

机电工程建筑机电管线综合排布BIM优化与碰撞检查

舒丽萍

江西省恒通供用电工程有限公司 江西南昌 330000

摘要: 本文针对建筑机电工程中管线综合排布复杂、碰撞问题突出的现状,深入研究基于BIM技术的管线综合排布优化与碰撞检查方法。首先,阐述了BIM技术在建筑机电工程中的应用优势,分析了传统管线排布方式存在的不足。其次,构建了基于BIM的管线综合排布优化流程,包括模型创建、碰撞检查、优化调整等关键环节,并提出了基于空间优先级和功能需求的管线排布优化原则。通过具体工程案例,验证了所提方法的有效性,结果表明,采用BIM技术进行管线综合排布优化与碰撞检查,能够显著减少施工阶段的管线碰撞问题,提高管线排布的合理性和施工效率,降低工程成本。最后,对BIM技术在建筑机电管线综合领域的应用前景进行了展望,为相关工程实践提供参考。

关键词: BIM技术; 建筑机电工程; 管线综合排布; 优化设计; 碰撞检查

引言

随着现代建筑向大型化、复杂化、智能化方向发展,建筑机电工程系统日益复杂,涉及给排水、暖通空调、电气、消防等多个专业管线。传统的二维设计模式下,各专业管线设计相对独立,缺乏有效的协同沟通,导致施工阶段管线碰撞问题频发,不仅影响施工进度,还可能造成返工浪费,增加工程成本。BIM(建筑信息模型)技术作为一种集成化的数字化管理工具,能够实现建筑全生命周期的信息共享与协同工作,为解决建筑机电管线综合排布问题提供了新的技术手段。因此,研究基于BIM的建筑机电管线综合排布优化与碰撞检查方法,对于提高工程设计质量、降低施工风险、提升项目管理水平具有重要的理论意义和实际应用价值。

一、BIM技术在建筑机电管线综合中的应用基础

(一) BIM技术的概念与特点

BIM技术是一种基于数字化模型的建筑全生命周期管理方法,它以三维数字技术为基础,集成了建筑工程项目各种相关信息的工程数据模型。BIM模型具有可视化、参数化、协同性、模拟性和可出图性等特点。可视化使得设计人员能够直观地看到建筑内部的管线布置情况;参数化特性使得模型中的构件具有相互关联的参数,修改一个构件的参数会自动影响相关构件;协同性支持多个专业设计人员在同一模型上进行协同工作,提高设计效率;模拟性可以对施工过程、管线性能等进行模拟

分析;可出图性能能够根据BIM模型自动生成各种施工图纸和报表^[1]。

(二) 建筑机电管线综合的基本原则

建筑机电管线综合排布应遵循以下基本原则:(1) 满足功能要求:管线的布置应首先满足各系统的使用功能,确保管线的正常运行和维护。(2) 节约空间:在满足功能要求的前提下,尽量减小管线占用的空间,为建筑其他部分留出更多的使用空间。(3) 便于施工和维护:管线的布置应考虑施工的便利性和后期维护的可操作性,避免管线布置过于密集或位置不合理导致施工困难和维护不便。(4) 安全可靠:管线的布置应符合相关的安全规范和标准,确保管线运行的安全可靠,避免发生安全事故。(5) 美观协调:在公共区域和重要部位,管线的布置应考虑美观性,与建筑整体风格相协调。

(三) BIM软件在管线综合中的应用

目前,在建筑信息模型(BIM)技术应用领域,常用的专业软件主要包括Autodesk公司的Revit、Bentley系统的OpenBuildings以及Graphisoft公司的ArchiCAD等主流平台。这些软件均开发了针对建筑机电管线工程的强大建模引擎与综合协调功能模块。以应用广泛的Revit软件为例,其内置各专业标准化管线构件库,设计人员可用参数化建模技术快速搭建含关键属性信息的三维管线模型^[2]。在多专业协同设计中,Revit通过外部参照功能整合不同专业BIM模型,实现全专业模型数字化集成。系统内置碰撞检查工具能对综合模型自动化检测,精准

识别空间冲突点,生成详细报告,为管线优化和标高调整提供数据支撑。此外,为满足复杂工程项目的深化设计需求,Navisworks、Solibri Model Checker等第三方专业分析软件可与BIM核心建模软件无缝对接,通过高级算法实现跨专业模型的深度碰撞检测、净空分析、管线综合优化方案模拟,并支持将分析结果以动态漫游、剖切视图等可视化方式呈现,有效提升管线综合设计的效率与质量控制水平。

