

第一章 管路设计标准

一、管路的压力等级及管径系列

1. 管路的压力等级

管路、管件的公称压力从 2.5 到 320 公斤/厘米²，共分为 2.5、6、10、16、25、40、64、100、160、200、250、320 等 12 级。公称压力以 P_g 表示。按照目前使用习惯， P_g 2.5~16 为低压， P_g 25~64 为中压， P_g 100~1000 为高压， P_g 1000 以上为超高压。

在 GB 1048-70 中还有 P_g 0.5、1、4、80、130、400~2500 等级。在氮肥中过去还使用过 P_g 220 标准，现仍在使用中。

2. 管径系列

为使管子、管件连接尺寸的统一，采用符号 D_g 表示其公称直径。一般情况下，管子及管件的內径，接近于公称直径，但不一定等于公称直径。

管子、管件除可用法兰连接外，还有螺纹连接结构。管子、管件的公称直径系列及相应的管螺纹见表 1-1。

表 1-1 管子、管件的公称直径

公称直径 D_g (毫米)	相应的管螺纹 (英寸)	公称直径 D_g (毫米)	相应的管螺纹 (英寸)	公称直径 D_g (毫米)	相应的管螺纹 (英寸)	公称直径 D_g (毫米)	相应的管螺纹 (英寸)
3	—	65	2½	350		1400	
6	—	80	3	400		1600	
(8)	(1/4)	100	4	450		1800	
10	(3/8)	125	(5)	500		2000	
15	1/2	150	(6)	600		2200	
20	3/4	(175)	(7)	700		2400	
25	1	200	(8)	800		2600	
32	1¼	(225)	(9)	900		2800	
40	1½	250	(10)	1000		3000	
50	2	300	(12)	1200			

注：本表摘自 JB 73-59 及 GB 1047-70，带括号的表示不常用。

二、管路的水压试验压力

管子和管路附件的公称压力 P_g 和试验压力 P_s 的关系，见表 1-2。

操作温度高于 200℃ 的钢制管路，试验压力 P_s 可按下列公式计算：

表 1-2 管子的公称压力 P_g 和试验压力 P_s (摘自 GB 1048-70) (公斤/厘米²)

公称压力 P_g	试验压力 P_s	公称压力 P_g	试验压力 P_s	公称压力 P_g	试验压力 P_s	公称压力 P_g	试验压力 P_s
0.5	—	25	38	200	300	1000	1300
1	2	40	60	250	380	1250	1600
2.5	4	64	96	320	480	1600	2000
4	6	(80)	(120)	400	560	2000	2500
6	9	100	150	500	700	2500	3200
10	15	(130)	(195)	640	900		
16	24	160	240	800	1100		

对于中、低压管路

$$P_s = 1.25P \frac{[\sigma]'}{[\sigma]} \quad (1-1)$$

对于高压管路

$$P_s = 1.5P \frac{[\sigma]'}{[\sigma]} \quad (1-2)$$

式中 P ——操作压力, 公斤/厘米²;

$[\sigma]'$ ——常温下材料的许用应力, 公斤/厘米²;

$[\sigma]$ ——操作温度下材料的许用应力, 公斤/厘米²。

用于真空的管路及管件, 以 2 公斤/厘米²表压进行试验。

三、在不同温度下, 管子、管件的公称压力和最大工作压力

1. 铸 铁 制 件 (表 1-3)

表 1-3 铸铁制件的公称压力和最大工作压力

材 料 名 称	介 质 工 作 温 度 (°C)					
灰铸铁及可锻铸铁	至 120	200	250	300		
耐酸硅铸铁	至 120					
球墨铸铁	至 120	200	250	300	350	375
公称压力 P_g (公斤/厘米 ²)	最 大 工 作 压 力 (公斤/厘米 ²)					
1	1	1	1	1	0.8	0.7
2.5	2.5	2.5	2	2	1.9	1.6
6	6	5.5	5	5	4.5	4.2
10	10	9	8	8	7.5	7
16	16	15	14	13	12	10
25*	25	23	21	20	18	16
40*	40	36	34	32	32	28

注: 有 * 者, 不用于灰铸铁制件。

2. 青铜、黄铜和紫铜制件 (表 1-4)

表 1-4 青铜、黄铜和紫铜制件的公称压力和最大工作压力

公 称 压 力 P_g (公斤/厘米 ²)	介 质 工 作 温 度 (°C)			
	至 120	160	200	250
	最 大 工 作 压 力 (公斤/厘米 ²)			
1	1	1	1	0.7
2.5	2.5	2.2	2	1.7
6	6	5.5	5	4
10	10	9	8	7
16	16	14	13	11
25	25	22	20	17
40	40	36	32	27
64	64			
100	100			
160	160			
200	200			
250	250			

3. 碳素钢及合金钢制件 (表 1-5)

