建筑幕墙设计与施工中 BIM 技术的应用

侯尚英¹ 刘佩²

1 陕西鸿祥幕墙工程有限公司 2 陕西悦易建筑项目管理有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i2.12958

[摘要] 建筑幕墙结构工程复杂多样,其设计与施工涉及诸多环节,而BIM技术在此领域的应用显著提高了设计、施工和管理效率。本文探讨了BIM技术在幕墙工程中的挑战和应用,重点分析了模型建立、成本报价、碰撞模拟、施工材料管理、施工定位与进度管理等方面。通过实际案例,展示了BIM技术如何优化设计阶段的建模、施工阶段的进度控制与质量管理,提升了项目整体效率并减少了成本浪费。本文旨在为类似项目提供有益的参考和经验。

[关键词] BIM技术; 建筑幕墙; 施工管理; 进度控制

中图分类号: TD223 文献标识码: A

Application of BIM Technology in Design and Construction of Building Curtain Walls

Shangying Hou¹ Pei Liu²

1 Shaanxi Hongxiang Curtain Wall Engineering Co. 2 Shaanxi Yueyi Construction Project Management Co.

[Abstract] Building curtain wall projects are complex and diverse, involving multiple materials and construction links, and the application of BIM technology in this field significantly improves the efficiency of design, construction and management. This paper discusses the challenges and applications of BIM technology in curtain wall engineering, focusing on the analysis of model establishment, cost quotation, collision simulation, construction material management, construction positioning and schedule management. Through practical examples, it demonstrates how BIM technology can optimise modelling in the design phase, progress control and quality management in the construction phase, improving overall project efficiency and reducing cost wastage. This paper aims to provide useful reference and experience for similar projects.

[Key words] BIM technology; architectural curtain wall; construction management; progress control

引言

随着建筑行业的快速发展,建筑幕墙工程逐渐趋向复杂化,其在设计和施工中精确度和协同性的要求也日益增加。传统的二维设计和施工方式在面对复杂的幕墙系统时往往存在诸多不足。BIM(建筑信息模型)技术作为一种创新的数字化技术,凭借其三维可视化、协同工作和数据管理的优势,逐渐在建筑幕墙工程中得到了广泛应用。通过BIM技术,可以实现设计与施工的精确对接,降低成本,提高效率,确保工程质量。

1 建筑幕墙工程设计与施工中的BIM技术应用难点

首先,幕墙工程具有“非标准化”、“高定制度”和“多材料组合”的特点,不同幕墙系统(玻璃幕墙、金属板幕墙、石材幕墙等)需要匹配不同的构造节点与幕墙附件,这就导致幕墙模型在细节刻画上存在难度,必须在BIM建模阶段充分结合各项材料性能和连接方式^[1]。

其次,幕墙工程的构造层次复杂,包含主龙骨、副龙骨、支撑体系、连接件及不同材质面板,每个部件的尺寸、连接方式、

受力特性都可能影响整体设计与施工精度。如何在BIM环境中精准表达并保持数据一致性,对设计团队提出较高要求。

第三,幕墙工程的施工流程跨越多个专业环节,包括建筑、结构、机电以及幕墙自身专业,各方信息交互如果缺乏统一规范与数据接口,极易在模型交互时出现数据丢失或错误^[2]。

第四,幕墙施工环节的现场数据采集与模型实时更新也存在难点,包括测量定位、构件预制与安装对精度的要求极高,一旦出现偏差,后续调整代价高昂。因此,如何在BIM中动态管理尺寸和安装偏差、以及借助数字化手段(如激光扫描、无人机测绘等)对施工状况进行实时比对分析,也是摆在项目团队面前的挑战。

2 BIM技术在建筑幕墙工程设计中的应用

2.1 模型建立

在幕墙工程的BIM模型建立过程中,需要结合建筑物的外形复杂度、幕墙系统的类别以及相关专业的技术需求,对模型精度(LOD)进行合理定位。一般而言,幕墙BIM模型至少应达到LOD300及以上,才能保证对幕墙面板位置、龙骨体系、连接件等关键部

件的准确表达。模型搭建时,首先需与建筑、结构、机电等专业模型进行坐标对齐与基准面统一,避免在后续模型合并时产生错位或重叠。对于幕墙系统本身,则需根据项目招标文件或施工图纸中明确的幕墙分格、面材类型、节点详图等进行建模,包括主龙骨、副龙骨以及开启扇、密封胶条等细部的真实尺寸。在软件选型上,幕墙BIM建模通常以Revit、Tekla或Rhino+Grasshopper等为主,每种软件拥有不同的优势与建模思路。在具体建模流程上,设计师应按照“自上而下”或“自下而上”的方法逐步深化:先定义幕墙整体分格与主要构造,再细化到连接件与密封部位,以保证模型与图纸的一致性。对于较为复杂的异形幕墙项目,需要额外关注面板曲率、节点转接、玻璃拼缝等特殊部位的精确表达^[3]。

