

[文章编号] 1003-4684(2020)05-0083-05

基于 BIM 的工程建设项目质量与安全监管研究

李 弘^{1,2}, 谢伟平¹, 江 鑫³, 王 粟³, 曾 亮³

(1 武汉理工大学土木工程与建筑学院, 湖北 武汉 430070; 2 武汉市汉阳区建筑管理站, 湖北 武汉 430000;

3 湖北工业大学电气与电子工程学院, 湖北 武汉 430068)

[摘 要] BIM 技术创新了工程建设行业的工作模式,但现阶段较少应用在政府部门监管领域。为此,提出一种基于 BIM 实现工程建设项目质量与安全监管的系统实现方案,并应用实施。系统实现方案包括 BIM 模型轻量化引擎选择与平台二次开发、工程建设项目质量与安全监管流程的信息化,以及流程与模型的交互功能设计等。应用实践的结果表明,所提方案和系统对于工程建设项目的归口管理政府部门履行监管职能,创新监管模式,优化监管流程,提高监管效率,以及提升管理和服务质量等方面均具有积极的意义。

[关键词] BIM 技术; 信息管理; 智慧监管; 系统研发

[中图分类号] TP315 **[文献标识码]** A

BIM(Building Information Modeling, 建筑信息模型)近几年在国内的应用如火如荼^[1],极大地促进了我国建筑行业信息化进程。BIM 技术作为一种新的信息集成和管理模式,贯穿应用于各种建筑工程的勘察、设计和施工等全生命周期中,为各参建主体(如建设、设计、施工和监理单位等)和各专业人员提供了便捷的信息共享和协同工作平台基础^[2-3]。

BIM 在实际施工过程中主要应用在可视化管理、数字信息管理、风险预防管理、进度控制管理等。文献[4]提出了施工阶段的 BIM 应用模式,构建了由模拟和实时 BIM 系统组成的施工管理平台架构,并设计了 2 个系统的实施流程。文献[5]从理论和应用两方面对 BIM 技术进行研究,建立了一种云、大数据、物联网与 BIM 技术统一集成的应用框架。文献[6]就 BIM 技术在综合管廊全生命周期智慧管控中的应用做了相应研究。文献[7]在 Microstation 平台基础上进行二次开发,实现以 EC 框架为基础的 BIM 模型信息扩展,以及以外部数据库连接为基础的图形元素信息集成。文献[8]制作了一个完整的盾构施工信息模型并设计了基于 BIM 的盾构施工信息管理系统。文献[9]结合手持设备在既有的 BIM 施工质量管理模型基础上开发了机电安装工程的施工现场质量管理系统。然而目前 BIM 模型操作主要依靠高性能计算机及桌面客户端,限

制了操作人员的使用地点,并且很少与监管流程相结合^[10]。

针对目前 BIM 应用存在的缺陷,笔者提出了一种基于 BIM 实现工程建设项目质量与安全监管的系统实现方案,系统实现方案包括 BIM 模型轻量化引擎选择与平台二次开发,使 BIM 模型摆脱软件端,实现 BIM 模型在 Web 端的操作,并对工程建设项目的质量与安全监管流程进行线上处理,便于监管流程的信息化管理。本系统提高了归口管理政府部门的监管效率、创新了监管模式,对监管过程具有积极作用。

1 工程建设项目质量与安全监督管理

为了构建 BIM 在质量与安全监督过程的应用流程,首先应该调研传统模式下的质量与安全监督流程。工程项目监督管理包括许多方面,大体可以概括为注册登记管理、工程质量监督管理、安全文明监督管理、工程问题处理管理等。

注册登记管理主要是办理项目的项目登记、质量监督登记,安全监督登记、施工许可证登记等。由建设单位在施工前提交工程项目的相关资料,由监管部门审核登记。

工程质量监督管理主要包括质量监管计划管理和质量监督过程管理两个部分。质量监管计划管理

[收稿日期] 2020-03-18

[基金项目] 国家自然科学基金(51977061);国家自然科学基金(61903129)

[第一作者] 李 弘(1969-),男,湖北武汉人,高级工程师,研究方向为建设工程管理

[通信作者] 曾 亮(1980-),男,湖南临湘人,湖北工业大学教授,研究方向为机器视觉与人工智能,优化计算方法,复杂系统建模,调度与优化

主要包括监督交底、资料审查、监督计划、监督检查工作预警等工作。质量监督小组(含项目监督工程师)接到监督任务后,对受监工程现场进行首次质量监督抽查,并对建设各方主体进行质量监督交底,以及对各责任主体质量行为资料进行质量监督检查,制定质量监督计划。质量监督过程管理主要包括质量监督检查、竣工管理、工程质量档案管理工作,是质量监督的核心。在施工工程中,质量监督小组依据工程进度和质量监督计划,对工程责任主体单位(建设五方)的质量行为进行抽查,在工程项目竣工后,对工程项目进行质量验收备案。

