

基于 BIM 的机电设备智能管理系统

胡振中¹ 陈祥祥¹ 王亮² 余芳强¹ 王兴坡²

(1 清华大学土木工程系,北京 100084; 2 中建三局第一建设工程有限责任公司,武汉 430040)

【摘要】传统的机电设备运维信息主要来源于纸质的竣工资料,在用到这些信息时,往往要从海量纸质的图纸和文档中去寻找。如何采用电子化手段有效地组织这些信息,以实现设计和施工阶段的有效信息能传递到运维期并辅助运维管理,是当前建筑生命周期管理中需要解决的重要问题。本研究通过引入建筑信息模型(BIM)和二维码技术,开发基于BIM的机电设备智能管理系统(BIM-FIM 2012),实现了机电设备工程的电子化集成交付,以及建筑物运维期的维护维修管理和应急管理,为保障所有设备系统的安全运行提供高效的手段和系统平台支持。

【关键词】机电设备工程;运维期;建筑信息模型;物业管理;二维码

【中图分类号】TU8;TP274 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1674-7461(2013)01-0017-05

机电设备(Mechanical, Electrical and Plumbing, MEP)工程是建筑给排水、采暖、通风与空调、建筑电气、智能建筑、建筑节能和电梯等专业工程的总称。MEP系统是一个建筑的主要组成部分,直接影响到建筑的安全性、运营效率、能源利用以及结构和建筑设计的灵活性等^[1]。

传统的MEP运维信息主要来源于纸质的竣工资料,在设备属性查询,维修方案和检测计划的确定,以及对紧急事件的应急处理时,往往需要从海量纸质的图纸和文档中寻找所需的信息,这一过程无疑是费时费力。建筑信息模型(Building Information Model, BIM)技术通过3D数字化技术为运维管理提供虚拟模型,直观形象地展示各个机电设备系统的空间布局和逻辑关系,并将其相关的所有工程信息电子化和集成化,对MEP的运维管理起到非常重要的作用^[2]。其中,BIM是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,是对工程项目设施实体与功能特性的数字化表达^[3]。近十年来的研究和应用表明,BIM对于支持传统建筑业的技术改造、升级和创新,具有巨大的应用潜质和经济效益。

本研究基于从设计和施工阶段所建立的面向机电设备的BIM(MEP-BIM),设计机电设备全信息数据库,用于信息的综合存储与管理。在此基础上,开发

基于BIM的机电设备智能管理系统(BIM-FIM 2012),其目的—方面是为了实现MEP安装过程和运营阶段的信息共享,以及安装完成后将实体建筑和虚拟的MEP-BIM一起集成交付;另一方面是为了加强运营期MEP的综合信息化管理,为保障所有设备系统的安全运行提供高效的手段和技术支持。

1 相关研究

目前,BIM技术在MEP工程中的研究和应用主要集中在协同设计过程中,在施工过程中的应用也有了初步的尝试。其中,Korman等^[1]提出基于MEP知识库和MEP信息模型,开发协同设计平台^[4],实现冲突的自动分析和辅助决策,并结合相应的工作流程^[5],提高MEP协同设计效率。Leite等^[6]在一个实际工程中应用NavisWorks进行MEP系统的自动碰撞检测,通过自动检测和手动检测的结果对比指出,为检测出所有冲突,用户需要有针对性地建立详细的模型并正确设置相关参数。Khanzode等^[7]在一个保健中心项目中应用4D系统对设计方案进行碰撞检测和可施工性分析,提出在施工阶段应用MEP模型需明确建模需求和模型的详细程度。Riley等^[8]分析了MEP协同设计过程中,影响其成本的主要因素以及它们分别所引起的成本损失,辅助项目管理者分析MEP协同设计工作的成本效益比。Tabesh等^[9]在一

个小型工程实施基于 MEP-BIM 的协同设计和碰撞检测,并在 Korman 等^[1]提出的 MEP 知识架构进行了补充,将知识按知识领域、知识内容、协同需求等三个方面进行了分类。关于 MEP-BIM 在施工阶段的应用, Korman 等^[10]指出在设计和施工准备阶段建立详细而准确的 MEP-BIM,可以直接用于管道预制加工和机电设备采购,实现模块化施工,从而缩短安装工程,提高现场工作效率。

