

基于 IFC 标准的施工图注释自动生成方法研究

黄静菲, 赖华辉, 邓雪原

(上海交通大学土木工程系, 上海 200240)

摘 要: BIM 作为一种新的理念和技术, 正逐步改变工程设计行业的工作习惯。目前 BIM 应用中普遍采用“先出图, 后建模”的工作模式, 模型制作过程是脱离和滞后的, 并未真正优化设计质量和提升工作效率。引入 IFC 标准对施工图自动生成方法进行研究, 通过分析施工图的技术特点, 总结基于 IFC 标准的三维对象和二维注释的表达方法, 结合实际制图需求, 提出基于 IFC 标准的施工图注释自动生成方法, 为本地化协同设计平台的开发提供参考。

关 键 词: 建筑信息模型; IFC 标准; 施工图; 注释自动生成

中图分类号: TU 17

DOI: 10.11996/JGJ.2095-302X.2017050760

文献标识码: A

文 章 编 号: 2095-302X(2017)05-0760-07

Research on Automated Generation of Annotations for Construction Drawings Based on IFC Standard

HUANG Jingfei, LAI Huahui, DENG Xueyuan

(Department of Civil Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: As a new concept and technology, building information modeling (BIM) gradually changes the work habits of design industry. However, a working pattern of ‘modeling after drafting’ which means the modeling process lags behind the drafting process is widely applied for the time-being, and it ultimately fails to improve the work quality and efficiency. This paper conducts a research about generating 2D drawings based on IFC standard. Through analyzing the technical features of 2D drawings, this paper summarizes the IFC expressions of 3D models and 2D annotations, suggests an automated method to generate IFC-based annotations with consideration of practical demands of drafting, and provides references for the development of localized BIM collaborative design platform.

Keywords: building information modeling; IFC standard; construction drawings; automated generation of annotations

自上世纪八九十年代开始的“甩图板”工程以来, 我国建筑设计行业一直采用基于 CAD 技术生成的二维图纸进行协作和交流。对比手工制图, CAD 制图对提高设计质量、节省人力与时间具有重要意义。然而随着建筑设计复杂化, 二维图纸作为设计成果交付的唯一标准, 其缺乏空间真实感、协调性差等弊端逐渐暴露。而建模信息模型 (building information modeling, BIM) 技术作为一种

新的理念和技术正受到业内的普遍关注, 被誉为自“甩图板”后的第二次设计革命^[1]。

但目前 BIM 技术在我国建筑设计企业的推广进度相对缓慢, 大多数以项目型 BIM 应用为主, 迟迟未过度至企业级 BIM 实施。当前的设计合同中信息模型及 BIM 应用成果往往分别作为独立的交付物存在, 几乎脱离和滞后于二维制图的过程, 因此设计企业普遍采用“先出图、后建模”的策略来

收稿日期: 2016-11-06; 定稿日期: 2016-12-11

第一作者: 黄静菲(1992-), 女, 广东广州人, 硕士研究生。主要研究方向为BIM协同设计。E-mail: hjffaye@sjtu.edu.cn

通信作者: 邓雪原(1973-), 男, 湖北荆门人, 副教授, 博士。主要研究方向为建筑CAD协同设计、BIM协同设计与集成。E-mail: dengxy@sjtu.edu.cn

确保图纸按规范设计且满足资料交换的要求,又能达到项目 BIM 交付的目的。但这种模式并未真正减少设计人员的原有的工作量,反而衍生了很多只负责建模的人员,BIM 技术的优势无法体现,无法从根本上实现 BIM 实施过程中的资源管理、业务组织、流程再造,提升企业的核心竞争力。造成这种现象的主要技术原因有:

(1) BIM 软件的二维表达与现行制图规范存在差异:现行的制图规范是与传统二维设计相对应的,延续手工制图“清晰、简明”的原则,而 BIM 软件生成的二维视图并不完全满足规范要求,需花费大量时间进行繁琐的设置和调整工作;对于制图规范中的特殊要求,如图 1 所示立面外轮廓线、地坪线需要加粗,在 BIM 制图过程中只能手动描绘。

