



中华人民共和国国家标准

GB/T 16508—1996

锅壳锅炉受压元件强度计算

Strength calculation of pressure parts for shell boilers

1996-09-03 发布

1996-12-01 实施

国家技术监督局 发布

目 次

1 主题内容与适用范围	(1)
2 引用标准	(1)
3 材料、许用应力和计算压力	(1)
4 承受内压力的圆筒形元件	(4)
5 承受外压力的圆筒形炉胆、冲天管、烟管和其他元件	(12)
6 凸形封头、炉胆顶、半球形炉胆和凸形管板	(22)
7 有拉撑(加固)的平板和管板	(27)
8 拉撑件和加固件	(34)
9 矩形集箱	(39)
10 集箱端盖、内置孔盖	(43)
11 下脚圈	(46)
12 孔和孔的加强	(47)
附录 A 铸铁锅炉受压元件(补充件)	(56)
附录 B 例题(参考件)	(58)
附录 C 单位换算(参考件)	(94)

中华人民共和国国家标准

GB/T 16508—1996

锅壳锅炉受压元件强度计算

代替 JB 3622—84

Strength calculation of pressure parts for shell boilers

1 主题内容与适用范围

1.1 本标准规定了由低碳钢或低碳锰钢焊制的有烟管和(或)炉胆的固定式锅壳锅炉受压元件和铸铁锅炉受压元件的强度计算方法与有关结构规定。

1.2 本标准适用于额定蒸汽压力不大于 2.5 MPa 的蒸汽锅炉及额定出水压力不小于 0.1 MPa 的热水锅炉,但额定出水压力小于 0.1 MPa 的热水锅炉也可参照使用。

1.3 锅炉的设计、制造、安装、使用、修理、改造应符合国家现行的《蒸汽锅炉安全技术监察规程》、《热水锅炉安全技术监察规程》、有关锅炉制造技术条件及其他有关国家标准。

2 引用标准

- GB 699 优质碳素结构钢技术条件
- GB 709 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB 711 优质碳素结构钢热轧厚钢板和宽钢带
- GB 713 锅炉用碳素钢和低合金钢钢板
- GB 1576 低压锅炉水质标准
- GB 3087 低中压锅炉用无缝钢管
- GB 3274 碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带
- GB 8163 输送流体用无缝钢管
- GB 9222 水管锅炉受压元件强度计算

3 材料、许用应力和计算压力

3.1 符号说明

本章所用符号的意义和单位如下:

σ_b ——常温抗拉强度,MPa;

σ_s ——常温屈服点,MPa;

σ'_s ——计算壁温时的屈服点,MPa;

δ_5 ——常温伸长率,%;

$[\sigma]$ ——许用应力,MPa;

$[\sigma]_t$ ——基本许用应力,MPa;

η ——基本许用应力修正系数;

t_{bi} ——计算壁温,℃;

t_j ——计算压力(绝对压力)下介质饱和温度或热水锅炉额定出水温度,℃;

国家技术监督局1996-09-03批准

1996-12-01实施

- p ——计算压力(表压),MPa;
 p_e ——锅炉额定压力(表压),MPa;
 Δp ——附加压力,MPa;
 Δp_s ——最大流量时计算元件至锅炉出口之间的压力降,MPa;
 Δp_{sz} ——计算元件所受水柱静压力,MPa;
 $[p]$ ——最高允许计算压力(表压),MPa;
 $[p]_g$ ——锅炉出口处的最高允许工作压力,MPa。

3.2 材料

3.2.1 锅壳锅炉受压元件应采用符合有关国家标准或行业标准所规定的锅炉用低碳钢或低碳锰钢。

使用本标准未列入的上述材料中某些钢号时,应符合国家现行《蒸汽锅炉安全技术监察规程》和《热水锅炉安全技术监察规程》的有关规定。

3.2.2 用于制造受压元件的钢板应具有良好的塑性,其常温伸长率 δ_5 应不低于 18%。

3.3 许用应力

3.3.1 材料的许用应力按下式计算:

$$[\sigma] = \eta[\sigma]_j \quad \dots\dots\dots (1)$$

3.3.2 锅壳锅炉常用钢材的基本许用应力 $[\sigma]_j$ 取表 1 所列值。对于表 1 未列出的但符合 3.2 要求的钢材,基本许用应力 $[\sigma]_j$ 按下列公式计算,取两者较小值。

$$[\sigma]_j \leq \frac{\sigma_b}{2.7} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$[\sigma]_j \leq \frac{\sigma_s}{1.5} \quad \dots\dots\dots (3)$$

计算时, σ_b 、 σ_s 取相应钢号的保证值;当缺乏保证值时,可用钢材抽样试验所得的 σ_b 、 σ_s 最小值乘以 0.9 作为计算取值,抽样试验应按有关标准进行。

