

基于 BIM 的参数化隧道标准建模方法

高建新¹, 姜谔男^{1*}, 郑帅¹, 张勇², 申发义²

(1. 大连海事大学 交通运输工程学院道桥所, 辽宁 大连 116026; 2. 吉林省高速公路集团有限公司)

摘要:为了实现隧道领域 BIM 有效应用,同时考虑兼顾其建模效率与信息无损交互功能,进行了基于 BIM 的参数化隧道标准建模方法的研究。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,实现参数化建模。采用所创建的 BIM 隧道模型,针对 IFC 标准中隧道构件定义不足的现状,进行 IFC 标准在隧道领域的拓展,实现隧道 BIM 模型的信息交互。结合甄峰岭隧道工程,对所述方法进行了应用验证,所得结论可为 BIM 技术在隧道领域的应用提供理论基础和科研思路。

关键词:BIM 技术; 隧道工程; 参数化建模; 二次开发; IFC 标准

BIM 技术是一种作用于项目全生命周期的基础信息技术,模型包含信息的丰富程度决定模型的利用价值。目前 BIM 技术在建筑领域的应用获得了一定的效益,然而 BIM 技术在隧道工程领域应用较少,研究 BIM 技术在隧道工程领域的应用是近年来的发展趋势,对此也取得了一定的成果。庞思雨利用 MicroStation CONNECT Edition 软件进行隧道三维设计方法的流程及建模过程中的参数设置和参数化单元控制;韩学冲进行了基于 BIM 技术的公路隧道衬砌设计程序的研究;周雅莉进行了基于 IFC 标准的隧道工程信息传递研究;李明博介绍了 BIM 技术在运营隧道病害检测结果三维可视化的应用。以上研究中均没有提出一种适用于隧道领域的 BIM 参数化标准建模方式,用以提高建模效率以及充分实现信息交互,实现隧道工程全生命周期信息数据共享与交换的完整性和有效性。

Revit API 提供了一系列命名空间和类库,利用 Revit API 实现以程序开发的方式对 Revit 软件功能的扩充,实现功能上的缩放,以便满足更多功能细节上的要求,进而使开发者可以更加便捷地对 BIM 模型的几何图元、属性参数进行访问,可以利用程序来进行创建、删除、修改模型元素。通过自定义的程序二次开发可以实现 Revit 软件中既有的大多数功能,同时可以实现手动建模时不易完成的、重复性的工作,可以提升

Revit 软件的利用效率及实现部分建模功能的程序化。

IFC(Industry Foundation Class)是用于定义建筑信息可扩展的统一数据格式,以便在软件应用程序之间进行交互。BIM 系列软件都采用 IFC 数据格式作为数据交换标准,通过基于 IFC 标准的 BIM 模型进行协同工作是未来建筑工程领域发展的趋势。

IFC 标准中对数据的描述,是采用一种面向对象的、规范化的数据描述语言 EXPRESS 语言,通过一系列的类型说明(Type)、实体说明(Entity)、规则说明(Rule)、函数说明(Function)与过程说明(Procedure)来进行描述。目前 IFC 标准已推出最新版本 IFC4,但 IFC 标准主要面对建筑领域实体,缺少对隧道领域实体的定义和针对性描述。该文采用 IFC 标准对隧道构件进行建模,提出基于 BIM 的参数化隧道标准建模方法,并结合甄峰岭隧道工程对建模方法进行验证。

1 基于 BIM 的参数化隧道标准建模方法介绍

为提高 Revit 在创建隧道模型的建模效率,高效完成手动建模时不易完成的、重复性的工作,以及实现基于 IFC 标准的 BIM 隧道模型构件在不同 BIM 软件间实现交互,提出基于 BIM 的参数化隧道标准建模方法。在 Revit 原有功能基础上,通过二次开发设计一

收稿日期:2020-06-30

基金项目:国家自然科学基金资助项目(编号:51678101);中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(编号:3132014326)

作者简介:高建新,男,硕士研究生。E-mail:gaojxnefuchn@sina.com

* 通信作者:姜谔男,男,博士,教授。E-mail:jiangannan@163.com

套能通过窗口直观输入参数,实现智能创建隧道构件模型的程序,在输入指定参数后自动生成模型,实现参数化建模。并对隧道构件的 IFC 标准进行拓展,改善 IFC 标准中隧道构件定义不足的现状,实现 BIM 隧道构件的信息交互。基于 BIM 的参数化隧道标准建模方法流程如图 1 所示。

