

基于 Revit 二次开发的桥梁病害信息可视化管理

房津媛¹, 姜鹏²

(1. 桂林电子科技大学 建筑与交通工程学院, 广西 桂林 541000;

2. 贵州交通职业技术学院 信息工程系, 贵州 贵阳 551400)

摘要: 针对传统桥梁病害信息无法提供病害的空间分布状态、缺乏时间关联及表现形式存在局限的问题, 提出基于 Revit 二次开发技术的桥梁运维(运营维护)阶段动态病害信息可视化方法。将病害以不同的图元形式引入桥梁三维模型中, 利用 Microsoft Visual Studio 平台和 C# 编程语言实现对桥梁病害的时间、种类、ID 等相关信息的查询; 在桥梁三维可视化模型中添加时间要素, 使病害信息与实体模型在时间节点上呈动态关联, 便于分析病害衍生规律及发展态势; 建立基于 Revit 平台的桥梁病害信息数据库, 保证桥梁运维过程中病害信息的更新与数据的完整性。

关键词: 工程管理; 桥梁; 病害信息; 可视化管理; Revit 二次开发

中图分类号: U415.1

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2023)04-0149-04

建筑信息模型(BIM)包含项目全生命周期信息, 能实现各参与方对信息的存储、提取和共享, 具有可视化、协同性、信息集成化等多方面优势, 可应用于桥梁的各个阶段。Girardet A.等提出一种基于 BIM 的桥梁参数化建模方法, 对模型的几何参数进行修改, 减少了桥梁设计阶段的建模时间^[1]。Monshynskyi V.等分析了 BIM 在桥梁施工中的实际应用^[2]。Moon H. S.等提出利用 BIM 建立桥梁智能维护信息管理系统, 解决现有维护系统存在的数据遗漏及文档管理问题^[3]。李沅璋、高增奎、李成涛等将 BIM 应用于桥梁工程量统计、图纸绘制及参数化建模, 取得了不错的效果^[4-6]。受环境、动态荷载等长期作用, 加上结构、材料退化, 桥梁产生病害且病害随运营时间发生变化。传统的桥梁病害信息大多以局部图片、抽象的文字等形式存在, 无法将时间与病害信息相互统一。Revit 是建筑业 BIM 体系中使用最广泛的软件之一。本文利用 Revit 二次开发技术, 以某混凝土简支梁桥为研究对象, 探索桥梁病害信息三维可视化管理方法。

1 Revit 二次开发技术

1.1 Revit API

虽然 Revit 软件具有强大的建模功能, 但 Revit 的基础功能并不能满足每一位用户的需求, 且如果所需功能依靠 Revit 原生软件来实现会耗时费力。Revit API 是进行 Revit 二次开发的接口, 具有丰富

的功能^[7-9], 通过 API 接口开发添加程序集可以扩展 Revit 的功能、访问及数据操作。

1.2 Revit 开发工具

Revit API 利用 Microsoft Visual Studio 软件, 使用 C#、C++、Visual Basic 等编程语言对 Revit 进行二次开发, 其中 C# 为官方软件默认编程语言, 是 Revit 二次开发首选语言。Microsoft Visual Studio 2017(VS2017)、Revit Lookup 等是 Revit 二次开发的主要工具。

Revit SDK 是 Revit 自带软件开发工具包, 包含开发工具、样例、文档资料, 它使用 .NET Framework 4.5 作为软件开发框架。SDK 中包含的 Add-In Manager 插件管理器是调试 Revit 的外部插件, 是 Revit 二次开发不可缺少的工具。

1.3 开发流程

在 VS2017 中创建新项目, 在新建类中使用外部应用接口 IExternal Application 或命令 IExternal Command 添加引用 RevitAPI.dll 类库; 为防止生成多余安装目录文件导致插件内存过大, 将属性中的复制本地更改为 False; 在 VS2017 界面下进行代码编译; 将生成方案的目录加载到 Add-In Manager 插件中, 运行代码实现所需功能。

2 基于 Revit 的桥梁病害信息查询功能

2.1 桥梁的参数化建模

以贵州省某钢筋混凝土连续多跨简支梁桥作为

工程背景,该桥全长 127 m,位于直线上,桥面宽 12 m,其中人行道宽 1 m,纵坡为 $\pm 1.443\%$ 。桥型布置见图 1。

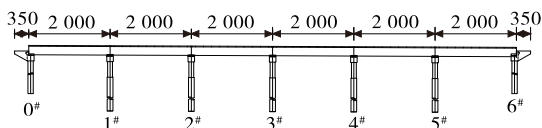


图 1 某简支梁桥的整体布置(单位:cm)

