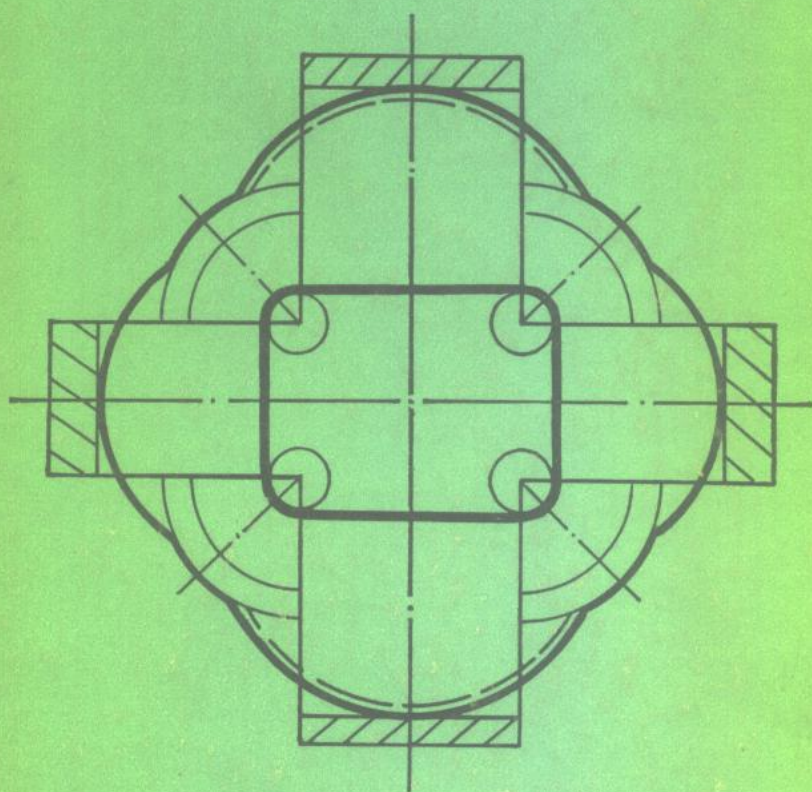


冲压零件展开尺寸计算



国防工业出版社

冲压零件展开尺寸计算

周 开 华 编译

国防工业出版社

内 容 简 介

本书主要取材于德文、俄文和中文书刊。书中收集、整理和编译了一般最常用的冷冲压零件毛坯展开尺寸的计算公式和数据。特别是提供了很多实用的计算图表，从而可大大地减少繁琐的计算，提高工作效率。

本书共五章。分别叙述了弯曲、拉深及成形零件毛坯展开尺寸的计算。可供从事冲压生产技术方面的工艺人员、冲模设计与制造人员以及高等院校有关专业的师生参考。

冲压零件展开尺寸计算

周 开 华 编 译

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张 18³/₄ 插页 2 296千字

1981年6月第一版 1981年6月第一次印刷 印数：00,001--18,500册

统一书号：15034·2110 定价：2.75元

序 言

冷冲压工件，除了一部分平面零件外，绝大部分是立体零件。例如：弯曲，拉深，翻边，卷边，收口和成形零件等等。

冷冲压零件毛坯尺寸和形状的确定，对于模具设计和冲压工艺的选择都具有很重要的意义。

在实际生产中，零件毛坯尺寸和形状，通常是用试验方法求得的，但是特别费事。为了达到合理地使用原材料和缩短零件毛坯的试验周期，我们必须掌握零件毛坯展开尺寸的科学计算方法，从而把计算和试验有效地结合起来。

本书在编译过程中得到了许多同志的帮助，我十分感谢。

限于编译者水平和经验，成书仓卒，谬误在所难免，敬希批评指正。

编译者

目 录

第一章 弯曲零件毛坯展开尺寸的计算	1
§ 1-1 计算基础	1
1. 板料弯曲时中性层位置的确定	1
2. 板料卷圆时中性层位置的确定	4
3. 圆杆弯曲时中性层位置的确定	5
4. 型材弯曲时中性层位置的确定	6
§ 1-2 计算方法	7
1. 角形零件	7
2. 卷圆零件	15
3. U形零件	17
4. 钩形零件	21
5. 椭圆形零件	24
6. 型材弯曲零件	25
§ 1-3 辅助图表	34
(1) 弯曲半径 $r < 0.5S$ 时, 求毛坯展开长度的计算公式	34
(2) 弯曲半径 $r > 0.5S$ 时, 求毛坯展开长度的计算公式	35
(3) 圆弧与直线的连接计算	36
(4) V形弯曲 90° 时, 求圆角部分中性层长度 l_{90}	40
(5) U形弯曲 90° 时, 求圆角部分中性层长度 l	40
(6) 弯曲不同角度时, 求毛坯展开长度的系数值 v	40
第二章 旋转体拉深零件毛坯展开尺寸的计算	55
§ 2-1 计算基础	55
§ 2-2 计算方法	55
1. 半球形零件	56
2. 球缺形零件	59
3. 球带形零件	61
4. 带圆筒形的半球形零件	63
5. 带圆筒形的球缺形零件	66
6. 带斜筒形的半球形零件	69
7. 带直筒及斜筒的半球形零件	70
8. 带斜筒的球缺形零件	70
9. 带直筒及斜筒的球缺形零件	71
10. 无凸缘圆筒形零件	73
11. 带凸缘圆筒形零件	73
12. 带直角凸缘的圆筒形零件	74
13. 带斜筒的圆筒形零件	75
14. 有圆角的圆筒形零件	76
15. 截锥形零件	78
16. 带凸缘的截锥形零件	80
17. 带圆筒壁的截锥形零件	81
18. 任意旋转体拉深零件	82
§ 2-3 旋转体拉深零件毛坯展开尺寸的计算及其它计算方法	100
1. 等体积法	100
2. 等重量法	101
3. 分析图解法	101
4. 作图法	104
§ 2-4 辅助图表	105
(1) 求圆筒形零件毛坯直径 D 的计算公式	105
(2) 求毛坯直径 D 时的 $\Sigma l r$	110
(3) 求圆弧长度 l	111
(4) 求圆弧重心 A	113
(5) 求圆筒形零件的修边余量	115
第三章 非旋转体拉深零件毛坯展开形状和尺寸的计算	116
§ 3-1 计算基础	116
§ 3-2 计算方法	116
1. 低盒形零件	116
2. 高盒形零件	119
3. 多次拉深的盒形零件	130
4. 带凸缘的盒形零件	133
5. 任意形零件	134
第四章 带料上连续拉深零件毛坯展开尺寸的计算	140
§ 4-1 计算基础	140
§ 4-2 计算方法	140
第五章 成形零件毛坯展开尺寸的计算	144
§ 5-1 翻边零件	144
1. 圆形孔翻边	144
2. 方形孔和矩形孔翻边	148
§ 5-2 缩口零件	150
§ 5-3 胀形零件	151
§ 5-4 波纹膜片零件	151
本书主要参考文献	153

