

玻璃幕墙数字化施工技术研究与应用

李明

浙江工业大学工程设计集团有限公司, 浙江 杭州 310000

[摘要] 自 20 世纪以来, 玻璃幕墙系统在建筑设计中被广泛应用, 透明且现代的视觉效果优化了自然采光, 并提升了建筑的外观美感。高精度的设计与复杂的工艺, 对玻璃幕墙的施工过程提出了更高的要求, 传统施工方法面临严峻的挑战。随着建筑行业的发展, 施工环境及技术条件持续变化, 现代建筑对玻璃幕墙设计与施工精度的要求愈加严格, 对施工效率及质量控制标准也提出了更高期望。传统施工方法难以满足这些需求, 从而导致设计与实际施工之间的差异, 进而引发质量问题及施工延误。基于此, 数字化施工技术应运而生, 建筑信息模型 (BIM)、参数化建模、智能制造设备及实时数据监测等技术的引入, 使施工的精度与效率得到了显著提升, 同时优化了项目管理与质量控制, 这些技术的应用不仅有效解决了传统施工方法中的诸多问题, 还为建筑行业的现代化进程提供了有力支持。随着数字化施工技术的持续进步, 建筑行业将迈向更高的发展水平。

[关键词] 玻璃幕墙; 数字化施工技术; 应用

DOI: 10.33142/ucp.v1i3.13963

中图分类号: TU973.1

文献标识码: A

Research and Application of Digital Construction Technology for Glass Curtain Walls

LI Ming

Zhejiang University of Technology Engineering Design Group Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract: Since the 20th century, glass curtain wall systems have been widely used in architectural design. The transparent and modern visual effects optimize natural lighting and enhance the aesthetic appearance of buildings. The high-precision design and complex process have put forward higher requirements for the construction process of glass curtain walls, and traditional construction methods face severe challenges. With the development of the construction industry, the construction environment and technical conditions continue to change. Modern buildings have increasingly strict requirements for the design and construction accuracy of glass curtain walls, and higher expectations have been put forward for construction efficiency and quality control standards. Traditional construction methods are unable to meet these needs, leading to differences between design and actual construction, which in turn can cause quality issues and construction delays. Based on this, digital construction technology has emerged, and the introduction of technologies such as Building Information Modeling (BIM), parametric modeling, intelligent manufacturing equipment, and real-time data monitoring has significantly improved the accuracy and efficiency of construction, while optimizing project management and quality control. The application of these technologies not only effectively solves many problems in traditional construction methods, but also provides strong support for the modernization process of the construction industry. With the continuous advancement of digital construction technology, the construction industry will move towards a higher level of development.

Keywords: glass curtain walls; digital construction technology; application

引言

作为现代建筑行业中的关键外立面系统, 玻璃幕墙因独特的美学效果及功能优势, 已在高层建筑及商业综合体中得到广泛应用。建筑设计的复杂性以及施工要求的提升, 传统施工方法在精度、效率及质量控制方面带来了严峻的挑战, 因此数字化施工技术的采用已成为必然趋势。先进的信息技术与智能设备的结合, 使数字化施工技术在设计、制造及施工各个阶段提供了全面的支持, 从而显著提升了项目的整体表现与执行效率。

1 玻璃幕墙与数字化施工技术的概述

1.1 玻璃幕墙

在现代建筑中玻璃幕墙作为一种常见的外立面装饰系统, 由玻璃板与相应的支撑结构组成, 发挥着重要的视觉与功能作用。建筑的美观不仅得到了提升, 且自然采光

与通透感也增强了, 使室内外空间更加和谐, 进一步提高了建筑的整体美学价值。施工过程中对玻璃幕墙的安装精度要求极高, 并需要高级的施工技术。通常幕墙系统包括了铝合金框架、密封材料及其他固定装置, 这些构件都需要经过详细的计算与设计, 确保结构的稳定性和耐用性。尤其是在高层建筑中, 玻璃幕墙不仅必须抵御风压与温度变化, 还需要应对其他外部环境的挑战。现代玻璃幕墙系统为了兼顾能源效率与环境影响, 采用了低辐射玻璃和隔热层, 这些设计能够提升建筑的能源利用效率, 并降低空调与采暖的能耗, 同时通过高性能的密封技术, 空气泄漏得以有效减少, 从而进一步提升了建筑的节能效果。

