

DOI: 10.7672/sgjs2026100043

# 基于 BIM 技术的地铁车站装配式施工关键技术研究\*

王磊,唐廷耀,韩伟,李梓陌,刘奕泽

(中国水利水电第七工程局有限公司,四川 成都 610213)

**[摘要]** 通过解析装配式隔墙、综合管线、消防泵房及冷水机房的结构特征、安装工艺与技术优势,明晰各系统在地铁车站场景的适配逻辑,研究 BIM 技术在地铁车站装配式施工中的深度应用。依托超地下空间地铁车站前海站,系统阐述各装配式系统的 BIM 应用实践,包括基于 BIM 的模块参数化拆分、预制及安装全流程协同管控,运输吊装工况的模拟仿真优化。研究表明,BIM 技术驱动下的装配式施工,在保障工程质量基准上,工期缩短 25%、现场用工量削减 40%,显著提升绿色建造效能。

**[关键词]** 装配式;地铁车站;建筑信息模型;综合管线;施工技术

**[中图分类号]** TU758

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 2097-0897(2026)10-0043-08

## Research on Key Technologies of Assembly Construction of Subway Station Based on BIM Technology

WANG Lei, TANG Tingyao, HAN Wei, LI Zimo, LIU Yize

(China Water Resources and Hydropower Seventh Engineering Bureau Co., Ltd., Chengdu, Sichuan 610213, China)

**Abstract:** By analyzing the structural characteristics, installation process and technical advantages of the prefabricated partition wall, integrated pipeline, fire pump room and cold water room, the adaptation logic of each system in the subway station scene is clarified, and the deep application of BIM technology in the prefabricated construction of subway station is studied. Based on the Qianhai Station of the ultra-high underground space subway station, the BIM application practice of each prefabricated system is systematically expounded, including BIM-based modular parametric separation, prefabrication and installation of the whole process of collaborative management and control, and simulation optimization of transportation and hoisting conditions. The research shows that the prefabricated construction driven by BIM technology shortens the construction period by 25% and reduces the on-site labor by 40% on the basis of ensuring the quality of the project, which significantly improves the efficiency of green construction.

**Keywords:** prefabricated; subway stations; building information modeling (BIM); integrated pipeline; construction

### 0 引言

在绿色环保、节能降耗理念的推行下,装配式建筑快速发展,逐步成为建筑施工领域的主流模式。其凭借质量可靠、建设速度快、安全系数高、绿色环保等优势,助力提升城际铁路项目整体质量水平。地铁车站作为地下城市轨道交通枢纽,承担连接地面与地下客运的关键角色<sup>[1]</sup>。目前,针对装配式地铁车站结构工业化建造技术的应用与研究持

续推进,推动装配式地铁车站进入全新发展阶段,为轨道交通工程高效、绿色建筑提供新路径<sup>[2]</sup>。

刘芬<sup>[3]</sup>系统阐释了 BIM 技术在装配式地铁车站土建、机电及装修深化设计环节的应用路径,通过三维协同设计与信息集成管理,实现了设计流程与成果的优化;李鹏等<sup>[4]</sup>从标准及管理体系构建、BIM 技术落地、GIS+BIM 建设管理平台实践 3 个维度,研究 BIM 技术在城际轨道交通工程的应用;张乾锋等<sup>[5]</sup>围绕数字标准化设计、装配模块工厂化生产及装配式施工全流程,深入剖析 BIM 与装配式施工技术在地铁冷水机房的应用,验证技术融合价

\* 陕西省重点研发计划(2020SF-373)

[作者简介] 王磊,高级工程师,E-mail:819302141@qq.com

[收稿日期] 2025-11-10

值;范军<sup>[6]</sup>聚焦预制装配式地铁车站施工技术,梳理设计与施工流程,助力施工精准实施;刘豪等<sup>[7]</sup>结合青岛地铁建设地域特性,开展适配性预制装配式车站方案研究,探索差异化技术路线;毕烁烁等<sup>[8]</sup>针对我国装配式地铁车站施工面临的多元挑战,提出应对策略。

在装配式建筑推动轨道交通工程绿色建造的发展趋势下,BIM 技术深度融入地铁车站装配式施工环节。地铁车站施工中,BIM 技术已在装配式隔墙、综合管线等分项中应用,但 BIM 全流程协同应用的完整案例较少。因此,本文依托深圳市穗莞深城际轨道交通前海站,聚焦 BIM 技术在车站装配式施工中的深度应用,结合车站空间结构、施工技术及现场条件,针对装配式隔墙、装配式综合管线、装配式消防泵房、装配式冷水机房 4 大核心分项,开展 BIM 的全流程应用研究。通过剖析 BIM 在设计深化、预制加工、现场装配等阶段的技术价值,探究超高地下空间装配式施工的 BIM 协同路径,旨在为类似地下车站工程提供技术参考,提升装配式施工质量与效率,推动轨道交通工程绿色建造技术升级。