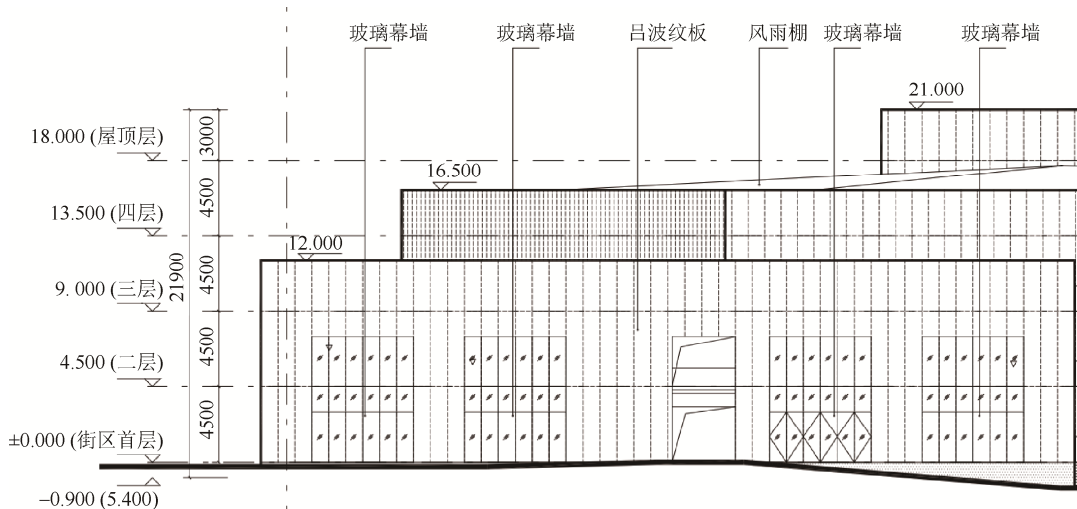


图 1 外立面轮廓线、地形线加粗示例

(2) 三维造型不够自由,二维制图不够快捷:国内建筑设计项目中方案设计和施工图设计常常分属不同的设计人员完成,随意拖拉、造型不受约束的三维设计软件如 Sketchup、Rinoh 成为方案推敲过程最有效的辅助工具^[2],但 BIM 软件涉及大量参数和属性设置使设计人员无从下手;施工图设计阶段需要对材料、尺寸、节点进行细化,在模型的二维视图中仍需手动添加大量注释,如图 2 所示的尺寸标注、管井名称、洞口线,设计人员宁愿在自由快捷的 AutoCAD 或本地化软件天正平台上完成施工图制图工作。

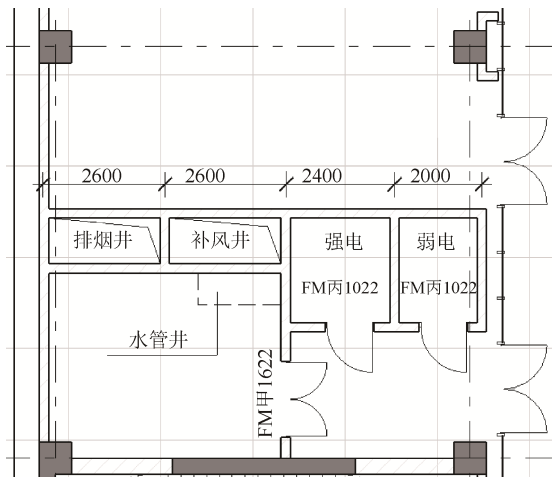


图 2 尺寸线、管井名称、洞口线示例

(3) 缺乏合适的 BIM 协同平台:在二维协同过程中,通过提资以及 dwg 格式图纸参照的方式实现专业间设计成果交换。在 BIM 协同过程中,通过整合三维模型的方式进行共享,如 REVIT 采用文件链接的方式整合土建和设备.rvt 格式的文件^[3];Tekla BIMsight 能整合多个.ifc 格式的文件并进行显示。三维模型虽然直观,但设计人员在三维空间中难以快速定位到具体目标并快速获取准确的尺寸信息,目前仍缺少能同时整合三维模型和二维视图的协同平台。

