拟及考核评估,支持多种焊接工艺及全位置焊接模拟。其用户友好型交互界面设计简洁明了,操作便捷,显著提升了学生的实验操作效率和数据分析能力。数据库系统作为智慧管理的中枢,全面整合并存储焊接实验数据、用户信息及丰富教学资

源。该系统不仅方便教师高效管理教学活动,还支持学生随时随地进行自主学习,有效促进个性化学习路径的实现。

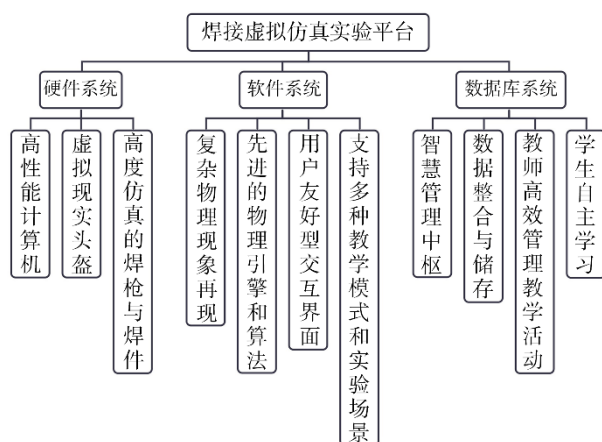


图1 焊接虚拟仿真实验平台结构

Fig. 1 Structural diagram of the welding virtual simulation experimental platform

2.2 关键核心技术应用

虚拟现实技术,依托虚拟现实头盔等高端设备,构建沉浸式的焊接实验场景,使学生仿佛置身于真实的焊接环境^[11]。同时,三维建模技术利用先进软件,精确打造焊接设备及工件的高保真模型,增强实验逼真度与互动性。物理仿真技术通过精细模拟焊接过程中的各类物理现象——如电弧的温度分布、焊液的流动速度等,确保实验结果的准确性和可信度。此外,人工智能技术凭借其智能算法,对实验数据进行深度挖掘与分析,为学生提供个性化的学习建议和即时反馈,引领实验教学进入一个智能化的全新阶段。

2.3 高端智能化虚拟焊接实训系统

高端智能化虚拟焊接实训系统集成了虚拟焊接仿真软件、焊接模拟器及熔化焊接与热切割作业模拟考试设备。虚拟焊接仿真软件,依托高精度三维模型与精密控制系统,逼真再现了电焊机的现实操作,通过灵活调整焊接工艺参数,模拟多样化的焊接加工工艺,广泛适用于多层次、多类型及规模的焊接课程教学,成为焊接精品课程与专业建设的重要支撑。焊接模拟器系统,融合仿真操作设备与实时3D渲染技术,营造出身临其境的焊接环境。学生可直观观察焊接电弧、焊液动态变化,并伴随真实焊接音效,极大地激发了学习兴趣与积极性,

显著提升了学习成效。熔化焊接与热切割作业模拟考试设备,采用先进仿真技术,精确模拟焊接火花与声音,操作方法与真实设备完全一致。该设备可实现安全生产操作的精准评估与自动判分,既满足教学训练需求,又适用于职业技能鉴定与考核,推动焊接技能教育的标准化与智能化发展。

2.4 实验资源深度开发

为充分挖掘焊接虚拟仿真实验平台的潜力,需精心开发一系列高质量、多元化的实验资源,包括详尽的实验教程、典型的实验案例、直观的实验视频等。这些资源广泛覆盖不同焊接工艺、多样材料以及应用场景,满足不同学习层次和需求的学生。同时,实验资源需融入趣味性和互动性元素,以激发学生的探索热情与学习积极性,推动焊接教育的创新发展。

以山西电子科技学院智能制造学院在焊接虚拟仿真课程建设中的液压支架梁体制造工艺为例,该课程融合了学习与实训考核两大模式。

在学习模式下,实验直观呈现了液压支架梁体的制作工序、连接方式、焊接方法及其坡口形式,深入解析了焊接缺陷类型、制作设备特性、坡口温度场分布、焊缝连接形式,以及焊接应力和变形的机理。同时,引入了焊接数值模拟技术,为学生构建了一个全面、深入且直观的学习体系(见图2)。

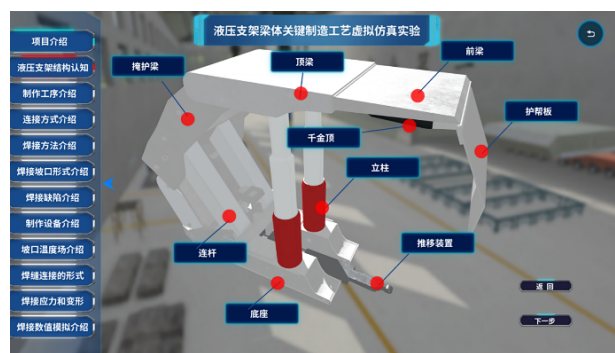


图2 液压支架梁体关键制造工艺的虚拟仿真实验的学习模式

Fig. 2 Learning mode of virtual simulation experiments for key manufacturing processes of hydraulic support beam bodies

实训考核模式则专注于对液压支架梁体关键制造工艺的全方位评估,从钢材进厂检验到数值模拟的完整流程均涵盖其中,包括原材料质量控制、钢板预处理技术、精确下料工艺、边缘精细加工、板

单元标准化制作与矫正、严格质量检测、高效拼接技术、专业涂装处理、安全运输方案及先进的数值模拟分析等(见图3)。该模式采用引导式学习路径,结合问答式检验机制,针对工艺难点与常见问题设置精准提问,通过即时解答促进知识的内化,显著提升学生的学习效率与问题解决能力。在互动式与探究式学习中,学生主导实验,虚拟技术再现加工过程,激发了他们的学习兴趣与动手能力。教师则详细讲解并提供指导,确保学生深入理解实验内容。通过融入虚拟仿真技术,聚焦工艺难点,引导学生掌握焊接制造工艺,显著提高了实践教学效果,为装备制造领域培养了高素质应用型人才。

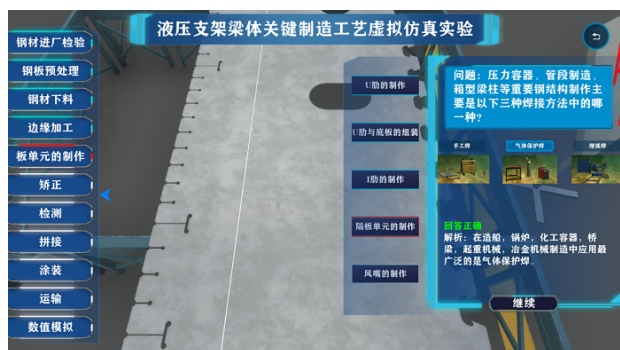


图3 液压支架梁体关键制造工艺的虚拟仿真实验的实训考核模式

Fig. 3 Practical training assessment mode of virtual simulation experiments for key manufacturing processes of hydraulic support beam bodies

3 焊接虚拟仿真实验平台的优化管理

3.1 实验教学管理体系构建

在实验教学管理中,需构建一个科学、高效且实用的管理体系(见图4),以确保焊接虚拟仿真平台的高效利用与教学效果的最大化^[12]。首先,依据教学大纲和学生实际需求,对课程内容进行梳理和重组,并通过问卷调查、学生反馈等方式,不断调整和优化课程时间配置,以实现理论与实践的紧密结合。同时,开发丰富多样的教学资源,包括教学视频、实验指南、案例库等,以支持学生的自主学习和实践操作。此外,定期组织教师培训,邀请行业专家和资深教师分享教学经验和最新技术动态,以提升教师的专业素养和实践能力。同时,鼓励教师参

与科研项目和实践活动,不断提高自身的教学水平和创新能力。在考核与评估方面,构建包含平时成绩、实验报告、实操考核等多维度的实验考核体系,以全面评价学生的能力水平。通过定期的评估和反馈,及时发现教学中存在的问题和不足,为教师提供有针对性的改进建议。最后,加强对焊接虚拟仿真平台的管理和维护,并通过定期更新和升级平台功能,不断满足教学和科研的新需求,提升平台的实用性和吸引力。

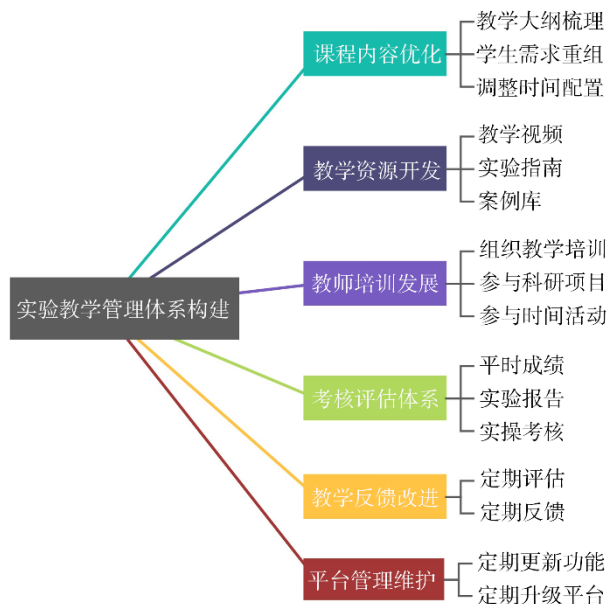


图4 实验教学管理体系构建结构

Fig. 4 Structural diagram for the construction of experimental teaching management system

