

Research on the Application of Information Technology in Facilities Management

Xin DONG^{1,2}, Jiming CAO^{1,2}, Jinliang LI¹

Tongji University, ¹School of Economic and Management Sciences

²Research Institute Project Administration and Management, Shanghai

Received: Feb. 19th, 2011; revised: Mar. 14th, 2011; accepted: Mar. 28th, 2011.

Abstract: With the coming of the era of the knowledge economy and the rapid development of the information society, IT in facilities management plays an increasingly important role in the field, necessary and important technology in the modern facilities management and the management tools. In this paper the development and actuality of modern information technology in facilities management domain are expounded. Furthermore, the working principle and architecture of Management Information System being studied based on facilities management information analysis. The structure models of FMIS and integrated FIMS are deeply analyzed under different perspectives.

Keywords: Facilities Management; Facilities Management Information System; System Framework; Integrated System

信息技术在设施管理中的应用研究

董鑫^{1,2}, 曹吉鸣^{1,2}, 李金良¹

同济大学, ¹经济与管理学院; ²工程管理研究所, 上海

收稿日期: 2011年2月19日; 修回日期: 2011年3月14日; 录用日期: 2011年3月28日

摘要: 随着知识经济时代的来临和信息社会的飞速发展, 信息技术在设施管理领域中扮演着越来越重要的角色, 成为现代设施管理中不可或缺的重要技术手段和管理工具。本文阐述了现代设施管理中信息技术的发展与现状, 在分析设施管理信息的基础上研究了设施管理信息系统(Facility Management Information System, FMIS)的系统架构, 并深入分析 FMIS 在不同视角下的结构模型以及整合的 FIMS。

关键字: 设施管理; 设施管理信息系统; 系统架构; 系统整合

设施管理(Facility Management, FM)是一门跨学科或多专业交叉的新兴学科, 按照国际设施管理协会(International Facilities Management Association)和美国国会图书馆的定义, 设施管理是“以保持业务空间品质的生活和提高投资效益为目的, 以最新的技术对人类有效的生活环境进行规划、整备和维护管理的工作”, 它“将物质的工和场所与人和机构的工作任务结合起来^[1]。尽管设施管理学科诞生的时间不长, 但已经积累了丰富的理论方法和实践案例, 初步形成了独特的学科体系。随着经济环境的发展, 投资扩张、全球化、人口增长及其结构变化、技术变革、外包、能

源限制、社会责任、可持续发展、应急事件等变化因素给设施管理注入了新的内容和活力, 也带来了巨大的市场机遇和挑战。

1. 基于信息技术的设施管理系统的发展

在过去的五十年中, 信息技术的发展对于设施管理产生了重大的影响。从过时的工单管理系统到计算机维护管理系统(Computerized Maintenance Management System, CMMS), 再到利用企业内部网络轻松实现空间管理功能的计算机辅助设施管理(Computer

Aided Facility Management, CAFM)系统, 每一次信息技术的革新都对设施管理发展起到了巨大的推动作用。尤其是在国际互联网出现以后, 基于 Web 的计算机设施管理系统在跨行业、跨国界的更广阔的范围得以实现。

1.1. 计算机维护管理系统

20 世纪 60 年代初期, 企业并没有形成设施管理信息系统的统一认识, 不存在设施管理信息系统这样的概念, 企业内部也没有设施经理和相应的设施管理部门^[2]。当时对设施管理的认识停留在设备的维护与保养层面, 有关设施管理的各项工作分散在行政办公、人力资源、后勤保障等多个部门完成, 这些部门拥有各自的办公系统。

当组织展开工作流程自动化时发现, 单单依赖于一套新的计算机系统是无法实现目标的^[2]。CMMS 包含了原有的工单系统功能, 还包括一个存储组织维护运营信息的数据库系统, 用来帮助工作人员降低维护成本, 帮助维护人员在正确的地点, 正确的时间做出正确的决定, 并且不间断的管理和控制所有维护活动^[3], 在设备未发生故障前对设备进行有针对性、有计划性、有目标性采取预防性维护工作。

