

数字化赋能中高职业工业机器人教学：虚拟仿真技术的应用策略与效果分析

宋名果¹, 林瑶², 刘会金¹, 吴文强¹

1. 新余市职业教育中心, 江西 新余 338000

2. 新余市第四中学, 江西 新余 338000

DOI: 10.61369/ETR.2025480022

摘要：随着制造业智能化升级步伐加快, 工业机器人技术已成为中高职院校培养高素质技能人才的核心内容。工业机器人属于未来主流应用技术趋势之一, 为进一步提高人才供应质量, 使相关行业能够得到重要的发展支持。应当从教学角度出发, 探索虚拟化仿真教学方式, 确保相关工作能够顺利展开。本文从教学实际出发, 将虚拟仿真系统有机融入工业机器人课程体系, 提出分层递进式应用策略, 包括基础认知模拟、专项技能训练和综合项目实践三个阶段。实践表明, 该技术能降低教学成本, 突破时空限制, 同时激发学生学习主动性。

关键词：虚拟仿真; 工业机器人教学; 数字化赋能; 技能训练

Digital Empowerment of Industrial Robot Teaching in Secondary and Higher Vocational Education: Application Strategies and Effect Analysis of Virtual Simulation Technology

Song Mingguo¹, Lin Yao², Liu Huijin¹, Wu Wenqiang¹

1. Xinyu Vocational Education Center, Xinyu, Jiangxi 338000

2. Xinyu No.4 Middle School, Xinyu, Jiangxi 338000

Abstract : With the accelerated pace of intelligent upgrading in manufacturing, industrial robot technology has become a core component in the cultivation of high-quality skilled talents in secondary and higher vocational colleges. As one of the mainstream application technology trends in the future, to further enhance the quality of talent supply and provide crucial development support for related industries, it is necessary to explore virtual simulation teaching methods from the perspective of teaching. This paper, based on teaching practice, organically integrates the virtual simulation system into the industrial robot course system and proposes a hierarchical and progressive application strategy, including three stages: basic cognitive simulation, specialized skill training, and comprehensive project practice. Practice has shown that this technology can reduce teaching costs, break through time and space limitations, and simultaneously stimulate students' learning initiative.

Keywords : virtual simulation; industrial robot teaching; digital empowerment; skill training

引言

当前, 工业机器人应用领域对技术技能人才的需求持续增长, 而中高职院校在开展相关教学时却面临现实困境: 动辄数十万元的设备投入让许多学校难以承担, 有限的实训工位导致学生实操时间严重不足, 初次操作的安全隐患更是令人担忧。这些矛盾凸显出传统教学模式的局限性, 也催生了教学手段的创新需求。

随着科技的不断进步, 虚拟仿真技术将持续向更加真实、智能的方向发展。未来, 虚拟仿真可能会引入更多的人工智能(AI)、虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术, 使仿真环境更加真实、互动性更强, 进而提升学生的学习体验和效果。^[1]

一、工业机器人教学面临的现实挑战

(一) 硬件资源与教学需求的失衡

工业机器人教学设备投入巨大, 一台教学型机器人及配套设

备往往需要二十万元以上的投入。对于普通中高职院校而言, 采购大量设备极不现实。常见的教学场景是四五十名学生围绕两三台设备观摩, 多数学生只能被动观看教师演示, 真正动手操作的时间寥寥无几。这种“围观式”教学难以保证每位学生都能获得

足够的技能训练机会。

（二）安全风险制约教学深度

工业机器人操作具有一定危险性，初学者对运动轨迹规划、工具坐标系设置等概念理解不深时，极易发生设备碰撞或人员伤害事故。^[2]出于安全考虑，教师通常会对学生操作权限加以限制，比如降低运行速度、简化任务难度等。这种保护性措施虽然降低了风险，却也影响了实训效果，学生难以体验到真实工作场景中的复杂情况。

（三）教学内容与产业实际脱节

制造业中使用的机器人品牌多样，控制系统各异，而学校受限于资金通常只能选择某一品牌设备。这种单一设备环境培养的学生面临知识迁移困难，进入企业后需要较长时间适应不同品牌机器人的操作。同时，过去的实训一般都会侧重基础操作，对于系统集成、生产线维护等综合技能训练涉及不足。

二、虚拟仿真技术在工业机器人教学中的实施路径

（一）建立分层递进的虚拟教学体系

虚拟仿真技术的教学价值是需要形成系统化培养路径，而不是单一的功能演示。为了实现这一目标，需要构建一个符合认知规律的三层教学体系。

第一层级是基础认知培养。这一阶段主要解决“是什么”的问题。通过三维交互模型，学生可以随意拆解机器人本体结构，观察减速器、伺服电机等核心部件的内部构造；利用运动仿真功能，直观理解各关节坐标系之间的转换关系。在讲解机器人运动学时，学生拖动示教器虚拟控件，即可同步观察各轴联动的动态过程，将抽象的理论公式转化为可视化的运动轨迹。^[3]

