

BIM 技术助力轨道交通机电工程智慧建设中的应用

杜尉波

铁四院（湖北）工程监理咨询有限公司

摘要：随着国家十四五建设规划，全面建设现代化社会主义国家新征程，智慧建筑科技的迅速发展，以信息化、智慧云为特征的工程建设方式正逐步替代传统的工程建设方式。作为一种集成了建筑信息管理、工程设计、施工及维护等多个环节的技术，BIM技术在轨道交通工程智慧建设机电工程中担当着重要角色，它的应用已逐渐从建筑领域跨越到工程建设领域。本文旨在探讨BIM技术在轨道交通工程智慧建设机电工程中的作用以及相关要点，期望能为相关的理论研究及工程实践提供一定的参考。

关键词：BIM技术；轨道交通工程；机电工程；智慧建设

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.08.038

引言：

在新时代智能城市化进程推进的背景之下，轨道交通作为智慧高科技城市交通发展过程中重要的组成部分，在实际建设的过程中会受到不同错综复杂的环境与地形的影响，再加上机电工程本身管线错综密集空间狭小，因此工作在协调过程中难度较大，通过将BIM技术应用其中可以极大地提升工程效率，提升工程质量，提高工程可视化水平，并对节能环保提供新的方案，具有很大的应用价值。

一、BIM 技术在轨道交通机电工程智慧建设中应用的必要性

BIM技术，即建筑信息模型（Building Information Modeling），是一种应用于建筑、工程、建设等领域的数字化技术。它通过建立一个包含建筑项目所有相关信息的三维模型，帮助设计师、工程师、承包商和业主等各方更好地理解、规划、设计、施工和管理建筑项目。BIM技术可以提高工程项目的质量、降低成本、缩短工期，实现工程项目的全生命周期管理。

轨道交通工程通常涉及极其复杂的工程设计及施工流程，BIM技术则能有效整合各种资源，包括材料、人力及信息，实时跟踪工程进度，从而大大降低延误及浪费。此外，BIM技术能准确显示工程的全貌以及其中的细节，让工程师能充分理解工程的实时状态，帮助优化施工方案。由于BIM技术可以将设计、建造及管理等多个环节融合在一起，这使得工程师在设计阶段就能发现并解决潜在问题，防止了工程出现质量问题。此外，BIM技术还能加强工程的维护管理，通过数据分析预测出可能出现的问题，以便提前进行预防及维护。BIM技

术可以提供精准的3D模型，比传统的2D设计更生动、形象，使得设计师及施工人员可以更清楚地理解工程设计的细节及整体布局。这不仅有助于提供更具针对性及实效性的设计方案，同时也为客户及管理者提供了更为直观的展示，使得沟通更加方便、效果更佳。在设计阶段，利用BIM的碰撞检测，我们可以直观地发现与检查管线与土建结构间的冲突。项目参与者们可以提前发现这些问题，从而有足够的时间调整设计，确保施工过程中的顺畅。这不仅提高了设计效率，还防止了可能因忽视设计问题而导致的难以逆转的错误，从而减少了需要后期改正的风险。通过图像导引及碰撞点的ID编号，迅速定位碰撞位置。利用这一功能，设计人员可以方便地了解碰撞的具体位置及原因，并在模型中进行直观的调整。这种可视化的方式可以大幅度减少设计及修改的时间，提高工作效率。及传统的二维或三维设计软件相比，BIM提供了更全面、更精确的信息。它可以详细地描述项目的每一个元素，包括其性质、功能、地理位置等等，还可以清晰地显示各项目元素间的相互关系。这样，我们可以进一步理解项目的复杂性，更好地评估及解决存在的问题。在设计阶段，BIM技术可以通过模拟分析，评估机电工程的能耗，为节能设计提供参考依据。在施工阶段，BIM技术可以将资料数字化，实现无纸化办公，有效降低工程对环境的影响。