第一章 弯曲零件毛坯展开尺寸的计算

§ 1-1 计算基础

弯曲零件是现代机器，仪器仪表和工具制造中数量最多的冲压零件之一。其主要形式有：V形、U形、Z形、弯边及其他形状比较复杂的零件。

弯曲零件毛坯展开尺寸的计算基础，是根据中性层在弯曲前后长度不变的原则来求得的。

1. 板料弯曲时中性层位置的确定

板料弯曲时，在切向毛坯断面的外面被拉伸，里面被压缩，而断面上由拉伸向压缩过渡时，必然有一层金属的应力和应变为零，即所谓中性层。然而在弯曲过程中，中性层并不都是在板厚的中间，而是随变形程度的大小而有所不同。同时，由于塑性弯曲时，板料厚度不断变薄，毛坯断面也发生畸变（图 1-1）。

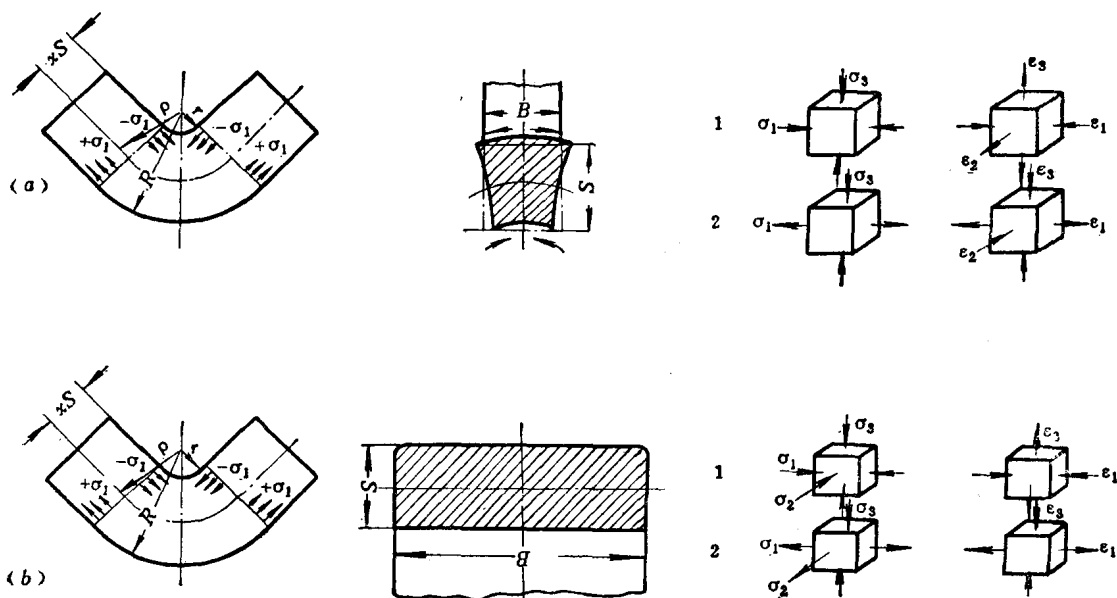


图1-1 板料弯曲时毛坯断面形状的畸变
a—窄板料 ($b < 3S$)；b—宽板料 ($b > 3S$)。

毛坯展开尺寸是根据应变中性层来计算的。而应变中性层的位置，可以利用变形前后弯曲毛坯的体积相等的条件来确定（图 1-2）。

弯曲前的体积

$$V_0 = LBS$$

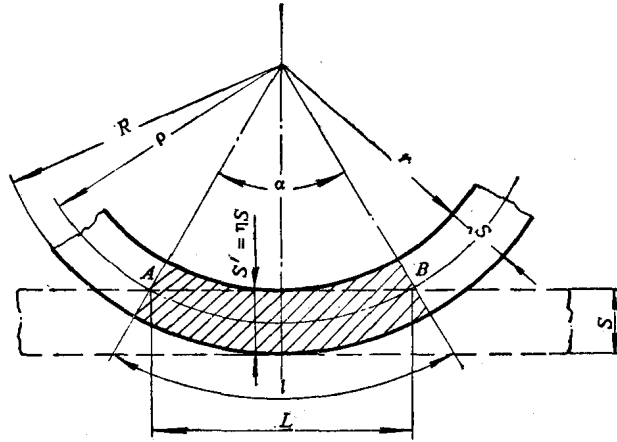


图1-2 板料弯曲时中性层位置的确定

弯曲后的体积
$$V = \pi (R^2 - r^2) \frac{\alpha}{2\pi} B_{ep}$$

故
$$LSB = \pi (R^2 - r^2) \frac{\alpha}{2\pi} B_{ep} \quad (1-1)$$

又因变形前后中性层的长度不变, 即

$$L = l \quad (1-2)$$

则

$$l = \alpha \rho$$

将公式 (1-2) 代入公式 (1-1), 并整理之, 则得

$$\rho = \frac{R^2 - r^2}{2S} \cdot \frac{B_{ep}}{B} \quad (1-3)$$

又若以 $R = r + S'$ 代入公式 (1-3), 并简化之, 得

$$\rho = \left(\frac{r}{S} + \frac{\eta}{2} \right) S \beta \eta \quad (1-4)$$

式中 L 、 l ——弯曲前后中性层的长度 (即 AB 线段和 AB 弧长), 毫米;

B 、 B_{ep} ——弯曲毛坯宽度和平均宽度, 毫米;

S ——材料厚度, 毫米;

r 、 R ——内外弯曲半径, 毫米;

α ——弯曲角, 度;

ρ ——中性层半径, 毫米;

$\eta = \frac{S'}{S}$ ——变薄系数, 见表 1-1 或由图 1-3 中查得;

$\beta = \frac{B_{ep}}{B}$ ——加宽系数, 见表 1-2, 一般取 $\beta = 1$ 。

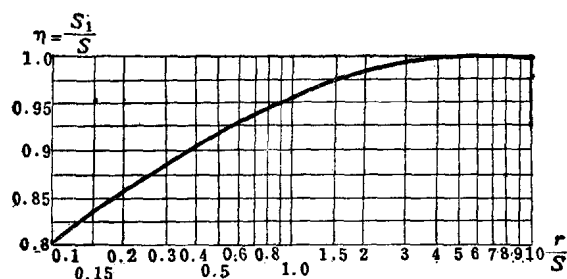
表1-1 变薄系数 η

r/S	0.1	0.25	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5	>10
η	0.82	0.87	0.92	0.96	0.985	0.992	0.995	0.998	1

表1-2 加宽系数 β

板料宽度 B	$\geq 3S$	$2.5S$	$2S$	$1.5S$	S	$0.5S$
系数 β	1.0	1.005	1.01	1.025	1.05	1.09

注：根据G. 欧列尔的资料，板料单边加宽尺寸 $\Delta B = \frac{0.4S}{r}$ (S —板厚， r —弯曲半径)。

图1-3 弯曲90°时板料厚度的变薄系数 η (10~20号钢)

由公式 (1-4) 和表 1-1 可知，当变形程度越大（即 $\frac{r}{S}$ 比值小）， η 值越小，则材料的变薄现象越严重；当中性层的曲率半径 ρ 越小，中性层向毛坯内表面的位移量就越大。

当弹-塑性弯曲时，若变形程度很小（即 $\frac{r}{S}$ 比值大），则中性层与弯曲毛坯的断面中心的轨迹相重合，即

$$\rho = r + 0.5S \quad (1-5)$$

一般计算应变中性层时，常用下述简化公式：

$$\rho = r + xS \quad (1-6)$$

$$x = \frac{\rho - r}{S} = \frac{\eta^2}{2} - \frac{r}{S}(1 - \eta) \quad (1-7)$$

