

DOI: 10.7672/sjgs2025020008

BIM技术在沿海滩涂地区大型医院项目中的应用*

王涛¹,王战士¹,周浩¹,张文津^{1,2},王胜龙¹,高邦正³

(1. 中建八局浙江建设有限公司,浙江 杭州 311200; 2. 同济大学土木工程学院,上海 200092; 3. 浙江大学国际联合学院,浙江 海宁 314400)

[摘要] 岱山县第一人民医院为沿海滩涂地区大型医院,在施工中应用 BIM 技术推进施工优化、施工管理和智慧施工。建立全专业 BIM 模型,实现土方优化、管线沉降控制、边角支撑和集水坑优化、高支模空间解析及装配式机房深化等;借助 BIM 模型,助力施工工序交底、桩基施工管理和基坑自动化监测等精细化施工管理;基于 BIM 技术,实现塔式起重机动态监控、专业工程的数字模拟及倾斜摄影建模等数字化智慧施工。实践表明,BIM 技术有助于提高沿海滩涂地区大型医院施工管理水平和建造质量。

[关键词] 医院;沿海滩涂地区;建筑信息模型;施工优化;模拟;智慧施工

[中图分类号] TU17

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2025)02-0008-07

Application of BIM in the Construction of Large Hospital Projects in Coastal Beach Areas

WANG Tao¹, WANG Zhanshi¹, ZHOU Hao¹, ZHANG Wenjin^{1,2},
WANG Shenglong¹, GAO Bangzheng³

(1. Zhejiang Construction Co., Ltd. of China Construction Eighth Engineering Division, Hangzhou, Zhejiang 311200, China; 2. College of Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China; 3. International Campus, Zhejiang University, Haining, Zhejiang 314400, China)

Abstract: Daishan County First People's Hospital is a large hospital in coastal beach areas. BIM technology is applied in construction to promote construction optimization, construction management and intelligent construction. A professional BIM model is established to realize earthwork optimization, pipeline settlement control, corner support and sump optimization, high formwork space analysis and prefabricated room deepening. With the help of BIM model, fine construction management such as construction process disclosure, pile foundation construction management and automatic monitoring of foundation excavation is assisted. Based on BIM technology, digital intelligent construction such as dynamic monitoring of tower crane, digital simulation of professional engineering and oblique photography modeling is realized. Practice shows that BIM technology is helpful to improve the construction management level and construction quality of large hospitals in coastal beach areas.

Keywords: hospitals; coastal beach area; building information modeling (BIM); construction optimization; simulation; intelligent construction

0 引言

随着人民生活水平提高,大型医院建设需求日益增长。在大型医院施工阶段,需对“人机料法环”的各环节进行精细化管理,高效利用资源,实现降本增效的目标^[1]。建筑信息模型 (building

information modeling, BIM) 通过推进建造过程可视化和项目管理信息化,打破协同各方面的“数据孤岛”,实现各参建方数据共享和协同工作^[1],对推进大型医院工程高品质建造具有积极意义。

沿海滩涂地区大型医院在建造过程中面临特殊地质条件与复杂施工环境,岱山县第一人民医院项目通过 BIM 技术解决了淤泥质黏土层地质复杂、深基坑施工难度大、防渗漏要求高等技术难点,显

* 上海市 2024 年度“科技创新行动计划”启明星项目(24QB2707500)

[作者简介] 王涛,高级工程师,E-mail: zbj_wangtao@163.com

[收稿日期] 2024-09-01

著提高了项目施工管理水平和建造质量^[2-3]。

1 工程概况

岱山县第一人民医院项目(以下简称“浙岱一院项目”)位于浙江省舟山市岱山县。该项目建筑面积约 9.3 万 m², 门(急)诊综合楼为地下 1 层、地上 12 层, 门诊楼为地下 1 层、地上 4 层, 传染病楼为地下 1 层、地上 4 层。项目计划工期为 1 095 日历天, 预计于 2025 年竣工。项目效果如图 1 所示。



