

第23章 管道修理

第1节 管道修理中的 常用计算

(一) 管道计算常用数据

1. 常用管道规格和材料特性数据

表23-1-1 常用管道规格和材料特性数据

公称直径 D_N (mm)	外 径 D_W (mm)	壁 厚 δ (mm)	内 径 d (mm)	管 内 断 积 F (cm^2)	管 壁 断 积 f (cm^2)	管子断面 惯性矩 I (10^{-8}m^4)	管子断面 抗弯矩 W (10^{-6}m^3)	管子刚度($E \cdot I$) ($10^4\text{N} \cdot \text{m}^2$)	
								200°C	350°C
25	32	2.5	27	5.73	2.32	2.54	1.58	0.467	0.422
32	38	2.5	33	8.55	2.79	4.41	2.32	0.811	0.733
40	45	2.5	40	12.57	3.30	7.55	3.36	1.388	1.255
50	57	3.5	50	19.63	5.88	21.11	7.40	3.882	3.509
65	73	3.5	66	34.2	7.64	46.3	12.40	8.513	7.696
80	89	3.5	82	52.81	9.41	86	19.3	15.813	14.295
100	108	4	106	78.54	13.1	177	32.8	32.55	29.42
126	133	4	125	122.7	16.2	337	50.8	61.97	56.02
150	159	4.5	150	176.7	21.9	652	82	119.89	108.38
200	219	4	211	349.5	27	1559	142	286.66	259.14
200	219	6	207	336.5	40.2	2279	208	419.05	378.82
250	273	4	265	551	33.8	3053	219	561.37	507.48
250	273	7	259	526.9	58.4	5177	379	951.92	860.54
300	325	5	315	778.9	50.2	6424	395	1181.21	1067.81
300	325	8	309	749.9	79.7	10010	616	1840.59	1663.89
350	377	5	367	1057	58.4	10092	535	2057.92	1677.52
350	377	9	359	1012	104	17620	935	3239.87	2928.84
400	426	6	414	1346	79	17460	820	3210.45	2902.25
400	426	9	408	1307	118	25600	1204	4707.19	4255.3

注：表中管子刚度系指碳素钢管而言，其余管子的 $E \cdot I$ 值请查阅有关资料。

2. 常用管材单位管长容积

表23-1-2 常用管材单位管长容积

(L/m)

管 外 径 D_W (mm)	管 壁 厚 度 δ (mm)									
	2.0	2.5	3.0	3.5	4	4.5	5.0	6	8	10
13	0.154	0.133	0.113	0.095	0.079	—	—	—	—	—
25	0.346	0.314	0.284	0.254	0.227	0.201	0.177	0.133	—	—
32	0.616	0.573	0.531	0.491	0.452	0.415	0.38	0.314	0.201	—
38	0.903	0.856	0.804	0.755	0.707	0.661	0.616	0.531	0.38	—
46	1.32	1.256	1.195	1.134	1.075	1.018	0.962	0.855	0.661	0.491
57	2.206	2.124	2.043	1.963	1.886	1.809	1.735	1.59	1.32	1.075
76	4.071	3.959	3.848	3.739	3.631	3.526	3.421	3.217	2.827	2.463
89	5.674	5.542	5.411	5.281	5.183	5.027	4.902	4.657	4.185	3.739
108	8.495	8.332	8.171	8.021	7.864	7.698	7.543	7.238	6.648	6.082
133	—	12.87	12.67	12.47	12.27	12.08	11.88	11.5	10.75	10.03
159	—	18.63	18.38	18.16	17.91	17.67	17.44	16.97	16.06	15.17

(续)

管 外 径 D_w (mm)	管 壁 厚 度 δ (mm)								
	4.5	5.0	6	8	10	12	14	16	18
219	34.64	34.31	33.65	32.37	31.1	29.86	28.65	27.46	26.3
273	54.74	54.32	53.5	51.97	50.27	48.69	47.14	45.62	44.11
325	78.43	77.92	76.94	74.99	73.06	71.16	69.28	67.43	65.6
377	106.4	105.8	104.6	102.4	100.1	97.87	95.66	93.48	91.33
426	136.6	135.9	134.6	132	129.5	126.9	124.4	121.9	119.5
530	—	212.4	210.7	207.5	204.3	201.1	197.9	194.8	191.7
630	—	301.9	300	296.1	292.2	288.4	284.6	280.9	277.1
720	—	395.9	393.7	389.3	384.8	380.5	376.1	371.8	367.5
820	—	515.3	512.8	507.7	502.7	497.6	492.7	487.7	482.7
920	—	650.4	647.5	641.8	636.2	630.2	624.9	619.3	613.8
1020	—	801.2	798	791.7	785.4	779.1	772.9	766.7	760.5
1120	—	—	964.2	957.3	950.3	934.4	936.6	929.7	922.9

3. 管子重量的计算

管子重量计算式为

$$G_n = \pi L (D_n - \delta) \delta \rho \quad (23-1-1)$$

- 式中 G_n —— 计算管段的重量 (kg);
 L —— 计算管段长度 (m);
 D_n —— 管道外径 (m);
 δ —— 管壁厚度 (m);
 ρ —— 管材的密度 (kg/m^3).

(二) 管道的水力计算

1. 水力计算的任务

管道水力计算的主要任务是:

- 1) 按已知的流量和允许压力降或允许流速选择管径。
- 2) 按已知的管径和流量, 计算管道的压力降及管道中各点的压力值。
- 3) 按确定的管径及允许压力降, 计算或校核管道的输送能力。
- 4) 根据管道水力计算的结果, 确定管道系统选用设备的规格型号。

2. 水力计算表

为了简化管道水力计算的工作量, 一般常用管道的水力计算均借助于现成的水力计算表进行, 当计算精度要求不高时, 可直接查表进行计算, 其结果具有一定的准确性, 能满足一般管道工程计算的要求。当对计算精度要求较高时, 应根据各专业管道水力计算资料及编制使用要求进行计算修正。现将常用的各种介质输送管道水力计算表予以节选, 具体见附录。

3. 流速及管壁粗糙度

在进行管道水力计算过程中, 介质流速是计算

表23-1-3 常用介质允许流速的选择

1. 按管径定		
介质名称	管径 D_N (mm)	允许流速 v (m/s)
饱和蒸汽	15~32	10~20
	40	20~25
	50~80	25~30
	100~200	30~35
	>200	35~40
过热蒸汽	15~32	20~25
	40	25~30
	50~100	30~35
	100~200	35~45
	≥200	45~60
压缩空气	≤50	≤8
	≥70	≤15
发生炉煤气及城市煤气	25~50	≤4
	70~100	≤6
	100~200	≤8
	250~500	≤14
给水、热水及加压凝结水	25~32	0.5~0.7
	40~50	≤1.0
	70~80	≤1.6
	≥100	≤2.0~2.5
废汽	≤150	20(利用) 80(排放)
	≥200	30(利用) 80(排放)
2. 按压力定		
介质名称	表压力 P (kPa)	允许流速 v (m/s)
二氧化碳	<294	8~12
乙炔	<9.8	车间 3~4 厂区 1~2
	9.8~147	车间 4~8 厂区 2~4
氧气	<98	2~6
氮气	<98	6~12

的关键因素；不同性质的介质，其允许流速选取范围均不相同。现将常用介质的允许流速选择范围列于表23-1-3内，供水力计算时参考。

4. 管径、流量及阻力损失的计算

(1) 管径的计算 根据已知流量和允许流速范围确定管径，是工业管道工程中最常见的计算，其计算式如下：

$$D = 594.5 \sqrt{\frac{q_m}{\rho v}} \quad (23-1-2)$$

$$\text{或} \quad D = 18.8 \sqrt{\frac{q_v}{v}} \quad (23-1-3)$$

式中 D ——管道内径 (mm)；
 q_m ——质量流量 (t/h)；
 q_v ——体积流量 (m³/h)；
 v ——介质流速 (m/s)；
 ρ ——介质密度 (kg/m³)。

(2) 流量的计算 根据已知管径及流速来计算管道的输送流量公式如下：

$$q_m = \rho v \omega \quad (23-1-4)$$

$$\text{或} \quad q_v = v \omega \quad (23-1-5)$$

而 $q_m = \rho q_v$

式中 ω ——管道的过流断面面积 (m²)。

公式中其余各符号所表示的含义与管径计算公式符号同。

(3) 阻力损失的计算 管道的阻力损失分沿程阻力损失和局部阻力损失两种形式。管道的总阻力损失指计算管段的沿程阻力损失与局部阻力损失之和，其表达式为：

$$h_w = \Sigma h_f + \Sigma h_j \quad (23-1-6)$$

式中 h_w ——管道的总阻力损失 (Pa)；

Σh_f ——管路中各管段的沿程阻力损失之和 (Pa)；

Σh_j ——管路中各处局部阻力损失之和 (Pa)，各计算管段的沿程阻力损失 h_f ，可按下列式计算：

$$h_f = RL \quad (23-1-7)$$

式中 R ——每米管长的沿程阻力损失 (Pa/m)；

L ——管段长度 (m)。

计算时，各种介质输送管道单位管长的沿程阻力损失 R 值可由事先编制好的水力计算表中直接查得。

管道中管件的局部阻力损失 h_j ，可按下列式进行

计算：

$$h_j = \zeta \frac{\rho v^2}{2} \quad (23-1-8)$$

式中 ζ ——管件的局部阻力系数；
 ρ ——被输送介质的密度 (kg/m³)；
 v ——管道内介质流速 (m/s)。

各种不同规格的管道配件及附件的局部阻力系数可查表而得。

在一般情况下，室内外管网的局部阻力损失也可按表23-1-4规定进行估算。

表23-1-4 各类管道的局部阻力占沿程阻力的百分比

管道类别		局部阻力占沿程阻力的百分比 (%)	
室内管道	给水、热水	20~30	
	供热管道	自然循环热水供暖系统	100
		机械循环热水供暖系统	100
		低压蒸汽供暖系统	60~70
		高压蒸汽供暖系统	25
		高压凝结水管路	25
	压缩空气	15~30	
氧气	15~20		
室外管道	热力管网	热水采暖管网	15~30
		高压蒸汽	20
		低压蒸汽	30~50
	给水、热水	10~20	
	压缩空气	10~25	
氧气	10~15		

(三) 管道的强度计算

管道强度计算的主要任务具体包括：选取管壁厚度，确定管道支架的间距，计算管道的热伸长，选用合适的补偿器等内容。

作用在管道上的负荷多种多样，在进行管道的强度计算时，主要考虑以下几方面的负荷所引起的应力：

- 1) 由于管道内的流体压力作用所产生的应力。
- 2) 管道在外载负荷作用下所产生的应力，其

外载负荷主要是管道的自重（管子、管内介质及保温层的重量），室外管道还需考虑风载荷。

3) 管道由于热胀和冷缩产生的应力。

管道强度计算的理论和实践表明，在各种不同的强度计算要求下，只有一些负荷所产生的应力是主要的；计算时，只计算一种或几种主要负荷所产生的应力，而不把所有负荷都考虑在内。例如在计算管壁厚度时，仅考虑内压力的作用；在计算管道支座间距时，只考虑外载负荷的作用；而在计算补偿器时，仅考虑由热胀冷缩所引起的应力。

1. 各种许用应力的确定

在进行强度计算时，各种不同计算情况对管材的许用应力也规定了不同的意义和数值，其确定方法如下：

1) 额定许用应力 $[\sigma]$ 它取决于管材的强度特性，是应力验算中最基本的一个许用应力值，国产碳素钢管的额定许用应力 $[\sigma]$ 值见表23-1-5。

表23-1-5 国产碳素钢管的额定许用应力 $[\sigma]$ 值 (MPa)

计算温度 (°C)	钢 号		
	10	20 g、20	22 g
20	129.45	143.18	168.67
100	123.56	138.27	160.83
150	120.62	135.33	155.93
200	117.68	133.37	151.02
222	111.8	132.39	147.10
240	106.89	131.41	143.18
250	104.93	130.43	141.22
260	102.97	127.49	139.25
280	98.07	122.58	134.35
300	94.14	117.68	131.41
320	87.28	111.8	127.49
340	81.4	105.91	—
350	78.45	103.95	—
360	74.53	101.01	—
380	68.65	96.11	—
400	62.76	91.2	—

2) 许用外载综合应力 $[\sigma_w]$ 在强度计算中，如只考虑外载负荷所引起的综合应力，则不应大于规定的许用外载综合应力 $[\sigma_w]$ 值。许用外载综合应力 $[\sigma_w]$ 值可按式确定：

$$[\sigma_w] = 0.87[\sigma] \sqrt{1.2 - \left(\frac{\sigma_{zs}}{[\sigma]}\right)^2} \quad (23-1-9)$$

式中 $[\sigma_w]$ ——许用外载综合应力 (MPa)；

$[\sigma]$ ——额定许用应力 (MPa)；

σ_{zs} ——管道的内压折算应力 (MPa)。

管道的内压折算应力可按式进行计算：

$$\sigma_{zs} = \frac{P[D_w - (S - C)]}{2\phi'(S - C)} \quad (23-1-10)$$

式中 P ——管内介质工作压力 (表压力) (MPa)；

D_w ——管子外径 (mm)；

S ——选用管子的额定壁厚 (mm)；

ϕ' ——纵向焊缝减弱系数；

C ——管子壁厚的附加值 (mm)。

10号钢材的无缝钢管 ($D_N < 200\text{mm}$) 及焊接钢管 ($D_N \geq 200\text{mm}$) 的许用外载综合应力 $[\sigma_w]$ 值见表23-1-6。

表23-1-6 供热管道的内压折算应力及许用外载综合应力

管子规格 $D_N \times S$ (mm)	工作压力 13×10^5 Pa 下的内压折算应力 σ_{zs} (MPa)	工作温度 200 °C, 工作压力 13×10^5 Pa 下的许用外载综合应力 $[\sigma_w]$ (MPa)	工作温度 350 °C, 工作压力 13×10^5 Pa 下的许用外载综合应力 $[\sigma_w]$ (MPa)
	32×2.5	9.56	111.8
38×2.5	11.47	111.7	74.13
45×2.5	13.7	111.49	73.85
57×3.5	12.23	111.31	74.06
73×3.5	15.84	111.29	73.44
89×3.5	19.45	110.78	72.82
108×4.0	20.69	110.68	72.56
133×4.0	25.62	109.96	71.39
159×4.5	27.27	109.65	70.85
219×6	35.21	107.91	68.22
273×7	37.76	107.19	67.19
325×8	39.32	106.77	66.5
377×9	40.6	106.37	65.91
426×9	45.9	104.83	63.23

注：管材钢号为10号钢， $\phi 219$ 以上为焊接钢管，计算内压折算应力时，考虑了一个焊缝系数 $\phi' = 0.8$ 。

3) 许用合成应力 $[\sigma_s]$ 在强度计算中，如只考虑外载负荷和热补偿同时作用所产生的合成应力，则不应大于规定的许用合成应力 $[\sigma_s]$ 值。许用合成应力 $[\sigma_s]$ 值可按式确定：

$$[\sigma_s] = 0.87[\sigma] \sqrt{2 - \left(\frac{\sigma_{zs}}{[\sigma]}\right)^2} \quad (23-1-11)$$

上式中各符号同式 (23-1-9) $[\sigma_s]$ 值的单位为 MPa。

4) 许用补偿弯曲应力 $[\sigma_{\text{sw}}]$ 在补偿器的强度计算中,如只考虑补偿器弹性力所产生的应力时,则不应大于规定的许用补偿弯曲应力 $[\sigma_{\text{sw}}]$ 值。

采用方形伸缩器,在进行供热管道强度计算时,热态应力验算和冷态应力验算所规定的许用补偿弯曲应力 $[\sigma_{\text{sw}}]$ 采用不同的数值。但对于热媒计算温度低于250℃的供热管道,一般可不必进行冷态的应力验算。

采用自然补偿或方形伸缩器的方法来补偿管段的热伸长时,应力验算中推荐采用的许用补偿弯曲应力 $[\sigma_{\text{sw}}]$ 值见表23-1-7。

表23-1-7 方形伸缩器的许用补偿弯曲应力 $[\sigma_{\text{sw}}]$

管子 外径 D_w (mm)	壁厚 S (mm)	热媒参数			
		$P = 13 \times 10^5 \text{ Pa}$ $t = 200^\circ \text{ C}$		$P = 13 \times 10^5 \text{ Pa}$ $t = 350^\circ \text{ C}$	
		热态	冷态	热态	冷态
		$[\sigma_{\text{sw}}]_R$ (MPa)	$[\sigma_{\text{sw}}]_L$ (MPa)	$[\sigma_{\text{sw}}]_R$ (MPa)	$[\sigma_{\text{sw}}]_L$ (MPa)
32	2.5	96.11	104.93	53.94	92.18
38	2.5	93.16	101.99	50.99	86.3
45	2.5	91.2	100.03	48.05	82.38
57	3.5	95.12	104.93	54.92	93.16
73	3.5	96.11	105.91	53.94	92.18
89	3.5	96.11	104.93	52.96	90.22
108	4	97.09	105.91	54.92	94.14
133	4	96.11	104.93	53.94	91.2
159	4.5	96.11	104.93	53.94	91.2
219	6	98.07	107.87	57.86	98.07
273	7	98.07	107.87	48.05	82.38
325	8	95.12	103.95	58.84	100.03
377	9	95.12	104.93	58.84	98.07
426	9	88.26	98.07	56.88	96.11

注:本表中数值适用的条件:

1. 管材是10号钢的无缝钢管。
2. 固定支架跨距按表24-5-18
3. 自然补偿管段长臂的长度(即固定点至管段转弯点的最大距离),不大于固定支架跨距的0.6倍。
4. 方形伸缩器中心线离固定点的距离,不大于固定支架跨距的0.6倍。
5. 热态状况下,热媒参数相同时,自然补偿管段许用补偿弯曲应力与方形伸缩器许用补偿弯曲应力相同。

2. 管壁厚度的确定

1) 承受内压力的管道壁厚计算 承受内压力的管道壁厚,可用下列公式计算:

$$S' = \frac{pD_w}{2[\sigma]\phi' + p} + C \quad (23-1-12)$$

$$\text{或} \quad S' = \frac{pD}{2[\sigma]\phi' - p} + C \quad (23-1-13)$$

式中 S' ——管子计算壁厚 (mm);

p ——管内介质工作压力(表压力)(MPa);

D_w ——管子外径 (mm);

D ——管子内径 (mm);

$[\sigma]$ ——管材在计算温度下的额定许用应力 (MPa),可按表23-1-5选用;

ϕ' ——纵向焊缝减弱系数,对于无缝钢管 $\phi' = 1$,焊缝钢管 $\phi' = 0.8$,螺旋焊缝钢管 $\phi' = 0.6$;

C ——管子壁厚的附加值 (mm)。

对于无缝钢管,管子壁厚的附加值 C ,可按下列式计算:

$$C = \frac{AS}{1+A} \quad (23-1-14)$$

式中 S ——选用管子的额定壁厚 (mm);

A ——管子壁厚的偏差系数,一般无缝钢管壁厚公差取-15%,可采用 $A = 0.239$,则 $C = 0.193S$ 。

管子壁厚的附加值不得小于0.5mm。对于钢板焊接管,钢板厚度为4.5~5.5mm时, $C = 0.5\text{mm}$;厚度为6~7mm时, $C = 0.6\text{mm}$;厚度为8~25mm时, $C = 0.8\text{mm}$ 。

2) 根据管子内压力验算管壁厚度 若已知管壁厚度 S ,需根据管子内压力来验算管壁厚度时,则由内压力产生的折算应力不得大于管材在计算温度下的额定许用应力,即

$$\sigma_{\text{rs}} \leq [\sigma] \quad (23-1-15)$$

3. 管道活动支座间距的确定

管道活动支座可能的最大间距(允许间距)应按下列两个原则来确定:

1) 按强度条件确定活动支座的允许间距 活动支座间距计算,主要考虑外载负荷(自重及风荷载)的影响。这些外载负荷作用在管道断面上的最大应力,不得超过管材的许用外载综合应力 $[\sigma_w]$ 值。

连续敷设的水平直管中的活动支座允许间距,可按下列式计算:

$$L = \sqrt{\frac{15[\sigma_w]W\phi}{9d}} \quad (23-1-16)$$

式中 L ——活动支座的允许间距 (m);
 W ——管子断面抗弯矩 ($10^{-6}m^3$), 见表 23-1-1;
 $[\sigma_m]$ ——管材的许用外载综合应力 (MPa);
 ϕ ——管子的横向焊缝系数, 见表 23-1-8;
 q_d ——外载负荷作用下的管子单位长度的计算重量 (N/m)。

表23-1-8 管子横向焊缝系数 ϕ 值

焊接方式	ϕ 值	焊接方式	ϕ 值
手工电弧焊	0.7	手工双面加强焊	0.95
有垫环对焊	0.9	自动双面焊	1.0
无垫环对焊	0.7	自动单面焊	0.8

对于地下敷设和室内管道, 外载荷重就是管子自重 q 值 (管子本身、管内介质及保温层等重量, 对于水管还应加上水的重量)。室外架空敷设的管道, q_d 值还应考虑风载荷的影响。

2) 按刚度条件确定活动支座的允许间距计算公式为:

$$L = 5 \sqrt[3]{\frac{iEI}{q_d}} \quad (23-1-17)$$

式中 L ——按刚度条件确定的活动支座的间距 (m);
 i ——管道的坡度;
 E ——管材的弹性模数 (N/m^2);
 I ——管子断面惯性矩 (m^4) (见表 23-1-1);
 EI ——管子的刚度 ($N \cdot m^2$) (见表 23-1-1);
 q_d ——外载负荷作用下的管子单位长度的计算重量 (N/m)。

对于连续敷设的水平直管, 还可以采用控制管道的最大允许挠度 y_{max} 的方法, 用下列方程组来确定活动支座的允许间距。

$$L = L_1 = \frac{24EI}{q_d x^3} \left(y_{max} + \frac{ix}{2} \right) + x \quad (23-1-18)$$

$$L = L_2 = 2x + \sqrt{x^2 - \frac{24EI}{q_d} - y_{max} \frac{1}{x^2}} \quad (23-1-19)$$

式中 L, L_1, L_2 ——活动支座的允许间距 (m);
 x ——管道活动支座到管子最大挠曲面的距离 (m);
 EI ——管子的刚度 ($N \cdot m^2$) (见表

23-1-1);
 q_d ——单位管长的计算重量 (N/m);
 y_{max} ——最大允许挠度, $y_{max} = (0.02 \sim 0.1) D_N$ (m);
 i ——管子坡度。

采用以上公式计算时, 先用试算法求解, 直到 $L = L_1 = L_2$ 为止, 由此可确定活动支座的允许间距 L 值。

(四) 管道的热伸长及其补偿

1. 热伸长量的计算

蒸汽、凝结水、热水等热媒输送管道安装后, 由于管内热媒的加热作用而引起管道受热伸长, 其热伸长量可按下式计算

$$\Delta L = \alpha (t_1 - t_2) L \quad (23-1-20)$$

式中 ΔL ——计算管段的热伸长量 (m);
 α ——管材的线膨胀系数 (见表 23-1-9) ($m/m \cdot ^\circ C$);
 t_1 ——管壁最高温度 ($^\circ C$), 可取热媒的最高温度;
 t_2 ——管道安装时的温度 ($^\circ C$), 一般按 $-5^\circ C$ 计算, 当管道架空敷设于室外时, t_2 应取供暖室外计算温度;
 L ——计算管段长度 (m)。

当管道材质为普通碳素钢时, 上式可化为:

$$\Delta L = 12 \times 10^{-6} (t_1 - t_2) L \quad (23-1-21)$$

表23-1-9 不同材质管材的线膨胀系数

管道材质	线膨胀系数 α	
	$m/(m \cdot ^\circ C)$	$mm/(m \cdot ^\circ C)$
碳素钢	12×10^{-6}	0.012
铸铁	11.4×10^{-6}	0.0114
中碳钢	11.4×10^{-6}	0.0114
不锈钢	10.3×10^{-6}	0.0103
镍钢	13.1×10^{-6}	0.0131
奥氏体钢	17×10^{-6}	0.017
紫铜	16.4×10^{-6}	0.0164
黄铜	18.4×10^{-6}	0.0184
铝	24×10^{-6}	0.024
聚氯乙烯	80×10^{-6}	0.08
聚乙烯	10×10^{-6}	0.01
玻璃	5×10^{-6}	0.005

2. 管道中常用补偿器的计算

1) 自然补偿器的计算 常用的自然补偿器有

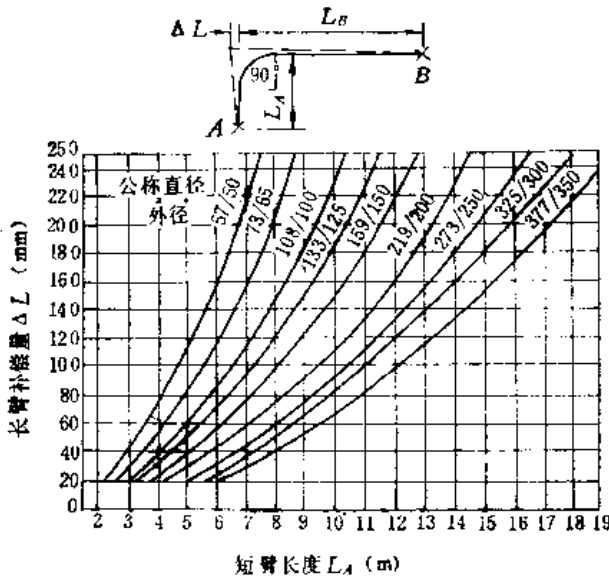


图23-1-1 L型补偿器的选择

L型及Z型两种，L型自然补偿器的选择，可按图23-1-1根据长臂的补偿量来确定短臂的最小长度，也可按下式进行计算：

$$L_A = 1.1 \sqrt{\frac{\Delta L \cdot D_w}{300}} \quad (23-1-22)$$

式中 L_A ——L型补偿器的短臂长度 (m)；
 ΔL ——长臂 L_B 的热伸长量 (mm)；
 D_w ——管子外径 (mm)。

Z型补偿器可按图23-1-2根据 $L_A + L_B$ 的补偿量来确定补偿器伸出部分 L 值的最小长度。图中 $\Delta L = 0.012 (L_A + L_B) \Delta t$ ， $K = \frac{L_A}{L_B}$

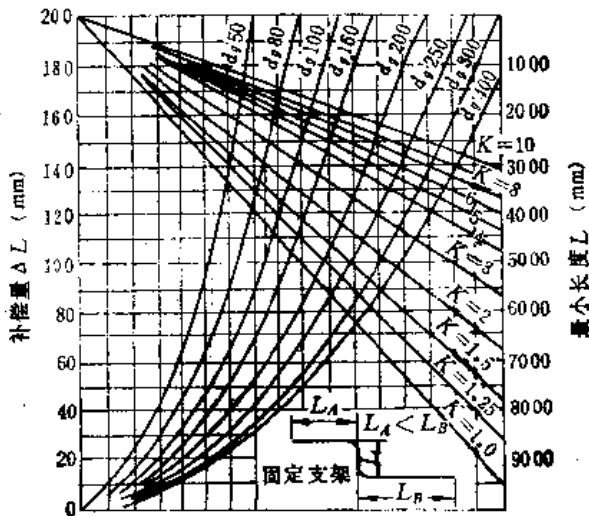


图23-1-2 Z型补偿器的选择

Z型补偿器伸出部分 L 值的最小长度也可按下式计算：

$$L = \sqrt{\frac{6 \Delta t \cdot E \cdot D_w}{10^3 [\sigma_{bw}] (1 + 1.2K)}} \quad (23-1-23)$$

式中 L ——Z型补偿器的短臂长度 (m)；
 Δt ——计算温差 (°C)；
 E ——材料的弹性模数 (见表23-1-10) (N/m²)；
 D_w ——管子外径 (mm)；
 $[\sigma_{bw}]$ ——许用补偿弯曲应力 (N/m²)；
 K ——等于 L_A/L_B 。

