

# BIM 技术在地铁机电安装工程中运用分析

陶磊

中国铁建电气化局集团北方工程有限公司

**摘要：**随着城市化进程的不断加速，地铁作为城市交通的重要组成部分，其建设和运营日益受到广泛关注，为解决数据集成与管理、协同设计与沟通困难等问题，本文以BIM技术在地铁机电安装工程中的应用为主题，对其进行深入研究和分析，通过以BIM技术为例，探讨其在地铁机电安装工程中的运用，提出了三维建模、冲突检测、施工过程可视化、预制化施工等。

**关键词：**BIM技术；地铁机电；安装工程

**【DOI】** 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.19.046

**前言：**BIM技术作为一种集成数字化设计、施工和管理的方法，已在建筑行业得到广泛应用，其以三维模型为基础，整合了建筑设计、结构设计、机电设计等各个专业领域的信息，实现了设计、施工、运营全生命周期的数字化管理与协同。在地铁机电安装工程中，BIM技术不仅可以提高设计效率、优化施工方案，更能够减少工程变更、降低施工风险，从而有效保障地铁线路的安全运营与城市交通的畅通。

## 一、BIM 技术在地铁机电安装工程中运用价值

BIM技术能显著提高地铁机电安装工程的设计精确性。通过BIM技术，设计师能够在虚拟环境中构建地铁工程的三维模型，实现机电系统的可视化。这种三维模拟不仅可以直观地展示管线布局和设备安装的空间关系，还能在早期阶段预测和解决设计冲突。例如，BIM软件可以自动检测不同系统之间的干扰，如通风系统的管道与电气线路的潜在冲突，从而提前进行调整，避免了在施工阶段进行昂贵和耗时的修改。这种技术还支持模块化设计，即各种机电组件可以在工厂预先组装并测试，确保它们的功能和尺寸符合设计要求，再将它们运送到现场进行快速安装。这不仅提高了设计的精确性，也缩短了工程周期，减少了施工成本。

在地铁机电安装工程中，施工过程涉及大量的协调与资源管理，任何小的延误都可能导致整体进度的推迟。BIM提供了一个多维的数据平台，施工团队可以在此基础上进行高效的计划和资源分配。通过BIM模型，项目管理者可以清晰地看到每个阶段的工作进展和资源配置情况，实时调整施工计划和人力物力的分配。BIM技术支持4D模拟（时间管理）和5D模拟（成本管理），使得项目管理者能够更加精确地预测项目成本和时间

线，有效控制预算并确保工程按期完成。例如，通过BIM模拟施工过程，可以优化材料的采购和运输，减少现场存储空间，降低物流成本。

## 二、BIM 技术在地铁机电安装工程中运用难点

### （一）数据集成与管理难点

地铁机电安装工程通常涉及大量的专业分支和技术系统，如通风、动照、给排水消防、通信和综合监控等，每个系统都需要在BIM模型中准确反映。这就要求工程中的每个参与方—包括设计师、工程师、承包商及供应商—都必须提供精确且一致的数据输入。由于缺乏标准化的数据输入规范，不同参与者生成的数据往往存在格式不统一、标准各异的问题。这种数据的不一致性导致了集成过程中的困难，如何确保各方数据的一致性和兼容性成为一个主要挑战。

随着地铁工程项目的推进，项目中会不断产生新的数据，包括设计修改、现场施工情况更新以及材料和设备的变更等。这些数据需要实时更新到BIM模型中以保持模型的准确性。实时数据更新和管理要求高效的数据处理系统和强大的后台技术支持，在实际操作中，由于缺乏高效的数据处理工具和技术，导致BIM模型更新滞后或数据不一致，进而影响了施工管理和后续维护的效率。

地铁机电安装工程的复杂性还表现在其涉及的信息种类繁多，包括图纸、技术规范、安装细节、设备性能数据等。这些信息需要在BIM系统中进行有效管理和易于检索。但现实中，如何建立一个既能保持数据完整性又能保证易用性的信息管理系统是一大难题。信息过载常常使得项目团队难以快速找到所需的具体信息，影响决策的效率。