以上种种局限性导致了建筑设计企业中 BIM 技术应用的发展缓慢。设计人员手动添加二维注释的这种非自动、非智能化的工作模式亟需转变,由此研究由三维模型自动生成符合制图规范的二维施工图技术,是 BIM 发展中亟需解决的难点之一。

1 二维施工图要求

1.1 基于 CAD 的二维施工图制图

图纸的主要目的是反映设计意图,并作为不同专业间设计成果交换的媒介,其绘制的主要内容包括与三维建筑对象有对应关系的二维图例和与三维形体无关的、用于辅助识图的轴网、尺寸标注、标高、符号、文字等二维注释。现行的建

建筑工程制图标准有《房屋建筑制图统一标准》、《民用建筑工程建筑工程施工图设计深度图样》等,部分设计企业也制订了“CAD 制图规范”以规范电子图档的表达。

CAD 制图延续手工制图的表达习惯,以点、线、面绘制的多个二维视图共同表达设计内容,

不同专业的设计内容通过二维图纸进行交换。如图 3 所示,墙体通常使用双线表达,具体构造通过平面图上的详图注释指向对应的详图。作图时通常把表达同类对象的线条画在同一图层中,如天正软件中表示墙体的线条会画在“WALL”图层,通过不同的图层组合控制各个视图的内容显示。

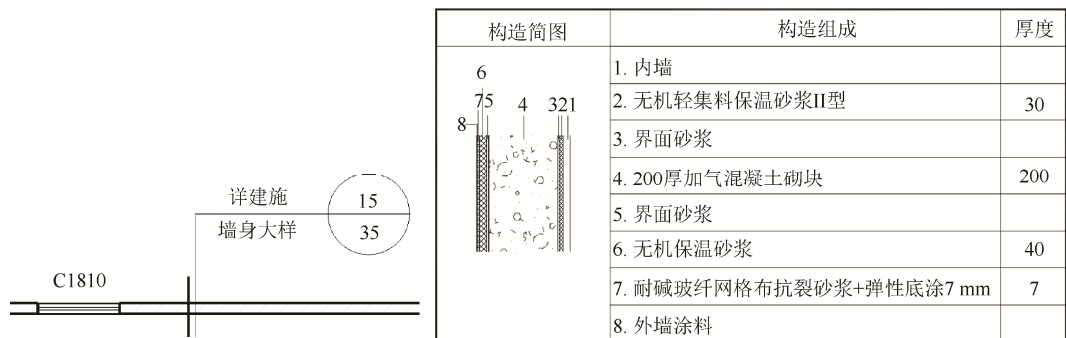


图 3 墙体平面图、详图示例

在基于 CAD 的设计过程中,各专业采用外部参照的方式直接引用外专业设计图纸作为本专业开展工作的依据^[4],通过定期、节点性的互提资料,分时、有序的业务模式开展设计工作^[5]。但专业间通常只需要引用部分信息,并对图面显示作一定的修改,上海交大 BIM 研究中心独立研发的 NMCAD 平台通过 CAD 的二次开发实现了图层管理的便捷操作^[6],优化了设计过程中非技术类的重复工作。

1.2 基于 BIM 的二维施工图制图

在基于 BIM 的设计过程中,通过面向对象的数字化工具实现设计成果的信息化、参数化,能更好地把握空间设计效果。目前我国已起草完成《建筑工程信息模型应用统一标准》,主要从模型体系、数据互用、模型应用等方面作出统一规定,但并未提及三维模型在二维制图上的应用。上海市发布的《上海市建筑信息模型技术应用指南》中对方案设计阶段、初步设计阶段、施工图设计阶段的 BIM 应用点作出了规定,其中在施工图设计阶段提出了“建筑专业辅助施工图设计”的应用点。

虽然目前大量研究或报告中都提及通过建筑信息模型能自动生成二维视图,无需为绘制二维图纸花费过多的时间,但实际上设计过程中需要事先对项目视图样板进行设置以便于规范视图内容以及深度的表达,定位轴线、尺寸标注、标高、符号、文字等大量二维注释均需手动添加,三维

