

BIM 技术应用于数字铁路建设的实践与探索*

潘健军^{1,2}, 江佳鑫^{1,2}, 刘浩然^{1,2}, 程 绰^{1,2}, 陈越文^{1,2}, 胡青青^{1,2}

(1. 中国建筑第八工程局有限公司, 上海 200120; 2. 中国建筑第八工程局有限公司华南分公司, 广东 广州 510663)

[摘要] 瑞梅铁路项目面临复杂地形、多专业协同、施工组织难度大等挑战, 构建以 BIM 技术为核心载体的工程管理信息化体系, 深度融合 BIM(建筑信息模型)、物联网(IoT)、大数据分析、云计算、人工智能(AI)以及北斗卫星导航定位等技术, 将新一代信息技术与铁路建设技术实现无缝对接与集成应用。该技术体系有效提升了场地利用率、渣土处理率和资源化利用率, 增强项目可视化、协同化、信息化水平。显著提升铁路项目在施工效率、成本控制与安全管理方面的综合效益, 为行业数字化转型提供重要实践支撑。

[关键词] 铁路; 数字化; 建筑信息模型; 信息化; 管理

[中图分类号] TU721; TU17

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2025)23-0042-06

Practice and Exploration of Applying BIM Technology to Digital Railway Construction

PAN Jianjun^{1,2}, JIANG Jiaxin^{1,2}, LIU Haoran^{1,2}, CHENG Chuo^{1,2},
CHEN Yuewen^{1,2}, HU Qingqing^{1,2}

(1. China Construction Eighth Engineering Division Co., Ltd., Shanghai 200120, China; 2. China Construction Eighth Engineering Division Co., Ltd. South China Branch, Guangzhou, Guangdong 510663, China)

Abstract: The construction of the Rui-Mei Railway Project is confronted with challenges, such as complex terrain, multi-disciplinary collaboration, and high difficulty in construction organization. Centering on BIM technology, an engineering management information system has been established, deeply integrating BIM (building information modeling), IoT (Internet of Things), big data analysis, cloud computing, AI (artificial intelligence), and Beidou satellite navigation and positioning technologies. This enables seamless integration and application of the latest information technology with railway construction technology. This technological system has effectively enhanced the utilization rate of construction sites, the treatment rate of construction waste, and the rate of resource recycling. It has also improved the visualization, collaboration, and informatization levels of the project, significantly boosting the comprehensive benefits of the railway project in terms of efficiency, cost control, and safety management. It provides important practical support for the digital transformation of the industry.

Keywords: railways; digital; building information modeling (BIM); informatization; management

1 工程概况

瑞梅铁路某标段位于广东省东北部, 起点为李屋隧道进口, 终点为巴庄隧道出口后 110m, 起讫里程为 DK204 + 159.015—DK225 + 500 (长链为 109.209m), 正线线路全长 21.45km。模型效果如图 1 所示。该标段主要包含 15 段路基, 总长

2 566.89m; 15 座桥梁, 总长 3 343.630m; 3 座隧道, 总长 15 539.67m, 其中巴庄隧道长 10 686.19m, 为全线控制性工程。

2 BIM 技术应用的前期准备

1) 软硬件配置

铁路工程中的 BIM 应用以 Revit, OpenRail Designer 为主, 过程中配合使用 Fuzor, Lumion 等软件, 以及高性能工作站。

2) 平台搭建

以 C8BIM 平台和信息化平台为主, 智慧工地平

* 中建八局科技研发项目: 复杂地质条件下超长高拱腰窄断面隧道快速建造综合施工技术研究 (2023-2-03)

[作者简介] 潘健军, 工程师, E-mail: 380372410@qq.com

[收稿日期] 2025-06-13



图 1 BIM 模型效果

Fig. 1 Effect of BIM model

台为辅,同步进行。C8BIM 平台和信息化平台需建立全面展现项目概况的模型,且建、设、咨、施、管等各方协同参与,将各方数据信息通过物联网、大数据、GPS 定位等技术,转化为直观便捷的数据,促进信息共享与交流。将智慧工地平台联动现场的人力、机械、物料、工艺、环境,搭建三维动态监测体系,构建智能工厂与智慧工地生态。

