圆台钣金件的电子表格展开

宋一祥，耿亚琳，孟宪礼

在钣金件的设计生产中，圆锥/圆台（以下统称为圆台）的展开是经常遇到的零件展开形式。不同的公司对于圆台展开使用不同的方法。总结起来可以大致分为以下几类：纯尺规作图法、三维软件展开法、二维CAD展开法。

纯尺规作图法：纯尺规作图法是一种比较古老的画法，它是利用圆台的三视图进行尺规作图，画出展开外形。这种方法在CAD/CAM技术未出现之前应用广泛。它的展开轮廓精度取决于在圆弧上的取点数目，一般来说精度较差。具体操作方法可参照《机械设计手册》（第5版）第一卷表2-1-31，此处不再累述。因为这种方法出图精度低，效率低，所以现在基本上被淘汰。

三维软件展开法：三维软件展开法是随着CAD/CAM技术的出现及普及迅速成为主流的一种方法。它对各种钣金展开，特别是异形钣金件（如虾米弯、斜口圆筒、天圆地方等）的展开，有着得天独厚的优势。但是这种方法也有一定的缺陷，首先它的使用门槛较高，设计者必须熟练使用对应的三维软件，而且有时受客观条件限制（三维软件并不是每台计算机的标配）也会影响这种方法的使用。

以上两种圆台的展开方法已经非常成熟，此处不再详细说明。

二维CAD展开法：二维CAD展开法是在纯尺规作图法的基础上发展而来的。如图1所示，在圆台的卷制过程中，母线方向上的材料并无变化，但是在圆周方向上，内侧的金属被压缩，外侧的金属被拉伸，因为折弯半径远远大于板材厚度，所以K值取0.5，即中性层为中间层。由经验可知，圆台的展开为同心圆环的一部分。因为母线方向长度没有变化，所以中性层延长线的交点——即BA、DC延长线的交点O为展开圆环的圆心。

OB即为展开圆环的大半径：

$R=OB$

OA即为展开圆环的小半径：

$r=OA$

因为展开前后中性层尺寸没有发生变化，所以BD对应的圆周长度即为优弧的长度，即

$$\pi BD=\frac{\theta}{360^\circ}\pi OB\times 2$$

化简得：$\theta=\dfrac{180^\circ\times BD}{OB}$

OB、OA、BD的长度可以方便的在CAD上直接标出，通过上式可求出展开圆环的外形及角度。

二维CAD展开法相对三维软件展开法在展开圆台时具有明显的优点。首先使用门槛较低，二维CAD已经是设计人员的常用工具；操作相对简单，通过简单的测量计算即可得到展开。