## 1 工程概况

### 1.1 项目概况

前海站为穗莞深城际铁路机场至前海段的第 3 站,为地下 4 层岛式站台结构,其中地下 1 层为交通大厅层、地下 2 层为换乘大厅层,地下 3 层为站厅层,地下 4 层为站台层。车站结构长 717m,标准段宽 28m,建筑面积 9.5 万 m<sup>2</sup>。前海站模型如图 1 所示。

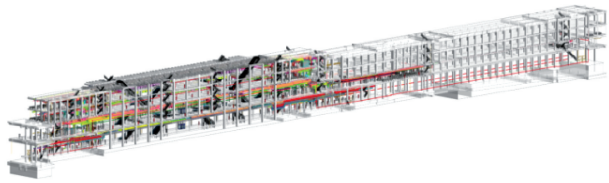


图 1 前海站三维模型

Fig. 1 Three-dimensional model of Qianhai Station

机前Ⅱ标机电设备二工区施工内容主要包括车站和区间的常规设备安装和建筑工程、隔墙砌筑及防火门窗、综合接出入口、风亭地面建筑及相应收边收口工作。这是装配式隔墙首次应用于深圳轨道交通项目,安装装修工程主要包括 2.6 万 m<sup>2</sup> 隔墙、4.2 万 m<sup>2</sup> 风管、2.7 万 m 水管和 1.8 万 m<sup>2</sup> 设备区、2.7 万 m<sup>2</sup> 公共区装修。

### 1.2 装配式建筑在车站中的应用

前海站装配式结构空间分布如图 2 所示,包括装配式隔墙、装配式综合管线、装配式消防泵房、装

配式冷水机房。

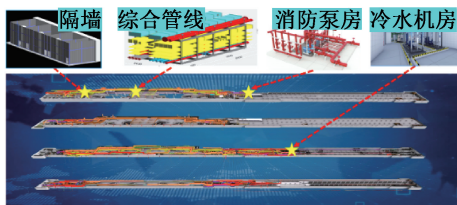


图 2 前海站装配式结构空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of prefabricated structure of Qianhai Station

#### 1.2.1 装配式隔墙

1) 结构组成:通常由预制墙板、连接件及配套的密封材料等组成。墙板有轻质混凝土墙板、复合墙板等多种类型,具备一定的强度和稳定性,以满足分隔空间的需求。

2) 安装方式:在工厂将墙板按设计尺寸和规格预制好后,运输到施工现场;施工时,利用专业的连接件快速组装墙板,无需进行大量的砌筑和抹灰工作。这种安装方式大大减少了现场湿作业,提高了施工效率,且能保证隔墙的安装精度和质量稳定性。

3) 优点:具有质量小、隔声效果好、防火性能佳等优点,可有效减小建筑结构荷载,同时满足车站不同区域对于隔声、防火的要求,为乘客和工作人员营造一个相对安静、安全的环境。此外,装配式隔墙还具备可拆改的特性,车站后期需调整空间布局时,能方便地进行拆卸和重新组装。

#### 1.2.2 装配式综合管线

1) 结构组成:包括各类用于输送水、电、气等介质的管道及配套的支吊架、连接件等。这些管线和部件均在工厂经过精确设计和预制,形成标准化模块。

2) 安装方式:按预先设计好的布局方案,在施工现场快速拼接和安装各预制管线模块。通过采用标准化的接口和连接件,确保管线连接的牢固性和密封性,减少现场施工过程中因焊接、组装等操作不当导致的渗漏、松动等问题。

3) 优点:工厂预制能提高管线的加工精度,保证管线系统的整体质量和性能;装配式综合管线安装速度快,能缩短车站建设周期,减少对周边环境的影响。此外,标准化模块设计也便于后期的维护和检修,一旦某个部分出现问题,可快速定位并更换相应的模块。

#### 1.2.3 装配式消防泵房

1) 结构组成:主要由预制的泵房结构体、消防水泵、管道阀门、控制系统等部分组成。泵房结构

体通常采用钢结构或钢筋混凝土结构,在工厂预制完成后运输到现场。消防水泵、管道阀门等设备则在工厂进行预装和调试,形成一个完整的消防泵房模块。

2)安装方式:到达施工现场后,先将预制泵房结构体进行就位安装,然后再连接和固定预调好的消防设备模块。通过快速的螺栓连接、管道对接等方式,能在较短时间内完成消防泵房的安装工作。

3)优点:具有安装便捷、可靠性高的优点。工厂预制和预调过程能严格把控消防泵房的质量,确保设备的性能和运行稳定性。同时,装配式消防泵房能适应不同车站的场地条件和消防需求,快速响应车站建设的进度要求,为车站的消防安全提供坚实保障。

1.2.4 装配式冷水机房

1)结构组成:包括预制的机房围护结构及冷水机组、冷却塔、水泵、管道阀门等制冷设备和配套部件。这些组件在工厂进行优化设计和预制加工,形成一个高度集成的冷水机房模块。

2)安装方式:在施工现场,先搭建好预制的机房围护结构,然后将各预制的制冷设备模块进行吊装和连接。通过精确的定位和可靠的连接方式,实现冷水机房的快速组装和调试运行。