3 BIM 技术应用规划

展开 BIM 工作的前提是确立统一的坐标系,覆盖路基、桥梁、隧道等分部工程,进行精确的定位建模,可保障模型整合对齐,提升协同效率。

1) BIM 应用思路

在 BIM 模型中,以 BIM 平台为媒介,以施工重难点为 BIM 应用导向,应用思路如图 2 所示。

2) BIM 技术实施路线

BIM 总体实施路线如下:①前期准备阶段,实施路线为统一规范、标准→数据准备→组织架构→执行工作计划→相关学习培训→示范样板文件→施工图整理;②模型建立阶段,实施路线为图纸会审→路基模型创建→桥梁模型创建→隧道模型创建→机电模型创建→碰撞检测→模型整合;③施工阶段,实施路线为各隧道口场地布置→施工方案辅助→协同平台管理→工程算量辅助→进度模拟技

术交底→三维可视化交底→质量安全管控;④竣工阶段,使用其他 BIM 技术,生成整体应用成果与参数。

4 应用重难点及应对措施

1)在前期准备阶段,沟通协调面临较大挑战,同时征地拆迁工作涉及范围广、地点多、任务量大等困难。针对上述问题,应用 BIM 审图功能,对桥梁、隧道、路基等施工图进行三维建模,校验图纸的错、缺、漏、碰等问题,以及设计深度与施工需求。利用 BIM 辅助征地拆迁论证,深度剖析关键对象,为决策提供数据支撑。融合 BIM 与实景、GIS 技术,实现征地拆迁可视化,展现征地拆迁对象的地理空间位置,促进方案优化。

2)隧道、桥梁及路基施工过程中,施工场地受限且面临多变的地形条件、复杂的地质结构、精密的结构要求以及庞大的模型规模,导致现场施工环境错综复杂。故在施工阶段布置各隧道口场地,根据施工需求,对供风系统、供水系统、供电系统、钢筋加工场、炸药库、弃渣场等设置相应功能。运用 Revit+Lumion 软件,进行三维模型创建及方案模拟,优化场地空间布局。

3)隧道内部施工流程繁琐复杂,机械作业交叉频繁,整体施工难度高。故在实践过程中,建立不同施工阶段的 BIM 模型后,利用 Fuzor, Lumion 软件进行成果渲染、动画模拟制作。各阶段模型构件如下:①隧道口场布施工阶段,有隧道洞口、门禁系统、施工大门、门卫室、九图一牌、消防设备、建设者驿站、微型消防站、一站式安全教育室、安全教育宣讲平台、供风系统、供电系统、供水系统、监控系统、钢筋加工场、弃渣场、急救物资房、活动板房等构件;②洞口段及洞门施工阶段,有隧道洞口、迎边坡、截水天沟、基坑、钢筋网、锚杆框

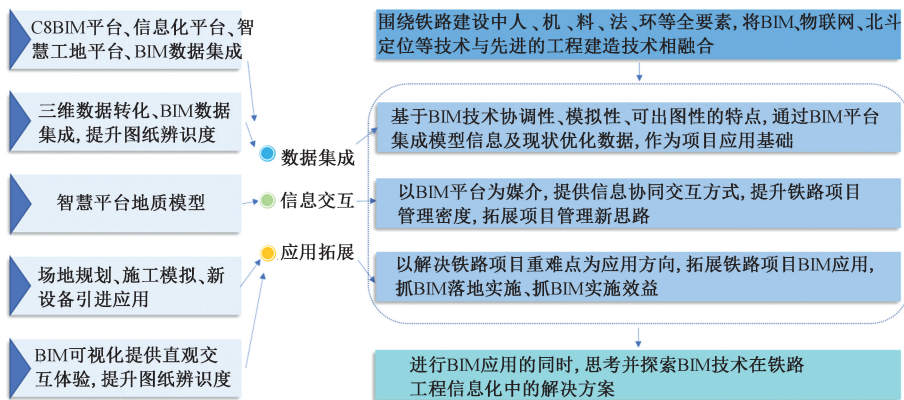


图 2 BIM 应用思路

Fig. 2 Ideas of BIM application

架梁、挖掘机、自卸车、推土机、混凝土搅拌机、平地机、风机等构件;③隧道洞身开挖阶段,有洞身、射流风机、水沟电缆槽台车、恒温恒湿养护除尘台车、智能化衬砌台车、防水板钢筋提升台车、自行车式仰拱栈桥、拱架安装车、喷湿台车等构件;④隧道初期支护施工阶段,有隧道洞身、型钢拱架、空压机、中空锚杆、钢筋网、锚杆台车、混凝土喷射机等构件;⑤隧道防水层施工阶段,有隧道洞身、防水板焊接机、台车等构件;⑥二次衬砌施工阶段,有隧道洞身、二次衬砌台车、混凝土搅拌车、搅拌运输车、混凝土输送泵等构件。根据各阶段构件信息,以及现场不断变化的需求,分阶段构建 BIM 模型。

