

基于 IFC 标准和参数化的隧道监测信息模型研究

高建新¹ 姜谕男¹ 吴洪涛² 段龙梅²

(1. 大连海事大学 交通运输工程学院道桥所, 大连 116026; 2. 吉林省交通规划设计院, 长春 130021)

【摘要】将 BIM 技术应用于隧道工程成为新的发展领域, 研究将 BIM 技术与隧道工程监控量测相结合, 有着重要且前沿的工程意义。利用 IFC 标准提出监测信息扩展方法, 对标准未提供的数据模型和信息进行基于 IFC 的属性集扩展。通过 Revit 二次开发, 在 Revit 建模环境下输入指定参数即可高效精准地完成建模工作, 在 Revit 软件打开基于 IFC 数据标准的隧道模型时, 可以查看分析监测数据并实现预警功能。为 BIM 技术指导隧道施工, 隧道运营期间病害检测、维护提供依据。

【关键词】BIM 技术; 二次开发; 隧道工程; 监控量测

【中图分类号】TU17; U45 **【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

随着 BIM 技术在我国建筑领域的逐渐应用, 将 BIM 技术应用于隧道工程成为新的发展领域^[1]。郭坤睿^[2]研究了基于 IFC 标准的既有结构维护信息模型, 将 BIM 应用于既有结构的维护。李锦华^[3]研究了基于 IFC 标准的 BIM 技术对桥梁健康监测信息的表达研究, 将 BIM 技术应用于桥梁健康监测。在隧道施工过程中, 隧道的安全状态可以由隧道监控量测进行直接反映, 隧道监控量测是保障隧道施工过程得以顺利安全进行的不可或缺的项目^[4]。将 BIM 技术与隧道工程中的监控量测相结合, 有着重要且前沿的工程意义, 以期利用 BIM 技术与监测数据高效合理地指导隧道施工。BIM 模型中的信息是通过一种共同的数据标准 IFC 来实现在不同的 BIM 软件间的交互, 本文利用 IFC 标准提出监测信息扩展方法, 对标准未提供的数据模型和信息进行基于 IFC 的扩展, 实现将监测数据写入 IFC 文件, 以期在不同的 BIM 软件均可实现隧道监测数据的查询, 从而达到 BIM 模型与监控量测相结合, 为 BIM 技术在隧道工程施工期间指导安全施工提供保障^[5-7]。

Revit 软件作为 BIM 平台主流建模工具, 具有强

大的建模设计功能, 可以将复杂的物理模型以及单独的可编辑模型进行集成。Revit API 提供了一系列命名空间和类库, 方便用户以程序二次开发的方式自定义或扩充相应的建模设计功能, 不仅能够实现 Revit 平台上既有的大部分功能, 而且还能实现一些通过界面交互方式不易完成的工作。马佰钰^[8]利用 Revit 二次开发研究了利用 Revit 斜拉桥参数化设计。结合交互操作和程序控制各自的优点, 适当利用 API 通过 Revit 二次开发的方式完成一些数据量大、规律性强的建模工作, 可以显著提高用户的建模效率^[9]。

1 自动化监测信息获取

隧道监控量测作为隧道施工过程的一个重要部分已得到长足发展, 隧道监测项目众多, 监测数据数量庞大, 采用人工监测的方式不易及时反映施工过程中隧道的受力状态, 也不方便数据的管理, 浪费了大量的人力物力^[10]。随着计算机技术的发展, 充分发挥计算机的高性能^[11], 采用自动化监测的方式^[12], 在信息化的大趋势下, 既高效又便于将信息匹配到 BIM 技术。

自动化监测信息数据的采集, 借助先进的无线传输技术和云服务技术。采集设备箱中的振弦式

【作者简介】 高建新(1994-), 男, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 土木建筑工程信息化。