按照桥梁施工流程建立各构件族实例。先根据设计图绘制各标高轴网,打开新建族文件选择相应参照平面绘制构件截面并通过拉伸、融合、旋转、放样、放样融合建立桥梁下部结构族实例;设置构件的属性信息(如材质、高度、面积等),按照施工顺序建立桥梁上部结构、桥面铺装层构件(见图 2)并根据设计图将其放置在相应位置,完成三维模型创建(见图 3)。

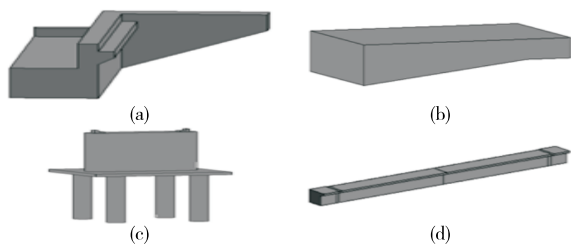


图 2 桥梁构件族实例

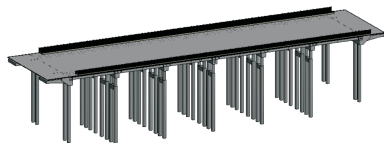


图 3 桥梁实体三维模型

2.2 桥梁病害信息三维可视化

传统的桥梁病害信息收集方式较单一,大都以局部图片的方式记录、保存,无法将病害信息三维可视化在桥梁模型上,病害的位置不能简单、直观地获取,历史信息无法衔接^[10],导致制定合理的运维(运营维护)决策方案困难。

BIM 的核心不仅体现在三维可视化上,更重要的是对信息的处理能力。根据桥梁 CAD 设计图及相关资料建立高度还原的桥梁三维实体模型,通过无人机倾斜摄影、人工病害跟踪等方法获得真实的病害信息。考虑到真实的病害模型实现过程较复杂,现阶段的建模软件不能建立高度还原的病害族实例,选择在 Revit 中新建基于面的公制常规模型族文件,以不同图形族实例表示不同时间节点的病

害(见表 1),如在 2019 年 8 月检测到的病害用圆形图元表示,2020 年 8 月检测到的病害用方形图元表示。建立不同节点下族实例并将其附着于桥梁病害所在位置,添加病害相关属性,点击病害,图元即高亮度地显示在模型中,病害记录时间、种类、特征等信息显示在 Revit 平台(见图 4)。

表 1 病害分类及标识示例

检测时间	病害状态	病害标识
2019 年 8 月	历史病害	○
2019 年 8 月	历史不稳定性病害	○
2020 年 8 月	新增病害	□

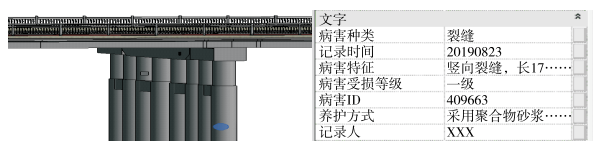


图 4 添加病害信息

2.3 UI Button 界面设计

基于 Revit 二次开发,通过调用外部应用接口 IExternal Application 建立 Ribbon Tab、Ribbon Panel、Push Button 对象实现桥梁病害信息查询,并在界面上调用。在 VS2017 平台建立 .NET Framework 4.52 框架,构建病害信息查询类库,利用 C# 编程语言编写代码,添加引用 RevitAPI.dll 与 Revit 软件相互衔接。病害信息查询界面见图 5。



图 5 病害信息查询界面

2.4 病害信息查询功能

按照 CJJ 99—2003《城市桥梁养护技术规范》、JTG/T H21—211《公路桥梁技术状况评定标准》,根据桥梁受损情况对构件受损等级进行划分。以裂缝病害为例,按照裂缝宽度将受损等级分为一级病害、二级病害,受损等级随时间发生变化时,图元大小也发生变化。

通过加载 Revit 二次开发插件实现桥梁病害信息与实体模型在时间节点上的动态关联,可根据不同时间节点下病害特征分析病害的衍生规律,进而提出有效的桥梁养护措施。将桥梁三维模型的视觉

