

基于 BIM 技术的曲屋面铝板幕墙施工管理研究

魏 波

上海赛莱建筑工程有限公司 上海 202150

【摘要】：在建筑行业发展逐步趋向精细化、数字化方向的过程中，异形曲面建筑成为建设城市地标性建筑的首选，而曲屋面铝板幕墙因本身具备耐久性、美观性等优势，因而得到广泛应用。文章以南京华侨城 CD 地块幕墙精装修工程为例，探明了 BIM 技术在曲屋面铝板幕墙施工管理中的优势价值，并针对该技术在施工管理中的贯彻提出建议。研究表明，基于 BIM 技术的曲屋面铝板幕墙施工管理，需重点关注“落实 BIM-5D 技术，保证施工管理水平”“落实端点采集设备，保证管理数据收集效果”，这将直接影响曲屋面铝板幕墙施工管理的整体水平。

【关键词】：BIM 技术；曲屋面铝板幕墙；施工管理

DOI:10.12417/2705-0998.26.04.072

引言

在现代建筑美学表达的追求中，曲屋面铝板幕墙凭借其所以具备的轻盈外观质感、流畅曲面造型，实现了在博物馆、住宅综合体等建筑中的广泛应用。但是，在实际施工中，因曲屋面铝板幕墙本身存在铝板加工精度要求高、曲面结构形态复杂等特点，因此传统的施工管理模式，难以保证施工质量、进度、安全等提供支持^[1]。基于此，文章将以南京华侨城 CD 地块幕墙精装修工程为例，针对基于 BIM 技术的曲屋面铝板幕墙施工管理展开深入探讨。

在曲屋面铝板幕墙施工管理中，BIM 技术具备协同化、可视化、模拟化、参数化等典型优势，将其贯彻落实于曲屋面铝板幕墙施工管理全过程，可有效提升整体施工管理质量、破解传统管理难题，并在此基础上，实现降本增效、风险高效防控等目标。

1 基于 BIM 技术的曲屋面铝板幕墙施工管理价值

在具体施工中，曲屋面铝板幕墙施工的核心难点，主要表现为如何做到曲面造型的精准还原。而在传统的施工模式下，基本以二维图纸的应用为主，难以做到复杂曲面空间关系的直观、立体呈现，这极易导致设计尺寸偏差、设计漏洞等问题，严重影响整体施工效率。而在引入 BIM 技术后，可做到三维可视化模型的 1:1 构建，并可在模型中直观呈现曲屋面铝板幕墙设计的龙骨布置、铝板分格、曲面弧度等精细化参数，保证施工设计的优化效果^[2]。同时，基于 BIM 技术的曲屋面铝板幕墙施工管理，还可结合曲屋面铝板幕墙曲面多变的特点，做到设计参数数据的精准提取，并自动生成构件加工图、加工工艺图，这可为整体施工管理工作的开展奠定基础。当然，曲屋面铝板幕墙施工管理中 BIM 技术的应用，还可做到施工全过程的精准管控，并在此基础上，促进施工质量与施工效率的提升。

如在构件加工中即可利用 BIM 模型做到构件加工信息的有效导出，并基于数控机床、多轴雕刻机、智慧制造平台等，实现龙骨、铝板等的毫米级加工，铝板报废率、加工误差等均可在这种情况下产生显著降低与减少。而在现场施工中，BIM 技术与全站仪、三维激光扫描等技术的组合应用，还可实现钢结构立体扫描，以获取真实的空间坐标数据，这对 BIM 模型修正效果的提升有直接影响，可以为幕墙铝板、龙骨等的安装，提供高精度定位支持，这对保证曲面铸造型一致性、流畅度等大有裨益。

2 基于 BIM 技术的曲屋面铝板幕墙施工管理策略

为探明 BIM 技术在曲屋面铝板幕墙施工管理中的关键价值，文章将以南京华侨城 CD 地块幕墙精装修工程为例展开探讨和分析。该工程的工程地点位于江苏省南京市建邺区河西南部鱼背地块。整体工程范围为南京华侨城置 NO.2015G61 地块项目（C、D 地块）3#楼、4#楼幕墙及精装修工程（二标段）4#楼。工程合同总价为 52826047.2 元，其中幕墙工程合同总价为 19587212.6 元。下文将基于 BIM 技术在南京华侨城 CD 地块幕墙精装修工程中的落实，展开对其中所涉及曲屋面铝板幕墙施工管理策略的探讨。

2.1 落实 BIM-5D 技术，保证施工管理水平

在南京华侨城 CD 地块幕墙精装修工程中，基于 BIM 技术的曲屋面铝板幕墙施工管理，需首先强调融入“BIM-5D 技术”的关键作用，并注重协同管理平台架构的形成。整个平台的构建，是在 BIM-3D 的基础上，融入时间维度（4D 进度）、成本维度（5D 成本）后，所构成的多维度集成模型，其能够为曲屋面铝板幕墙施工进度信息、几何信息、成本信息的实时联动与深度融合提供支持^[3]。