采集模块实时采集现场安装的土压力盒、锚杆计、位移计等传感器反馈的监测数据,借助基于 433Hz 无线透传模块,无线透传模块之间以 485 数据信号通讯的模式,将振弦式采集模块采集到的监测数据传输到洞口的发射箱中的无线透传模块终端,终端无线透传模块将数据传输给 GPRS 模块,GPRS 模块可实现基于以太网的双向透明传输,远程将数据传输至终端服务器,服务器利用自主研发的到岩土工程多元信息采集分析软件对传输过来数据进行采集与分析,并存储至云服务器中的 SQL Server 数据库^[13]。为 BIM 技术与隧道工程中的监控量测相结合提供实时的监测数据的更新。

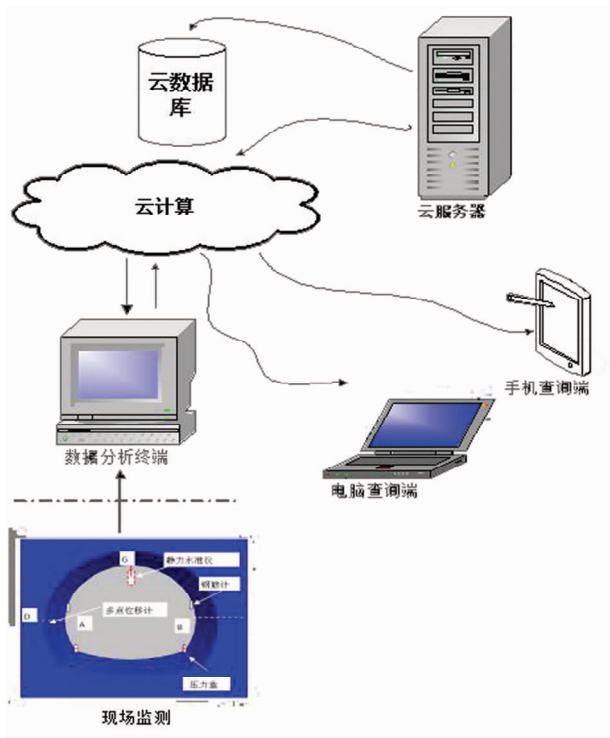


图 1 数据采集流程图

2 基于 IFC 标准的监测信息表达与集成

基于 IFC 标准的监测信息表达与集成,需要对 IFC 标准进行拓展。IFC 标准拓展主要包括两种拓展模式,分别为实体拓展和属性集拓展^[14]。实体拓展是作为 IFC 标准的每次升级所采用的体系结构扩展方式,采用自定义实体类型的形式,用以对原 IFC 标准中未定义的类型进行表达,即人为增加 IFC 标准的定义数量。属性集扩展是通过自定义属性的形式,以及自定义属性集的形式来表达原有 IFC 标准中未定义的类型属性,如监测信息。属性集扩展

对原有 IFC 模型体系结构不会产生影响,不会对原有 IFC 模型体系结构产生混乱或歧义,而且采用属性集拓展相对简单方便,完全可以满足将监测信息集成至 IFC 文件的要求,本文通过属性集拓展的方式实现监测信息向 IFC 文件的集成。

属性集拓展需要定义每个传感器模型表达信息时需要的属性集及属性,将监测数据集成至 IFC 文件,属性集扩展中传感器均用在 IFC 标准中有定义类型的 IfcSensor 实体表示,传感器类型包含在 IfcSensorTypeEnum 枚举类型中。用 IfcProperty 表示具体的监测信息,属性集的定义由多个相关性能属性 IfcProperty 构成,即 IfcPropertySetDefinition。IfcPropertySetDefinition 提供实体的属性集合的定义,它是所有属性定义的抽象超类 IfcPropertyDefinition 的子类,对实体属性起到容纳的作用,每一个属性集合都对一个特定的对象类型进行定义,与主体实体 IfcObject 的子类实体通过 IfcRelDefines 及其子类 IfcRelDefinedByProperties 产生关联,使抽象的对象具体化。传感器实体 IfcSensor 通过 IfcRelDefinesByProperties 与属性集合的定义 IfcPropertySetDefinition 建立关联关系。在 IFC 标准中,对监测信息的描述方式如图 2。