### （二）协同设计与沟通困难

尽管BIM技术提供了一个共享的信息平台，理论上可以实现多专业、多方位的信息整合与实时更新，但技术的兼容性和互操作性问题经常出现。不同的设计团队可能使用不同版本的软件或者不同的BIM工具，导致BIM模型之间的交互存在障碍，文件格式不一致或者信息丢失的问题时有发生。机电系统自身的复杂性要求模型具有高度的精确性和细节化程度，当涉及细致的管线布局和设备安装时，高精度的模型处理和渲染需要强大的计算能力和存储空间，而这些硬件上的要求对于一些设计

团队来说是一大挑战。

在多专业协同设计的过程中，因知识和经验的差异，造成了沟通与理解上的障碍。例如，结构工程师和机电工程师在设计理念、工作流程上有所不同，他们可能对于BIM模型中的某些细节有不同的解读和预期，而这种差异如果处理不当，会导致设计上的误解和冲突，不同专业间的沟通语言和表达方式也不尽相同，设计意图的准确传达在实际操作中常常面临挑战。

地铁工程项目本身的复杂性要求高度精细的工作流程管理，在BIM环境下，如何确保不同阶段、不同专业的设计活动能够顺畅对接，并在整个项目生命周期内持续同步，是一项艰巨的任务。地铁机电安装工程往往涉及大量的改动和迭代，如何高效地记录、跟踪每一次变更，并确保相关的所有团队成员都能获取最新的信息，需要详尽而严格的流程控制方法。

### 三、BIM技术在地铁机电安装工程中运用要点

#### （一）三维建模

BIM技术在地铁机电安装工程中的应用，三维建模是其核心环节，这一过程不仅需要精确捕捉地铁站内的复杂环境和机电系统，还要确保模型能够反映出施工中的实际情况，为施工提供准确的指导和后期运维提供便利。三维建模的起点是对地铁站的准确测绘，通过使用高精度的三维激光扫描技术，可以获得地铁站内部结构的精确三维数据，这些数据通常具有极高的精度，测量误差可以控制在几毫米以内，例如 $\pm 3\text{mm}$ ，这些数据形成点云图，是三维建模不可或缺的基础信息。在将点云数据导入BIM软件之后，如Revit或类似软件，开始构建精确的三维模型。这一步骤中，需要将点云数据转换为几何图形和三维实体，这个转换过程需要专业人员进行操作，确保数据的准确转换和模型的真实性。在构建模型的过程中，每个机电组件都要根据其实际尺寸、形状、位置以及与其他组件的关系进行精确建模。例如，管道直径、弯头角度、电缆长度等都需按照实际情况建模，确保模型与现实完全吻合。为了确保模型能够详细反映出机电系统的特点，需要对各个系统进行详尽的建模。比如通风系统不仅要包括管道本身，还要包括风机、阀门、出风口等设备，并且要根据设备的技术参数进行建模，如风机功率、流量等。电气系统中的每一条电缆、开关、插座都要在模型中准确表示，并且要与实际电路图相一致。在三维建模过程中，还需要考虑到机电设备安装的空间协调。由于地铁站内空间狭小，各种管线和设备之间的位置关系错综复杂，在建模时需要利用BIM软件的冲突检测功能来预防潜在的空间冲突。这样就可以在施工前预先解决问题，避免现场施工中的返

工。随着模型的逐步完善，还需要对其进行优化和验证。这一过程可能需要多次迭代，每次迭代都可能会根据施工现场提供的反馈进行调整。例如，在安装过程中发现某个管道与预先设计的轨迹有偏差时，需要及时调整模型以反映实际情况。在三维模型基本建立后，可以通过BIM软件生成详细的施工图和报表。这些图纸和报表包含了大量具体数字和参数，例如管道长度、电缆类型、照明设备数量等，为施工人员提供了详尽的指导信息。

