

浅谈 BIM 技术在双曲幕墙项目中的研究与应用

刘佳, 刘冲, 姜远振, 廖红玉

中国一冶集团有限公司, 湖北 武汉 430080

DOI:10.61369/ME.2025070033

摘要 : 以河南某市大数据中心项目中幕墙施工为例, 通过 BIM 技术在双曲幕墙中的应用, 研究 BIM 技术对复杂造型幕墙施工质量控制的作用, 以期为类似幕墙施工质量提升提供借鉴。

关键词 : 参数化; 数字化; BIM; 施工技术

A Brief Discussion on the Research and Application of BIM Technology in Hyperbolic Curtain Wall Projects

Liu Jia, Liu Chong, Jiang Yuanzhen, Liao Hongyu

China First Metallurgical Group Co., Ltd., Wuhan, Hubei 430080

Abstract : Taking the curtain wall construction in a big data center project in a city in Henan as an example, this paper explores the role of BIM technology in quality control for the construction of complex-shaped curtain walls through its application in hyperbolic curtain walls, aiming to provide references for improving the construction quality of similar curtain wall projects.

Keywords : parametric; digitalization; BIM; construction technology

引言

随着时代发展, 科技革新, 在建筑工程领域, 许多传统设计方法的不足之处正在不断凸显, 无法切实满足客户需求, 参数化设计手段虽然不能完全替代传统设计手法, 但是可以做到更加高效、可视化^[1]。如今随着城市飞速发展, 各类数字化应用, 建筑外形也变得多样、不规则, 复杂的外立面使得设计工程师、施工工程师挑战不断增加。随着建筑外形的不断变化也对我们的工程技术提出了新的要求。

一、工程概况

河南某市大数据中心项目总建筑面积 6.6733 万 m², 主要包括通体 1 层地下室、4 层主机房、21 层配套服务楼、4 层服务配套裙房、通过 1 处 3~4 层连廊将 IDC 机房楼和配套服务楼相连接。结构类型为框架结构, 建筑高度为 93.9m, 整体造型独特, 楼板呈为圆弧形往上收缩状。其外立面为不对称双曲面造型, 每片玻璃、每片铝板形状相似而尺寸各不相同, 施工难度大, 传统钢结构下料方式难以精确详实地表达复杂的建筑幕墙造型。又因土建实体安装误差、受自重产生扰度变型等因素的影响, 现场钢结构与理论模型存在无法预估的误差, 如无法准确得到现场实际土建尺寸, 钢构施工无法开展。

二、BIM 技术解决幕墙项目中的应用重点

(一) 建筑的复杂造型如何实现

通过建立 BIM 模型来模拟建筑的复杂造型, 并用参数化手段来建立模型方便及时修改。参数化是通过计算机编写算法程序拟

定的算法自动生成结果, 通过编写算法程序机械性的重复操作及大量具有逻辑的演化过程可被计算机的循环运算取代, 方案调整也可通过参数的修改直接得到修改结果, 通过参数的调整直接改变模型形态优化设计, 做到方案与施工完美结合, 最终以达到建筑美感艺术性的呈现。

(二) 建筑实体与图纸相比细微误差数据采集难

通过运用成熟的多站点交互式 3D 扫描技术, 通过高精度三维激光扫描仪, 快速且准确的获取现场钢结构的点云数据, 经过逆向建模得到 1:1 的现场实际土建模型, 且精度达到 ±2mm, 再以此基础进行钢结构深化建模。

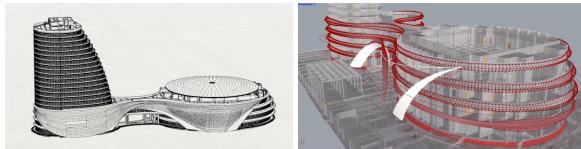
(三) 幕墙造型复杂, 构件不统一, 数据庞大难以手工绘制

通过 BIM 建模技术在电脑计算机中, 根据施工图纸模拟建造出实体模型, 称为正向模型。将激光扫描仪高精度扫描的建筑实体得到实测实量模型, 称为反向模型。将两个模型放在一起进行比较和优化, 得到一套精准无误的准确模型。从精准模型的基础上进行展开图的绘制, 并参数化数据进行自动编码并提取坐标系中重要点的三维数据, 用于下料加工和帮助施工定位。

三、施工工艺

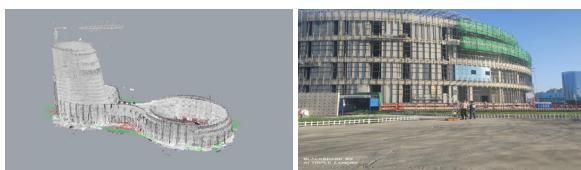
包括步骤：

- 1.结合建筑设计方案和现场实际情况创建完整精确的建筑BIM三维模型；



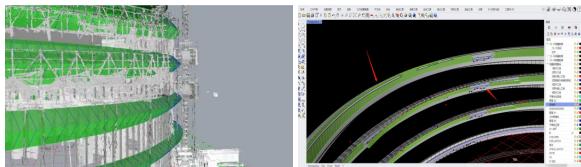
图一：正向建模

- 2.进行现场施工时，每施工完一片区域后，利用无人机携带的激光扫描设备采集刚完工区域建筑的全息三维点云数据，然后对全息三维点云数据进行处理，得到刚完工区域的建筑三维点云模型。