如无 σ_s 数据,可根据 σ_b 的保证值,如无 σ_b 保证值时,可根据钢材抽样试验所得 σ_b 的最小值乘以 0.9,利用表 2 列出的 σ_s/σ_b 比值换算出 σ_s 。

表 1 常用钢材基本许用应力 $[\sigma]_j$

MPa

钢号和标准号		钢 管		圆 钢	钢 板			
		10 GB 8163 GB 3087	20 GB 8163 GB 3087	20 GB 699	Q235 GB 3274	20 GB 711	20g GB 713	16Mng GB 713
σ_b		333	392	400	372	400	400	510
σ_s		196	245	245	216	—	245	345
计算壁温℃	250	104	125	125	113	125	125	149
	260	101	123	123	111	123	123	146
	280	96	118	118	105	118	118	140
	300	91	113	113	101	113	113	135
	320	89	109	109		109	109	132
	340	84	102	102		102	102	130
	350	80	100	100		100	100	129
	360	78	97					
	380	75	92					
	400	70	87					
	420	66	78					
	440	55	66					
	450	49	57					

注：① 相邻计算壁温数值间的 $[\sigma]$ 采用算术内插法确定。

② 对于 20g、16Mng 钢板，当厚度大于 16 mm 时， σ_b 、 σ_s 值按 GB 713 确定，但 $[\sigma]$ 仍按表中所列数值取用。

表 2 低碳钢或低碳锰钢的 σ_s'/σ_b 最小值

计算壁温 ℃	250	275	300	325	350
σ_s'/σ_b 最小值	0.40	0.38	0.36	0.34	0.33

注：相邻两个数值间的 σ_s'/σ_b 采用算术内插法确定。

3.3.3 基本许用应力修正系数 η 按表 3 确定。

表 3 基本许用应力修正系数 η

元件型式及工作条件	η
承受内压力的锅壳筒体和集箱筒体	
不受热(在烟道外或可靠绝热)	1.00
受热(烟温 $\leq 600^\circ\text{C}$)	0.95
受热(烟温 $> 600^\circ\text{C}$)	0.90
管子(管接头)、孔圈	1.00
波形炉胆	0.6
凸形封头、炉胆顶、半球形炉胆、凸形管板	
立式无冲天管锅炉与干汽室的凹面受压的凸形封头	1.00
立式无冲天管锅炉凸面受压的半球形炉胆	0.30
立式无冲天管锅炉凸面受压的炉胆顶	0.40
立式冲天管锅炉凸面受压的炉胆顶	0.50
立式冲天管锅炉凹面受压的凸形封头	0.65
卧式内燃锅炉凹面受压的凸形封头	0.80
凹面受压的凸形管板	0.85
有拉撑的平板、烟管管板	0.85
拉撑件(拉杆、拉撑管、角撑板)	0.55
加固横梁	1.00
孔盖	1.00
圆形集箱端盖	(见表 17)
矩形集箱	1.25
矩形集箱端盖	0.75

3.4 计算壁温

3.4.1 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术平均值。

任何情况下锅炉受压元件的计算壁温取不低于 250°C 。

3.4.2 计算壁温 t_b 按表 4 确定。

表 4 计算壁温 t_{bi}

℃

受压元件型式及工作条件	t_{bi}
防焦箱	$t_j + 110$
直接受火焰辐射的锅壳筒体、炉胆、炉胆顶、平板、管板、火箱板、集箱	$t_j + 90$
与温度 900℃ 以上烟气接触的锅壳筒体、回燃室、平板、管板、集箱	$t_j + 70$
与温度 600~900℃ 烟气接触的锅壳筒体、回燃室、平板、管板、集箱	$t_j + 50$
与温度低于 600℃ 烟气接触的锅壳筒体、平板、管板、集箱	$t_j + 25$
水冷壁管	$t_j + 50$
对流管、拉撑管	$t_j + 25$
不直接受烟气或火焰加热的元件	t_j

注：表中列出的 t_{bi} 值仅适用于锅炉给水质量符合 GB 1576 标准的情况。

3.5 计算压力

3.5.1 设计计算时，计算压力按下式计算：

$$p = p_e + \Delta p + \Delta p_z + \Delta p_{sz} \dots\dots\dots (4)$$

附加压力 Δp 按以下原则确定：

额定压力小于 1.25 MPa 时， $\Delta p = 0.02$ MPa；

额定压力不小于 1.25 MPa 时， $\Delta p = 0.04(p_e + \Delta p_z + \Delta p_{sz})$ 。

当 $\Delta p_{sz} < 3\%(p_e + \Delta p + \Delta p_z)$ 时，可取 Δp_{sz} 等于零。

3.5.2 校核计算时，算得的元件最高允许计算压力 $[p]$ 包括 $[p]_g$ 、 Δp 、 Δp_z 和 Δp_{sz} 四项压力之和，锅炉出口处最高允许工作压力 $[p]_g$ 取各元件中的最小值。

