

新编钣金技术与展开计算

实用手册

◎ 主编 陈路 ◎

北京科海电子出版社

(六) 等径人字形三通管展开计算

图 3-2-37 所示为两组多节等径直角弯头组成的人字形三通管。已知尺寸为弯头中心半径 R 、圆管外径 d 、板厚 t 及节数 N ($N=4$)。

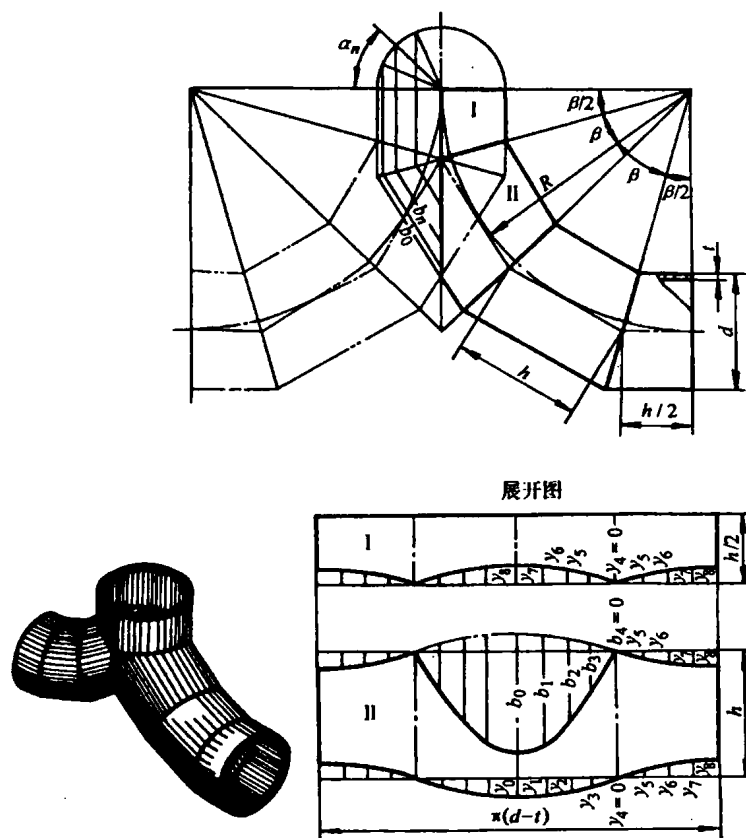


图 3-2-37 人字形三通管

为避免作图繁琐，应使人字形管只在两节内结合（只切割两节管）。通过计算得出：当由四节等径直角弯头组成的人字形三通管中心半径 $R \geq 1.336d$ 时，只在两节内结合。若 R 小于上述比值时则在三节内结合（切割三节管）。为避免切割三节管，设计人字形三通管时，应取 $R \geq 1.4d$ 。管 II 切口部分素线长度 b_n 可通过计算得出：

计算公式：

$$b_n = \frac{1}{2} d \cos \alpha_n (\tan 15^\circ + \cot 30^\circ) = d \cos \alpha_n$$

式中： d ——圆管外径（mm）；

α_n ——圆管断面等分角（°）。

例6 设已知人字形三通管中心半径 $R = 550\text{mm}$ ，圆管外径 $d = 380\text{mm}$ ，板厚 $t = 6\text{mm}$ ，节数 $N = 4$ ，试计算展开。

解：设圆管展开周长等分数 $n = 16$ ，则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$ ， α 角以此值递增。

$$b_0 = 380\cos 0^\circ = 380\text{mm}$$

$$b_1 = 380\cos 22.5^\circ = 351\text{mm}$$

$$b_2 = 380\cos 45^\circ = 268.7\text{mm}$$

$$b_3 = 380\cos 67.5^\circ = 145.4\text{mm}$$

$$b_4 = 380\cos 90^\circ = 0$$

得：

$$\frac{h}{2} = 0.2679R = 0.2679 \times 550 = 147.34\text{mm}$$

$$h = 2 \times 147.3 = 294.7\text{mm}$$

$$y_0 = 0.134 (380 - 2 \times 6) = 49.3\text{mm}$$

$$y_1 = 0.1238 (380 - 2 \times 6) = 45.6\text{mm}$$

$$y_2 = 0.0947 (380 - 2 \times 6) = 34.8\text{mm}$$

$$y_3 = 0.0513 (380 - 2 \times 6) = 18.9\text{mm}$$

$$y_4 = 0$$

$$y_5 = -0.0513 \times 380 = -19.5\text{mm}$$

$$y_6 = -0.0947 \times 380 = -36\text{mm}$$

$$y_7 = -0.1238 \times 380 = -47\text{mm}$$

$$y_8 = -0.134 \times 380 = -51\text{mm}$$

$$\text{圆管周长 } S = \pi (380 - 6) = 1175\text{mm}$$

展开图作法：作管Ⅰ展开时由于管Ⅰ以中线为对称同时连接两路等径直角弯头，并且均为外皮接触，其曲线坐标值为 y_8 、 y_7 、 y_6 、 y_5 、 y_4 ($y_4 = 0$) 见图 3-2-37。