表23-1-10 碳素钢管弹性模数及线膨胀系数

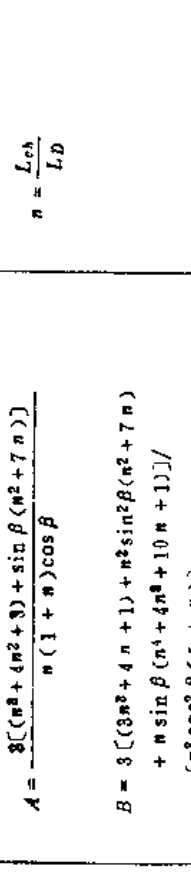
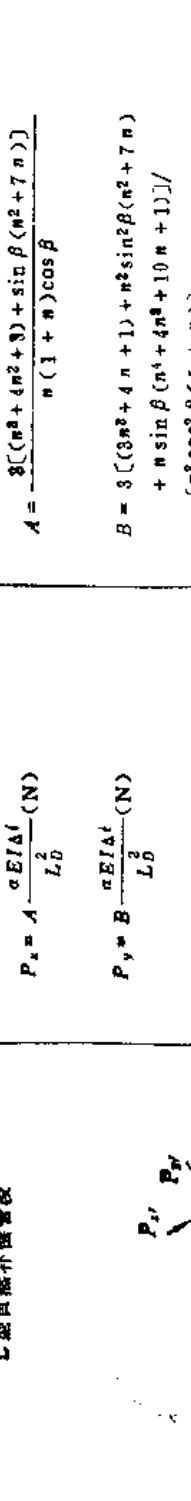
管壁温度 t (°C)	弹性模数 E (N/m ²)	线膨胀系数 α (m/(m·°C))	$E \cdot \alpha$ (N/(m ² ·°C))
20	20.104 × 10 ¹⁰	1.18 × 10 ⁻⁵	23.723 × 10 ⁵
75	19.515 × 10 ¹⁰	1.2 × 10 ⁻⁵	23.418 × 10 ⁵
100	19.368 × 10 ¹⁰	1.22 × 10 ⁻⁵	23.629 × 10 ⁵
125	19.123 × 10 ¹⁰	1.24 × 10 ⁻⁵	23.716 × 10 ⁵
150	18.927 × 10 ¹⁰	1.25 × 10 ⁻⁵	23.659 × 10 ⁵
175	18.78 × 10 ¹⁰	1.27 × 10 ⁻⁵	23.851 × 10 ⁵
200	18.387 × 10 ¹⁰	1.28 × 10 ⁻⁵	23.537 × 10 ⁵
225	18.113 × 10 ¹⁰	1.30 × 10 ⁻⁵	23.547 × 10 ⁵
250	17.848 × 10 ¹⁰	1.31 × 10 ⁻⁵	23.381 × 10 ⁵
275	17.554 × 10 ¹⁰	1.32 × 10 ⁻⁵	23.171 × 10 ⁵
300	17.211 × 10 ¹⁰	1.34 × 10 ⁻⁵	23.063 × 10 ⁵
325	16.936 × 10 ¹⁰	1.35 × 10 ⁻⁵	22.864 × 10 ⁵
350	16.622 × 10 ¹⁰	1.36 × 10 ⁻⁵	22.606 × 10 ⁵
375	16.328 × 10 ¹⁰	1.37 × 10 ⁻⁵	22.369 × 10 ⁵
400	15.985 × 10 ¹⁰	1.38 × 10 ⁻⁵	22.059 × 10 ⁵
425	15.69 × 10 ¹⁰	1.40 × 10 ⁻⁵	21.966 × 10 ⁵
450	15.396 × 10 ¹⁰	1.41 × 10 ⁻⁵	21.708 × 10 ⁵

注：1. 钢材指A2、A3、A4、10、15及20号钢；
 2. 表中 α 为由0°C加热到 t °C的平均线膨胀系数。

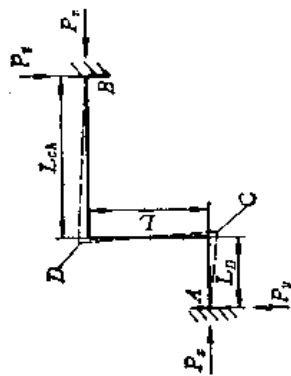
自然补偿管段的计算弹性力(P_x 、 P_y)及轴向补偿弯曲应力 σ_{bw} 的简化计算公式见表23-1-11，供设计选用时参考。

2) 方形补偿器的计算 方形补偿器的选型计算时，应先确定需要补偿管段的伸长量 ΔL ，再根据安装地点的具体情况查表22-3-12直接选型，并

表23-1-11 自然补偿管段计算弹性力(P_x, P_y)及轴向补偿弯曲应力 σ_{bw} 的简化公式表

自然补偿管段形式	计算	公式	备注
<p>L型自然补偿管段</p> 	$P_x = A \frac{\sigma E I \Delta l}{L_D^2} (N)$ $P_y = B \frac{\sigma E I \Delta l}{L_D^2} (N)$ $P'_x = A' \frac{\sigma E I \Delta l}{L_D^2} (N)$ $\sigma_{bw(A)} = C(A) \frac{\sigma E D_o \Delta l}{L_D} (Pa)$	$A = \frac{3[(n^3 + 4n^2 + 3) + \sin \beta (n^2 + 7n)]}{n(1+n)\cos \beta}$ $B = 3[(3n^3 + 4n + 1) + n^2 \sin^2 \beta (n^2 + 7n) + n \sin \beta (n^4 + 4n^3 + 10n + 1)] / [n^3 \cos^2 \beta (1 + n)]$ $A' = \frac{3[(3n^3 + 4n + 1) + \sin \beta (7n^2 + n)]}{n^2(1+n)\cos \beta}$ $B' = 3[n^2(n^3 + 4n^2 + 3) + \sin^2 \beta (7n^2 + n) + \sin \beta (n^4 + 10n^3 + 4n + 1)] / [n^3(1+n)\cos^2 \beta]$ $C(A) = \frac{1.5(n^3 + 2n^2 + 1)}{n(n+1)\cos \beta} + \frac{1.5(n+3)}{n+1} \operatorname{tg} \beta$	$n = \frac{L_{ch}}{L_D}$
<p>直角弯自然补偿管段</p> 	$P_x = A \frac{\sigma E I \Delta l}{L_D^2} (N)$ $P_y = B \frac{\sigma E I \Delta l}{L_D^2} (N)$ $\sigma_{bw(A)} = C(A) \frac{\sigma E D_o \Delta l}{L_D} (N)$	$A = \frac{3(n^3 + 4n^2 + 3)}{n(n+1)}$ $B = \frac{3(3n^3 + 4n + 1)}{n^3(n+1)}$ $C(A) = \frac{1.5(n^3 + 2n^2 + 1)}{n(n+1)}$	$n = \frac{L_{ch}}{L_D}$

Z型自然补偿管段



$P_x = A \frac{\alpha E I \Delta t}{L^2} (N)$ $P_y = B \frac{\alpha E I \Delta t}{L^2} (N)$	$A = \frac{3[(P^3 + 4P^2 + 3) - 6n(1-n)(2P^2 - P + 1)]}{P(1+P)(1-3n+3n^2)(1+3Pn-3Pn^2)}$ $B = \frac{3(3P^3 + 4P + 1 + 6nP^2(1-n)(2-P+P^2))}{P^3(1+P)(1-3n+3n^2)(1+3Pn-3Pn^2)}$	$P = \frac{L_{ca} + L_D}{L}$ $n = \frac{L_D}{L_{ca} + L_D}$
$\sigma_{b_w(A)} = C(A) \frac{\alpha E D_w \Delta t}{2L} (N)$ $\sigma_{b_w(B)} = C(B) \frac{\alpha E D_w \Delta t}{2L} (N)$ $\sigma_{b_w(C)} = C(C) \frac{\alpha E D_w \Delta t}{2L} (N)$ $\sigma_{b_w(D)} = C(D) \frac{\alpha E D_w \Delta t}{2L} (N)$	$C(A) = \frac{2Pn + P^2}{2(1+P)} B - \frac{1 + 2P - 2Pn}{2(1+P)} A$ $C(B) = \frac{1 + 2Pn}{2(1+P)} A - \frac{P^2 + 2P - 2Pn}{2(1+P)} B$ $C(C) = \frac{P^2 - 2Pn^2}{2(1+P)} B - \frac{1 + 2P - 2Pn}{2(1+P)} A$ $C(D) = \frac{1 + 2Pn}{2(1+P)} A + \frac{P^2 - 2P^2n}{2(1+P)} B$	

注：1. Z型自然补偿计算公式中计算系数C(A)、C(B)、C(C)、C(D)值可能为正或负值，在计算σ_{b_w}时，系数的符号不必考虑。

2. 表中公式只是近似值，因为其中没有考虑管道弯曲时刚度的降低和活动支架的摩擦阻力。

3. 表中各公式符号所表示的含义为：

- F —— 管材的弹性模数 (N/m²);
- I —— 管子的断面惯性矩 (m⁴);
- α —— 管道的线膨胀系数 [m/(m·°C)];
- Δt = t₁ - t₂ —— 管道热伸长的计算温度差 (°C);
- D_w —— 管子外径 (m);
- L_{ca} —— 长臂长 (m);
- L_{cb} —— 短臂长 (m);
- L —— 中间臂长 (m).

进行有关计算。

管段的热伸长量可按下式计算：

$$\Delta L = \alpha (t_1 - t_2) L \quad (23-1-24)$$

式中 ΔL ——管段的热伸长量 (m)；

α ——管道的线膨胀系数 [mm/(m·°C)]，碳素钢管的线膨胀系数见表23-1-10；

t_1 ——管壁最高温度，可取热媒的最高温度(°C)；

t_2 ——管道安装时的环境温度(°C)；

L ——计算管段的长度 (m)。

对方形补偿器的弹性力和弹性弯曲应力进行计算时应该注意的几个问题及计算方法如下：

减刚系数 K 弯管刚度降低的系数称减刚系数。当弯管为光滑弯管时，其减刚系数按下式计算：

$$\text{当 } h \leq 1 \text{ 时 } K = \frac{h}{1.65} \quad (23-1-25)$$

$$\text{当 } h > 1 \text{ 时 } K = \frac{1 + 12h^2}{10 + 12h^2} \quad (23-1-26)$$

式中 K ——弯管减刚系数；

h ——弯管尺寸系数。

不同规格光滑弯管的各特性系数值 (K 、 h) 见表23-1-12，也可按公式进行计算，具体方法请查阅有关资料。

P_x 值的确定 图23-1-3为采用“弹性中心法”

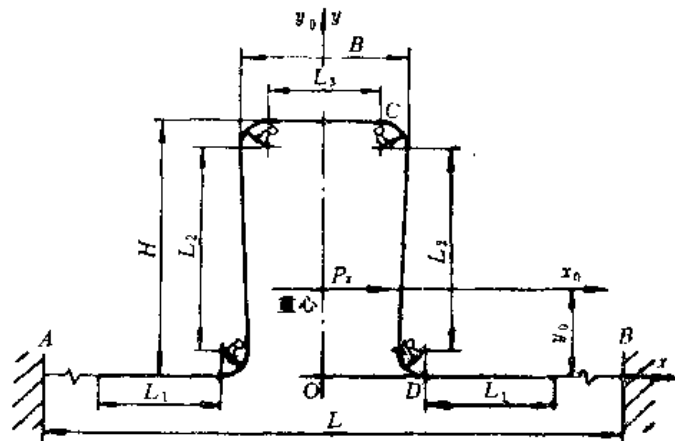


图23-1-3 光滑弯管方形补偿器计算图

计算光滑弯管补偿器弹性力和弹性弯曲应力的计算简图。其弹性中心坐标位置 (对应 $x-y$ 坐标轴) 为：

$$x_0 = 0$$

$$y_0 = \frac{(L_2 + 2R) \left(L_2 + L_3 + \frac{3.14R}{K} \right)}{L_{r,h}} \quad (23-1-27)$$

式中 K ——弯管减刚系数；

R ——管子弯曲半径 (m)；

$L_{r,h}$ ——光滑弯管方形补偿器的折算长度 (m)；

$$L_{r,h} = 2L_1 + 2L_2 + L_3 + \frac{6.28R}{K} \quad (23-1-28)$$

表23-1-12 光滑弯管特性系数表

公称直径 D_N (mm)	外径×壁厚 $D_w \times \delta$ (mm)	弯管半径 R (mm)	平均半径 r_p (mm)	弯管尺寸系数 h	弯管减刚系数 K	弯管应力系数 m
25	32×2.5	150	14.75	1.724	0.803	1
32	38×2.5	150	17.75	1.19	0.667	1
40	45×2.5	200	21.25	1.107	0.636	1
50	57×3.5	200	26.75	0.978	0.593	1
65	73×3.5	300	34.75	0.87	0.527	1
80	89×3.5	350	42.75	0.67	0.406	1.172
100	108×4	500	52	0.74	0.448	1.1
125	133×4	500	64.5	0.481	0.291	1.466
150	159×4.5	600	77.25	0.452	0.274	1.525
200	219×6	850	106.5	0.45	0.273	1.533
250	273×7	1000	133	0.396	0.24	1.67
300	325×8	1200	158.5	0.382	0.232	1.71
350	377×9	1500	184	0.4	0.242	1.66
400	426×9	1700	208.5	0.352	0.213	1.8

L_1 ——方形补偿器两边的自由臂长度 (m);

L_2 ——方形补偿器凸出边的直管段长度 (m);

L_3 ——方形补偿器宽度边的直管段长 (m)。

计算中, 方形补偿器的自由臂长度 L_1 可近似地取 $40D_N$ 值 (D_N 为管子公称直径)。

根据补偿器弹性力和管段变形的关系可求得:

$$P_N = \frac{\Delta x EI}{I_{x0}} \quad (23-1-29)$$

$$P_y = 0$$

式中 Δx ——固定支架之间管道的计算热伸长量 (m);

E ——管道的弹性模数 (N/m^2);

I ——管道断面的惯性矩 (m^4);

I_{x0} ——折算管段对 x_0 轴的线惯性矩 (m^3);

$$I_{x0} = \frac{L_1^3}{6} + (2L_2 + 4L_3) \left(\frac{L_2}{2} + R \right)^2 + \frac{6.28 R}{K} \left(\frac{L_2^2}{2} + 1.635L_2 R + 1.5R^2 \right) - L_{x1} y_0^2 \quad (23-1-30)$$

上式中的代表符号同前。

方形补偿器的应力验算 由于方形补偿器的弹性力 P_x 的作用, 在管道某一截面上的最大弹性弯曲应力 σ_{i_w} 可按下式确定。

$$\sigma_{i_w} = \frac{M_{max} m}{W} \quad (23-1-31)$$

式中 σ_{i_w} ——管道某一截面上最大弹性弯曲应力 (Pa);

W ——管子断面抗弯矩 (m^3);

M_{max} ——最大弹性力的弯曲力矩 ($N \cdot m$);

m ——弯管应力修正系数。

弹性力产生的最大弹性弯曲力矩 M_{max} 为:

$$\text{当 } y_0 \leq 0.5H \text{ 时, 位于 } C \text{ 点 } M_{max} = (H - y_0) P_x \quad (23-1-32)$$

$$\text{当 } y_0 \geq 0.5H \text{ 时, 位于 } D \text{ 点 } M_{max} = -y_0 P_x \quad (23-1-33)$$

由于弯管横截面不圆而引起应力的改变, 以弯管应力修正系数 m 表示之。 m 值可由下式确定:

$$m = \frac{0.9}{h^{2/3}} \quad (h < 0.85) \quad (23-1-34)$$

式中 h ——弯管尺寸系数。

计算所得的最大弹性弯曲应力 σ_{i_w} 不得大于规定的许用补偿弯曲应力 $[\sigma_{i_w}]$ 值, 即

$$\sigma_{i_w} \leq [\sigma_{i_w}] \quad (23-1-35)$$

第2节 钢管的修理

(一) 钢管的调直与切断

1. 钢管的调直

钢管的调直方法较多, 归结为冷调和热调两种。调直操作方式、弯曲度允许偏差和检查方法列于表 23-2-1。

表23-2-1 钢管调直与检查

调直形式	公称通径 (mm)	操作方式	允许偏差 (mm/m)	检查方法
冷调	$D_N \leq 100$	① 微弯管用锤子敲打调直, 将管子放在平直架上, 用两把锤子, 一把顶住管子凹向起点, 以它为支点, 用另一把锤子敲打管子背面凸起部位, 依次敲打调直 ② 弯曲度较大的管在长木板上调直: 将管子放在平直木板上, 一人从管子的一端观察管子的弯曲部位, 另一人按观察者的指点, 用锤敲打, 反复矫正	0.5	用拉线或直尺检查
	$D_N > 100$	将管段放置在操作平台上, 使管段固定好, 插入套管扭曲矫直, 或在矫直机上进行矫直	1.0	
热调	$D_N \leq 100$	把管段弯曲部位加热到 $600 \sim 800^\circ\text{C}$ (火红色) 后, 放在滚动平直架上滚动调直	0.5	用拉线或直尺检查
	$D_N > 100$ 及 > 200 短管	将管段弯曲部位加热后, 用冷水浇曲管背部, 使管段急剧收缩而调直	1.0	

2. 钢管的切断

钢管的切断方法有

锯割: 手工锯割和机械锯割, 如割管锯切割,

刀割: 用割管器、俗称切管滚刀刀割;

磨割: 用高速旋转的磨轮将管子切断, 又称无

齿锯切割；

车割：将管子固定在机床卡盘上作旋转运动，用车刀切割。可用专用车床或普通车床；

气割：主要是用氧—乙炔焰切割，一般公称直径在40mm以下钢管不用氧—乙炔焰切割。

钢管切口要求表面平整、不得有裂纹、重皮、毛刺、凸凹、缩口现象，切口平面应与管子轴线垂直，切口平面同角尺的间隙 a 允许为管径的1%，但不得大于2mm，检查方法如图23-2-1所示。

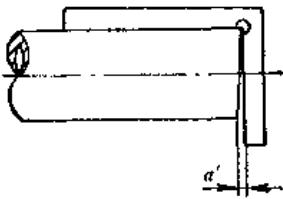


图23-2-1 角尺检查管端平整

(二) 钢管的连接

钢管的连接有焊接连接、螺纹连接和法兰连接三种方式。

1. 钢管的焊接连接

焊接连接是管道连接的主要形式，常用的有气焊、手工电弧焊、手工氩弧焊、埋弧自动焊等，在施工现场焊接碳素钢管道，最常用的是气焊和手工电弧焊。

电焊焊缝的强度比气焊高，而且比气焊经济，因此应优先采用电焊焊接。手工气焊一般只宜用于公称直径小于80mm、壁厚小于4mm的管子。但因条件限制，采用电焊施焊有困难，也可以用气焊焊接公称直径大于80mm的管子。

壁厚大于4mm的管子对焊时，焊口应开坡口，坡口尺寸列于表23-2-2。

表23-2-2 碳素钢管切坡口尺寸

壁厚 S (mm)	间隙 a (mm)	钝边 b (mm)	坡口角度 α (°)
4.5~8	1.5~2	1~1.5	60~70
8~12	2~3	1.5~2	60~70

壁厚不同的管子对焊时，两管壁厚之差不得大于管壁厚度的15%，并不得超过3mm。如超过上述规定，应对壁厚较大的管子端头进行适当的加工，使管壁平稳地过渡，如图23-2-2。

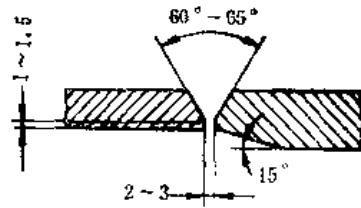


图23-2-2 不同壁厚的管子对焊坡口

焊接三通应在支管或主管上开坡口，如图23-2-3。

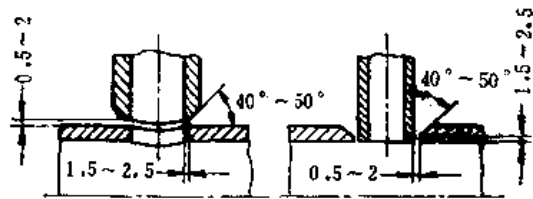


图23-2-3 焊接三通的坡口及对口形式

焊接前，坡口及其周围20mm范围内、外表面，应除净铁锈、泥土和油污，直到露出金属光泽。不圆的管口应进行修整。

管子对口应保证两管段中心线在同一条直线上，允许的错口值不得超过表23-2-3的规定。

表23-2-3 管子对口允许错口范围

管壁厚度 S (mm)	<5	6	8	10	≥ 12
允许最大错口值(mm)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5

一般管道对口可采用如图23-2-4措施。小口径管道的对口工具如图23-2-5所示。大口径管道的对口工具如图23-2-6所示。

管口对好后，用点焊固定3~4处，每处点焊长度为8~12mm，点焊的高度为管壁厚度的三分之二。为提高焊接质量和焊接速度，凡是可以转动的管子都应采用转动焊接，减少仰焊和立焊。

管道接口所处位置应符合下列要求：

- ① 接口距支架边缘不得小于50mm。
- ② 直管段相邻的对接焊缝间的间距不得小于200mm，且不得少于管子外径。
- ③ 管道弯头的弯曲部分不允许有对接焊缝，焊缝距弯曲起点不小于管子外径，且不应小于100mm。
- ④ 较大管径对口焊接时，各管段的纵向焊缝

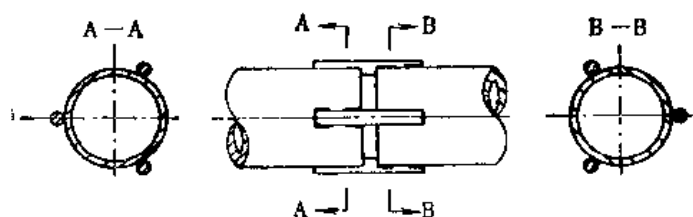


图23-2-4 一般管道的对中心措施

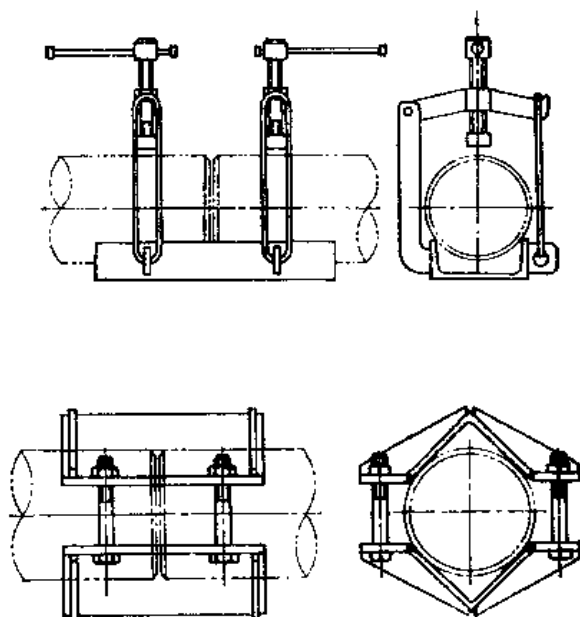


图23-2-5 小口径管道的对口工具

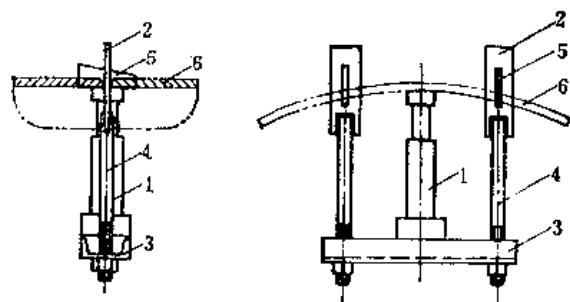


图23-2-6 大口径管道的对口工具

1—千斤顶 2—带孔扁钢 3—槽钢 4—螺栓
5—楔子 6—管子

应互相错开，距离不小于100mm。

⑤ 纵缝位置力求安置在容易检查和修理的地方。

不同直径的管子对焊时，应将大管焊接端口加热缩小到与小管直径相等，然后与小管对焊，也可将小管插入大管中作承插焊接。

公称压力不大于0.6MPa的不同直径的管子对

焊，允许将大管焊接端抽条加工成大小头，也可用钢板制作异径管。

钢管的焊接要正确地选择和执行焊接工艺，碳素钢管焊接用的气焊条（焊丝）牌号列于表23-2-4。

焊丝表面应清洁，无油脂、锈蚀等脏物。

碳素钢焊丝直径有1、1.2、1.6、2.5、3、3.5、4、5、6、6.5、7、8mm等多种。应根据管壁厚度选择适当的焊丝，表23-2-5可作参考。

表23-2-4 碳素钢管用焊丝牌号

钢材牌号	A ₃ F	A ₃	10	20
焊丝牌号	H08	H08 H08A	H08A H08MnA	H08A H08MnA

表23-2-5 焊丝直径选择

管壁厚度 (mm)	1~2	3~4	5~8	9~12
焊丝直径 (mm)	1.5~2	2.5~3	3.5~4	4~5

钢管电焊焊接常用电焊条牌号列于表23-2-6。

表23-2-6 钢管电焊常用电焊条

钢管牌号	焊条牌号或型号		备注
	统一牌号	相当国际型号	
A ₃ F	结422	T422	
A ₃	结422 结426 结427	T422 T426 T427	
10	结422 结426 结427	T422 T426 T427	壁厚大于20mm，且焊接环境温度较低时，宜用结426、结427
20 20g	结422 结426 结427	T422 T426 T427	壁厚大于20mm，且焊接环境温度较低时，宜用结426、结427
16Mn	结502 结503 结506 结507	T502 T503 T506 T507	用于焊接操作温度低于350℃的管道 用于焊接操作温度350~450℃的管道
	奥107	TAI-7	
12CrMo	热207	TR2-7	焊前 焊件预热至150~300℃ 焊后 经570~710℃回火处理

(续)

钢管钢号	焊条牌号或型号		备 注
	统一牌号	相当国际型号	
15CrMo	奥107	TA1-7	焊前 焊件预热 250~350℃ 焊后 经680~720℃ 回火处理
	热307	TR3-7	
15MnV	结553		用于焊接操作温度 低于350℃的管道
	结556或结557	T 556或 T 557	用于焊接操作温度 350~450℃的管道

钢管焊接时的环境温度和预热温度应满足表23-2-7的要求。

表23-2-7 钢管焊接的环境温度和预热温度

钢 号	允许焊接的最低环境温度 (°C)	预 热 要 求	
		常温焊接	低温焊接
含碳量 ≤0.2% 的碳钢	-30	环境温度高于-20℃时, 可不预热	环境温度低于-20℃时, 预热100~150℃
含碳量 >0.2%~ 0.3% 的碳钢	-20	环境温度高于-10℃时, 可不预热	环境温度低于-10℃时, 预热100~150℃
16Mn	-10	0℃以上可不预热	环境温度低于0℃时, 预热150~200℃
16Mo 12CrMo 15CrMo	-10	预热150~200℃ 200~250℃ 250~300℃	环境温度低于0℃时, 预热250~400℃
Cr5Mo	0	预热300~400℃	

注: 预热时, 焊口每侧预热宽度应不小于40mm, Cr5Mo钢管应不小于400mm。

管子对接时, 对接接头焊接层数、使用电焊条直径和焊接电流的大小, 应根据管壁厚度来选择, 表23-2-8可作参考。

焊缝应形成平滑而微凸的表面, 沿接头周方力求均匀。管内不得有渗漏的金属溶渣。

焊缝加强面应符合表23-2-9的规定。

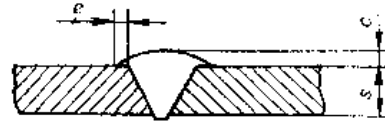
焊缝有下列缺陷则不合格:

① 裂纹。

表23-2-8 管子对接接头层数、焊条直径及焊接电流

管壁厚度 (mm)	焊接层数	焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)
3~6	2	2~3.2	80~120
6~10	2~3	3.2 4	105~120 160~200
10~13	3~4	3.2~4 4	105~180 160~200
13~16	4~5	3.2~4 4	105~180 160~200
16~22	6~6	3.2~4 4~5	105~180 160~250

表23-2-9 焊缝加强面标准



管壁厚度 s (mm)	<10	10~20	>20
加强面高度 c (mm)	1.5+1	2+1	3+1
遮盖宽度 s' (mm)	1~2	2~3	2~3

② 未焊透的深度大于管壁厚度的10%, 或延伸长度大于焊口周长的1/4。

③ 夹渣与气泡的深度大于管壁厚度的10%, 或延伸长度大于焊口周长的1/4。

④ 连续成网状的夹渣和气孔, 深度大于壁厚的10%和长度大于30mm的夹渣或未焊透以及长度大于15mm的聚集气泡。

⑤ 咬肉(咬边)深度大于或等于0.5mm、长度大于或等于40mm。

⑥ 严重的焊瘤。

焊缝缺陷如不超出表23-2-10规定之范围时可修补, 否则应将焊口完全割除, 再用短管连接重焊。

2. 钢管的螺纹连接

螺纹连接, 亦称丝扣连接。管螺纹连接用于:

1) 管子公称通径不大于70mm, 介质工作压力在1MPa以下, 温度在100℃以内便于检查和修理的低压流体输送用焊接钢管(即黑铁管)的连接。

2) 低压流体输送用镀锌焊接钢管(亦叫白铁

表23-2-10 焊缝缺陷原因及修补方法

允许修补的缺陷范围	产生缺陷的主要原因	修补方法
表面残缺、焊缝不直、高、宽不均	焊工技术不熟练、或工作不认真、施焊时马虎	重焊修补
未焊透部分的延伸长度小于焊口周长的1/4	1. 坡口开的不正确、钝边太厚，对口间隙太小 2. 焊接速度快、电流小焊条熔点低 3. 焊口表面有脏物	清除焊缝缺陷部分露出管子金属，然后进行补焊
夹渣或气泡的延伸长度小于焊口周长的1/4	1. 焊接速度快、焊条摆动不当、熔化金属粘度大 2. 下层焊缝清理不净，焊接表面有油脂或脏物 3. 焊条药皮太重、或焊条潮湿	清除焊缝缺陷部分露出管子金属，然后进行补焊
咬肉深度大于0.5mm，长度大于40mm	焊条摆动不当，工作不熟练	清理后进行补焊
公称直径小于100mm 裂纹长度小于20mm 公称直径大于100mm 裂纹长度小于50mm	1. 热应力集中，冷却太快 2. 焊缝有硫、磷杂质	将该段焊缝切除露出管子金属，然后补焊

管)的连接。

3) 钢管和带有管螺纹的管件、阀件和设备的连接。

管螺纹按形状分为圆柱管螺纹和圆锥管螺纹，按螺线方向可分为左螺纹和右螺纹。

圆柱管螺纹的形状与基本尺寸列于表23-2-11，圆锥管螺纹的形状尺寸列于表23-2-12。

圆锥管螺纹的倾斜角 $\phi = 1^{\circ}47'24''$ ，圆锥度 $21g\phi = 1:16$ ，齿形角为 55° ，其基面直径与圆柱形管螺纹相等。

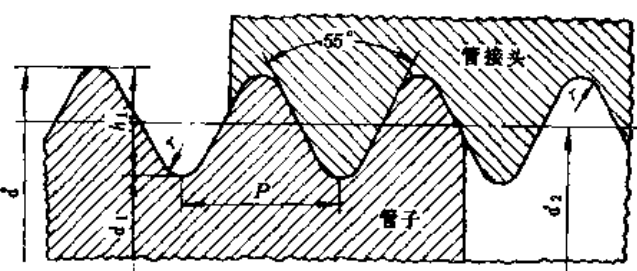
圆柱形管螺纹的牙型代号为G，圆锥形管螺纹的牙型代号为ZG。

管螺纹连接有短丝连接、长丝连接和活接头连接，无论用那种方式，都应在管子外螺纹与管件或阀件的内螺纹之间加适当填料，常用填料有麻丝、石棉线、铅丹油（鱼油拌铅丹）、白铅油（鱼油拌白厚漆）、黑铅油（鱼油拌石墨粉）等。近年来，国内外已广泛采用聚四氟乙烯密封带作管螺纹的密封填料。填料的选用是根据管道输送介质的温度和特性确定。管螺纹连接方式及其所用填料列于表23-2-13。

管螺纹连接的缺点是较易渗漏。管螺纹不严的原因有如下几种情况：

- 1) 管螺纹加工质量不好。
- 2) 附件或设备管螺纹不标准。
- 3) 填料选用不当或填料密封不严。
- 4) 管螺纹与配件拧的不紧。

表23-2-11 圆柱管螺纹形状及基本尺寸

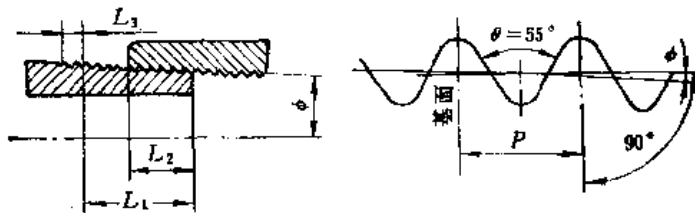


螺纹规格 (In)	每英寸牙数 (#)	螺距 P (mm)	螺纹直径 (mm)			牙形高度 A_1 (mm)	圆弧半径 r (mm)
			大径 d	中径 d_2	小径 d_1		
3/8	19	1.337	16.663	15.807	14.951	0.856	0.184
1/2	14	1.814	20.956	19.794	18.632	1.162	0.249
3/4	14	1.814	26.442	25.281	24.119	1.162	0.249
1	11	2.309	33.250	31.771	30.293	1.479	0.317
1 1/4	11	2.309	41.912	40.433	38.954	1.479	0.317

(续)

螺纹规格 (in)	每英寸牙数 (n)	螺距 P (mm)	螺纹直径 (mm)			牙形高度 h ₁ (mm)	圆角半径 r (mm)
			大径 d	中径 d ₂	小径 d ₁		
1 1/2	11	2.309	47.805	46.326	41.847	1.479	0.317
2	11	2.309	59.616	58.137	56.659	1.479	0.317
2 1/2	11	2.309	75.187	73.708	72.230	1.479	0.317
3	11	2.309	87.887	86.409	84.930	1.479	0.317
4	11	2.309	113.034	111.556	110.077	1.479	0.317
5	11	2.309	138.435	136.957	135.476	1.479	0.317
6	11	2.309	163.836	162.357	160.879	1.479	0.317

表23-2-12 锥管螺纹的形状和基本尺寸



管子公称直径		螺距 P (mm)	每 1in 扣数	基面直径 (mm)			螺纹工作 长度 L ₁ (mm)	由管端到基 面长度 L ₂ (mm)	螺尾 长度 L _s (mm)
(mm)	(in)			中径	大径	小径			
6	1/8	0.907	28	9.148	9.729	8.567	9	4.5	0.581
8	1/4	1.337	19	12.302	13.158	11.446	11	6	0.856
10	3/8	1.337	19	15.807	16.663	14.951	12	6	0.856
15	1/2	1.814	14	19.794	20.958	18.632	15	7.5	1.162
20	3/4	1.814	14	25.281	26.442	24.119	17	9.5	1.162
25	1	2.309	11	31.771	33.250	30.293	19	11	1.479
32	1 1/4	2.309	11	40.433	41.914	38.954	22	13	1.479
40	1 1/2	2.309	11	46.326	47.805	44.847	23	14	1.479
50	2	2.309	11	58.137	59.616	56.659	26	16	1.479
65	2 1/2	2.309	11	73.708	75.187	72.230	30	18.5	1.479
80	3	2.309	11	86.409	86.887	84.930	32	20.5	1.479
100	4	2.309	11	111.556	113.034	110.077	38	25.5	1.479

表23-2-13 管螺纹连接方式及其所用填料

连接方式	填 料	备 注
圆柱形套入 圆柱形	介质为水或压缩空气 (温度在 100°C 以下)。用铅丹油或白铅油中浸润过的麻系缠到管螺纹上以后, 沿管螺纹再抹铅油。	
圆柱形套入 圆锥形	介质为蒸汽, 缠抹在黑铅油中浸润过的石棉线或不缠填料而抹矿物油。	用锥形螺纹的钢管与圆柱形螺纹的附件连接, 连接较紧密。
圆锥形套入 圆锥形	不缠填料, 沿螺纹抹矿物油。	连接紧密, 一般用于蒸汽管道。

3. 钢管的法兰连接

法兰连接常用于明装管路需要检修拆卸的部位和用于连接带法兰的附件、仪表和设备。法兰及垫片的选用参照表22-3-23~表22-3-24。

法兰加工尺寸应符合标准, 法兰表面应光滑, 不得有砂眼、裂纹、斑点、毛刺等能降低法兰强度和连接可靠性的缺陷。螺栓孔位置的偏差不得超过表23-2-14的规定。

法兰的软垫片一般有成品供应, 但经常在现场根据需要自行加工。加工的方法有手工剪裁和工具切割。手工剪裁时常剪成带柄的, 便于安装时调整垫片位置。常用切软垫片的工具如图23-2-7、图23-

表23-2-14 法兰螺栓孔允许偏差

螺栓孔直径 (mm)	18	23	27	34	41
螺栓孔允许偏差 (mm)	±1	±1	±1	±1.5	±2

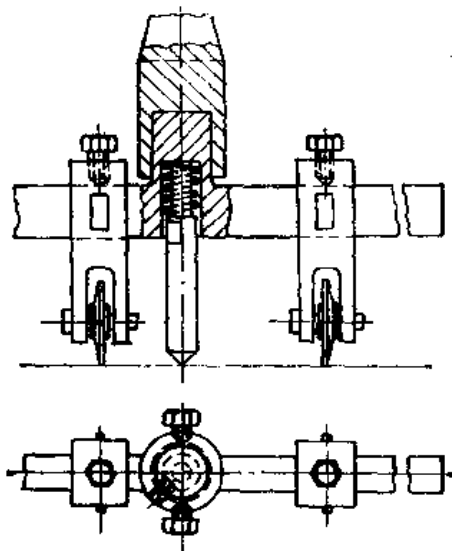


图23-2-7 切软垫片的工具 (a)

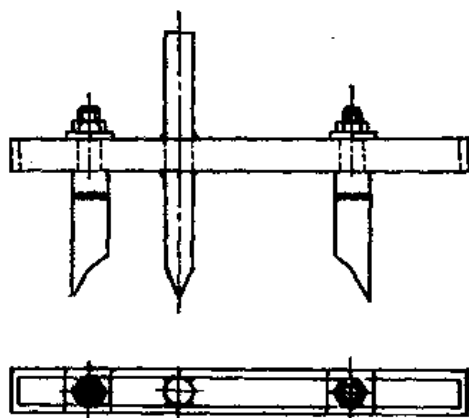


图23-2-8 切软垫片的工具 (b)

2-8, 此两种工具均可装在台钻上使用。

石棉橡胶板垫片安装前用热水渗透。将垫片安装到法兰上时, 在垫片两面抹石墨粉与机油调和物, 或抹干的银色石墨粉。若单纯抹铅油, 则往往使垫片粘在法兰密封面上极难除掉。

平焊钢法兰与管子的焊接形式如图23-2-9所示。法兰密封面与管子轴线应垂直、平直度用法兰角尺检查, 如图23-2-10所示, 允许的最大偏差 a 一般不大于1mm。

法兰用螺栓紧固时应对称, 十字交叉均匀地进

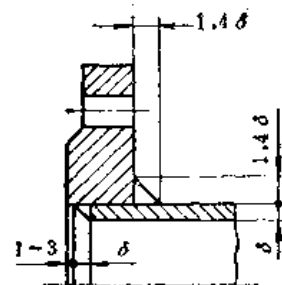


图23-2-9 平焊钢法兰的焊接形式

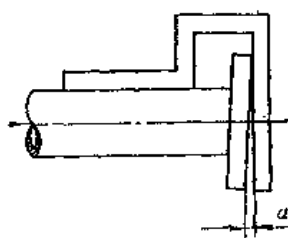


图23-2-10 法兰的平直度检查

行, 以使每个螺栓都达到相同的紧固程度。法兰螺栓拧紧后, 两个密封面应相互平行, 直径方向的两个对称点的偏差, (如图23-2-11中的 $a-b$ 的数值) 不得超过表23-2-15的规定。

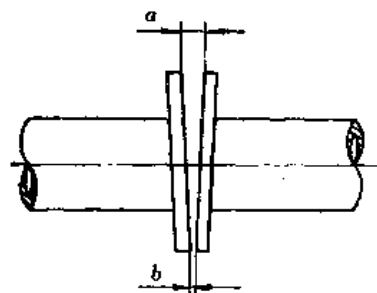


图23-2-11 法兰密封面平行度的偏差

表23-2-15 法兰密封面平行度的偏差允许值

公称通径 D_N (mm)	在下列公称压力下的允许偏差 ($a-b$ 的数值)(mm)		
	$P_N < 1.6 \text{ MPa}$	$P_N = 1.6 \sim 6.0 \text{ MPa}$	$P_N > 6.0 \text{ MPa}$
≤ 100	0.2	0.10	0.05
> 100	0.3	0.15	0.05

法兰不得埋入地下。埋地管道或不通行地沟内管道的法兰接头处应设置检查井。法兰也不能装在楼板、墙壁或套管内。为了便于拆装法兰螺栓, 法

兰平面与管道支架边缘或建筑物的间距不得小于 16。
200mm。

法兰拆卸或更换垫片时，不宜用凿子或扁铲，以免损伤法兰密封面。张开法兰时，可采用如图23-2-12所示的工具。

法兰连接的缺点是容易增加管道系统的泄漏，法兰连接处不严的原因和消除方法列于表 23-2-

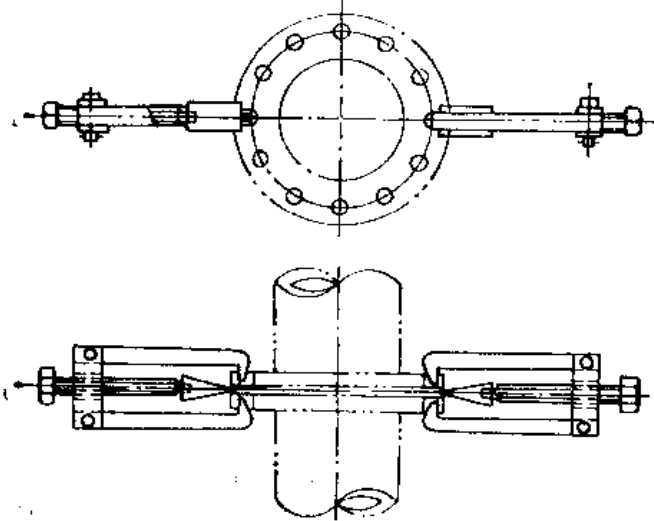


图23-2-12 张开法兰的工具

4. 钢制补偿器的连接

补偿器是用以保证管道在热状态下的稳定安全运行，减少并释放管道受热膨胀时所产生的应力的安全装置。补偿器的安装连接在管道连接中具有特殊性。

补偿器的种类规格及制作见第二十二章第三节。

(1) 钢制方型补偿器的安装连接

1) 钢制方型补偿器安装在直管段中的最大距离，也就是固定支架的最大间距列于表 23-2-17。

2) 补偿器安装应当在两个固定支架间的管道安装完毕后进行。安装时，必须将补偿器冷拉(冷冻管道为冷压) $1/2\Delta L$ 。当输送介质温度超过 400°C 的管道，补偿器冷拉量可大于 $1/2\Delta L$ ；当介质温度大于 500°C 时，冷拉量可为 ΔL 。无论在任何情况下，冷拉量应满足设计要求，其允许偏差应小于 $\pm 10\text{mm}$ 。

3) 冷拉焊口应选在距补偿器弯曲起点 $2 \sim 2.5\text{m}$ 处，冷拉前，固定支架应牢固固定，阀件

表23-2-16 法兰连接处不严的原因和消除方法

主要原因	消除方法	主要原因	消除方法
垫片失效 1) 材料选择不当 2) 垫片过厚，被高压介质刺穿 3) 垫片有皱纹、裂纹或断折 4) 垫片长期使用后失效 5) 法兰张开后未换垫片重又合上	更新垫片垫片材料应按介质种类和工作参数选用 改装厚度符合规定的垫片 改装质量合格的垫片 定期更换新垫片 安装新垫片	法兰密封面上有缺陷 相连接的两个法兰密封面不平行 管道投入运行后，未适当拧紧法兰螺栓	1) 深度不超过 1mm 的凹坑、径向刮伤等，在车床上旋平 2) 深度超过 1mm 的缺陷，在清理缺陷表面后用电焊焊补，经手锉清理再磨平或旋平 热弯法兰一侧的管子。用氧炔焰加热长度等于 3 倍直径、宽度不大于半径的带形面管段，然后弯曲管子使两个法兰密封面平行 在管道投入运行时，当温度和压力升高到一定值，适当再一次拧紧螺栓，在运行的最初几天进行经常检查、并继续拧紧

表23-2-17 固定支架最大间距

公称直径(mm)	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400
最大间距(m)	30	35	45	50	55	60	65	70	80	90	100	115	130	145
(m)	—	—	45	50	55	60	65	70	70	90	90	110	110	110

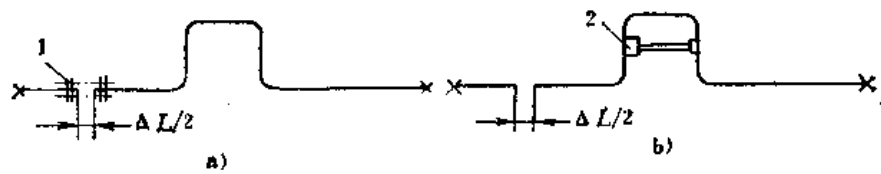


图23-2-13 补偿器冷拉示意图
1—带螺栓的冷拉工具 2—千斤顶

的螺栓应全部拧紧。

4) 冷拉方型补偿器方法有两种, 一种是用带螺栓的冷拉工具进行冷拉, 如图23-2-13 a所示, 另一种是用千斤顶将补偿器的两臂撑开来实现冷拉, 如图23-2-13 b所示。前一种方法较普遍, 这种方法也可以在补偿器的两侧同时冷拉, 每侧的冷拉量为 $\Delta L/4$ 。

带螺栓的冷拉工具, 如图23-2-14所示, 双头螺栓的直径和数量, 以拉紧时, 管子金属中形成5~6 MPa的应力进行计算。

5) 补偿器两侧应各设置一个导向支架, 导向支架与补偿器弯曲起点的距离宜在6~12m范围内, 最小不得小于1.8m。

(2) 填料式补偿器的安装连接

1) 填料式补偿器应严格地沿管道中心线安装, 不得偏斜, 防止运行中出现补偿器外壳与导管“咬住”现象。

2) 填料式补偿器两侧, 至少应各有一个导向支座, 使管道运行时不致偏离中心线。

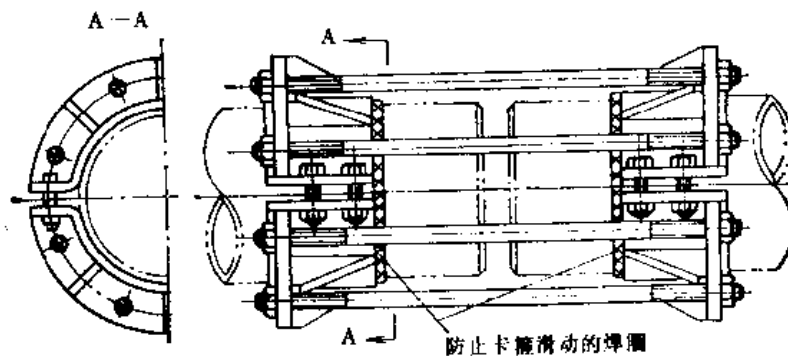


图23-2-14 带螺栓的冷拉工具

3) 填料式补偿器的填料采用石棉绳, 填入时应涂以石墨粉, 石棉绳的厚度应不小于补偿器外壳与导管之间的间隙。石棉绳逐圈装入逐圈压紧, 各圈接口应相互错开。

4) 填料式补偿器预拉伸后的安装长度, 由安装时的温度决定, 如图23-2-15所示, 其值见表23-2-18。在导管支撑环和外壳支撑环之间, 应留有安装间隙 Δ (以备低温伸缩)。安装间隙 Δ 的最小尺寸可采用表23-2-19所列数值。

(3) 波形补偿器的安装连接

1) 波形补偿器安装时应与管道保持同心, 不得偏斜。

2) 安装波形补偿器时应设临时固定, 待管道安装固定后再拆除临时固定。

3) 安装波形补偿器应根据补偿零点温度定位, 补偿零点温度就是管道设计考虑到的最高温度和最低温度的中点。当安装环境温度等于补偿零点温度时, 补偿器可不进行预拉或预压; 当安装环境温度高于补偿零点温度时, 应预先压缩; 当安装环境温度低于补偿零点温度时, 则应预拉伸, 拉伸或压缩的数量列于表23-2-20。

4) 波形补偿器的预拉或预压, 应在平地上进行, 作用力分2~3次逐渐施加, 使之波节受力均匀。当拉伸或压缩达到要求时, 立即安装固定。拉伸或压缩量的偏差应小于5 mm。

5) 波形补偿器的内套有焊缝的一端, 管道水平安装时应迎

表23-2-18 单向填料式补偿器的安装长度

公称直径 (mm)	补偿器最大伸缩量 (mm)	在下列温度时的安装长度 (mm)							
		45°C	40°C	30°C	20°C	10°C	0°C	-10°C	-20°C
250	200	702	708	720	732	744	756	768	780
300	200	770	774	782	789	797	804	812	826
350	200	818.5	824	835	846	857	868	879	890

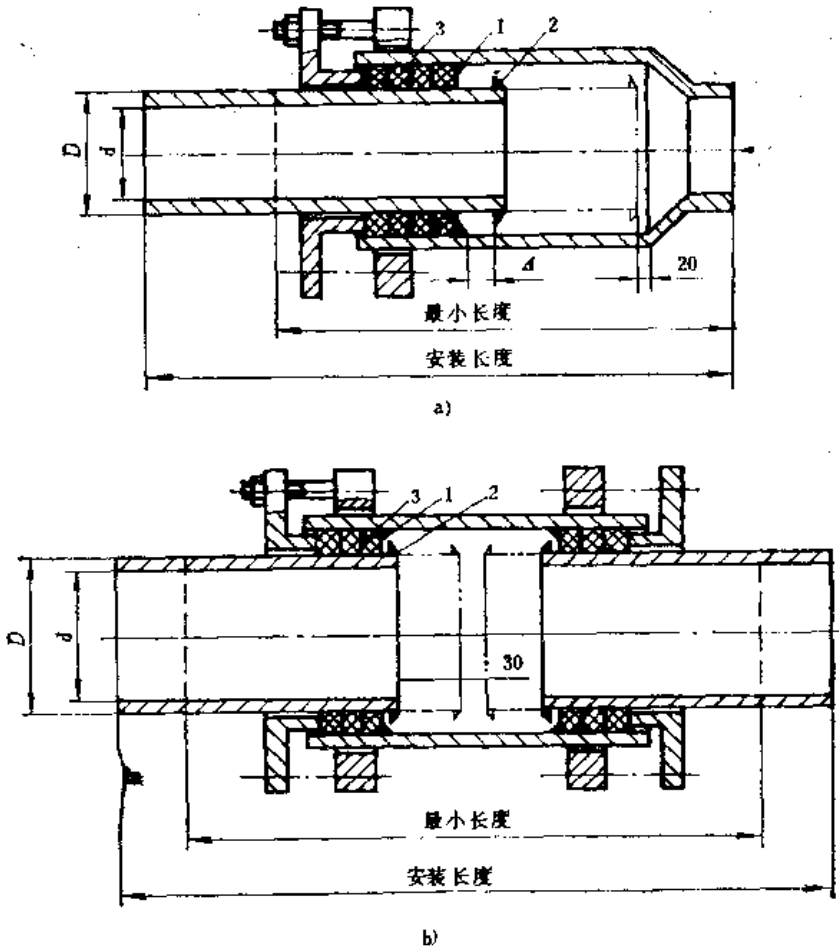


图23-2-15 填料式补偿器的安装长度和间隙Δ

a) 单向 b) 双向

1—外壳支撑环 2—导管支撑环 3—填料

表23-2-19 填料式补偿器的安装间隙Δ值

两固定支架 的管段长度 (m)	安装时的温度为下列数值时, 安装间隙Δ的最小数值 (mm)		
	< -5°C	-5°C~20°C	> 20°C
100	30	50	60
75	30	40	50

表23-2-20 波形补偿器安装时的
拉伸、压缩量

安装时的环境温度与 补偿零点温度差(°C)	拉伸量 (mm)	压缩量 (mm)
-40	0.5ΔL	—
-30	0.375ΔL	—
-20	0.25ΔL	—
-10	0.125ΔL	—
0	0	0
+10	—	0.125ΔL
+20	—	0.25ΔL
+30	—	0.375ΔL
+40	—	0.5ΔL

介质流向安装, 垂直安装时应置于上部。

6) 如管道内有凝结水产生时, 应在波形补偿器每个波节的下方边缘安装放水阀, 排除积水, 也可在下部波节中充以不污染介质的防冻油。

(三) 管件加工

1. 弯头制作

(1) 弯头制作的一般要求

1) 钢管弯管的最小弯曲半径应符合表 23-2-21 的规定, 常用钢管弯头的弯曲半径 R 可参考表 23-2-22。

2) 弯头弯曲部分的展开长度按下式计算

$$L = \frac{\alpha \pi R}{180^\circ}$$

式中 L——弯曲部分的展开长度 (mm);

α——弯曲角度 (°);

表23-2-21 弯管的最小弯曲半径

管子类别	弯管制作方法	最小弯曲半径	
中、低压 钢 管	热 弯	3.5DN	
	冷 弯	4.0DN	
	折 皱 弯	2.5DN	
	压 制	1.0DN	
	热 推 弯	1.5D	
高压钢管	冷 热 弯 压 制	DN ≤ 250mm	1.0DN
		DN > 250mm	0.75DN

表23-2-22 常用钢管弯头的弯曲半径R

(mm)

R/DN	3.5~5		2.5~3.5		1.0~1.5	
公称直径	光滑弯头		折皱弯头		焊接弯头	
DN	最小	标准	最小	标准	最小	标准
20	100	100				
25	100	125				
32	125	150				
40	150	200				
50	200	250				
65	250	300				
80	300	350				
100	350	400	250	350	150	150
125	400	500	300	400	175	175
150	500	600	400	500	200	200
200	700	800	500	700	250	250
250	900	1000	650	900	300	300
300	1000	1200	750	1000	350	350
350	1200	1500	900	1200	400	525
400	1400	1800	1000	1400	450	600

R —— 弯曲半径 (mm)。

常用管子弯成30°、45°、60°、90°时，弯曲部分展开长L值列于表23-2-23。

3) 弯管壁厚减薄率

$$\left(\frac{\text{弯管前壁厚} - \text{弯管后壁厚}}{\text{弯管前壁厚}} \times 100\% \right), \text{中、}$$

低压管不超过15%，高压管不超过10%，且不小于设计壁厚。

4) 弯管横截面椭圆度

$$\left(\frac{\text{最大外径} - \text{最小外径}}{\text{最大外径}} \times 100\% \right) \text{的偏差, 中、}$$

低压管不超过8%，高压管不超过5%。

5) 弯制有缝管时，其纵焊缝应置于与中性轴线约成45°角的地方，如图23-2-16所示的1、2、3、4中任何一点位置；制作折皱弯头时，焊缝应放在非加热区的边缘。

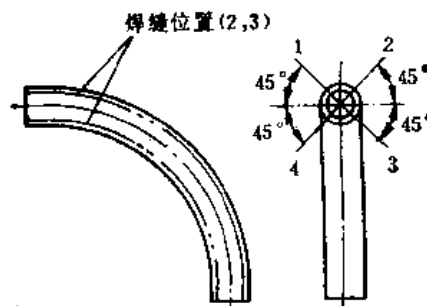


图23-2-16 有缝钢管弯头的焊缝位置

6) 中、低压弯管内侧波浪(鼓包)度H应符合表23-2-24的要求。

表23-2-23 弯头的弯曲部分展开长度L

弯曲角(°)	弯曲半径 R	公 称 通 径 DN (mm)															
		20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	
		弯 曲 部 分 展 开 长 L (mm)															
30	R = 3.5DN	37	46	59	74	92	119	147	183	230	275	367	458	550	643	733	
45		55	69	88	110	138	178	220	275	345	418	550	688	825	963	1100	
60		74	92	118	148	183	237	293	367	460	550	733	917	1100	1286	1467	
90		110	138	176	220	275	356	440	550	690	825	1100	1375	1650	1926	2200	
30	R = 4DN	42	53	67	84	105	137	168	209	262	314	420	523	630	735	840	
45		63	80	100	126	157	205	252	314	393	471	630	785	945	1102	1260	
60		84	106	134	168	209	273	336	419	524	628	840	1047	1260	1470	1680	
90		126	160	200	252	314	410	504	628	786	942	1260	1570	1890	2205	2520	
30	R = 5DN	53	67	84	105	131	170	212	262	328	394	525	655	788	920	1050	
45		80	100	126	157	197	256	320	394	492	590	788	985	1180	1380	1575	
60		106	134	168	209	262	340	424	525	655	790	1050	1315	1575	1835	2100	
90		160	200	252	314	394	512	640	788	985	1180	1575	1970	2360	2755	3150	