4 承受内压力的圆筒形元件

4.1 符号说明

本章所用符号的意义和单位如下：

t_t ——理论计算厚度，mm；

$t_{\min}$ ——最小需要厚度，mm；

t ——取用厚度（简称“厚度”）、实际测量厚度，mm；

t_1 ——相连封头或扳边元件的厚度，mm；

t_y ——有效厚度，mm；

c ——考虑腐蚀减薄、材料厚度下偏差（为负值时）和工艺减薄的附加厚度，mm；

c_1 ——考虑腐蚀减薄的附加厚度，mm；

c_2 ——考虑材料厚度下偏差（为负值时）的附加厚度，mm；

c_3 ——考虑工艺减薄的附加厚度，mm；

D_n ——锅壳筒体内径、大横水管内径，mm；

D_w ——集箱筒体外径，mm；

p ——计算压力（表压），MPa；

$[p]$ ——最高允许计算压力（表压），MPa；

$[\sigma]$ ——许用应力，MPa；

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 ——斜向孔桥当量减弱系数；

φ_j ——校核部位的当量减弱系数；

$\varphi_{\min}$ ——最小减弱系数；

K ——斜向孔桥换算系数；

a ——斜向相邻两孔按圆筒平均直径展开的节距在圆筒圆周方向上的投影长度,mm；

b ——斜向相邻两孔按圆筒平均直径展开的节距在圆筒纵轴方向上的投影长度,mm；

n —— b 与 a 的比值(b/a)；

α ——孔的轴线偏离筒体径向的角度,°；

s_0 ——不考虑孔间影响的相邻两孔的最小节距,mm；

s ——纵向(轴向)相邻两孔的节距,mm；

s' ——横向(环向)相邻两孔按圆筒平均直径展开的节距,mm；

s'' ——斜向相邻两孔按圆筒平均直径展开的节距,mm；

d ——孔的直径、坡口型角焊管子或孔圈的内径、非受热部位插入式双面角焊管子或孔圈的内径,mm；

d_d ——孔的当量直径,mm；

d_p ——相邻两孔直径的平均值,mm；

d_w ——管子外径,mm；

m ——管子厚度下偏差(为负值时)与管子公称厚度的百分比绝对值, %；

A ——系数；

A_1 ——系数；

n_1 ——管子弯曲半径与管子外径的比值。

4.2 计算公式

4.2.1 锅壳筒体理论计算厚度按下式计算：

$$t_l = \frac{pD_n}{2\varphi_{\min}[\sigma] - p} \quad \dots\dots\dots (5)$$

锅壳筒体最小需要厚度按下式计算：

$$t_{\min} = t_l + c \quad \dots\dots\dots (6)$$

4.2.2 集箱筒体理论计算厚度按下式计算：

$$t_l = \frac{pD_w}{2\varphi_{\min}[\sigma] + p} \quad \dots\dots\dots (7)$$

其最小需要厚度 $t_{\min}$ 按式(6)计算。

4.2.3 校核计算时,锅壳筒体及集箱筒体的最高允许计算压力按下列公式计算：

$$\text{锅壳筒体} \quad [p] = \frac{2\varphi_j[\sigma]t_y}{D_n + t_y} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\text{集箱筒体} \quad [p] = \frac{2\varphi_j[\sigma]t_y}{D_w - t_y} \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中：有效厚度 t_y 按下式计算：

$$t_y = t - c \quad \dots\dots\dots (10)$$

当 t_y 按式(10)计算时,取 φ_j 等于 $\varphi_{\min}$; t_y 也可取为校核部位的实际测量厚度减去以后可能的腐蚀减薄量,此时应以各校核部位相应的 φ_j 和 t_y 乘积的最小值代入式(8)或式(9)。此外,由式(8)、(9)算得的最高允许计算压力还应满足第12章孔的加强要求。

4.2.4 承受内压力管子的理论计算厚度按下式计算：

$$t_l = \frac{pd_w}{2[\sigma] + p} \quad \dots\dots\dots (11)$$

其最小需要厚度 $t_{\min}$ 按式(6)计算。

4.2.5 校核计算时,承受内压力管子的最高允许计算压力按下式计算:

$$[p] = \frac{2[\sigma]t_y}{d_w - t_y} \quad \dots\dots\dots(12)$$

4.2.6 立式锅炉大横水管取用厚度和最高允许计算压力按下列公式计算:

$$t \geq \frac{pD_n}{44} + 3 \quad \dots\dots\dots(13)$$

$$[p] = \frac{44(t - 3)}{D_n} \quad \dots\dots\dots(14)$$

上述公式适用于管子内径 D_n 为 102~300 mm 的情况。

4.3 减弱系数

4.3.1 式(5)和式(7)中的最小减弱系数 $\varphi_{\min}$ 取纵向焊缝减弱系数 φ_h 、纵向孔桥减弱系数 φ 、两倍横向孔桥减弱系数 $2\varphi'$ (当 $2\varphi' > 1$ 时,取 $2\varphi' = 1.00$) 及斜向孔桥当量减弱系数 φ_d (当 $\varphi_d > 1$ 时,取 $\varphi_d = 1.00$) 中的最小值。若孔桥位于焊缝上,应按 4.6.2 有关规定处理。

