

IFC 标准在监测数据集成与预警系统中的应用

郑晓冬 刘伟

中铁建大桥工程局集团第一工程有限公司, 辽宁 大连 116033

[摘要] 文中探讨了 IFC 标准在监测数据集成与预警系统中的应用。通过在监测信息管理系统中添加传感器的实体类型, 并利用 IFC 标准表达监测信息, 实现了监测数据的集成和多平台查询。该系统为高架车站施工和运营期间的全面监测提供了有力支持。

[关键词] 监测数据集成; IFC; 预警系统; 高架车站

DOI: 10.33142/ec.v8i1.15030

中图分类号: TU17

文献标识码: A

Application of IFC Standard in Monitoring Data Integration and Early Warning System

ZHENG Xiaodong, LIU Wei

China Railway Construction Bridge Engineering Bureau Group 1st Engineering Co., Ltd., Dalian, Liaoning, 116033, China

Abstract: This article explores the application of IFC standards in monitoring data integration and early warning systems. By adding the entity types of sensors in the monitoring information management system and using the IFC standard to express monitoring information, the integration of monitoring data and multi platform queries have been achieved. This system provides strong support for comprehensive monitoring during the construction and operation of elevated stations.

Keywords: monitoring data integration; IFC; early warning system; elevated station

引言

随着信息技术的快速发展, 工业设施和城市基础设施的智能化、信息化水平不断提高。在这一背景下, IFC 标准作为建筑信息模型的核心标准之一, 为监测数据的集成提供了有效的解决方案。本文探讨了 IFC 标准在监测数据集成与预警系统中的应用, 为工业生产和城市运行提供了有力的数据支持和安全保障。

国内很多学者 IFC 标准现在已经应用在许多工程项目中。徐勇^[1]以工业基础类 IFC 标准为基础, 进行 BIM 信息的集成, 以实现建筑设施运维管理系统, 建立运维数据库实现信息的集成, 完成了建筑设施运维管理系统的设计和开发。赵飞、朱明^[2]在研究了 IFC 标准的 4 层架构及功能的基础上, 提出了新的属性集的扩展方法, 实现了公路数据、监测仪器与监测数据的共享与传递。何高峰^[3]等人基于 BIM 与 GIS 结合的隧道结构安全风险评估, 考虑了地铁隧道结构与地质环境, 对地铁隧道结构进行了风险评估与预警分析。徐鲲^[4]针对 IFC 对水利安全监测专题工程数据精细化表达的局限性, 利用领域本体结合 BIM 技术, 提出了一种水利安全监测专题知识模型构建方法, 对水利安全监测大坝 BIM 的语义信息进行描述和完善, 便于水利安全监测工程的 BIM 专题应用实践和数字化发展。李锦华^[5]通过建立 IFC 数据模型与监测信息模型数据成员的链接关系, 实现了基于 IFC 的监测信息扩展及可视化表达并通过桥梁健康监测温度传感器监测数据模拟实验验证。胡振中^[6]提出了基于 IFC 的传感器信息存储方法与应用流程,

分析了 IFC 中与传感器有关的信息描述和关联机制, 进而通过自定义属性集的方式扩展了 IFC 标准, 最后以北京槐房再生水厂项目为应用案例验证了 IFC 扩展内容的有效性。

通过本文的研究, 我们期望为基于监测数据集成与预警系统的研发和应用提供有益的参考和借鉴。同时, 我们也希望通过本文的研究, 推动工业设施和城市基础设施的智能化、信息化水平不断提升, 为社会的可持续发展作出贡献。

1 监测数据集成

1.1 监测方案

南昌地铁 4 号线高架车站为确保施工过程中高架车站结构处于安全状态, 保证不影响周边交通和建筑物以及其他设施的正常使用, 通过物联网监控量测对地表沉降、坡顶稳定性、结构沉降等关键部位进行监控管理, 并且根据对监测数据的结果进行分析处理。