作管Ⅱ展开时先以求出的 h 、 $\pi(d - t)$ 及 y_n 值作出完整的中节Ⅱ展开图，然后在竖直中线上由上曲线向下截取 b_0 ，并在两侧各素线上依次对称截取 b_1 、 b_2 、 b_3 、 b_4 ($b_4 = 0$)。通过各截点连成光滑曲线为切口实形，得管Ⅱ展开图。

(七) 放射状等径四通管展开计算

等径四通管是由主管Ⅰ与呈放射状三支管组成，如图 3-2-38。管Ⅰ成竖直，水平投影积聚成圆。各管相同，其水平投影互成 120° ，相贯线为汇交

于圆心的三条对称直线。管 I 下端截口以 $1/3$ 圆周角为对称。图中已知尺寸为 c 、 d 、 h 、 t 及 β 。

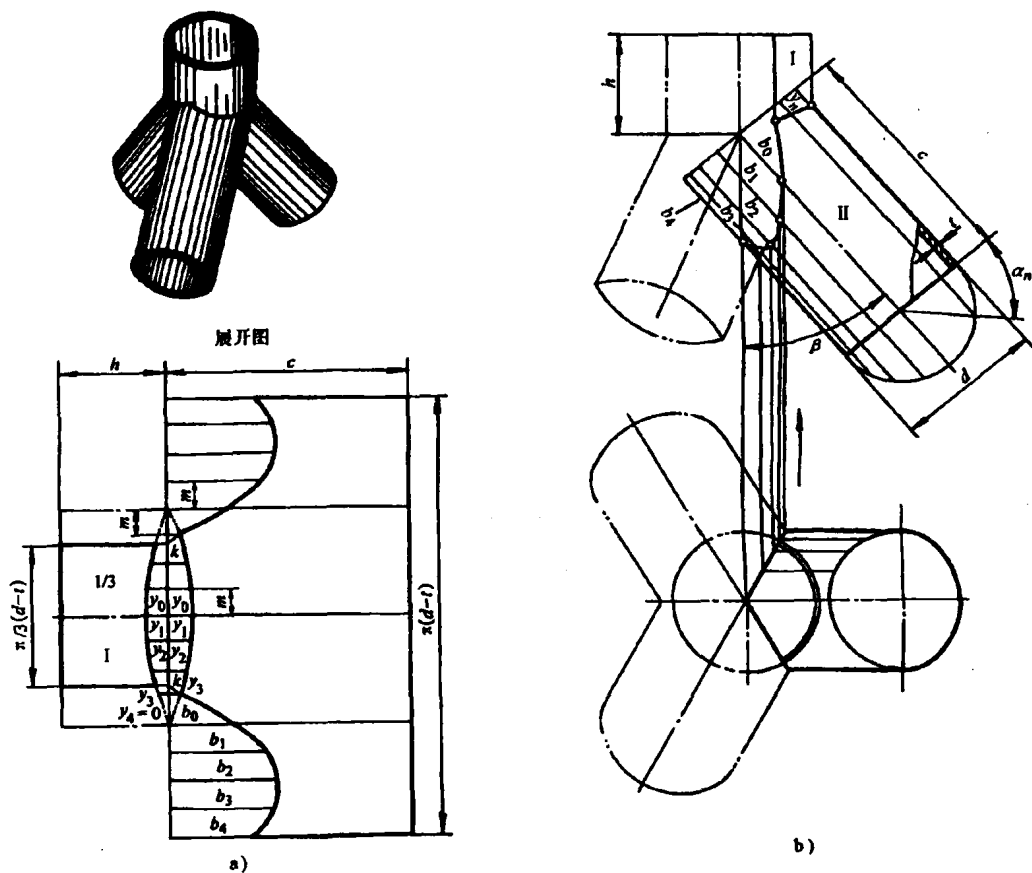


图 3-2-38 放射状等径四通管

计算公式：

$$y_n = \frac{1}{2} d \tan \frac{\beta}{2} \cos \alpha_n \quad (\text{当 } 0 \leq \alpha \leq 90^\circ \text{ 时})$$

$$b_n = \frac{1}{2} d \left(\cot \beta \sin \alpha_n + 0.5774 \frac{\cos \alpha_n}{\sin \beta} \right) \quad (\text{当 } 0 \leq \alpha \leq 90^\circ \text{ 时})$$

