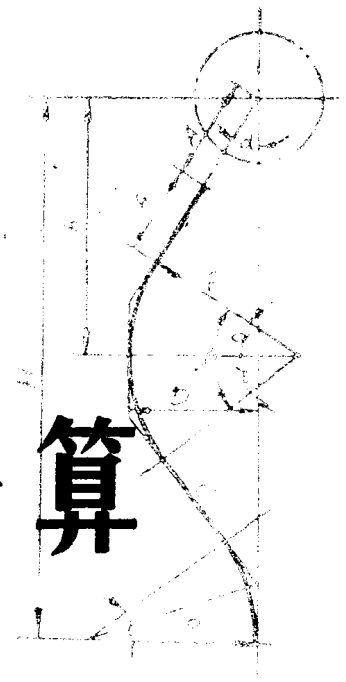


~~2045~~



弯管计算



机械工业出版社

本书应用矢量运算和投影转换原理介绍各种管子弯曲的几何计算,使锅炉设计中的弯管计算得以简化。对于常用的平面弯曲,搜列了大量计算结果可供直接使用;对于空间弯曲,也汇列成表提供简便的公式。书中还列出了许多演算实例。书末附有弯管设计计算所需的参考资料,以及弓形弦长和拱高的计算表,以便于准确放样和下料,为锅炉或其它专业的管道设计、改装提供了方便。

本书亦可用于某些冷作加工件的折边计算。

本书可供锅炉制造厂、发电厂以及化工石油等专业初中以上程度的工人和技术人员工作时查阅,亦可作高等院校有关专业教学参考。

弯 管 计 算

武汉锅炉厂设计科编

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $7 \frac{11}{16}$ · 插页 1 · 字数 168 千字

1973年12月北京第一版·1973年12月北京第一次印刷

印数 00,001—45,000 · 定价 0.81 元

*

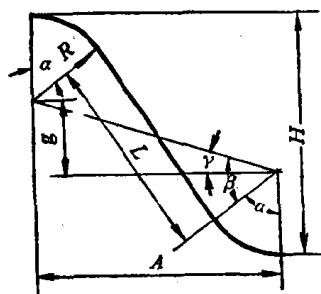
统一书号, 15033 · 4167

目 次

第一章 平面弯曲	1
§ 1 “颈状”弯曲计算	1
§ 2 平行管束的差值计算	17
§ 3 过热器弯管计算	19
§ 4 一般锅炉屏式过热器和高温对流过热器计算	23
§ 5 联箱头部尺寸计算	24
§ 6 炉室人孔、安全门、打焦孔和看火孔尺寸表	26
§ 7 让开管的缩短	29
第二章 空间弯曲	32
§ 1 术语解释	32
§ 2 标准平面上三投影角间的关系	33
§ 3 投影角与方向角间的关系	34
§ 4 空间计算的“符号法则”	36
§ 5 空间任意二相交管子（都不在标准平面上）弯曲角计算	37
§ 6 空间二管子都在标准平面上的弯曲角计算	40
§ 7 空间二管子有一根在标准平面上的弯曲角计算	40
§ 8 空间任意三根管子（在可能组成二面角的条件下）其弯曲角和二面角的计算	41
§ 9 “符号法则”的补充	42
§ 10 任意空间弯曲的弯曲角和二面角计算公式汇总表	46
§ 11 二面角的检查	71
第三章 空间弯曲计算实例及其应用	73
第四章 空间弯曲计算的基础和符号法则	97
§ 1 投影几何的基本概念	97