而曲面铝板幕墙施工与 BIM-5D 的融合逻辑，主要表现为基于“理论指引+技术支撑”的协同管控模式，实现曲面铝板幕墙施工的高效规划与管理目标，并构建基于 BIM-5D 的施工管理框架逻辑，具体见图 1。

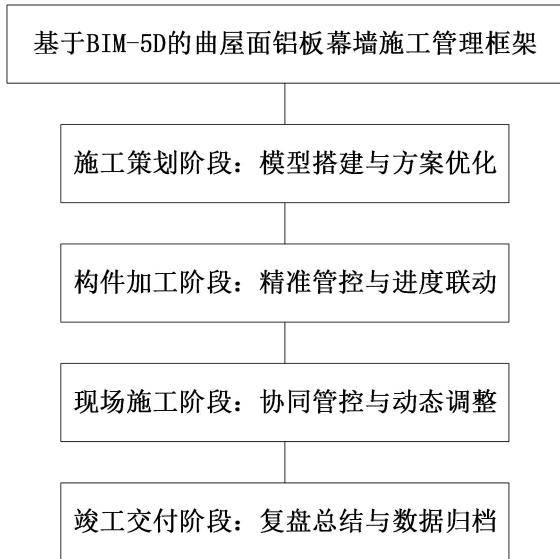


图 1 基于 BIM-5D 的施工管理框架逻辑

在上述基础性框架逻辑明确后，需基于 BIM-5D 构建协同管理平台，整个平台架构的形成需涵盖进度协同管理模块、质量协同管理模块、成本协同管理模块、BIM-5D 模型管理模块等。(1) 进度协同管理模块：该模块的构建需依托 4D BIM 技术实现，核心功能在于曲面铝板幕墙施工进度计划的计划、跟踪、管控、分析及协同优化，以保证整个项目可实现按计划推进，并与项目成本控制模块、质量控制模块等形成协同联动。整个模块的构成，会形成对曲面铝板幕墙施工进度计划编制的支持。同时，还会形成对 Project、Primavera 等进度管理软件计划文件导入的支持，施工进度可视化也可得到充分保证。

(2) 质量协同管理模块：该模块的构成，需依托 BIM 技术实现，核心功能在于曲面铝板幕墙施工质量的全流程管控，其中需重点关注项目质量标准制定、质量检查、质量验收、隐患排查、整改、追溯等，其能够做到与项目进度管控、成本管控的协同，是保证项目施工质量的核心所在。该模块所包含的主要作用有“质量标准制定与导入”“质量实时检查与上报”“质量验收管理”“质量隐患整改与跟踪”“质量追溯管理”。(3) 成本协同管理模块：该模块的构成，需依托 5D BIM 技术实现，核心功能主要包含曲面铝板幕墙施工成本的全流程管控，其中包含项目成本预算、项目成本核算、项目成本跟踪等，其能够做到与项目进度控制模块、质量管理模块的协同，项目成本可控的目标主要由三者协同优化实现。该模块的主要作用包含“成本预算编制与导入”“成本动态核算”“成本实时跟踪与分析”“成本超支预警与优化”等。

2.2 落实端点采集设备，保证管理数据收集效果

关于 BIM 在南京华侨城 CD 地块幕墙精装修工程——曲面铝板幕墙施工管理中的应用，还需注重端点采集设备技术的应用，整个工程设计方案的构成可将其作为整体感知层的重要组成部分纳入其中。端点采集设备是数字孪生的基础感知层，其硬件构成、模块构成将会对整个曲面铝板幕墙施工管理方案的构成产生直接影响^[4]。其整体硬件结构见图 2

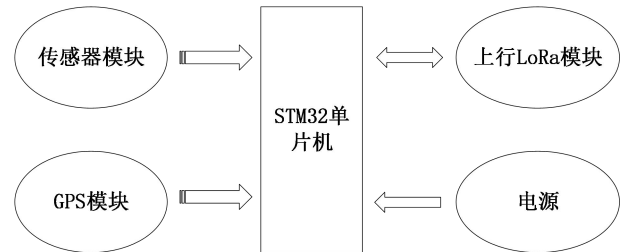


图 2 整体硬件结构

在整个系统的硬件构成中，传感器模块、GPS 模块、上行 LoRa 模块是重点。

2.2.1 传感器模块

整个系统构成中，传感器模块需要关注的重点为传感器的选用，可选择薄膜压力传感器。该传感器的核心部件是一张金属薄膜，通常由不锈钢或聚酰亚胺等材料制成。薄膜上涂覆着导电材料，如导电碳或金属膜。这一传感器本身具备响应速度快、灵敏度高优势，通过公式 (1) 的应用，可精准测得传感压力信号，这样就能够充分满足曲面铝板幕墙施工管理对传感器性能的要求。

