

基于 BIM 的树权型钢结构设计施工优化研究

文 / 李霞 鄢维峰 陈卫文

引言

随着公共建筑的不断发展和人们对建筑艺术性要求的日益提高,新时代各种特色建筑不断涌现,并迅速成为各个城市和区域的地标性建筑。树形钢柱作为竖向支撑结构的分支,因其可用较小的杆件形成较大的支撑空间、经济效益好、造型美观而被越来越广泛的应用于公共建筑中。

异型树权屋面承重钢结构是通过钢结构仿照树权的受力形式进行设计施工,其造型多样,树权每个节点受力均有所不同,设计和施工难度较大。目前针对此类建筑,绝大多数的工程仍采用传统的设计和施工方法,设计与施工分离,彼此的沟通协作不够,且设计未考虑施工过程的受力状态而产生安全问题。伴随着 BIM 技术的大力推广和应用,结合建筑业面临的复杂结构施工时出现的问题,基于 BIM 的异型树权钢

结构设计施工优化具有较大的研究价值。在各种异型承重结构不断发展的今天,研究和总结异型钢结构施工过程中普遍存在的技术问题,并提出专业的解决方法,保证其安全、可靠,为今后异型承重钢结构设计和施工提供有益参考,促进基于 BIM 技术的树形

支撑体系的发展。

本文结合广州市增城区新少年宫项目的 BIM 实践,总结 BIM 技术在异型树权钢结构设计施工优化中的应用。

1. 工程概况

增城少年宫位于广州市增城区挂绿湖城市中轴线东侧,

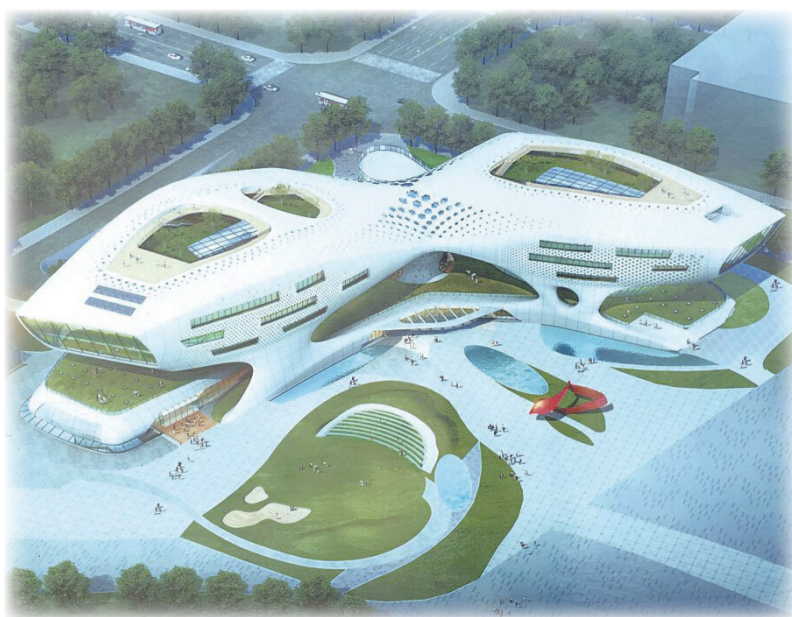


图 1 增城少年宫效果图

建筑高度 31.9m, 占地面积 26291.30m², 工程总建筑面积为 56099.60m² (其中地上 6 层面积共 32953.70m², 地下二层面积共 23145.90m²)。

主体大楼为钢筋混凝土框架结构, 钢结构主要作为屋面及外墙铝板的骨架。中心筒部分为钢管柱与 H 型钢梁组合结构, 筒屋面呈不规则钢树杈造型; 屋面围护系统由上屋面层 (铝镁合金板+防火岩棉) 和下屋面层 (氟碳喷涂铝板) 组成。建筑外框为铝板幕墙, 设计合理使用年限 50 年, 工程总用钢量 1500 吨。

中心筒部分由异型树杈钢结构连接屋面和钢筋混凝土圆柱, 并将屋面荷载传递至圆柱中。屋面树杈结构体系为圆钢管与屋面 H 型钢梁组成空间结构体系; 与钢管柱和梁连接节点采用螺栓连接。造型取代常规钢柱来支撑屋面结构, 节点设计多样, 受力复杂 (见图 1、图 2)。

2.BIM 技术在设计优化中的应用

本工程中心筒处有八根树杈造型的柱子, 每根树杈柱造型和节点受力均有所不同。树杈柱作为主要的受力构件, 要承受屋面的结构荷载, 取代常规钢柱来支撑屋面, 在其周围不允许有其它的支撑结构。由于是斜向支撑结构, 受力分析十分复杂, 但在设计方案中并未明确树杈柱各分支的角度, 给施工带来了较大困