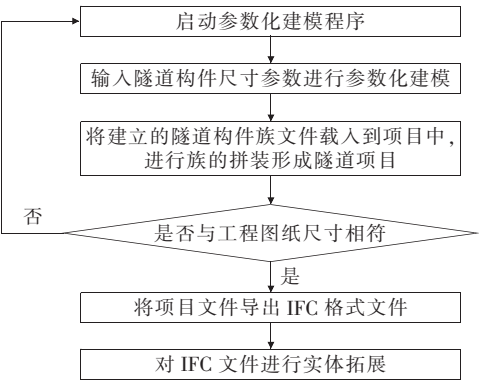


图 1 基于 BIM 的参数化隧道标准建模方法流程

2 基于 BIM 的隧道参数化模型建立

2.1 Revit 二次开发介绍

通过 Revit 二次开发技术,可以拓展 Revit 软件功能,发挥其可拓展性。Revit 二次开发以 Revit2018 为平台,编程环境采用 Visual studio2013,编写语言采用与 .Net Framework 兼容的 C# 语言。通过 Revit API 实现对模型的访问与创建时,需要引用 Revit API. dll 和 Revit APIUI. dll 动态链接库。Revit API. dll 包括了一系列控制 Revit 的应用、文档、对象和参数的功能方法,Revit APIUI. dll 包括了 Revit 操作和用户界面功能的自定义 API 接口。几何模型创建过程主要运用到的是 Revit API. dll 的 IExternalDB Application 接口、访问 DB 级别的 Element 等,Revit 操作用户界面主要采用 Revit APIUI. dll 中的 IExternal Application 相关接口。

2.2 界面开发

在界面开发时,主要通过外部应用重载 OnStartup() 和 OnShutdown() 两个方法,完成对工具栏 Ribbon Tab 和下拉按钮 PushButtonData 的创建。菜单栏中创建了名为“参数化建模”的 Ribbon Tab,以及不同构件参数化建模程序对应的 PushButton。每个命令打开后,即会跳出与命令对应的交互窗口,按照提示完成对应参数的输入,即可创建隧道构件的参数化

建模。创建了“IFC 文件处理”的 Ribbon Tab,点击即可运行相应程序。完成在 Revit 用户界面上进行的界面开发,如图 2 所示。

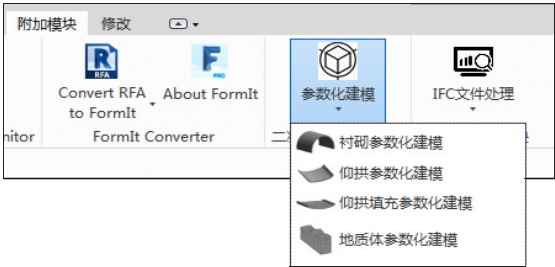


图 2 Revit 用户界面上进行的界面开发

2.3 参数化族的创建

虽然构件可载入族可以实现在不同项目中的相互调用,但是由于不同隧道工程项目的差异性导致族构件不能直接被引用,需要进行一定尺寸上的修改,构件尺寸修改存在一处变更,处处变更的问题,且相关构件均需要进行改动。这样工作量巨大,且多为重复性工作,造成修改模型时效率低下,并没有发挥 BIM 建模优势,故需要采用程序化的方式实现高效的建模,充分发挥 BIM 的优势。

采用参数化建模可以实现输入模型相关的关键尺寸参数,实现参数对三维模型的驱动,这样通过输入或更改参数数值,即可按照尺寸自动生成相应的三维模型,无需手动更改模型。Revit 二次开发可以实现高效的参数化建模方式。