关于 MEP-BIM 在运维管理中的应用,Francisco 等^[2]通过对 125 名物业管理者的调研表明,一半以上的物业管理者认为在物业管理中应用 BIM 可节省信息查询的时间,并且 3D 可视化对物业管理有用,但对现有流程的改变和较大的投资将在一定程度上阻碍 BIM 在物业管理中的应用。具体而言,在信息模型标准和信息共享方面,Yu 等^[11]通过分析设施管理的功能和涉及的主要构件,建立了物业管理数据模型 Facilities Management Classes (FMC),FMC 与 IFC (Industrial Foundation Classes) 类似,但在运维管理方面进行了很多扩展。Hassanain 等^[12]通过分析运维管理的过程模型和对象模型,对 IFC 2X 进行扩展,建立了集成维护管理模型(Integrated Maintenance Management Models),可描述建筑设备及其功能需求、运行状况等信息和运维管理的检测、维修、替换等工作。美国的 National Institute Of Building Sciences^[13]建立了施工过程建筑信息交换标准(Construction Operation Building Information Exchange, COBIE),试图将设计和施工过程中,需要交付给运维方的信息统一成标准格式的 Excel 文件,包括楼层、房间等空间信息,机电设备、性能、系统及其关系等机电信息以及资源、工程和用户等其他信息。El-Ammari^[14]研究了基于 IFC 的物业管理模型,通过 Ifcxml 实现在运维中共享设计和施工模型,并应用虚拟现实平台为物业管理提供三维真实感平台。Akcemeti 等^[15]提出在 BIM 中附加设施的检测和维修记录,支持运维管理者分析各个维修任务的优先级,合理地安排检修计划。清华大学张建平等^[16]建立了基于 IFC 的建筑物业管理信息模型,应用中间件技术将设备监控信息和物业管理系统相结合。

从上述研究综述可见,目前 BIM 技术在运维管理中的应用,主要集中在如何从设计和施工信息模型中提取运维管理所需的各种空间和设备信息^[15],对于如何进一步管理和充分利用这些信息,则已有

的文献资料中涉及的内容几乎没有。因此,在 MEP 运维管理方面,还未能更好地发挥 BIM 技术所带来的技术革新的优势。

2 基于 BIM 的机电设备智能管理系统

2.1 系统架构

BIM-FIM 2012 的系统架构为典型的 C/S 结构,服务器端配置路由器、防火墙以及 sql Server 服务器一台,负责提供数据存储、访问和管理等服务。客户端为可连接入网络的个人计算机,以及支持二维码扫描和无线网络传输的手持终端。

客户端计算机中还通过一个以 XML 文档形式保存系统配置信息和项目具体细节的配置文件,对 BIM-FIM 2012 的应用环境进行设置。对于所管理的每一个项目,包含多个以二进制的形式将远程数据库中最新数据的拷贝,映射到缓存在本地计算机中的文档,用来提高 BIM-FIM 2012 读取数据的效率。移动终端为采用 Windows Mobile 系统的手持 PDA,同样通过一个配置文件,实现当前终端和服务端连接的配置信息。

2.2 功能模块

BIM-FIM 2012 系统包含集成交付平台、设备信息管理、维护维修管理、运维知识库以及应急预案管理等五个主要功能模块,如图 1 所示。

(1)集成交付平台:将建筑的机电设备三维模型及其相关信息导入 BIM-FIM 2012 系统中,可将信息与系统电子化集成交付给业主方。



图 1 BIM-FIM 2012 系统的功能模块组成

(2)设备信息管理:为运维人员查询设备信息,修改设备状态,追溯设备历史等需求,提供了方便快捷的查询、编辑和分析工具,以及列表和图表等综合报表功能。

(3)维护维修管理:为运维人员提供机电设备维护管理平台,以提醒业主何设备应于何时进行何种维护,或何种设备需要更换为何种型号的新设备等,此外还包括维护、维修日志和备忘录等。

