

火管锅炉受压元件强度 计算暂行规定

(部份规定)

讲 义

国家劳动总局锅炉安全监察局

一九八〇年八月

~说~明~

这份讲义是从“火管锅炉受压元件强度计算暂行规定”
(1961年1月公布施行)中摘录的部份规定。因为国内
已不再制造兰开夏和康尼许锅炉,也不再制造铆接锅炉,因
此,这份讲义将原来上述有关部份的规定,未有打印在内。
据了解,此标准正在修订之中。

这份讲义为教学用,未有印图,由学员自行绘上。

火管锅炉受压元件 强度计算暂行规定 (部份规定)

第一章 总 则

第1条 为了正确地计算火管锅炉受压元件的强度，保证锅炉安全运行，特制订本规定。

第2条 本规定适用于工作压力在0.7公斤/厘米²以上的火管锅炉（不包括船舶上和机车上的锅炉）。

第二章 接缝效率

第3条 焊缝效率 φ 应该按表2-1的数值选用。

焊缝效率数值表

表 2-1

焊接方法	焊 缝 型 式	效率 φ
手工气 焊或电焊	双面焊接的对接缝	0.95
	单面焊接的对接缝，在焊缝根部有垫板或垫圈的	0.90
	单面焊接的对接缝	0.70
熔剂层下 自动焊接	双面焊接的对接缝	1.00
	单面焊接的对接缝	0.80

第三章 锅筒的筒壳计算

第9条 焊接锅筒的筒壳应按下列公式计算:

$$P = \frac{230R_p(S-C)\varphi}{D_B + (S-C)} \quad (3-1)$$

$$S = \frac{PD_B}{230R_p\varphi - P} + C \quad (3-2)$$

式中: P ——许可工作压力, 公斤/厘米²;

S ——钢板厚度, 毫米; 至少应为6毫米;

C ——附加厚度, 取用1毫米;

D_B ——筒壳内径, 毫米;

R_p ——容许拉应力, 公斤/毫米²;

φ ——纵向焊缝效率;

φ_1 ——周向焊缝效率;

如果 φ_1 值 $< \frac{\varphi}{2}$ 时, 那末公式(3-1)和(3-2)内的 φ 应以 $2\varphi_1$ 来代替。

安 全 系 数

表 3-1

接 缝 种 类		安全系数	
		n_B	n_T
焊 接	受热的焊制(或无缝)锅筒或联箱;		
	有未经加强的开孔或有胀接管子的管孔	4.35	1.90
	有经过加强的开孔或无孔	4.15	1.80
	不受热的焊接(或无缝)锅筒或联箱;		
	有未经加强的开孔或有胀接管子的管孔	4.0	1.75
	有经过加强的开孔或无孔	3.75	1.65

筒壁的计算温度

表 3-2

锅筒的工作条件	壁温 C
1、锅筒位于烟道范围以外	t_H
2、锅筒位于烟道范围以内, 但有足够的绝热不使受到辐射热和烟气的加热作用。	t_H+10
3、未经绝热的锅筒位于烟气温度不超过 600°C 的对流受热烟道内	t_H+30
4、未经绝热的锅筒位于辐射热的区域内	t_H+100

t_H ——饱和蒸汽温度

注: 当工作压力不超过 2.2 公斤/厘米² 和锅筒壁厚不超过 30 毫米时, 允许将未经绝热的锅筒设置在烟气温度不超过 600°C 的对流传热烟道内。

当工作压力不超过 2.2 公斤/厘米² 和锅筒壁厚不超过 20 毫米时, 允许将未经绝热的锅筒设置在辐射热区域内。

第四章 筒壳开孔的计算

第 14 条 未经加强的开孔计算:

未加强开孔的最大容许直径 d_H 按下式确定:

$$d_H \leq 8.13 \sqrt{D_B (S-C) (1-K)} \quad (4-1)$$

$$K = \frac{PD_B}{(230R_p - P) (S-C)} \quad (4-2)$$

式中: d_H — 未加强开孔的最大容许直径, 毫米;

D_B — 筒壳内径, 毫米;

