

建设工程生命周期管理系统设计研究

欧阳利军 董松 杨泽沛 徐辰云 镇斌

(上海理工大学 环境与建筑学院,上海 200093)

【摘要】建设工程生命周期管理 BLM(Building Lifecycle Management)系统拥有建筑信息集成和全过程管理的特点,能够有效地改进传统建筑信息管理手段的不足,避免工程参与方之间的沟通出现信息断层和信息孤岛等问题。本文基于 BLM 理念,提出了建设工程生命周期管理系统架构,结合 ASP.NET、AJAX 和 WebGL 等技术,完成了原型系统的开发,并就主要功能模块进行了详细阐述。该系统的提出旨在解决建设工程中的信息管理与信息共享的问题,为 BLM 的研究和实践提供思路和方法。

【关键词】建设工程生命周期;建筑信息模型;三层架构;信息管理

【中图分类号】TU17; TU411 **【文献标识码】**A

【版权声明】本文被《土木工程信息技术》、中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录上网,未经授权严禁登载。

引言

建设工程生命周期管理(Building Lifecycle Management,简称 BLM)是指在建设工程的整个生命周期内通过数字化的方法创建、管理和共享所建造的资本资产的信息^[1]。建设工程的生命周期可分为两个部分,第一部分是建设阶段,指从工程的规划、设计到施工建成;第二部分是使用阶段,指工程建成后的运营维护^[2]。目前,这两个部分的信息由于缺乏统一的信息管理手段,处于分离状态。运营维护所需要的信息无法与第一部分直接关联,工程模型和设施等信息丢失严重,导致运营维护工作的难度增大;此外,第一部分实现过程中参与方众多,规划、建筑、结构、机电、景观等专业遵循着不同的数据标准和格式,使得现有的信息管理系统往往局限于某一专业或某一阶段中,这造成了不畅通的信息交换和信息共享,导致“信息孤岛”的出现^[3-4]。研究表明^[1,5],实际工程中低效率的信息管理和共享是影响项目实施的主要原因,而实现建设工程生命周期管理能够优化建筑信息管理和信息共享的过程,是前述问题的有效解决途径。

建筑信息模型 BIM(Building Information Model-

ling)是一个建设工程项目实体和功能特性的数字化表达,它将建设工程生命周期的所有信息和功能要求整合于一个 BIM 数据库,实现了建筑信息的集成^[5]。BIM 的应用能够提高建筑行业在规划、设计、施工和运营的技术水平^[6-7];而基于 BIM 的工程信息管理系统,具有集成和生命周期管理的优势^[8-11]。BIM 应用管理的研究也逐渐趋向于集成化的生命周期信息管理系统(BLM 系统,以下简称系统)^[11-13]。刘晴等人通过分析 BLM 思想的形成、发展和内涵,指出 BIM 是实现 BLM 的技术基础^[1]。李永奎在 BLM 理论和实现方法的研究中表明集成的建筑信息必须借助集成的软件系统才能实现,以满足工程中协同工作和信息交换的需求^[13]。

为实现 BIM 在 BLM 中的价值,相关学者研究了建设工程生命周期的 BIM 集成框架、建模流程和应用架构等关键技术^[13-16]。并试图以理论技术推动实际应用,开发了原型系统,论证可行性^[14-16];武妍丽提出了区域工程生命周期管理系统的整体解决方案并应用于实际工程^[17]。但目前的建设工程生命周期管理系统大多集中于基于三维模型的数据可视化层面,缺乏对全生命周期各阶段的协同作业设计。

【作者简介】 欧阳利军(1982-),男,副教授,硕士生导师,主要研究方向:工程检测加固与信息化研究;董松(1994-),男,硕士研究生,主要研究方向:土木工程技术与信息化研究。

