

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 9618—1999

工业锅炉锅筒内部装置 设计导则

Design criteria for interior devices of industrial boiler drum

1999-08-06 发布

2000-01-01 实施

国家机械工业局 发布

前 言

本标准是对 JB/Z 198—83《工业锅炉锅内装置设计导则》进行的修订。

本标准从实施之日起，代替 JB/Z 198—83。

本标准的附录 A 是标准的附录，附录 B、附录 C、附录 D 是提示的附录。

本标准由全国锅炉标准化技术委员会提出并归口。

本标准由哈尔滨工业大学、上海四方锅炉厂和上海工业锅炉研究所负责起草。

本标准由上海工业锅炉研究所负责解释。

本标准主要起草人：鲍亦令、叶勉。

工业锅炉锅筒内部装置 设计导则

Design criteria for interior devices of industrial boiler drum

1 范围

本标准规定了工业蒸汽锅炉锅内装置的设计、结构及其计算方法等要求。

本标准适用于额定工作压力不大于 2.5 MPa，以水为介质的固定式蒸汽锅炉。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成本标准的条文。在标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 1576—1996 低压锅炉水质

JB/T 3191—1999 锅炉锅筒内部装置 技术条件

3 基本符号说明

本导则中所用的基本符号的含义和单位如下：

D ——锅炉的蒸发量，t/h；

D_n ——锅筒内径，mm；

g ——重力加速度， m/s^2 ；

L_s ——锅筒的直段长度，m；

P ——锅筒内压力(表压)，MPa；

ρ'' ——饱和蒸汽的密度， kg/m^3 ；

ρ' ——饱和水的密度， kg/m^3 ；

v'' ——饱和蒸汽的比体积， m^3/kg ；

v' ——饱和水的比体积， m^3/kg ；

σ ——表面张力，N/m。

4 技术要求

4.1 在保证蒸汽品质的前提下，工业蒸汽锅炉的锅内装置应力求简单，对本标准中介绍的各种分离装置，应参照适用范围选用。

4.2 对有过热器的锅炉，饱和蒸汽的湿度不大于 1%；对无过热器的水管锅炉，饱和蒸汽的湿度不大于 3%；对无过热器的锅壳式锅炉，饱和蒸汽的湿度不大于 4%。

4.3 锅炉的给水和锅水品质应符合 GB 1576 的要求。

4.4 锅内装置的制造、安装和验收应符合 JB/T 3191 的要求。

5 一次分离装置的设计与结构

5.1 水下孔板(见图 1)

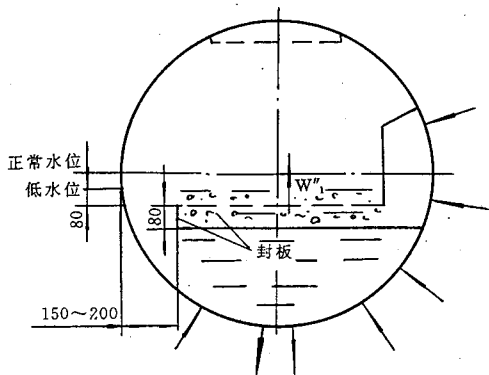


图 1 水下孔板

5.1.1 作用

当蒸汽穿过小孔的速度选择合适时，可在水下孔板下面形成一层汽垫，使蒸汽由各小孔流出，起到均匀蒸发面负荷的作用；此外，水下孔板还能消除汽水混合物的动能。

5.1.2 适用范围

适用于水管锅炉的上锅筒。当汽水混合物沿锅筒长度和宽度均匀引入锅筒时不采用。

5.1.3 设计数据

5.1.3.1 蒸汽穿过水下孔板小孔的平均流速 W_1'' 的推荐值可按表 1 选取：

表 1 蒸汽穿过水下孔板小孔的平均流速 W_1'' 的推荐值

P MPa	0.4	0.7	1.0	1.25	1.6	2.5
W_1'' m/s	8.4~8.7	6.5~6.8	5.5~5.8	4.8~5.1	4.3~4.6	3.3~3.6

5.1.3.2 小孔孔径可取 8~12 mm，孔太小易堵塞，孔太大，在低负荷、孔数少时，又易使蒸汽上升不均。

5.1.3.3 水下孔板总开孔数 $\sum n_1$ 按下式计算：

$$\sum n_1 = \frac{D_1 v''}{2.827 W_1'' d_1^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中： D_1 ——流经水下孔板的蒸汽量（蒸汽全部经过水下孔板时， $D_1 = D$ 。部分蒸汽经过水下孔板时， D_1 为流经水下孔板的蒸汽量），t/h；

W_1'' ——蒸汽穿过水下孔板小孔的平均流速推荐值，按表 1 选取，m/s；

d_1 ——水下孔板上小孔的直径（按 5.1.3.2 选取），mm。

在不同的压力下，当蒸发量 $D=1$ t/h 时，对应推荐的 W_1'' 值所需不同直径的孔数 n_0 ，见表 2。其他蒸发量时，水下孔板所需总孔数 $\sum n_1 = D n_0$ 。

表 2 $D=1 t/h$ 所需水下孔板上的孔数

P MPa	小孔直径 d_i mm	孔数 n_i 个
0.4	$\varnothing 8$	242~251
	$\varnothing 10$	155~160
	$\varnothing 12$	107~111
0.7	$\varnothing 8$	199~208
	$\varnothing 10$	127~133
	$\varnothing 12$	88~92
1.0	$\varnothing 8$	172~181
	$\varnothing 10$	110~116
	$\varnothing 12$	76~80
1.25	$\varnothing 8$	155~165
	$\varnothing 10$	99~106
	$\varnothing 12$	69~73
1.6	$\varnothing 8$	143~153
	$\varnothing 10$	91~98
	$\varnothing 12$	63~68
2.5	$\varnothing 8$	120~131
	$\varnothing 10$	77~84
	$\varnothing 12$	53~58

5.1.4 结构尺寸及布置

5.1.4.1 水下孔板由 3~4 mm 厚的平孔板组合而成, 每块平孔板的尺寸以能通过锅筒上的人孔为限, 应布置成水平。孔板的小孔均匀分布。

5.1.4.2 为保证孔板下面有一定的汽垫层厚度, 孔板四周应有 80 mm 左右高的封板围住。

5.1.4.3 水下孔板一般应安装于最低水位下 80 mm 处, 以保证在最低水位时仍能起到均匀蒸发面负荷的作用。

5.1.4.4 水下孔板与锅筒内壁的距离为 150~200 mm, 以使孔板上的水能畅通流下。

5.1.4.5 水下孔板应尽量长些, 引入水空间的蒸汽应尽量全部通过水下孔板, 水下孔板的长度不宜小于三分之二的锅筒直段长度。

5.1.4.6 水下孔板区域不宜布置下降管, 以防止下降管带汽。若布置下降管, 则下降管入口距锅筒水位应保证有一定高度(为防止产生旋涡斗所要求的高度, 参见 8.5)。

5.2 缝隙挡板(见图 2)

5.2.1 作用

汽水混合物进入锅筒后, 靠转向时, 汽、水所受惯性力的不同, 进行一次分离。

5.2.2 适用范围

适用于汽水混合物由上锅筒中心线上、下 30°左右的位置均匀引入锅筒的水管锅炉。

5.2.3 设计数据

5.2.3.1 缝隙挡板间的蒸汽流速 W_2 可按表 3 中的推荐值选取或按式(2)计算。

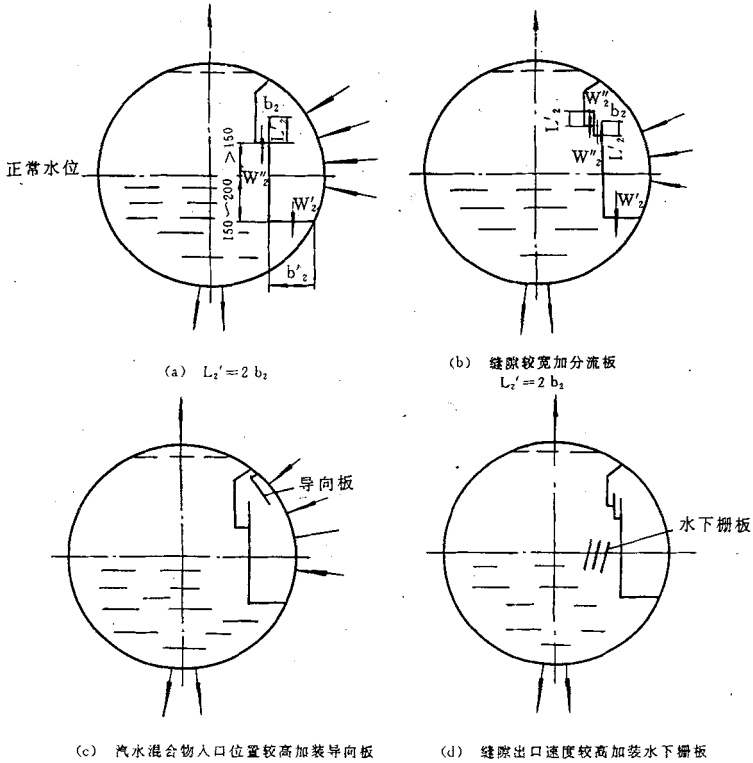


图 2 缝隙挡板

表 3 缝隙挡板间的蒸汽流速 W_2''

P MPa	0.4	0.7	1.0	1.25	1.6	2.5
W_2'' m/s	2.5~3.7	2.0~3.0	1.7~2.6	1.5~2.3	1.4~2.1	1.1~1.7

$$W_2'' = \frac{D_2 v''}{3.6 b_2 L_2} \dots\dots\dots (2)$$

式中： b_2 ——缝隙挡板间的宽度，m；

D_2 ——流经缝隙挡板的蒸汽量，t/h；

L_2 ——缝隙挡板的长度，m。

5.2.3.2 缝隙挡板的下挡板与锅筒内壁的最小间距 b_2' 应保证水流速度 W_2' 较低，否则，易造成水流带汽，引起锅水膨胀或可能带汽入下降管而影响循环的可靠性。对低压锅炉， W_2' 取 0.5~1.0 m/s。

W_2' 的计算公式如下：

$$W_2' = \frac{D_2(K-1) v'}{3.6 L_2 b_2'} \dots\dots\dots (3)$$

式中： b_2' ——缝隙挡板下缘离锅筒内壁的最小宽度(见图 2(a))，m；

K ——锅炉的循环倍率，其数值按表 4 选取。

表 4 锅炉的循环倍率 K

锅炉型式	P MPa	D t/h	循环倍率 K
低压锅炉	<1.5	≤15	200~150
低压锅炉	1.5~3.0	≤15	100~50
双锅筒锅炉	1.5~3.0	30~200	65~45

5.2.4 结构尺寸布置

5.2.4.1 缝隙挡板的通道由上挡板与下挡板组成，上、下挡板均用 3~4 mm 厚的钢板制成，缝隙宽度和长度应保证缝中的蒸汽速度 W_2' 达到表 3 的推荐值。缝应布置得长一些，以充分利用蒸汽空间。每块挡板的大小应以通过锅筒上的人孔为限。

5.2.4.2 组成缝隙的两导向板重叠长度 L_2' 应为缝宽 b_2 的两倍(见图 2(a))，以迫使汽流转向。当缝隙太宽时，可用分流板把缝隙分成平行的几条缝，并保证相邻两导向板的重叠长度 L_2' 为其缝宽 b_2 的两倍(见图 2(b))。

5.2.4.3 上挡板的下边缘与锅筒正常水位的距离不能小于 150 mm，以免缝隙出口汽流直接冲撞锅水。下挡板的下边缘应置于锅筒正常水位以下 150~200 mm，以形成可靠的水封，防止蒸汽由下挡板底部窜出。

5.2.4.4 不允许汽水混合物直冲到缝隙通道或下挡板的上边缘，否则应在汽水混合物的出口处加装导向板(见图 2(c))。

5.2.4.5 如果缝隙出口汽速较大，可在缝隙下方加装水下栅板(见图 2(d))以防止汽流冲击水面，引起飞溅水滴的带出。

5.2.4.6 缝隙的两端要用端板封死，以避免汽水混合物由端部“短路”而不经过程隙挡板。

5.3 挡板(见图 3)。

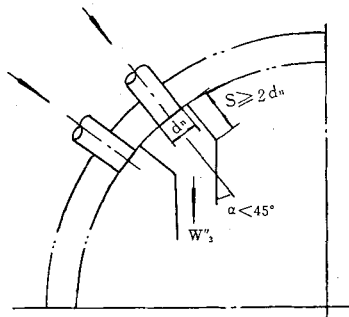


图 3 挡板

5.3.1 作用

减弱汽水混合物的动能，使汽水混合物初步分离。

5.3.2 适用范围

适用于汽水混合物由蒸汽空间引入上锅筒的水管锅炉。

5.3.3 设计数据

5.3.3.1 相邻两挡板间的蒸汽速度 W_3'' 按表 5 中的推荐值选取或按式(4)计算。

表 5 挡板间的蒸汽速度 W_3'' 推荐值

P MPa	0.4	0.7	1.0	1.25	1.6	2.5
W_3'' m/s	2.9~4.4	2.3~3.5	2.0~3.0	1.8~2.7	1.6~2.5	1.3~2.0

$$W_3'' = \frac{D_3 v''}{3.6 b_3 L_3} \dots\dots\dots (4)$$

式中: D_3 ——流经挡板的蒸汽量, t/h;

b_3 ——挡板间最狭处的宽度, m;

