



“正向 + 逆向” 大型空间曲面建筑施工 BIM 解决方案

中冶城市投资控股有限公司
张凌城 罗斯 曹振兴 何俊霆



摘要

珠海金湾航空城市民艺术中心由国际著名建筑设计师扎哈·哈迪德设计。项目延续了扎哈一贯的设计理念，对建筑进行“解构”，对空间进行重塑，建筑如同展翅飞翔的鸥鸟。复杂的建筑造型带来艺术感的同时，也给施工增加了难度。为解决钢结构、幕墙的工程难点，本项目深度应用 BIM 技术，从技术层面解剖，从管理层面协同，解决项目实施全过程难题，以全链条式的解决方案，提升工程品质。

一、项目概况

珠海金湾航空城市民艺术中心，总建筑面积10万平米，建筑高度34.9m，为框剪、单层钢网架结构。项目造型独特，建筑设计一流，建筑内外无不充斥着艺术的气息。室内装修精美，室外水系环绕，公共区域动静相宜。

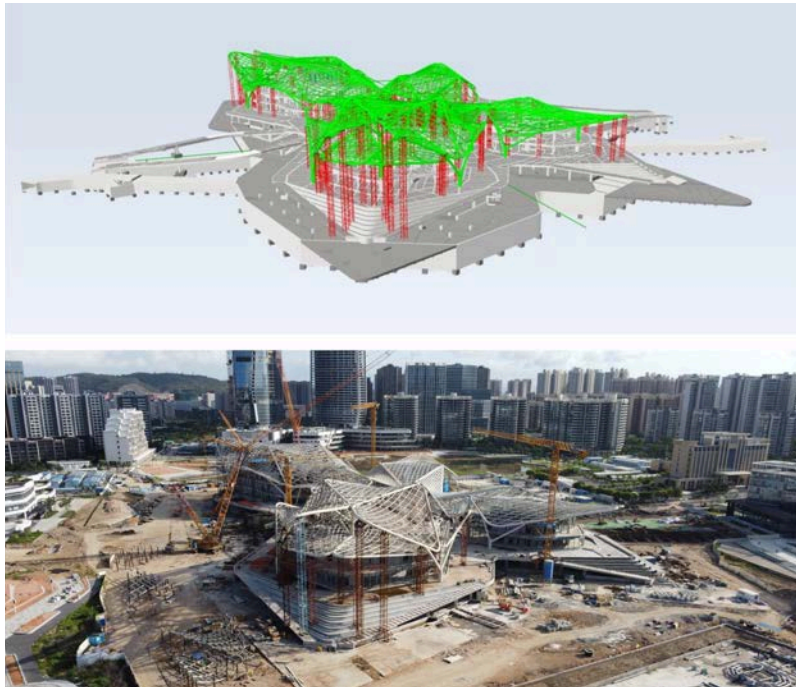
项目钢结构造型奇特，平面呈蝴蝶型，为单层钢网架结构体系。屋盖整体在建筑造型上对称，在结构上却不对称。屋盖钢网架总长度约230m，最大跨度约60m。屋盖支撑体系由树形柱、幕墙柱、屋面支撑等组成，上部布置 $\phi 600$ - $\phi 800$ 空间环形圆管主

梁，截面300mmx150mm为主的7200多根双曲次梁钢网架依附于主梁上。钢材厚度8mm~150mm不等。树形柱支撑与主梁、主梁与次梁、次梁网架节点之间均为相贯节点，施工难度大、精度要求高。

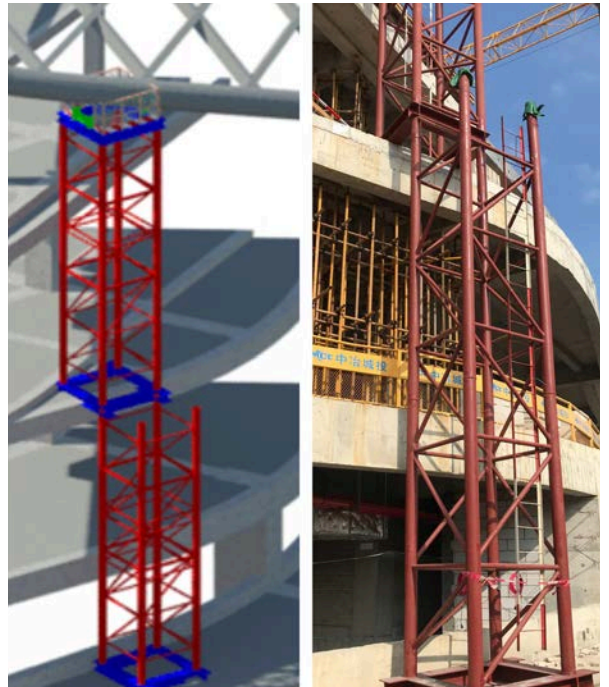
项目幕墙主要包括屋面幕墙、UHPC幕墙、立面玻璃幕墙。其中屋面采光顶系统存在1300多个不规则玻璃面板，穿孔铝板系统存在10000多个不规则穿孔铝板面板，钢结构梁柱外包铝板80%以上为双曲板，以上三个系统是本项目幕墙BIM应用的关键所在。



珠海金湾航空城市民艺术中心效果图



模型对比



二、BIM技术应用实施

2.1 钢结构工程

2.1.1 深化设计

本项目对常规钢结构，如H型钢形成的结构，采用Tekla进行深化设计，土建结构采用Revit进行建模，并进行模型整合，发现解决设计问题。

对屋盖双曲空间钢结构，采用CAD深化建模，并自行编程开发插件。插件可解决线性曲线生成三维构件、空间坐标提取、构件材料表生成等功能，大大提升出图效率。

2.1.2 样板探索

本项目次梁原设计为小截面焊接型次梁方管，即采用薄壁钢板焊接而成，但存在焊接量大、焊接打磨平整要求高、焊接易变形等问题。经深化优化，采用成品方管替代焊接型方管。根据目前资料查阅，对小截面成品方管进行弯扭加工及安装的案例国内尚无，可参考借鉴的经验较少。