图 1 项目效果

Fig. 1 Effect of the project

项目施工难点如下。

1) 项目所在地为沿海滩涂地质条件(见图 2), 淤泥质黏土层较厚, 流塑性大, 灌注混凝土前会产生缩径。持力层起伏变化大, 单轴抗压强度高, 成桩困难。基坑开挖深度为 4.75~6.45m, 开挖范围内多为淤泥质粉质黏土, 基坑设计无降水措施, 施工难度大^[2-3]。

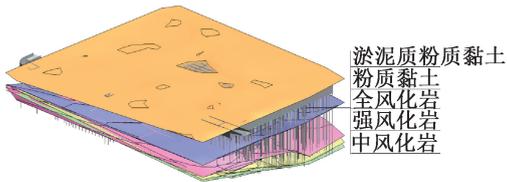


图 2 地质剖面

Fig. 2 Geological profile

2) 门诊楼模板支架搭设高度 > 16.3m(见图 3), 部分楼板厚度达 350mm, 属于高大模板施工。结构局部荷载较大, 综合楼部分梁构件集中线荷载 > 20kN/m, 部分施工面荷载 > 15kN/m², 需进行专项施工验算^[4]。

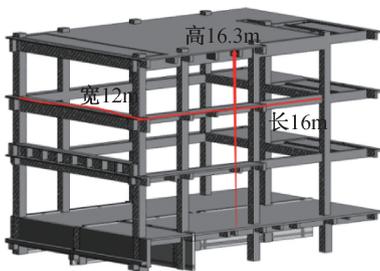


图 3 高大模板尺寸示意

Fig. 3 Size of high formwork

3) 精装分部分项工程多, 施工工艺复杂, 构件精致细腻。为保证施工效果能满足设计要求, 必须进行三维可视化交底和多专业协同配合, 精准呈现施工效果, 以提高施工效率, 避免返工和浪费。

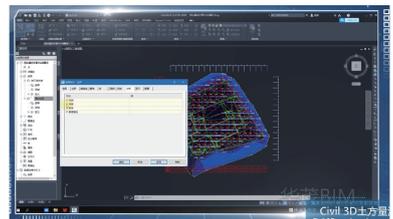
4) 大型综合医院机电系统复杂、管线密集, 人防区、辐射屏蔽区等特殊区域对管线预埋要求较高, 施工难度大。屋顶直升机停机坪承受荷载大, 梁跨度大, 板厚度大, 施工验收要求精度高, 且顶层顶部施工难度大, 安全风险高^[5]。

2 施工优化的 BIM 应用

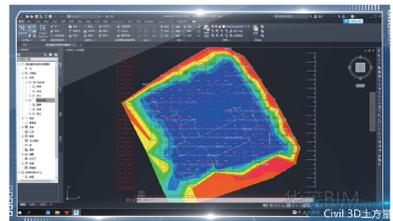
施工图设计模型精度为 LOD300, 深化设计模型精度为 LOD350^[6]。BIM 模型包含地质勘测模型、土建模型、钢结构模型与机电模型。基于 BIM 模型开展图审, 解决传统二维图纸会审耗时长、效率低等问题。BIM 图审更易发现专业间冲突, 可快速定位模型位置, 共发现 224 处碰撞。参会各方围绕争论焦点开展高效沟通, 当场验证方案可行性。实践证明, BIM 图审可提高沟通效率, 缩短会审时间, 形成详细记录。

2.1 土方优化

通过 Civil 3D 软件计算土方工程量(见图 4), 以土方运输量或运输成本最低为约束条件, 确定填、挖区土方调配方向和数量, 充分利用移挖作填, 减少废方和借方, 使挖方和填方基本达到平衡, 从而实现缩短工期和提高经济效益的目标^[7]。



a 土方量测算



b 场地分区设计

图 4 土方量测算与场地分区设计

Fig. 4 Earthwork quantity calculation and site partition design

2.2 海相软土条件下市政管线沉降控制

海相软土后期沉降较显著, 对市政管网的正常使用产生不利影响。利用基坑周边护坡桩铺设主要管线, 门(急)诊综合楼、传染病楼与主配电室间的管网经由地下管廊铺设。借助 BIM 技术模拟市