3.2 实验资源高效管理体系优化

为确保虚拟仿真实验平台稳定运行、数据安全及资源优化,实施以下维护管理策略^[13]:全面检查维护硬件,建立故障快速响应机制,保障实验连续稳定;定期备份数据,确保数据安全可恢复;紧跟技术趋势,动态优化实验资源内容,满足多元化需求;注重平台可扩展性和灵活性,应对未来挑战;加强与供应商和技术伙伴合作,定期交流培训,提供坚实技术支持。

3.3 实验安全管理体系的构建与强化

为完善焊接安全培训与教育体系,需强化实验安全管理体系^[14]。通过系统化培训,让学生全面掌握焊接潜在风险及应对策略,培养风险识别与应急处理能力。制定详尽的安全操作规程,加强监督,

确保学生规范操作。建立完善的安全事故处理机制和应急预案,及时应对并控制事态,事后总结经验教训,避免类似事故。强化安全管理措施,明确安全职责和责任追究,定期维护检修虚拟仿真实验平台。加强安全教育,通过讲座、案例分析等活动,提升学生安全意识和自我保护能力。

3.4 实验环境的优化策略与实践

在实验环境设计方面,针对虚拟仿真实验平台特点进行合理布局优化,包括规划实验区域、设备摆放、照明通风等,提升舒适性和互动性。建立监控系统,实时监测环境参数,确保稳定性和安全性。定期清洁维护,保证设备正常运行和环境整洁。紧跟教学需求和技术发展,拓展实验功能,丰富内容和形式,增加实践机会。注重实验趣味性和吸引力,设计有趣项目,引入互动元素,激发学习兴趣。积极听取学生反馈,持续改进,创造安全、舒适、有趣的学习和实践平台。

4 焊接虚拟仿真实验平台的教学效果

4.1 强化教学成效

焊接虚拟仿真实验平台通过构建沉浸式学习环境,突破传统教学的时空限制,显著提升了学生的参与度与技能掌握效率。平台还集成实时反馈与智能评估系统,精准捕捉操作动作,即时反馈正确性,促进试错修正,显著提升了学习效果。沉浸式训练使基础技能(引弧、运条)掌握时间缩短60%(传统教学需20学时,虚拟仿真仅需8学时)。此外,平台采用智能评分系统,使学生焊缝质量达标率提高约40%,多位置焊接(仰焊/立焊)考核通过率增加了35%。

4.2 教学成本优化

传统焊接实验教学成本高昂,涵盖了设备购置、材料消耗、能源消耗及频繁维护更新费用。相比之下,焊接虚拟仿真实验平台利用数字化技术大幅降低成本。该平台无需实物消耗,避免原材料与能源浪费;可重复使用,减少维护与更新成本;同时,数字化环境还降低了教室清洁与管理成本。据统计,设备维护成本降低了约70%,设备利用率则提升了300%。此外,该平台支持教师同时监控30

台终端,相较于传统1:5的师生比,管理效率提高了6倍。这种成本节约不仅带来了短期经济效益,更在长期的设备购置、维护以及教学效率提升方面展现出显著优势。

4.3 安全性能提升

焊接操作因其涉及高温、火花飞溅等高风险特性,使得传统实验教学中的安全事故难以完全避免。相较之下,焊接虚拟仿真实验平台借助先进的数字化技术,显著提升了教学过程中的安全性。该平台能够模拟真实的焊接环境与操作场景,使学生全面了解焊接作业中的潜在风险及注意事项。同时,平台内置了详尽的安全操作规程与防护措施培训模块,包括个人防护装备的正确使用、应急处理流程等内容。通过模拟各种危险情境并提供针对性的训练,该平台有效提升了学生的安全意识、自我保护能力和应急反应能力。初步统计显示,使用焊接虚拟仿真实验平台进行学习后,学生在安全操作规范考核中的合格率从75%显著提升至95%,并且在实际焊接操作中的事故率降低了60%。这一成果验证了焊接虚拟仿真实验平台在提升焊接教学安全性方面的显著实效。