L_3 ——挡板的长度, m。

5.3.3.2 挡板与汽流方向所成的夹角 α 应小于 45° (见图 3) 以平稳地消除动能。

5.3.3.3 汽水混合物入口处离挡板的距离 S 不应小于汽水混合物引入管内径 d_0 的两倍 (见图 3), 即 $S \geq 2 d_0$, 使汽水混合物进入锅筒后有一段距离用来扩散、减速, 以防止速度较高的汽水混合物将挡板上得水膜撕破。

5.3.4 结构尺寸及布置

5.3.4.1 挡板一般由 3~4 mm 厚的钢板制成。

5.3.4.2 挡板两端应有封板, 以防止两侧窜汽, 并用来加固挡板。

5.3.4.3 每排引入管应装一挡板。汽流不能直冲挡板边缘, 以防止水膜被撕破。

5.3.4.4 挡板下边缘与锅筒正常水位的距离不应小于 150 mm。

5.4 旋风分离器 (见图 4)

5.4.1 作用

汽水混合物切向引入旋风分离器, 靠离心力进行汽、水粗分离, 上升汽流通过顶帽时, 湿蒸汽再次得到分离; 此外, 旋风分离器还起到消除汽水混合物动能, 防止形成泡沫, 保持水室平静和减少水空间含汽等作用。

5.4.2 适用范围

对蒸汽品质要求高的蒸发量不小于 35 t/h 的锅炉。

5.4.3 设计数据

5.4.3.1 汽水混合物的入口速度 W_4 推荐值按表 6 选取或按式(5)计算。

表 6 汽水混合物的入口速度 W_4 推荐值

P MPa	1.25	1.6	2.5
W_4 m/s	6.5~9.0	6.0~8.5	5.5~8.0

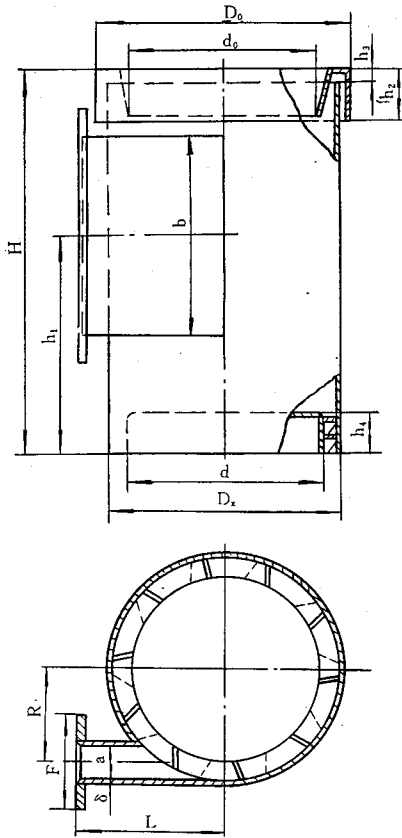


图4 旋风分离器筒身尺寸

$$W_4 = W_4' + W_4'' \dots\dots\dots (5)$$

式中： W_4' ——旋风分离器入口通道中水的折算速度， W_4' 可由下式求得：

$$W_4' = \frac{1.2 D_4 (K-1) v'}{3.6 A_4} \dots\dots\dots (6)$$

W_4'' ——旋风分离器入口通道中蒸汽的折算速度， W_4'' 可由下式求得：

$$W_4'' = \frac{1.2 D_4 v''}{3.6 A_4} \dots\dots\dots (7)$$

式中： D_4 ——每只旋风分离器的推荐负荷，按表7选取，t/h。

K ——锅炉的循环倍率，按表4选取；

A_4 ——旋风分离器的人口横截面积，按表8中人口尺寸求得，即 $A_4 = a b$ ， m^2 ；

5.4.3.2 旋风分离器的推荐负荷 D_4 可根据锅筒压力和筒体直径按表7选取：

表 7 旋风分离器的推荐负荷 D,

t/h

筒体直径 mm	P MPa		
	1.25	1.6	2.5
∅260	1.2~1.5	1.3~1.6	1.5~1.9
∅290	1.5~1.8	1.6~2.0	1.8~2.4

5.4.4 结构尺寸及布置

5.4.4.1 筒体用 2~3 mm 厚的钢板卷成, 工业锅炉用旋风分离器的筒体直径推荐用 ∅260 mm 和 ∅290 mm 二种, 其结构尺寸按表 8(见图 4)。

表 8 柱形旋风分离器筒体的结构尺寸

mm

规格		尺寸														
		D ₁	d ₀	d	D ₀	H	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	R	F	a	δ	L	b
柱形旋风分离器筒身直径	∅260	260	210	200	280	482	287	65	17	50	108	110	50	2	170	250
	∅290	290	240	230	310	485	275	65	17	50	118	120	60	2	185	250

5.4.4.2 筒体上部装有溢流环, 沿筒体旋转上升的水膜可由溢流环与筒体之间的间隙中流出, 以减少蒸汽带水。

5.4.4.3 顶帽可用立式波形板圆形顶帽或草帽式顶帽。立式波形板圆形顶帽的结构尺寸按表 9(见图 5(a)); 草帽式顶帽的结构尺寸按表 10(见图 5(b))。

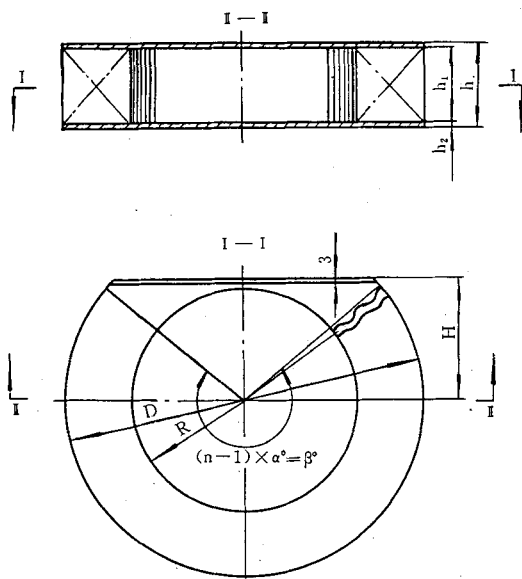


图 5(a) 立式波形板圆形顶帽

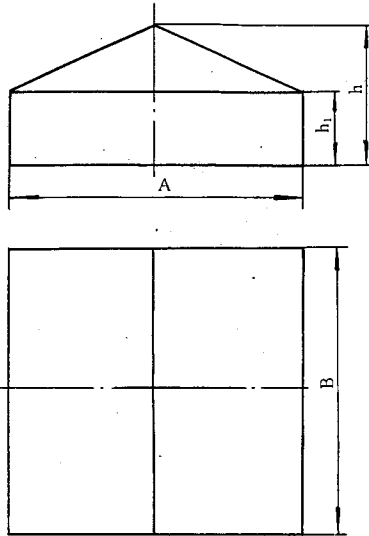


图 5(b) 草帽式顶帽

表 9 立式波形板圆形顶帽的结构尺寸

规 格	尺 寸								
	D	R	h	h_1	h_2	H	n 片	α (°)	β (°)
	mm								
配 $\varnothing 260$ mm 旋风分离器	410	125	96	90	3	143	57	$4^{\circ}41'$	$262^{\circ}16'$
配 $\varnothing 290$ mm 旋风分离器	440	140	96	90	3	153	64	$4^{\circ}10'$	$262^{\circ}30'$

表 10 草帽式顶帽的结构尺寸

规 格	尺 寸			
	A	B	h	h_1
配 $\varnothing 260$ mm 旋风分离器	320	320	150	80
配 $\varnothing 290$ mm 旋风分离器	350	350	150	80

5.4.4.4 筒底可用圆形底板与导向叶片组成的筒底，其结构尺寸见图 6 和表 8。导向叶片数为 10。

5.4.4.5 旋风分离器筒体下边缘应置于锅筒正常水位以下 180~200 mm，以防止蒸汽由筒底窜出。

5.4.4.6 旋风分离器下部有下降管时，为防止底部排水中央带的蒸汽进入下降管，可在筒体下部装置单独的或公用的托斗，托斗型式见图 7。

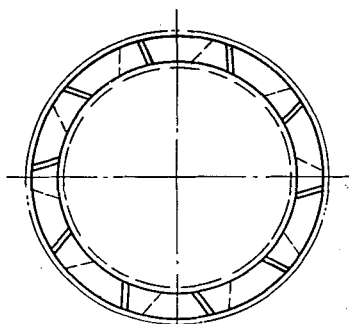
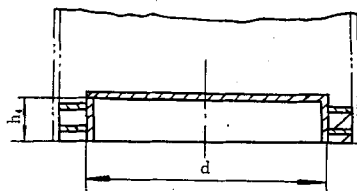
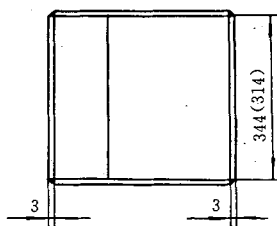
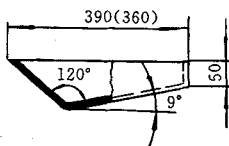


图6 旋风分离器筒底



图中尺寸配 $\varnothing 290$ mm 旋风分离器，
括号内尺寸配 $\varnothing 260$ mm 旋风分离器
(其他尺寸可选用)

图7 旋风分离器底部托斗

5.4.4.7 汽水混合物进入旋风分离器的方式可采用单位式和分组汇流箱并联式二种，一根或二根汽水混合物引入管直接与一只旋风分离器连接的方式为单位式(见图8)，其阻力较小，但其负荷受水冷壁负荷的影响较大；在锅筒内按循环回路隔成几个汇流箱，每个汇流箱与数个旋风分离器相连的方式称为分组汇流箱并联式(见图9)，这种连接方式，各旋风分离器间的负荷分配较均匀，较之全部汽水混合物引入总汇流箱再分配到旋风分离器的连接方式为好，采用汇流箱并联式连接时，应把蒸汽引入管和旋风分离器的引入管错开，以免造成各并联的旋风分离器负荷分配不均。

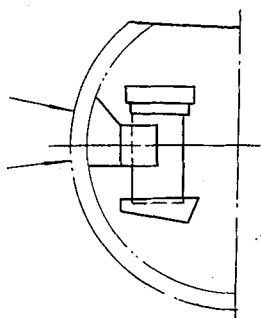


图8 单位式

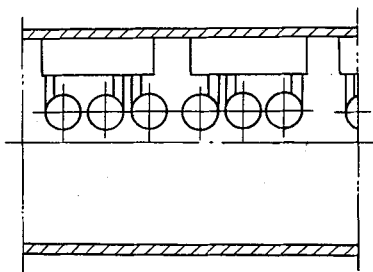


图9 分组汇流箱并联式

5.4.4.8 采用立式波形板顶帽时，两相邻圆形顶帽间的最小间隙应不小于50 mm，以免汽流对冲剧烈，影响分离效果。

6 二次分离装置的设计与结构

6.1 波形板分离器(见图 10)

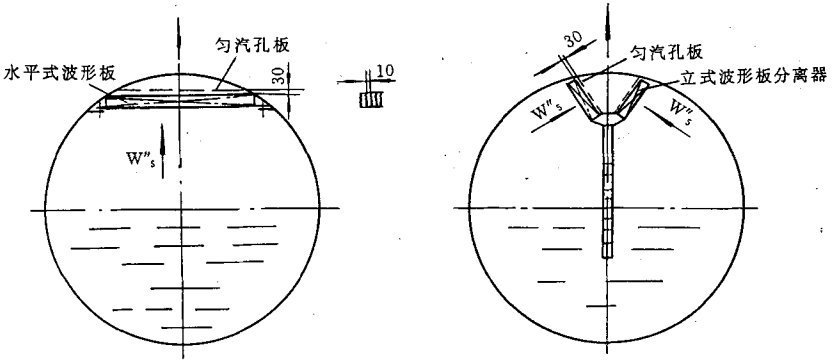


图 10(a) 水平式波形板分离器

图 10(b) 立式波形板分离器

6.1.1 作用

波形板分离器由多块波形板相间排列组成,湿蒸汽在波形板组成的曲折通道中通过时,水滴受离心力作用,被甩到波形板上,并沿波形板流到下沿,当水滴积至一定大小后,靠重力落下,使汽水分离。