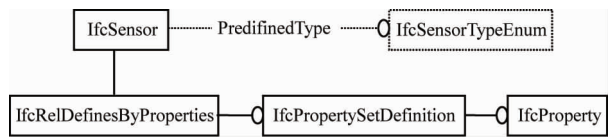


图 2 IFC 标准对监测信息的描述

对于需要拓展的基于 IFC 标准的监测传感器实体,建立了传感器信息 IFC 属性集定义,见表 1,和传感器信息 IFC 属性定义,见表 2。将表中的属性与数据成员一一对应,实现传感器信息与 IFC 标准数据模型之间的映射^[15]。

表 1 传感器信息 IFC 属性集定义

属性集名称	Pset_SensorTypeEnum
适用的实体	IfcSensor
适用的类型值	IfcSensor/Userdefined/Enum
定义	A device that records function data

表 2 传感器信息 IFC 属性定义

属性名称	属性类型	数据类型
传感器类型	IfcPropertySingleValue	IfcLabel
测点编号	IfcPropertySingleValue	IfcText
监测数据	IfcPropertyListValue	Ifcreal

在 IFC 文件中描述监测数据的属性及属性集语句如下：

```
# 1011 = IFCSENSOR ( ' 2ODFJcoe9DuBkT2X
KouC9K', # 42, ' \ X2 \ 4F20611F566820142014571
F538B529B76D265CF \ X0 \ 2: \ X2 \ 4F20611F56
6820142014571F538B529B76D265CF \ X0 \ 2: 223
456', $, ' \ X2 \ 4F20611F566820142014571F538B529
B76D265CF \ X0 \ 2: X2 \ 4F20611F566820142014571
F538B529B76D265CF \ X0 \ 2', # 1010, # 1004, ' 22
3456', . NOTDEFINED. );
```

```
#1029 = IFCPROPERTYSET ( ' \ X2 \
4F20611F56687C7B578B \ X0 \', $, IFCTEXT ( ' \ X2 \
571F538B529B76D2 \ X0 \'), $ );
```

```
#1030 = IFCPROPERTYSET ( ' \ X2 \
6D4B70B97F1653F7 \ X0 \', $, IFCTEXT ( ' 3660'),
$ );
```

```
#1031 = IFCPROPERTYSET ( ' \ X2 \
76D16D4B6570636E \ X0 \', $, IFCTEXT ( ' 7. 802018
-08 -10 22:42:18'), $ );
```

```
#1058 = IFCPROPERTYSET ( ' 2ODFJcoe9DuBk
T30qeuC9K', # 42, ' Pset _ SensorTypeEnum', $,
( #1029, #1030, #1031 ) );
```

```
# 1063 = IFCRELDEFINESBYPROPERTIES ( '
2ODFJcoe9DuBkT3GqeuC9K', #42, $, $, ( # 1011 )
#1058 );
```

其中, #1011 描述 IFCSENSOR 传感器实体。#1029 对应的 IFC 语句描述传感器类型属性, #1030 对应的 IFC 语句描述测点编号属性, #1031 对应的 IFC 语句描述监测数据属性。#1058 描述属性集, 属性集名称 Pset_SensorTypeEnum, 其中包含了传感器类型属性、测点编号属性、监测数据属性。#1063 表示传感器实体 #1011 与属性集 #1058 关联。至此完成对传感器记录信息的 IFC 语句表达^[16]。

利用自主研发的 IFC 标准监测信息读取软件, 自动将储存在数据库中的监测数据批量写入 IFC 数据格式文件, 进而显示在属性拓展的测点的监测值文字框中。IFC 标准监测信息读写程序软件基于 IFC 标准中对实体属性的表达方式, 明确传感器实体与监测数据属性在 IFC 中性文件的组织关系, 在此理论基础上完成 IFC 中性文件的解析, 通过对需要拓展的信息对应的 IFC 文件中属性语句、属性集语句及关联语句的自动编写, 生成新的 IFC 文件, 流程图如图 3, 从而实现将监测数据批量集成到 IFC