式中

x ——到中性层的位移系数，见表 1-3 或由图 1-4 中查得；
其余符号意义同上。

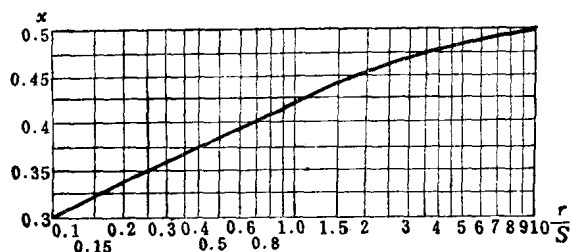
图1-4 弯曲90°时板料中性层的位移系数 x

表1-3 板料弯曲时中性层位移系数 α

相对弯曲半径 r/S																		
0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.6	0.7	0.75	0.8	1	1.2	1.3	1.5	1.8	2
0.3	0.32	0.333	0.35	0.36		0.37		0.38	0.386	0.4		0.408	0.42	0.43		0.44	0.45	0.455
0.3			0.365					0.406					0.444					0.47
0.18		0.26						0.33					0.37					0.4
								0.25				0.3	0.35					0.37
0.18			0.26					0.33					0.35					0.375
0.25		0.3	0.32	0.34		0.36		0.37	0.38			0.4	$\frac{0.41}{0.35}$	$\frac{0.42}{0.36}$		$\frac{0.44}{0.37}$		$\frac{0.45}{0.38}$
0.23		0.29	0.31	0.32	0.34	0.35	0.36	0.37	0.38	0.39		0.4	0.41	0.42	0.43	0.44		0.45
0.28			0.32					0.37					0.42			0.44		0.455
0.28		0.31		0.34		0.36		0.37	0.38			0.4	0.415			0.44		0.45
													$\frac{0.35}{0.33}$					$\frac{0.375}{0.37}$
				0.23 ± 0.05				0.3 ± 0.05			0.33 ± 0.05		0.38 ± 0.05					0.4 ± 0.04
2.5	3	4	5	6	6.5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	25	资料来源		
0.46	0.47	0.476	0.48			0.49			0.5							B. II. 罗曼诺夫斯基		
	0.48		0.488						0.5						0.5	E. H. 莫西尼		
		0.42	0.45													И. Л. 列涅		
	0.4	0.41	0.43	0.44		0.45	0.46		0.47		0.48					H. H. 巴索夫, M. H. 葛尔布洛夫		
	0.4	0.415	0.43	0.44		0.45	0.46		0.47	0.475	0.48	$> \frac{12}{0.5}$				A. H. 马洛夫		
	$\frac{0.46}{0.40}$	$\frac{0.47}{0.42}$	$\frac{0.48}{0.43}$	$\frac{0.49}{0.44}$		$\frac{0.49}{0.45}$	$\frac{0.5}{0.46}$	$\frac{0.5}{0.47}$	$\frac{0.5}{0.47}$	$\frac{0.5}{0.48}$	$\frac{0.5}{0.48}$	$\frac{0.5}{0.49}$	$\frac{0.5}{0.49}$	$\frac{0.5}{0.49}$		Г. А. 斯柯沃尔佐夫。分子适于材料 $\sigma_b < 40$ 公斤/毫米 ² ；分母适于材料 $\sigma_b > 40$ 公斤/毫米 ²		