表23-2-24 管子弯曲部分波浪度H的允许值 (mm)

外径	≤108	133	159	219	273	325	377	≥426
允许值	4	5	6	7	7	7	7	8

(2) 冷弯弯头 制作冷弯弯头，管内不必充砂，管子不用加热，简便易行。目前，可以弯制公称通径在200mm以内的管子弯头。

1) 冷弯弯头的弯曲半径不应小于管子公称通径的4倍，但在弯曲后管壁变薄不超过按计算所需壁厚的15%时，则允许弯曲半径小于公称通径的4倍。

2) 冷弯弯制弯头时，由于钢管的弹性作用，应比规定的角度多弯 $3^{\circ} \sim 5^{\circ}$ ，以备弯好后的回弹。

3) 冷弯弯头常用工机具有手动弯管器、液压弯管机和电动弯管机。

手动弯管器的结构形式很多，图23-2-17所示是一种自制的小型固定式弯管器，图23-2-18是一种便携式手动弯管器，它们可用来弯曲公称通径不超过25mm的管子。

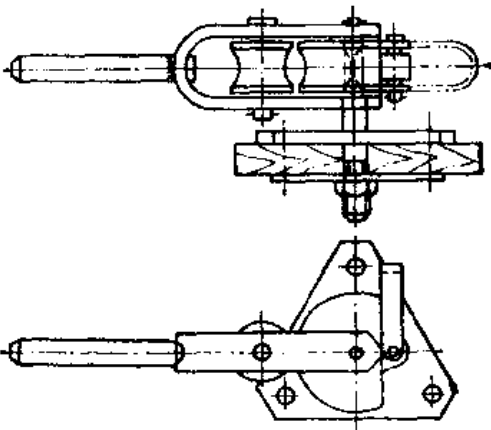


图23-2-17 固定式手动弯管器

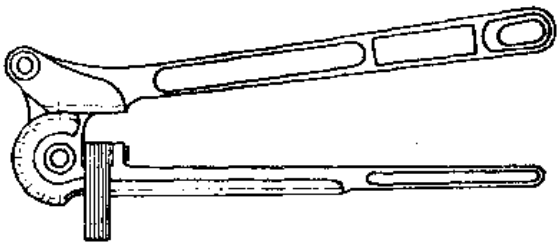


图23-2-18 便携式手动弯管器

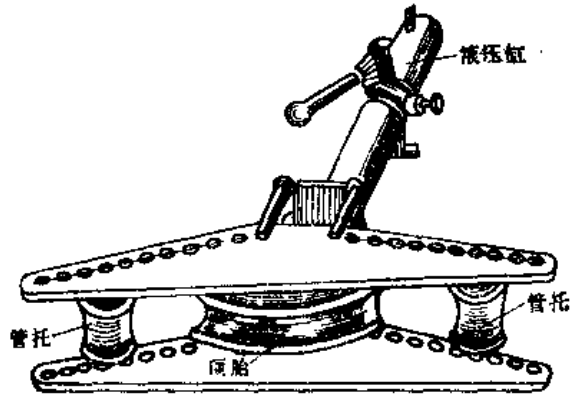


图23-2-19 液压弯管机

液压弯管机又叫顶弯式弯管机，如图23-2-19所示，它能弯制公称通径在100mm以内的管子。

电动弯管机的结构形式很多，目前使用较多的有上海某厂生产的WA27-60型、WA27-108型、WA27-159型等几个型号的电动弯管机，最大能弯制外径为159mm的管子。这种弯管机的弯管原理如图23-2-20所示。

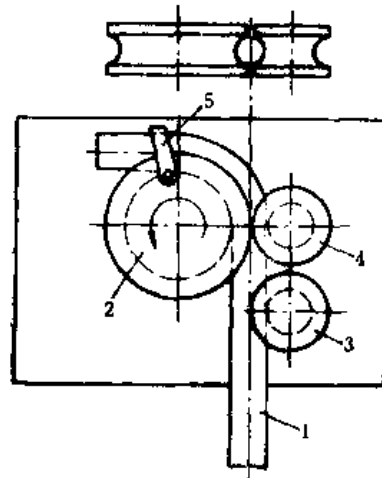


图23-2-20 电动弯管机弯管原理示意图
1—管子 2—弯管模 3—压紧模
4—导向模 5—U型管卡

(3) 热弯弯头 热弯弯头的制作有充砂手工热弯和机械热弯两种方式。

1) 充砂手工热弯 充砂手工热弯有下列工序：充砂、划线、加热、弯管、检查、校正和除砂。

热弯弯头的弯曲半径不得小于管子公称通径的3.5倍。弯曲后管壁变薄不得超过按计算所需壁厚的15%。

填充用砂应用洁净、干燥而耐高温(1000℃左

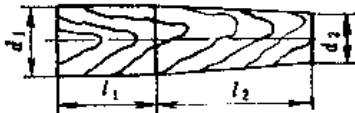
表23-2-25 热弯钢管填充砂子的粒度

管子公称直径(mm)	<80	80~150	>150
砂子粒度(mm)	1~2	3~4	5~6

右不熔化)的河砂或海砂,砂子的粒度应根据管径的大小按表23-2-25选用。

充砂一般在充砂台进行,分段填充,每充一段,捣实一段。填满砂子时可用铁棍往下捣,或用手锤以及机械在管壁上敲击捣实,当经过敲击而砂面不再下降,且发出的声音实而沉时,表明已捣实。砂子充实用木塞或钢塞堵牢,木塞尺寸列于表23-2-26。钢塞如图23-2-21所示,都可多次使用。

表23-2-26 木塞尺寸



尺寸 (mm)	管子公称直径(mm)		
	<50	50~150	>150
d_1	$1.3d$	$1.2d$	$1.2d$
d_2	$0.8d$	$0.85d$	$0.9d$
l_1	100	150	250
l_2	$2.5d$	$(1~1.5)d$	$(0.75~1.5)d$

注: d ——管子内径。

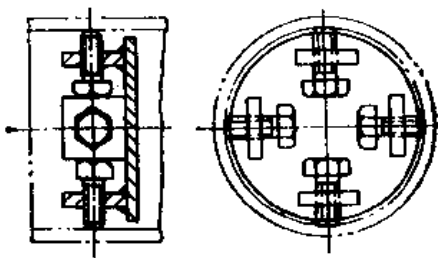


图23-2-21 钢塞

把打好砂的管子用白铅油划出起弯点,弧长及弯头中心线后,放入炉中加热。

管子加热,一般采用地炉,用焦炭或木炭作燃料,有条件的亦可采用天然气和煤气作燃料,不宜用煤,因为烧煤加热管子,易引起局部过热,且煤中含硫量大,会损坏管子。

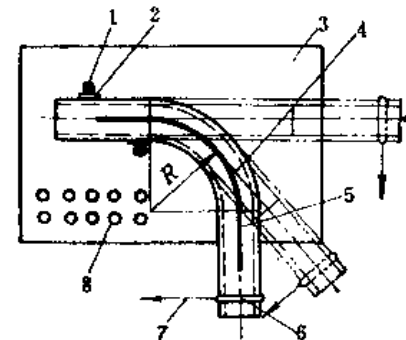
碳素钢管一般加热到950~1000℃的温度,管面的氧化层(轧制钢管时形成的保护层)成蛇皮状

并开始剥落时,即表明管内砂子已经热透,可以开始弯管。弯头最好一次加热后弯成,如管壁温度在弯曲角尚未弯成,而温度降至700℃以下时,则应重新加热。管壁温度可由表23-2-27所列的管壁发光颜色来判定。

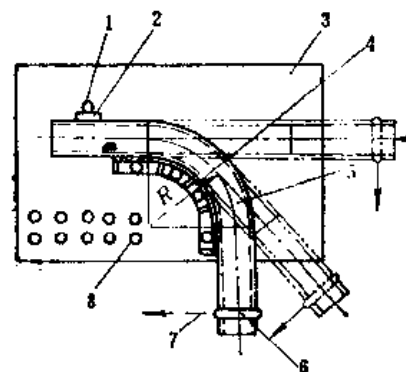
表23-2-27 管子加热时的发光颜色

温度(℃)	550	650	700	800	900	1000	1100
发光颜色	微红	深红	樱红	浅红	深橙	橙黄	浅黄

手动弯管工作一般在弯管平台上进行,如图23-2-22所示。将烧红的管子一端卡稳在弯管平台两个固定销之间,扳动管子自由端进行弯曲,公称直径100mm以下的管子,可用大管套着自由端用手工弯管。较大直径的管子则用钢丝绳缚牢自由端,用卷扬机匀速缓慢拉动钢丝绳而使管子弯曲。采用卷扬机拉动时,钢丝绳与管子的夹角应保持90°左右(一般用导向滑轮控制在90°±15°范围内)。



a)



b)

图23-2-22 弯管平台上手动弯管

a) 应用样杆弯管 b) 应用样板弯管

1—挡管桩 2—垫片 3—弯管平台 4—管子
5—样杆 6—夹箍 7—钢丝绳 8—圆孔

表23-2-28 热弯弯管的椭圆度、凸凹不平度、弯曲半径允许偏差

公称口径(mm)	<50	50	65	80	100	12.5	150	200	250	300	350	400
椭圆度(mm)	2	3	4	4	6	8	8	14	16	18	24	24
凸凹不平度(mm)	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8	8
弯曲半径R(mm)	±5	±5	±8	±8	±10	±10	±15	±200	±40	±50	±60	±80

注：椭圆度指弯管中部同一截面最大外径与最小外径之差。

当一管段已弯曲到所要求的弯曲角度时，碳素钢管随即可用冷水浇冷该部分，继续弯曲其余部分，直到与样板完全相符为止。由于钢管冷却时自行弯回 $3^{\circ}\sim 5^{\circ}$ ，故在弯管时应比样板多弯 $3^{\circ}\sim 5^{\circ}$ 。

在弯管过程中，如发现管子椭圆度过大、鼓包或出现较大折皱，应立即停止弯曲，并趁热用锤子修整。

弯头弯成后，应趁热在弯曲部分涂以矿物油，以防锈蚀。

弯制好的弯头应进行质量检查，外圆弧应均匀、不扭曲，表面不应有裂纹、重皮、麻面等缺陷。弯管的椭圆度、凸凹不平度和弯头弯曲半径的允许偏差列于表23-2-28。

充砂热弯弯头弯制时可能出现的各种缺陷及原因列于表23-2-29。

2) 机械热弯 机械热弯可分三类：弯头整体加热后在通用弯管机或压力机上弯曲，如热推弯头、压制弯头等，一般由专门的生产厂家生产；在中频感应加热弯管机上弯曲；在火焰加热弯管机上弯曲。

中频感应加热弯管和火焰加热弯管就是连续不断地弯曲一小段置于中频感应圈内或火焰加热区内的管子。这两种方法原理基本相同，所不同的是加热源。一是中频感应加热圈，一是氧乙炔火焰，根据弯管的受力形式分为拉弯和推弯两种，如图23-2-23所示。

中频感应弯管特点是：

- ① 中频感应弯管机结构简单、电动机功率小。
- ② 不需要弯管模具，对不同直径的管子只要配置一套感应圈即可，对不同的弯曲半径仅改变机床旋转中心至管子的垂直距离就可满足。
- ③ 加热非常迅速，热效率高，工件表面氧化皮少，可根据管径和壁厚选择最佳的加热和弯管规范。所以能特别适用于弯制小批量、大口径、非标准弯曲半径的弯头。

表23-2-29 弯管缺陷及原因

缺陷	产生缺陷原因
折皱凸凹不平度过大	① 加热不均匀或浇水不当，使内侧温度过高 ② 弯曲时施力角度与钢管不垂直 ③ 施力不均匀，有冲击现象 ④ 管壁过薄 ⑤ 充砂不实，有空隙
椭圆度过大	① 弯曲半径太小 ② 充砂不实
弯管的角度的不符合要求	① 弯尺样杆的角度不准 ② 角度的测量是在管子受力的情况下测量的力除掉后回伸 ③ 管子成型后，由于碰撞而使角度改变 ④ 弯管胎模不合适
弯管的几何尺寸不准确	① 下料划线或计算有误差 ② 弯管胎模不合适 ③ 弯曲半径与计算的不一致，大了或小了 ④ 下火长度与计算不一致 ⑤ 测量方法不对
裂纹或分层	① 钢管材质不合格 ② 加热燃料中含硫量大 ③ 浇水冷却太快，或气温太低 ④ 在炉内放的时间太长，产生了渗碳现象

④ 弯管质量好，椭圆度一般均 $\leq 5\%$ 。

⑤ 初次投资量大，中频感应机耗电量大。

⑥ 弯头外侧壁厚减薄量较大，当相对弯曲半径（等于弯曲半径与管径之比）为1.5时达25%左右。

火焰加热弯管的特点是：

① 设备简单、制造方便、成本低、耗电小维修容易。

② 不用弯管模具，对不同直径的管子只要配制一套加热圈就行，不同弯曲半径仅改变管子夹头

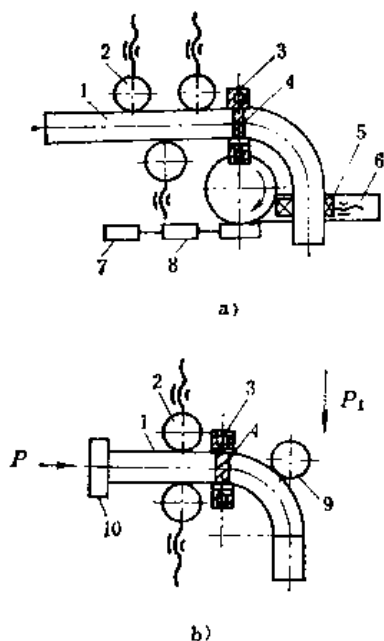


图23-2-23 中频弯管和火焰弯管示意图

a) 拉弯 b) 推弯

- 1—管子 2—支撑滚轮 3—加热圈 4—加热区
- 5—夹头 6—转臂 7—减速机 8—电动机
- 9—推力轮 10—推力挡板

与旋转中心的距离就可满足，适用于弯制小批量，非标准弯曲半径的弯头。

③ 质量好，椭圆度一般均小于5%，但外壁减薄量较大，当相对弯曲半径为1.5时，达25%左右。

④ 采用火焰加热，温度较难控制稳定。

(4) 折皱弯头 折皱弯头如图23-2-24所示。可用于公称通径100~600mm、工作压力不超过2.5MPa的饱和蒸汽、热水、给水、压缩空气以及含硫量较低的天然气等没有沉淀介质的管道上。

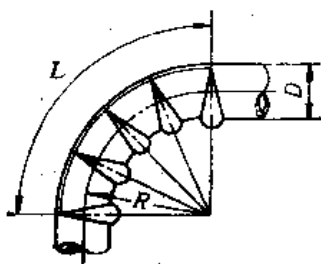


图23-2-24 折皱弯头

折皱弯头的弯曲半径取公称通径的2.5~4倍。

折皱弯头一般用无缝钢管制作，如用有缝管制作时，应将焊缝放在弯头背部。

折皱弯头是用氧炔焰管嘴对管子进行局部加热后弯曲折皱而成，其凸出高度为管壁厚度的5~6倍，每加热一处弯一个折皱，弯好的折皱用水冷却后再弯制另一个折皱，弯头弯好后需涂一层矿物油以防锈蚀。

折皱弯头各部画线尺寸按如下公式确定：

外圆弧展开长度 L (mm)

$$L = \frac{1}{2} \pi \left(R + \frac{D}{2} \right)$$

弯头背部不加热部位的宽度 S (mm)

$$S = \left(\frac{1}{6} \sim \frac{1}{9} \right) \pi D_N$$

折皱间距 a (mm)

$$a = \frac{L}{n - 1}$$

式中 R —— 弯曲半径 (mm)；

D —— 管子外径 (mm)；

D_N —— 管子公称通径 (mm)；

n —— 折皱数。

表23-2-30 列出公称通径100~600mm 管子常用的弯曲半径下，折皱弯头各部的划线尺寸。

折皱弯头的划线如图32-2-25所示，(a)为折皱弯头的弯背，(b)为折皱弯头的弯内。

(5) 焊接弯头 焊接弯头可用于输送工作压力在2.5MPa以下，温度在低于300℃介质的管道上。焊接弯头的弯曲半径一般为1.5D，最小为1.0D。焊接弯头的组成形式如图23-2-26所示。

焊接弯头是由若干节带有斜截面的直管段焊接而成。每个弯头有两个端节和若干个中间节两端带

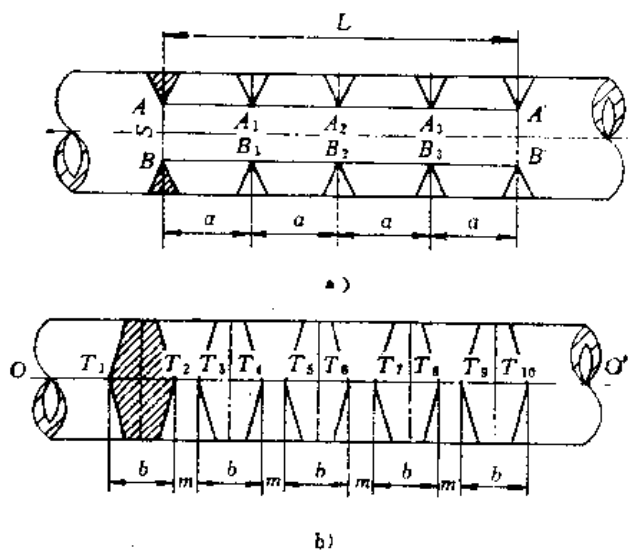


图23-2-25 折皱弯头的划线

表23-2-30 折皱弯头划线尺寸

公称直径 D_N	管子外径 D	弯曲半径 R	折距尺寸 a	外圆弧长度 (取整数) L	折皱数 n	加热部分 最大宽度 b	不加热部分 最小宽度 m	非加热区 宽度 S
		(mm)			(个)	(mm)		
$R = 2.5D_N$								
100	108	250	117	470	5	89	28	50
125	133	312	120	600	6	92	28	65
150	159	375	143	715	6	111	32	80
200	219	500	192	960	6	150	42	105
250	273	625	240	1200	6	191	49	130
300	325	750	238	1430	7	186	52	160
350	377	875	239	1670	8	183	56	190
400	426	1000	271	1900	8	208	63	210
450	480	1125	268	2140	9	205	63	240
500	530	1250	265	2380	10	202	63	260
600	630	1500	285	2850	11	215	70	320
$R = 3D_N$								
100	108	300	92	550	7	64	28	50
125	133	375	117	700	7	89	28	65
150	159	450	139	830	7	106	32	80
200	219	600	184	1100	7	142	42	105
250	273	750	199	1395	8	150	49	130
300	325	900	209	1670	9	153	56	160
350	377	1050	216	1945	10	160	56	190
400	426	1200	247	2220	10	184	63	210
450	480	1350	250	2500	11	187	63	240
500	530	1500	252	2770	12	189	63	260
600	630	1800	277	3320	13	207	70	320
$R = 3.5D_N$								
100	108	350	91	635	8	63	28	50
125	133	440	99	795	9	71	28	65
150	159	525	119	950	9	87	32	80
200	219	700	159	1270	9	117	42	105
250	273	875	199	1590	9	150	49	130
300	325	1050	191	1905	11	135	56	160
350	377	1225	202	2220	12	146	56	190
400	426	1400	231	2540	12	168	63	210
450	480	1575	237	2845	13	174	63	240
500	530	1750	225	3160	15	162	63	260
600	630	2100	253	3790	16	183	70	320
$R = 4D_N$								
100	108	400	89	710	9	61	28	50
125	133	500	99	890	10	71	28	65
150	159	600	119	1070	10	87	32	80
200	219	800	158	1425	10	116	42	105
250	273	1000	179	1785	11	130	49	130
300	325	1200	195	2140	12	139	56	160
350	377	1400	192	2500	14	136	56	190
400	426	1600	219	2850	14	158	63	210
450	480	1800	228	3200	15	165	63	240
500	530	2000	222	3560	17	159	63	260
600	630	2400	251	4260	18	181	70	320

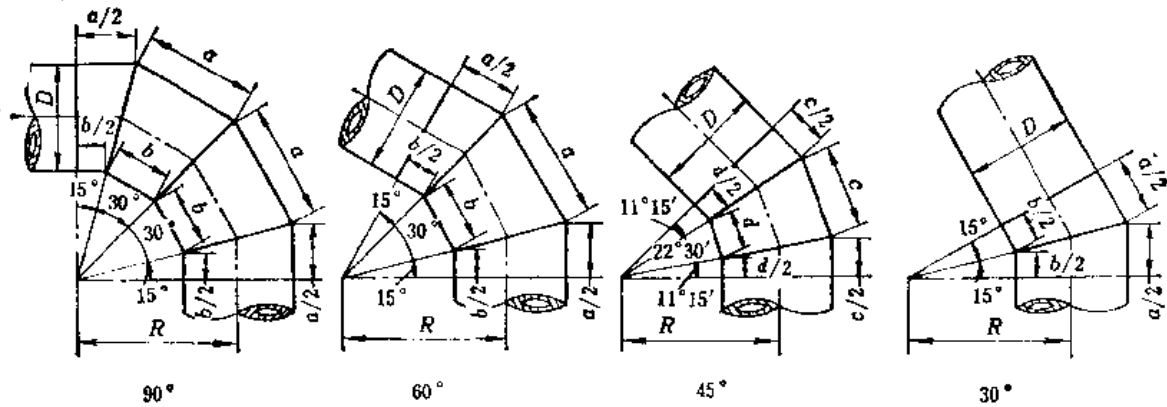


图23-2-26 焊接弯头的组成形式

表23-2-31 焊接弯头的最小节数

弯头角度	节 数	其 中	
		中间节	端 节
90°	4	2	2
60°	3	1	2
45°	3	1	2
30°	2	0	2

斜截面，端节一端带斜截面，长度是中间节的一半，每个弯头的节数不应小于表23-2-31所列的节数。

根据上表所列节数，90°、60°及30°焊接弯头端节背高 $a/2$ 和腹高 $b/2$ 可分别按下式计算：

$$\frac{a}{2} = \text{tg}15^\circ \left(R + \frac{D}{2} \right) \approx 0.268 \left(R + \frac{D}{2} \right)$$

$$\frac{b}{2} = \text{tg}15^\circ \left(R - \frac{D}{2} \right) \approx 0.268 \left(R - \frac{D}{2} \right)$$

45°焊接弯头及采用三个中间节的90°焊接弯

头，端节背高 $c/2$ 和腹高 $d/2$ 分别按下式计算，

$$\frac{c}{2} = \text{tg}11^\circ 15' \left(R + \frac{D}{2} \right) \approx 0.2 \left(R + \frac{D}{2} \right)$$

$$\frac{d}{2} = \text{tg}11^\circ 15' \left(R - \frac{D}{2} \right) \approx 0.2 \left(R - \frac{D}{2} \right)$$

式中 $\frac{a}{2}$ —— 90°、60°及30°弯头端节背高(mm)；

$\frac{b}{2}$ —— 90°、60°及30°弯头端节腹高(mm)；

$c/2$ —— 45°弯头端节背高 (mm)；

$d/2$ —— 45°弯头端节腹高 (mm)；

R —— 弯曲半径 (mm)；

D —— 管子外径 (mm)。

焊接弯头常用下料尺寸列于表23-2-32。

焊接弯头的下料，可用展开图法制作下料样板进行下料，也可直接采用表23-2-33和表23-2-34所列端节半扇形样板尺寸下料。

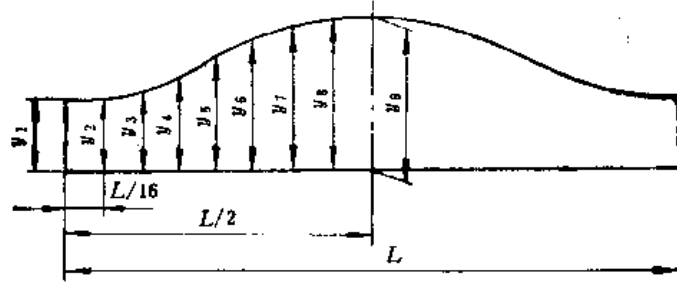
表23-2-32 焊接弯头下料尺寸

(mm)

公称直径 D_N	外 径 D	弯曲半径 $R = 1.5 D_N$	90°、60°、30°				45°			
			a	$a/2$	b	$b/2$	c	$c/2$	d	$d/2$
80	89	120	86	43	40	20	66	33	30	15
100	108	150	108	54	50	25	81	41	38	19
125	133	185	132	66	62	31	100	50	47	24
150	159	225	160	80	76	38	121	61	58	29
200	219	300	216	108	102	51	163	82	76	38
250	273	375	270	135	126	63	204	102	95	48
300	325	450	324	162	152	76	244	122	115	58
350	377	525	378	189	178	89	284	142	134	67
400	426	600	428	214	216	108	324	162	154	77
450	480	675	482	241	230	115	364	182	174	87
500	530	750	516	258	256	128	404	202	193	97
600	630	900	642	321	308	154	484	242	232	126
700	720	1050	742	371	364	182	561	281	276	138
800	820	1200	848	424	416	208	641	321	315	158
900	920	1350	954	477	468	234	721	361	354	177
1000	1020	1500	1058	529	522	281	800	400	394	197

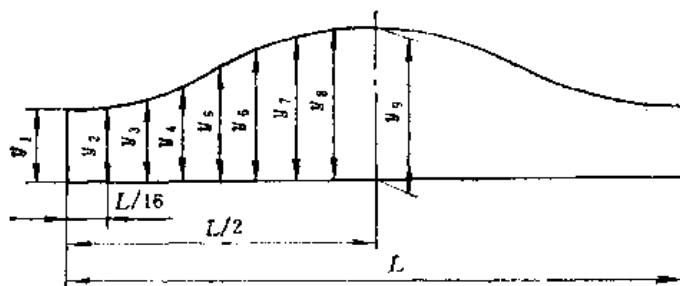
表23-2-33 半径 $R = 1.5D_N$ 端节别线样板尺寸

(mm)



半圆形管段		样 板 尺 寸									
扇形角 ϕ	外 径 D	L	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8	y_9
15°	159	500	39	41	45	52	60	68	75	79	81
	219	688	51	53	60	69	80.5	92	101	108	110
	273	858	64	67	75	87	100.5	114	126	134	137
	325	1021	77	80	90	104	120.5	137	151	161	164
	377	1184	90	94	105	121	140.5	160	176	187	191
	426	1338	104	108.5	121	139	161	183	201	213.5	218
	480	1508	117	122	136	157	181	205	226	240	245
	530	1666	130	135.5	151	174	201	228	251	266.5	272
	630	1979	157	163.5	182	209	241.5	274	301	319.5	326
	720	2262	185	192	213	245	281.5	318	350	371	378
	820	2576	219	220	244	280	321.5	363	399	423	431
	920	2890	239	248	275	315	362	409	449	476	485
1020	3204	265	275.5	305	349	402	455	499	528.5	539	
22°30'	159	500	60	62.5	70	80	93	106	116	123.5	126
	219	688	79	83	92	107	124.5	142	157	166	170
	273	858	99	103	116	134	155.5	177	195	208	212
	325	1021	119	124	139	161	186.5	212	234	249	254
	377	1184	139	145	162	187	217.5	248	273	290	296
	426	1338	160	167	186	214	248.5	283	311	330	337
	480	1508	180	188	209	241	279.5	318	350	371	379
	530	1666	201	209	233	269	310.5	352	388	412	420
	630	1979	242	252	280	323	372.5	422	465	493	503
	720	2262	286	297	330	378	435	492	540	573	584
	820	2576	327	340	377	432	497	562	617	654	667
	920	2890	369	384	425	487	559.5	632	694	735	750
1020	3204	410	426	472	540	621.5	703	771	817	833	

表23-2-34 半径 $R = D_N$ 半扇形管段划线样板尺寸 (mm)



半扇形管段		样 板 尺 寸									
扇形角 ϕ	外 径 D	L	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8	y_9
15°	530	1665	63	68.5	84	107	134	161	184	199.5	205
	630	1979	76	82.5	101	128	160.5	193	200	238.5	245
	720	2262	91	98	119	151	187.5	224	256	277	284
	820	2576	105	113	137	173	214.5	256	292	316	324
	920	2890	118	127.5	154	194	241	288	328	354.5	364
	1020	3204	131	141	171	215	268	321	365	395	405
22°30'	530	1665	97	105	129	165	207	249	285	309	317
	630	1979	118	128	156	199	248.5	299	341	369	379
	720	2262	141	152	185	233	290	347	395	423	439
	820	2579	162	175	212	267	331.5	396	451	488	501
	920	2890	182	197	238	300	372.5	445	507	548	563
	1020	3204	203	219	265	333	414	495	563	609	625

