

基于 BIM 的地铁基坑施工信息管理系统开发

姜涛¹ 王心志² 郑世杰³

1. 南昌轨道交通集团有限公司, 江西 南昌 330000

2. 大连海事大学, 辽宁 大连 116000

3. 中交一公局集团华中工程有限公司, 湖北 武汉 430000

[摘要] 本文介绍了基于 BIM 技术的地铁基坑施工信息管理系统的开发。系统旨在解决地铁基坑施工中信息管理复杂、环境风险高等问题, 通过集成硬件设备、系统开发与集成, 实现施工过程的信息化控制。系统分为信息管理、监测预警和风险评估三大模块, 通过 BIM 模型技术、物联网自动化采集技术、云平台技术和数据库技术, 实现施工信息的可视化与自动化管理。系统采用 Revit2018 作为开发平台, 通过 Revit API 扩展功能, 实现与 SQL Server 数据库的衔接, 以支持工程数据信息的查看、上传和共享。此外, 系统还涉及 IFC 标准体系的应用, 以实现工程信息的规范化存储和无障碍交互。通过该系统, 提高了工程项目管理效率, 降低了建设风险。

[关键词] IFC; 标准; 地铁基坑施工; 自动化管理; 施工信息可视化; BIM 技术; 物联网自动化采集

DOI: 10.33142/aem.v6i11.14610

中图分类号: U231.3

文献标识码: A

Development of Information Management System for Subway Excavation Construction Based on BIM

JIANG Tao¹, WANG Xinzhi², ZHENG Shijie³

1. Nanchang Rail Transit Group Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi, 330000, China

2. Dalian Maritime University, Dalian, Liaoning, 116000, China

3. Huazhong of CCCC First Highway Engineering Group Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract: This article introduces the development of a subway foundation pit construction information management system based on BIM technology. The system aims to solve the problems of complex information management and high environmental risks in subway foundation pit construction. By integrating hardware equipment, system development and integration, it achieves information control of the construction process. The system is divided into three modules: information management, monitoring and warning, and risk assessment. Through BIM modeling technology, IoT automation collection technology, cloud platform technology, and database technology, it achieves visualization and automated management of construction information. The system uses Revit2018 as the development platform and extends its functionality through Revit API to connect with SQL Server database, supporting the viewing, uploading, and sharing of engineering data information. In addition, the system also involves the application of the IFC standard system to achieve standardized storage and barrier free interaction of engineering information. Through this system, the efficiency of engineering project management has been improved and construction risks have been reduced.

keywords: IFC; standard; construction of subway foundation pit; automated management; visualization of construction information; BIM technology; IoT automation collection

引言

随着城市轨道交通建设的快速发展, 地铁基坑施工的复杂性和风险管理需求日益增加^[1]。传统的施工管理模式已无法满足现代工程对于信息集成和风险控制的高标准要求。基于建筑信息模型(BIM)的施工信息管理系统, 通过集成先进的信息技术, 为地铁基坑施工提供了一种全新的解决方案^[2]。本研究旨在开发一套基于 BIM 的地铁基坑施工信息管理系统, 通过信息管理、监测预警和风险评估三大模块, 实现施工过程的信息化控制, 提高管理效率, 降低建设风险, 确保施工安全。系统采用 Revit2018 作为开发平台, 结合 IFC 标准体系, 实现工程信息的规范化存

储和跨部门、跨领域的信息共享, 为地铁基坑施工提供了强有力的技术支撑。

1 工程概况

楞上站为东延线第 1 个站, 位于青云谱区, 车站位于解放西路与利民路交叉口, 沿解放西路铺设。拟建车站四周均为商铺、小区和道路, 周边管线密集。楞上站(解放西路站)站点标识图如图 1 所示, 楞上站及周边建筑物情况如图 2 所示。

车站为二层岛式站台车站, 明挖施工, 车站有效站台中心 YCK44+171.226, 计起终点里程为 YCK44+094.426~YCK44+298.426, 全长 204m。车站两风亭组均外挂于车站南

侧,明挖基坑长度为204.0m,标准宽度为19.7m,基坑深度约为17.5m,端头加宽段为23.7m,基坑深度约为18.5m。明挖围护结构拟采用地下连续墙+内支撑支护形式,嵌固深度入中风化层1m。车站基底承载力要求不小于180kPa。