§ 2	直线在空间的位置和其投影特点	99
§ 3	空间相交二直线在特殊位置 (标准位置) 时的 投影和其交角	101
§ 4	投影转换	102
§ 5	空间弯曲计算	107
§ 6	符号法则 (或称符号法) 解空间三直线依次相 交所构成的二面角和弯曲角	121
附录 I	算表部分	130
1.	对数表	130
2.	反对数表	133
3.	正弦和余弦对数表	136
4.	正切和余切对数表	141
5.	$\cos\varphi = \cos\alpha\cos\beta$ 表	149
6.	$\lg\varphi = \lg\alpha\cos\beta$ 表	152
7.	弯曲弧长对照表	156
8.	弦长表	166
9.	拱高表	174
10.	弯曲角对应的直角边长表	183
附录 II	锅炉专业常用钢管规格、重量及容水重量表	221
附录 III	英制钢管尺寸和对应的公制钢管以及配内 外螺纹的公制钢管对照表	222
附录 IV	锅炉专业常用钢管材料性能、各国钢管牌 号近似对照表、各国钢管尺寸公差	223
附录 V	最小弯曲半径的确定与弯管半径的系列	233
附录 VI	管子弯曲时的伸长、管子的椭圆度、管壁 的起皱	236
附录 VII	管子强度计算	240

因此,在进行颈状弯曲计算时可以任意假定三个未知数,求其余二个未知数。表 1-1~1-6 整理了颈状弯曲计算各变数间关系。

表1-1 $H > 2R$ 

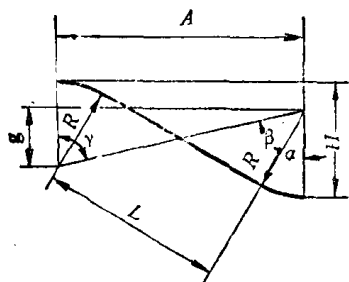
式中 $g = H - 2R$ 。

如采用不同弯曲半径,则式中 $2R$ 处可以 $(R + r)$ 代之。

给定条件	求解	利用公式
$A,$ $H,$ R	L α	$L = \sqrt{A^2 + H^2 - 4RH} = \sqrt{A^2 + g^2 - (2R)^2}$ $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{H}{A + L}$
$H,$ $R,$ α	A L	$A = \frac{H}{\operatorname{tg} \alpha} + 2R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ $L = \sqrt{A^2 + H^2 - 4RH} = \sqrt{A^2 + g^2 - (2R)^2}$ $= \frac{H}{\sin \alpha} - 2R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$
$A,$ $R,$ α	H L	$H = \operatorname{tg} \alpha \left(A - 2R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right)$ $L = \sqrt{A^2 + H^2 - 4RH} = \sqrt{A^2 + g^2 - (2R)^2}$

(续)

给 定 条 件	求 解	利 用 公 式
$R,$ $L,$ α	A H	$A = \cos \gamma \sqrt{L^2 + (2R)^2}, \quad \gamma = \alpha + \beta - 90^\circ;$ $\operatorname{tg} \beta = \frac{L}{2R}$ $H = \operatorname{tg} \alpha \left(A - 2R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right)$
$H,$ $R,$ L	A α	$A = \sqrt{L^2 - H^2 + 4RH} \approx \sqrt{L^2 - g^2 + (2R)^2}$ $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{H}{A + L}$
$A,$ $H,$ L	R α	$R = \frac{A^2 + H^2 - L^2}{4H}$ $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{H}{A + L}$
$A,$ $R,$ L	H α	$H = 2R + \sqrt{L^2 + (2R)^2 - A^2}$ $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{H}{A + L}$

表1-2 $H < 2R$ 

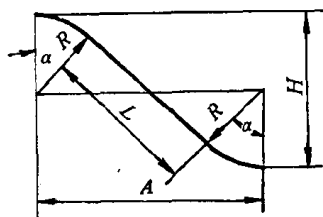
式中 $g = 2R - H$ 。

如采用不同弯曲半径，则式中 $2R$ 处可以 $(R + r)$ 代之。

给 定 条 件	求 解	利 用 公 式
$A,$ $H,$ R	L α	$L = \sqrt{A^2 + H^2 - 4RH} = \sqrt{A^2 + g^2 - (2R)^2}$ $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{H}{A + L}$
$H,$ $R,$ α	A L	$A = \frac{H}{\operatorname{tg} \alpha} + 2R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ $L = \sqrt{A^2 + H^2 - 4RH} = \sqrt{A^2 + g^2 - (2R)^2}$ $= \frac{H}{\sin \alpha} - 2R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$
$A,$ $R,$ α	H L	$H = \operatorname{tg} \alpha \left(A - 2R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right)$ $L = \sqrt{A^2 + H^2 - 4RH} = \sqrt{A^2 + g^2 - (2R)^2}$

