

石油化工设备设计参考资料

水管锅炉受压元件强度计算标准
—机部标准(报批稿)附编制说明
水管锅炉受压元件强度计算标准制订小组

上海化学工业设计院石油化工设备设计建设组

目 录

第一章	材料和许用应力	1
第二章	承受内压力的锅筒筒体的计算	10
第三章	承受内压力的圆筒形集箱的计算	21
第四章	管子和管座的计算	26
第五章	承受内压力的凸形封头的计算	31
第六章	承受内压力的平端盖、平堵头及平板的计算	36
第七章	孔的加强计算	41
第八章	承受内压力的异形元件的计算	50
第九章	决定最高允许工作压力的验证试验	56
附录(一)	开孔减弱断面抗弯断面系数 W 的近似计算方法	62
附录(二)	例题	65

目 录

一、材料和许用应力(第一章)	1
二、承受内压力的圆筒形元件的计算(第二、三、四章)	22
三、承受内压力的凸形封头的计算(第五章)	44
四、承受内压力的平端盖、平堵头及平板的计算(第六章)	48
五、孔的加强计算(第七章)	60
六、承受内压力的异形元件的计算(第八章)	71
七、决定最高允许工作压力的验证试验(第九章)	76
参考文献	80

注：括弧内为本标准正文的章次

水管锅炉受压元件强度计算标准

第一章 材料和许用应力

(一) 符号说明

1.1 本章所用符号的意义和单位如下:

σ_b —— 材料在 20°C 的抗拉强度, KG/mm^2 ;

σ_s —— 材料在 20°C 的屈服限或条件屈服限 (残余变形为 0.2%), KG/mm^2 ;

σ_b^t —— 材料在计算壁温时的抗拉强度, KG/mm^2 ;

σ_s^t —— 材料在计算壁温时的屈服或条件屈服限 (残余变形为 0.2%), KG/mm^2 ;

σ_d^t —— 材料在计算壁温时 10⁵ 小时的持久强度, KG/mm^2 ;

$[\sigma]$ —— 许用应力, KG/mm^2 ;

$[\sigma]_J$ —— 基本许用应力, KG/mm^2 ;

n_b —— 对应于抗拉强度的安全系数;

n_s —— 对应于屈服限或条件屈服限的安全系数;

n_D —— 对应于 10⁵ 小时持久强度的安全系数;

η —— 基本许用应力的修正系数;

t_{bi} —— 计算壁温, °C;

t_J —— 介质额定平均温度, °C;

中华人民共和国
第一机械工业部
发布

上海锅炉厂研究所
提出

年 月 日 实施

一机部水管锅炉
受压元件强度计 起草
算标准制订小组

t_J —— 介质额定平均温度, $^{\circ}\text{C}$;
 t_b —— 介质饱和温度, $^{\circ}\text{C}$;
 X —— 介质混合程度系数;
 Δt —— 温度偏差, $^{\circ}\text{C}$;
 D_w —— 锅筒筒体外直径, mm ;
 D_n —— 锅筒筒体内直径, mm ;
 β —— 锅筒筒体、集箱及管子的外径与内径的比值;
 S —— 壁厚, mm ;
 S_g —— 水垢厚度, mm ;
 λ —— 钢材导热系数, $\text{Kcal}/\text{m}\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{C}$;
 λ_g —— 水垢导热系数, $\text{Kcal}/\text{m}\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{C}$;
 $q_{\max}$ —— 最大热负荷, $\text{Kcal}/\text{m}^2\cdot\text{h}$;
 α_2 —— 内壁对介质的放热系数, $\text{Kcal}/\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{C}$;
 J —— 均流系数。