图1 楞上站(解放西路站)站点标识图

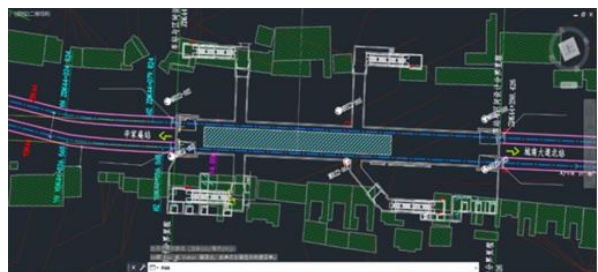


图2 楞上站及周边建筑物情况

2 BIM 理论介绍

BIM 的定义为建筑和工程设施的功能信息的真实数字表现形式通过虚拟数字信息仿真建筑^[3]。从内涵层面讲,BIM 技术能够建立与集成各类工程信息的三维数字模型,对工程项目的实体功能数字化表达,完整地描述整个建设工程项目。模型还能创建、管理和共享建筑全寿命周期中各阶段动态工程动信息。从实际应用层面讲,BIM 技术的应用能让项目在实施过程中,各参与方能对工程基础信息进行创建、提取、更新和修改,得到一个各参与方共享的工程模型。BIM 的技术特性包含数据丰富性、信息关联性、可视化性、可交互性(IFC 支持)等方面。BIM 技术的运用能积累、扩展、集成和分享工程项目各阶段的工程数据,服务工程周期的信息管理。

BIM 的数据丰富性功能是指利用计算机三维模型形成的数据库,该数据库储存了建筑物从设计、施工到建成后运营的全过程信息^[4]。结合时间信息与空间物理信息,扩展构件的信息,还能在建筑模型中加入成本与质量信息,构建一个包含了多种信息的建筑模型,形成一个建筑信息的多维度模型,方便建筑进行信息管理。由于各种构件信息的加入了,所以可以通过 BIM 管理项目的施工信息、进度与质量信息。信息技术的不断发展将不断丰富 BIM 的信息构成,信息种类的增多使项目管理集成多种信息。BIM 除了集成项目各种信息,还能管理集成项目各参与方,管理与信息集成项目全寿命周期。

BIM 的可视化特点,通过一种直观的三维的方式表达建筑的各个专业,对设计成果的直观展现用一种方便快捷

的三维实体的方式实现,便于理解。同时真实效果、内外部空间和精确尺寸都能展现^[5]。BIM 的可视化本质上是将数据库用三维方式表达,可视化表达建筑设计、施工、运营过程,实现交流、模拟和分析。可视化的特点在于直观,优势在于将复杂的事物条理化、集合化,从而增加使用者分析信息,发现信息背后隐藏事物的特性与发展趋势的能力。完整的可视化信息模型,将项目不同阶段的全部数据进行连接建筑。过程和资源都能被建设项目各参与方广泛使用。

3 系统方案设计

3.1 系统开发的流程

明挖地铁车站工程在施工过程中,其结构复杂,施工工序转换频繁,施工过程中将产生海量的数据信息,传统的数据表格难以对各种数据进行有效的管理,同时也给不同部门之间的数据无损交互以及直观认知带来极大不便。施工信息管理系统的建设是明挖车站施工信息化控制的关键问题,在总结国内外已有研究成果的基础上,基于物联网自动化采集技术、BIM 模型技术、云平台技术和数据库技术等形成明挖车站施工信息管理系统。系统开发从项目启动到投入使用,最后被淘汰,是系统的整个寿命周期。一个软件的寿命周期分为6个阶段。根据系统软件的生存周期6个阶段的描述设计如下系统开发流程,流程图如图3所示。

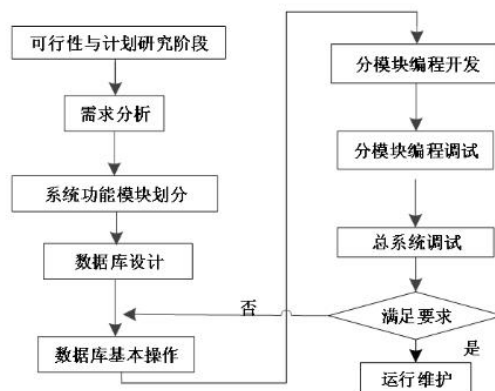


图3 系统开发流程

3.2 系统功能需求分析

系统的需求描述主要是对软件程序的功能进行深度的剖析,对软件程序的有效需求进行确定。设计人员通过对有效需求进行研究,定义软件的其他有效需求。设计人员通过需求分析,逐步细化软件分配,描述软件要处理的信息域,并给软件开发提供一种可转化为数据设计、结构设计和过程设计的信息功能表示。功能性需求描述是指用户角度出发,对软件系统的研发意义和应用目标进行总体阐述。根据明挖车站的工程特点,基于 BIM 的明挖车站施工信息管理系统要实现明挖车站施工信息管理的可视化与自动化。

4 IFC 标准体系

4.1 IFC 标准总体架构

国际组织 (Building SMART International, BSI)

