

# 基于 BIM 技术的机电设备电气管线优化布置探究

寿超杰

杭州杭港地铁五号线有限公司 浙江 杭州 311100

**【摘要】**：机电设备与电气管线在建筑工程中占据大量空间，其布置合理性直接影响施工效率、运行维护及建筑整体性能。传统布置方式存在信息分散、碰撞难以提前发现、协调成本高等问题。BIM 技术基于三维模型与信息集成，能够实现机电系统间的协同设计与精细化管理。本研究围绕 BIM 技术在机电设备与电气管线优化布置中的应用展开分析，从空间冲突检测、路径优化、施工可视化和工程协同等方面探讨其技术优势与实施价值。研究内容聚焦模型构建流程、优化策略及应用效果评价，旨在为复杂机电系统的综合布置提供可操作的方法依据，并为工程设计的数字化与精细化发展提供支撑。

**【关键词】**：BIM 技术；机电设备；电气管线；优化布置；协同设计

DOI:10.12417/2705-0998.25.22.086

## 引言

在现代建筑工程中，机电系统规模不断扩大，设备与电气管线的布置愈加复杂，空间资源矛盾突出，设计与施工阶段面临较高的协调难度。传统二维设计难以准确反映实际空间关系，导致现场碰撞频发、返工率上升、施工周期延长。随着数字化技术的发展，BIM 技术凭借三维可视化、信息集成与协同管理能力，为机电系统综合优化提供了新的解决途径。通过构建精确的建筑信息模型，可在设计阶段预判冲突、优化路径、提高工程决策效率。本研究旨在探讨 BIM 技术在机电设备与电气管线优化布置中的应用作用及其可行策略，以期提升机电工程的设计质量与施工组织水平。

## 1 BIM 支撑下机电与电气管线布局的发展态势

随着建筑规模与功能复杂度不断提升，传统二维设计已难以满足空间协调与信息管理需求，机电系统布置逐渐转向以三维信息模型为基础的数字化表达模式。BIM 技术在模型构建阶段即可生成包含设备参数、管线规格、安装标高及运行需求的集成信息，使机电系统的空间组织方式从经验式、分散式设计向数据驱动的整体规划方式转变。三维可视化能力使设计人员能够在模型环境中直观识别空间关系，提前判断布置的合理性，为后续优化提供结构化依据。

随着工程协同需求的增强，机电、电气、结构、暖通等专业在同一模型平台上的同步作业逐渐成为常态，多源信息共享机制提高了设计阶段的协调效率。以往依赖人工对比图纸的工作方式被数字化核查、自动碰撞检测等工具取代，从源头减少错漏碰缺。机电系统布局的策略也变得更加精细，通过参数化建模、路径模拟与构件逻辑约束，可在早期形成更符合建筑功能与施工要求的布置方案。BIM 的数据关联特性使管线路径、设备布点与维护空间的设置更加科学，避免因局部调整造成整体排布失衡。

从施工组织角度来看，BIM 模型为深化设计、预制加工与装配式施工提供了量化的数据基础，机电构件可在工厂按模

型尺寸进行标准化制作，现场安装精度显著提升。管线综合布局在模型阶段得到优化后，施工阶段的空间冲突减少，施工顺序安排更加可控，为机电系统整体性能奠定良好基础。运维管理层面也体现出 BIM 技术的价值，通过模型承载的全生命周期信息，可在运行阶段快速定位管线与设备位置，提高检修效率<sup>[1]</sup>。当下机电与电气管线布局的发展态势呈现由传统图纸式设计向数字化、智能化协同设计转型的特点，BIM 已成为驱动这一转型的核心工具。其带来的空间表达、信息集成与协同管理能力，使机电设计不再局限于图纸呈现，而是向精细化、前置化、可验证的技术体系迈进，为复杂建筑机电系统的优化布置提供了更可靠的技术支撑。

## 2 复杂机电系统空间配置中暴露出的关键矛盾

复杂机电系统的空间配置在实际工程中往往面临结构约束、功能需求与专业协调多重压力，诸多矛盾在设计与施工过程中逐渐显现。机电系统构成庞杂，包含暖通、给排水、消防、电气照明、弱电控制等多类管线，其运行特性和设计规范差异显著。不同系统在空间中的优先级、标高要求与安装方式存在差异，使有限空间内的资源竞争愈加突出。结构梁底标高偏低、设备机房面积不足、竖向管井位置受限等条件，使各专业难以按照理想路径完成布置，设计人员需要在安全距离、检修空间和管线顺序之间不断寻找平衡。