(二) 材 料

1.2 水管锅炉受压元件的材料应符合国家或冶金工业部有关锅炉钢材现行标准的规定。

必要时,可采用与国家或冶金工业部有关现行标准规定相当的或有实践经验证明适用于水管锅炉受压元件的材料。

任何一种新材料的使用,应先由冶金、锅炉制造及研究部门联合作一定的研制和试用工作,在得到有关部门的鉴定或准许之后,才可逐步推广使用。

锅炉受压元件的制造和安装应符合有关技术条件,以保证投入运行时元件材料的性能仍能符合有关标准的规定。

(三) 许用应力

1.3 本章有关钢材的许用应力规定,仅适用于水管锅炉受压元件。

锅炉钢材在不同计算壁温下的基本许用应力 $[\sigma]_T$ kg/mm²

表 1-1

钢 号	10	A3g	15g	20 20g	22g	12Mng	16Mng	15MnV 15MnVg	14MnMoVg	18MnMoNb g	15CrMo	12MnMoV*	12Cr1MoV	12MoWVBSiRe	12Cr2MoWVB*	12Cr3MoVSiTlB*	
σ_b	34	38	38	41	43	44	48	50	65	60	45	54	48	55	55	64	
σ_s	21	22	22	23	27	28	29	34	50	45	23	40	36	32	35	45	
计 算 壁 温 t _{bi} °C	20	13.6	14.6	14.6	15.3	17.2	17.6	19.2	20.0	24.0	24.0	15.3	21.6	17.3	21.3	22.0	25.6
	100	12.9	13.8	14.0	14.6	16.4	16.4	18.4	18.4	23.2	23.2	15.2		16.8			
	150	12.4	13.3	13.6	14.1	15.9	16.4	18.0	18.4	22.4	22.4	15.2		16.5			
	200	12.0	12.8	13.3	13.7	15.4	16.4	17.3	18.4	22.0	22.0	15.1		16.2			
	220	11.5	12.2	12.7	13.5	15.0	16.0	16.7	18.2	22.0	22.0	15.1		16.0			
	240	11.0	11.7	12.2	13.4	14.6	15.4	16.2	18.1	22.0	22.0	15.1		15.9			
	250	10.7	11.5	11.9	13.3	14.4	15.2	16.0	18.0	22.0	22.0	15.1		15.9			
	260	10.5	11.3	11.6	13.0	14.2	14.9	15.7	17.7	22.0	22.0	15.0		15.8			
	280	10.1	10.7	11.1	12.5	13.7	14.3	15.1	17.2	22.0	22.0	14.8		15.6			
	300	9.6	10.3	10.6	12.0	13.4	13.8	14.6	16.6	22.0	22.0	14.6		15.4			
	320	9.1		10.1	11.4	13.0	13.5	14.5	16.0	22.0	22.0	14.3		15.1			
	340	8.6		9.5	10.8		13.3	14.1	15.5	22.0	22.0	13.9		14.7			
	350	8.4		9.2	10.6		13.2	14.0	15.3	22.0	22.0	13.8		14.6			
	360	8.2		9.0	10.3		13.1	13.7	15.0	21.8	21.8	13.7		14.4			
	380	7.8		8.4	9.8		12.8	13.1	14.5	21.5	21.5	13.4		14.1			
	400	7.3		8.0	9.3		12.6	12.6	14.0	21.2	21.2	13.2		13.8			
	410	7.1			8.8				13.5			13.0		13.6			
	420	6.9			8.2				12.4			12.8		13.5			
	430	6.4			7.8				11.4			12.7		13.4			
	440	5.7			6.9				10.5			12.6		13.3			
	450	5.0			6.0				9.6			12.5		13.1			
	460				5.2				8.7			12.4		12.9			
	470				4.5				7.8			12.2		12.7			
	480				4.0				7.0			12.1		12.6			
	490				3.4				6.1			11.4		12.5			

续表 1-1

钢 号	10	A3E	15g	20 20g	22g	12Mng	16Mng	15MnV 15MnVg	14MnMoVg	18MnMoNb g	15CrMo	12MnMoV*	12Cr1MoV	12MoWVBSiRe*	12Cr2MoWVB*	12Cr3MoVSiTiB*
σ_b	34	38	40	41	43	44	48	50	65	60	45	54	48	55	55	64
σ_s	21	22	22	22	27	28	29	34	50	45	23	40	26	32	35	45
计 算 壁 温 t_{bi} °C	500			2.8				5.3			9.8	9.2	12.4	11.8		
	510							4.5			8.4	8.6	11.5	11.3		
	520							3.6			7.2	7.9	10.3	10.8		
	530										6.2	7.3	9.1	10.3		
	540										5.1	6.8	8.0	9.8	9.2	11.6
	550										4.2	6.2	7.4	9.3	8.6	10.3
	560												6.8	8.8	8.1	9.3
	570												6.0	8.2	7.6	8.0
	580												5.3	7.6	7.3	7.0
	590												(4.6)	(7.0)	6.8	6.2
	600												(4.0)	(6.5)	6.2	5.4
	610														5.5	4.8
	620														4.6	4.2
	630														(3.5)	3.6
	640															3.2
	650															2.8

