

文章编号: 1005-0523(2005)01-0086-03

基于特征和表达式运算的参数化绘图研究

石林祥, 贺海晖, 魏淑桃

(上海第二工业大学 计算机与信息学院, 上海, 201206)

摘要: 针对门窗立面图形绘制的自动参数化水平不高, 利用特征造型的基本原理, 结合表达式运算, 本文定义了门窗立面的数据结构, 并以此为基础, 实现了门窗 CAD 系统图形的尺寸驱动和自动参数化. 讨论了详细的算法, 并指出了该算法尚需继续深化之处.

关 键 词: 门窗 CAD; 特征造型; 表达式运算; 参数化绘图

中图分类号: TP391.7

文献标识码: A

1 引 言

有关图形参数化方法的发展由来已久, 并且已经提出了很多参数化方法, 不同的研究方法在约束的表达和求解上各有千秋, 在尺寸驱动上也各有所长. 现在存在的参数化方法主要有基本途径、代数方法和基于人工智能的方法. 基本途径法编程工作量较大; 代数方法通用性好, 但需用户输入充分且一致的几何约束; 人工智能方法系统较庞大, 且难以处理循环约束情况. 上面几种参数化方法基本上都是封闭的, 对于扩充不是十分方便.

门窗设计的特点是图形比较简单, 约束也比较简单, 同时门窗产品的变化比较大, 需要整个参数化过程对使用者开放, 据此本文提出了一种通过特征造型与表达式求解驱动的门窗设计参数化方法, 该方法运算速度比较快, 而且能够满足门窗设计的要求.

2 特征造型和表达式运算的基本原理

特征造型是最近几年发展迅速的一种造型方

式. 传统的几何造型技术, 仅仅表明了零件低层次的几何信息(点、线、面和体的拓扑关系), 而没有表达零件设计、加工、制造这一零件生命周期的高层次信息. 特征造型则克服了这一缺点. 特征是含有特定的设计和制造内涵的信息集合, 是一组相互关联的几何实体及其属性所构成的特定形状, 且具有一定的设计和制造含义. 特征信息应包括形状信息、精度信息、材料信息、技术信息、管理信息等. 其中形状是产品设计制造人员考虑问题的焦点, 通常也是其它信息的载体.

门窗设计采用一种过程式的参数化途径, 即在图形设计过程中记录对图形的操作. 根据尺寸对图形的约束信息生成描述每一个图形元素的表达式, 最后根据表达式求解来驱动整个图形的重新生成.

3 基于特征与表达式运算的参数化绘图技术的实现

以图 1 的窗型为例, 基于特征造型和表达式的参数化设计的具体实现方法如下.

3.1 对门窗图形进行特征分解, 编写图元 Lisp 程序包

首先根据门窗加工工艺特征, 将图 1 中的左边的

收稿日期: 2004-11-08

作者简介: 石林祥(1972-), 男, 工学硕士, 工程师.

中国知网 <https://www.cnki.net>

立面图形分解为加工一个外框(矩形)、三个中挺(三条直线)、两个扇(矩形带两条斜线)组成.我们称右边的简单图形为图元,按有关标准我们共抽取了 80 个左右的图元,实践证明 80 个图元足以拼接成包括异型窗在内的几乎所有窗型.抽取图元后,我们再把各图元特征参数化,例如外框的参数为起点位置 x,y ,框宽 A 和框高 B 等.编写各图元的 Lisp 函数为一程序包,外框图元特征参数化 Rectab 函数如下:

```
(defun Rectab(p _x1 p _y1 p _a p _b / pt1 pt2 pt3 pt4)
  (setq pt1 (list p _x1 p _y1))
  (setq pt2 (list (+ p _x1 p _a) p _y1))
  (setq pt3 (list (+ p _x1 p _a) (+ p _y1 p _b)))
  (setq pt4 (list p _x1 (+ p _y1 p _b)))
  (command "line" pt1 pt2 pt3 pt4 "c"))
```