政管网敷设(见图 5),以可视化手段优化沉降区域不利管线布置,同步建立精准的立体数字化外部管网监测系统,减小场地沉降影响^[7]。

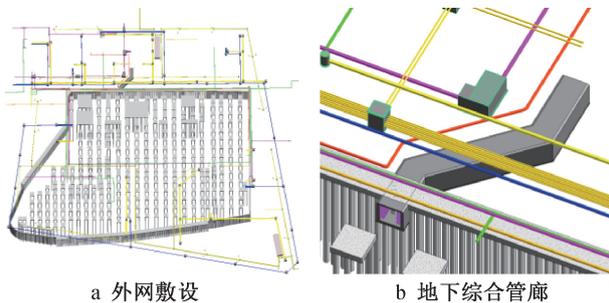


图 5 管线沉降控制

Fig. 5 Control of pipeline settlement

2.3 边角支撑优化

基坑围护采用单排钻孔灌注桩+双排桩+4 个边角支撑形式,造价高。基于 BIM 技术建立边角支撑三维模型,与有限元模型关联,采用分级放坡,减小基坑支撑深度,从而降低支撑承载力的设计需求,减小边角支撑长度,减少构件数量,如图 6 所示。同时,基坑局部采用双轴搅拌桩加固,确保安全。经综合测算,缩短工期 26d^[8]。

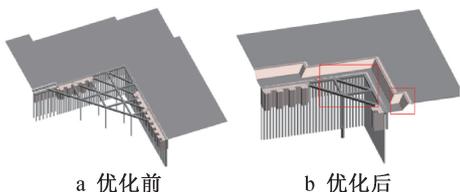


图 6 边角支撑优化

Fig. 6 Optimization of corner support

2.4 集水坑优化

项目桩基与集水坑较多,多数桩基位于集水坑或电梯井放坡斜面或坑底边缘,属于受力薄弱位置,施工不当可能削弱基础承载力,引发安全隐患。基于 BIM 技术完成集水井设计优化,将 60°放坡改为 90°放坡,将全部桩布置于坑底,并制作全过程交底文件,如图 7 所示^[9]。

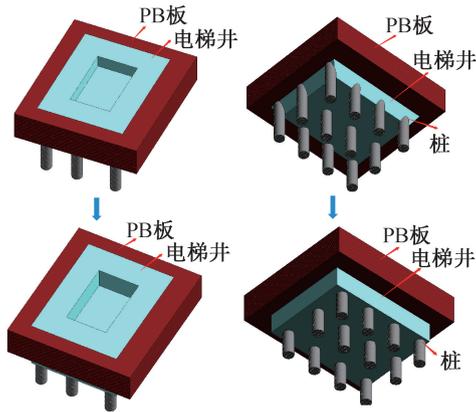


图 7 集水坑优化

Fig. 7 Catch pit optimization

2.5 基于 BIM 的高支模空间排布

基于 BIM 技术建立门诊楼高支模空间模型,通过演绎架体实际排布方式,对特殊部位布置方式进行三维分解、剖析与重构,规避了不合理的架体布置,并生成三维技术交底文件,确保高模板高效施工,如图 8 所示。