过去相当长一段时期内 CMMS 以设备维护为其核心功能, 但随着设施管理的概念、内涵不断更新, 这种观念已经发生了改变。对于 CMMS 产品的关注范围已经扩展到了包含多种设施的企业资产管理系统 (Enterprise Asset Management, EAM), 也称企业资产维护管理系统^[4]。EAM 可以有效提高企业的生产率以及资产利用率, 企业通过 Internet 访问集成了设备状态信息的 EAM 系统来制定设备维护的计划决策^[5]。CMMS 系统将着眼点放在设备维修的层面, 借助计算机实现维护工作管理和备件采购库存管理。而进入 EAM 阶段后, 着眼点扩大到资产的层面, 从而在 CMMS 的基础上, 将资产管理相关的项目管理、人力资源、安全与职业健康、维修成本、移动应用等子系统纳入到 EAM 范围之内^[6]。

1.2. 计算机辅助设施管理系统

在 20 世纪 80 年代初, 国际设施管理协会、英国

设施管理协会等组织开始对 FM 进行大量深入细致的研究。那些拥有大量建筑设施、众多员工和成批设备, 并且实行中心化集中管理的大企业和组织也逐步认识到了设施管理的重要性, 计算机辅助设施管理(CAFM)系统开始逐步应用。CMMS 与 CAFM 系统 (又称为设施管理软件) 关系紧密, 因为在不少组织中这两者是可以等同互换的。1982 年 ARCHIBUS 公司发布了其第一款 CAFM 系统, 并将 CMMS 的主要功能纳入其中; 1983 年 ARCHIBUS 公司成为 Autodesk 公司全球的合作伙伴, 并于 1985 年发布世界上第一套整合 CAFM 系统。

CAFM 系统通常提供与 CAD 系统以及空间数据库相联的接口^[6], 使得计算机辅助设施管理/计算机集成设施管理从本质上更具有战略性, 并提高了设施经理在空间管理和信息管理中所扮演角色的重要性。在遍及政府、医疗保健、教育、商业等不同的行业和工业环境中, CAFM 系统通过合成和分析复杂数据来改进设施管理实践, 同时设施经理在空间管理和信息管理中扮演着越来越重要的角色。

当前, CMMS 与 CAFM 系统仍然在相同或不同的行业及企业中应用, 两种系统并没有绝对的区别。CMMS 与 CAFM 系统都是设施管理信息系统的一种, 或说是一个部分, 这两种系统不断地完善各自的功能, 越来越多的在功能上相互重叠、融合。随着信息技术本身的发展, 这种集成化的趋势愈发明显, 整合了 CMMS 与 CAFM 功能, 并与地理信息系统(Geographic Information System, GIS)、计算机辅助设计等系统互联的新的设施管理信息系统开始出现。

1.3. 设施管理信息系统

设施管理通常服务于企业的非核心业务, 然而非核心业务对于一个企业的生存发展并非无足轻重; 传统上认为设施管理部门是成本中心, 而新的管理理念是要将其发展为利润中心。以高效集权管理为目标的管理整合成为优先管理目标, 主要体现在设施管理信息系统 (Facilities Management Information System, FMIS) 的整合。经过几十年的发展, 结合包括系统工程、通讯技术、电子计算机技术等在内的各种技术应用, 现代设施管理的内涵不断扩展, 服务功能不断延伸, 正在发展成为一个完全新型的综合设施管理服务

体系。现代大型企业中设施管理越来越多的涉及到了财务管理、人力资源管理等功能, 这些部门之间有大量的信息需要整合与共享。企业需要的是设施管理综合解决方案, 一种网络化的, 并且与企业原有的企业资源计划(Enterprise Resource Planning, ERP)系统、人力资源(Human Resource, HR)系统通过通用接口整合的、结合 CAD 和 GIS 技术的集成化的设施管理信息系统。

通过将这些信息整合, FMIS 提供了一个观察设施管理绩效的统一视角, 并为设施管理决策提供更多更准确的信息支持。一个设计良好的 FMIS 要能够确保系统记录的质量, 要保证决策制定过程可被追溯, 要建立可靠的反馈和前馈机制以确保设施管理团队间的有效沟通^[7]。无线网络技术的进步也推动了设施管理的发展。设施管理者的个人计算机、手机、PDA 等设备通过 Internet、无线传感网络、蓝牙技术实现了无缝连接^[8]。设施管理者的个人计算机随时可以通过 E-mail 接受服务器端的有关设施管理的最新资料和数据, 设施管理者也可以通过蓝牙技术、个人计算机和其移动设备, 如手机和 PDA 中的数据同步更新。