4.3.2 按锅炉制造技术条件检验合格的焊缝,其减弱系数 φ_h 按表 5 选取。若环向焊缝上无孔,则环向焊缝减弱系数可不予考虑。

表 5 对接焊缝减弱系数 φ_h

焊接方法	焊缝型式	φ_h
手工电焊	双面焊	0.95
	焊缝根部有垫板的单面焊	0.80
	单面焊	0.70
熔剂层下的自动焊	双面焊	1.00
	单面焊	0.80

4.3.3 相邻两孔的节距(纵向、横向或斜向)不小于按下式计算的值时,孔桥减弱系数可不必计算。

$$s_0 = d_p + 2\sqrt{(D_n + t)t} \quad \dots\dots\dots(15)$$

式中: d_p 按式(21)确定。

4.3.4 相邻两孔的节距小于按式(15)确定的 s_0 值,且两孔直径均小于按 12.2.4 确定的未加强孔最大允许直径时,应按 4.3.6~4.3.13 的规定计算孔桥减弱系数。

若相邻两孔中的一个孔的直径大于按 12.2.4 确定的未加强孔最大允许直径,应在满足 12.6.1 所要求的条件下,按 12.2.5~12.2.7 的规定进行加强,加强后按无孔处理。

4.3.5 对于立式锅炉筒体上的加煤孔、出渣孔等,均应按 12.2.5~12.2.7 的规定进行加强,加强后按无孔处理。加煤孔圈、出渣孔圈等最小需要厚度按 12.3.4 确定。

4.3.6 等直径纵向相邻两孔(图 1)的孔桥减弱系数按下式计算:

$$\varphi = \frac{s - d}{s} \quad \dots\dots\dots(16)$$

4.3.7 等直径横向相邻两孔(图 2)的孔桥减弱系数按下式计算:

$$\varphi' = \frac{s' - d}{s'} \quad \dots\dots\dots(17)$$

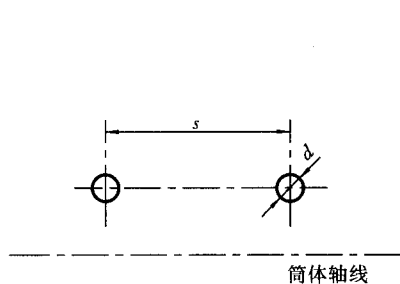


图 1 纵向孔桥

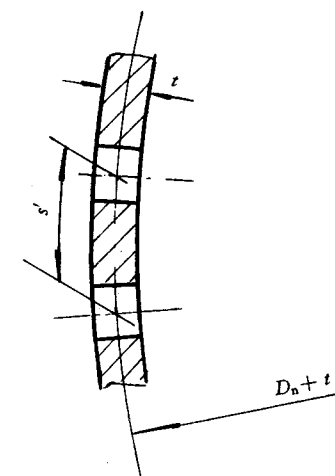
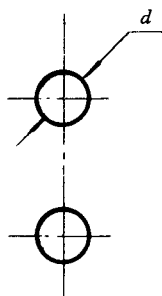


图 2 横向孔桥

4.3.8 等直径斜向相邻两孔(图 3)的孔桥当量减弱系数按下式计算:

$$\varphi_d = K\varphi'' \quad \dots\dots\dots (18)$$

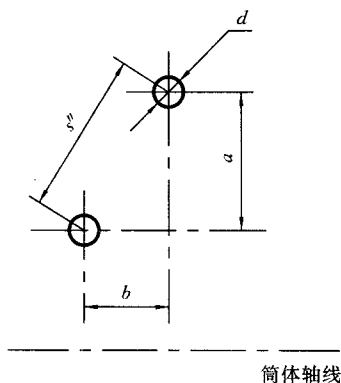


图 3 斜向孔桥

斜向孔桥换算系数 K 按下式计算:

$$K = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{0.75}{(1 + n^2)^2}}} \quad \dots\dots\dots (19)$$