	0.46	0.47	0.48		0.49											Г. H. 罗文斯基, B. M. 阿里金等		
	0.47	0.475	0.5													M. E. 祖巴卓夫		
0.46	0.47	0.475	0.48				0.49		0.5							Г. А. 斯米尔诺夫-阿列也夫, Л. А. 法依特拉乌布		
																南京无线电仪器厂 (模具通讯1/1978)		
	$\frac{0.4}{0.385}$	$\frac{0.415}{0.405}$	0.43	0.44		0.45	0.46	0.465	0.47	0.475	0.48	0.5	0.5	0.5		分子用于 $1 \leq \frac{r}{S} \leq 15$ ，分母用于 $0.1 \leq \frac{r}{S} < 1$		
0.43 ± 0.04	0.44 ± 0.03	0.48 ± 0.02					0.49 ± 0.01		0.5							张鼎承 (按苏联资料求得的平均值及其误差值)		

2. 板料卷圆时中性层位置的确定

在冷冲压中，卷圆的方法大都用于压制铰链零件。由于所用的凸模是对毛坯一边加压

力,故产生了很复杂的塑性变形,即悬臂式的环向弯曲及由于摩擦力的不对称压缩(图1-5)。

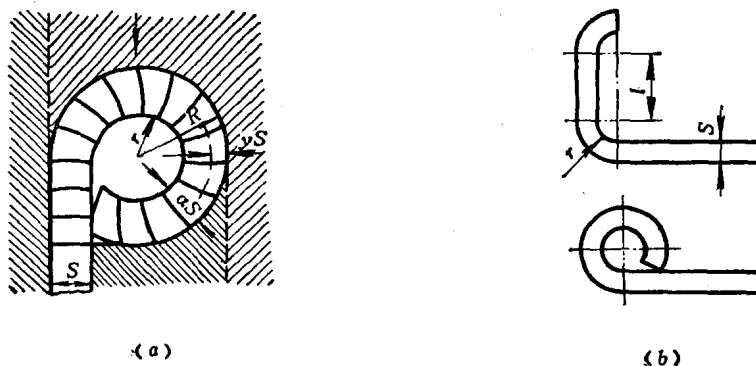


图1-5 卷制铰链
a——一道工序; b——两道工序。

为了使毛坯在环向弯曲时保持稳定性,只有当 $R < 3.3 S$ 时才能实现。故铰链的卷制方法一般只适用于 $R = (2 \sim 3.2) S$ 。

当 R 更大时,在卷制时就需使用与铰链圈内径相等的心轴。

在卷圆时,中性层半径按下式计算:

$$\rho = R - yS = R - \frac{1 - 0.5(k+1)\alpha}{\frac{1}{\alpha} - k} S \quad (1-8)$$

式中 α ——材料厚度的变化系数(见表1-4);

y ——中性层位移系数(见表1-4);

k ——曲度系数, $k = \frac{r}{\rho_{n0}}$;

ρ_{n0} ——在没有压缩的弯曲时中性层半径。

表1-4 系数 $\frac{\rho}{S}$, y 及 α 值

计算系数	相 对 半 径 R/S								
	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2
比值 $\frac{\rho}{S}$	1.2	1.38	1.56	1.74	1.92	2.11	2.3	2.5	2.7
系数 y	0.4	0.42	0.44	0.46	0.48	0.49	0.5	0.5	0.5
系数 α	1.1	1.08	1.04	1.025	1.015	1.01	1.005	1.00	-1.0

3. 圆杆弯曲时中性层位置的确定

当弯曲其他形状断面的毛坯(如圆形、菱形、梯形等)时,其断面的变形性质是不同的,变薄系数也不一样,因而中性层的位置也不相同。

当直径为 d 的圆杆绕弯曲半径 $r = 1.5d$ 的心轴或凸模弯曲时,其断面变化也不大,仍保持圆形。

当圆杆绕更小的弯曲半径 ($r < 1.5d$) 弯曲时, 其断面发生了畸变, 呈椭圆形甚至蛋形, 向弯曲角内发生拉伸作用。如图 1-6 所示椭圆形的尺寸 d_1 大于圆杆的原始直径 d 。在这种情形下, 中性层的曲率半径 ρ 可以近似地用下式计算:

$$\rho = \left(r + \alpha_1 \frac{d}{2} \right) \alpha_1 \quad (1-9)$$

或

$$\rho = x_0 d$$

式中 $\alpha_1 = \frac{d_1}{d}$ —— 径向的变厚系数 (见表 1-5);

d 、 d_1 —— 弯曲前后的圆杆的直径;

r —— 弯曲半径;