2.2 成本报价

在BIM环境中,幕墙模型已充分包含面板尺寸、龙骨数量、节点配件、密封材料等构件信息,能够自动完成零件清单的汇总与分类,大幅度减少了人工统计的错误率。具体而言,造价工程师可以基于BIM模型的材质、规格和分格信息,对每种幕墙部件进行单独编码,并关联对应的市场单价或企业内部成本数据库。系统可实时统计各类板材的面积、龙骨的长度与数量、密封胶条的长度等明细,并进行必要的损耗计算^[4]。此外,对于配件如连接件、螺栓、密封胶等,模型中也能精准统计其型号与用量。

2.3 碰撞模拟

在幕墙项目中,碰撞模拟尤其有助于节点优化与装配精度的保障。比如,幕墙挂件或预埋件若与楼板中的钢筋或机电管线重叠,会导致现场安装困难;玻璃面板若与突出构件的安全距离不足,则可能影响美观与安全维护^[5]。通过碰撞检测,设计师能够在施工前准确识别这些问题并进行调整,如调整幕墙分格、修改挂件位置或优化机电走向。

3 BIM技术在建筑幕墙工程施工中的应用

3.1 施工材料方面

BIM技术在幕墙工程施工材料管理中发挥了重要作用,有效提高了材料使用效率和施工质量。通过BIM模型,可以准确提取每种材料的用量、规格和位置,并与企业的材料采购系统无缝对接,实现精确的材料采购和库存管理。例如,根据幕墙分格和节点设计,BIM模型能自动统计玻璃面板、铝型材、密封胶等材料的详细清单,并计算合理的损耗比例,避免因过多采购导致材料浪费或因不足而影响施工进度^[6]。同时,BIM技术支持对材料质量进行动态跟踪管理。模型中每个材料构件都可附加其来源信息、质量检验报告和施工节点要求,确保现场使用的每件材料符合设计标准。

3.2 施工定位方面

施工定位的精确性直接决定了幕墙工程的安装质量,而BIM技术通过三维可视化和坐标管理为施工定位提供了强有力的支持。在幕墙工程中,各个龙骨、挂件和面板的位置需与主体结构紧密匹配,但传统的手工测量方式容易因累积误差而导致定位偏差。借助BIM技术,施工团队可以在三维模型中提前模拟安装

过程,精确校核各个构件的空间位置,确保其与建筑整体坐标系统一一致。

3.3 施工作业方面

BIM技术在建筑幕墙工程的施工作业过程中,起到了信息化与自动化的深度融合作用,极大地提升了构件的加工精度与生产效率。在传统的施工方式中,幕墙构件的制作往往依赖二维图纸,设计师手动计算尺寸并制定加工工艺,这种方式容易导致误差的发生,尤其是在复杂结构和精度要求较高的幕墙工程中,错误的积累可能导致整个工程质量问题。而BIM技术的引入为这一过程提供了全新的解决方案。通过BIM技术,设计阶段生成的三维模型可以直接应用到施工作业中。每个幕墙构件的几何形状、材料属性、以及加工艺要求都被数字化存储在BIM模型中,设计信息能够无缝传递至加工车间。在这一过程中,数控设备(如激光切割机、折弯机等)被用来根据BIM模型提供的精确数据进行自动化加工,避免了传统手工操作中的误差积累。这不仅提高了加工精度,还减少了人工操作带来的偏差和时间浪费。

在实际操作中,BIM模型为生产车间提供了详细的构件加工参数,并且能够通过与生产设备的对接,实现高度自动化的生产流程。例如,玻璃面板的裁切、龙骨系统的切割与焊接、金属型材的弯折等,都可以依照模型数据精准执行。

3.4 施工进度方面

施工进度管理是建筑幕墙工程中的关键环节之一,直接影响到项目的工期、成本控制和整体质量。在传统的施工进度管理中,通常依赖二维甘特图和人工统计,虽然可以提供某些基础的时间安排,但难以反映现场实际情况,尤其是在大型复杂项目中,现场施工的进度常常偏离预定计划。面对这些问题,BIM技术通过引入4D建模(即将时间维度引入到三维模型中),为施工进度管理提供了强有力的支持。4D BIM技术将每一个施工任务与时间轴结合,实现了施工进度的动态模拟。通过将建筑模型中的每一部分与施工时间表关联,项目管理团队可以直观地了解每个环节的进展情况。

4 工程案例分析

4.1 项目概述

该案例为某高层商务楼项目,总建筑高度为120米,采用大面积玻璃幕墙设计,总幕墙面积约为25,000平方米。项目施工周期为18个月,其中幕墙工程的设计、加工和安装阶段占用12个月。为确保项目质量和进度,施工方全面引入BIM技术,覆盖设计、材料管理、施工模拟与进度控制等多个环节。

4.2 BIM技术在设计阶段的应用

在设计阶段,BIM技术被用于幕墙系统的三维建模和优化分析。设计团队通过Revit软件搭建了幕墙的完整三维模型,包含玻璃面板、龙骨系统、密封胶条、连接件等细部结构。在建模过程中,BIM技术解决了以下问题:

(1) 复杂曲面优化。针对弧形幕墙区域,BIM模型详细计算了面板的曲率分布和受力分析,避免了传统二维设计中的尺寸误差。(2) 碰撞检测。BIM技术检测出龙骨系统与主体结构之间的潜在碰撞