安全文明监督管理主要包括安全文明监管计划管理和安全文明监管过程管理两个部分。安全文明监管计划管理主要包括安全监督交底、资料审查、安全监督工作预警等工作。安全监督小组(含项目监督工程师)接到安全监督任务后,进行现场安全检查、技术交底、资料审查,制定安全监督计划。安全文明监管过程管理主要包括安全监督检查、危大工程管理、安全验收监督和竣工管理工作,是安全监督的核心。在施工工程中,安全监督小组依据工程进度和监督计划,按程序展开日常抽查工作,对危大工程项目进行资料审核,在工程项目竣工后,对工程项目进行安全验收备案。

工程问题处理管理是监督工程师在监督检查过程中发现违法违规行为时,会对工程责任主体进行相应处罚。处罚方式主要包括限期整改、暂停施工、中止施工、施工约谈、不良行为记录、行政处罚等。

传统工程项目管理中,主要是以纸质文件作为信息传递和存档的资料,监管过程中会产生大量信息和数据,致使信息查找困难,监管规范主要依靠监督工程师的工程经验,监管过程中的管理和服务质量有待提高。针对传统监督管理过程中出现的问题,本文将使用 BIM 技术辅助监督管理过程,以优化监管流程,提高监管效率。

2 基于 BIM 的工程建设项目质量与安全监管系统

2.1 BIM 模型轻量化引擎选择与平台二次开发

传统的 BIM 模型只能在桌面客户端进行操作浏览,操作人员被限制在室内。随着信息化的发展,BIM 模型从桌面客户端走向 Web 端和移动端是大体的发展趋势^[11]。在施工监管过程中,操作人员可以直接在移动设备上对模型进行操作浏览将大大提升工作效率。但是由于目前浏览器计算能力的限制,必须对传统的 BIM 模型进行轻量化处理^[12]。

三维模型轻量化主要可从模型轻量化显示和模

型文件转换两方面进行处理。

模型轻量化显示需要基于三维显示引擎来搭建基于 Web 的模型浏览应用,如 WebGL 标准、HTML5 和 Threejs 技术等。在轻量化模型时主要从图元合并、几何构件对象化、场景八叉树划分、LOD 技术、模型文件压缩等方面进行处理。在模型轻量化显示方面,本系统主要基于 BIM 轻量化引擎进行二次开发。

模型文件转换需要定义适合网络传输的文件组织方式,把原始的模型文件转换为适合网络传输和轻量化显示的文件格式。Forge 平台是目前主流的转换服务架构,它是网络服务和拓展接口 APIs 的集合。系统首先通过 Forge 服务实现 RVT、NWC 等多种主流模型文件的转换,自动下载并部署至业务服务器(阿里云);然后通过 Nodejs 服务环境,在前端架设 Nginx,实现 BIM 系统业务功能,以及模型资源的访问,具备应付高并发、大流量访问的性能特点;最后网页客户端解析转换后的模型资源,渲染展示模型。

通过轻量化技术处理后,系统支持海量 BIM 数据在云端结构化存储,获取数据方便快捷;支持多模型聚合拼接,模型筛选查看;支持浏览模型中的 2D 图纸;支持模型中构件搜索、过滤、浏览构件属性;可手动在模型上设置检查点,并跟具体构件相关联等。

2.2 工程建设项目质量与安全监管流程的线上处理策略

为保证施工各阶段、各参与方都能进行高效的沟通,在将传统线下模式转化为线上模式时,系统制定了两种线上处理策略。

1) 业务流程兼具流程引导和项目引导两种不同方式。

用户在使用系统时,可以通过流程引导和项目引导两种不同的方式进入业务流程。流程引导是指用户可以按照既定的模块进入业务流程,该模块列表中会列出当前用户在本阶段中参与的所有项目,用户可以阶段化的处理问题。项目引导是指用户可以通过项目视图模块进入项目列表,项目列表中会列出当前用户参与的所有项目,用户通过进入具体项目来了解项目的进程,可以项目化的处理问题。两种不同的引导方式如图 1 所示。