(4)运维知识库:提供了包括操作规程、培训资料和模拟操作等运维知识,运维人员可根据自己的需要,在遇到运维难题时快速查找和学习。

(5)应急预案管理:用二维编码技术以及多维可视化 BIM 平台进行信息动态显示与查询分析,为业主方提供设备故障发生后的应急管理平台,省去大量重复的找图纸、对图纸工作。运维人员可以通过此功能模块,可快速扫描和查询设备的详细信息、定位故障设备的上下游构件,指导应急管控。此外,该功能还能运维人员提供预案分析,如总阀控制后将影响其他哪些设备,基于知识库智能提示业主应该辅以何种措施,解决当前问题。

3 系统应用案例

嘉里中心 II 期项目工程位于深圳市商业中心区,是由嘉里置业(深圳)有限公司投资,中建三局一公司承建的超高层商业建筑。地上 43 层,地下 3 层,总建筑面积为 102 884m²,建筑高度 195.6m。

3.1 MEP-BIM 的创建

3.1.1 IFC 数据接口

通过开发 IFC 模型转换接口,在导入 IFC 文件存储的 3D 模型的同时,也将建模过程中所录入的几何、类型等所有属性一并导入,并自动形成关联,从而实现了设计和施工信息与运维期信息的共享(如图 2 所示)。导入后的模型及其所有属性统一存储在服务器数据库中,形成永久的 MEP 电子信息库,对建筑信息进行了全面的备案,同时给物业人员在运维期提供支持。

3.1.2 属性数据接口

海量的信息录入是一项非常繁琐的工作,为了能更方便快捷地录入数据,系统提供了包括界面操作和 Excel 文件导入等多种录入数据的方式以满足用户的不同需求。即用户一方面可以通过操作图形界面,批量地添加属性信息,并个别地进行修改,也可以借助 Excel 等工具,快速创建属性信息。

3.1.3 建立上下游关系

在项目中,成千上万的构件形成了错综复杂的结构关系。为了更好地对构件进行管理和辅助应

急事件处理,需要建立构件之间的上下游关系。系统中,把构件的控制构件定义为其上游构件,把构件所控制的构件称为其下游构件。以暖通系统为例,风管的上游构件为风机,下游构件为风阀(风口终端)。通过在系统的图形平台中选择上下游构件,可快速建立其上下有关系。



图 2 导入 IFC 生成模型、读取模型中数据

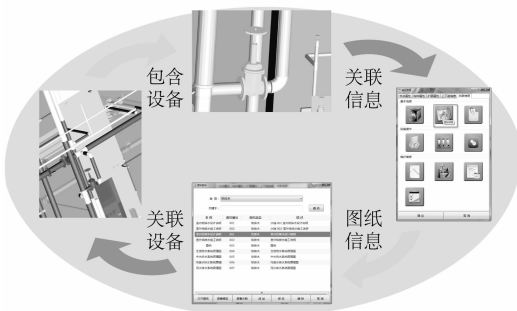


图 3 闭合的信息环

3.2 信息的应用

3.2.1 关联查询

BIM-FIM 2012 系统中的所有信息都形成一个闭合的信息环(如图 3 所示)。即通过选择机电设备,可快速查询与其关联的所有信息和文件,这些文件包括图纸、备品、附件、维护维修日志、操作规程等。同时,也可以通过查询图纸等信息,定位到与之相关联的所有设备构件。闭合的信息环为运维人员掌握和管理所有的设备和海量的运维信息提供了高效的手段。