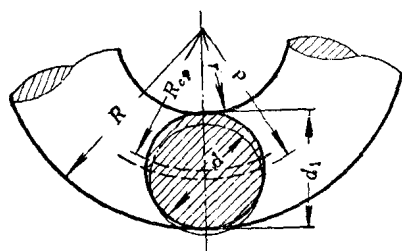
x_0 —— 到中性层的位移系数, 见表 1-6 或由图 1-6 b 中查得。

表1-5 变厚系数 α_1

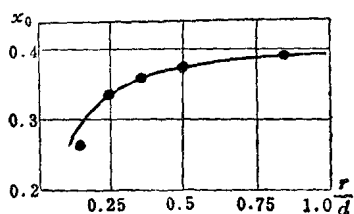
弯曲半径 r	$1.4d$	$0.85d$	$0.25d$	$0.1d$
系数 α_1	1.002	1.012	1.04	1.07

表1-6 圆铝杆弯曲时中性层位移系数 x_0

弯曲半径 r	$\geq 1.5d$	d	$0.5d$	$0.25d$
系数 x_0	0.5	0.51	0.53	0.55



(a)



(b)

图1-6 圆杆弯曲半径 $r < d$ 时断面的畸变

a—圆杆弯曲时断面的畸变; b—圆杆弯曲时的位移系数 x_0 。

4. 型材弯曲时中性层位置的确定

轧制型材的弯曲, 主要是在型材弯型机上以大曲率半径 R ($R \geq 10h$) 进行的。为此, 可以相当准确地认为中性层是通过型材断面的重心。

弯曲型材时, 由于作用在板沿的拉力 N 和压力 Q , 在直径方向有使板沿向内弯曲的合力 P_1 及 P_2 (图 1-7), 故型材原始断面发生畸变。

对于其他形式的型材, 板沿也发生弯曲并转到这样的位置, 使断面的抗矩减低, 从而减少弯矩及弯曲力的数值。

图 1-8 所示系各种形式的型材在弯曲时断面的畸变情况。

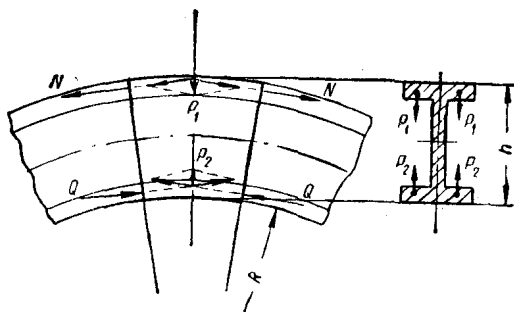


图1-7 型材在弯曲时的受力状况

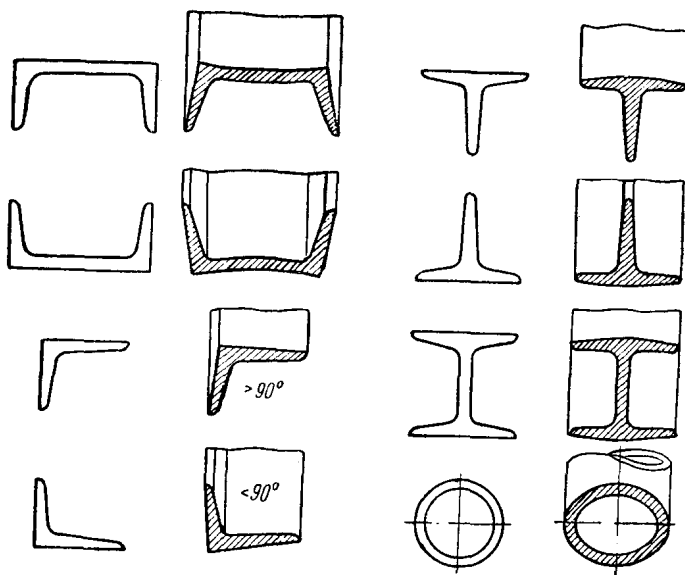


图1-8 型材在弯曲时断面形状的畸变

§ 1-2 计算方法

在了解和掌握了上述求应变中性层计算方法的基础上,即可进行弯曲零件毛坯展开尺寸的具体计算。计算的程序是:将零件划分成直线和圆角的各个不同单元体,直线部分的长度不变,而弯曲的圆角部分长度则需要考虑材料的变形和应变中性层的相对移动。故整个毛坯的展开尺寸应等于弯曲零件各部分长度的总和。

现在计算各种不同形状的弯曲零件毛坯展开尺寸。

1. 角形零件

(1) 有圆角半径的弯曲 (第一种情况)

A. 算法

如图 1-9 所示,已知角形零件尺寸 m , n , 弯曲半径 r 及弯曲角 α , 求毛坯展开尺寸 L , 即

$$L = m + n + l$$

因圆弧展开长度 $l = \frac{\pi r \alpha}{180} = 0.01745 r \alpha$, 则

$$L = m + n + 0.01745r\alpha \quad (1-10)$$

在特殊情况下, 毛坯展开长度 L , 可按下列公式进行计算:

$$\text{当 } \alpha = 30^\circ \text{ 时, 则 } L = m + n + 0.52r \quad (1-11)$$

$$\alpha = 45^\circ \text{ 时, 则 } L = m + n + 0.78r \quad (1-12)$$

$$\alpha = 60^\circ \text{ 时, 则 } L = m + n + 1.05r \quad (1-13)$$

$$\alpha = 90^\circ \text{ 时, 则 } L = m + n + 1.57r \quad (1-14)$$

$$\alpha = 180^\circ \text{ 时, 则 } L = m + n + 3.14r \quad (1-15)$$

例: 如图 1-9 所示零件尺寸 $m=30$ 毫米, $n=25$ 毫米, 弯曲半径 $r=10.2$ 毫米, 弯曲角 $\alpha=40^\circ$, 求毛坯展开尺寸 L 。