新一代信息技术的发展使得全球范围内的社会生产方式、市场体系和组织的商业和管理行为模式都有了很大的调整, 现代设施管理面临着新的机遇和挑战。全球化使各个企业之间的竞争突破了狭隘的地域空间限制, 竞争不单只是来自国内, 更多的竞争将来自于全球范围^[9]。

2. 设施管理信息分析与系统架构

对于设施管理的组织来说, FMIS 的分析和设计工作非常重要。经过良好规划的 FMIS 可以灵活得应对未来新增的空间需求、设施搬迁的管理和设备维护计划的变更, 并保证组织获得最大利润。

2.1. 设施管理信息分析

由于设施管理领域技术的多样性和复杂性背景, 不同的组织的设施管理的定义和设施经理的角色也千差万别。然而, 不同的组织对于信息却有着共同的认识: 信息是一种极为重要的决策制定的支持性元素。信息以电子数据为载体, 增强了组织交换

信息的能力, 并且在时间与空间上革命性的改变了通信的方式。组织需要从信息重要性的角度出发, 重新思考设施与计算机及其 FMIS 的关系。

设施管理对于高效性的要求, 必须依赖设施管理信息传递的及时性、准确性、完备性以及系统的反馈。全面、可靠的信息在设施管理决策制定的有效性方面是非常重要的。然而, 不同设施管理业务流程的信息构成方式不同, 处理信息的方式也比较繁杂, 体现在信息的收集、整理、分发、显示以及更新的全过程。基于设施全寿命周期的建设和运行、维护信息数据包括两个主要方面: 设施新建、改建或扩建过程中的所收集的数据和设施运行和维护期间所生成的数据。

第一个方面, 设施新建、改建或扩建过程中的规划、设计和施工(Architecture, Engineering, and Construction, A/E/C)阶段, 由于传统的工程建设模式导致 A/E/C 的“分裂”(Fragmentation)特征, 形成信息孤岛, 造成项目规划、设计和施工参与方之间的信息沟通障碍^[10], 它们大都采用自身专用的数据结构的计算机信息系统, 在不同的计算机信息系统之间没有统一、标准化的数据收集和交换过程。因此, 设施拥有者和设施经理们所得到的只是一个具备有限的 CAD 图纸、大量记录在纸基上的操作指南、维护手册和工作计划, 以及设备调试检验合格证的设施。所遇到的问题有两个:

- 在设施设计和建造期间难以获得有用的系统信息;
- 所获得的数据, 如纸基的文档和图纸, 需要重新输入电子设备。

第二个方面, 在设施运行和维护期间, 设施系统的高效维护需要并且不断地产生大量各类数据, 并存储在为数众多的不同类型的媒介中, 其中约有 94% 的是保存在纸张上的^[11]。信息技术所具备存储和操作大容量的数据的能力, 被认为是提高信息管理的运作效率、降低维修费用的补救办法。但是, 由于自动化的设施管理功能与 CAD 系统、以及组织原有的资产管理、人力资源管理系统等应用都采用离散的工作方式, 相互之间形成了一个缺乏结构和控制的信息流。设施管理应用与组织的业务管理应用之间缺乏统一的控制平台, 彼此不能有效并行

运作。此外,采用手工的方式将一个计算机系统的数据输入到另一个计算机系统的时候容易产生错误,而那些直接数字控制(Direct Digital Control, DDC)组件的“设施控制系统”(如安全、照明、以及空调系统)的制造商们所使用的往往是互不兼容的通信系统^[12]。

2.2. 基于全生命周期的设施管理信息系统架构

一个设施管理信息系统开发并不是一件容易的事情。虽然许多设施管理经理明白 FMIS 带来的收益,但是他们没有太多时间或精力来推动 FMIS 在企业或组织内部实施的。企业或组织的设施管理部门通常将 FMIS 的开发、实施及管理的任务委托给 IT 部门。而 IT 部门的人员通常不会真正了解设施管理的业务流程,对于设施管理需求和对象的定义也不十分的清楚。