为验证可行性，选取本工程曲率最大部位，创建次梁样板BIM模型，探索次梁加工及安装的创新工法。加工厂对设计坐标进行表皮转化，投影至平面，采用热弯、冷弯、顶扭等工艺进行加工。现场设置小型钢管胎架，进行空间坐标定位进行安装，样板取得了良好的效果，得到了各方的认可。

2.1.3 方案模拟

钢结构施工方案的选择，关系到整个钢结构安装的成败。钢结构

吊装的主梁分段形式、次梁分片形式、胎架点位选取、起重设备行径路线及型号的选取、深化设计几者之间互相关联，存在紧密联系。因此必须深度结合BIM技术从全局考虑。

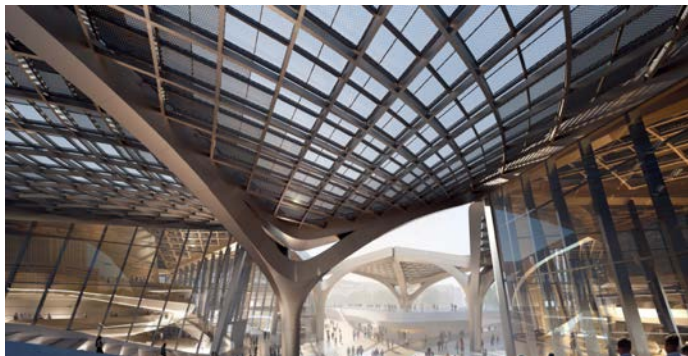
对整体吊装形式，进行BIM建造模拟，从整体提升、分段安装方案中，最终确定采用点式胎架分片安装的方案。创建胎架全点位模型，链接Revit土建模型进行叠合，分析胎架点位与主体结构的关系，进行胎架点位调整、加强等优化。

主梁安装过程中，结合模型设置符合主梁形状的月牙胎帽，并在主梁上标记样冲眼，以确保精准安装。次梁安装过程中，采用“整体拼装、分片吊装、间隔补档”的方案。对次梁进行拆分模拟，确定次梁吊装方案。

为确保钢结构安装过程中的安全保障，利用迈达斯进行施工全过程受力分析，模拟安装、焊接、卸载的各类工况，计算变形、位移、应力等参数指标，整体符合要求。

卸载为钢结构施工过程中最为危险的工况，本项目将设计要求的整体卸载方案优化为分区流水卸载，即在各区钢结构流水施工并相互连接的情况下，逐步卸载，流转胎架，优化胎架数量及场地空间，节省了大量成本。

通过BIM技术，实现了对钢结构从深化设计、加工场加工、现场安装方案、现场交底实施等全过程应用，取得了良好效果。



珠海金湾航空城市民艺术中心内部效果图



视觉样板



屋盖钢结构



屋盖幕墙玻璃

2.2 幕墙工程

2.2.1 深化设计

幕墙实施前，利用Rhino创建全系统模型。对屋面玻璃系统、屋面穿孔铝板系统利用Rhino分析其表皮，统计面板的信息参数；对铝板包梁系统进行表皮翘高、角度、进出位的分析；对UHPC系统链接主体结构模型进行合模对比，分析碰撞。

表皮分析完成后，进行各幕墙系统设计，出具屋面幕墙、铝板包梁等施工节点详图。为确保建筑效果的整体呈现，创建视觉样板模型，对关键安装工序进行施工模拟，辅助出具施工详图。

2.2.2 逆向建模

屋面幕墙大面积施工过程中，利用三维激光扫描技术对已安装的

钢结构屋盖进行整体扫描，实现1:1的实测实量。将形成的点云数据导入电脑自动拼合，实现现场实景的逆向建模，形成偏差分析报告，为幕墙的安装复尺提供原始模型。结合偏差，对幕墙龙骨进行微调拟合，形成适应于现场的模型。

2.2.3 智慧加工

利用Rhino+Grasshopper重新建立幕墙下单细化模型，模型直接导出构件加工信息，实现参数化下单。结合我司“智慧制造”绿色建筑技术平台，集合多轴雕刻机实现毫米级加工精度控制。实现自动输出构件编号、加工图、定位图，输入工艺机器人中进行加工。整体上实现参数化设计、数字化加工、信息化安装的BIM级技术应用。

三、BIM应用总结

珠海金湾航空城市民艺术中心结构形式复杂，双曲构件多，钢结构与幕墙相结合的更是增加了项目难度。通过BIM技术的应用，解决了设计、施工等多方面的难题，形成了良好的效果。项目团

队秉承缔造一座艺术品的专业精神，勾勒出建筑的每一笔线条，匠心营造，力求完美的展现扎哈留给世界的作品。



欧特克大视界

咨询热线：400 056 5020

Autodesk、Autodesk 标识是 Autodesk, Inc. 和/或其子公司和/或其关联公司在美国和/或其他国家或地区的注册商标或商标。所有其他品牌名称、产品名称或者商标均属于其各自的所有者。Autodesk 保留随时调整产品和服务供应、规格以及SRP的权利，恕不另行通知，同时 Autodesk 对于此文档中可能出现的印刷或图形错误以及其他错误不承担任何责任。© 2021 Autodesk, Inc. 保留所有权利 (All rights reserved)。

AUTODESK