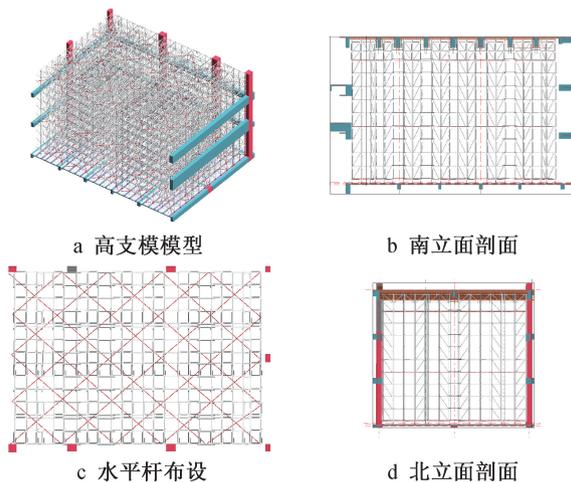


图 8 高支模空间排布

Fig. 8 Spatial arrangement of high support formwork

2.6 支吊架数字化辅助设计

采用 HiBIM 机电软件创建支吊架辅助模型,并进行空间排布(见图 9)。不仅可完成综合支吊架体

系优化,确保净空高度最优,还可基于一键式受力分析功能,确保设计安全可靠。同时,在各管线综合节点处进行支吊架深化设计,根据不同管道类型选择最优适配的支架类型,确保满足管线安装要求。根据设计结果,形成支吊架编号并出图。

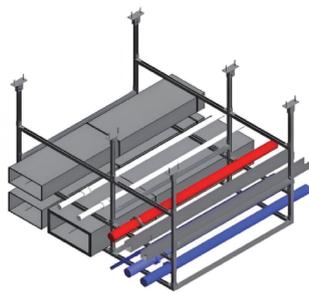


图 9 支吊架空间排布

Fig. 9 Spatial arrangement of supports and hangers

2.7 装饰方案数字化优化

在 BIM 设计阶段,核实厂家提供的装饰材料真

实材质。渲染护士站、医疗街、诊室、图书馆等制作方案,评审材质、灯光及施工问题,最终确定最佳方案,如图 10 所示。经建设单位申报确认后,提取装饰工程量,作为商务招标依据,优化装饰方案。



图 10 装饰方案数字化优化

Fig. 10 Digital optimization of decoration scheme

2.8 砌体高效深化设计

基于优化后的机电模型,对砌体进行深化,优化定位出图。根据方案及规范具体要求,使用插件快速在模型内进行构造柱、圈梁、过梁等的生成与布置。最后结合机电模型,通过快速排砖插件进行砌体结构 BIM 出图,生成构造柱、圈梁等定位图,并在施工前进行相关技术交底,如图 11 所示。

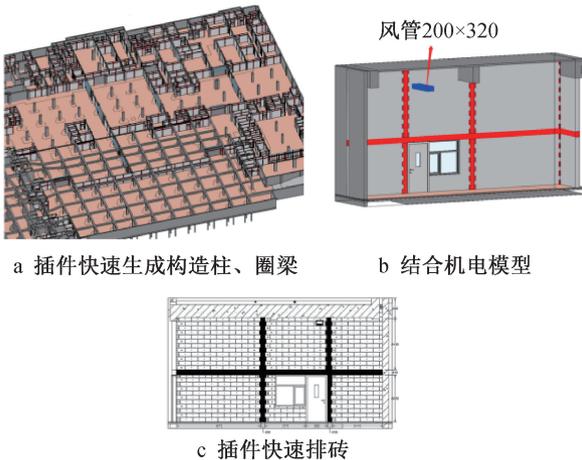


图 11 砌体高效深化设计

Fig. 11 Efficient detailed design of masonry

2.9 钢结构节点深化设计

基于 BIM 技术对钢结构节点进行深化设计。通过对钢结构模型进行精细化建模,核对钢结构与土建结构位置匹配情况,并对节点连接形式、焊缝尺寸等进行详细设计,确保节点安全、可靠。深化钢结构节点,出据深化图纸,为钢结构厂的下料和加工提供准确依据,如图 12 所示。