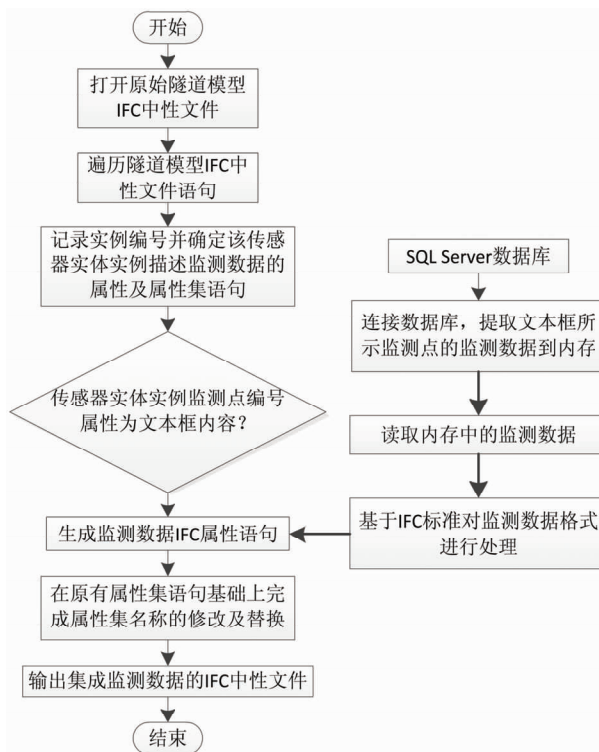


图 3 监测数据批量导入至 IFC 文件流程图

文件, 对该 IFC 文件进行基于 IFC 标准监测信息批量读写操作, 如图 4。从而实现基于 IFC 标准的监测信息表达与集成。由于 IFC 文件是一种通用的数据格式, 所以在任何一个支持 IFC 格式的 BIM 软件都能可视化显示监测信息, 以至于构建的 BIM 模型中的传感器信息在不同的 BIM 软件之间可实现交互。

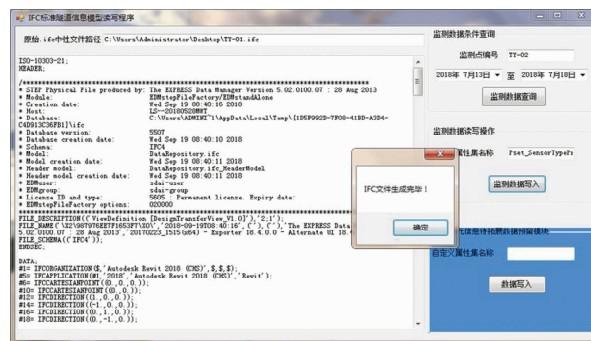


图 4 基于 IFC 标准监测信息批量读写操作

3 隧道工程参数化监测信息模型

3.1 参数化建模

在实现基于 IFC 的监测信息表达与集成时, 每

个 IFC 实体都对应着一个 BIM 模型构件,建立 BIM 模型构件是研究将 BIM 技术与隧道工程中的监控量测相结合中不可或缺的一部分。

在建立隧道工程 BIM 模型时需要建立监测传感器模型,建立监测传感器存在传感器数量巨大,需要在指定位置安放指定的不同类型的传感器,机械重复性工作较多等问题。在目前 BIM 技术核心建模软件 Revit 中建立监测传感器等模型时,虽然可以手动建立,但是监测传感器数量巨大且安放位置不固定,安放传感器模型时需要反复寻找位置,安装时多数传感器需要与侧壁相切安装,这导致手动建模时传感器难以通过旋转、复制等操作实现快速建模,许多重复性的建模工作降低了 Revit 的建模效率,在修改模型时存在着一处修改处处修改的弊端,这些对 BIM 技术在隧道工程中的应用产生了阻碍。