综上所述,BLM 系统的核心对象是集成的建筑信息,其核心思想是以 BIM 技术为基础,通过集成的软件系统实现建筑信息管理和共享,支持协同工作和信息交换,提升建设工程生命周期信息管理的效率和水平。因此,本文基于 BIM 技术和 BLM 理念,提出并分析了建设工程生命周期管理系统架构,结合 ASP.NET(Active Server Pages.NET)、AJAX(Asynchronous JavaScript and XML)和 WebGL(Web Graphics Library)等技术,进行了原型系统的开发,并就系统功能结构内容进行了研究。

1 系统的架构

1.1 系统的逻辑架构

三层架构在大型系统逻辑架构设计中是最常见,也是最重要的一种架构,一般可分为界面层、逻辑层和数据层。区分层次的目的是将界面与业务逻辑区分开来,其优势在于使系统维护和管理更加方便,同时便于后续功能的扩充;由于逻辑层与数据层的隔离,用户不能直接访问数据库和物理文件,可满足系统架构设计的安全性原则。因此,本系统采用三层架构设计,通过各层级架构与应用模块相结合,形成了一个完整的建设工程生命周期信息管理系统。界面层提供交互界面,它是人和计算机系统进行信息交换的通道;逻辑层响应用户获取和处理数据的需求;数据层可提供基本的数据访问。

典型的数据流在系统中的走向示意图如图 1 所示,用户发出请求后,视图层构建包含参数的实体对象传递给逻辑层,逻辑层向数据层请求数据,数据层再访问数据库并构建返回数据的实体对象传给逻辑层进行加工处理,经视图层解析后显示给用户。其中,实体对象是数据的一种载体。

系统采用 B/S(Browser/Server, 浏览器/服务

器)工作模式实现三层架构。相比于 C/S(Custom/Server,客户端/服务器),B/S 将客户端统一为浏览器,并且系统功能实现的核心部分集中到了服务器上,简化了系统的使用、开发和维护。用户只需要安装一个浏览器,即可通过网络和服务器进行数据交互。本系统使用微软公司提出的 ASP.NET 技术开发,支持将工程源文件直接导入系统并指定给相应的功能模块进行使用,无须用户做前期数据准备,并通过封装的数据集成服务,避免了多次输入相同数据带来的重复工作和人为错误;系统界面层应用了响应式布局技术以自动适应不同终端的屏幕尺寸,达到一次开发,多终端运行的目的,使得系统的推广和应用更加简便。

1.2 系统的应用架构

系统开发目的是通过 BIM 技术实现 BLM 理念,解决建筑信息管理和共享的问题,这也是 BLM 的核心内容。系统应用架构在设计时主要考虑实现这一目标,如图 2 所示,该架构分为以下三个层次。

(1)功能层:BLM 的核心思想不是为创建更多的信息,而是通过信息管理和共享实现信息再利用,对于参与方而言,具体表现为协同工作和信息交换。因此,功能层位于框架开发的首要位置,通过集成建设工程生命周期各个阶段的信息管理,为参与方提供统一全面的工程信息和应用。系统的核心功能包括规划管理、设计管理、施工管理、运维管理和通用管理。扩展功能包括工作看板和系统设置,可根据后期需求进行功能定制化设置和开发。

(2)业务层:建筑信息种类繁多,关系复杂,如何对这些信息进行有效的分类处理是业务层设计的重点。首先可针对不同的信息类别开发相应的组件,实现分类处理信息,包括对 BIM 数据和附加业务数据的处理,分为基础组件和附加组件。基础