由于现场监测内容不足, 经技术人员和现场施工负责人讨论, 确定了如下的监测内容: ①坡顶水平位移; ②坡顶竖直位移; ③地表沉降; ④基坑土体压力; ⑤墩柱沉降; ⑥墩柱倾斜; ⑦盖梁钢筋应力; ⑧站厅层梁板应变; ⑨温度。所用监测仪器如下: ①土压力盒; ②水准仪; ③测斜仪; ④钢筋计; ⑤表面应变计; ⑥温度传感器。具体监测点布设如下:

(1) 基坑水平位移、基坑沉降及基坑土体压力

土压力盒, 用于测量基坑侧壁的土体压力, 用钢筋网固定于基坑侧壁处 (在支护混凝土和土体之间)。沿车站纵向两端各布设一个土压力盒, 沿纵向两边每间隔 20m

布设一个土压力盒，土压力盒数目总计 12 个。

激光测距仪测点，测量基坑坡顶水平位移及坡顶竖直位移，布设在基坑边坡顶部，沿车站纵向两端各布设一个测点，沿纵向两边每间隔 20m 布设一个测点，总计 12 个测点。

水准仪测点，测量基坑沉降。纵向方向的高架车站基坑的两端各布设一列测点，沿纵向两边每间隔 20m 布设一个测点。第一个监测点距离基坑顶部边缘 2m，然后间隔 5m 布置下一个监测点，再间隔 5m 布置下一个监测点，共 36 个测点。

通过对以上内容的监测，可以保证高架车站基础和地基的稳定性，为安全施工奠定良好的地基和基础。

(2) 墩柱沉降和墩柱测斜

水准仪，测量墩柱沉降，测点布设在每个墩柱顶部的柱壁，总计 22 个测点。

测斜仪，测量墩柱倾斜，测点布设在墩柱中部的柱壁，总计 22 个测点。

(3) 盖梁钢筋应力和温度

将钢筋计焊接在每个盖梁的钢筋笼主筋上，位于盖梁底部钢筋的中间位置，用于测定钢筋的应力，总计 11 个钢筋计。温度传感器内置于钢筋计附件，用于测定构件的温度。

盖梁施工立面图和三维视图如图 1 和图 2 所示。

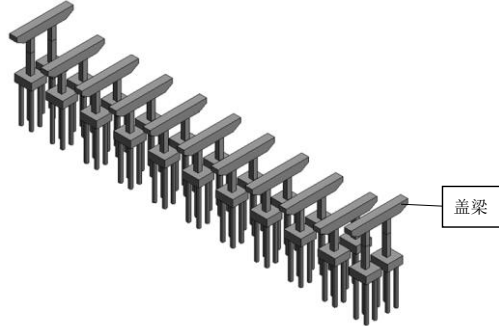


图 1 盖梁施工立面图

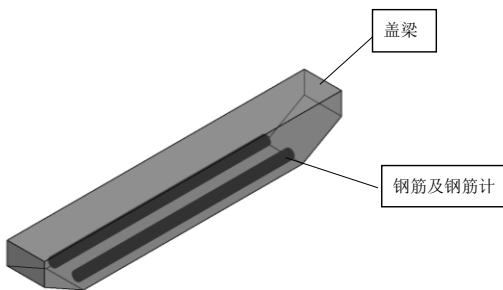


图 2 盖梁三维视图

(4) 站厅层梁板应变

在高架车站数值分析中，因为站厅层梁板中间部位应变较大，其他部位相对较小，所以表面应变计布设在站厅层梁板中间部位的下表面。于每一梁板构件中间部位布设表面应变计，共计 8 个表面应变计，表面应变计用强力瞬干胶粘结于板底。站厅层梁板施工立面图和三维视图如图 3 和图 4 所示。

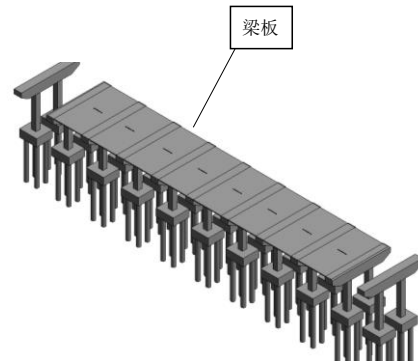


图 3 站厅层梁板施工立面图

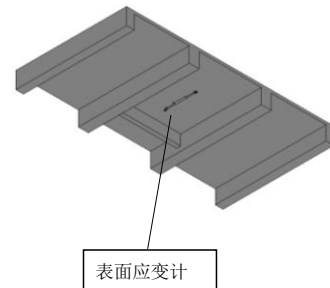


图 4 站厅层梁板三维视图

以上是各个传感器的具体布设和数量等信息，为便于直观且高效地显示监测方案，本文利用 Revit 模型，通过调整模型透明度等方式，以 Revit 模型展示监测方案如图 5 所示：