1.2 数字化施工技术

作为现代建筑工程中的一种创新方法, 数字化施工技术通过引入先进的信息技术与智能设备, 显著提升了施工

过程的效率与准确性,这项技术涵盖了从设计到施工各个阶段的数字化管理,计算机辅助设计(CAD)、建筑信息模型(BIM)以及现场数据采集等手段被用来对传统施工过程的各个环节进行数字化处理与优化。在施工前详细的三维模型由BIM技术创建,设计图纸被转化为虚拟建筑,通过这一过程构件与系统的协调性得到了确保,使设计师与工程师能够在施工之前识别潜在冲突,并使施工团队能够提前规划施工步骤从而优化资源分配。在施工阶段,依托激光扫描、无人机及传感器等设备进行的实时监测与数据采集,使施工现场的实际情况能够被精准捕捉,这些设备将现场数据与设计模型进行比对,从而及时发现并纠正偏差。施工精度得到了提升,返工与材料浪费因误差减少而被有效遏制。集成的施工管理平台促进了项目团队的信息实时共享与进度更新,通过信息透明化与实时更新,团队的协作效率得以增强,有助于项目按计划推进并降低了施工过程中的风险与不确定性。

2 玻璃幕墙数字化施工技术的优势

2.1 施工精度显著提高

玻璃幕墙施工精度的显著提升,主要得益于参数化建模和BIM技术的广泛应用。施工前通过三维建模进行的数字化技术模拟,复杂建筑结构得到了精确展现,从而确保了每个幕墙构件的设计尺寸、安装位置以及连接方式与实际情况完全一致,入数字化工具使得测量与定位的精准度得到了大幅提升,传统手工测量带来的误差显著减少。在施工阶段,实时监测的实施由激光扫描与无人机等数字化设备进行,使施工过程中的偏差能够迅速被发现并加以纠正,通过这种实时反馈机制返工得以有效避免,施工质量得到了提升,同时工期延误的风险显著降低。

2.2 施工效率大幅提升

在显著提升施工效率方面,玻璃幕墙的数字化施工技术展现出独特优势。设计阶段通过应用数字化技术,潜在问题得以提前识别,从而避免了施工中可能出现的重复劳动^[1]。建筑信息的整合通过BIM技术得以实现,使施工团队在材料调度与施工计划优化上变得更加高效。复杂工序的简化得益于智能化吊装系统与自动化安装工具等数字化设备的使用,这些设备大幅加快了幕墙构件的生产、运输与安装速度。数字化施工管理还促进了各工序之间的顺畅衔接,由于工序间断所带来的时间浪费得到了显著减少,整体工期的缩短得以有效实现。

2.3 全程可控的安全管理

全面的控制保障在玻璃幕墙的数字化施工技术中得到了实现,为安全管理提供了有效支持,各种风险通过实时监测与数据反馈能够被及时识别与处理。应用了智能设备,如传感器和无人机显著减少了施工人员从事高空或危险作业的需要,从而降低了意外事故的发生概率,施工现场的所有操作,包括工人操作、设备运行及施工环境都通过数字化管理平台进行全方位的追踪,确保操作处于严格

控制之下。异常情况一旦被系统检测到,即会自动发出预警,相关人员则能迅速采取措施以防止事故发生,这种数据化的安全管理方式,不仅提升了施工的安全性还增强了对潜在风险的预测能力,有效地减少了施工过程中的不确定性。

