

石油化工容器计算尺说明书

南京化学工业公司设计院
上海化工设计院石油化工设备设计建设组

1977年5月

石油化工容器计算尺说明书

1. 使用范围

(1) 计算内容：a—球形壳体，b—圆筒体，c—椭圆形封头，d— 30° 无折边锥形封头，e— 45° 折边锥形封头，f—带法兰无折边球形封头，g—椭圆形封头（外压），h—卧式容器稳定、塔体稳定，i—圆筒体（外压），j—固定式热交换器管板，浮头式热交换器管板，填函式热交换器管板，折边平盖，k—U形热交换器管板，l—无折边平盖共16项。

(2) 容器直径：计算内容a~l自200~3000mm，计算内容j~l自200~2000mm。

(3) 设计压力：自0.25~10.0 kg/cm²（圆筒体受外压自0.2~20 kg/cm²）。

(4) 许用应力：自90~2500 kg/cm²，标注出来的常用材料有1—18MnMoNb，2—15MnV，3—16Mn·09Mn2V，4—15CrMo，5—20g，6—A3，7—1Cr18Ni9Ti，8—0Cr17Ni13Mo2Ti和L₂共10种材料。

(5) 设计温度：18MnMoNb适用于0~520℃，15MnVR适用于-20~500℃，16MnR适用于-40~475℃，09Mn2V适用于-70~-41℃，15CrMo适用于350~560℃，20g适用于-20~475℃，A3适用于0~400℃，A3F适用于0~250℃，1Cr18Ni9Ti适用于-196~700℃，0Cr17Ni13Mo2Ti适用于-196~700℃，L₂适用于-196~150℃。

2. 使用说明

(1) 钢制容器

1) 本算尺适用于筒体壁厚小于或等于 $\frac{1}{10}$ 内径的受压容器。

2) 如容器承受频繁的压力波动和温度波动，就需要考虑疲劳的影响。

3) 如容器工作时液体物料的静压力，不超过介质最大工作压力5%，则可不计入液体静压力。

4) 使用安全阀时, 取最大工作压力的 1.05 ~ 1.10 倍作为设计压力。如只使用爆破膜作为安全装置时, 取最大工作压力的 1.15 ~ 1.30 倍作为设计压力。

5) 对于直接火焰或用电加热器辐射加热的容器, 许用应力应乘 0.85。

6) 低温压力容器 ($\leq -20^{\circ}\text{C}$) 强度计算, 材料许用应力值不得大于常温的许用应力值。

7) 材料采用铸钢时, 铸造质量系数取 0.7 ~ 0.8。

8) 复合钢板强度计算不应计入复层厚度, 而刚度计算应计入复层厚度。

9) 容器的水压试验, 试验压力应符合下表

容器种类	设计压力 P kg/cm^2	试验压力 $P_{\text{水}}$ kg/cm^2
铸造容器	不论压力大小	1.5 P 但不得小于 2
其他一切容器	< 6	1.5 P
	6 ~ 10	$P + 3$
	> 10	1.3 P
真空容器	不论压力大小	2

当设计温度 $t > 300^{\circ}\text{C}$ 的压力容器, 其水压试验压力按下式进行核算。

$$P_{\text{水}}^t = P_{\text{水}} \frac{[\sigma]}{[\sigma]^t}$$

10) 气压试验的试验压力应等于 1.25 倍设计压力。

11) 进行水压试验或气压试验时, 容器任一受压元件的计算应力 $\sigma \leq 0.9\sigma_s$ 。

12) 焊缝系数 ϕ 的选取:

(1) 双面焊: 局部透视 $\phi = 0.9$, 不透视 $\phi = 0.7$ 。

(2) 单面焊有垫板: 局部透视 $\phi = 0.8$, 不透视 $\phi = 0.65$ 。

(3) 单面焊无垫板和双面搭接焊: 局部透视 $\phi = 0.7$, 不透视

$$\phi = 0.6 \dots$$

13) 本算尺没有计入附加量 C ，计算后必须加入。

$$C = C_1 + C_2 \quad C_1 - \text{钢板负公差，一般取 } 0.5 \text{ mm}。$$

C_2 — 腐蚀裕度，如介质对碳钢和低合金钢的腐蚀速度 $\leq 0.05 \text{ mm/年}$ 时：单面腐蚀（壁一侧涂有防腐油漆）取 1 mm ，双面腐蚀取 2 mm 。不锈钢按具体情况而定，没有腐蚀情况下可取零。