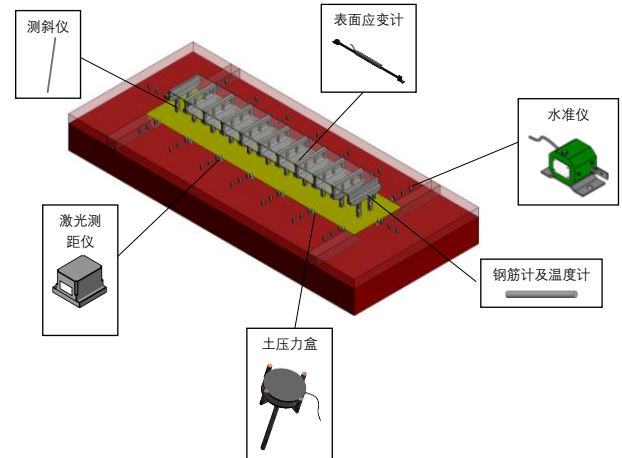


图 5 高架车站监测方案三维视图

通过上述的物联网自动化监测和人工监测，实现对南昌地铁 4 号线裕丰街车站的施工监测，可以保证施工的顺利进行以及后续高架车站安全的运营维护。基于该监测方案，可以进行 BIM 监控信息集成模型的建立以及物联网自动化监测系统的开发。

2.2 监测信息表达集成

IFC 标准的监测信息表达集成的关键在于选择相应的扩展方式，基于 IFC 标准拓展机制理论研究并结合课题组自主开发的自动化监测云采集系统后台数据库的监测信息内容

及特点,在高架车站的监测表达集成中,采用扩展属性集的方式,对监测信息进行 IFC 扩展并实现监测信息的集成。

(1) 传感器的实体类型添加

IFC 中现有表述传感器的实体虽然定义了一部分传感器类型及其属性集,但是高架车站物联网监测所用的传感器类型要多于 IFC 标准中定义的传感器类型,比如高架车站监测过程中用于监测的钢筋计、土压力盒、水准仪、激光测距仪、表面应变计等传感器类型并未被定义到现有的 IFC 标准的传感器实体的预定义类型枚举中,针对于该类物理元素,本文考虑对象类型的扩展方式,通过在传感器实体的预定义类型中添加钢筋计(YFJ-GJJ-K01+157)、土压力盒(YFJ-TYLH-K01+157)、表面应变计(YFJ-BMYBJ-K01+157)以及水准仪(YFJ-SZY-K01+157)等类型枚举项,完成该类构件的 IFC 表达。为方便传感器的查询和调用,传感器信息不仅存储于 Revit 模型,也保存在数据库中,传感器信息表结构如表 1 所示:

表 1 传感器表结构

名称	格式	字符长度	范围
Revit 图元 ID	nvarchar (10)	10	1~10
传感器类型	nvarchar (50)	50	1~49
传感器编号	nvarchar (50)	50	1~49
测点编号	nvarchar (50)	50	1~49
初始值	nvarchar (50)	50	1~49
单位	nvarchar (50)	50	1~49
设备编号	nvarchar (50)	50	1~49

(2) 监测信息 IFC 表达

利用高架车站 IFC 属性集拓展的方法,基于 IFC 标准将监控量测信息拓展至传感器属性和属性集。从 SQL Sever 数据库里提取监控量测数据,利用上述方法将该数据信息利用 IFC 语句的表达方式写入 IFC 文件中,具体思路如图 6 所示。

