

# 尺寸标注的动态编辑与自适应处理算法<sup>\*</sup>

张树有 谭建荣 彭群生 李月

(浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室 杭州 310027)

**摘要** 针对目前交互或参数化设计中尺寸标注存在的不足,通过对视图标注域的分区,关联尺寸的提取及自动分层,实现了删除、插入及参数修改而引起尺寸包容性变化等问题的自适应处理。

**关键词** 尺寸标注,尺寸修改,自适应处理。

**中图法分类号** TP391

使用文字处理系统编排汉字(字符)时,在某处删除或插入一些汉字,系统具有自动编排功能。然而,通过 CAD 图形支撑系统对尺寸进行删除或插入时,却很不方便,如图 1(a),(b)所示,当要在 A,B 尺寸之间插入一尺寸 B' 时,则需将尺寸 B,C 往图形外侧移动后才能标注尺寸 B'。在图 1(b)中,若尺寸 B' 在其他视图中已标注,要删除尺寸 B',则尺寸 B,C 同样需要重新进行调整。由于工程图尺寸的复杂多变,尤其是随着图形参数化研究的不断深入,对尺寸标注提出了更高的要求。图 2(a)中,当尺寸 20 改为 10 时,通过尺寸驱动图形,图形发生了变化,然而尺寸却在产生图 2(b)的不合理标注状况。因而,CAD 系统如何实现尺寸标注的自适应处理,以满足尺寸修改与图形系列化变化的要求,这无论对交互还是交互参数化 CAD 都具有重要意义。<sup>[1,2]</sup>

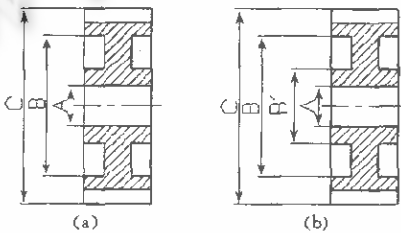


图1 尺寸的删除与插入

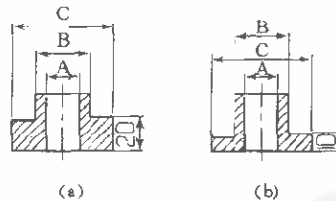


图2 尺寸驱动图形

## 1 尺寸的关联性与标注域的自动分区

设某图形需标注  $N$  个尺寸,考虑到标注的清晰性与合理性,这  $N$  个尺寸中有些尺寸在标注位置上存在着一种相互制约关系,即一尺寸标注位置变动后,其他尺寸的标注位置随之需要发生变化,我们把具有这种制约关系的尺寸称为尺寸的关联性。显然,尺寸的关联性与下列要素有关:

$$i F = (\text{标注的视图序,标注方向,标注域})$$

标注方向在尺寸标注中确定,要对尺寸进行关联性判别,实质是获取尺寸所在的视图及标注域。由于图形生成以及尺寸标注一般都不是从一个视图完成后再进行另外视图绘制的,而是根据图形的结构、投影关系,将几个视图结合起来进行的,这就必须在图形生成后,通过一通用算法来自动获取视图轮廓信息,并对视图的标注域进行分区。

图形的外轮廓可通过侧点法自动跟踪。其基本原理是:首先对点划线(往往两头伸出外轮廓区域)进行正则化处理;然后求得图素中最高点,并取为外轮廓第 1 条边的流形,在该边的外侧取一圆,圆心称为侧点;再将该圆沿轮廓边跟踪,当到达多路径分支点时,判定往哪一路径跟踪的条件是,侧点所对应的圆不能与图形轮廓线相交,侧点运动一

\* 本文研究得到国家杰出青年基金资助。作者张树有,1963年生,在职博士生,副教授,主要研究领域为计算机图形学,CAD 参数化设计。谭建荣,1954年生,博士,教授,博士生导师,主要研究领域为工程图识别与理解,曲线曲面,可视化。彭群生,1947年生,博士,教授,博士生导师,主要研究领域为真实感图形显示,计算机动画,图形识别与理解,虚拟现实。李月,1970年生,硕士,主要研究领域为 CAD 参数化设计。

本文通讯联系人,张树有,杭州 310027,浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室

本文 1997-01-24 收到原稿,1997-06-02 收到修改稿

周,标明已构成封闭的环,该环即为视图的外轮廓.求取外轮廓的详细步骤与算法可参见文献[3,4].

