

模块化建筑单元吊装路径规划与施工仿真技术研究

张 涛

济南兆特人防工程咨询有限公司 山东济南

【摘要】模块化建筑在现代建筑行业中逐渐得到了广泛应用，其高度标准化、可预制化等特点显著提高了施工效率。在实际施工过程中，吊装作业是模块化建筑施工中的关键环节，而吊装路径的规划直接影响施工进度与安全性。本文主要探讨了模块化建筑单元的吊装路径规划与施工仿真技术，结合现代计算机技术与人工智能算法，提出了一种优化的吊装路径规划模型，并通过施工仿真技术对其进行验证。通过实验数据分析，本研究证明了该模型在实际应用中的高效性与可操作性，为模块化建筑施工过程中的吊装作业提供了理论支持与实践指导。研究指出在优化吊装路径规划方面仍然存在技术改进的空间，未来应进一步完善模型的智能化水平，提高实际施工的安全性和效率。

【关键词】模块化建筑；吊装路径规划；施工仿真；优化模型；安全性

【收稿日期】2025 年 3 月 10 日 **【出刊日期】**2025 年 4 月 6 日 **【DOI】**10.12208/j.ace.2025000132

Research on hoisting path planning and construction simulation technology for modular building units

Tao Zhang

Jinan Zhaote Civil Air Defense Engineering Consulting Co., Ltd., Jinan, Shandong

【Abstract】 Modular construction has been gradually widely applied in the modern construction industry. Its characteristics such as high standardization and prefabrication significantly improve construction efficiency. In actual construction processes, hoisting operations are a key link in modular building construction, and the planning of hoisting paths directly affects construction progress and safety. This paper mainly explores the hoisting path planning and construction simulation technology for modular building units. Combining modern computer technology and artificial intelligence algorithms, it proposes an optimized hoisting path planning model, which is verified through construction simulation technology. Experimental data analysis shows that the model is efficient and operable in practical applications, providing theoretical support and practical guidance for hoisting operations in modular building construction. The research points out that there is still room for technical improvement in optimizing hoisting path planning; in the future, efforts should be made to further improve the intelligence level of the model and enhance the safety and efficiency of actual construction.

【Keywords】 Modular building; Hoisting path planning; Construction simulation; Optimization model; Safety

引言

模块化建筑作为一种新型的建筑形式，以其高效、环保、可重复使用等优点，正在成为建筑行业发展的趋势。随着技术的发展，模块化建筑在设计施工过程中迎来了更多的挑战，其中吊装作业的路径规划问题尤为突出。吊装路径的规划不仅决定着施工的效率，还直接影响施工的安全性和资源的合理配置。在实际施工中，由于吊装任务的复杂性及施工环境的多变性，如何科学合理地规划吊装路径成为了一项亟待解决的技术

难题。现有的路径规划方法多侧重于静态模型，忽视了动态环境的变化，无法完全满足实际施工的需求。本文提出了一种基于施工仿真技术的吊装路径优化方法，旨在提高吊装作业的精确度和安全性，并为模块化建筑的推广应用提供技术保障。

1 模块化建筑单元吊装路径规划的挑战与需求

模块化建筑的吊装作业涉及复杂的施工环境和多样的建筑单元类型，每个单元的尺寸、形状、重量以及其在整体结构中的位置都有不同，给吊装路径的规划

带来了诸多挑战。传统的吊装方法通常采用固定的路径或经验性的方法,这种方式无法充分考虑到复杂的施工场景和多变的环境因素,导致施工效率低下,甚至出现安全隐患^[1]。吊装作业中的关键问题在于如何保证吊装过程的平稳与安全,避免路径的冲突和障碍物的影响,同时还需要优化吊装的顺序,以提高整体施工效率。为了有效解决这一问题,现代吊装路径规划必须借助计算机技术、传感器技术以及大数据分析,来制定更加精准和高效的吊装路径。