6.1.2 适用范围

适用于各种锅炉,一般用于装有过热器或对蒸汽品质要求较高的锅炉。

6.1.3 设计数据

6.1.3.1 采用图 11 的波形板的结构时,水平式波形板分离器前的最大蒸汽允许速度(W''_{smax})_p,按式(8a)计算或按表 11 取;立式波形板分离器前的最大蒸汽允许速度(W''_{smax})_l,按式(8b)计算或按表 11 取。

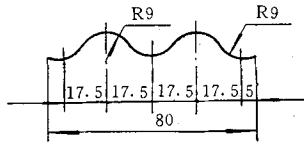


图 11 波形板

$$(W''_{smax})_p = 0.4 \frac{\sqrt{\sigma g(\rho' - \rho'')}}{\sqrt{\rho''}} \dots \dots \dots (8a)$$

$$(W''_{smax})_l = 1.2 \frac{\sqrt{\sigma g(\rho' - \rho'')}}{\sqrt{\rho''}} \dots \dots \dots (8b)$$

表 11 波形板分离器前蒸汽最大允许速度 ($W''_{smax} \rangle_P$) 和 ($W''_{smax} \rangle_L$) 值

P MPa	0.4	0.7	1.0	1.25	1.6	2.5
$\langle W''_{smax} \rangle_P$ m/s	1.12	0.87	0.73	0.65	0.57	0.44
$\langle W''_{smax} \rangle_L$ m/s	3.35	2.61 ^a	2.19	1.96	1.72	1.33

波形板分离器前蒸汽速度 W''_s 应小于最大蒸汽允许速度, W''_s 按下式计算:

$$W''_s = \frac{D v''}{3.6 L_s b_s} \dots\dots\dots (9)$$

式中: L_s ——波形板分离器的总长度, m;
 b_s ——波形板分离器的宽度, m。

6.1.4 结构尺寸及布置

- 6.1.4.1 波形板用 0.8~1.2 mm 厚的钢板压成, 边框用 2~3 mm 厚的钢板制成, 每组波形板的大小以能通过锅筒上的人孔为限。
 - 6.1.4.2 波形板的线型推荐采用图 11 型式, 相邻两块波形板的间距为 10 mm。
 - 6.1.4.3 水平波形板分离器尽可能布置得长些, 其长度应大于三分之二的锅筒直段长度。
 - 6.1.4.4 布置立式波形板分离器时, 应尽可能使蒸汽在汽空间的行程长些。波形板组件应矮而长, 以增加蒸汽空间的有效高度。
 - 6.1.4.5 立式波形板分离器的底部应加装疏水管, 疏水管应插入锅筒最低水位以下。
 - 6.1.4.6 波形板分离器应与匀汽孔板配合使用, 蒸汽先经波形板分离器再经过匀汽孔板, 波形板分离器上沿与匀汽孔板的间距可取 30~40 mm。
- 6.2 匀汽孔板(见图 12)

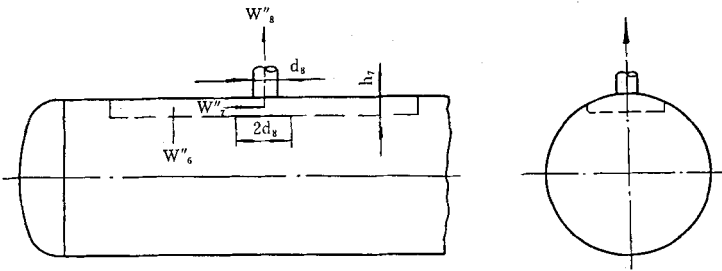


图 12 匀汽孔板

6.2.1 作用

利用孔板的阻力, 使蒸汽沿锅筒长度、宽度均匀上升, 防止局部地区蒸汽负荷集中, 因此能有效地利用蒸汽空间, 有利于重力分离。

6.2.2 适用范围

适用于各种参数和容量的锅炉。可单独使用, 也可与波形板分离器配合使用。

6.2.3 设计数据

6.2.3.1 蒸汽穿孔的平均流速 W''_s 按表 12 选取(开孔率 ψ_s 小于 0.1 时取下限, $\psi_s = \frac{\text{小孔总面积}}{\text{匀汽孔板总面积}}$)或按式(10)计算。

表 12 蒸汽穿孔的平均流速 W_0'' 推荐值

P MPa		0.4	0.7	1.0	1.25	1.6	2.5
W_0'' m/s	对抽汽孔管和 $\psi_0 = 0.15$ ~0.32 的匀汽孔板	23~27	21~25	18.5~22.5	17~20.5	15~18.5	13~16
	对 $\psi_0 < 0.15$ 的匀汽孔板	19~22	17~20	15~18	13~16	12~15	10~13

$$W_0'' = \frac{D v''}{3.6 A_0} \dots\dots\dots (10)$$

式中: A_0 ——蒸汽流通的总截面积, m^2 。

匀汽孔板的阻力 ΔP_0 按下式计算:

$$\Delta P_0 = \xi_0 \frac{W_0''^2 \rho''}{2g} \dots\dots\dots (11)$$

式中: ξ_0 ——穿孔的局部阻力系数, 它与孔板的开孔率 ψ_0 有关, 可查图 13。

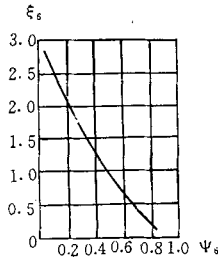


图 13

6.2.3.2 小孔的孔径一般可取 8~12 mm, 但不应小于 5 mm, 孔间距 S_0 不宜大于 50 mm。

6.2.3.3 匀汽孔板总开孔数 Σn_0 按下式计算:

$$\Sigma n_0 = \frac{D v''}{2.827 W_0'' d_0^2} \dots\dots\dots (12)$$

式中: d_0 ——小孔的直径, m。

在不同的压力下, 当蒸发量 $D=1 t/h$, 对应表 12 中的推荐值 W_0'' 所需不同直径的孔数 n_{00} 见表 13, 其他蒸发量时, 匀汽孔板或抽汽孔管所需的总孔数 $\Sigma n_0 = D n_{00}$ 。

表 13 $D=1 t/h$ 所需匀汽孔板或抽汽孔管上的孔数 n_{00}

P MPa	小孔直径 d_0 mm	孔 数 n_{00} 个	
		对抽汽孔管和 $\psi_0 = 0.15 \sim 0.32$ 的匀汽孔板	对 $\psi_0 < 0.15$ 的匀汽孔板
0.4	∅5	200~234	245~284
	∅6	139~162	170~198
	∅8	78~91	96~111
	∅10	50~58	61~71
	∅12	35~40	42~49

表 13(完)

P MPa	小孔直径 d_0 mm	孔 数 n_{0e} 个	
		对抽汽孔管和 $\psi=0.15\sim 0.32$ 的匀汽孔板	对 $\psi_0 < 0.15$ 的匀汽孔板
0.7	$\varnothing 5$	139~165	173~204
	$\varnothing 6$	97~114	120~141
	$\varnothing 8$	55~64	68~80
	$\varnothing 10$	35~41	43~51
	$\varnothing 12$	24~28	30~35
1.0	$\varnothing 5$	114~138	142~170
	$\varnothing 6$	79~96	98~118
	$\varnothing 8$	45~54	55~66
	$\varnothing 10$	29~34	35~43
	$\varnothing 12$	20~24	24~30
1.25	$\varnothing 5$	99~119	135~156
	$\varnothing 6$	69~83	94~108
	$\varnothing 8$	39~47	53~61
	$\varnothing 10$	25~30	34~39
	$\varnothing 12$	17~21	23~27
1.6	$\varnothing 5$	91~112	112~140
	$\varnothing 6$	63~78	78~97
	$\varnothing 8$	35~44	44~55
	$\varnothing 10$	23~28	28~35
	$\varnothing 12$	16~20	20~24
2.5	$\varnothing 5$	69~85	85~111
	$\varnothing 6$	48~59	59~77
	$\varnothing 8$	27~33	33~43
	$\varnothing 10$	17~21	21~28
	$\varnothing 12$	12~15	15~19

6.2.3.4 匀汽孔板上部弓形截面上的最大纵向蒸汽速度 W_7'' 与蒸汽穿孔的平均流速 W_6'' 应满足不等式： $W_7'' \leq 1/2 W_6''$ ，以使抽汽均匀。若不满足时，应不均匀开孔（见附录 D 中表 D）。 W_7'' 按下式计算：

$$W_7'' = \frac{D v''}{7.2 n_e A_7} \dots \dots \dots (13a)$$

如蒸汽引出管只有一根，且布置在匀汽孔板的一端，则 W_7'' 按下式计算：

$$W_7'' = \frac{D v''}{3.6 A_7} \dots \dots \dots (13b)$$

式中： n_e ——匀汽孔板上部饱和蒸汽引出管的根数（蒸汽引出管在匀汽孔板中间引出时）；

A_7 ——匀汽孔板上部弓形截面面积，可根据锅筒内径 D_0 和弓形高度 h_7 按图 14 查得，或按下式计算：

$$A_7 = \frac{1}{2}R^2\theta - \frac{b}{2}\sqrt{R^2 - (\frac{b}{2})^2} \dots\dots\dots (14)$$

式中：R——锅筒内半径，m；
 b——匀汽孔板上部弓形截面宽度，m；
 θ——匀汽孔板上部弓形截面所对应的圆心角，rad。

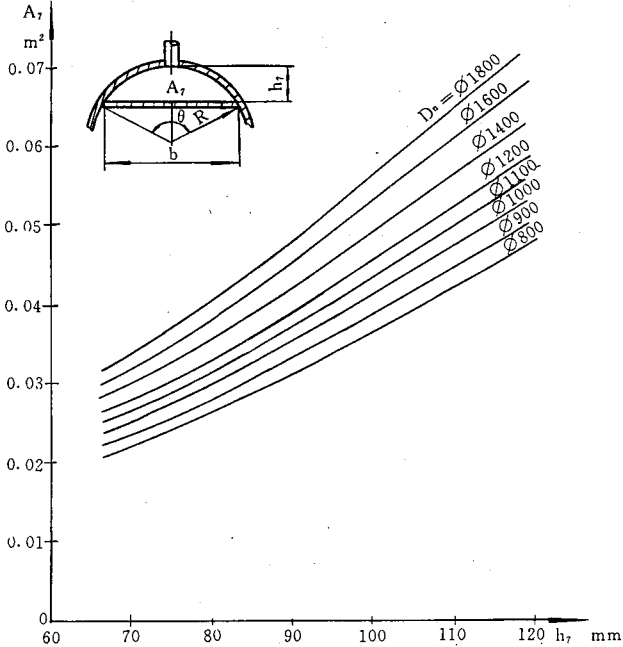


图 14 匀汽孔板上部弓形截面面积 $A_7 = f(h_7, D_0)$ 曲线图

6.2.3.5 蒸汽引出管内的蒸汽速度 W_s'' 应满足不等式 $W_s'' \leq 0.7 W_s''$ ，以防止引出管入口附近蒸汽集中而造成抽汽不匀。如不能满足上述规定，则可在引出管口下部加一盲板或正对引出管入口处不开孔，盲板的直径和不开孔圆面积的直径应为蒸汽引出管内径的两倍，盲板的高度 h_s 应保证：由盲板四周流入假想圆柱表面 ($2d_s \pi h_s$) 中的蒸汽速度 $W_s'' \leq 0.7 W_s''$ (见图 15)。

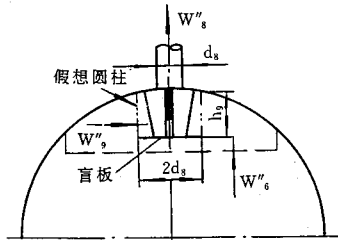


图 15 盲板

W_s'' 应按下式计算：

$$W_s'' = \frac{D v''}{2.827 n_s d_s^2} \dots\dots\dots (15)$$

式中： n_s ——蒸汽引出管的根数；
 d_s ——蒸汽引出管的内径，m。

W_s'' 应按下式计算：

$$W_s'' = \frac{D v''}{11.3 n_s d_s h_s} \dots\dots\dots (16)$$

式中： h_s ——盲板至蒸汽引出管入口的高度，如不加盲板，采用正对蒸汽引出管入口处不开孔的办法，则
 h_s 为匀汽孔板至蒸汽引出管入口的高度，即 $h_s = h_{r1}$ 。

