

建筑信息模型技术在城市轨道交通设备维护管理中的应用^{*}

张慧丽 刘亚飞

(石家庄铁道大学交通运输学院, 050043, 石家庄//第一作者, 副教授)

摘 要 简要分析了在城市轨道交通设备运维过程中传统模式存在的问题。以石家庄地铁1号线西王站为例, 介绍了基于建筑信息模型(BIM)技术的城市轨道交通设备运维管理系统的框架设计和模型构建, 并着重阐述了数据集成处理、设备维护模块设计、三维可视化管理、搜索和定位模块设计及维护记录模块设计等功能设计内容, 分析了在维护管理应用中存在的问题。实践证明, BIM为城市轨道交通设备的维护管理提供了信息化、可视化的管理方式, 提高了运维管理水平。

关键词 城市轨道交通; 建筑信息模型; 维护管理系统; 可视化

中图分类号 U231.94

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2020.05.032

Application of BIM Technology in Maintenance and Management of Urban Rail Transit Equipment

ZHANG Huili, LIU Yafei

Abstract With an analysis of the equipment maintenance and management problems under the traditional mode in urban rail transit system, and taking Xiwang Station on Shijiazhuang City rail transit Line 1, the frame design and model construction of rail transit equipment maintenance and management based on building information modelling (BIM) technology are introduced. The design contents, including data integration processing, equipment maintenance module design, 3D visual management, search and location module design, as well as maintenance record module design are emphasized, problems in application of maintenance and management are analyzed. Practice has proved that BIM technology provides information and visual management methods for the maintenance and management of urban rail transit equipment, also improves the management level at the same time.

Key words urban rail transit; BIM; maintenance

management system; visualization

Author's address School of Traffic and Transportation, Shijiazhuang Tiedao University, 050043, Shijiazhuang, China

1 建筑信息模型技术在城市轨道交通运维中应用的优势

随着城市轨道交通的快速发展,越来越多的城市建立了轨道交通系统。面对城市轨道交通的安全高效、网络化、可持续发展的目标,给运维管理部门带来巨大挑战。城市轨道交通系统复杂庞大,其设备的正常运行关系到乘客的切身安全^[1]。城市轨道交通设备维护的主要工作流程包括巡检、维护请求、维修计划及维修完成等4个主要步骤。主要维修方式有计划修、故障修及状态修(见图1)。其中,状态修是较为科学合理的维修方式,可以有针对性地开展有效维修,不改变甚至还可提高设备设施的可靠性,并在成本控制力度上比计划性维修有明显的提升^[2]。但状态修需要大量的数据及经验来支持,很难通过传统技术方法来实现。

为了解决状态修面对的问题,一些学者将建筑信息模型(BIM)技术引入城市轨道交通维护管理中,并进行了相关研究。文献[3]将BIM技术的4D(四维)施工理念借鉴到城市轨道交通的建设中来,建立了BIM的城市轨道交通4D技术应用架构和信息模型结构。文献[4]以简单和自动化的方式对数据进行收集,结合BIM,分析不同维护作业对服务水平的影响。文献[5]分析了传统运维方式的不足,指出利用BIM的优势可以使管理更加高效,并提出了新型运维管理系统的架构方式。根据相关研究,BIM技术在城市轨道交通运维应用中的优势有很多。

1) BIM的三维可视化。通过专业软件建立的模型,可以在管理界面以多种方式进行模型直观展示,减小由于图纸的抽象性带来的障碍。

^{*} 河北省研究生创新资助项目(Z672201301)

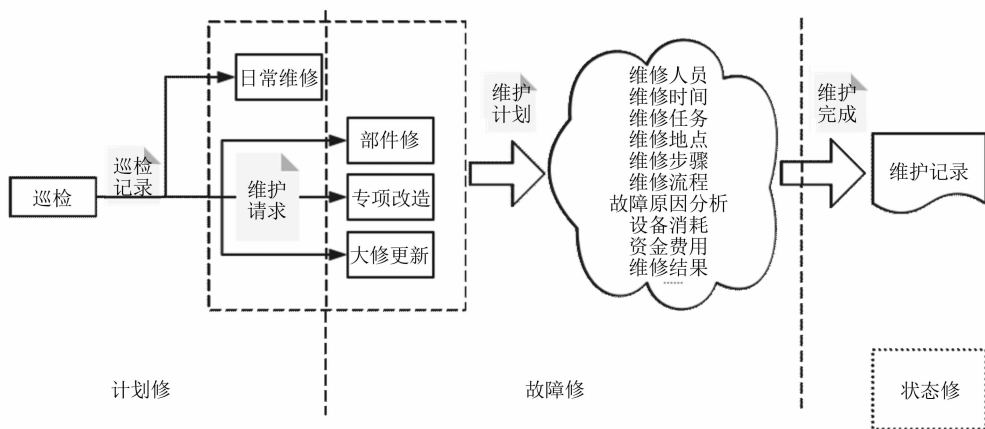


图 1 城市轨道交通设备维修流程图

2) BIM 被定义为设施的物理和功能特性的数字化表达^[6]。精确建立的 BIM 构件,既可以描述项目所需要的最小构件单元,又可以描述设备的尺寸、材质等基本属性信息。

