基于BIM的地铁换乘站建筑设计与客流组织协同优化

赖奕荧
中智天津人力资源服务有限公司　天津　300000

摘　要：地铁换乘站空间结构复杂，多线交汇带来客流交织难题。BIM依托数字化三维载体承载构件几何与专业信息，支撑地下空间的形体推敲与多专业集成。文中依托BIM平台搭建换乘站建筑模型，完成站厅站台与换乘节点的空间布局，整合机电管线与站内设备。客流流线依托三维空间完成映射，结合GB50157-2013空间参数识别空间布局催生的通行瓶颈，调整建筑边界与设施点位，推动建筑空间与客流组织双向适配，实现换乘站空间方案的协同优化。

关键词：BIM；地铁换乘站；建筑设计；客流组织；协同优化

引言：城市轨道交通网络持续延伸，多线换乘站点数量稳步增加。地下多层立体构造带来空间叠加问题，不同线路客流交汇容易引发通行阻滞。传统二维设计模式难以直观呈现地下空间构件之间的位置关系，空间冲突与流线矛盾常在后期阶段暴露。数字化建模工具可重构换乘站设计流程，将空间形体搭建、设备排布与客流通行需求纳入统一数字环境。空间形态调整与客流梳理同步开展，化解建筑布局和客流运行之间的矛盾，提升换乘站点内部通行条件。

1 核心概念解析

1.1 BIM技术的基本特征

BIM技术以数字化三维模型为核心载体，实现建筑工程全要素的数字化精准表达，依托统一空间坐标体系定义建筑构件的几何尺寸与空间形态。技术体系摆脱传统二维图纸的表达局限，以立体模型直观呈现建筑整体与细部构造，让建筑空间的形体关系与尺度特征得到直观体现。参数化的构件属性搭载模式，让每一类建筑构件附带完整的工程信息，形体调整与参数修改可以精准对应建筑实体变化，保障数字模型与实际工程的一致性。多专业信息的交互集成是BIM技术的核心优势，土建机电装修等多门类专业设计内容可以整合至同一数字平台。各专业设计内容打破独立割裂的设计状态，不同专业的空间布局与构件排布可以在统一模型中完成融合，弱化专业信息传递中的偏差与漏洞，为多专业协同设计提供基础支撑。

1.2 客流组织协同的核心逻辑

地铁换乘站物理空间与客流要素存在紧密的对应关联，空间尺度、通道宽度与节点布局等空间条件，直接约束客流的行进轨迹与分布密度，规范设定公共区域人流密度取值区间为0.33~0.75m^2/人。空间形态的变化会改变站内客流的行进选择，不同的空间划分形式会形成差异化的客流分布状态。建筑设计与客流组织的协同关系贯穿换乘站设计全过程，建筑空间为客流流动提供基础载体，客流运行特征为建筑空间优化设计提供核心依据。建筑空间布局的调整可以优化客流集散条件，适配客流通行的实际需求，客流分布的短板问题也可以反向指导建筑空间的迭代优化。双向适配的关联模式，构成换乘站建筑设计与客流组织协同发展的核心逻辑，实现空间功能与交通功能的相互匹配。

2 基于 BIM 的地铁换乘站建筑设计

2.1 换乘站空间形态的三维建模

建筑三维模型的精准构建与参数化设计是BIM技术应用于地铁换乘站设计的基础环节，建模工作依托标准化参数体系定义各类建筑构件的尺寸规格与空间位置。柱网楼板墙体等常规土建构件可依托参数模板快速搭建，特殊换乘节点的异形构件可通过参数微调完成个性化适配，大幅提升换乘站建模的整体效率。各类构件搭建过程中保持固定的空间约束关系，保障整体模型的几何逻辑严谨，贴合轨道交通建筑设计的规范标准。参数化设计模式改变传统建模的固化思维，构件形体与空间位置均可通过参数调整灵活改动，适配换乘站复杂多变的空间形态需求。整体空间形态的几何特征与形体推敲在三维数字化环境中完成，设计人员可通过多视角观测、立体剖切等方式，全方位核查换乘站内部的空间构造关系。地下站公共区装修完成后最小净高需达到2.6m，该指标纳入模型校验内容[1]。地铁换乘站多为地下多层立体结构，不同线路结构上下叠加、左右交汇，二维设计模式难以精准呈现空间冲突与净空问题。三维模型可直观展示各楼层构件的排布状态，精准识别空间挤压层高不足构件碰撞等设计隐患。形体推敲的核心聚焦多线交汇的核心换乘区域，针对结构叠加位置的空间边界通行净空构件布局进行反复优化，在满足结构安全与施工要求

的基础上，最大化保障站内空间的使用功能。所有建模流程严格遵循轨道交通工程数字化设计标准，构件分类属性录入模型拆分均采用统一规范，保障模型具备多专业协同应用的基础条件。

