

基于 IFC 标准的高架地铁车站三维建模及信息集成技术应用

陈志兰¹ 王心志²

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 116026

[摘要] 文中围绕基于 IFC 标准的高架地铁车站三维建模及信息集成技术展开研究。阐述了该技术的重要性, 其集成模型是信息交互载体和相关系统输入文件。介绍工程概况, 以裕丰街站为例说明, 重点研究了高架车站的 IFC 扩展, 包括基本框架、标准扩展 (实体和属性集扩展) 以及基于 IFC 的高架车站结构体系 (空间、物理和施工信息表达)。描述了高架车站信息集成模型构建过程, 涵盖构件族库建立、IFC 标准领域层实体定义以及集成模型拓展验证。通过验证表明拓展方式可行, 解决了 IFC 标准在高架车站领域的相关问题。最后得出结论, 提出一种 BIM 模型建立方法, 满足设计施工要求, 具有指导意义。

[关键词] IFC; 标准; 高架车站; 三维建模; 信息集成; BIM 技术

DOI: 10.33142/ec.v7i11.14241

中图分类号: TU745

文献标识码: A

Application of 3D Modeling and Information Integration Technology for Elevated Subway Stations Based on IFC Standards

CHEN Zhilan¹, WANG Xinzhi²

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

2. Dalian Maritime University, Dalian, Liaoning, 116026, China

Abstract: This article focuses on the research of three-dimensional modeling and information integration technology for elevated subway stations based on IFC standards. The importance of this technology was explained, and its integrated model consists of information exchange carriers and related system input files. Introduce the project overview, taking Yufeng Street Station as an example, focusing on the IFC extension of elevated stations, including basic framework, standard extension (entity and attribute set extension), and IFC based elevated station structural system (spatial, physical, and construction information expression). Described the construction process of the information integration model for elevated stations, including the establishment of component family libraries, definition of IFC standard domain level entities, and validation of integrated model expansion. The verification shows that the expansion method is feasible and solves the relevant problems of IFC standards in the field of elevated stations. Finally, a conclusion is drawn that a BIM model establishment method is proposed, which meets the requirements of design and construction and has guiding significance.

Keywords: IFC; standard; elevated railway station; 3D modeling; information integration; BIM technology

引言

基于 IFC 标准的高架车站信息集成模型是 BIM 软件间高架车站工程信息与施工数据交互的载体, 也是相关信息管理与风险评价系统的输入文件, 是高架车站施工反馈过程的基础。BIM 技术在项目中通过模型作为信息的载体, BIM 模型的信息是实时动态的, 建设过程中在模型中可不断地更新、提取、丰富模型信息^[1]。

在将 BIM 技术引入高架车站领域以实现信息标准化时, 首先要研究现有 IFC 标准对建筑构件与设备的描述机制, 明确其在高架车站信息表达上的不足并进行拓展, 为高架车站结构建立专门描述分类。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^[2]。接着借助 Revit 创建模型并导出 IFC 物理文件,

形成快速创建方法。BIM 技术在项目中通过模型作为信息的载体, BIM 模型的信息是实时动态的, 建设过程中在模型中可不断地更新、提取、丰富模型信息^[3]。

本章以高架车站结构为对象, 依据房屋建筑领域的 IFC 标准及其扩充机制, 通过实体拓展定义和表达高架车站结构实体, 再以属性集拓展自定义属性集合, 扩展 IFC 标准在该领域的信息和数据描述, 建立信息模型基础体系。最后利用 Revit 创建高架车站参数化模型并导出 IFC4 版本中性文件, 经构件和自定义属性集映射得到集成模型。

1 工程概况

裕丰街站位于望城区杨岐山大道与创新路交叉路口北侧, 沿杨岐山大道路中间绿化带布置, 车站周边环境相对简单, 车站的东北侧为新力钰珑湾小区, 车站的西北侧

为雷克萨斯 4S 店。裕丰街站为高架三层鱼腹岛式车站，裕丰街车站起点里程为 SZK1+456.977，站台的中心里程为 SZK1+515.983，车站终点里程为 SZK1+574.998，长度为 118m，裕丰街车站的轨面线距离地面高 13.7m，车站两端区间为高架区间。

2 高架车站的 IFC 扩展

2.1 基本框架

对目前的 IFC 标准中关于对象描述进行分析，可以得到以下结论：IFC 标准中用于表达实体的空间信息的实体 IfcSpatialStructureElement 和表达实体的物理信息的实体 IfcElement，它们以及他们自身发展的子类虽然很详细，仅适用于房屋建筑领域。因此，为实现 IFC 标准在高架领域的拓展，必须对高架车站结构建立专门的表达分类。