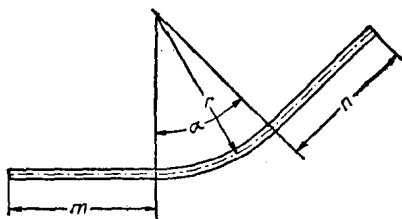


图1-9 角形零件

解: 由公式 (1-10) 求得

$$\begin{aligned} L &= m + n + 0.01745r\alpha \\ &= 30 + 25 + 0.01745 \times 10.2 \times 40^\circ \\ &= 30 + 25 + 7.1 = 62.1 \text{ 毫米} \end{aligned}$$

B. 图表法

图 1-10 (书后插页)说明:

用途: 根据零件弯曲半径 r 和弯曲角 α 求圆弧展开长度 l 。

结构: A 轴为弯曲半径 r , 在坐标图内有一组弯曲角 α 的射线, 在与 B 轴相平行的刻度尺上, 即可读出圆弧展开长度 l 。

应用: 在 A 轴上找出弯曲半径 r , 横移至与弯曲角 α 的射线相交, 过交点向 B 轴作垂线, 并移至刻度尺上, 即可读出圆弧展开长度 l 。

例 1: 如图 1-9 所示零件尺寸 $m=30$ 毫米, $n=25$ 毫米, 弯曲半径 $r=10.2$ 毫米, 弯曲角 $\alpha=40^\circ$, 求毛坯展开尺寸 L 。

解: 在图 1-10 A 轴上找出弯曲半径 $r=10.2$ 毫米, 横移至与弯曲角 $\alpha=40^\circ$ 的射线相交, 过交点向 B 轴作垂线, 并移至弯曲角为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 的刻度尺, 即可读出圆弧展开长度 $l=7.1$ 毫米, 则毛坯展开尺寸 $L=30+25+7.1=62.1$ 毫米。

例 2: 如图 1-9 所示零件尺寸 $m=50$ 毫米, $n=60$ 毫米, 弯曲半径 $r=9$ 毫米, 弯曲角 $\alpha=120^\circ$, 求毛坯尺寸 L 。

解: 在图 1-10 A 轴上找出弯曲半径 $r=9$ 毫米, 横移至与弯曲角 $\alpha=120^\circ$ 的射线相

注: 在公式 (1-10) 及图 1-9 和图 1-10 中, 以及随后的公式和图表中, 凡是弯曲半径 r , 都应理解为中性层弯曲半径 ρ 。——编者

交, 过交点向 B 轴作垂线, 并移至弯曲角为 $90^\circ \sim 180^\circ$ 的刻度尺上, 即可读出圆弧展开长度 $l = 18.85$ 毫米。

则毛坯展开尺寸 $L = 50 + 60 + 18.85 = 128.9$ 毫米。

例 3. 如图 1-9 所示零件尺寸 $m = 80$ 毫米, $n = 40$ 毫米, 弯曲半径 $r = 20$ 毫米, 弯曲角 $\alpha = 60^\circ$, 求毛坯展开尺寸 L 。

解: 因图 1-10 中 A 轴的刻度为 $0 \sim 15$, 只能适用于弯曲半径 $r = 0 \sim 15$ 毫米的范围, 故应先变换尺寸单位, 在 A 轴上取弯曲半径 $r = 2$ 厘米, 横移至与弯曲角 $\alpha = 60^\circ$ 的射线相交, 过交点向 B 轴作垂线, 并移至弯曲角为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 的刻度尺上, 即可读出圆弧展开长度 $l = 2.093$ 厘米, 最后再将此数值换算成 $l = 20.9$ 毫米, 则毛坯展开尺寸 $L = 80 + 40 + 20.9 = 140.9$ 毫米。

(2) 有圆角半径的弯曲 (第二种情况)

A. 计算法

如图 1-11 所示, 已知角形零件尺寸 p 、 q , 弯曲半径 r 和弯曲角 α 。毛坯展开尺寸 L 等于 p 与 q 之和, 减去修正值 K , 即

$$L = p + q - K$$

修正值 K 按下式计算:

$$K = r \left(2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \pi \frac{\alpha}{180} \right) \quad (1-16)$$

$$\text{则} \quad L = p + q - r \left(2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \pi \frac{\alpha}{180} \right) \quad (1-17)$$

为了计算方便, 将弯曲角 α 取 5° 的倍数, 则 $\left(2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \pi \frac{\alpha}{180} \right)$ 之值可由表 1-7 中查得。

表 1-7 修正值 $K = r \left(2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \pi \frac{\alpha}{180} \right)$

α°	$\left(2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \pi \frac{\alpha}{180} \right)$	α°	$\left(2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \pi \frac{\alpha}{180} \right)$
5	①	50	0.0600
10	①	55	0.0812
15	①	60	0.1075
20	①	65	0.1397
25	0.0071 ②	70	0.1787
30	0.0123 ②	75	0.2257
35	0.0197	80	0.2819
40	0.0298	85	0.3491
45	0.0430	90	0.4292

