

建筑铝模板安装施工图自动标注方法研究

王雪巍, 盛步云, 张 云, 刘远志

(武汉理工大学机电工程学院, 湖北 武汉 430070)

摘 要: 目前建筑铝模板行业施工人员主要根据二维安装施工图拼装铝模板, 针对铝模板数量多, 种类多, 模板零件标注工作量大且布局混乱等问题, 研究了铝模板安装施工图的自动标注方法。首先建立铝模板和标注信息模型; 提出零件配合信息搜索方法, 找出与配件配合的零件; 提出零件空间层级划分方法, 判断出零件在空间的层级位置; 提出标注信息平行显示方法, 计算标注的偏移角度; 最后提出文本信息自动标注及布局方法, 实现铝模板安装施工图的文字自动标注。通过实例分析表明, 该方法减少了铝模板安装施工图的标注工作量, 提高了设计效率和图纸质量, 在生产实际中获得了应用。

关 键 词: 铝模板; 安装施工图; 信息模型; 自动标注; 布局优化

中图分类号: TP 391.72; TP302.4 **DOI:** 10.11996/JGJ.2095-302X.2019061130

文献标识码: A

文 章 编 号: 2095-302X(2019)06-1130-07

Research on Automatic Labeling Method of Architectural Aluminum Formwork Installation Drawing

WANG Xue-wei, SHENG Bu-yun, ZHANG Yun, LIU Yuan-zhi

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan Hubei 430070, China)

Abstract: Currently, the construction workers in the aluminum formwork industry mainly assemble aluminum formwork according to the two-dimensional installation and construction drawings. In view of the large number and numerous types of aluminum templates, the large workload of marking the template parts and the chaotic layout, the present study focused on the automatic labeling method of aluminum formwork construction drawing. Firstly, the aluminum template and the annotation information model are established. The part matching information search method is proposed to find the parts that match the fittings. The method of dividing the parts space level is proposed to determine the position of the parts in the space. The parallel display method of the label information is presented to calculate the offset angle of the annotation. Finally the automatic text labeling and layout method is proposed to achieve automatic labeling of aluminum template installation and construction drawings. The example analysis shows that the method greatly reduces the workload of the aluminum formwork construction drawing, improves the design efficiency and the drawing quality, and has been put to production practice.

Keywords: aluminum formwork; installation and construction drawings; information model; automatic labeling; layout optimization

收稿日期: 2019-07-23; 定稿日期: 2019-09-10

基金项目: 国家重点研发计划项目(NO. 2016YFB1101700)

第一作者: 王雪巍(1995-), 男, 湖北宜昌人, 硕士研究生。主要研究方向为制造系统集成与信息化技术。E-mail: 1270851139@qq.com

通信作者: 盛步云(1964-), 男, 湖南华容人, 教授, 博士, 博士生导师。主要研究方向为网络数字化、制造自动化。E-mail: shengby@whut.edu.cn

建筑铝合金模板是一种建筑施工的混凝土成型模具,是一种装配式新型建筑模板体系,也是目前国内正在大力推广的绿色节能建筑材料^[1]。随着计算机辅助工程(computer aided engineering, CAE)和计算机辅助制造(computer aided manufacturing, CAM)技术的发展,许多专家学者研究在计算机三维软件上实现建筑铝合金模板的设计,铝模板逐渐从传统二维设计向三维设计进行转变,目前国内很多铝模板企业已经实现三维数字化设计,采用“三维设计,二维出图”的设计模式^[2]。在铝模板工程领域,铝模板企业依靠三维模型指导现场拼装还不现实,仍然采用建筑铝模板安装施工图进行拼装^[3]。安装施工图需要包含所有铝模板的信息,标注内容为铝模板的文字信息,多采用平法表示,且标注信息的位置要准确、清晰和美观,考虑铝模板零件数量众多,空间层次结构较复杂,因此研究安装施工图的自动标注意义重大。目前,主流的CAD软件,例如SolidWorks,UG,Pro/E都有工程图自动标注模块,但是在由三维模型出二维工程图时,因没有充分考虑布局等因素,自带的零部件序号自动标注功能无法实现智能有序布局,导致标注结果不符合相关标准^[4]。如何实现铝模板安装施工图的自动标注已成为铝模板企业的迫切需求。