- 表注：1. 若采用括号内的基本许用应力进行壁厚计算时，必须考虑材料在该温度下的氧化损失。
2. 由碳钢制成的集箱，其计算壁温不应超过460℃。
3. 表中15MnV 和12MnMoV 钢的基本许用应力仅适于下述情况：15MnV 钢为热轧状态；12MnMoV 钢为正火+回火状态。
4. 表中所列基本许用应力的板厚适用范围为：对A₃E， $S \leq 22\text{mm}$ ；对12Mng， $S \leq 25\text{mm}$ ；对15g， $S \leq 40\text{mm}$ ；对20g、22g、16Mng 及15MnVg， $S \leq 60\text{mm}$ 以及对14MnMoVg 和18MnMoNb g， $S \leq 95\text{mm}$ 。
5. 表中粗线下方的数据系按持久强度 σ_b^t 计算的；对于右角带* 的钢号，此粗线并不表示按持久强度计算基本许用应力的起始温度。
6. 计算壁温的数值如介于表中两相邻数值之间，基本许用应力可用算术内插法确定，舍弃小数点后第二位数字。
7. 铸钢件的基本许用应力可取表中相应钢号数值的0.7倍；对于能够确保质量的铸钢件，可取表中相应钢号数值的0.8倍。锻钢件的基本许用应力，当用型钢锻造时，可取表中相应钢号的数值；当用钢锭锻造时，可取表中相应钢号数值的0.9倍。

许用应力按下式计算：

$$[\sigma] = \eta [\sigma]_J \quad (1-1)$$

基本许用应力应按下列公式计算并取其中的最小值：

$$[\sigma]_J \leq \frac{\sigma_b^t}{n_b} \quad (1-2)$$

$$[\sigma]_J \leq \frac{\sigma_s^t}{n_s} \quad (1-3)$$

$$[\sigma]_J \leq \frac{\sigma_D^t}{n_D} \quad (1-4)$$

计算时， σ_b^t 和 σ_s^t 取钢材（板材和管材）大量试验结果的统计最小值， σ_D^t 取钢材大量试验结果的10'小时持久强度的平均值；安全系数取：

$$\left. \begin{aligned} n_b &= 2.5 \\ n_s &= 1.5 \\ n_D &= 1.5 \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

锅炉钢材的基本许用应力 $[\sigma]_J$ 一般取表1-1给出的值，修正系数 η ，根据元件结构特点和工作条件，一般可按表1-2的推荐值选取。

1.4 对于表1-1所未列入的材料，如符合1.2条中的有关规定，它的基本许用应力 $[\sigma]_J$ 应按式(1-2)至(1-5)计算。计算时， σ_b^t 、 σ_s^t 及 σ_D^t 应取相应钢号的保证值；当缺乏保证值时，可对钢材抽样试验，并将试验所得 σ_b^t 和 σ_s^t 的最小值及10'小时 σ_D^t 的平均值均乘以0.9作为计算取用值。抽样和试验应按有关标准进行。必要时，可根据钢种的成熟程度对此计算取用值作适当的调整。

1.5 锅炉低碳钢、低碳锰钢及低碳锰钒钢在380℃以下，其它低合金热强钢在420℃以下，其基本许用应力只须按式(1-2)和(1-3)计算，不必考虑式(1-4)。

计算壁温在250℃以下的低碳钢，必要时，其基本许用应力按下

式计算：

$$[\sigma]_J = \frac{\sigma_b}{3.3}$$

(1-6)

