

# 基于 ObjectARX 的表面粗糙度符号 标注算法及实现<sup>①</sup>

## Implementing Algorithms to Mark the Surface Roughness Based on ObjectARX

郭德伟 钟艳如 (桂林电子科技大学计算机与控制学院 广西桂林 541004)  
黄美发 (桂林电子科技大学机电工程学院 广西桂林 541004)

**摘要:** 表面粗糙度是所有零件图必不可少的标注符号,然而 AutoCAD 没有提供这种标注符号。本文分析了国家标准 GB/T 131-1993 对表面粗糙度符号、代号及其注法的规格,对参考文献[1]提出的算法进行改进和完善,利用 ObjectARX 语言实现了表面粗糙度符号的标注,给出了标注示例。结果表明,该算法保证了表面粗糙度标注信息的完备性。

**关键词:** 表面粗糙度 AutoCAD ObjectARX 标注 新一代 GPS

机械工程绘图中,表面粗糙度是所有零件图必不可少的内容。AutoCAD 绘图软件经过多年的发展,在绘图、图形编辑、三维造型、三维布局以及尺寸标注等功能方面都有很大的改进,但却从来没有提供表面粗糙度标注的相关操作或命令。设计人员在进行 AutoCAD 绘图时,往往要先建立表面粗糙度符号块,然后再通过在绘图中插入块进行标注,这种标注方式既烦琐,效率又低。参考文献[1]提出了一种利用 Visual Lisp 语言实现表面粗糙度标注的算法,但该算法只给出了表面轮廓为直线且只有一种参数时的标注算法,标注信息不完备,没有达到 GB/T 131-1993<sup>[2]</sup> 标准中规定的表面粗糙度标注规格。为此,本文根据 GB/T 131-1993 标准中规定的表面粗糙度标注规格,对参考文献[1]中的算法进行了改进和完善,实现了表面为直线、圆和圆弧三种轮廓时的标注,完善了标注信息,从而实现了标注信息的完备性。

### 1 表面粗糙度符号的比例和尺寸

表面粗糙度是衡量零件表面质量的一个重要技术参数,其符号的比例和尺寸在国家标准 GB/T 131-1993 中都有明确的规定。国家标准 GB/T 131-1993 中规定的表面粗糙度符号的比例如图 1 所示。其中,标注文字的高度为  $h$ ;  $d'$  为符号的线宽;  $H_1$  为图示中正三角形的高度;  $H_2$  为正三角形延长边顶点到轮廓线的距离;  $r$  为圆的半径;  $b$  为轮廓线的宽度。与图 1 相对应的符号尺寸如表 1 所示。

由表 1 中的符号尺寸数值可以看出,图 1 中的表面粗糙度符号比例存在以下的关系:

$$d' = 0.1h, H_1 = 1.4h, H_2 \approx 2.2H_1 \approx 3.0h \quad (1)$$

由式(1)可见,表面粗糙度符号中的  $h, H_1, H_2$  和  $d'$  存在一定的比例关系,只要已知其中之一,就可以求得其他三个的尺寸,从而为下面的表面粗糙度符号的绘

① 基金项目:本文受广西自然科学基金(桂科自 0708211)和广西“新世纪十百千人才工程”专项资金(桂人函[2007]74 号文)资助

制中各点坐标的确定提供依据。

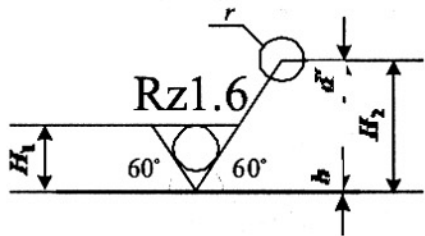


图 1 表面粗糙度符号的比例

表 1 符号尺寸表(mm)

|                   |      |      |     |     |     |     |     |
|-------------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 轮廓线的线宽 b          | 0.35 | 0.5  | 0.7 | 1   | 1.4 | 2   | 2.8 |
| 数字与字母的高度 h        | 2.5  | 3.5  | 5   | 7   | 10  | 14  | 20  |
| 符号的线宽 d'          | 0.25 | 0.35 | 0.5 | 0.7 | 1   | 1.4 | 2   |
| 高度 H <sub>1</sub> | 3.5  | 5    | 7   | 10  | 14  | 20  | 28  |
| 高度 H <sub>2</sub> | 8    | 11   | 15  | 21  | 30  | 42  | 60  |