利用三维模型出工程图,并实现自动标注,国内外学者已作了大量的研究。LI等^[5]采用动态编程技术,针对用户选择的标准,确定尺寸标签的最佳位置。KELLY等^[6]提出了一套交互式尺寸标注的设计原则,用一种新的算法实现交互地放置尺寸线,在机械模型的交互式参数化建模环境中自动标注。CHEN等^[7]提出了基于尺寸特征提取的尺寸自动标注方法,通过零件中点、线、面的各种拓扑关系来判断可能产生的尺寸冗余,提出了机械特征、拓扑特征、几何特征等尺寸特征概念。李末等^[8]针对设计人员在绘制工程图样过程中,尺寸标注繁多、工作量大、易出错的特点,基于SolidWorks提供的API接口,实现了对工程视图尺寸标注的自动生成。欧阳世嘉等^[9]针对三维参数化模型的工程图,提出了一种尺寸自动标注与布局的算法,对自动标注有一定的借鉴意义。黄浪等^[10]针对定型模板,基于特征提取,在UG平台开发了定型模工程图自动标注系统。卢远志等^[11]提出基于排样思想的尺寸防干涉算法,通过建立防干涉最优化模型,实现模具零件的自动标注。

上述研究方法对实现工程图自动标注与布局做出了积极的探索和研究,但大多只针对某些特定形状的零件有较好的结果,还无法很好地用于铝模板安装施工图。鉴于此,在现有研究基础上,本文提出一种自动标注及布局的方法。首先对铝模板信息模型和标注信息模型表达,并结合铝模板的特点和设计规范,建立标注规范知识库;提出零件配合信息搜索方法,找出与配件配合的零件;提出零件空间层级划分方法,判断出零件在空间的层级位置;提出标注信息平行显示方法,得到标注的偏移角度;最后提出文本信息自动标注及布局方法,实现铝模板安装施工图的文字自动标注。本文方法极大地减少了设计人员的工作量,有效提高了铝模板安装施工图的设计效率和设计质量。

1 问题描述

在建筑铝模板行业,施工人员需要根据铝模板安装施工图,在正确的位置安装对应的零件,从而拼装成完整的建筑模型。铝模板施工安装图不同于零件图,零件图的标注以尺寸标注为主,而安装施工图标注的主要内容是装配体中的各个零部件的信息和位置,即零件信息和定位信息。其中定位信息可以根据建筑设计图纸来获取,所以主要是对零件信息进行标注,标注的内容主要是文字注释,通过标注在铝模板零件的旁边达到对铝模板解释说明的作用。由于铝模板装配体中零件数量巨大,零件种类多,标注的工作量巨大且布局混乱,使用人工标注会限制铝模板的出图效率和质量。因此,研究建筑铝模板安装施工图的自动标注方法意义重大。

为满足实际的安装过程,安装施工图自动标注需要达到以下基本标准:

- (1) 标注与其他标注没有重叠。
- (2) 每个标注信息可以准确的表达一块铝模板零件。
- (3) 标注文字与对应零件保持一一对应,位置贴近所标注的零件,尽量标注在空白区域。
- (4) 标注的格式必须满足设计人员和施工人员制定的规范。

铝模板安装施工图主要通过平面视图表达,标注信息集中显示在单视图上,标注的数量多,与其他标注很容易重叠;同时,零件在空间结构复杂,可能存在层叠,投影到工程图就会产生重叠。由此