参数化族创建主要包括隧道构件如衬砌、仰拱、仰拱填充、系统锚杆等族的创建。通过 Revit 二次开发的方式编写一套不同构件的参数化输入窗口,以公制常规模型族样板为创建样板。通过外部命令方式进行二次开发的流程图如图 3 所示。参数化创建模型的部分关键代码如下:

```
UIDocument uidoc = app.ActiveUIDocument;
Document doc = uidoc.Document;

Transaction trans = new Transaction ( doc,
"LS");

trans.Start();
...

Arc arc1 = Arc.Create(Plane.CreateByNormalAndOrigin(XYZ.BasisX, XYZ.Zero), r1, -a, a + Math.PI);

Curve c2 = Line.CreateBound(new XYZ(0, -y1, -z1), new XYZ(0, -y2, -z2));
```

```
Arc arc2 = Arc.Create(Plane.CreateByNormalAndOrigin(-XYZ.BasisX, XYZ.Zero), r2, -a, a + Math.PI);  
Curve c1 = Line.CreateBound(new XYZ(0, y2, -z2), new XYZ(0, y1, -z1));  
CurveArray curveArray = new CurveArray();  
CurveArray curveArr = new CurveArray();  
();  
curveArray.Append(arc1);  
curveArray.Append(c2);  
curveArray.Append(arc2);  
curveArray.Append(c1);  
curveArr.Append(curveArray);  
doc.FamilyCreate.NewExtrusion(true, curveArr, SketchPlane.Create(doc, Plane.CreateByNormalAndOrigin(XYZ.BasisX, XYZ.Zero)), l);  
trans.Commit();
```

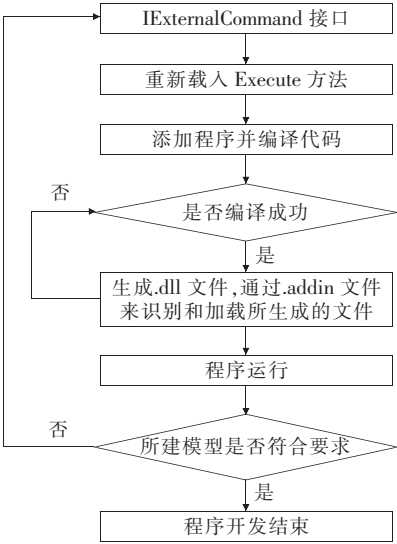


图 3 外部命令方式进行二次开发的流程图

在 Revit 控制面板上二次开发的下拉菜单栏中选择相应隧道构件的建模功能程序,在弹出的参数输入窗口中指定位置参考实际工程图纸中的构件尺寸输入相关尺寸参数,如半径、角度、厚度、长度等参数信息,输入完成后在族样板中即可自动生成相应的三维模型构件,无需手动绘制或更改模型,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。衬砌、仰拱、仰拱填充建模窗口与效果分别如图 4~9 所示。

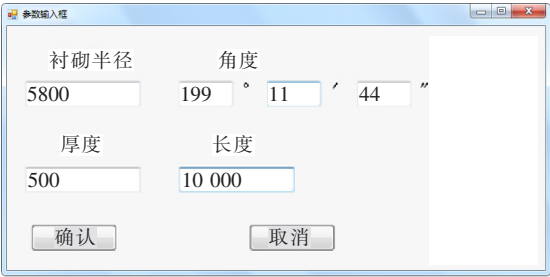


图 4 衬砌建模输入框

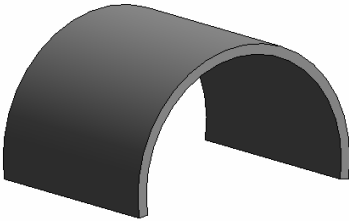


图 5 衬砌族模型

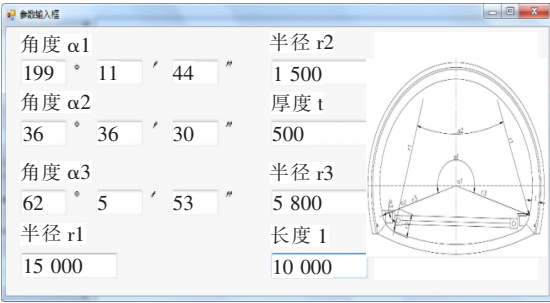


图 6 仰拱建模输入框

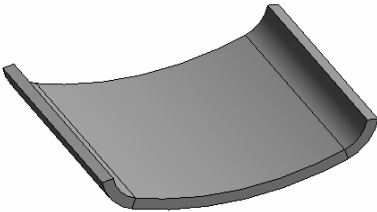


图 7 仰拱族模型

3 IFC 标准隧道实体扩充

目前 IFC 标准中缺乏隧道领域的相关定义描述,为实现基于 BIM 的参数化隧道标准建模方法的形成,弥补 BIM 技术在隧道工程领域建筑信息模型应用中存在的缺陷,故定义和创建隧道领域的 IFC 实体来进行描述。这样可以避免构建的 BIM 隧道模型存在冗余或超出范围的类,造成指代信息不明,难以加以识别,对信息交互造成困难的模型结论。

