

基于BIM的机电安装工程碰撞检查与优化实践

郭鑫磊

中交一公局第八工程有限公司 天津 300171

摘要：随着建筑行业的不断发展，机电安装工程的复杂程度日益提高，传统的设计与施工方式在应对复杂机电系统时暴露出诸多问题，其中碰撞问题尤为突出。BIM（BuildingInformationModeling，建筑信息模型）技术的出现为机电安装工程的碰撞检查与优化提供了有效的解决方案。本文深入探讨了基于BIM的机电安装工程碰撞检查与优化的实践应用，分析了BIM技术在碰撞检查中的优势，详细阐述了碰撞检查的流程、方法以及优化策略，并结合实际案例展示了BIM技术在提高机电安装工程质量、效率和降低成本方面的显著成效。

关键词：BIM技术；机电安装工程；碰撞检查；优化实践

1 引言

在建筑工程中，机电安装工程涵盖了给排水、电气、暖通空调等多个专业系统，这些系统相互关联、交错布置。传统的设计方式通常采用二维图纸，各专业设计人员独立工作，缺乏有效的协同与沟通，导致在施工过程中经常出现不同专业管线之间的碰撞问题。碰撞问题不仅会影响施工进度，增加施工成本，还可能对建筑的使用功能和安全性造成潜在威胁。BIM技术作为一种新兴的数字化技术，通过创建包含建筑几何信息、物理信息和功能信息的三维模型，实现了各专业之间的信息共享和协同工作。在机电安装工程中，利用BIM技术进行碰撞检查可以提前发现设计中的冲突，为设计优化提供依据，从而有效避免施工过程中的返工和变更，提高工程质量和效益。

2 基于BIM的机电安装工程碰撞检查流程

2.1 模型创建

各专业设计人员根据设计图纸和相关规范要求，使用BIM建模软件（如Revit、Bentley等）创建本专业的BIM模型。在创建模型过程中，要确保模型的准确性和完整性，包括管线的几何尺寸、标高、连接方式等信息。同时，要按照统一的建模标准和规范进行建模，以便后续的模型整合和碰撞检查。

2.2 模型整合

将各专业的BIM模型导入到同一个项目中，进行模型整合。在整合过程中，要检查各专业模型之间的坐标系是否一致，确保模型能够准确对接。此外，还要对模型进行清理和优化，删除重复的构件和无效的信息，提高模型的运行效率。

2.3 碰撞检查规则设置

根据机电安装工程的特点和相关规范要求，设置碰

撞检查规则。碰撞检查规则包括碰撞类型（如硬碰撞、软碰撞）、碰撞距离阈值等。硬碰撞是指两个或多个构件在空间上直接重叠或交叉；软碰撞是指构件之间虽然不直接接触，但间距过小，可能影响施工或使用功能^[1]。例如，对于电气管线与给排水管线之间的碰撞检查，可以设置一定的间距阈值，当两者间距小于该阈值时，判定为碰撞。

2.4 碰撞检查执行

使用BIM软件中的碰撞检查工具，对整合后的BIM模型进行碰撞检查。软件会自动扫描模型中的所有构件，根据设定的碰撞检查规则，找出所有符合条件的碰撞点，并生成碰撞报告。碰撞报告通常包括碰撞点的位置、涉及的专业和构件信息、碰撞类型等内容。

2.5 碰撞结果分析与处理

对碰撞报告进行分析，确定碰撞点的严重程度和影响范围。对于一些轻微的碰撞，可以通过调整管线的局部走向或标高来解决；对于一些严重的碰撞，可能需要重新设计管线的布置方案。在处理碰撞问题时，要充分考虑各专业之间的协调和配合，确保解决方案的可行性和合理性。同时，要将处理结果及时反馈到BIM模型中，更新模型信息。

2.6 优化方案验证

对优化后的BIM模型再次进行碰撞检查，验证优化方案的有效性。确保经过优化后，模型中不再存在碰撞问题。如果仍然存在碰撞，需要进一步分析原因，调整优化方案，直到满足要求为止。

3 基于BIM的机电安装工程碰撞检查方法

3.1 硬碰撞检查

硬碰撞检查是最基本的碰撞检查方法，主要检查不同专业构件之间的直接物理冲突。在BIM软件中，可以通

过设置碰撞检测规则，自动识别出模型中的硬碰撞点。例如，在检查电气桥架与暖通空调风管的碰撞时，软件会根据两者的几何形状和位置关系，判断是否存在重叠或交叉的情况。对于硬碰撞，通常需要调整管线的走向或标高，使其相互避开。