6.2.4 结构尺寸及布置

6.2.4.1 在满足设计数据要求的前提下，匀汽孔板应尽量布置在高处，以增加蒸汽空间的有效分离高度。

6.2.4.2 匀汽孔板应尽量布置得长些，其长度不宜小于三分之二的锅筒直段长度，以增加蒸汽空间的利用程度。

6.2.4.3 孔板用3~4 mm厚的钢板制成，每块孔板的大小以能通过锅筒上的人孔为限，相邻两块孔板之间应留有1~2 mm的安装间隙，在计算蒸汽穿孔速度时，蒸汽流通截面应包括此间隙面积。由表13和式(12)算得查得的孔数是未计入此间隙面积所求得的孔数，计算时应根据间隙的大小和多少，相应的减少孔数(如安装间隙很小，也可不减)。

6.2.4.4 匀汽孔板四周应严密，两端应有封板封死。

6.3 集汽管(包括缝隙式集汽管和抽汽孔管)(见图16)

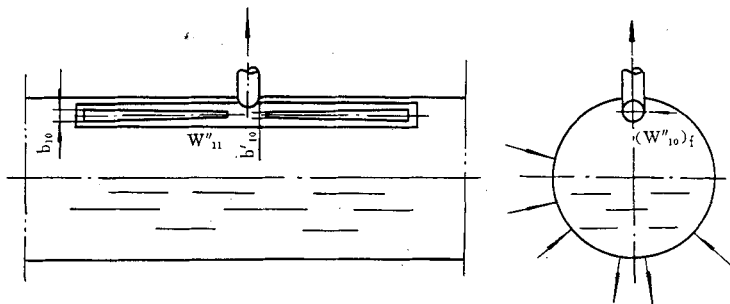


图16(a) 缝隙式集汽管

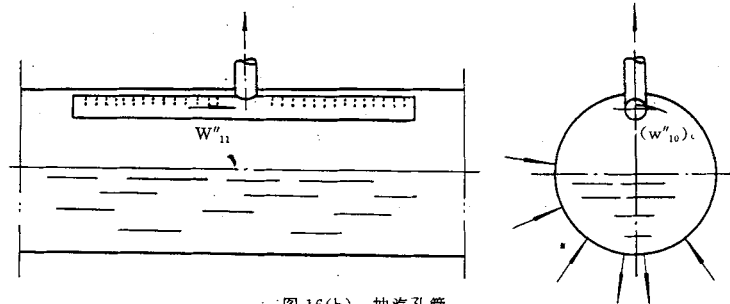


图16(b) 抽汽孔管

6.3.1 作用

利用集汽管的节流作用，使蒸汽沿锅筒长度均匀分布。

6.3.2 适用范围

适用于蒸发量较小的锅炉，它可单独使用(蒸汽品质较差)，也可与蜗壳式分离器配合使用。

6.3.3 设计数据

6.3.3.1 缝隙中蒸汽的平均流速 $(W_{10}'')_t$ 按表 14 选取。抽汽孔管中蒸汽的平均流速 $(W_{10}')_t$ 按表 12 选取，即 $(W_{10}')_t = W_6''$ 。

表 14 缝隙中蒸汽平均流速 $(W_{10}'')_t$ 推荐值

P MPa	0.4	0.7	1.0	1.25	1.6	2.5
$(W_{10}'')_t$ m/s	22~25	19~23	16.5~19.5	14.5~18.5	13~16	11~13

6.3.3.2 缝隙式集汽管和抽汽孔管的内径 d_{11} 按表 15a 和表 15b 选取(用于蒸汽引出管只有一根的情况)。

表 15a 二侧抽汽(蒸汽引出管在中间时) d_{11} 的推荐值

mm

P MPa	D t/h						
	0.5	1	2	4	6	10	15
0.4	∅102×4	∅102×4	∅133×4	—	—	—	—
0.7	∅102×4	∅102×4	∅133×4	∅159×4.5	∅219×6	∅273×7	—
1.0	—	∅102×4	∅108×4	∅159×4.5	∅219×6	∅219×6	∅273×7
1.25	—	—	∅108×4	∅133×4	∅159×4.5	∅219×6	∅273×7
1.6	—	—	∅102×4	∅133×4	∅159×4.5	∅219×6	∅219×6
2.5	—	—	—	∅108×4	∅133×4	∅159×4.5	∅219×6

表 15b 端侧抽汽(蒸汽引出管在一端时) d_{11} 的推荐值

mm

P MPa	D t/h			
	0.5	1	2	4
0.4	∅102×4	∅133×4	∅219×6	—
0.7	∅102×4	∅108×4	∅159×4.5	∅219×6
1.0	—	∅108×4	∅159×4.5	∅219×6
1.25	—	—	∅133×4	∅219×6
1.6	—	—	∅133×4	∅159×4.5
2.5	—	—	—	∅133×4

6.3.3.3 缝隙宽度的确定(连续的等腰梯形缝隙)。

确定缝宽的程序如下:

a) 按表 14 和表 15 选定缝隙中蒸汽的平均流速 $(W_{10}'')_t$ 和集汽管管径 d_{11} ，并确定缝隙的总长度 ΣL_{10} ，缝隙的总长度不宜小于三分之二锅筒直段长度。

b) 按下式确定缝隙始端(远离蒸汽引出管的一端)的宽度 b_{10} (m):

$$b_{10} = \frac{D \sigma''}{3.6 (W_{10}'')_t \Sigma L_{10}} \dots \dots \dots (17)$$

式中: ΣL_{10} ——缝隙的总长度, m。

c) 按下式确定缝隙的终端宽度 b_L (m):

$$b_L = K_{10} b_{10} \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中: K_{10} ——系数, 可由图 17 查得或按下式计算:

$$K_{10} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{k_{11}}{\xi_{10}} \left[\frac{W_{11}''}{(W_{10}'')_f} \right]^2}} \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中: ξ_{10} ——蒸汽穿缝的阻力系数, $\xi_{10} = 2.0$;

k_{11} ——对 W_{11}'' 而言, 集汽管中的压力变化系数, $k_{11} = 2.1$;

W_{11}'' ——集汽管中最大的蒸汽速度, 按下式计算:

$$W_{11}'' = \frac{D v''}{2.827 n_{10} d_{11}^2} \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中: n_{10} ——缝隙的数目(各缝长度相等);

d_{11} ——集汽管的内径, m。

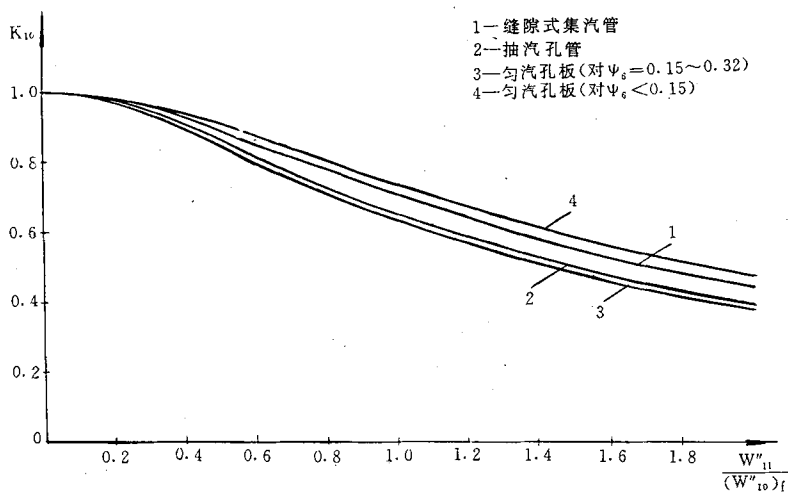


图 17 $K_{10} = f \left[\frac{W_{11}''}{(W_{10}'')_f} \right]$

6.3.3.4 抽汽孔管的总孔数按 6.2.3.3 确定, 当蒸汽穿孔速度 (W_{10}'') 与抽汽孔管中的最大蒸汽速度 W_{11}'' 满足不等式: $W_{11}'' \leq 0.5(W_{10}'')$ 时, 可均匀开孔, 否则应不均匀开孔(见附录 D)。

按表 15a 和表 15b 选用抽汽孔管管径时, 已满足不等式 $W_{11}'' \leq 0.5(W_{10}'')$, 故可均匀开孔。

6.3.3.5 小孔孔径一般取 $\varnothing 8 \sim \varnothing 12$ mm,

6.3.4 结构尺寸及布置

6.3.4.1 集汽管应尽量布置在锅筒顶部, 缝隙和小孔应布置在集汽管的上半部, 以增加蒸汽空间的有效高度。集汽管的长度不宜小于三分之二的锅筒直段长度。

6.3.4.2 单独使用集汽管时, 应在集汽管的最低处开 1~2 个 $\varnothing 5$ mm 的小孔或装有疏水管, 以排除集汽管中的少量水分。

- 6.3.4.3 蒸汽引出管最好位于集汽管的中间，正对蒸汽引出管的入口处，不开缝或孔，以使抽汽均匀。
 6.4 锅壳式分离器(见图 18)

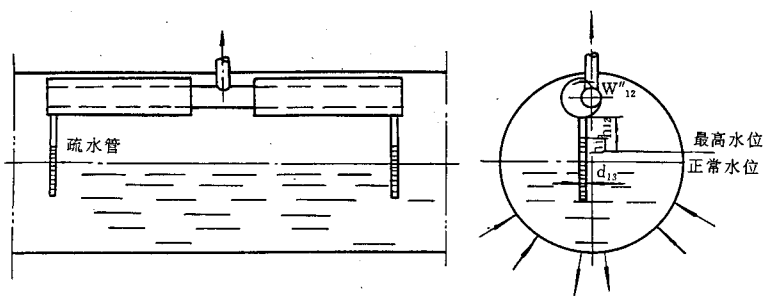


图 18 锅壳式分离器

6.4.1 作用

湿蒸汽切向进入锅壳，靠离心力的作用将汽、水分开，起到细分离的作用；此外，由于分离器内部装有集汽管，所以还能起到沿锅筒长度方向均匀蒸汽空间负荷的作用。

6.4.2 适用范围

蒸发量较小，蒸汽品质要求较高的锅炉。

6.4.3 设计数据

- 6.4.3.1 分离器中最小断面上的蒸汽速度 W_{12}'' 不得超过表 16 中所示的最大蒸汽速度 W_{12max}'' 。

表 16 分离器中最小断面上的最大蒸汽速度 W_{12max}''

P MPa	0.4	0.7	1.0	1.25	1.6	2.5
W_{12max}'' m/s	15.8	13	11.5	10	9.4	7.6

W_{12}'' 可按式计算：

$$W_{12}'' = \frac{D v''}{3.6 A_{12}} \dots\dots\dots (21)$$

式中： A_{12} ——分离器中最小断面面积， m^2 。

- 6.4.3.2 分离器最低点至锅筒中最高水位的距离 h_{12} (m)和疏水管中的水位与锅筒中最高水位的距离 h_{13} (m)之比应满足不等式：

$$\frac{h_{12}}{h_{13}} \geq 2.5 \dots\dots\dots (22)$$

同时还应满足： $h_{12} - h_{13} > 0.05$ m。

h_{13} 可按式计算：

$$h_{13} = 0.051 \frac{(W_{12}'')^2 \rho''}{\rho' - \rho''} \dots\dots\dots (23)$$

- 6.4.3.3 分离器中最小断面上的缝隙宽度 b_{12} (m)按下式计算：

$$b_{12} = \frac{D v''}{3.6 n_{12} W_{12}'' L_{12}} \dots\dots\dots (24)$$

式中： L_{12} ——分离器中最小断面上每条缝隙的长度，m；

n_{12} ——分离器中最小断面上缝隙的数目(各条缝隙等长)。

6.4.3.4 分离器总长度不宜小于三分之二的锅筒直段长度。

6.4.3.5 疏水管的内径 d_{13} (m)由表 17 查得或按下式计算:

$$d_{13} = 0.188 \sqrt{\frac{D}{\rho' W_{13}' n_{13} n_{12}}} \dots\dots\dots (25)$$

式中: W_{13}' ——疏水管中的水速, $W_{13}' < 0.4$ m/s;

n_{13} ——蜗壳式分离器的个数;

n_{12} ——每个分离器上疏水管的根数。

表 17 疏水管的管径和根数($n_{12}' = 1$)