3) 利用 BIM 技术,既可模拟维护作业的操作流程,也可模拟紧急疏散,研究如何快速地疏散人群。

4) 加强维护信息的共享。BIM 技术能减少信息孤岛的现象,有助于使用者及时掌握设备的分布及使用情况,变静态管理为动态管理。

本文以基于 BIM 技术的城市轨道交通设备运维管理系统(以下简为“BIM 运维系统”)为对象,研究对 BIM 技术在城市轨道交通运维领域的应用。

2 BIM 运维系统

为实现 BIM 运维系统设计,首先,建立 BIM 运维系统的框架;然后,通过软件建立参数化模型,完成对建筑、管线及设备的建模工作;最后,根据实际需求对 BIM 运维系统进行功能设计。

2.1 BIM 运维系统的框架

BIM 运维系统采用 C/S (客户端/服务器)的架构体系,并设置固定客户端和移动客户端。其中固定客户端主要实现系统功能,移动客户端用于设备的维护过程。BIM 运维系统的框架如图 2 所示。BIM 运维系统可划分为数据层、服务层及应用层。数据层主要负责将检测到的数据进行汇总和存储,且需要对数据做初步的处理。检测数据的格式可以是文字文本、现场照片、操作视频、大体积文件或其他数据格式。服务层对数据做进一步的深化处理,包括数据集成、数据分析及数据报表等。应用

层主要实现 BIM 运维系统的业务功能,包括维护模块、状态检测及获取地理位置信息等一系列功能模块。

此外,BIM 运维系统还提供了网络传输方案和权限控制方案。网络传输可实现客户端同 BIM 模型数据库、设备维护数据库及物资设备数据库之间的加密传输,以保证数据的安全性。权限控制可以控制不同层级之间的访问限制,以提高管理效率,使操作流程更加规范。

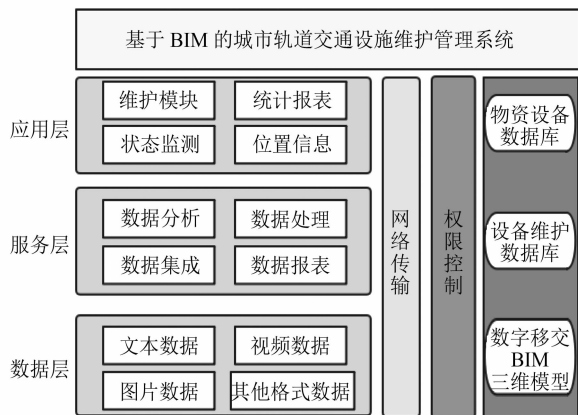


图 2 BIM 运维系统框架图

2.2 BIM 模型的建立

本文以石家庄地铁 1 号线西王站为对象进行建模。采用 Revit 2015 软件建立 BIM 三维模型,并应用 Navisworks 2015 软件对模型进行整合处理,以便将三维模型内嵌入 BIM 运维系统。西王站模型如图 3 所示。

2.3 BIM 运维系统的功能设计

BIM 运维系统主要服务于城市轨道交通的运维工作。根据实际的工作需求,对 BIM 运维系统进

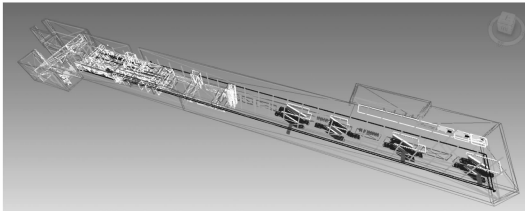


图 3 石家庄地铁 1 号线西王地铁站 BIM 模型

行功能设计。功能设计内容包括数据集成处理、设备维护模块设计、三维可视化管理、搜索和定位模块设计及维护记录模块设计等,并预留接口,以便在后期的实际过程中增加新功能。BIM 运维系统各主要模块的功能如图 4 所示。