可见,采用传统的自动标注方法,很难满足上面提及的标注标准。

2 铝模板及标注信息模型表达

2.1 铝模板信息模型表达

铝模板作为混凝土的成型模具,主要由铝合金型材和板材组成。铝模板作为装配体中的基本单元,构建铝模板信息模型是非常有必要的。铝模板信息包括基本信息、空间特征、属性信息和标注信

息,表示为

$$D_F = \{Part_f, Fet_f, Att_f, Lab_f\} \quad (1)$$

其中, $Part_f$ 为铝模板的基本信息,包括模板名称、模板规格、模块等; Fet_f 为模板的空间特征信息,包括空间位置、最小包围盒、父结构模板; Att_f 为模板属性信息,包括模板包裹编号、模板类型、投影区域; Lab_f 为模板标注信息,包括标注名称、位置、方向、颜色等。图 1 显示铝模板信息模型中所包含的信息。

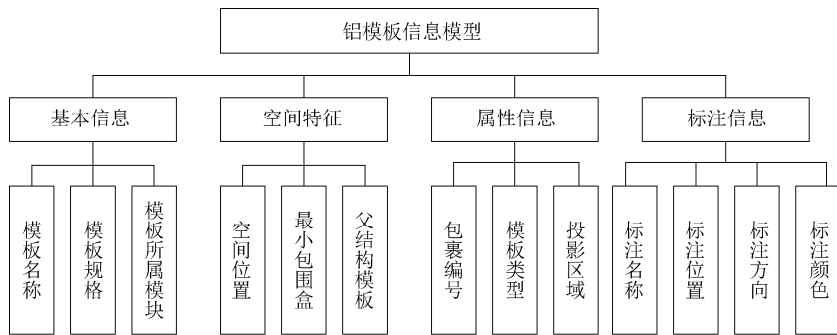


图 1 铝模板信息模型

2.2 标注信息模型表达

通过分析建筑铝模板安装施工图标注特点可知,标注几何信息 $L|Geo$ 可以用一个五元组表示,包括标注文本($Text$)、标注区域(Reg)、标注方向(Dir)、标注位置(Pos)和标注颜色(Col),即

$$L | Geo = \{Text, Reg, Dir, Pos, Col\} \quad (2)$$

标注的信息模型 $L|Topo$ 可表示为

$$L | Topo = F(D_F, Rule) \quad (3)$$

其中, D_F 为铝模板信息模型; $Rule$ 为标注规则知识库,通过铝模板信息模型和标注规则知识库可以求解出标注信息模型,标注信息模型如图 2 所示。

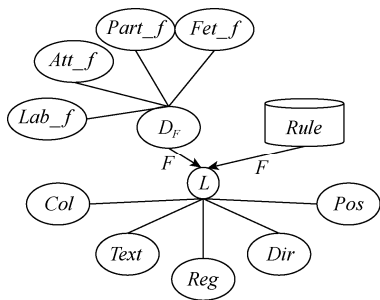


图 2 标注信息模型

3 安装施工图自动标注关键技术分析

3.1 铝模板零件配合信息搜索方法

铝模板系统中的配件是安装过程中不可缺少

的零件,主要含有压槽、启口、滴水线、固定片、水管槽、栏杆杯口。配件是用来使混凝土成型后,形成特殊的缺口,达到建筑设计的要求。例如固定片主要用于安装窗户时固定窗框,避免后期抹灰突出而影响整体抹灰高度。在铝模板工程领域,配件都是贴在铝模板零件表面,以所配合的零件为基准进行安装,因此在安装施工图中,配件的标注和相应的零件的标注应放在一起,方便安装。

铝模板零件和配件配合采用面面接触配合,与配件接触配合的零件可能是铝模板零件,也可能是其他配件,本文采用层次结构树表示铝模板零件和配件的配合关系,层次结构清晰,可以降低装配体复杂度。树结构层次模型图如图 3 所示,铝模板零件作为配件的根节点,例如第一个分支表示,配件 1、配件 2 都与零件 1 面面接触配合,以零件 1 为基准安装。