发布和维护工业基础类 (Industry Foundation Classes, IFC) 标准。IFC 标准的对象是构件实体, IFC 标准组成层级包括领域层、交互层、核心层和资源层。各层级 IFC 实体之间在引用时要注意, 下层实体对上层实体不能引用, 但上层实体能够引用下层实体^[6]。所以对于上层资源的变动, 下层资源保持不变, 数据结构的稳定性得到保障。正是由于数据结构的框架是按照层次划分的, 所以 IFC 标准能够不断地得到扩展与完善, 使不同专业与领域的信息描述需求都能得到满足。

4.2 IFC 标准模型表达

IFC 标准要达到更深、更广应用的目的, 需要 IFC 对工程对象的表达方法研究进行。应用支持 IFC 标准的应用软件实现信息管理与共享。基于 IFC 标准几何信息表达, 能够完整表达 BIM 模型构件, 像结构的空位置以及大小等。根据 IFC 标准, 建筑信息用实体 IfcProduct 进行表达, 空间建筑的位置用 IfcObjectPlacement 记录, 建筑形体用 IfcProductRepresentation 表达。

材料属性的表达: 材料实体 IfcMaterial 使用 IfcElementAssociation, 对实体 IfcColumn 进行关联, 对属性 HasAssociations 的具体信息进行描述。通常通过实体关联外部信息的方式关联 IFC 实体的反向属性。

5 系统实现

5.1 系统界面设计

基于 BIM 的明挖车站施工信息管理系统界面见图 4。



图 4 系统界面

基于 BIM 的明挖车站施工信息管理系统采用 visual studio 2019 对 Revit 2018 进行二次开发的。基于 revit 软件, 添加附加模块, 附加模块的外部工具帮助我们在 Revit 中加载 VS 中用 C# 写好的 dll 文件。

5.2 设计信息与施工信息模块

针对南昌地铁 2 号线明挖车站上站存在的工程信息繁杂难以有效管理以及周边环境复杂的问题, 开发地铁明挖车站施工信息管理系统信息管理模块。包含设计和施工两个阶段, 模块界面如图 5 所示。



图 5 信息管理模块界面

基于 IFC 标准, 拓展了明挖地铁车站工程 BIM 底层定义体系, 为现场施工信息管理提供统一 BIM 数据标准, 实现了跨部门、跨领域的信息互通。针对明挖地铁车站结构特点, 对施工现场进行 BIM 模型可视化建立, 为现场的复杂信息的存储提供载体。基于明挖地铁车站工程底层定义体系与载体。通过将基于 IFC 标准统一标准化的设计阶段与施工阶段信息进行管理。信息管理主要分为设计阶段与施工阶段两部分信息。图 6 是具体各阶段所包含的信息。

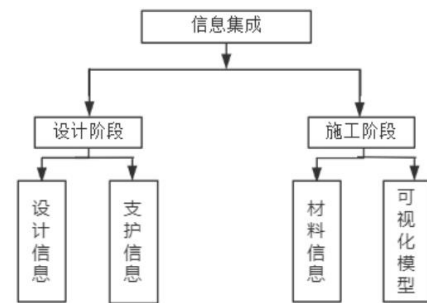


图 6 模块包含内容

对 Revit 进行二次开发, 建立信息管理模块。基于 Microsoft.NET Framework 4.6 结构框架, 对于程序编译采用 C# 语言。首先新建一个类库或窗体, 添加 IExternalCommand 外部接口, 调用 Execute 方法, 编写函数命令对各个构件的 Id 属性进行遍历读取, 并将其关联至数据库。生成后缀为 .dll 文件, 通过 Add-InManager 接口载入到 Revit 中运行, 完成 Revit 二次开发过程。

对函数命令实现首先需要载入 Excute 代码, 对模型所有的属性进行获取, 利用构件的拓扑关系, 使用 Revit.UI.Selection 对构件唯一 ID 进行接入, 在此基础上定义 SQL 数据连接的参数, 然后创建一个连接的实例, 数据库链接如图 7 所示。

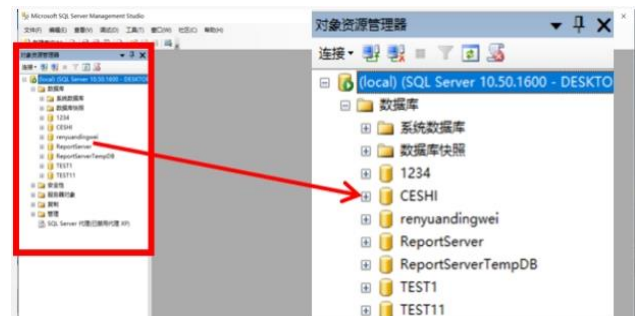


图 7 数据库链接

在数据库连接成功后, 还需要对数据库适配器与数据

集进行定义,在数据库内创建一个 DBOperate 的操作对象,用来对数据库的操作指令进行执行,实现对传感器属性表内数据字段的过滤,再通过 foreach 语句逐一识别主键字段。随后通过对数据表内对应主键 ID 的其他字段的调用,将数据输至 dataGridView,就可以根据选中的工程结构查询相关多元信息。

