

基于 IFC 标准的楼层平面尺寸标注 自动生成方法研究

侯文龙, 邓雪原

(上海交通大学土木工程系, 上海 200240)

摘 要: 在 BIM 协同应用中, 二维信息在模型空间布置和构件平面尺寸表达等方面具有重要作用。由于当前不同专业模型难以集成后统一标注, 采用 IFC 标准表达二维信息可有效解决这一问题。为提高 BIM 构件定位与尺寸的查看效率, 提出基于 IFC 标准的二维尺寸标注自动生成方法。首先研究被标注对象的几何和空间位置信息的提取、分类、转换和存储机制, 由此推导楼层中所有被标注对象的尺寸标注信息。然后研究 IFC 标准中尺寸标注实体的空间定位和形状表达机制, 生成尺寸标注实体并将其关联到被标注对象。最后通过一个两层楼案例, 验证该方法的正确性。

关 键 词: IFC 标准; 二维图纸; BIM 技术; 尺寸标注; 自动生成

中图分类号: TP 391

DOI: 10.11996/JGj.2095-302X.2019061116

文献标识码: A

文 章 编 号: 2095-302X(2019)06-1116-07

Automatic Generation Method of Dimension Annotating for Floor Plane Based on IFC Standard

HOU Wen-long, DENG Xue-yuan

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

Abstract: In the collaborative application of building information modeling (BIM) technology, 2D drawing information plays a significant role in establishing the spatial layout of the modeling and representing the size information of components. In addition the representation of 2D dimension information based on IFC standard overcomes the difficulty that the dimension annotation for 3D models of different industries cannot be conducted using an integrated BIM software tool. In order to examine the space layout and size information of BIM components in a more efficient way, this paper proposes a method to automatically generate 2D dimension annotations for 3D models based on IFC standard. Firstly, the extraction, classification, transformation and storage mechanism of geometric and spatial position information for building components on the same floor is developed. Secondly, the dimension information of all annotated components in the floor is obtained. Then, combined with the space orientation and shape representation of annotated entities based on IFC standard, 2D dimension annotated entities are established and linked with the annotated components. Finally, the proposed method is verified with a two-story building case.

Keywords: IFC standard; 2D drawing; BIM technology; dimension marking; automatic generation

收稿日期: 2019-05-31; 定稿日期: 2019-07-05

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目(2016YFC0702000); “十三五”国家重点研发计划课题(2016YFC0702001)

第一作者: 侯文龙(1993-), 男, 安徽安庆人, 硕士研究生。主要研究方向为基于 IFC 标准的二维图纸自动生成。E-mail: houwenlong@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 协同设计与集成、基于 BIM 技术的建筑协同平台。

E-mail: dengxy@sjtu.edu.cn

随着计算机硬件和软件技术的不断发展,众多学者和研究机构一直积极探寻建筑行业的信息化发展道路。如今,拥有先进理念的BIM技术逐渐在全球范围内改变着传统建筑行业的工作方式。国内越来越多的企业开始认识到BIM的价值,并逐步用以辅助工程项目的建造。BIM理念贯穿全生命周期,但各阶段缺乏有效管理集成,要想大规模运用到建筑业,急需推行BIM综合应用模式^[1]。建筑项目各专业根据自身需求和特定软件的优势,采用不同的BIM专业软件进行专业设计。因而,BIM技术不仅应满足三维模型的可视化,还要在同一项目中集成多方数据,实现建筑项目的数据共享与交换^[2]。但不同专业软件之间各不相同的数据格式,给多专业协同带来了困难。工业基础类(industry foundation class, IFC)标准的研发,给实现各专业之间的数据互通、解决信息孤岛的问题提供了解决思路^[3]。

协同不只是三维模型的简单合并。美国国家BIM标准(NBIMS)提出,BIM技术应该使得不同参与者可协同提取和插入信息^[4]。建筑项目的大量信息以数据的方式附着在三维模型中,详尽表达了项目的物理和功能特性,为设计、分析、建造和运维提供了非常完备的数据源。但在项目全生命周期中,并非每一位参与者都需要项目的所有细节信息。从业者在完成指定工作时,希望复杂的模型能得到简化,需要的信息能被快速、直观表达。如管理人员想查询设备在楼层中的空间位置,只需设备的定位信息,模型的其他大量细节信息将是多余的。因此,将工作者关注的信息从模型中解析出来,简化抽象成合适的表达方式,可避免冗余信息给人员和设备造成不必要的负担,有利于提高建筑信息模型的使用效率。