2. 三通制作

三通的制作, 是用展开法放出样板, 在管子上画出切割线, 切割对焊而成。

三通放样按以下步骤进行:

(1) 求接合线

1) 画三通的正面图和侧面图。

2) 分别通过两个投影图于小管面画半圆并六等分, 等分点的编号如图23-2-27 I, II所示。

3) 通过等分点分别向大管引垂线。

4) 在侧面图中, 由垂线与大管的相交点向左引水平线和正面图相对应垂线相交, 以曲线连接相交点即为二管的接合线。

(2) 画支管展开图

1) 由II图的小管4-4线引延长线AB, 其长度等于小管圆周展开长度, 并十二等分, 其相应各点编号如图23-2-27 III所示。

2) 由各等分点引垂线与接合线各点向左所引水平线对应交点连成直线, 即为直管的展开图。

(3) 画主管展开图

1) 从I图主管E、F点引延长线CD、C'D'。

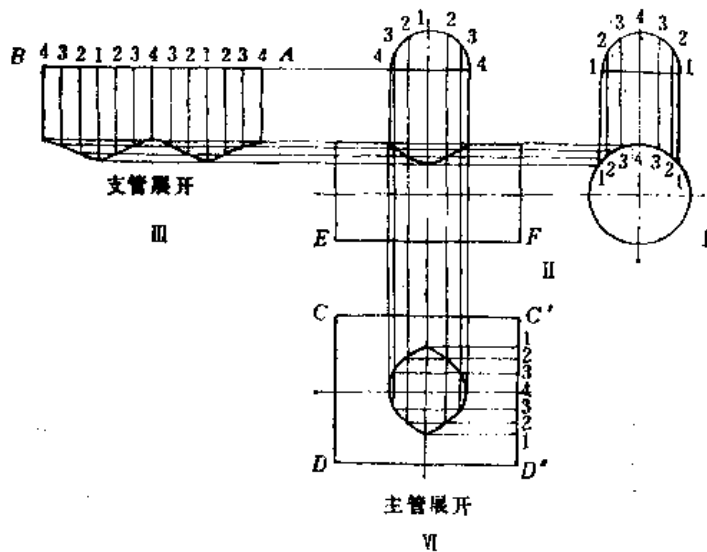


图23-2-27 三通展开图

并使 EC 和 FC' 的距离相等，其长为大大圆周长的一半。

2) 连接 CC' 和 DD' 两点。

3) 在 $C'D'$ 中点 A ，上下取 1-2、2-3、3-4 分别等于侧面图主管圆周 1-2、2-3、3-4 弧长，通过这些点引平行线与 I 图的垂线相交，以曲线连接相交点即为主管展开图。

焊接三通支管样板尺寸亦可直接查表，等径三通支管样板尺寸列于表 23-2-35，异径三通支管样板尺寸列于表 23-2-36。

3. 异径管制作

异径管为焊接管道上变更管径的管件，一般有同心和偏心两种。异径管有用钢板卷制、钢管焊制及钢管棒制三种方式。

(1) 钢板卷制 用钢板卷制成的异径管样板制作方法：

- 1) 画出异径管的立面图，如图 23-2-28 I。
- 2) 延长斜边 ab 及 cd 相交于 O 点。

3) 以 Oa 及 Ob 为半径，画圆弧 aE 及 bF ，分别为大头及小头的圆周长，连接 a 、 b 及 E 、 F 点，即为如图 23-2-28 II 异径管展开图。

异径管变径差很小，斜边的相交点很远，制作样板时，很难得到顶点的异径管，用上述方法展开不方便时，可采用近似法画出样板：

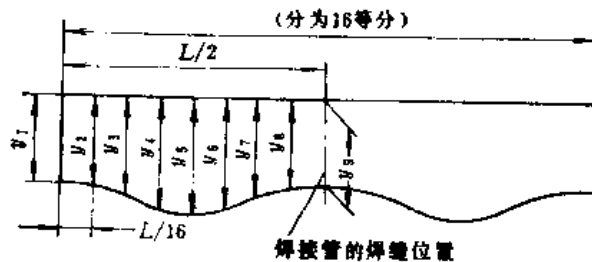
- 1) 画出如图 23-2-29 I 样的异径管立面图。
- 2) 分别以 AB 及 cd 为直径，画半圆并六等分。
- 3) 以 a 弦长为顶， b 弦长为底， AC 长为高，作成梯形样板，如图 23-2-29 II。

4) 用梯形的小样板，以十二份拼齐连成后，总长用圆周长复查，防止划线产生的误差，经复查修整后，就是异径管的展开图。

钢板卷制偏心异径管样板制作较为复杂，方法如下：

- 1) 画偏心异径管立面图，如图 23-2-30 I。
- 2) 延 7-A 及 1-B 线相交于 O 点。

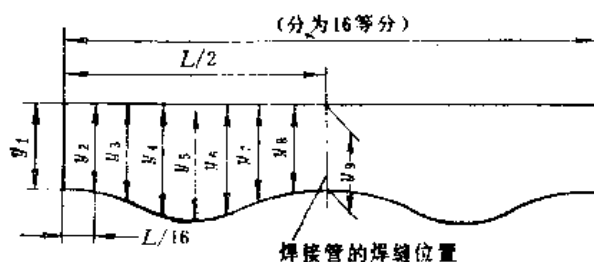
表 23-2-35 焊接等径三通支管样板尺寸 (mm)



$D \times S$	L	$y_1 = y_9$	$y_2 = y_8$	$y_3 = y_7$	$y_4 = y_6$	y_5
57 × 6	179	101.5	103	106.5	110.5	112.5
76 × 6	239	117	119	124.5	131	134.5
89 × 6	280	115.5	118	125	134	138
108 × 7	339	131	134	142.5	153	158.5
133 × 7	418	138.5	142.5	153.5	167.5	175
159 × 8	500	140.5	145.5	158.5	175.5	185.5
219 × 10	688	145.5	152	171	195.5	209
273 × 11	858	168.5	177	201	233	251
325 × 14	1012	167.5	178	206	249	264
377 × 16	1184	186.5	193.5	231.5	274.5	299
426 × 9	1338	192	207	248.5	306	344
529 × 9	1662	225.5	244.5	297	370.5	421.5
630 × 9	1979	240	262.5	326	416	480
720 × 9	2262	240	266	339	444	520
820 × 9	2576	260	290	374	494.5	584.5
920 × 9	2890	260	293.5	388.5	525	629.5
1020 × 10	3203	280	317	422.5	574	689.5

表23-2-36 焊接异径三通支管划线样板尺寸

(mm)



$D \times S \times D'$	L	$y_1 = y_9$	$y_2 = y_8$	$y_3 = y_7$	$y_4 = y_6$	y_5
57 × 6 × 76	179	117	118	120.5	123	124.5
57 × 6 × 89	179	115.5	116.5	118.5	121	123
76 × 6 × 89	239	115.5	117	122	127	129
85 × 6 × 108	280	116	118	123.5	129.5	132
89 × 6 × 133	280	113.5	115	119	124	126
108 × 7 × 133	339	133.5	136	142.5	149.5	153
133 × 7 × 159	418	140.5	144	152.5	162.5	167.5
168 × 7 × 194	339	133	135	139	143	145
133 × 7 × 194	418	143	146	152.5	160	163.5
159 × 7 × 194	500	143	147	157.5	170	175.5
133 × 7 × 219	418	140.5	143	149	155.5	158
157 × 7 × 219	500	140.5	144	153.5	163.5	168
194 × 8 × 219	610	140.5	146	160.5	177.5	186.5
133 × 7 × 273	418	143.5	145.5	150	155	157
159 × 7 × 273	500	143.5	146.5	153.5	161	164.5
219 × 9 × 273	688	143.5	149	163.5	180	187.5
159 × 7 × 325	500	147.5	150	156	162	164.5
219 × 9 × 325	688	167.5	172	184	196.5	202.5
273 × 9 × 325	835	167.5	175	195	218	229
219 × 9 × 377	688	151.5	155.5	165.5	176	180.5
273 × 9 × 377	858	171.5	178	194.5	213	221
325 × 10 × 377	1021	171.5	181	205.5	234.5	249
219 × 9 × 426	688	147	150.5	159	168.5	172.5
273 × 9 × 426	858	167	172.5	187	202.5	209.5
325 × 9 × 426	1021	167	175	197	221	232.5
377 × 9 × 426	1184	187	198.5	229	266.5	285.5
273 × 9 × 530	858	165	169.5	181	192.5	197.5
325 × 9 × 530	1021	165	171	186	206	214
377 × 9 × 530	1184	185	194	217.5	243.5	255
426 × 10 × 530	1338	205	216.5	247.5	282	299.5
325 × 9 × 630	1021	165	170.5	184.5	199	205
377 × 9 × 630	1184	195	202.5	222	242	251
426 × 9 × 630	1338	195	205	230	257.5	270
529 × 9 × 630	1662	225	241	282	331.5	356

(续)

$D \times S \times D'$	L	$y_1 = y_0$	$y_2 = y_0$	$y_3 = y_1$	$y_4 = y_0$	y_5
377 × 9 × 720	1184	190	196.5	213.5	230.5	238
426 × 9 × 720	1338	190	198.5	220	243	253.5
529 × 9 × 720	1662	240	253.5	289	328	346.5
630 × 9 × 720	1979	240	259.5	312.5	377	410.5
426 × 9 × 820	1338	190	197.5	216	236	244.5
529 × 9 × 820	1662	235	237	267	304	314.5

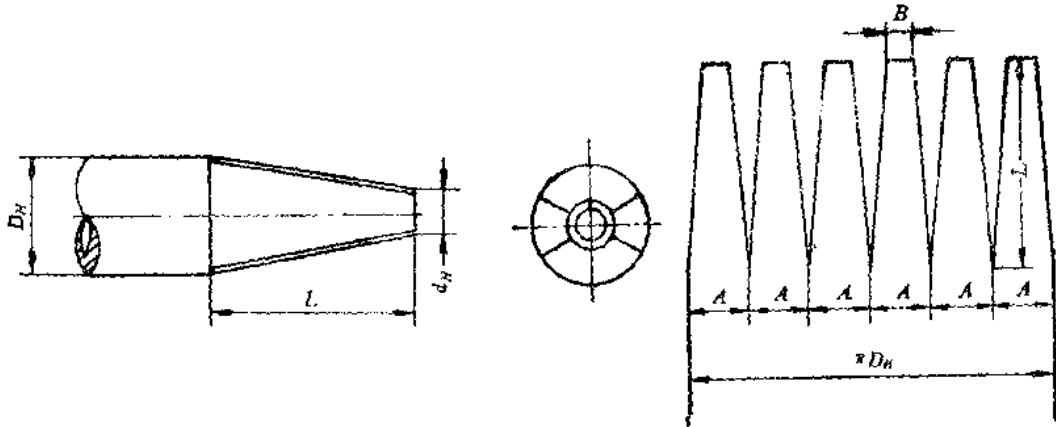


图23-2-31 焊制同心异径管

7'为中心，以半圆等分弧为半径，顺次画圆弧相交于6'、5'、4'、3'、2'、1'各点（图23-2-30Ⅱ）。

8) 以O点为圆心，O—A、O—6'……OB为半径，分别画圆弧顺次相交O—7'、O—6'……O—1'半径线上，以曲线板连接各点即为偏心异径管的展开图。

(2) 钢管焊制 同心异径管形状及下料展开图如图23-2-31所示。图中A、B及L的尺寸(mm)按下式确定：

$$A = \frac{\pi D_H}{n} \quad B = \frac{\pi d_H}{n}$$

$$L = 3 \sim 4 (D_H - d_H)$$

式中 D_H ——管子大头外径 (mm)；

d_H ——管子小头外径 (mm)；

n ——分瓣数。对于管径50~100mm的管子， $n = 4 \sim 6$ ，对于100~400mm

的管子， $n = 6 \sim 8$ ，

焊制偏心异径管形状及下料展开图，如图23-2-32所示。图中A、B、C、D、E的尺寸(mm)按下式确定：

$$A = \frac{\pi}{8} d_H \quad B = \frac{3}{12} \Delta L \quad C = \frac{2}{12} \Delta L$$

$$D = \frac{1}{12} \Delta L \quad E = 2 (D_H - d_H)$$

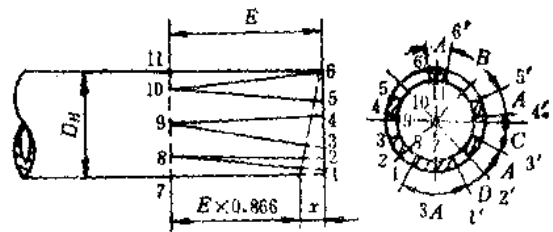


图23-2-32 焊制偏心异径管下料图

表23-2-37 焊制偏心异径管下料尺寸

(mm)

公称通径		管子外径		ΔL	A	B	C	D	E	x
D_N	D_{N1}	D	D_1							
150	100	159	108	160	42	40	26.7	13.8	102	13.7
	125		133	82	52	30.5	13.7	6.7	52	7
200	125	219	133	278	52	67.5	45.1	22.5	172	23
	150		159	189	82.5	47	31.6	15.7	120	16
250	150	273	159	359	62.5	90	60	30	224	30
	200		219	170	86	42.5	28.4	14.2	108	14.5
300	200	325	219	333	86	83	55.6	27.7	212	28.4
	250		273	163	107	41	27.2	13.6	104	14
350	250	377	273	326	107	85.5	54.4	27.2	208	27.9
	300		325	163	128	41	27.2	13.6	104	14
400	300	426	325	317	128	79	53	26.4	202	27
	400		377	154	148	38.5	24.7	12.8	98	13.1

式中 ΔL ——大小管圆周长之差 (mm)。

焊制偏心异径管下料尺寸列于表23-2-37。

(3) 钢管摔制 变径不大、管壁较薄的异径管可用摔制制成。

1) 摔管加热温度约为800~950℃。

2) 摔同心异径管时, 边锤击边转动管子由大到小, 管面圆弧均匀过渡。

3) 摔偏心异径管时, 管下壁不应加热, 摔制时, 应左右转动, 使其过渡圆滑。

4) 变径过渡部分的长度, 一般 $< D_H$ 。

第3节 铸铁管的修理

(一) 铸铁管的切断

铸铁管的切断方法有下列四种:

1) 凿子截管法 将管子架起, 使之固定, 再用凿子沿切断线进行凿切, 凿出沟槽后, 用锤敲击将管子截断。凿切时用力要均匀以免管壁震裂。

2) 锯断法 采用锯齿的宽度随管壁厚度而不同, 一般以1mm为合适。锯管时, 要随时注意截面是否垂直于中心线。这种方法的特点是速度慢, 且要求技术熟练, 多用于带水操作。

3) 氧炔焰割管法 氧炔焰切割是利用氧气和乙炔燃烧所产生的高温热能, 使被切割的金属在高温下溶化, 产生氧化铁溶渣, 然后用高压氧气流把溶渣吹离金属, 管子被切断。这种方法的优点是操作简便, 速度快, 劳动强度低。缺点是切口不如凿切和锯切平直整齐。

4) 导爆索切割法 该法使用导爆索缠绕于铸铁管的被切断处, 然后用雷管、导火线引爆, 利用爆破力将管子切断, 其使用材料和方法如下:

① 工具和材料: 导爆索、普通雷管、导火线、黑胶布、电工刀等。

② 操作方法:

a. 将要切割的铸铁管外皮污垢擦净, 用方木垫起管身, 不得滚动。

b. 在管体切割处预放一条长为200mm的胶布带。

c. 以黑胶布带为起点, 用导爆索沿管体周围缠圈。









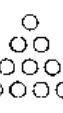

d. 根据不同管径缠完规定的圈数后, 用预放的胶布带包扎好, 再与雷管及导火线相连, 然后引

爆切割。

导爆索切割法的优点是: 操作简便, 速度快, 劳动强度小, 工效高。并可在管内有积水或沟内有地下水的情况下照常施工。但目前存在下述缺点: ①爆破声大, 冲击波较强, 使用时受地区条件的限制。②技术要求严格, 若操作不慎, 易发生切口裂纹或其他事故。③爆破索等用具不易购买。

导爆索缠绕方法及用量列于表23-3-1。

表23-3-1 导爆索缠绕方法及用量

公称通径 (mm)	管子壁厚 (mm)	缠绕 圈数	缠 线 法		导爆索 用 量 (m)
			分 层	图 示	
200	9.4	4	2、2		2.9
250	9.8	5	2、2、1		4.5
300	10.2	5	2、2、1		5.3
400	11.0	5	2、2、1		7.2
450	11.5	6	3、2、1		9.2
500	12.0	6	3、2、1		10.5
600	13.0	6	3、2、1		12.2
700	13.8	6	3、2、1		14.5
800	14.8	10	4、3、2、1		25.6
900	15.5	10	4、3、2、1		30

(二) 铸铁管的基础处理及防动措施

1. 常用的基础

铸铁管敷设常用的基础、砂基础和混凝土基础。

1) 天然基础 当土壤性质较好, 即除沼泽地、岩石地和流砂以外, 都可用沟槽底部的土直接作为管道的天然基础。但必须使管道的下部紧贴在未经

破坏的原土上。因此,人工开槽时,干燥土壤应比设计标高少挖5~8cm;含水土壤或机械开槽时,则应少挖15~20cm。直到铺设管道时,才允许挖到设计标高,以保证槽底土壤不受破坏。

2) 砂基础 沟槽地基为岩石、半岩石或砾石时,敷设铸铁管一般可铺砂作为基础,厚度为10~15cm。砂基础应采用不含草根等杂物的粗、中砂。并应分层洒水夯实。

3) 混凝土基础 在沟底为饱和水土壤中敷设铸铁管道时,应用厚度为10~15cm的碎石作为垫层,上部浇灌混凝土做管道基础图23-3-1。

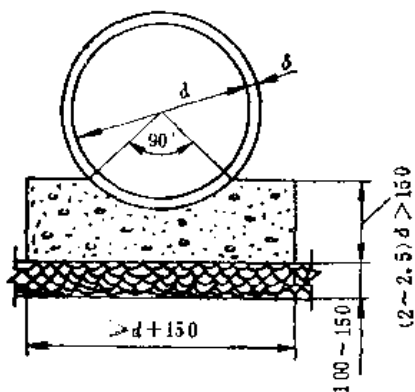


图23-3-1 混凝土基础(混凝土标号应不小于100号)

2. 基础处理

在松土上敷设铸铁管时,一般采用架桩处理。每间隔2m左右打一桩,其上铺设木板,再将管道敷设在木板上。

在流砂和不稳定的沼泽地中敷设铸铁管时,需用特建的基础将土壤加固,使地基稳定,或采用木桩处理。

此外尚须注意,如果天然基础被破坏,或被地面水所浸泡,则应将此部分土壤挖掉,再铺垫砂石,以保证其坚固性。

3. 管道防动措施

管道在拐弯时,产生向外推的分力,这个分力会引起管道接口松动,甚至脱开。为防止上述情况产生,在管道适当部位需加设混凝土或砖砌支墩(防动座),以抵销推力。管道支墩不应修建在松土上,其背后应紧密同原土接触。如无条件靠紧原土,则应采取的措施,保证支墩在受力的情况下,不致破坏管道接口。

(三) 铸铁管的连接

1. 承插连接

承插铸铁管最早采用青铅接口,由于造价贵,消耗大量有色金属,早已被石棉水泥接口所取代,目前除在特殊情况下使用外,一般很少采用。石棉水泥接口打口时,劳动强度大、效率低。近几年来一些单位进行了新的接口材料的试验,大多数是利

表23-3-2 各种接口的优缺点及适用条件

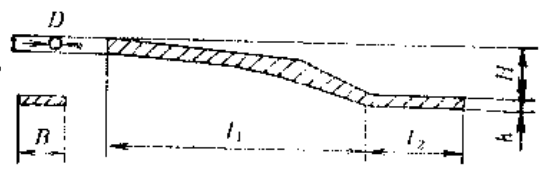
接口材料	优缺点	适用条件
青铅接口	1. 刚性及耐震性能较好 2. 不需养护、施工完后即可通水 3. 造价高、青铅用量大	1. 穿越铁路、河谷及其他震动较大的地方 2. 用于抢修
油麻石棉水泥接口	1. 有一定的耐震性及抗轻微的挠曲 2. 造价较青铅低 3. 打口劳动强度大,操作较麻烦	1. 应用比较广泛,一般地基均可采用 2. 震动不大的地方
自应力水泥砂浆接口	1. 快硬、早强、造价低 2. 操作简单 3. 刚性及耐震性能较差 4. 抗碱性较差 5. 填口时对手上皮肤有刺激	1. 同石棉水泥接口 2. 遇有土质松软,基础较差的地区最好仍用石棉水泥接口
石膏水泥接口	1. 材料易解决,成本低 2. 操作简单,劳动强度低 3. 操作时对手上皮肤有刺激	1. 同石棉水泥接口 2. 气温低于5℃或管内水经常自接口流出时,不能使用此种接口
银粉水泥接口	1. 操作简单、工效高 2. 成本比石棉水泥接口降低45% 3. 可以承受较高的水压	同石棉水泥接口
楔形橡胶圈抗震接口	1. 操作简便 2. 弹性接口,抗震动 3. 接口材料,要求严格	地基条件较差、易震动的地方

用接口材料的膨胀达到密封接口的目的，摆脱了繁重的打口工序，提高了工效。其中较为成熟的有：自应力水泥接口、石膏水泥接口、银粉水泥接口等。各种接口的优缺点及适用条件见表23-3-2。

1) 接口阻水材料 目前均采用油麻(自应力水泥砂浆接口还可用胶圈或草绳)。油麻是用线麻在5%的3号或4号石油沥青和95%的2号汽油的混合液体里浸透晾干做成。

2) 打口工具 打口采用的工具为麻凿及灰凿，其规格尺寸列于表23-3-3。

表23-3-3 麻凿及灰凿的尺寸表



尺寸 (mm)	麻 凿	灰 凿		
		1 号	2 号	3 号
D	19	19	19	19
l ₁	180	180	180	180
l ₂	120	50	80	90
B	45	60	60	60
a	6	11	8	5
H	85	70	75	85

注：适用于管径 d = 75~500mm 的铸铁管。

3) 打麻 将麻拧成比管口间隙大1.5倍，比管子外圆长10~15cm的结实麻辫，分两圈填入打实(当锤击时发出金属声，捻凿被弹回，表明麻已被打实)。打入的操作程序见表23-3-4。

表23-3-4 打麻顺序表

圈 次	第一圈		第二圈		
	1	2	1	2	3
遍次	1	2	1	2	3
击数	2	1	2	2	1
打法	挑打	挑打	挑打	贴外打	平打

(1) 青铅接口

1) 需用工具 卡箍或石棉绳、熔铅锅等。

2) 操作程序 麻打好后，将管口用卡箍严密围住，卡箍与管壁间的接触处用湿粘泥封好，以防漏铅。卡箍亦可用石棉绳代替，其方法是先将接口用石棉绳固紧，绳的两端用金属钳子向上夹起，使

其间形成灌铅口。

将纯度99%以上的铅熔至紫红色，除去铅皮等杂质，徐徐倒入卡箍浇口，空气则由另一端被挤压排出。承口与插口之间不得有泥土或水(因熔解的铅遇水则爆炸)。

待铅凝固后，再待1~5min，即可拆去卡箍，然后用钢钻在接口表面打紧。

在水中做铅接口时，一般采用冷铅法，即将扁铅、铅条或铅丝分层填塞接口并打紧。

铅接口尺寸及主要材料用量见表23-3-5。

表23-3-5 铅接口尺寸及主要材料用量

公称口径 (mm)	承口 长度 (mm)	灌铅 深度 a (mm)	塞麻 深度 b (mm)	环 形 空 隙 宽 度 h (mm)	每个接口的铅麻 用量 (kg)	
					青 铅	油 麻
75	75	50	25	9	2.24	0.106
100	80	50	30	9	2.86	0.138
150	85	50	35	9	4.11	0.200
200	85	50	35	10	5.30	0.252
250	90	50	40	10	7.56	0.366
300	95	50	45	10	8.89	0.432

(2) 石棉水泥接口

1) 石棉水泥材料的配合比 石棉和水泥的比例为3:7(重量比)。搅拌均匀后，加入二者总重量的10%~15%的水，揉成潮润状态，能以手捏成团而不松散为止。

2) 对材料质量的要求 油麻在使用之前应进行消毒，以防止细菌进入给水管道，影响水质。石棉的棉号应大于或等于4级。水泥标号应大于或等于400号。一般采用硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥。后者抗腐性能较好，但硬化较慢。如遇有腐蚀性地下水时，则不宜用硅酸盐水泥接口，而应采用火山灰水泥。

3) 捻口操作 石棉水泥一般要分层打实，每层厚度以不超过10mm为宜。管径 d < 300mm 时采用“三填六打”法，即每填一层灰打实两遍，共填三次。管径 d > 350mm 时，则采用“四填八打”法。“四填八打”法的打灰程序如下：

第一次填灰用3号灰凿打实，第二次及第三次填灰用2号灰凿打实，第四次填灰用1号灰凿轻打找平，最后至表面光滑呈黑色为止。打灰质量检查方法，是用2号灰凿在灰口表面任一点用力敲打两下，如果灰不向里移动，并发出金属声，即可认为

合格。

4) 接口养护 石棉水泥由用水搅拌到填口的时间不应超过1h。一种养护方法是在打灰后,用湿粘土抹在接口的外面,并还土到高于管顶50cm,进行养护。另一种方法是在接口处填塞石棉水泥后,立即用草袋、麻袋布、破布或草席等覆盖,湿润24h(每经6~8h浇水一次)。如遇一般地下水时,接口处应涂抹粘土,以防水泥被水冲刷;遇有侵蚀性地下水时,接口处应涂抹沥青防腐层。

气温低于0℃时,用石棉水泥填塞的接口必须在正常温度的湿润环境下养护24h以上,方允许进行水压试验。

为了保证石棉水泥接口低温施工质量,可以在石棉水泥内加入2%~3%氯化钙(CaCl₂)快干剂。

快速通水的石棉水泥接口方法有二:第一种方法是在灰中加入2%的氯化钙,打完灰口后,在接口上涂一层水泥浆,养护25min即可通水。第二种方法是在灰和麻之间打入一层2cm厚沥青和水泥的混合物(其重量比为1:37)。

石棉水泥接口尺寸及材料用量列于表23-3-6。

表23-3-6 石棉水泥接口尺寸及材料用量

公称 口径 (mm)	承口 长度 (mm)	填灰 深度 a (mm)	麻层 深度 b (mm)	环形空 间标准 宽度 h (mm)	每个接口的材料 用量(kg)		
					石棉	水泥	油麻
75	75	45	30	9	0.214	0.610	0.096
100	80	45	35	9	0.247	0.703	0.120
150	85	45	40	9	0.412	1.171	0.190
200	85	45	40	10	0.510	1.440	0.220
250	90	45	45	10	0.563	1.803	0.304
300	95	45	50	10	0.662	1.884	0.356

(3) 自应力水泥砂浆接口

1) 自应力水泥砂浆材料的配合比 主要材料为303号自应力水泥与最大粒径不超过2.5mm的纯净细砂,其配比为:砂:水泥:水=1:1:0.28~0.32(重量比)。拌好后的砂浆和石棉水泥湿度相似。拌好的灰浆要在一小时内用完。冬天施工时,用水须加热,水温保持80℃以上。如没有现成的自应力水泥,则可以在现场配制。自应力水泥的配方是,500号硅酸盐水泥:400号矾土水泥:水石膏=1:0.2:0.2(重量比)。

2) 捻口操作 自应力水泥砂浆分三层填入,

三次捣实,最后一层捣至有稀浆为止,然后抹光表面。

3) 接口养护:用草袋或湿泥封口,及时浇水养护,一天之内不得受碰撞,三天后可试压通水。

(4) 石膏水泥接口

1) 石膏水泥材料的配合比 采用500号硅酸盐水泥、粒度为200目的工业石膏和无水氯化钙(结晶氯化钙加倍),其重量配比为:水泥:石膏:氯化钙:水=10:1:0.5:0.33~0.35。