2.2 换乘站核心功能空间的布局

换乘站站厅与站台区域的模块化划分与空间设定，以站内交通功能与客流通行需求为核心依据。结合换乘站的运营功能，可将站内空间划分为公共通行区域设备运维区域候车停靠区域等核心模块，各模块保持独立的功能属性与空间边界。公共通行区域作为客流活动的核心场地，预留充足的通行宽度与集散空间，换乘通道装修后最小净宽不小于2.4m。设备管理用房集中布置于客流活动盲区，规避设备空间占用对客流通行造成的不利影响。付费区边界闸机群组出入口设施的布局，结合整体空间轮廓与客流进出走向统筹规划，保障站内流线的连续性与顺畅性，避免空间分割造成客流行进路径断裂。

垂直与水平换乘节点的综合结构设计，是多线换乘站设计的核心重点，直接决定线路之间的通行衔接效率。水平换乘依托专用连通通道实现不同线路站台的平面衔接，竖向换乘依靠楼梯自动扶梯垂直电梯构建多层空间的通行链路。换乘节点作为客流交汇的核心区域，结构构件需要承担多层建筑荷载，构件布设过程中需要严格控制尺寸与位置，避免压缩换乘通道的有效通行净宽。设计过程中结合不同线路的轨面标高与平面间距，校准换乘节点的走向与高差，合理控制通道转折角度与行进距离，缩减乘客换乘绕行的通行距离。各类换乘设施的空间定位均在BIM模型中完成精准校核，整合节点区域所有构件的空间信息，实现换乘节点结构与空间的一体化优化设计。

2.3 换乘站物理环境与设备综合整合

换乘站通风管线与照明设施的空间排布规划，依托BIM三维空间优势开展精细化设计，所有管线设备的布设均贴合建筑结构空间特征。通风排烟、给排水与消防管线主要沿结构顶板与侧墙闲置空间敷设，布设路径主动避让站内主要客流通行区域，保障通道通行净空满足轨道交通设计规范要求。各类管线交叉重叠区域提前完成标高优化与路径调整，规避管线之间的硬性干涉，减少后期施工改造的工作量。照明设施按照站内功能分区差异化布设，公共集散区域保障充足均匀的光照条件，设备用房与辅助区域结合运维需求设定照明点位，所有管线与终端设备的空间位置统一录入BIM模型，实现机电设施空间布局的可视化管控。多专业设备在BIM模型中的空间集成，可实现土建结构与机电设备设计成果的深度融合，将通风弱电动力照明消防等多个专业的设备构件整合至同一数字模型。

多专业构件集成完成后，可依托模型开展全方位的空间碰撞检查，精准识别管线与土建结构之间的空间冲突问题，在设计阶段完成布局优化与方案调整。各类设备构件同步录入型号尺寸运行参数等完整工程信息，形成信息化完备的设备数字档案，为后续设计优化施工运维提供数据支撑[2]。共用站厅的换乘站公共区面积上限控制在5000m^2，该指标作为空间模块划分的约束条件。一体化的数字集成模式，有效解决传统二维设计中多专业图纸脱节信息不对称的问题，弱化不同专业设计成果的矛盾冲突，提升换乘站整体设计的完整性与合理性。设备布局的每一次调整均可同步更新模型数据，保持数字模型与设计方案的高度统一，支撑站内空间与设备体系的持续优化迭代。

3 基于 BIM 的地铁换乘站客流组织协同优化

3.1 客流流线与建筑空间的深度映射

BIM空间模型能够实现客流轨迹的精准空间表达，通过三维可视化载体标记站内所有通行路径，清晰区分进出站客流与换乘客流的行进脉络。模型可完整呈现各类客流的空间覆盖范围与路径交汇区域，直观展示不同客流类型在站厅、站台与换乘通道等区域的分布特征。依托三维剖切功能，可单独提取单一楼层或单一换乘通道的流线信息，精准分析客流路径与墙体立柱闸机扶梯等建筑构件的空间对应关系。精细化的空间映射方式，能够直观暴露客流流线与建筑空间不匹配的设计问题，为流线优化提供清晰的改造方向。进出站与换乘客流流线的一体化空间整合，以梳理客流通行秩序为核心目标，系统划分进站出站跨线换乘三类核心通行路径[3]。设计过程中通过调整闸机导向护栏等设施的平面位置，分隔不同方向的客流，减少交叉对流带来的通行干扰。

三维模型可直观对比流线调整前后的空间变化，通道有效宽度节点通行尺度转弯半径等空间参数，直接决定客流通行的顺畅程度。1m宽度单向通道理论通行能力可达5000人次/h，双向混行状态下通行能力下降至4000人次/h。空间整合工作兼顾不同时段的客流运行特征，高峰时段主流客流的通行空间得到优先保障，平峰时段次要通行路径保持通畅状态，通过全方位的空间梳理，实现各类客流流线与建筑空间的高度适配。