二维信息是三维模型重要的简化和辅助表达。虽然二维图纸缺乏真实感、协调性差,但时下我国设计行业依然采用基于CAD技术生成的二维图纸进行协作和交流^[5]。究其根本,纵然有三维正向设计一时难以普及的技术限制,内在而言,二维图纸在表达项目信息时的固有优势,也使得二维CAD在短时间内难以被BIM技术完全取代。例如施工图中,二维图纸在平面布置和空间定位的表达上直观明了,同时也以剖面图的形式清晰地描绘出构件大样做法。这些简洁的二维信息极大地提高了设计、施工和运维等专业人员的工作效率。如此一来,在BIM应用中引入二维信息就显得十分必要。

在BIM协同设计中,研究基于IFC标准的二维信息表达方式,实现从IFC文件中提取尺寸标注信息,并向其中自动添加尺寸标注实体,以解决针对不同专业模型构件需采用不同软件进行标注的问题,使得各专业模型构件可集成在同一平台中进行整体标注。这样既能满足多专业协同与数据互通,又可充分发挥二维信息的优势,提高了BIM协同工作的效率。在二维信息中,平面尺寸标注描绘了构件的尺寸和空间定位,是BIM协同应用不可或缺的辅助信息,最为重要。平面尺寸标注实体的表达涵盖了对三维模型中构件的形状与位置信息的提取和转换,在二维信息的自动生成中具有典型性,是本文的研究重点。

基于IFC标准的二维信息自动生成主要涉及模型解析和二维实体表达两个方面,国内外已有学者做了相关探索。在基于IFC标准的二维实体表达方面,KIM和SEO^[6]研究了基于IFC标准的二维实体扩展,提出注释实体IfcAnnotation等二维信息的表达机制,为基于IFC标准的二维信息自动生成提供了理论依据。在模型信息提取领域,陈远和逯瑶^[7]提出使用JAVA语言读取IFC模型的空间结构组成信息和与其连接的建筑构件信息的方法,满庆鹏和孙成双^[8]提出通过建立与IFC数据实体一致的类和结构体以表达施工信息,这些研究为基于IFC标准的二维信息提取提供理论指引和技术支持。

另外,在二维图纸自动生成领域,王勇和张建平^[9]提出在Visual Studio.NET平台下利用AutoCAD二次开发技术实现基于BIM的结构施工图设计,KIM等^[10]通过对IFC模型进行切割投影的方式自动生成DWG和PDF格式的二维施工图。以上自动生成DWG或PDF格式的二维施工图研究,在一定程度上满足了三维模型对二维图纸的需求,避免了设计中的返工,但PDF或DWG格式的图纸依然与三维模型之间存在数据交换的壁垒。基于此,文献[5]研究了基于IFC标准的单片墙体的尺寸标注自动生成方法,表达了单个构件的尺寸标注,对基于IFC标准的二维信息自动生成研究具有开创性价值。然而单个构件的尺寸标注表达对整个建筑而言并不完善,楼层的完整尺寸标注自动生成仍需进一步研究。

综上,本文以建筑三维模型为研究对象,从构件信息提取和标注实体生成2个方面入手,解析IFC文件,定义尺寸标注信息的提取、转换和存储

方式,建立尺寸标注对象 IfcAnnotation 的空间定位和形状表达机制,实现基于 IFC 标准的楼层平面尺寸标注的自动生成,并通过上海交大自主研发的 NMBIM 协同平台验证结果。

1 基于 IFC 标准的标注信息分析

楼层平面尺寸标注主要是对楼层中墙、梁、柱、门、窗等构件进行空间定位。尺寸标注实体的建立需要首先获取构件的形状和位置信息。轴网作为建模时重要的辅助线,是构件空间定位的重要依据;墙体及其关联的门窗开洞信息既能反映构件尺寸和位置,又很好地体现了 IFC 标准中构件相互之间的关联关系。因此本文以楼层中的轴网、墙体和门窗等对象作为研究重点,提取所有表征标注对象位置和尺寸的点(以下简称“标注点”),根据实体的关联关系,利用坐标转换,将楼层所有标注点信息整合进 4 个数组,作为建立尺寸标注实体的参数。

1.1 轴网标注信息

轴网在 IFC 标准中用 IfcGrid 实体表达。IfcGrid 的属性“UAxes”、“VAxes”分别表征了 2 个方向的轴线集合。以图 1 所示 3×4 的定位轴线为例,在其局部坐标系 xoy 平面中,“UAxes”表示垂直于 x 轴的轴线,“VAxes”表示垂直于 y 轴的轴线。