当 $n \geq 2.4$ 时,可取 $K=1$,此时 $\varphi_d = \varphi''$ 。

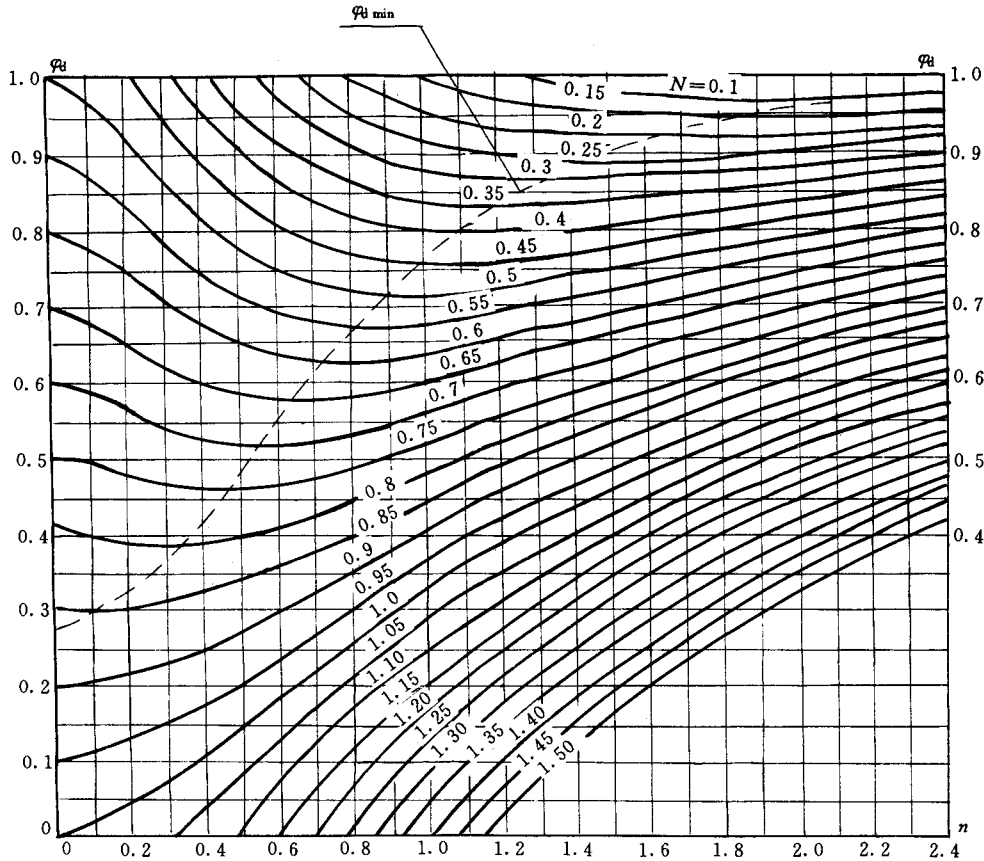
斜向孔桥减弱系数 φ'' 按下式计算:

$$\varphi'' = \frac{s'' - d}{s''} \quad \dots\dots\dots (20)$$

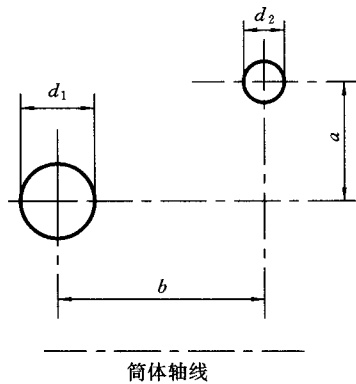
式中: $s'' = a \sqrt{1 + n^2}$

当 $\varphi_d > 1$ 时,取 $\varphi_d = 1.00$ 。

φ_d 也可按线算图(图 4)直接查取。



注：图中虚线为各条曲线极小值的连线。



$$N = \frac{d_1 + d_2}{2a}$$

$$n = \frac{b}{a}$$

图 4 确定 φ_d 值的线算图

4.3.9 若相邻两孔直径不同,在计算孔桥减弱系数时,式(16)、(17)及(20)中的直径 d 取相邻两孔的平均值 d_p ,即

$$d_p = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad \dots\dots\dots (21)$$

4.3.10 计算凹座开孔(图 5)的孔桥减弱系数时,式(16)、(17)及(20)中的直径 d 以当量直径 d_a 代入, d_a 按下式计算:

$$d_a = d_1 + \frac{h}{t}(d_1' - d_1) \quad \dots\dots\dots (22)$$

4.3.11 如孔排中的孔为非径向孔(图 6),计算孔桥减弱系数时,式(16)、(17)及(20)中的直径 d 以当量直径 d_a 代入, d_a 按如下规定确定:

纵向孔桥

$$d_d = d$$

横向孔桥

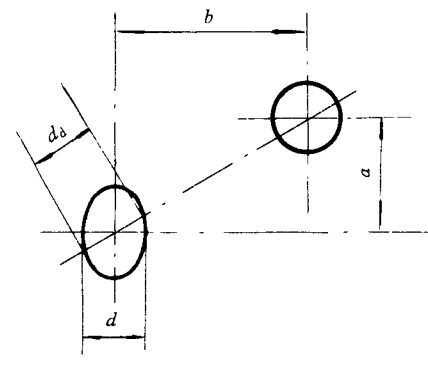
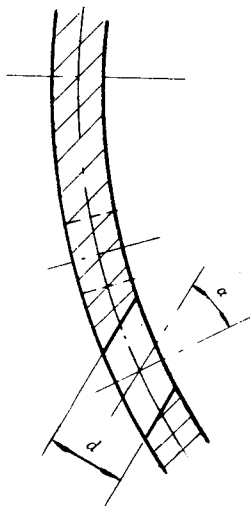
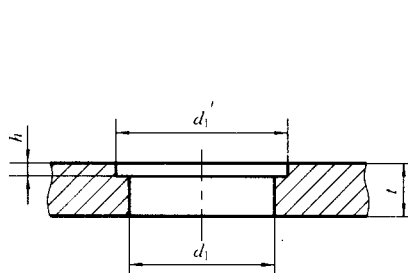
$$d_d = \frac{d}{\cos \alpha} \dots\dots\dots (23)$$

斜向孔桥

$$d_d = d \sqrt{\frac{n^2 + 1}{n^2 + \cos^2 \alpha}} \dots\dots\dots (24)$$

 α 不应大于 45° 。

非径向孔宜经机械加工或仿形气割成形。



筒体轴线

图 5 具有凹座的孔

图 6 非径向孔

4.3.12 对于椭圆孔,计算孔桥减弱系数时,孔径 d 按该孔沿相应节距方向上的尺寸确定。

4.3.13 孔桥减弱系数可借助坡口型角焊结构的管接头多余厚度的加强作用予以提高,其应用条件、结构要求与计算方法见 12.6。

4.4 附加厚度

4.4.1 锅壳筒体的附加厚度 c 按下式计算:

$$c = c_1 + c_2 + c_3 \dots\dots\dots (25)$$

考虑腐蚀减薄的附加厚度 c_1 一般取 0.5 mm,若腐蚀减薄量超过 0.5 mm,则取实际可能的腐蚀减薄值。考虑材料厚度下偏差(为负值时)的附加厚度 c_2 按有关材料标准确定。考虑工艺减薄的附加厚度 c_3 应根据具体工艺情况而定:一般情况下,冷卷后冷校的锅壳筒体,可取为零;冷卷后热校的锅壳筒体,可取为 1 mm;热卷后热校的锅壳筒体,可取为 2 mm。

4.4.2 直集箱筒体和直水管的附加厚度

4.4.2.1 设计计算时,直集箱筒体和直水管的附加厚度按式(25)计算,其中 c_1 按 4.4.1 原则处理, c_3 取为零, c_2 按下式计算:

$$c_2 = At_l \dots\dots\dots (26)$$

式中:系数 A 按下式计算:

$$A = \frac{m}{100 - m} \dots\dots\dots (27)$$

 A 值也可按表 6 选取。

表 6 系数 A

$m, \%$	18	15	12.5	10	5	0
A	0.22	0.18	0.14	0.11	0.05	0

4.4.2.2 校核计算时,直集箱筒体和直水管的附加厚度 c 按下式计算:

$$c = \frac{At + c_1}{1 + A} \quad \dots\dots\dots (28)$$

4.4.3 环形集箱筒体和弯水管的附加厚度

4.4.3.1 设计计算时,环形集箱筒体和弯水管的附加厚度按式(25)计算,其中 c_1 按 4.4.1 原则处理, $c_2 + c_3$ 按下式计算:

$$c_2 + c_3 = A_1 t_l \quad \dots\dots\dots (29)$$

式中:系数 A_1 按下述规定选取:

a. $n_1 < 1.8$ 时, A_1 按下式计算:

$$A_1 = \frac{\frac{50}{n_1(4n_1 + 1)} + m}{100 - m} \quad \dots\dots\dots (30)$$

b. $1.8 \leq n_1 \leq 3.5$ 时, A_1 按表 7 选取。

表 7 系数 A_1

$m, \%$	18	15	12.5	10	5	0
A_1	0.26	0.22	0.18	0.15	0.09	0.03

c. $n_1 > 3.5$ 时, A_1 按表 6 中的 A 选取。

4.4.3.2 校核计算时,环形集箱筒体和弯水管的附加厚度 c 按下式计算:

$$c = \frac{A_1 t + c_1}{1 + A_1} \quad \dots\dots\dots (31)$$

4.5 厚度限制

4.5.1 锅壳内径 D_n 大于 1 000 mm 时,锅壳筒体的取用厚度不宜小于 6 mm;锅壳内径 D_n 不大于 1 000 mm 时,锅壳筒体的取用厚度不宜小于 4 mm。

4.5.2 立式锅炉大横水管的取用厚度不宜小于 6 mm。

4.5.3 不绝热的锅壳置于烟温不小于 600℃ 的烟道或炉膛内时,取用厚度不应大于表 8 所列数值。

表 8 不绝热锅壳的最大允许厚度

mm

工 作 条 件	最大允许厚度
在烟温大于 900℃ 的烟道或炉膛内	26
在烟温为 600℃~900℃ 之间的烟道内	30

4.6 结构要求

4.6.1 对于胀接管孔,孔桥减弱系数 φ 、 φ' 及 φ'' 均不应小于 0.3;胀接管孔中心与焊缝边缘的距离不应小于 $0.8d$,且不小于 $0.5d + 12$ mm;在纵焊缝上不得有胀接管孔,若需在环缝上开胀接管孔应符合“锅炉安全技术监察规程”的要求。