3)优点:通过先行推进的建模及二次深化设计,提前在工厂集中预制管道,合理压缩了现场工序及占用空间,发挥了装配式施工的工效优势<sup>[9-10]</sup>。同时,工厂预制能保证设备安装的精度和质量,提高冷水机房的制冷效率和运行稳定性。此外,装配式冷水机房还便于后期的设备升级和维护,降低了运营成本。

上述装配式系统从结构组成到安装应用,表现出工厂化生产、装配化施工的显著优势,为车站绿色高效建造提供了基础支撑。但预制与现场施工的衔接效率,仍需更先进技术赋能,由此,下文聚焦 BIM 技术,深入探究其如何深度融入装配式车站施工,破解多系统协同与精细化建造难题,推动装配式车站建设向更高水平迈进。

2 装配式车站中 BIM 技术的深度应用

2.1 装配式隔墙

2.1.1 基于 BIM 的隔墙模块拆分设计

ALC 墙板作为装配式隔墙材料,具备定制化加工特性,能依据车站不同区域的空间尺寸参数,精准进行预制生产,可良好适配车站内部多样化的空间分隔功能需求,实现空间的高效、灵活划分。

本项目通过系统且精细化的设计流程,针对前

海站装配式隔墙体系,综合车站各楼层空间尺度、结构荷载及功能需求等因素,对隔墙模块化拆分、构件参数进行精准设定,最终形成装配式隔墙概况如表 1 所示。

表 1 装配式隔墙概况

| Table 1 Prefabricated partition wall profile |      |         |          |
|----------------------------------------------|------|---------|----------|
| 部位                                           | 层高/m | 隔墙板高度/m | 单块板质量/kg |
| 地下 1 层                                       | 5.5  | 5.2     | 390      |
| 地下 2 层                                       | 5.5  | 5.2     | 390      |
| 地下 3 层①~⑩轴                                   | 9.0  | 5.2/3.2 | 390/120  |
| 地下 3 层⑩~⑰轴                                   | 5.5  | 5.2     | 390      |
| 地下 4 层                                       | 8.3  | 5.2/2.5 | 390/94   |

由表 1 可知,地下 3 层高度达 9m,远超常规地铁车站隔墙安装高度,为装配式 ALC 隔墙施工带来多重挑战。因此,该项目需解决超高空间墙板吊运、墙板运输及设计等关键问题。

基于车站空间功能需求,运用 BIM 技术对装配式隔墙进行精准模块拆分。结合运输车辆尺寸、起重机最大起重量,将隔墙拆分为标准化预制墙板,如表 2 所示。

表 2 ALC 墙板各标准规格

| Table 2 ALC wallboard standard specification |     |     |       | mm |
|----------------------------------------------|-----|-----|-------|----|
| 墙板类型                                         | 板厚  | 板宽  | 生产长度  |    |
| ALC 墙板                                       | 50  | 600 | 1 400 |    |
|                                              | 75  | 600 | 3 000 |    |
|                                              | 100 | 600 | 4 000 |    |
|                                              | 125 | 600 | 5 000 |    |
|                                              | 150 | 600 | 6 000 |    |
|                                              | 175 | 600 | 6 000 |    |
|                                              | 200 | 600 | 6 000 |    |
|                                              | 250 | 600 | 6 000 |    |

经过前期检验,本项目采用的 ALC 墙板强度等级为 A5.0、干密度等级为 B06,本工程使用最大尺寸为 5.2m×0.6m×0.2m 的 ALC 墙板,单块重 390kg,其抗压强度、干密度、干燥收缩值、导热系数等性能参数均满足相关技术标准及本项目设计要求。

进一步借助 BIM 技术对隔墙进行数字化建模设计,如图 3 所示。该模型精准还原了 ALC 隔墙与车站空间的协同关系,助力进一步验证墙板应用的合理性,为施工提供可视化指导。

2.1.2 BIM 建模深化设计

依托 BIM 技术开展建模深化设计,在 BIM 模型中精准定义墙板材质参数,在施工筹备阶段优化调整墙板安装方案。同时,借助 BIM 模型的参数化特性,对墙板的排版布局、拼接节点等进行精细化设计,确保墙板安装的准确性与合理性,减少现场施

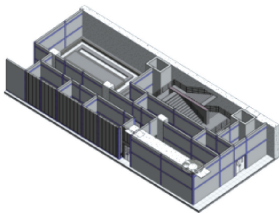


图 3 隔墙数字化建模设计

Fig. 3 Digital modeling design of partition wall

工中的返工现象,为 ALC 墙板在超高地下空间的顺利安装奠定坚实基础。

借助 BIM 技术构建三维可视化模型,对装配式构件运输路径开展尺寸校核工作。通过模拟构件在车站内部空间的运输过程,利用 BIM 模型精准检测路径中各空间尺寸与构件尺寸的适配性,提前识别可能存在的碰撞、卡滞风险,部分位置的 ALC 墙板在构件全部运输完成后再进行拼装,保障装配式构件运输环节的安全性与高效性。