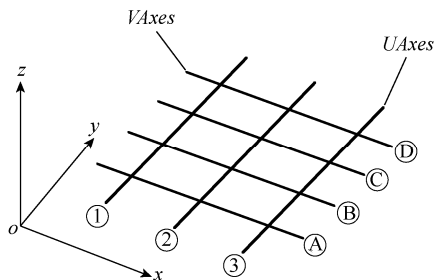


图 1 定位轴线的 IFC 表达

利用文本工具查看 A 轴的描述语句如下:

```
#147=IFCPOLYLINE((#153,#155));
#149= IFCGRIDAXIS('A',#147,T.); //A 轴
#153= IFCCARTESIANPOINT((4000.,3000.));
#155= IFCCARTESIANPOINT((4000.,-10000.)).
```

表达轴线的 IfcGridAxis 实体指向 IfcPolyline, 并通过 2 个 IfcCartesianpoint 实体表达轴线的端点。如本案例 A 轴的端点坐标在局部坐标系中分别为 (4000.,3000.)与(4000.,-10000.),在三维坐标系中, z 坐标分量缺省则默认为 0。轴线端点坐标见表 1。

表 1 轴线端点坐标

轴线类别	轴号	起点	终点
U 轴	1	$(x_{11}, y_{11}, 0)$	$(x_{12}, y_{12}, 0)$
	2	$(x_{21}, y_{21}, 0)$	$(x_{22}, y_{22}, 0)$
	...	...	...
V 轴	A	$(x_{A1}, y_{A1}, 0)$	$(x_{A2}, y_{A2}, 0)$
	B	$(x_{B1}, y_{B1}, 0)$	$(x_{B2}, y_{B2}, 0)$
	...	...	...

表 1 中元素下标的第 1 个值表示轴号,第 2 个值用 1 表示起点,2 表示终点。将同类轴线端点分为 2 组,分别存入数组。以存储 n 条 UAxes 类型轴线为例,数组长度 Len 满足: $Len=n+3$,数组首元素存储轴线类型标记值 1.0 (VAxes 类型则存储 -1.0),第 1~ n 号元素存储单根轴线端点中不变的分量 x_i ,第 $n+1$ 号元素存储 $y_{\min}$ (起点的 y 坐标分量)或 $y_{\max}$ (终点的 y 坐标分量),第 $n+2$ 号元素存储 z 坐标值。将 UAxes 整合为数组 A_{U1} 与 A_{U2} , VAxes 整合为 A_{V1} 与 A_{V2} ,形式为

$$A_{U1}=(1.0, x_0, x_1, \dots, x_{n-1}, y_{\min}, z) \quad (1)$$

$$A_{U2}=(1.0, x_0, x_1, \dots, x_{n-1}, y_{\max}, z) \quad (2)$$

$$A_{V1}=(-1.0, y_0, y_1, \dots, y_{n-1}, x_{\min}, z) \quad (3)$$

$$A_{V2}=(-1.0, y_0, y_1, \dots, y_{n-1}, x_{\max}, z) \quad (4)$$

1.2 墙体标注信息

在 IFC 标准中,墙体门窗之间的关联关系如图 2 所示。IfcWallStandardCase 通过反属性 IfcRelVoidsElement 关联开洞实体 IfcOpeningElement; IfcOpeningElement 通过反属性 IfcRelFillsElement 关联 IfcDoor 或 IfcWindow。IfcOpeningElement 通过 IfcRectangleProfileDef 描述开洞截面,该矩形在墙体轴线上的投影线段端点即为标注点。提取实体 IfcRectangleProfileDef 的属性中表达矩形“宽度”的值,并结合其 Position 属性定义的截面中心,便可得出标注点坐标。

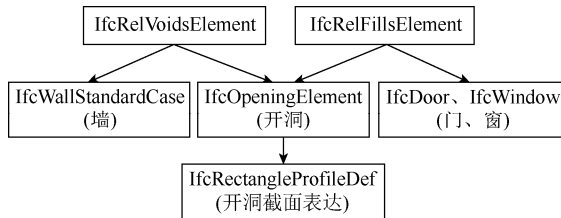


图 2 墙体与门窗之间的关联

在 IFC 标准中,模型对象通过 ObjectPlacement 属性同时描述了本级(局部)坐标系和该局部坐标系关联的上一级坐标系。本级坐标系下的点 (x_0, y_0, z_0) 在上一级坐标系中的表达 (x'_0, y'_0, z'_0) 可以通过式(5)