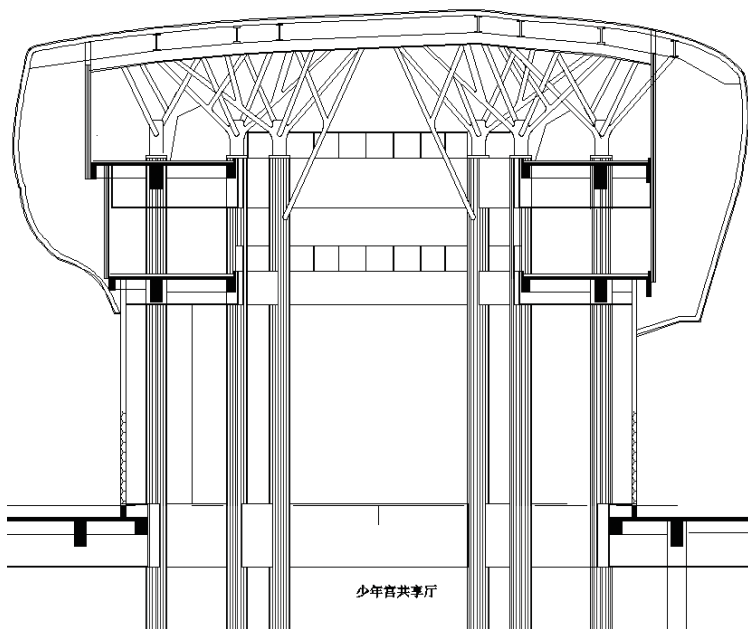


图 2 中心筒树杈柱部位剖面图

难。由于树杈柱是空间受力, 因此在深化设计阶段首先利用有限元软件 Ansys 进行仿真分析, 计算并优化树杈柱各分支的角度; 然后用 Tekla 软件创建工程钢结构三维模型, 生成树杈柱节点详图及各类报表, 从而对后续的施工进度和精度形成有力管控。

2.1 有限元软件 Ansys 仿真分析优化

首先取一根树杈柱利用有限元软件 Ansys 建立仿真模型 (见图 3), 基于力学理论计算原理对树形节点的角度进行优化设计, 分析树形杆件节点处内力与夹角的关系, 在结构构件满足正常工作的强度、刚度及稳定性的前提下, 承受相同的荷载 (即承载力相同) 时使树形结构质量达到最小 (即用钢量最少)

的节点夹角值即为最优。通过 ANSYS 和 3D3S 二元结构设计相结合的优化设计, 使得结构位移满足规范要求, 结构各项受力更加合理。

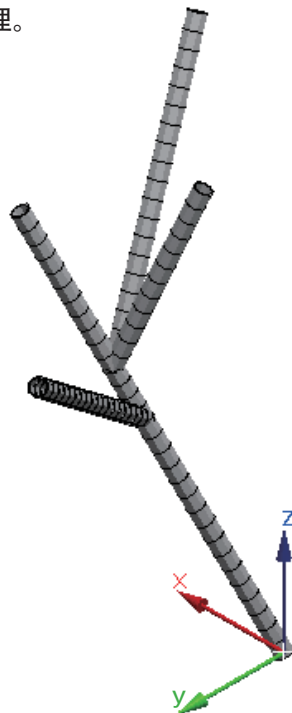


图 3 树杈柱有限元模型

为了便于建立参数化模型,有限元分析“优化结果——优化曲线”中的曲线对应的夹角并非全局坐标系下分支之间相对的竖向夹角在此经过多次转换计算,得到全局坐标系下分支之间相对竖向夹角的优化结果分别为:31°、51°、51.5°、53.9°。

通过 Ansys 仿真分析,得到优化前最大综合应力最大值为 313.7MPa,优化后为 221.94MPa,优化效果为 29.3%。

2.2 基于 BIM 的钢结构深化设计

在有限元软件 Ansys 仿真分析优化结果的基础上,利用 Tekla 软件创建钢结构三维模型,可生成树杈柱节点详图及材料、构件报表等,用于指导现场施工和动态合理安排材料加工采购,形成清晰可控的施工进度表,有效节省人工工日和管理费用。

3. BIM 技术在施工优化中的应用

本工程在施工前基于 BIM

技术进行施工模拟,通过数字化加工技术和现场全站仪测量定位等方法以确保异型树杈钢结构的安装精度,确保了复杂节点拼装焊接的质量,实现了对复杂钢结构节点的有效管控。

利用 Navisworks 软件在施工前进行各关键节点的虚拟施工(见图 4),可以直观了解整个施工的步骤(见图 5),提前发现施工中的问题,调整制定更加合理的施工方案;实现施工前的可视化交底,使施工人员对关键节点的施工流程和要求有清晰直观的认识,提高施工精度;为确保屋面钢梁与树杈钢结构施工安装精度与 BIM 模型一致,通过数字化加工技术和现场全站仪测量定位的方法确保安装精度。通过与传统施工方法的对比测算,采用 BIM 技术指导树杈柱进行拼装焊接施工可使返工率降为零,满足施工质量和精度要求,节省了工期和机械费、管理费用,经济效益显著。