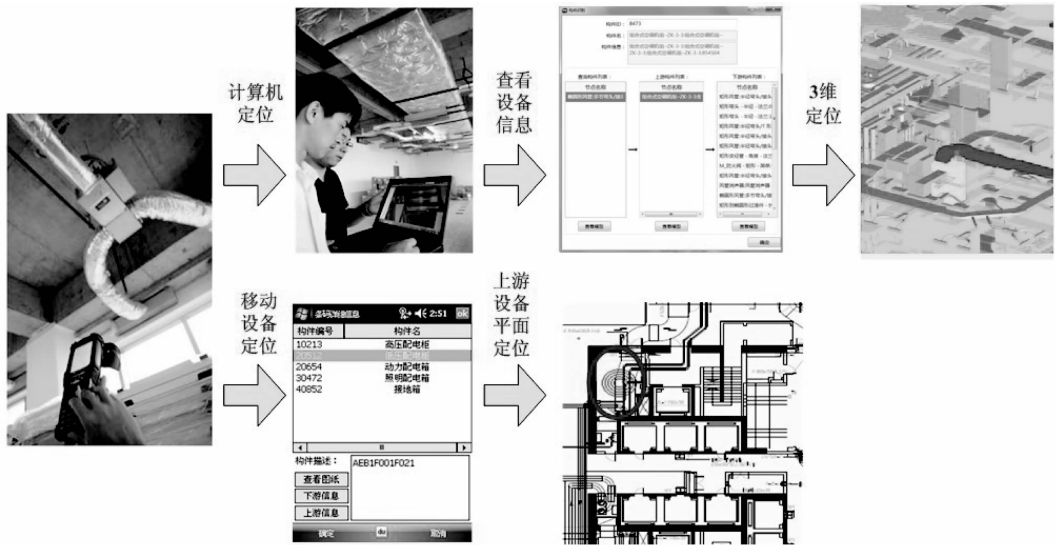


图4 基于设备二维码的三维定位与移动设备平面定位

3.2.2 统计分析

系统中存储和管理着海量的运维信息,而统计分析功能则可以让运维人员快速地获取有用的和关键的信息,以及根据直观的图表,直观地了解到各个系统或各个构件当前的运行状况。为了让用户更好地进行数据对比,系统提供了直方图、饼图、bar图、线图、球图等统计图表的方式供用户选择。

3.3 物业应用

3.3.1 维护维修管理

维护维修管理为机电设备管理人员提供了日常的管理功能,这些功能包括:在系统中为构件添加相应的维护计划,系统会按照该计划定期的提醒物业人员对构件进行日常的维护工作,并在维护工作后,辅助录入维护日志;当需要进行维修时,物业管理人员根据报修的项目进行维修,并可查询备品库中该构件的备品数量,提醒采购人员制定采购计划。维修完成后,辅助录入维修日志。

3.3.2 设备识别

运维人员在设备的维护维修过程中,使用移动终端设备,可扫描贴在设备上的二维码,并根据二维码中所提供的设备关键信息,连接并获取远程数据库中与该设备相关的其他附属信息。例如,设备安装和维护手册、设备大样图、设备参数等,运维人员也因此不需要携带大量的纸质文档到实地,实现运维知识电子化。

3.3.3 应急处理

当运维过程中出现紧急情况时,物业管理人员可

携带移动终端设备进入到现场,通过扫描二维码获取出现问题构件的关键信息、详细信息以及其上下游的信息,并通过定位上游构件,尽快地找到上游设备进行处理。同时系统还将自动分析对上游构件处理后,将会影响到哪些范围内的哪些设备。运维人员还可以选择将笔记本电脑带入现场,通过二维码扫描枪,可实现在3D环境中,更精确更直观地定位设备及其上下游设备的位置,从而辅助现场操作人员更加方便和准确的处理紧急事件。具体的操作流程如图4所示:首先扫描出现故障的构件,其次通过移动终端获取该设备构件的信息,或者通过计算机在图形平台定位该设备构件,最后通过移动设备进行构件图纸定位或在计算机中实现3D定位。

4 总结

BIM-FIM 2012 系统综合应用 BIM 技术、计算机辅助工程技术、虚拟现实技术、移动网络技术等,引入建筑业国际标准 IFC,通过建立 MEP-BIM,实现机电设备安装过程和运维阶段的信息共享,并支持在安装完成后将设备实体和虚拟的 MEP-BIM 一起集成交付给业主。同时,BIM-FIM 2012 系统作为机电设备信息化运维管理平台,为运维人员提供高效的运维手段,以保障所有机电设备及其各子系统的安全运行。系统可用于各种建筑工程的机电设备运维期管理,尤其适用于大型、复杂工程。