计算得出(向量 $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ 表示坐标轴, 点 O 表示原点)

$$\begin{bmatrix} x'_0 \\ y'_0 \\ z'_0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_x & j_x & k_x & O_x \\ i_y & j_y & k_y & O_y \\ i_z & j_z & k_z & O_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

图3所示的墙体示意图中, 墙体轴线端点 A , B 的坐标可以通过几何表达中描述轴线“Axis”的实体获取。提取开洞矩形截面端点 C , D 的坐标, 结合式(5), 得出其在IfcRectangleProfileDef的局部坐标系 $x''o''y''$ 、IfcExtrudedAreaSolid的局部坐标系 $o'-x'y'z'$ 及墙体局部坐标系 $o-xyz$ 下的坐标(表2)。

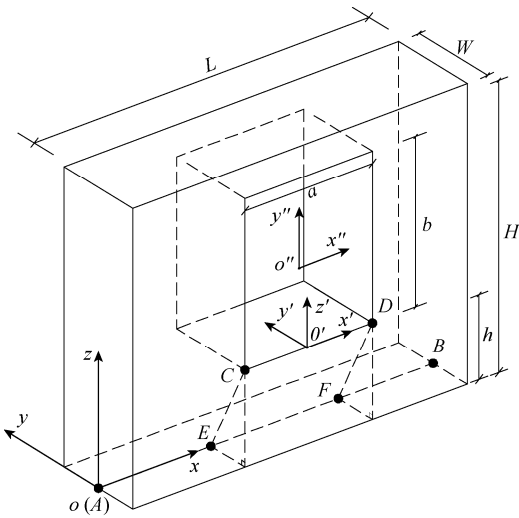


图3 墙体与开洞坐标系关联关系

表2 门窗标注点坐标

坐标系	端点C	端点D
$x''o''y''$	(C''_x, C''_y, C''_z)	(D''_x, D''_y, D''_z)
$o'-x'y'z'$	(C'_x, C'_y, C'_z)	(D'_x, D'_y, D'_z)
$o-xyz$	(C_x, C_y, C_z)	(D_x, D_y, D_z)

再将 C, D 投影到墙体轴线(与墙体局部坐标系的 x 轴重合), 投影点为 E, F , 则 E, F 坐标分别为 $(C_x, 0, 0)$ 与 $(D_x, 0, 0)$ 。

最后将墙体中的 n 个标注点统一转换至楼层坐标系下, 采用与轴网类似的信息存储方式, 即在楼层坐标系下, 平行于 x 轴的墙体标注点信息数组为 $w_x=(1.0, x_0, x_1, \dots, x_{n-1}, y_0, z)$, 平行于 y 轴的标注点信息数组为 $w_y=(-1.0, y_0, y_1, \dots, y_{n-1}, x_0, z)$ 。斜向布置的墙体可根据标注需求, 投影至楼层坐标系的2个坐标轴方向, 按 w_x 与 w_y 相同的方式存储信息。

1.3 标注信息整合

1.3.1 墙体位置判定

本文为建立符合规范的平面尺寸标注, 重点以

楼层中的外墙及其关联的门窗洞口作为标注对象。因此需要依据标注点数组区分出“外墙”和“内墙”。外墙筛选的方法是: 在相互平行的 m 片墙体中, 将墙体 i 的中点往两侧投影, 若中点只能投影到一侧墙体上, 则 i 为外墙; 若中点能同时投影到两侧墙体上, 则 i 为内墙。

在投影判断中, 记墙体 i 的标注点数组为 $w_i=(x_0, x_1, x_2, \dots, x_{n_i})$, n_i 表示数组长度。为判断墙体 k 的中点是否投影到墙体 i 上($w_i[0]=w_k[0]$), 记墙体 k 的中点坐标分量 $x_{kc}=(w_k[1]+w_k[n_k-3])/2$, 若 $w_i[1]<x_{kc}<w_i[n_i-3]$, 表明墙体 k 的中点落在墙体 i 上, 记墙体 i 为墙体 k 的“投影墙”。墙体 k 的“投影墙”集合记为 S_k 。若以楼层局部坐标系的 y 轴正方向为正北方向, 墙体 k 的类别判定依据如下:

- (1) 若对 $\forall w_i \in S_k$, 满足 $w_i[n_i-2]<w_k[n_k-2]$, 则 k 为北侧($w_k[0]=1.0$)或东侧($w_k[0]=-1.0$)外墙;
- (2) 若对 $\forall w_i \in S_k$, 满足 $w_i[n_i-2]>w_k[n_k-2]$, 则 k 为南侧($w_k[0]=1.0$)或西侧($w_k[0]=-1.0$)外墙;
- (3) 若 $\exists w_i \in S_k \wedge \exists w_j \in S_k (i \neq j)$, 满足 $w_i[n_i-2]<w_k[n_k-2]<w_j[n_j-2]$, 则 k 为内墙。

1.3.2 标注信息合并

楼层平面“东、南、西、北”四侧的外墙集合, 分别记为 S_E, S_S, S_W, S_N 。将外墙的所有标注点投影至图4所示楼层平面的外包矩形 $ABCD$ 的4条边上, 并将各边上的标注点分别整合进数组 W_E, W_S, W_W, W_N 中。下文给出整合方法。

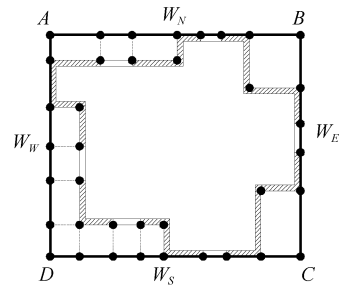


图4 楼层平面外包矩形

给定集合 S' , 记其整合后数组为 W' , 且 $W'[0]=w_0[0]$ ($w_0 \in S'$)。首先, 对 $\forall w_i \in S'$, 将 $w_i[1] \sim w_i[n_i-3]$ (n_i 为数组 w_i 的长度)依次存入 W' , 并合并重复点; 再令 $x_m = \max\{w_i[n_i-2] | w_i \in S'\}$, $z=w_0[n_0-1]$; 最后, 将 x_m, z 依次存入 W' 中。整合后的数组 W_E, W_S, W_W, W_N 形式为

$$W_E = (-1.0, x_1, x_2, \dots, x_{n_E-2}, x_{n_E-1}) \quad (6)$$

$$W_S = (1.0, x_1, x_2, \dots, x_{n_S-2}, x_{n_S-1}) \quad (7)$$

$$W_W = (-1.0, x_1, x_2, \dots, x_{n_W-2}, x_{n_W-1}) \quad (8)$$

$$W_N = (1.0, x_1, x_2, \dots, x_{n_N-2}, x_{n_N-1}) \quad (9)$$

其中 n_E, n_S, n_W, n_N 分别为 W_E, W_S, W_W, W_N 的元素数目; 数组 W_S, W_N 分别对应 DC 与 AB 上的标注点; 数组 W_W, W_E 分别对应 AD 与 BC 上的标注点。

2 基于 IFC 标准的标注对象生成

2.1 对象定义

在 IFC 标准中, 几何实体由空间定位、形状表达和关联属性 3 个部分组成。尺寸标注对象采用 IfcAnnotation 实体表达。如图 5 所示, IfcAnnotation 实体通过 ObjectPlacement 属性表达空间定位, 描述实体的局部坐标系和上级坐标系之间的相对关系; 通过 Representation 属性对应的实体 IfcProductDefinitionshape 表达几何形状。IfcProductDefinitionshape 通过 Representations 属性关联实体 IfcShapeRepresentation, 并通过 Items 属性将尺寸标注中的所有要素封装成集合。尺寸标注中的要素可分为线条和文字两类, 分别对应实体 IfcPolyline 和 IfcTextLiteralWithExtent, 并最终通过 IfcPolyline 的端点坐标(Points 属性)、IfcTextLiteralWithExtent 的内容(Literal 属性)和位置(Placement 属性)等参数表达。

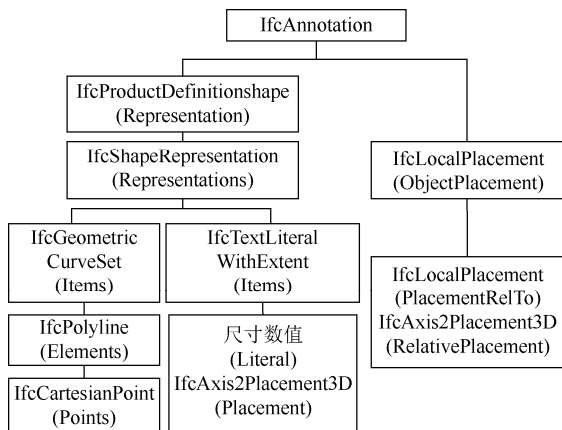


图 5 IfcAnnotation 结构

2.2 空间定位

尺寸标注对象的空间定位(ObjectPlacement)属

性对应 IfcLocalPlacement 实体。IfcLocalPlacement 通过 PlacementRelTo 属性指向局部坐标系关联的上一级坐标系; 通过 RelativePlacement 属性指向 IfcAxis2Placement 实体以建立对象的局部坐标系。