2) 业务流程以消息通讯方式实现多角色的协同和交互。

多角色的协同和交互是本系统的一大特点,因此在设计业务流程时,每条业务流程都进行了流程分步处理,每一步骤对应一个角色,第一步为本流程的发起步,通过用户主动触发,后面每一步骤都是在

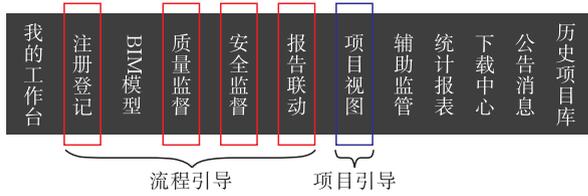


图 1 两种不同的引导方式

前一步骤提交后以消息通讯方式对下一角色进行通知,对应角色通过消息列表进入下一步骤。多角色协同交互方式如图 2 所示。

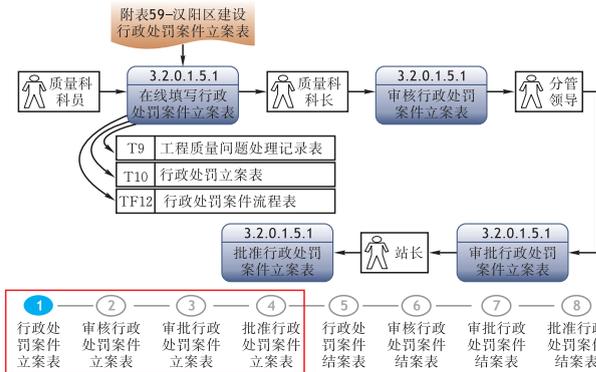


图 2 多角色协同交互方式

多业务线和多角色协同是目前工程建设项目监管的两大特点。本系统的流程引导和项目引导策略使得使用者在操作时可以根据自己的需求,动态地调整操作的视角,分别从单一维度和整体维度快速进行相关操作。消息通讯的业务流程策略则使得各角色可以明确自身的责任步骤,同时实时查看目前的流程进展,避免了流程指向不明确的情况。两种线上处理策略确保了系统在多业务线和多角色交互的业务流程中能够高效的运行。

2.3 流程与模型的交互功能设计

在施工过程中,业务流程与 BIM 模型的结合可以明显提高工作效率。在流程与模型的交互功能上,进行了以下设计:

- 1)BIM 模型的基本操作(浏览、漫游、旋转等,及分层分部位浏览等);
- 2)在 BIM 模型中可以对施工信息添加和属性进行拓展;
- 3)各种资料可以与 BIM 模型中不同层次的构件或部件绑定;
- 4)在 BIM 模型上可以添加检查点,并快捷关联质量和安全监管等具体业务流程;
- 5)在具体业务流程中可以反查 BIM 模型。

用户在使用 BIM 模型或者处理业务流程时,可以实时进行两者的交互,能够直观的对工作中的问题进行处理。

2.4 基于 BIM 的工程建设项目质量与安全监管系统

为促进信息共享和优化工程建设监管模式^[13-15],开发了基于 BIM 的工程建设项目质量与安全监管系统。微服务架构是一种最新的软件架构方式,它将复杂应用按业务领域划分为小模块的自治服务。鉴于微服务架构具有服务注册、服务发现、服务容错、服务依赖,不同服务可以使用不同的技术架构并且可以独立完成交付等优势,系统开发采用微服务架构。系统以 GO 语言(golang)做为主要开发语言,支持协程并发,多个协程之间通过 Channel 通信。数据库采用分库分表设计,将传统的数据库和表按照既定的规则进行拆分,把原本存储在一个库的数据分块存储到多个库中,把原本存储到一个表的数据分块存储到多个表中。分库分表设计能够有效缓解单机和单库的性能瓶颈和压力,突破 IO、连接数、硬件资源的瓶颈,从而更好的提供数据服务。在页面布局设计中采用响应式布局,页面能自动识别屏幕宽度并做出相应的调整,布局和展示的内容都有所变动,以一种前端页面设计方案兼容了不同屏幕分辨率,实现了“一次设计,普遍适用”。系统框架如图 3 所示。