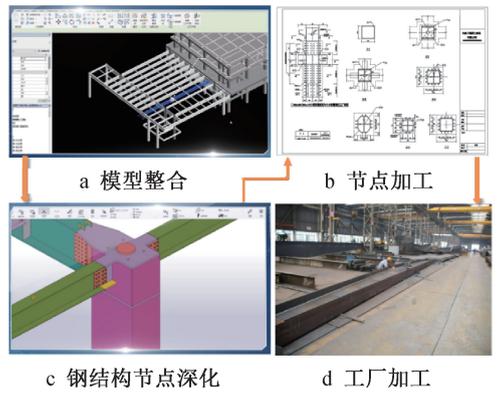


图 12 钢结构节点深化设计

Fig. 12 Detailed design of steel structure joints

3 施工管理的 BIM 应用

3.1 施工工序交底

采用 Navisworks 软件进行项目施工工序交底。通过 4D 动态演示完成工序模拟,并将原文字表达的进度计划文件以动态时变工序形式呈现。运用数字滑轨移动屏、VR 技术等外接设备,实现三维可视化动画展示,如图 13 所示,便于现场工作人员理解与沟通,显著提高了施工交底效率与成效。

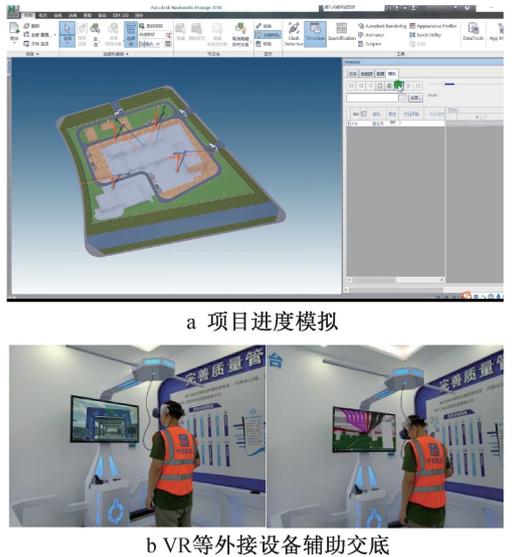


图 13 BIM 辅助交底

Fig. 13 Auxiliary disclosure based on BIM

3.2 桩基施工精细化管理

按设计要求,灌注桩应入岩 2m,但局部位置坡度大(最大 62.35°),强风化岩紧贴持力层,局部土层较厚(最大 3.1m),难以准确判别灌注桩是否满足目标入岩深度,且成桩质量难以控制。此外,项目所处位置含淤泥质粉质黏土层,流塑性强,桩基施工需采用全钢护筒护壁^[10]。桩基施工的精细化管理管控如图 14 所示。为解决这些问题,基于 BIM 技

术采取如下技术措施。

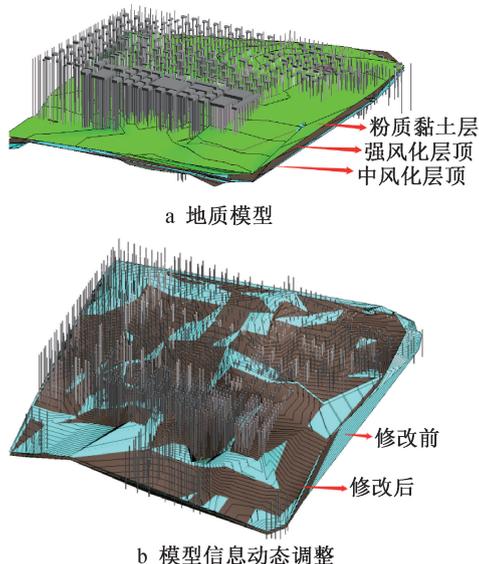


图 14 桩基施工的精细化管控

Fig. 14 Fine management of pile foundation construction

1) 基于 BIM 技术建立地质模型。根据地质勘探资料,关联施工桩长信息。按先深后浅、先中间后两边原则,合理设计打桩顺序及施工方法。同时,根据 BIM 模型计算护筒长度,避免塌孔。

2) 桩编号与数据提取。采用 Dynamo 对每根灌注桩编号,方便定位与查找^[10]。将桩长、钢筋笼数量、混凝土工程量等信息与桩基模型关联,便于物资与进度管理。

