

融合人工智能的建筑工程复杂节点智能拼装可视化系统 研究与实施

李吉林

中建五局装饰幕墙有限公司，湖南省长沙市，410004；

摘要：当前建筑工程建设逐渐朝着大型化、复杂化、智能化的方向发展，复杂节点拼装作为工程施工过程中的一项重要内容，其精度与效率将直接影响着整体的工程质量以及施工进度。传统的复杂节点拼装模式主要依靠人工经验进行操作，可视化程度较低、拼装精度不高、协同效率差等缺点较为明显，在一定程度上无法适应当前建筑工程的施工要求。本文将人工智能技术与建筑工程复杂节点智能拼装可视化系统的开发及应用相结合，确定了系统开发的目标与准则，完成了系统总体框架与子系统的设计，并给出了系统开发的具体过程以及最终结果的应用情况和改进措施，为建筑施工中的复杂节点拼装提供了智能化、可视化的手段，促进工程施工建设实现数字化、智能化，提高复杂节点拼装的精度和效率，降低工程的施工成本以及施工的安全风险。

关键词：人工智能；建筑工程；复杂节点；智能拼装；可视化系统

DOI：10.69979/3029-2727.26.05.030

引言

目前，传统的复杂节点拼装主要是根据现场施工人员经验进行操作，传统施工依赖于二维图纸进行作业，在可视化程度低、拼装误差不易控制、多方协作性差等方面都存在一定的局限性，易造成拼装返工、工期拖延，甚至存在安全隐患。随着人工智能的发展，机器学习、计算机视觉、三维建模等相关技术在建筑行业的应用逐渐增多，并可运用于解决复杂节点拼装难题中去。将人工智能技术应用于复杂节点智能拼装可视化系统的开发中，可以对节点拼装进行可视化仿真、误差智能检测、施工过程协调控制，突破传统施工方式的限制，提高施工智能化程度。

1 相关理论与技术基础

1.1 建筑工程复杂节点拼装理论

建筑工程复杂节点是结构形式复杂、受力情况特殊、拼装工艺难度大而形成的节点部位，节点拼装过程包括节点定位、构件对接、精度调整、固定连接等多个环节，各个环节的施工质量均直接关系到节点的承载能力和整体结构的稳定。复杂节点拼装理论主要就是明确节点拼装的工艺要求、精度标准以及协同逻辑，根据组合节点的特点确定合理的安装次序，保证安装准确性和可靠性。同时，需考虑施工环境、施工设备、人员操作等因素对拼装质量的影响，形成一套完善的拼装质量控制体系，为智能拼装可视化系统的研发提供理论依据^[1]。

1.2 人工智能核心技术

本文应用于复杂节点智能拼装可视化系统的人工智能核心技术主要包括机器学习、计算机视觉和智能决策技术。机器学习技术可以通过对大量的节点拼装数据的学习，找到背后隐藏的数据规律，进而完成拼装误差的智能化预测及优化调整，并为拼装作业提供准确的指导信息；计算机视觉技术可以利用图像采集设备获取节点拼装现场实时图像，进行构件识别、定位跟踪以及误差检测，实现拼装过程的动态监控及反馈；智慧决策技术根据拼装现场实时信息以及历史信息经过算法模型分析判断后自动给出最佳拼装方案，提高拼装施工的智慧化程度。

这些技术的融合应用，为系统的智能化功能提供了核心支撑。

1.3 可视化技术

可视化技术是复杂节点智能拼装可视化系统的底层支撑技术，主要有三维建模技术和实时渲染技术。三维建模技术可依据节点设计图纸建立高精度的三维数字模型，还原节点结构细节及构件尺寸，并以此作为拼装模拟和可视化展示的载体；实时渲染技术可将三维模型与现场实时数据相结合，做到拼装过程可视化，使施工人员能够清楚地掌握节点拼装进度及精度，并能及时发现存在问题。同时，可视化技术还能够实现多维度视角切换、细节放大等功能，为各参与方提供清晰、直观的拼装信息，提升协同作业效率^[2]。

2 系统需求分析

2.1 功能需求

基于 AI 的建筑工程复杂节点智能拼装可视化系统的主要功能性需求是针对整个节点拼装过程进行的,主要包括三维可视化建模、智能拼装模拟、实时误差检测、协同工作管理和数据管理五个方面的功能。其中,三维可视化建模的功能主要是对复杂节点进行快速建立三维模型并准确还原。智能拼装仿真功能应基于 AI 算法,对节点拼装进行全流程仿真,并提供最优拼装方案;实时偏差预警功能应采用计算机视觉技术,在拼装过程中自动分析偏差情况,提醒及指导纠偏施工;多方联动控制功能应满足不同角色之间信息互通,相互协调共同完成任务;数据分析模块应对拼装过程中采集到的各种数据进行存储、分析处理,并为后续施工优化提供数据支持。