本节的主要内容是：（1）利用 BIM 体系软件 Revit 进行高架车站三维模型的建立，并且利用 Revit 附属功能进行 IFC 中性文件的导出；（2）高架车站领域如桩基础、承台和墩柱等的高架车站实体构件基于 IFC 标准进行实体拓展；（3）通过对 IFC 标准 PROPERTY 和 PROPERTYSET 的拓展，实现高架车站施工信息的表达。其中，两个关键问题及其技术如下：

①在现有 IFC 实体的基础上，根据 IFC 标准的扩展机制，以实体拓展的方式建立高架车站结构构件的实体表达，通过对 IFC 标准 PROPERTY 和 PROPERTYSET 的拓展，实现高架车站施工信息的表达，形成高架车站结构信息管理的基礎体系，建立高架车站工程信息在全寿命阶段共享的数据标准。

②完成新增的高架车站构件实体在 EXPRESS 文件中的定义，采用面向对象的参数化建模方法，利用 REVIT 建模软件在高架车站结构构件族创建过程中通过自定义参数的方式赋予高架车站构件族的施工信息专业属性，构建参数化的高架车站结构构件模型库和整体模型，最终形成基于 BIM 的高架车站参数化信息模型建模流程和方法。

高架车站信息模型建模框架如图 1 所示：

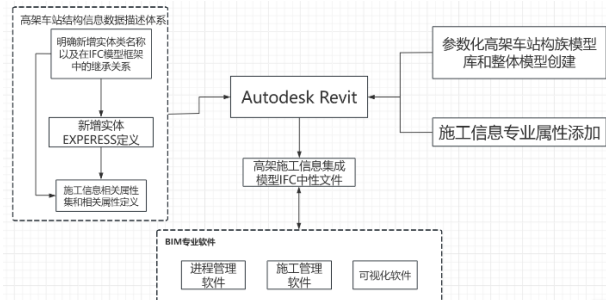


图 1 高架车站信息模型建模框架

2.2 高架车站的 IFC 标准扩展

2.2.1 IFC 标准实体扩展

在 IFC 标准中，基础的资源层的定义和信息都十分完备，核心层以及共享层也能够比较完善地描述对象以及它

们之间的关系，因此它们三者都不必进行拓展。但 IFC 标准在领域层的实体及属性描述均不足以完整地表达高架车站领域，所以必须进行 IFC 标准在领域层的扩展。具体方式有三种，如表 1 所示：

表 1 领域层实体扩展方式

扩展类型	适用情况	实现方式	难易程度
对象类型扩展	已有的 IFC4 中的实体中存在能够表达该构件的实体，且存在预定义类型属性	根据构件的几何物理属性，找到能够表达该构件的实体，在该实体的预定义类型中添加该构件	容易
对象属性扩展	已有的 IFC4 中的实体中存在能够表达该构件的实体，但该实体不存在预定义类型属性	在相应实体属性中加入预定义属性，并在该实体的预定义类型中加入该构件	中等
对象类扩展	已有的 IFC4 中性物理文件中不存在能够表达该构件的几何物理属性的实体	扩展新的 IFC 实体用于专门描述该构件类型	困难

2.2.2 IFC 标准属性集扩展

在通用的 IFC 标准中，为了保证 IFC 实体具有通用性和普及性，IFC 实体本身会定义一些属性如类型属性和约束属性等，这些属性一般为静态属性，但这些属性相对很单一并且不足以完成对于高架车站信息的具体描述。利用 BIM 的一款设计软件 Revit，可以在族构件创建过程中，通过添加族的实例参数的方法实现对所需的实体构件属性的表达。

对高架车站施工信息所需的属性集和属性进行扩展，使其能够描述高架车站施工信息。属性集扩展方法可根据递进方式分为两种，一种是属性集的名称——适用实体类型值定义，另一种是属性集对应属性具体定义：属性名称-属性类型以及数据类型等。例如桩基础实体（IfcPileFoundation）的 Pset_PileFoundation 属性集的定义如表 2 所示，并且表 2 中适用的类型值一项，针对具有预定义属性（PredefinedType）的实体而设置，对应于预定义属性的枚举值。例如桩基础实体，自定义属性 Pset_PileFoundation 的属性类型分为 REINFORCEDCONCRETE PILEFOUNDATION 或 STEELPILEFOUNDATION。