式中： y_n 、 b_n ——圆管展开曲线坐标值 (mm)；

d ——圆管外径 (mm)；

α_n ——圆管断面等分角 ($^\circ$)。

例 7 设已知等径 Y 形四通管圆管外径 $d = 420\text{mm}$ ，板厚 $t = 6\text{mm}$ ，主管高

$h = 300\text{mm}$, 支管长度 $c = 650\text{mm}$, $\beta = 38.7^\circ$, 试计算展开。

解: 设圆周长度等分数 $n = 16$, 则 $\alpha_1 = \frac{360^\circ}{16} = 22.5^\circ$, $\alpha_2 = 45^\circ$, $\alpha_3 = 67.5^\circ$, $\alpha_4 = 90^\circ$ 。

$$y_0 = \frac{1}{2} \times 420 \tan \frac{38.7^\circ}{2} = 73.75\text{mm}$$

$$y_1 = y_0 \cos \alpha_1 = 73.75 \cos 22.5^\circ = 68.1\text{mm}$$

$$y_2 = y_0 \cos \alpha_2 = 73.75 \cos 45^\circ = 52.1\text{mm}$$

$$y_3 = y_0 \cos \alpha_3 = 73.75 \cos 67.5^\circ = 28.2\text{mm}$$

$$y_4 = y_0 \cos \alpha_4 = 73.75 \cos 90^\circ = 0$$

$$b_0 = \frac{1}{2} \times 420 \left(\cot 38.7^\circ \sin 0^\circ + \frac{0.5774 \cos 0^\circ}{\sin 38.7^\circ} \right) = 193.9\text{mm}$$

$$b_1 = \frac{1}{2} \times 420 \left(\cot 38.7^\circ \sin 22.5^\circ + \frac{0.5774 \cos 22.5^\circ}{\sin 38.7^\circ} \right) = 279.5\text{mm}$$

$$b_2 = \frac{1}{2} \times 420 \left(\cot 38.7^\circ \sin 45^\circ + \frac{0.5774 \cos 45^\circ}{\sin 38.7^\circ} \right) = 322.5\text{mm}$$

$$b_3 = \frac{1}{2} \times 420 \left(\cot 38.7^\circ \sin 67.5^\circ + \frac{0.5774 \cos 67.5^\circ}{\sin 38.7^\circ} \right) = 316\text{mm}$$

$$b_4 = \frac{1}{2} \times 420 \left(\cot 38.7^\circ \sin 90^\circ + \frac{0.5774 \cos 90^\circ}{\sin 38.7^\circ} \right) = 262\text{mm}$$

$$\text{圆周长度 } S = \pi (420 - 6) = 1300.6\text{mm}$$

$$\text{等分距 } m = \frac{1300.6}{16} = 81.29\text{mm}$$

展开图法 由于管 I 与放射状三支管对称连接而使管 I 以 1/3 周长形成对称截体。因此, 作出管 I 1/3 展开图便可, 如图 3-2-38: 先按 h 、 y_0 、 y_1 、 y_2 、 y_3 、 y_4 各值作出半圆周长展开图 (点划线轮廓), 再以 y_0 为对称取 1/3 圆周长度确定拐点 k 、 k , 即得 1/3 管 I 展开图。同样用所求 b_0 、 b_1 、 b_2 、 b_3 及 b_4 各值作出支管 II 展开图。

五、等径圆管制件展开图画法

(一) 圆周长及圆管展开图画法

1. 圆周长的求法

求圆周长的常用方法有计算法和图解法两种。一般作圆管展开都用计算法, 作异径管展开都用图解法。

计算法如图 3-2-39 所示。

图解法如图 3-2-40 所示。先按已知直径画圆, 在圆周上分成若干等分 (等分要求, 弦长近似等于弧长), 然后将画规开度定为一个等分的弦长, 在

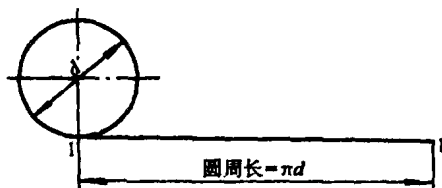


图 3-2-39 圆周长的算法

直径上（或曲线上）量取圆周上的等分数量，即得出近似圆周长。图 3-2-40 所示，是将圆周分成 12 等分，用画规在直线上量取 12 个等分弦长，即得出近似圆周长。

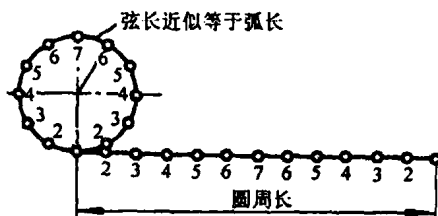


图 3-2-40 圆周长的图解法

2. 圆管展开图画法

在工厂里，管道是比较常见的，但较长的管道都是由一节一节的圆管接起来的。一节圆管展开图为矩形，其表面积等于断面周长与管长的乘积，如图 3-2-41 所示。在实际工作中，经常是先知投影图，而后作出展开图，如图 3-2-42 所示。展开图上的三条基准线是必要的，在钢板上实际下料时，需将两端基准点做标记（打三个冲眼），在管道安装时就以展开图基准线为基准组成若干节管道。