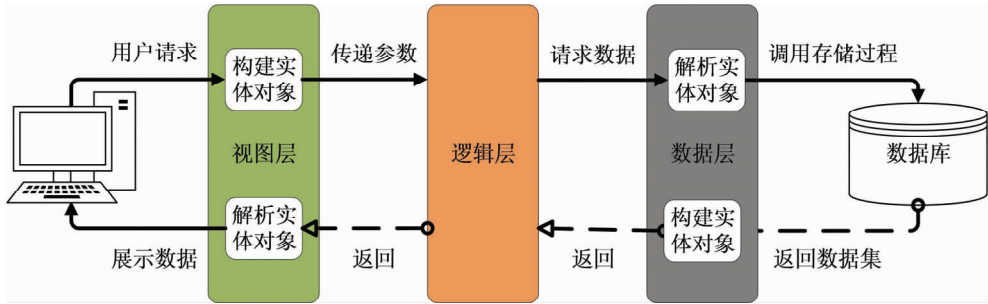


图 1 数据在三层架构中的走向示意图

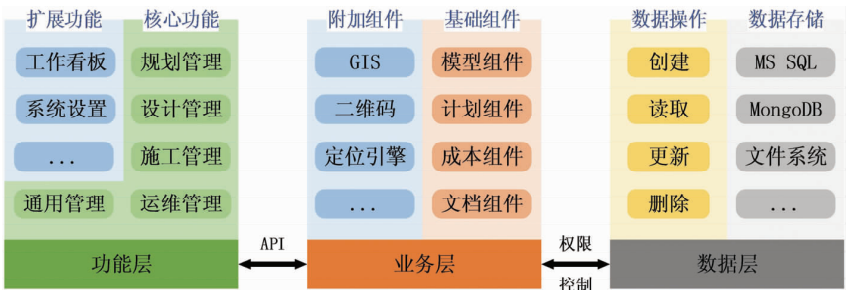


图 2 系统应用架构图

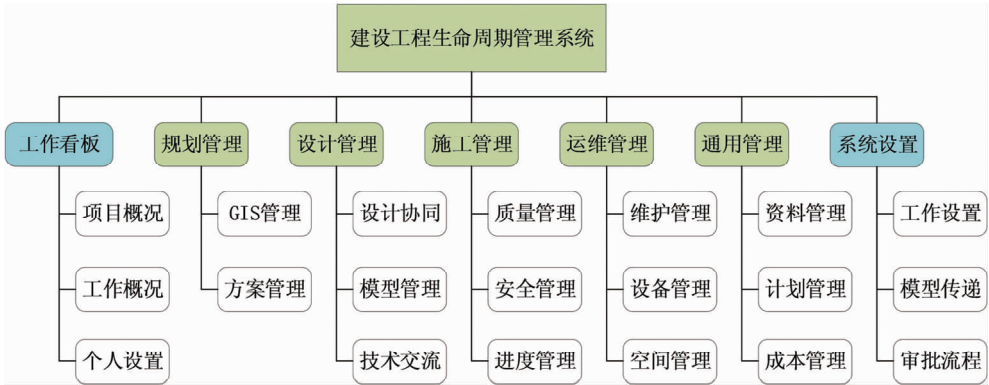


图 3 系统的功能结构示意图

组件包含模型、计划、成本和文档信息组件,附加组件包括 GIS、二维码和定位系统等;其次是考虑组件单元复用,实现组件间信息互用和交换,从而提高信息的利用率。业务层的目的在于为功能层提供信息来源,为数据层提供数据分类和转换操作。

(3)数据层:数据格式的多样性是建筑信息管理的关键性问题,从存储类型的角度可将其分为结构化信息、半结构化信息和非结构化信息^[5]。关系型数据库(例如 MS SQL)适用于存储结构化信息。而非关系型数据库(例如 MonggoDB)和文件系统结合适用于对非结构化信息的处理。数据层在设计时应充分考虑二者的结合应用,此外,还应封装对于所有异构数据的统一操作,在底层实现对信息的集成管理。

综上所述,本文原型系统的开发内容为:首先基于建设工程生命周期各个阶段的信息管理设计功能模块;其次根据建筑信息类别开发相应的业务处理组件;最后结合数据层完成整个管理系统的开发。系统的前后端开发工具为 Visual Studio,主要开发语言为 C#、Python、JavaScript 等。系统开发的功能结构内容如图 3 所示。