第二层级聚焦专项技能训练。在掌握基础知识后，学生需要针对典型应用开展针对性练习。虚拟平台应提供轨迹规划、工具坐标标定、工件坐标设定等专项模块。以轨迹规划为例，学生可尝试设计直线、圆弧及复杂曲线路径，系统会实时检测是否存在奇异点或超限位情况，并给出修正建议。这种即时反馈机制能有效加深学生对专业知识的理解。

第三层级侧重综合能力提升。通过模拟焊接、搬运、装配等完整工作场景，引导学生综合运用所学知识解决实际问题。在此阶段，学生需要完成从工艺分析、方案设计到程序调试的全流程训练。在模拟焊接工作站时，不仅要考虑机器人轨迹规划，还需综合考量焊接参数、工件变型等因素，培养其系统工程思维。

（二）开发贴近生产实际的虚拟场景

虚拟仿真教学要注重与真实工作场景的契合度。缺乏真实性的虚拟环境，反而会让学生形成错误认知。因此，场景开发应着重把握以下几个要点：

其一，设备环境的真实还原。不仅要精确建模机器人本体，还需完整再现实际工作站的全貌。这包括安全围栏、控制柜、末端执行器以及传送带、变位机等周边设备。学生在虚拟环境中应能体验到与实际操作一致的设备布局和操作流程，如急停按钮的位置、示教器的按键布局等细节都应与实体设备保持一致。

其二，工艺过程的精准模拟。虚拟仿真必须突破“形似”达到“神似”。以弧焊应用为例，除了机器人的运动轨迹，还需要模拟焊枪角度、干伸长度等工艺参数对焊缝质量的影响。当参数设置不当时，系统应能呈现焊穿、未熔合等缺陷形态，并给出工艺调整建议。这种深度仿真使学生能够理解操作背后的工艺原理，而不仅仅是记忆操作步骤。

其三，安全规范的沉浸式训练。将安全操作规范融入虚拟场景的各个环节。当学生未确认安全门状态即启动程序时，系统会强制中断运行并提示风险；当轨迹规划未考虑奇异点时，系统会通过振动提示和视觉警告等方式强化安全意识。这种“体验式”安全教育比单纯的理论讲解更具实效性。

（三）建立虚实结合的教学循环

虚拟仿真与实体实训并非替代关系，而是相辅相成的有机整体。构建科学的虚实结合教学模式，需要建立以下三个环节的良性循环：

首先是虚拟预习环节。在接触实体设备前，学生应在虚拟环境中完成基础认知和流程熟悉。这一阶段允许学生大胆试错，通过反复练习掌握基本操作要领。在实体实训前，要求学生在虚拟平台上独立完成工具坐标标定、轨迹编程等准备工作，并将优化后的程序保存备用。此举既能降低实操风险，又能提高后续实体设备的利用效率。

接着是实体验证环节。学生将虚拟环境中调试成熟的程序导入实体设备进行验证。这一阶段的关键在于发现虚拟与现实的差异，如实际运行时的振动、精度误差等在虚拟环境中难以完全模拟的因素。教师应引导学生对比分析虚拟程序与实际运行效果的差异，深入理解理论模型与工程实践之间的距离。

最后是虚拟优化环节。基于实体操作中发现的问题，学生返回虚拟平台进行方案优化。在实际运行中发现机器人轨迹存在突变点，学生可在虚拟环境中重新规划路径，尝试不同的过渡算法，直至获得平滑稳定的运动轨迹。以促进学生工程思维能力的提升。^[4]

通过这三个环节的紧密衔接，虚拟仿真与实体设备各展所长，既保障了教学安全，又深化了学习效果，同时还显著提高了昂贵设备的使用效益，实现了教学资源的最优配置。

三、虚拟仿真技术应用的成效分析

从实际教学反馈来看，虚拟仿真技术的引入为工业机器人教学带来了多方面的积极变化，其成效主要体现在以下三个层面。

第一，该技术拓展了教学时空的弹性。过去实训受限于设备数量与场地规模，往往只能安排固定时段的集中练习。而虚拟仿真平台部署后，学生得以在课后时间自主安排训练，只需通过机房计算机或个人设备接入系统即可继续学习。这种灵活性较好地适应了不同学生的学习节奏：理解较快的学生可以挑战更高难度的虚拟任务，而需要加强基础的学生也能获得充分的练习机会，实现了教学资源更为合理的动态分配。^[5]

第二，教学成本与安全风险得到显著控制。虚拟环境中，学

生的误操作不会引发设备碰撞或人员伤害,这为他们大胆尝试各种解决方案创造了安全空间。在轨迹规划练习中,学生可以反复调整参数,观察不同设置下机器人的运动变化,这种深入的试错过程对于理解编程逻辑具有重要价值。从经济角度看,虚拟系统的维护成本明显低于实体设备的折旧与维修费用,一套系统即可满足大量学生的同步使用需求,缓解了教学资源投入的压力。