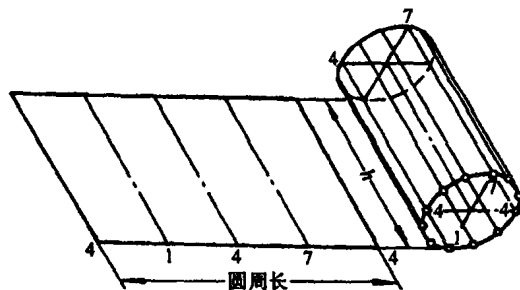


图 3-2-41 圆管展开图

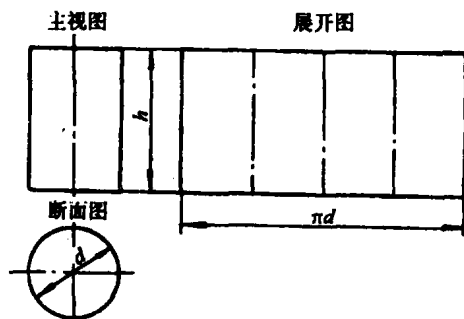


图 3-2-42 圆管的投影图和展开图

(二) 两节圆管接头

1. 两节圆管直角弯头

图 3-2-43 所示的是两节弯头的立体图。图 3-2-44 所示的是两节弯头的投影图，图中已知尺寸为 d 、 h 。

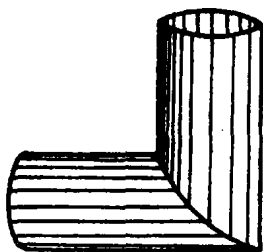


图 3-2-43 两节圆管弯头立体图

图 3-2-45 所示的是主视图，断面图和展开图。求这个展开图的主要任务是作展开曲线。先用已知尺寸画主视图的外形和左、下两个断面图，然后将两个断面图的半圆分成六等分，其等分点为 1、2、3、…、7。由左断面图圆周等分点向右引水平线，与由下断面图圆周等分点引上垂线的对应交点连成接合线，这个接合线是一条直线。从主视图可以看出，由左断面图圆周等分点向右引水平线，通过主视图放样，最后画出展开图，得出展开图的曲线。将断面图的半圆画在展开图的旁边，这是从实践中总结出来的所谓“小圆法”，用这种方法能直接画出展开曲线，既准确又缩短放样时间，如图 3-2-46 所示。先按圆管展开图法画出矩形，在上面的水平线上分为 12 等分，等分点为 4'、3、2、1、2、…、7、…、4。由各等分点分别上下引垂线，与半圆周上的等分点向右引水平线对应交点连成曲线，即得展开图。