2 系统的关键技术

2.1 ASP.NET 技术

ASP.NET(Active Server Pages.NET)是一种创建动态 Web 应用程序和 Web 服务的技术,其工作原理是当用户访问 ASP.NET 网页时,Web 服务器 IIS(Internet Information Server)将访问请求转发给相应的应用程序池,编译运行后生成标记语言,再由 IIS 转发到客户端,客户端将标记语言在浏览器中渲染后显示给用户。ASP.NET 是 .NET 框架的一部分,即它可以使用任何 .NET 兼容的编程语言,例如 C#、C++、JavaScript 等,满足在本系统开发中涉及到解析模型数据、定位系统开发以及读写数据库等多种语言交叉编程的需求。

2.2 AJAX 技术

AJAX(Asynchronous JavaScript and XML),是一种创建交互式网页应用的开发技术,其最大的优点是可以在不重新加载整个网页的情况下实现网页更新。系统在设计时考虑到模型文件数据量通常较大,因此在 ASP.NET 中采用 AJAX 技术实现系统全局异步更新网页,视图层后台与服务器通过少量

的数据交换即可完成用户请求,无需重复加载模型,能够显著减小客户端和服务端的计算压力。同时,系统利用该技术构建了一个实时的数据拉取模块,实现无需用户手动刷新的情况向用户推送系统提醒和工作进度,实现参与方系统内实时沟通,提升工作效率。

2.3 WebGL 技术

WebGL(Web Graphics Library)是一种基于 Web 的绘图协议,用于在浏览器当中呈现交互式的 2D 或者 3D 图形。本系统所应用的地图引擎、模型和文件预览等功能均采用了该技术,它无需使用其它插件,即可在网页中实现硬件加速从而优化图像处理效果,克服了网页中渲染三维数据带来的计算量大、内存消耗高等问题。同时,基于该技术的交互能力,系统得以实现模型挂接、批注和动态更新等联动能力,大幅度提高了模型信息利用率。

3 系统的主要功能

3.1 规划管理

(1)GIS 管理

该模块允许参与方在导入已有地理信息文件 (Cesium 支持的格式)的基础上创建交互式查询、查看地理信息以及编辑地图中所呈现的数据,如图 4 所示。结合模型测量、标签和批注等命令可实现工程参与方在初期规划阶段自由分析建设工程的场地信息。



图 4 GIS 管理界面

(2)方案管理

方案管理是对工程规划方案的相关文件进行管理,包括工程技术指标、经济指标和空间规划等。其中空间规划资料是通过解析模型的空间布置及平面面积等数据生成的,能够让参与方在系统中定

义、批注、分析和分享空间布置信息,点击已保存的批注数据可以直接跳转到对应的批注位置,如图 5 所示。

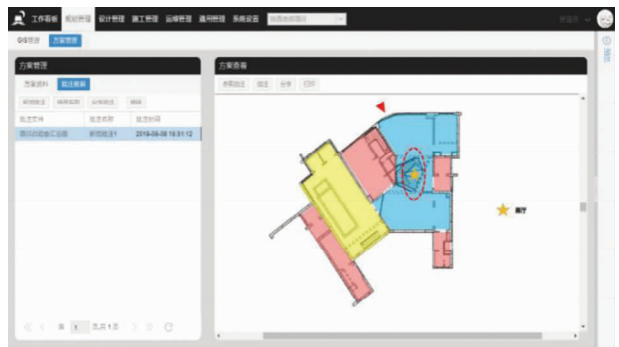


图 5 方案管理界面

3.2 设计管理

(1)设计协同

设计协同的功能旨在解决设计过程中存在的问题,其实现流程为设计问题提出者在该功能模块中创建设计问题表单,如图 6 所示,该表单包含问题视点缩略图、视点名称、专业、问题等级、接收人和抄送人等信息。相关人员在收到表单后,通过点击视点的缩略图可以在预览窗口中定位到相应的视图,直观地查看问题的位置所在,并可以给出建议或修改成果。由发起人确认问题解决后,流程结束。该模块实现了设计问题执行“发起—解决—确认”的闭环管理流程,能够加强对设计过程中频发的少、漏、碰、缺等设计质量通病的检查和审核,提高工程设计效率。