5.3 基坑施工监测预警模块

深基坑的开挖过程是动态的,所以在整个施工过程中需要保持对包括基坑本体,周边环境以及建筑的监测,施工信息的快速反馈,能帮助工程管理人员快速调整或更改施工方案,提高施工效率。

监测的重要意义是,可以利用现场的测量结果和预测值的对比,减少或避免工程破坏或者环境事故发生的概率。并对施工工艺和施工参数展开判断,以确定并优化下一步施工参数,进而指导现场施工,实现信息化施工。与此同时,还可以及时地将现场测量得到的数据、信息反馈给用户,以便对设计进行修改和完善,并将测量的结果用来进行信息化反馈,对设计进行优化,从而达到优质安全、经济合理、施工快速的目的。明挖车站施工信息管理系统监测预警模块建立了监测结果远程、实时、自动化采集的软、硬件体系。监测预警模块如图 8 所示。



图 8 监测预警模块界面

利用 BIM 安全监测模型,通过在现场进行物联网传感器的布设,对基坑及周围地表沉降、周边房屋倾斜、坑底隆起、基坑墙体倾斜等监测项目超过预警值时进行警示。对监测数据进行实时采集,远程传输与可视化管理,且将复杂地铁施工自动化监测与 BIM 平台相结合,实现监测信息的可视化规范化管理。与此同时,将施工过程中的实时监测数据传输到 BIM 模型上的预警设备中,这样就可以直观地反映出基坑在任何时间点的各个监测区域的危险源和变形风险程度,从而识别出深基坑工程的风险等级,从而实现对基坑支护结构的变形和受力趋势的预测。所述的监测信息将直接存储至对应的传感器 BIM 中,存储规范遵循国际 IFC 标准,保证了 BIM 数据的跨部门、跨领域的信息互联互通与无损交互。

5.4 基坑施工风险评估模块

风险因素是导致工程安全事故数量增加和严重程度增加的原因,是工程安全事故的潜在诱因,也是工程安全事故的直接和间接诱因。危险因素按其性质可划分为物质危险因素、道德危险因素、心理危险因素。

风险事件是指引起人员伤亡和财产损失的偶发事件,风险事件是损失的介质,即,只有当风险事件发生时,风险才会引起损失。

基于 Visual Studio 平台采用 C#语言对时间计算程序进行编译,开发施工信息管理系统风险评估模块。结合模糊评判的方法和监测数据,对项目进行实时风险评估。模块界面如图 9 所示。



图 9 风险评估模块界面

该模块能够直接读取物联网传感器 BIM 中存储的监测数据结果,并对这些结果进行分析。其中监测类型包含基坑和周边环境两类,基坑包括墙体倾斜,立柱沉降,支撑。周边环境包括地表沉降,房屋倾斜,车站临近隧道三个因素。系统将根据操作者选取的不同监测类型调用相应的智能预测模型,这些模型是已训练好的集成与系统后台程序中的。

风险评价过程中,基于层次分析法建立明挖法风险评价指标体系,通过对风险因素进行一对一对比,判断风险因素的重要程度,并在此基础上计算风险因素的权重,然后模糊隶属度函数的量化方法进行分析。

6 结论

针对该工程的结构与环境特点,研究了工程信息的标准化信息管理技术,开发形成明挖地铁车站工程的施工信息管理系统。该系统是集硬件设备、系统开发与集成相结合的智能应用系统,通过硬件设备的实地监测与数据传输、数据管理和分析,形成一个闭环程序,建立施工过程管理、互联协同、安全监控,并从数据收集资料的智能分析,为工地的可视化、远程智能化管理提供了全方位智慧化调整。

【参考文献】

- [1]胡立伟,杨鸿飞,何越人,等.基于复杂网络的营运货车交通事故风险因素识别[J].交通运输工程与信息学报,2022,20(1):128-134.
- [2]葛艳平.基于 BIM 技术的房地产开发项目成本控制[D].西安:长安大学,2014.
- [3]郑华海,刘匀,李元齐.BIM 技术研究与应用现状[J].结构工程师,2015,31(4):233-241.
- [4]陈杰.基于 BIM 技术的室外作业场地照明模拟与校核研究[D].重庆:重庆大学,2015.
- [5]刘星.基于 BIM 的工程项目信息协同管理研究[D].重庆:重庆大学,2016.
- [6]胡茗泉,姜谔男,于海等.基于 BIM 的拱盖法地铁车站多元信息监测系统设计与开发[J].土木建筑工程信息技术,2021,13(5):20-27.

作者简介:姜涛(1978—),男,江西南昌人,硕士,研究方向为隧道工程。