D t/h	≤2	4	6	10
n_{13} 根	1	1	2	2
d_{13} mm	∅25×2	∅32×2.5	∅25×2	∅32×2.5

6.4.3.6 分离器内集汽管的设计按 6.3.3.2~6.4.3.1 进行。

6.4.4 结构尺寸及布置

6.4.4.1 分离管及分离器上的蒸汽入口缝隙应尽量布置在高处, 以增加蒸汽有效空间的高度。

6.4.4.2 疏水器底部应置于水空间, 为防止水空间的上升汽泡进入疏水管而阻碍分离出来的水顺利下流, 一般可在疏水管的出口处焊一段高 100 mm, 直径为 ∅100 mm 左右的管子, 管子底部封死, 顶板上开有 ∅10~∅12 mm 的小孔 6~8 个, 疏水管插入管子的高度可取 60 mm(见图 19)。

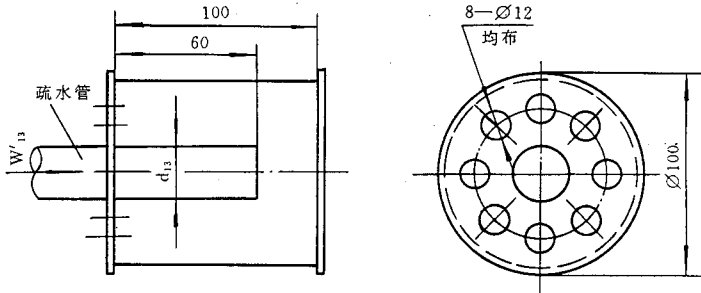


图 19

7 工业锅炉蒸汽空间容积负荷 R。

7.1 蒸汽空间容积负荷是指: 每小时通过锅筒内单位蒸汽空间的蒸汽容积流量($m^3/(h \cdot m^3)$), R。按下式计算:

$$R_v = \frac{10^3 D v'}{V_g} \dots\dots\dots (26)$$

式中: V_g ——锅筒内蒸汽空间的容积, 指锅筒直段范围内, 水位表中正常水位以上的空间, m^3 。

7.2 仅靠重力分离时(锅筒内无分离设备或只有匀汽设备时), 蒸汽空间的容积负荷 R。的推荐值如

表 18。

表 18 R_v 推荐值

P MPa	0.4	0.7	1.0	1.25	1.6	2.5
R _v m ³ /(h·m ²)	630~1310	610~1280	610~1250	580~1200	570~1150	540~1080

设计时，应使 R_v 值小于其推荐值。

当汽水混合物由水空间引入时，R_v 应取表 18 中的较小值；当锅筒顶部无分离设备或只装有集汽管时，R_v 也应取表 18 中的较小值。

8 锅筒内部的其他装置

8.1 给水分管(见图 20)

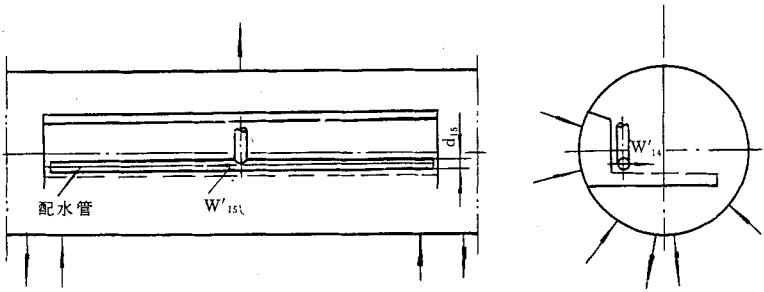


图 20 给水分管

8.1.1 作用

使给水沿锅筒长度均匀分配。当配水至特定位置时，尚可起到一些其他作用(见 8.1.3.2 和 8.1.3.5)。

8.1.2 设计数据

8.1.2.1 计算给水流量 D_v 应为锅炉蒸发量的 1.5 倍(即 D_v=1.5 D)，以考虑变工况、排污或其他情况的需要。

8.1.2.2 配水母管上小孔中的水速 W₁₄' 一般取 2~4 m/s。

8.1.2.3 配水母管中最大纵向水流速度 W₁₅' 应满足不等式: W₁₅' ≤ 0.5 W₁₄'，以使配水均匀。

对于向二侧配水的配水母管的内径 d₁₅(m)按式(27)计算或按表 19 取用。

$$d_{15} = 0.515 \sqrt{\frac{D v'}{W_{15}'}} \dots\dots\dots (27)$$

表 19 配水母管管径 d₁₅

D t/h	0.5	1	2	4	6	10	15	20	35	65
d ₁₅ mm	∅32 ×3	∅32 ×3	∅38 ×3	∅51 ×3.5	∅63.5 ×3.5	∅76 ×4	∅89 ×4	∅108 ×4.5	∅133 ×4.5	∅159 ×5

8.1.2.4 配水母管上的小孔直径 d₁₁ 一般可取 ∅8~∅12 mm，孔径过小易堵塞，孔径过大易使配水不均。

配水母管上的小孔数 n_{14} 按式(28)计算或按表 20 取用。

$$n_{14} = \frac{0.531 D v'}{W_{14}' d_{14}} \dots\dots\dots (28)$$

表 20 配水母管上的小孔数 n_{14}

D t/h	D _s t/h	d ₁₄ mm							
		Ø8		Ø10		Ø12		Ø14	
		W ₁₄ ' m/s							
~4	~2	~4	~2	~4	~2	~4	~2		
≤2	≤3	6	10	4	8	—	—	—	—
4	6	10	20	8	14	6	10	—	—
6	9	14	30	10	20	8	14	—	—
10	15	24	50	16	30	12	24	—	—
15	22.5	36	74	24	48	18	34	14	26
20	30	—	—	32	64	22	44	16	32
35	52.5	—	—	56	112	40	78	28	56
65	97.5	—	—	104	206	74	146	54	108

8.1.2.5 小孔间距一般为 100~200 mm。

8.1.3 结构尺寸及布置

8.1.3.1 配水母管应尽量长些，且由中间向两侧配水。配水母管不宜小于三分之二的锅筒直段长度，以使沿锅筒长度配水均匀。

8.1.3.2 配水母管一般可装在近水面处(应低于最低水位)，以减少蒸汽的带盐和减轻或避免泡沫的形成。

8.1.3.3 配水母管应远离排污管，特别是表面排污管，以提高排污水的含盐浓度。

8.1.3.4 配水母管上小孔的开孔方向应以有意造成锅水浓度差为原则。装在近水面处的给水管应侧面开孔(见图 20)。

8.1.3.5 为防止下降管入口处抽空，可直接将给水送到下降管入口处，并且向下开孔。

8.2 排污管

8.2.1 作用

排走含盐量较大的锅水，使锅水含盐量维持在允许的范围内，以减小锅水膨胀和防止形成泡沫，减少蒸汽的湿度和带盐，减少蒸发管内的积垢。

8.2.2 设计数据

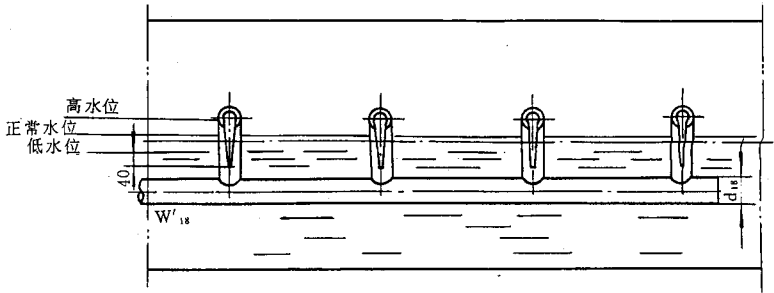
8.2.2.1 喇叭口形表面连续排污管(见图 21)切口内水速 W_{16}' 应小于 0.1 m/s，以免吸入蒸汽。 W_{16}' 按下式计算：

$$W_{16}' = \frac{P_p D v'}{3.6 A_{16} n_{16}} \dots\dots\dots (29)$$

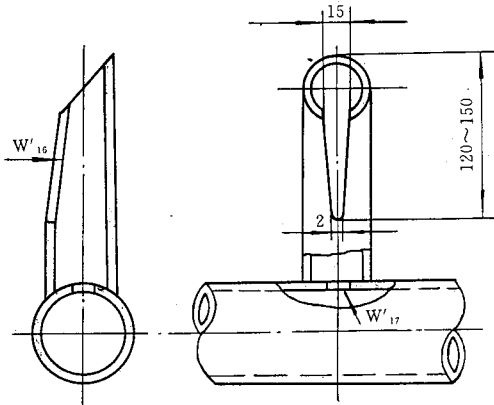
式中： P_p ——连续表面排污的排污率，取 2%~5% 的锅炉蒸发量，即 $P_p = (2\sim 5)D\%$ ，计算时以 $P_p = 0.02\sim 0.05$ 代入。

A_{16} ——浸入正常水位以下的斜切口的截面积(即图 21 中的梯形截面积)；

n_{16} ——喇叭管的根数，若用图 21 上所示尺寸， n_{16} 可由表 21 查得或按式(30)计算。



(a)



(b)

图 21 喇叭口形表面排污管

表 21 喇叭管的根数 n_{16} 和排污管管径 d_{18}

D t/h	10	15	20	35	65
n_{16} 根	4	6	8	6~14	10~16
d_{18} mm	Ø45×3	Ø45×3	Ø45×3	Ø57×3.5	Ø57×3.5
注: D=10、15、20 t/h, n_{16} 按 $P_p=0.05$ 计算; D=35 t/h, n_{16} 按 $P_p=0.02\sim0.05$ 计算; D=65 t/h, n_{16} 按 $P_p=0.02\sim0.03$ 计算。					

8.2.2.2 喇叭管一般用Ø22×3 mm、Ø25×3 mm、Ø32×3 mm 的管子, 排污管一般用Ø45×3 mm 和 Ø57×3.5 mm 的管子。排污管上开有Ø8 mm 的节流小孔 n_{16} 个, 喇叭管连接在小孔上, 以保证沿锅筒长度排污均匀, 由喇叭口吸入的锅水经节流小孔进入排污管(见图 21)。

8.2.2.3 小孔式排污管可作定期排污管, 也可作连续排污管(见图 22)。

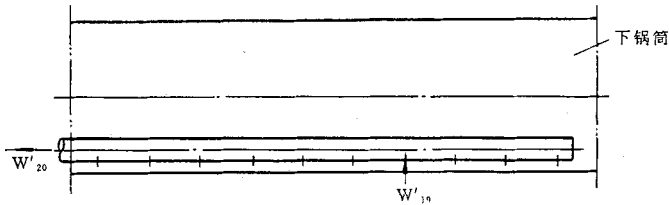


图 22 小孔式排污管

8.2.2.4 穿过小孔的水速为 0.1~0.5 m/s(蒸发量小的锅炉取低值), 小孔数 n_{19} 按下式计算:

$$n_{19} = \frac{P_p D u'}{2.827 W'_{19} d_{19}^2} \quad (30)$$

式中: P_p ——锅炉的排污率;

d_{19} ——排污管上小孔的直径, m;

W'_{19} ——穿过小孔的水速, m/s。

8.2.2.5 小孔孔径一般取 $\varnothing 8 \sim \varnothing 12$ mm。

8.2.2.6 排污管中最大的纵向水速 W'_{20} 与穿过小孔的水速 W'_{19} 应满足不等式: $W'_{20} \leq 0.5 W'_{19}$, 以使排污均匀。排污管管径可按表 22 取用。

表 22 排污管管径 d_{20}

D t/h	≤2	4~6	10~20	35~65
d_{20} mm	$\varnothing 38 \times 3$	$\varnothing 57 \times 3.5$	$\varnothing 57 \times 3.5$	$\varnothing 63.5 \times 3.5$

8.2.3 结构尺寸及布置

8.2.3.1 喇叭口形表面连续排污管应布置在水表面, 斜切口的下端比最低水位低 40 mm。

8.2.3.2 有上、下锅筒的水管锅炉, 应在下锅筒底部沿大部或整个长度设置小孔式排污管, 小孔应开在底部, 以利排除沉渣。

8.2.3.3 排污管应装在锅水浓度最大的区域, 并应远离给水管和加药管, 排污管上的切口或小孔的开口方向应朝向锅水浓度大的一侧。

8.3 加药管

8.3.1 作用

使磷酸三钠等药剂沿锅筒长度均匀分配, 以使水中的硬度盐生成易排除的沉渣, 并在金属表面形成一层有益的保护膜, 防止苛性脆化。

8.3.2 设计数据

8.3.2.1 加药管一般可取 $\varnothing 32 \times 3$ mm 和 $\varnothing 45 \times 3$ mm 的管子, 沿管长均匀地开一些 $\varnothing 3 \sim \varnothing 5$ mm 的小孔。