3.2 客流瓶颈与空间布局的冲突分析

依托BIM三维空间模型可精准定位换乘站的客流瓶颈区域，楼扶梯出入口通道收窄段闸机聚集区是站内客流汇聚的核心位置，也是客流拥堵问题的高发区域。此类

区域的空间尺度相对有限，多方向客流在此交汇叠加，固定的空间边界会限制客流通行效率，极易造成人群堆积滞留。模型可精准测量瓶颈区域的通行断面有效通行宽度等核心空间参数，量化分析空间供给能力与客流通行需求的匹配差距。1m宽楼梯下行最大通行能力4200人次/h，上行最大通行能力3700人次/h，双向混行通行能力降至3200人次/h。站内立柱墙体等固定建筑构件，会压缩局部通行断面，造成通道局部收窄与流线弯折，这类空间约束问题均可在三维模型中精准定位，明确空间布局存在的核心缺陷。

服务设施布局与客流需求的空间匹配分析，聚焦站内功能性设施的布设合理性，闸机售票设备无障碍设施导向标识的布设位置，直接影响客流通行效率。设施布设位置贴合客流起止点位，进站设备靠近出入口区域，出站与换乘设备贴合站台终端与换乘节点，减少乘客无效绕行距离。所有设施布设均规避核心通行通道，预留充足的排队与集散空间，保障客流有序通行[4]。通过BIM模型可迭代调整设施平面点位，对比不同布设方案的空间适配效果，筛选冲突最低适配性最优的布局模式。系统性的冲突分析可全面梳理建筑构件服务设施客流流线三者的空间矛盾，精准锁定制约客流高效通行的各类空间因素，为协同优化工作划定核心整改范围。

3.3 建筑设计与客流组织的协同优化调整

针对客流瓶颈与空间适配缺陷，可依托BIM模型开展建筑空间流线的针对性优化改造。通过微调局部墙体与立柱的空间位置，拓宽狭窄通行断面，优化通道弯折节点的平面形态，弱化空间结构对客流的阻滞作用。对楼扶梯等核心换乘设施的定位进行精细化校准，分离双向客流通行路径，规避客流对冲问题。所有改造方案均在三维模型中完成虚拟推演，同步核验改造后的结构安全性管线排布合理性与通行净空合规性，杜绝改造工作引发新的空间矛盾。改造过程同步配套优化站内导向体系，导向标识沿主流客流路径连续布设，标识点位规避通行空间，依托标识引导规范乘客行进路径，提升客流通行的有序性[5]。设施增减与空间布局的联动优化实现建筑改造与客流调控的深度结合，空间通行断面拓宽后，匹配客流承载能力调整闸机扶梯护栏等设施的配置规模与布设形式。空间布局改动会重塑站内客流行进路径，设施布局优化可反向规范客流分布状态，两类改造内容相互配合，实现空间形态与客流组织的双向适配。BIM模型完整留存各版本优化方案，记录每一次空间与设施的调整细节，便于多方案对比择优，持续迭代优化设计成果。在建筑结构施工规范机电排布的多重约束条件下，持续完善站内空间布局与通行体系，让地铁换乘站的建筑设计成果充分适配客流组织的核心需求，提升换乘站整体的交通运行效能。

结束语：BIM数字化环境能够承载换乘站复杂空间信息，支撑建筑形体推敲与多专业设备整合。空间模型可标记各类客流行进路径，定位节点区域的通行短板，依托空间边界调整与设施点位优化，协调建筑空间形态与客流通行秩序。建筑构件排布与客流流线的双向适配，理顺站内不同流向人群的通行关系。空间改造与设施布设的联动调整，完善换乘节点的通行条件，为轨道交通换乘站的空间设计提供数字化路径。

参考文献

[1]吕希奎,白娇娇.基于BIM(建筑信息模型)的地铁车站与线路一体化三维建模方法[J].城市轨道交通研究,2026,29(1)：28-34.

[2]徐杰,颜齐.地铁换乘站大客流组织中的导向标识系统效能分析[J].运输经理世界,2026(16)：7-9.

[3]赵敬丽.地铁换乘站客流拥挤度评估与精细化客运服务策略[J].人民公交,2026(10)：57-59.

[4]杨齐,姜岩.地铁换乘站客流组织仿真与优化——以武汉地铁香港路站为例[J].黑龙江交通科技,2026,49(4)：71-77.

[5]李昌宇,曹忠伟,张若楠.基于AnyLogic的地铁换乘站客流组织仿真与优化[J].现代城市轨道交通,2025(2)：123-129.