二、BIM 技术助力轨道交通机电工程智慧建设的要点

（一）设计阶段

轨道交通工程无疑是一个复杂度极高的系统工程，需要考虑的因素众多，同时涉及众多配套设施如信号、供电、通信、引导标识、车站及线路设计等。这其中，机电工程占比重大，包括电力设备、动力设出、照明、空调、消防等全部电气设备及系统。因此，如何优化机电工程设计、提升机电工程效率从而最终助力轨道交通工程智慧建设，成为行业内的关注焦点。在设计阶段实现数字化设计，模型中包括构件的几何、物理及功能性能等消息。这种“实物化”的设计视图使设计人员能清晰地了解设计情况。设计矛盾，在三维视图中得以直观展示，方便设计人员早期发现问题并进行优化，避免了因为传统二维设计图难以理解而导致的使用错误。BIM技术通过模型中心化的工作方式，提高沟通效率，帮助公司内部各部门及外部施工单位进行更顺畅深入的协同作业。模型信息化的特性，让所有参与者都能准确快速的获取设计信息，特别对于复杂及重要的机电管线

来说，可以实现整体布局的精准把握，及早发现布设冲突，消除安全隐患。项目数据通过BIM技术传递到下一工程阶段，比如进行设施管理及维护，提供了十分强大科学的决策依据，节约了成本，提升了效益。此外，BIM技术构建的信息接口可以衔接工程的前后阶段，如设计联通施工，施工连接设施管理等。

在机电深化阶段，为了保证模型的准确性并减少结构误差，项目团队在逆向建模时引入了3D激光扫描技术。这种技术可以快速并准确地捕获实物表面的形状及尺寸，生成一个由数据点构成的点云，再将点云转化为三维模型，从而得到土建梁、板、柱与规划模型的偏差数据。这一步骤对于整个工程的精度至关重要，因为所有深化作业都是基于这个修正后的模型进行的。修正后的模型需要提交给设计院进行审核。这一过程往往需要反复修改及优化，以确保模型精度及工程要求完全一致。审核通过后的模型将上传至协同平台，各专业的BIM工程师将在此基础上进行深化工作。这个过程涉及多重校核与修正，以及多个专业人员的协同合作，但BIM技术让这些变得更加简单及高效。通过3D模型，各方可以非常直观的看到项目全貌，深化工作的进度，以及可能的问题。同时，模型的核对及修正也能以更直观的形式进行，大大提高了效率及准确性。在这个过程中，3D扫描及BIM的结合为装配式安装的精度提升提供了大量帮助。这一方式使得工程在实施前，所有的设计、施工责任及风险都得以清晰地呈现出来，从而实现了工程错误的最小化，也减少了信息在多方中传递的风险。

（二）预制加工

在轨道交通机电安装作业中，场地狭窄、环境恶劣、操作不便等因素带来了诸多挑战。通过BIM技术的应用，工作人员可以实现对项目的全方位、精准管理，包括管道、电缆等相关装置的尺寸预测在内。借助BIM技术，可以将某些加工工作从地下操作环境转移到场外进行，例如预制管材。在具备足够空间、光线充足、空气流通的场地外，预制具体尺寸的管材，只需将这些预制材料搬运到现场，进行剩余的加工处理。这样的操作方式既能减少地下作业的难度，提高工作效率，又能降低作业风险，确保工作人员的安全。在预制阶段，工作人员只需简单地在BIM系统中输入数据，系统会自动验证所需预制件的尺寸是否适用，是否符合实际需要，以及预计的资源消耗等。这样可以在制作之前找出可能的问题，避免不适用的预制件浪费施工时间以及材料，从而降低施工成本。利用BIM技术预制材料，也有助于提高施工质量。每一件预制材料都是在符合现场条件的前提下进行预制，提高了其适用性。同时，预制材料也可以根据需求加工更精细的设计，提高安装的精确性，从而提供更好的质量。

（三）模拟施工

轨道交通机电工程开展中的吊装运输施工需要精确的计划、技术及实践去保证其安全及效率。借助BIM技术，工程师及施工人员能更好地规划及执行这些复杂的施工任务，以避免安全事故，规避质量问题，并优化施工方案。

