

DOI: 10.7672/sgjs2025230036

BIM 技术在高耸钢结构建造阶段的应用

段宇民, 寮涵博, 罗嘉迪

(陕西建工第五建设集团有限公司, 陕西 西安 710032)

[摘要] 高耸钢结构因复杂的外形和高空作业难度,对施工管理提出严峻挑战。在西安丝路欢乐世界地标塔项目中,系统研究 BIM 技术在高耸钢结构建造阶段的应用。通过深化设计、施工全过程模拟与智能建造技术,解决空间曲面结构深化设计效率低、异形构件安装精度不足、高空作业风险大等难题。深化设计阶段的协同模型深化工作有效提高模型重复率,施工阶段通过 BIM 技术比选吊装方案,并进行全过程模拟,确保结构稳定。在智能建造方面,构建物料追踪平台,融合三维激光扫描与无人机倾斜摄影技术,实现构件全生命周期管理和高精度定位。实践表明,BIM 技术的应用显著提升施工质量与管理效率。

[关键词] 钢结构;智能建造;建筑信息模型;设计;方案优化

[中图分类号] TU758.11

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2025)23-0036-06

Application of BIM in Construction Stage for High-rise Steel Structure

DUAN Yumin, LIAO Hanbo, LUO Jiadi

(SCEGC No. 5 Construction Engineering Group Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710032, China)

Abstract: The high-rise steel structure poses a severe challenge to the construction management due to its complex shape and the difficulty of working at heights. Based on the Xi'an Silk Road Paradise landmark tower project, this paper systematically studies the application of BIM in the construction of high-rise steel structures. Through the deepening design, the whole process simulation and intelligent construction technology, the problems of low efficiency in the deepening design of spatial curved structure, insufficient installation accuracy of special-shaped components, and high risk of high-altitude operation were solved. The collaborative model deepening work in the deepening design stage can effectively improve the model repetition rate. During the construction phase, BIM was used to compare and select the hoisting scheme, and the whole process simulation is conducted, which ensured the structural stability. In the aspect of intelligent construction, a material tracking platform is built, which integrates three-dimensional laser scanning and UAV tilt photography technology to realize the full life cycle management and high-precision positioning of components. The practice shows that, the application of BIM significantly improves the construction quality and management efficiency.

Keywords: steel structures; intelligent construction; building information modeling (BIM); design; scheme optimization

0 引言

高耸钢结构被称为塔桅结构,是高度远大于横截面尺寸,所受垂直外力较小,常由水平荷载起决定作用的空间结构^[1]。其结构紧凑美观,占地面积较小,适用于城市高层建筑或超高层建筑中,既满足建筑观赏性需要,又满足建筑功能要求。

建筑信息模型以数字化方式表达建筑物的工程信息,通过集成性、协调性、可视化等特性实现建设信息传递、施工模拟等功能^[2]。

从深化设计、施工应用、智能建造等方面推进 BIM 技术在西安丝路欢乐世界地标塔项目中的应用,显著提高高耸钢结构的施工管理效率及质量。

1 工程概况

西安丝路欢乐世界地标塔项目为全钢结构异形塔,包括内外筒网壳、顶部莫比乌斯环、裙摆桁架

[作者简介] 段宇民,高级工程师,国家一级注册建造师, E-mail: 2012213363@qq.com

[收稿日期] 2025-07-14

及丝带,如图 1,2 所示。主体结构采用筒中筒内外网壳+内筒框架连系杆体系,楼面结构采用钢筋桁架楼承板+混凝土组合楼板。项目主体地下 2 层、地上 20 层,建筑高度 139.21m,总建筑面积为 3 065.63m²。构件主要为圆管和 H 型钢,主要材质为 Q355,总用钢量约 3 400t。