封头冲压时的拉伸减薄量已考虑在公式内，此处不再另加。

14) 对于一般受内压容器，材料为碳钢和低合金钢时，容器的壁厚不得小于 3 mm ，材料为不锈钢时不得小于 2 mm 。

对于一般受外压容器，材料为碳钢和低合金钢时，容器的壁厚不得小于 4 mm ，材料为不锈钢时不得小于 3 mm 。

上述不包括腐蚀裕度 C_2 。

(2) 钢制容器计算适用范围

1) 椭圆形封头 (c、g) 应符合 $D = 4h$ 即 $1:2$ 椭圆。碟形封头如符合 $R \leq D$ 、 $\frac{h}{D} = 0.25$ 、 $r \geq 3(S + C)$ 时也可按椭圆形封头计算。

2) 30° 无折边锥形封头 (d) 仅适用于 $P < 3 \text{ kg/cm}^2$ 。对于 $P > 0.7 \text{ kg/cm}^2$ 的大直径锥形封头，建议采用折边锥形封头。

3) 45° 折边锥形封头 (e) 应符合 $r \geq 0.06 D$ 、 $r \geq 3(S + C)$ 。

4) 带法兰无折边球形封头 (f) 应符合 $R = D$ 。

5) 椭圆形封头受外压 (g)，椭圆形封头应符合 $\frac{0.9D}{100s} \leq 1.5$ ，

碟形封头应符合 $\frac{R}{100s} \leq 1.5$ 。

6) 卧式容器稳定、塔体稳定 (h) 应符合壳体内应力 $\sigma \leq [\sigma]$ ，塔整体吊装时所产生的弯曲应力 $\sigma \leq 0.9\sigma_s$ ，碳钢、低合金钢壁温 $\leq 425^\circ\text{C}$ 。

7) 圆筒体受外压(i)应符合 $\frac{D}{S} \geq 60 \cdot 1.5 \sqrt{\frac{2S}{D}}$
 $\leq \frac{L}{D} \leq \sqrt{\frac{D}{2S}}, \frac{L}{D} \geq 0.3 \frac{E}{[\sigma]} \sqrt{\left(\frac{2S}{D}\right)^3}$, 且碳钢
 壁温 $\leq 380^\circ\text{C}$; 低合金钢壁温 $\leq 420^\circ\text{C}$, 不锈钢 $\leq 525^\circ\text{C}$ 。

8) 固定式热交换器管板(j)应符合 $P \leq 25 \text{ kg/cm}^2$ 。当壳体无
 膨胀节 $D \leq 500 \text{ mm}$ 时, 壳体壁与管壁温度差 $\Delta t \leq 25^\circ\text{C}$, $D >$
 500 时 $\Delta t \leq 45^\circ\text{C}$ 。

9) U形热交换器管板(k)应符合 $\frac{100P}{[\sigma]} < 5$ 。

10) 所有热交换器管板厚度不应小于 20 mm 。如采用胀管连接时
 当管子外径 $d_H \leq 25 \text{ mm}$ 时 $S + C \geq 20 \text{ mm}$, 当 $d_H = 32 \text{ mm}$ 时
 $S + C \geq 22 \text{ mm}$, 当 $d_H = 38 \text{ mm}$ 时 $S + C \geq 25 \text{ mm}$, 当 $d_H = 57 \text{ mm}$
 时 $S + C \geq 32 \text{ mm}$ 。

(3) 铝制容器

1) 铝制容器计算公式一般与钢制容器相同, 因此也可使用该算
 尺计算, 但铝的弹性模数 E 值与钢的 E 值不同, 所以圆筒体受外压
 (i)、卧式容器稳定、塔体稳定(h)和固定式热交换器管板(j)的
 计算不能用该算尺计算。

2) 焊缝系数 ϕ 的选取

① 气焊: 双面对接焊 $\phi = 0.7 \sim 0.8$, 单面对接焊 $\phi = 0.6$
 ~ 0.7 。

② 不熔化极氩弧焊: 双面对接焊 $\phi = 0.8 \sim 0.85$, 单面对
 接焊 $\phi = 0.7 \sim 0.8$ 。

③ 熔化极氩弧焊: 双面对接焊 $\phi = 0.85 \sim 0.9$, 单面对接
 焊 $\phi = 0.8 \sim 0.85$ 。

3) 本算尺没有计入附加量 C , 计算后必须加入。

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

C_1 — 铝板负偏差, 当 $S \leq 10 \text{ mm}$ 时 $C_1 = 0.5 \text{ mm}$,

当 $10 < S \leq 20 \text{ mm}$ 时 $C_1 = 1 \text{ mm}$, 当 $20 <$

$S \leq 40\text{mm}$ 时 $C = 1.5\text{mm}$ 。

C_2 — 腐蚀裕度，按具体情况而定，没有腐蚀情况下可取零。

C_3 — 封头冲压拉伸减薄量，由数块瓣形铝板焊接成的封头 $C_3 = 10\% S$ 该值在算尺中已考虑，此处不另再加入。整体压制封头 $C_3 = 20\% S$ ，则此处再加 $9\% S$ 。

4) 铝制容器壁厚不得小于 3mm 。

5) 水压试验为设计压力的 1.5 倍，气压试验为设计压力的 1.25 倍，真空度大于 500mm Hg 的按 2kg/cm^2 试压，真空度小于 500mm Hg 的按 1kg/cm^2 试压。

当设计温度 $t > 95^\circ\text{C}$ 时，也应按 $P_{\text{水}}^t = P_{\text{水}} \frac{[\sigma]}{[\sigma]^t}$ 公式进行核算。

3. 使用方法

本算尺拉法主要分四种类型(1)计算内容 $a \sim g$ ，(2)计算内容 $j \sim l$ ，(3)计算内容 n ，(4)计算内容 i 。

(1) 计算内容 $a \sim g$

例/ 某反应釜直径 $D = 1200\text{mm}$ ，设计压力 $P = 8\text{kg/cm}^2$ ，材料为 A3 钢，焊缝采用双面焊局部透视 $\phi = 0.9$ ，反应釜壁温为常温，外壁涂防腐油漆，求反应釜筒体壁厚和椭圆形封头厚度。

拉法：① 移动发线对 $D = 1200\text{mm}$ 。

② 移动滑尺使 $P = 8\text{kg/cm}^2$ 对发线。

③ 移动发线对代号 6 ($[\sigma] = 1410\text{kg/cm}^2$)。

④ 移动滑尺使 $\phi = 0.9$ 对发线。

⑤ 移动发线对代号 b 。

看 S 得 3.78mm ，再加附加量 $C = 1.5\text{mm}$ ，得 $S + C = 5.28\text{mm}$ ，取筒体壁厚为 6mm 。

⑥ 移动发线对代号 C

看 S 得 4.16mm ，再加附加量 $C = 1.5\text{mm}$ ，得

$S + C = 5.66 \text{ mm}$ ，取封头厚度为 6 mm 。

例2 如反应釜壁温为 300°C ，外壁不涂防腐油漆，其他条件同例/，求反应釜筒体壁厚。

拉法：① ~ ⑤ 同例/① ~ ⑤。

⑥ 移动滑尺使 $\frac{(\sigma)}{(\sigma)^t} = 1$ 对发线。

查得 A3 钢 300°C $\frac{(\sigma)}{(\sigma)^t} = 1.41$ 。

⑦ 移动发线对 $\frac{(\sigma)}{(\sigma)^t} = 1.41$ 。

看 s 得 5.33 mm ，再加附加量 $C = 2.5 \text{ mm}$ ，得 $S + C = 7.83 \text{ mm}$ ，取筒体壁厚为 8 mm 。