运用BIM技术，可以在施工开始之前，就模拟吊装及吊装运输施工流程。这特性使得工程师可以在模型中预设吊点、考虑负载平衡及确定最安全有效的吊装路径。该预演将展示结果及可能的问题，包括是否存在骤变的高差，是否存在会导致频振的窄路段，以及是否存在吊装路径阻碍。借助这个过程，施工团队能提前规避潜在的安全风险，为实际操作提供更多的安全保障。在通过模拟吊装及运输过程中，BIM技术提供的精确数据可以让施工团队对吊装运输路径进行优化。数据包括距离、运输时间、设备的实时位置等。这种数据能缩短施工周期，进一步降低施工成本，也有助于避免损害公共资源及在施工过程中不必要的延误。BIM技术的建模特性让施工团队及时发现并解决施工中出现的的问题。例如，使用BIM模型考核设备的适用性及大小，能避免设备尺寸不合适的情况，以防止在实际施工中出现拆解及更换设备的问题，从而提高工作效率，确保工程质量。同时，BIM模型还可以实施有效的后期工程维护计划，提供对设备的期满状况确切反馈。

（四）进度监管

在任何工程项目中，如何按照既定的计划及时间表进行施工，这是管理者面临的一大挑战。BIM技术的应用通过每日形成的施工日志，工作人员可以实时跟踪及监控每个工作环节的完成情况，从而智能化预测竣工日期，起到指导进度管理的作用。喷淋末端、风口、开关、插座等的精确布置对于建筑的功能性及安全性至关重要。以消防喷淋系统为例，其末端的精确位置需要根据周围环境、消防设备的性能及规范进行计算及设计，而BIM可以提供精确可视化的模型以方便这一过程。在用电设备如开关、插座的布置方面，BIM也可以帮助设计师遵循相关规范及考虑实际使用情境，以确保用户的使用便利性。从美观性的角度考虑，BIM模型也能将吊顶、墙面瓷砖等精装修方案与点位布置进行有效结合。比如在预定吊顶或者墙面瓷砖的造型及线条时，设计师通过BIM模型就能预见到机电设施的点位是否与方案相冲突，从而对点位方案或者装修方案进行适当调整，使得两者形成完美的结合。施工过程中的任何变更都能即时更新到BIM模型中，并且在后期维护阶段也能便利的查询到点位的相关信息。利用BIM技术与WBS技术的结合，施工进度可以得到量化的呈现，实现了可视化的进度管理，使得施工进度可以在一个逻辑清晰、视觉直观的图表中显示出来。这样，管理者可以一目了然地看出

各个环节的完成状况、需要调整的地方，以及导致进度落后的可能问题。随着智能化技术的不断发展，BIM技术能进一步提升轨道交通工程的施工效率及管理水平，更好地服务于城市现代化建设。

（五）安全管理

在轨道交通机电安装施工中，安全管理是每个项目必须重视的基础内容。由于施工过程中存在许多潜在的安全风险，如触电、高空坠落等，保证作业人员的生命安全，防止工程事故发生，是施工单位的首要职责。近年来，BIM技术的引入，为施工安全管理提供有效的手段。BIM技术有助于识别潜在的风险源，预测风险发生的可能性，并可以模拟安全施工流程，使得施工单位可以在立项初期就开始规划及实现安全防范。通过BIM模型，工作人员可以清楚地看到电气线路的走向，预判在施工过程中可能存在的触电风险，针对这些风险，施工单位可以提前做好相应的安全防护措施，如电气安全隔离等。BIM技术可以模拟施工过程，以便了解可能的危险因素，并提前采取防范措施。例如，BIM模型可以模拟高空作业的过程，了解作业人员可能面临的高空坠落风险，及时采取相应的防护措施，例如提供安全带，设立防护栏等。BIM模型可以根据施工的复杂性及施工进度，及时调整安全防范措施。在施工过程中，安全风险的存在并不是固定不变的，而是随着施工环境及作业内容的变化而变化。通过BIM技术，工作人员可以实时更新及调整安全管理方案，以此对抗不断变化的施工环境。在实际操作中，结合BIM技术开展安全教育也显得尤为重要。在施工前，可以利用BIM技术模拟施工过程，让作业人员进行虚拟操作，通过这种直观、生动的方式提升他们的安全意识，强化操作规程的遵守。