8.3.2.2 应保证加药管的横截面积不小于小孔总截面积的两倍, 以使加药均匀。

8.3.3 结构尺寸及布置

加药管应远离排污管, 靠近给水管或下降入口, 亦可布置在受热最弱的对流管束区内, 使药液能很好地与给水混合, 反应后生成的软渣可顺利地排至下联箱或下锅筒, 定期地或连续地由排污管排出。

8.4 水位计保护装置

8.4.1 作用

减少或消除锅筒内部工况对水位计的干扰, 以保证水位计的正常工作。

8.4.2 结构形式(见图 23)

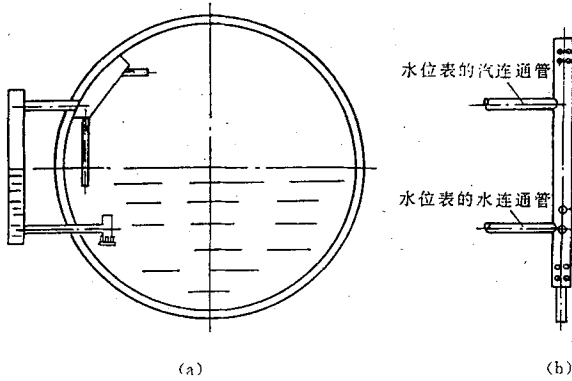


图 23 水位计保护装置

8.4.2.1 图 23(a)结构

a) 汽侧保护: 在水位计汽连通管入口处装一密封的挡板, 挡板上部有一小管通锅筒上部蒸汽空间, 在挡板与锅筒壁所组成的汽容积的最低处接一细管, 以便疏水。

b) 水侧保护: 水位计的水连通管端部焊一段短管、顶部封死, 下部有一底板, 水由短管与底板间的空隙中流入。

8.4.2.2 图 23(b)结构

水位计的汽、水连通管接在同一根管子上, 此管上下部四周开有一些小孔通蒸汽空间和水空间, 底部有一短管也通水空间。

8.5 下降管入口栅板

8.5.1 作用

防止下降管入口产生旋涡斗, 以免下降管带汽而引起的水循环事故。

8.5.2 适用条件

无水下孔板, 且下降管入口距最低水位的高度小于四倍下降管内径时; 有水下孔板, 且下降管布置在水下孔板下方, 下降管入口距水下孔板的高度小于 80 mm (汽垫层厚度) 加四倍下降管内径时。

8.5.3 结构形式及尺寸(见图 24)

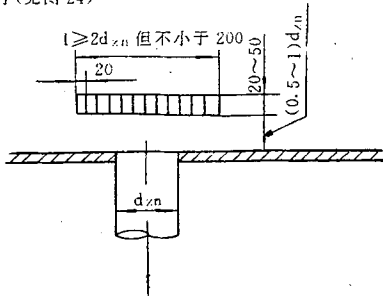


图 24(a) 装在一根下降管之上的栅板

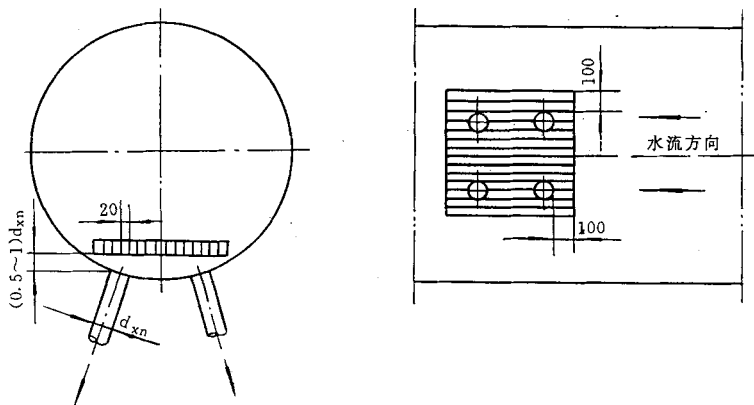


图 24(b) 装在几根下降管之上的栅板

8.5.3.1 栅板尺寸为：栅板高 $20\sim 25$ mm，各条栅板间的距离为 20 mm。

8.5.3.2 栅板下缘离下降管入口中心的高度为 $0.5\sim 1$ 倍的下降管内径 d_{xn} ，栅板布置的大小参见图 24。栅板板条应平行水流方向放置。

附 录 A
(标准的附录)
饱和水和饱和蒸汽的物理参数

表 A1

压力(表压)	P	MPa	0.4	0.7	1.0	1.25	1.6	2.5
饱和温度	t_s	C	151.84	170.41	184.07	193.32	204.31	226.04
饱和蒸汽的比体积	v''	m^3/kg	0.3747	0.2403	0.1774	0.1457	0.1166	0.07686
饱和蒸汽的密度	ρ''	kg/m^3	2.664	4.162	5.637	6.862	8.575	13.01
饱和水的比体积	v'	m^3/kg	1.093×10^{-3}	1.115×10^{-3}	1.133×10^{-3}	1.146×10^{-3}	1.163×10^{-3}	1.201×10^{-3}
饱和水的密度	ρ'	kg/m^3	915.1	896.9	882.5	872.3	859.6	832.6
密度差	$\rho' - \rho''$	kg/m^3	912.4	892.7	876.9	865.4	851.0	819.6
饱和蒸汽的动力粘度	η''	PaS	14.05×10^{-6}	14.69×10^{-6}	15.16×10^{-6}	15.48×10^{-6}	15.81×10^{-6}	16.62×10^{-6}
饱和水的动力粘度	η'	PaS	180.3×10^{-6}	159.2×10^{-6}	140.8×10^{-6}	139.3×10^{-6}	131.5×10^{-6}	118.2×10^{-6}
表面张力	σ'	N/m	48.31×10^{-3}	44.35×10^{-3}	41.36×10^{-3}	39.31×10^{-3}	36.83×10^{-3}	31.82×10^{-3}

附录 B
(提示的附录)
各分离装置的计算例题

B1 水下孔板计算例题

表 B1

序号	名称	符号	单位	计算公式或数据来源	数据代人	数值
1	筒内压力	P	MPa	已知		1.25
2	P 压力下饱和蒸汽的比体积	v^s	m ³ /kg	查附录 A		0.1457
3	流经水下孔板的蒸汽压	D_1	t/h	汽水混合物全部通过水下孔板 $D_1 = D$		10
4	蒸汽穿孔的平均流速	W^{*1}	m/s	查表 1	(4.8~5.1)	5.1
5	小孔孔径	d_1	m	按 5.1.3.2 选用		0.01
6	小孔总数	Σn_h	个	$\frac{D_1 v^s}{2.827 W^{*1} d_1^2}$ 或查表 2	$\frac{10 \times 0.1457}{2.827 \times 5.1 \times 0.01^2}$	1010
7	水下孔板总长	ΣL_1	m	按结构尺寸及 5.1.4.5 确定		3.6
8	每块水下孔板的尺寸(长×宽)	$L_1 b_1$	m	按结构尺寸及 5.1.4.1 确定		0.36×0.6
9	水下孔板的块数	n_1'	块	$\Sigma L_1 / L_1$	3.6/0.36	10
10	孔间距	S_1	mm	自定义(均匀开孔)		45
11	每块水下孔板上的孔数	n_1	个	按布置定		104
12	校验蒸汽穿孔速度	W^{*1}	m/s	$\frac{D_1 v^s}{2.827 n_1' n_1 d_1^2}$	$\frac{10 \times 0.1457}{2.827 \times 10 \times 104 \times 0.01^2}$	4.96

B2 缝隙挡板计算例题

表 B2

序号	名称	符号	单位	计算公式或数据来源	数据代入	数值
1	锅内压力	P	MPa	已知		1.25
2	P 压力下饱和蒸汽的比体积	v''	m ³ /kg	查附录 A		0.1457
3	流经缝隙挡板的蒸汽量	D ₂	t/h	根据与缝隙挡板相连接的水冷壁的吸热量求得		6.2
4	缝隙挡板的长度	L ₂	m	由结构尺寸确定		2.5
5	缝隙挡板间的蒸汽速度	W ₂ ⁰	m/s	由表 3 查得		2.2
6	缝隙挡板的宽度	b ₂	m	$\frac{D_2 v''}{3.6 W_2^0 L_2}$	$\frac{6.2 \times 0.1457}{3.6 \times 2.5 \times 2.2}$	0.046
7	P 压力下饱和水的比体积	v'	m ³ /kg	查附录 A		1.146×10^{-3}
8	锅炉的循环倍率	K	—	由表 4 查得		170
9	挡板下水流速度	W ₂ ¹	m/s	按 5.2.3.2 选用		0.7
10	挡板下缘离锅筒壁的高度	b ₂ ¹	m	$\frac{D_2 v' (K-1)}{3.6 W_2^1 L_2}$	$\frac{6.2 \times 0.001146 \times 169}{3.6 \times 0.7 \times 2.5}$	0.191

B3 挡板计算例题

表 B3

序号	名称	符号	单位	计算公式或数据来源	数据代入	数值
1	锅内压力	P	MPa	已知		1.25
2	P 压力下饱和蒸汽的比体积	v''	m ³ /kg	查附录 A		0.1457
3	流经一层挡板的蒸汽量	D ₃	t/h	根据与此层挡板相连接的水冷壁的吸热量求得		2.5
4	挡板的长度	L ₃	m	由结构尺寸确定		3
5	挡板间的蒸汽流速	W ₃ ⁰	m/s	由表 5 查得		1.8
6	挡板间的最小距离	b ₃	m	$\frac{D_3 v''}{3.6 W_3^0 L_3}$	$\frac{2.5 \times 0.1457}{3.6 \times 1.8 \times 3}$	0.019

B4 旋风分离器计算例题

表 B4

序号	名称	符号	单位	计算公式或数据来源	数据代人	数值
1	锅筒内压力	P	MPa	已知		2.5
2	进入一分组汇流箱的蒸发量	D_1	t/h	根据与此分组汇流箱连接的水冷壁的热质需求求得		8.2
3	P 压力下饱和蒸汽的比体积	v''	m ³ /kg	查附录 A		0.07686
4	P 压力下饱和水的比体积	v'	m ³ /kg	查附录 A		1.201×10^{-3}
5	旋风分离器的筒体直径	D_1	mm	按 5.4.4.1 选取		290
6	旋风分离器的人口横截面积	A_1	m ²	由表 5 查得: $a=0.06 \text{ m}, b=0.25 \text{ m}$	$A_1=0.06 \times 0.25$	0.015
7	流经每个旋风分离器的蒸汽量	D_1	t/h	按表 7 选取		2.05
8	与一分组汇流箱连接的旋风分离器个数	n_1	个	$\frac{D_1}{D_1}$	$\frac{8.2}{2.05}$	4
9	旋风分离器人口横截面上的蒸汽折算速度	W_1''	m/s	$\frac{1.2 D_1 v''}{3.6 A_1}$	$\frac{1.2 \times 2.05 \times 0.07686}{3.6 \times 0.015}$	3.50
10	锅炉的循环倍率	K	—	按表 4 选取		58
11	旋风分离器人口横截面上的水的折算速度	W_1'	m/s	$\frac{1.2 D_1 (K-1) v'}{3.6 A_1}$	$\frac{1.2 \times 2.05 \times (58-1) \times 0.001201}{3.6 \times 0.015}$	3.12
12	汽水混合物的入口速度	W_1	m/s	$W_1'' + W_1'$	$3.50 + 3.12$	6.62
13	汽水混合物入口速度的推荐值	W_1	m/s	查表 6		5.5~8.0

B5 水平波形分离器计算例题

表 B5

序号	名称	符号	单位	计算公式或数据来源	数据代人	数值
1	筒管内压力	P	MPa	已知		1.25
2	P 压力下饱和蒸汽的比体积	v''	m ³ /kg	查附录 A		0.1457
3	锅炉蒸发量	D	t/h	已知		10
4	波形分离器总长度	L ₃	m	按结构尺寸及 6.1.4.3 确定		3
5	波形分离器宽度	b ₃	m	由结构尺寸及布置确定		0.42
6	波形分离器前的蒸汽速度	W ₃ ^{''}	m/s	$\frac{D \cdot v''}{3.6 L_3 b_3}$	$\frac{10 \times 0.1457}{3.6 \times 3 \times 0.42}$	0.32
7	水平波形分离器前的最大允许蒸汽速度	(W _{3max}) _p	m/s	由式(8a)算得或查表 11		0.65
8	校核是否满足不等式: W ₃ ^{''} ≤ (W _{3max}) _p				0.32 < 0.65	满足