3.2 软碰撞检查

软碰撞检查主要考虑构件之间的间距是否满足施工和使用要求。例如，在检查电缆桥架与水管之间的间距时，要确保两者之间有足够的空间进行安装、维护和检修。软碰撞检查的阈值可以根据相关规范和实际经验进行设置^[2]。对于软碰撞，可以通过调整管线的间距或增加支架等方式来解决。

3.3 净高分析

净高分析是检查机电管线布置是否满足建筑空间使用要求的重要方法。通过BIM软件可以对建筑空间内的净高进行分析，找出净高不足的区域。例如，在地下室、走廊等部位，要确保机电管线的布置不会影响人员的通行和设备的安装。对于净高不足的区域，可以通过优化管线的布置方案、调整管线的标高或采用扁平化设备等方式来提高净高。

3.4 施工顺序模拟检查

施工顺序模拟检查是通过模拟机电系统的施工过程，检查施工顺序是否合理，是否存在因施工顺序不当而导致的碰撞问题。例如，在施工过程中，如果先安装了较大的设备，可能会导致后续管线的安装困难。通过施工顺序模拟，可以提前规划施工顺序，避免施工过程中的碰撞和返工。

4 基于BIM的机电安装工程优化策略

4.1 管线综合优化

管线综合优化是基于BIM碰撞检查的核心优化内容。根据碰撞检查结果，对各专业管线进行综合调整，使管线布置更加合理、紧凑。在优化过程中，要遵循以下原则：（1）小管让大管：管径较小的管线应避让管径较大的管线，以减少对大管线的干扰。（2）有压管让无压管：有压管道（如给水管、消防管等）应避让无压管道（如排水管、通风管等），因为无压管道对坡度和标高的要求较高，调整难度较大^[3]。（3）电气管线避让水管：电气管线一般可以灵活布置，而水管在安装和使用过程中对空间和固定要求较高，因此电气管线应避让水管。（4）可弯曲管线避让不可弯曲管线：如金属软管等可弯曲管线应避让钢管等不可弯曲管线，以减少施工难度。

4.2 设备选型与布置优化

根据BIM模型中的空间信息和管线布置情况，对设备

进行合理选型和布置。选择尺寸合适、性能满足要求的设备，避免设备过大或过小导致空间浪费或安装困难。同时，要合理安排设备的布置位置，确保设备之间有足够的操作和维护空间，并且便于与管线连接。

4.3 支架设计与优化

支架是保证机电管线安全稳定运行的重要部件。基于BIM模型，可以对支架进行合理设计和优化。根据管线的重量、走向和间距等因素，确定支架的类型、规格和布置间距。同时，要考虑支架的安装方便性和美观性，尽量减少支架对建筑空间的影响。

4.4 施工方案优化

利用BIM模型进行施工方案模拟和优化。通过模拟施工过程，提前发现施工中可能遇到的问题，如施工顺序不合理、施工空间不足等，并制定相应的解决方案^[4]。例如，对于复杂的机电安装区域，可以采用分阶段施工、预留施工通道等方法，确保施工顺利进行。

5 实践案例——以上海某超高层综合体项目为例

5.1 项目概况

上海某超高层综合体项目地处城市核心商务区，总建筑面积达38万平方米，建筑高度320米，是一座集办公、商业、酒店等多种功能于一体的大型综合性建筑。机电安装工程涉及给排水、电气、暖通空调、消防、智能化等多个专业系统，管线错综复杂，施工难度极大。项目总投资约65亿元，其中机电安装工程投资占比约28%，约18.2亿元。

5.2 BIM技术应用过程

5.2.1 模型创建

各专业设计团队依据设计图纸和相关规范要求，使用Revit软件创建本专业的BIM模型。在创建过程中，严格遵循统一的建模标准和规范，确保模型的准确性和完整性。（1）电气专业：精确创建电缆桥架、配电箱、灯具等构件模型，详细记录电缆的规格、型号、敷设方式等信息。共创建电缆桥架构件12000余个，配电箱构件800余个。（2）给排水专业：构建管道、阀门、卫生器具等模型，准确输入管道的管径、材质、连接方式等参数。共创建管道构件15000余米，阀门构件1200余个。（3）暖通空调专业：制作风管、空调机组、风机盘管等模型，对风管的尺寸、风速、空调设备的性能参数等进行精确建模。共创建风管构件18000余米，空调机组构件30余台。