3 玻璃幕墙数字化施工技术

3.1 参数化建模技术

在玻璃幕墙数字化施工中,参数化建模技术起着至关重要的作用,通过这种技术设计师可以在灵活的数字环境中设定玻璃幕墙的各种参数,包括尺寸、形状及安装位置,使得设计可以根据实际需求迅速进行调整,确保设计方案的高效实施。例如建筑设计发生变化时参数化模型会自动更新,确保所有相关数据与构件尺寸得到及时同步,从而避免了传统设计中常见的错误与遗漏。此外与其他施工工具及系统的无缝集成,使参数化建模技术在提高设计与施工衔接效率方面发挥了关键作用,不仅增强了设计的准确性还优化了施工流程,确保项目能够按计划顺利推进。

3.2 BIM技术的应用

在玻璃幕墙施工中,BIM(建筑信息模型)技术的应用极大地优化了项目的管理与执行,通过构建详尽的三维模型,所有与设计、施工及运营相关的信息被整合于BIM技术中,该模型不仅展示了玻璃幕墙的空间布局,还包括了材料规格、施工顺序及维护要求等关键细节。施工团队得以利用BIM模型进行精确的碰撞检测,从而在现场发现设计与结构上的冲突,减少了对现场修正的需求。BIM技术还允许实时更新与数据共享,使项目参与者能够随时访问最新的设计与施工信息。信息的集中管理不仅提升了沟通效率还加快了决策速度,通过这种方式施工过程中的协调性与透明度显著提高,确保了玻璃幕墙项目的高效推进与质量控制。

3.3 施工精度控制技术

在玻璃幕墙安装中,施工精度控制技术通过先进的测量与调整手段,确保构件准确符合设计要求。激光扫描与三维定位技术的运用,使施工现场能够实时测量幕墙的位置与对接情况,并将其与设计模型进行对比从而及时发现并纠正偏差。智能化安装设备则被用来自动调整构件的位置,保证每个幕墙单元的精准安装。环境因素的监测,如温度与湿度对施工精度也有重要影响,这些因素可能会影响材料的尺寸及安装精度,通过这些技术措施误差引起的返工与材料浪费得到了有效减少,玻璃幕墙的稳定性与长期性能也得以确保,从而显著提升了项目的施工质量与效率。

3.4 数字化施工设备与工具

在玻璃幕墙安装过程中,数字化施工设备与工具的应用至关重要。先进的测量与调整手段确保了构件准确符合设计要求。例如,激光扫描与三维定位技术的应用,使施工现场可以实时测量幕墙的位置与对接情况,并与设计模型进行比对,从而能够及时发现并纠正偏差。自动调整构件位置的智能化安装设备,确保了每个幕墙单元的精准安

装。借助这些数字化技术，施工过程中的误差引起的返工与材料浪费被有效减少，同时玻璃幕墙的稳定性与长期性能也得以保障。这些技术措施的应用，显著提高了项目的施工质量与效率。

4 玻璃幕墙数字化施工技术的应用

4.1 设计阶段的数字化技术应用

在设计阶段数字化技术的应用显著优化了玻璃幕墙项目的设计过程。BIM（建筑信息模型）技术的引入，使得设计团队能够构建一个详尽的三维模型，整合了所有设计数据和建筑信息，不仅展示了玻璃幕墙的外观与结构还涵盖了材料规格、施工细节及维护要求，通过虚拟环境中的碰撞检测，设计师能够识别并解决设计中的潜在问题避免了施工阶段的冲突。参数化建模技术进一步增强了设计灵活性，允许设计师根据实际需求迅速调整设计参数，如玻璃尺寸、安装角度及连接方式，这种灵活性确保了设计能够迅速响应建筑要求的变化，使所有构件在设计阶段即与实际条件相匹配。此外数字化设计工具的使用支持了多方协同工作，设计师、工程师与施工团队能够通过共享平台实时访问和更新设计信息，这种高效的信息流动提升了各方的沟通效率，减少了设计与施工之间的误解与延迟。