本文运用以下原则建立尺寸标注的空间定位体系: ①关联的上一级坐标系指向楼层的局部坐标系; ②令被标注对象与尺寸标注实体上下排列时, 如图 6 所示, 局部坐标系的原点定义为从左到右第一道尺寸线与尺寸界线的交点, z 轴方向与楼层坐标系的 z 轴方向平行, y 轴垂直指向被标注对象, x 轴沿尺寸线方向。图中参数 Δ_1 为尺寸偏移量, Δ_3 为尺寸界线超出尺寸线距离, $\Delta_2+\Delta_3$ 为尺寸线长度, Δ_{text} 为文字偏移量, AL 为箭头长度。

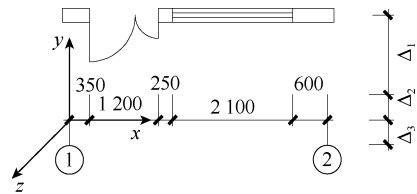


图 6 标注实体局部坐标系

以外墙为例(轴网对应的建立方式与外墙相同), 如图 7 所示, 楼层平面外墙的标注点投影至外包矩形 $ABCD$ 的四边, 标注点数组对应表达式 (6)~(9), 应建立 4 个尺寸标注对象, 各自的尺寸线分布在矩形 $EFGH$ 的四边。根据空间定位原则, 4 个尺寸标注对象局部坐标系的原点分别对应图 7 的 P_2, P_4, P_6 和 P_8 。建立数组 W_E, W_S, W_W, W_N 对应的局部坐标系(RelativePlacement 属性)的表达见表 3。

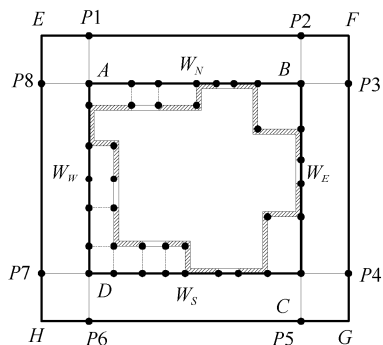


图 7 局部坐标系原点

表 3 尺寸标注局部坐标系

数组	Origin (坐标系原点)	Direction (x)	Direction (z)
W_E	$(W_E[n_E-2]+\Delta_1+\Delta_2, W_E[1], W_E[n_E-1])$	$(0.0, 1.0, 0.0)$	$(0.0, 0.0, 1.0)$
W_S	$(W_E[1], W_S[n_S-2]-\Delta_1-\Delta_2, W_S[n_S-1])$	$(1.0, 0.0, 0.0)$	$(0.0, 0.0, 1.0)$
W_W	$(W_W[n_W-2]-\Delta_1-\Delta_2, W_W[n_W-3], W_W[n_W-1])$	$(0.0, -1.0, 0.0)$	$(0.0, 0.0, 1.0)$
W_N	$(W_N[n_N-3], W_N[n_N-2]+\Delta_1+\Delta_2, W_N[n_N-1])$	$(-1.0, 0.0, 0.0)$	$(0.0, 0.0, 1.0)$

2.3 几何表达

根据对象的局部坐标系, 结合尺寸偏移量、文字偏移量、尺寸界线长度和箭头样式(本文采用与尺寸线成 θ 角且长度为 LA 的斜线)等参数, 分别建立尺寸标注对象对应的 IfcPolyline(尺寸线、尺寸界线、箭头)和 IfcTextLiteralWithExtent(标注文字)实体, 构成 IfcAnnotation 的形状表达。

IfcPolyline 通过 Points 属性关联端点坐标 (IfcCartesianPoint); IfcTextLiteralWithExtent 通过 Literal 属性关联标注文字值, 通过 Placement 属性关联文字位置。下文利用提取的楼层平面标注点数组, 得出组成尺寸标注实体的线段的端点坐标、标注文字及其位置。

给定数组 $Pt=(x_0, x_1, \cdots, x_i, \cdots, x_{n-2}, x_{n-1})$, 根据本文的标注点数组存储原则, 可知标注点数量为 $n-3$ 。为建立如图 8 所示的尺寸标注, 需要分别建立 $n-4$ 个尺寸线和标注文字对象, 及 $n-3$ 个尺寸界线和箭头对象。记尺寸线的端点分别为 $P_1, P_2, \cdots, P_i, \cdots, P_{n-3}$, 根据 Pt 类别查询表 3, 记局部坐标系原点坐标为 $(x_{origin}, y_{origin}, 0)$ 。