2.1.3 现场拼装与 BIM 协同运维

1)管卡安装

墙板排版放线后,进行专用砂浆拌合及管卡安装,将管卡打入板上下端距板边 80mm 处,在板厚居中位置安装管卡,如图 4 所示。

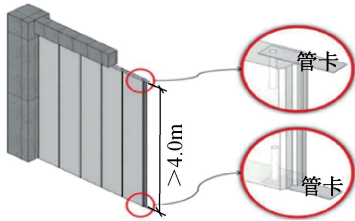


图 4 管卡安装

Fig. 4 Pipe card installation

2)隔墙连接方式

层高低于 6m 区域墙板上下端均采用管卡固定,墙板与后浇构造柱之间采用预埋  $\phi 10$  钢筋深入墙体 100mm 固定连接,墙板与现有结构面以  $\phi 10$  带钩膨胀螺栓固定连接。

层高高于 6m 区域墙板除圈梁以下墙板与圈梁连接位置固定方式不同以外,其余固定参考层高低于 6m 区域固定方式。圈梁与墙板采用管卡+ $\phi 10$  钢筋锚入墙板 150mm 固定连接。

3)墙板开洞、开槽及加固

为满足风管、桥架、消防水管等管线的布置,需在墙板上开洞、开槽施工。墙板安装完成,待专用砂浆强度满足要求后(14d)方可开孔。洞口宽度>300mm 时,依照规范、图集要求对孔洞四周加固,墙板开洞做法如图 5 所示。原则上不允许在墙面开

槽,避免开槽后导致墙板刚度削弱。须开槽敷设管线时应避开板缝位置,用管卡件将管线固定在墙上,深度不超过板厚的 1/3;采用耐碱玻纤网格布与专用砂浆进行补槽。环控机房等管线密集区域可调整为传统砌体。

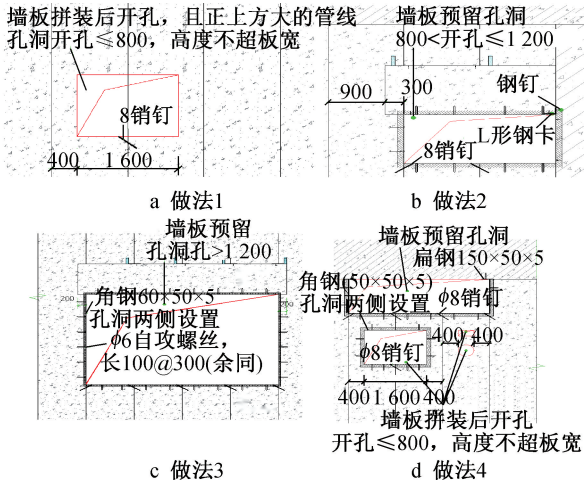


图 5 墙板开洞详图

Fig. 5 Details of wall openings

采用 BIM 技术进行 ALC 墙板施工模拟,如图 6 所示。施工人员通过智能设备查看 BIM 模型的施工动画指引,确保墙板垂直度 $\leq 4\text{mm}$ 、板缝垂直度 $\leq 4\text{mm}$ 、板缝水平度 $\leq 4\text{mm}$ 。利用 BIM 模型对 ALC 墙板安装流程进行模拟预演,明确每块墙板的吊装顺序、拼接点位及临时固定措施。提前在模型中规划吊具的适配方案,施工时依据模型指引,配合激光测距仪、垂直度检测尺,实时校验安装精度,保障墙板与车站主体结构、管线设备精准衔接,避免后期因装配误差产生返工。



图 6 ALC 墙板施工模拟

Fig. 6 Simulation of ALC wallboard construction

2.2 装配式综合管线

2.2.1 综合管线三维规划设计

构建以“集成化预制模块”为核心的装配式综合管线体系,其核心组成涵盖装配式支吊架、成品风管、成品桥架及成品水管,各组件协同实现管线系统的高效装配与功能集成。

1)装配式支吊架:基于工厂定制化生产模式,依据管线荷载特性与安装空间参数精准设计,配置

标准化连接接口,实现与主体结构及管线的快速适配连接,通过模数化、通用化设计,提升支吊架安装精度与施工效率,保障管线系统的力学稳定性。

2)成品风管、桥架与水管:成品风管选用镀锌钢板或复合功能材质,兼顾通风性能与耐久性;成品桥架、水管依托 BIM 技术深化尺寸参数,在工厂预制环节完成防腐、密封等预处理。通过精准的数字化预制,确保管线组件与车站空间、其他建筑构件的适配性,减少现场加工环节,推动管线安装向“即装即用”的工业化模式转变。

该设计模式通过三维空间规划,整合各专业管线布局,利用 BIM 技术模拟管线走向、交叉避让及安装时序,实现综合管线系统的集成化、精细化构建,为装配式车站机电系统高效施工与长期稳定运行奠定基础。

2.2.2 工厂预制及管线安装

前海站综合管线施工流程如图 7 所示。BIM 技术深度赋能于综合管线建造全流程,核心聚焦在综合管线 BIM 模型深化与运输安装模拟两大关键环节,构建数字化、精细化施工体系,管线施工部分由土建单位负责完成。