表 2 Pset_PileFoundation 属性集定义

自定义属性集名称	适用的实体	适用的类型值
Pset_PileFoundation	IfcPileFoundation	REINFORCEDCONCRETE PILEFOUNDATION ION STEELPILEFOUNDATION

2.3.1 基于 IFC 标准的高架车站结构体系

现阶段，IFC 标准对房屋建筑领域的空间结构的表达是将房屋建筑模型根据不同类型的布置分解为各个易于操作的子集合，具体实现方式是通过将 IfcSpatialStructureElement（空间结构的超类）派生为各种子类如 IfcBuilding（建筑）、IfcBuildingStorey（楼

层)、IfcSite (场地) 和 IfcSpace (空间)。

借鉴上述的 IFC 标准对房屋建设领域的空间结构表达方法, 本文在现有 IfcSpatialStructureElement 所派生的各种子类基础上, 添加用于表示高架车站整体空间结构的实体 IfcStation 和表示高架车站部分空间结构的实体 IfcStationPart, 从而实现对高架车站空间结构表达及描述。高架车站空间结构的 EXPRESS-G 视图如图 2 所示, 其中 ABS 代表实体的意思。

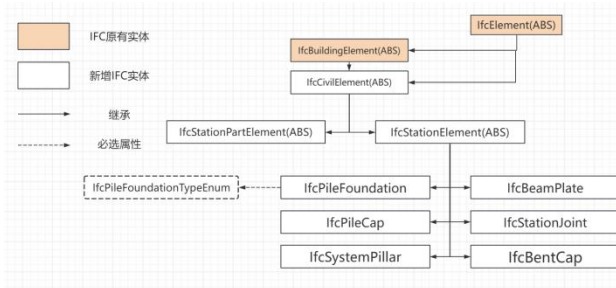


图 2 高架车站空间结构 EXPRESS-G 视图

2.3.2 基于 IFC 的高架车站物理结构表达

参考房屋建筑领域和隧道领域的 IFC 标准实体的表达和拓展方法: 首先添加 IfcCivilElement (土木工程领域结构抽象超类), 并将该领域结构抽象超类与 IfcBuildingElement (建筑领域结构元素抽象超类) 放置于 IFC 体系框架的相同位置层次, 从而高架车站的物理结构表达同样继承于 IfcElement (物理结构元素抽象超类)。然后在 IfcCivilElement 下添加子类 IfcStationElement (高架车站领域结构抽象超类), 从而派生 IfcPileFoundation (桩基础), IfcPileCap (桩承台), IfcSystemPillar (柱), IfcBentCap (盖梁), IfcBeamPlate (梁板), IfcStationJoint (连接件) 等构成车站结构主要组件的物理元素进行车站结构元素的描述, 高架车站 BIM 典型的模型结构可参考图 3。

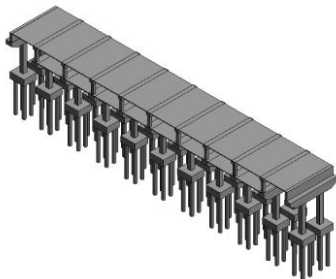


图 3 高架车站 BIM 典型的模型结构

3 高架车站信息集成模型构建

3.1 高架车站构件族库的建立

3.1.1 族文件与类型代码命名

(1) 构件族命名规则。由于高架车站结构的复杂性, 涉及构件类型多种多样, 利用 Revit 创建高架车站 BIM 模型高架车站过程涉及许多构件族文件的载入。为了确保

BIM 模型构件的唯一性和高效管理, 需要对高架车站 BIM 模型构件进行命名, 命名规则需要确保高架车站模型构件的可认知特性, 并且符合高架车站设计原则。基于以上原则, 高架车站 BIM 模型构件族文件命名规则所需要的信息确定为构件类别: 确定构件的类别, 如桩基础、承台等; 构件类型: 将构件进行分类, 如墩柱分为高墩柱、低墩柱等; 信息备注: 用以补充必要的信息, 三者用连字符“-”进行连接。命名规则如图 4 所示。

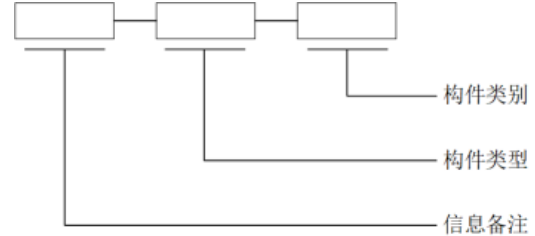


图 4 高架车站 BIM 模型构件族文件命名规则

(2) 构件族类型代码规则。族构件类型的命名代码的信息内容包含工程名称、构件类型和里程。其中, 选用单位工程名称首字母、构件类型首字母、与里程, 并且三者之间均使用常用的连字符“-”连接, 族构件代码的命名规则具体如下: 工程名称首字母-构件类型首字母-里程。