在获取外轮廓信息后对视图的标注域进行分区.标注域的分区算法为:

step1: 求取轮廓边中圆或圆弧的最高、最低、最左、最右点.

step2: if(step1 中最高、最低、最左、最右点不与圆弧端点重合)

按圆弧起点到终点将圆或圆弧分段.

step3: 在外轮廓的端点中,求  $X_{max}, X_{min}, Y_{max}, Y_{min}$ .

step4: 求分区点(A, B, C, D, E, F, G, H).

用  $Y_p-inX_q$  表示分区点的特征,  $p, q$  可以取 max 或 min. 如  $Y_{max}-inX_{min}$  表示取 X 坐标最小中 Y 坐标最大的点, 分别以 A, C, E, G 为始点, B, D, F, H 为对应的终点.

$$\begin{aligned}
 A &= Y_{max}-inX_{max} & B &= Y_{max}-inX_{min} & C &= X_{min}-inY_{max} & D &= X_{min}-inY_{min} \\
 E &= Y_{min}-inX_{min} & F &= Y_{min}-inX_{max} & G &= X_{max}-inY_{min} & H &= X_{max}-inY_{max}
 \end{aligned}$$

step5: 求各分区特征边.

第 1 区的特征边为从 A 逆时针到 B 的图形轮廓边(A→B); 第 2, 3, 4 分区的特征边分别为 C→D, E→F, G→H.

step6: 组织分区.

图 3(a)为某图形的一个视图,图 3(b)阴影部分为各分区.

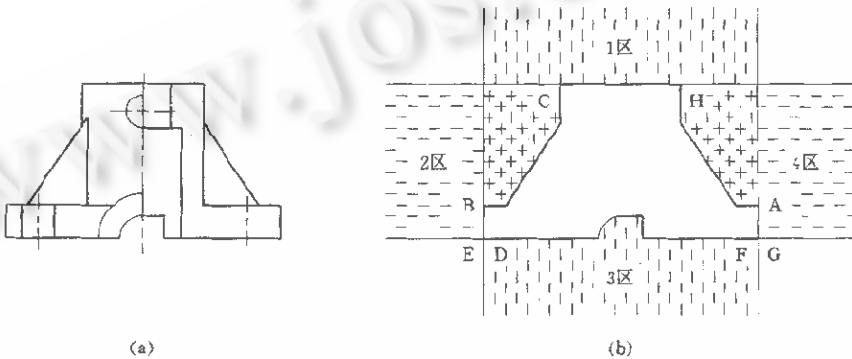


图3 标注域的分区

尺寸是由尺寸界线、尺寸线、箭头、文本构成的.取交互标注的定位点作为尺寸标注的特征点,则尺寸的关联性判别取决于特征点所在的分区以及尺寸线的方向.

特殊位置尺寸的关联性判别准则为

$$\begin{cases}
 \text{水平尺寸} \&\& \text{尺寸特征点在 } i \text{ 区} & i \text{ 为奇数;} \\
 \text{垂直尺寸} \&\& \text{尺寸特征点在 } i \text{ 区} & i \text{ 为偶数.}
 \end{cases}$$

一般位置尺寸的关联性判别准则为

尺寸线相互平行 && 尺寸相互包容

按照上述关联性判别准则建立各尺寸的关联性,为实现尺寸标注的自适应处理提供了基础.

## 2 尺寸的自动分层

要对具有关联的尺寸进行分层,需要对尺寸进行包容性判别.包容性是指一个尺寸是否被另一个尺寸所包容或该尺寸是否包容其他尺寸.