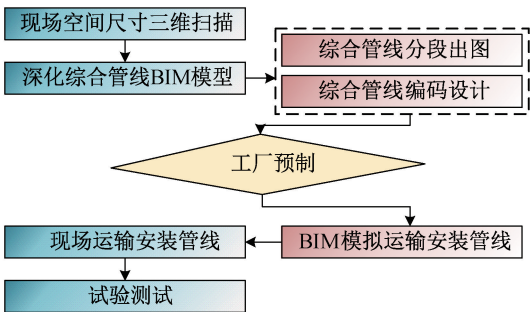


图 7 综合管线施工流程

Fig. 7 Comprehensive pipeline construction flow

1)深化综合管线 BIM 模型

依据车站空间与管线走向,将综合管线拆解为长度 $\leq 6\text{m}$ 的标准化预制段。通过参数化设计,精准定义各预制段几何尺寸、接口工艺,输出包含加工公差、安装基准线的深化图纸,通过参数化精准定义,实现设计与生产的标准化衔接,消除传统图纸传递的理解差异,为工厂预制筑牢“零偏差”执行基础,保障管线模块适配性。

为每个管线预制段赋予数字身份编码。编码关联材质性能、设计参数等全维度数据,构建覆盖生产加工、物流运输、现场安装及运营维护的多阶段数据贯通链路。该编码体系可支撑预制段从工厂出厂到车站最终安装定位的全流程溯源管理,通

过数据的实时调取与动态更新,为施工质量管控及后期运维提供精准数字化依据,筑牢装配式综合管线工程全生命周期管理的数字化基石。

2)运输与吊装协同

基于 BIM 三维模型,精准规划场外运输货车装车方案,对管段叠放层数进行优化计算,明确适配的构件固定方式,通过模拟运输工况,验证方案对管段变形的控制效果,从源头规避运输过程中因堆载不合理、固定失效导致的构件损伤。

依托智能物流体系,配置智能小车或叉车作为站内运输载体。如图 8a 所示,借助 BIM 模型规划最优运输路径,将管段精准投送至安装区域,定位误差控制在 $\pm 5\text{mm}$ 以内,实现运输阶段到安装阶段的坐标闭环管理。

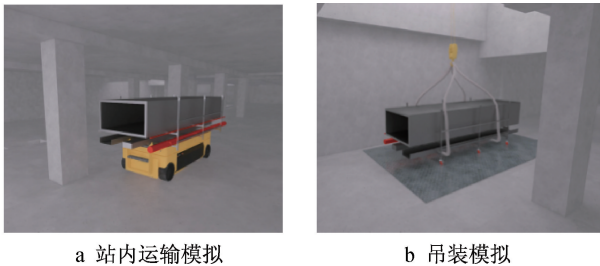


图 8 场内运输及吊装 BIM 模拟  
Fig. 8 BIM simulation of transportation and hoisting in the field

依据管段质量及空间条件,选用门式起重机、汽车式起重机或顶升机(额定荷载 $\geq 3\text{t}$ )进行垂直吊装。施工前,在 BIM 模型中完成吊装方案数字化预演(见图 8b),吊装过程中,利用 BIM 可视化终端实时显示吊装姿态,参照模型预演的对位关系,引导施工人员精准操作,保障管段垂直吊装就位偏差 $\leq 2\text{mm}$ ,为模块拼接精度提供硬性保障。

2.3 装配式消防泵房

1)泵房 BIM 三维规划

消防泵房三维设计剖面如图 9 所示。运用 BIM 技术对消防泵房进行三维规划,精准布局消防泵组、管道、阀门等设备设施。将装配式消防泵房划分为水泵组模块和管段模块。模拟不同工况下的运行状态,分析设备间距是否满足操作、维护空间要求,优化泵房空间利用与设备布置,确保消防功能可靠且便于后期运维。

2)模块化预制与精准安装

基于 BIM 规划成果,将消防泵房拆分为泵组模块、管道模块等预制单元。工厂预制过程中,通过 BIM 编码关联模块的性能参数、安装说明。现场安装时,利用 BIM 模型指导大型泵组的吊装对位,结

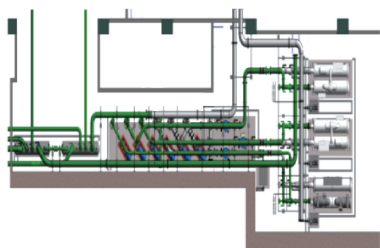


图 9 消防泵房三维设计剖面

Fig. 9 Three-dimensional design profile of fire pump room

合 BIM 和传感器技术,实时监测安装过程中的水平度、同轴度等参数,保障泵组安装精度,避免因设备安装偏差影响消防供水效能。安装效果如图 10 所示。



图 10 装配式消防泵房安装效果

Fig. 10 Installation effect of prefabricated fire pump room

消防泵房安装完成后,依托 BIM 模型开展系统联调。模拟火灾报警触发后的消防供水流程,检查管道压力变化、泵组启动响应时间等是否符合设计要求。通过 BIM 模型追溯联调中发现的问题,快速定位故障点,指导维修整改,保障消防系统可靠运行。