S——筒壁厚度，毫米；

C——附加厚度，毫米；

K——系数；

R_p ——容许拉应力，公斤/毫米²；

P——许可工作压力，公斤/厘米²；

在任何情况下，K值不得大于0.99； d_H 值不得大于200毫米，同时，不得大于 $0.60 \times D_B$ ，开孔为椭圆形时， d_H 是指长轴的尺寸。

第15条 有加强的开孔计算：（见图4-1至4-3）

(1) 开孔需要加强的截面积计算：

如果为焊接加强环时，需要加强的总截面积为

$$A = d_n S_0 \quad (4-3)$$

如果为铆接加强环时，需要加强的总截面积为

$$A = (d_n + nd_1) S_0 \quad (4-4)$$

式中：A——开孔需要加强的总截面积，毫米²；

d_n ——沿着筒壳纵向量出的开孔轴径，毫米；

d_1 ——铆钉孔直径，毫米；

n——计算截面上的铆钉孔数目；

S——筒壁厚度，毫米；

S_0 ——无缝圆筒的计算厚度（不计附加厚度），毫米；

(2) 有加强作用的金属截面积 A_1 和 A_2 ，按下列方法计算：

A_1 ——筒壳本身在ABCD范围内有加强作用的截面积（如果是铆接的加强环，应减去铆钉孔截面积），毫米²；

$$\text{焊接时} \quad A_1 = d_n (S - S_0) \quad (4-5)$$

$$\text{铆接时} \quad A_1 = (d_n - nd) (S - S_0) \quad (4-6)$$

A_2 ——在 A B C D 范围内所有加强金属的截面积, (焊接的应包括熔注金属截面积, 铆接的应减去铆钉孔截面积) 毫米²。有管接头时, 管接头对开孔有加强作用的截面积, 毫米², 按 $2(S_1 - S_2)h$ 计算, 其中 S_1 是指管子实际厚度毫米; S_2 是指的管子计算厚度, 毫米。

(3) 上述加强作用应满足下列条件:

$$A_1 + A_2 \geq A \quad (4-7)$$

第 16 条 对于铆接加强环, 除符合本规定第 16 条的要求外, 还应按照下列公式核算铆钉数目:

$$N = \frac{PD_B d_n}{1000 \frac{\pi d^2}{4}} \quad (4-8)$$

式中: P ——许可工作压力, 公斤/厘米²;

D_B ——筒壳内径, 毫米;

d_n ——在筒壳纵向上的开孔直径, 毫米;

d ——铆钉直径, 毫米;

N ——加强环上应有的铆钉总数的一半。

第 17 条 人孔盖和手孔盖计算:

(1) 椭圆孔盖

$$S_k = 0.6ab \sqrt{\frac{2P}{100(a^2 + b^2)R_u}} \quad (4-9)$$

(2) 圆孔盖

$$S_k = 0.6d \sqrt{\frac{P}{100R_u}} \quad (4-10)$$

式中: S_k ——孔盖厚度, 毫米;

a ——孔的长轴, 毫米;

b ——孔的短轴, 毫米;

d ——圆孔直径, 毫米;

P ——许可工作压力, 公斤/厘米²;

R_u ——容许弯曲应力, 公斤/毫米²; 当金属壁温

$$\leq 250^\circ\text{C时, 采用 } R_u = \frac{\sigma_B}{4}。$$

第八章 圆筒形炉胆的计算

第26条 有加强环的平炉胆计算

这里加强环是指“艾登生”, 波形或其他形式的环节。这些环节的最高点至炉胆外表面至少应有50毫米。

(1) 当 $\frac{l}{d_H} \leq 1.5$ 时, 应按公式(8-1)至(8-4)计算,

压力 P 取用计算所得的最小值, 厚度 S 取用最大值。

$$P = \frac{105000(S-0.5)^2}{d_H(l+610)} \times \frac{\sigma_B}{41} \quad (8-1)$$

$$S = \sqrt{\frac{Pd_H(l+610)}{105000}} \times \sqrt{\frac{41}{\sigma_B}} + 0.5 \quad (8-2)$$

$$P = \frac{1120(S-0.5)}{d_H} \times \frac{\sigma_B}{41} - \frac{3.5l}{d_H} \quad (8-3)$$

$$S = \frac{Pd_H + 3.5l}{1120} \times \frac{41}{\sigma_B} + 0.5 \quad (8-4)$$

(2) 当 $l/d_H > 1.5$ 时, 应按公式 (8-5) 和 (8-6) 计算

$$P = \frac{(S-2)^2}{\left(\frac{0.015d_B}{\sigma_B}\right)^2 \times \frac{al}{l+d_B} + 2(S-2) \times \frac{0.015d_B}{\sigma_B}} \quad (8-5)$$

$$S = 0.015 \frac{Pd_B}{\sigma_B} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{al}{P(l+d_B)}} \right] + 2 \quad (8-6)$$