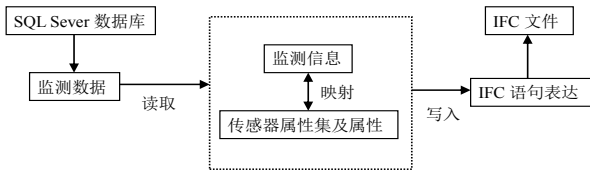


图 6 基于 IFC 标准的监测信息表达

南昌市地铁 4 号线高架车站的物联网监测信息在 IFC 文件中的表达方式如下所示:传感器构件实体命名为 IfcSensor,通过 IfcSensorTypeEnum 定义传感器的类型,然后定义的实体类型可以通过传感器实体的 PredifinedType 属性表达。单个传感器的监测数据通过 IfcProperty 表示,多个属性集合起来可以构成 IfcPropertySetDefinition 的定义。

(3) 监测信息的集成

监测信息的集成分为传感器信息的集成和监测数据

的集成。由于传感器信息具有单值性,利用常规 IFC 文件信息集成的方法即可完成对于传感器信息的集成,常规 IFC 文件信息集成的方法如图 7 所示。

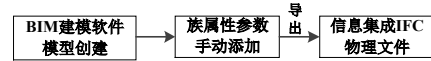


图 7 常规 IFC 文件信息集成方法

在利用建模软件 Revit 进行 BIM 模型的创建过程中,对需要集成的传感器信息,以族属性参数添加的方式,将该传感器信息添加到相应的传感器模型中。然后利用 Revit 软件的输出工具栏里的 IFC 文件导出功能将传感器参数集成模型导出为 IFC4 中性物理文件。

本文对手动信息集成方法进行了改进,并且提出一种更为简单和高效的监测信息集成方法。首先,利用 Revit 软件创建传感器 BIM 模型,将参数添加到传感器图元,并导出为 IFC4 中性物理文件。然后通过监测数据读写程序对该 IFC4 中性文件进行读写操作,将南昌市地号线裕丰街高架车站的物联网监测数据批量导入该 IFC4 文件,从而得到基于南昌市地号线裕丰街高架车站的物联网监测信息集成的 IFC4 物理文件,具体思路如图 8 所示。

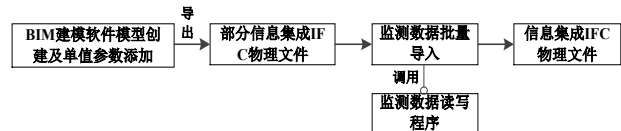


图 8 IFC 文件监测信息集成方法

2.3 监测数据读写实现

基于 IFC 标准的高架车站的监测信息读写程序的基础是对传感器实体属性的描述,明确构件实体与物联网监测数据属性在 IFC 中性物理文件的前后联系。在完成 IFC 语句的辨析的基础上,对该 IFC 中性物理文件进行高架车站物联网监测信息读写操作。物联网监测数据自动批量集成到 IFC 中性物理文件的具体流程如图 9 所示:

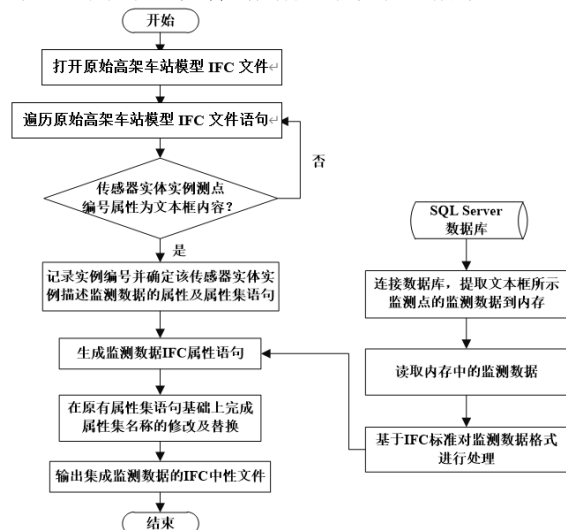


图 9 IFC 标准监测数据读写程序工作流程图

2.4 监测数据的多平台查询

基于 BIM 的 IFC 文件是基于统一标准的数据文件,它能够被所有基于 IFC 标准的应用程序加载并进行信息提取和信息管理等操作。将高架车站施工监测信息写入 IFC 文件后,为验证 IFC 标准是否可以被其他 BIM 软件识别和使用,本文在高架车站信息集成模型的基础上,利用基于 IFC 的高架车站信息管理系统以及 BIM 技术里的 Revit 软件,进行 IFC 文件监测数据的多平台查询验证。