2.2 性能需求

系统的性能需求包括稳定度、实时性、准确性和友好性四方面。稳定度是指系统能保证长期正常工作,在使用中不会发生死机、卡顿等情况,影响正常的拼装施工;实时性指系统能及时对现场实时信息作出反应,并将拼装情况实时显示出来,给出拼装误差提示,适用性即能满足现场施工的实时需求;精确度是指该系统的三维建模及误差检测试验应符合施工规范的要求,并能对现场拼装进行准确的引导;便捷性是指本系统软件的操作界面应简单明了,便于施工人员和管理人员迅速掌握其操作方式,减少操作成本。

2.3 安全需求

系统的安全需求主要包含数据安全及操作安全两方面。数据安全是指系统对收集的节点设计数据、拼装过程数据、误差数据等应进行加密保存,避免出现数据泄露、被篡改以及丢失等情况发生,保证数据的安全性及完整性;操作安全则指系统应有完备的操作权限设置,根据不同的用户角色设置不同的操作权限,避免非授权用户操作系统,避免发生由于误操作引起的施工安全及系统故障。另外,系统应具有应急处理能力,能够对突发事件进行及时处理以保证系统正常运行。

3 系统总体设计

3.1 系统整体架构

基于人工智能的建筑工程复杂节点智能拼装可视化系统为分层体系,包括数据层、算法层、应用层及展示层四部分,并层层衔接组成完整系统。其中,数据层主要进行节点设计数据、施工数据、现场实时数据等各种数据的采集以及存储,感知层获取并传输系统所需的数据信息;算法层嵌入机器学习、计算机视觉、智能决

策等相关的人工智能算法对数据进行处理、识别误差、优化拼装等工作;应用层在算法层的支持下,完成三维建模、拼装仿真、协同管控等具体的应用工作;展示层以可视化的方式将系统中各项功能及数据直观呈现于用户面前,人机接口实现^[3]。

3.2 系统核心模块设计

结合系统功能需求,设计五大核心模块,分别为三维建模模块、智能拼装模拟模块、实时误差检测模块、协同作业管理模块和数据管理模块。其中三维建模单元通过对设计图进行导入,实现对复杂节点的三维数字化模型自动生成,并可以对其进行编辑、修改以及细化;智能拼装单元利用机器学习技术,对节点拼装过程进行模拟,得到最优的拼装顺序及工艺方法,预判可能出现的问题并给出相应的方法;实时误差测量单元采用相机等对现场情况进行拍照,并采用计算机视觉方法检测构件对位偏差,并将结果反馈至工人进行校正提示;协同工作子系统可完成各方之间信息互通及协作,包括工单指派、过程监控以及信息沟通;数据管理模块对拼装过程中的各类数据进行收集、存储、分析和导出,为施工优化和后续工程提供数据参考。

3.3 系统接口设计

为实现系统与其他相关系统的无缝对接,提升系统的适用性和扩展性,进行系统接口设计,主要包括数据接口、设备接口和第三方系统接口。其中,数据接口负责实现系统与软件、施工管理软件的数据交互,实现设计数据、施工数据的实时同步;设备接口负责实现系统与现场图像采集设备、定位设备等硬件设备的对接,实现现场数据的实时采集和传输;第三方系统接口负责实现系统与建筑工程信息化平台、安全管理平台等第三方系统的对接,实现信息共享及协同工作。采用标准化、规范化的接口设计方法,保证接口的兼容性及稳定性。

4 系统实施过程

4.1 实施前期准备

系统实施前期准备工作主要包括需求确认、人员培训、数据收集和部署四个方面。需求确认应组织各方对系统的功能、性能等需求进行最后确认,确定实施的目标及重点;人员培训应对系统操作、功能应用等内容,对施工人员、管理人员进行系统培训,保证相关人员能够熟练操作;数据收集是收集节点的设计图纸、施工规范、历史拼装数据等各种相关的数据,对数据进行整理和预处理,并为系统的运行提供数据支持;设备部署应根据系统的需求来布置图像采集设备、定位设备、服务器等相关硬件设备,建立系统的运行环境,

