

BIM 技术在地铁工程项目管理中实践应用

高雨楠

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450000

【摘要】：地铁工程项目具有地质条件复杂、施工周期长、专业交叉多及管理难度大等特点，基于传统项目管理模式开展管理工作，往往面临着信息不对称、协同效率低、管控精度不足等问题。建筑信息模型（Building Information Modeling, BIM）技术以三维模型为核心载体，整合工程全生命周期数据，能够从整体上提升项目管理效率。本文结合地铁工程实例，系统阐述 BIM 技术与地铁工程项目管理的融合逻辑，详细分析其在设计、施工、运维各环节的实践应用及应用效果，旨在为 BIM 技术在地铁工程项目管理中的推广应用提供实践参考。

【关键词】：BIM 技术；地铁工程；项目管理；碰撞检测；4D 模拟

DOI:10.12417/2811-0528.26.09.055

引言

我国城市轨道交通建设项目规模庞大，对项目管理要求高，而传统项目管理模式管理效率低，BIM 技术以三维数字模型为载体，通过整合工程全生命周期数据信息，可将设计、施工、运维各阶段信息集成于统一平台，实现项目管理的可视化、精细化与智能化，为地铁项目管理提供了新的技术路径。目前，基于 BIM 技术的地铁工程项目管理模式正逐步成为地铁工程建设的重要支撑手段。

1 BIM 技术与地铁工程项目管理的融合逻辑

BIM 技术在地铁工程项目管理中的应用，核心在于借助三维模型为核心构建了一个信息交互体系。二者的融合逻辑体现在以下三个方面：从数据维度看，该体系将地质勘察报告、既有管线分布图、周边环境数据以及结构设计图纸等离散信息统一集成，为后续的精细化管控奠定了数据基础；流程层面，将进度计划、成本预算、质量安全等管理要素与模型关联，实现管理过程的动态模拟与实时跟踪；协同层面，通过云端平台实现建设、设计、施工、监理等多方信息共享与业务协同。这一融合旨在解决传统管理中信息割裂、沟通滞后、管控粗放等问题，推动地铁项目管理向数字化、精细化、智能化方向转型。

2 BIM 技术在地铁工程项目管理各环节的实践应用

2.1 设计阶段的 BIM 实践应用

2.1.1 高精度 BIM 模型构建

严格遵循规范流程，全面收集地铁工程项目地质勘察数据、地下管线资料及周边建筑信息等内容，为构建高精 BIM 模型提供可靠的数据支撑。在此基础上，制定统一的建模标准，明确统一编码规则与模型精细度（Level of Detail, LOD）要求，确保模型的统一性与可用性。建模过程中，完成土建、机电、轨道、管线等全专业模型搭建，通过参数化建模技术及自研插

件提升建模效率，部分项目通过开发地下管线自动生成、地质生成等插件，大幅缩短建模周期^[1]。模型搭建完成后，需经过严格的审核与优化，重点核查模型与实际数据的一致性、各专业模型的衔接性，确保模型能够精准反映工程实际情况，为后续各环节应用提供可靠支撑。

2.1.2 多专业碰撞检测与设计优化

BIM 技术在设计阶段的应用，主要是将各专业 BIM 模型与 Navisworks 等专业软件整合，进行碰撞检测。在此环节，需设置合理的碰撞检测参数，确保软件能够自动识别管线交叉、结构冲突、净空不足等各类问题，并生成详细的碰撞检测报告。设计人员基于检测报告，针对性开展设计优化，重点优化机电管综排布、管线迁改方案等，从源头减少施工阶段的设计变更与返工。实践表明，合理运用 BIM 碰撞检测技术，可有效降低设计变更率，部分地铁项目通过碰撞检测发现并优化管线碰撞问题千余处，显著提升设计质量。

2.1.3 可视化设计与方案论证

传统管理模式下的二维图纸，难以直观呈现公共工程项目中的复杂结构，而基于 BIM 技术的三维模型，能清晰呈现地铁车站、隧道、换乘节点等复杂结构的复杂空间关系，有利于制定科学合理的设计方案。对于繁华城区地铁施工的交通疏解方案，可利用 BIM 模型整合周边建筑、道路信息，模拟行车路径，清晰地展示施工区域与周边交通的衔接关系，辅助交警部门审批及专家论证，有效提升方案的可行性与合理性，减少施工对周边交通的影响^[2]。

2.1.4 工程量精确核算

在工程量核算环节，BIM 技术的应用借助参数化模型可自动获取基坑土石方、管线、主体结构等工程量信息，显著提升了核算精准度，误差率可控制在 0.1% 以内。精准的工程量数据

可为设计阶段的成本控制提供可靠支撑,同时为工程招标工作提供准确的数据依据,有效避免工程量漏算、错算问题,减少后续成本纠纷。

2.2 施工阶段的 BIM 实践应用

2.2.1 4D 进度模拟与动态管控

4D 进度模拟技术(三维模型+时间维度)的应用,通过将进度计划与 BIM 三维模型进行关联,构建 4D 进度模型,能够直观呈现各工序的先后顺序、进度节点及施工时长等关键信息,让进度计划更加易懂。施工过程中,实时更新现场施工进度数据,与计划进度进行对比分析,快速识别进度偏差,深入分析偏差原因并提出针对性调整方案,实现进度的动态管控^[3]。该技术可有效应用于盾构掘进等关键工序的进度管控,及时发现施工过程中的窝工隐患,保障施工进度按计划推进。

2.2.2 5D 成本模拟与成本管控

将人工、材料、机械等成本数据融入到 4D 进度模型的基础上,便可形成 5D 成本模型(三维模型+时间维度+成本维度),从而实现对成本与进度的同步管控。施工过程中,实时监控各施工阶段的成本消耗,与预算数据进行对比,精准识别成本偏差,及时采取纠偏措施,优化材料采购计划、合理调配机械设备,有效控制项目投资。部分地铁项目通过 5D 成本管控,实现材料损耗大幅减少,显著降低项目成本。

2.2.3 施工工艺模拟与技术交底

面对地铁工程施工中盾构掘进、预制构件吊装、基坑支护、管线迁改这类复杂工艺,使用 BIM 施工工艺模拟技术,可借助三维动画模拟施工过程,对复杂工序进行拆解分析,提前识别施工难点和潜在风险,为施工方案优化提供支撑。同时,利用增强现实(Augmented Reality, AR)技术将模型投影至施工现场,实现三维可视化技术交底,帮助施工人员快速掌握施工要点,提升施工精度和效率,减少施工失误。

2.2.4 安全风险管控与智慧工地集成

在施工安全管理环节, BIM 技术的应用,通过构建风险源“数字画像”,可在 BIM 模型中对基坑、隧道、周边建筑等风险点进行标注,并将其与地质数据、监测数据进行关联,从而实现对风险的可视化识别。同时, BIM 模型与智慧工地平台的对接,可整合视频监控、人员定位、基坑沉降监测等设备数据,便于施工人员实时掌握施工安全状态,生成偏差分析报告,及时预警安全隐患,为施工安全和周边建筑物稳定提供了可靠的保障^[4]。

2.2.5 多专业协同管理

在 BIM 技术的支撑下,搭建云端协同平台,能够为建设、

设计、施工及监理各方共享施工信息提供便利。设计变更、现场签证等信息可通过平台实时传递,各方快速响应,减少沟通成本,避免信息不对称导致的纠纷,显著提升协同管理效率,确保各参与方高效配合推进工程建设。

2.3 运维阶段的 BIM 实践应用

2.3.1 运维 BIM 模型的完善与更新

根据 BIM 模型在施工阶段的应用情况,在模型中补充数据变更、验收数据等相关数据信息,对 BIM 模型进行优化完善,确保模型与实际工程保持一致。建立完善的模型更新机制,及时更新设备运行数据、维修记录等信息,确保模型数据的时效性,为运维管理提供准确的数据支撑。

2.3.2 设备全生命周期管理

为提高设备全生命周期管理效率,应将地铁车站、隧道的机电设备、轨道设备等信息与 BIM 模型关联,便于相关工作人员实时查询设备位置、型号、参数、维护记录等信息,快速掌握设备状态。通过设置设备维护提醒,制定合理的维护计划,实现设备的预测性维护和故障排查,有效提高设备运维效率,降低运维成本。

2.3.3 应急处置与可视化管理

借助 BIM 模型模拟管线泄露、火灾及坍塌等突发事件的处理流程,从而为管理人员制定科学合理的应急方案提供可靠的依据。面对突发事件, BIM 模型可快速定位故障点,辅助管理人员制定针对性处置措施,提升应急处置效率,减少事故损失^[5]。部分地铁项目通过 BIM 平台绑定摄像头,实现应急指挥可视化,进一步提升应急处置能力。

2.3.4 能耗监测与节能优化

通过在 BIM 模型中集成能耗监测数据,可实时采集地铁车站、隧道的照明、通风、空调等能耗数据,借助模型直观了解能耗分布情况。管理人员可通过分析能耗数据,识别能耗异常原因,提出针对性节能优化方案,实现地铁工程的绿色运维,降低运营能耗。

3 案例分析

3.1 案例工程概况

深圳地铁 13 号线工程是检验 BIM 技术应用成效的典型案例。该线路全长约 22.4 公里,纵贯南山繁华城区,全线 16 座车站中换乘站多达 12 座。工程采用 A 型车 8 辆编组,设计时速 100 公里。由于地处城市核心区,管线排布错综复杂,换乘节点密集,施工组织面临极大挑战。项目以 BIM 技术全面应用为目标,将其贯穿于整个项目始终。

3.2 案例工程 BIM 技术应用准备

项目组建了一支复合型团队，既有懂现场的技术人员，也有专职的 BIM 建模师。软件选型上分工明确：Revit 负责土建与机电建模，Navisworks 用于碰撞检测和进度推演，Fuzor 则承担可视化交底的任务。建模标准参照深圳地铁的既有规范，全专业模型精度统一设定为 LOD400，编码体系和交付标准也做了严格规定。协同平台采用 B/S 架构，手机端就能实时调取模型、同步进度和成本数据。

3.3 BIM 技术在案例工程各环节的具体应用实践

设计阶段，项目组通过收集产权单位资料，生成了高精度的管线模型，并用 AR 技术将虚拟管线投影到施工现场，直观标出警示区域。针对繁华路段的交通疏解，通过整合周边道路模型制作了行车路径动画，这份可视化的材料在交警审批和专家论证时发挥了关键作用。通过碰撞检测发现各专业冲突点 3000 余处，机电管线的综合优化大大提升了净空高度，也为后期检修留足了空间。

施工阶段，项目应用 4D 进度模拟技术对盾构掘进、车站施工进行全过程推演，实时对比计划进度与实际进度，动态调整资源配置。安全管控方面，将 BIM 模型与智慧工地平台挂接，运用多种设备对基坑沉降、地表变形进行实时监控，生成偏差分析报告，通过智能安全帽等设备实现隧道内人员定位。协同管理采用云端平台实现多方在线协作，设计变更信息实时传递、快速响应。

3.4 BIM 技术应用效果分析

项目应用过程中，构建了完善的 BIM 应用体系，实现了技术与实际施工的深度融合，其应用效果通过具体数据得到充分体现，详见表 1。

表 1 深圳地铁 13 号线 BIM 技术应用效果对比

评价指标	应用 BIM 技术前	应用 BIM 技术后	改善效果
施工周期	计划工期 36 个月	实际工期较计划明显缩短	进度管控成效显著
项目成本	预算成本 24.8 亿元	实际成本有效控制	成本节约效果明显
设计变更率	平均 8.5%	显著降低	设计质量提升
多专业协同效率	平均沟通响应时间 48 小时	大幅缩短	协同效率显著提升

从表中数据可以看出，BIM 技术应用使施工周期有效缩短，项目成本得到良好控制，设计变更率显著降低，协同沟通效率大幅提升。管线改迁方面，通过高精度管线模型与 AR 技术应用，有效避免了错挖对管线造成的破坏。机电管综优化方面，通过各专业管线整合，提升了综合管线净高和整体布局协调性。这些数据充分验证了 BIM 技术在地铁工程项目管理中的应用价值，其在优化设计、管控进度、降低成本、保障安全等方面成效显著。

4 结语

地铁工程项目管理工作的开展，科学合理应用 BIM 技术，能够有效应对传统管理模式面临的痛点，从整体上提升地铁工程项目的智能化、精细化水平。深圳地铁 13 号线实践案例表明，BIM 技术在优化设计方案、缩短施工周期、降低项目成本、保障施工安全方面发挥着非常关键的作用。未来，需不断完善建模标准、提升技术应用精度，推动 BIM 技术与地铁项目管理的深度融合，为城市轨道交通建设高质量发展提供可靠的技术支撑。

参考文献:

- [1] 汪涌.BIM 技术在地铁工程项目管理中的深度应用与实践[J].建设科技,2025,(15):51-55.
- [2] 黄群超.BIM 技术在地铁机电安装工程安全管理中的应用[J].中国高新科技,2024,(17):128-130.
- [3] 李鹏鹏.BIM 技术在地铁工程施工管理中的应用研究[J].交通企业管理,2024,39(04):82-84.
- [4] 陶星,武朝军,刘彬,丁华营,郭建涛.BIM 技术在地铁车站综合管线施工中的应用[J].有色金属设计,2024,51(02):78-81+93.
- [5] 何海洋.BIM 技术在地铁扩能提升工程中的应用[J].企业科技与发展,2024,(03):101-104.