式中：20℃ 时抗拉强度 σ_b 计算取用值应按1.4条中的有关规定处理。

修正系数 η

表1-2

no	元 件 型 式 和 工 作 条 件	η
1	锅筒筒体和集箱：	
	无孔和有焊接管孔、翻边管孔：	
	(1)不受热（在烟道外和可靠绝热）	1.00
	(2)受热	0.90
	有非焊接管孔：*	
	(1)不受热（在烟道外或可靠绝热）	0.95
	(2)受热	0.85
2	管子** 和锅炉范围内管道	1.00
3	凸形封头	1.00
4	圆形平端盖	见表6-1
5	圆形平堵头、圆形平板及椭圆形平板	1.00
6	三通和叉形管：	
	(1)不受热（在烟道外或可靠绝热）	1.00
	(2)受热	0.90

表注：* 指胀接管孔、螺丝孔或手孔等。

**管壁计算温度如无法准确确定， η 值应根据设计单位的意见予以降低。

(四) 计 算 壁 温

1.6 用于强度计算的计算壁温，取元件温度最高部位内外壁温的算求平均值。

确定计算壁温时，锅炉出口过热蒸汽温度在允许范围内的偏差不予考虑。

1.7 锅筒筒体、集箱及管子的计算壁温按表 1-3 至 1-5 确定或按式 (1-7) 至 (1-10) 计算。

锅筒筒体计算壁温 * t_{bi} , °C

表 1-3

工 作 条 件		计 算 公 式
不 受 热 (在 烟 道 外)		$t_{bi} = t_b$
采取可靠 绝热措施	在 烟 道 内	$t_{bi} = t_b + 10$
	在 炉 膛 内	$t_{bi} = t_b + 40$
被密集管束所遮挡**		$t_{bi} = t_b + 20$
不 绝 热	在烟温不超过 600°C 的对流烟道内	$t_{bi} = t_b + 30$
	在烟温超过 600°C 的对流烟道内***	$t_{bi} = t_b + 50$
	在炉膛内***	$t_{bi} = t_b + 30$

表注： * 对于受热的锅筒筒体，本表给出的计算公式，系指水空间受热情况。

** 指透过管束的辐射热流不大，而且锅筒筒体壁面不受烟气的强烈冲刷。

*** 不绝热锅筒筒体的壁厚应满足表 2-3 的要求。

集箱和防焦箱* 计算壁温 t_{bi} , °C

表 1-4

内部介质	工 作 条 件	计 算 公 式
水或汽水 混 合 物	在烟道外（不受热）	$t_{bi} = t_J$
	在烟道内，采取可靠绝热措施防止受辐射和燃烧产物的直接作用	$t_{bi} = t_J + 10$
	在烟温不超过 600°C 的对流烟道内，不绝热	$t_{bi} = t_J + 30$
	在烟温超过 600°C 的对流烟道内，不绝热**	$t_{bi} = t_J + 50$
	在炉膛内，不绝缘**	$t_{bi} = t_J + 110$
饱和蒸汽	在烟道外（不受热）	$t_{bi} = t_b$
	在烟道内，采取可靠绝热措施防止受辐射和燃烧产物的直接作用	$t_{bi} = t_b + 25$
	在烟温不超过 600°C 的对流烟道内，不绝热	$t_{bi} = t_b + 40$
	在烟温超过 600°C 的对流烟道内，不绝热**	$t_{bi} = t_b + 60$
过热蒸汽	在烟道外（不受热）	$t_{bi} = t_J + X_{\Delta t}$
	在烟道内，采取可靠绝热措施防止受辐射和燃烧产物的直接作用	$t_{bi} = t_J + 25 + X_{\Delta t}$
	在烟温不超过 600°C 的对流烟道内，不绝热	$t_{bi} = t_J + 40 + X_{\Delta t}$
	在烟温超过 600°C 的对流烟道内，不绝热**	$t_{bi} = t_J + 60 + X_{\Delta t}$

表注：* 对于受热的汽水混合物集箱和防焦箱，本表给出的计算公式系指不出现自由水面情况；

** 不绝热集箱的壁厚应满足表 3-2 的要求。

管子 and 管道的计算壁温 t_{bi} , °C

表 1-5

元 件	条 件	计 算 公 式
沸 腾 管	自然循环锅炉, q_{max} 不超过 $300 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h}$	
	多次强制循环锅炉, 压力不超过 140 kg/cm^2 及 q_{max} 不超过 $300 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h}$	$t_{bi} = t_b + 50$
	其它情况	式 (1-10)
省 煤 器	对流式省煤器	$t_{bi} = t_J + 30$
	辐射式省煤器	$t_{bi} = t_J + 60$
过 热 器	所有情况*	式 (1-10)
管 道	在烟道外 (不受热)	$t_{bi} = t_J$

表注: * 如无热力计算资料, 在结构及布置合理情况下, 可采用下列公式计算:

对流式过热器

$$t_{bi} = t_J + 50^\circ \text{C}$$

辐射式和半辐射式 (屏式) 过热器

$$t_{bi} = t_J + 100^\circ \text{C}$$

1.8 对于表 1-3 至 1-5 所没有包括进去的情况, 可按下列公式确定计算壁温:

(1) 锅筒筒体

$$t_{bi} = t_b + \frac{q_{max}}{\alpha_2} \beta + \frac{q_{max}}{1000} \frac{S}{\lambda} \frac{\beta}{\beta+1} \quad (1-7)$$

对于小型锅炉, 必要时, 如需考虑存在水垢情况下:

$$t_{bi} = t_b + \frac{q_{max}}{\alpha_2} \frac{D_w}{D_n - 2S_g} + \frac{q_{max}}{1000} \frac{S_g}{\lambda_g} \frac{D_w}{D_n - S_g} + \frac{q_{max}}{1000} \frac{S}{\lambda} \frac{\beta}{\beta+1} \quad (1-8)$$

(2) 集箱

$$t_{bi} = t_J + \frac{q_{\max}}{\alpha_2} \beta + \frac{q_{\max}}{1000} \frac{S}{\lambda} \frac{\beta}{\beta+1} + X \Delta t \quad (1-9)$$

(3) 管子

$$t_{bi} = t_J + J \left(\frac{q_{\max}}{\alpha_2} \beta + \frac{q_{\max}}{1000} \frac{S}{\lambda} \frac{\beta}{\beta+1} \right) + \Delta t \quad (1-10)$$

1.9 表1-3至1-5以及式(1-7)至(1-10)中的 t_J 、 t_b 、 $q_{\max}$ 、 X 、 Δt 及 J 应取锅炉热力计算所确定的数值，其中：

温度偏差 Δt ，在任何情况下不应取小于 10°C ；

介质混合程度系数 X ，对于集箱，一般可取0.5，当能保证介质在集箱内完全混合时，允许取为零；对于不受热的过热蒸汽集箱，即使完全混合，也应取 $X \Delta t = 10^\circ\text{C}$ 。

导热系数 λ 和 λ_g 按有关手册选取。

第二章 承受内压力的锅筒筒体的计算

(一) 符号说明

2.1 本章所用符号的意义和单位如下：

S_L —— 锅筒筒体理论计算壁厚，mm；

$S_{\min}$ —— 锅筒筒体最小需要壁厚，mm；

S —— 锅筒筒体取用壁厚，简称“壁厚”，mm；

S_y —— 锅筒筒体有效壁厚，mm；

S' 、 S'' —— 不等壁厚锅筒筒体薄壁壁厚和厚壁壁厚，mm；

C —— 考虑工艺减薄以及钢板负偏差和腐蚀减薄的附加壁厚，mm；

D_w —— 锅筒筒体外直径，mm；

D_n —— 锅筒筒体内直径，mm；
 R'_n, R''_n —— 不等壁厚锅筒筒体对应于 S' 、 S'' 的内半径，mm；
 $D_{n\max}, D_{n\min}$ —— 锅筒筒体最大内直径和最小内直径，mm；
 β —— 锅筒筒体外径与内径的比值；
 P —— 计算压力（表压）， KG/cm^2 ；
 $[P]$ —— 允许工作压力（表压）， KG/cm^2 ；
 P_{sw} —— 水压试验最大允许压力（表压）， KG/cm^2 ；
 $[\sigma]$ —— 许用应力， KG/mm^2 ；
 σ_s —— 在 20°C 的屈服限或条件屈服限（残余变形为 0.2%）， KG/mm^2 ；
 φ_x —— 校核部位的减弱系数；
 $\varphi_{\min}$ —— 最小减弱系数；
 φ_h —— 焊缝减弱系数；
 φ —— 纵向孔桥减弱系数；
 φ' —— 横向孔桥减弱系数；
 φ'' —— 斜向孔桥减弱系数；
 φ_d —— 斜向孔桥换算成为纵向孔桥减弱系数的当量减弱系数；
 φ_{sw} —— 水压试验时的最小减弱系数；
 $[\varphi]$ —— 允许最小减弱系数；
 K —— 斜向孔桥的换算系数；
 t_0 —— 不考虑孔间影响的最小节距，mm；
 t —— 纵向相邻两孔的节距，mm；
 t' —— 横向相邻两孔的节距，mm；
 t'' —— 斜向相邻两孔的节距，mm；
 d —— 孔的直径、插入式加强管接头的内直径或非圆形孔在相应节距方向上的尺寸，mm；
 d_d —— 孔的当量直径，mm；
 d_p —— 相邻两孔直径的平均值，mm；
 σ_w —— 校核断面的最大弯曲应力， KG/mm^2 ；
 M —— 校核断面的弯曲力矩， $\text{KG}-\text{cm}$ ；

w —— 校核断面的抗弯断面系数, cm^3 。

(二) 计算公式

2.2 锅筒筒体理论计算壁厚按下式计算:

$$S_L = \frac{PD_n}{200\varphi_{\min}[\sigma] - P} \quad (2-1)$$

锅筒筒体最小需要壁厚按下式计算:

$$S_{\min} = S_L + C \quad (2-2)$$

必要时, 允许 $S_{\min}$ 在 $3\%(S_L + C)$ 范围内向小的方向化整, 但忽略的百分数与 2.6 条所允许的忽略液柱静压力引起的壁厚减薄百分数之和不应大于 3% 。

锅筒筒体取用壁厚应满足:

$$S \geq S_{\min}$$

2.3 锅筒筒体允许最小减弱系数按下式计算:

$$[\varphi] = \frac{P(D_n + S_y)}{200[\sigma] S_y} \quad (2-3)$$

式中: S_y 按下式计算:

$$S_y = S - C \quad (2-4)$$

2.4 验算时, 锅筒筒体允许工作压力按下式计算:

$$[P] = \frac{200\varphi_x[\sigma] S_y}{D_n + S_y} \quad (2-5)$$

式 (2-5) 中的有效壁厚 S_y 按式 (2-4) 计算, 此时, φ_x 等于 $\varphi_{\min}$; S_y 也可取为对应于 φ_x 处实际测量壁厚减去以后可能的

腐蚀减薄值，此时应以 S_y 和 φ_x 两者乘积的最小值代入式 (2-5) 中。

2.5 式 (2-1)、(2-3) 及 (2-5) 适用于 $\beta \leq 1.2$ 的范围， β 值按下式计算：

$$\beta = 1 + 2 \frac{S_y}{D_n} \quad (2-6)$$

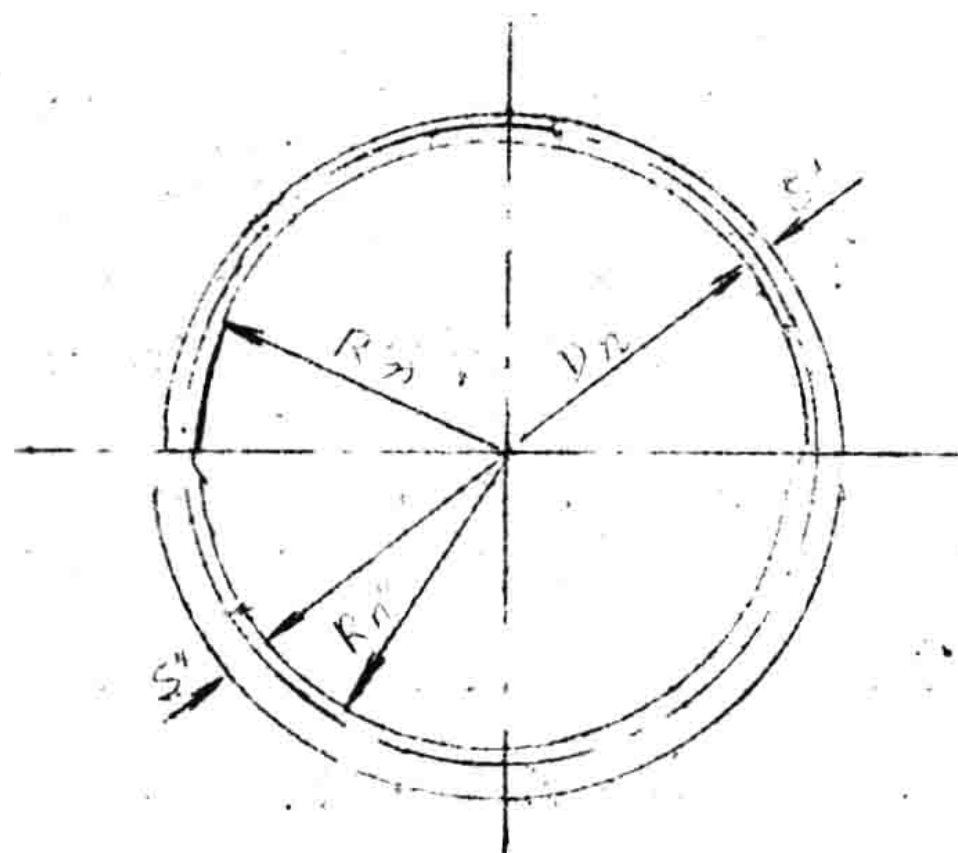
(三) 计算压力

2.6 锅筒筒体内介质的计算压力 P 取为锅炉出口额定压力与最大流量时锅筒至锅炉出口之间压降之和，不考虑安全阀动作的压力升高值。

若锅筒受液柱静压力超过按上述方法所得计算压力的 3%，则在计算压力中还应加上此液柱静压力。

(四) 计算直径

2.7 壁厚中心线重合的不等壁厚锅筒筒体，对薄壁及厚壁 (2-1)、(2-3) 及 (2-5) 计算时，各式中的内直径 D_n 皆按图 2-1 所示尺寸选取。



(五) 减弱系数

2.8 式 (2-1) 中的最小减弱系数 φ_{min} 取为焊缝减弱系数 φ_n ，纵向孔桥减弱系数 φ ，两倍横向孔桥减弱系数 $2\varphi'$ 及斜

$$D_n = R_n' + R_n''$$

图 2-1 不等壁厚筒体内径 D_n 的取法

向孔桥当量减弱系数 φ_d 中的最小值；若孔桥位于焊缝上，应按2.29条的有关规定取用。

2.9 按锅炉制造技术条件检验合格的焊缝，其减弱系数 φ_h 可按表2-1选取。

按式(2-1)和(2-5)计算时，若环向焊缝上无孔桥，则环向焊缝减弱系数不予考虑。

2.10 相邻两孔的节距(纵向、横向或斜向)大于或等于按下式计算的值时，可不考虑孔间的影响，即该孔桥的减弱系数不必计算：

$$t_0 = d_p + 2\sqrt{(D_n + S)S}$$

(2-7)

若开孔直径大于按7.3条确定的未加强孔的最大允许直径，应按7.8至7.10条的规定进行加强。

焊 缝 减 弱 系 数 φ_h

表 2-1

焊接方法	焊 缝 型 式	
手工电焊 或 气 焊	双面焊接有坡口对接焊缝	1.00
	在焊缝根部有垫板或垫圈的单面焊接有坡口对接焊缝	0.80
	有氩弧焊打底的单面焊接有坡口对接焊缝	0.90
	无氩弧焊打底的单面焊接有坡口对接焊缝	0.75
熔剂层下 的自动焊	双面焊接对接焊缝	1.00
	单面焊接有坡口对接焊缝	0.85
	单面焊接无坡口对接焊缝	0.80
电 渣 焊		1.00

表注：在基本许用应力按持久强度确定的情况下，对于 $\varphi_h \leq 0.8$ 的焊缝， φ_h 取表中数值；对于 $\varphi_h > 0.8$ 的焊缝，取 $\varphi_h = 0.8$ 。

2.11 相邻两孔的节距小于按式(2-7)确定的值时，应取2.12至2.19条的规定计算孔桥减弱系数。若孔桥中的开孔直径大