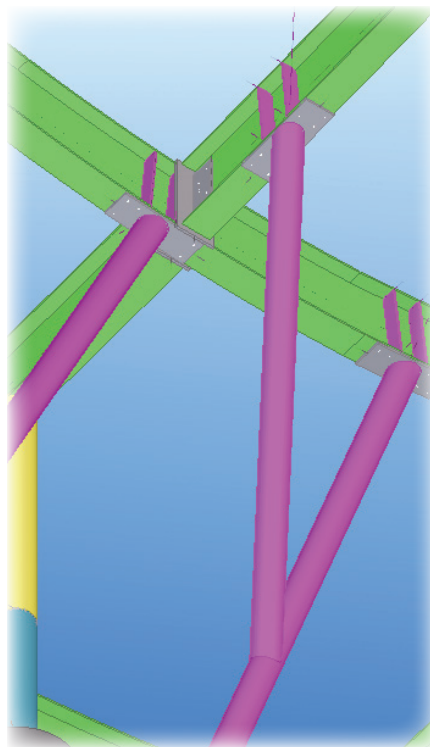


图 4 复杂梁柱节点 BIM 虚拟施工

4. BIM 技术应用的效益分析

本工程通过在设计 and 施工阶段应用 BIM 技术对钢树杈设计节点和施工工序进行优化,发现对复杂钢结构梁柱节点建立 BIM 模型,能够有效减少返工率,

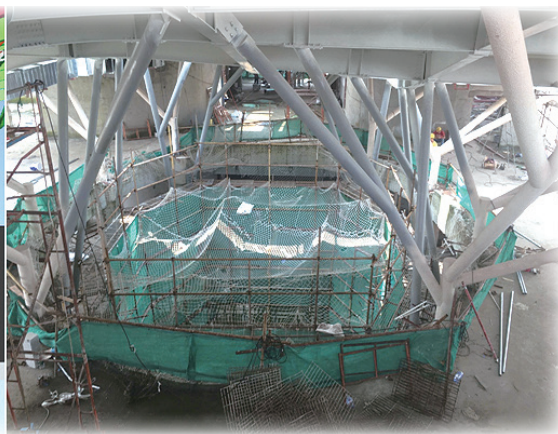
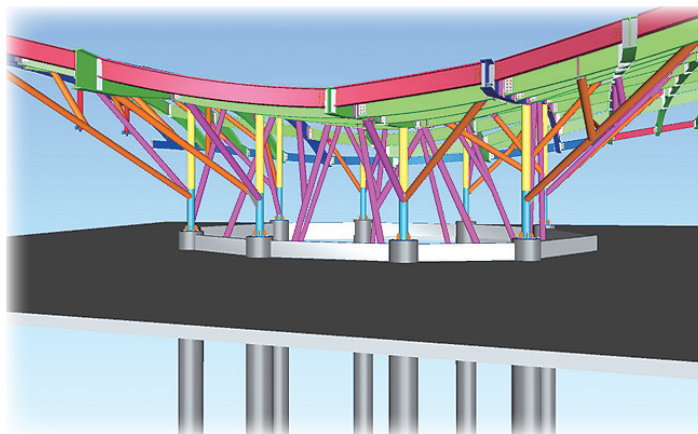


图 5 树杈柱 BIM 虚拟施工与现场施工对比

经济效益分析表

	名称	单位	数量	单价 (元)	合计 (元)
一	人工费节约				
	综合工日	工日	$2 \times 4 \times 30 = 240$	150	36000.00
	小计				36000.00
二	机械费节约				
	临时支撑、吊装费用			50000	50000.00
	小计				50000.00
三	工期节约	月	30 (日)	5500	165000.00
	小计				165000.00
四	管理费节约				
	管理费	天	30	10000	300000.00
	小计				300000.00
	合计				551000.00

确保施工精度，加快异型钢结构施工进度，有效节约工期，产生显著的工期效益，同时在机械费用和管理费方面也能产生明显的节约，节约费用如上表所示。

如表中所示，通过 BIM 技术的合理运用，产生直接经济效益约 55.1 万元。

5. 结束语

本文基于 BIM 技术分析异型树杈屋面承重钢结构设计施工优化措施。通过在设计阶段 ANSYS、3D3S 和 Tekla 对树杈柱的角度优化和建立三维模型，为后续精准施工打下良好基础。通过在施工阶段数字化加工技术、Navisworks 虚拟施工等措施，实

现了可视化交底，大大提高了梁柱关键复杂节点拼装焊接效率和施工速度，使返工率降为零。通过综合运用 BIM 技术对树杈型钢结构设计施工进行优化，符合国家现行政策和绿色建筑发展方向，在工期、费用、节能环保方面效益显著，社会反馈良好，对促进本行业技术进步和提高企业技术水平的意义深远，具有较好的推广前景。

(作者单位：李霞、鄢维峰，广州城建职业学院；陈卫文，广州市恒盛建设工程有限公司)

责任编辑 周晨