样式更改为隐藏线的显示形式(见图 6),在 Revit 界面中输入病害的记录时间,图元即直观、高亮度地显示在三维模型中。例如,2020 年 8 月对 2019 年 8 月的历史病害进行巡查检测时,该节点病害受损等级加重,则图元变大,并将其记录时间更新为 202008;输入记录时间 202008,则桥梁三维模型中会高亮度地显示出历史病害、不稳定性病害及新增病害。各时间节点下病害图元用不同图形族实例表示,输入前后两次记录时间,可观察附着于模型中的 3 种病害的发展状况。根据与 Revit 相互连接的数据库中存储的历史病害数据及具有真实图片的病害信息,可分析病害的衍生规律及发展态势,确定关键性病害,进而制定合理的养护维修方案。按照病害种类划分对病害的缺陷成因进行分析,有利于科学制定桥梁维修加固方案,为病害数据信息的整理分析及标准化、规范化奠定基础^[11]。

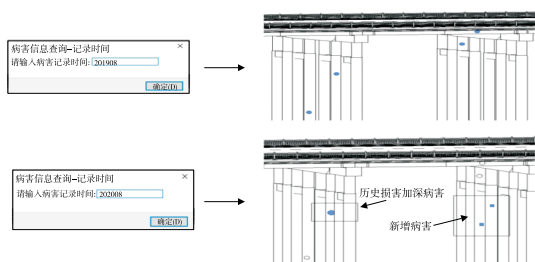


图 6 桥梁病害的三维可视化

在 Revit 中,一旦创建了某种图元,则默认生成一个整数 ID 来代替这种图元在 Revit 中的表现形式。在桥梁实体中创建的每个病害实例都具有唯一性,一旦建立会跟随模型终生,为桥梁病害快速跟踪及查阅提供了可能。桥梁病害 ID 的唯一性,病害种类信息有序分类查询,有利于提高数据质量及项目各方之间的数据交流(见图 7)。



图 7 病害信息查询

3 基于 Revit 平台的桥梁病害数据库

基于 Revit 平台,结合 SQL Server 构建 BIM 桥梁病害数据库,以各项目为单位建立桥梁病害列表,实现动态病害信息相互关联。实时更新新增病害信息,历史病害信息也可在数据库中进行查询和修改,

且病害图元 ID 具有唯一性,可将 ID 作为主键标识病害信息^[12]。不同类型病害信息选用不同的数据类型表示(见表 2)。

表 2 病害信息表数据结构

字段	类型	是否允许空值
文件名	Varchar(50)	否
病害 ID(主键)	Int	否
病害种类	Varchar(50)	否
记录时间	Int	否
病害特征	Varchar(50)	否
病害受损等级	Varchar(50)	否
病害养护方式	Varchar(50)	否
病害图像	Image	否

病害图像的数据类型为 Image,上传桥梁病害图像时应先对数据类型进行转换。方法如下:创建 Filestream 对象对图片读取文件的参数进行初始化赋值,调用 Read 函数将读取到的图片数据转换为二进制并创建 SqlParameter 类对象添加图像信息^[13]。其他类型数据的病害信息上传方式为在 VS2017 中创建病害族实例对象,在 Lookup 插件中查找 Parameters 获取相应属性,并以“对象名.属性”的方式获得病害信息。将 VS2017 与 C# 操控的数据库相互连接,通过数据库名称、登录名、密码等指定某数据列表作为病害信息的存储空间。编写 sql 语句,利用 Insert into 接受病害信息,两者返回值都以字符串的形式存在。通过 SqlConnection 创建对象将字符串返回值变为将病害信息传入数据库中的实际命令形式,利用 SqlCommand 执行 sql 语句将病害信息传入数据库所指定病害列表,并依据 ExecuteNonQuery 方法判断其病害信息是否成功传入 SQL Server 数据库中。

将每次巡检的病害信息传入数据库中,对零碎的病害图片、文字及相关数据进行合理组织和分类,实现对病害数据信息的快速、精确查询。建立基于 Revit 平台的桥梁病害数据库,将病害在桥梁实体模型中的空间信息及属性、局部病害图片相互衔接,提高病害信息管理的可视化程度。

4 结语

本文利用 Revit 二次开发技术,探索基于 BIM 的桥梁病害三维可视化及病害信息数字化管理方

法。编写基于 Revit 平台的二次开发插件,实现对桥梁病害记录时间、病害种类、ID、受损等级等病害信息的查询;将病害引入桥梁实体模型,以病害的记录时间为维度建立桥梁病害族,将历史、受损程度加深、新增病害以不同图元形式展示在桥梁三维可视化模型中,实现桥梁病害与实体模型在时间节点上的动态关联;建立基于 Revit 平台的桥梁病害数据库,添加病害的局部受损图片,将每次巡查记录的不同类型病害信息数据通过 Revit 传入数据库中,确保桥梁病害信息的更新与数据的完整性。