B6 均匀开孔的匀汽孔板计算例题

表 B6

序号	名称	符号	单位	计算公式或数据来源	数据代人	数值
1	筒管内压力	P	MPa	已知		1.25
2	P 压力下饱和蒸汽的比体积	v''	m ³ /kg	查附录 A		0.1457
3	锅炉蒸发量	D	t/h	已知		10
4	蒸汽算孔的平均流速	W ₄ ^{''}	m/s	由表 12 查得(φ ₀ < 0.15)		14.0
5	小孔孔径	d ₄	m	按 6.2.3.2 选用		0.009
6	小孔总数	Σn ₄	个	$\frac{D \cdot v''}{2.827 W_4 \cdot d_4}$ 或查表 14	$\frac{10 \times 0.1457}{2.827 \times 14.0 \times 0.009}$	454
7	匀汽孔板总长	ΣL ₄	m	按结构尺寸及 6.2.4.2 确定		2.8
8	每块匀汽孔板的尺寸(长×宽)	L ₄ b ₄	m	按结构尺寸及 6.2.4.3 确定		0.35 × 0.41

表 B6(完)

序号	名称	符号	单位	计算公式或数据来源	数据代人	数值
9	匀汽孔板块数	n_1'	块	$\Sigma L_1/L_1$	2.8/0.35	8
10	两块匀汽孔板间的缝隙宽度	b_1'	m	按 6.2.4.3 选用		0.001
11	板间缝隙截面积	A_1'	m ²	$(n_1' - 1)b_1' \cdot b_1'$	$(8 - 1) \times 0.41 \times 0.001$	0.00287
12	孔间距	S_1	m	自选(先均开孔)		0.05
13	匀汽孔板上的孔数	n_1''	个	按布置定 (其中第 1、8 块为 6×8 , 余为 7×8)	$2 \times 6 \times 8 + 6 \times 7 \times 8$	432
14	匀汽孔板上孔的截面积	A_1''	m ²	$\frac{\pi}{4} n_1 d_1^2$	$0.7854 \times 432 \times 0.009^2$	0.027483
15	按核蒸汽穿孔孔速度	W_1''	m/s	$\frac{D_0 v''}{3.6 (A_1' + A_1'')}$	$\frac{10 \times 0.1457}{3.6 \times (0.00287 + 0.027483)}$ (应在推荐范围内)	13.33
16	筒内直径	D_0	mm	由结构尺寸定		1000
17	匀汽孔板上弓形截面的高度	b_1''	m	由结构尺寸定		0.085
18	蒸汽引出管的系数	n_1	根	已知	由匀汽孔板中间引出蒸汽	1
19	弓形截面积	A_1	m ²	查图 14 或按式(14)计算		0.032
20	弓形截面中的最大蒸汽速度	W_1''	m/s	$\frac{D_0 v''}{7.2 \times 1 \times 0.032}$	$\frac{10 \times 0.1457}{7.2 \times 1 \times 0.032}$	6.32
21	校核是否满足不等式: $W_1'' \leq \frac{1}{2} W_1''$	—	—	$W_1'' \leq \frac{1}{2} W_1''$	$6.32 \leq \frac{1}{2} \times 13.33$	满足
22	蒸汽引出管内径	d_1	m	已知		0.149
23	蒸汽引出管内的蒸汽速度	W_1''	m/s	$\frac{D_0 v''}{2.827 n_1 d_1^2}$	$\frac{10 \times 0.1457}{2.827 \times 1 \times 0.149^2}$	23.21
24	校核是否满足不等式: $W_1'' \leq 0.7 W_1''$	—	—	$W_1'' \leq 0.7 W_1''$	$23.21 > 0.7 \times 13.33$ 应加盲板或正对抽气口不开孔, 本题采取后者	不满足
25	假想圆柱表面中的蒸汽速度	W_1''	m/s	$\frac{D_0 v''}{22.62 n_1 d_1 h_1}$	$\frac{10 \times 0.1457}{22.62 \times 1 \times 0.149 \times 0.085}$	5.09
26	校核是否满足不等式: $W_1'' \leq 0.7 W_1''$	—	—	$W_1'' \leq 0.7 W_1''$	$5.09 \leq 0.7 \times 13.33$ 允许均匀开孔	满足

B7 缝隙式集汽管的计算例题

表 B7

序号	名称	符号	单位	计算公式或数据来源	数据代人	数值
1	锅筒内压力	P	MPa	已知		0.7
2	P 压力下饱和蒸汽的比体积	v''	m ³ /kg	查附录 A		0.2403
3	锅炉蒸发量	D	t/h	已知		4
4	缝隙中蒸汽的平均流速	(W_{10}'')	m/s	由表 14 查得		21
5	缝隙的总长度	ΣL_{10}	m	由结构尺寸及 6.3.3.3 确定		1.6
6	缝隙的初始宽度	b_{10}	m	$D v''$ $3.6 (W_{10}'') \Sigma L_{10}$	4×0.2403 $3.6 \times 21 \times 1.6$	0.0079
7	集汽管的内径	d_{11}	m	由表 15a 查得(二侧抽汽)		0.15
8	集汽管上的缝隙数	n_{10}	条	选定(二侧抽汽)		2
9	集汽管中最大的蒸汽速度	W_{11}''	m/s	$D v''$ $2.827 n_{10} d_{11}^2$	4×0.2403 $2.827 \times 2 \times 0.150^2$	7.56
10	系数	K_{10}	—	由图 17 查得或由式(19)算得		0.938
11	缝隙的终端宽度	b_1	m	$K_{10} b_{10}$	0.938×0.0079	0.0074

B8 抽汽孔管计算例题

表 B8

序号	名称	符号	单位	计算公式或数据来源	数据代人	数值
1	锅筒内压力	P	MPa	已知		0.7
2	P 压力下饱和蒸汽比体积	v''	m ³ /kg	查附录 A		0.2403
3	锅炉蒸发量	D	t/h	已知		4
4	抽汽孔管的长度	L_{10}	m	按结构尺寸及 6.3.4.1 确定		2.4
5	孔排间的距离	S_{10}	m	取定		0.04
6	孔排数	n'_{10}	排	L_{10}/S_{10}	$2.4/0.04$	60

表 B8(完)

序号	名称	符号	单位	计算公式或数据来源	数据代人	数值
7	小孔直径	d_{10}	m	按 6.3.3.5 选取		0.008
8	小孔总数	$\Sigma n_{10}'$	个	查表 13		240
9	每排孔孔数	n_{10}	个	$\frac{\Sigma n_{10}'}{n_{10}}$	240 60	4
10	蒸汽穿孔速度	$(W_{10}^{*'})_k$	m/s	$\frac{D \cdot v''}{2.827 \Sigma n_{10}' d_{10}}$	$\frac{4 \times 0.2403}{2.827 \times 240 \times 0.008^2}$	22.14
11	推荐的蒸汽穿孔速度	$(W_{10}^{*'})_k$	m/s	由表 12 查得	蒸汽穿孔速度在推荐值范围内	21~25 (满足)

B9 卧式分离器计算例题

表 B9

序号	名称	符号	单位	计算公式或数据来源	数据代人	数值
1	锅筒内压力	P	MPa	已知		0.7
2	P 压力下饱和蒸汽的比体积	v''	m ³ /kg	查附录 A		0.2403
3	锅炉蒸发量	D	t/h	已知		6
4	分离器中最小断面上的每条焊缝的长	L_{12}	m	由结构尺寸定		0.8
5	分离器中最小断面上焊缝的数目(等长)	n_{12}	条	由结构定(选用二个分离器, 每个分离器均为中间抽汽)		4
6	分离器上最小断面上的蒸汽速度	W_{12}''	m/s	由表 16 查得 $W_{12max}''=13$ 做 $W_{12}'' \leq W_{12max}''$	取	9
7	分离器上最小断面上的焊缝宽度	b_{12}	m	$\frac{D \cdot v''}{3.6 n_{12} W_{12}'' L_{12}}$	$\frac{6 \times 0.2403}{3.6 \times 4 \times 9 \times 0.8}$	0.014
8	分离器最低点与最高水位的距离	h_{12}	m	由结构布置定		0.2
9	P 压力下饱和蒸汽的密度	ρ''	kg/m ³	查附录 A 中表 A1		4.162
10	P 压力下饱和水的密度	ρ'	kg/m ³	查附录 A 中表 A1		896.9

表 B9(完)

序号	名称	符号	单位	计算公式或数据来源	数据代入	数值
11	疏水管中的水位与最高水位的距离	h_{11}	m	$\frac{0.051(W_{11}')^2 \rho'}{\rho' - \rho'}$	$\frac{0.051 \times 9^2 \times 4.162}{896.9 - 4.162}$	0.019
12	校核 $h_{12} - h_{13} > 0.05$	—	m	$h_{12} - h_{13}$	$0.2 - 0.019 = 0.181 > 0.05$	满足
13	校核 $h_{12}/h_{11} \geq 2.5$	—	—	h_{12}/h_{11}	$\frac{0.2}{0.019} = 10.5 > 2.5$	满足
14	疏水管中的水速	W_{11}'	m/s	查 6.4.3.5 知 $W_{11}' \leq 0.4$	取	0.35
15	分离器个数	n_{11}'	个	选定	—	2
16	每个分离器上疏水管根数	n_{11}	根	与分离器相同	—	2
17	疏水管的内径	d_{11}	m	$0.188 \sqrt{\frac{D}{\rho' W_{11}' n_{11}' n_{11}}}$	$0.188 \times \sqrt{\frac{6}{896.9 \times 0.35 \times 2 \times 2}}$	0.013
18	(集汽管的计算)	—	—	(同集汽管计算此例题中略)	—	—

B10 配水管计算例题

表 B10

序号	名称	符号	单位	计算公式或数据来源	数据代入	数值
1	锅炉内压力	P	MPa	已知	—	1.25
2	P 压力下饱和水的比体积	v'	m ³ /kg	查附录 A	—	1.146×10^{-3}
3	锅炉蒸发量	D	t/h	已知	—	10
4	小孔直径	d_{11}	m	按 8.1.2.4 选用	—	0.01
5	小孔中水速	W_{11}'	m/s	按 8.1.2.2 选用	—	3.04
6	小孔数	n_{11}'	个	$1.5 D v'$ $2.827 W_{11}' d_{11}'$ 或查表 20	$1.5 \times 10 \times 0.001146$ $2.827 \times 3.04 \times 0.01^2$	20
7	配水管管中最大纵向水流速度	W_{11}	m/s	按 8.1.2.3 规定 $W_{11}' \leq 0.5 W_{11}'$	取	1.22
8	孔间距离	S_{11}	m	按 8.1.2.5 取	—	0.160
9	配水管管径	d_{11}	m	$0.515 \sqrt{\frac{D v'}{W_{11}'}}$ 或查表 19	$0.515 \times \sqrt{\frac{10 \times 0.001146}{1.22}}$	0.050

B11 喇叭口形表面排污管的计算例题

表 B11

序号	名称	符号	单位	计算公式或数据来源	数据代人	数值
1	锅内压力	P	MPa	已知		1.25
2	P 压力下饱和水的比体积	v'	m ³ /kg	查附录 A		1.146×10^{-1}
3	锅炉的排污率	P _p	%	按 8.2.2.1 选用	(计算时以 0.05 代人)	5
4	锅炉蒸发量	D	t/h	已知		20
5	喇叭管内径	d ₁₆	m	按 8.2.2.2 选用	∅25×3	0.019
6	浸入正常水位下的切口截面积	A ₁₆	m ²	按结构尺寸算得	$\frac{0.01+0.002}{2} \times 0.1$	0.0006
7	喇叭管根数	n ₁₆	根	查表 21		8
8	浸入正常水位下的切口截面中的水速	W ₁₆ '	m/s	$\frac{P_p D v'}{3.6 A_{16} n_{16}}$	$\frac{0.05 \times 20 \times 0.001146}{3.6 \times 0.0006 \times 8}$	0.066
9	按核 W _{16}' < 0.1}	—	—	W _{16}' < 0.1}	0.066 < 0.1	满足
10	节流小孔的直径	d ₁₇	m	按 8.2.2.2 取用		0.008
11	排污管内径	d ₁₈	m	按表 21 取用	∅45×3	0.039
12	节流小孔中的水速	W ₁₇ '	m/s	$\frac{P_p D v'}{2.827 n_{16} d_{17}^2}$	$\frac{0.05 \times 20 \times 0.001146}{2.827 \times 8 \times 0.008^2}$	0.792
13	排污管中的最大纵向水流速度(一侧引出)	W ₁₈ '	m/s	$\frac{P_p D v'}{2.827 d_{18}^2}$	$\frac{0.05 \times 20 \times 0.001146}{2.827 \times 0.039^2}$	0.267
14	按核 W _{18}' ≤ 0.5 W₁₇'}	—	—	W _{18}' ≤ 0.5 W₁₇'}	0.267 < 0.5 × 0.792	满足