3)BIM 模拟管段运输

在工厂环境下,开展管段的模块化组装作业。运用 BIM 技术构建管段装车模拟系统。基于管段的几何参数、质量分布及运输车辆的承载特性,进行数字化预演,明确管段在运输车辆上的合理叠放层数、固定点位与加固方式,形成科学的装车方案;随后,通过汽车运输,将管段转运至施工现场。待管段运抵现场后,依据现场空间条件与管段吊装需求,选用门式起重机或汽车式起重机,参照 BIM 模拟确定的吊点位置、起吊角度等参数,进行垂直吊装,保障管段吊装过程的安全性及精准性,推动装配式综合管线施工有序开展。

2.4 装配式冷水机房

2.4.1 机房 BIM 系统集成设计

采用 BIM 技术进行冷水机房的系统集成设计,

整合冷水机组、冷却塔、水泵、管道及控制系统。在模型中分析各设备的能效匹配、管道水力平衡,优化设备选型与管线布置,如通过模拟不同管径、走向对水流阻力的影响,确定最优管道方案,提升冷水机房的制冷效率与节能性。如图 11 所示,装配式冷水机房主要由水处理模块、水泵组模块、阀组模块、分集水器模块组成。

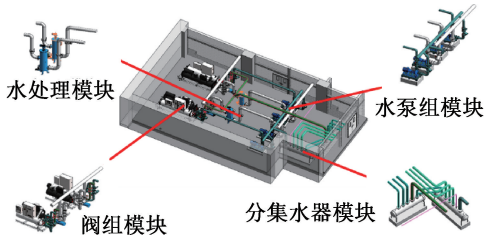


图 11 装配式冷水机房三维设计模块

Fig. 11 Three-dimensional design module of prefabricated cold water room

2.4.2 预制模块的 BIM 全流程管理

如图 12 所示,基于 BIM 深化模型,对每段预制管段进行唯一编码赋值,编码关联管段几何参数、材料属性、工艺要求及质量标准。工厂依据 BIM 模型与编码信息,运用数控切割、自动焊接设备进行管段预制。

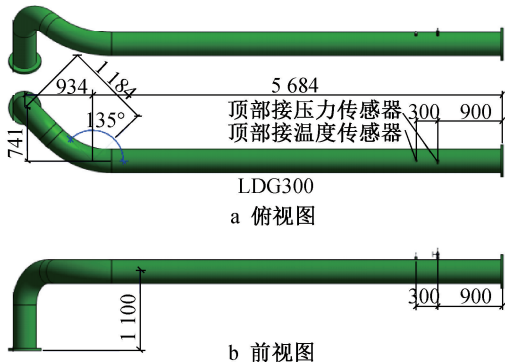


图 12 管段编码、加工

Fig. 12 Pipe segment coding and processing

运用 BIM 和物流仿真技术,规划管段模块化运输方案。在 BIM 模型中模拟运输场景,结合现场道路条件,确定运输车辆选型、管段装车方式及加固措施。实际运输过程中,严格按照 BIM 设计方案进行模块化运输,确保管段零损伤,精准送达施工现场。

参照 BIM 模型校验管段对接精度,完成管段与支吊架、设备接口的焊接、法兰连接,实现现场组装零误差衔接。装配式冷水机房安装的 BIM 效果校验如图 13 所示,通过 BIM 设计图与现场安装的深度对照,实现装配式安装质量的精准把控。



图 13 装配式冷水机房安装现场及 BIM 效果检验

Fig. 13 Installation site and BIM effect test of prefabricated cold water room

3 装配式建筑评价

在地铁车站装配式建筑评价体系中,构建装配式建筑评分表(见表 3),以分项装配率关联评价分值实现量化考核。

表 3 装配式建筑评分

Table 3 Allowable deviation of ALC wallboard installation

| 评价项  | 装配式建筑  | 装配率/%             | 评价分值 | 得分 |
|------|--------|-------------------|------|----|
| 装修工程 | 装饰装修   | —                 | 0    | 0  |
|      | 隔墙砌筑   | 装配式隔墙             | 80   | 40 |
| 机电工程 | 通风空调   | 装配式综合隔墙、综合管线、冷水机房 | 70   | 10 |
|      | 给排水与消防 | 装配式消防泵房           | 100  | 10 |
|      | 建筑电气   | 装配式综合管线           | 20   | 10 |
| 汇总   |        | 51                | 100  | 51 |

由表 3 可知,装饰装修工程中,装配式 ALC 隔墙的装配率高达 80%,得分共计 32 分;机电工程涵盖通风空调、给排水与消防、建筑电气 3 个子项,其中给排水与消防的装配率高达 100%,通风空调和建筑电气的装配率为 70%和 20%,分别得 10 分、7 分和 2 分。通过各分项的量化赋分,清晰呈现地铁车站装配式建筑在不同工程系统中技术应用的成效与短板,为后续技术优化、工艺突破提供数据支撑与方向指引。