2.3.1 数据集成处理

在城市轨道交通设施的维护过程中,不同部门

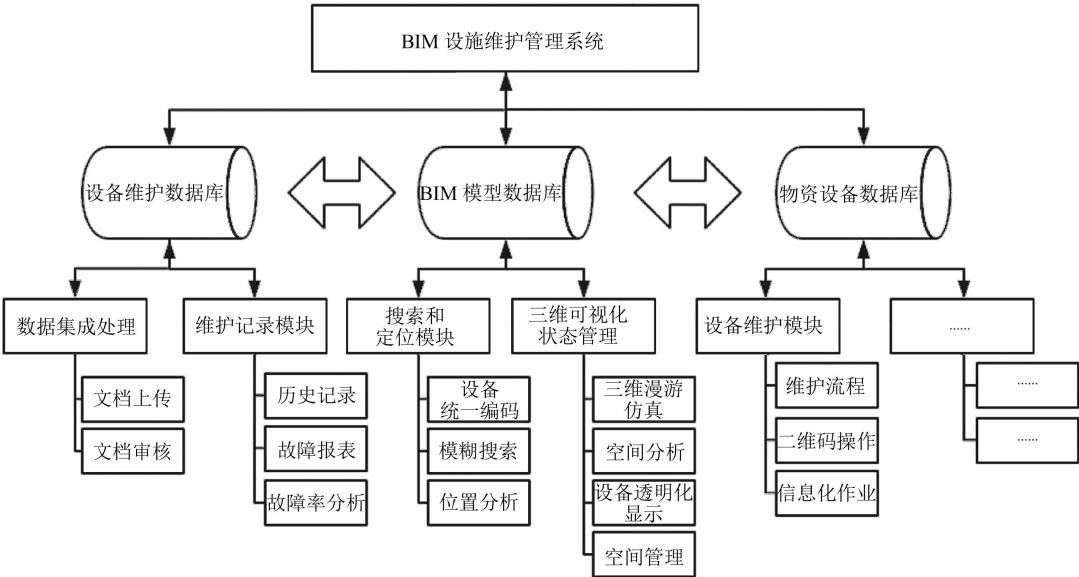


图 4 BIM 运维系统各主要模块的功能示意图

所提交的检测数据格式不同、大小迥异、内容也存在差异。从以往的经验来看,提交的数据存在数据传递及时性差、数据格式不规范等主要问题。而数据的管理和处理流程不健全,使得数据不完整或记录不标准,进而导致数据无法归档。为了解决该问题,BIM 运维系统对维护过程中检测到的数据进行集成处理,根据数据的类型不同将数据进行分组编码,并自动生成文件类型代码及时间序号。此外,BIM 运维系统还将采集的数据按照流程进行规范处理,并对数据进行建档、校验、审批、上传等一系列操作。BIM 运维系统的数据处理规范化流程如图 5 所示。

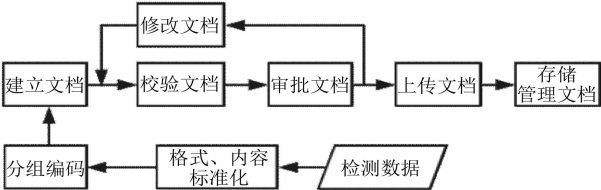


图 5 BIM 运维系统的数据处理规范化流程图

2.3.2 设备维护模块设计

在传统运维系统中,设计及建造阶段的信息与

运维阶段的信息通常会分别储存和调用。当监控系统发现设备运行异常,需要维修或更换时,相应的设备图纸及采购信息等需要从其他数据库调取^[7]。

在 BIM 运维系统中,维护人员可以下载最新的设备维护信息,并通过移动客户端进行维护数据的编辑与上传,从而实现维护数据的实时传输,避免了在维护结果和记录中多次重复输入相同数据。在管理者决策阶段,BIM 运维系统可提供每种维护方案的成本,针对每种维护方案对地铁服务水平的影响程度给出了具体的说明,提供更换、维修、预防性维护和不做处理等相关建议,并能进一步制定日、周、月等定期维护计划,以保证设备设施的正常运行。

BIM 运维系统通过内嵌的 BIM 三维模型,可实现维护过程的可视化作业。在实施维护作业前,还可以在 BIM 运维系统内模拟作业的流程并参考相应的操作,从而提高维护作业的速度。在设备维护过程中,BIM 运维系统能依照不同的设备建立个性化维护流程,并生成二维码。二维码可以贴在相应