式中: P ——许可工作压力, 公斤/厘米²;

S ——炉胆厚度, 毫米;

d_H ——炉胆外径, 毫米;

d_B ——炉胆内径, 毫米;

σ_B ——炉胆钢板的抗拉强度, 公斤/毫米²;

a ——系数;

系数 a 的数值

炉胆接缝型式	卧式炉胆	立式炉胆
带有纵向焊接缝的	75	45
带有纵向搭接铆缝的	100	70

l ——每节炉胆的计算长度, 毫米;

l 值确定如下:

没有横水管的炉胆, l 是指平直部分的长度。

装有横水管的炉胆, (见下图)

a 筒 $l = l_1 + 0.5l_2$ ($l_1 \geq l_2$ 时)

b 筒 $l = l_1 + l_2$ ($l_1 \geq l_2$ 时)

$l = l_2 + l_2$ ($l_2 \geq l_1$ 时)

立式锅炉的炉胆在横向上装有一圈短拉撑时, 拉撑的节距 (沿着

炉胆量)不超过炉胆厚度的1.4倍,可以取这一圈拉撑的中心线作为支点的一端。

l 不宜超过炉胆外径的2倍。

炉胆壁厚度至少应有7毫米。卧式炉的纵向接缝应布置在下半圈。炉胆的最大椭圆度在加强环部分不应大于1%,在平直部分不应大于0.5%。

第27条 没有加强环的长炉胆(筒搭接炉胆)可按公式(8-5)和(8-6)计算。

第28条 波浪形炉胆计算。

$$P = \frac{\sigma_B(S-2)}{0.03d_B} \quad (8-7)$$

$$S = 0.03 \frac{Pd_B}{\sigma_B} + 2 \quad (8-8)$$

式中: P——许可工作压力,公斤/厘米²;

S——炉胆厚度,毫米;

d_B ——炉胆最小内径,毫米;

σ_B ——炉胆钢板的抗拉强度,公斤/毫米²。

波浪形炉胆的波高不得小于38毫米,波距不得大于200毫米。炉胆两端的平直部分长度(从波的中心量起)不得超过200毫米。

第九章 装有拉撑或拉撑管的平板计算

第29条 装有拉撑或拉撑管的平板,厚度可按下列公式计算:

(1) 当拉撑或拉撑管为有规律的排列时,〔见图9-1(一)〕

$$P = \frac{KS^2}{m^2+n^2} \times \frac{\sigma_B}{36} \quad (9-1)$$

$$S = \sqrt{\frac{P(m^2+n^2)}{K}} \times \sqrt{\frac{36}{\sigma_B}} \quad (9-2)$$

(2) 当拉撑或拉撑管为任意排列时, [见图9-1(二)]

$$P = \frac{KS^2}{\left(\frac{t_1+t_2}{2}\right)^2} \times \frac{\sigma_B}{36} \quad (9-3)$$

$$S = \frac{t_1+t_2}{2} \times \sqrt{\frac{P}{K}} \times \sqrt{\frac{36}{\sigma_B}} \quad (9-4)$$

式中: P ——许可工作压力, 公斤/厘米²;

S ——平板厚度, 毫米;

K ——系数, 见表9-1;

m 和 n ——拉撑或拉撑管在垂直和水平方向上的中心距, 毫米;

σ_B ——钢板的抗拉强度, 公斤/毫米²;

t_1 和 t_2 ——拉撑或拉撑管在对角线方向上的中心距, 毫米。

第30条 用角铁或其他方法加强的平板, 按下列公式计算:

$$P = \frac{KS^2}{d^2} \times \frac{\sigma_B}{36} \quad (9-5)$$

$$S = \sqrt{\frac{Pd^2}{K}} \times \sqrt{\frac{36}{\sigma_B}} \quad (9-6)$$

式中: P ——许可工作压力, 公斤/厘米²;