对象对应的二维图例要事先进行设置才能正确显示,离实现“自动出图”距离还很遥远。

1.3 两种制图方法的技术特点对比

总的来说,基于 CAD 的制图方法自由、信息整合容易,所有二维注释由设计人员按照设计情况自主添加,修改灵活,但是各个视图需要单独绘制,工作周期较长,错漏碰缺难以避免,同时难以通过图纸与非专业人士就设计意图进行有效的沟通,随着建筑设计日趋复杂,上述问题的严重性日益凸显。而基于 BIM 的制图方法需要事先针对不同的 BIM 软件进行样板设置,完善参数化对象库(如 ArchiCAD 的 GDL 对象、REVIT 的族)并制定符合规范表达的二维图例,甚至还要对软件进行二次开发;二维注释的绘制过程中,虽然能自动提取部分模型信息并自动表达,但主要还是以人工添加的情况为主,并未真正提升设计人员的设计效率。

用三维模型表达设计意图固然直观,但用二维视图表示空间布置、进行尺寸测量仍快捷方便,不应因三维技术的出现而彻底否定二维设计的模式。再者,目前的 BIM 软件出图是三维模型到二维图纸的单向转换,实质上仍在走二维协同设计的老路, BIM 技术的优势无从体现。因此大部分设计企业选择了“先出图,后翻模”这种不可持续的发展路线甚至直接放弃采用 BIM 技术。因此,若能立足于 CAD 和 BIM 技术并行的现状,探索一种适用于二维和三维协同设计的、通过提取建筑模

型信息数据信息并自动生成二维注释的数据共享与交换方法,必能对设计企业中BIM技术应用有一定的推进作用。

目前,国际协作联盟组织(International Alliance for Interoperability, 现称 BuildingSMART)提出的工业基础类(industry foundation classes, IFC)标准是公认的实现建筑信息模型的数据描述与交换标准,其通过 Express 语言定义的类及其属性、规则、约束条件等描述各种工程信息^[7],能完整表达三维构件及其相关属性信息,为建筑业各种应用软件的数据交换提供了标准格式。目前国内外约有100家软件开发商的产品支持通过IFC标准格式文件进行BIM数据的共享和交换^[8]。在2008年国际协作联盟组织韩国分部的IAI XM-4研究中,也实现了IFC标准中对二维对象的描述^[9]。

因此,本文在分析二维施工图出图技术特点的基础上,结合工程设计的实际需求,提出基于IFC标准的施工图注释自动生成方法,为建筑行业协同设计的实现和本地化协同设计平台的开发提供参考。

2 建筑信息的IFC标准表达方法

IFC标准通过对象实体、属性实体以及关联实体的相互关系对建筑工程信息进行完整的描述。下文将基于常用的BIM软件ArchiCAD19、REVIT2014导出的IFC2X3文件,分析三维建筑构件及二维注释在IFC标准中的表达。

2.1 IFC实体的定义

在现行的IFC标准中,已经建立了完整的三维对象描述体系,可以描述墙、梁、板、柱、幕墙、门、窗、楼梯等基本构件,还可以通过IfcBuildingElementProxy实体对IFC标准未包含的建筑构件进行拓展描述。IFC实体的属性由继承自上级实体的属性以及该实体自身的属性组成。实体的属性分为3种:直接属性、导出属性和反属性。

以标准墙体为例,其IFC语句如下:

```
#164=IFCWALLSTANDARDCASE('1qYjCaw
Nz41BAMYUIvzapX',#15,'SW -002',$,$
#164=#112,#158,'748AD324-E97F-4404-B296-
89E4B9F64CE1');
```

其中直接用字符表达的是直接属性,用语句编号表达的是导出属性,反属性是通过关联实体将多个实体关联后所表达的属性信息,如墙体通

过其反属性 ContainedInStructure 与 IfcRelContainInSpatialStructure 实体关联,从而实现与所在楼层的关联。

2.2 三维建筑构件的表达方法

下文以墙体为例,选取与二维施工图制图相关的描述空间定位、形状的导出属性和描述材料的反属性进行分析。

(1) 空间位置。在IFC标准中,采用相对坐标系的方法描述对象的空间位置。墙体的ObjectPlacement属性下有PlacementRelTo和RelativePlacement两个导出属性。第一个导出属性关联至楼层的IfcLocalPlacement实体,继而关联至楼栋、地块的IfcLocalPlacement实体来建立相对坐标系之间的关系。第二个导出属性由IfcAxis2Placement3D实体来表达,其3个导出属性分别描述当前坐标系的原点在上一级坐标系下的坐标、z轴转换方向、x轴转换方向,3者结合即可定义出新的局部坐标系。