因为铝模板零件相比配件数量巨大,为了精准搜索所有配件的配合信息,本文设定铝模板零件为第一优先级,配件为次优先级,即配件优先考虑与铝模板零件面面接触,如果没有符合要求的零件,再考虑与其他配件的面面接触。搜索方法流程如图 4 所示,具体搜索方法如下:

步骤 1. 遍历装配体的特征树,将铝模板零件和配件分别储存到集合 $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ 和集合

据扫描的顺序, 以此分层, 并记录所属层数的下标 $Index$, 第一个扫描的零件 $P1.Index$ 为 1, 依次递增。

步骤 4. 将已经扫描过的零件 P_i , 从零件集合中 P 删除, 更新集合 P 。

步骤 5. 继续重复步骤 2, 直至集合 P 中的零件数目为零。

3.3 零件标注信息平行显示方法

铝模板安装施工图分部位出图, 不同部位的结构特征不同。对于空间结构简单的装配体, 出上视图即可。对于空间结构复杂的装配体, 采用先爆炸视图, 最后出轴侧视图, 尽量使安装图直观、无歧义。零件通过投影到二维图, 零件在不同视图的二维图中位置不同, 随着铝模板零件的旋转会出现标注信息翻转、偏移等问题。为了实现标注信息的准确显示, 本文提出了水平显示, 即标注文字与零件边轮廓平行, 先利用矩阵变换计算零件端点在二维图中的坐标, 再通过向量计算出零件标注偏移角度, 保证文字平行显示。

零件从三维空间投影到二维平面, 图形会发生变化。图形由线框构成, 线由若干点组成, 所以计算投影之后的点坐标就能确定图形, 从而确定标注位置。标注信息平行显示的示意图如图 6 所示, 方法具体如下:

步骤 1. 通过 CAD 软件的 API 函数获取当前视图的投影变换矩阵 T , 即

$$T = \begin{bmatrix} x_{rx} & x_{ry} & x_{rz} & x_p \\ y_{rx} & y_{ry} & y_{rz} & y_p \\ z_{rx} & z_{ry} & z_{rz} & z_p \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

其中, (x_{rx}, y_{rx}, z_{rx}) , (x_{ry}, y_{ry}, z_{ry}) , (x_{rz}, y_{rz}, z_{rz}) 分别为零部件绕坐标轴 X , Y , Z 轴的旋转向量, (x_p, y_p, z_p) 为位置向量。

步骤 2. 获取零件三维空间中的端点 $A(x_a, y_a, z_a)$ 和 $B(x_b, y_b, z_b)$, 通过矩阵 T 坐标变换, 计算端点 A 和 B 在图纸中的坐标 $A'(x_a, y_a)$ 和 $B'(x_b, y_b)$ 。

$$\begin{bmatrix} x_a \\ y_a \\ z_a \\ m_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{rx} & x_{ry} & x_{rz} & x_p \\ y_{rx} & y_{ry} & y_{rz} & y_p \\ z_{rx} & z_{ry} & z_{rz} & z_p \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_a \\ y_a \\ z_a \\ 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

步骤 3. 求出边线的向量 $\overrightarrow{AB} = (x_b - x_a, y_b - y_a)$, 并单位化, 得到单位向量 $\bar{e} = (x_e, y_e)$ 。

$$\bar{e} = \left(\frac{x_b - x_a}{\sqrt{(x_b - x_a)^2 + (y_b - y_a)^2}}, \frac{y_b - y_a}{\sqrt{(x_b - x_a)^2 + (y_b - y_a)^2}} \right) \quad (6)$$

步骤 4. 并计算向量 $\bar{e}$ 与 X 轴正向单位向量 $\bar{E} = (1, 0)$ 的夹角的绝对值, 即为向量的偏移角度 α 。

$$\alpha = \left| \arcsin \left(\frac{\bar{e} \cdot \bar{E}}{|\bar{e}| \cdot |\bar{E}|} \right) \right| = \arcsin(|e_x|) \quad (7)$$