$$M_v(t) = fM_p(t), D(t), C \quad (1)$$

在公式 (1) 中， $M_v(t)$ 为虚拟模型，也就是 t 时刻数字孪生体的运行状态； f 为映射与耦合函数，如模型驱动、数据融合、仿真推演规则； $M_p(t)$ 为物理实体状态，也就是 t 时刻现实曲面铝板幕墙施工的状态； $D(t)$ 为多源数据，也就是 t 时刻 GIS、BIM 等数据； C 为约束条件，其中包含规划边界、设计规范、工程参数、安全阈值等。

具体而言，如果设置半导体材料没有被拉伸前的长度是 l ，横截面积是 s ，电阻率是 ρ ，那么当该半导体材料接受来自外部的应力时，其电阻随即发生变化，表达式如下：

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta l}{l} - \frac{\Delta S}{S} = \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta l}{l} \left(1 - \frac{\Delta S}{S} \right) \quad (2)$$

在公式 (2) 中， R 为半导体材料电阻； l 为半导体材料长度变化量； S 为半导体材料横截面积变化量； ρ 为半导体材料电阻率变化量； ΔR 为压力变化引起的阻值变化； $\Delta \rho$ 为电阻率变化引起的阻值变化； Δl 为材料长度变化引起的阻值变化； ΔS 为半导体材料横截面积变化引起的阻值变化； N 为半导体材料数量。

2.2.2 GPS 模块

在曲屋面铝板幕墙施工管理中，GPS 模块不仅是位移感知的“标尺”，还是多源工程结构健康监测数据时空关联的枢纽，整个模块的形成具备毫米级动态定位能力，这为工程构件结构健康安全预警提供了关键支持。其中，整个模块的运行能够实现构件尺寸加工、曲面精度加工等工作动态追踪。

2.2.3 上行 LoRa 模块

在系统硬件构成中，上行 LoRa 模块承担的主要作用为承担曲屋面铝板幕墙施工数据传输任务，在整个模块的构建中，单网覆盖半径可达到 3~10km（视障碍物密度），穿透力也更强，能够有效解决基站信号盲区问题。同时，在该模块的运行中，其传感器端的待机电流仅需 1 μA，可维持长时间、低功耗运行。

在上述模块已经得到成功构建后，还需注重端点采集设备的工作原理构成，具体见图 3

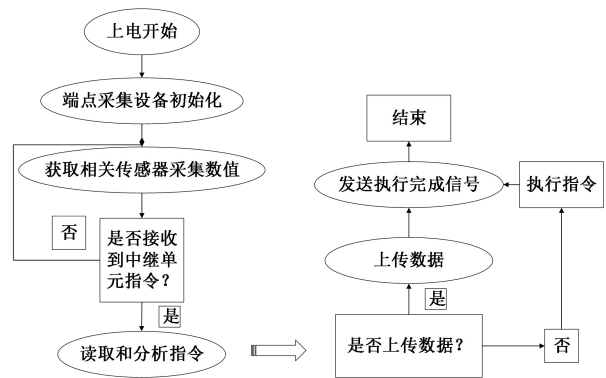


图 3 端点采集设备的工作原理

3 结论

综上，伴随建筑领域数字化进程的不断深入，需明确曲屋面铝板幕墙施工管理工作的规划开展，本身具备协同性、复杂性的特点，存在安全风险高、施工精度控制难、成本进度管控难等问题，因此传统的施工管理模式难以充分满足具体施工诉求。在这种情况下，文章以南京华侨城 CD 地块幕墙精装修工程为例，充分探讨了基于 BIM 技术的曲屋面铝板幕墙施工管理价值，并提出更具实操性、针对性的管理策略，希望能够为新时代曲屋面铝板幕墙施工管理工作的高质量发展提供借鉴。

参考文献:

- [1] 陈湄,彭捷,严启威,等.异形铝板幕墙设计与施工过程中的 BIM 技术应用研究[J].矿产与地质,2025,39(5):1147-1152.
- [2] 章扬.基于 BIM 软件辅助的曲屋面蜂窝铝板幕墙施工技术分析[J].四川水泥,2023(10):159-161.
- [3] 刘俊俊, 韦俊春.基于 BIM 技术的大跨玻璃+穿孔铝板双层幕墙关键技术研究[J].中国建筑金属结构,2023,22(12):29-31.
- [4] 卢俊.BIM 技术在港珠澳大桥澳门口岸旅检大楼钢结构、屋面、幕墙一体化施工中的应用[J].上海建设科技,2020(4):58-61.