2) 捻口操作 先将水泥、石膏、氯化钙拌合均匀,抹口前加水(亦可先将氯化钙溶于水)搅拌,用手揉成条状随即填入接口,并用钻子轻轻捣实(不使有气泡空隙),最后将表面抹平或略向里凹入。加水拌合后的填料要求9~10min内用完,否则填料因初凝失效。故填料的搅拌量不宜过多,要随拌随用,一般以一个接口量为宜。

3) 接口养护 用湿泥或草袋盖住管口浇水养护,8h后就可试压。

表23-3-7 酒石酸加入量

管径 (mm)	填口时间 (min)	操作人数	酒石酸加入量 (%)
75~150	3~5	1	0.02
200~300	6~10	1	0.03
350~500	7~13	2	0.05
600~700	15~25	2	0.12

(5) 银粉水泥接口

1) 银粉水泥材料的配比 采用水泥、银粉、工业石膏、石棉绒、酒石酸等材料,其配比为:500号硅酸盐水泥84%,银粉(含银量94%~97%)1%;工业石膏(CaSO₄·2H₂O)11%;石棉绒(4级)4%;酒石酸(CHOHCO₂H)0.01%~0.12%(前四项的总重);水22%~26%(前四项的总重)。

2) 捻口操作 先将干料混合均匀,而后加水搅拌,拌匀后分层填入接口,边填边捣实至填满为止,抹光表面。

3) 接口养护 用草袋覆盖避免阳光暴晒,施工完毕后5~20天即可灌水试压。

(6) 楔形橡胶圈抗震接口 楔形橡胶圈抗震接口是一种新型承插式接口,安装时把具有双斜面的楔形橡胶圈嵌入承口斜槽内,用外力把插口插入承口内,从而把胶圈挤压在接口的环形间隙中,依靠胶圈被挤压的回弹力保持密封,从而增加了接口

密封的可靠性。

这种接口，小口径管道接口的转折角可达 7° ，在烈度为9度的地震区还可以保证安全使用。

2. 法兰连接

铸铁管的法兰连接方法与铜管相同。

第4节 有色金属管的修理

(一) 铜管的修理

铜管常用于深冷工程及热交换设备上。铜管的规格型号见二十二章第二节。

铜管、黄铜管的机械性能和化学成分列于表23-4-1。

铜管在安装前要进行外观检查，铜管的内外表面要求为：

- 1) 纵向划痕深度不大于 0.03mm 。
- 2) 横向的凸出高度或凹入深度不大于 0.35mm 。
- 3) 疤块、碰伤或凹坑，其深度不超过 0.03mm ，面积不超过管子表面积的 0.5% 。

黄铜管的外表面不允许有：针孔、裂缝、环状痕迹、起皮、气泡、夹杂、绿锈和分层。

1. 铜管的调直、切断与煨弯

铜及铜合金管的调直方法与钢管略有不同，调直时用木锤、橡皮锤或木块轻轻敲击，逐段调直。调直用的平台或工作台应铺上木垫板，防止管子表面产生凹坑、划痕或粗糙的痕迹。

铜管的切断可用钢锯、砂轮切割机等。坡口可用锉刀、坡口机等、不得用氧-乙炔焰进行切割和开坡口，夹持铜管的钳口两侧应用木板衬垫，以防夹伤管壁。

铜管弯头制作，应根据材质、管径、设计要求和施工条件等，分别采用热弯、冷弯或冲压弯头等。

黄铜管一般采用热弯，特别是直径大于 100mm 以上黄铜管。煨弯前先用无杂质的干细砂填满管内，用木炭加热，加热温度在 $400\sim 500^\circ\text{C}$ 时进行煨制。煨制时，不允许浇水。

紫铜管一般采用退火后冷弯。将管子填满干细砂，加热到 540°C 立即取出，浇水骤冷，管子变得很软，冷却后即可煨制。

管径较大的铜管可采用虾米腰弯头、冲压弯头。

2. 铜管的连接

铜管的连接方式有螺纹连接、法兰连接和焊接

表23-4-1 铜管、黄铜管的机械性能和化学成分

牌 号	制造方法	机 械 性 能			化 学 成 分 (%)				
		材料状态	抗拉强度 (MPa)	延伸率 (%)	铜	磷	铝	锌	杂质含量总和 (不大于)
			不 大 于						
T2	拉制	硬	300	—	99.90	—	—	—	0.10
T3		软	210	35	99.70	—	—	—	0.30
T4	轧制	硬	250	—	99.50	—	—	—	0.50
TUP	挤制	—	190	35	99.50	0.01~0.14	—	—	0.50
H68	拉制	硬	400	—	67.0~70.0	—	—	余量	0.3
		半硬	350	30					
		软	300	38					
H62	挤制	—	300	38	60.5~63.5	—	—	余量	0.5
	控制	硬	400	—					
		半硬	340	30					
		软	300	38					
HP659-1	挤制	—	400	20	57.0~60.0	—	0.8~1.9	余量	0.75

表23-4-2 黄铜管气焊焊接对口尺寸

简 图	壁 厚 S (mm)	间 隙 a (mm)	钝 边 b (mm)	坡口角度 φ (°)
	1~3	2~3		不开坡口
	4~8	2~4	0.5~1.0	60~75
	9~12	3~5	1.0~2.0	60~75

连接。

(1) 螺纹连接 铜管的螺纹连接与低压流体输送钢管一样, 在大多数情况下, 是带圆锥形外螺纹的管子与圆柱形内螺纹的管件连接, 工作压力较高的铜管螺纹, 须在车床上加工。

(2) 法兰连接 铜管的法兰连接常采用铜管卷边松套钢法兰、平焊铜环松套钢法兰、平焊钢法兰、凸凹面对焊钢法兰等, 法兰规格尺寸详见“HG”或“JB”法兰标准, 铜管卷边松套钢法兰的制作加工方法与铝管卷边松套钢法兰相同。

铜法兰(或铜环)与铜管连接时可采用焊接, 在不承受冲击弯曲负荷的地方可以采用钎焊, 如图23-4-1。

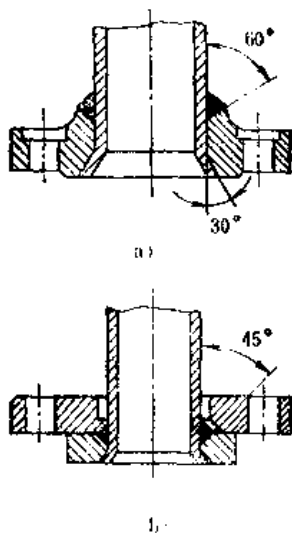


图23-4-1 黄铜法兰(或铜环)与铜管的法兰连接
a) 搭焊铜法兰 b) 铜环松套钢法兰

铜法兰的垫片一般为石棉及橡胶板。

(3) 焊接连接 铜管可以采用气焊、钎焊、手工电弧焊、碳弧焊、氩弧焊、埋弧自动焊等, 较为普遍的为气焊、手工电弧焊、钎焊和手工氩弧焊。

1) 黄铜管的气焊 黄铜管在焊接中, 氧化和

氢的溶解是主要问题, 应采取含有脱氧剂(如磷、硅、锰)的焊丝和能溶解生成溶渣的铜焊粉, 一般要求如下:

① 黄铜的导热性好, 较大的管口在施焊前要预热到400~500℃, 并用比焊同类型碳素钢管大一号的焊嘴施焊。

② 铜管的线膨胀系数大, 导热快, 热影响区大, 凝固时产生的收缩应力较大, 因此, 焊件对接间隙要大些。

③ 黄铜的熔点较低, 熔池中的液体流动性大, 宜用平焊操作。

④ 铜焊时, 由于锌的蒸发容易使人中毒, 施焊时, 应在空气流动的地方进行。

⑤ 焊接工作压力在1.6MPa以上铜管时, 乙炔气应脱硫脱水。

⑥ 黄铜管对焊焊接, 较厚管应用机械加工开坡口, 对焊口尺寸如表23-4-2。

⑦ 焊丝应采用丝221、丝222、丝224。当焊接工作压力大于1.6MPa的管道时, 应选用丝224。

⑧ 黄铜气焊焊粉可用粉301, 它是由硼基盐类组成, 熔点约为650℃, 也可以按表23-4-3自行配制。

表23-4-3 黄铜气焊焊粉

序 号	化 学 成 分 (%)			
	硼 砂	硼 酸	磷酸氢钠	氯化钠
1	100	—	—	—
2	20	30	—	—
3	50	35	15	—
4	20	70	—	10

⑨ 焊接用的焊炬和焊嘴应根据管壁厚度按表23-4-4选用。

⑩ 气焊焊缝应进行600~650℃退火处理。

2) 铜及铜合金管的手工电弧焊

表23-4-4 焊枪焊嘴选择

壁 厚 (mm)	焊炬号码	焊嘴容量 (l/h)	预热嘴容量 (l/h)
<4	H01-2或H01-6	100~300	
4~5	H01-6	225~350	225~350
6~10	H01-12	500~700	500~700
>10	H01-12	750~1000	750~1000

手工电弧焊除按黄铜气焊的一般要求①~④条外, 还应注意:

① 铜及铜合金管在焊接时应采用直流反接(工件接负极)。

② 输送氨等腐蚀介质的黄铜管, 焊口必须进行600~650℃的退火处理。

③ 焊条应按表23-4-5进行选用, 使用前应经250℃烘干1~2 h。

④ 铜管接头可采用对接、搭接等形式, 对接应开V型坡口。

⑤ 焊接时, 管子应放在导热性差的焊接台上, 焊接电流参照表23-4-6。

⑥ 焊接后, 趁焊件在热状态下, 用小平锤敲焊缝, 消除应力, 使组织致密, 以改善机械性能。

3) 钎焊 钎焊是利用钎料和焊件一同加热, 使钎料熔化, 但焊件不熔化, 借助毛细管吸力作用, 使钎料填满连接处的间隙而把焊件连接在一起的方法。铜管钎焊一般用于不受冲击和弯曲负荷或承受较低冲击和振动负荷的场所。

铜管钎焊常用的钎料有铜锌钎料和铜磷钎料, 其主要成分和性能见表23-4-7。

钎焊时还需采用助熔剂称为钎焊熔剂, 钎焊铜管常采用牌号为剂101的银钎焊熔剂。适合于550~850℃温度范围内钎焊各种铜及其合金, 亦可用75%硼酸、25%的硼砂组成的混合物作熔剂。

钎焊的接头最常见的为搭接接头, 搭接长度一般为管壁厚度的6~8倍, 管子公称直径小于25mm时, 搭接长度为1.2D~1.5D。

钎焊焊口处, 焊前要进行严格处理, 用砂布、金属刷、砂轮打磨或喷砂。焊后, 在8 h内进行清洗, 最常用的方法是用煮沸的含10%~15%的明矾水溶液反复洗刷接头处, 然后用水冲洗, 用棉纱擦干。

4) 紫铜管的钎极手工氩弧焊 钎极手工氩弧焊焊接紫铜管, 可以获得高质量的焊接接头。

焊前应对工件焊接边缘及焊丝表面进行彻底清理, 清洗方法有两种:

机械清理: 是用酒精、四氯化碳或丙酮把焊丝和焊件表面彻底清洗, 然后再用钢丝轮或钢丝刷、刮刀、细砂打磨。

化学清洗: 先用下列两种溶液之一进行脱脂, 一是5%~10%苛性钠; 2%~3%水玻璃; 25%~50%肥皂, 其余为水; 二是酒精、四氯化碳、丙酮三者任选一种。

将脱脂后的工件和焊丝放在浓度为20%~30%的硝酸溶液中含有8%的硫酸和10%的重铬酸钾

表23-4-5 铜和铜合金电焊条

牌 号	名 称	焊芯主要成分 (%)	焊缝金属 抗拉强度 (MPa)	用 途
铜107	紫铜电焊条	纯铜	≥180	焊接紫铜
铜227	磷青铜电焊条	Sn-8, P-0.3, Cu余量	≥280	焊接磷青铜、铜、黄铜
铜237	铝青铜电焊条	Al-8, Mn-2, Cu余量	≥400	焊接铝青铜、及其它铜合金



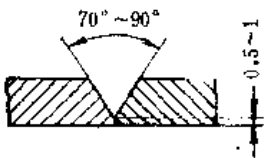
表23-4-6 焊接电流参考表

管壁厚度 (mm)	对 接 接 头		搭 接 接 头	
	焊条直径 (mm)	电流强度 (A)	焊条直径 (mm)	电流强度 (A)
2.5	3.2	130~140	3.2	110~130
3	3.2~4	140~200	3.2	110~140
4	4	180~220	3.2	120~150
5	4~5	200~250	4	160~180
6	4~5	220~280	4	180~200

表23-4-7 钎料性能表

类别	牌 号	名 称	主要化学成分 (%)	熔化温度 (°C)	主 要 用 途
铜 锌 钎 料	料101	铜锌钎料 1号	Cu 34~38 Zn 余量	860~823	钎焊黄铜及其它含铜量小于68%的铜合金
	料102	铜锌钎料 2号	Cu 46~50 Zn 余量	860~870	钎焊含铜量大于68%的铜合金
	料103	铜锌钎料 3号	Cu 52~56 Zn 余量	885~890	钎焊铜、青铜、钢
铜 磷 钎 料	料201	铜磷钎料 1号	P 7~9 Cu 余量	710~840	钎焊钢及其合金
	料202	铜磷钎料 2号	P 5~7 Cu 余量	710~890	钎焊铜及其合金
	料203	铜磷磷钎料	P 5~7, Sb 1.5~2.5 Cu 余量	650~700	钎焊钢及其合金
	料204	银磷钎料 1号	P 4~6, Ag 11~16 Cu 余量	640~815	钎焊承受较低冲击振动负荷的铜及其合金

表23-4-8 焊接接头对口形式及对口规范

简 图	壁 厚 (mm)	焊 丝 ϕ (mm)	钨 极 ϕ (mm)	喷 嘴 ϕ (mm)	焊 层 数	电 流 强 度 (A)	氩 气 流 量 (l/min)	预 热 温 度 (°C)
	1	1.5	2	6	1	80~130	2~6	
	2	2.4	2	6~8	1	140~180	5~8	
	3	2.4	3	8	1~2	190~240	6~9	
	4	3	3	10	2	220~270	8~10	
	5	3	4	10	2	260~310	9~11	
	6	4	4	10~12	2	300~350	10~14	350
	7	4	5	12	2~3	300~400	12~14	400
	8	4	5	12~14	3	320~400	14~16	400

溶液中浸蚀 3~4 min, 取出后立即用冷水冲洗干净, 然后擦干或吹干。

氩弧焊焊丝有含脱氧元素焊丝: 丝 201 (特制紫铜焊丝)、QSn4-0.3 (锡磷青铜丝)、QSi3-1 (硅锰青铜丝)、紫铜丝, 如 T2。

焊接紫铜难度较大, 应采用表 23-4-8 规定的对口形式和规范。

紫铜手工氩弧焊应采用直流正接, 自右向左进行。引弧在石墨板或不锈钢板上进行。

(二) 铝管的修理

由于铝在空气中会迅速地跟氧结合, 表面产生一层坚硬的氧化铝薄膜, 所以铝管常能用于输送腐蚀性介质, 如脂肪酸、硫化氢、二氧化碳等, 还在深冷工程、食品冷冻、液化装置中也常用到。

铝和铝合金管常用规格见表 22-1-24, 机械性能和化学成分列于表 23-4-9。

铝不仅在 350~450°C 热状态下容易进行轧、压、

表23-4-9 铝和铝合金管机械性能和化学成分

类别	牌 号	机 械 性 能			化 学 成 分 (%)					
		供应状态及代号	抗拉强度 (MPa) (不小于)	延伸率 (%)	铝	镁	硅	锰	杂质含量 (不大于)	
工业纯铝	L2	薄壁	退火的(M)	≤120	20	99.6	—	—	—	0.40
			冷作硬化(Y)	70	—					
	L3	厚壁	热挤压的(R)	≤120	20	99.5	—	—	—	0.50
			退火的(M)	≤120	20					
	L4	薄壁	退火的(M)	≤120	20	99.3	—	—	—	0.70
			冷作硬化(Y)	110	4					
		厚壁	热挤压的(R)	≤120	20					
防锈铝	LF2	薄壁	退火的(M)	170~230	—	余量	2.0~2.8	—	或铬 0.15~ 0.4	0.80
			半冷作硬化(Y ₂)	210	—					
			冷作硬化(Y)	220	—					
		厚壁	热挤压的(R)	≤230	—					
	LF3	薄壁	退火的(M)	180	15	余量	3.2~3.8	0.5~0.8	0.3~0.6	0.85
			半冷作硬化(Y ₂)	220	8					
		厚壁	热挤压的(R)	180	15					
	LF21	薄壁	退火的(M)	<140	—	余量	—	—	1.0~1.6	1.75
			半冷作硬化(Y ₂)	140	—					
		厚壁	热挤压的(R)	≤170	—					

拉丝等热加工，而且也能在冷状态下进行同样的冷加工，冷加工时，最好在350~400℃间退火后进行。

1. 铝管的加工

铝与铝合金管品种较多，在施工中有两种以上不同牌号的铝管时，货到现场时应作好涂色标记，并分别堆放保管。

加工前应对管子进行内外表面检查，其纵向划痕不得大于0.03mm，局部凸出高度或凹入深度不得大于0.3mm。

铝及铝合金管的调直与钢管调直方法基本相同，一般应用橡皮锤、木锤或木方尺逐段敲击调直，调直平台应铺上木垫板。

铝管的切断可用钢锯、砂轮切割机；坡口可用锉刀，不得用气割切割与割坡口。夹持铝管时，管壁两侧应垫木板，以免夹伤管壁。

2. 铝管的连接

铝管的连接方法，一般采用焊接和法兰连接，特殊情况也可用丝扣连接。

(1) 焊接连接 铝及铝合金管的焊接可采用气焊，优质电弧焊、钨极手工氩弧焊等。

铝管在焊接过程中易氧化、烧穿、变形和产生气孔等不良现象，要获得优良的焊缝，必须遵循如下焊接工艺：

1) 坡口和焊丝的清洗 焊接前，被焊工件与焊丝要用机械或化学的方法进行清洗，以除去氧化物或油污等杂质。

① 机械清除法：用钢丝刷、锉刀、砂布等清洁管子端头的表面，并仔细清除残留的金刚砂粒。

② 化学清除法：分清除油污和清除氧化铝，清除油污，可用温度为60~70℃的1%氢氧化钠、5%磷酸钠、3%的水玻璃混合液或用温度为60~70℃的3%~5%的氢氧化钠溶液，如有严重油污时，可用丙酮、三氯乙烯、汽油、松香水、二氯乙烷、四氯化碳等有机溶剂除去。

清除氧化铝，可用氧乙炔焰加热坡口处至50~60℃，然后在坡口周围50~100mm处涂上10%的苛性钠溶液，腐蚀两分钟左右。观察坡口面的颜色完

全变白即可。也可用浓度为5%~10%，温度为50~60℃氢氧化钠溶液浸泡或刷清坡口除去氧化膜。

清洗后的管子端头需进行光化处理，处理步骤如下：

- a. 在浓度为30%左右的硝酸溶液中洗涤2~4 min，溶液温度应控制在50~60℃。
- b. 在流动中的冷水中冲洗。
- c. 将管子端头擦干或用热空气吹干。

③ 也可用如下方法代替上述除氧化铝和光化处理：

- a. 10%硝酸与0.25%氢氟酸混合液常温浸泡5 min或刷洗。
- b. 用常温水冲洗后用热水冲洗。
- c. 用洁净抹布擦干或用热空气吹干。

2) 气焊焊丝的选择

铝管焊接应选用与基本金属成分相同的焊丝，焊丝的牌号与成分列于表23-4-10。

焊接时，需采用粉状或膏状的特种焊剂（401铝焊粉）。

3) 管子对口连接时，壁厚在3 mm以下者不开坡口，对口间隙1~0.5 mm，当管壁厚度大于

3 mm时采用V型坡口。

4) 焊接过程中，工件严禁振动、需要转动时，必须等待焊缝金属冷至到350℃时，再轻轻翻转。

5) 焊后应使接头在空气中缓慢冷却，禁止用水快速冷却，以免导致产生收缩应力裂纹。

6) 焊缝及其附近的残余熔剂应在焊后两小时内清除，清洗方法是：用60~80℃热水冲洗，并用毛刷或铜刷将残渣刷干净，然后用30%的硝酸溶液洗涤，再用清水冲洗。

7) 钨极手工氩弧焊是焊接铝及其合金的最完善的方法之一。焊接时采用交流电源，氩气纯度必须达到99.96%，电极应尽量采用钨钨极或钍钨极，焊接技术条件列于表23-4-11。

焊接温度低于0℃或壁厚大于10 mm的焊件，焊接点要进行局部预热，预热温度为100~200℃。

(2) 法兰连接 铝管的连接法兰有平焊铝法兰、对焊松套钢法兰、铝管口卷边松套钢法兰。

平焊铝法兰和对焊松套钢法兰的肩圈应用与管子牌号相同的材料制造。活动法兰盘与螺栓用A3、A4或A5制造。

法兰垫片应采用柔软的材料，如：橡胶板、石

表23-4-10 焊丝的牌号与成分

统一牌号	名称	化学成分 %					熔点 (°C)	用途
		镁	锰	硅	铁	铝		
丝301	纯铝焊丝	—	—	—	—	99.6	660	焊接纯铝或要求不高的铝合金
丝311	铝硅合金焊丝	—	—	4~6	—	余量	580~610	通用焊丝
丝321	铝锰合金焊丝	—	1.0~1.6	—	—	余量	643~654	焊铝锰及其它铝合金，焊缝有良好的耐蚀性及一定的强度
丝331	铝镁合金焊丝	4.7~5.7	0.2~0.6	0.2~0.5	≤0.4	余量	638~660	焊铝镁及其他铝合金，焊缝有良好的耐腐蚀性及机械性能

表23-4-11 铝及铝合金管手工氩弧焊焊接技术条件

管壁厚度 (mm)	钍钨极直径 (mm)	焊丝直径 (mm)	焊接电流 (A)	氩气大约耗量 (m ³ /h)	焊接层数	坡口制备
2	3	2~3	80~120	0.4	1	直角边对接
3	3~4	3	100~150	0.42	1	直角边对接
4	3~4	3~4	130~200	0.45	1	V型边对接
6	4~5.5	3~4	175~250	0.5	1	V型边对接
9	4~5.5	4~6	200~275	0.55	2	V型边对接
12	5.5~6.5	6或大于6	250~350	0.6	2~3	V型边对接

注：1. 电源为交流电。

2. 在法兰或类似法兰的上面进行角焊时，电流增加约10%~20%。

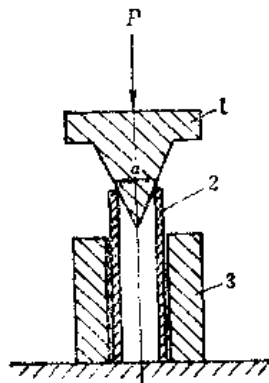


图23-4-2 铝管卷边示意图
1—内模 2—铝管 3—外模

棉橡胶板、耐酸石棉板等。

卷边松套钢法兰，铝管卷边制作，可采用如图23-4-2所示方法。

采用卷边松套钢法兰，在加工时应注意：

- 1) 卷边部分应平整光洁，不得有瘤、缩颈、皱折、斑疤、凹坑、刮伤及裂纹等影响密封性能的缺陷。
- 2) 卷边部分的厚度不得小于0.8倍管壁厚度。
- 3) 法兰与卷边部分的接触应均匀，不得有任何摇动。

(三) 铅管的修理

铅及硬铅在许多腐蚀性介质中化学稳定性很好，有较强的耐腐蚀性能。在硫酸、染料、农药、石油炼制和人造纤维等工业中，广泛应用。耐腐蚀设备和管道的衬里也大量用铅。

铅及硬铅管的牌号与化学成分列于表23-4-12。

铅的机械性能及物理性能见表23-4-13。

1. 铅管的调直与整圆

铅管在运输和装卸过程中容易产生弯曲或者被压扁，安装前应调直整圆。铅管调直应在木板平台上用木榔头拍打，公称通径大于50mm的铅管整圆

表23-4-12 铅及硬铅管的牌号
与化学成分

类别	牌号	主要成分(%)		杂质含量 总和 (%) (不大于)
		铅(不小于)	锑	
软 铅	Pb2	99.99	—	0.01
	Pb3	99.98	—	0.02
	Pb4	99.95	—	0.05
	Pb5	99.90	—	0.10
	Pb6	99.50	—	0.50
硬 铅	PbSb0.5	余量	0.3~0.8	0.15
	PbSb2	余量	1.5~2.5	0.20
	PbSb4	余量	3.5~4.5	0.20
	PbSb6	余量	5.0~7.0	0.30

用一根外径小于铅管内径的碳钢管穿在铅管内，把钢管的两端放在支撑上，然后用木榔头拍打扁处，随拍打随转动管子，直到整圆为止。

公称通径不大于50mm的铅管整圆，可将铅管两端堵塞，在管内通入0.3~0.4MPa压缩空气，把管子胀圆。加热时，要注意使加热部分受热均匀，升温速度不要太快，当管子被胀圆时，立即停止加热。

2. 铅管的加工与架设

(1) 铅管的切断 直径较小的铅管，可以用粗齿锯切断。锯割时，为了不使铅屑粘附在锯齿上，减少摩擦，可在锯口上滴少许机油。直径较大的铅管，尤其是硬铅管，可用焊炬切断，切割时，宜用中性焰。

(2) 铅管的坡口加工 软铅管的坡口可以用刮刀加工，硬铅管的坡口用粗齿锉刀加工。

(3) 铅管的弯头制作 铅管一般采用热煨，较小直径的软铅管，也可以采用冷弯。热煨时，管内可不填任何填充物（因铅较软，煨弯时，填充物易嵌入管壁，难以清除）。为了减少弯头的椭圆度和防止弯头腹部发生凹陷，可将弯头腹部两侧的管壁，在弯曲前稍加拍打，使弯曲部分的管子断面成椭圆形。煨制时，可在制作钢管折皱弯头的弯管台

表23-4-13 铅的主要机械及物理性能

机械性能			物 理 性 能				
抗拉强度 (MPa)	延伸率 (%)	硬 度 (HB)	密 度 (kg/m ³)	熔 点 (°C)	线膨胀系数 (m/(m·°C))	热 导 率 (W/m·K)	弹性模数 (MPa)
13~18	45~50	4~4.2	11340~11380	327~327.5	(10~100°C) 29.5×10 ⁻⁶	35.002	15000~18000

上进行。用焊炬分段加热，加热一段弯制一段，每段长为30mm左右，加热宽度为管子外圆周长的3/5。加热温度在100~150℃，每弯曲一段用样板检查。

弯曲硬铅管比较困难，易断裂，可在管内通入蒸汽，将管子加热100℃左右，再按上述方法煨弯。

公称直径100mm以上的硬铅管，一般采用焊接弯头。

(4) 铅管支架 由于铅管软而且重，其管道支架与其他管道支架不同。为防止产生弯曲，铅管应敷设在托撑角钢上。架设时应设置连续的托撑角钢，铅管沿墙敷设时，采用如图23-4-3的支架形式；铅管沿地面敷设时，采用如图23-4-4的支架形式。用吊架安装铅管时，采用如图23-4-5的形式。

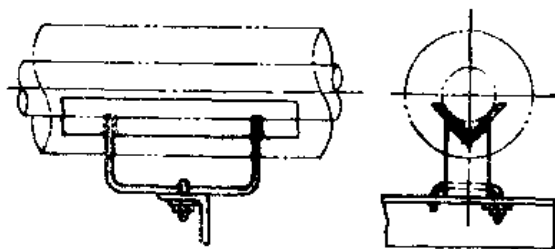


图23-4-3 铅管沿墙敷设支架

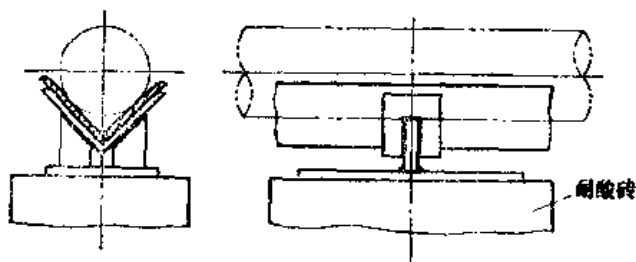


图23-4-4 铅管沿地敷设支架

3. 铅管的连接

铅及铅合金管的连接方式有两种，法兰连接与焊接连接。

(1) 法兰连接 铅管的法兰连接有平焊法兰连接和翻边活套法兰连接。

平焊法兰用于硬铅管的连接。法兰材质必须与管子的材质相同。法兰内径应制成45°的坡口，两面都必须与管子焊接，如图23-4-6所示。焊完后必须把法兰密封面刮平。紧固用普通钢质螺栓。法兰两面都必须加钢垫圈。