二、基于BIM的建筑机电管线综合排布优化流程

(一) BIM模型创建与整合

BIM模型创建是管线综合排布优化的基础。首先,各专业设计人员根据设计图纸和规范要求,在各自的BIM软件中创建专业管线模型。模型创建应保证构件的参数化和准确性,包括管线的尺寸、材质、走向、连接方式等信息。在创建模型时,应遵循统一的建模标准和命名规则,确保各专业模型的兼容性。模型创建完成后,需要将各专业模型整合到一个统一的项目文件中,形成建筑机电综合模型。模型整合过程中,需要进行坐标定位和标高对齐,确保各专业模型在空间位置上的一致性。

(二) 碰撞检查参数设置与执行

碰撞检查是发现管线之间以及管线与建筑结构之间碰撞问题的关键环节。在进行碰撞检查前,需要根据工程实际情况设置碰撞检查参数,包括碰撞检查的范围(如哪些专业之间进行碰撞检查)、碰撞类型(如硬碰撞、间隙碰撞等)、碰撞容差等。参数设置完成后,运行BIM软件或第三方碰撞检查软件的碰撞检查功能,对综合模型进行碰撞检测。碰撞检查完成后,软件会生成详细的碰撞报告,报告中包含碰撞点的位置、涉及的构件、碰撞类型等信息。设计人员可以根据碰撞报告查看碰撞情况,并对碰撞问题进行分类和优先级排序^[3]。

三、建筑机电管线综合排布优化策略

(一) 基于空间优先级的管线排布优化

在建筑机电管线综合排布中,不同专业的管线在空间占用上可能存在冲突。因此,需要根据管线的重要性和功能需求,确定管线的空间优先级。一般来说,可以按照以下原则确定管线优先级:(1)有压管让无压管;(2)小管线让大管线;(3)支管让干管;(4)临时管线让永久管线;此外,还应考虑管线的安装和维护空间。例如排水管道为无压管,坡度要求严格(通常 $\geq 2\%$),一旦堵塞维修困难,其空间优先级通常较高;空调风管尺寸较大(如商业项目主风管尺寸可达 $1200 \times 400\text{mm}$),

占用空间多,其优先级也相对较高。某写字楼项目统计显示,按空间优先级排布后,管线硬碰撞发生率降低65%,其中无压管道与其他管线的冲突解决率达90%。

(二) 基于功能需求的管线排布优化

除了空间优先级外,还需要根据管线的功能需求对管线排布进行优化。例如,电气管线应避免与强磁场和热源(如距离配电箱 $\geq 300\text{mm}$)接触,以保证电气设备的正常运行;空调风管的布置应保证气流组织合理(风速控制在 $3\text{--}8\text{m/s}$),满足室内空调效果要求;给排水管线的布置应考虑水流速度(给水管道流速 $1.0\text{--}1.5\text{m/s}$,排水管道流速 $0.6\text{--}1.0\text{m/s}$)和压力损失,确保供水和排水的顺畅^[4]。在优化过程中,可以利用BIM软件的模拟分析功能,对管线系统的性能进行模拟,如某商业综合体通过Revit的水力计算功能,将空调冷冻水管的压力损失控制在 50Pa/m 以内,较规范限值降低15%,系统能耗显著优化。

(三) 管线综合优化方案的比选与确定

针对碰撞检查发现的问题和初步提出的优化方案,需要进行多方案比选。比选时应考虑以下因素:方案的可行性(是否易于施工和操作)、经济性(是否能够降低工程成本)、安全性(是否符合安全规范要求)、功能性(是否满足系统使用功能)以及对建筑空间的影响等。某医院项目中,针对手术室上方管线密集问题,提出“桥架上翻+风管分层”和“局部降板”两个方案,经测算,前者施工成本增加5万元但不影响层高,后者节省3万元但降低净高 0.3m ,最终选择前者以保障医疗功能。可以邀请设计、施工、监理等各方人员共同参与方案比选,充分听取各方意见^[5]。通过综合评估和比较,选择最优的管线综合优化方案,并据此对BIM模型进行调整和修改,形成最终的管线综合排布方案。

四、工程案例

(一) 工程概况

上海某超高层商业综合体项目,总建筑面积约12万平方米,地下3层(含人防、车库、设备机房),地上25层(1-5层为商业,6-25层为办公)。机电工程涉及给排水(含雨水、污水、消火栓系统)、暖通空调(含新风、排烟、空调水系统)、电气(强电桥架、弱电桥架、母线槽)、消防(喷淋、火灾报警管线)等系统,管线密集区域(如地下室、标准层吊顶)各类管线交叉复杂,传统二维设计易出现碰撞问题。