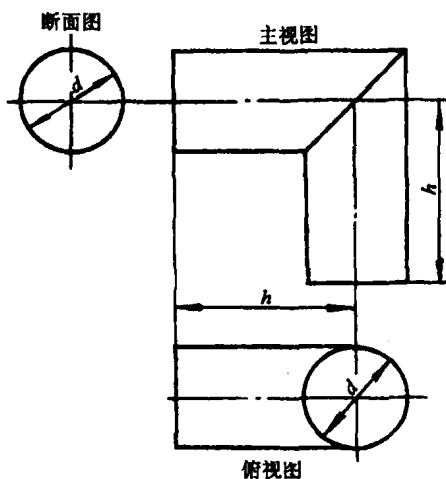


图 3-2-44 两节圆管弯头投影图

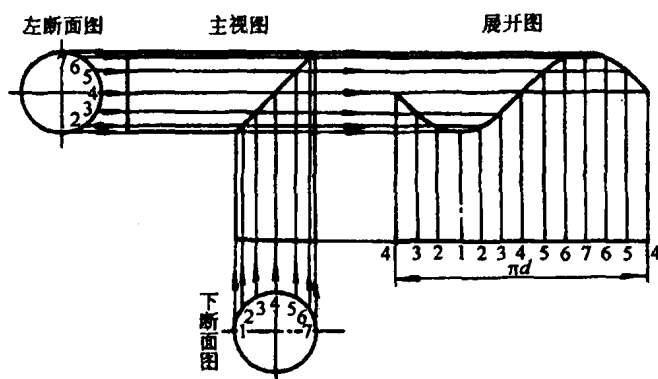


图 3-2-45 两节圆管弯头的主视图、断面图和展开图

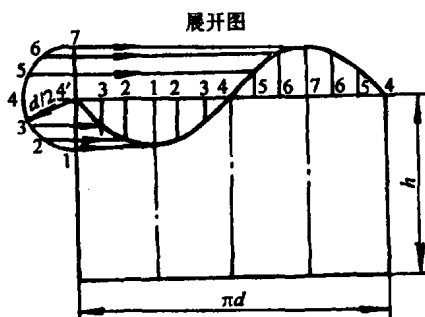


图 3-2-46 两节圆管接头展开图的作法

2. 任意角度的两节圆管接头

图 3-2-47 所示的是任意角度的两节圆管弯头的实物图。图 3-2-48 所示的为该制件的投影图，其中已知尺寸为 a , d , α 。

图 3-2-49 是用放样法求图 3-2-47 所示制件的展开图。具体作法是先将断面图中半圆分成若干等分（图中分 6 等分），由圆周各等分点向上引与圆管中心线的平行线，与接合线相交，得出交点。在由水平管右端点所引的上垂线上截取 4—4 等于断面圆管圆周展开长度，并照录各等分点，由各等分点向左引水平线，与由接合线各点分别引上垂线对应交点连成曲线，即得出展开图。

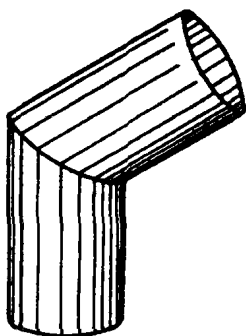


图 3-2-47 任意角度的两节圆管弯头的实物图

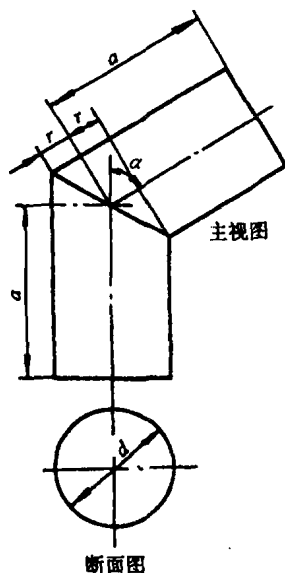


图 3-2-48 任意角度的两节圆管弯头的投影图

从这里我们发现，从接合线上引的各垂线正好通过以 $4'$ 为圆心， r 为半

径所画的 $1/2$ 圆周的各等分点 (这里是 6 等分), r 值则是接合线的上下两点距中心线的垂直距离。我们仍用“两节圆管直角弯头”中介绍的“小圆法”, 就可以取消上面的繁琐的放样过程。用接合线沿中心线方向高度的一半即 r 画小圆, 就能直接作出展开图, 如图 3-2-50 所示。先对已知尺寸 a 的圆管作出展开图, 在左边垂直线上分成 12 等分, 等分点为 $4'$ 、 3 、 2 、 1 、 2 、 $\dots$ 、 7 、 $\dots$ 、 4 , 按图左右引水平线, 与由半径为 r 的小圆圆周等分点引上垂线对应交点连成曲线, 即得出所求展开图。

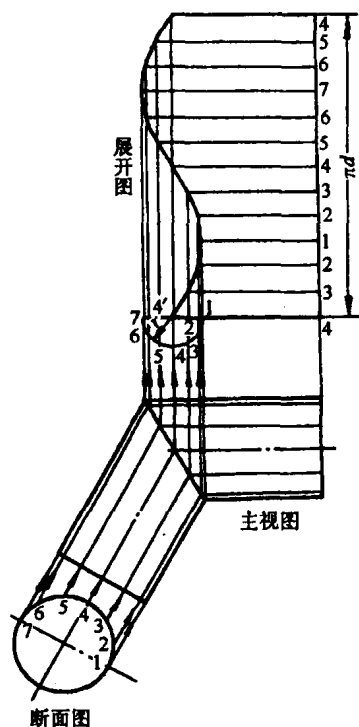


图 3-2-49 图 3-2-47 的展开图

(三) 任意角度的三节弯头

在总结前边介绍的两节弯头展开图的基础上, 用“小圆法”作三节和四节弯头的展开图, 取消放大样。

图 3-2-51 所示的是三节弯头的实物图。图 3-2-52 所示的是该制件的主视图和断面图, 图中已知尺寸为 a 、 b 、 R 、 d 、 60° 。

从已知尺寸看, 接合线的内外两点与圆管中心线的垂直距离差 r 不知道, 必须求出 r 才能用“小圆法”作出展开图。画竖直线 $A-B$, 由 A 引与 $A-B$ 成已知 15° 角的斜线, 与由点 B 向左引水平线得交点为 C , $B-C$ 就是所求的