(1) 基于 IFC 的应用程序的监测数据查询

基于 BIM 的高架车站信息管理系统,通过批量导入监测数据信息,完成监测数据信息写入 IFC 文件之后,监测数据以文本的形式储存在 IFC 文件中。然后通过对 IFC 文件的自定义多条件查询,可以读取相应的高架车站施工的属性集 IfcPropertySet 和属性 IfcProperty 信息,包括监测数据信息。

在传统的监测数据信息的表达中,几乎都是以表格的形式表达,虽然表格的形式准确表达了监测数据,但施工和管理人员面对繁琐而冗长的表格,难以第一时间确定现场施工监测变化以及时间效应下结构的情况。本文在 Visual Studio 平台上基础,利用微软自带的 Chart 图表软件,对监测数据进行可视化处理,将监测数据进行更直观、更高效的图表形式展示,不仅使监测管理更加方便、高效,而且可以有效地反映监测数据的变化曲线以及变化趋势,有利于提前发现和应对不利的施工情况和应急状况。

(2) 基于 BIM 的监测数据查询

基于 BIM 的 IFC 文件的首要特性就是数据应用的共享性良好和效率高,基于 IFC 标准的各类 BIM 软件都可以进行数据的应用,实现多方进行数据的管理。本文在实现 IFC 文件读写功能的情况下,对 BIM 技术里的 Revit 软件进行监测数据查询功能开发,克服了各系统数据格式不统一的问题,搭建起原有监测数据库与 BIM 信息模型之间的数据桥梁,为数据的集成和共享提供了一条便捷的交互渠道。

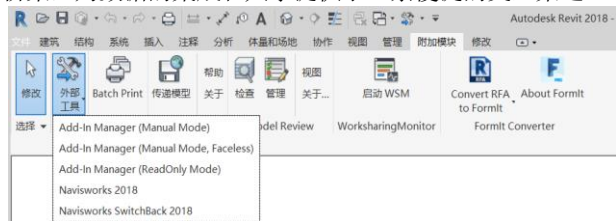


图 10 Revit 附加模块和 API

Revit 平台为有利于后续开发人员进行 Revit 功能开发,预留了附加模块,为实现在 Revit 软件的监测数据查询功能,需要在此附加模块中,利用应用程序编程接口,进行相关功能的开发。其中,应用程序编程接口是利用预先设定的函数,设置一个程序和其他软件进行数据交流的通道、协议和标准。API 提供了一个程序开发人员和软件之间沟通的“窗口”,编程人员可以将自己所编写的程序

通过 API “窗口”传输到软件中运行,而不用考虑软件自身的程序构成。Revit 附加模块界面如图 10 所示。

本文在高架车站信息集成模型建立的基础上,利用 Revit 自带的附加模块功能,通过 API 接口将数据查询插件导入 Revit,将传感器的监测数据集成到传感器模型中。运行插件,在 Revit 点击传感器模型,后台在 IFC 文件中查询并显示该传感器的监测数。通过对高架车站领域的 IFC 标准拓展,将 IFC 标准作为各种 BIM 软件数据交换的中间格式,实现了不同 BIM 软件的数据共享和应用,让不同的软件创建的 BIM 数据可以重复使用

3 基于 IFC 的预警系统设计

3.1 监测信息预警

在监测预警模块中,管理人员可以操作系统来扫描批量集成到 IFC 文件的高架车站施工的监测数据,并可以设置相应合理的警戒值并以单值参数的形式保存在 IFC 数据文件中,根据警戒值不同等级的设置,系统会检测出超过警戒值的数据,并弹出报警信息,同时以红、黄、橙三种颜色渲染相应传感器的形式在系统可视化窗口直观反映预警等级,直观地反映出报警的传感器,有利于管理人员直接找到超限数值的监测点,以便及时地更改施工方案保证施工的安全。IFC 标准的预报警模块结构,如图 11 所示。