S ——平板厚度, 毫米;

d ——在加强件间可能划出的最大圆的直径, 毫米;

系数 K 和 $\frac{1}{\sqrt{K}}$ 的数值

表 9-1

平板加强的方法	系数 K 和 $\frac{1}{\sqrt{K}}$			
	受烟气加热		不 受 热	
	K	$1/\sqrt{K}$	K	$1/\sqrt{K}$
1、用拉撑螺丝或拉撑旋入平板上有螺纹的孔内并铆牢或将拉撑焊牢。	3460	0.0170	4440	0.0150
2、同上，在拉撑或拉撑螺丝套有外螺丝帽或有加过工的头。	4170	0.0155	5490	0.0135
3、用拉撑管加强的。	5100	0.0140	5100	0.0140
4、套有螺帽和垫圈的拉撑，假使垫圈直径等于加强件间距离的 $2/5$ ，而垫圈厚度等于平板壁厚的 $2/3$ 。	4890	0.0143	5920	0.0130
5、同上，假使垫圈厚度等于加强件间距离的 $3/5$ 而垫圈厚度等于平板壁厚的 $5/6$ 。	5750	0.0132	6940	0.0120
6、同上，假使垫圈直径等于加强件间距离的 $4/5$ ，而垫圈铆接或焊接于平板上。	6850	0.0121	8260	0.0110

K ——系数，经过三个支点划出的圆 $K=5300$ ，经过二个支点划出的圆 $K=3460$

σ_B ——钢板抗拉强度，公斤/毫米²。

第十章 各种拉撑的计算

第 3 1 条 圆钢拉撑和拉撑管的计算

$$P = \frac{R_p a_c}{A} \quad (10-1)$$

$$\sigma_{np} = \frac{P A}{a_c} \quad (10-2)$$

第 3 2 条 斜撑计算: (见图 10-1)

$$P = \frac{R_p E \frac{\pi d^2}{4}}{A} \quad (10-3)$$

$$\sigma_{np} = \frac{P A}{\frac{E \pi d^2}{4}} \quad (10-4)$$

第 3 3 条 角板撑计算: (见图 10-2)

$$P = \frac{HSE R_p}{A} \quad (10-5)$$

$$\sigma_{np} = \frac{P A}{HSE} \quad (10-6)$$

第 3 4 条 角板撑上的铆钉拉应力计算:

$$P = \frac{R_p n a}{1.25 A}$$

$$\sigma_{np} = \frac{1.25 P A}{n a}$$

第 3 5 条 角板撑上铆钉的剪切应力计算:

$$P = \frac{R_{cp} n a \sigma}{1.25 A} \quad (10-9)$$

$$\sigma_{ncp} = \frac{1.25 P A}{n a \sigma} \quad (10-10)$$

第 3 6 条 公式中符号的说明:

P ——许可工作压力, 公斤/厘米²;

R_p ——容许拉应力, 公斤/毫米², 拉撑取用 $R_p = \frac{\sigma_B}{6}$, 拉撑管 $R_p = \frac{\sigma_B}{7}$, 铆钉 $R_p = \frac{\sigma_B}{5}$;

R_{cp} ——铆钉的容许剪切应力, 公斤/毫米²; $R_{cp} = \frac{\sigma_B}{5}$;

σ_{np} ——由于压力 P 所引起的拉撑内或铆钉内的拉应力, 公斤/毫米², 拉撑不应大于 $\frac{\sigma_B}{6}$, 拉撑管不应大于 $\frac{\sigma_B}{7}$, 铆钉不应大于 $\frac{\sigma_B}{5}$;

σ_{ncp} ——由于压力 P 所引起的铆钉内的剪切应力, 不应大于 $\frac{\sigma_B}{5}$, 公斤/毫米²;

σ_B ——拉撑或拉撑管的抗拉强度, 公斤/毫米²; 核算铆钉拉应力或剪应力时, σ_B 为铆钉钢的抗拉强度, 公斤/毫米²;