设施管理信息化过程中一个重要的问题就是信息系统的架构。为了在设施的全生命周期内充分发挥 FMIS 的作用,能够经得住设施业务变化和时间的考验,信息系统的良好架构是必不可少的。如果不重视整个信息系统的规划,没有从全局的角度考虑,就可能造成各个环节相互割裂、各部门各自为政,信息沟通不畅的局面,FMIS 也就成了信息孤岛。因此,在设计、开发一个设施管理信息系统之前,一定要有一个明确的、并且得到设施管理部门认可的基于生命周期的设施管理信息系统框架,如图 1 所示。

图 1 描述了一个基于设施全生命周期的 FMIS 的架构,生命周期支持工具提供了用户交互界面,

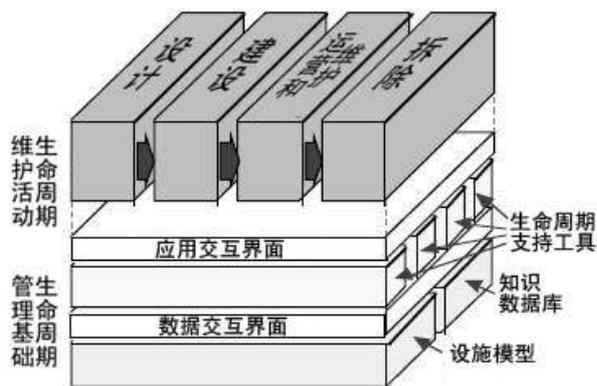


Figure 1. The framework of FMIS based on the total life cycle
图1. 基于全生命周期的设施管理信息系统框架

在设施管理全生命周期的各阶段为用户提供访问服务。数据层是整个系统架构的重要基础,其中包含了两种数据库:一个设施模型和一个知识库^[13]。

(1) 设施模型

设施模型包含了设施的所有的属性和功能信息,如设计参数或是设施部件采用的材料数据或是结构数据。当然,这个模型依靠信息技术的支持,设施模型应该与施工记录以及运营和维护的历史数据相联系。

(2) 知识库

知识库中包含的数据主要涉及有设施管理的理论和经验的知识,如设备预防性维护理论、设施状态的评估经验方法等。设施的全生命周期过程中都应该可以顺利访问这些数据库,并且运营和维护过程中新产生的数据也应该可以正常的更新到这些数据库中。数据库中的数据要能反映设施当前运营的真实状态,设施管理中各项决策的制定应该是基于数据库中最新的数据。

3. FIMS 系统整合

目前在软件产品市场上有多种功能的设施管理信息系统,但基本上都无法提供一个完整的、具体的综合解决方案。因此,设施管理信息系统应该是一种由多个子系统有机构成的整合的信息系统,并且在通用信息基础上实现各个自动化信息系统的组合,并且在建设项目维护的整个生命周期内进行优化管理^[14]。这种整合提高了运营效率,提供了一个信息技术规划和服务的环境。

3.1. 整合的 FMIS 功能模型

复杂的设施系统所依靠的技术与知识,不仅来自于组织内部员工,也来自于其服务的客户。基于设施管理信息技术的整合包括了设施业主、用户、建筑师、结构工程师、暖通工程师、设施经理等各类设施管理参与者的资源。

组织采用整合系统的策略,提供一个完整、统一的共享信息和功能的系统,以减少业务流程和内容相同工作的重复,并在不同系统部分和不同应用软件之间实现流畅的、准确的信息交换能力。整合系统的各个子系统或功能模块之间有不同的连接方式,一种是简