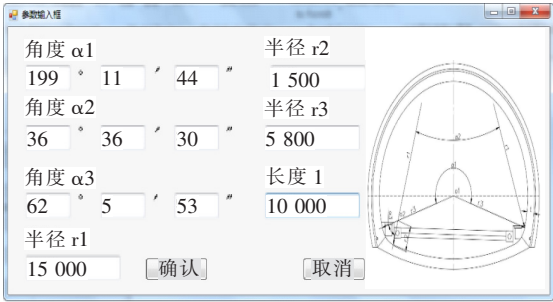


图 8 仰拱填充建模输入框

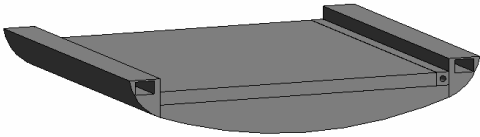


图 9 仰拱填充族模型

3.1 基于 IFC 的隧道空间结构表达

IFC 标准中 IfcSpatialStructureElement 是描述建筑领域空间结构的超类,它派生为 IfcBuilding(建筑)、IfcBuildingStorey(楼层)、IfcSite(场地)和 IfcSpace(空间)等空间描述子类。但 IFC 标准中不包含隧道领域的相关描述类,通过借鉴现有 IFC 标准对建筑领域空间结构类的描述方式,在现有 IFC 标准中空间结构的超类所派生的空间描述子类基础上,增添表示隧道整体空间的实体 IfcTunnel 和表示隧道分部空间的实体 IfcTunnelPart,用来专门描述隧道空间结构。

IfcTunnel 类对应一座隧道整体,包含整个隧道的位置、空间几何信息等属性,隧道的形式类型,功能类型的基本特征。隧道的形式类型特征、功能类型特征通过 IfcTunnelType 和 IfcTunnelFunctionType 来进行表达,IfcTunnelType 的类型为 IfcTunnelTypeEnum,其定义为 TYPE IfcTunnelTypeEnum = ENUMERATION OF (CI-RCULARTUNNEL, CURVEDWALLANDARCHCROW-NTUNNEL, STRAIGHTWALLANDARCHCROWNTUNNEL, THESHEDTUNNEL, T-HEOPENCUTTUNNEL, USERDEFINED, NOT-DEFINE-D);END_TYPE。

IfcTunnelPart 类对应隧道组成空间,在空间上由若干个隧道组成空间隧道整体,描述了隧道的各个组成空间的位置、空间几何信息等属性,功能类型的基本特征则通过 IfcTunnelPartType 来表达,IfcTunnelPartType 的类型为 IfcTunnelPartTypeEnum,其定义

为 TYPE IfcTunnelPartTypeEnum = ENUMERATION OF (PORT-AL, OPEN-CUTTUNNEL, UNDER-CUTTUNNEL, TUNNELCHAMBER, SHEDTUNNEL, USERDEFINED, NOT-DEFINED);END_TYPE。