#### （二）冲突检测

BIM技术在地铁机电安装工程中的冲突检测是确保项目顺利进行的关键环节，通过三维建模，BIM技术可以在虚拟环境中模拟实际施工，提前发现并解决设计与施工中可能出现的空间位置冲突和时间上的资源分配问题。在实施冲突检测时，需要构建一个全面细致的BIM模型。这个模型应该包含地铁工程所有相关的机电系统和结构组件，如轨道、信号系统、供电系统、通信系统、暖通空调系统等。每个系统都要根据实际情况和技术参数进行精确建模，确保模型中的每一个元素都与实际相符。在模型建立完成后，利用BIM软件中的冲突检测工具，如Revit的“干扰检查”功能或Navisworks的“冲突报告”功能，对整个模型进行系统性的检查。这些工具能够自动识别并高亮显示模型中相互干涉的部分，比如管道与结构梁相交、电缆走线与通风管道重叠等问题。冲突检测不仅限于实体之间的空间冲突，还包括对于安装顺序、施工时间以及维护空间的考量。在检测过程中，每个发现的冲突都会被记录下来，并赋予一个唯一的标识号。这些冲突项会被详细描述，包括冲突类型、涉及的系统、具体位置以及建议的解决方案。例如，“冲突编号001：通风管道Duct-100与电缆槽Tray-200在X轴14.5米，Y轴9.7米处有10厘米的空间重叠，建议将Duct-100上移20厘米以解决冲突。”项目团队会对这些冲突项进行评估和讨论，确定解决方案，并将这些解决方案反馈到BIM模型中进行修改。每次修改后，都需要重新运行冲突检测程序，确保之前的问题已经得到解决，并未引入新的问题<sup>[1]</sup>。通过设置不同优先级别的冲突参数，可以帮助项目团队识别出哪些是必须优先解决的关键问题。例如，任何影响结构安全或者可能导致重大施工延误的冲突都应该被标记为高优先级。在整个地铁机电安装工程中，BIM技术的冲突检测不是一次性的任务，而是一个持续的过程。随着项目进展和现场条件的变化，模型会不断更新，新的设计方案和施工方法也会被引入，冲突检测需要贯穿整个项目的设计、施工直至竣工验收阶段。

### （三）施工过程可视化

BIM技术在地铁机电安装工程中的应用提供了施工过程的高度可视化，这对于确保项目按计划顺利推进至关重要，通过利用三维模型来显示工程的每一个阶段，项目团队可以更直观地了解施工进度、资源分配以及潜在问题的解决策略，有效地支持决策和沟通。施工过程的可视化开始于对整个地铁工程的详尽BIM模型的创建。这一模型不仅包括建筑和结构要素，还详细到每一个机电组件，例如通风系统、电力供应和信号系统等<sup>[2]</sup>。为了实现这一点，每个组件都需要按照其具体规格和安装位置进行精确建模，例如通风管道可能需要在模型中以直径为800毫米、安装高度为6米的精确数据来表示。在模型建立后，利用专业的BIM软件，如Autodesk Revit或Bentley Systems的产品，可以将施工活动分阶段展示。例如，通过设定时间轴，BIM模型可以展现地铁站从挖掘阶段到结构施工，再到机电安装的每一个步骤。这种时间依赖的模型展示方式被称为4D BIM，其中“时间”是第四维度。在施工过程可视化中，BIM模型还能够通过色彩编码显示不同施工阶段的状态。例如，可以将已完成的施工区域以绿色显示，正在施工的区域以黄色显示，而计划中尚未开始的区域则以红色标出。这种方法不仅直观地展示了施工进度，而且还帮助项目管理团队迅速识别延误区域，并进行调整。利用BIM技术的可视化功能，可以进行资源跟踪和管理<sup>[3]</sup>。例如，可以在模型中标示出所有重要机械和设备的位置，如隧道掘进机、起重机等，并实时更新其状态和位置。这样一来，项目管理者可以确保资源被合理配置，避免因设备调度不当造成的工时浪费。通过集成实时数据，如现场视频流或传感器数据，BIM模型的可视化能力可以进一步增强。例如，通过在关键位置安装的摄像头，实时视频可以被集成到BIM模型中，允许项目团队在办公室中即可监控现场情况，传感器可以监测诸如温度、湿度等环境因素，这些数据可以直接反馈到BIM模型中，以评估其对施工进度或质量可能产生的影响。