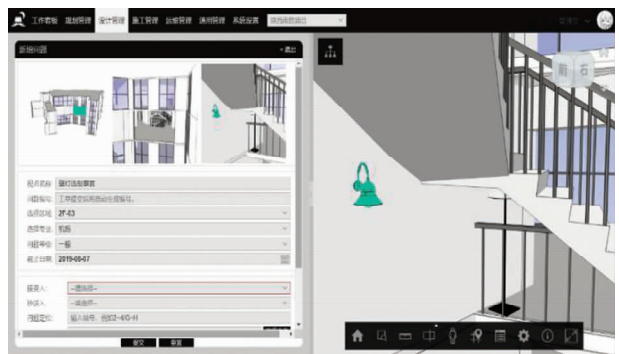


图 6 设计协同界面

(2)模型管理

该模块可以查看项目相关的所有模型和图纸文件,并可对其进行自由旋转、缩放、测量和批注等操作。根据需要可以保存相应的视点和批注说明,

其它参与方通过点击保存的视点可直接在预览窗口里定位到该视角,并能够查看批注(图 7)。同时系统支持为模型链接相关附件,例如导入 Navisworks 生成的碰撞检查文件。



图 7 模型管理界面

(3) 技术交流

支持参与方在系统中讨论设计专项问题,如图 8 所示,系统支持多人参与话题讨论,结合模型构件测量、涂鸦示意等功能,为参与方构建了一个实时高效的技术沟通渠道。同时也支持多人参与技术分享,例如相关工程规范、标准、规程和施工技术资料等。

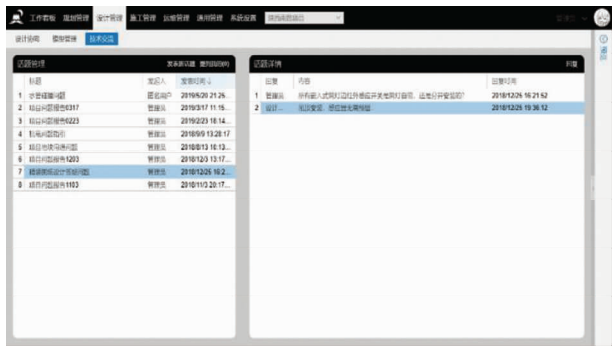


图 8 技术交流界面

3.3 施工管理

施工管理包括质量管理、安全管理和进度管理模块,每个模块都开发了与设计协同类似的表单系统和管理流程,分别为质量检查单,施工进度验收单和安全检查单,实现施工过程中的协同工作和进度跟踪。

(1) 质量管理

通过图 9 的质量问题整改单,参检人员可填报模型视点、检查项、整改人、整改期限、整改要求等,系统根据系统设置中预设的审批流程通知相关人

员进行整改,并在整改完毕后须上传整改成果附件,由负责人审核通过后流程结束。系统支持打印出表单的二维码,贴在现场构件上,通过系统扫描二维码可以直接跳转至对应的整改单,方便现场检查和反馈问题。