保障设备能够正常使用^[4]。

4.2 系统开发与调试

根据系统的总体设计,在系统开发的过程中,按照模块分别开发,将各部分的核心模块的程序编写及功能实现后进行模块之间的连接,组成整个系统;在开发过程中严格按照软件开发规范,重视程序的易读、易维护以及可扩展性等特点。在完成系统开发之后,对系统进行调试,并通过模拟施工情况和实地考察来完成最后的调试工作。检查检测系统的完整程度、稳定性及精准度,发现的问题及时进行更改和完善,保证系统能够适应现场施工的要求。在调试阶段,安排相关工作人员进行测试,并听取其建议,完善系统功能。

4.3 系统部署与试运行

完成系统联调后,进行系统部署工作,将系统安装在项目现场服务器及终端设备中,并设置相关参数以保证系统能够与硬件设备、第三方系统正常对接。部署完成后,开始系统试运行工作,在试运行过程中,安排施工人员利用系统开展复杂节点拼装施工作业,并对系统运行情况进行实时监测,收集系统使用过程中产生的各项数据及反馈意见,并对试运行中存在的问题进行调整和完善。试运行时间视施工情况而定,保证系统可以稳定、可靠运行,达到实际施工的要求。

5 系统应用效果与优化方向

5.1 系统应用效果

将 AI 融入到建筑工程复杂节点智能拼装可视化系统中,能很好地解决传统复杂节点拼装可视化程度低、精度差、协同性差等问题,利用三维可视化模型及智能拼装技术,让现场施工人员直观地看到复杂节点构造情况以及拼装步骤,提前预测在拼装过程中可能遇到的问题,优化了拼装方案;实时误差检测功能可及时发现拼装误差并减少返工次数,提高拼装精度;协同作业管理功能实现各参与方信息共享和协同配合,提高了作业效率;数据管理功能为施工优化提供数据支撑,并降低施工成本及安全风险。系统的应用推动了复杂节点拼装向智能化、可视化方向发展,提升了建筑工程施工的整体水平。

5.2 系统存在的不足

虽然该系统在现场的应用取得了一定的效果,但仍存在一定的缺陷:一是系统三维模型构建的速度较慢,针对结构比较复杂的节点进行建模的时间过长,影响现场的施工进度;二是人工智能算法还不够完善,在复杂的施工现场,对误差检测的准确性和时效性还有待提高;

三是系统适用性较差,不能满足各类型、各规模建筑工程复杂节点的拼装使用;四是在系统操作方面仍有待改进,一些功能的操作过于繁杂,给现场施工人员带来了一定的操作困难。

5.3 系统优化方向

针对系统存在的不足,结合建筑工程智能化发展趋势,确定以下优化方向。改进三维建模算法,引入更好的建模算法,提高复杂节点三维模型构建的速度及精度;完善人工智能算法,利用更多的施工信息对模型进行训练,提高误差识别的准确率以及及时性,提高系统面对复杂施工情况的能力;加强系统的可拓展能力,增加模块接口,实现功能的灵活添加和修改以适应不同类型的建筑工程需求;优化系统的操作界面,简化操作过程,增加操作指引,提高系统的易用性。同时,持续收集用户反馈意见,不断完善系统功能,提升系统的实用性和可靠性^[5]。

6 结束语

本文基于人工智能的建筑工程复杂节点智能拼装可视化系统的研发及实践进行了研究,通过对传统复杂节点拼装难点进行分析,并将人工智能以及可视化技术融入到复杂节点拼装中,提出系统需求,搭建系统整体框架和主要功能模块,介绍了系统的实现过程,分析了系统的应用成果及改进措施。本研究系统的开发及应用,能够为建筑工程复杂节点拼装提供智能可视化方案,提高拼装精确度以及工作效率,降低施工成本以及安全风险,促进建筑工程施工智能化发展进程。后期将结合人工智能的发展趋势进一步完善系统功能,扩大系统应用范围,在更多类型的建筑工程复杂节点拼装过程中进行应用,更好地助力于建筑行业高质量发展。同时,也希望通过本研究,为相关领域的研究提供参考,推动人工智能技术在建筑工程领域的深度应用。

参考文献

- [1] 荣丽萍. 人工智能技术优化住宅建筑工程管理分析[J]. 城市建设, 2026, (06): 28-30.
- [2] 冯晓东. 数字孪生与 AI 融合下智能建筑工程现场管理效率提升研究[J]. 中国住宅设施, 2026, (01): 109-111.
- [3] 陈海华. 基于人工智能的建筑工程质量智能检测方法[J]. 工程技术研究, 2026, 11(01): 162-164.
- [4] 黄立辉. 基于人工智能的建筑结构设计技术[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (20): 196-198.
- [5] 孙志坚. 基于人工智能的建筑工程质量智能检测方法研究[J]. 砖瓦, 2025, (07): 110-112+116.