3) 模型信息的动态调整。针对已施工完成、偏差较大的桩基,采集其桩长、入岩深度等数据,参数化录入 BIM 模型,同步修正场地地质模型,并实时调整未施工灌注桩关联信息,确保精准、高效施工。

3.3 基坑自动化监测

部署基坑自动化监测平台(见图 15),结合 BIM 模型,可实时上传终端物理数据。

监测平台可对管线垂直位移、管线水平位移、地表垂直位移、围墙顶部位移、立柱垂直位移、支撑轴力、坑外水位、围护墙体深层侧向位移等指标进行实时监测,并根据规范限值设置预警阈值,同步



图 15 自动化基坑监测

Fig. 15 Automated foundation excavation monitoring

输出可视化监测报表^[11]。

3.4 场布精细化管控

由于项目体量大、分包多、施工工期紧,且多栋单体同时施工协调难度大,采用 Lumion 软件助力场布精细化管控。为减少各分包工程施工间的影响,以①轴为分界,每个分包工程各自拥有独立入口,以降低施工协调难度,并辅助实施观摩路线规划,如图 16 所示。

4 基于 BIM 的智慧施工

4.1 塔式起重机智慧施工

基于塔式起重机 BIM 模型,进行可视化精确定位。为尽可能减少塔式起重机对地下室回填施工进度影响,基坑内、外部分别布置 2 台塔式起重机。借助 BIM 模型反复推敲塔式起重机位置。

将 BIM 模型与塔式起重机监控平台关联,实时监控塔式起重机工作情况(见图 17),完整保存报警次数、违章次数、碰撞预警、能耗分析等信息,并以可视化工具显示^[12]。一旦出现异常情况,系统自动向项目塔式起重机管理人员发出预警信息,并采取紧急制动措施,确保塔式起重机安全工作。

4.2 专业工程的数字模拟

针对 CT 室、病房间、检查室、牙科诊室等专业工程,采用 BIM 技术进行电气、送风管线的碰撞模拟和排布设计^[12]。同时,将建筑内部空间信息与专业有限元分析软件关联,完成送风模拟、能耗分析、光照分析和多相扩散模拟,保证建造效果达到设计预期,满足实际使用要求。专业工程的数字模拟如

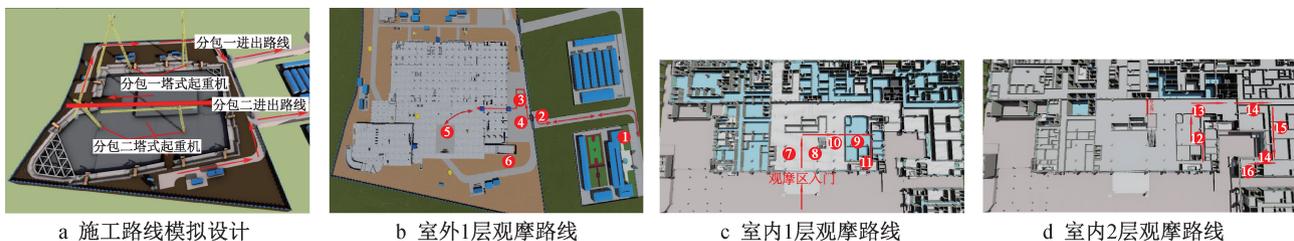
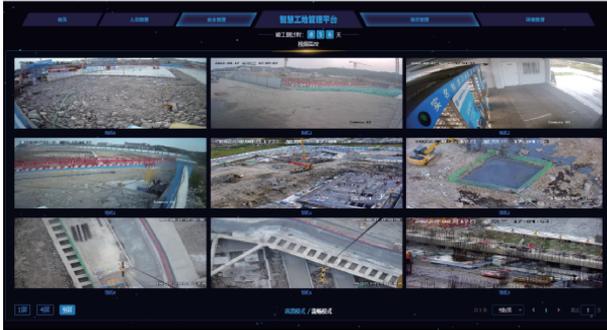