步骤 5. 根据向量的坐标, 计算其所属的象限区域, 然后计算标注文字的偏移角度 β , 即

$$\beta = \begin{cases} \alpha, & x_e \geq 0, y_e \geq 0 \text{ 或 } x_e \leq 0, y_e \leq 0 \\ -\alpha, & x_e > 0, y_e < 0 \text{ 或 } x_e < 0, y_e > 0 \end{cases} \quad (8)$$

步骤 6. 将标注文字按计偏移角度 β 摆放, 实现标注信息的平行显示。

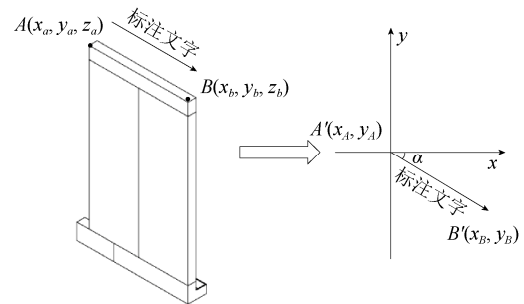


图 6 标注信息平行显示示意图

3.4 铝模板文本信息自动标注及布局方法

对铝模板而言, 标注对象是普板、直 C 槽、转角 C 槽、底笼、固顶、墙板、角铝、固定片、企口等, 不同类型的零件标注规则不同, 根据零件类型对零件进行文字信息标注。结合前文提到的信息模型, 分别对上述零件的信息模型表达; 通过零件配合信息搜索方法, 找出与配件配合的零件; 通过零件空间层级划分方法, 判断出零件在空间的层级位置; 通过标注信息平行显示方法, 得到标注的偏移角度; 最后通过匹配标注规范知识库求解标注信息模型, 实现零件信息自动标注。同时, 零件在空间可能存在重叠, 故还需要对这些标注文字进行移动, 避免重叠, 进行合理布局, 自动标注及布局方法如下:

步骤 1. 遍历零件集合 $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$, 对每个零件的信息模型表达 $D_{Fi}(i=1, 2, \dots, n)$ 。

步骤 2. 识别装配体部位, 找到对应部位的标注规范知识库 $Data$ 。

步骤 3. 遍历集合 P , 判断零件 $P_i(i=1, 2, \dots, n)$ 的零件类型, 匹配知识库 $Data$ 中该类型零件的规

则，求解标注信息模型 $L_{P_i} | Geo$ 。

步骤 4. 以零件最小包络体左下角点的坐标为判断基准，按 x,y 值从小到大将零件集合 P 排序，得到新的集合 $G = \{G_1, G_2, \dots, G_n\}$ 。

步骤 5. 遍历集合 G ，借助 CAD 软件的 API 函数，依次将零件 G_i 的标注信息 $L | Geo$ 自动标注到工程图纸上。对空间重叠的零件，所属层下标为 $Index$ ，将其文字标注位置移动 $height = Index \times 70$ 。

其中，安装施工图自动标注及布局方法流程如图 7 所示，该方法有效避免了标注文本的重叠和干涉，不仅提高了出图效率而且提高了图纸质量。

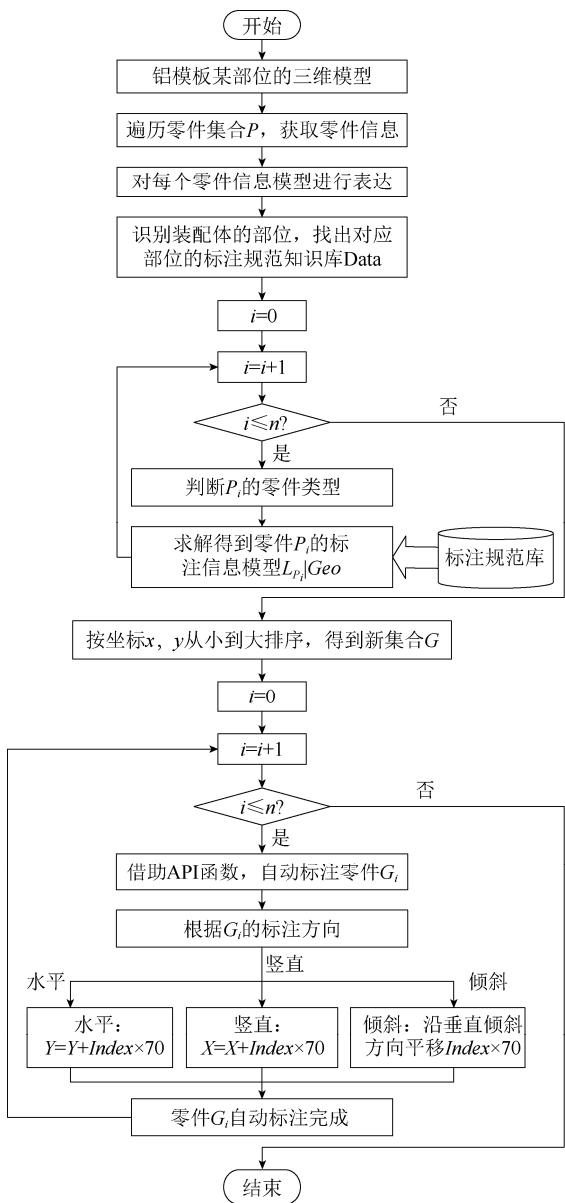


图 7 自动标注及布局流程图

4 应用实例

为了验证本文方法的有效性，以国内某一建筑

科技公司铝模板楼面和节点部位为例，运用本文描述的自动标注方法，通过二次开发技术在 SolidWorks 平台上得以实现，并取得了令人满意的结果。

节点部位主要零件类型有普板、直 C 槽、固定片、企口、滴水线等，零件数量相较其他部位偏多，且零件配合比较密集，要求标注的文字不重叠，在工程中通过等轴侧视图可以最完整地展现所有零件。窗户节点部位的三维模型及其自动标注的安装施工图如图 8 所示，可以看出自动标注的文本信息没有发生重叠，且空间重叠的零件的标注分层显示，满足安装施工图的设计规范，使铝模板零件与信息表达更加简洁、清晰、有条理，提高了图纸的出图效率和质量。