3.1.2 族的属性

Autodesk Revit 提供了新建族样板的功能, 通过选择 Revit 软件提供的族样板进行构件族的创建。并且根据高架车站施工的需要, 在族模型中加入各种类型属性以及参数。构件族的属性表达了该族的静态特征。描述一个构件族的属性有很多种, 以盖梁为例, 其基本属性包含族文件名、类型名称、尺寸、材质、结构和约束等等。并且, 这些属性的属性值可以分为各种类型, 如数字、文字 URL (Uniform Resource Locator, 统一资源定位器)、其他等等, 原始的 Revit 族的属性界面如图 5 所示。



图 5 族的属性

3.1.3 高架车站（参数化）模型的构建

高架车站模型呈线状分布,针对高架车站不同的位置、不同的用途和不同的施工方式需要创建相应的高架车站族构件。由于高架车站的结构复杂,在 BIM 模型建立的过程中涉及大量构件族模型的创建和构件族模型载入项目文件,为了确保 Revit 软件创建 BIM 模型的高效率以及精确性,便于管理人员进行模型的查询和管理,需对构件族模型文件进行分类管理并创建相应的高架车站构件族模型库。高架车站模型构件族库的主要作用是存贮高架车站构件族模型,也包含其他附属内容如土层和岩层等等,具体内容如图 6 所示。

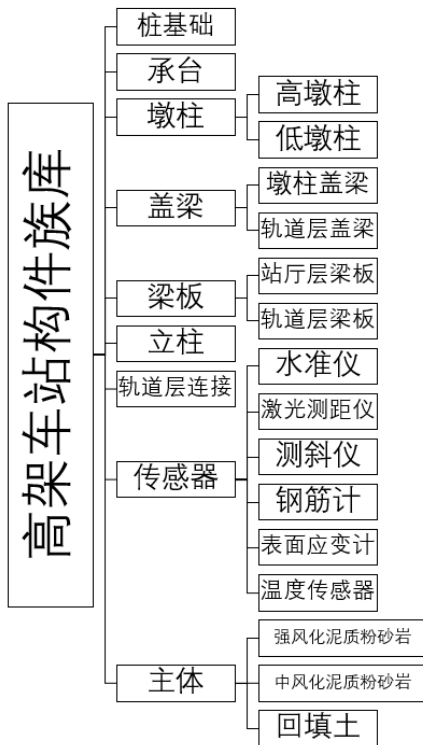


图 6 高架车站构件族库组成

3.2 IFC 标准领域层高架车站实体定义

为实现基于 IFC 标准的高架车站实体拓展,首先明确新增实体类的名称以及其在 IFC 模型框架中的继承关系,利用 EXPRESS 语言完成高架车站新增实体及其对应 TypeEnum (类型枚举)的定义,之后在官方提供的标准 EXPRESS 文件基础上将自定义 Entity (高架车站实体)以及 Type (类型)加入到它的父级对象 IfcStation (高架车站整体)下,同时需要加入其自身的属性[如: TypeEnum (类型枚举)、Where (约束)等属性]。

参考赵国龙将 IFC 标准拓展至隧道领域的研究成果,为实现 IFC 标准能被其他外部系统所识别,需要将高架车站领域实体拓展至 IFC 标准中性物理文件,高架车站空间结构实体类型枚举定义如表 3 所示。

表 3 高架车站空间结构实体类型枚举定义

空间结构	IFC 实体	类型枚举定义
高架车站整体	IfcStation	TYPE IfcStationTypeEnum = ENUMERATION OF (PILEFOUNDATION, PILECAP, SYSTEMPILLAR, BENTCAP, BEAMPLATE, STATIONJOINT, USER_DEFINED, NOT DEFINED);END_TYPE;
		TYPE IfcStationFunctionTypeEnum = ENUMERATION OF (RAILWAY STATION, HIGHWAY STATION, HYDRAULIC STATION, MUNICIPAL STATION, MINE STATION, SERVICE GALLERY, USER DEFINED, NOT_DEFINED);END_TYPE;
高架车站整体	IfcStationPart	TYPE IfcStationPartTypeEnum = ENUMERATION OF (PORTAL, OPEN-CUT STATION, UNDER-CUT STATION, STATION CHAMBER, SHED STATION, USER DEFINED, NOT_DEFINED);END_TYPE;