监测传感器模型在建立时,需要通过 Revit 二次开发的方式,运行用 C#语言编写建模程序,监测传感器模型在 Revit 环境下输入安放的位置参数(半径和角度)可以自动生成并安放到指定位置,无需手动建模时反复寻找位置。利用 Revit 二次开发的方式实现参数化建模可以高效精准地完成建模工作。

3.2 建模方法

Revit 二次开发的编程环境采用采用 visual studio2013,用支持 .Net Framework 的 C#语言进行编写,在编译器中引用 revitAPI. dll 和 revitAPIUI. dll 动态链接库。安装 AddinManager 插件,作用是在不重启 Revit 软件的情况下,可以重新生成程序中的命令。

IFunctionalCommand 是 RevitAPI 中实现外部扩展的命令,内含 Excute 函数。外部命令调用 Excute 函数来实现 IFunctionalCommand,Excute 的定义方式 public Autodesk. Revit. UI. Result Execute (ExternalCommandData cmdData, ref string message, ElementSet elements), 分别为输入参数 CommandData (ExternalCommandData)、输出参数 message (string)、输出参数 elements (ElementSet)^[17]。

搭建 Windows 窗体应用程序,利用外部事件 IFunctionalEventHandler,在窗体应用程序内即可触发外部事件,创建隧道构件采用 RevitAPI 中事务

Transaction 的方法,不同的隧道监测传感器编写相应的绘制程序。

运行相应二次开发的参数化建模程序,在输入对话框内按照传感器安放位置输入参数后,即可得到相应的 BIM 三维传感器族模型,例如在传感器——土压力盒参数输入框内输入参数,如图 5,类似输入应变计传感器、钢筋计传感器、位移计传感器的参数,即可得到相应的传感器族模型。分别建立一个断面的传感器族模型,将族载入至项目中,对构件进行拼装,形成带有监测传感器的隧道 BIM 模型,如图 6。



图 5 参数输入框

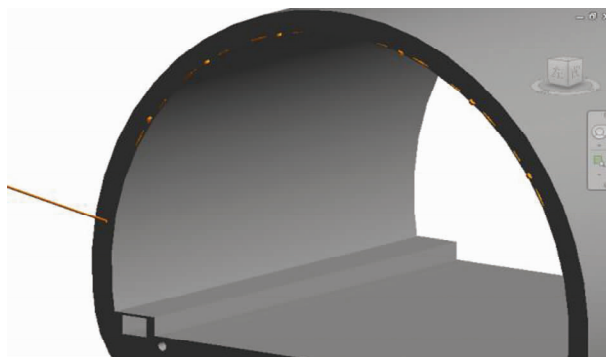


图 6 隧道 BIM 模型

3.3 监测数据分析与预警

在最常用的 Revit 软件打开基于 IFC 数据标准的隧道模型,分析筛选 IFC 文件中监测数据时,通过 Revit 二次开发的方式,点击开发的功能面板中“所选传感器监测数据查询”,如图 7,点击传感器模型,程序可以实现自动显示该传感器模型对应测点编号的监测数据,监测数据以表格的形式进行展现,如图 8,可以调节监测数据按照监测时间升序降序或监测值的大小进行升序或降序排列,并且可以实现自动绘制出此传感器模型对应的测点编号的监测数据与监测时间的曲线,如图 9,可以方便分析监

测数据的规律。



图7 按键“所选传感器监测数据查询”