## 2 表面粗糙度符号的数学模型设计

如图 2 所示的表面粗糙度数学模型,  $p_0$  点为表面粗糙度符号的插入点,  $\beta_0$  为标注符号时的旋转角度, 标注时的字体高度为  $h$ 。

结合图 1 中所示的各参数及式(1)中的比例关系, 则图 2 中所示的各参数有如式(2)所示的关系:

$$h_1 = H_1 / \sin \frac{\pi}{3} = \frac{14\sqrt{3}}{15}h, h_2 = H_2 / \sin \frac{\pi}{3} = 2\sqrt{3}h$$

$$r = \frac{1}{3}H_1 = \frac{7}{15}h, \quad \beta_1 = \beta_0 + \frac{\pi}{3}, \quad (2)$$

$$\beta_2 = \beta_0 + \frac{2\pi}{3}, \quad \beta_3 = \beta_0 + \frac{\pi}{2}.$$

其中  $h_1$  为线段  $p_0p_2$  的长度,  $h_2$  为线段  $p_0p_3$  的长度,  $p_3$ 、 $p_5$  分别为两圆的圆心, 两圆的半径均为  $r$ ,  $\beta_1$  为线段  $p_0p_3$  与  $x$  轴的夹角,  $\beta_2$  为线段  $p_0p_2$  与  $x$  轴的夹角,  $\beta_3$  为线段  $p_0p_4$  与  $x$  轴的夹角。

假设  $p_0, p_1, p_2, p_3, p_4$  和  $p_5$  点的坐标分别为  $p_0(x_0, y_0), p_1(x_1, y_1), p_2(x_2, y_2), p_3(x_3, y_3), p_4(x_4, y_4), p_5(x_5, y_5)$ , 则若  $p_0(x_0, y_0)$  为基点, 根据式(2)所示的各参数关系, 可得点  $p_1, p_2, p_3, p_4$  和  $p_5$  相对于点  $p_0$  的

各点坐标值计算公式为:

$$\begin{cases} x_1 = x_0 + h_1 \cos \beta_1 \\ y_1 = y_0 + h_1 \sin \beta_1 \end{cases}, \begin{cases} x_2 = x_0 + h_1 \cos \beta_2 \\ y_2 = y_0 + h_1 \sin \beta_2 \end{cases}, \\ \begin{cases} x_3 = x_0 + h_2 \cos \beta_1 \\ y_3 = y_0 + h_2 \sin \beta_1 \end{cases}, \begin{cases} x_4 = x_0 + 2.1h \cos \beta_3 \\ y_4 = y_0 + 2.1h \sin \beta_3 \end{cases}, \\ \begin{cases} x_5 = x_0 + 2r \cos \beta_3 \\ y_5 = y_0 + 2r \sin \beta_3 \end{cases} \quad (3)$$

$p_6(x_6, y_6)$  的坐标值则需要根据线段  $p_3p_6$  两边所标注的文本宽度而定。

由此, 则可由式(2)求得图 2 中所标的各边的长度和各个角的大小, 由式(3)求得各点的坐标。

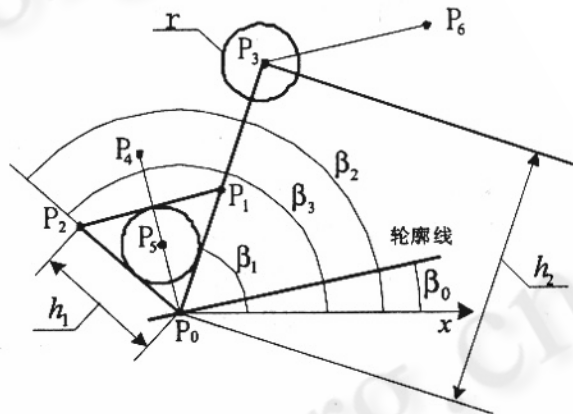


图 2 表面粗糙度数学模型

## 3 粗糙度标注模块的算法及其实现

### 3.1 标注轮廓的确定

根据国家标准 GB/T 131-1993 中的规定, 表面粗糙度包括 9 种标注符号, 其中除了 3 种表示所有表面都具有相同表面粗糙度要求的符号外, 其他的 6 种符号在大部分情况下都是标注在实体表面的, 这就需要在标注时通过鼠标获取所要标注的表面, 然后进行标注。获取表面轮廓的步骤如算法 1 所示。

算法 1. 标注符号时轮廓表面的确定步骤

```
{
...
acedEntSel(const char * str, ads_name entres,
ads_point ptres); //获取实体表面[3,4]
```

```

eb1 = acdbEntGet( const ads_name entres ); // 检
索图形数据库中由 entres 指定的实体
for( eb2 = eb1, eb2 != NULL, eb2 = eb2 -> rb-
next) // 访问链表中的每一个记录
{
    if( eb2 -> restype == 0) // 缓冲区链表头
    {
        检查实体是直线或圆(圆弧);
    }
    if( eb2 -> restype == 10) // 直线起始点或圆
    的圆心
    {
        若实体为直线, 存储直线的起点 p_s;
        若实体为圆, 存储圆的圆心 p_c;
    }
    if( eb2 -> restype == 11) // 直线终点
        存储直线的终点 p_e. if( eb2 -> restype ==
40) // 圆的半径
        存储圆(圆弧)的半径 r
} // 算法结束

```

由算法 1 就实现了轮廓线为直线或圆(圆弧)时标注轮廓线的确定。

### 3.2 符号位置和旋转角度的确定

由算法 1 获取到所要标注的表面后, 下面需要确定符号标注的位置及其旋转角度  $\theta$  符号标注时, 在实体附近拾取一点  $p_i$ , 通过  $p_i$  确定符号基点  $p_0$ , 根据过符号基点  $p_0$  且与符号相垂直的直线  $l$  的斜率来确定符号的旋转角度。具体步骤如算法 2 所示。

算法 2. 符号位置和旋转角度的确定  
步骤

```

{
    ...
    acedGetPoint(); // 获取插入点存储在 p_i 中
    if( 实体为直线)
    {
        由直线的起点 p_s 和终点 p_e. 求得直线的斜率 k 和
        直线 l 的方程为  $y = kx + b$ ;
        if(  $\beta \neq \pi/2$ )
        {
             $p_0[x] = p_i[x]$ ;

```

```

        根据直线方程求得  $p_0[y]$ ;
        根据  $p_0[y]$  与  $p_i[y]$  的大小关系判断符号与直线
        的位置关系;
        求符号的旋转角度;
    }
    if(  $\beta \neq \pi/2$ )
    {
         $p_0[y] = p_i[y]$ ;
        根据  $p_0[x]$  与  $p_i[x]$  的大小关系判断符号与直线
        的位置关系;
        求符号的旋转角度;
    }
    if( 实体为圆(圆弧))
    {
        由圆心  $p_c$  和点  $p_i$  求得直线的斜率  $k_l$  和直线  $l$  的
        方程为  $y = k_l x + b_l$ ;
        求直线  $l$  与圆的交点(插入点)  $p_0$ ;
        求符号的旋转角度;
        通过线段  $p_c p_i$  的长度和半径  $r$  的大小判断符号与
        圆的位置关系;
    }
} // 算法结束

```

实体为直线时, 如图 3 所示, 直线  $l$  与  $x$  轴的夹角为  $\beta$ 。  $\beta \neq \pi/2$  时, 如图 3(a)、(b) 所示, 让  $p_0$  的横坐标与  $p_i$  的横坐标相同, 根据直线方程求得  $p_0$  的纵坐标, 并根据  $p_0$  纵坐标与  $p_i$  纵坐标的大小关系判断符号与直线的位置关系, 并求得符号的旋转角度。若  $p_0$  纵坐标小于  $p_i$  纵坐标, 则符号在直线上方, 旋转角度为  $\theta = \arctan k$ ; 若  $p_0$  纵坐标大于  $p_i$  纵坐标, 则符号在直线下方, 旋转角度为  $\theta = \arctan k - \pi$ 。

