

复杂民用建筑电气管线综合排布优化与 BIM 技术应用

郭晓蒙 王怀令 李贺海

机械工业第六设计研究院有限公司 河南 郑州 450000

摘 要：现代复杂民用建筑功能布局日趋多元，机电系统设计复杂度持续提升，电气管线作为建筑机电体系的核心组成部分，其排布质量直接影响建筑设备运行稳定性、室内净空效果、施工工期与后期运维条件。本文梳理电气管线分层分区排布、标高间距调控、强弱电隔离防干扰、密集管群整合避让等精细化优化策略。同时搭建完整的 BIM 技术应用实施流程，涵盖前期资料整合建模、多专业模型合并碰撞检测、冲突分类整改、方案迭代深化等关键环节。通过 BIM 三维可视化技术突破传统平面设计局限，实现管线问题前置化处理与排布方案精细化提升。

关键词：复杂民用建筑；电气管线；综合排布优化；BIM 技术应用

引言

在数字化建造技术快速普及的背景下，BIM 技术凭借三维可视化、模型可校核、多专业协同、动态迭代优化等优势，逐步成为建筑机电优化的核心技术手段。利用 BIM 模型能够精准还原建筑内部管线空间状态，提前筛查各类隐蔽冲突问题，为电气管线精细化排布优化提供全新解决路径。现阶段多数工程对 BIM 管线优化的应用仍停留在简单碰撞整改层面，缺少成套的排布优化体系与标准化实施流程，优化深度不足，无法充分发挥数字化技术的应用价值。

1 复杂民用建筑电气管线综合排布优化策略

1.1 管线分层分区域统筹排布优化

(1) 分层排布优化是规范电气管线空间秩序的基础手段。结合建筑层高特点、吊顶构造形式以及管线尺寸参数，对所有电气管线进行竖向层次划分。根据管线功能、管径大小、敷设需求区分上下层级，严格区分强电管线与弱电管线的竖向敷设位置。同时结合通风、给排水等相关专业管线的竖向布局，错开各类管线的敷设高度，避免不同系统管线的竖向空间内出现重叠冲突，保障竖向空间利用的规整性与合理性。(2) 分区域统筹排布主要针对建筑平面空间开展精细化规划。复杂民用建筑不同功能区域的电气负荷需求、管线密集程度存在明显差异。需要结合区域使用功能、设备点位分布、施工操作空间需求，对整体建筑平面进行分区规划^[1]。对管线密集的核心区域进行重点统筹，合理规划管线主干路径与分支走向。对管线分布稀疏的区域进行规整梳理，避免出现局部管线杂乱无序、走向随意的问题。(3) 通过分层分区域的统筹优化方式，可以彻底改变传统管线

无序敷设的状态。让各类电气管线的敷设路径更加清晰规整，有效减少管线交叉重叠和局部堆积的现象。在充分利用建筑有限空间的同时，能够预留充足的施工操作空间和后期检修空间，有效降低现场施工返工概率，全面提升复杂民用建筑电气管线敷设的规范性与实用性。

1.2 管线标高、走向与间距精细化优化

(1) 管线标高精细化优化需要以建筑结构底板、梁体底部以及其他专业管线的空间位置作为参照基准。综合电气管线自身外径、保护层厚度以及支吊架占用空间，完成标高数值的核算工作。在条件允许的区域尽量梳理出统一的敷设基准高度，减少管线频繁上下翻弯的情况。遇到梁体、结构凸起等障碍物时，需要提前规划管线避让路径，避免标高设置完成之后才发现管线与建筑构件发生干涉。标高调整不能只解决碰撞问题，还需要兼顾整体吊顶完成面的高度要求，防止局部管线过低影响建筑使用空间。(2) 管线走向优化需要摒弃就近接驳的简单设计思维，兼顾主干管线的线路短直特性与分支管线的分配逻辑。尽量缩减管线不必要的迂回和折返，以此降低管线材料消耗，减少线路沿途产生的损耗。管线走向应当避开后期需要频繁检修的区域，同时远离容易遭受外力挤压或者高温影响的位置。多条并行敷设的管线要保持走向的一致性，减少管线无规则穿插交错的现象，让整体管线排布形成有序的线路格局。(3) 管线间距的精细化调整需要同时参考规范条文与工程实际需求。强弱电管线之间要保留足够距离削弱电磁相互干扰。并行敷设的同类管线需要留出安装操作间隙，方便后期紧固固定构件。管线与周边建筑构件之间也应当设置合理安全距离，应对管线运行过程中出