4.2 制造阶段的数字化技术应用

在制造阶段数字化技术对玻璃幕墙的生产效率与精度产生了显著提升，高级计算机辅助设计（CAD）及计算机辅助制造（CAM）系统的应用，确保了制造过程中每个环节的精确控制。设计数据从数字模型直接传输到制造设备，保证了玻璃幕墙构件的规格与尺寸完全符合设计要求。智能生产设备的应用，例如数控切割机与自动化装配机器人，极大地提升了玻璃的切割、加工及装配效率。数控切割机通过精准的计算与控制，能够迅速且准确地进行玻璃切割，生产速度与材料利用率因此得到提高，自动化装配机器人在构件装配时执行高精度操作，减少了由人工干预可能引发的误差。质量控制也因此变得更加高效，实时数据监测与反馈系统，使得生产设备能够及时调整加工参数，确保了每个构件的质量。生产过程中的每一步数据均被数字化监测系统记录，为后续的质量检查与追踪提供了可靠的依据。

4.3 施工阶段的数字化技术应用

在施工阶段玻璃幕墙安装的精度与效率显著提升，数字化技术发挥了关键作用，激光扫描技术与无人机的应用，使建筑结构的现状能够被准确捕捉并与设计模型进行对比，通过实时数据采集与分析，这种实时监测不仅确保了幕墙构件的精确定位与安装，还减少了因现场条件变化引发的安装偏差。增强现实（AR）与虚拟现实（VR）技术也被用于施工现场的虚拟验证，实际施工前通过这些技术，施工团队能够预览安装过程的虚拟模型，潜在问题能够及时被发

现并进行调整，从而降低了现场调整的难度与风险^[2]。施工进度、资源配置与人员调度的管理，通过数字化施工管理平台的使用，变得更加高效。实时跟踪各工序进展，集成的项目管理系统允许施工团队快速响应现场问题，确保施工计划的按时执行。数据共享与协同工作的支持，使得所有参与者能够及时获得最新的施工信息，从而优化了团队之间的沟通与协调。

4.4 质量控制与管理的数字化技术应用

在玻璃幕墙施工过程中，质量控制与管理的数字化技术极大地提升了项目的质量保障水平，施工环节的实时跟踪通过集成的数字化监测系统得以实现。关键参数，如温度、湿度及材料应力等，由传感器与数据采集设备记录，这些数据实时与设定标准对比，通过即时的数据反馈施工团队能够迅速发现并纠正潜在问题，从而避免了环境变化对质量的负面影响^[3]。在质量检查与验收阶段，高精度的激光扫描与无人机技术，被用来对施工完成后的玻璃幕墙进行全面的三维扫描。此举确保了所有构件的位置、尺寸及对接精度与设计模型的一致性，大幅提升了检测的准确性，并减少了人工检查的主观性。质量控制系统的集成，还支持数据分析及历史记录的管理，对施工过程中生成的数据进行分析，能够帮助项目团队识别常见的质量问题及风险点，从而制定更为有效的质量控制策略。历史数据的管理，为项目质量的追踪与验证提供了可靠依据，同时也方便了后续的维护与管理。

5 结语

在现代建筑领域玻璃幕墙数字化施工技术的引入，标志着一项重要的技术进步。先进的数字化工具与技术的应用，优化了设计、制造及施工的各个环节，这一技术进步不仅提升了施工精度与效率，还增强了项目管理与质量控制。传统施工方法中的诸多难题，已通过数字化技术的广泛应用得到解决，这推动了建筑行业的现代化进程。建筑设计及施工因此变得更加高效且可靠，同时对建筑项目的可持续发展与环境保护做出了积极贡献。随着技术的不断进步与应用深化，未来的建筑项目将趋向于更高的智能化与精细化，为建筑行业的发展注入新的动力与活力。

[参考文献]

- [1] 齐海艳. BIM 技术在建筑外立面幕墙设计中的应用研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(14): 46-48.
 - [2] 王百超, 冯兴庚, 江涛. 玻璃幕墙外附着铝合金格栅装配式施工工艺[J]. 建筑技术开发, 2023, 50(11): 38-40.
 - [3] 李宇. 基于 BIM 技术的大扭转双向曲面玻璃幕墙设计与施工[J]. 中国建筑装饰装修, 2021(3): 38-39.
- 作者简介: 李明(1990.7—), 男, 职称: 中级工程师, 籍贯: 浙江绍兴。