前海站装配式效益指标如图 14 所示,伴随装配式技术应用,工程施工呈现多维度效能与质量升级。

1) 装配率提升:全部工程装配率达 51%,工厂预制转移 70%现场湿作业,降低高空、动火作业风险,现场文明施工管控难度降低,安全文明施工标准化达标率提升。

2) 节省安装空间:依托 BIM 模型对预制构件进行模块化集成设计,减少现场交叉作业的空间占用冲突,安装空间利用率较传统工法提升 10%,尤其在地铁车站等受限空间内,有效解决了管线密集、作业面狭窄的施工难题。

3) 节省材料:通过工厂预制阶段的 BIM 参数化下料,如管道预制段长度误差 $\leq 2\text{mm}$ ,材料切割损耗

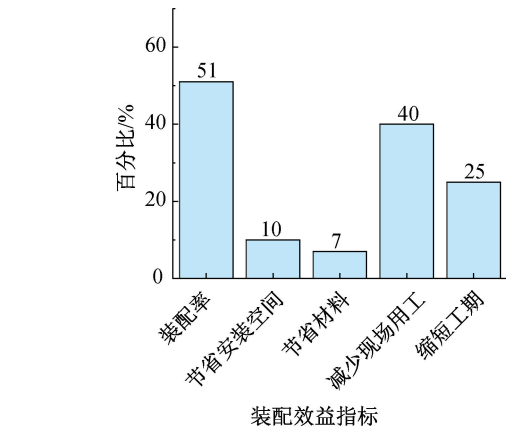


图 14 前海站装配式效益指标

Fig. 14 Prefabricated benefit index of Qianhai Station

率从传统工法的 12%降至 5%以下,钢材、混凝土等主材消耗量减少 7%。

4) 减少现场用工:机械化作业占比提升至 60%,现场劳动力投入减少 40%;同步推动产业化工人技能转型,通过预制装配和数字化安装培训,使工人掌握 BIM 终端操作、AR 定位应用等新技能,专业技术能力适配装配式建造需求。

5) 缩短工期:采用工厂预制与现场装配并行作业模式,施工效率较传统工法提升 2~3 倍,工期缩短约 25%,有效缩短了工程建设周期,提高了项目建设的时间效益。

4 结语

本文基于 BIM 技术的深度应用,对地铁车站装配式施工关键技术展开系统性研究。通过剖析装配式隔墙、装配式综合管线、装配式消防泵房、装配式冷水机房的结构组成逻辑、安装方式创新及绿色高效、质量可控等优势特点,明晰装配式技术在地铁车站多系统应用的适配路径,及各系统协同建造的技术关联特点,为后续研究构建 BIM 设计、工厂预制及现场装配一体化技术筑牢基础。

结合前海站超高地下空间工程实例,详细介绍装配式隔墙、综合管线、消防泵房及冷水机房的 BIM 应用。研究表明,BIM 技术深度赋能下,地铁车站装配式施工可实现多系统高效协同,在保障工程质量的同时,较传统工艺缩短工期 25%、减少现场用工 40%以上、节省安装空间 10%、节省材料 7%,显著提升绿色建造水平。

本研究为深圳地区及同类超高地下空间轨道交通项目提供技术参照,验证了装配式技术在复杂场景的应用价值。后续可进一步深化装配式系统在长期运维阶段的性能研究,助力装配式技术在轨道交通领域更广泛推广,推动行业工业化建造水平持续升级。

参考文献:

[ 1 ] 胡双平,杨勇,徐龙康. 我国地铁车站工业化建造技术应用与研究进展[J]. 工业建筑,2025,55(6):84-95.  
HU S P, YANG Y, XU L K. Advances in the application and research of industrialized construction techniques for underground urban railway stations in China[J]. Industrial construction,2025,55(6):84-95.

[ 2 ] 邵莹,胡双平,高志宏,等. 装配式混凝土地下车站结构应用与研究进展[J]. 铁道工程学报,2023,40(4):89-93,104.  
SHAO Y, HU S P, GAO Z H, et al. Applications and investigations of precast concrete structures for underground metro station[J]. Journal of railway engineering society,2023,40(4):89-93,104.

[ 3 ] 刘芬. BIM 技术在地铁装配式车站的应用[J]. 智能建筑与智慧城市,2025(7):71-73.  
LIU F. The application of BIM technology in subway assembled station[J]. Intelligent building & smart city,2025(7):71-73.

[ 4 ] 李鹏,刘杨. BIM 技术在无锡至江阴城际轨道交通工程中的应用[J]. 现代城市轨道交通,2025(6):86-92.  
LI P, LIU Y. Application of BIM technology in Wuxi-Jiangyin intercity rail transit project[J]. Modern urban transit,2025(6):86-92.

[ 5 ] 张乾锋,胡春林,张涛,等. BIM+装配式施工技术在地铁机电工程中的应用[J]. 安装,2025(4):65-68.  
ZHANG Q F, HU C L, ZHANG T, et al. Application of BIM + assembled construction technology in metro electromechanical engineering[J]. Installation,2025(4):65-68.