图 16 场布精细化管控

Fig. 16 Fine management of site layout



a 基于BIM的塔式起重机可视化看板

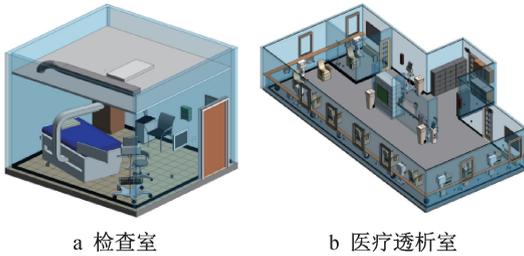


b 塔式起重机工作状态的视频实时监控

图 17 塔式起重机动态监控

Fig. 17 Dynamic monitoring of tower crane

图 18 所示。



a 检查室 b 医疗透析室

图 18 专业工程的数字模拟

Fig. 18 Digital simulation of professional engineering

4.3 基于 BIM 的倾斜摄影建模

使用无人机航拍, 建立施工场地倾斜摄影模型, 与场布和主体结构 BIM 模型整合 (见图 19), 即



图 19 基于 BIM 的倾斜摄影建模

Fig. 19 Oblique photography modeling based on BIM

可动态展示工程实际施工进度。

该方法相比于平面进度计划, 具有可视化好的优势; 相比于传统 BIM 建模, 提高了航拍模型生成速度, 与现场更吻合, 模型精度更高, 渲染质感更好。此外, 倾斜摄影建模可进一步模拟施工现场对环境的影响, 并与市政平面、管线排布、交通规划等信息挂接。

4.4 智慧工地管理系统

本系统综合运用 BIM 等数字化技术, 对施工现场“人机料法环”等关键要素做到全面感知和实时互联, 实现实时把控、精准决策的功能。该系统具有以下功能。

1) 劳务实名制管理 (见图 20)。在施工现场入口设置劳务实名制闸机, 并与数字项目管理平台链接, 采集各工种劳动力投入、考勤数据, 实时反馈汇总在平台。领导层根据各工种投入数量和进度计划进行对比分析, 结合施工进度计划制订劳动力投入管控方案, 减少窝工及因劳动力投入不及时而导致延期。



图 20 劳务实名制管理

Fig. 20 Labor real-name system management

2) AI 电梯监控 (见图 21)。采用自主研发的 AI 安全盒, 可实现楼层门敞开警报、人数超载警报、未

佩戴安全帽警报功能。该电梯通过视觉目标检测算法判断施工电梯内人员不安全行为,无须为楼层门增设电子通信锁。该技术为数字化施工带来更大便利,也解决了传统安全监控方式只能识别超载而不能识别超员的问题。

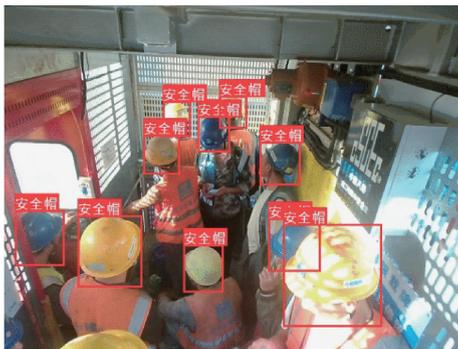


图 21 AI 电梯监控

Fig. 21 AI elevator monitoring

5 结语

岱山县第一人民医院为沿海滩涂地区大型医院,在施工阶段面临淤泥质黏土层地质复杂、深基坑施工难度大、防渗漏要求高等技术难点。采用 BIM 技术助力施工优化和精细管理,结论如下。

1) 建立全专业 BIM 模型,包括地质模型、土建模型、钢结构模型与机电模型等,精确实现了土方优化、海相软土条件下市政管线沉降控制、边角支撑和集水坑优化、高大支模空间解析及装配式机房深化等,BIM 技术在施工现场发挥了重要的辅助作用。

2) 借助 BIM 模型,实现了施工工序交底、基坑自动化监测和桩基施工等精细化施工管理,提高了施工管理效率和质量。

3) 基于 BIM 技术,实现了塔式起重机动态监控、专业工程的数字模拟及倾斜摄影建模等数字化智慧施工,为工程安全保驾护航。

参考文献:

[1] 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 construction engineering[J]. Journal of Tongji University (natural science), 2024, 52(7): 1068-1078.