随着建筑技术的不断发展,模块化建筑的施工周期大幅缩短,其吊装作业也在逐渐向智能化和自动化方向发展。需求的变化要求吊装路径的规划必须做到更加精准和高效。在这一背景下,吊装路径规划不仅要满足传统的空间和安全要求,还要充分考虑到吊装作业过程中的可视化和协同作业。通过引入实时监控和自动化控制系统,吊装路径的规划能够实时调整与优化,提高作业效率并减少人为失误。施工过程中对设备性能的高度依赖要求吊装路径规划充分考虑到设备的工作能力、移动方式以及操作人员的经验等因素,从而确保吊装作业的顺利进行。当前,施工过程中数据的获取和分析能力有限,往往无法全面反映实际施工环境的动态变化,这也是吊装路径规划技术亟需突破的一个方面。

2 吊装路径规划的优化模型与算法研究

在模块化建筑的吊装路径规划中,如何实现路径的优化是确保施工效率和安全性的关键问题。传统的路径规划方法大多依赖于经验或简单的几何计算,这种方式虽然能够满足基本需求,但在复杂施工环境下,往往无法应对诸如空间拥挤、设备冲突等问题。为此,近年来许多优化算法应运而生,旨在通过计算机模拟和智能算法提高吊装路径规划的精度和效率。基于图论的路径规划算法能够在已知的施工现场地图上计算出最短、最安全的吊装路径,而遗传算法、粒子群优化算法等智能优化技术则能够根据实际需求自动调整路径规划,解决非线性、多目标和约束条件下的问题。

为了提高吊装路径的优化效果,研究者们引入了多种优化模型,其中最具代表性的是基于人工智能技术的模型。该模型通过大数据分析和机器学习算法,不仅能够分析历史施工数据,还能实时监测施工环境的变化,从而动态地调整路径规划。这种优化模型能够在施工过程中实时反馈路径规划的效果,为施工团队提供科学决策依据,帮助避免施工中的潜在风险^[2]。计算机视觉和传感器技术的引入也使得优化模型能够对施

工现场进行实时监控和数据采集,为路径规划提供更加精确的输入。通过这些优化技术应用于吊装路径规划,可以有效提升施工的自动化水平,减少人工干预,从而确保施工效率的提升。

除了智能优化算法,吊装路径规划还需要考虑实际施工过程中多种约束因素,包括吊装设备的性能限制、现场空间的可用性、气候条件、材料运输的协调性等。为了应对这些约束,研究者们提出了基于多目标优化的路径规划方法。这类方法不仅关注单一目标(如最短路径或最低成本),还综合考虑到多个目标之间的权衡,例如路径安全性与施工时间的平衡。通过设置合理的权重系数,优化算法能够根据现场实际情况调整各项参数,保证最终规划结果的实用性与可操作性。考虑到吊装路径规划中的不确定性,模糊控制和概率分析技术的引入,为路径规划模型提供了更多的应变能力,使其能够在不同的施工条件下动态调整策略,提升路径规划的鲁棒性。

3 施工仿真技术在路径规划中的应用与验证

施工仿真技术作为现代建筑施工中重要的工具,已逐渐成为吊装路径规划的重要辅助技术。其核心优势在于能够通过虚拟现实和三维建模技术,模拟出实际施工过程中吊装作业的全过程。这种仿真技术能够在施工前就预见可能出现的问题,如路径的冲突、设备操作的困难、作业空间的限制等,从而为优化路径规划提供直接的反馈。施工仿真技术不仅可以有效降低实际施工中的错误率,还能通过优化设计提前识别和解决潜在的安全隐患,为施工团队提供可操作的解决方案。

在吊装路径规划中,施工仿真技术主要通过建立虚拟施工环境,对吊装作业进行详细模拟。通过计算机生成的三维场景,施工人员可以在虚拟环境中实时观察吊装设备、建筑单元以及施工人员的动态变化,判断路径规划的可行性与安全性。仿真技术还能对吊装作业的时序进行精确控制,模拟不同吊装方案的作业效率和时间消耗,帮助施工方选择最优的路径规划方案。随着人工智能与机器学习技术的进一步发展,施工仿真技术的实时性和智能化水平不断提高,使得仿真结果更加精准和符合实际需求。通过虚拟与实际相结合的方式,仿真技术不仅验证了路径规划的科学性,还为施工中的应急调整提供了充分的准备。