(上接第 29 页)

[ 5 ] 汪学清,李永超,张雪瑞,等. 轴压下含裂隙聚丙烯纤维混凝土裂纹扩展及损伤演化研究[J]. 硅酸盐通报,2024,43(7):2404-2414.  
WANG X Q, LI Y C, ZHANG X R, et al. Crack propagation and damage evolution in polypropylene fiber reinforced concrete with cracks under axis compression [ J ]. Bulletin of the Chinese ceramic society,2024,43(7):2404-2414.

[ 6 ] 许颖,樊悦,王青原,等. 聚丙烯纤维混凝土断裂韧度试验与数值分析[J]. 吉林大学学报(工学版),2024,54(10):2884-2896.  
XU Y, FAN Y, WANG Q Y, et al. Experiment and numerical analysis on fracture toughness of polypropylene fiber reinforced concrete [ J ]. Journal of Jilin University ( engineering and technology edition ),2024,54(10):2884-2896.

[ 7 ] 黄华,郭梦雪,于基宁,等. 纤维增韧地聚物混凝土力学性能与微观结构[J]. 建筑科学与工程学报,2023,40(4):12-23.  
HUANG H, GUO M X, YU J N, et al. Mechanical properties and microstructure of fiber reinforced geopolymer concrete[J]. Journal of architecture and civil engineering,2023,40(4):12-23.

[ 8 ] 亢星,杨浪,刘焕,等. 聚丙烯纤维水泥加固土质边坡的抗冲刷有效性分析[J]. 中国地质灾害与防治学报,2025,36(1):84-91.  
QI X, YANG L, LIU H, et al. Analysis of the anti-erosion effectiveness of polypropylene fiber (PPF) cement-reinforced soil for slope protection[J]. The Chinese journal of geological hazard

[ 6 ] 范军. 预制装配式地铁车站施工技术研究[J]. 北方建筑,2025,10(2):74-77.  
FAN J. Research on construction technology of prefabricated subway station[J]. Northern building,2025,10(2):74-77.

[ 7 ] 刘豪,李培卿,黄美群. 青岛地铁 6 号线预制装配式车站研究与应用[J]. 隧道建设(中英文),2025,45(3):604-612.  
LIU H, LI P Q, HUANG M Q. Research and application of prefabricated stations on Qingdao metro line 6 [ J ]. Tunnel construction,2025,45(3):604-612.

[ 8 ] 毕烁烁,王玉东,雷军,等. 我国装配式地铁车站施工面临的挑战及相关对策[J]. 现代城市轨道交通,2025(3):13-17.  
BI S S, WANG Y D, LEI J, et al. Challenges and related countermeasures in the construction of prefabricated metro stations in China[J]. Modern urban transit,2025(3):13-17.

[ 9 ] 姜浩,万佳晨. 浅谈装配式冷水机房施工在深圳地铁中的应用[J]. 广州建筑,2024,52(1):70-72.  
JIANG H, WAN J C. Discussion on the application of prefabricated chiller room construction in Shenzhen metro [ J ]. Guangzhou architecture,2024,52(1):70-72.

[ 10 ] 席斌,朱和和,易家松,等. BIM 技术在建筑给排水设计中的应用与思考——以浙江农林大学茶文化学院为例[J]. 给水排水,2025,51(4):103-110.  
XI B, ZHU H H, YI J S, et al. Application and reflection on BIM technology in building water supply and drainage design: taking College of Tea Science and Tea Culture, Zhejiang A & F university as an example [ J ]. Water & wastewater engineering,2025,51(4):103-110.

and control,2025,36(1):84-91.

[ 9 ] 石振武,解飞. 基于响应面分析法的钢纤维混凝土耐磨性试验研究[J]. 公路交通科技,2015,32(7):23-27.  
SHI Z W, XIE F. Experimental research of abrasion resistance of steel fiber reinforced concrete based on response surface analysis method [ J ]. Journal of highway and transportation research and development,2015,32(7):23-27.

[ 10 ] 王瑞燕,吴国雄,韩春云. 金刚砂混凝土配合比设计及力学性能研究[J]. 公路,2004(7):145-149.  
WANG R Y, WU G X, HAN C Y. A study on mixture ratio design and mechanics performance of emery concrete [ J ]. Highway,2004(7):145-149.

[ 11 ] 景宏君,贺一嵘,赵林飞,等. 沥青路面美化涂层配方设计及路用性能[J]. 西安科技大学学报,2025,45(6):1100-1110.  
JING H J, HE Y R, ZHAO L F, et al. Formulations design and road performance of asphalt pavement aesthetic coating [ J ]. Journal of Xi'an University of Science and Technology,2025,45(6):1100-1110.

[ 12 ] 杜腾飞,折帅,王吉鹏,等. 聚乙烯醇和玄武岩混掺纤维增强再生骨料透水混凝土性能研究[J]. 施工技术(中英文),2026,55(4):14-19,55.  
DU T F, ZHE S, WANG J P, et al. Performance study of pervious recycled aggregate concrete reinforced with hybrid polyvinyl alcohol and basalt fibers [ J ], Construction technology,2026,55(4):14-19,55.