① 当弯曲角 $\alpha = 5^\circ \sim 20^\circ$ 而弯曲半径 r 很小时, 修正值 K 可以忽略不计。

② 当弯曲角 $\alpha = 25^\circ \sim 30^\circ$ 时, 而弯曲半径 $r < 50$ 毫米, 修正值 K 可以忽略不计。

例: 如图 1-11 所示零件尺寸 $p = 28$ 毫米, $q = 23$ 毫米, 弯曲角 $\alpha = 70^\circ$, 弯曲半径 $r = 10.5$ 毫米, 求毛坯展开尺寸 L 。

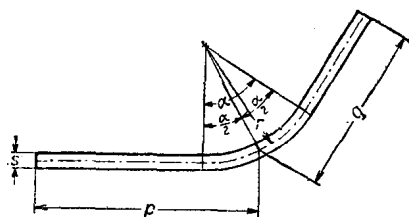


图1-11 角形零件

解：当 $\alpha = 70^\circ$ 时， $K = 0.1787 r$ (见表 1-7)。

由公式 (1-17) 求得：

$$\begin{aligned} L &= p + q - K \\ &= 28 + 23 - 0.1787 \times 10.5 = 49.1 \text{ 毫米} \end{aligned}$$

根据西德工业标准 DIN6935 推荐可用下述公式计算弯曲零件毛坯展开尺寸 L (图 1-12)。即

$$L = a + b \pm v \quad (1-18)$$

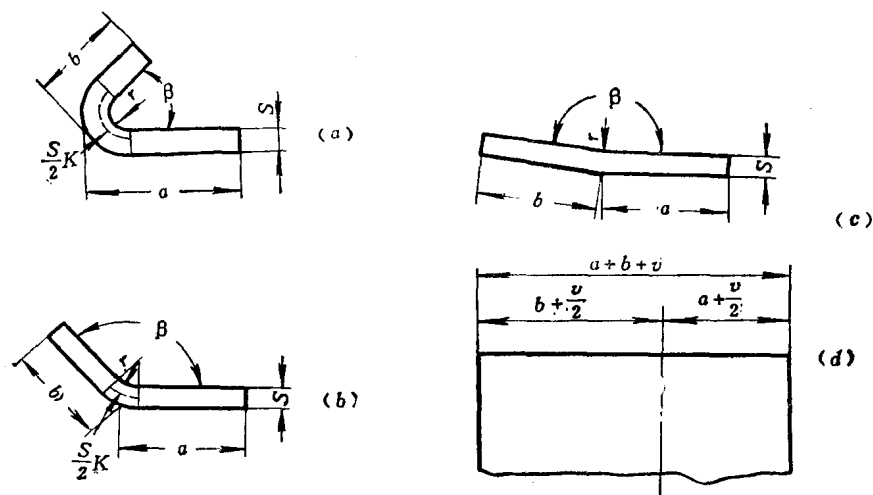


图1-12 弯曲零件及弯曲线位置
a、b、c—零件；d—弯曲线位置。

式中 v ——系数，可由公式 (1-19) 和 (1-20) 计算或由图 1-14 求得。

系数值 v 的计算：

当 $\beta = 0^\circ \sim 90^\circ$ 时

$$v = \pi \left(\frac{180^\circ - \beta}{180^\circ} \right) \left(r + \frac{S}{2} K \right) - 2(r + S) \quad (1-19)$$

当 $\beta > 90^\circ \sim 165^\circ$ 时

$$v = \pi \left(\frac{180^\circ - \beta}{180^\circ} \right) \left(r + \frac{S}{2} K \right) - 2(r + S) \tan \frac{180^\circ - \beta}{2} \quad (1-20)$$

当 $\beta > 165^\circ \sim 180^\circ$ 时， $v = 0$ 。

上述公式 (1-19) 和公式 (1-20) 中修正系数 K 可由下式计算：

$$K = 0.65 + \frac{1}{2} \lg \frac{r}{S} \quad (1-21)$$

K 值亦可由表 1-8 或图 1-13 中求得。

表1-8 修正系数 K

相对弯曲半径 r/S	0.65~1	1~1.5	1.5~2.4	2.4~3.8	>3.8
修正系数 K	0.6	0.7	0.8	0.9	1

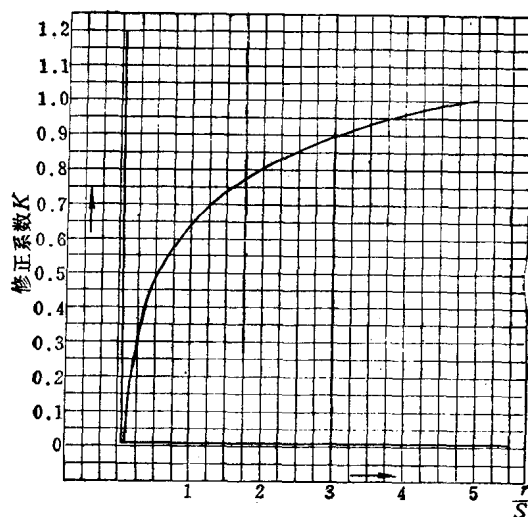


图1-13 求修正系数 K 的图表

为了计算方便, v 值可由图 1-14 中求得, 或根据零件的不同角度直接由表 1-20~表 1-31 中选取。

这里需要特别说明的是: 为了用简化计算方法求 v 值, 可将公式 (1-19) 和公式 (1-20) 改写为下列形式:

当 $0^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$ 时:

$$v = \left(\pi \frac{180^\circ - \beta}{180^\circ} - 2 \right) r + \left(\frac{\pi}{2} \frac{180^\circ - \beta}{180^\circ} K - 2 \right) S \quad (1-19 a)$$