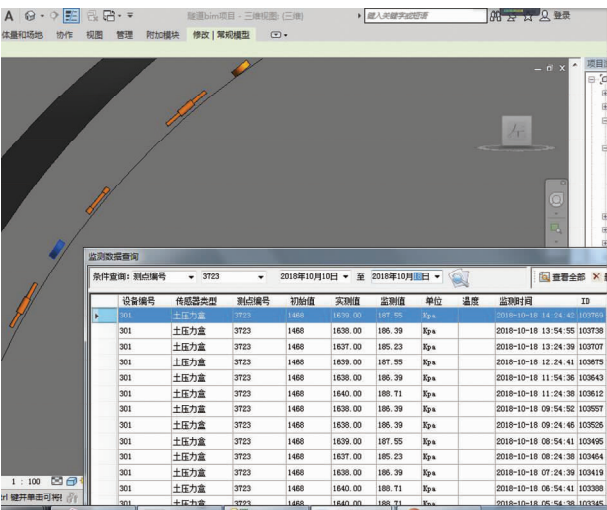


图8 监测数据列表

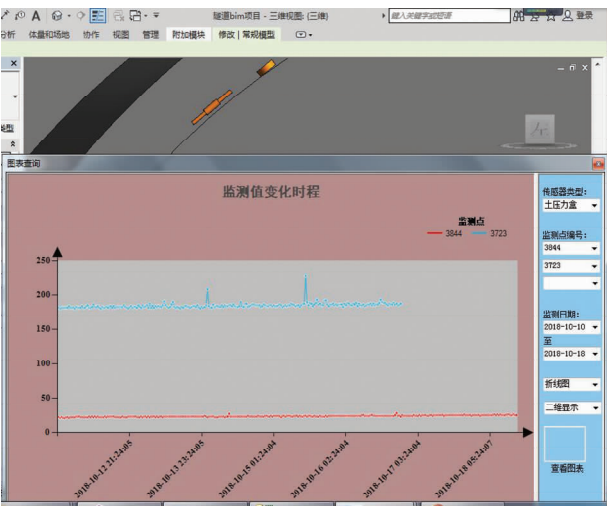


图9 关于监测数据与监测时间的曲线

通过 Revit 二次开发,选择开发的功能面板中“预警”,如图 10,可以启动预警的功能。当某个传感器监测数据大于安全值时,程序自动检索出这些监测数据的测点编号,进而检索出测点编号对应 Revit 图元 Id,对这些 Revit 图元 Id 对应的图元实现变颜色的效果,可以在 BIM 模型中直观地展现出安全状态,实现预警的功能。

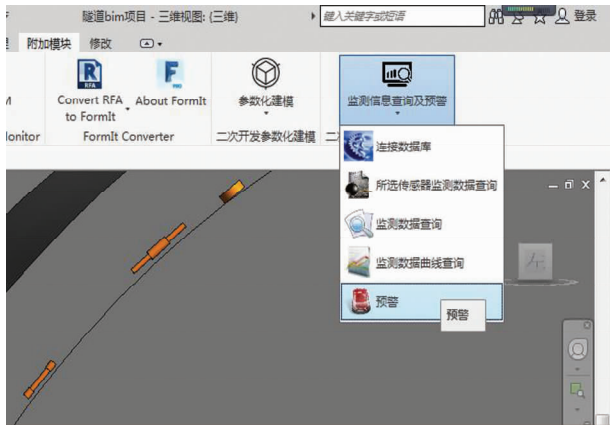


图10 按键“预警”

4 结论

BIM 技术在隧道工程中的应用已经成为新的发展领域,研究将 BIM 技术与隧道工程中的监控量测相结合,有着重要且前沿的工程意义,以期利用 BIM 技术与监测数据高效合理地指导隧道施工,本文开展了基于 IFC 标准和参数化的隧道监测信息模型研究。

(1)通过对 IFC 标准进行拓展,实现基于 IFC 的监测信息表达与集成;

(2)通过研究 Revit 二次开发,通过参数化构建传感器模型,提供了快速构建 BIM 模型的一种思路,大大提高了建模及修改模型时的效率^[18];

(3)研究在最常用的 Revit 软件打开基于 IFC 数据标准的隧道模型时,实现在 BIM 模型内可以查询到各个传感器模型对应的监测数据,绘制监测数据曲线,以此来分析监测数据。当监测数据大于安全值时,传感器模型实现颜色改变而达到预警的功能,在 BIM 模型中反映隧道的安全状态。