5 BIM+平台全过程应用

5.1 BIM+C8BIM 协同管理平台

中建八局 BIM 协同管理平台(以下简称 C8BIM)是基于 BIM 模型的工程现场协同管理平台,以信息共享协同管理为主,联动铁路建设多方参与者,构建的集中管理平台,以管信息、存文档、优流程作为 BIM 数据中心的核​​心。C8BIM 平台具有移动、桌面、云端 3 层架构,使用轻量化、可视化技术,配备网络服务器,且兼容 Autodesk 系列软件。该 C8BIM 平台是全面展现项目概况的信息模型,协同建、设、咨、施、管、业主各方,促进信息共享与交流。

5.2 BIM+信息化平台

该平台深度融合物联网、AI 等技术,形成更高智能化、数字化的管理体系,以标准化、创新性应用为主,探讨铁路信息化需求,并遵循相关 BIM 标准,围绕编码统一、模型精细、管理成果规范、文档电子交付等核​​心理念,系统性实施标准化举措,构建覆盖项目全生命周期的信息规范体系。铁路标准体系建设如图 3 所示。

5.3 BIM+智慧工地平台

智慧工地平台围绕施工现场人、机、料、法、环等全要素,融合 BIM、物联网、北斗定位等技术,依据地域特性,结合隧道、桥梁、路基的施工特点构建智

慧工地与三维动态监测体系。智慧工地组织架构如图 4 所示。

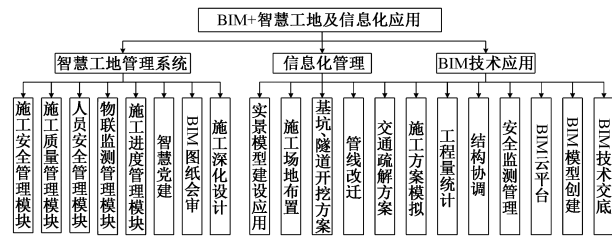


图 4 智慧工地组织架构

Fig. 4 Organizational structure of smart construction site

6 铁路 BIM 技术应用研究

6.1 技术管理应用

1) 施工场地规划

铁路建设施工准备阶段,需规划隧道洞口、生活区、实验室、加工场、拌合站等分部分项工程。隧道洞口涵盖供风(保障空气流通)、供水(确保施工用水)、供电(保障电力需求)、钢筋加工(切割、弯曲、成型)、炸药存储(安全存爆)及废渣暂存等功能区,应用 BIM 技术进行建模及场地布置施工模拟,提升施工效率。

2) 技术交底

应用 BIM+Lumion 技术制作 3D 动画,涵盖施工全流程动画及效果图。在施工准备阶段,运用此 3D 可视化资源,可协调部门与施工人员进行可视化技术交底,辅助解决复杂节点施工工艺,提升交底质量与效率。

3) 特种设备设计

应用 CAD 软件绘制平面图与立面图,再结合 Revit 软件建模,进行可视化调整设计,完善细部与尺寸。设计遵循标准化理念,并配备安全设施,如防护栏、警示标,最终完成台车整体设计指导施工。开挖台车 BIM 模型如图 5 所示。

4) BIM 深化

深化设计流程如图 6 所示。应用 BIM 软件创

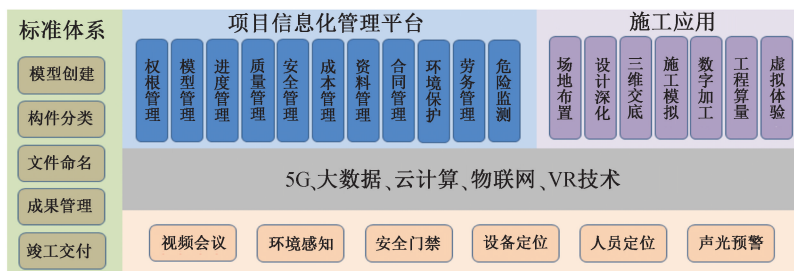


图 3 铁路标准体系建设

Fig. 3 Construction of railway standard system

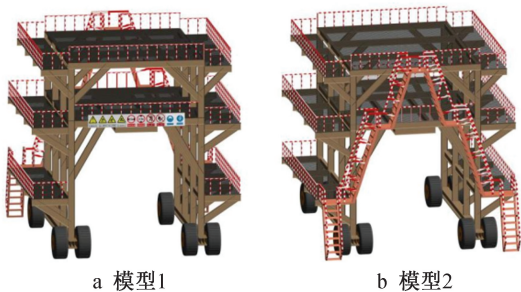


图 5 开挖台车 BIM 模型

Fig. 5 BIM model of excavation trolley

建模型,进行几何信息模型分析,深化桥梁结构部分模型,包括桥墩、桥台、墩台基础、桥跨结构、支座系统等,并结合三维模型图与二维图纸,解决施工图细节部分欠缺、图纸不全等问题。桥梁结构 BIM 模型如图 7 所示。涵洞 BIM 模型如图 8 所示。