4.6.2 焊接管孔应尽量避免开在主焊缝上,并避免管孔焊缝边缘与相邻主焊缝边缘的净间距小于 10 mm。如不能避免时,应满足下列二条要求:

a. 距管孔中心 1.5 倍管孔直径(当管孔直径小于 60 mm 时,为 $0.5d + 60$ mm)范围内的主焊缝经射线探伤合格,且孔周边不应有夹渣;

b. 管子或管接头焊后经热处理或局部热处理消除残余应力。

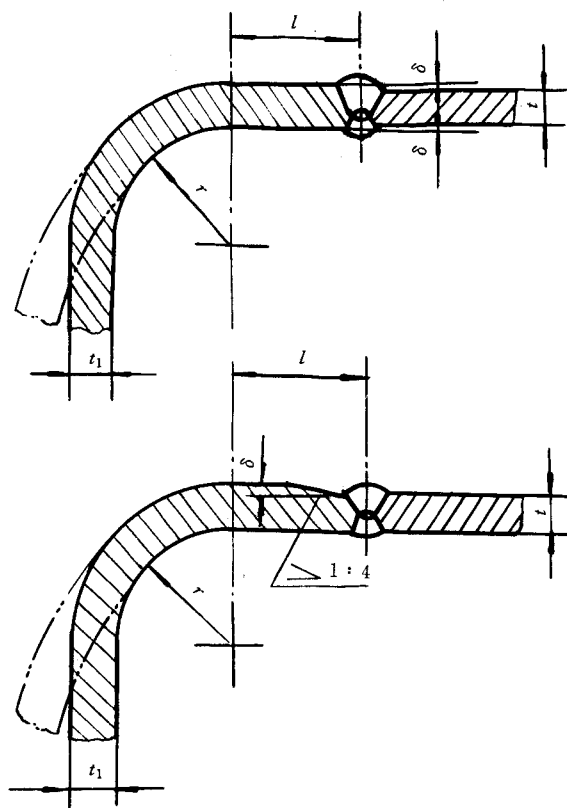
此时,该部位的减弱系数取孔桥减弱系数与焊缝减弱系数的乘积。

相邻焊接管孔焊缝边缘的净间距不宜小于 6 mm,如焊后经热处理或局部热处理,则不受此限。

4.6.3 锅壳筒体与扳边的平管板或凸形封头的连接型式如图 7 所示。

4.6.4 锅壳筒体与平管板采用坡口型角焊连接时,应符合如下规定:

- a. 锅炉的额定压力应不大于 1.6 MPa;
- b. 烟温不大于 600℃ 部位(不受烟气冲刷部位,且采用可靠绝热时,可不受此限);
- c. 必须采用全焊透且经机械加工的坡口型式(参见图 8);
- d. 连接焊缝应全部位于筒体上;
- e. 连接焊缝的厚度应不小于管板的厚度,且其焊缝背部能封焊的部位均应封焊,不能封焊的部位应采用氩弧焊打底,并应保证焊透;
- f. 焊缝应按规定进行超声波探伤;
- g. 采用此种结构时,应遵守国家锅炉监察部门的有关规定。



mm

扳边元件的厚度 t_1	扳边元件直段长度 l	扳边内半径 r	对接边缘偏差 δ
<10	≥ 25	平板或管板见 7.2.11; 扁球形封头见 6.3.7	$\leq 0.1t_1 + 1$, 且 ≤ 4
10~20	$\geq t_1 + 15$		
>20	$\geq 0.5t_1 + 25$		

注:当 δ 超过表中规定值时,应进行削薄,削薄长度不应小于削薄厚度的 4 倍(见图)。

图 7 锅壳筒体与扳边的平管板或凸形封头的连接

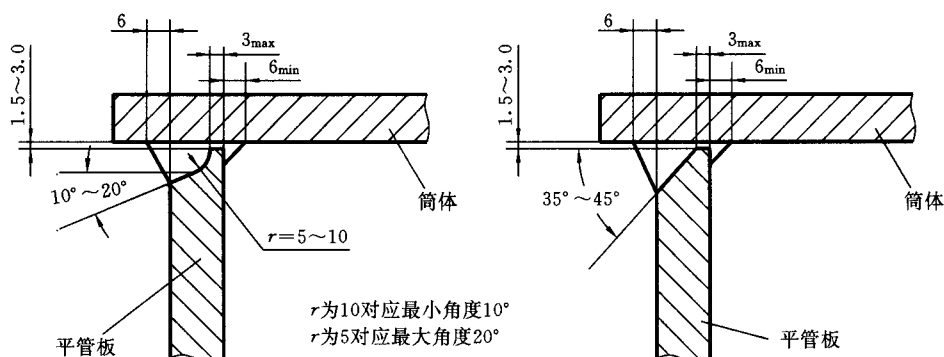


图 8 锅壳筒体与平管板连接的坡口型角焊结构(参考图)