3.2 基于 IFC 的隧道物理元素表达

现有 IFC 标准中 IfcElement 是描述物理结构元素的超类,它派生的 IfcBuildingElement 是用来描述建筑领域结构元素抽象超类。由于隧道工程领域的隧道结构实体类同样包含通用元素、外形表达等信息,通过借鉴现有 IFC 标准对结构元素抽象超类的描述方式,添加隧道领域结构抽象超类 IfcCivilElement,其仍然继承于 IfcElement,与 IFC 标准中现有的 IfcBuildingElement 并列位于 IFC 框架机制中相同层次。IfcCivilElement 是所有隧道结构元素的抽象超类,主要包含围岩 (IfcTunnelSurroundingRock)、锚杆 (IfcSystemAnchorBolt)、钢拱架 (IfcSystem-SteelFrame)、初衬 (IfcInitialSupportShotcrete)、二衬 (IfcTunnel-LiningStructure)、超前支护 (IfcTunnelAdvanceSupport)、仰拱充填 (IfcTunnelInvertFilling) 等隧道结构物理元素。其他隧道结构物理元素(如二衬钢筋、排水沟等)并不是表征隧道结构特征所特有的构件,用已有的 IFC 实体中的建筑领域 IfcBuildingElement 派生的子类表达即可。图 10 为 IFC 标准各部分关系的 EXPRESS-G 视图。表 1 为隧道主要组成构件类型枚举定义。

3.3 IFC 标准领域层隧道实体定义

在未对 IFC 标准进行相关拓展时,隧道领域构件的超类均由 IFCBUILDINGELEMENTPROXY 来表示,这就造成了 IFC 中不同隧道实体内容上的混乱,不能满足不同实体对应不同名称的类,在读取 IFC 文件时产生无法区分构件实体的困扰,即造成了信息交互的困难与障碍。而进行 IFC 标准拓展后,对相应隧道构件实体的超类 IFCBUILDINGELEMENTPROXY 替换成拓展的相应隧道实体的类,由于 IFC 标准中已经存在新增添的相关定义,所以在替换后可以实现类似于现有建筑领域 IFC 文件中不同类别的构件对应不同的类的水准。实现批量替换这个过程借助于 Revit 面板功能扩充的“IFC 文件处理”模块,利用程序对 IFC 中性文件进行检索,通过识别相关实例编号与描述语句,实现对 IFCBUILDINGELEMENTPROXY 超类的高效精准替换。