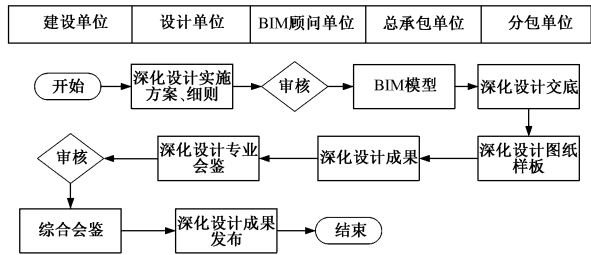


图 6 深化设计流程

Fig. 6 Deepened design process

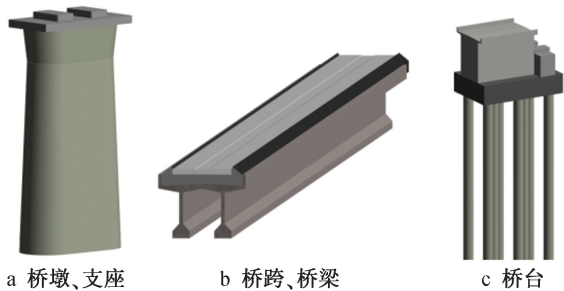


图 7 桥梁结构 BIM 模型

Fig. 7 BIM model of bridge structure

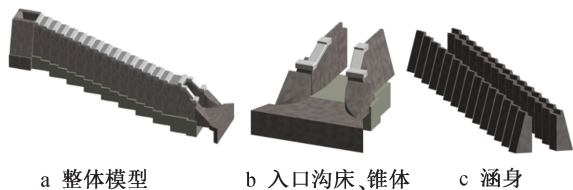


图 8 涵洞 BIM 模型

Fig. 8 BIM model of culvert

利用 Dynamo 可视化编程建立模型,把含位置坐标的 Excel 文件导入 Dynamo 中,将数据文件转化

为三维曲线,结合所建族库,最终在 Revit 中生成三维隧道模型。

5) 正射影像

利用无人机生产的 DOM 影像(见图 9),结合 CAD 软件,记录现场红线内的房屋、树木、公益林、高压线、构筑物等物体信息,定期对项目进行航测,将照片用于日志记录,便于及时发现现场危险源和不合理的临时建筑规划等,辅助现场平面动态管理。



图 9 CAD+数字正射影像(DOM)

Fig. 9 CAD+Digital orthography (DOM)

6) BIM+VR 全景

全专业模型体量庞大复杂,对计算机配置要求高。目前,BIM 实施依托固定端与移动终端,展示限于二维屏幕,BIM 数据与实际施工脱节,增加了信息同步误差风险。因此,应用 720°全景视图,将几何信息模型上传至云端,生成访问链接及二维码。通过浏览器或扫码即可浏览模型,有效指导施工,并且可以实时比对施工与设计吻合度,确保施工精度与标准化。

6.2 BIM+Pathfinder 技术应用

针对隧道内施工时突发火灾、坍塌、爆炸、地震等紧急情况,应用 BIM+Pathfinder 软件,将事故发生时的场景建立三维模型,对洞内施工人员应急安全疏散逃生路线、逃生时间进行仿真模拟,并重现应急疏散人群的恐慌行为,以优化逃生空间布局及人员组织架构。基于仿真结果,规划高效的疏散路线与干预措施,制定周密的疏散演练方案,并合理配置消防系统设备。在此基础上,若人员能够冷静应用自救与逃生技能,就有可能实现自救与互助,进而显著减少人员伤亡、经济损失。

6.3 质量管理应用

质量管理借助现场监测软件,以闭环管控为核心,应用信息化平台融合进度与质量数据,能够提前警示并识别质量问题,方便及时进行闭环处理。通过多维统计分析,全局导向问题解决,确保质量管理。

运用 BIM 技术建立虚拟样板体系,以辅助监测控制图纸质量,识别并纠正图纸缺陷。构建复杂节点的 BIM 虚拟样板,以指导实体样板建造,通过双重样板协同确保施工质量。