卷边松套法兰一般用于软铅管的连接。法兰用钢制成，与铅管接触的一面必须加工成圆角，卷边肩不超过法兰螺栓孔的，可直接在管口上卷边。先用木锥将管口扩成喇叭口，再用木锤将喇叭口打成与管子轴线垂直的卷边肩，如图23-4-7所示。卷边肩超过法兰螺栓孔的，可以用环形铅板在管口上焊成卷边肩。

铅管采用法兰连接时，必须使用软垫片。

(2) 焊接连接 铅管的焊接，目前一般采用氢氧焰焊接。

氢氧焰较乙氧焰温度略低，燃气纯净，气流和缓，能保持熔池的平稳，是铅焊比较理想的热源。氢氧焰焊炬是用不锈钢或者铜、黄铜制成，焊炬规格、口径和长度列于表23-4-14。

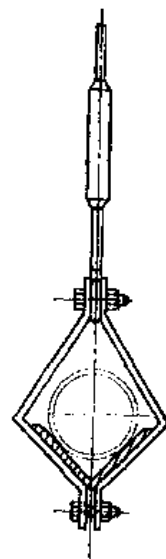


图23-4-5 铅管吊架

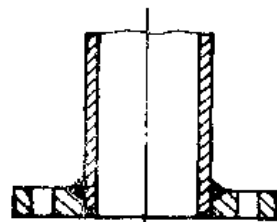


图23-4-6 硬铅管的平焊法兰

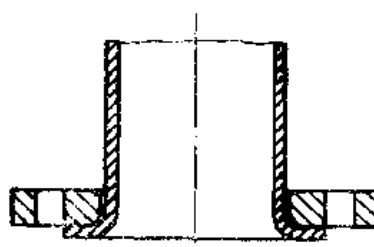


图23-4-7 铅管的翻边活套法兰

铅焊条一般自制，可用熔铅浇铸而成，也可用铅板剪切加工而成。焊条直径与焊嘴大小应根据焊件厚度选择，见表23-4-15。

由于熔铅流动性好，密度又大，焊接时熔铅易流失，所以仰焊困难，应尽量避免仰焊。管道对口

表23-4-14 氢氧焰焊炬的规格尺寸

号数	1	2	3	4	5	6	7
口径 (mm)	0.3	0.5	0.8	1.1	1.5	1.9	2.3
长度 (mm)	120~140	120~140	130~150	140~150	160~180	180~200	200~220

表23-4-15 焊条直径与焊嘴大小的选择

焊件厚度 (mm)	1~3	3~6	6~12
焊条直径 (mm)	2~3	3~5	5~7
焊嘴直径 (mm)	0.5~1.9	0.8~1.9	1.5~2.3

时,应尽量少对固定焊口,尽可能把焊口放在水平位置且能转动焊接。

铅管水平对接时,管壁厚度大于4mm的管子应开60°~90°的V形坡口,并留2~3mm的钝边,对口间隙1~1.5mm,如图23-4-8a。管壁厚度小于4mm的铅管对接,可以不开坡口,但应当用木锥将管口稍向外扩张,使管口略成喇叭口,如图23-4-8b所示。

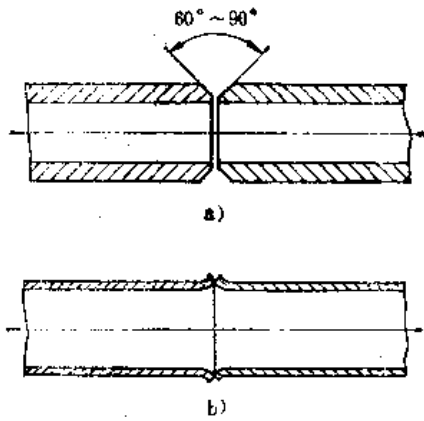


图23-4-8 铅管水平对接的坡口与扩口
a) 坡口 b) 扩口

软铅管垂直对接时,除采用环形板接头如图23-4-9a外,一般常采用承插口焊接。施焊前先将下部管端加热至120°C左右。用木锥将管口扩成喇叭口,再将需要插进去的管子端部制成坡口,对中后作点焊固定,再进行施焊,如图23-4-9b所示。

水平敷设铅管固定焊口的焊接硬铅管采用开洞焊接,如图23-4-10所示,焊前将两对接管端上部各割去一块,从管子内部进行下半部施焊,然后用同样规格的铅管割一块补上开洞处,与管子焊牢。软铅管固定管口采用割缝焊接,如图23-4-11所示。先把对接两管端割成T形缝,并把此割缝扳开,将两管对好后从管子内部焊接焊缝的下半圆周,然后将扳开部分复原位焊牢。

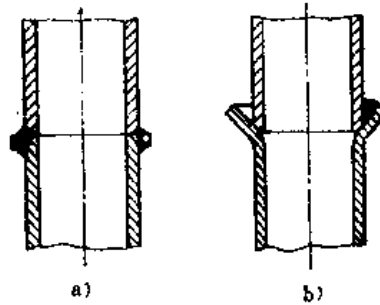


图23-4-9 直立铅管的焊接法



图23-4-10 硬铅管固定管口开洞焊接



图23-4-11 软铅管固定管口割缝焊接

铅管焊缝,不允许有高低不平、未焊透、砂眼、

表23-4-16 铅管焊缝规格

管壁厚 (mm)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	
软铅管	焊缝宽 (mm)	10	13	15	18	20	23	24	25	26	27			
	焊缝高 (mm)	3	3	4	5	6	7	8	9	10	10			
硬铅管	焊缝宽 (mm)				21	23	24	25	28		30	31	33	34
	焊缝高 (mm)				6	7	8	9	10		11	15	15	15

气孔、夹层、夹渣、坠落及咬边等缺陷。铅管焊缝需要有加强面，焊缝规格需达到表23-4-16规定。

第5节 非金属管道的修理

非金属管道种类繁多，大体分为用无机材料制成的，如混凝土管、石棉水泥管、陶瓷管等和用有机材料制成的，如塑料管、玻璃钢管、橡胶管等。本节主要叙述用无机材料制成的非金属管的修理，塑料管等有机材料制成的非金属管的修理在第六节中单独叙述。

(一) 非金属管道的切断

不同种类非金属管用不同的切断方法。

混凝土管和陶土管采用尖钻截断，这样可以减少受震面积，不致发生破裂。

钢筋混凝土管和自应力（预应力）钢筋混凝土管，应首先凿碎混凝土，然后再用钢锯锯断钢筋，不得使用氧炔焰气割，否则将会因钢筋受热膨胀较快，而使管子产生裂缝或破裂。

陶瓷管可采用如图23-5-1所示的切割器进行切割。

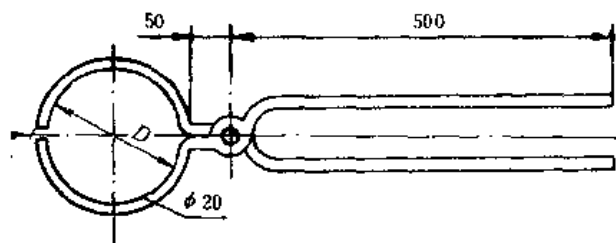


图23-5-1 陶瓷管切割器

此种切割器构造简单，系用直径为20mm的钢筋制成。其操作方法是：在需要切断的地方划上标志，将切割器烧红，然后夹住陶瓷管约1min左右，陶瓷管即自动裂开，用工具轻敲一下，或浇注冷水即截然断下。

石棉水泥管一般采用锯断法，锯齿宽度以1mm为宜，锯管时应随时注意截面是否垂直于中心线。

(二) 非金属管道的连接

1. 自应力及预应力钢筋混凝土管的连接

自应力及预应力钢筋混凝土管采用承插接口，

止水材料为特制的橡胶圈。如遇有腐蚀性地下水时，需用沥青玛蹄脂、沥青麻或橡胶水泥等填料封口，以防止侵蚀胶圈。一般情况，可不予封口。

沥青玛蹄脂的组成成分：45号沥青；甲级石棉粉；粒径小于0.25mm的粉砂。其重量配比为：30:20:50。配制方法：将沥青加热至160℃左右，按比例加入石棉粉和粉砂，边撒边搅拌直到均匀，待温度降到60℃左右即可使用。

橡胶水泥的配制：用425号以上水泥，加15%~20%的橡胶乳液，再加入适量稳定剂和水，搅拌均匀成浆即成。

管道安装顺序如下：

1) 清理承插口 对口前，应将承口内壁、插口外壁及橡胶圈用水洗刷洁净。

2) 套橡胶圈 将胶圈套在插口平台上，胶圈应平直、断面直径应均匀一致，不得歪斜扭曲。

3) 对口 将套有胶圈的插口，对准已安装管子的承口并插入少许，检查胶圈与承口接触是否均匀，如间隙不匀，胶圈滚动时会发生扭曲，降低接口密封性。

4) 顶装 顶动或拉动待安的管子，使插口徐徐进入已安装管的承口内，当发现胶圈不均匀进入时，应予以校正。

5) 放松拉紧装置。

6) 找平找正 安装好的接口，允许纵向误差（不到安装线） ± 3 mm；允许相邻两管间高差及左右偏差3~5cm，管子悬空不着地时，应在管下填砂或填土并捣实，严禁在管下垫砖或其他硬物。

2. 混凝土管及钢筋混凝土管的连接

管径400mm以下的混凝土管，多制成承插口形状。其接口方法是在承插口环形间隙中填入1:3的水泥砂浆。水泥砂浆稠度，以填塞时不流动为合适。水泥砂浆填满后，应用瓦刀挤压表面做成如图23-5-2所示形状。当地下水或污水具有侵蚀时，则需采用耐酸水泥。

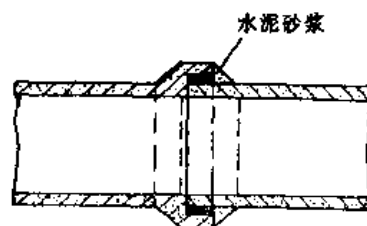


图23-5-2 水泥砂浆接口

水泥砂浆抹带，如图23-5-3 a所示，是最早被采用的刚性接口之一，由于其防水能力较差，故多用于雨水管道接口。

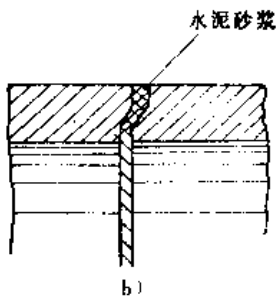
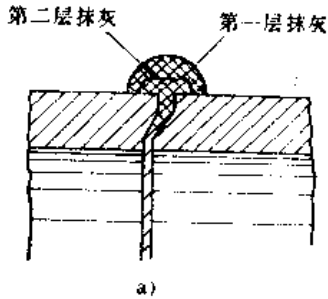


图23-5-3 钢筋混凝土管的企口接口
a) 抹带 b) 平接

抹带采用1:2水泥砂浆（水灰比不大于0.5）。管带应严密无裂缝，一般用抹刀分两层抹压，第一层为全厚的1/3，其表面要粗糙，以便与第二层紧密结合。

如系雨水管道，亦可采用平接，如图23-5-3 b所示。

水泥砂浆抹带或平接接口须用在管基平整坚实地段或铺设在混凝土带形基础上，混凝土带形基础如图23-5-4~23-5-6所示。

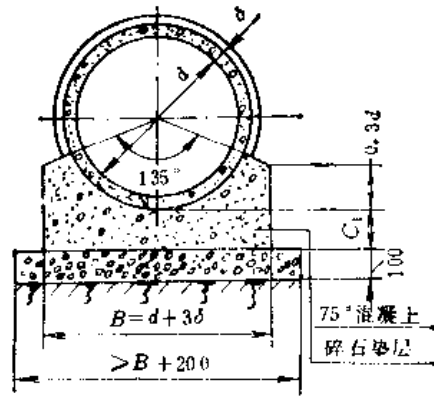


图23-5-5 135°混凝土带形基础
($d = 150 \sim 600$ 时, $C_1 = 100$ mm; $d = 700 \sim 1500$ 时, $C_1 = 120 \sim 250$ mm)

石棉沥青卷材接口适用于无地下水、地基不均匀、沉陷不严重的无压管道。

接口操作方法：将接口处管壁刷净烤干，涂上一层冷底子油，冷底子油上刷厚约3mm的沥青砂玛璃脂（温度控制在160~180°C左右，重量配比为：沥青：石棉：细砂=7.5:1:1.5），随后包石棉沥青卷材。在卷材上再涂一层同样厚度、配比的沥青砂玛璃脂。这叫三层做法。如图23-5-7所示。

冷底子油的调制方法：用50%的4号石油沥青放在锅里加热、搅拌，全部溶化后（180°C左右）取出冷却到90°C，再缓慢地加入50%的汽油，边加边搅，使沥青稀释，混合均匀后即可使用。

在较重要的工程中（如工业污水管道），钢筋混凝土管可用套环连接。套环内径较管外径约大25~30mm，接口形式如图23-5-8所示。充填材料用石棉水泥、自应力水泥、或沥青砂浆皆可。为防

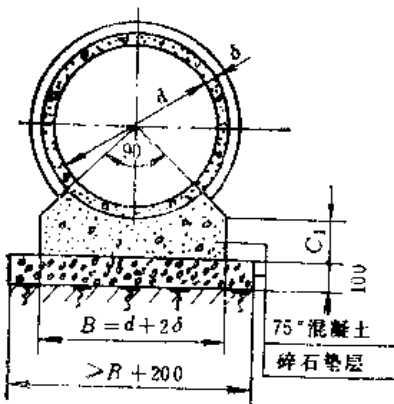


图23-5-4 90°混凝土带形基础
($d = 150 \sim 600$ 时, $C_1 = 100$ mm; $d = 700 \sim 1500$ 时, $C_1 = 120 \sim 200$ mm)

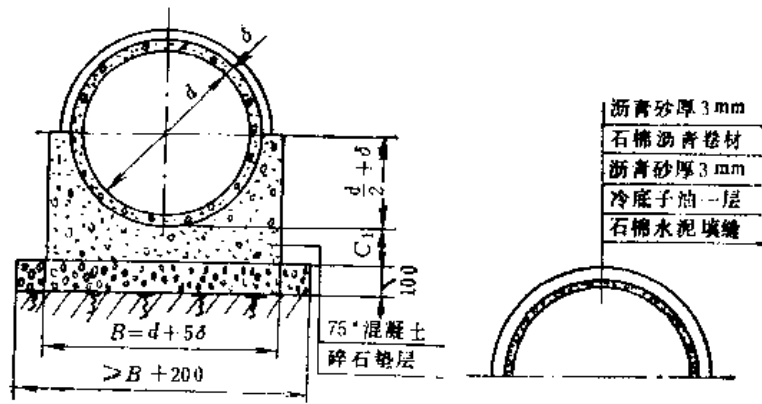


图23-5-6 180°混凝土带形基础
($d = 150 \sim 600$ 时, $C_1 = 100$ mm; $d = 700 \sim 1500$ 时, $C_1 = 120 \sim 250$ mm)



图23-5-7 石棉沥青卷材接口

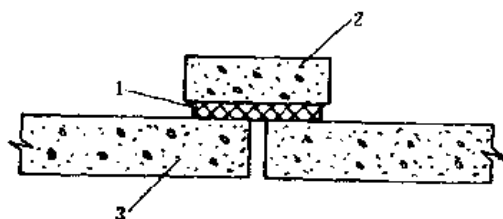


图23-5-8 套环接口

1—石棉水泥 2—套环 3—管壁

止其内串，可先塞入一圈油麻。在需要柔性较大的地方，可采用沥青玛璃脂灌口。

石棉水泥配比：水：石棉：水泥 = 1：3：7。

沥青砂浆配比：沥青：石棉：砂 = 1：0.67：0.67。

3. 石棉水泥管的连接

石棉水泥管在较好的地基上敷设时，可采用套管式刚性接头，如图23-5-9。此时，一般用石棉水泥套管，也可用铸铁套管、钢套管。套管与管壁间隙填塞油麻并用石棉水泥打口。

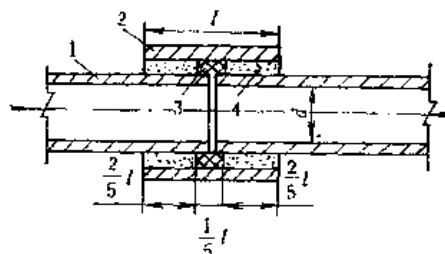


图23-5-9 套管式刚性接头

1—石棉水泥管 2—套环 3—油麻 4—接合材料

石棉水泥管在有微沉陷区敷管时，可采用套管式半刚半柔接头，如图23-5-10所示。此时，用特制的套管（石棉管厂可供应），一端用胶圈密封，一端填打油麻和石棉水泥。

石棉水泥管在管道基础、土壤、上部荷载变化悬殊地段或与旧管道和金属管道连接处，可采用法兰柔性接头。这种接头有两种：钢筋混凝土法兰柔性接头（如图23-5-11）和铸铁法兰柔性接头（如图23-5-12）。都是利用法兰和套管之间压紧胶圈以达到密封。钢筋混凝土法兰与套管，石棉管厂可以供货。金属法兰柔性接头一般都用于沉陷性较大的地区。

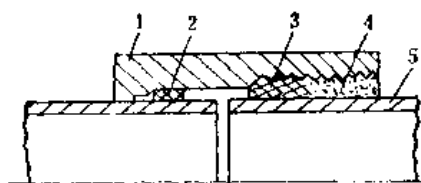


图23-5-10 套管式半刚半柔接头

1—套环 2—圆形胶圈 3—油麻 4—接合材料 5—石棉水泥管

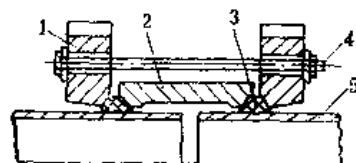


图23-5-11 钢筋混凝土法兰柔性接头

1—钢筋混凝土法兰 2—石棉水泥套管 3—断面橡胶圈 4—螺栓 5—石棉水泥管

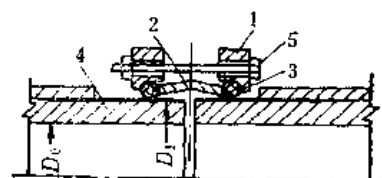


图23-5-12 铸铁法兰柔性接头

1—铸铁法兰 2—金属套管 3—圆形胶圈 4—管子 5—螺栓

石棉水泥管安装应注意的事项：

1) 敷管时沟底必须平整、宽敞，勿使管子悬空。复土时须先将管子两侧捣实，管顶复土深度应符合给排水施工及验收规范的规定，胸腔土内应无瓦砾之类硬物，管道通过道路时应采取保护措施。

2) 管子与套管间的缝隙应均匀。切勿将管子抬起来校正，以免管子与地基离开造成部分悬空。如管底不平，高处应铲平，低处应用细砂土填平填实。

3) 柔性接头处，管与管之间应保持合适的距离，一般为2cm，以免管子接触影响柔性接头的可挠性。柔性接头的法兰套管与管子外壁应垫到合适的高度，以保证四周缝隙均匀。拧紧法兰螺栓时，应对称均匀地分几次拧紧。

4) 管道刚柔接头的施工程序 在沟槽内施工时，最好是先打刚性接头的油麻和填料，再接柔性接头。管道安装完毕后，刚性接头应养护三天以上，方可进行试压。

4. 陶土管的连接

陶土管普遍用于排出工业酸性废水和室内生活污水，需采用耐酸的接口材料。目前采用的接口材料及方式有如下几种：

1) 沥青胶泥石棉绳接口 接口方式如图 23-5-13 所示，沥青胶泥配合比参照表 23-5-1。

2) 树脂胶泥石棉绳接口 接口方式如图 23-5-14 所示，树脂胶泥配合比参照表 23-5-2。

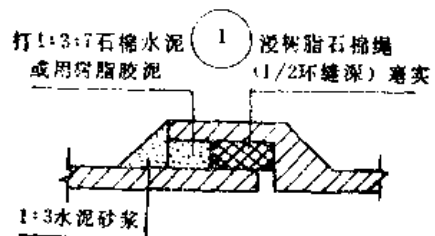
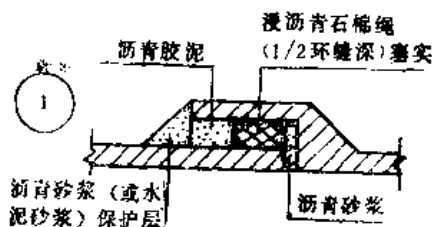
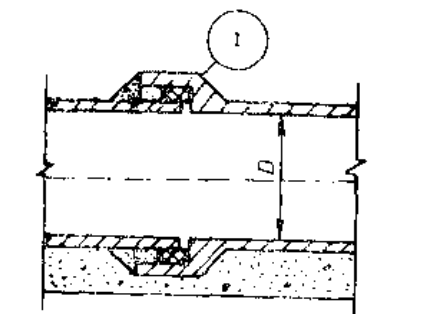
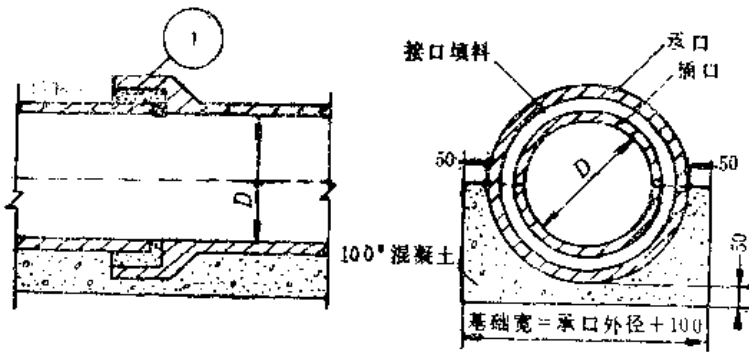


图23-5-13 沥青胶泥石棉绳接口

图23-5-14 树脂胶泥石棉绳接口

表23-5-1 沥青胶泥施工参考配合比

编 组	沥青软化点 (°C)	配 合 比 (重量比)			胶泥耐热性能(°C)		推荐用途
		沥 青	石 英 粉	石 棉	软化点	耐热稳定性	
1	75	100	30	5	78	40	隔离层用
	90	100	30	5	97	50	
	110	100	30	5	110	60	
2	75	100	80	5	95	40	灌缝用
	90	100	80	5	110	50	
	110	100	80	5	117	60	

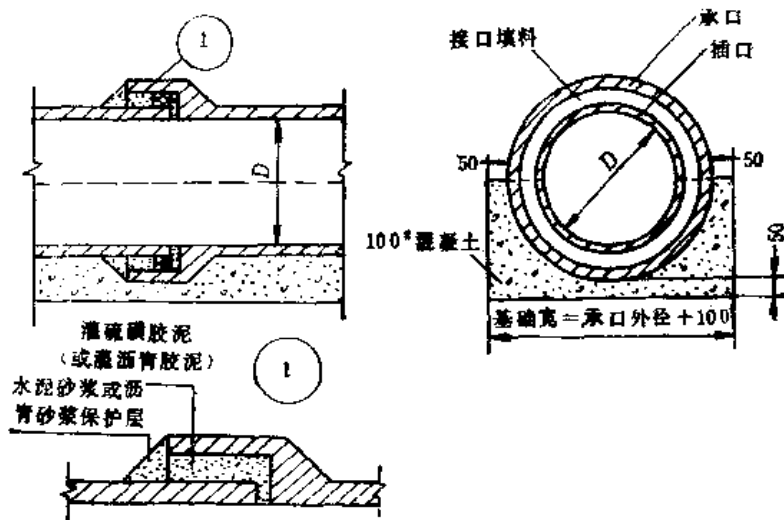


图23-5-15 硫磺胶泥或沥青胶泥接口

表23-5-2 树脂胶泥施工参考配合比

配合比 (重量计)	材料名称	树脂				溶剂			固化剂					粉料			
		环氧树脂	酚醛树脂	糠醇树脂	糠醇树脂	丙酮	乙醇	甲苯	胺类固化剂		酸性固化剂			石英粉或瓷粉	铸石粉	硫酸钡或石墨粉(1:1)	
									乙二胺	乙二胺溶液(1:1)	苯磺酰氯	苯磺酰氯与磷酸(4:3.5~5)	硫酸乙脂				对甲磺酸乙脂(7:3)
环氧胶泥		100	—	—	—	0~20	—	—	6~8	(12~16)	—	—	—	—	150~250	(180~250)	—
酚醛胶泥		—	100	—	—	—	0~10	—	—	—	6~10	—	(6~10)	(8~12)	150~200	—	(150~200)
呋喃胶泥		—	—	100	—	—	—	0~10	—	—	—	8~12	—	—	130~180	—	(130~180)
		—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—	10~16	—	—	—	—
环氧酚醛胶泥		70	30	—	—	0~10	—	—	4~6	(8~12)	—	—	—	—	150~200	180~220	—
环氧呋喃胶泥		70	—	30	—	0~10	—	—	5~7	—	—	—	—	—	150~200	180~220	—
		—	—	—	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注：1.表中配合比内的数据为选用或代用数据。

2.固化剂均按100%纯度计，不足时，应换算增加。

3.硫酸乙脂配合比：

(1)用于酚醛胶泥时，硫酸：乙醇=1:2~3。

(2)用于呋喃胶泥时，硫酸：乙醇≈2~3:1。

4.气温低于10℃时，不得选用乙二胺作固化剂；气温低于15℃时，不宜选用无水乙醇作稀释剂；气温低于17℃时，不得选用苯磺酰氯作固化剂。

3) 硫磺胶泥接口 硫磺胶泥接口方式如图23-5-15所示。硫磺类材料施工配合比参考表23-5-3。

上述接口材料施工比较复杂，价格较高，要求耐酸性较严格的管道才采用。对于轻度酸性废水管道，也可用沥青玛璃脂接口，其接口材料的配比及施工方法详见上述钢筋混凝土管石棉沥青卷材接口。

一般生活污水还可来用水泥砂浆接口或水泥(素灰)接口。

水泥砂浆接口的砂浆配比为1:2.5~3，其稠度以填塞在承口内不流动为合适。当地下水位较高并有浸蚀性时，最好用火山灰水泥作接口材料，接口后再用湿土养护。

水泥接口的砂浆是以普通水泥掺入约10%~12%的水，进行搅拌到潮湿状态(用手握紧成团，手

表23-5-3 硫磺类材料的施工参考配合比

材料名称	配合比 (重量计)						
	硫磺	填料			增韧剂		石棉绒
		硅质粉料	碳质粉料	细骨料	苯磺酰氯	聚氯乙烯	
硫磺(1)	58~60	33~40	—	—	1~2	—	—
硫磺(2)	54~60	35~42	—	—	—	4~5	—
硫磺(3)	70~72	—	26~28	—	1~2	—	—
硫磺砂浆	50	17~18	—	30	2~3	—	0~1

注：1.硅质粉料有石英粉，辉绿岩粉等。

2.碳质粉料有石墨粉等，用于耐氢氟酸工程。

放开不能松散)即可使用。这种接口适用于室内排水立管或厕所的排水明管,安装时在承口内垫一圈用水浸过的草绳,以防水泥落入管内,然后分层放入素灰,用灰凿轻轻捣实至黑亮色即可。连接三通支管及弯管等附件,应在安装前将附件接口打好,养护24h后才进行安装。

陶土管安装应注意下列事项:

1) 陶土管质脆易碎,抗弯、抗拉强度较低,不宜敷设在松土或埋深较大的地方。施工前对管材质量应严格检查,要注意管子的形状是否圆整,管壁厚度是否均匀,有无裂纹和砂眼,陶土管质量检验应包括抗压和透水试验。