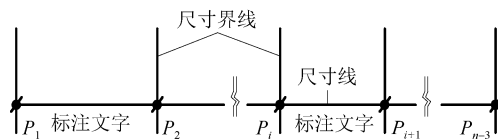


图 8 线性连续尺寸标注示意图

当 $x_0=1.0$ 时, P_i 的坐标为: $(P_{ix}, P_{iy}, P_{iz})=(|x_{origin}-x_i|, 0, 0)$; 当 $x_0=-1.0$ 时, P_i 的坐标为: $(P_{ix}, P_{iy}, P_{iz})=(|y_{origin}-x_i|, 0, 0)$ 。

记通过 P_i 的尺寸界线的端点分别为 L_{i1} 与 L_{i2} , 通过 P_i 的箭头的端点分别为 A_{i1} 与 A_{i2} , 坐标见表 4。第 i 道尺寸线上的标注文字为 $|P_{(i+1)x}-P_{ix}|$, 位置为 $((P_{ix}+P_{(i+1)x})/2, \Delta_{text}, 0)$ 。

表 4 尺寸标注界线与箭头端点坐标

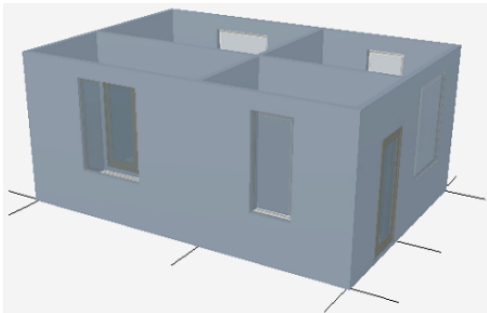
点	坐标
L_{i1}	$(P_{ix}-\Delta 1, 0)$
L_{i2}	$(P_{ix}-\Delta 2+\Delta 3, 0)$
A_{i1}	$(P_{ix}-LA \times \cos \theta, -LA \times \sin \theta, 0)$
A_{i2}	$(P_{ix}+LA \times \cos \theta, -LA \times \sin \theta, 0)$

最后, 将各个端点坐标赋值给 IfcPolyline 实体 Points 属性对应的端点 IfcCartesianPoint 实体, 将文

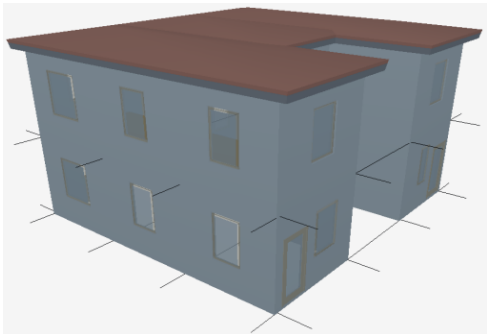
字内容和文字位置参数赋值给 IfcTextLiteralWithExtent 实体的 Literal 属性和 Placement 属性, 一起构成标注对象的形状表达。结合前文的空间定位, 共同组成完整的尺寸标注 IfcAnnotation 实体。

3 案例验证

本文的案例模型采用 ARCHICAD 软件建立, 模型表达了某建筑的一个局部楼层和一个二层小楼建筑, 并按照建筑需求在相应外墙分别布置门窗。使用 ARCHICAD 的导出功能, 将模型文件导出为 IFC 文件, 该 IFC 文件导入到上海交大 BIM 研究中心自主研发的 NMBIM 协同平台(2.0 版本)上展示, 如图 9 所示。