表 1-5 碳素钢及合金钢制件的公称压力和最大工作压力

材 料	介 质 工 作 温 度 (°C)																		
	至200	250	275	300	325	350	375	400	415	425	435	450	450						
A3	至200	250	275	300	325	350													
10, 20, 25, 35, 20g, ZG25	至200	250	275	300	325	350	375	400		425	435	450							
16Mn, ZG20Mn	至200	300	325	350	375	400	410	415		425	435	440	450						
15MnV	至250	300	350	375	400	410	420	430	440	450									
15MnMoV, 16Mo	至250	350	400	425	450	460	470	480	490	500	510	520							
12CrMo, 15CrMo	至250	350	400	425	450	460	470	480	490	500	510	520	525	530	535	540			
Cr5Mo	至250	350	400	425	450	475	480	490	500	505	515	525	535	540	545	550			
12Cr1MoV, 12MoVWBSiRe	至250	350	400	425	450	475	500	510	520	530	540	550	560	570	580				
12Cr2MoWVB	至250	350	400	425	450	475	500	520	540	560	570	580	590	595	600				
1Cr18Ni9Ti Cr18Ni12Mo2Ti	至250	350	400	425	450	475	500	525	545	560	580	600	610	620	630	635	640	650	
0Cr13, 1Cr13, 2Cr13	至250	300	350	375	400														
公称压力 P_g (公斤/厘米 ²)	最 大 工 作 压 力 (公斤/厘米 ²)																		
1	1	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
2.5	2.5	2.3	2.1	2	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6
6	6	5.5	5.1	4.8	4.5	4.3	4	3.8	3.6	3.3	3	2.7	2.4	2.1	1.9	1.8	1.7	1.6	1.6
10	10	9.2	8.6	8.1	7.5	7.1	6.7	6.4	6	5.5	5	4.5	4	3.6	3.2	3	2.8	2.5	2.5
16	16	15	14	13	12	11	10.5	10	9.5	9	8	7	6.4	6	5	4.8	4.5	4	4
25	25	23	21	20	19	18	17	16	15	14	12	11	10	9	8	7.5	7	6	6

续表

公称压力 P_g (公斤/厘米 ²)	最大工作压力 (公斤/厘米 ²)																	
	40	37	34	32	30	28	27	25	24	22	20	18	16	14	13	12	11	10
40	40	37	34	32	30	28	27	25	24	22	20	18	16	14	13	12	11	10
64	64	59	55	52	49	46	44	41	38	35	32	28	25	23	20	19	18	16
100	100	92	86	81	76	72	68	64	60	56	50	45	40	36	32	30	28	25
160	160	147	137	130	121	115	108	102	96	90	80	72	64	57	51	48	45	40
200	200	184	172	162	152	144	136	128	120	112	100	90	80	72	64	60	56	50
(220)	220	202	189	178	167	158	150	140	132	123	110	99	88	79	70	66	61	55
250	250	230	215	202	190	180	170	160	150	140	125	112	100	90	80	75	70	62
320	320	294	275	259	243	230	217	205	192	179	160	144	128	115	102	96	89	80

注：12CrMoV 可参考 15CrMo 的数据，但 500°C 以上可提高一档，如 500°C 可用于 510°C。

4. 纯铝制件(压延) (表 1-6)

表 1-6

纯铝制件的公称压力和最大工作压力

公称压力 P_g (公斤/厘米 ²)	介质工作温度 (°C)						
	至 30	60	80	100	120	140	160
	最大工作压力 (公斤/厘米 ²)						
1	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5
2.5	2.5	2.2	2	1.8	1.6	1.4	1.2
4	4	3.5	3.2	2.9	2.5	2.3	2
6	6	5.4	4.8	4.3	3.8	3.5	3

注：当采用 HG 5026-58 铝法兰 P_g 6 时，80°C 下的最大工作压力仍为 6 公斤/厘米²。

5. 软铅的强度折减系数 (表 1-7)

表 1-7

软铅的强度折减系数

介质温度 (°C)	≤30	60	80	100	120	140
强度折减系数	1	0.64	0.56	0.5	0.4	0.32

6. 几点说明

(1) 以上列出五类管子、管件常用材料在不同温度下的公称压力与最大工作压力的关系，这些材料一般都是在一定的温度区间内使用的。对于推荐使用温度范围很狭的材料如 Cr 25 Ni 20、Gr 16 Ni 36、10 MoWVNb 及低温用钢等均未列入。

(2) 对于有些材料，如在 250°C 以下的青铜耐热性变化曲线与碳素钢的耐热性变化曲线相类似时，可采用碳素钢制件的工作压力表。

(3) 表中所指压力均为表压。

(4) 当工作温度为表中温度级中间值时，可用插入法决定最大工作压力。

(5) 上面所列的工作压力是只考虑材料因温度升高而降低强度的相应的工作压力的降低值。在特殊情况下，例如：重复的冲击，水锤，热胀应力，介质的物化特性（毒性、爆炸性等），介质对材料的腐蚀以及在短时使用条件下（2 万小时或更短），管子、管件应按计算或专门的技术规范所规定的压力。