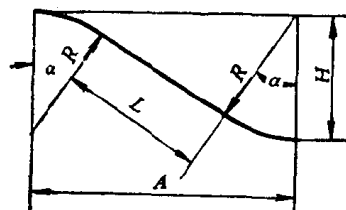
(续)

给 定 条 件	求 解	利 用 公 式
$R,$ $L,$ α	A H	$A = \cos \gamma \sqrt{L^2 + (2R)^2}, \gamma = \alpha + \beta, \operatorname{tg} \beta = \frac{L}{2R}$ $H = \operatorname{tg} \alpha \left(A - 2R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right),$
$H,$ $R,$ L	A α	$A = \sqrt{L^2 - H^2 + 4RH} = \sqrt{L^2 - g^2 + (2R)^2}$ $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{H}{A + L}$
$A,$ $H,$ L	R α	$R = \frac{A^2 + H^2 - L^2}{4H}$ $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{H}{A + L}$
$A,$ $R,$ L	H α	$H = 2R - \sqrt{L^2 + (2R)^2 - A^2}$ $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{H}{A + L}$

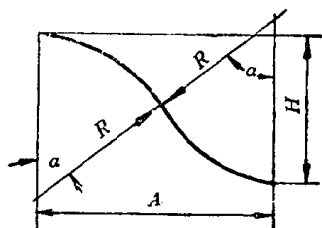
表1-3 $H = 2R$ 

如采用不同弯曲半径, 则式中 $2R$ 处可以 $(R+r)$ 代之。

给 定 条 件	求 解	利 用 公 式
$A,$ $H,$ R	L α	$L = \sqrt{A^2 - (2R)^2} = \sqrt{A^2 - H^2}$ $\sin \alpha = \frac{2R}{A} = \frac{H}{A}$
$H,$ $R,$ α	L A	$L = \frac{2R}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{H}{\operatorname{tg} \alpha}$ $A = \frac{2R}{\sin \alpha} = \frac{H}{\sin \alpha}$
$H,$ $R,$ L	A α	$A = \sqrt{H^2 + L^2} = \sqrt{(2R)^2 + L^2}$ $\sin \alpha = \frac{H}{A} = \frac{2R}{A}, \operatorname{tg} \alpha = \frac{2R}{L}$

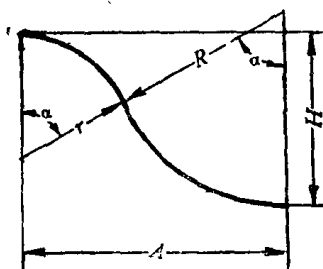
表1-4 $H = R$ 

给定条件	求解	利用公式
$A,$ $H,$ R	L α	$L = \sqrt{A^2 - 3R^2}$ $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{H}{A+L}$
$H,$ $R,$ α	A L	$A = \frac{H}{\operatorname{tg} \alpha} + 2R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ $L = \sqrt{A^2 - 3R^2} = \frac{H}{\sin \alpha} - 2R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$
$A,$ $R,$ α	L H	$L = \sqrt{A^2 - 3R^2} = \frac{A}{\cos \alpha} - 2R \cdot \operatorname{tg} \alpha$ $H = R$
$R,$ $L,$ α	A	$A = \sqrt{L^2 + 3R^2}$
$A,$ $R,$ L	α	$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{H}{A+L}$
$H,$ $R,$ L	A α	$A = \sqrt{L^2 + 3R^2}$ $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{H}{A+L}$