(a) 局部楼层三维模型

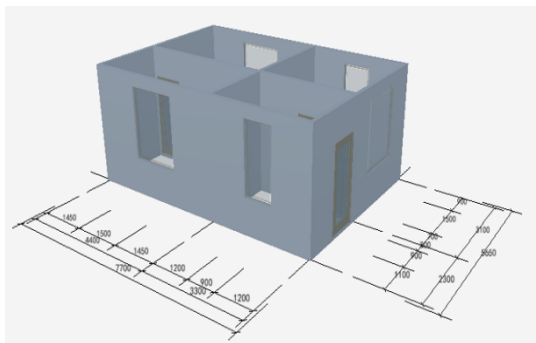


(b) 建筑整体三维模型

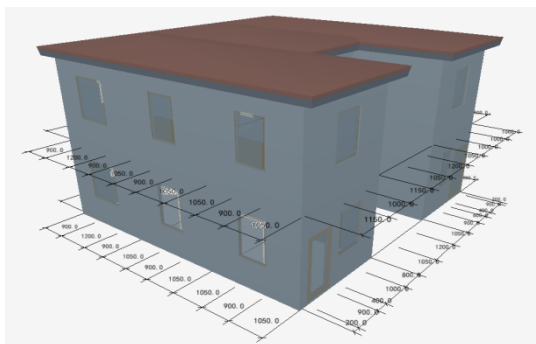
图 9 模型添加尺寸标注前

采用本文研究的方法, 形成楼层平面尺寸标注自动生成程序模块, 设置好尺寸标注样式等预设参数, 运行程序, 自动生成楼层平面尺寸标注的 IFC 文件, 和原模型文件共同打开。局部楼层模型的细部、轴线、和满外三道尺寸标注自动生成的结果如图 10(a)所示; 建筑整体 2 个楼层添加四周细部尺寸的结果如图 10(b)所示。结果表明该方法可以成功生成楼层平面 X 方向和 Y 方向的尺寸标注, 并且尺寸标注界线原点与标注点的位置一一对应, 参数正确, 样式符合要求, 可见楼层平面标注信息通过本

文提出的方法可被正确提取, 基于 IFC 标准的二维尺寸标注对象可准确表达。



(a) 局部楼层添加标注



(b) 建筑整体添加标注

图 10 模型添加尺寸标注后

4 结论与展望

本文从楼层构件平面尺寸标注信息提取和标注实体生成两个方面出发, 提出基于 IFC 标准的楼层平面尺寸标注自动生成方法, 可以得出如下结论:

(1) 通过本文提出的基于 IFC 标准的平面尺寸标注信息的提取、转换和存储的一般方法, 可使复杂的楼层模型信息得到简化。IFC 模型中轴网、墙体和门窗等构件的几何和空间位置信息可以被准确解析和提取, 并通过有效转换, 从而得出其在平面中的定位, 此方法还可应用于通过位置信息筛选楼层构件的研究。

(2) 提出了基于 IFC 标准的尺寸标注 IfcAnnotation 实体的建立方法。从空间定位和几何

表达两个方面, 得出 IfcAnnotation 实体形状的一般化表达, 并形成其与被标注对象的信息关联, 可推广至更多的平面注释自动生成方法研究。

(3) 基于 IFC 标准的尺寸标注自动生成, 不局限于专业 BIM 软件各自的数据格式, 解决了专业软件各自标注的不便和信息割裂问题, 为多专业协同设计与出图提供技术支持。

本文针对楼层平面尺寸标注自动生成进行了研究, 而基于 IFC 标准的构件剖面信息和二维图例的自动生成仍需完善。笔者目前已开展相关工作, 进一步研究基于 IFC 标准的二维剖面及图例信息自动生成方法。

参 考 文 献

- [1] 何清华, 钱丽丽, 段运峰, 等. BIM 在国内外应用的现状及障碍研究[J]. 工程管理学报, 2012, 26(1): 12-16.
- [2] 赖华辉, 邓雪原, 刘西拉. 基于 IFC 标准的 BIM 数据共享与交换[J]. 土木工程学报, 2018, 51(4): 121-128.
- [3] 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.
- [4] National Institute of Building Sciences. National building information modeling standard version 3 [S/OL]. [2019-03-21]. <https://www.nationalbimstandard.org/nbims-us>.
- [5] 黄静菲, 赖华辉, 邓雪原. 基于 IFC 标准的施工图注释自动生成方法研究[J]. 图学学报, 2017, 38(5): 760-766.
- [6] KIM I, SEO J. 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.
- [7] 陈远, 逯瑶. 基于 IFC 标准的 BIM 模型空间结构组成与程序解析[J]. 计算机应用与软件, 2018, 35(4): 162-167, 194.
- [8] 满庆鹏, 孙成双. 基于 IFC 标准的建筑施工信息模型[J]. 土木工程学报, 2011, 44(S1): 239-243.
- [9] 王勇, 张建平. 基于建筑信息模型的建筑结构施工图设计[J]. 华南理工大学学报: 自然科学版, 2013, 41(3): 76-82.
- [10] KIM I, LEE M, CHOI J, et al. Development of an application to generate 2D drawings in automation using open BIM technologies [J]. Korean Journal of Computational Design and Engineering, 2016, 21(4): 417-425.