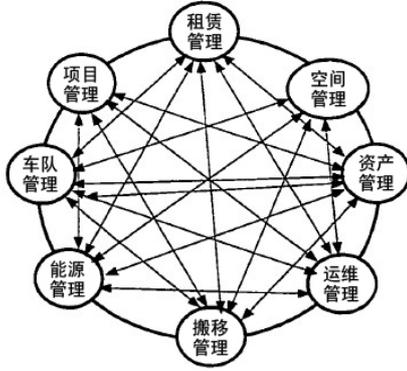


Figure 2. End-to-end connection type

图 2. 端到端的连接方式

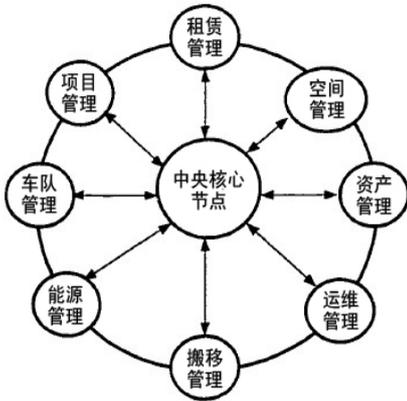


Figure 3. Axis-rotate type structure

图 3. “轴-辐”式结构

单的端到端的连接，各模块之间以一种松散的方式直接互联通信，没有中央节点的控制。端到端的连接方式，如图 2 所示。

这种连接方式需要单独开发各个模块之间通信接口和协议，各模块之间也很难协调同步工作，更好的整合方式是“轴-辐”式结构，如图 3 所示。这种“轴-辐”式的结构有一个中央核心节点，其它节点之间的信息交换都通过它的转换服务实现。作为一个实体对象，这个核心包括了在各个模块之间交换信息的通道，在系统内实现一种统一的标准化的独立于各个模块开发商的信息结构和通信标准。

设施管理信息系统整合的核心点是将每个独立的自动化子系统组合为一个单一完整系统的基础，也可以将这个核心的功能节点视为一个基础的支撑平台。通过这个平台实现基本的通讯协议，并为构建在其上的各子系统模块提供服务支持。它实现了将关于技术的、管理的和财务的信息整合到一个系统中的可

能性；这也要归功于信息技术在存储数据方面的发展，消除了信息对象的丢失，加速了查询数据的速度，并且减少了查询数据中出现的错误。

3.2. 整合的 FMIS 概念模型

概念模型是对真实世界中问题域内的事物的描述，而不是对软件设计的描述。概念模型用于信息世界的建模，是现实世界到信息世界的第一层抽象，是数据库设计人员进行数据库设计的有力工具，也是数据库设计人员和用户之间进行交流的语言。

FMIS 概念模型是设计者对设施管理现实世界的认识结果的体现，是对其软件系统的整体概括描述。构建基于全生命周期的设施管理信息系统，需要对设施管理业务流程进行分析，确定是否适用于自动化或是计算机化控制，还是仍然要借助于人工操作完成，要分析各个应用模块之间的相互关系以及定位，应用模块所涉及的数据量、数据类型、格式和其它重要的系统管理问题，包括数据安全和尽可能减少获取信息时的风险、用户-系统接口的设计方案、数据交换及系统管理过程。

从组织长远发展的角度出发，基于设施管理功能真实需求来设计 FMIS，通过将空间、人员、资产、设备维护和财务等功能集成，为用户提供了一个全面的视角来观察和分析设施管理^[15]。将 FMIS 通常与企业核心业务系统及相关辅助系统相整合，为企业提供基础设施服务，并与外部网络相连接，如图 4 所示。

从更广义的角度来说，一个整合的 FMIS，也称整合的设施管理系统(IFMS)，还包含用来跟踪资本更新及维护的资本规划和管理系统(CPMS)，并与人力资源系统、办公自动化系统、企业资源计划系统(ERP)系统相连接，并提供与 CAD 系统的接口。一个整合的 FMIS 结构中还包括组织内部网络和 FM 部门局域网络的 IT 基础设施、外部网络、国际互联网及相关硬件以及在线的网络服务系统，供内、外部用户访问 FMIS 的网站链接。