现的热胀冷缩形变,防止管线相互挤压摩擦造成保护层破损。

1.3 强弱电管线分离布置与防干扰优化

(1) 强弱电管线分离布置是规避电磁干扰最基础也最核心的优化手段。设计过程中需要严格区分两类管线的敷设路径,从平面走向与竖向标高两个维度实现完全分离。尽量避免两类管线出现长距离并行敷设的情况。对于施工中无法规避的交叉位置,需要调整竖向高度形成垂直交叉,缩短电磁影响的作用时长,杜绝近距离平行贴合敷设的不合理布局^[2]。通过独立规划强弱电管线的主干通道,让两类线路形成各自规整的敷设体系。(2) 在空间分离的基础上,还需要落实针对性的防干扰构造优化。根据电气设计规范预留标准安全间距,杜绝管线间距不足带来的电磁耦合影响。对弱电管线做好屏蔽防护处理,弱化外部电磁场对信号线路的干扰作用。同时规范管线转弯、接驳位置的施工构造,避免线路外露、管线搭接不规范等问题加剧干扰隐患。

1.4 管线集中区域精简整合与避让优化

(1) 管线集中区域的精简整合是优化空间布局的核心方式。针对管线密集的核心区域,需要打破单一专业独立设计的局限,对所有电气管线进行统一梳理与归并整理。将走向一致、功能相近的管线进行集中规整敷设,减少零散管线的无序分布。合并多余迂回的线路,取消不必要的翻弯与绕行结构,精简整体管线布局。通过集中整合的方式,让密集区域的管线排布更加规整有序,有效减少管线叠加层数,释放更多建筑竖向净空空间。(2) 管线避让优化需要结合建筑结构构件与其他专业管线同步开展。优先规避建筑主梁、次梁、结构凸起等承重构件,避免管线强行穿梁、近距离贴合结构构件敷设的问题。同时遵循小管让大管、弱电让强电、常规管线让功能核心管线的排布原则,合理处理各类管线的交叉避让关系。针对检修难度大、运行要求高的管线,优先预留稳定敷设路径,减少后期改造调整的可能性。

2 基于 BIM 的电气管线优化实施流程与应用方法

2.1 项目资料整合与建模前期准备

(1) 项目资料整合阶段需要全面收集建筑工程相关的全套设计资料。主要包含建筑结构图纸、机电各专业施工图纸、建筑层高参数、结构梁柱尺寸以及各类设备基础参数。同时梳理电气专业的系统划分、管线规格、敷设标准、施工规范以及验收要求,充分掌握项目整体设计意图与施工硬性指标。在资料收集完成后,需要对各类图纸信息进行逐一核对梳理,排查图纸当中存在的标注疏漏、尺寸冲突、参数矛盾等问题。提前处理图纸

问题,避免错误信息带入 BIM 建模环节,造成模型搭建偏差与优化方案失效。(2) 在资料梳理完成后,需要统一整体建模标准,为后续精细化建模奠定基础^[3]。结合民用建筑电气施工规范与项目设计要求,制定专属的建模精度体系、构件命名规则、管线颜色划分标准与图层管理制度。对强电系统、弱电系统、照明系统、消防电气系统进行分类定义,保证不同专业管线的模型层次清晰、属性完整、区分明确。统一建模参数可以避免多人建模出现标准混乱、格式不统一、信息错乱等问题,提升整体模型的规范性与可利用性。(3) 前期准备还需要完成施工工况与空间条件的分析工作。结合建筑吊顶构造、设备井位置、管线敷设通道、结构限位条件,提前梳理管线敷设的受限区域与可控空间。明确不可改动的结构构件、固定设备以及安全防护范围,提前划定管线可敷设路径与避让边界。有效避免后期建模完成后出现大范围空间冲突,减少模型整改工作量。

2.2 多专业模型整合与初始碰撞检测

(1) 多专业模型整合工作需要以统一的坐标体系和标高基准为基础,将建筑结构模型、各机电专业模型进行汇总叠加。整合过程中需要严格核对模型基点、楼层标高、轴网体系的一致性,杜绝因基准不统一产生的假性碰撞问题。同时对各专业模型的构件完整性进行二次核查,补全缺失的管线构件、设备接口和附属配件,保证整合后的整体模型能够完全还原建筑真实的空间构造与设备管线布局,为后续碰撞检测提供精准的模型基础。(2) 模型整合完成后,即可开展全方位的初始碰撞检测工作^[4]。结合民用建筑机电施工规范与管线排布原则,设置科学的检测参数与筛选条件,针对管线交叉重叠、管线与结构构件干涉、管线间距不达标、设备安装空间不足等问题进行全面筛查。检测过程中需要区分真实碰撞与假性碰撞,过滤参数误差、模型绘制偏差带来的无效检测结果,精准定位所有影响施工落地的实质性空间冲突问题。(3) 同时需要对检测出的碰撞问题进行系统性分类梳理,按照冲突严重程度、影响范围和整改难度划分等级。重点标注梁柱位置管线穿挡、密集管群重叠、净空不足等关键性问题,建立完整的问题台账,明确各类冲突的分布区域、冲突类型和整改优先级。通过分类分级的梳理方式,能够让后续管线优化整改工作更有条理,避免无序整改造成的新排布问题。

2.3 管线冲突问题分类整改与方案调整

(1) 需要对检测得到的冲突问题进行标准化分类梳理。按照冲突成因可以划分为管线标高冲突、并行间距冲突、跨专业穿插冲突以及结构干涉冲突等类别。按照

影响程度可以划分为重大冲突、一般冲突与轻微冲突。重大冲突多为管线与主体结构碰撞、主干电气管线与其他大型主管线严重重叠,会直接影响施工可行性与建筑净空。一般冲突多为分支管线局部交叉重叠,不会造成大面积净空不足,但会影响安装工序。轻微冲突多为管线间距不规范、局部排布杂乱等细节问题,对整体施工影响较小。通过分类分级可以明确整改顺序,优先处理关键位置的核心矛盾。(2)在整改实施阶段需要严格遵循机电管线排布通用原则,制定科学的调整逻辑。依据小管避让大管、柔性管线避让硬性管线、普通管线避让功能性核心管线的基础规则,对各类冲突点位进行调整优化。针对电气管线与结构梁柱的干涉问题,优先调整管线走向与敷设标高,杜绝违规穿结构的敷设方式。针对强弱电管线相互干扰、间距不足的问题,重新规划两类管线的主干路径,实现空间完全隔离。针对管群密集区域的扎堆冲突,通过精简整合、分层排布的方式梳理管线秩序。(3)方案调整过程中需要杜绝单一点位整改带来的局部优化整体失衡问题。每一处管线调整都需要同步复核周边区域的管线布局状态,判断调整后是否产生新的碰撞问题、是否出现管线绕行过长、是否影响设备接口对接精度。兼顾施工安装空间、后期检修通道与吊顶完成面高度,保证整改后的管线布局不仅可以消除冲突,还具备良好的实用性与规整性。

2.4 基于 BIM 的优化排布方案迭代深化

(1)迭代深化工作以初版优化模型为基础,不再局限于消除管线碰撞问题,而是转向全方位精细化品质提升。首先对整体管线布局进行系统性梳理,排查局部管线走向迂回、转弯过多、排布疏密不均等隐性问题。针对主干管线重点核查线路平直度与路径合理性,减少不必要的角度转折。针对分支管线统一排布间距与标高标准,让整体管群形成层次分明秩序统一的敷设格局,改善传统优化只解决问题不提升品质的短板。(2)在迭代过程中,需要同步结合施工工艺要求开展方案适配调整。依托 BIM 三维可视化优势,模拟现场管线安装顺

序与施工操作空间,排查管线密集区域是否存在安装死角^[5]。校核综合支吊架的布设点位、承载范围与安装空间,确保优化后的管线布局能够适配标准化施工流程。避免纸面模型优化效果良好,但现场无法正常安装、后期无法紧固固定的问题出现,保障方案的落地可行性。(3)迭代深化需要兼顾建筑长期运维需求,对管线检修空间、设备操作空间进行二次优化。针对电气设备集中点位、管线接驳位置、强弱电切换节点,预留充足的检修操作范围。调整管线遮挡布局,避免核心电气元件被多层管线包裹遮挡,降低后期故障排查、管线更换以及系统调试的工作难度。在不改动结构、不压缩净空的前提下,最大化提升管线系统的运维便捷性。每一轮方案调整完成后,都需要重新整合模型进行全面复核校验,验证优化效果并排查新增隐患。

结束语

综上所述,BIM 数字化技术与管线精细化排布策略相结合,能够显著提升电气管线设计的规范性与精准度,有效降低施工返工率,节约工程建设成本,改善建筑室内空间效果,同时为后期设备检修、系统改造提供良好的运维条件。

参考文献

- [1] 曹森.BIM 技术在高层建筑电气安装管线综合排布中的应用实践[J].中国高新科技,2026,(10):87-89.
- [2] 肖成林.BIM 技术在建筑电气管线综合排布施工中的应用[J].中国科技期刊数据库工业 C,2026,(4):198-201.
- [3] 蒋曼洁,王健.BIM 技术在城市综合体管线综合排布优化中的应用[J].四川水泥,2026,(2):43-45.
- [4] 陈霞午.BIM+AR 技术在建筑机电管线综合排布中的应用实践[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2026,(2):054-057.
- [5] 何靖宇,王永伟,胡笔滔,等.BIM 技术在建筑机电管线综合排布中的应用实践[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2026,(5):180-183.