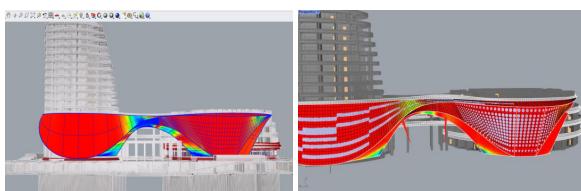
图二：反向建模

- 3.将刚完工区域的建筑三维点云模型与建筑BIM三维模型进行拟合对比，两者有重合误差的部位即为搭设不符合要求的部位。



图三：模型比对

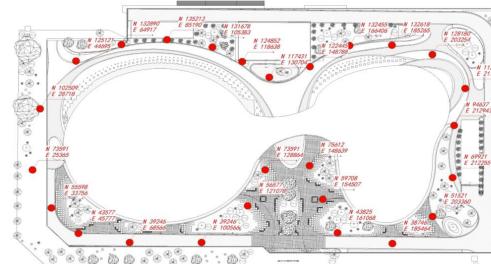
- 4.对于重合误差较小的部位，结合现场实际情况及时进行整改；对于重合误差较大且无法按照原方案整改的部位，利用建筑BIM三维模型对所述部位以及相邻未施工区域进行受力分析，在符合规范和施工要求的前提下优化设计方案，得到所述部位的整改方案和相邻未施工区域的优化方案，并更新建筑BIM三维模型。



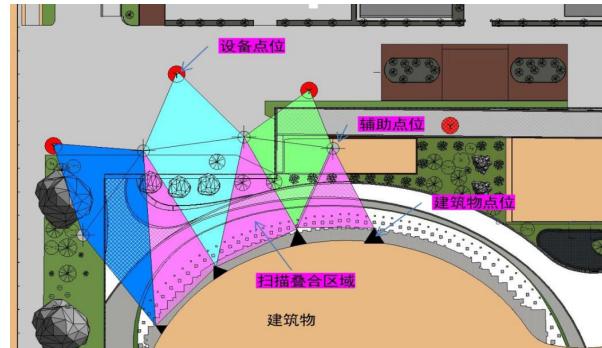
图四（1）：通过软件进行曲率分析并优化方案

在步骤1中，建筑BIM三维模型中包括建筑各部位的详细构件信息。

在步骤2中，根据建筑的结构特征将整个建筑划分为若干区域，并确定每片区域的关键位置，每施工完一片区域即进行激光扫描，除了整体扫描外，还要对关键位置进行重点扫描。



图四（2）：通过坐标系确定二十六个定位点坐标

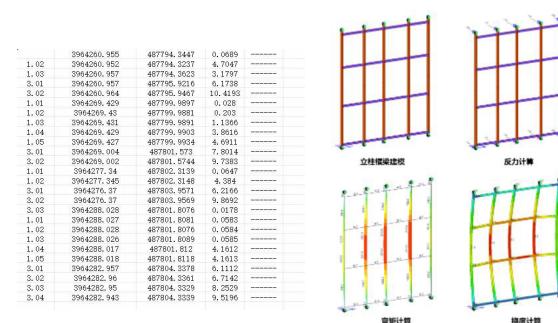


图四（3）：每个设备点配套两个设备点和三个建筑点位



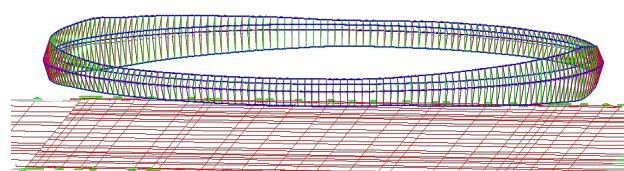
图四（4）：现场建筑物十字点位

- 5.现实与虚拟比对，通过不断优化求出全数据组成的确精确模型，在数据模型的基础上进行精细虚拟拼装，并提取安装控制点、计算荷载支撑、组装龙骨精确尺寸等，精确到毫米后四位小数点。

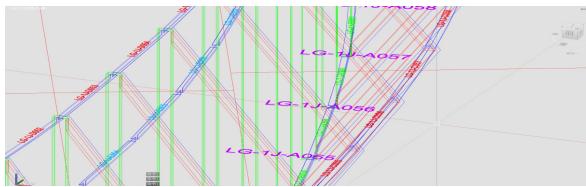


图五：安装控制点、计算支撑荷载

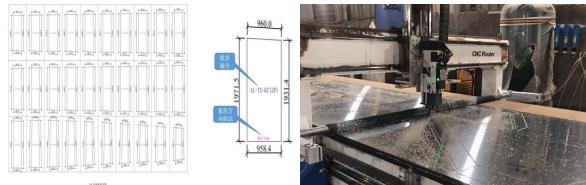
- 6.分解模型提取数据，自动编码并展开下料图，热弯玻璃和龙骨支撑由厂家在工厂根据曲率预制加工现场安装，层间铝板根据下料图现场制作，根据提取点进行安装控制，控制误差正负1毫米。