2) 敷管时沟底必须平整、宽敞。如管底不平,高处应铲平,低处应用细砂土填平填实,以免管子沉陷折断。

3) 管子覆土时须先将管子两侧用细土捣实,管子胸腔的覆土及管顶300mm以内的覆土不得有硬盐土或瓦砾之类的硬物,以免损坏管子。

(三) 非金属管道的敷设

非金属管道重量大、抗腐蚀,敷设方式主要是直接埋设。

1. 管沟的挖掘及基础处理

(1) 沟槽开挖 沟槽开挖尺寸应根据土壤种类、地下水情况、管径大小及埋设深度等因素决定。在无地下水的天然土壤中,如沟深不超过下列规定,沟壁可不设坡度。

填实的砂土和砾石土	1 m
亚砂土和亚粘土	1.25 m
粘土	1.5 m
特别密实的土	2 m

沟槽深度超过上述规定,但在5m以内时,其沟壁最大允许坡度列于表23-5-4。凡遇流砂及回填土,或雨季施工,可酌情加大边坡或用挡土板支撑。

沟槽底宽一般应符合表23-5-5的规定。

用机械挖土时,沟底应留出0.2~0.3m厚的土层暂不挖去,铺管时再用人工清理至设计标高。

开挖沟槽不允许挖至沟底设计标高以下,如局部超挖则应用相同的土壤填补,并须夯实至接近天然密实度,或用砂土分层仔细夯实。

(2) 基础处理 在粘土、砂土、砂砾等一般土壤中铺设承插式管道,地基不需处理,管道基础

表23-5-4 深度在5m以内沟壁最大允许坡度(不加支撑)

土名称	边 坡 坡 度		
	人工挖土 并将土抛 于沟边上	机 械 挖 土	
		在沟底挖土	在沟上边挖土
砂土	1:1	1:0.75	1:1.0
亚砂土	1:0.67	1:0.50	1:0.75
粘土	1:0.33	1:0.25	1:0.67
亚粘土	1:0.5	1:0.33	1:0.75
含砾石、卵石土	1:0.67	1:0.50	1:0.75
泥炭岩、白垩土	1:0.33	1:0.25	1:0.67
干黄土	1:0.25	1:0.10	1:0.33

注: 1. 如人工挖土不把土抛于沟槽上边而随时运走时,则可采用机械在沟底挖土的坡度。
2. 距离沟边0.8m以内,不应堆置弃土和材料,弃土堆置高度不宜超过1.5m。
3. 表中砂土不包括细砂和粉砂,干黄土不包括类黄土。

表23-5-5 沟槽底宽

管 径 (mm)	埋设深度在1.5m以内的沟底宽度(m)		
	铸铁管、 钢管或石 棉水泥管	预应力钢筋混 凝土管、自应 力钢筋混凝土 管、钢筋混凝 土管,或混凝 土	陶土管
50~75	0.6	0.8	0.7
100~200	0.7	0.9	0.8
250~350	0.8	1.0	0.9
400~450	1.0	1.3	1.1
500~600	1.3	1.5	1.4
700~800	1.6	1.8	—
900~1000	1.8	2.0	—
1100~1200	2.0	2.3	—
1300~1400	2.2	2.6	—

做成砂基或素土平基,就可满足使用要求。

部分管段遇有松软土壤,应将松软土壤从沟底向下挖去30cm左右,用碎石夯入松土中,直至土壤稳定为止,再用撼砂法分层回填至管底标高。如遇淤泥、流砂较大地段或土壤承载能力低的情况,就必须深挖沟槽再回填砂石进行地基处理。只有在特殊情况下,根据设计要求,才做混凝土基础。

目前使用的一般基础形式有弧形素土基础、灰土基础、砂垫层基础、混凝土基础和混凝土枕基等。

2. 管道的埋设深度

(1) 给水管道的埋设深度 给水管道的埋设

深度均按当地的土壤冻结深度（由地表面算起）外加200mm，全国各地最大冻土深度列于附录。其他地区管道埋设深度应按下列因素考虑：

- 1) 防止管道内的水过分受热。
- 2) 防止管道被压坏（应考虑瞬间荷载）。
- 3) 保证基础的稳定（特别是埋设于不稳定性土壤里时）。

因此，给水管道一般埋设深度不得小于1m。考虑到管道附件的安装及与其他管道交叉等问题，故适宜的埋设深度为1~1.5m。

如当地有给水管道埋深的经验数据，则应优先采用。

(2) 排水管道的埋设深度 确定排水管道埋设深度时，一般考虑如下三种情况：

- 1) 防止管内排水冰冻或因土壤冰冻膨胀而损坏管道。
- 2) 防止管道因受地面载重而遭破坏。
- 3) 必须满足户外管网与室内排出管在衔接上的要求，并满足排水面积内污水自流排泄的要求。

根据污水在冬季的水温、流量和管道纵坡等情况，我国排水设计规范规定：无保温的生活污水管道或水温和它接近的工业废水管道，以及管径小于300mm的管道，其管顶可埋设在冰冻线以上0.3m；管径300~400mm的管道，其管顶可埋设在冰冻线以上0.35m；管径大于或等于500mm时，管顶可埋设在冰冻线以上0.6m。但需保证最小覆土深度。

在考虑防止管道因地面载重而受损坏时，应根据管壁的强度、地面载重的大小和载重传递方式，确定管顶最小覆土深度。我国规范规定在车行道下，管顶最小覆土深度一般不小于0.7m。没有载重车辆通过的地区，管顶最小覆土深度可适当减小。

气候温暖、地形平坦的地区，排水管道的最小埋深，决定于户线管和车间排出管在衔接上的要求，受室内污水管出口的控制。室内污水管的最小埋深，通常采用0.55~0.65m。

第6节 塑料管的修理

塑料管种类很多，主要有聚氯乙烯管、聚乙烯管、聚丙烯管及玻璃钢管等。本节着重介绍硬聚氯乙烯管和玻璃钢管的修理。

(一) 硬聚氯乙烯管的修理

1. 硬聚氯乙烯管的性能和应用

硬聚氯乙烯管的物理机械性能见第二十二章第一节。硬聚氯乙烯管有良好的耐腐蚀性能，见表23-6-1。

表23-6-1 硬聚氯乙烯塑料的耐腐蚀性能

介 质	浓 度 (%)	温 度 (°C)	耐 腐 蚀 性 能
液 氨	100	20	尚耐
	100	60	尚耐
氨 水	饱和	40	耐
	饱和	60	尚耐
	28	71	耐
硫 酸	≤40	40	耐
	≤80	60	尚耐
	70	71	耐
	80~90	40	耐
	96	20	耐
	98	20	尚耐
硝 酸	≤50	50	耐
	≤50	60	尚耐
	50~70	20	耐
	70	60	尚耐
	40	71	耐
	95~98	20	不耐
盐 酸	≤30	40	耐
	≤30	60	尚耐
	饱和 浓	60	耐 尚耐
磷 酸	30~90	60	耐
氢氧化钠	25	71	耐
	≤40	50	耐
	≤40 50~60	60 60	尚耐 耐
硝酸铵	稀	40	耐
	稀	60	尚耐
	饱和	60	耐
氯化钠	任何 稀	≤60 60	耐 尚耐
	氯 气	(干)10	20
(湿)10		20	尚耐
苯	100	20	不耐
甲 苯	100	20	不耐

(续)

介 质	浓 度 (%)	温 度 (°C)	耐 腐 蚀 性 能
二甲苯	100	20	不耐
二氯乙烷	100	20	不耐
氢氧化钾	20	60	耐
	≤40	40	耐
	≤40	60	尚耐
	50~60	60	耐
硫酸铵	稀	40	耐
	稀	60	尚耐
	饱和	60	耐
海水	—	≤60	尚耐
四氯化碳	100	20	尚耐
	100	60	不耐
乙醇	任何 96~100	40	耐
		60	尚耐
丙酮	微量	20	不耐
	100	20	不耐
汽油、煤油	—	60	耐

硬聚氯乙烯管能耐各种浓度的酸类、碱类、盐类溶液的腐蚀，但不耐芳香族碳氢化合物（如苯、甲苯等）氯代碳氢化合物（如氯化苯、二氯乙烷）酮类以及强氧化剂等介质。

硬聚氯乙烯管还有良好的可焊性和绝缘性能。

硬聚氯乙烯管广泛用于化学纤维、电镀、化肥工业，酸、碱溶液的输送，机械冶金工业的酸洗工程，也可用来输送煤气及腐蚀气体的通风和排气。近年来，生活污水的输送也越来越广泛地采用。

硬聚氯乙烯管的耐热性差，使用温度一般不超过40℃，输送无压力的自流介质时，使用温度也不能超过60℃。

硬聚氯乙烯管的工作压力一般不得超过0.6 MPa。

硬聚氯乙烯管的线膨胀系数大，约为碳素钢管的5~6倍，但导热系数很小。用作输送冷冻盐水或温泉水的管道很有利。

2. 硬聚氯乙烯管的加工

(1) 切削与套丝 硬聚氯乙烯管如同碳素钢管一样可进行各种冷加工。

切割：一般用钢锯或木工锯进行人工切割和机械切割。

坡口：可用锉刀人工锉坡口，也可用坡口机或车床加工坡口。

车削：在普通车床上可加工塑料法兰或管子坡口。

钻孔：硬聚氯乙烯塑料可用普通钻床、手提式电钻等钻孔。在钻孔时，每钻7~8mm应将钻头从孔中提起一次，以除去钻屑并冷却工件。

套丝：硬聚氯乙烯管可用套丝机或套丝板进行套丝加工。

上述加工操作温度必须在10℃以上进行，否则容易脆裂。

(2) 硬聚氯乙烯管的煨弯 硬聚氯乙烯管的弯头制作采用热煨。公称通径<200mm的管子，弯曲半径为管子公称通径的3.5~4倍，公称通径>200mm的管子，采用焊接弯头。

煨管前一般先用木块在木板上钉成弯管胎模，弯管模内衬薄的白铁皮，如图23-6-1所示。

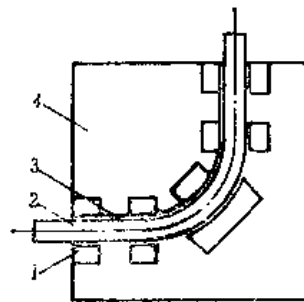


图23-6-1 塑料管简易弯管模
1—成型定位木块 2—塑料管
3—白铁皮 4—底板

管内填充无杂质的干细砂，捣实。将管子放入蒸汽加热箱或电加热箱，加热温度控制在130~150℃之间。加热时间根据管径大小而定，可参照表23-6-2进行。加热时间到后，将管子迅速从箱内取出，放入弯管胎模内，用水冷却并立即倒出砂子，再继续用水冷却即成。

3. 硬聚氯乙烯管的连接

硬聚氯乙烯管的连接方式有承插连接、套管连接、法兰连接和焊接连接。

(1) 承插连接 承插连接强度较好、耐压高，公称通径200mm以下的硬聚氯乙烯塑料管，直径相同的最好采用此种连接。

承插连接前，必须预先将管子的一端扩张成承口，步骤如下：

1) 将作为承口的管端加工成30°内坡口如图

表23-6-2 热弯硬聚氯乙烯管蒸汽
间接加热时间

管子公称 直径 (mm)	≤65	80	100	150	200
加热时间 (min)	15~20	20~25	30~35	45~60	60~75

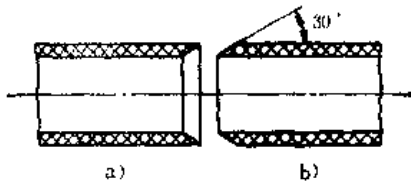


图23-6-2 管口膨胀前的坡口

23-6-2 a 所示。将作为插口的管端加工成 30° 的外坡口，如图23-6-2 b 所示。

2) 备一简易甘油加热锅，如图23-6-3所示。锅内底部垫一层30mm砂，先将锅内甘油加热至 $140\sim 150^\circ\text{C}$ ，然后将承口管端放入锅内，入油加热长度（即承口长度）为管子直径的1~1.5倍。加热时间为2~4 min，并不断转动管子。

3) 管端加热后，迅速取出，将另一根同样规格的已加工成外坡口的管端（插口端）插入已加热变软的管端，使其扩大为承口，成型后再将插口端拔出即可。

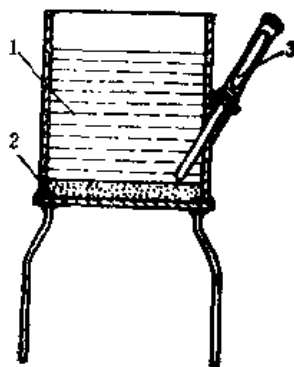


图23-6-3 甘油加热锅
1—甘油 2—砂子 3—温度计

承插连接时，先将承口内壁和插口外壁用酒精或丙酮擦洗干净，再均匀地涂上一层过氯乙烯粘结剂（由20个重量单位过氯乙烯树脂与80个重量单位的二氯乙烷或丙酮组成），然后将插口插入承口内，承插长度可按表23-6-3采用。

承插口之间应紧密结合，间隙不得大于0.3mm。

表23-6-3 承插长度 (mm)

公称直径 D_N	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
承插长度 L	40	45	50	65	70	80	100	125	150	200

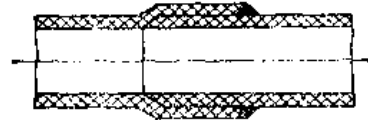


图23-6-4 塑料管承插连接

为了增加强度，再将接口处焊接起来，如图23-6-4所示。

(2) 套管连接 先将管子对接焊接，把对接焊缝铲平后，在接头上加套管（套管用板材卷制，在套管与连接管之间也涂上过氯乙烯粘结剂），然后将套管两端与连接管焊接在一起，如图23-6-5所示。套管尺寸见表23-6-4。

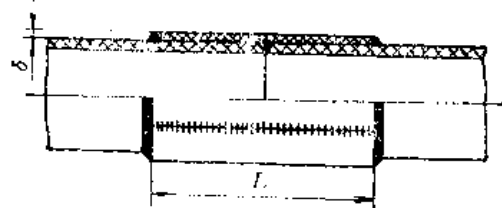


图23-6-5 塑料管的套管连接

表23-6-4 套管尺寸 (mm)

公称直径 D_N	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
套管长度 L	56	72	94	124	146	172	220	272	330	436
套管壁厚 δ	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7

(3) 法兰连接 硬聚氯乙烯塑料管法兰连接结构简单，可以拆卸，但不耐高压，常用于常压或压力不高的管道连接。

硬聚氯乙烯塑料管常用的有卷边松套法兰连接、扩口松套法兰连接和平焊法兰连接等几种形式。

1) 卷边松套法兰连接 首先在管口翻出卷边肩，卷边肩的做法是：先将管端加热（加热方法与管口膨胀同），套上钢法兰，再将管子固定在翻边器上，然后将预热至 $80\sim 100^\circ\text{C}$ 的翻边内胎推入

加热变软的管口，使管口翻成垂直于管子轴线的卷边肩，即卷边（翻边）松套法兰做成，安装时用普通钢质螺栓紧固连接。翻边内胎模用金属制成，如图23-6-6所示，几种常见规格尺寸列于表23-6-5。

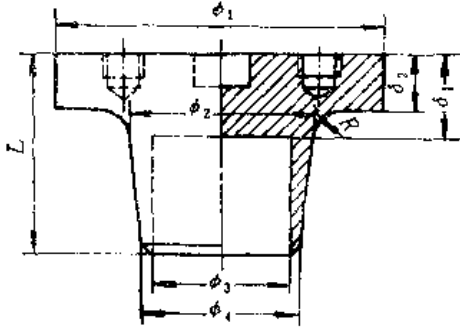


图23-6-6 硬聚氯乙烯管翻边内胎模

表23-6-5 胎模尺寸 (mm)

管子规格	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4	L	δ_1	δ_2	R
D65×4.5	105	56	40	46	65	30	20.5	9.5
D76×5	116	60	50	56	75	30	20	10
D90×6	128	76	60	66	85	30	19	11
D114×7	160	96	80	86	100	30	18	12
D166×8	206	150	134	140	100	30	17	13

2) 扩口松套法兰连接 一般用于公称直径200mm以下的管子，管口扩张与承插连接的扩口方法相同。管口加热后插入内衬圈，冷却后将管口和内衬圈焊接在一起，并把焊缝铲平，然后用钢法兰连接，如图23-6-7所示。法兰连接尺寸与钢管法兰相同。

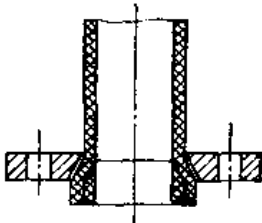


图23-6-7 塑料管扩口松套法兰

3) 平焊法兰连接 平焊法兰连接是将硬聚氯乙烯塑料法兰平焊在管子端部，然后用金属螺栓连接。法兰用塑料板材车制，法兰内径的两面都车成45°坡口，两面都应与管子焊牢，然后车平毛刺和焊肉，如图23-6-8所示。

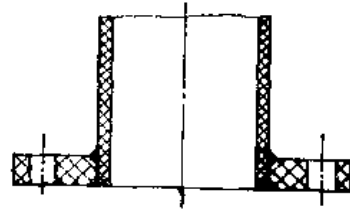


图23-6-8 塑料管平焊法兰

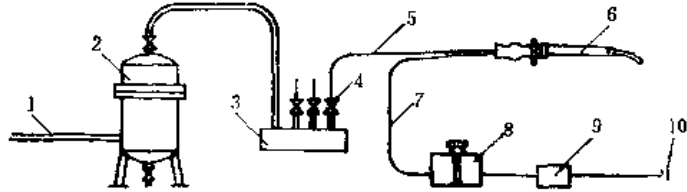


图23-6-9 热空气焊接设备及配置示意图

1—压缩空气管 2—空气过滤器 3—分气缸 4—控制阀
5—软管 6—焊枪 7—电源线 8—调压变压器 9—漏
电自动切断器 10—220V电源

硬聚氯乙烯塑料管采用法兰连接时，应当使用软塑料垫片。

(4) 焊接连接 硬聚氯乙烯塑料管的焊接方法目前主要是热空气焊接法。

热空气焊接设备及其配置如图23-6-9所示。塑料焊条直径是根据所焊管子的壁厚进行选择，表23-6-6可供参考。

表23-6-6 焊条直径选择

管子壁厚(mm)	2~5	5.5~15	>15
焊条直径(mm)	2~2.5	3~3.5	3.5~4

对接焊接的管端应开60°~80°坡口，留1mm的钝边，对口间隙为0.5~1.5mm。

焊接气流温度为230~250℃，通过调压变压器调节焊枪内电热丝供电电压来控制。

焊接操作是左手持焊条，手指捏在焊条距焊点100~120mm处，并对焊条施以一定压力，焊条与焊缝垂直。右手持焊枪，焊枪喷嘴距焊点7~10mm，喷嘴与焊条夹角为45°左右，如图23-6-10所示。

焊接速度与焊接温度和焊条直径有关。焊接中既要使焊条充分熔融，又不能有过烧现象。

焊缝要求：焊条必须排列紧密，不能有空隙，各层焊条的接头错开，焊缝饱满、平整、均匀，无波纹、断裂、烧焦、吹毛和未焊透等缺陷。

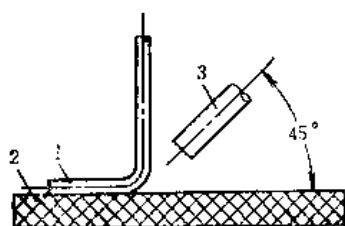


图23-6-10 塑料焊接示意图
1—焊条 2—焊件 3—焊枪喷嘴

(5) 塑料管安装的一般要求

1) 硬聚氯乙烯塑料管的线膨胀系数大，因此不能靠近输送高温介质的管道敷设。热膨胀的补偿一般采用方形补偿器，大直径的卷焊管道，也可采用波形补偿器。

2) 输送液体介质的硬聚氯乙烯塑料管，在30℃以下运行时，支架间距不大于表23-6-7所列数值。在40℃左右运行时，应敷设在连续的基座或托撑角钢上。输送气体介质在常温下运行时，支架间距可适当增大。较重阀门处应设置单独支架。

表23-6-7 硬聚氯乙烯塑料管道支架间距

公称直径 (mm)	15	20	25~40	50~100	125~250
支架间距 (m)	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0

3) $D_N < 200\text{mm}$ 的聚氯乙烯管采用热弯弯头。 $D_N \geq 200\text{mm}$ 聚氯乙烯管和卷焊的直缝硬聚氯乙烯塑料管一般采用焊接弯头。焊接弯头弯曲半径应不小于公称直径的1.5倍，90°焊接弯头的节数不应小于3节，45°焊接弯头的节数不应小于两节。

4) 硬聚氯乙烯管的调直方法，是把弯曲的管子放在平直的调直凳上，在管内通入蒸汽，使管子变软，在自重作用下被调直。

5) 硬聚氯乙烯塑料管穿过墙壁或楼板时，必须用金属套管加以保护。

6) 管道安装完毕，应按设计要求进行水压或气压试验。试验介质及环境温度不能低于10℃。试压过程中，不能敲击管子。

(二) 玻璃钢管道的修理

目前，玻璃钢管道在工业管道工程中占有越来越重要的位置，在石油、化工、印染、废水废气处理等工程中广泛用到。

玻璃钢管道重量轻，具有较高的强度，良好的

耐热性、耐腐蚀性和绝缘性，加工操作工艺简单，具有良好的工艺性能。

1. 玻璃钢管道的加工

玻璃钢管道的加工如同硬聚氯乙烯管道一样，可进行锯、钻、车、铣等机械加工，但加工后不允许有分层和脱落现象。

玻璃钢弯头制作，可采用虾米腰弯头，虾米腰的下料与碳素钢管同，拼装后用浸透胶合剂的玻璃布带缠绕而成。也可使用虾米弯的胎具，用浸透胶合剂的玻璃布缠绕其上，干固后脱模而成。

玻璃钢三通可在直管段的三通部位用手锯开洞，然后用胎具插入洞口，用浸透胶合剂的玻璃布缠绕并做好接口，待干固后脱膜而成。

2. 玻璃钢管道的连接

玻璃钢管的连接方法一般有法兰连接、套管粘接连接、承插粘接连接及螺纹连接。

(1) 法兰连接 法兰连接有两种，如图23-6-11所示。一种是用模压玻璃钢法兰，安装在管子两端，用胶合剂把法兰和管子粘接起来，大多数厂家出厂时已做好。另一种是用金属或玻璃钢对开式活套法兰，管子在绕制时，两端特意制成凸缘形式。

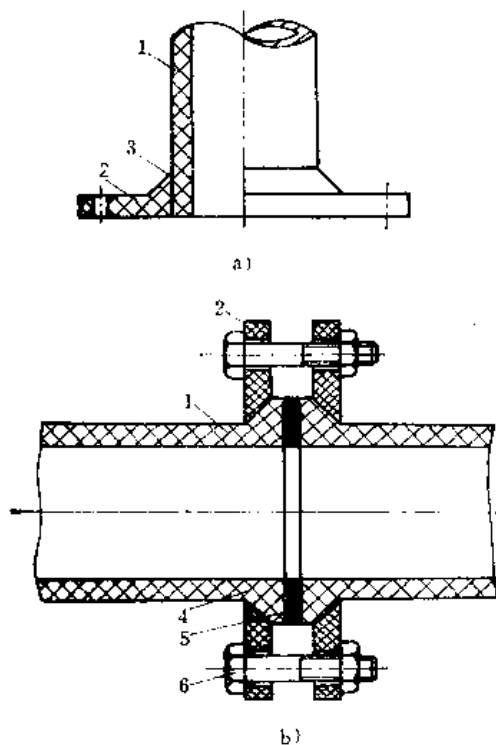


图23-6-11 玻璃钢管道的法兰连接
a) 粘结玻璃钢法兰 b) 玻璃钢对开式活套法兰
1—玻璃钢管 2—法兰 3—胶合剂 4—凸缘
5—垫片 6—螺栓、螺母

(2) 套管粘结连接 将管子对接, 在对接口套上套管, 然后在套管处涂上胶合剂对口粘结, 再用浸透胶合剂的玻璃布带, 在接口处加缠数层, 经自然干燥后即可。如图23-6-12 a 所示。

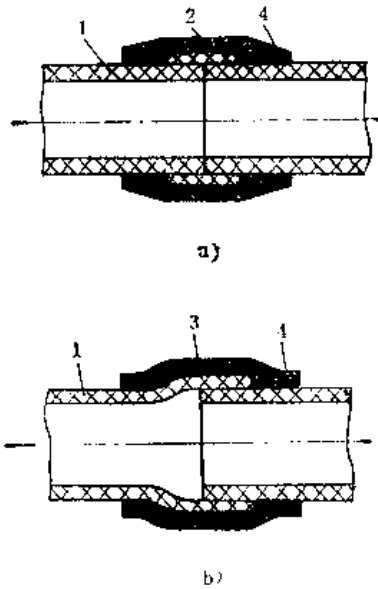


图23-6-12 玻璃钢管的套管和承插粘结连接
a) 套管粘结连接 b) 承插粘结连接
1—玻璃钢管 2—玻璃钢套管 3—承插口
4—浸透胶合剂的玻璃布带

(3) 承插粘结连接 在承口内表面和插口外表面涂上胶合剂, 插入粘合后, 再用浸透胶合剂的玻璃布带在该处加缠数层, 经自然干燥后即可, 如图23-6-12 b 所示。

(4) 螺纹连接 直径在65mm 以下的玻璃钢管也可采用螺纹连接, 连接时将螺纹处涂上胶合剂, 然后拧紧即可。

3. 玻璃钢管道的粘结技术

玻璃钢管粘结时应注意做到:

- 1) 被粘结的两个面都应用胶合剂涂抹均匀, 然后再粘合。
- 2) 用于缠绕的玻璃布带厚度应选用0.1~0.3 mm, 不宜过厚, 胶合剂必须浸透。
- 3) 缠绕玻璃布时每一层都要缠紧, 不得残存气泡或产生脱层等现象。
- 4) 胶合剂应随配随用, 夏天应在30min 内用完, 冬天应在40min 内用完。
- 5) 胶合剂的固化剂有毒, 配制胶合剂和玻璃钢接口操作时, 应在通风良好的地方进行并戴好口罩。

6) 玻璃钢胶合剂的配方, 随玻璃钢管种类不同而异。几种常用玻璃钢管胶合剂的参考配方列于表23-6-8~表23-6-13。

表23-6-8 环氧玻璃钢管胶合剂参考配方

胶 合 剂 组 成	配 方 (重量比)			
	I	II	III	IV
环氧树脂(G101)	100	100	100	100
苯脂树脂	10			
邻苯二甲酸二丁酯	10~15	10~15	10~15	
亚磷酸二苯酯		5		
间苯二胺	14~16		14~16	
乙二胺(65%)		6~8		6~8
填料(石墨粉、石英粉、辉绿岩粉)	25~30	适量	30~40	30~40
丙酮(或无水乙醇)	适量(15~20)	适量(10~15)	适量(20~30)	适量(20~30)
备 注	用于贴衬设备需热固	用于输送液体介质的玻璃钢管道	加热固化	常温固化

表23-6-9 酚醛玻璃钢管胶合剂参考配方

胶 合 剂 组 成	配方(重量比)	胶 合 剂 组 成	配方(重量比)
酚醛树脂(2130)	100	填料(石墨粉、石英粉、辉绿岩粉) 乙醇	20~25
苯磺酰氯	6~8		适量(15~20)
胶泥改进剂	10		

表23-6-10 酚醛-呋喃玻璃钢胶合剂参考配方

胶合剂组成	配方(重量比)	胶合剂组成	配方(重量比)
呋喃树脂	70	对甲苯磺酰氯	8~10
酚醛树脂(2130)	30	填料(石墨粉、石英粉)	适量
邻苯二甲酸二丁酯	10	丙酮(或乙醇)	适量

表23-6-11 环氧-酚醛玻璃钢管胶合剂参考配方

胶合剂组成	配 方 (重量比)		
	I	II	III
环氧树脂(6101)	70~80	70~80	60
酚醛树脂(2130)	20~30	20~30	40
聚脂树脂(304)	14~16	10	
间苯二胺	10~15	14~15	
邻苯二甲酸二丁酯		10	
亚磷酸三苯脂	20~30	20~30	
填料(石墨粉、石英粉、辉绿岩粉)	20~30	20~30	
丙酮(或乙醇)	适量(20~30)	适量(10~15)	适量

表23-6-12 环氧-呋喃玻璃钢管胶合剂参考配方

胶合剂组成	配 方 (重量比)		
	I	II	III
环氧树脂(6101)	30	30	50
呋喃树脂	70	70	50
亚磷酸三苯脂	10	10	
邻苯二甲酸二丁酯		10	10
乙二胺(65%)		6~8	
多乙基多胺	10		10
填料(石墨粉)	50	30	适量
乙醇	适量	适量	适量

表23-6-13 呋喃玻璃钢管胶合剂参考配方

胶合剂组成	配 方 (重量比)	
	I	II
呋喃树脂(或糠醇树脂)	100	100
苯磺酰氯	6~8	10~14
填料(辉绿岩粉)	20	适量
乙醇	20	适量