第三,学生的学习主动性得到明显提升。虚拟仿真系统提供的即时视觉反馈,使抽象的程序代码转化为直观的三维运动,大大增强了学习过程的趣味性。当学生能够立即看到自己编程的结果——无论是流畅的轨迹还是异常的碰撞——这种即时反馈机制有效激发了他们的探索欲望。实践中,不少学生会在完成基础任务后,自发尝试优化程序效率,或在同学间开展路径规划竞赛,这种基于兴趣的深度学习正是传统教学模式难以企及的。

总体而言,虚拟仿真技术通过构建安全、开放的练习环境,不仅解决了实训教学中的资源瓶颈问题,更在潜移默化中改变了学生的学习方式。

四、推进虚拟仿真教学的建议

(一) 加强师资队伍建设,提升教学实施能力

当前许多教师对虚拟仿真技术的理解仍停留在工具层面,未能充分发挥其教学价值。为此,需要建立系统化的教师发展机制。

针对专业基础教师,重点培训虚拟软件的基本操作和场景搭建;对于骨干教师,则应着重培养其将虚拟仿真有机融入课程体系的能力,包括教学设计、教学评价等全流程;同时,建立“双师型”教师培养机制,定期选派教师到合作企业进行工程实践,亲身参与机器人系统集成、调试等实际项目,积累一线经验。此外,应组建虚拟仿真教学研究团队,共同开发教学案例,分享实施经验,形成持续改进的教学共同体。^[6]只有建设一支既懂技术又

善教学的师资队伍,虚拟仿真才能真正成为提升教学质量的有效手段。

(二) 建立教学资源动态更新机制

虚拟仿真教学资源的生命力在于其与时俱进。工业机器人技术日新月异,固化的教学资源将很快脱离产业实际。^[7]因此,必须建立科学的资源更新机制:1. 构建产业技术追踪体系。指定专人或团队定期调研行业最新技术动态,包括新型机器人本体、先进控制系统以及智能制造新工艺等,确保教学内容与产业发展同步。2. 建立基于教学大数据的优化机制。充分利用虚拟平台记录的学生操作数据,分析常见错误和知识盲区,据此精准调整教学重点和难度梯度。当数据显示多数学生在工具坐标标定环节出错频繁时,即可针对性开发专项训练模块。^[8]3. 采用模块化资源设计理念。将虚拟资源分解为独立的功能模块,便于根据技术发展局部更新,降低维护成本。

(三) 深化校企协同共建模式

虚拟仿真教学平台建设需要校企双方的深度合作,单一依靠学校或企业都难以达到理想效果。^[9]学校拥有教学经验和实施环境,企业掌握前沿技术和工程案例,这种互补性为合作提供了可能。具体可建立“校企共建委员会”,共同制定建设规划,企业工程师参与课程开发,提供真实工程案例和数据支持。要创新合作机制,探索“资源共享、利益共赢”的合作模式。学校可为企业提供产品测试反馈和技术改进建议,企业则为学校提供技术支持和资源更新服务。同时,可以共建“虚拟仿真研发中心”,既服务于教学,也面向企业开展技术服务,形成可持续发展的良性机制。^[10]

综上,虚拟仿真技术为工业机器人教学开辟了新的可能性,但其终究是服务教学的工具。今后的发展方向应当是更好地促进虚拟与实体的融合、技术与教学的契合,最终构建以学生为中心、以能力为本位的新型教学模式,为制造业转型升级培养出更多高素质技术技能人才。

参考文献

- [1] 杨建峰,张雅美,王灿运,等.基于数字孪生与VR的高职机电类专业课程实训教学探索与实践[J].实验室研究与探索,2025,44(3):184-188.
- [2] 蔡基锋,姚屏,田冰.工业机器人虚拟仿真技术应用[M].华中科技大学出版社:202401:284.
- [3] 刘东来.虚拟仿真技术视域下工业机器人专业教学模式创新研究[J].造纸装备及材料,2024,53(11):197-199.
- [4] 孙宏昌,许航,蒋永翔,等.基于虚拟仿真技术的智慧课程教学的改革与创新——以“工业机器人编程与操作”课程为例[J].装备制造技术,2024,(09):63-66.
- [5] 于鹏.虚拟仿真技术在工业机器人搬运与码垛教学中的应用与效果分析[J].造纸装备及材料,2024,53(09):221-223.
- [6] 丁海涛,徐金鹏.基于虚拟仿真技术的中职工业机器人专业课程教学研究[J].教师,2023,(19):126-128.
- [7] 孙巍伟,卓奕君,唐凯.面向工业4.0的智能制造技术与应用[M].化学工业出版社:202207:267.
- [8] 魏雄冬.工业机器人虚拟仿真实例教程[M].化学工业出版社:202108:181.
- [9] 陈鑫.工业机器人典型工作站虚拟仿真详解[M].机械工业出版社:202112:124.
- [10] 刘天宋,张俊.工业机器人虚拟仿真实用教程[M].化学工业出版社:202105:219.