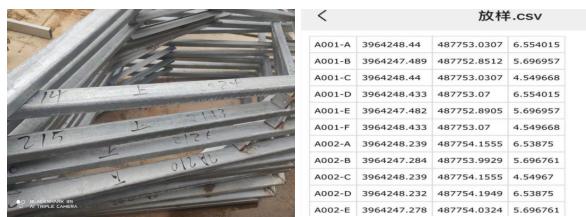
图六（1）：分解龙骨支架



图六 (2)：龙骨自动编码



图六 (3)：铝板下料尺寸详图（下料尺寸各不同）



图六 (4)：根据编码现场制作龙骨（根据放样控制点进行安装）



图六 (5)：现场拼装效果

四、应用技术

1. 建筑信息模型 (Building Information Modeling, BIM) 是以三维数字技术为基础，集成了建筑工程实施例各种相关信息的工程数据模型。起初由研究软件的使用可以达到何种成效，直到应用参数化建模才真正理解数字化建模的意义。曲面 (Nurbs) 用于计算机领域是1985年才出现。波音公司召集了一大批科学家只为了解决一个看似很简单的问题：如何用计算机描述一个圆。后来将数学领域的 Nurbs 技术用过来才完美解决这个问题，通过计算机模拟出曲面的技术的加入到工业产品中，才有了丰富多彩的工业产品^[2]。而如今用于工业产品的技术用于建筑行业，使建筑形态有了无限的可能。

2. 三维扫描技术适用于建筑施工的钢结构阶段施工完毕、幕墙施工开始前，相对于采用全站仪等传统测量方式获得的实测点

云数据，采用三维激光扫描测量技术配合多位置、无死角设置的激光扫描仪，突破了传统的单点测量方式，获得实测点云数据的速度不仅快速，而且还具有无遗漏、误差小、精度高的特点，为实测点云数据的构建打下正确的基础。三维激光扫描技术突破了传统的单点测量方式，具有速度快、非接触、高密度、自动化等特性，一出现就得到广泛的关注，已成功应用于多个领域，特别适合建筑数据采集及 BIM 建模。

五、经济效益

通过 BIM 技术与钢构幕墙施工相结合，改进了传统图纸难以表达不清、信息传递丢失等问题。通过计算机参数化计算每根龙骨铝板相似且不相同，渐变尺寸、角度、编号准确有效，加快了安装进度。智能排版节约了材料的损耗，数据比对、收集、存储、使用方便，经济效果明显。同时此技术的应用使建筑外表流畅、顺直、更加美观。得到了业主的一致好评，并得到各界同仁的广泛的认可，塑造了公司品牌的良好形象。为公司积累了宝贵的技术施工经验，为后续新项目管理模式的探索奠定了基础。

六、结束语

建筑信息模型 (Building Information Modeling, BIM) 是以三维数字技术为基础，集成了建筑工程实施例各种相关信息的工程数据模型，BIM 是对工程实施例设施实体与功能特性的数字化表达。BIM 技术已经融合在建筑的整个生命周期中，推动和促进技术含量较低的建筑行业发生转型和升级。

在建筑设计阶段，BIM 建筑模型一般依据建筑涉及的土建、机电等各个专业提供的信息、图纸或者三维模型进行协同设计。在项目施工阶段，由于实际施工后总会与预先的设计会产生偏差，若幕墙施工仍然按照最初设计的 BIM 模型进行施工，则很可能出现施工超出预设位置，轻则设施、结构等出现碰撞，难以完成安装；重则出现建筑竣工验收不合格需要重建导致重大经济损失，甚至出现安全事故，后果及其严重。

异形建筑的兴起给工程设计、下料、施工、竣工检测以及运营维护带来巨大挑战，特别是双曲面建筑对建筑安全、美观、牢固、艺术性、舒适度等一系列更高的要求的提出，迫使工程人的使用工具急切的变革与更新。如计算机、软件、机器人、AI、物联网等一系列的新技术就是工程人手中的新工具。快速学习、掌握、总结新工具的运用及实用性，才能更好的服务于项目，为社会、为项目业主交上一份满意的答卷。

参考文献

- [1] 卢春亭, 刘兴胜, 张祥伟, 靳书平, 郭光磊, 李鹏飞, 李齐波, 闫乾, & 王振现. (2024). 基于激光扫描点云与 BIM 模型的双球嵌套结构数模比对方法 (CN Patent No. 113656858B).
- [2] 《Rhinoceros 课程全记录》王大川