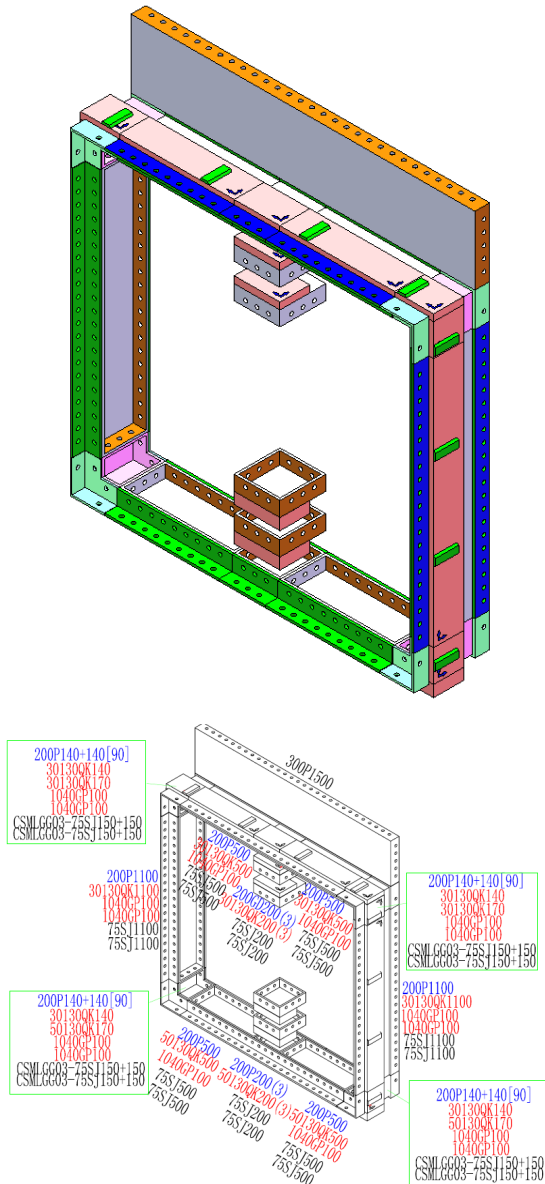


图 8 窗户节点三维模型及其自动标注的安装施工图

本文方法在铝模板设计领域是一个比较全新的算法,与其他领域的二维图自动标注算法相比,该算法的先进性主要表现为:①考虑空间层叠的零件,实现重合的零件分层标注;②对于正视图、等轴侧视图等,实现标注的平行显示。同时本文对标注耗时进行了统计,对于实例中的模型,该算法自动标注的总平均耗时 1 min,而使用软件的标注功能,再手动调整标注平均耗时 10 min,而且无法达到自动标注的效果。因此,该自动标注算法具有先进性和高效性。

5 结 束 语

本文针对铝模板三维转二维安装施工图工作量大、效率低的问题,结合铝模板零件的特点,提出铝模板安装施工图自动标注的实现方法,为铝模板行业安装施工图自动标注提供了一些借鉴。基本实现了建筑铝模板楼面、墙、梁、节点等部位的自动标注,减少大量的人工操作,提高图纸的质量。然而,由于有些局部位置结构复杂、零件众多,标注位置计算会有误差,造成少量标注信息重叠,需要人工干预调整。在未来的研究工作中,还将进一步与企业实际相结合,改进自动标注的方法。比如将多个简单零件组合成一个装配体,把这些零件作为一个个体标注,减少标注的数量;或者优化设计,使装配体的结构更简单,减少零件出现重叠的概率,进一步提高铝模板安装施工图生产效率和质量。

参 考 文 献

- [1] 罗丽莎. 铝模板技术在澳门某高层建筑中的应用研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2016.
- [2] 高光林, 郑文君. 基于 BIM 技术的铝合金模板设计软件研究与开发[J]. 土木建筑工程信息技术, 2018, 10(1): 74-77.
- [3] 苗志民. 基于知识重用的建筑铝模板智能设计技术研究及系统实现[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2018.
- [4] 王福胜, 沈建新. 二维装配图零部件序号标注智能布局方法[J]. 图学学报, 2015, 36(1): 139-142.
- [5] LI C L, LEE Y H, YU K M. Automatic datum dimensioning for plastic injection mould design and manufacturing [J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2006, 28(3-4): 370-378.
- [6] KELLY T, WONKA P, MUELLER P. Interactive dimensioning of parametric models [J]. Computer Graphics Forum, 2015, 34(2): 117-129.
- [7] CHEN K Z, FENG X A, LU Q S. Intelligent dimensioning for mechanical parts based on feature extraction [J]. Computer-Aided Design, 2001, 33(13): 949-965.
- [8] 李末, 王欣, 许滨, 等. 基于 SolidWorks 的工程图尺寸标注自动生成研究与应用[J]. 机械设计, 2013, 30(11): 73-76.
- [9] 欧阳世嘉, 牛强, 柳伟, 等. 基于三维参数化模型的工程图尺寸自动标注与布局[J]. 模具工业, 2014, 40(2): 17-22.
- [10] 黄浪, 郭顺生, 唐红涛, 等. 基于 UG 的定型模工程图自动标注研究[J]. 图学学报, 2016, 37(5): 639-647.
- [11] 卢远志, 钟志华, 文桂林, 等. 基于级域搜索思想模具零件尺寸自动标注方法[J]. 湖南大学学报: 自然科学版, 2009, 36(9): 27-30.