### （四）预制化施工

预制化施工是指在一个控制的工厂环境中预先制造建筑或工程的部分组件，然后将这些组件运输到施工现场进行快速组装。通过BIM技术的应用，可以大幅提高预制构件的精确度，加快施工速度，同时减少现场施工所需的人力和物力资源，有效降低整个项目的风险和成本<sup>[4]</sup>。地铁机电安装工程的预制化开始于高精度的设计和模拟。利用BIM技术，设计师能够在计算机中创建详细的三维模型，这些模型准确地反映了机电系统的每一个组件，如通风管道、电缆桥架、托架等。每个组件都

会根据实际尺寸和技术要求进行建模，精度可以达到毫米级别。例如，一个典型的通风管道组件在BIM模型中可能会被设计为长5米，直径800毫米，厚度10毫米的钢材，具体参数取决于所需的负载和环境条件。在设计阶段，BIM模型可以用来进行详尽的分析，包括结构强度测试、安装空间验证以及与其他系统的冲突检测。这一步骤是至关重要的，它确保了所有预制组件都将在现场无缝安装，减少了现场调整的需要和可能的返工。通过模型的这些分析，设计团队可以提前识别并解决潜在的设计问题，从而优化构件的设计，确保它们满足实际应用中的性能要求。这些经过验证的BIM模型将直接用于制造预制构件。在制造过程中，BIM技术提供了详细的制造图纸和组装指南，确保每个组件都按照严格的规范生产。许多现代制造设施采用了与BIM模型兼容的数字化机械，如数控机床和机器人焊接系统，这些设备可以直接从BIM数据中读取参数，以极高的精确度自动制造组件<sup>[5]</sup>。例如，对于一个特定的通风管道，数控机床会根据BIM提供的精确尺寸和形状，自动切割和加工钢板，误差控制在±1毫米内。在预制构件制造完成后，它们将被运往地铁施工现场。由于这些构件已经在工厂中完成了大部分的组装工作，现场的工作主要集中在将这些构件安装到正确的位置。这一过程通常由专业的安装团队使用高精度的定位设备执行，确保每个构件都严格按照BIM模型的指导安装。通过这种方式，预制化施工不仅大幅缩短了施工时间，也显著提高了工程质量。

结束语：通过本文的介绍，可以清晰地看到BIM技术在地铁机电安装工程中的巨大潜力和实际应用，随着城市交通的不断发展和技术的不断进步，BIM技术将成为地铁建设与运营中的重要支撑。未来，期待BIM技术在地铁机电安装工程中发挥更大的作用，为地铁线路的建设提供更加高效、精确的设计方案，为城市居民的出行带来更加便利与安全的保障。

### 参考文献

- [1] 张红云, 胡春林, 谭克林, 苏青. BIM技术在地铁机电安装工程中的应用[J]. 安装, 2023, (02): 42-46.
- [2] 李国栋. BIM技术在地铁机电安装施工中的应用[J]. 工程机械与维修, 2022, (06): 255-257.
- [3] 冯浩. 机电安装预制化技术在地铁工程建设中的应用[J]. 四川建材, 2021, 47(10): 185+190.
- [4] 徐常林. BIM技术在地铁机电安装施工中的运用研究[J]. 建材发展导向, 2021, 19(16): 16-17.
- [5] 张传栋. BIM技术在地铁机电设备安装过程中的应用[J]. 运输经理世界, 2021, (22): 6-8.