表1-5 $L=0$ 

给 定 条 件	求 解	利 用 公 式
A, R	α	$\sin \alpha = \frac{A}{2R}$
	H	$H = 2R(1 - \cos \alpha)$
H, R	α	$\cos \alpha = 1 - \frac{H}{2R}$
	A	$A = 2R \cdot \sin \alpha$
A, H	R	$R = \frac{A^2 + H^2}{4H}$
	α	$\sin \alpha = \frac{A}{2R}$
R, α	A	$A = 2R \cdot \sin \alpha$
	H	$H = 2R(1 - \cos \alpha)$
$H = R$	α	$\alpha = 60^\circ \quad A = \sqrt{3} R$

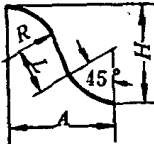
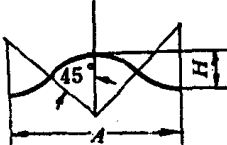
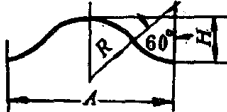
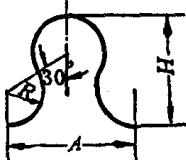
注：锅炉水冷壁管常用本表计算。

表1-6 $L=0$ (不同弯管半径)

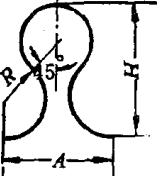
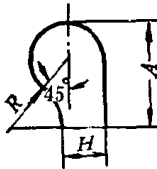
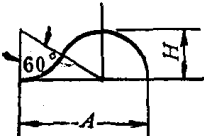
给 定 条 件	求 解	利 用 公 式
$A, R,$ r	α H	$\sin \alpha = \frac{A}{R+r}$ $H = (R+r)(1 - \cos \alpha)$
$H, R,$ r	α A	$\cos \alpha = 1 - \frac{H}{R+r}$ $A = (R+r) \sin \alpha$
$A, H,$ R	r α	$r = (R+r) - R, R+r = \frac{A^2 + H^2}{2H}$ $\sin \alpha = \frac{A}{R+r}$
$R, r,$ α	A H	$A = (R+r) \sin \alpha$ $H = (R+r)(1 - \cos \alpha)$

某些专业经常选用特别角作为固定的弯曲角，给出直段 L 和弯曲半径 R ，然后求弯头外形尺寸 H ， A 。表 1-7 列出了这种关系。

表1-7 固定弯曲角的弯头

图 例	A	H	弯曲部分 展开长度
	$0.866L + R$	$0.5L + 0.268R$	$L + 1.047R$
	$0.707L + 1.414R$	$0.707L + 0.588R$	$L + 1.57R$
	$2.828R$	$0.588R$	$3.14R$
	$3.46R$	R	$4.188R$
	$3.46R$	$3R$	$8.38R$

(续)

图 例	A	H	弯曲部分 展开长度
	$2.828 R$	$3.414 R$	$9.425 R$
	$2.414 R$	$1.414 R$	$4.712 R$
	$2.73 R$	R	$3.665 R$

不同管径二弯头间直段尺寸推荐 锅炉专业水冷壁管设计时一般总希望整个弯头的弯曲范围 (外形尺寸) 尽量缩小, 以使布置焊接拉板和门孔时少受些限制。因此, 要求二个弯头中间的直段 L 在工艺条件允许下尽量短些。根据夹紧力的计算, L 应取 1.5 倍管径, 经整理后推荐如下:

管子外径 d (毫米) 二弯头间最短直段 L (毫米)