6.4 成本管理应用

1) 工程量复核

采用 BIM 技术统计工程量并制表,提升计算精度、效率,为数据分析奠定信息基石。将 BIM 计算结果与传统方法所得进行对比,以探究差异及其成因。

2) 土方计算

为解决大规模土石方开挖与废弃处理难题,通过优化土石方挖掘及回填流程,能够高效执行土石方挖运分析与计算,且极大提升土石方平衡计算精度。

6.5 专项方案、复杂节点施工模拟

1) 场地仿真模拟

通过集成 BIM 技术与 Lumion 可视化功能,实现模型高清渲染与动画漫游,经过紧密结合设计与施工现场,生成虚拟的施工方案,可精准指导作业流程。

2) BIM+Fuzor 平台

复杂节点施工工艺模拟对方案设计及其优化起重要作用,可将 BIM 可视化动态模拟结合施工方案进行推演,以选择最优方案。

6.6 新技术应用

1) BIM+GIS 平台

BIM+GIS 平台能够生成多样化的演示效果,使参建方更直观、迅速地掌握项目概况,便于管理施工现场。且相关工作人员能够即时获取、检索、汇总整条线路的关键信息,便于在现场进行精准比对分析。

2) BIM+倾斜摄影

无人机倾斜摄影技术借助多传感器航拍采集地面信息,经处理得到正射影像及三维模型。该技术凭借无人机的灵活性,在线性工程,尤其山区得到较好应用,能够获取高精度的地空数据。BIM+倾斜摄影模式促进了 DOM、DEM、三维实景与 BIM 等多源数据的无缝集成,助力构建全要素智慧工地系统平台。

3) BIM+三维扫描技术

针对隧道主体实施全面的扫描作业,以精准采集点云数据信息。随后,在 RealWorks 软件内,将所得点云数据与 BIM 模型进行比对分析,以提取结构偏差数值,为质量复核提供数据支撑。

7 应用成果及效益分析

1) 通过优化场地布置和模拟施工流程,有助于提升场地利用率,优化施工工序,促使项目提前完工并移交,且将工人生活区的场地利用率提高 10%。

2) 设立渣土回收中心,实现渣土 100% 处理率,并将 20% 的渣土转化为可回收资源。

3) 该技术为铁路领域引入直观且高效的可视化手段,能够精确预判与管控项目进展,还为项目参与各方搭建信息化交互平台,增强信息传递效率、质量,促进各方面的协同合作与信息共享。

8 应用建议

1) 应构建铁路 BIM 数据管理体系,确保数据准确、完全、一致,并强化备份恢复机制以防丢失,提升铁路工程效益。

2) 铁路行业应与公路、桥梁、隧道及建筑等行业共研推广 BIM 技术,加速创新应用。

3) 结合物联网技术,实现铁路工程实时监控智能化管理,并能实时更新 BIM 模型。利用大数据挖掘数据信息,能够尽快发现潜在问题的发展趋势,为决策提供科学依据。

9 结语

BIM 与智慧工地及信息化系统的融合应用,显著增强项目的管理效能与品质。借助物联网、大数据、云计算等技术,BIM 正加速推进工程行业数字化转型与智能化升级,尽管在技术整合、数据安全及标准化领域,BIM 仍面临若干挑战,但随着技术革新与行业准则不断健全,BIM 将在未来的铁路建设中发挥重要作用。工程行业数字化变革,将持续为提升铁路项目执行效率、缩减成本开支、确保施工安全等方面注入强劲动力。业界应携手共建铁路 BIM 标准体系,以促进铁路领域 BIM 技术的广泛应用与发展。

参考文献:

- [1] 阮秋琦.“数字铁路”——21 世纪我国铁路现代化建设的战略目标[J]. 铁道学报, 2000, 22(3): 96-101.
RUAN Q Q. Digital railway—21st century strategy object of our country's railway on modernized construction[J]. Journal of the China railway society, 2000, 22(3): 96-101.
- [2] 刘为群. BIM 技术应用于数字铁路建设的实践与思考[J]. 铁道学报, 2019, 41(3): 97-101.
LIU W Q. Practice and thoughts on application of BIM to digital railway construction[J]. Journal of the China railway society, 2019, 41(3): 97-101.
- [3] AZHAR S, KHALFAN M, MAQSOOD T. Building information modelling (BIM): Now and beyond[J]. Construction economics and building, 2015, 12(4): 15-28.

- [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.