

数字孪生技术在高校实验室建设中的应用

周荃卉

中国民航大学 天津 300011

摘要: 数字孪生技术作为新兴科技力量,正深刻改变高校实验室建设模式。其凭借精准映射物理实验室设备、环境等要素,构建虚拟数字模型,实现实验室全方位实时监测、仿真模拟与智能决策。在高校实验室中,它助力提升管理效率,优化实验教学,推动科研创新。本文深入剖析数字孪生技术在高校实验室建设中的应用场景、实施路径及面临的挑战,为高校打造智能化、高效化实验室提供理论参考与实践指导。

关键词: 数字孪生技术; 高校实验室建设; 应用

引言: 在科技飞速发展的当下,高校实验室作为科研与教学的重要阵地,其建设水平直接影响着人才培养质量和科研创新能力。传统实验室建设模式在管理、教学及科研等方面逐渐暴露出诸多局限性。数字孪生技术的出现,为高校实验室建设带来新的契机。它通过构建物理实验室的数字孪生体,实现实验室的虚拟化、智能化管理,为高校实验室建设注入新的活力,有望引领高校实验室建设迈向新的发展阶段。

1 数字孪生技术概述

数字孪生技术作为新一代信息技术的前沿代表,正深刻改变着工业、医疗、城市管理等多个领域的运作模式。该技术通过构建物理实体在虚拟空间中的高精度数字映射,实现物理世界与数字世界的实时交互与同步演化。数字孪生不仅整合了物联网(IoT)传感器收集的海量数据,还融合了人工智能、大数据分析、云计算等先进技术,对物理实体的运行状态进行全方位监测、精准预测与智能优化。在工业制造中,数字孪生技术助力实现产品设计、生产流程、设备维护的全面数字化与智能化;在智慧城市领域,则通过构建城市基础设施的数字镜像,提升城市管理效率与应急响应能力。随着技术的不断成熟,数字孪生正逐步成为推动产业升级、促进经济社会高质量发展的关键力量,引领着未来智能化、可持续化发展的新方向。

2 高校实验室的主要功能与特点

2.1 教学实验、科研创新与实践操作平台

高校实验室作为教学实验的核心场所,承担着将理论知识转化为实践技能的重要使命。在这里,学生能够通过亲手操作实验设备、观察实验现象、分析实验数据,深化对专业知识的理解与掌握,培养严谨的科学思维和实验能力^[1]。实验室也是科研创新的前沿阵地,为师生提供自由探索未知、开展前沿研究的广阔空间。科研

人员在此开展创新性实验,攻克技术难题,推动学科发展。实验室作为实践操作平台,注重培养学生的动手能力、问题解决能力和团队协作能力,通过模拟真实工作环境和项目实践,让学生提前适应未来职业需求,实现从校园到职场的无缝衔接。

2.2 跨学科融合与产学研合作的重要载体

高校实验室不仅是单一学科研究的场所,更是跨学科融合的桥梁。随着科技的发展,许多复杂问题需要多学科知识的交叉融合才能有效解决。实验室通过整合不同学科资源,搭建跨学科研究平台,促进不同领域学者之间的交流与合作,共同攻克跨学科难题。实验室也是产学研合作的重要载体。高校与企业、科研机构等建立紧密的合作关系,将实验室的研究成果转化为实际应用,推动科技成果产业化。通过产学研合作,实验室不仅为企业提供技术支持和创新动力,也为学生提供实习实训机会,促进人才培养与产业需求的紧密对接,实现了教育、科研与产业发展的良性循环。

3 数字孪生技术在高校实验室建设中的应用探索

3.1 数字孪生实验室的构建框架

数字孪生实验室的构建是一个系统性工程,需要融合多种技术手段与多学科知识。其核心在于构建物理实验室的“数字副本”,通过物联网传感器实时采集设备运行数据,结合3D建模、人工智能和大数据分析技术,实现实验室物理环境与虚拟模型的深度融合。在物联网层,需对接、管理实验室所需的各类物联网设备,包括解析设备协议、接收设备实时工作数据、状态数据等。模型层则负责搭建实验室的GIS数据、三维模型数据,涵盖基础GIS底图、专题图,三维基础模型、模型动画、模型属性信息等。通过CAD图纸生成、倾斜摄影、激光点云、手工建模等方式,建立实验室的基础三维模型,作为平台的数据底座。仿真算法层是数字孪生实验室的关