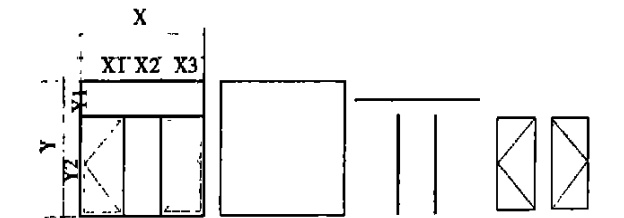


图 1 窗型的特征造型

3.2 建立基于表达式的窗型特征数据库

参数化设计的关键在于约束关系的建立,由于建筑门窗设计图形比较简单,可通过草图设计过程记录图形各个元素之间的几何约束以及尺寸标注时的尺寸约束,根据尺寸和与其相关联着的几何图素之间的关系,同时借助于相关几何约束信息生成描述图形的尺寸链和描述图素的表达式.

比如图 1 所示,横挺的基点(左边点) X 坐标靠矩形外框的 X 坐标约束, Y 坐标由矩形外框的 Y 坐标以及尺寸 $Y2$ 约束,其表认为(其中 $P1X,P1Y$ 为外框的左下角坐标, $P2X,P2Y$ 为横挺的基点坐标):

$$P2X=P1X$$
$$P2Y=P1Y+Y2$$

在获得了 $P1X,P1Y$ 以及 $Y2$ 的值后,通过对 $P2X$ 和 $P2Y$ 的表达式求解就可以计算出横挺的位置坐标.同样的道理,左边的竖挺的基点坐标($P3X,P3Y$)由外框的坐标约束,其表达式为:

$$P3X=P1X+X1$$
$$P3Y=P1Y$$

右边的竖挺的基点坐标($P4X,P4Y$)由外框的坐标约束,其表达式为:

$$P4X=P1X+X-X3$$
$$P4Y=P1Y$$

由此类推,可以驱动图形中所有图形元素的大小和位置,从而完成整个图形的驱动.可以看出整个图形的参数化处理都转化成了表达式的处理,通过对图形几何约束的转换和尺寸约束的处理,就可以生成描述图形元素大小和位置的表达式,图形元素之间的关系都靠表达式描述解决.按上述方法建立的特征数据库如表 1 所示.

表 1 窗型图形特征数据库

窗型名称	绘图顺序	特征码	特征参数	说明
WP001	0	6	$X,y,x1,x2,x3,y1,y2$	变量列表
WP001	1	Rectab	$0,0,x,y1+y2$	以 $0,0$ 开始,画宽 x 高 $y1+y2$ 的外框
WP001	2	L12	$X1,0,x1,y2$	以两端点位置画左边竖挺
WP001	3	L12	$X1+x2,0,x1+x2,y2$	以两端点位置画右边竖挺
WP001	4	L12	$0,y2,x,y2$	以两端点位置画横挺
WP001	5	PKSL	$0,0,x1,y2$	以 $0,0$ 为起点画宽 $x1$ 高 $y2$ 的左扇
WP001	6	PKSR	$X1+x2,0,x3,y2$	以 $x1+x2,0$ 为起点画宽 $x3$ 高 $y2$ 的右扇
WP001	7	Hdim	$0,y1+y2,x,y1+y2,@x$	标注横向尺寸 x
WP001	8	Vdim	$0,0,0,y2,@y2$	标注竖向尺寸 $y2$
WP001	9	...	...	...

3.3 求解窗型图形特征数据库中的表达式,驱动整个窗型

形成描述图形元素大小和位置的数学表达式之后,可以对整个参数的表达式求解并进行图形参数化驱动.在门窗图形的参数化求解过程中,采用了一个变量表存贮所有与表达式求解有关并且可以修改的变量值,同时表达式中使用到的所有变量都必须在变量表中进行定义.

求解一个表达式的过程,首先是进行语法和词法分析,分离出常量、变量、运算符和函数等基本运算单元,然后将表达式中的变量用变量表中的变量值替换后计算出函数值和最终表达式的值.