以标准墙体为例,描述空间位置的语句如下:

```
#105=IFCDIRECTION((1,0,0));
#107=IFCDIRECTION((0,0,1));
#109=IFCCARTESIANPOINT((1000,1000,0));
#111=IFCAXIS2PLACEMENT3D(#109,#107,#
105);
#112=IFCLOCALPLACEMENT(#97,#111);
```

墙体坐标系的原点一般为绘制墙体时的起始点(轴线起点),其中#97指向楼层的IfcLocalPlacement实体。可见,墙体坐标系的原点(0,0)即楼层坐标系的(1000,1000)。

(2) 形状。墙体的形状由Representation属性下描述实体形状的语句与描述轴线形状的语句构成。实体形状的表达采用了IfcExtrudedAreaSolid实体分别定义墙体的底面轮廓形状、轮廓的拉伸方向、轮廓的拉伸高度。在ArchiCAD输出的IFC文件中,采用IfcArbitraryClosedProfileDef实体下的IfcPolyline实体对墙体的底面轮廓边界线进行定义;在REVIT输出的IFC文件中,采用IfcRectangleProfileDef实体来描述底面轮廓的长度和宽度。轴线形状的表达都采用IfcPolyline定义轴线的起点和终点。

以标准墙体为例,REVIT中描述实体形状的语句如下:

```
#19=IFCDIRECTION((0,0,1));
#121=IFCRECTANGLEPROFILEDEF(.AREA.,
$,#120,3000.,240.);
```

```
#122=IFCAXIS2PLACEMENT3D(#6,$,$);
#123=IFCEXTRUDEDAREASOLID(#121,#12
2,#19,3600.);
```

描述轴线形状的语句如下:

```
#9=IFCCARTESIANPOINT((0.,0.));
#111=IFCCARTESIANPOINT((3000.,0.));
#113=IFCPOLYLINE((#9,#111));
#115=IFCSHAPEREPRESENTATION(#71,'Axis',
'Curve2D',(#113)).
```

可见墙体长 3 000 mm、宽 240 mm、高 3 600 mm。在设计过程中,通常是给定墙体的厚度和高度,按照实际情况调整墙体的长度(即轴线长度)的。

(3) 材料。建筑构件的材料属性属于反属性。先通过反属性 HasAssociations 指向关联实体 IfcRelAssociateMaterial 实现建筑对象与材料(IfcMaterial)的关联,然后通过材料的反属性 HasRepresentation 指向 IfcMaterialDefinition Representation 实体实现材料与其表面材质、覆盖方式、颜色的关联,从而完整地表达墙体的材料构成。

2.3 二维注释的表达方法

二维注释在 IFC 标准中用 IfcAnnotation 实体进行表达,与三维建筑构件类似,二维注释的位置、形状由 ObjectPlacement 和 Representation 两个导出属性进行定义。以尺寸标注为例,其形状通过文本框和尺寸标注线共同组成,其中 IfcText

LiteralWithExtent 实体定义文字的内容及样式、文本框的位置、文字排列的方向和位置,IfcGeometric CurveSet 实体用定义起点、终点的方式描述尺寸标注每根线条的位置和尺寸,然后通过反属性 StyledByItem 指向 IfcStyledItem 实体实现文字对应的字体、文字颜色、字高以及线条对应的线型、粗细、颜色的定义。

其他三维建筑构件和二维注释也遵循上述表达方式,二维图例的表达将在笔者后续的研究中进行详细分析。要实现基于 IFC 标准的施工图二维注释的自动生成,首先要规范所有三维建筑构件、二维注释的表达,验证建筑信息模型 IFC 数据是否符合 IFC 标准,并按照国家标准、企业规范要求定制二维注释的 IFC 描述语句;其次,基于 IFC 语句之间的逻辑关系实现三维建筑构件和二维注释的关联,如:尺寸标注的空间位置应跟随建筑对象的空间位置改变而移动、尺寸标注的形状应与墙体轴线形状相关等。