键环节,它结合GIS地图数据、三维模型数据、物联网设备的实时数据信息进行关联。一方面,基于这些数据的实时计算,统一物理世界的设备、人、车等在虚拟世界里的状态、位置、方向、相对位移信息、动作模式等信息;另一方面,进一步基于规则引擎、AI引擎,仿真模拟物理世界中设备的特殊状态、异常状态、故障状态下可能引发的连锁反应,以此预测、分析、诊断问题,辅助决策。应用展示层则基于仿真算法层的运算结果,在孪生平台中以接近物理世界的效果及状态进行展示。实验室管理人员和学生可以通过直观的界面查看不同情况状态下的可能发生的状况,辅助进一步的问题发现、预案建立及系统决策。

3.2 数字孪生技术在实验室管理中的应用

数字孪生技术为高校实验室管理带来全新的模式和手段,实现实验室的智能化、精细化管理。在实验室综合态势呈现方面,利用数字孪生技术制作出虚拟的实验室模型,根据现实场景的映射,将实验室更直观、更立体地呈现在大屏幕上,以“一张图”形式呈现。除了展示实验设备的外观,还可以通过数据看到各项设备的功能参数、运行情况等,使实验室管理人员对实验室的基础情况掌握得更加彻底,了解目前的设备等级可支持的实验标准^[2]。自动化数据采集是数字孪生技术在实验室管理中的重要应用,传统的实验模式中,实验人员需要人工将每台机器的检测数据进行汇总并上传到数据库进行分析,这不仅耗费大量时间,还容易出现误差。而数字孪生实验室可以接入各类检测设备,实时采集检测数据并上传,同时可根据相关的专业知识及公式自动分析,便于实验人员节约采集数据信息的时间,将更多精力投入到研发当中,提升研发效率和进展。实验室设备告警管理也是数字孪生技术的关键应用之一,实验室涉及各类实验,难免存在一定的危险性。数字孪生实验室可以实时监测和分析设备状态,对危险情况进行预警,达到避免发生高风险事件的防御作用。

3.3 数字孪生技术在实验教学中的应用

数字孪生技术为高校实验教学带来革命性的变革,打破传统实验教学的诸多限制。传统实验教学受限于实验设备、场地和安全性等因素,而数字孪生技术可以在虚拟环境中创建一个与真实实验室完全对应的虚拟实验室。学生无需进入实体实验室,即可在虚拟环境中进行各种实验操作。这种教学方式不仅极大地提高了实验教学的灵活性和便捷性,还有效降低了实验成本,并显著增强了实验的安全性。数字孪生实验教学提供了更加直观、形象、生动的实验操作体验,帮助学生更加深入地

理解实验原理和实验过程。学生可以在虚拟环境中对实验设备进行全方位的观察和操作,实时查看实验数据的变化,并通过动画、模拟等方式直观地了解实验现象背后的物理、化学原理。教师还可以根据学生的学习情况和反馈,灵活调整虚拟实验室中的实验内容和难度,使教学更具针对性和实效性。对于学习进度较快的学生,可以提供更具挑战性的实验任务;对于学习困难的学生,可以提供更多的指导和辅助。

3.4 数字孪生技术在科研活动中的应用

在科研创新方面,数字孪生技术可以帮助科研人员模拟潜在风险,提前发现实验中可能出现的问题,从而优化实验方案,提高科研效率,数字孪生技术还可以用于预测设备的性能和寿命,实现设备的预测性维护。以某材料实验室为例,其运用数字孪生模型精准预测高精度仪器轴承的磨损周期,成功将维护成本削减28%(数据来源于实验室内部报告)。该系统通过比对历史数据与实时振动频谱(即监测数据),能够提前发出设备故障预警,使科研人员得以迅速开展设备维护与保养工作,有力保障科研工作的稳步推进^[3]。在跨学科研究方面,数字孪生技术为不同学科的科研人员提供了一个共同的研究平台。不同学科的研究人员可以在同一个数字孪生模型上进行合作研究,整合各学科的知识和技术,共同攻克跨学科难题。数字孪生技术还可以促进科研成果的转化和应用,通过将科研成果转化为数字孪生模型,科研人员可以更直观地展示科研成果的优势和应用前景,与企业和其他科研机构进行更有效的合作,推动科研成果的产业化进程。