4.4 自主学习促进

焊接虚拟仿真实验平台凭借其丰富的资源体系与强大的个性化学习路径功能,为学生构建了一个高效、灵活的自主学习环境。平台资源广泛覆盖实验案例、教学视频、互动教程等,满足学生多元化学习需求;智能推荐系统精准定制个性化学习路径,引导学生高效自学^[15]。学生可自由选择实验内容,灵活规划学习进程,并通过实时反馈与评估功能及时调整学习策略,优化学习效果。这一自主学习模式不仅显著提升了学生的焊接技能掌握度、学习效率及满意度(分别提升30%、35%和40%),还有效培养了学生的终身学习能力和职场适应能力,展现出焊接虚拟仿真实验平台在焊接教育领域中的显著优势。

5 平台的局限性及改进建议

5.1 局限性分析

焊接虚拟仿真实验平台虽具革新优势,但仍面

临多重局限。触觉反馈与环境模拟真实度不足,影响学生对焊接物理特性和实操能力的培养;依赖高性能设备与虚拟现实技术,普及与应用受限,需频繁更新以适应技术迭代,增加维护管理难度;教学模式可能削弱教师引导与监控作用,影响师生互动;实验设计标准化、程序化,缺乏开放性和创造性,不利于批判性思维培养;在保持实验严谨性方面存在挑战,需引入数据验证机制,加强过程监控。针对这些局限,需不断探索完善,最大化平台潜力。

5.2 改进建议

针对焊接虚拟仿真实验平台的局限性,提出以下改进建议。首先,加强技术研发,引入先进虚拟现实与三维建模技术,提升真实感与互动性,如研发触觉反馈技术、优化环境模拟、增强实时交互等,以改善体验和学习效果。其次,优化设备配置,选用稳定兼容的软硬件,并加强维护,包括定期性能检测、软件更新升级及日常保养,确保平台稳定可靠。此外,建立共享机制,通过资源库互通共享,搭建合作平台,降低成本,提高利用效率。同时,加强教师培训,组织专题研讨会、在线课程等,提升教师对虚拟仿真技术的理解和应用能力。最后,采用“虚实结合”教学模式,虚拟实验预习与模拟结合真实操作验证,既发挥虚拟实验优势,又弥补其局限,提升教学效果和学习质量。

6 结论

针对焊接虚拟仿真实验平台的建设与优化管理进行了深入研究,探讨其在提升教学质量、资源节约及增强实验安全性等方面的显著优势,并据此设计了建设方案与管理策略,得出以下结论:

(1)通过集成高端硬件、先进软件与智能化管理系统,焊接虚拟仿真实验平台能够提供沉浸式学习体验,有效降低教学成本,提高安全性,并丰富教学内容与形式,显著提升了教学效果与学习成效。

(2)焊接虚拟仿真实验平台的优化管理包括构建科学高效的实验教学管理体系、实验资源高效管理体系、实验安全管理体系,以及实验环境的优化策略。这些管理体系的构建与强化确保了平台的稳定运行、数据安全和资源优化,提升了教学质量

与管理效率。

(3)为持续提升平台效能,建议加强技术研发、设备配置优化、资源共享机制建设及教师培训,同时采用“虚实结合”教学模式,以全面增进教学效果与学习质量,推动焊接教育的创新发展。

参考文献:

- [1] 王晋忠,柴斐,汪卓然,等. 增材制造技术在水下钛合金装备建造中的应用现状及展望[J]. 电焊机, 2025, 55(1): 19-27.
WANG J Z, CHAI F, WANG Z R, et al. Prospects of Additive Manufacturing Technology Application in the Construction of Underwater Titanium Alloy Equipment [J]. Electric Welding Machine, 2025, 55(1): 19-27.
- [2] 郑超,宋立彬,王新洪,等. 材料成型及控制工程专业虚拟仿真实验室的建设和实践[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(3): 261-265.
ZHENG C, SONG L B, WANG X H, et al. Construction and practice of virtual simulation laboratory for material forming and control engineering [J]. Experimental Technology and Management, 2019, 36(3): 261-265.
- [3] 郭润兰,康艳萍,杨东亚,等. 机械原理虚拟仿真实验室资源共享平台建设[J]. 实验室研究与探索, 2017, 36(6): 108-110.
GUO R L, KANG Y P, YANG D Y, et al. The Construction of Virtual Simulation Platform of Mechanical Principle for Lab Resource Sharing [J]. Research and Exploration in Laboratory, 2017, 36(6): 108-110.
- [4] 陈宇,肖逸锋,钱锦文. 新工科背景下虚拟焊接实验教学教学改革[J]. 电焊机, 2019, 49(12): 117-120.
CHEN Y, XIAO Y F, QIAN J W. Reform of virtual welding experiment teaching under the background of new engineering [J]. Electric Welding Machine, 2019, 49(12): 117-120.
- [5] 李宏娟,费新宇,管凯敏. AUV虚拟仿真实验教学平台的建设与应用[J]. 实验技术与管理, 2023, 40(6): 142-146.
LI H J, FEI X Y, GUAN K M. Construction and application of AUV virtual simulation experiment teaching platform [J]. Experimental Technology and Management, 2023, 40(6): 142-146.
- [6] 楼飞,沈巍. 工业机器人协同制造虚拟仿真实验平台建设研究——以制造产线智能化改造虚拟仿真实验建设为例[J]. 中国现代教育装备, 2024(7): 54-56.
LOU F, SHEN W. A Research on Construction of Vir-