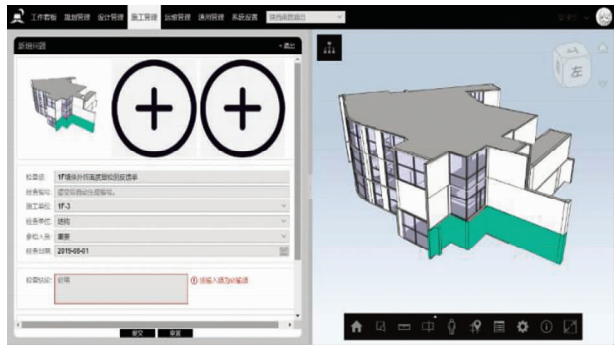


图 9 质量问题整改单示意图

(2) 安全管理

该模块除包含现场检查表单外,点击定位系统可进入施工风险监控页面。如图 10 所示。系统通过有线传输通道和串口接入服务器的方式与 UWB (Ultra Wideband) 定位系统联动获取施工风险源的位置信息,并在系统后台中实时分析佩戴定位标签人员的移动速度、方向和位置。该模块中可以实时查看各个风险源预先设定的危险区域和配有定位标签的施工人员的位置,系统会实时记录相关人员的位置信息并保存为日志,在人员靠近风险区域时进行预警,预警通过可通过系统推送、广播和警报等多种形式直接告知施工人员和管理人员。

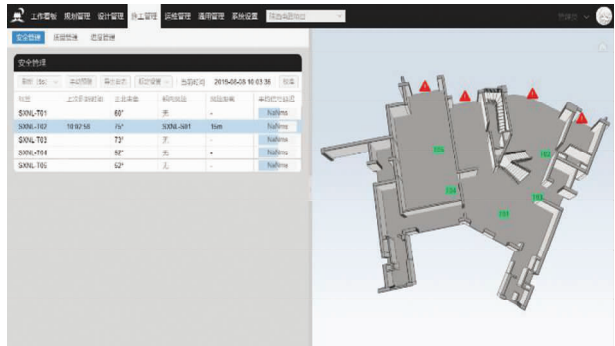


图 10 施工风险监控界面示意图

3.4 运维管理

(1) 维护管理

该模块实现流程采用了派工单的方法,旨在提高运营维护阶段的维护工作管理效率。首先维护

人员在检查建筑质量时对需要维护的构件或设施拍照,之后在系统内创建工单,上传拍摄的图片并与三维模型中对应的部分关联。在工单发起之后,系统在后台利用已训练的卷积神经网络模型自动对图片进行分析并标记维护类型和区域,如图 11 所示。

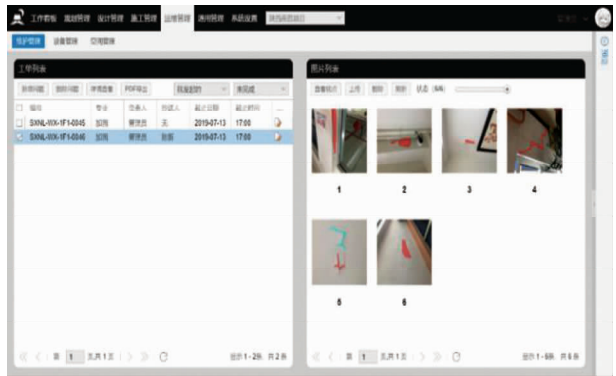


图 11 维护管理界面

标记完成后工单由系统按照预先设置的审批流程指定给专业维修人员,维修人员可以查看标记图片和相应的二维或三维视点并打印工单,现场维修后维修人员需在指定日期前在系统内反馈维修成果并提交审核,从而提高运营维护管理效率。同时,得益于自动化的维护图片识别,系统能够对损伤进行统计,并分析损伤类型,损伤分布情况,最后形成报告定期发送给相关负责人,负责人可快速掌握项目的损伤状况、维护情况等。

(2)设备管理

通过将设备参数和使用信息等录入系统并与模型中对应的部分挂接,在确保设备资料完整性的同时实现了设备的可视化管理。系统支持生成相应的二维码贴于设备上,实现在现场快速查询设备信息和对应位置,能够降低获取设备信息的时间成本。如图 12 所示。