参考文献

[1] Korman T M, Fischer M A, Tatum C B. Knowledge and

- reasoning for MEP coordination. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2003, 129(6):627-634.
- [2] Foms-Samsó F, Bogus S M, Migliaccio G C. Use of Building Information Modeling (BIM) in facilities management. Ottawa, Canada, 2011.
- [3] Sciences N I O B. National Building Information Modeling Standard Verion1-Part1: Overview, Principles, and Methodologies, America, 2007.
- [4] Korman T M, Tatum C B. Prototype tool for mechanical, electrical, and plumbing coordination. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 2006, 20(1):38-48.
- [5] Korman T M, Simonian L, Speidel E. Using building information modeling to improve the mechanical, electrical, and plumbing coordination process for buildings. Denver, United states, 2008.
- [6] Leite F, Akcamete A, Akinci B, et al. Analysis of modeling effort and impact of different levels of detail in building information models. *Automation in Construction*, 2011, 20(5):601-609.
- [7] Khanzode A, Fischer M, Reed D. Benefits and lessons learned of implementing Building Virtual Design and Construction (VDC) technologies for coordination of Mechanical, Electrical, and Plumbing (MEP) systems on a large Healthcare project. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 2008, 13:324-342.
- [8] Riley D R, Varadan P, James J S, et al. Benefit-cost metrics for design coordination of mechanical, electrical, and plumbing systems in multistory buildings. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2005, 131(8):877-889.
- [9] Tabesh A R, Staub-French S. Modeling and coordinating building systems in three dimensions: A case study. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 2006, 33(12):1490-1504.
- [10] Korman T M, Lu N. Innovation and improvements of mechanical electrical and plumbing systems for modular construction using building information modeling. Oakland, United states, 2011.
- [11] Yu K, Froese T, Grobler F. A development framework for data models for computer-integrated facilities management. *Automation in construction*, 2000, 9(2):145-167.
- [12] Hassanain M A, Froese T M, Vanier D J. Development of a maintenance management model based on IAI standards. *Artificial Intelligence in Engineering*, 2001, 15(2):177-193.
- [13] National I O B S. Construction Operations Building Information Exchange. 2012; 2012.
- [14] El-Ammari K H. Visualization, data sharing and interoperability issues in model-based facilities management systems. Montreal, Canada, 2006.
- [15] Akcamete A, Akinci B, Garrett J H. Potential utilization of building information models for planning maintenance activities. Nottingham, UK, 2010.
- [16] 张建平, 郭杰, 王盛卫等. 基于 IFC 标准和建筑设备集成的智能物业管理系统. *清华大学学报(自然科学版)*, 2008(6):40-42.

A BIM-based Facility Intelligent Management System

Hu Zhenzhong¹, Chen Xiangxiang¹, Wang Liang², Yu Fangqiang¹, Wang Xingpo²

(1. Department of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. The First Construction Co., Ltd., of China Construction Third Engineering Bureau, Wuhan 430040, China)

Abstract: Traditionally, operation and maintenance information for MEP mainly comes from completion data in the forms of drawings or documents. When the information is needed, it requires manual searches from such a huge amount of paper files. In order to realize the information transmission from design and construction phases to operation and maintenance period, effectively organization of such information by electronic means is the key issue to be resolved in current building lifecycle management. This can also enhance the information-aided maintenance. By introducing Building Information Model (BIM) and two-dimensional code, a BIM-based Facility Intelligent Management System (BIM-FIM 2012) is developed to realize the electronic integrated delivery of MEP, and to improve the maintenance management and emergency management of a building during its operation and maintenance period. The system also provides an effective way and platform to ensure the safe operations of all MEP systems.

Key Words: MEP Engineering; Operation and Maintenance Period; Building Information Model (BIM); Facility Management; Two-dimensional Code