设关联尺寸  $D_1, D_2, D_1$  与  $D_2$  中大尺寸的尺寸界线为  $L_1, L_2$ , 小尺寸的尺寸线端点为  $P_1, P_2$ , 则尺寸的包容性判别函数  $F$  为

$$F = \sum_{i=1}^2 \left| \sum_{j=1}^2 (L_j \supset P_i) \right|$$

$$L_j \supset P_i = \begin{cases} 0 & P_i \text{ 在 } L_j \text{ 上,} \\ 1 & P_i \text{ 在 } L_j \text{ 两侧} \end{cases}$$

为了判别函数的通用性,采用中点吸引法将  $P_1, P_2$  中满足  $L_j \supset P_i = 0$  的点吸引到该尺寸的尺寸线中点位置,如图 4 所示.则可以证明,关联尺寸的包容性判别可统一成

$$F = \begin{cases} 0 & \text{包容} \\ 4 & \text{不包容} \end{cases}$$

显然, 同一尺寸可以存在互不包容的多个尺寸, 这多个尺寸同被前一层尺寸所包容. 由于大尺寸并不一定包容小尺寸, 因此, 关联尺寸无法只通过尺寸的大小来进行分层.

定义  $D_i$  尺寸的被包容度  $T_i$  为该尺寸所包容的次数.  $T_i$  可通过包容函数  $F$  求得,  $T_i$  值相等的尺寸为同一层,  $T_i = 0$  对应的尺寸为第 0 层, 这样根据各尺寸的  $T_i$  值从小到大对尺寸进行分层. 分层结束, 则建立一个链表与树林复合的结构模型. 图 5(a) 中的尺寸经分层处理后, 自动建立图 5(b) 的尺寸结构模型.

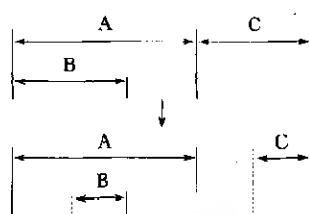
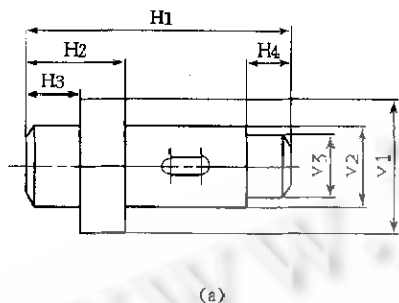
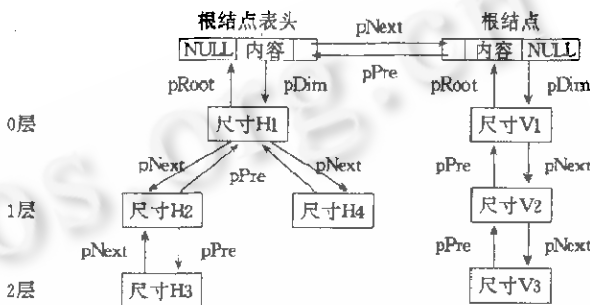


图4 尺寸的包容性



(a)



(b)

图5 尺寸的结构模型

### 3 自适应处理

当删除尺寸、插入尺寸以及图形参数值的修改引起尺寸包容性发生变化时, 其自适应处理为:

· 删除  $D_i$  尺寸

- step1: 判  $D_i$  尺寸的关联尺寸;
- step2: 该尺寸所在的层序  $p$  及总层数  $n$ ;
- step3: 若  $D_i$  为 0 层, 则 /\* 尺寸层分裂 \*/
  - {sp ← 第 1 层尺寸数;
  - 增加链表 (SP-1) 个根结点;
  - $D_i$  尺寸包容的尺寸重新分层;
  - }
- step4:  $D_i$  为单独层, 则 /\* 尺寸层数减 1 \*/
  - {标记  $D_i$  尺寸结点开始到树根的所有尺寸;
  - 从几何上对标记的尺寸向轮廓平移  $D_i$  尺寸的层距;
  - 从数据模型中将  $D_i$  尺寸的后续尺寸层序减 1;
  - }
- step5:  $D_i$  不为单独层及 0 层, 则
  - {标记  $D_i$  尺寸结点开始到树叶的所有尺寸;
  - 对标记的尺寸往树根平移 1 层;
  - 从几何上对该树的所有尺寸向轮廓平移  $D_i$  尺寸的层距;
  - }
- step6: 删除该尺寸.