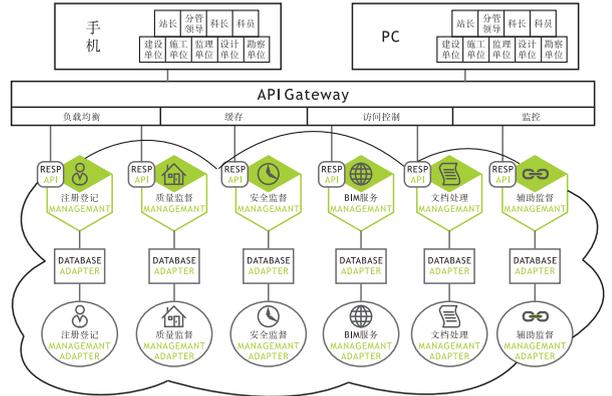


图 3 系统架构

用户可以通过手机或者 PC 进入系统 Web 端,在用户进行操作时,系统会进行实时监控,对访问进行控制,处理系统缓存,使负载达到均衡,以提供优质的服务,确保用户实现对 BIM 模型的操作以及业务流程的进行。

3 应用

基于 BIM 的工程建设项目质量与安全监管系统在武汉某政府部门的监督管理流程中得到了成功应用。系统包括我的工作平台、注册登记、BIM 模型、质量监督、安全监管、报告联动、项目视图、辅助监管等共 13 个模块,包含了监督管理的全部流程,可以为监督管理的全生命周期提供服务。

其中,“我的工作台”模块为用户登录的主界面,主要针对不同角色需求将其关心的信息进行梳理,为用户提供个性化信息统计。“注册登记”模块为注册登记管理提供服务,建设单位可以在线提交相应资料,监督工程师在线进行审查。“BIM模型”模块提供BIM模型的在线操作、对施工信息添加和属性拓展和在BIM模型上添加检查点,并快捷关联质量和安全监管等具体业务流程等功能,用户可以实时进行业务流程与BIM模型的交互。“质量监督”模块和“安全监管”模块分别为工程质量监督管理和安全文明监督管理提供服务,监督工程师在监督过程中可以实时记录现场情况,并以BIM模型做为辅助,更加直观的了解项目工程施工具体情况,在项目竣工后,系统会自动工程项目进行分类管理,简化了监管过程,优化监管流程。“报告联动”模块为工程责任主体单位(建设五方)提供窗口,在项目工程的各阶段,工程责任主体单位需上传各项工程报告,监督管理部门可以通过工程报告实时了解工程项目进度以及出现的问题。“项目视图”模块使用户可以通过项目引导方式进入业务流程,为引导方式提供了多样性。“辅助监管”模块提供投诉和群访处理台账、施工设备取证取牌管理和设计变更管理等功能。“报表统计”模块提供各类报表自动生成和推送功能,较传统人工统计,报表统计自动生成功能提高了用户工作效率并确保了统计结果的准确性。“下载中心”模块主要提供规范文件的存储、上传、下载、查看和检索功能。“消息公告”模块主要提供消息提醒和发布公告等功能,用户可以通过消息提醒进入业务流程中,方便用户指向待办理的业务。“历史库”模块将为已完成项目提供存储功能。“系统管理”模块主要提供角色设定、账号分配等功能。

基于BIM的工程建设项目质量与安全监管系统充分利用BIM技术,将监管流程与BIM模型相结合,实现监管信息和BIM模型的强关联关系,将工程项目监督管理信息化、模型化,为监管部门提供更直观的管理界面。由于BIM信息交流的便利性,工程项目从设计、施工到监管阶段都能进行有效地信息沟通,系统可以满足工程项目监督管理全生命周期的要求。

4 结束语

本系统从建设项目质量与安全监管的实际监管需求出发,首先对传统的工程项目监督管理流程进行调研,对BIM模型进行二次开发,提出了基于BIM的建设项目质量与安全监管线上处理策略的可行性方案,在此基础上开发了基于BIM实现工程

建设项目质量与安全监管的系统。本系统的最大优势在于:1)提出了建立基于BIM的工程建设项目质量与安全监管的思路和设计方案,为监管信息的集成化管理和后续扩展提供了支撑。2)建立了基于BIM的可视化Web操作平台,实现业务流程与BIM模型的实时交互。3)创新了传统监管模式,优化监管流程,提高监管效率。

本系统在武汉某政府部门进行了应用试点,对归口管理政府部门的监管模式、监管流程、监管效率等方面均具有积极的意义。本研究可以给政府部门在BIM技术的应用上提供一定参考,开拓BIM技术的应用领域。

[参 考 文 献]