3 基于IFC标准的施工图注释自动生成算法及其实现

3.1 施工图注释自动生成算法

通过上述对二维施工图出图的技术特点和 IFC 标准表达的分析,基于 IFC 标准的施工图注释自动生成的流程如图 4 所示。

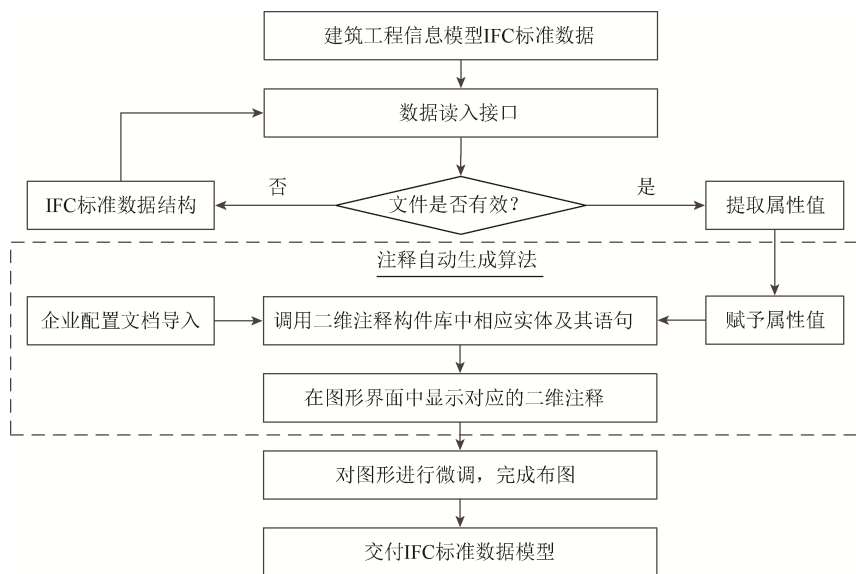


图 4 基于 IFC 标准的施工图注释自动生成流程示意图

在 BIM 软件中建立建筑工程信息模型后,导出成 IFC 文件。在执行二注释自动生成模块前,

先检查 IFC 文件的逻辑结构和基本语法关系是否符合 IFC 标准,符合标准的 IFC 文件开始执行注

释自动生成模块。所有注释的 IFC 描述语句(注释构件库)已定制在模块之中,由企业配置文档和从导入的 IFC 文件中提取的信息整合生成完整的 IFC 描述语句并显示在软件的图形界面中。最后经过