4 数字孪生实验室建设的实施策略与建议

4.1 明确建设目标与需求

数字孪生实验室建设是一个复杂的系统工程,明确的建设目标与需求是项目成功的基石。高校在启动数字孪生实验室建设前,应进行全面的调研和分析。一方面,要结合学校的学科特色、科研方向和人才培养目标,确定实验室的核心功能和定位。另一方面,要深入了解师生对实验室的实际需求。通过问卷调查、座谈会等形式,收集教师和学生在学习、科研中对实验环境、设备功能、数据交互等方面的期望。例如,教师可能希望实验室能够提供丰富的教学案例和模拟场景,以便更好地开展实践教学;学生则可能期望实验室具备便捷的操作界面和实时的反馈机制,以提高学习效率。基于上述调研结果,制定详细的建设规划,明确实验室在不同阶段的建设目标、任务和时间节点。同时要建立科学合理的评估指标体系,对实验室的建设效果进行定期评估

和反馈,及时调整建设策略,确保实验室建设始终朝着既定目标前进。

4.2 加强跨学科合作与交流

数字孪生技术融合了物联网、大数据、人工智能、3D建模等多个学科领域的知识,加强跨学科合作与交流是数字孪生实验室建设的关键。一方面,组建跨学科的研究团队,汇聚计算机科学、电子信息、机械工程、材料科学等领域的专业人才,共同开展数字孪生技术的研发和应用。另一方面,加强跨学科的学术交流与合作。定期举办学术讲座、研讨会和工作坊,邀请国内外知名专家学者分享数字孪生技术的最新研究成果和应用案例。鼓励教师和学生积极参与跨学科科研项目,通过实际项目的锻炼,提高跨学科研究能力和团队协作能力。另外,还可以与其他高校、科研机构和企业建立合作关系,开展联合研究和人才培养,共同推动数字孪生技术的发展和应用。

4.3 完善资金与技术支持体系

高校应积极拓展资金来源渠道,争取政府、企业和社会各界的支持。政府可以通过设立专项科研基金、科研项目资助等方式,为数字孪生实验室建设提供资金保障;企业可以与高校开展产学研合作,投入资金和设备,共同开展技术研发和人才培养;社会各界也可以通过捐赠、赞助等形式,为实验室建设贡献力量。在技术支持方面,高校应加强与国内外科研机构和企业合作,引进先进的技术和设备。高校自身也应加大科研投入,鼓励教师开展数字孪生技术的基础研究和应用研究,提高自主创新能力,还要建立完善的技术服务体系,为实验室的运行和维护提供及时、高效的技术支持。

4.4 注重人才培养与团队建设

在人才培养方面,要优化专业课程设置,开设数字孪生技术相关的专业课程和选修课程,涵盖物联网、大数据、人工智能、3D建模等领域的知识。加强实践教学

环节,建立完善的实验课程体系,为学生提供丰富的实践机会。在团队建设方面,要营造良好的学术氛围和创新环境,吸引和留住优秀人才。建立科学合理的激励机制,对在数字孪生技术研发和应用方面取得突出成绩的教师和学生给予表彰和奖励^[4]。鼓励教师和学生开展创新性的研究和实践活动,培养他们的创新意识和创新能力。加强团队文化建设,增强团队成员之间的沟通与协作,形成团结协作、积极向上的团队氛围。数字孪生实验室建设需要明确建设目标与需求、加强跨学科合作与交流、完善资金与技术支持体系、注重人才培养与团队建设。只有全面落实这些策略与建议,才能推动数字孪生实验室的顺利建设和发展,为高校的教学、科研和人才培养提供有力支持。

结束语

数字孪生技术为高校实验室建设带来了前所未有的变革与机遇。它打破传统实验室在空间、时间和资源上的限制,实现实验室的高效管理与精准教学,为科研创新提供强大的技术支持。尽管在应用过程中仍面临技术融合、数据安全等挑战,但随着技术的不断进步和完善,数字孪生技术必将在高校实验室建设中发挥更大作用,推动高等教育事业迈向新的高度。

参考文献

- [1]周春辉.数字孪生技术在高校实验室建设中的应用[J].科学与信息化,2025(2):30-32.
- [2]胡淼,谢华,李俊,等.数字孪生技术在高校实验室建设中的应用研究[J].互联网周刊,2024(9):66-68.
- [3]赵丽艳.数字孪生和全息技术融合下智慧教学模式构建与实践[J].湖北工程学院学报.2023,43(3).DOI:10.3969/j.issn.2095-4824.2023.03.016.
- [4]凌振光,张安翔,王友祥,等.人机协作与数字孪生技术在智能实验室中的前瞻性研究[J].广州建筑.2023,51(6).DOI:10.3969/j.issn.1671-2439.2023.06.030.