3.5 通用管理

(1)资料管理

提供项目相关的所有资料文件。参与方可在资料管理中自行上传项目资料并设置共享权限,确保资料的保密性(图 13)。同时,系统支持上传同一文件的不同版本,并添加对应的版本号 and 备注。

(2)计划管理

导入计划文件后可实现在线查看、更新和导出操作。系统支持以下三种计划文件: 1)跟踪设计节



图 12 设备管理界面

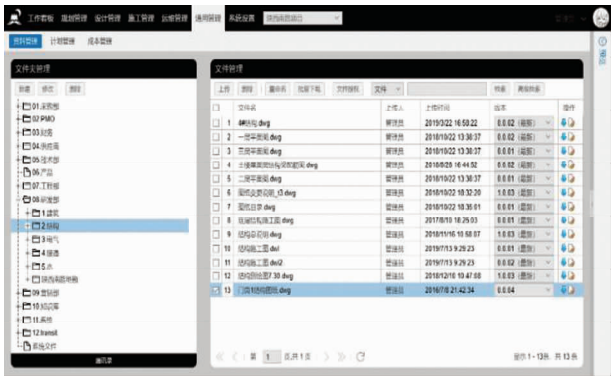


图 13 资料管理界面

点计划,在系统内提醒相关人员交付项目资料; 2)通过导入施工计划文件并与相应的模型构件关联,可以在系统内模拟施工进度(图 14),实现可视化施工过程; 3)在运维阶段可以创建、导入或导出维护计划文件,系统将按计划在对应的维护时间点通知到相关负责人。

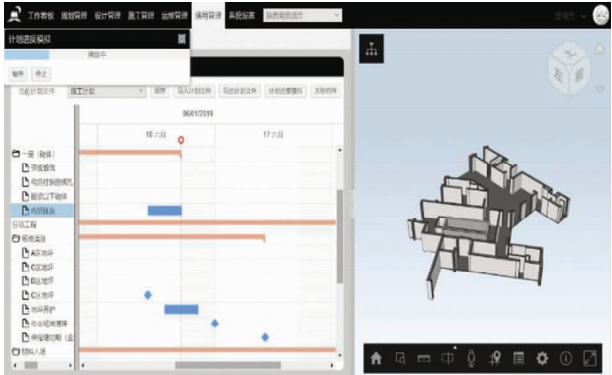


图 14 施工模拟示意图

(3)成本管理

成本管理的对象是建设工程的工程量信息和成本预算数据,其中工程量通过自动解算模型构件

信息得出；而成本预算数据为工程中的合同类费用、建设费用、维护费用等,如图 15 所示。系统支持将各阶段成本数据的 Excel 源文件导入到系统查看、在线更新和导出,实现系统内外数据的无缝衔接。

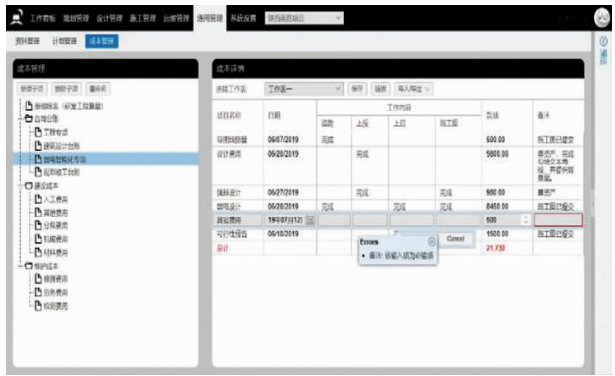


图 15 成本管理界面

4 结语

本文基于建设工程生命周期管理理念,将建设工程生命周期各阶段的 BIM 数据和成果集成于系统中,为工程建设实施和运维各参与方提供统一、全面的建设工程信息和应用,主要在以下几方面进行了研究：

(1)阐述了 BLM 系统的开发理念。BLM 系统的核心对象是集成的建筑信息,其核心思想是通过 BIM 技术和集成的软件系统实现建筑信息管理和共享,支持协同工作和信息交换,提升建筑信息管理的效率和水平；