微调后可将包含了自动生成注释的新 IFC 文件导出并交付。

以尺寸标注为例,墙体属性提取和尺寸标注赋值的算法如图 5 所示。

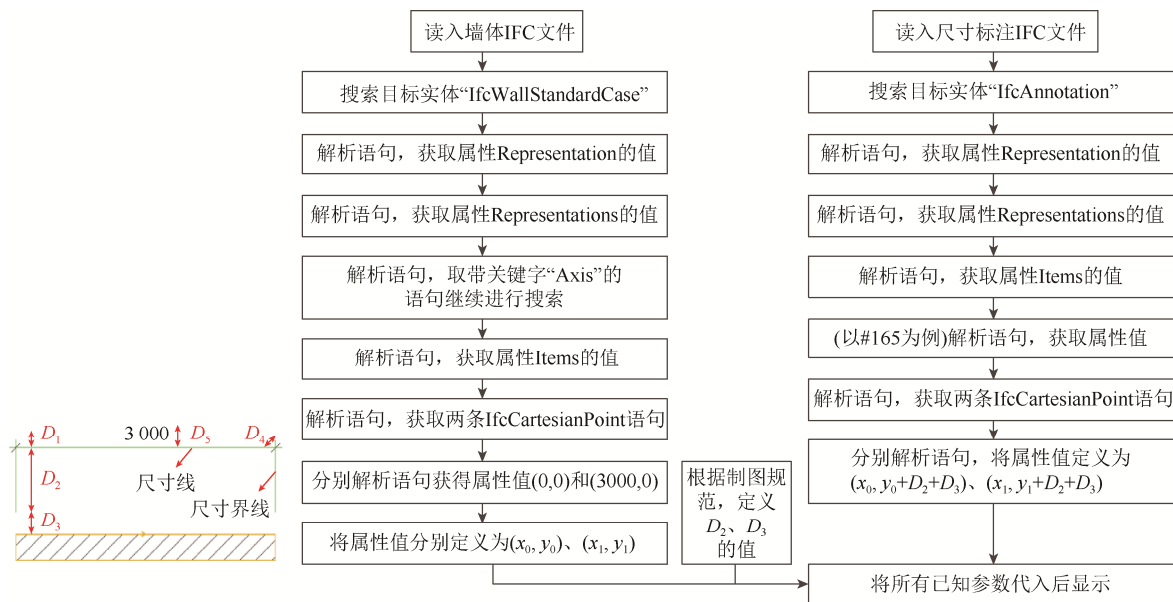


图5 IFC墙体、尺寸标注属性提取和赋值算法

3.2 实例验证

根据上文的算法思路,在天磁 BIM 协同管理软件 2.0(简称 NMBIM)中开发注释自动生成模块, NMBIM 是上海交通大学 BIM 研究中心独立研发的基于 IFC 标准的多方协同管理平台软件,前身为 SJTUBIM 软件。

如图 6 所示,在 ArchiCAD19 中绘制插入点为 (1 000, 2 000)、长 3 000 mm、宽 240 mm、高 3 600 mm 的砖墙,以及高 1 500 mm、宽 1 200 mm 的窗户,输出为 IFC2x3 文件。如图 7(a)所示,在 NMBIM 中执行注释自动生成模块中的尺寸标注命令后,尺寸标注位置能正确显示;如图 7(b)所示,手动修改 IFC 文件中墙体的插入点,重新在 NMBIM 中

执行注释自动生成模块,两道尺寸标注跟随移动;如图 7(c)所示,手动修改 IFC 文件中墙体的长度为 4 500 mm,重新在 NMBIM 中执行注释自动生成模块,两道尺寸标注发生相应变化。

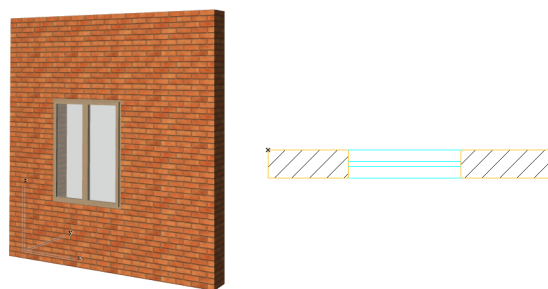


图6 在 ArchiCAD19 中绘制砖墙和窗户

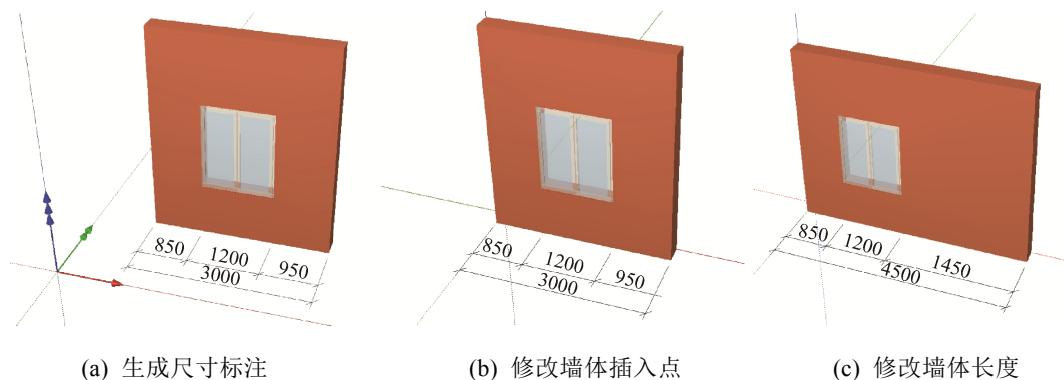


图7 在 NMBIM 中自动生成尺寸标注

如图 8 所示,在 ArchiCAD19 中绘制插入点为 (1 000, 1 000)、长 600 mm、宽 600 mm 的矩形柱,输出为 IFC2×3 文件。如图 9 所示,在 NMBIM 中执行注释模块中的柱引出标注后,引出标注的位置及文字内容能正确显示。