5 承受外压力的圆筒形炉胆、冲天管、烟管和其他元件

5.1 符号说明

本章所用符号的意义和单位如下:

$t_{\min}$ ——最小需要厚度,mm;

t ——取用厚度(简称“厚度”)、实际测量厚度,mm;

t_j ——加强圈厚度,mm;

h_j ——加强圈高度,mm;

D_p ——炉胆平均直径、波形炉胆平直部分的平均直径,mm;

D_n ——炉胆、冲天管内径,mm;

D_w ——炉胆外径,mm;

h_w ——炉胆顶外高度,mm;

d_w ——烟管外径,mm;

L ——计算长度,mm;

X ——计算长度增值,mm;

α ——孔的轴线偏离筒体径向的角度,°;

p ——计算压力(表压),MPa;

$[p]$ ——最高允许计算压力(表压),MPa;

$[\sigma]$ ——许用应力,MPa;

σ_b ——常温抗拉强度,MPa;

σ_s' ——计算壁温时的屈服点,MPa;

E' ——计算壁温时的弹性模量,MPa;

u ——圆度百分率;

$\varphi_{\min}$ ——最小减弱系数;

n_1 ——强度安全系数;

n_2 ——稳定安全系数;

I_b ——波纹截面对其自身中性轴的惯性矩,mm⁴;

I_j ——加强圈对其自身中性轴的惯性矩,mm⁴;

I_p ——膨胀环对其自身中性轴的惯性矩,mm⁴;

I', I'', I''' ——所需要的惯性矩,mm⁴;

s ——波形炉胆的波纹节距,mm;

W ——波形炉胆的波纹深度,mm;

- R_0 ——波形炉胆的波纹中半径,mm;
 r ——波形炉胆的波纹内半径,mm;
 R ——波形炉胆的波纹外半径,mm;
 α' ——半夹角,rad(弧度);
 a ——中性轴 $X-X$ 与通过圆心的轴线 X_0-X_0 的距离,mm。

5.2 圆筒形炉胆

5.2.1 平直炉胆

5.2.1.1 卧式平直炉胆最小需要厚度按下列公式计算,取两者较大值。

$$t_{\min} = \frac{B}{2} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{0.12D_p u}{B \left(1 + \frac{D_p}{0.3L} \right)}} \right] + 1 \quad \dots\dots\dots (32)$$

式中:

$$B = \frac{pD_p n_1}{2\sigma_s^t \left(1 + \frac{D_p}{15L} \right)} \quad \dots\dots\dots (33)$$

$$t_{\min} = D_p^{0.6} \left(\frac{pLn_2}{1.73E^t} \right)^{0.4} + 1 \quad \dots\dots\dots (34)$$

5.2.1.2 校核计算时,卧式平直炉胆的最高允许计算压力按下列公式计算,取两者较小值。

$$[p] = \frac{2\sigma_s^t(t-1)}{n_1 D_p} \left[\frac{1 + \frac{D_p}{15L}}{1 + \frac{0.03D_p u}{(t-1) \left(1 + \frac{D_p}{0.3L} \right)}} \right] \quad \dots\dots\dots (35)$$

$$[p] = \frac{1.73E^t(t-1)^{2.5}}{LD_p^{1.5} n_2} \quad \dots\dots\dots (36)$$

5.2.1.3 立式平直炉胆的最小需要厚度和最高允许计算压力按下列公式计算:

$$t_{\min} = 1.5 \frac{pD_n}{\varphi_{\min} \sigma_b} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4.4L}{p(L+D_n)}} \right] + 2 \quad \dots\dots\dots (37)$$

$$[p] = \frac{\varphi_{\min} \sigma_b (t-2)}{1.5D_n \left[\frac{6.6LD_n}{\varphi_{\min} \sigma_b (L+D_n)(t-2)} + 2 \right]} \quad \dots\dots\dots (38)$$

5.2.1.4 立式平直炉胆上布置孔排时,最小减弱系数按以下规定确定:

a. 多横水管锅炉(图9)、水冷炉排锅炉(图10)的 $\varphi_{\min} = 1.00$,但 α 不应大于 45° ,非径向孔宜经机械加工或仿形气割成形,两侧边缘管孔的焊缝尺寸应满足图39要求;

b. 弯水管锅炉(图11)的 $\varphi_{\min}$ 按4.3确定(带有冲天管时,取横向减弱系数 $\varphi' = 1.00$);如采用坡口型角焊,可按12.6的规定提高减弱系数。