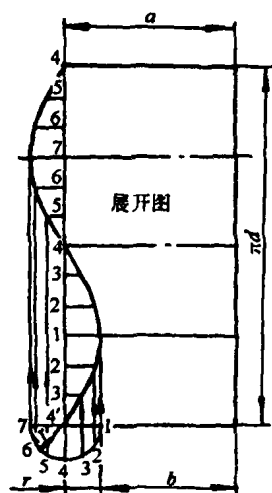


图 3-2-50 用“小圆法”作图 3-2-47 的展开图

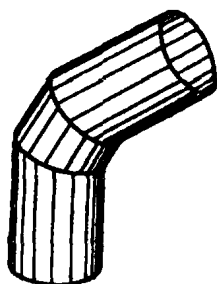


图 3-2-51 三节弯头的实物图

r 。实际上画出的中间管 II 的展开图即可。管 I 展开图曲线用管 II 的样板画出。因此只介绍一下管 II 的展开图画法。取水平线 $O-3$ 、 $3-O$ 分别等于已知尺寸 b ，在由点 3 所引的上垂线上，取 $3-3'$ 等于已知断面图圆周长，8 等分 $3-3'$ ，等分点分别为 3、2、1、2、3、4、5、4、3'。通过各等分点引水平线，与由 O 为圆心， r 为半径所画的 $1/2$ 圆周上的等分点所引的上垂线对应交点连成曲线，即得出管 II 展开图。同时得出管 I 展开图。

(四) 四节 90°弯头

图 3-2-53 所示的是四节弯头的实物图。图 3-2-54 所示的是该制件的主视图和断面图，图中已知尺寸为 R 、90°、 d_0 。

四节弯头和三节弯头展开方法是一样的，只是已知条件不同。从已知主视图可以看出，管 I 是 15°角，管 II 是 30°角，因此，管 II 等于管 I 的两节。

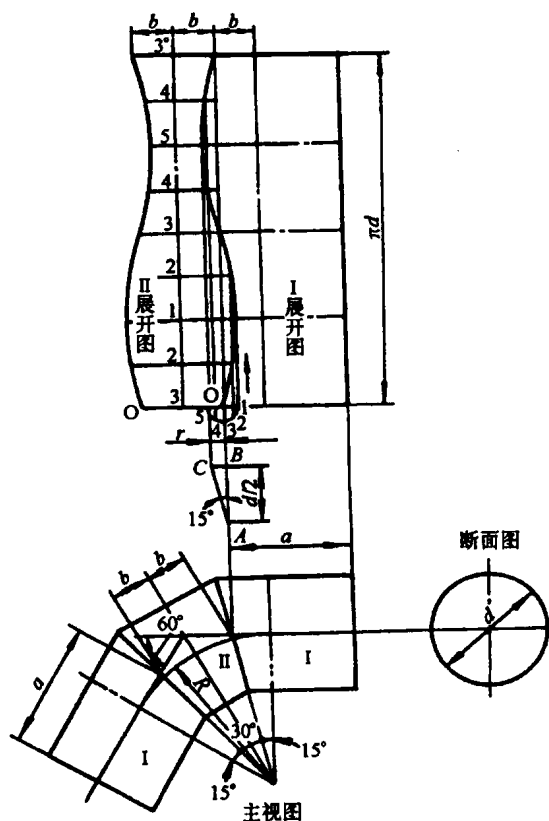


图 3-2-52 图 3-2-51 的投影图、断面图和展开图

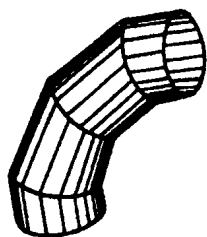


图 3-2-53 四节弯头的实物图

但管 I 和管 II 中心长度和展开图需要的 r 必须求出, 如果用放样法求出, 只画管 I 实样即可。若用计算法也比较简单。

计算式:

管 I 中心线长度 $a = 0.2679R$

展开图需要的小圆半径 $r = 0.13395d$

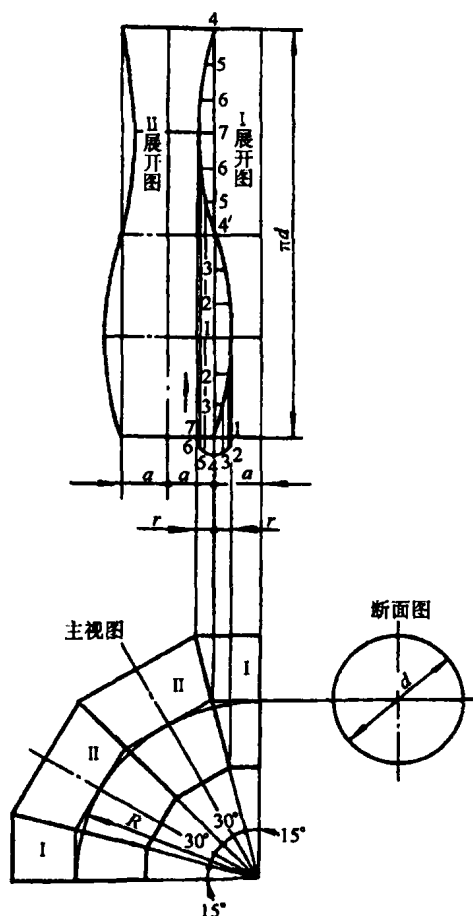


图 3-2-54 图 3-2-53 的主视图、端面图和展开图

展开图的画法：画竖直线 4—4 等于断面图圆周长，12 等分 4'—4，等分点为 4'、3、2、1、…、7、…、4。通过各等分点引水平线。以点 4 为圆心， r 作半径画半圆，6 等分半圆周，再由各等分点引上垂线，与各水平线对应交点连成曲线。由点 4' 向左取 2 倍 a 的长度向上画直线，即为管 I 展开图。