完成高架车站族构件的拼装后,需要将 Revit 输出为 IFC4 文件。目前 Revit 软件可以进行 IFC4 版本文件的输出,借助 Revit 软件自带的 Modify Setup 功能可以设置 IFC 导出过程的各项参数可以得到高级车站信息集成原始 IFC4 文件。Modify Setup 导出属性集及属性集和文件设置的界面如图 7 所示。

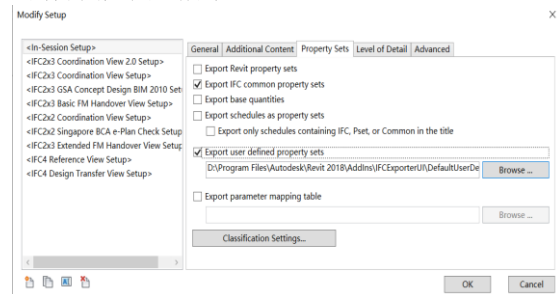


图 7 Modify Setup 导出属性集及属性集和文件设置

3.3 集成模型拓展验证

通过扩展得到的 IFC 的模型文件是否为有效的 IFC 文件,需要通过校验来判断。校验主要包括 4 个方面的内容:①检验 IFC 文件的几何模型是否正确表达;②检验文件中扩展的 IFC 实体是否存在;③检验扩展的实体属性是否存在;④检验属性值是否符合要求。

实例验证:为验证本文高架车站领域构件实体以及反馈分析信息属性及拓展方式的可行性以及所创建基于 IFC 标准的高架车站动态设计信息集成模型的有效性,本文将上述描述新增实体和包含高架车站反馈分析专业属性的高架车站模型 IFC4 版本文件读入到自主开发的 IFC 数据三维图形交互平台中,该集成模型在三维图形交互平台中的显示如图 8 所示。

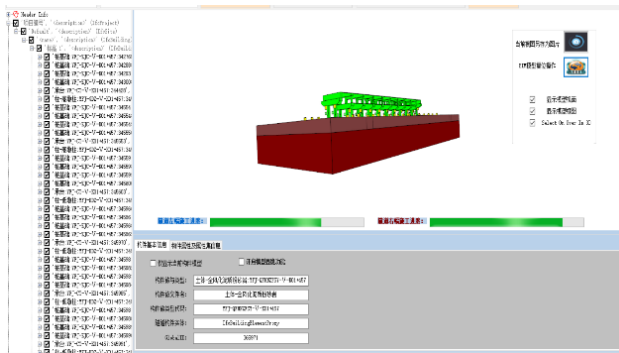


图8 高架车站集成模型在三维图形交互平台中的显示

通过高架车站模型的 IFC4 文件导入,在系统的三维图形交互平台中,高架车站模型的几何信息和文件信息能够完整地表达,新增的高架车站领域构件实体在系统中可以准确地解析出来,并且展示在界面上,在系统的信息栏中可以查看高架车站模型实体构件的信息,经过 IFC 拓展的高架车站实体对应的施工信息属性和风险评价信息以它们对应的属性值均能够正确显示。

4 结论

(1) 研究表明,以工业基础类 IFC 标准为基础进行 BIM 信息集成,可实现建筑设施运维管理系统,为高架车站结构建立专门描述分类是可行且必要的。

(2) 通过以上的基于 IFC 标准的拓展,得到高架车站施工信息集成模型,解决了目前 IFC 标准缺少对高架车站领域实体的定义和缺少对高架车站领域施工信息的描述两个问题。

(3) 通过实例验证,证明了扩展得到的 IFC 模型文件符合校验要求,包括几何模型正确表达、扩展实体及属性存在且属性值符合要求,从而证实了本文所采用的拓展方式的可行性。

(4) 基于 IFC 标准的高架地铁车站三维建模及信息集成技术应用研究成果,为后续类似工程提供了技术参考和实践经验,有助于推动 BIM 技术在高架车站领域的更广泛应用。

[参考文献]

- [1]李坤.BIM 技术在地铁车站结构设计中的应用研究[J].铁道工程学报,2015,32(2):103-108.
- [2]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):47-49.
- [3]王绪洋.基于 BIM 的地铁车站施工平台管理研究[J].科技创新与应用,2024,14(22):106-109.

作者简介:陈志兰(1984.5—),女,汉族,江西南昌,大本,研究方向:市政工程。