点10处,并提前调整挂件位置,避免了现场返工。(3)多方案对比。通过参数化设计,模拟了不同玻璃材质(普通中空玻璃与Low-E玻璃)的热工性能和成本差异,最终选择了性能与造价最优的Low-E玻璃。

4.3 BIM技术在施工阶段的应用

4.3.1 施工材料管理

施工团队通过BIM模型精准提取了各类材料的用量与规格,直接生成了材料清单并与供应商对接,减少了材料浪费与库存积压。BIM技术还对现场材料流转进行动态监控,例如通过RFID标签记录玻璃面板的入库、分区和安装状态。以下为项目玻璃面板的材料管理数据:

表1 材料统计与损耗

材料类型	计划用量(平方米)	实际用量(平方米)	损耗率(%)
普通中空玻璃	15,000	15,120	0.80%
Low-E玻璃	10,000	10,080	0.80%
龙骨系统	35,000(米)	34,960(米)	-0.10%

通过BIM技术的精准控制,材料损耗率控制在1%以内,相比传统施工方式降低了约3%。

4.3.2 施工进度管理

BIM模型被用于模拟幕墙施工过程的每个关键节点,包括预埋件定位、龙骨安装、面板装配等。施工方利用4D BIM技术(时间维度建模)制定了详细的施工计划,并将现场施工状态与模型进度进行实时比对。例如,通过无人机航拍和激光扫描技术,每周比对现场施工与计划进度的偏差,及时调整施工资源。以下为进度计划与实际完成情况的对比数据:

表2 施工进度对比表

施工阶段	计划完成时间	实际完成时间	偏差(天)	调整措施
预埋件安装	2023/1/15	2023/1/20	5	增加人力投入
龙骨安装(1-10层)	2023/3/15	2023/3/12	-3	无需调整
龙骨安装(11-20层)	2023/4/30	2023/5/5	5	优化物流配送
面板装配(1-20层)	2023/7/31	2023/7/31	0	计划执行良好
总计	-	-	平均+2天	调整及时有效

通过BIM技术实时监控,施工团队在多次进度偏差中迅速采取补救措施,将平均工期偏差控制在2天以内,确保了项目整体按时完成。

4.3.3 BIM技术在质量控制中的应用

BIM技术支持幕墙施工质量的全面控制与数据记录。例如,通过模型分析,每个预埋件和龙骨的安装位置均以毫米级精度

定位,确保幕墙整体的平整度和牢固性。同时,BIM与现场无损检测技术结合,对玻璃面板的拼缝、密封胶的涂抹以及龙骨的焊接点进行动态记录。施工完成后,所有检测数据被存储在BIM模型中,为后续的维护和管理提供了精准依据。

表3 质量检测数据示例

检测项目	检测范围	合格率(%)	问题处理时效(小时)
预埋件定位偏差	200个预埋件	98%	6
龙骨焊接质量	500个焊接点	99%	8
面板拼缝平整度	1,000个拼缝	97%	12
密封胶涂抹完整性	1,000条涂胶线	96%	10

4.3.4 案例成效与总结

通过全面应用BIM技术,该项目在多个环节显著提升了施工效率和质量管理水平:

(1)材料损耗率降低了约3%,节约成本近百万元。(2)平均工期偏差控制在2天以内,有效避免了工期延误。(3)检测合格率均在96%以上,施工质量达到了行业标杆水平。

本案例表明,BIM技术在建筑幕墙工程中的应用,不仅优化了设计与施工流程,还为精细化管理和长效维护奠定了基础。这一实践经验为类似复杂项目提供了可借鉴的创新路径。

5 结语

BIM技术的全面应用为建筑幕墙工程注入了新的活力,从设计阶段的三维建模到施工阶段的动态监控,提升了项目的整体管理水平。通过案例分析可以看出,BIM技术在精准设计、成本控制和施工效率方面均表现出显著优势,为复杂项目的实施提供了有力支持。

[参考文献]

- [1]熊冬冬,谢银银.建筑工程技术中BIM技术在设计与施工中的整合应用研究[J].中华建设,2024,(08):139-141.
- [2]袁晓波,于跃,王文芳,等.BIM技术在装配式建筑设计中的应用研究[J].技术与市场,2024,31(06):97-100.
- [3]李瑞玲.BIM技术在建筑工程设计和施工中的应用[J].新城建科技,2024,33(04):7-9.
- [4]张艺才.BIM技术在超高层建筑幕墙施工全过程应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(29):160-162.
- [5]沈华俊.BIM技术在单元体幕墙工程设计施工阶段的应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(23):122-124.
- [6]张勇,沈良,郭逢波,等.BIM技术在建筑异形幕墙结构设计中的应用研究[J].中国建筑装饰装修,2024,(15):74-76.

作者简介:

侯尚英(1987--),男,汉族,河南虞城人,大学本科,研究方向:工程管理。

刘佩(1988--),女,汉族,河南虞城人,大学本科,中级工程师,研究方向:土木工程。