基于 IFC 标准和参数化的隧道工程监测信息模型研究,为 BIM 技术在隧道工程施工期间指导施工,隧道运营期间隧道病害检测、维护提供依据。

参考文献

- [1] 王永东, 胡强, 张化川, 等. 基于三维地质信息模型的隧道 BIM 技术路线研究[J]. 施工技术, 2018, 47(18): 67-71.
- [2] 郭坤睿, 顾祥林, 丁俊. 基于 IFC 标准的既有结构维护信息模型[J]. 土木建筑工程信息技术, 2018, 10(01): 16-21.
- [3] 李锦华. 基于 IFC 标准的 BIM 技术对桥梁健康监测信息的表达[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2017, 13(08): 190-193.
- [4] 魏万新. 浅谈监控量测在高速铁路湿陷性黄土隧道施工中的应用[J]. 建筑设计, 2012, 41(2): 107-108.
- [5] 邱奎宁, 张汉义, 王静, 等. IFC 拔术标准系列文章之一: IFC 标准及实例介绍[J]. 土木建筑工程信息技术, 2010, 2(1): 68-72.
- [6] 王琳, 邱奎宁. IFC 技术标准系列文章之三: IFC 结构及数据实例分析[J]. 土木建筑工程信息技术, 2010, 2(4): 79-88.
- [7] 邱奎宁, 刘峰. IFC4 结构分析模型应用技术[J]. 土木建筑工程信息技术, 2013, 5(3): 68-71.
- [8] 马佰钰. 基于 Revit 斜拉桥参数化设计及施工过程模拟的研究[D]. 大连理工大学, 2017.
- [9] 薛忠华, 谢步瀛. Revit API 在空间网格结构参数化建模中的应用[J]. 计算机辅助工程, 2013, 22(01): 58-63.
- [10] 周红杰. 基于 XML 的异构图编程图像处理平台设计[D]. 杭州电子科技大学, 2015.
- [11] 吴志佳. 基于异构多核处理器的双目视觉系统设计与实现[D]. 北京交通大学, 2017.
- [12] 张强勇, 陈晓鹏, 刘大文, 等. 岩土工程监测信息管理与数据分析网络系统开发及应用[J]. 岩土力学, 2009, 30(2): 362-366.
- [13] 刘训房. 基于 BIM 和 WEB 的隧道动态施工监测信息系统研究[D]. 大连海事大学, 2017.
- [14] 王超. 基于 BIM 的监测信息 IFC 表达与集成方法研究[D]. 哈尔滨工业大学, 2015.
- [15] 肖森. 基于 BIM 与物联网技术的大型盾构吊装安全管理平台研究[D]. 华中科技大学, 2017.
- [16] 曹再兴. BIM 技术在桥梁管养中的应用研究[D]. 重庆交通大学, 2017.
- [17] 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. 27-35.
- [18] 许江涛. 地下水数值模拟及其三维可视化技术的研究与应用[D]. 河南理工大学, 2009.

Research on Tunnel Monitoring Information Model Based on IFC Standard and Parameterization

Gao Jianxin¹, Jiang Annan¹, Wu Hongtao², Duan Longmei²

(1. Daoqiao Institute, School of Transportation Engineering, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China;
2. Jilin Province Transportation Planning and Design Institute, Changchun 130021, China)

Abstract: The application of BIM technology in the tunnel engineering becomes an emerging development field, and the combination of BIM technology with tunnel engineering monitoring and measurement is a cutting-edge topic with great engineering significance. Following the extension method of monitoring information proposed by the IFC standard, this paper extends the attribute set based on IFC for the data model and information not provided by the standard. The works of secondary development enables the modeling works accomplished efficiently and accurately by inputting specified parameters in Revit modeling environment. When a tunnel model based on IFC data standard is opened by using the Revit software, monitoring data can be viewed and analyzed, and early warning function can be realized. The research of this paper provides basis for using BIM technology to guide tunnel construction, disease detection and maintenance during tunnel operation.

Key Words: BIM Technology; Secondary Development; Tunnel Engineering; Monitoring Measurement