≤ 60	100
76	120
83, 89	140
108, 133	200
159	250

对于鳍片水冷壁管，由于弯管加工的限制，设计者往往喜将看火孔、人孔等弯管作成标准形式，那么直段尺寸更应按上列推荐尺寸选用。

例 1 设有 $\phi 60$ 毫米管子要弯成“颈状”弯管，其弯管半径 $R = 300$ 毫米， $H = 200$ 毫米，试求弯曲后的各部分尺寸。

解： 设 $\alpha = 30^\circ$ $\because H < 2R$ 查表 1-2

$$A = \frac{H}{\operatorname{tg} \alpha} + 2R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{200}{\operatorname{tg} 30^\circ} + 2 \times 300 \operatorname{tg} \frac{30^\circ}{2} = 507 \text{ 毫米}$$

$$L = \frac{H}{\sin \alpha} - 2R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{200}{\sin 30^\circ} - 2 \times 300 \operatorname{tg} \frac{30^\circ}{2} = 239 \text{ 毫米}$$

例 2 设有 $\phi 60$ 毫米管子，其弯曲半径 $R = 300$ 毫米， $H = 70$ 毫米，并要求其弯曲范围尽量最小，试求其弯曲后的各部分尺寸。

解： 已知 $\phi 60$ 毫米管子，则推荐最短直段 L 为 100 毫米查表 1-2

$$A = \sqrt{L^2 - H^2 + 4RH} = \sqrt{100^2 - 70^2 + 4 \times 300 \times 70} = 298.5 \text{ 毫米}$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = H / (A + L) = 70 / (298.5 + 100) = 0.1757$$

$$\therefore \frac{\alpha}{2} = 9^\circ 58',$$

$$\alpha = 19^\circ 56'$$

表 1-8 列出各种“颈状”弯曲数据，其符号见图 1-2 所示。

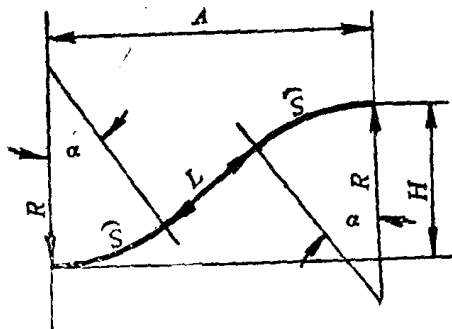


图 1-2

表1-8 “颈状”弯曲数据 (毫米)

R_s	H	A	L	α	$\widehat{S}$	展开长度
75	20	173	156	6°56'	9	174
	40	148	105	18°	24	153
	40	173	140	14°34'	19	178
	45	147	100	20°36'	27	154
	45	150	105	20°	26	157
	50	164	120	20°	26	172
	60	173	125	22°46'	30	185
	80	173	111	31°24'	41	193
	100	173	100	40°14'	53	206
	158	220	161	45°	59	279
	225	287	256	45°	59	374
85	23	190	168	7°20'	11	190
	46	190	149	15°30'	23	195
	69	190	132	24°12'	36	204
	92	190	116	33°32'	50	216
	115	190	101	43°08'	64	229
100	48	166	105	20°	35	175
	96	220	138	30°	52	242
	155	258	168	40°	70	308
	361	444	427	45°	79	585
200	64	239	100	21°22'	75	250
	64	246	117	20°	79	257
	69	246	100	22°34'	79	258
	83	264	100	25°42'	90	280
	84	269	110	25°	87	284
	115	298	100	32°14'	112	324
	128	310	100	34°40'	121	342
	160	384	213	30°	105	423
	168	368	170	34°40'	121	412
	192	356	100	45°38'	159	418
	207.5	373	128	45°	157	442
	209	375	130	45°	157	444
	234	400	165	45°	157	479
	256	401	148	50°	175	498
	265	566	423	30°	105	633
	371	750	635	30°	105	845
	384	412	100	73°44'	257	614
	477	933	847	30°	105	1057
300	64	288	100	18°43'	98	296
	64	292	113	18°	94	301
	70	298	100	19°56'	104	308
	70	303	115	19°	100	315