例3 如反应釜设计压力 $P = 30 \text{ kg/cm}^2$ ，其他条件同例/，求反应釜筒体壁厚。

拉法：① 移动发线对 $D = 1200 \text{ mm}$ 。

② 移动滑尺使 $P = 25 \text{ kg/cm}^2$ 对发线。

③ 移动发线对 $P = 30 \text{ kg/cm}^2$ 。

④ 移动滑尺使 $(\sigma) = 2500 \text{ kg/cm}^2$ 对发线。

⑤ 移动发线对代号 6 ($(\sigma) = 1410 \text{ kg/cm}^2$)。

⑥ 移动滑尺使 $\phi = 0.9$ 对发线。

⑦ 移动发线对代号 b

看 s 得 14.2 mm ，再加附加量 $C = 1.5 \text{ mm}$ ，得 $S + C = 15.7 \text{ mm}$ ，取筒体壁厚为 16 mm 。

在设备直径较小或压力较低时，会产生 (σ) 值在尺的左外端，而不能进行计算，在这种情况下可先拉 D 、 ϕ 、内容代号、后拉 P 、 (σ) 最后得 s 。

例4 如反应釜设计压力 $P = 2 \text{ kg/cm}^2$ ，焊缝采用单面无垫板焊接不透视 $\phi = 0.6$ ，其他条件同例/，求反应釜筒体壁厚。

拉法：① 移动发线对 $D = 1200 \text{ mm}$ 。

② 移动滑尺使 $\phi = 0.6$ 对发线。

③ 移动发线对代号b。

④ 移动滑尺使 $P = 2 \text{ kg/cm}^2$ 对发线。

⑤ 移动发线对代号6 ($[\sigma] = 1410 \text{ kg/cm}^2$)。

看s得 1.42 mm ，再加附加量 $C = 1.5 \text{ mm}$ ，得 $S + C = 2.92 \text{ mm}$ ，因考虑筒体刚性取壁厚为 5 mm 。

(2) 计算内容j~l

拉法同计算内容a~g，仅用 D_1 代替 D ， S_1 代替 S ，并取 $\phi = 1$ 。

(3) 计算内容h

例5. 某卧式储槽直径 $D = 2000 \text{ mm}$ ，常温常压，材料为A3钢，槽体外壁涂防腐油漆，因液体重量和槽体自重（可先假定一壁厚求得槽体自重）而在槽体内产生弯曲应力 $\sigma = 700 \text{ kg/cm}^2$ ，求槽体壁厚。

拉法：① 移动发线对 $D = 2000 \text{ mm}$ 。

② 移动滑尺使 $[\sigma] = 700 \text{ kg/cm}^2$ 对发线。

③ 移动发线对代号h

看s得 5.99 mm ，再加附加量 $C = 1.5 \text{ mm}$ ，得 $S + C = 7.49 \text{ mm}$ ，取槽体壁厚为 8 mm 。

例6. 如储槽壁温为 300°C ，外壁不涂防腐油漆，其他条件同例5，求槽体壁厚。

拉法：① ② 同例5①②

③ 移动发线对 $h = 300^\circ\text{C}$

看s得 6.51 mm ，再加附加量 $C = 2.5 \text{ mm}$ ，得 $S + C = 9.01 \text{ mm}$ ，取槽体壁厚为 10 mm 。

(4) 计算内容i

例7. 某塔直径 $D = 1500 \text{ mm}$ ，常温，设计压力真空度 380 mm Hg （即受外压 $P = 0.5 \text{ kg/cm}^2$ ）材料为A3钢，塔高 $L = 6000 \text{ mm}$ ，塔外壁涂防腐油漆，求塔壁厚度。

拉法：① 移动发线对 $D = 1500 \text{ mm}$ 。

② 移动滑尺使 $i(P) = 0.5 \text{ kg/cm}^2$ 对发线。

$$\frac{L}{D} = \frac{6000}{1500} = 4$$

③ 移动发线对 $i\left(\frac{L}{D}\right) = 4$ 。

看 S 得 7.35 mm，再加附加量 $C = 1.5$ mm，得 $S + C = 8.85$ mm，取塔壁厚度为 10 mm。

例 8. 如塔壁温度为 300°C ，外壁不涂防腐油漆，其他条件同例 7，求塔壁厚度。

拉法：① ~ ③ 同例 7 ① ~ ③。

④ 移动滑尺使 $i(t)$ 起点对发线。

⑤ 移动发线对 $i(t) = 300^{\circ}\text{C}$ 。

看 S 得 7.6 mm，再加附加量 $C = 2.5$ mm，得 $S + C = 10.1$ mm，取塔壁厚度为 12 mm。

(5) 本算尺还可用于生产厂对现有容器验算其最高使用压力，对制造厂采用代用材料等也可用该尺计算。

例 9. 某反应釜直径 $D = 1200$ mm，原设计压力 $P = 10$ kg/cm²，材料为 A3 钢，焊缝采用双面焊局部透视 $\phi = 0.9$ ，筒体壁厚为 8 mm，常温，外壁涂防腐油漆，求该反应釜最高可使用多少压力。