· 插入  $D_i$  尺寸

- step1: 根据  $D_i$  尺寸标注的特征点, 判其所在的分区并对该分区尺寸进行包容性测试, 求  $D_i$  尺寸的关联尺寸;
- step2: 对  $D_i$  尺寸及包容  $D_i$  的关联尺寸重新进行分层;
- step3: 若  $D_i$  尺寸为 0 层, 则 /\* 尺寸层聚合 \*/
  - { $D_i$  尺寸放到根结点;
  - $D_i$  尺寸所包容的第 1 层尺寸移到该结点和子结点;
  - 层序加 1, 并从几何上增加 1 层距标注  $D_i$  尺寸;
  - }
- step4:  $D_i$  尺寸所在层 ( $P$ ) 存在其他成员, 则标注  $D_i$  尺寸;

```

step5: 第 P 层为单独层且不为 0 层,则 /* 尺寸层数加 1 */
{ 标记从 D; 尺寸开始到树根的所有尺寸;
  从几何上将标记的尺寸向轮廓外侧平移 D; 尺寸层距;
  从数据模型中插入 D; 尺寸并将后续尺寸层序加 1;
  从几何上在第 P 层标注 D; 尺寸;
}

```

图 5(a)中的“H1”尺寸删除后,则尺寸结构模型相应地产生变化,如图 6 所示.结构模型随着尺寸关联性与包容性的变化而动态地变化.图形参数值修改后除尺寸包容性发生变化外,还可能产生尺寸与图形干涉问题,干涉问题处理可见文献[5].

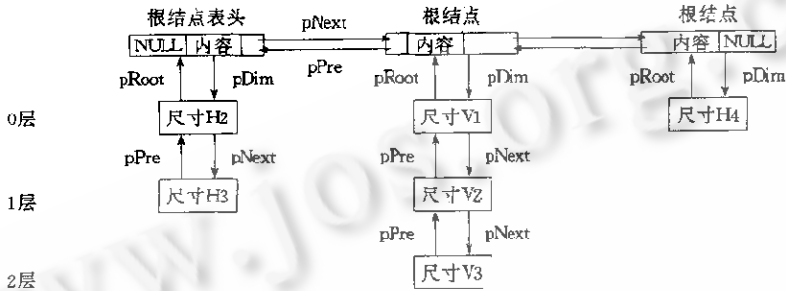


图6 删除一尺寸的结构模型

#### 4 结束语

尺寸标注是CAD系统的重要组成部分,参数化CAD系统不仅要求建立尺寸参数对图形的约束与驱动关系,同样要求建立图形与尺寸标注的自适应机制.随着图形的变化,尺寸的包容性可能发生变化,对关联尺寸系统具有自动调节功能,这样可较大地提高参数化设计效率.本文提出的处理方法,可有效地解决尺寸的删除、插入以及尺寸包容性变化的自适应处理.该处理方法在“提升机CAD系统”等课题中得到实际应用.

#### 参考文献

- 1 Dov Dori. Intelligent automatics dimensioning of CAD engineering machining drawing. Robotics and Automation, 1990,5(3):124~130
- 2 Setsuo Ohsuga. Toward intelligent CAD system. CAD, 1989,15(5):58~64
- 3 Zhang Shu-you. The generation of assembly drawing by automatic proceeding between parts overlapping. In: Tang Rong-xi ed. Pacific Graphics'94/CADDMM'94. International Academic Publishers, 1994,1:272~275
- 4 张树有. 轮廓信息自动获取及尺寸识别标注的研究. 浙江大学学报, 1996,30(4):403~407  
(Zhang Shu-you. Automatically trace and take the outline information of graphics by side point. Journal of Zhejiang University, 1996,30(4):403~407)
- 5 张树有, 谭建荣, 彭群生. 基于图形环境信息的干涉问题的自动处理. 计算机学报, 1996,19(8):625~630  
(Zhang Shu-you, Tang Jian-rong, Peng Qun-sheng. The automatic processing interference problem: based on the environment information of graphics. Chinese Journal of Computers, 1996,19(8):625~630)

### The Algorithm of Dynamic Arrange and Self-adaptive Processing for Dimension

ZHANG Shu-you TAN Jian-rong PENG Qun-sheng LI Yue

(State Key Laboratory of CAD&CG Zhejiang University Hangzhou 310027)

**Abstract** To solve the deficiency of dimension in the interactive processing or the parameter design at present, the authors present a method for deleting, inserting and modifying dimensions in engineering drawings. The relations between dimensions are extracted, the view areas and different level dimensions are divided, and self-adaptive processing of the dimension changes are implemented.

**Key words** Dimension, modification of the dimension, self-adaptive processing.