在表达式的语法和词法分析中采用链表来存放分析后的基本运算单元,同时在分析过程中对表达式进行基本的语法检查,比如括弧是否配对等错误.于是结果链表中存放经过分离后基本语法正确的常量、变量等等.例如表达式

$$2*((X-X1)+(Y-Y1))$$

其经过语法和词法分析后的链表如下所示,每

个链单元存放了一个基本运算单元,同时检查基本语法错误.

$$2 \rightarrow * \rightarrow (\rightarrow (\rightarrow X \rightarrow - \rightarrow X1 \rightarrow) \rightarrow + \rightarrow (\rightarrow Y \rightarrow - \rightarrow Y1 \rightarrow) \rightarrow)$$

变量替换时用变量表中的变量值替换表达式链表中相应项.替换过程中根据链表涉及的变量扫描变量表,如果链表中的变量在变量表中不存在则可以判断表达式中的该变量没有定义,如果找到相应的变量则将实际值在链表中替换.经过变量替换后链表中应该只剩下常数和函数.变量替换中,可能出现表达式嵌套的情况,就是该表达式中的变量又是另外一个表达式,这种情况采用类似递归的方法处理,即在变量替换时将当前表达式压入堆栈,转而开始计算嵌套的表达式,嵌套表达式计算完毕后再返回原有计算的表达式.

函数计算时考虑到函数中可能嵌套另外的函数,因此采用一个二叉树来进行计算.函数计算完毕后会得到一个具体的数值,将该数值放入原来的链表,并且在原有链表中清除与函数计算相关的链表节点后整个表达式链表中就只剩下常数和操作符.

综上所述,运用基于表达式的参数化方法,将图形元素的各种约束转换成表达图素大小和位置的参数表达式,并将表达式和表达式中所涉及到的变量均分别存贮于相应数据库中.在生成门窗图形的过程中,直接对数据库进行操作,通过对具体门窗图形的图形表达式和尺寸标注表达式求解,根据计算结果进行尺寸驱动,就可生成相应的图形和标注.因此它具有很好的交互性和开放性,用户可以利用绘图系统的交互功能修改图形及其属性,进而控制参数化的过程;同时,可以根据以后的门窗发展趋势来丰富整个设计图库,只需增加、删除或修改数据库中的参数表达式就可以满足今后设计新

产品的要求,使整个设计系统不会因为门窗产品的发展而落伍;与其他参数化方法相比较,此方法具有简单、方便、易开发使用的特点.使用者还可以通过填写特征数据库开发新的窗型.实践证明该方法方便、有效.

4 结束语

本文所提出的算法,已在 AutoCAD 环境用 Lisp 和 Visual Basic 语言实现,成功地应用我们自行开发的建筑门窗智能 CAD 系统中.实践表明,本算法运行速度较快,且可靠性较高.本文所提出的算法与国内外现有的自动参数化的算法相比,计算量小,输入门窗的基本参数后基本不需要人工的干预即可实现自动标注尺寸、尺寸驱动和自动参数化等,且算法具有一定的通用性.但算法还有几处待深入研究之处:

- 扩展算法,使之应用于适用于其他非门窗类图形的绘制.

- 算法中用于立面的特征造型数据库需人工输入,智能化程度不高,如何借助人工智能的方法得到特征参数是个值得研究的课题.

参考文献:

- [1] 尹建伟,陈刚,董金祥.基于特征造型的轴类零件的自动参数化绘图方法[J].计算机辅助设计与图形学学报,2000,12(3).
- [2] 顾晓华,仲梁维.基于知识工程的参数化设计[J].机械设计与制造工程,2001,30(4).
- [3] 平雪良,朱广平,周来水.一种新的参数化设计方法[J].东南大学学报,1997,27(5).
- [4] 方卫宁,邹华.基于图纸理解的图形参数驱动的研究.计算机应用,2001,21(8).

Research of the Parametric Drawing Based on Feature Modeling and Expression Solution

SHI Lin-xiang, HE Hai-hui, WEI Shu-tao

(Shanghai Second Polytechnic University, Shanghai 201206 China)

Abstract: Based on principles of feature modeling and expression solution, a new approach of parametric drawing is presented. Firstly it defines the data structure of windows profile, then a general algorithm about parametric drawing, dimension driven is introduced. At last it points out some problem under.

Key words: windows and door CAD; feature modeling; expression solution; parametric drawing