拉法：先算出设计压力 $P = 10$ kg/cm² 时需要壁厚为多少。

① 移动发线对 $D = 1200$ mm。

② 移动滑尺使 $P = 10$ kg/cm² 对发线。

③ 移动发线对代号 6 ($[\sigma] = 1410$ kg/cm²)。

④ 移动滑尺使 $\phi = 0.9$ 对发线。

⑤ 移动发线对代号 b。

看 S 得 4.73 mm，再加附加量 $C = 1.5$ mm，得 $S + C = 6.23$ mm，现在筒体为 8 mm 所以设计压力还可提高。

⑥ 移动发线对 $S = 8 - 1.5 = 6.5$ mm。

⑦ 移动滑尺使 $P = 10$ kg/cm² 对发线。

⑧ 移动发线对 $S = 4.73$ mm。

看P得13.75 kg/cm²即为最高设计压力，如反应釜采用安全阀，则最高可使用压力为 $\frac{13.75}{1.1} = 12.5$

kg/cm²。

例10 某容器原设计材料为16Mn壁厚为10mm，常温，外壁涂油漆，现用A3钢代用，需多厚的板才能代用。

拉法：用16Mn计算壁厚 $S = 10 - 1.5 = 8.5$ mm。

① 移动发线对 $S = 8.5$ mm。

② 移动滑尺使代号3 (σ) = 1850 kg/cm² 对发线。

③ 移动发线对代号6 (σ) = 1410 kg/cm²。

看S得11.2 mm，再加附加量 $C = 1.5$ mm，得 $S + C = 12.7$ mm，用A3钢代用厚度为14mm。

例11 如容器壁温为400℃，外壁不涂防腐油漆，其他条件同例10，需多厚的板才能代用。

拉法：用16Mn计算壁厚 $S = 10 - 2.5 = 7.5$ mm。

① 移动发线对 $S = 7.5$ mm。

② 移动滑尺使代号3 (σ) = 1850 kg/cm² 对发线。

③ 移动发线对代号6 (σ) = 1410 kg/cm²。

看S得9.84

查得16Mn 400℃时 $\frac{(\sigma)}{(\sigma)_t} = 1.55$ ，A3钢400℃

时 $\frac{(\sigma)}{(\sigma)_t} = 1.68$ 。

④ 移动滑尺使 $\frac{(\sigma)}{(\sigma)_t} = 1.55$ 对发线。

⑤ 移动发线对 $\frac{(\sigma)}{(\sigma)_t} = 1.68$ 。

看S得10.67 mm，再加附加量 $C = 2.5$ mm，得 $S + C = 13.17$ mm，取A3钢厚度为14 mm。

$$\frac{[\sigma]}{[\sigma]_t}$$

材料在常温与高温时的许用应力比值

材料名称 \ t °C	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
13MnMoNb	1.09	1.10	1.12	1.12	1.12	1.12	1.16	1.25	1.39				
15MnV	1.10	1.10	1.10	1.14	1.24	1.31	1.41	2.06					
16Mn	1.08	1.08	1.14	1.23	1.35	1.45	1.55	2.93					
15CrMo	1.07	1.11	1.18	1.22	1.28	1.34	1.40	1.49	1.73				
20g	1.09	1.17	1.23	1.34	1.46	1.60	1.79						
A3	1.08	1.13	1.18	1.29	1.41	1.55	1.68						
1Cr18Ni9Ti	1.22	1.33	1.44	1.54	1.63	1.69	1.73	1.77	1.79	1.82	3.26	5.60	11.6
0Cr17Ni13Mo2Ti	1.18	1.28	1.40	1.49	1.57	1.63	1.69	1.73	1.75	1.77	2.03	2.69	5.0