系统采用自主开发的远程可视化结构施工监测,对地表沉降、边坡位移、墩柱沉降和侧斜等各种监测点所监测的数据根据相关规范及工程经验设置对应的报警限值,并且将报警等级划分为一级、二级、三级等三个级别,一级报警的预警值最大,为最危险的报警级别,对应颜色级别是红色;其次是二级预警值,也是需要紧急处理的报警级别,对应颜色级别是黄色;最后是三级预警值,是需要及时应对并处理的报警级别,对应颜色级别是橙色。当南昌市地铁号线裕丰街高架车站采集到的监测值大于预警值时,系统会进行分级报警,并且可以在系统上进行查询。

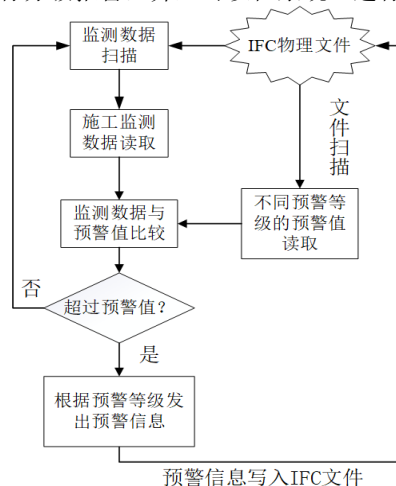


图 11 IFC 标准监测数据预警功能实现

对应不同的报警级别,施工人员和管理人员根据不同的报警级别进行相应并且适宜的处理。在处理完成之后,需要对系统进行相应的报警点的消警处理,避免系统在下次查询时发生重复报警。

3.2 BIM 可视化信息查询与监测信息预警

经过拓展后的 IFC4 文件包含监测信息和风险评价信息,基于 IFC 标准的各类 BIM 软件都可以进行数据的应用,实现多方进行数据的管理。

通过 API 接口运行输出为类库的 .dll 文件,可以实现在 Revit 平台上读写和查询 IFC4 文件。以 API 接口运行数据查询功能,可以对 IFC4 文件进行查询和输出。通过运行监测数据查询功能,点击模型的传感器,可以查询到该传感器的监测数据。

在 Revit 的附加模块运行物联网监测报警的类库,通过对 IFC4 文件的遍历和查询,可以实现报警信息的查询,得到测点编号、监测值以及预警等级。同时,点击功能模块中的变色,相应的报警点会根据一、二、三级别的报警等级进行相应的变色,监测点 DBC1-2 和 DBC1-3 的监测值大于预警值,发生了三级报警,相应传感器变成了红色,物联网自动监测预警界面。

4 结论

本文介绍的基于 IFC 的监测数据集成与预警系统已成功应用于某高架车站的施工和运营过程中。通过实时监

测和预警,系统有效地提高了工程管理的效率和安全性。该系统为高架车站的全面监测提供了有力支持,并为其他类似工程提供了可借鉴的经验。

【参考文献】

- [1]徐勇,王启航.基于 IFC 标准的建筑设施运维管理[J].技术与市场,2023,30(8):47-51.
 - [2]赵飞,朱明,徐益飞,等. IFC 标准扩展方法在公路工程中的应用探究[J]. 成都大学学报(自然科学版),2023,42(3):318-323.
 - [3]何高峰,罗先启,张辉,等. 基于 BIM 与 GIS 结合应用的地铁隧道安全预警预报技术[J]. 城市轨道交通研究,2019,22(7):161-164.
 - [4]徐鲲,霍亮,沈涛,等. 基于领域本体和 BIM 的水利安全监测专题知识模型构建方法研究[J]. 测绘与空间地理信息,2022,45(6):25-28.
 - [5]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(8):190-193.
 - [6]胡振中,田佩龙,李久林. 基于 IFC 的传感器信息存储与应用研究[J]. 图学学报,2018,39(3):522-529.
- 作者简介:郑晓冬(1980—),男,高级工程师,主要从事山区高速公路建设施工技术方面的研究。