(二) BIM模型构建与碰撞检查实施

各专业采用Revit2021创建模型:给排水专业按管

道材质（镀锌钢管、UPVC管）建模，暖通专业区分风管（镀锌钢板）与空调水管（无缝钢管），电气专业明确桥架规格（如300×150mm弱电桥架、200×100mm弱电桥架）。BIM中心通过NavisworksManage整合模型，设置碰撞检查参数：硬碰撞（构件间距≤0）、间隙碰撞（管线与结构间距≤100mm），检查范围覆盖“机电各专业间+机电与建筑结构”。首次碰撞检查共发现碰撞点1286处，其中风管与桥架碰撞423处（占33%）、给水管与排水管冲突289处（占22%）、管线与梁/柱碰撞317处（占25%），其余为设备与管线碰撞。

（三）管线综合排布优化过程及效果分析

项目组织设计、施工、监理召开3次协调会，按优化策略解决碰撞问题：

地下室车库区域：优先保证DN300排水干管（坡度2‰）和800×400mm排烟风管布置，将弱电桥架（300×150mm）分层贴梁敷设，弱电桥架（200×100mm）沿柱边调整，解决碰撞点215处；

标准层办公区域：空调风管（600×300mm）贴吊顶龙骨布置，喷淋支管（DN25）绕风管避让，电气管线穿梁预留孔洞，减少碰撞点386处；

设备机房：根据冷水机组、水泵的安装尺寸，预留1.2m维修通道，将管线沿墙排布，解决碰撞点152处。

最终优化后二次碰撞检查显示，剩余碰撞点仅72处（多为可现场调整的微小间隙碰撞），碰撞解决率达94.4%。项目实施后，施工阶段因管线碰撞导致的返工率从传统项目的15%降至3.2%，节约人工及材料成本约86万元，地下室管线施工工期缩短18天，为后续装修工程提前创造条件。

五、结论与展望

（一）主要研究结论

本文通过对基于BIM的建筑机电管线综合排布优化与碰撞检查方法的研究，得出以下主要结论：（1）BIM技术能够有效解决传统管线综合排布方式存在的不足，通过三维建模、碰撞检查和协同设计等功能，提高了管线综合排布的效率和质量。（2）构建的基于BIM的管线

综合排布优化流程，包括模型创建、碰撞检查、优化调整等环节，具有较强的可操作性，能够指导实际工程应用；提出的基于空间优先级和功能需求的管线排布优化原则和策略，能够为管线综合优化提供科学依据。（3）工程案例应用表明，采用BIM技术进行管线综合排布优化与碰撞检查，能够显著减少碰撞点数量，降低施工返工率，节约工程成本，取得了良好的经济效益和社会效益。

（二）研究不足与未来展望

本文的研究虽然取得了一定的成果，但仍存在一些不足之处有待于进一步研究和完善。例如，在管线综合优化算法方面，目前主要依靠人工经验进行调整和优化，缺乏智能化的优化算法支持；BIM模型的信息管理和应用深度还有待提高，如何实现BIM模型与施工管理、运维管理等环节的有效对接，需要进一步探索。未来研究方向可以包括：（1）研究基于人工智能和机器学习的管线综合智能优化算法，实现管线排布的自动化优化；（2）加强BIM技术与物联网、大数据、云计算等新兴技术的融合，拓展BIM技术在建筑机电工程全生命周期管理中的应用；（3）制定更加完善的BIM应用标准和规范，推动BIM技术在建筑行业的普及和应用。

参考文献

- [1] 贾淑明, 刘君. BIM技术在机电安装工程中的优化应用[J]. 兰州工业学院学报, 2022(002): 029. DOI: 10.3969/j.issn.1009-2269.2022.02.008.
- [2] 孙鑫, 杨荣伟. 基于BIM技术的机电管线防碰撞分析[J]. 现代隧道技术, 2021, 58(S02): 5. DOI: 10.13807/j.cnki.mtt.2021.S2.010.
- [3] 袁伟龙. 基于BIM技术的建筑机电安装误差检测方法[J]. 自动化应用, 2022(11): 62-64.
- [4] 陈鑫尧, 王亮. 基于Revit的机电工程碰撞检测二次开发[J]. 建筑结构, 2021, 51(S02): 1271-1276.
- [5] 游涛. 机电工程综合管线优化中BIM技术的应用[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2022(6): 3.