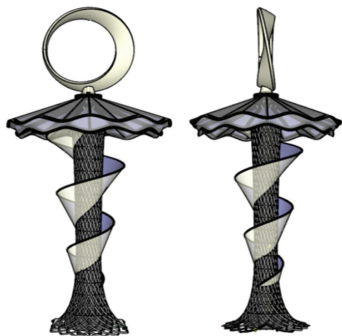


图 1 丝路欢乐世界地标塔

Fig. 1 Landmark tower of Silk Road Paradise

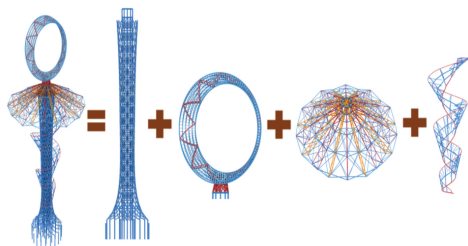


图 2 地标塔结构组成

Fig. 2 Structural composition of landmark tower

2 项目技术难点

1) 深化设计工作效率低

该结构为空间曲面,存在大量空间弯弧杆,杆件、节点数量多,相似但不相同,给深化设计工作带来挑战。

2) 空间钢结构安装精度要求高

该结构存在大量空间双向弯弧构件和空间异形节点,需保证同一曲面内所有桁架外形均匀变化,导致构件精准对接安装难度大。

3) 高空作业安全控制难度大

该地标塔较高,造型变化复杂,外筒网壳和顶

部圆环施工难度系数高、高空作业多,风险大,施工及安全防护措施是关键。

4) 施工场地受限

若项目现场分批次移交,则场地无法形成预计的环形道路,需进行精细化施工部署与协同管理,且需根据施工阶段适时优化现场平面功能和使用时间。

3 基于 BIM 的深化设计

3.1 BIM 设计流程

项目全过程应用 BIM 技术进行正向设计、管理升级、协同设计,各专业分包在设计阶段直接进行模型深化与审核,提高模型重复率,统一各专业图纸标准性^[3]。设计阶段的 BIM 应用流程如图 3 所示。

3.2 钢结构工程深化设计

利用 Tekla+CAD 软件进行基于参数化的钢结构深化设计,通过导出的相应工程量统计清单,指导工厂预制加工。

部分交汇杆件节点较多,由于焊缝堆叠严重,施工难度巨大,无法保证工程质量,故利用 BIM 对节点进行细部建模出图,采用铸钢件的形式在工厂加工、安装复杂节点。

3.3 膜结构深化设计

膜结构分为塔裙摆桁架 ETFE 膜结构及丝带 ETFE 膜结构,如图 4 所示。

塔裙摆桁架 ETFE 膜分为上层膜、下层膜、立面膜及檐口膜,根据主钢结构造型及施工方案,将塔裙摆桁架 ETFE 膜沿周向划分为 20 片,钢索数量由内到外逐渐增加,保证了膜材短跨跨度基本相同。丝带 ETFE 膜根据每个单元大小划分不同数量的钢索,保证膜材短跨跨度基本相同。膜结构共划分为 25 片,如图 5 所示。

对膜结构典型分片进行有限元分析,以确保膜结构和钢索在不同荷载组合下满足强度、刚度要求。通过验证后,利用 BIM 技术优化膜结构节点,如图 6 所示,以塔裙摆桁架 ETFE 膜结构的上层膜为例,主要优化点如下:①采用可调节节点,避免膜

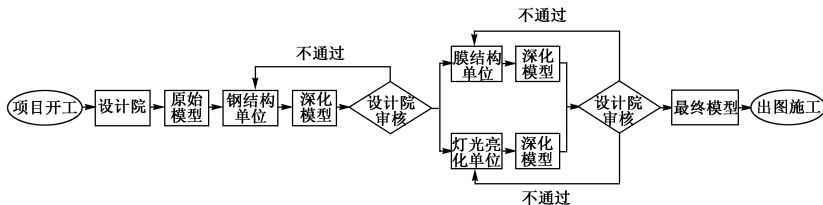


图 3 设计阶段 BIM 应用流程

Fig. 3 BIM application process in design stage

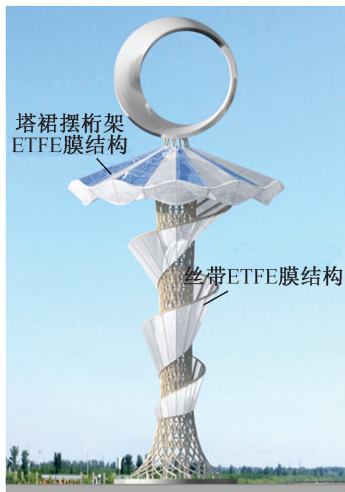


图 4 ETFE 膜结构

Fig. 4 ETFE membrane structure

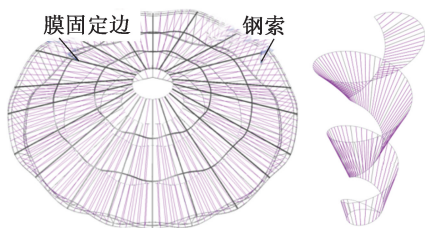


图 5 膜结构划分

Fig. 5 Division of membrane structure

结构出现褶皱;②节点顶部采用铝盖板加防水膜构造,外观美观;③节点采用钢天沟构造,有效避免漏水。

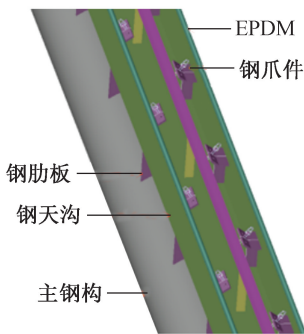


图 6 优化后的膜结构节点

Fig. 6 Membrane structure joints after optimization

3.4 机电深化设计

利用 BIM 技术进行管线综合排布设计,与钢构模型进行整合对比,共排查消除 59 处问题,同时基于 BIM 管线模型对综合支吊架进行受力计算与设计出图。

基于优化后的管线 BIM 模型,对二次结构进行内筒外墙装配化盖板排布、砌体深化排布,降低材料损耗率。

3.5 灯光亮化深化设计

基于 BIM 模型,建立相关灯具族并布置灯具,通过调整光源属性,渲染静态灯光效果图,再结合动态灯光设计软件,使灯光效果动态化。经验证确认后,根据光效模拟设计深化灯光点位图,以保证呈现效果。

4 基于 BIM 的施工应用

在工程策划阶段系统性应用 BIM 技术构建三维场地信息模型,实现施工场地阶段性平面布置规划与可视化推演^[4],应用流程如图 7 所示。

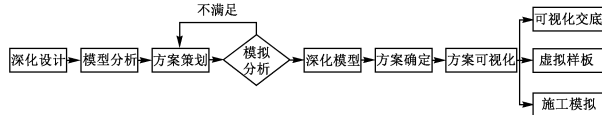


图 7 施工阶段 BIM 应用流程

Fig. 7 BIM application process in construction stage

4.1 整体施工方案比选

高耸钢结构施工方法如下:①整体吊装法,采用起重运输设备将拼装好的整体结构吊装至设计标高,并采取相应措施进行固定安装,通常需要起吊吨位较大的履带式起重机,对施工场地地基承载力要求较高;②高空散拼法,采用起重运输设备将钢结构杆件吊至相应位置进行拼装,该法需要合理的拼装次序,并应尽可能减少安装误差;③分块安装法,首先将分散的结构单元拼装成尺寸及形状合理的块状单元,然后采用起重运输机械将其吊至相应位置进行安装,减少高空作业量和拼装支架用量,并一定程度降低施工成本,但需考虑单元划分、尺寸控制等问题;④整体提升法,利用液压提升器将结构提升至既定位置,高空作业量较少,可一定程度保证结构焊接质量、工程质量,同时缩短工期,但应合理布置吊点,以保证吊装过程结构稳定^[5]。

该项目整体施工方案应考虑以下因素:①结构杆件交汇多,焊接工程量大,且焊接位置多变,焊接操作难度大;②结构杆件中心线呈双曲变化,定位难度大;③高空作业多,风险大。

利用 BIM 技术对以下施工方案进行模拟。

1) 整体施工方案 1(见图 8a)

方案 1 施工流程如下:完成地下室施工→吊装内外筒主体结构→吊装丝带→吊装塔裙摆桁架→吊装莫比乌斯环。

2) 整体施工方案 2(见图 8b)

方案 2 施工流程如下:完成地下室施工→吊装内外筒主体结构→吊装莫比乌斯环→吊装塔裙摆桁架→吊装丝带。

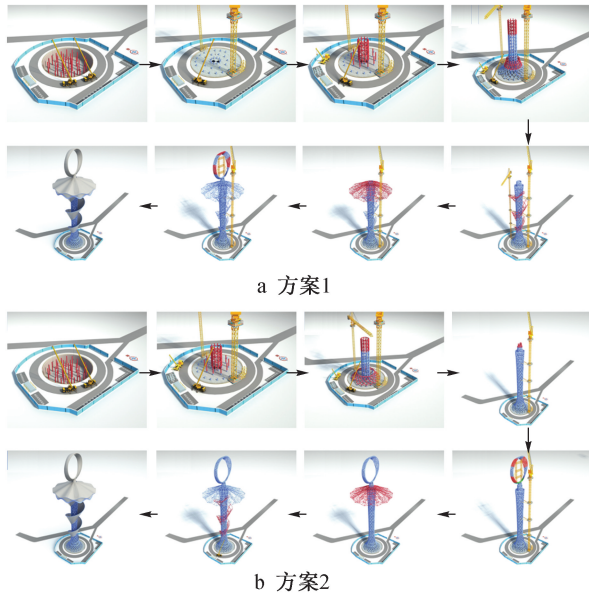


图 8 整体施工方案

Fig. 8 The overall construction scheme

上述整体施工方案的关键区别在于塔裙摆桁架的施工方法。塔裙摆桁架安装应考虑以下问题:①塔裙摆应对称安装,避免重心偏离导致塔身整体弯曲;②塔裙摆桁架结构为大悬挑结构,仅在内侧以外筒为支撑点,为保证结构稳定,增设临时支撑的难度大;③塔裙摆桁架分段吊装完成补杆时,高空作业风险大,因施工场地限制,塔裙摆桁架采用整体提升法安装,预先在地面进行拼装,然后整体进行悬挑提升。

预先吊装丝带会影响塔裙摆桁架整体提升,考虑莫比乌斯环施工的便利性,经综合分析后,拟采用整体施工方案 2。

4.2 施工全过程模拟

4.2.1 地下室土建施工

通过 BIM 参数化建模和理论计算,创新性提出挡土墙先行的工序优化策略,通过 Revit 软件生成架体空间布置图,为现场施工提供指导,如图 9 所示。

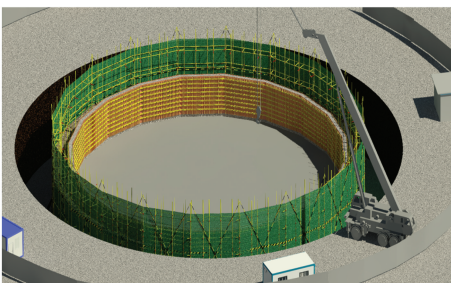


图 9 挡土墙模型

Fig. 9 Model of retaining wall

4.2.2 钢结构内筒施工

内筒主要由地下室钢骨柱和地上钢柱、钢梁及柱间支撑组成,平面尺寸为 $7.3\text{m} \times 6.9\text{m}$ 。内筒网壳由 10 根圆管主杆、次杆件、楼层连系杆组成。

在设计阶段与建造师沟通构件运输和场地限制问题,在模型深化过程中将内筒地上部分拆分为 7 个吊装阶段,每个阶段由 3 个吊装分段(每个分段由主杆及其连系杆组成,3 个分段主杆数量为 4,3,3)组成,并结合 BIM 参数化建模与三维有限元分析结果,构建内筒吊装的施工力学仿真模型,如图 10a 所示。

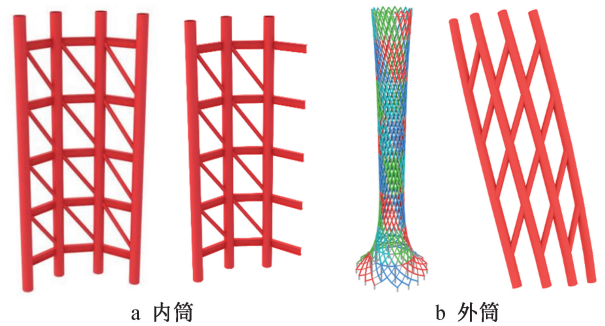


图 10 内外筒拆分模型

Fig. 10 Model of inner and outer cylinder disassembly

钢结构内筒典型分段长 14.73m 、宽 5.9m 、重约 30t 。在内筒分段吊装过程中,最大相对变形为 $2.35\text{mm} < L/400 = 14.75\text{mm}$,满足刚度要求。吊装过程中杆件最大应力比为 $0.23 < 1$,满足承载力要求。