当 $90^\circ < \beta < 180^\circ$ 时:

$$v = \left(\pi \frac{180^\circ - \beta}{180^\circ} - 2 \operatorname{tg} \frac{180^\circ - \beta}{2} \right) r + \left(\frac{\pi}{2} \frac{180^\circ - \beta}{180^\circ} K - 2 \operatorname{tg} \frac{180^\circ - \beta}{2} \right) S \quad (1-20 a)$$

而公式 (1-19 a) 和公式 (1-20 a) 还可变成缩写式:

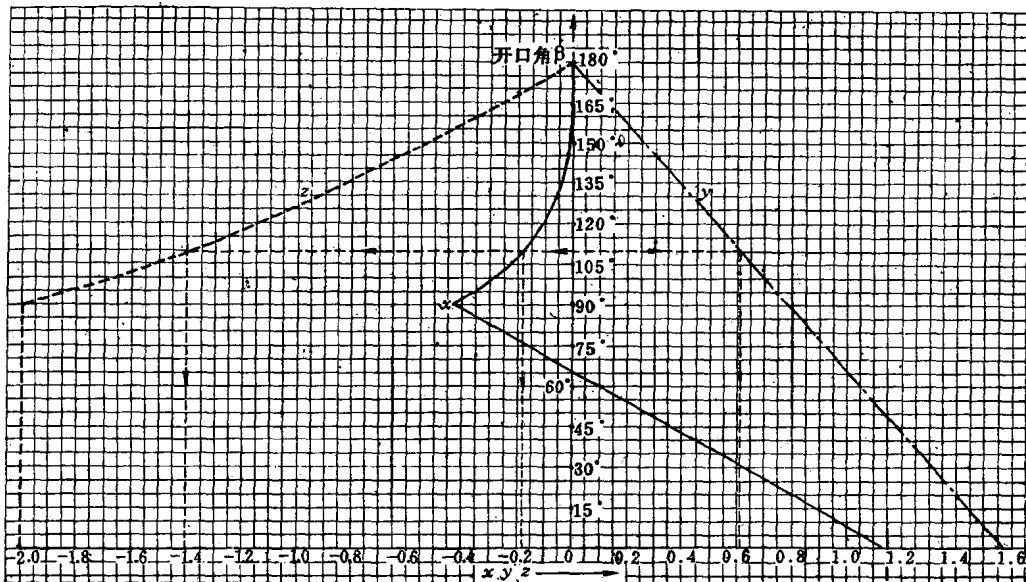
$$v = xr + (yK + z) S$$

式中 x 、 y 、 z ——可根据 β 值大小, 由图 1-14 中直接求得;

K ——系数, 由图 1-13 或表 1-8 中求得;

r 和 S ——弯曲半径和料厚。

图 1-14 就是根据缩写式制成的图表。可由已知条件很快的求出 v 值。

图1-14 求 v 值的计算图表

计算公式:

$$v = xr + (yK + z)S$$

例: 料厚 $S = 2$ 毫米, 弯曲半径 $r = 2.5$ 毫米, 开口角 $\beta = 110^\circ$, 求 v 值。

解: 当 $\beta = 110^\circ$ 时, 由图查得, $x = -0.18$, $y = 0.61$, $z = -1.40$ 。因 $r/S = \frac{2.5}{2} = 1.25$, 则 $K = 0.7$ (图1-13)。

故 $v = -0.18 \times 2.5 + (0.61 \times 0.7 - 1.40) 2 = -2.4$ 毫米。

计算示例 (图1-15);

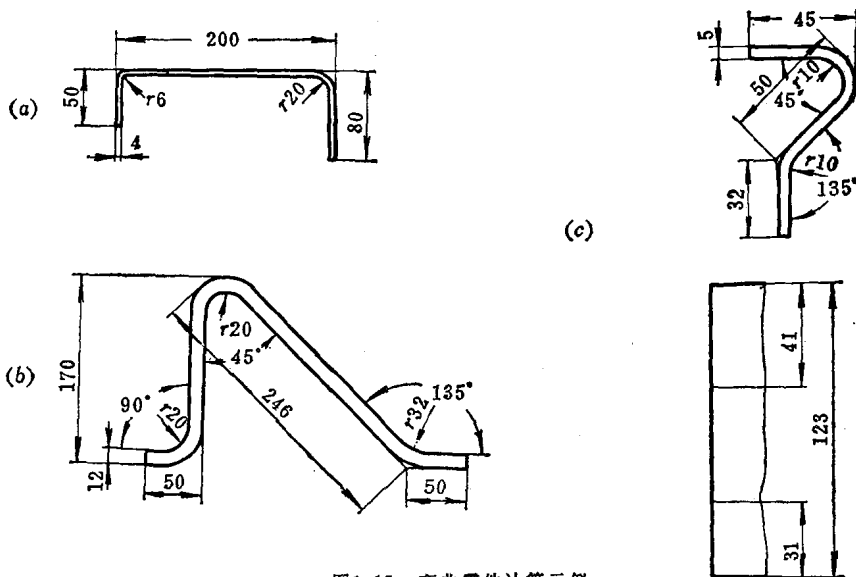


图1-15 弯曲零件计算示例

例1: 如图1-15 a 所示, 求弯曲零件毛坯展开尺寸 L 。

解: 由表 1-25 可知:

当 $\beta = 90^\circ$, $r = 6$ 毫米, $S = 4$ 毫米时, $v = -8.26$ 毫米。当 $\beta = 90^\circ$, $r = 20$ 毫米, $S = 4$ 毫米时, $v = -13.44$ 毫米。

则由公式 (1-18) 求得: