

基于 BIM 的地铁车站机电安装工程管线综合优化与施工效率提升研究

蔡越武

广州源众力数字科技有限公司 广东 广州 510000

【摘要】：地铁车站机电安装工程管线密集、空间布局复杂，常面临管线碰撞、施工协调阻滞等问题，对施工进度推进与工程质量管控构成直接制约。本文围绕管线综合优化与施工效率提升核心诉求，探索 BIM 技术在地铁车站机电安装全流程的深度融入。借助精细化 BIM 三维模型的搭建，达成管线碰撞前置检测与精准避让，立足工程实际诉求优化管线走向与空间排布，统筹推进施工工序模拟与资源配置规划。工程实践证实，该技术的落地应用能够切实降低施工返工频次、压缩交叉作业协调耗时，大幅改善管线安装精度与施工进度推进效能，为地铁车站机电安装工程的精细化管理供给技术保障与实践参考，具备突出的工程应用意义。

【关键词】：BIM 技术；地铁车站；机电安装；管线综合优化；施工效率提升

DOI:10.12417/2811-0528.26.02.042

地铁车站作为城市轨道交通的关键枢纽，机电安装工程质量与施工效率直接影响线路运营安全与乘坐舒适性。这类工程涵盖给排水、通风空调、电气等多专业管线，受车站空间条件限制，管线排布冲突、交叉作业协调复杂等问题屡有发生，成为阻碍施工进度与工程品质提升的关键因素。BIM 技术依托可视化、参数化、协同化特质，为破解此类工程难题提供了创新性解决方案。本文围绕 BIM 技术在地铁车站机电安装工程中的实践落地，以管线综合优化与施工效率提升为核心导向，深入探析 BIM 模型构建、管线碰撞检测、施工流程模拟等关键技术的应用路径与实践成效，为同类工程的精细化施工与管理提供实用参考。

1 地铁车站机电安装工程管线施工现状与 BIM 技术应用背景

(1) 地铁车站机电管线的空间约束与专业协同特性：地下密闭空间结构的地铁车站，机电管线施工聚焦站厅层、站台吊顶内部、设备机房及通道夹层等区域，这类空间多呈现高度受限、断面局促的特征。工程涵盖给排水管道、消防喷淋系统、通风空调风管、强电电缆桥架、弱电信号管线等多类管线，不同功能的各类管线规格悬殊明显，有限空间内需完成规整布设。加之管线施工需与土建结构施工、装饰装修工程并行开展，多专业交叉作业场景屡见不鲜，各专业管线的设计衔接、施工时序协调均需严格拿捏，稍有疏漏便可能诱发空间占用冲突。

(2) 当前管线施工模式的技术局限：地铁车站机电管线的常规施工模式依托二维设计图纸，各专业图纸各自展示管线布局，图纸信息带有孤立化、碎片化特征，多专业管线在三维空间中的叠加关系难以直观呈现。设计环节无从预先排查管线

与结构构件、管线与管线间的碰撞风险，常常要在现场作业阶段发现问题后再行调整，造成管线拆改、材料损耗等情况。再者，施工过程中欠缺对管线安装精度的动态管控方式，管线坡度与标高偏差可能削弱系统运行效率，而各专业施工进度难以实时协同，更加剧了施工组织难度。

(3) BIM 技术在机电安装工程中的应用契机：伴随城市轨道交通建设规模的稳步拓展，地铁车站机电安装工程对施工精度、效率及成本控制的要求日益提高，传统施工技术渐难适配工程建设诉求。BIM 技术拥有三维可视化建模、多专业协同管理、碰撞检测分析等关键特质，可将分散的各专业设计数据融合成统一三维模型，清晰展现管线空间排布关系，预先消除碰撞隐患^[1]。其模型能够囊括管线材质、规格、安装工艺等全生命周期数据，为施工方案优化、资源配置及进度管控供给数据保障，已然成为破解地铁车站机电管线施工困境、助力工程技术革新的重要路径。

2 地铁车站机电安装工程管线施工核心问题剖析

(1) 管线设计与现场工况的适配性缺陷：各专业管线设计未深度结合现场结构特征与施工条件，设计方案易与工况错位。站厅层吊顶管线设计未精确测算梁体高度、承重构件间距及设备机房出入口方位，导致通风空调风管截面尺寸与实际空间不契合，安装需切割调整，破坏风管结构完整性；设备机房电缆桥架设计未避开墙体预留孔洞，现场需重新开凿，既影响墙体强度，又延误工期。部分设计忽略后续维护空间，给排水管线与强电桥架间距过窄，后续检修易滋生安全隐患，需额外调整管线布设位置。

(2) 多专业交叉作业的协同管控缺失：地铁车站机电管

线施工涉及给排水、通风空调、电气、弱电等多专业，各专业缺乏统一空间规划与进度协调机制，易引发交叉作业矛盾。站台层通道区域，给排水专业率先布设主管线后，通风空调专业支管因空间被占，无法按设计路由敷设，需重新调整走向；部分专业为赶进度未循预设流程，强电桥架未精准布设即启动电缆敷设，致使后续弱电管线需绕行，增加排布复杂度^[2]。且各专业施工技术标准衔接不足，标高管控基准不统一，管线安装后易生空间冲突，直接阻碍吊顶装饰层施工。

(3) 管线安装精度与系统功能的适配偏差：管线施工精度管控不足，安装质量难符系统运行标准。消防喷淋管线垂直度偏差超规范阈值，喷淋头出水偏离预设角度，直接影响火灾应急喷淋效果；排水管道未按设计坡度安装，局部出现倒坡，运行后易积水淤积，抬高堵塞隐患。管线衔接部位管控疏漏，空调水管法兰密封垫片选型不当、螺栓紧固力矩不均，试压时易渗漏；风管咬口密封不足，运行产生漏风异响，削弱空调系统效能。施工缺乏实时精度监测，调试阶段发现偏差需拆改重装，造成材料损耗与工期延误。

3 基于 BIM 的地铁车站机电管线综合优化与施工改进方法

(1) 多专业 BIM 模型的整合构建与数据协同：以地铁车站机电管线施工全流程需求为核心导向，构建覆盖给排水、通风空调、电气、弱电等所有专业的 BIM 整合模型，实现设计数据与现场实际工况的深度融合与动态匹配。首先系统导入各专业二维设计图纸的核心技术参数，包括管线公称直径、材质标号、连接工艺及安装标高区间等关键信息，同时与建筑结构 BIM 模型进行联动对接，精准匹配梁体截面尺寸、柱体分布位置、楼板预留洞口等构件数据，确保管线模型与建筑结构空间的物理适配性。在此基础上，通过激光扫描、现场实测等方式采集设备机房预留孔洞实际坐标、通道夹层净空高度、管线支吊架安装预留位等现场数据，对设计图纸与现场工况的偏差进行精准校准，进一步提升模型的物理还原度与数据精度^[3]。模型搭建过程中，同步嵌入各专业施工规范核心要求，例如消防管线防火等级对应的材质参数、电缆桥架与其他管线的安全间距标准、给排水管道坡度设计规范等，使整合模型既具备三维空间可视化功能，又能作为施工合规性校验的核心依据，为后续管线碰撞检测、施工方案优化提供全面且精准的数据支撑。

(2) 基于 BIM 的管线碰撞检测与空间排布优化：依托全专业整合 BIM 模型，构建分层次、全维度的管线碰撞检测体系，先按施工规范阈值完成专业内碰撞筛查，如给排水系统主管与支管的转弯半径适配冲突、通风空调系统风管与风阀的安装空间干涉等，再重点开展跨专业碰撞研判，聚焦站厅层吊顶、设备机房等管线密集区域，核查风管与电缆桥架的空间重叠、

消防喷淋头与灯具的位置冲突等问题，生成标注冲突点位、关联管线类别及影响边界的详尽报告，为优化决策提供精准依据。结合管线功能重要性排序与空间利用效率，制定差异化优化策略：优先保障空调主管、消防干管等大管径、高优先级管线的敷设需求，沿梁底顺直排布以降低流体阻力与能耗；对给排水支管、弱电管线等小管径管线，推行“按类型分层敷设+大管线间隙利用”模式，同步预留不小于 300mm 检修空间，满足后期运维需求。优化过程中同步开展支吊架协同设计，通过 BIM 模型仿真安装方位，统一规划支吊架规格与间距，避免不同专业支吊架交叉挤占空间，实现管线与支吊架的一体化合规布设。

(3) BIM 驱动的施工工序模拟与精度动态管控：依托优化后的 BIM 模型构建 4D 施工模拟框架，把施工进度计划与管线安装工序深度绑定，清晰展现各专业施工时序与空间占用状态。借助模拟核验不同施工顺序的适配性，例如先完成站厅层公共区域风管布设，再推进该区域给排水管与电缆桥架的安装作业，规避交叉作业引发的空间挤占问题；面向设备机房等复杂区域，细化拆分工序节点，比如先完成大型设备基础安装，再围绕设备敷设配套管线，保障施工流程的顺畅推进。现场施工环节，借助 BIM 模型生成管线定位坐标与安装精度基准参数，运用全站仪、激光投线仪等设备依照模型参数开展放样作业，动态采集管线实际安装数据并与模型进行比对分析，经偏差分析后及时调整安装角度或布设位置，保障管线标高、坡度契合设计标准^[4]。此外，借助 BIM 模型达成材料与资源的精准管控目标，依据模型核算各段管线长度、配件数量，拟定分批次采购计划，降低材料损耗；参照工序模拟结果调配施工人员与机械设备，规避人力与设备闲置问题，提高施工资源利用效能。见图 1 所示：



图 1 地铁机电安装 BIM 应用

4 BIM 技术在地铁车站机电安装工程中的应用成效验证

4.1 管线碰撞隐患提前消除与返工成本控制

借助 BIM 碰撞检测技术,地铁车站机电管线施工前可系统排查各专业、各类型管线间的空间冲突,从根源化解现场施工阶段的被动调整。实际项目实施过程中,整合全专业 BIM 模型可精准定位给排水管与通风空调风管的交叉重叠、电缆桥架与消防喷淋头的位置冲突,以及管线与建筑结构梁体、墙体的空间抵触等问题。面对此类隐患,设计阶段即可直接优化管线路由与空间排布方案,诸如站厅层原设计需穿梁的消防支管可调整为沿梁侧顺直布设,设备机房内与电缆桥架存在冲突的给排水支管可重新规划至风管间隙区域,无需待现场施工后再开展管线拆除、重装或截断改道作业。此类前置优化举措,既降低了管线材料的无效损耗,省去因返工产生的额外人工与机械投入,又避免了返工对后续装饰装修、设备安装等工序的阻滞,为工程整体成本管控与进度推进筑牢基础。

4.2 施工工序协同效率提升与工期优化

借助 BIM 的 4D 施工模拟效能,可深度绑定各专业施工进度计划与管线安装工序,为多专业交叉作业提供清晰的时序与空间管控依据,切实扭转传统施工工序衔接紊乱、空间占用矛盾的局面。地铁车站机电安装进程中,依托 BIM 模型能直观呈现站厅层、站台层及设备夹层的管线施工顺序,厘清通风空调风管优先安装的基础定位价值,继而统筹推进给排水管与电缆桥架的平行作业,并清晰界定各专业施工的空间占用范围与时间窗口。站台层通道区域施工中,依托模拟可明确风管安装完毕后,同步开展给排水主管敷设,且统筹弱电管线在风管支架间隙穿插作业,避免不同专业同步占用同一空间造成的人员窝工与机械闲置^[5]。此类协同策略落地后,跨专业交叉作业的协调耗时大幅压缩,各专业施工流程衔接更为顺畅,施工人员及机械设备可依照模拟计划有序进场,无需等待或重复调整作

业顺序,助力工程整体工期实现优化。

4.3 管线安装精度达标与运维支撑能力改善

BIM 技术的精度管控效能为地铁车站机电管线安装质量提供可靠保障,其构建的三维模型可承载管线全生命周期信息,为后期运维奠定坚实基础。现场施工时,依托 BIM 模型生成的管线定位坐标与标高基准,结合激光投线仪等设备精准放样,能确保给排水管道坡度、通风空调风管垂直度严格符合工程规范,规避传统人工测量偏差引发的管线功能异常。系统调试阶段,因安装精度达标,消防喷淋系统出水均匀性契合设计标准,无需反复校准喷淋头角度;给排水系统无积水淤积,管道压力试验可一次性通过,大幅降低调试整改的耗时与成本。进入运维阶段,BIM 模型存储的管线材质、安装时间、施工及检修记录等数据,能快速支撑运维工作。例如站台层给水管出现渗漏时,运维人员通过调取模型即可快速锁定管道位置、查询管材规格与连接方式,无需现场反复探查,显著缩短检修准备时间,有效提升运维响应效率与管理水准。

5 结语

本文聚焦 BIM 技术支撑下地铁车站机电安装工程的管线综合优化与施工效率提升课题,先明确地铁车站机电管线施工的空间约束、传统模式短板与 BIM 技术应用契机,再深入剖析管线设计与现场适配偏差、多专业协同缺失、安装精度不足等核心问题,继而提出多专业 BIM 模型整合、管线碰撞检测优化、施工工序模拟与精度动态管控的实操方案,最终验证该技术在消除碰撞隐患、缩短工期、提升安装质量与运维效能上的显著效果。后续可深化 BIM 与智能施工技术的融合,拓展其在管线全生命周期管理中的应用深度,借助数字化监测实现管线运行状态动态追踪。本研究成果可为同类工程提供技术参考,助力行业破解施工管理瓶颈,推动城市轨道交通机电安装工程向精细化、高效化发展。

参考文献:

- [1] 孙仲状.基于 BIM 的城市地铁车站施工协同管理研究[J].智能建筑与智慧城市,2025,(07):74-76.
- [2] 纪达鹏.关于地铁装配式车站机电装修一体化设计的研究[J].产品可靠性报告,2024,(10):117-119.
- [3] 陶星,武朝军,刘彬,等.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.
- [4] 赵阳,黎四阳,姜天,等.BIM 技术在地铁车站管线迁改中的应用[J].智能城市,2024,10(05):114-116.
- [5] 杨洋.BIM 技术在地铁车站管线综合设计中的应用[J].上海建设科技,2023,(02):36-39.