的设备上。维修人员只需要扫描二维码,就可以了解该设备的详细维护步骤,以及历史操作详细信息。BIM 运维系统的设备维护作业流程如图 6 所示。

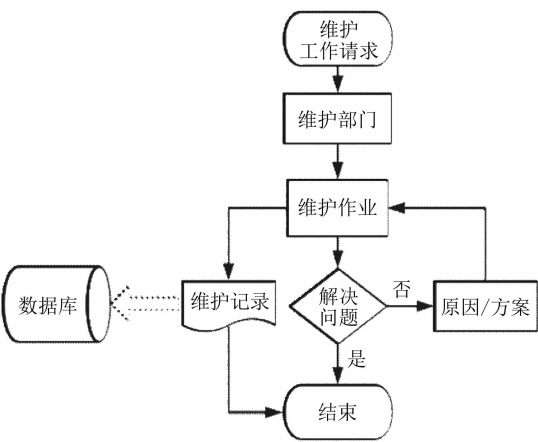


图 6 BIM 运维系统的设备维护作业流程

2.3.3 三维可视化状态管理

BIM 运维系统能在可视化三维状态下进行管理,是其优势之一。

1) 能实现地铁站的三维场景漫游(见图 7)。地铁站内的建筑及设备构件均用 Revit 2015 软件进行 1:1 建模,并将模型嵌入 BIM 运维系统中。企业可以借助漫游功能来对员工进行培训和指导。

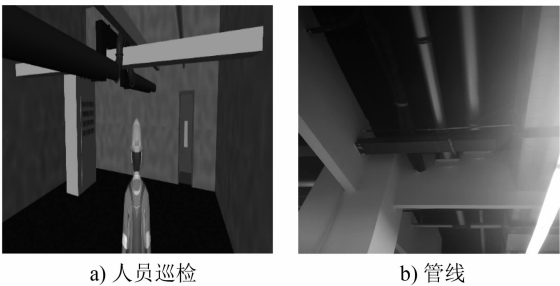


图 7 三维场景漫游

2) 能实现管线及隐蔽设备的三维展示(如图 8 所示)。地铁的管线及隐蔽设备多安装在墙内及地下等不便查看的位置。BIM 运维系统可以将墙壁

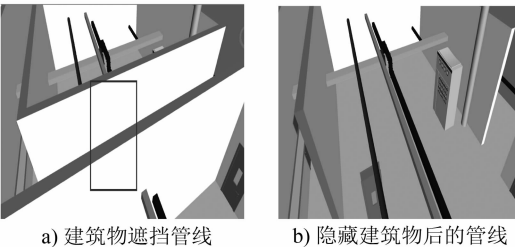


图 8 线路三维可视化管理

及地板等遮挡物做透明化处理,使管理人员能清楚地看到线路的走向、设备的安装位置等情况。

3) 能辅助空间管理。BIM 运维系统能为新设备的安放及维护工具的配置提供空间支持,使管理人员随时掌握空间使用情况,并合理分配设备的空间布局。

2.3.4 搜索和定位模块设计

地铁系统结构复杂,大多分布在地下,空间狭小、设备众多、分布广泛,且不同设备分属不同的部门管理。BIM 运维系统通过对设备或构件进行明确的分类与编码,有效实现了对设备及构件的快速搜索与精准定位。

BIM 运维系统的设备构件编码格式见图 9。其中:设备构件所在的地理位置代码指设备所在的车站及线路;专业代码指设备构件所属专业,包括机电专业、电气专业、管线专业、给排水专业及其他专业等。对设备及构件进行编码之后,在 BIM 运维系统中输入编码或名称均可进行搜索。搜索结果还会在 BIM 运维系统上三维高亮显示。对地铁站内某部手扶电梯的搜索结果如图 10 所示。

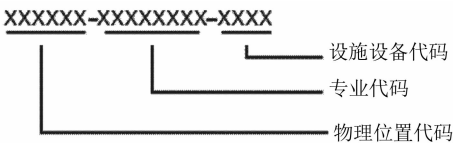


图 9 BIM 运维系统的设备编码格式图

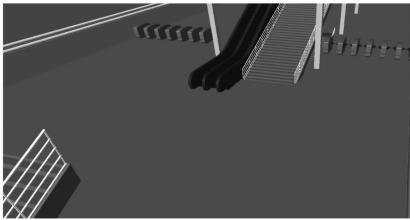


图 10 搜索结果三维高亮显示效果

2.3.5 维修记录模块

BIM 运维系统的维护记录模块,负责对维护阶段的数据进行整理、存储、输出、生成相应报表等工作。每次维护操作,该模块都记录下与维护组件相关的详细信息。因此,BIM 运维系统可提供每个组件的成本和维护历史记录等数据。当类似设备出现故障时,这些数据就可为快速决策提供依据甚至解决方案。此外,深入挖掘数据库中所收集存储的维护记录,还能为每个组件建立准确的恶化模型。该恶化模型可用于其他类似设施,以预测每个组件的状态,有助于充分了解设备的恶化机理,为实现