(2)分析并设计了系统架构。该架构层次清晰,扩展性强,在设计时充分考虑了 BLM 的核心思想,其功能模块能够满足工程中对建筑信息管理和共享的基本需求,且可以根据实际工程中的信息管理需求进行功能定制和开发；

(3)通过文档协作、模型协作、业务协作等应用服务的开发,实现了系统内统一信息管理、协同工作和任务跟踪,提升建设工程信息管理的效率和水平。

参考文献

[1] 刘晴,王建平. 基于 BIM 技术的建设工程生命周期管理研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2010, 2(3): 40-45.
[2] Bonandrini S, Cruz C, Nicolle C. Building lifecycle man-

agement[C]. Proceedings of the International Conference on Product Lifecycle Management, Lyon, France. 2005, 1113.
[3] 尚春静. 基于建筑生命周期的建筑业管理信息化研究[D]. 北京交通大学, 2007.
[4] Wenfa H. Information lifecycle modeling framework for construction project lifecycle management[C]. International Seminar on Future Information Technology & Management Engineering. IEEE Computer Society, 2008.
[5] 丁士昭. 建设工程信息化导论[M]. 中国建筑工业出版社, 2005.
[6] Ada Malagnino, Giovanna Mangialardi, Giorgio Zavarise, et al. From Traditional Construction Industry Process Management to Building Lifecycle Management[C]. Ifip International Conference on Product Lifecycle Management. 2017.
[7] 陈军. 上海世博会博物馆全生命周期 BIM 应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2017, 9(2): 8-15.
[8] Froese T. Future directions for IFC-based interoperability[J]. Journal of Information Technology in Construction (ITcon), 2003, 8(17): 231-246.
[9] 于亮,张新. BIM 技术在建筑工程全生命周期的应用[J]. 智能城市, 2018, 4(19): 34-35.
[10] 何清华,钱丽丽,段运峰,等. BIM 在国内外应用的现状及障碍研究[J]. 工程管理学报, 2012, 26(1): 12-16.
[11] Volk R, Stengel J, Schultmann F. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs[J]. Automation in construction, 2014, 38: 109-127.
[12] 丰亮,陆惠民. 基于 BIM 的工程项目管理信息系统设计构想[J]. 建筑管理现代化, 2009, 23(4): 362-366.
[13] 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.
[14] Qing L, Tao G, Ping W J. Research Article Study on Building Lifecycle Information Management Platform Based on BIM[J]. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 2014, 7(1): 1-8.
[15] 张洋. 基于 BIM 的建筑工程信息集成与管理研究[D]. 清华大学, 2009.
[16] 张建平,余芳强,李丁. 面向建筑全生命期的集成 BIM 建模技术研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2012, 4(1): 6-14.
[17] 武艳丽,王博铭,赵鹏,等. 基于 BIM 的区域建筑全生命周期信息管理系统研究[J]. 建筑技术, 2018, 49(5): 18-21.

Research on Design of BLM System

Ouyang Lijun, Dong Song, Yang Zepei, Xu Chenyun, Zhen Bin

(School of Environment and Architecture, University of Shanghai for Science and Technology,
Shanghai 200093, China)

Abstract: The BLM (Building Lifecycle Management) system owns characteristics of building information integration and whole process management, which is able to effectively improve the deficiencies of traditional building information management methods, thus avoiding the problems of information gaps and information islands in the communication among different project participants. Following the guidance of the BLM concept, this paper proposes architecture of the BLM system, and completes the development of the prototype system by integrating related technologies including ASP.NET, AJAX and WebGL. The main function modules are all described in details in the paper. The proposal and development of the system is aiming at solving the problems of information management and information sharing in the construction project, and providing ideas and methods for reference in following research and practice of BLM.

Key Words: BLM; BIM; Three-Tier Architecture; Information Management