六、圆管三通管展开图作法

(一) 等径圆管三通管展开法

圆管弯头和圆管三通管从形式上看是完全不同的，但我们不能只看它的现象，而要看到它的本质。等径圆管三通管接合线为直线，图 3-2-55 所示

的就是等径等角三通管的接合线。我们先看三通管里的一个支管，是由管中心向不同的方向斜截两次，而弯头里的一节管是一端通过中心斜截一次，二者只是斜截一次和斜截二次的区别，但道理是相同的。所以我们可以根据弯头的展开原理和方法作出三通管的展开。

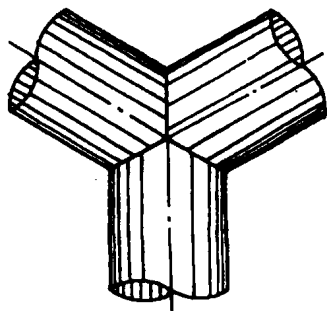


图 3-2-55 等径等角三通管的实物图

1. 等径等角三通管

图 3-2-56 所示的是等径等角三通管的主视图和断面图，图中已知尺寸为 R 、 d ，且各支管中心线交角均为 120° 。

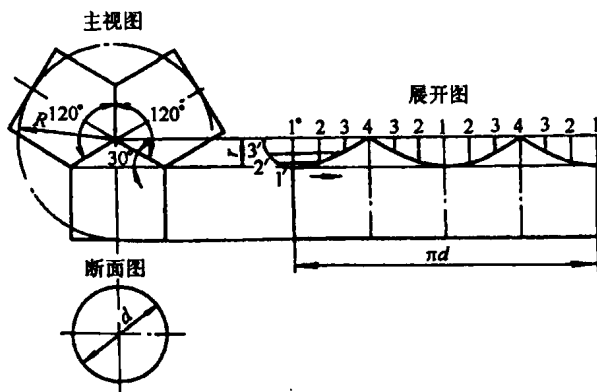


图 3-2-56 等径等角三通管的主视图、端面图和展开图

我们从一个支管看，即为一个圆管由中心左右斜截两次，角度都为 30° 。因此，求展开图用的小圆半径的计算式为：

$$r = 0.2887d$$

展开图画法：先按圆管画出展开图，然后画曲线。把展开图上边的水平线分成 12 等分，等分点为 1° 、 2° 、 3° 、 4° 、 $\dots$ 、 1° 。由各等分点引下垂线，再以点 1° 为圆心， r 作半径画 $1/4$ 圆。3 等分 $1/4$ 圆周，等分点为 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 。

由各等分点向右引水平线，与各点引下垂线对应交点连成曲线，即得出所求展开图。

2. 任意角度的等径三通管

图 3-2-57 所示的是任意角度的等径三通管的实物图。图 3-2-58 所示的是该制件的主视图、断面图和展开图。

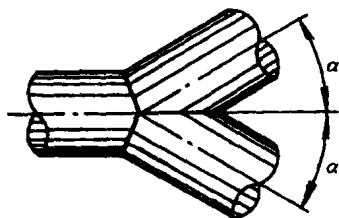


图 3-2-57 任意角度等径三通管实物图

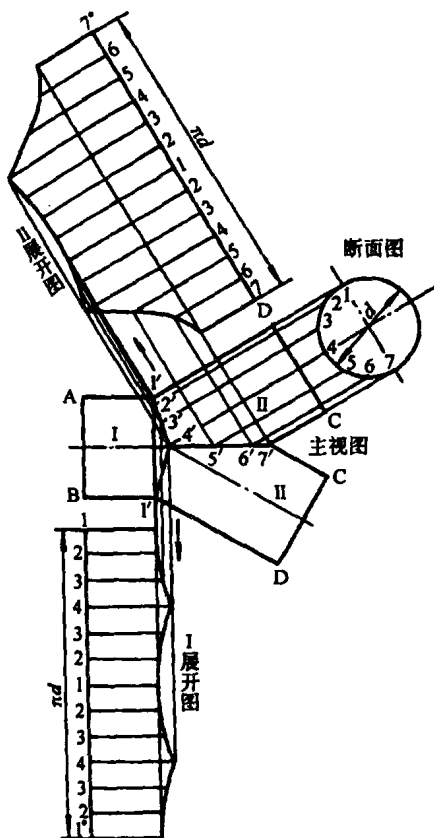


图 3-2-58 图 3-2-57 的主视图、断面图和展开图

先用放样法求展开图，将断面图半圆周分成 6 等分，等分点为 1、2、3、…、7，由各等分点向左引管 II 中心线的平行线，与管 I 的接合线交点为 1'、2'、3'、4'，与管 II 的接合线交点为 4'、5'、6'、7'。由接合线上的交点求展开图。