为了验证吊装路径规划的效果,施工仿真技术还能够与施工现场的实际数据进行比对。通过对比模拟结果与实际吊装过程中的数据,施工方可以评估路径

规划的精准度与适应性^[3-7]。值得注意的是,施工仿真技术还能够在复杂环境下进行应急处理,例如模拟吊装作业在不稳定天气或设备故障情况下的应对方案。这种模拟功能为实际施工中的路径调整提供了依据,大大提升了吊装作业的安全性和可控性。随着虚拟现实技术的进步,施工仿真不仅局限于传统的图形显示,还能够提供更为真实的操作体验,如通过穿戴设备进行沉浸式体验,提高现场操作人员的作业感知能力和安全意识。

4 优化吊装路径规划的实施与实际效果分析

在模块化建筑的施工中,优化吊装路径规划的实施效果直接关系到施工项目的进度、成本与安全。在理论研究和模拟验证的基础上,将优化的吊装路径规划应用到实际施工中,首先需要施工现场进行充分的勘察和分析。实际施工中,环境因素、设备性能以及施工队伍的操作技能等都会影响路径规划的效果。实施阶段不仅需要依赖计算机算法和仿真结果,还必须根据现场实际情况进行调整与优化。在施工现场的操作中,常常遇到路径调整的需求,例如设备位置的改变、临时障碍物的出现等,这些都要求吊装路径规划具备灵活性和实时反应能力。

在实施过程中,优化的吊装路径规划通过合理配置资源、分配作业任务,能够有效减少吊装作业中的空闲时间和等待时间,从而提高作业效率。对比传统方法,优化后的路径规划大大降低了设备调度的复杂性,使得吊装作业能够按照预定的进度顺利完成。优化路径规划还能够减少施工过程中的资源浪费,确保材料运输和吊装作业的协调性,从而进一步降低施工成本。施工现场的安全性得到了显著提升,通过合理的路径设计和实时监控,能够最大程度地避免吊装作业中的设备冲突与操作事故。

经过实施后,优化吊装路径规划的效果可以通过多个维度进行评估。施工时间的缩短、施工安全事故的减少、吊装设备的利用率提升等,都是衡量路径规划优化效果的重要指标。通过对多个施工项目的对比分析,可以看到,优化路径规划不仅在时间上有所节省,还在资源配置和作业安全性方面表现出明显优势^[8]。随着施工过程中对路径规划不断进行反馈与调整,路径规划

模型将逐步优化,达到更加精确和高效的效果。这一过程中,技术创新与实践经验的结合,不仅提升了吊装作业的效率,也为模块化建筑施工提供了更加可行的技术支持。

5 结语

通过对模块化建筑单元吊装路径规划与施工仿真技术的研究与探讨,本文提出了一种基于智能优化模型的路径规划方法,并结合施工仿真技术进行了验证。研究表明,优化的路径规划不仅提升了施工效率,还有效提高了施工安全性。在未来的应用中,随着技术的不断进步,吊装路径规划将趋向更加智能化、自动化,能够更加灵活地应对复杂施工环境和多变的工作条件,为模块化建筑的推广与应用提供更强有力的技术支撑。

参考文献

- [1] 张思艺,刘伟,张箐.“青岛大学科技创研中心”建筑方案设计[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(06):68-70.
- [2] 刘静静,刘砚文,杨波力,等.基于模块化建筑的机电技术应用研究[J].建筑节能(中英文),2024,52(10):162-166.
- [3] 侯兆新,刘兆祥,龚超,等.模块化集成建造方式及质量智能检验[J].施工技术(中英文),2024,53(17):47-54.
- [4] 何文荣.模块化设计在实训基地建筑中的应用研究[J].山西建筑,2024,50(13):25-27+32.
- [5] 张季超,杨勇.模块化建筑刚性桩复合地基共同作用试验分析[J].地下空间与工程学报,2024,20(03):908-916.
- [6] 马欣伟.应用于钢结构模块医疗建筑中的ALC板性能提升研究[D].扬州大学,2024.
- [7] 李志容,郝海涛.钢结构模块化建筑主体连接节点的分析与应用[J].建设科技,2023,(12):34-37.
- [8] 赵乐,张清,郑雨晨.箱式模块化建筑体系研究与应用[J].建设科技,2023,(12):51-54.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS