

DOI: 10.7672/sgjs2025200065

BIM 技术在广州足球公园球场施工中的应用*

赵 跃¹, 郭 奇¹, 陈学朋¹, 罗宗礼¹, 余 航¹, 姚成冲¹,
张钰涔¹, 龙 睿², 谭志豪²

(1. 中国建筑第四工程局有限公司, 广东 广州 510630; 2. 广州建筑工程监理有限公司, 广东 广州 510030)

[摘要] 以广州足球公园球场项目为对象, 深入探究 BIM 技术在项目施工各阶段的应用。借助 BIM 技术, 在施工准备、施工过程及竣工阶段, 在模型搭建、图纸审查、施工模拟、机电深化、数字化创新等方面采取系列措施。经实践验证, BIM 技术有效解决了项目施工难题, 显著提升了施工效率、降低了成本, 并改善了施工质量与管理水平。

[关键词] 信息化; 建筑信息模型; 模拟; 深化设计; 数字化; 项目管理

[中图分类号] TU17

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2025)20-0065-07

Application of BIM Technology in the Construction of Guangzhou Football Park Stadium

ZHAO Yue¹, GUO Qi¹, CHEN Xuepeng¹, LUO Zongli¹, YU Hang¹, YAO Chengchong¹,
ZHANG Yucen¹, LONG Rui², TAN Zhihao²

(1. China Construction Fourth Engineering Division Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510630, China;

2. Guangzhou Construction Engineering Supervision Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510030, China)

Abstract: Taking the Guangzhou Football Park Stadium project as the object, the application of BIM technology in each stage of project construction is deeply explored. With the help of BIM technology, a series of measures are taken in the aspects of model building, drawing review, construction simulation, electromechanical deepening and digital innovation in the construction preparation, construction process and completion stage. The practice shows that BIM technology effectively solved the construction problems of the project, significantly improved the construction efficiency, reduced the cost, and improved the construction quality and management level.

Keywords: information; building information modeling (BIM); simulation; detailed design; digitalization; project management

0 引言

随着智能建造技术的发展, BIM 技术在场馆设施施工中的应用研究已逐步深入。现有研究表明, BIM 技术在大型体育场馆建设中已实现多方面突破: 通过净高优化技术解决复杂空间管线碰撞问题; 优化足球场施工流程, 提升吊装效率; 在全生命周期管理中实现数据集成应用, 在运维阶段开发设施管理系统。然而, 针对超大型复杂结构(如大跨度索承钢罩棚、多曲面幕墙)的施工管理场景, BIM 技术在造价管控、工序模拟与现场协同的深度融合

应用仍需进一步探索。广州足球公园球场项目作为典型复杂场馆工程, 其 BIM 技术应用可为同类项目提供针对性参考。

1 工程概况

广州足球公园球场项目总用地面积约 18.9 万 m², 总建筑面积约 47.8 万 m², 建筑高度约 63.6m, 座位规模为 7.3 万座(可扩容至 7.5 万座)。项目结构形式为混凝土框剪结构+轮辐式索承钢罩棚结构, 具有国内场馆最大悬挑钢罩棚结构(东西向最大悬挑长度 82.5m)、国内最大直径和规模密封索等特点。项目整体造型复杂, 涉及专业多, 工艺复杂, 工期紧(总工期 554d), 须达到鲁班奖、国家优质工程奖及中国钢结构金奖等标准。这些特点和难点对项目施工管理构成巨大挑战, 促使项目团队引入

* 中国建筑第四工程局有限公司科技研发课题: 轮辐式索承网格结构施工创新技术研究(CSCEC4B-2025-KTA-18)

[作者简介] 赵 跃, 工程师, E-mail: 381093527@qq.com

[收稿日期] 2025-06-20

BIM 技术,保障项目顺利实施。项目效果及区位分别如图 1,2 所示。



图 1 项目效果

Fig. 1 Effect of the project

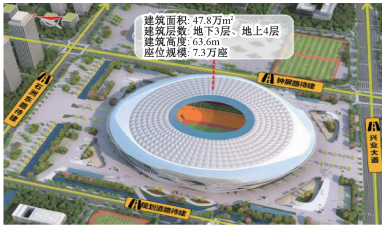


图 2 项目区位

Fig. 2 Location of the project

2 BIM 技术在项目施工中的应用

2.1 施工准备阶段

2.1.1 团队组织与标准制定

项目组建专业 BIM 技术团队(见图 3),驻场 BIM 专职实施人员共 4 人。其中,项目 BIM 负责人具有 8 年工作经验,持有全专业二级证书;专业小组负责人从业 3 年以上,持有 BIM 二级证书;各专业实施小组由具备体育场馆实施经验的专业深化团队构成。同时,联合业主单位开展施工全过程 BIM 实施与管理,并在公司科技团队及专家顾问团队的技术支持下,开展科研攻关与技术落地应用。针对项目特点,在工作前期编制详细的 BIM 实施导则、实施标准、模型精度标准、模型审核要点、项目工作统一模板及统一基点,明确项目建模范围、详细程度、视图标准及机电配置等要求,确保各区域工程师按统一标准开展工作,提高工作效率,便于对外沟通协作。

2.1.2 模型搭建与图纸审查

在施工准备阶段,依据设计图纸,利用 BIM 软件建立各专业深化模型(见图 4),结构模型、钢结构模型、机电模型等精度达 LOD400,并录入施工信息,为后续智慧会展运行积累数据。在建模过程中,将平面图与三维模型相结合,全面审核图纸,直观找出图纸问题,汇总形成图纸审核报告。通过 BIM 模型各专业叠加,形成各专业问题报告,并以图审报告形式提交给设计管理部,与设计院及项目技术管理人员开展线上线下沟通,形成变更或回复意

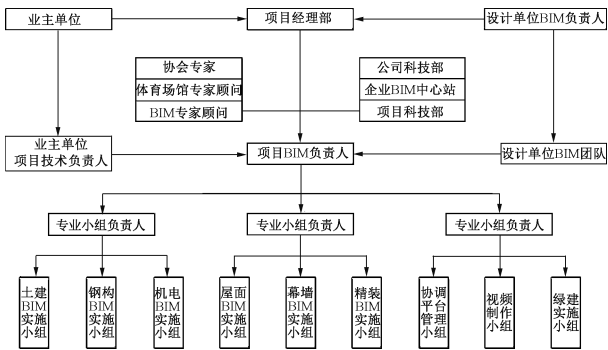


图 3 组织架构

Fig. 3 Organizational structure

见,完成闭环管理。目前,共发现问题 775 余项,提前销项 288 余项,缩短工期 30 余 d,取得经济效益 600 万元左右;协调解决深化设计图纸问题 1 206 项,其中重要问题 237 项,涵盖设计缺陷、专业交叉及施工优化等方面,有效避免施工过程中的设计变更和返工,为项目顺利施工奠定基础。

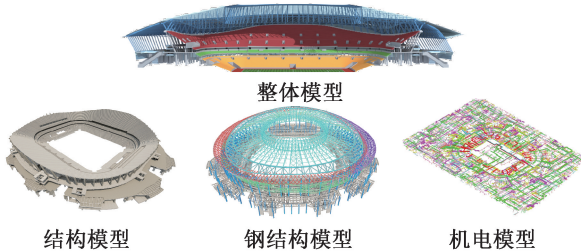


图 4 BIM 模型

Fig. 4 BIM models

2.2 施工过程

2.2.1 BIM 集成应用

1) 三维交底与视频漫游。针对项目中复杂钢结构等部位,利用 BIM 技术进行三维结构交底,直观展示构件空间位置、连接方式等信息,方便施工人员理解设计意图,减少施工错误,保证施工质量和工期。同时,通过动画方式对地下车库(见图 5)、制冷机房等进行 BIM 视频漫游,提供动态、沉浸式视图,帮助项目团队更好地沟通协作,提前发现潜在问题并及时解决。

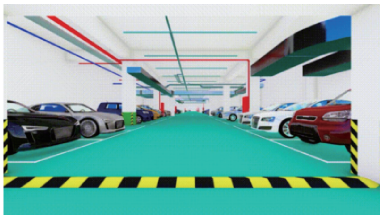


图 5 地下车库漫游

Fig. 5 Underground garage roaming

2) 施工方案优化。在夜间施工照明优化方面,依据绿色发展理念,利用 BIM 技术对施工区域夜间施工照明的灯光辐射范围进行模拟分析(见图 6),对比同功率不同高度对照射范围的影响,最终减少 96 盏灯,每天节省电 384kW·h,实现节能减排目标。对于高支模区域(总面积达 7.6 万余 m²),应用受力计算软件结合 BIM 模型开展高支模受力分析,快速检索超重梁及超重板,发现不稳定区域并进行加固。同时,统计材料用量,为方案优化提供数据支撑,确保高支模施工安全高效。在二次结构深化方面,协调各类功能区与机电专业,进行二次结构砌筑优化并出具预留洞口图纸,达到精准预留、一墙一图的要求,并进行交底及现场砌筑指导,避免后期机电安装过程中的重复砸墙开洞,节约人力和材料成本。

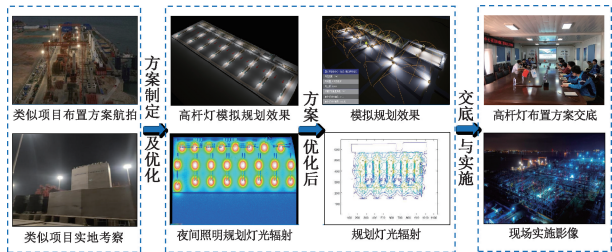


图 6 夜间施工照明优化流程

Fig. 6 Optimization process of night construction lighting

3) 复杂施工技术应用。在多曲面异形金属幕墙施工中,运用犀牛软件及高级插件进行参数化编程,深度辅助设计深化,应对铝板表皮造型多变及大面积不规则(高达 1.2 万 m²,且标准化率低,同类型同规格<40%)的挑战。在施工过程中,将设备自动化成型的高效性与手工精细调整的灵活性相结合,确保铝板制作精确度。引入 3D 扫描仪与 RTS771 放样机器人,通过拼接点云模型精确还原实际工况(见图 7),实现装配式安装的精准对接与高效推进,成功解决主体结构与幕墙安装精度不匹配、放线定位难及安装效率低等难题。对于高区看台斜梁、斜柱施工,运用 BIM 技术进行细部建模,直观展现该部分构造,为现场施工提供清晰指导,提高施工效率和质量。

2.2.2 BIM+钢结构深化应用

1) 钢结构深化设计。广州足球公园球场项目钢结构包括内罩棚、外围幕、马道等,总用钢量约 2 万 t。在钢结构深化设计中,针对外压环和交叉网格等箱形弯扭构件,采用犀牛参数化软件 Grasshopper 及钢结构深化软件 Tekla 进行弯扭构件参数化深化设计(见图 8),通过根据交叉网格轴线

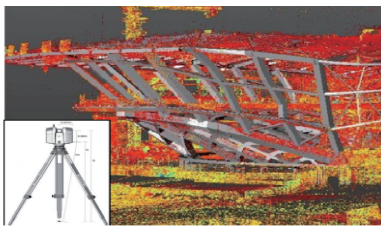


图 7 点云数据结合

Fig. 7 Point cloud data combination

拟合曲面,保证曲面造型;利用参数化性能批量完成复杂节点深化设计,如外压环和交叉网格节点、索夹节点等,提升设计效率和正确性。弯扭构件详图采用工厂加工制作坐标系(相对坐标)和现场安装坐标系(世界坐标)表达构件空间定位,便于工厂加工和现场施工,实现高精度高效率深化出图。

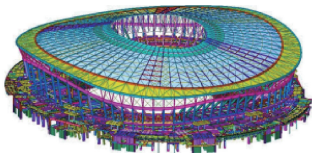


图 8 钢结构深化设计

Fig. 8 Detailed design of steel structure

2) 全过程施工模拟分析。在施工前,利用 ANSYS 软件对主体结构、钢结构、金属屋面、索结构、膜结构、外帷幕及桁架的受力进行施工模拟计算,并采用 MIDAS 软件进行应力计算复核,对安装过程中形变较大的位置进行重点监测,确保整体安装过程稳定可控。通过 BIM 技术对场馆钢结构吊装进行详细的三维建模和数据整合,模拟施工流程,如利用塔式起重机安装环梁胎架、吊装 V 形撑及环梁钢结构、索体进场铺装、外围幕结构地面拼装等环节,制定精准的施工计划,实现高效、安全的钢结构吊装。同时,关联钢结构构件与进度计划,进行钢结构整体部署的推演,分析整体部署的合理性,对场地规划、材料加工、人员配置起到指导与预判作用。

3) 质量安全保障措施。利用 BIM 可视化模拟施工过程,合理规划安全通道和防护设施。如设置 4 个垂直通道作为钢罩棚上下通道,内、外环梁设置双道立杆作为钢罩棚水平移动主要通道,环梁间满铺安全兜网;在内罩棚径向钢梁吊装前设置安全立杆(见图 9),就位后人员通过特定通道移动至焊接部位,焊接点位设置吊篮及接火斗,保障高空环境安全及成品保护,有效降低施工安全风险。

2.2.3 BIM+机电深化应用

1) 模型搭建及深化与问题解决。依据设计图

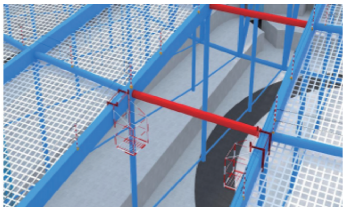


图 9 内罩棚径向钢梁吊装示意

Fig. 9 Hoisting of inner canopy radial steel beam

纸搭建施工图 BIM 模型,在建模过程中同步进行图纸核查,通过平面图与三维模型结合,直观找出图纸问题并汇总成报告,确保 BIM 建模与图纸一致,为后续工作提供准确基础。通过 BIM 模型各专业叠加形成问题报告,与设计院及项目技术管理人员沟通,形成变更或回复意见,完成闭环管理,解决众多专业间的碰撞和设计不合理问题,保证机电施工顺利进行。

2)管线综合与机房深化设计。进行管线综合排布,优化机电布局(见图 10),使管线综合布局合理,排布整齐、顺直,净空充足,末端连接正确美观,阀门朝向和安装一致。合理布置机房内各管道综合支架,考虑支架基础与排水沟、设备基础位置关系,计算制冷机房内综合支架样式、型材规格,并出具计算书及材料表,确保机房施工科学规范。

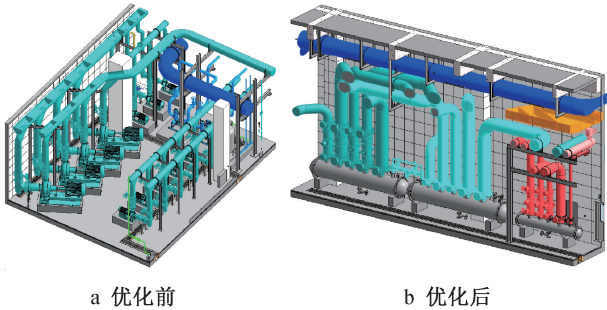


图 10 管线综合排布优化

Fig. 10 Optimization of pipeline comprehensive arrangement

3)BIM 出图与净高分析。根据项目现场施工需求,出具地下各层综合管线平面图、单专业平面图及局部位置管综图纸,以及针对机房等复杂节点的单独图纸,补充平面、立面及剖面图,辅以三维模型指导施工。同时,根据管综完成成果及实际标高,出具净高分析平面图,提前发现不满足净高要求的部位,为装修设计及业主提供参考,避免后期返工。此外,结合土建、机电专业设计施工图,出具地下室 BIM 二次结构预留洞定位图和综合支架布置平面图,保证二次结构预留洞正确无误,方便现场施工依据图纸操作,确保现场与图纸一致。

2.2.4 BIM+数字化创新应用

2.2.4.1 施工创新技术应用

在复杂异形曲面空间混凝土结构施工中,通过对各层楼板进行等效温差作用下温度应力分析、控制混凝土材料配合比、添加聚合物纤维膨胀剂、采用缓粘结预应力筋、合理设置后浇带、避免广义结构断面突变等措施,实现超长结构无永久缝施工。采用盘扣架支撑、免对拉螺杆工艺、定位钢管技术和分段浇筑手段,解决 72 根不同倾斜角度的斜梁斜柱混凝土成型质量、斜率控制和超大空间支模等难题。对于顶部混凝土环梁,运用 LOD500BIM 精度深化模拟,优化钢筋排布,采用“微直代曲”技术手段解决曲面空间线条支模难题。复杂异形曲面结构如图 11 所示。

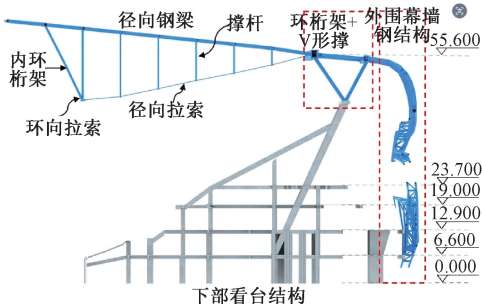


图 11 复杂异形曲面结构

Fig. 11 Complex irregular curved surface structure

在微曲率弧形机电管道建造方面,采用弧形建筑管道安装技术,依据 BIM 模型排布(见图 12),计算各部位管线曲率、偏转角度,定制符合现场曲率、偏转角度的水管、风管、桥架异形件,分析现场管线组成及排列情况,整体放线综合支架,提高安装精准度,解决现场空间紧张、利用率不高、水阻大、运行维护不便等问题。

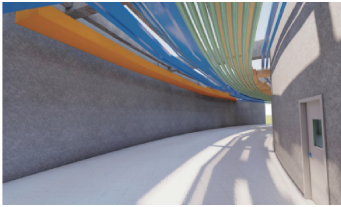


图 12 BIM 模型排布示意

Fig. 12 Arrangement of BIM model

2.2.4.2 智能机器人与智慧工地应用

采用混凝土抹光机器人、室内喷涂机器人、焊接机器人等辅助作业,替代人工进行部分施工作业,提高工程建设的机械化和智能化水平,降低工人劳动强度,提升施工效率和质量。建立智慧运行中心,通过“云大物移智+BIM”等先进技术,打造一

体化智慧运营中心,实现人、机、料、法、环等要素的实时、动态采集,有效支撑现场生产作业,提升施工质量,达到精细化管理目的。

例如,通过智慧工地视频监控系统对现场关键部位进行实时监控(见图 13),AI 视频监控实现了对人员行为、安全隐患等的智能识别与预警;塔式起重机监控系统保障其作业安全;物流管理系统实现了对材料的智能化管理;基坑监测和环境监测系统实时监测基坑和环境数据,确保了施工安全和环境达标。同时,该系统实现了智慧工地可视化数字交付,包括数据交付(智能监测、进度内容、构件可追溯、质量安全核查等建造数据)、模型 & 图纸交付(涵盖主体、钢结构、机电、幕墙、精装专项内容)和竣工交付(施工过程报告及验收资料关联模型统一交付),为项目后续运维管理提供全面数据支持。



图 13 智慧工地视频监控系统

Fig. 13 Intelligent site video surveillance system



图 14 数据指挥中心

Fig. 14 Data command center



图 15 全过程 BIM 技术应用

Fig. 15 Application of the whole process BIM technology

施工模拟、复杂施工技术应用等方面的应用,为施工提供科学指导,使施工流程更合理高效。例如,钢结构吊装通过 BIM 模拟优化施工流程(见图 16),提高吊装效率;多曲面异形金属幕墙施工借助 BIM 技术实现精准安装,缩短施工周期。各阶段的应用共同作用,使项目整体施工效率大幅提高,确保项目在 554d 内顺利完成。

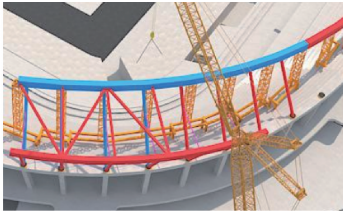


图 16 钢结构吊装模拟

Fig. 16 Simulation of steel structure hoisting

3.2 施工质量有效保障

通过 BIM 技术在施工全过程中的应用,从设计源头到施工过程的各个环节,对施工质量进行严格把控。通过图纸审查解决设计缺陷,避免因设计问题导致的质量隐患;在施工方案优化中,对高支模受力分析、二次结构深化等进行精确计算和规划,确保施工结构安全可靠;在复杂施工技术应用中,利用 BIM 技术实现对多曲面异形金属幕墙、斜梁斜柱等复杂部位的精准施工,保证施工质量。同时,智慧工地视频监控系统对施工过程的实时监控和质量安全核查,及时发现并解决质量问题,使项目施工质量得到有效保障。

3.3 管理水平显著提升

BIM 技术实现项目各参与方间的信息共享和协同工作,打破传统管理模式下信息沟通不畅的壁

垒。通过 BIM 模型和相关管理平台,能实时了解项目进展(见图 17)、资源配置等情况,及时进行决策和调整。智慧工地视频监控系统对人、机、料、法、环等要素的实时动态管理,实现项目的精细化管理,提高管理效率和准确性。同时,BIM 技术在项目中的应用,推动企业技术创新和管理创新,培养一批专业的 BIM 技术人才,提升企业的整体管理水平和核心竞争力。

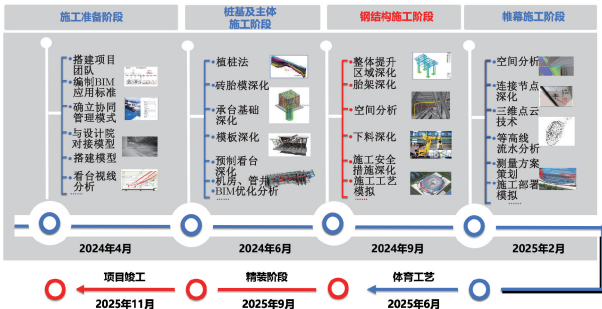


图 17 阶段性施工节点

Fig. 17 Staged construction joints

4 BIM 技术在造价管理中的应用

4.1 钢结构施工深化设计

通过 BIM 技术在钢结构施工中的应用,如施工部署模拟、施工工序优化,缩短工期 12d;通过节点深化及钢结构构件合理化分段,减少设备投入,优化相应措施费 147.9 万元,经济效益约 264.6 万元。在帷幕施工中,通过深化设计,精准定位空间坐标,优化双曲构件提前预制加工,缩短工期 13d,工期优化间接效益 63 万元,产生经济效益 37.9 万元;减少设备投入 61 万元,产生经济效益约 162.2 万元。综合预制构件深化、钢筋钢构节点深化、高支模深化、施工部署优化、智慧工地视频监控系统应用等方

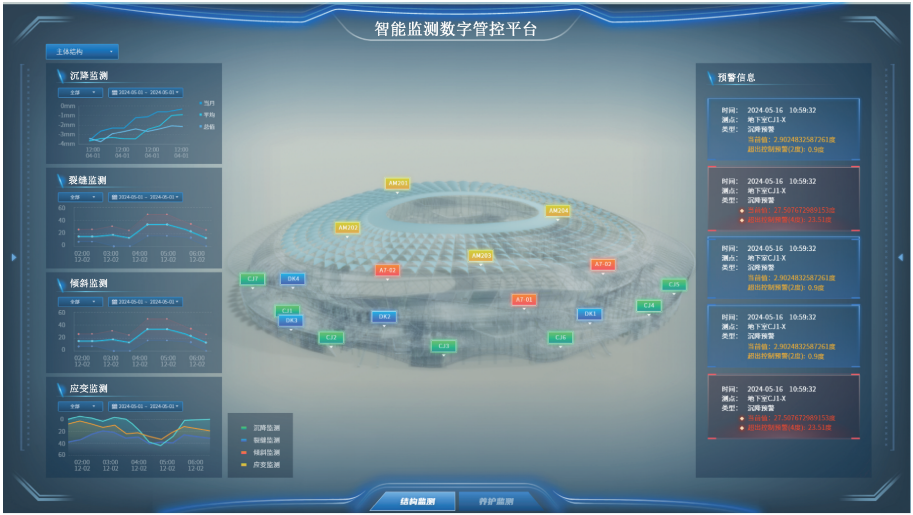


图 18 钢结构用量实时统计

Fig. 18 Real-time statistics of steel structure consumption

面,合计缩短工期 6d,产生经济效益 61.3 万元。

4.2 工程量精准核算

通过 BIM 模型自动提取各专业工程量(如混凝土体积、钢结构用量、管线长度等),对比传统手工算量误差率降低约 15%。例如,在钢结构深化设计阶段,利用 Tekla 模型直接生成构件清单,精准统计 2 万 t 钢构件规格、数量及安装位置,避免因图纸错漏导致的材料浪费,节约钢材采购成本约 80 万元。钢结构用量实时统计如图 18 所示。

4.3 施工成本动态监控

将 BIM 模型与进度计划、成本数据关联,建立 5D (三维模型+时间+成本)动态管理平台。通过实时追踪各施工区段的人材机消耗,对比目标成本与实际成本偏差,及时预警超支风险。例如,在高支模施工阶段,系统自动分析支架材料用量与预算差异,优化立杆排布方案,减少钢管租赁成本约 25 万元。

4.4 设计变更成本控制

在施工准备阶段,通过 BIM 审图提前发现 775 项设计问题,其中在深化设计阶段解决了 288 项,避免施工阶段变更导致的返工成本。据测算,仅机电管线碰撞问题的提前消除,就减少后期拆改费用约 120 万元,缩短工期 30d。

5 结语

1)广州足球公园球场项目中 BIM 技术的应用成效显著,在施工准备、施工过程和竣工阶段中均发挥了重要作用。通过 BIM 技术,有效解决了项目施工中的复杂难题,提高施工效率,降低成本,提升施工质量和管理水平,为项目顺利完成提供有力保障。

2)通过广州足球公园球场项目实践,验证了

BIM 技术在复杂场馆施工中的多维价值。不仅实现了设计优化、质量管控(确保鲁班奖等目标),而且通过造价管理模块的深度应用,实现了成本节约。项目形成的三维建模-施工模拟-动态管控-智慧交付全流程应用模式,为同类工程提供了可复制的技术路径。

面向智能建造趋势,建议进一步推动 BIM 与物联网、AI 算法的融合创新。例如,探索基于 BIM 的施工机器人路径规划、区块链技术在工程计量中的应用等,以提升建筑工业化与数字化水平。未来,随着政策对“新型建筑工业化”的持续推动,BIM 技术将从单一工具应用转向全产业链协同平台,成为建筑行业转型升级的核心驱动力。

参考文献:

[1] 吕程,李延煜,余飞.大型复杂公共建筑 BIM 正向设计策划路径研究——以昆明长水国际机场 T2 航站楼及附属工程为例[J].城市建筑空间,2025,32(4):96-98.
LÜ C, LI Y Y, YU F. Research on BIM forward design planning path of large and complex public buildings-taking Kunming Changshui International Airport terminal T2 and its ancillary projects as an example [J]. Urban architecture space, 2025,32(4):96-98.

[2] 陈凯,陆洪林,张卓航,等.十万座足球场项目 BIM 净高优化技术的研究与应用[J].智能建筑,2022(4):20-23.
CHEN K, LU H L, ZHANG Z H, et al. Research and application of BIM clear height optimization technology for 100 thousand football field projects[J]. Intelligent building, 2022(4):20-23.

[3] 王志强,周为,于海龙,等. BIM 技术在建筑设计中的应用研究[J].城市建筑空间,2024,31(4):120-122.
WANG Z Q, ZHOU W, YU H L, et al. Research on the application of BIM technology in architectural design [J]. Urban architecture space, 2024,31(4):120-122.

真分析结果的高度一致进一步验证了施工方案的准确性与可靠性,从而保障了整个施工过程安全及结构长期稳定。

参考文献:

[1] 劳万里,段新芳,吕斌,等. 碳达峰碳中和目标下木材工业的发展路径分析[J]. 木材科学与技术,2022,36(1):87-91.
LAO W L,DUAN X F,LÜ B,et al. Development path of China wood industry under the targets of carbon dioxide emission peaking and carbon neutrality [J]. Chinese journal of wood science and technology,2022,36(1):87-91.

[2] 王瑞胜,陈有亮. 1992—2019 年中国木结构建筑研究进展[J]. 林产工业,2020,57(6):31-34.
WANG R S,CHEN Y L. Research progress of timber buildings in China from 1992 to 2019 [J]. China forest products industry, 2020,57(6):31-34.

[3] FOJTÍK R,DUBOVSKÝ V,KOZLOVÁ K,et al. Prestress losses in spruce timber[J]. Wood research,2020,65(4):645-652.

[4] 潘景龙,祝恩淳. 木结构设计原理[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2019.
PAN J L, ZHU E C. Design principle of wood structure [M]. Beijing:China Architecture & Building Press, 2019.

[5] 吴宁童. 大跨预应力胶合木桁架结构设计方法及应用研究[D]. 南京:南京林业大学,2022.
WU N T. Research on design method and application of long-span prestressed glued wood truss structure [D]. Nanjing: Nanjing Forestry University,2022.

[6] 刘菊芳,刘小会,陶亚光,等. 不同预应力施加方式对预绞式金具紧固性能的影响[J]. 三峡大学学报(自然科学版), 2022,44(1):94-100.
LIU J F,LIU X H,TAO Y G,et al. Effect of different prestressing methods on fastening performance of pre-twisted fittings [J]. Journal of China Three Gorges University (natural sciences), 2022,44(1):94-100.

[7] 旷铁良. 桥梁工程后张法预应力梁板施工质量控制研究[J]. 科技创新与应用,2024,14(21):160-163.
KUANG T L. Study on construction quality control of post-tensioned prestressed beam and slab in bridge engineering [J]. Technology innovation and application,2024,14(21):160-163.

[8] 张晓辰,白朝勤. 绿色建筑理念在工业建筑改造中的运用与实践[J]. 建筑科学,2024,40(3):180.
ZHANG X C, BAI C Q. Application and practice of green building concept in industrial building reconstruction [J]. Building science,2024,40(3):180.

[9] 李建涛,张亮,殷腾腾,等. 钢木结合的矮立边金属屋面施工技术[J]. 城市建筑空间,2022,29(S2):523-524.
LI J T,ZHANG L,YIN T T,et al. Construction technology of short vertical edge metal roof combined with steel and wood [J]. Urban architecture space,2022,29(S2):523-524.

[10] 郑江. 复杂刚性钢结构施工过程力学模拟及计算方法研究[D]. 西安:西安建筑科技大学,2011.
ZHENG J. Research of mechanics emulation and calculating methods during construction process of complex rigid steel structures [D]. Xi ' an: Xi ' an University of Architecture and Technology,2011.

[11] 浦建刚. 单层网壳穹顶体外双向预应力加固提升技术[J]. 施工技术(中英文), 2025, 54(4): 99-105.
PU J G. External two-way prestressed reinforcement and lifting technology of single-layer reticulated dome [J]. Construction technology, 2025,54(4): 99-105.

[12] 张纪刚,张同波,欧进萍. 青岛体育中心游泳跳水馆大跨复杂钢结构施工模拟分析与监测[J]. 建筑结构学报,2010,31(S1):299-304.
ZHANG J G, ZHANG T B, OU J P. Simulation analysis and monitoring of long-span complex steel structure construction in swimming and diving hall of Qingdao Sports Center [J]. Journal of building structures,2010,31(S1):299-304.

(上接第 71 页)

[4] 杨世波,羊波,吴楠,等. EPC 模式下重庆龙兴足球场基于 BIM 的高效建造[C]//2021 第十届“龙图杯”全国 BIM 大赛获奖工程应用论文集,2021.
YANG S B, YANG B, WU N, et al. Efficient BIM-based construction of Chongqing Longxing Football Stadium under EPC mode [C] // Proceedings of 2021 the 10th Longtu Cup National BIM Competition Award-winning Engineering Application, 2021.

[5] 梁志刚,宋子鑫,黄昊. BIM 技术在建筑设计中的应用及推广

策略 [J]. 城市建筑空间, 2023, 30 (3): 119-121.
LIANG Z G, SONG Z X, HUANG H. Application and promotion strategy of BIM technology in architectural design [J]. Urban architecture space, 2023, 30 (3): 119-121.

[6] 毕艳,王洋,罗龙,等. BIM 施工管理平台研发与应用 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2023 (9): 74-78.
BI Y, WANG Y, LUO L, et al. Research and application of BIM construction management platform [J]. Intelligent building & smart city, 2023 (9): 74-78.