$\beta = \pi/2$  时, 如图 3(c)、(d) 所示, 让  $p_0$  的纵坐标与  $p_i$  的纵坐标相同,  $p_0$  的横坐标即为直线方程的值, 根据  $p_0$  横坐标与  $p_i$  横坐标的大小关系判断符号与直线的位置关系, 并求得符号的旋转角度。若  $p_0$  横坐标大于  $p_i$  横坐标, 则符号在直线左方, 旋转角度为  $\theta = \pi/2$ ; 若  $p_0$  横坐标小于  $p_i$  横坐标, 则符号在直线右方, 旋转角度为  $\theta = -\pi/2$ 。

实体为圆(圆弧)时, 如图 4 所示, 直线  $l$  即为图中  $p_c p_i$  所在的直线。由圆(圆弧)的半径  $r$  和直线  $l$  与  $x$  轴的夹角  $\beta$  可求得直线  $l$  与圆的交点  $p_0$ , 也就是符号

的插入基点。符号的旋转角度  $\theta$  与和直线  $l$  垂直且过点  $p_0$  的直线  $l'$  的斜率  $k = -1/k_1$  有关,具体求法与实体为直线时相似。

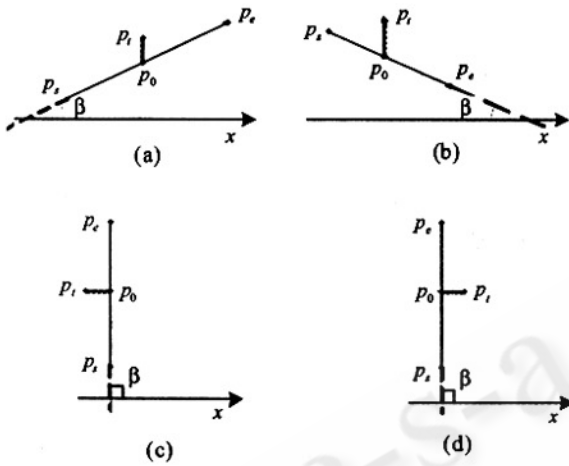


图 3 符号位置和旋转角度

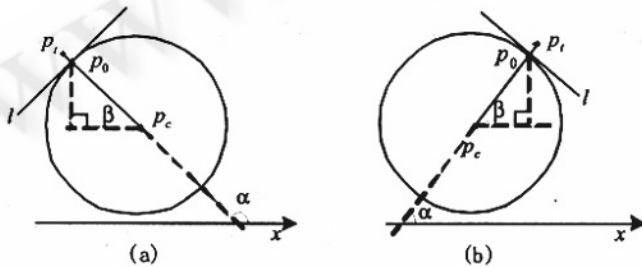


图 4 圆的标注点与符号位置

由算法 2 就可以实现轮廓线为直线或圆(圆弧)时,符号位置和旋转角度的确定。

### 3.3 符号的绘制和参数的注写

确定了轮廓线为直线或圆(圆弧)时的符号位置和旋转角度,根据第二节中设计的数学模型,可以由符号基点和旋转角度确定其他点的坐标以及符号中圆的半径,从而进行符号的绘制和参数的注写。具体步骤如算法 3 所示。

算法 3. 符号的绘制和参数的注写

步骤

```
{
    计算符号中各点的坐标及圆的半径;
```

```
if(任何方法)
```

```
    AcDb2dPolyline(); //创建多线段
```

```
if(去除材料)
```

```
    AcDb2dPolyline(); //创建多线段
```

```
if(不去除材料)
```

```
{
```

```
    AcDb2dPolyline(); //创建多线段
```

```
    setCenter(pt); //设置圆心
```

```
    setRadius(r); //设置半径
```

```
}
```

```
if(所有表面具有相同的表面粗糙度要求)
```

```
{
```

```
    AcDb2dPolyline(); //创建多线段
```

```
    setCenter(pt); //设置圆心
```

```
    setRadius(r); //设置半径
```

```
}
```

```
计算各参数的位置坐标;
```

```
AcDbText(); //创建文字
```

```
打开当前块表;
```

```
appendAcDbEntity(); //写入块
```

```
关闭块表;
```

```
//算法结束
```

参数的注写位置与参数文字的高度和宽度有关,如图 5 所示,  $p_1$  点为参数文字的左下角坐标。符号方向在直线上时,如图 5(a)所示,为了避免文字与表面粗糙度符号线重叠,可以根据文本宽度,对  $p_1$  做箭头方向的移动,每增加一个字符,  $p_1$  就要移动一个字符的位置。符号方向在直线下方时,如图 5(b)所示,  $p_1$  的坐标只与文本的高度有关,而与文本的宽度没有关系,只需要根据文本的高度对  $p_1$  做箭头方向的移动,避免文字与表面粗糙度符号线重叠。

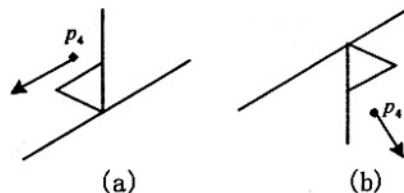


图 5 参数的注写

经过以上的三个算法,就实现了表面粗糙度符号的绘制。

#### 4 标注示例

如图 6(a)所示为所有表面均具有相同的表面粗糙度要求,所有表面粗糙度的  $R_a$  的上限值为  $6.3\mu\text{m}$ 。图 6(b)所示为符号标注的表面具有相应标注的参数要求,其余的表面具有右上角所示的标注要求。

#### 5 结论

本文提出的标注算法,以及在此算法基础上利用 ObjectARX 开发工具实现的表面粗糙度符号标注,解决了标注信息单一和表面粗糙度标注复杂的问题。

新一代 GPS ( Geometrical Product Specification ) 涉及到产品的三个过程——设计、制造和检验<sup>[5,6]</sup>。根据这三个过程,研究的下一步工作将在本文实现的表面粗糙度标注的基础上,实现 AutoCAD2002 与外部数据库的连接,从而利用外部数据库存储零件图中表面粗糙度符号的各种标注信息。通过外部数据库查询模块,获取设计阶段相应要素的要求,在检验阶段根据前面获取的要求,确定产品表面粗糙度检验结果及其不确定度,并与设计阶段的要求进行一致性比较,确定实际工件是否达到规范要求 and 功能需求,从而用不确定度把 GPS 表面粗糙度参数与计量的传递联系起来,实现产品三个过程的一体化。

#### 参考文献

- 1 李金祥,关于机械图中表面粗糙度标注方法[J],工程图学学报,2004,(3):91-95.
- 2 GB/T 131-1993. 机械制图表面粗糙度符号、代号及其标注[S]. 国家标准局,1993.
- 3 陈杉、王宁、郭剑峰,用 ObjectARX 开发 AutoCAD2000 应用程序[M],北京:人民邮电出版社,2000.
- 4 王福军、张志民、张师伟, AutoCAD2000 环境下 C/Visual C++ 应用程序开发教程[M],北京:北京希望电子出版社,2000,254-322.
- 5 N. M. Durakbasa, P. H. Osanna, A. Afjehi - Sadat. A general approach to workpiece characterization in the frame of GPS ( Geometrical Product Specification and Verification ) [J]. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2001, 41: 2147-2151.
- 6 王金星,新一代产品几何规范(GPS)不确定度理论及应用研究[D],武汉:华中科技大学,2006,26-34.

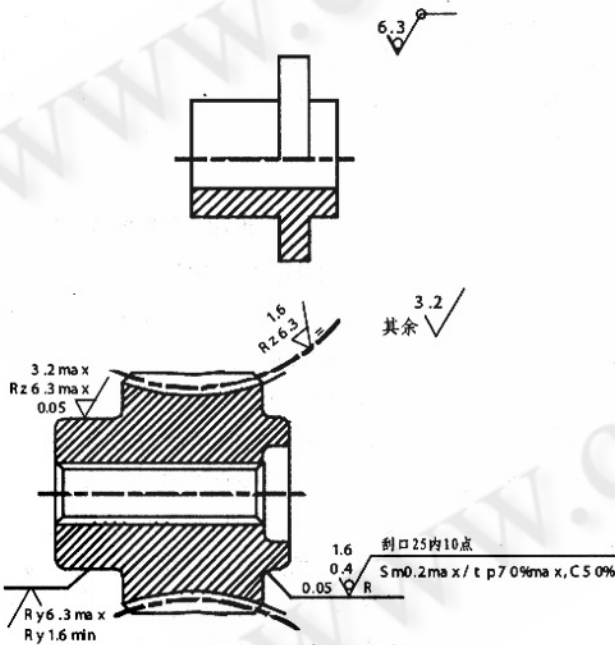


图 6 标注示例