A ——每个拉撑或拉撑管所支撑的面积, 厘米²;

a_c ——拉撑或拉撑管的截面积, 毫米²;

d ——拉撑的直径, 毫米。

H——角板撑的高度，毫米，（见图 10-2）取三个尺寸中之最小者；

S——角板撑的厚度，毫米；（见图 10-2）

E——角度系数 L_2/L ；（见图 10-1 和 10-2）

n——每个拉撑与封头（或筒壳）连接的铆钉个数；

a——铆钉孔面积，毫米²；

a——铆钉剪切系数，双剪 $a = 1.85$ ，单剪 $a = 1$ 。

第十一章 火管锅炉的管板计算

第 39 条 在管子区域以内不装拉撑管的管板计算：

如果管子与管板是采用胀接方法连接的，则

$$P = \frac{q\pi d}{A} \quad (11-1)$$

如果管子与管板采用焊接方法连接的，则

$$P = \frac{R_{cp} a_1 \varphi}{A} \quad (11-2)$$

同时，管板还须符合以下两个条件：

$$1、\text{管板厚度 } S \geq \frac{d}{8} + 5, \text{ 毫米} \quad (11-3)$$

$$2、\text{管孔带截面积 } a \geq 4.32d + 16, \text{ 毫米}^2 \quad (11-4)$$

式中：P——许可工作压力，公斤/厘米²；

S——管板厚度，毫米；

a——两管孔间的最小管孔带截面积，毫米²；

d——管孔直径，毫米；

A ——在四根烟管间的管板面积，厘米²（见图 11-1）；

q ——在胀口内每一毫米圆周长度上所承受的容许负荷值，公斤/毫米；

两端胀口，未扳边， $q \leq 4$ 公斤/毫米；

两端胀口，一端扳边 $q \leq 5$ 公斤/毫米；

两端胀口，又均扳边 $q \leq 7$ 公斤/毫米；

R_{cd} ——管子焊接时焊缝的容许剪切应力，公斤/毫米²，

不得大于 $\frac{\sigma_B}{5.3}$ ；

σ_B ——钢管的抗拉强度，公斤/毫米²；

a_1 ——填角焊缝的计算截面积，毫米²， $a_1 = \pi dh$ ；

h ——填角焊熔注金属的计算厚度，毫米， $h = 0.7 \times$ 直角边的长度；

φ ——焊缝效率，取用 0.7。

对现有锅炉的管板，如果不能满足两个条件（11-3）和（11-4）内的任何一个，或者都不能满足时，应该按照那个较差的条件与合格的条件相比，将核算的许可工作压力打折扣。此外，在任何情况下管板厚度不得小于下列数值：

管孔直径 ≤ 51 毫米时，管板厚度不得小于 9 毫米；

管孔直径 51 以上至 76 毫米时，管板厚度不得小于 10 毫米；

管孔直径 > 76 毫米时，管板厚度不得小于 11 毫米。（注）

第 40 条 在管子区域内装有拉撑管的管板，除应按公式（11-1）至（11-4）计算外，还应该按公式（9-1）至（9-4）核算。

注：当锅炉结构难以保证清洗或者运行条件不良水质低劣时，本条内规定的 q 数值应该酌情降低。

许可工作压力取最大值。

第4.1条 管子区域以外的平板部分，应按照有拉撑的平板计算，根据三个支点的划圆采用计算公式(9-5)和(9-6)或根据四根拉撑作支点采用计算公式(9-1)至(9-4)。

第4.2条 被拉面积的划定(见图11-2)。被拉面积顶部的划定与兰开夏锅炉平封头同，见第3.8条的规定；面积的底部以距离管子顶端50毫米为界限。

月形面积可按下式计算：

$$A = \frac{4}{3} H^2 \sqrt{\frac{2R}{H} - 0.608} \quad (11-5)$$

式中：A——月形面积，厘米²；

R——月形半径，厘米；

H——月形高度，厘米；

A的面积又可利用面积仪来量或根据月形面积表查算。

第十二章 火箱顶板用横梁加强时

着火面管板的计算

第4.3条 此项管板除应该按第十一章的规定计算外，还应该按下式核算其抗压强度：

$$P = \frac{1900(l_1 - d_B)S}{Ll_1} \times \frac{\sigma_B}{36} \quad (12-1)$$

$$S = \frac{Pl_1}{1900(l_1 - d_B)} \times \frac{36}{\sigma_B} \quad (12-2)$$

式中：P——许可工作压力，公斤/厘米²；