第二章 金属管子、管件强度计算

一、中、低压管路用管子壁厚计算

1. 碳钢、合金钢无缝钢管和焊接钢管

(1) 管子壁厚计算

碳钢、合金钢无缝钢管和焊接钢管在受内压时，其壁厚按下式计算：

$$\delta = \frac{PD}{200[\sigma]\varphi + P} + C \quad (2-1)$$

式中 δ ——管壁厚度(毫米)；

P ——管内介质工作压力(公斤/厘米²)；在压力不高时，式中分母的 P 值可取 $P=0$ ，以简化计算；

D ——管子外径(毫米)；

φ ——焊缝系数，无缝钢管 $\varphi=1$ ，直缝焊接钢管 $\varphi=0.8$ ，螺旋缝焊接钢管 $\varphi=0.6$ ；

$[\sigma]$ ——管材的许用应力(公斤/毫米²)，管材在各种温度下的许用应力值详见表 2-5；

C ——管子壁厚附加量(毫米)。

管子壁厚附加量按下式确定：

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad (2-2)$$

式中 C_1 ——管子壁厚负偏差附加量(毫米)。

无缝钢管(YB 231-70)和石油裂化用钢管(YB 237-70)壁厚负偏差见表 2-1。

表 2-1 无缝钢管和石油裂化用钢管壁厚负偏差

钢管种类	壁厚 (毫米)	壁厚偏差 (%)
冷拔(冷轧)钢管 热轧钢管	>1	-15
	3.5~20	-15
	>20	-12.5

不锈钢、耐酸钢无缝钢管(YB 804-70)壁厚负偏差见表 2-2。

表 2-2 不锈钢、耐酸钢无缝钢管壁厚负偏差

钢管种类	壁厚 (毫米)	壁厚偏差 (%)	
		普通级	高级
冷拔(冷轧)钢管	≤1	-0.15毫米	-0.10毫米
	>1~3	-15	-10
	>3	-12.5	-10
热轧钢管	≤10	-15	-12.5
	>10~20	-20	-15
	>20	-15	-12.5

普通碳素结构钢和优质碳素结构钢厚钢板的厚度负偏差，按热轧厚钢板厚度负偏差(GB 709-65)的规定，见表 2-3。

表 2-3 热轧厚钢板的厚度负偏差 (毫米)

厚度 负偏差	宽度				
	600~1700	1701~1800	1801~2000	2001~2500	2501~3000
4	-0.4				
4.5~5.5	-0.5	-0.5			
6~7	-0.6	-0.6	-0.6		
8~10	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	
11~25	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
26~30	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9

C_2 ——腐蚀裕度(毫米)；

介质对管子材料的腐蚀速度 ≤ 0.05 毫米/年时(包括大气腐蚀)，单面腐蚀取 $C_2=1.5$ 毫米，双面腐蚀取 $C_2=2\sim 2.5$ 毫米。

当管子外面涂防腐油漆时，可认为是单面腐蚀，当管子内外壁均有较严重的腐蚀时，则认为是双面腐蚀。

介质对管子材料的腐蚀速度大于 0.05 毫米/年时，由设计者根据腐蚀速度与设计寿命决定 C_2 值。

C_3 ——管子加工减薄量(毫米)。

车螺纹的管子， C_3 即为螺纹的深度；如管子不车螺纹，则 $C_3=0$ 。 55° 圆锥状管螺纹(YB822-57)的螺纹深度见表 2-4。

表 2-4 55° 圆锥状管螺纹深度

公称直径(英寸)	螺纹深度(毫米)
1/2 3/4	1.162
1 1 1/4 1 1/2 2 2 1/2 3 4 5 6	1.479

(2) 管子壁厚选用

无缝钢管和焊接钢管，在石油化工生产中应用极广泛，因它具有材质均匀和强度高，能输送有压力的物料，如蒸汽、高压水、过热水以及易燃、易爆、有毒的物料等特点。另外，合金钢、耐热钢和不锈钢管还可以输送强腐蚀性或高温的介质。

在以往的石油、化工厂设计中，管壁厚度均以公称压力分级。可是在确定某一公称压力在不同温度下的最大操作压力时，所选用的许用应力值，要比管子在相应温度下的许用应力为低，因而按公称压力计算的管壁厚度，就不太合理了。为了节约钢材，选用

合理，以适应采用新钢种钢管，管壁厚度由公称压力分级改为管子表号分级。并在各表号前加以管子(GUANZI)拼音字母的第一个字母G，如G6、G10、G20、G30、G45、G60、G100、G120、G140。

$$\text{管子表号} = \frac{P}{[\sigma]} \times 10 \quad (2-3)$$

式中 P ——管内介质压力(公斤/厘米²);

$[\sigma]$ ——管子材料在操作温度下的许用应力(公斤/毫米²)。

在选用管子壁厚时,先在表 2-5 中查出该种管材在操作温度下的许用应力值,然后在图 2-1 中查出管子表号。最后,再由表 2-7~9 中查出各类管子的管壁厚度。

【例 1】 选用操作压力 16 公斤/厘米²、温度 250°C、公称直径 100 毫米、20 号钢制无缝钢管的管壁厚度。

由表 2-5 中查出 250°C 时 20 号钢的许用应力值为 11.3 公斤/毫米²,然后在图 2-1 中的纵坐标上找到许用应力值,横坐标上找到操作压力值,由二线交点向上查出管子表号为 G20,再在表 2-7 中查出公称直径 100 毫米的管子壁厚为 4 毫米。