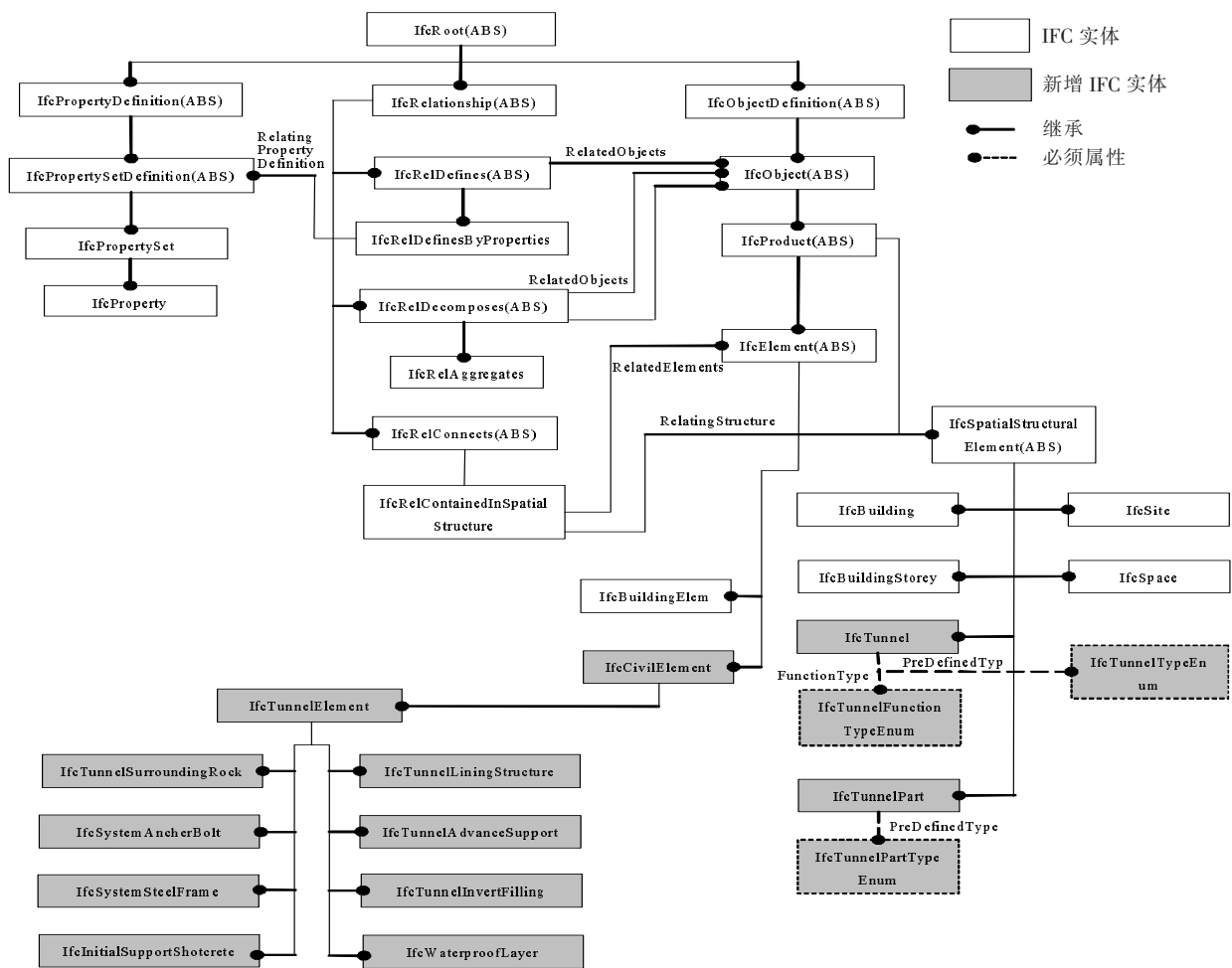


图 10 IFC 标准各部分关系的 EXPRESS-G 视图

表 1 隧道主要组成构件类型枚举定义

构件元素	IFC 实体	类型枚举定义
超前支护	IfcTunnelAdvanceSupport	TYPE IfcTunnelAdvanceSupportTypeEnum = ENUMERATION OF (ADVANCEPIPER-OOFSUPPORT, ADVANCEFOREPOLING, GROUTING, USERDEFINED, NOTDEFINED);END_TYPE
系统锚杆	IfcSystemAnchorBolt	TYPE IfcSystemAnchorBoltTypeEnum = ENUMERATION OF (HOLLOWANCHOR-BOLT,MORTARANCHORBOLT,USERDEFINED,NOTDEFINED);END_TYPE
隧道衬砌	IfcTunnelLining	TYPE IfcTunnelLiningTypeEnum = ENUMERATION OF (ARCHWALLLINING,IN-VERTLINING,SEGMENT,BASESLAB,USERDEFINED,NOTDEFINED);END_TYPE

4 案例应用

甄峰岭 2 号隧道入口位于吉林省和龙市北部西城镇境内,出口位于安图县松江镇境内,属长白山系北侧,隧道分左右两幅。选取隧道右洞桩号为 K95+125~K95+175 区段进行基于 BIM 的参数化隧道标准建

模方法的工程应用。

参照甄峰岭 2 号隧道的设计图纸,首先利用参数化建模程序进行参数化族的创建,按照图纸上的参数尺寸将其输入到参数化建模窗口中,即以自动化的形式高效率创建了衬砌、仰拱、仰拱填充、锚杆等隧道结构构件族。将族载入到项目模板中,拼装形成甄峰岭工程项目 K95+125~K95+175 区段的 BIM 模型。

如图 11 所示。

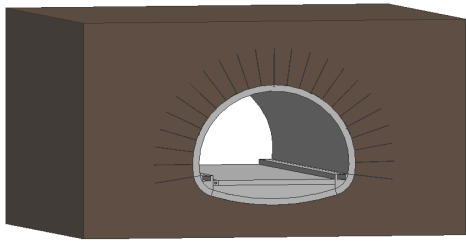


图 11 甄峰岭 2 号隧道 K95+125~K95+175 区段 BIM 模型

随后将 BIM 模型导出至 IFC 格式,将相应隧道构件实体的超类 IFCBUILDINGELEMENTPROXY 替换成拓展的相应隧道实体的类,替换过程利用 Revit 面板功能扩充的“IFC 文件处理”模块进行,实现批量高效精准替换。至此完成了基于 BIM 的参数化隧道标准建模方法的全流程。

利用 RDF 公司的免费 IFC 数据解析工具 IFC Engine DLL 以及三维图形引擎 Direct3D 对 IFC 文件进行读取验证,其中 IFC Engine DLL 进行 IFC 数据的几何与非几何信息的解析,引擎 Direct3D 用于对解析结果进行渲染显示模型,从而对 IFC 数据进行可视化交互操作。解析结果如图 12 所示,即可以实现 BIM 模型几何显示以及实体属性的识别,实现了 BIM 模型的信息交互,可以在不同 BIM 系统中进行共享与交流。

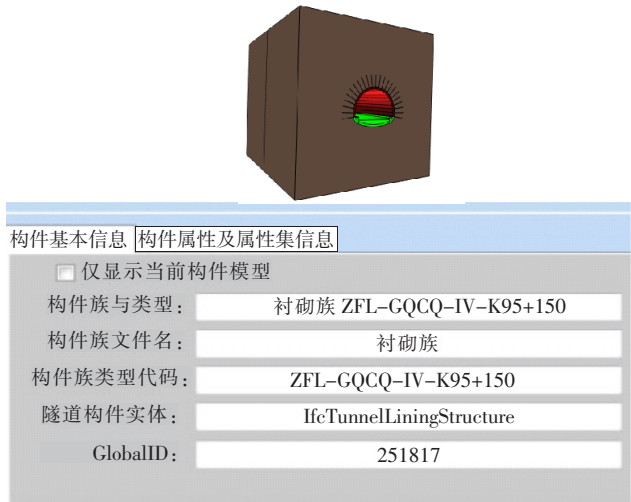


图 12 IFC 数据的可视化交互解析

5 结论

BIM 技术在隧道领域应用过程中,为提高建模效

率以及充分实现信息交互,提出了基于 BIM 的参数化隧道标准建模方法。得到以下结论:

- (1) 通过 Revit 二次开发进行对 Revit 固有功能的拓展,设计一套能通过窗口直观输入参数,实现智能创建隧道构件模型的程序,在输入指定参数后自动生成模型,实现参数化建模,提高 Revit 在创建隧道模型的建模效率,以及高效完成手动建模时不易完成的、重复性的工作。
- (2) 通过对隧道构件的 IFC 标准的拓展来实现 BIM 隧道构件的交互,改善 IFC 标准中隧道构件定义不足的现状,实现类似于现有建筑领域 IFC 文件中不同类别的构件对应不同的类的水准。
- (3) 开发了直观的操作界面,使操作更直观便捷,提升了基于 BIM 的参数化隧道标准建模方法实际应用性。

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(2).

[2] 邵艳,丁聰. 公路工程建设阶段 BIM 技术实施探索[J]. 中外公路, 2018(6).

[3] 庞思雨,张弛. 一种基于 BIM 技术的隧道参数化建模方法[J]. 隧道建设(中英文), 2018(S2).

[4] 韩学冲. 基于 BIM 技术的公路隧道衬砌设计程序的研究[D]. 重庆交通大学硕士学位论文, 2018.

[5] 周雅莉,胡珉,喻钢. 基于 IFC 标准的隧道工程信息传递研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2015(6).

[6] 李明博,蒋雅君,刘小俊,等. BIM 技术在运营隧道病害检测结果三维可视化中的应用[J]. 中外公路, 2017(1).

[7] 刘训房. 基于 BIM 和 WEB 的隧道动态施工监测信息系统研究[D]. 大连海事大学硕士学位论文, 2017.

[8] 张慎,杨浩. 基于 RevitAPI 建筑消防喷头辅助建模软件开发[J]. 土木建筑工程信息技术, 2015(6).

[8] 伍丹琪,陈俊涛,肖明. 基于 Revit 二次开发的泵站厂房参数化 BIM 解决方案[J]. 水电与新能源, 2019(4).

[10] 李正农,朱爱民,吴红华,等. 基于 Revit 的二次开发在脚手架设计中的应用研究[J]. 湖南大学学报(自然科学版), 2018(9).

[11] 钟宇,陈健,丁烈云,等. 基于 IFC 标准的基坑工程围护结构信息模型建模方法研究[J]. 隧道建设(中英文), 2018(2).

[12] 徐照,康蕊,孙宁. 基于 IFC 标准的建筑构件点云信息处理方法[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2018(6).