在协同方面，机电、电气与其他专业之间的接口问题长期是引发布置冲突的关键因素。传统设计模式依赖各专业独立出图，信息传递滞后，图纸版本不一致，导致局部调整未能及时同步，使得空间冲突在施工阶段才被发现。管线走向、设备安装方式与结构节点存在密集交叉区域时，专业间缺乏约束规则，常出现消防喷淋与风管互相遮挡、电缆桥架与通风管争夺主要通道等典型矛盾。局部优化往往会破坏整体布局，使布局复杂性呈现连锁反应。设计方法的局限性也加剧了矛盾的出现。二维图纸难以准确表达三维空间关系，专业人员对现场构造的理解存在偏差，导致布置方案与实际条件不符<sup>[2]</sup>。传统布置方式以经验判断为主，缺少量化分析工具，在设备选型、

管线截面尺寸确定及负载分配等方面难以形成系统化依据。由此产生的误差在高密度布置场景中被放大，形成排布紊乱、标高冲突和可维护性不足等问题。

施工阶段的矛盾同样显著，机电系统安装顺序复杂，现场变化频繁，设计深度不足或布置缺乏合理性易导致返工。高密度管线环境下各工种对施工面、作业顺序及安全距离的需求更为严格，若图纸未充分体现施工工艺，安装过程将难以顺利落实。检修空间受限、设备布点欠合理、电气线路过长等问题在运维阶段也会引发效率下降与成本增加。这些矛盾集中反映出复杂机电系统在多专业、多参数与多约束叠加下的协调困难。缺少统一的空间管理平台、信息共享不及时与布置逻辑不可验证，使问题易于产生却难以及早化解，对优化设计能力提出了更高要求。

### 3 面向优化布置的数字化协同路径

面向优化布置的数字化协同路径强调在机电设计全过程中建立以数据驱动的工作机制，使空间配置在逻辑层面与工程环境中具备可验证性和可调整性。BIM 模型作为核心载体，通过参数化建模与构件信息集成，使设备与管线在初始阶段即具备形体、性能和安装属性等关键数据，为协同设计提供稳定的基础信息。多专业在共享模型中进行布置，比对标高、路径和检修需求时能够借助模型可视化实现即时判断，避免传统重复校对与信息滞后的弊端。数据在模型中的流动方式由人工传递转变为系统同步，使协同效率获得显著提升。

基于数字化规则的布置策略为优化路径提供了方法论支撑。通过为不同系统设定优先级、等级管理方式及间距约束，可使模型在自动布线或半自动布线过程中遵循工程逻辑。例如通风系统需占据主通道，消防喷淋保留固定标高，电气桥架需具备相对可调整性等，这些设计逻辑在参数化规则中得以固化，使布置决策具有可重复性与可追溯性<sup>[3]</sup>。规则化配置减少了人为判断的不确定性，使布置过程从经验依赖转向模型控制，提高整体方案的稳定性。数字化碰撞检测是协同路径中的关键环节，通过三维模型对不同专业构件进行空间关系识别，可自动分类硬碰撞、软碰撞及距离不足等问题类型，从而更精确地制定调整策略。碰撞问题在模型阶段得到识别，为优化布置提供了可视化依据，使设计人员能够通过调整标高、修改尺寸或重新规划路径等方式实现空间协调。结合布置模拟功能，可评估调整是否会对其他区域造成影响，使优化过程呈现整体性和连续性。

施工模拟在数字化协同路径中发挥重要作用。通过对施工顺序、吊装路径、装配流程等内容进行动态演示，可验证布置方案的施工可行性。若在模型中发现安装空间受限或施工面不足，可及时回溯设计调整，减少现场返工风险。机电设备的维护特性同样需要在模型中进行验证，通过可视化检查检修通

道、操作空间与拆装范围，确保布置方案符合长期运维需求。数字化协同路径为机电系统布局提供了贯穿全生命周期的评价机制。布置结果不再停留于图纸阶段，而是在模型环境中经过空间、施工、运维多维度校核，形成更具可靠性的优化方案。

### 4 三维集成建模提升布置成效的工程验证

三维集成建模在机电与电气管线优化布置中的工程验证体现了模型驱动设计的实际效益。通过构建包含设备参数、构件属性与安装要求的综合模型，设计团队能够在工程早期完成高密度系统间的空间统筹。模型对建筑结构、机房布置、竖井容量和各类管线走向进行整体呈现，使布置方案在生成阶段即可根据空间形态和工程逻辑自动形成可行路径。管线间的相对位置关系通过模型不断校核，避免出现传统二维图纸下难以识别的交叉冲突，显著减少因设计深度不足导致的现场调整。

在工程应用中，三维集成建模能够提供精确的碰撞数据，使优化过程具备量化依据。不同系统构件在模型中的位置、尺寸与标高均可实时比对，通过分类统计碰撞类型，设计团队可以明确调整范围，实现定向优化。模型提供的可视化分析使局部复杂区的布置变得直观，设计人员能够快速识别空间瓶颈，并通过局部模型调整或整体路径重构实现更高效的空间利用。管综区域的优化往往能够将空间压缩率控制在合理范围内，为后续施工留出充足工艺条件。在施工验证方面，三维集成建模发挥了明显的指导作用<sup>[4]</sup>。施工单位可依据模型生成的深化图、预制加工数据及安装序列开展现场作业，减少传统方式中因图纸理解偏差造成的安装误差。模型中的构件信息能够直接转化为预制加工尺寸，使管件、桥架及支吊架在工厂加工阶段即可满足现场需求。预制化程度的提高提升了施工节奏稳定性，也改善了现场作业的组织效率。通过施工模拟，可提前判断吊装路径、操作空间与安装顺序是否合理，为复杂区域的施工提供决策支撑。

三维集成建模对运维阶段的价值同样在工程应用中得到验证。模型中保留的构件编码、设备性能参数与检修要求，使管理人员能够快速定位设施位置，通过模型查看设备周边的布置情况，评估检修空间是否可达。对于管线较为密集的区域，模型提供的拆装顺序参考能够降低维护风险，提高应急处理能力。通过模型实现的全程信息关联，使设备运行状态与布置逻辑保持一致，为长期管理提供可靠的数据基础。

### 5 基于信息化集成的机电设计演进方向

基于信息化集成的机电设计演进方向正在从模型呈现向智能决策与全周期管理深化，设计模式逐渐由图形表达向数据驱动转变。信息模型在未来机电设计中的角色不再局限于三维载体，而是承担计算、预测与管理的综合平台。随着数据标准化程度提高，机电设备参数、运行需求和管线规则将通过统一编码体系进行关联，使不同阶段产生的数据能够无缝流通，为

深度协同奠定基础。设计过程在信息集成的支持下可形成可持续演化的数字链条,使机电系统在整个生命周期内保持一致性。

面向智能化的设计理念推动机电系统向规则化、自动化生成的方向发展。通过建立机电构件族库、布置规范和专业约束逻辑,可使系统在模型中根据空间条件自动调整路径或标高,实现部分设计工作的自动推演。算法化布置方式能够减少人为判断造成的误差,使机电设计具备更高的可靠性<sup>[5]</sup>。未来在人工智能辅助下,机电布置方案可通过空间算法、智能搜索与仿真计算生成多套对比方案,为设计人员提供优化建议,使设计决策从经验导向转向数据验证。信息化集成为机电设计提供更具前瞻性的性能分析能力。通过模型载入流场模拟、电气负荷计算和能效评估等技术,可在设计阶段预测系统运行状态,为设备选型、路径规划和空间布置提供量化依据。多场景比对能力使机电设计能够同时兼顾能源效率、空间利用和施工可行性,使优化结果具备综合价值。随着建筑运营数据逐渐接入模型,机电系统将形成动态反馈机制,使设计理念能够根据实际

运行情况持续调整。

在协同管理方向,信息化平台将为各参与方构建统一的沟通与监督体系。设计、施工与运维信息能够在同一平台上持续更新,使机电系统的变更过程被透明记录,减少因信息滞后导致的决策偏差。基于模型的审查机制也将更加完善,通过自动校核布置规则、安装要求和安全距离,使设计审核过程更加高效。信息互通加强了专业间的互动,使机电设计参与者能够在共享环境中进行实时协作,降低多专业耦合带来的管理负担。

## 6 结语

机电与电气管线优化正向数字化、智能化方向加速演进,BIM技术在这一过程中展现出核心支撑作用。通过三维集成建模、协同设计机制以及数据驱动的优化方法,机电系统在空间组织、施工可行性与运维管理等方面的表现得到显著提升。各阶段信息的连续传递为工程实施提供更高的准确性,使复杂系统在多约束条件下实现协调统一。随着信息化集成程度不断增强,机电设计将形成更加完善的技术体系,为工程建设的高质量发展奠定坚实基础。

## 参考文献:

- [1] 周多彪.建筑机电安装中电气管线的预留技术[J].内蒙古科技与经济,2025,(07):157-160.
- [2] 任源皓.建筑机电安装中电气管线的预留技术[J].中国住宅设施,2023,(10):97-99.
- [3] 孙晨宇,张磊.建筑机电安装中电气管线的预留技术探析[J].城市建设理论研究(电子版),2022,(23):79-81.
- [4] 王军武,崔革,谭霖.基于BIM技术的机电工程模型创建与设计[M].武汉理工大学出版社:202008:307.
- [5] 李印洲,胡郭晨.EPC项目中BIM机电综合管网设计优化方法及实际应用[J].建筑机械,2025,(09):250-253+259.