【例 2】 求操作压力 6 公斤/厘米²、温度 400°C、公称直径为 500 毫米的管子壁厚。

选用 20 g 钢螺旋缝焊接管,由表 2-6 中查出 400°C 时 20 g 钢板的许用应力值为 9.4 公斤/毫米²,然后在图 2-1 中的纵坐标上找到许用应力值,横坐标上找到操作压力值,由二线交点向上查出管子表号为 G10,再在表 2-9 中查出公称直径 500 毫米的管子壁厚为 7 毫米。

选用 20 g 钢直缝焊接管,则用上述方法,可在表 2-8 中查出公称直径 500 毫米的管子壁厚为 6 毫米。

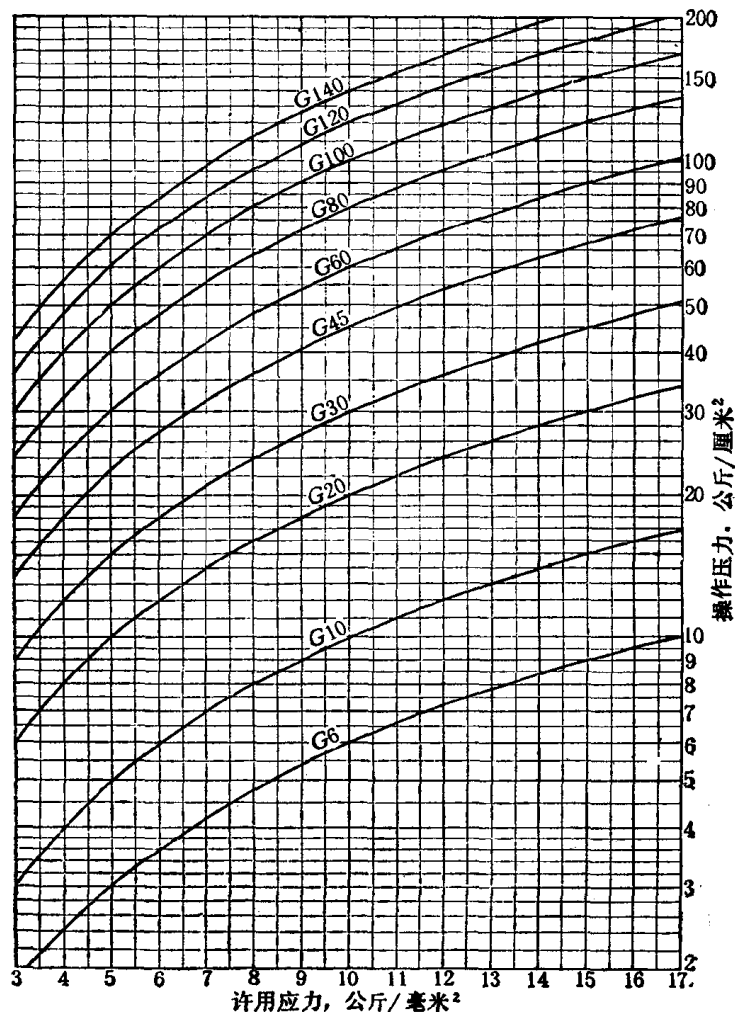


图 2-1 碳钢、合金钢无缝钢管和焊接钢管管子表号选用图

表 2-5

钢 管 材 料

序号	钢 号	材料标准	壁 厚 (毫米)	常温机械性能		在 下 列 温									
				σ_b	σ_s	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	
1	10	YB 231-70 YB 237-70	≤10	3400	2100	1130	1130	1090	1000	910	840	780	720	670	
			>10~20	3200	1900	1070	1070	1030	970	910	840	780	720	670	
2	20	YB 231-70 YB 237-70	≤10	4000	2500	1330	1330	1310	1220	1130	1030	940	840	800	
			>10~20	3800	2300	1270	1270	1270	1220	1130	1030	940	840	800	
3	16 Mn	YB 231-70	≤10	5000	3300	1670	1670	1670	1630	1500	1380	1280	1190	950	
			>10~20	4800	3100	1600	1600	1600	1590	1500	1380	1280	1190	950	
			>20	4600	2900	1530	1530	1530	1470	1380	1280	1190	1090	950	
4	15 MnV	YB 231-70	≤10	5200	3800	1730	1730	1730	1730	1690	1560	1470	1380	1310	
			>10~20	5000	3600	1670	1670	1670	1670	1670	1560	1470	1380	1310	
			>20	4800	3400	1600	1600	1600	1600	1560	1470	1380	1280	1230	
5	12 CrMo	YB 237-70	4200	2500	1400	1400	1310	1250	1190	1130	1060	1000	970		
6	15 CrMo	YB 237-70	4500	2600	1500	1470	1380	1310	1250	1190	1130	1060	1030		
7	12 Cr 1 MoV	YB 231-70	4800	2600	1600	1470	1380	1310	1250	1190	1130	1060	1030		
8	10 MoWVNb		4800	3000	1600	1600	1600	1600	1590	1560	1500	1440	1390		
9	Cr 2 Mo	YB 237-70	(4000)	(1800)	1130	1070	1050	1030	1010	980	950	920	890		
10	Cr 5 Mo	YB 237-70	4000	2000	1250	1130	1060	1030	1000	970	940	910	890		
11	09Mn 2 V	YB 231-70	4400	3000	1470										
12	0 Cr 18 Ni 9	YB 804-70		5500	2000	1330	1330	1330	1260	1170	1080	1040	990	970	
						1330	1100	1000	930	870	800	770	730	720	
13	0 Cr 18 Ni 10 Ti	YB 804-70		5500	2100	1400	1400	1400	1310	1230	1170	1120	1100	1090	
						1400	1150	1050	970	910	860	830	810	800	
14	1 Cr 18 Ni 9 Ti	YB 804-70		5600	2100	1400	1400	1400	1310	1230	1170	1120	1100	1090	
						1400	1150	1050	970	910	860	830	810	800	
15	Cr 18 Ni 13 Mo 2 Ti	YB 804-70		6000	2100	1400	1400	1400	1350	1270	1210	1160	1130	1120	
						1400	1190	1090	1000	940	890	860	830	820	
16	Cr 18 Ni 13 Mo 3 Ti	YB 804-70		6000	2100	1400	1400	1400	1350	1270	1210	1160	1130	1120	
						1400	1190	1090	1000	940	890	860	830	820	
17	00 Cr 18 Ni 10	YB 804-70		5000	1800	1200	1200	1200	1100	1040	980	960	930	920	
						1200	970	890	820	770	730	710	690	680	
18	00 Cr 17 Ni 13 Mo 2	YB 804-70		6000	2000	1330	1330	1330	1310	1220	1160	1120	1080	1060	
						1330	1130	1040	970	910	860	830	800	790	
19	00 Cr 17 Ni 13 Mo 3	YB 804-70		6000	2000	1330	1330	1330	1310	1220	1160	1120	1080	1060	
						1330	1130	1040	970	910	860	830	800	790	

注：本表摘自石油化学工业部石油化工规划设计院石油化工压力容器设计规范组 1975 年 7 月报批稿。中间温度的许

1. 退火或回火状态使用。
2. 供需双方协议生产的钢管。
3. 退火状态使用。
4. 常温机械性能不做为交货条件，但钢厂必须检验，并填入质量证明书。
5. 做为负温用钢，必须正火状态使用。
6. 用于允许可能产生 0.1% 永久变形之元件。对于垫片联接的法兰或其它应用在少许变形就产生渗漏的场合，
7. 当使用温度超过 540°C 时，钢中含碳量不得低于 0.04%。
8. 在未获得 100°C 以上高温试验数据之前，这些应力值只供参考。
9. 此钢种尚未列入冶金部标准。

许 用 应 力 值

度 (°C) 下 材 料 的 许 用 应 力 值 (公 斤/厘 米 ²)																					注			
450	475	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670	680		690	700	
620	410																							
620	410																							
620	410																							
620	410																							
670	430																							4
670	430																							4
670	430																							4
1000	650	380																						4
1000	650	380																						4
1000	650	380																						4
940	890	840	740	640	530	410																		1
1000	950	910	790	680	590	510	430	360																1
1000	950	910	890	870	850	830	750	670	600	530														2
1340	1300																							9
850	800	750	700	600	520	440	380	330	280	240	210	180												4.3.8
880	840	800	700	600	530	450	400	350	320	290	260	230	180	150	130	120	100							3
																								5.2
950	930	900	890	880	870	860	850	840	790	740	680	640	590	540	510	480	420	380	340	320	290	260	260	6.7
700	690	670	660	650	650	640	630	620	610	610	600	580	560	540	510	480	420	380	340	320	290	260	260	7
1080	1070	1060	1050	1030	1010	950	850	740	640	570	480	430	380	350	320	280	250	220	190	170	150	120	120	6.7
790	780	780	740	730	730	720	690	660	620	570	480	430	380	350	320	280	250	220	190	170	150	120	120	7
1080	1070	1060	1050	1030	1010	950	850	740	640	570	480	430	380	350	320	280	250	220	190	170	150	120	120	6.7
790	780	780	740	730	730	720	690	660	620	570	480	430	380	350	320	280	250	220	190	170	150	120	120	7
1100	1090	1080	1080	1070	1070	1060	1060	1020	970	920	870	800	740	680	620	570	510	460	420	370	320	280	280	6.7
810	810	800	800	790	780	780	760	760	740	740	720	690	670	650	620	570	510	460	420	370	320	280	280	7
1100	1090	1080	1080	1070	1070	1060	1060	1020	970	920	870	800	740	680	620	570	510	460	420	370	320	280	280	6.7
810	810	800	800	790	780	780	760	760	740	740	720	690	670	650	620	570	510	460	420	370	320	280	280	7
900																								6
670																								6
1040																								6
770																								6

用应力值，可按本表的应力值用内插法求得。

不可采用这些应力值。

表 2-6

钢 板 许

序号	钢 号	材料标准	板 厚 (毫米)	常温机械性能		在 下 列 温									
				σ_b	σ_s	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	
1	A 3 F	GB 700-65	≤20	3800	2400	1270	1270	1270	1250	1160					
2	A 3	GB 700-65	≤20	3800	2400	1270	1270	1270	1250	1160	1060	970	880		
3	20g	GB 713-72	6~16	4100	2500	1370	1370	1370	1340	1250	1160	1060	940	810	
4	16Mn	YB 13-69	≤16	5200	3500	1730	1730	1730	1720	1560	1410	1280	1190	950	
5	16MnR	YB 536-69	6~16	5200	3500	1730	1730	1730	1720	1560	1410	1280	1190	950	
6	1Cr18Ni9Ti	YB 541-70	≤25	5600	2100	1400	1400	1400	1300	1220	1170	1120	1100	1090	
		YB 542-70	≤25	5600	2100	1400	1150	1050	970	910	860	830	810	800	