（六）质量管理

轨道交通的机电装置是公共交通系统的重要部分，其质量安装直接影响到运输系统的整体运行效率及安全性。基于BIM技术的建模及仿真功能，工作人员可以在施工前期进行详细的规划及模拟，避免现场施工中的不确定性及可能的质量问题。利用三维模型，工作人员可以清晰地理解施工过程，从而确保施工的精确性。同时，模型中的数据可以实时更新，这使得工作人员可以及时发现施工过程中的质量问题，提前采取措施进行纠正。此外，通过记录及存储施工过程，项目管理人员可以对施工质量进行持续的监督及评估。通过BIM软件模拟转运设备的操作及专项施工任务。这种方法不仅可以提前预见到可能出现的问题，还可以帮助工程团队掌握技能，提高施工效率。在施工前期可以通过查看三维模型来找到预留管线孔洞，通过这种方式可以避免在施工过程中出现由于孔洞数据不准确而导致的问题。施工人员也能更方便地理解施工流程及注意事项。他们可以

通过观看动画及阅读BIM模型中的注释来更好地了解他们的职责。如此，施工人员可以减少误差，提高工作效率，避免不必要的延误及成本增加。如果发现某个部件的设计有问题，可以在施工前就予以改正，减少工程中止及重新设计的可能性。这样，可以即时解决问题，提高工程质量。

三、BIM技术助力在轨道交通机电工程智慧建设在监理工程中的应用优势

1、三维可视化：BIM技术为监理工程师提供了三维可视化工具，可以帮助他们更直观地了解项目的设计、施工和运营过程。通过三维模型，监理工程师可以更好地与项目参与方沟通，提高工作效率。

2、数据共享：BIM技术可以实现项目数据的实时共享，监理工程师可以随时查看项目进度、成本、质量等相关数据，以便及时发现问题并采取相应措施。这有助于提高项目管理的透明度和效率。

3、预测和控制：通过BIM技术，监理工程师可以对项目进度、成本和质量进行预测和控制。

4、风险管理：BIM技术可以帮助监理工程师识别和评估项目风险。通过对模型中的信息进行分析，可以预测可能存在的风险，并制定相应的应对措施，降低项目风险。

5、质量控制：BIM技术可以辅助监理工程师进行质量控制。例如，可以通过比对实际施工结果与模型中的设计数据，检查施工质量是否达到要求。此外，BIM技术还可以帮助监理工程师进行工程量计算、材料管理等工作，提高工作效率。

结束语

综上所述，通过在轨道交通工程机电设计的过程中，运用BIM技术可以帮助工作人员随时对管线的设计状况进行检查，最终为管理人员提供更加全面的空间模型，尽可能减少不必要的设计错误，同时这些构件所具备的信息也可以为工程设计的各个阶段的信息交流提供帮助。作为管理人员，针对BIM技术的运用应当加强整体的运维管理，从而推动我国轨道交通行业的可持续发展。

参考文献

- [1] 吴守荣, 李琪, 孙槐园, 等. BIM技术在城市轨道交通工程施工管理中的应用与研究[J]. 铁道标准设计, 2016, 60(11): 115-118, 119.
- [2] 安文章, 张波, 许有俊, 金蓄. 城市轨道交通智慧车站关键技术应用研究[J]. 价值工程, 2022, 41(29): 109-111.
- [3] 陈前, 张伟忠, 王玮. BIM技术在城市轨道交通建设工程质量与安全管理中的落地应用[C]//全国bim学术会议, 2016.