[2] 吴宏伟. 沿海地下支护结构施工总结[J]. 工业建筑, 2011, 41(S1):858-861.

WU H W. Construction summary of coastal underground supporting structure [J]. Industrial construction, 2011,41(S1): 858-861.

[3] 王强. 沿海滩涂地区深基坑支护技术[J]. 施工技术, 2010, 39(5):47-49,55.

WANG Q. Support technology of deep foundation excavation in coastal beach area [J]. Construction technology, 2010, 39(5): 47-49,55.

[4] 梅源,胡长明,周正永,等. 高大模板支撑体系在结构施工期内所受荷载统计分析[J]. 工业建筑, 2010, 40(2):42-46.

MEI Y, HU C M, ZHOU Z Y, et al. Statistical analysis of loads on tall formwork support system during construction [J]. Industrial construction, 2010,40(2):42-46.

[5] 李文彭,王力尚,董向伟,等. 谢赫哈利法特护医院停机坪设计与施工[J]. 施工技术, 2013, 42(6):109-111.

LI W P, WANG L S, DONG X W, et al. Design and construction of apron in Sheikh Khalifa Special Care Hospital [J]. Construction technology, 2013, 42(6): 109-111.

[6] 郭瑞华,范祥,刘渊博. 基于 BIM 5D 和 4BS 责任矩阵体系的施工成本管理研究[J]. 建筑经济, 2022, 43(S1):1009-1015.

GUO R H, FAN X, LIU Y B. Research on construction cost management based on BIM 5D and 4BS responsibility matrix system [J]. Building economics, 2022,43(S1): 1009-1015.

[7] 初士立,夏绵丽,封明明,等. 基于 BIM 技术的岩土工程三维地质模型创建方法研究[J]. 隧道建设(中英文), 2019, 39(S1):152-157.

CHU S L, XIA M L, FENG M M, et al. Research on the method of creating three-dimensional geological model of geotechnical engineering based on BIM technology [J]. Tunnel construction, 2019,39(S1): 152-157.

[8] 邓尧. 海相软土卸荷力学特性研究及其基坑开挖数值模拟[D]. 重庆:重庆大学, 2017.

DENG Y. Study on unloading mechanical properties of marine soft soil and numerical simulation of foundation excavation [D]. Chongqing; Chongqing University, 2017.

[9] 尹虹源,何聪,邓运坛. 基于海岛软土地基的地基加固方案比选[J]. 建筑技术, 2022, 53(12): 1636-1637.

YIN H Y, HE C, DENG Y T. Comparison and selection of foundation reinforcement schemes based on island soft soil foundation [J]. Architecture technology, 2022, 53(12): 1636-1637.

[10] 丁以喜. 穿过淤泥质粉质粘土层的灌注桩和箱形复合基础关键技术[J]. 建筑技术, 2011, 42(8):731-732.

DING Y X. Key technology of cast-in-place pile and box composite foundation through silty clay layer [J]. Architecture technology, 2011, 42(8): 731-732.

[11] 张志慧. 基于 BIM 的深基坑施工安全风险智能识别研究[D]. 徐州:中国矿业大学, 2020.

ZHANG Z H. Research on intelligent identification of safety risk in deep foundation pit construction based on BIM [D]. Xuzhou: China University of Mining and Technology, 2020.

[12] 汪洋,张云鹏,王同刚,等. BIM 技术在临建工程标准化建造中的应用[J]. 建筑结构, 2023, 53(S1):2375-2380.

WANG Y, ZHANG Y P, WANG T G, et al. Application of BIM technology in standardized construction of temporary construction projects [J]. Building structure, 2023,53(S1): 2375-2380.