但是二维CAD展开法仍然需要多个步骤的绘图、计算。步骤越多越容易出现失误。有没有一种更加直接的展开画法呢？通过

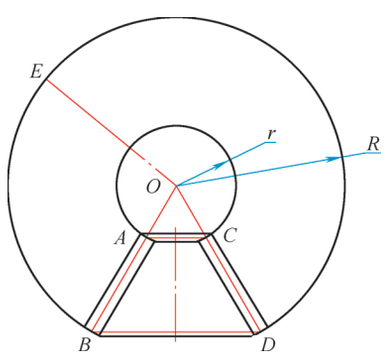


图 1

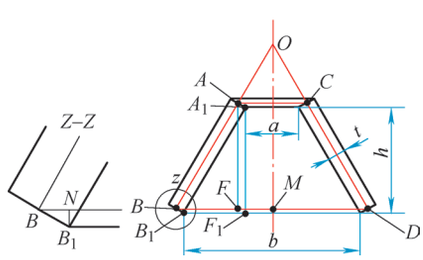


图 2

对二维CAD画法的分析可知，这种画法从根本上是利用各种几何关系得到的，下面对图2进行几何分析。

对图形作辅助线，根据几何关系可知△ABF与△OBM相似，即

$$\frac{AB}{OB}=\frac{BF}{BM}$$

又因为△BAF与△$B_1A_1F_1$全等，所以

$$AB=A_1B_1=\sqrt{h^2+\left(\frac{b-a}{2}\right)^2}$$

$$BF=B_1F_1=\frac{b-a}{2}$$

△BNB_1与△ABF相似，所以

$$\frac{BN}{AF}=\frac{BB_1}{AB}$$

即：$$BN=\frac{BB_1\times AF}{AB}=\frac{th}{2\sqrt{h^2+(\frac{b-a}{2})^2}}$$

$$BM=\frac{b}{2}+BN=\frac{b}{2}+\frac{th}{2\sqrt{h^2+(\frac{b-a}{2})^2}}$$

由上式可得

$$OB=\frac{AB\times BM}{BF}=\frac{\sqrt{h^2+(\frac{b-a}{2})^2}\times(\frac{b}{2}+\frac{th}{2\sqrt{h^2+(\frac{b-a}{2})^2}})}{\frac{b-a}{2}}=\frac{b\sqrt{h^2+(\frac{b-a}{2})^2}+th}{b-a}$$

$$OA=OB-AB=OB-\sqrt{h^2+(\frac{b-a}{2})^2}$$

可得

$$\theta=\frac{180^\circ\times BD}{OB}=\frac{180^\circ}{OB}\times\left(b+\frac{th}{\sqrt{h^2+\left(\frac{b-a}{2}\right)^2}}\right)$$

至此，展开圆环的大半径、小半径、角度都已经表示出来。

考虑到零件图样可能给出外圆尺寸（见图3），用同样的方法可得到公式

$$OB=\frac{b_1\sqrt{h^2+(\frac{b_1-a_1}{2})^2}-th}{b_1-a_1}$$

$$OA=OB-\sqrt{h^2+(\frac{b_1-a_1}{2})^2}$$

$$\theta=\frac{180^\circ}{OB}\times\left(b_1-\frac{th}{\sqrt{h^2+(\frac{b_1-a_1}{2})^2}}\right)$$

但是此处牵扯到大量计算，联想到电子表格有强大的计算能力，可以制作如附表。

在外尺寸

F_3中（R）输入公式：=(B3/2*(4*D3^2+(B3-C3)^2)^0.5-E3*D3)/(B3-C3)

G_3中（r）输入公式：=F3-0.5*(4*D3^2+(B3-C3)^2)^0.5

H_3中（θ）输入公式：=(B3-2*E3*D3/(4*D3^2+(B3-C3)^2)^0.5)*180/F3

在内尺寸

F_5中（R）输入公式：=(B5/2*(4*D5^2+(B5-C5)^2)^0.5+E5*D5)/(B5-C5)

$G5$中（r）输入公式：=F5-0.5*(4*D5^2+(B5-C5)^2)^0.5

H_5中（θ）输入公式：=(B5+2*E5*D5/(4*D5^2+(B5-C5)^2)^0.5)*180/F5

此时只要输入相应的值，就能得到准确的圆台展开尺寸。

用电子表格计算圆台展开尺寸这种方法相对其他方法有以下优势：操作简单，省去了中间步骤，只要根据零件图样输入相应的数值即可；基本无使用门槛（电子表格是工作计算机的标配），甚至可以将这段小程序放入U盘，随时使用。特别是在要进行大量圆台展开时，它极大的降低了出现错误的可能，提高了工作效率。

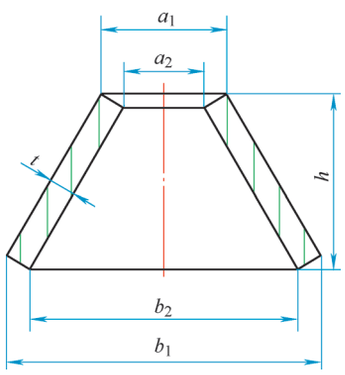


图 3

圆台的钣金展开

外尺寸	b_1	a_1	h	t	R	r	θ
	100	50	30	5	75.102	36.051	230.466
内尺寸	b_2	a_2	h	t	R	r	θ
	100	50	30	5	81.102	42.051	230.466

作者简介：宋一祥、耿亚琳、孟宪礼，泰安康平纳机械有限公司。

MW 20160401