4. 结论

信息技术的发展和演变对设施管理带了巨大的影响，现代设施管理业务活动几乎都离不开信息技术

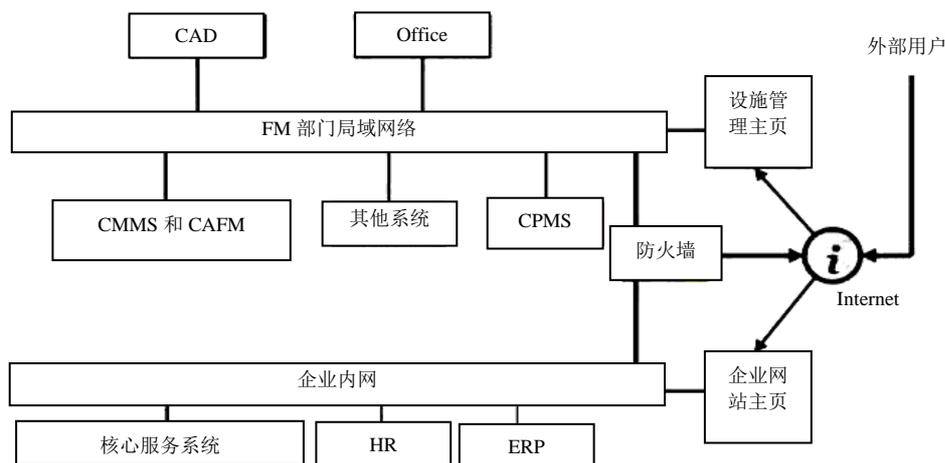


Figure 4. The intergrated FMIS conceptual model

图 4. 整合的 FMIS 概念模型

的支持。新一代的设施管理信息系统实现了整个组织内部所有人员、空间、位置、设备等资源的整合，并为管理者提供一个数据自动化操作平台，从设施维护工作流程的自动化，到空间规划功能的可视化，更加高效、及时、精准地为组织设施管理提供各项综合服务。掌握信息技术的工具已经成为现代设施管理从业人员必备的技能之一。

作为一名现代设施经理，必须认识到在目前和今后相当长的一段时期内，设施管理水平还将迅速发展。而开拓并完善新型管理方式、满足日益多样性复杂性的客户需求，都离不开信息技术在设施管理中应用。

5. 致谢

感谢我的导师曹吉鸣教授在本文写作过程中的无私帮助和辛勤指导，感谢合作者李金良同学的积极配合，最后感谢提供基金支持的“区域基础设施长效性及其主动控制研究”小组全体老师和同学。

参考文献 (References)

[1] Z. Waheed, S. Fernie. Knowledge based facilities management. *Facilities*, 2009, 27(7/8): 258-265.
 [2] E. Teicholz. *Facility Design and Management Handbook*. Bei-

jing: China Petrochemical Press, 2006.
 [3] J. B. Leger, et al. An innovative approach for new distributed maintenance system: Application to hydro power plants of the REMAFEX project. *Computers in Industry*, 1999, 38(5): 131-148.
 [4] I. McMullan. *Enterprise Asset Management: Configuring and Administering SAP R/3 Plant Maintenance*. Bloomington: iUniverse, 2004: 265.
 [5] L. Liao, J. Lee. Design of a reconfigurable prognostics platform for machine tools. *Expert System with Applications*. 2010, 37(1): 240-252.
 [6] E. Teicholz. CAFM and facility conditions assessment software. *Facilities*, 1995, 13(6): 16-19.
 [7] K. Alexander. *Facilities Management: Theory and Practice*. London and New York: Spon Press, 1996: 196.
 [8] F. Booty. *Facilities management handbook*. Burlington: Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2006.
 [9] T. Wireman. *Computerized Maintenance Management Systems*. New York: Industrial Press, 1994.
 [10] 李永奎. 建设工程生命周期信息管理 (BLM) 的理论与实现方法研究[D]. 同济大学, 2007.
 [11] M. L. Attinger. Integrated information management: A real world theory. *ARMA Records Management Quarterly*, 1993, 27(3): 12-18.
 [12] M. Al-Hussein. An information model to support maintenance and operation management of building mechanical systems. Concordia University, 2001.
 [13] S. Takata, A. Yamada, Y. Inoue. Computer-aided facility life cycle management. *Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*, 1999. Proceedings. EcoDesign '99: First International Symposium On, 1999, (1-3): 856-861.
 [14] T. Madritsch, M. May. Successful IT implementation in facility management. *Facilities*. 2009, 27(11/12): 429-444.
 [15] D. S. Then. Integrated resources management structure for facilities provision and management. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 2003, 17(1): 34-42.