4.2.3 钢结构外筒施工

外筒由主次圆管斜交组成网壳结构,外筒底部直径 17.4m 、中部最小直径 8.6m 、顶部直径 13.25m 。

在图纸深化过程中,使用 BIM 技术模拟施工过程,最终确定外筒网壳结构,结合有限元分析结果验证吊装工序的合理性。如图 10b 所示,外筒竖向分为 8 个吊装阶段,每个阶段有 5 个吊装分段,每个吊装分段由 4 根主管及其腹杆组成,与内筒从下部交替向上分段吊装施工。

钢结构外筒典型分段长 12.6m 、宽 7.9m 、重约 33.8t 。在外筒分段吊装过程中,最大相对变形为 $13.13\text{mm} < L/400 = 19.75\text{mm}$,满足刚度要求。吊装过程中杆件最大应力比为 $0.11 < 1$,满足承载力要求。

4.2.4 莫比乌斯环施工

莫比乌斯环结构顶标高 139.210m 、直径 37m ,基于 BIM 技术构建几何-力学-施工分析体系。如图 11 所示,通过参数化建模技术对异形环状桁架系统

(6榀主桁架与斜交桁架构成,环宽4.8~7.5m)进行建模解析,并运用有限元分析验证了分块吊装方案的可行性。同时,对吊装过程中的临时支撑措施进行建模分析^[6],保证莫比乌斯环吊装稳定。

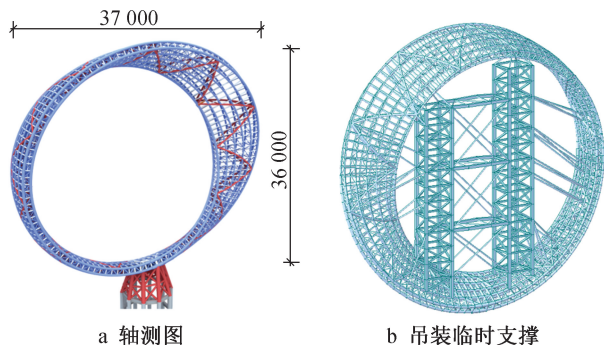


图 11 莫比乌斯环模型

Fig. 11 Mobius ring model

如图 12 所示,考虑现场施工条件,莫比乌斯环根据结构形式分为 8 个吊装分段,吊装分段 1,2 由 3 道平面桁架及其连系杆组成,另外 6 个分段由 6 道平面桁架及其连系杆组成,最大分段重约 37.5t。为降低吊装过程中的变形,充分利用各分段自重进行平衡,先吊装莫比乌斯环支座上方 2 个分段,然后对称吊装剩余分段。

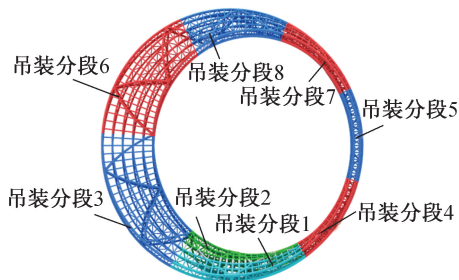


图 12 莫比乌斯环吊装单元划分

Fig. 12 Hoisting unit division of Mobius ring

莫比乌斯环典型分段长 15.8m、宽 12.8m、重约 37.5t。莫比乌斯环分段吊装过程中,最大相对变形为 $6.49\text{mm} < L/400 = 32\text{mm}$,满足刚度要求。吊装过程中杆件最大应力比为 $0.16 < 1$,满足承载力要求。

4.2.5 塔裙摆桁架施工

塔裙摆由 20 榀平面主桁架、4 榀环桁架及其连系杆组成,属于内侧支承大悬挑轮辐式桁架结构。平面桁架由同一圆心沿径向发散,塔裙摆桁架平面投影为圆环形,圆心部位是内外筒结构,塔裙摆桁架由内外筒生根悬挑出来,杆件截面均为圆管。桁架投影长 28.6m、设计顶标高为 100.200m、底标高为 85.069m。

塔裙摆采用整体提升法施工,通过 BIM 技术模

拟提升吊点数量和布置,最终确定 5 个提升吊点^[7],在塔裙摆桁架内侧,呈环形布置在平面主桁架端部,如图 13 所示。

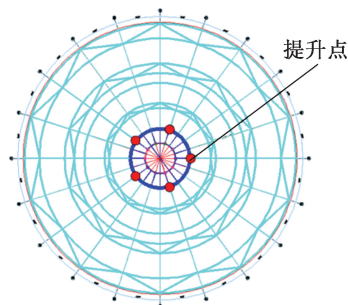


图 13 塔裙摆桁架提升点布置

Fig. 13 Layout of tower skirt truss lifting points

通过模拟验证整体方案可行后,在设计模型中分割提升位置,并设计深化上下吊点。

施工过程中运用 BIM 技术合理深化设计胎架,并模拟桁架在地面的定位、拼装等操作,如图 14 所示。

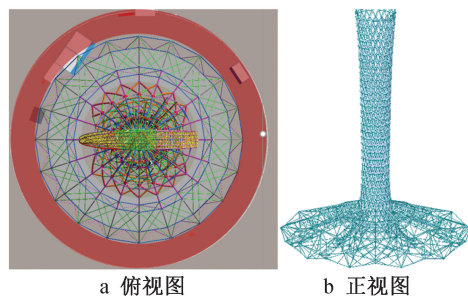


图 14 塔裙摆桁架预拼装

Fig. 14 Pre-assembly of tower skirt trusses

4.2.6 钢结构丝带施工

丝带在塔裙摆桁架提升完毕后,使用 160t 汽车式起重机进行吊装,约划分为 15 个吊装分段,最大分段重 6t,每个吊装分段由 2 根主杆及连系杆件组成,通过临时杆件加固使分段整体受力稳定,如图 15 所示。

通过 BIM 技术建立三维参数化模型,确定丝带分段从上至下的安装顺序,并基于模型开展有限元分析,预测现场拼装过程中可能产生的变形量,进而优化胎架设计方案与拼装顺序。

钢结构丝带典型分段长 12.73m、宽 8.9m、重约 6t。丝带分段吊装过程中,最大相对变形为 $20.06\text{mm} < L/400 = 22.25\text{mm}$,满足刚度要求。吊装过程中杆件最大应力比为 $0.15 < 1$,满足承载力要求。

4.2.7 膜结构施工

钢结构加工和安装精度与膜结构安装精度不

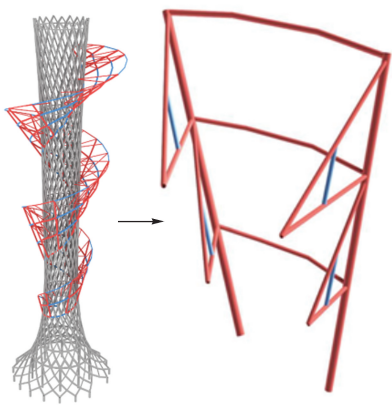


图 15 丝带拆分模型

Fig. 15 Model of ribbon splitting

一致,需要在二次结构施工完成且测量点位同步至 BIM 模型后,再对膜结构进行二次深化,指导现场施工^[6-7]。

塔裙摆膜结构安装分为提升前安装和提升后安装(见图 16)。其中提升前安装部分为裙摆外圈膜结构,随塔裙摆主体结构吊装。丝带膜结构需要从上往下依次安装,如图 17 所示。

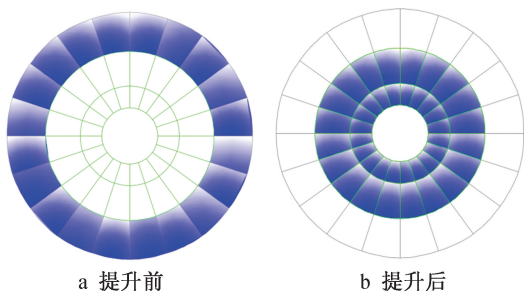


图 16 塔裙摆桁架膜结构安装

Fig. 16 Installation of tower skirt truss membrane

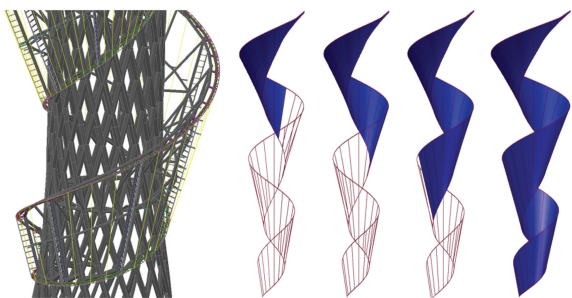


图 17 丝带膜结构安装

Fig. 17 Installation of ribbon membrane

5 基于 BIM 的智能建造

5.1 物料追踪平台

通过物联网技术实现构件全生命周期数据追踪。从原材料进入加工厂制作开始,便在管理平台中录入材料参数,出厂构件均附加具有唯一性的二

维码标识(包含规格尺寸、安装部位等 9 项信息),运输过程中实时监控运输车辆,现场验收时扫码调取构件完整信息,安装完成后平台会及时更新构件状态。

5.2 三维激光扫描与数字预拼装技术

运用三维激光扫描与数字预拼装技术进行构件预拼装,在工厂端完成构件点云数据采集与虚拟装配操作^[8],具有以下优势:①构件工厂化拼装,限制因素少,拼装精度高;②不占用施工用地,避免大型胎架重复搭拆;③提前发现并完善构件加工缺陷,提升现场安装合格率,降低返厂运输次数。

5.3 无人机倾斜摄影

针对超高层异形结构测量定位难题,采用无人机倾斜摄影与 BIM 技术协同工作模式。通过空中实景扫描-模型智能比对-现场动态修正的技术流程,将无人机采集的点云数据与深化设计模型进行三维空间对比分析,指导工人在安装过程中进行微调^[9-10]。

通过对外筒进行多次试验,实现高空构件定位误差 $\leq 8\text{mm}$ 的技术指标,同时将该技术应用于莫比乌斯环,使环成功闭合。

6 结语

1) BIM 技术的参数化建模、施工模拟与智能协同管理能够有效解决空间异形结构深化设计、复杂工序优化及高空作业安全控制等核心问题。

2) 基于 BIM 的物料追踪平台,实现现场进度、质量、安全、劳动力的高效管控,为项目安全快速保质完工提供坚实基础。

3) 数字化预拼装技术,大幅降低施工误差与返工率,而无人机倾斜摄影与三维激光扫描技术的融合,进一步提升空间定位精度。

参考文献:

- [1] 马人乐,梁峰,黄鑫.高耸钢结构施工方法的特点及发展[J].施工技术,2010,39(10):12-14,39.
MA R L, LIANG F, HUANG X. Construction characteristics and development of construction methods for steel high rising structures[J]. Construction technology, 2010, 39(10): 12-14, 39.
- [2] 王璞瑾,肖建庄,肖绪文,等.数字化技术在建筑工程施工中的应用与前瞻[J].同济大学学报(自然科学版),2024,52(7):1068-1078.
WANG P J, XIAO J Z, XIAO X W, et al. Application and prospect of digital technology in building construction[J]. Journal of Tongji University(natural science), 2024, 52(7): 1068-1078.

- [4] 王同军. BIM 技术——中国铁路工程建设信息化事业的新篇章[J]. 铁路技术创新, 2014(2): 2-3.
WANG T J. BIM technology—a new chapter in the informatization of China railway engineering construction [J]. Railway technical innovation, 2014(2): 2-3.
- [5] 江佳鑫, 潘健军, 陈越文, 等. BIM+GIS 技术在高速公路市政化改造中的应用[J]. 施工技术(中英文), 2024, 53(21): 33-36.
JIANG J X, PAN J J, CHEN Y W, et al. Application of BIM+GIS in highway municipal transformation [J]. Construction technology, 2024, 53(21):33-36.
- [6] 杨威, 张晨茜, 任佳琦. 铁路综合交通枢纽工程信息化及 BIM 应用现状与展望[J]. 铁路技术创新, 2024(2): 21-28.
YANG W, ZHANG C Q, REN J Q. Status quo and prospect of IT and BIM application in railway integrated transport hub projects[J]. Railway technical innovation, 2024(2): 21-28.
- [7] 白雪, 王翔, 朱超平. BIM 轻量化技术在铁路工程建设中的应用研究[J]. 铁道通信信号, 2019, 55(1): 40-43.
BAI X, WANG X, ZHU C P. Research on applying BIM lightweight technology in railway engineering construction projects [J]. Railway signalling & communication, 2019, 55 (1): 40-43.
- [8] 王华, 张恒. 融合知识和案例推理的铁路施工计划自动编排研究与应用 [J]. 施工技术(中英文), 2023, 52 (23): 80-84.
WANG H, ZHANG H. Research and application of automatic scheduling of railway construction plans integrating knowledge and case-based reasoning [J]. Construction technology, 2023, 52 (23): 80-84.
- [9] 熊嘉阳, 沈志云. 中国高速铁路的崛起和今后的发展[J]. 交通运输工程学报, 2021, 21(5): 6-29.
XIONG J Y, SHEN Z Y. Rise and future development of Chinese high-speed railway [J]. Journal of traffic and transportation engineering, 2021, 21(5): 6-29.
- [10] 王同军. 基于 BIM 技术的铁路工程建设管理创新与实践[J]. 铁道学报, 2019, 41(1): 1-9.
WANG T J. Innovation and practice of railway engineering construction management based on BIM technology [J]. Journal of the China railway society, 2019, 41(1): 1-9.
- [11] 操锋. 铁路行业 BIM+GIS 综合应用探讨 [J]. 中国新通信, 2015, 17(7): 90.
CAO F. Discussion on comprehensive application of BIM+GIS in railway industry [J]. China new telecommunications, 2015, 17 (7): 90.
- [12] 周鹏光, 何鲁鄂. 数字工程在公路施工中的信息化应用技术研究 [J]. 施工技术(中英文), 2023, 52 (17): 27-31, 37.
ZHOU P G, HE L E. Research on information application technology of digital engineering in highway construction [J]. Construction technology, 2023, 52 (17): 27-31, 37.

(上接第 41 页)

- [3] 杜俊豪, 郑文阳, 李伟斌, 等. BIM 技术在 EPC 总承包项目全过程“六化”管理中的应用 [J]. 建筑结构, 2023, 53 (S1): 2429-2434.
DU J H, ZHENG W Y, LI W B, et al. BIM technology in EPC general contract project in the whole process of “Six” management and application [J]. Building structure, 2023, 53 (S1): 2429-2434.
- [4] 王洪, 张文津, 王克慧, 等. BIM 技术在异形超高层建筑施工阶段的应用 [J]. 施工技术(中英文), 2025, 54(2): 1-7, 31.
WANG H, ZHANG W J, WANG K H, et al. Application of BIM in the construction stage of special-shaped super high-rise buildings [J]. Construction technology, 2025, 54 (2): 1-7, 31.
- [5] 刘佳庆. 单层网壳钢结构的吊装和支撑方法研究 [D]. 西安: 西安工业大学, 2020.
LIU J Q. Research on hoisting and supporting methods of single-layer grid shell steel structures [D]. Xi'an: Xi'an Technological University, 2020.
- [6] 丁利, 徐常森, 贾尚瑞, 等. 超高空立面大直径莫比乌斯环内支撑体系施工关键技术 [J]. 建筑钢结构进展, 2024, 26 (10): 94-99, 106.
DING L, XU C S, JIA S R, et al. Key technologies for construction of large-diameter Mobius ring inner support systems for super high-altitude facades [J]. Progress in steel building structures, 2024, 26 (10): 94-99, 106.
- [7] 丁利, 贾尚瑞, 吴楚桥, 等. 内侧支承大悬挑轮辐式桁架结构悬挑提升关键技术研究 [J]. 钢结构(中英文), 2024, 39 (4): 34-40.
DING L, JIA S R, WU C Q, et al. Research on key technologies of cantilever lifting for large cantilever spoke truss structure with inner support [J]. Steel construction (Chinese & English), 2024, 39(4): 34-40.
- [8] 胡建军. 钢结构建筑杆件智能预拼装与施工误差控制技术研究 [D]. 天津: 天津大学, 2019.
HU J J. Research on intelligent pre-assembly and construction error control technology of steel structure building members [D]. Tianjin: Tianjin University, 2019.
- [9] 李雅慧. 基于 BIM+倾斜摄影测量技术的施工场地布置优化研究 [D]. 长沙: 中南大学, 2022.
LI Y H. Research on optimization of construction site layout based on BIM + inclination photogrammetry technology [D]. Changsha: Central South University, 2022.
- [10] 刘铠宁, 徐亦采, 郑许冬, 等. 建筑工程施工管理数字化监管及大数据交互应用研究 [J]. 施工技术(中英文), 2024, 53 (14): 25-30.
LIU K N, XU Y C, ZHENG X D, et al. Research on digital supervision and big data interactive application in construction project management [J]. Construction technology, 2024, 53 (14): 25-30.