设备维护状态修提供支持。

3 BIM 运维系统在实际应用中存在的问题

应用 BIM 技术建立三维模型,在设备维护管理阶段能实现二维系统无法实现的功能,使信息传递、管理变得方便快捷,但其在实际应用中还存在如下一些问题。

3.1 数据采集、录入与分析

BIM 运维系统管理的地铁设备在正常运行中要产生大量的数据。如何将这些数据有效快速地录入 BIM 运维系统,还需要在智能监测设备上寻找解决的方法。对于数据分析,应运用大数据等技术对数据进行综合分析,使数据对运维系统管理的价值发挥到最大。

3.2 建模软件的兼容性

模型建立的过程中涉及建筑、机电及暖通等较多专业。在实际建模的过程中,不同的单位、不同的专业使用的 BIM 软件各不相同,而目前各软件间的兼容性还没有得到很好的解决。因此,在建模之前,要进行软件的选择。就本文所建模型使用的 Autodesk 系列软件之间有很好的数据交换性。虽然该软件对于建筑应用性较强,但对于地铁众多专业设备的构建需要建立专门的族,对于轨枕及轨道等构件还需要进行二次开发。因而在建模前期需要做很多的准备工作。

3.3 模型轻量化

BIM 运维系统内嵌的三维模型涉及专业广、数据量很大。有些数据是 BIM 运维系统不需要的,所以,要对模型进行轻量化处理,以减少模型的体量,进而提高 BIM 运维系统的运行速度。轻量化处理时,要保证满足 BIM 运维系统所需模型的最低数据粒度和数据信息要求。

3.4 建设过程中的信息流通

运维管理是地铁项目的最后一个阶段,其所需的信息与前期的设计及施工密不可分。国内地铁建设模式采用设计、招标、施工、运维分开的模式,一定程度上限制了信息交流,加大了后期运维管理难度。因此,应重视建设过程中的信息流通,实现

信息从设计到运维的无障碍传递。

4 结语

通过对 BIM 技术在城市轨道交通运维阶段的应用研究,提出 BIM 运维系统的框架。以石家庄地铁 1 号线西王站为例建立模型,将 BIM 运维系统简单地应用于石家庄城市轨道交通地铁 1 号线西王地铁站,并对建立 BIM 运维系统中的关键问题进行总结分析。

实践证明,BIM 为城市轨道交通设备的维护管理提供了信息化、可视化的管理方式,提高了城市轨道交通设备的运维管理水平,在维护管理过程中的信息化传递、维护过程中进行三维可视化作业交底及历史数据的有效利用等方面具有较大的价值。随着对 BIM 研究的不断深入,BIM 技术将为城市轨道交通维护更智能、更高效的管理模式提供支持。

参考文献

- [1] 王家琦.城市轨道交通共线运营实施条件及运行方案研究[D].北京:北京交通大学,2015.
- [2] 何霖.城市轨道交通列车安全关键系统的鉴别方法研究[C]//中国电工技术学会轨道交通电气设备技术专业委员会,北京交通大学.2013 年轨道交通电气与信息技术国际学术会议(EITRT2013)论文集.北京:中国电工技术学会轨道交通电气设备技术专业委员会,2013: 4.
- [3] 薛志刚,黄伟雄,陈广浩,等.轨道交通信息模型管理系统在广州地铁广佛线鹤洞站与石溪站的应用与实践[J].土木建筑工程信息技术,2016,8(2): 32.
- [4] MOHAMED M, AHMED A A. Maintaining subways infrastructures using BIM [C]//American Society of Civil Engineers. 2012 Construction Research Congress. West Lafayette, US: ASCE, 2012.
- [5] LIN Y C, SU Y C. Developing mobile and BIM-based integrated visual facility maintenance management system [J]. The Scientific World Journal, 2013(7): 124249.
- [6] MARZOUK M, HISHAM M, ISMAIL S, et al. On the use of building information modeling in infrastructure bridges[J]. Hypertension, 2011, 57(6): 1081.
- [7] 张昌鸣,陆萍,何斌. BIM 在地铁车站运维系统中的应用[J]. 中国科技信息, 2017(23): 49.

(收稿日期:2018-08-04)