- tual Simulation Experimental Platform for Industrial Robot Collaborative Manufacturing: Based on an Intelligent Transformation of Manufacturing Production Line[J]. China Modern Educational Equipment, 2024, (7):54-56.
- [7] 王亚丽,崔素萍,龚先政. 材料绿色制造虚拟仿真实验教学平台的建设与实施[J]. 教育教学论坛, 2023, (7):1-4.
- WANG Y L, CUI S P, GONG X Z. Construction and Implementation of Virtual Simulation Experiment Teaching Platform for Material Green Manufacturing [J]. Education and Teaching Forum, 2023(7):1-4.
- [8] 卢广华,倪雁冰,范胜波,等. 钣金虚拟仿真实验平台建设与应用[J]. 锻压技术, 2024, 49(1):236-240.
- LU G H, NI Y B, FAN S B, et al. Construction and application on virtual simulation experimental platform for sheet metal [J]. Forging & Stamping Technology, 2024, 49(1):236-240.
- [9] 李琰,张佳琳,饶星,等. 基于数字化的高校虚拟仿真实验教学平台建设与实践[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(10):233-238.
- LI Y, ZHANG J L, RAO X, et al. Construction and Practice of Virtual Simulation Experiment Teaching Platform in Universities Based on Digitization [J]. Research and Exploration in Laboratory, 2023, 42(10):233-238.
- [10] 刘四化,杨纯,罗婕,等. 虚拟仿真实验室建设及教学应用初探索[J]. 当代化工研究, 2022(7):144-146.
- LIU S H, YANG C, LUO J, et al. Preliminary Exploration on Construction of Virtual Simulation Laboratory and Teaching Application [J]. Modern Chemical Research, 2022(7):144-146.
- [11] 殷复鹏,邓晓红,张雷. 基于模块化的虚拟仿真实验室建设[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(6):259-262.
- YIN F P, DENG X H, ZHANG L. Construction of virtual simulation laboratory based on modularization [J]. Experimental Technology and Management, 2020, 37(6):259-262.
- [12] 卢艳丽,董文强,王永欣,等. 材料类专业虚拟仿真实验教学中心的建设与实践[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(11):153-157.
- LU Y L, DONG W Q, WANG Y X, et al. Exploration and Practice of the Virtual Simulation Experimental Teaching Center for Material Professional Construction [J]. Research and Exploration in Laboratory, 2018, 37(11):153-157.
- [13] 甘树坤,杨凯凯,吕雪飞. “新工科”背景下机械类虚拟仿真实验教学平台的建设[J]. 吉林化工学院学报, 2024, 41(2):10-13.
- GAN S K, YANG K K, LV X F. The Construction of Virtual Simulation Experiment Teaching Platform for Mechanical Majors under the Background of "New Engineering" [J]. Journal of Jilin Institute of Chemical Technology, 2024, 41(2):10-13.
- [14] 李乐欣. 高校虚拟仿真实验室建设与管理探究[J]. 无线互联科技, 2021, 18(2):84-85.
- LI L X. Research on the construction and management of virtual simulation laboratory in universities [J]. Wireless Internet Technology, 2021, 18(2):84-85.
- [15] 王娜,张应辉. 基于有效教学的智慧型法学虚拟仿真实验室建设路径研究[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(4):24-27.
- WANG N, ZHANG Y H. Research on construction path of intelligent law virtual simulation laboratory based on effective teaching [J]. Experimental Technology and Management, 2020, 37(4):24-27.