管 I 展开图画法：在 A—B 向下延长线上取 1—1° 等于断面图圆周展开长度，并照录各等分点，由各点向右引水平线，与由接合线上各点向下引的 A—B 的平行线相交，对应交点连成曲线，即得出管 I 展开图。

管 II 展开图画法：在 C—D 向上延长线上取 7—7° 等于断面图圆周展开长度，并照录各点，由各点引对 7—7° 的直角线，与由接合线各点所引的 C—D 的平行线相交，对应交点连成曲线，即得出管 II 展开图。

图 3-2-59 所示的是任意角度等径三通管的主视图和断面图，图中已知尺寸为 a 、 b 、 d 、 α 。根据主视图求出作展开图的半径 r 、 r_1 。

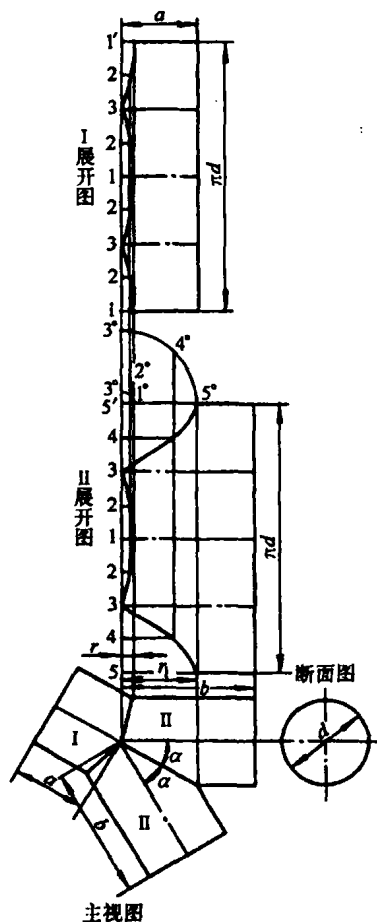


图 3-2-59 任意角度等径三通管的展开图

用计算法求 r_1 、 r 的计算式为：

$$r_1 = \frac{d}{2} \cot \alpha$$

$$r = \frac{d}{2} \tan \frac{\alpha}{2}$$

不用放样，直接用“小圆法”作任意角度等径三通管的展开图，如图 3-2-59 所示。先按圆管展开图画法画出管 I 和管 II 的展开图，然后再画曲线。8 等分展开图 1—1'，5—5'，由各等分点向右引水平线，以点 5' 为圆心，分别以 r 、 r_1 作半径画同心 1/4 圆，二等分 1/4 圆周，等分点为 1°、2°、3° 和 3°、4°、5°。通过各等分点引竖直线与各水平线相交，对应交点连成曲线，即得出管 I，管 II 的展开图。

3. 直角三通管

图 3-2-60 所示的是直角三通管的实物图。图 3-2-61 所示的是主视图、断面图和展开图。主视图的外形为已知的投影图。放样当中，先画出主视图和断面图，然后 6 等分断面图半圆周，等分点为 1、2、2、3、4、…、1。由各等分点引上垂线，与接合线交点为 1、2、3、4，由接合线上各点求展开图。

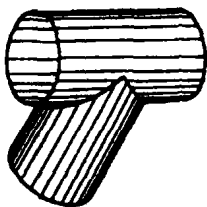


图 3-2-60 直角三通管的实物图

管 I 展开图画法：在 FE 向右延长线上截取 1—1° 等于断面图圆周展开长度，并照录各等分点，由各等分点引上垂线，与接合线上的各点向右所引的 FE 的平行线相交，对应交点连成曲线，即得出管 I 展开图。

管 II 展开图画法：在主视图中管 I 中心线的延长线上截取 O_1O_2 等于断面圆周展开长度，并照录各等分点，由各等分点引水平线，与由主视图各点所引的上垂线相交，对应交点连成直线和曲线，即得出管 II 展开加深。

通过分析上述等径圆管制件展开图画法，我们从复杂的放样过程中可以得到取消放大样的简便作法，在这个过程中得出一条规律，等径圆管制件接合线为直线。放大样最麻烦，画小圆作曲线比较简单，但在实际工作中还有更简便的方法。图 3-2-62 所示的是图 3-2-60 所示的直角三通管的投影图。按投影图的已知半径，在图 3-2-63 上画 1/4 圆，即小放样图 a；然后