将 NMBIM 执行注释自动生成模块后新生成的 IFC 文件重新导入 ArchiCAD19,如图 10(a)、(b)所示,在 ArchiCAD19 中能正确显示尺寸标注、柱引出标注的位置和文字。

上述案例证明通过对 IFC 文件属性提取与赋值的方式实现施工图注释自动生成的思路是具备可操作性的,此方法可通用于标高、符号、文字等二维注释。



图 8 在 ArchiCAD19 中绘制矩形柱

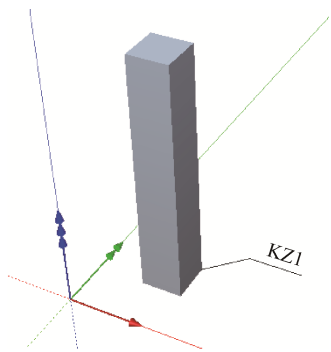
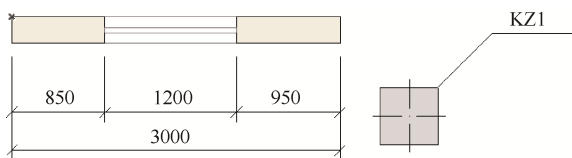


图 9 在 NMBIM 中自动生成柱引出标注



(a) 尺寸标注

(b) 柱引出标注

图 10 将新生成的 IFC 文件重新导入 ArchiCAD19

4 结论与展望

通过以上对基于 IFC 标准的施工图注释自动生成方法的分析,可以得到如下结论:

(1) 基于 IFC 标准官方定义的逻辑结构可实现 IFC 文件指定属性的提取与赋值;

(2) 通过本文的方法可以实现施工图中二维尺寸标注的自动生成,该方法可以通用于标高、符号、文字等二维注释;

(3) 施工图二维注释的自动生成要求 BIM 专业软件生成的模型数据符合 IFC 标准的表达规定,但对生成数据的软件不作规定。

本文采用 IFC 墙体、柱子及其注释的自动生成算法验证了基于 IFC 标准的二维施工图自动生成方法的可行性,为具有二维施工图自动成功能的 BIM 协同平台的开发提供了基础,后续将继续对基于 IFC 标准的施工图图例自动生成方法进行研究。

参考文献

- [1] 任爱珠. 从“甩图板”到 BIM—设计院的重要作用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2014, 6(1): 1-8.
- [2] 杨远丰, 莫颖媚. 多种 BIM 软件在建筑设计中的综合应用[J]. 南方建筑, 2014, (4): 26-33.
- [3] 张德海, 韩进宇, 赵海南, 等. BIM 环境下如何实现高效的建筑协同设计[J]. 土木建筑工程信息技术, 2013, 5(6): 43-47.
- [4] 邓雪原. CAD、BIM 与协同研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2013, 5(5): 20-25.
- [5] 清华大学 BIM 课题组. 设计企业 BIM 实施标准指南[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013: 15-16.
- [6] 周成, 邓雪原. 建筑协同设计的模型视图管理应用研究[J]. 图学学报, 2013, 34(2): 94-100.
- [7] FROESE T, FISCHER M, GROBLER F, et al. Industry foundation classes for project management- a trial implementation [J]. Electronic Journal of Information Technology in Construction, 1999(4): 17-36.
- [8] 余芳强, 张建平, 刘强. 基于 IFC 的 BIM 子模型视图半自动生成[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2014, (8): 987-992.
- [9] INHAN K, JONGCHEOL S. Development of IFC modeling extension for supporting drawing information exchange in the model-based construction environment [J]. Journal of Computing in Civil Engineering, 2008, 22(3): 159-169.