参考文献:

- [1] GIRARDET A, BOTON C. A parametric BIM approach to foster bridge project design and analysis [J]. Automation in Construction, 2021, 126: 103679.
- [2] MOSHYNSKYI V, STRILETSKYI P, TRACH R. Application of the building information modeling (BIM) for bridge structures [J]. Acta Scientiarum Polonorum-Architectura Budownictwo, 2022, 20 (4): 3-9.
- [3] MOON H S, KIM H S, KANG L S. Development strategies and feasibility evaluation of maintenance operation system for railway bridge based on ubiquitous-BIM technology [J]. Journal of the Korean Society for Railway, 2012, 15 (5): 459-466.
- [4] 李沅璋, 赵月悦. 福厦铁路泉州湾特大桥工程 BIM 技术应用研究 [J]. 铁路技术创新, 2019 (4): 126-128.
- [5] 高增奎. BIM 技术在南昌港口大道 III 标市政桥梁施工中的应用 [J]. 铁路技术创新, 2017 (1): 75-78.
- [6] 李成涛, 章世祥. 基于 BIM 技术的桥梁病害信息三维可视化研究 [J]. 公路, 2017, 62 (1): 76-80.
- [7] Autodesk Asia Pte Ltd. Autodesk Revit 二次开发基础教程 [M]. 上海: 同济大学出版社, 2015.
- [8] 周文哲, 刘晓平, 游涛, 等. BIM 技术在混凝土施工温控监测中的应用研究 [J]. 交通科学与工程, 2023, 39 (1): 76-82.
- [9] 施博文, 许红胜, 颜东煌, 等. BIM 正向设计中建模与分析软件间信息传递研究 [J]. 公路与汽运, 2023 (3): 136-140.
- [10] 卫星, 邹建豪, 肖林, 等. 基于 BIM 的钢桁梁桥裂纹病害信息数字化管理 [J]. 西南交通大学学报, 2021, 56 (3): 461-468+492.
- [11] 杨洋, 何飞, 李洁. 公路桥梁病害分类与编码构建方法 [J]. 北方交通, 2020 (11): 28-31+36.
- [12] 钟辉, 李驰, 孙红, 等. 面向 BIM 模型二次开发数据提取与应用技术 [J]. 沈阳建筑大学学报 (自然科学版), 2019, 35 (3): 560-566.
- [13] 吴焜. 基于 BIM 的桥梁检测信息管理与智能评估系统 [D]. 厦门: 厦门大学, 2018.

收稿日期: 2022-11-16

(上接第 148 页)

参考文献:

- [1] 王志坚. 郑万高铁隧道智能化建造技术研究及展望 [J]. 隧道建设 (中英文), 2021, 41 (11): 1877-1890.
- [2] 马二顺, 李金昆, 修春娣, 等. 隧道定位方法综述 [C] // 中国高科技产业化研究会智能信息处理产业化分会. 第十五届全国信号和智能信息处理与应用学术会议论文集. 北京: 中国高科技产业化研究会智能信息处理产业化分会, 2022: 186-190.
- [3] 彭学军, 刘云龙, 罗运杰, 等. 基于 UWB 的隧道高精度定位系统研究 [J]. 公路与汽运, 2021 (1): 137-139.
- [4] 张辰东, 王兆瑞, 金声震, 等. 基于 SINS/RFID 的隧道列车高精度定位方法 [J]. 北京航空航天大学学报, 2022, 48 (4): 632-638.
- [5] 汪勇, 华志刚, 陈建国, 等. 锅炉密闭空间无人机定位导航系统设计 [J]. 动力工程学报, 2021, 41 (11): 966-971.
- [6] SHAN T X, ENGLLOT B. LeGO-LOAM: Lightweight and ground-optimized lidar odometry and mapping on variable terrain [C] // Proceedings of 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). IEEE, 2018: 4758-4765.
- [7] LIN J R, ZHANG F. Loam livox: A fast, robust, high-precision LiDAR odometry and mapping package for LiDARs of small FoV [C] // Proceedings of 2020 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). IEEE, 2020: 3126-3131.
- [8] KOIDE K, JUN M, EMANUELE M. A portable 3D LIDAR-based system for long-term and wide-area people behavior measurement [J]. International Journal of Advanced Robotic Systems, 2019, 16 (2): 1-16.

收稿日期: 2022-03-07