5.2.2 模型整合

将各专业的BIM模型导入到Navisworks软件中进行整合。在整合过程中，对各专业模型的坐标系进行了统一

调整,确保模型能够准确对接。同时,对模型进行了清理和优化,删除了重复的构件和无效的信息。整合后的模型文件大小从原来的80GB减少到55GB,模型加载和运行速度明显提升。

5.2.3 碰撞检查

设置碰撞检查规则,对整合后的BIM模型进行碰撞检查。共发现硬碰撞点2300余处,软碰撞点1800余处。碰撞主要集中在核心筒、设备机房、走廊等部位。

(1)核心筒区域:发现电气桥架与消防管道在标高150米至180米之间存在多处硬碰撞,涉及桥架长度300余米、管道长度250余米。(2)设备机房:暖通空调风管与给排水管道在部分机房内间距过小,存在软碰撞问题,涉及风管面积500余平方米、管道长度200余米。(3)走廊区域:电气线管与消防喷淋管道在多条走廊内发生碰撞,涉及线管长度800余米、喷淋管道长度600余米。

5.2.4 碰撞结果分析与处理

组织各专业设计人员、施工人员和业主代表共同召开设计协调会议,对碰撞报告进行深入分析,确定碰撞点的严重程度和影响范围,并提出相应的解决方案。

(1)对于轻微碰撞:通过调整管线局部走向或标高解决。例如,在部分走廊区域,将电气线管的标高提高50毫米,避免了与消防喷淋管道的碰撞,共处理轻微碰撞点1200余处。(2)对于严重碰撞:重新设计管线布置方案。在核心筒区域,经过多次讨论和优化,将部分电气桥架改为垂直敷设,并调整了消防管道的走向,成功解决了硬碰撞问题,共处理严重碰撞点800余处。(3)对于软碰撞:通过增加支架或调整管线的间距来解决。在设备机房内,增加了300余个支架,调整了暖通空调风管与给排水管道的间距,满足了软碰撞要求,共处理软碰撞点1500余处。

5.2.5 优化方案验证

对优化后的BIM模型再次进行碰撞检查,确保模型中不再存在碰撞问题。经过多次优化和验证,最终得到了满足要求的BIM模型。二次碰撞检查耗时15天,共发现并解决了300余处残留的软碰撞问题。

5.3 应用效果

5.3.1 提高设计质量

通过BIM碰撞检查,提前发现了设计中的4100余处碰

撞问题,避免了施工过程中的返工和变更,提高了设计质量。设计变更数量从原来的580处减少到120处,设计质量评分从原来的75分提高到92分(满分100分)。

5.3.2 缩短施工周期

由于在施工前解决了碰撞问题,减少了施工过程中的停工和等待时间,施工周期缩短了45天。原计划施工周期为720天,实际施工周期为675天,提前完成了施工任务。

5.3.3 降低成本

避免了因碰撞问题导致的材料浪费和人工成本增加,降低了工程成本约2800万元。工程总成本从原来的18.2亿元降低到17.92亿元,节省成本约1.54%。

5.3.4 提高施工质量

优化后的管线布置更加合理,施工更加规范,提高了机电安装工程的施工质量。一次验收合格率从原来的88%提高到98%,工程质量得到了业主和监理单位的高度认可。

结语

综上所述,基于BIM的机电安装工程碰撞检查与优化实践表明,BIM技术凭借其可视化、协同性、模拟性和信息集成等优势,能有效提升工程质量、工作效率,并降低施工成本。它不仅能够提前发现和解决设计中的碰撞问题,避免返工,还能促进各专业间的高效协同。展望未来,随着BIM与物联网、大数据、人工智能等技术的深度融合,机电安装工程将向智能化管理与运维方向发展,例如通过传感器实现设备运行状态的实时监控与故障预警,同时建立BIM知识库以积累经验,为后续项目提供有力支持。

参考文献

- [1]徐建栋.建筑机电设备安装中施工管线碰撞问题处理分析[J].工程技术研究,2020,5(10):126-127.
- [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(S2):61-65.
- [3]张淑静,柯耿,廖春成.基于BIM技术的机电系统管线碰撞优化设计[J].绿色科技,2021,23(06):234-236.
- [4]田永刚,张亮,金建伟.BIM技术在机电工程中的模型建立、碰撞检测研究[J].轻工科技,2019,35(09):58-59+73.