注：本表摘自石油化学工业部石油化工规划设计院石油化工压力容器设计规范组1975年7月报批稿。
中间温度的许用应力值，可按本表的应力值用内插法求得。

1. 用于允许可能产生0.1%永久变形之元件。对于垫片联接的法兰或其他应用在少许变形就产生渗漏的场合，
2. 当使用温度超过540℃时，钢中含碳量不得低于0.04%。

表 2-7

碳钢和合金钢无缝钢管管壁厚度选用表

公称直径 D_g (毫米)	外 径 D (毫米)	相当的 管螺纹 (英寸)	管 子 表 号										
			G 20	G 30	G 45	G 60	G 80	G 100	G 120	G 140			
			壁 厚 (毫 米)										
10	14	3/8	2		2.5			3			3		
15	18	1/2	2.5		2.5			3				3.5	
20	25	3/4	2.5		3			3.5				4	
25	32	1	2.5		3			4				5	
(32)	38	1 ¹ / ₄	3		3.5			4.5					5.5
40	45	1 ¹ / ₂	3		3.5			5					6
50	57	2	3		4			6					7
(65)	76	2 ¹ / ₂	3.5		4.5			7					9
80	89	3	3.5		5			7					10
100	108	4	4		6			9					12
(125)	133	5	4.5		7			10					14
150	159	6	5		7	8		10	12		14		16
200	219	8	6		8	10		13	15		18		20
250	273	10	7		9	12		15	18		21		24
300	325	12	8		11	14		18	21		24		28
350	377		9		12	16		20	24		28		
400	426		9	10	14	18		22					
450	480		9	11	15	19		24					
500	530		9	12	16	21							
			允许最大操作压力 (公斤/厘米 ²)										
20号钢管在350℃时允许的最大操作压力			21	31.5	47	63	84	105	126	147			
20号钢管在100℃时允许的最大操作压力			26.6	40	60	80	106	133	160	186			

用 应 力 值

度 (°C) 下 材 料 的 许 用 应 力 值 (公 斤/厘 米 ²)																							注
450	475	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700	
620	410																						
670	430																						
670	430																						
1080	1070	1060	1050	1030	1010	950	850	740	640	570	480	430	380	350	320	280	250	220	190	170	150	120	1,2
790	780	780	740	730	730	720	690	660	620	570	480	430	380	350	320	280	250	220	190	170	150	120	2

不可采用这些应力值。

表 2-8 直缝卷制电焊钢管壁厚选用表

公 称 直 径 D_g (毫 米)	外 径 D (毫 米)	管 子 表 号	
		G6	G10
		壁 厚 (毫 米)	
500	530	6	6
600	630	6	6
700	720	6	8
800	820	6	8
900	920	6	8
1000	1020	6	10
1100	1120	8	10
1200	1220	8	10
1300	1320	8	12
1400	1420	8	12
1500	1520	8	12
1600	1620	10	14
1700	1720	10	14
1800	1820	10	14
2000	2020	10	16

注：直缝电焊钢管的管子表号分为G6、G10两种。

表 2-9 螺旋焊缝电焊钢管管壁厚度选用表

公称直径 D_g (毫米)	外 径 D (毫米)	管 子 表 号		
		G6	G10	G20
		壁 厚 (毫 米)		
200	219			6
250	273			7
300	325			8
350	377		6	
400	426		6	
450	478		7	
500	529		7	
600	630		8	
700	720	6	8	

注：螺旋焊缝电焊钢管的管子表号分为G6、G10、G20三种。

表 2-7~9 中所列的管壁厚度是按公式 2-1 计算的，其中已包括管子或钢板厚度的负偏差值和 1.5 毫米的腐蚀裕度，焊缝系数(无缝钢管 $\varphi=1$ ，直缝焊接 $\varphi=0.8$ ，螺旋缝焊接 $\varphi=0.6$)也已包括在内。如介质腐蚀性严重，需增加腐蚀裕度，可根据具体情况考虑选用相应的管子表号的壁厚。

表 2-7~9 中所列的管子表号的壁厚未包括螺纹深度附加量，如管子采用螺纹连接，应将螺纹深度加在壁厚内，并在表内选择相应管子表号的壁厚。

为了节约铬、镍不锈钢材，表 2-7~9 不适用于不锈钢无缝钢管，设计者可依具体条件按公式 2-1 来计算管子壁厚。

2. 有色金属管

(1) 铜、铝、铅管的选用

a. 铜管 铜管与黄铜管大多用在制造换热设备上，也常用在深冷装置的管路、仪表的测压管线或传送有压力的流体中。当使用温度大于 250°C 时，不宜在压力下使用。

b. 铝管 铝管常用于输送浓硝酸、醋酸、硫化氢及二氧化碳等介质，也常用作换热器。但铝管不能抗碱，不可用于盐酸、碱液，特别是含氯离子的化合物。铝管使用温度大于 160°C 时，不宜在压力下操作，最高使用温度为 200°C 。

c. 铅管 铅管常用于输送酸性介质管路，能输送 15~65% 的硫酸，还可输送干的或湿的二氧化硫、60% 的氢氟酸、浓度小于 80% 的醋酸等介质，不宜用它输送硝酸、次氯酸及高锰酸盐等介质。铅管使用温度大于 140°C 时，不宜在压力下使用，最高使用温度为 200°C 。

(2) 铜、铝、铅管的壁厚计算

铜、铝、铅管的壁厚可按下式计算：

$$\delta = \frac{P \cdot D}{200[\sigma]\varphi} + C \quad (2-4)$$

式中 δ ——管壁厚度(毫米)；

P ——管内介质工作压力(公斤/厘米²)；

- D ——管子外径(毫米);
 φ ——焊缝系数, 无缝管 $\varphi=1$, 有缝管 $\varphi=0.8$;
 $[\sigma]$ ——管材许用应力(公斤/毫米²), 根据表 2-10~12 选用;
 C ——管子壁厚附加量(毫米), 常取铜管 $C=1.5$, 铅、铝管 $C=0$ 。

(3) 铜、铝、铅管的许用应力(表 2-10)

温度升高时, 铜、铝、铅管的许用应力值也就相应地降低, 此时可将许用应力的数值除以温度系数。其系数值见表 2-11~12。

表 2-10 铜、铝、铅管的许用应力

温度 (°C)	管 材	许用应力 $[\sigma]$ (公斤/毫米 ²)
<120	紫铜管	3
<120	黄铜管	4
<30	铝 管	1
<30	铅 管	0.25

表 2-11 高温下紫铜、黄铜的许用应力温度系数

介质温度 (°C)	温度系数	介质温度 (°C)	温度系数
<120	1	180~200	1.20
120~140	1.05	200~220	1.30
140~160	1.10	220~240	1.40
160~180	1.15	240~250	1.50

表 2-12 高温下铝、铅的许用应力温度系数

介质温度 (°C)	温 度 系 数		介质温度 (°C)	温 度 系 数	
	铝	铅		铝	铅
<30	1	1	100~120	1.45	2.50
30~60	1.1	1.55	120~140	1.7	3.00
60~80	1.2	1.75	140~160	2.0	
80~100	1.3	2.00			

二、高压管子及管件的强度计算

1. 受内压的高压管子强度计算

管子应力按下式计算:

$$\sigma = \frac{1.3 K^2 + 0.4}{K^2 - 1} \cdot P \quad (2-5)$$

$$\sigma \leq [\sigma] \quad (2-6)$$

K 值的确定:

(1) 管子不车螺纹部分

$$K = \frac{D_{e\max}}{D_{n\max}} \quad (2-7)$$

$$D_{n\max} = D_{e\max} - 2 S_{\min} \quad (2-8)$$

$$S_{\min} = S - C_1 - C_2 \quad (2-9)$$

(2) 管子车螺纹部分

$$K = \frac{d_{1\min}}{D_{n\max}} \quad (2-10)$$

许用应力 $[\sigma]$ 取下列数值中较小值:

$$[\sigma] \leq \frac{\sigma_s}{n_s} \quad (2-11)$$

$$[\sigma] \leq \frac{\sigma_b}{n_b} \quad (2-12)$$

$$[\sigma] \leq \frac{\sigma_s^t}{n_s} \quad (2-13)$$

$$[\sigma] \leq \frac{\sigma_b^t}{n_b} \quad (2-14)$$

安全系数按下列规定选取

$$n_s \geq 1.6 \quad (2-15)$$

$$n_b \geq 2.7 \quad (2-16)$$

2. 焊接三通强度计算

$$\sigma = \frac{1.3 K^2 + 0.4}{K^2 - 1} \cdot P \cdot \frac{1}{\varphi} \quad (2-17)$$

$$\sigma \leq [\sigma] \quad (2-18)$$

K 值的确定:

$$K = \frac{D_{w\max}}{D_{n\max}} \quad (2-19)$$

$$D_{n\max} = D_{w\max} - 2 S_{1\min} \quad (2-20)$$

$$S_{1\min} = S_1 - C_1 - C_2 \quad (2-21)$$

三通强度削弱系数 φ 按下式计算:

$$\varphi = \frac{1}{1 + \xi \frac{d_Z D_Z}{D_{n\max}^2} \sqrt{\frac{D_Z S_{1\min}}{d_Z S_{2\min}}}} \quad (2-22)$$

$$D_Z = D_{n\max} + S_{1\min} \quad (2-23)$$

$$d_Z = d_{n\max} + S_{2\min} \quad (2-24)$$

$$S_{2\min} = S_2 - C_1 - C_2 \quad (2-25)$$

修正系数 ξ 推荐按表 2-13 选取。

表 2-13

三通强度削弱系数的修正系数

主管外径 D_w (毫米)	修正系数 ξ	主管外径 D_w (毫米)	修正系数 ξ	主管外径 D_w (毫米)	修正系数 ξ
15	0.11	57	0.13	159	0.21
21	0.11	70	0.135	194	0.22
25	0.11	89	0.14	219	0.23
35	0.115	108	0.168	273	0.245
42	0.125	133	0.19		

许用应力 $[\sigma]$ 取下列数值中的较小值

$$[\sigma] \leq \frac{\sigma_s}{n_s} \quad (2-26)$$

$$[\sigma] \leq \frac{\sigma_b}{n_b} \quad (2-27)$$

$$[\sigma] \leq \frac{\sigma_s^t}{n_s} \quad (2-28)$$

$$[\sigma] \leq \frac{\sigma_b^t}{n_b} \quad (2-29)$$

安全系数按下列规定选取:

$$n_s \geq 1.6 \quad (2-30)$$

$$n_b \geq 2.7 \quad (2-31)$$

3. 螺纹法兰强度计算

法兰应力按下式计算:

$$\sigma = \frac{5.72 Qax}{D_2 b^2} \quad (2-32)$$

$$\sigma \leq [\sigma] \quad (2-33)$$

式中

$$a = \frac{D_1 - D_2}{2} \quad (2-34)$$

$$x = \frac{1}{M-1} \left(\frac{M^2 \lg M}{M^2 - 1} + 0.177 \right) \quad (2-35)$$

$$M = \frac{D}{D_2} \quad (2-36)$$

许用应力 $[\sigma]$ 取下列数值中的较小值

$$[\sigma] \leq \frac{\sigma_s}{n_s} \quad (2-37)$$

$$[\sigma] \leq \frac{\sigma_s^t}{n_s} \quad (2-38)$$

安全系数按下列规定选取

$$n_s \geq 2 \quad (2-39)$$

4. 双头螺栓强度计算

螺栓载荷Q的计算:

透镜垫密封时:

$$P_g = 320, Q = 4.54 D_K^2 \quad (2-40)$$

$$P_g = 220, Q = 3.80 D_K^2 \quad (2-41)$$

$$P_g = 160, Q = 3.33 D_K^2 \quad (2-42)$$

平垫密封时:

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad Q_1 = \frac{\pi}{4} D_{cp}^2 \cdot P \quad (2-43)$$

$$Q_2 = \pi D_{cp} b' q_f \quad (2-44)$$

对于退火铝密封垫, 其比压 q_f 推荐取为 500(公斤/厘米²)

螺栓应力按下式计算:

$$\sigma = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \cdot n} \quad (2-45)$$

$$\sigma \leq [\sigma] \quad (2-46)$$

许用应力 $[\sigma]$ 取下列数值中的较小值

$$[\sigma] \leq \frac{\sigma_s}{n_s} \quad (2-47)$$

$$[\sigma] \leq \frac{\sigma'_s}{n_s} \quad (2-48)$$

安全系数按表 2-14 选取。

表 2-14

螺栓安全系数

螺栓直径 (毫米)	安全系数 n_s	螺栓直径 (毫米)	安全系数 n_s
12~16	4.0	27、30	3.0
20、24	3.5	>30	2.5

符号说明:

D_{cmax} ——管子最大外径(包括正偏差值)(毫米);

- $D_{n_{\max}}$ ——管子最大内径(毫米);
 D_Z ——主管中径(毫米);
 S_{\min} ——管子最小壁厚(毫米);
 S_1 ——主管公称壁厚(毫米);
 $S_{1\min}$ ——主管最小壁厚(毫米);
 S ——管子公称壁厚(毫米);
 $d_{w_{\max}}$ ——支管最大外径(毫米);
 $d_{n_{\max}}$ ——支管最大内径(毫米);
 d_Z ——支管中径(毫米);
 S_2 ——支管公称壁厚(毫米);
 $S_{2\min}$ ——支管最小壁厚(毫米);
 C_1 ——腐蚀裕度(毫米);
 C_2 ——壁厚负偏差(毫米);
 K ——管子最大外径与最大内径的比值;
 σ ——计算应力(公斤/厘米²);
 $[\sigma]$ ——许用应力(公斤/厘米²);
 σ_s ——常温下材料屈服强度(公斤/厘米²);
 σ_b ——常温下材料抗拉强度(公斤/厘米²);
 σ_s^t ——工作温度下材料的屈服强度(公斤/厘米²);
 σ_b^t ——工作温度下材料的抗拉强度(公斤/厘米²);
 P ——工作压力(公斤/厘米²);
 n_s ——对屈服强度的安全系数;
 n_b ——对抗拉强度的安全系数;
 Q ——螺栓载荷(公斤);
 D ——法兰外径(毫米);
 D_1 ——法兰螺栓中心圆直径(毫米);
 D_2 ——法兰螺纹中径(毫米);
 b ——法兰厚度(毫米);
 Q_1 ——内压引起的载荷(公斤);
 Q_2 ——垫片密封反力引起的载荷(公斤);
 D_R ——透镜垫接触圆直径(毫米);
 D_{cp} ——平垫密封面平均直径(毫米);
 b' ——平垫密封面宽度(毫米);
 d_1 ——螺栓最小直径(毫米);
 n ——螺栓个数;
 $d_{1\min}$ ——管子螺纹最小根径(毫米);
 φ ——三通削弱系数;
 ξ ——修正系数;
 q_f ——平垫密封比压(公斤/厘米²)。