- [1] 赵子熙,刘曦.BIM在土木工程领域的应用价值[J].公路,2018,63(12):240-242.
- [2] 舒欣,张奕.基于BIM技术的装配式建筑设计与建造研究[J].建筑结构,2018,48(23):123-126,91.
- [3] 蒯鹏程,赵二峰,杰德尔别克·马迪尼叶提,等.基于BIM的水利水电工程全生命周期管理研究[J].水电能源科学,2018,36(12):133-136.
- [4] 郭红领,潘在怡.BIM辅助施工管理的模式及流程[J].清华大学学报(自然科学版),2017(10):71-77.
- [5] 张云翼,林佳瑞,张建平.BIM与云、大数据、物联网等技术的集成应用现状与未来[J].图学学报,2018,39(5):806-816.
- [6] 张立新,李宝东.BIM在综合管廊全生命周期智慧管控中的应用研究[J].公路,2018,63(11):210-214.
- [7] 贾宁霄,包腾飞,吴阳.基于BIM的大坝运维期监测信息管理平台开发研究[J].三峡大学学报(自然科学版),2019,41(1):28-32.
- [8] 魏林春,许恒诚,钟宇.基于BIM的地铁盾构施工信息管理[J].土木工程与管理学报,2018(6):143-148,162.
- [9] 熊超华,骆汉宾.基于BIM的机电安装工程质量管控[J].土木工程与管理学报,2018(6):157-162.
- [10] Li M, Yu H, Jin H, et al. Methodologies of safety risk control for China's metro construction based on BIM[J]. Safety Science, 2018, 110:418-426.
- [11] Salehi S A, Yitmen I. Modeling and analysis of the impact of BIM-based field data capturing technologies on automated construction progress monitoring[J]. International Journal of Civil Engineering, 2018, 16(12): 1-17.
- [12] 金超逸,徐旻洋,周向东.基于建筑信息模型(BIM)的建筑空间功能分类方法[J].计算机应用与软件,2018,35(11):220-225.
- [13] Mohamed M, Al D I. Planning labor evacuation for construction sites using BIM and agent-based simula-

tion[J]. *Safety Science*, 2018, 109:174-185.

- [14] 包胜,杨溟钦,欧阳笛帆.基于城市信息模型的新型智慧城市管理平台[J].*城市发展研究*, 2018, 25(11): 50-57,72.

- [15] 韩达光,秦国成,周银,等.基于 BIM 和三维激光扫描在基坑监测中的应用[J].*重庆交通大学学报(自然科学版)*, 2019, 38(6):72-76,102.

Research and Application of Quality and Safety Supervision of Engineering Construction Projects Based on BIM

LI Hong^{1,2}, XIE Weiping¹, JIANG Xin³, WANG Su³, ZENG Liang³

(1 *School of Civil Engin., Architecture and Environment, Hubei Univ. of Tech., Wuhan 430068, China*;

2 *Construction Management Station of Hanyang District, Wuhan 430000, China*;

3 *School of Electrical and Electronic Engin., Hubei Univ. of Tech., Wuhan 430068, China*)

Abstract: BIM technology has innovated the working mode of the engineering construction industry, but at this stage BIM technology is less used in the supervision of government departments. This paper proposed a system implementation scheme based on BIM to realize the quality and safety supervision of engineering construction projects, and applied them. The system implementation plan includes BIM model lightweight engine selection and platform secondary development, engineering construction project quality and safety supervision process informationization, and process and model interaction function design. The results of applied practice show that the proposed scheme and system have positive significance for the centralized management of engineering construction projects, the government departments to perform supervision functions, to innovate the supervision mode, to optimize the supervision process, to improve the efficiency of supervision, and to improve the quality of management and service.

Keywords: BIM technology; information management; smart supervision; system development

[责任编辑: 裴 琴]

(上接第 77 页)

Construction of a Mouse Model of Glioma Capable of Expressing Luciferase

LI Yuying, LUO Kailun, ZOU Zongxing, LIU Binlei, WANG Yang

(*School of Biological Engin. and Food Science, Hubei Univ. of Tech., Wuhan 430068, China*)

Abstract: U87-MG cell line (U87MG-FLUC) stably expressing luciferase was constructed by puromycin selection using the PiggyBac transposon system. U87MG-FLUC cell line was 100% pure by flow cytometry; the cell line was able to stably express luciferase after passage, and the intensity of bioluminescence was directly proportional to the number of cells. The cells stably expressing luciferase were inoculated into the skull of immunodeficient mice. Seven days after tumor inoculation, tumor-implanted mice were detected using a live imager to determine the size and location of the tumor. Nude mice inoculated with U87MG-FLUC cells developed tumors. The results showed that the U87MG cell line expressing luciferase was successfully constructed, and a nude mouse tumor model of a human glioma cell line was successfully constructed.

Keywords: U87MG; luciferase; bioluminescence; cell line

[责任编辑: 张 众]