B12 小孔式连续排污管的计算例题

表 B12

序号	名称	符号	单位	计算公式或数据来源	数据代人	数值
1	锅内压力	P	MPa	已知		1.25
2	P 压力下饱和水的比体积	v'	m ³ /kg	查附录 A		1.146×10^{-3}
3	锅炉的排污率	P _p	%	按 8.2.2.1 选用	(计算时以 0.05 代人)	5
4	锅炉蒸发量	D	t/h	已知		6
5	排污管内径	d ₃₀	m	按表 22 取用	∅57×3.5	0.05
6	排污管中最大的纵向流速	W _{30}'}	m/s	$\frac{P_p D v'}{2.827 d_{30}^2}$	$\frac{0.05 \times 6 \times 0.001146}{2.827 \times 0.05^2}$	0.049
7	小孔直径	d ₁₅	m	按 8.2.2.2 选用		0.01
8	小孔中的流速	W _{15}'}	m/s	满足: $W_{30}' \leq 0.5 W_{15}'$	$0.049 < 0.5 \times 0.12$	0.12
9	小孔个数	n ₁₅	个	$\frac{P_p D v'}{2.827 W_{15}' d_{15}^2}$	$\frac{0.05 \times 6 \times 0.001146}{2.827 \times 0.12 \times 0.01^2}$	10.13 取 10
10	实际小孔中的流速	W _{15}'}	m/s	$\frac{P_p D v'}{2.827 n_{15} d_{15}^2}$	$\frac{0.05 \times 6 \times 0.001146}{2.827 \times 10 \times 0.01^2}$	0.122
11	校核 $W_{30}' \leq 0.5 W_{15}'$	—	—	$W_{30}' \leq 0.5 W_{15}'$	$0.049 < 0.5 \times 0.122$	满足

附录 C

(提示的附录)

常用的几种锅内装置组合方案

C1. 装有过热器的水管锅炉

- a) 一次分离装置：水下孔板。
二次分离装置：波形板分离器和匀汽孔板(见图 C1)。
- b) 一次分离装置：水下孔板和缝隙挡板。
二次分离装置：匀汽孔板和波形板分离器(或钢丝网分离器或其他填料式分离器)(见图 C2)。
- c) 一次分离装置：水下孔板。
二次分离装置：蜗壳式分离器(见图 C3)。

C2 未装过热器的水管锅炉

- a) 一次分离装置：水下孔板。
二次分离装置：匀汽孔板或集汽管(见图 C4)。
- b) 一次分离装置：水下孔板和挡板。
二次分离装置：匀汽孔板或集汽管(见图 C5)。
- c) 一次分离装置：缝隙挡板。
二次分离装置：匀汽孔板或集汽管(见图 C6)。

C3 锅壳锅炉

二次分离装置：匀汽孔板或集汽管(见图 C7)。

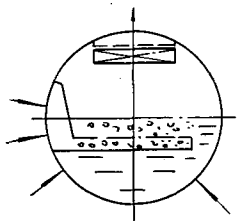


图 C1

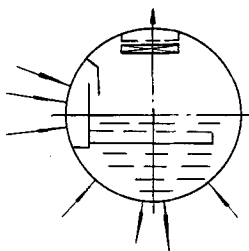


图 C2

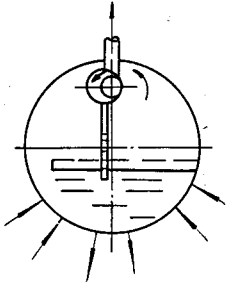


图 C3

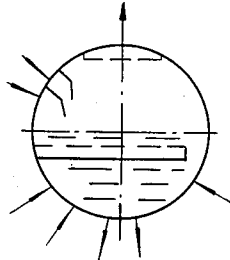


图 C4

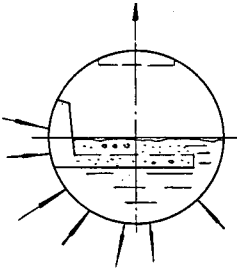


图 C5

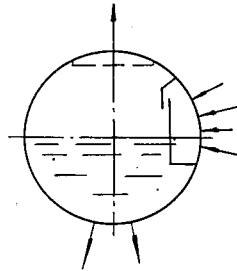


图 C6

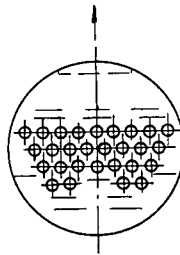


图 C7

推荐的几种锅内装置组合的示意图

附录 D

(提示的附录)

不均匀开孔的匀汽孔板(或集汽管)的计算

沿锅炉长度方向孔间距不等, 但每排孔数、孔径和沿锅炉宽度方向孔间距相等的不均匀开孔的近似算法如下:

缝中蒸汽速度为推荐值时, 沿集汽管任意长度上的近似缝宽计算公式为:

$$b_x = C \frac{b_{10}}{\sqrt{1 + \frac{k_{11}}{\xi_{10}} \left(\frac{b_{10} x}{A_{11}} \right)^2}} \quad \text{..... (D1)}$$

式中: $\frac{k_{11}}{\xi_{10}}$ ——集汽管中的压力变化系数与蒸汽穿缝(或穿孔)的阻力系数之比值,

对缝隙式集汽管: $\frac{k_{11}}{\xi_{10}} = 1.05$;

对小孔式集汽管: $\frac{k_{11}}{\xi_{10}} = 1.4$;

对匀汽孔板: 当 $\psi = 0.15 \sim 0.32$, $\frac{k_{11}}{\xi_{10}} = 1.5$;

$\psi < 0.15$, $\frac{k_{11}}{\xi_{10}} = 0.9$;

A_{11} ——对匀汽孔板, A_{11} 系指匀汽孔板上的弓形横截面积, 对集汽管系指集汽管的横截面积, m^2 ;

x ——距缝隙始端的长度, 计算时 x 可先假定几个值

(如 $x = L$ 、 $x = \frac{3}{4}L$ 、 $x = \frac{1}{2}L$ 、 $x = \frac{1}{4}L$), m ;

C ——放大系数;

$$C = \frac{b'_{10}}{b_{10}} \quad \text{..... (D2)}$$

式中: b'_{10} ——修正后的初缝宽度(m), 由下式求得:

$$b'_{10} = \frac{2 b_{10}}{1 + K_{10}} \quad \text{..... (D3)}$$

式中: K_{10} ——查图 17;

b_{10} ——等宽开缝时的缝隙宽度(m), 可按下式求得:

$$b_{10} = \frac{D u''}{3.6 W''_{10} L_{10}} \quad \text{..... (D4)}$$

式中: L_{10} ——缝隙总长度, m ;

W''_{10} ——蒸汽的穿缝或穿孔平均流速的推荐值, 计算匀汽孔板和孔管时查表 12, 计算缝隙式集汽管时查表 14, m/s ;

修正后的终缝宽度 b_l' 按下式计算:

$$b_l' = K_{10} b_{10} \quad \text{..... (D5)}$$

式中: K_{10} ——查图 17;

沿长度方向不均匀开孔, 孔间距 S 可按下式计算:

$$S_x = \frac{A_6'}{b_x} \quad \text{..... (D6)}$$

式中: S_x ——距始端长度为 x 处的孔间距, m ;

b_x ——距始端长度为 x 处缝隙宽度, m ;

A_6' ——排孔的总截面积, m^2 。

具体计算见例题。

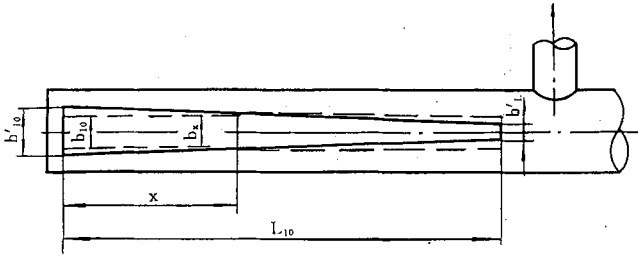


图 D1

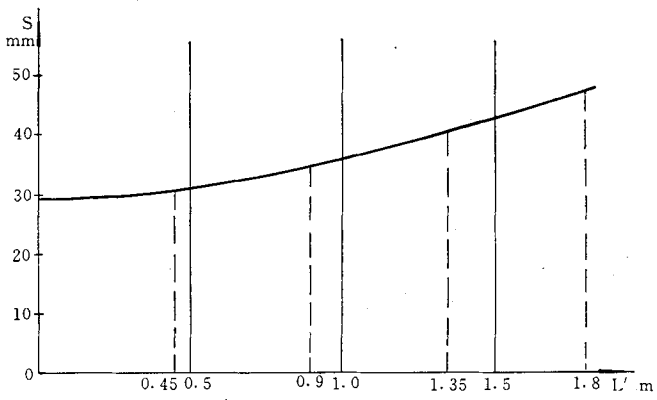


图 D2 $S=f(L')$

表 D1 例题:不均匀开孔匀汽孔板的计算

序号	名称	符号	单位	计算公式或数据来源	数据代人	数值
1	锅筒内压力	P	MPa	已知		1.25
2	P 压力下饱和蒸汽的比体积	v''	m ³ /kg	查附录 A		0.1457
3	锅炉蒸发量	D	t/h	已知		35
4	匀汽孔板上的弓形截面的高度	h_1	m	由结构尺寸定		0.08
5	锅筒的内径	D_n	mm	由结构尺寸定		1200
6	弓形截面面积	A_1	m ²	查图 14		0.0325
7	蒸汽引出管的根数	n_1	根	由结构尺寸定,蒸汽引出管由孔板中间引出		1
8	弓形截面中的最大蒸汽速度	W_1''	m/s	$\frac{D v''}{7.2 n_1 A_1}$	$\frac{35 \times 0.1457}{7.2 \times 1 \times 0.0325}$	21.79
9	蒸汽穿孔速度	W_1''	m/s	查表 12 中 $\psi < 0.15$ 一行		16
10	校核是否满足不等式: $W_1'' \leq 0.5 W_e''$	—	—	$W_1'' \leq 0.5 W_e''$	$21.79 > 0.5 \times 16$ (需不均匀开孔)	不满足
11	小孔直径	d_1	m	按 6.3.3.3 选用		0.01
12	一侧匀汽孔板长度	L_1'	m	按结构尺寸定	(二侧对称)	1.8
13	每排孔数	n	个	由布置数定		11
14	每排孔的总面积	A_1'	m ²	$\frac{\pi}{4} d_1^2 n$	$11 \times \frac{3.1416}{4} \times 0.01^2$	0.000864
15	二侧小孔总数	Σn_1	个	$\frac{D v''}{2.827 W_1'' d_1^2}$	$\frac{35 \times 0.1457}{2.827 \times 16 \times 0.01^2}$	1127
16	实际布置孔总数	$\Sigma n_1'$	个	每一侧 50 排孔	$50 \times 2 \times 11$	1100
17	实际孔中蒸汽速度	W_e''	m/s	$\frac{D v''}{2.827 \Sigma n_1' d_1^2}$	$\frac{35 \times 0.1457}{2.827 \times 1100 \times 0.01^2}$	16.40
18	修正后的切缝宽度	b_{10}	m	$\frac{D v''}{2 \times 3.6 W_e'' L_1'}$	$\frac{35 \times 0.1457}{2 \times 3.6 \times 16.40 \times 1.8}$	0.0240
19	匀汽孔板的宽度	b_s	m	由结构尺寸确定		0.40

表 D1(完)

序号	名称	符号	单位	计算公式或数据来源 (因为二侧抽汽所以分母乘 2) 查图 17 曲线 4	数据代入	数值
20	均匀孔板的开孔率	ψ	—	$\frac{\sum d_k^2}{4} \frac{\pi}{2L_1' b_1}$	$\frac{1100 \times 0.7854 \times 0.01^2}{2 \times 1.8 \times 0.40}$	0.0605
21	系数	K_{10}	—	—	—	0.618
22	修正后的初缝宽度	b_{10}'	m	$\frac{2 b_{10}}{1+K_{10}}$	$\frac{2 \times 0.0240}{1+0.618}$	0.0297
23	修正后的终缝宽度	b_1'	m	$b_{10}' K_{10}$	0.0297×0.618	0.0184
24	放大系数	C	—	$\frac{b_{10}'}{b_{10}}$	$\frac{0.0297}{0.0240}$	1.24
25	始端孔节距	S	m	$\frac{A_1'}{b_{10}}$	$\frac{0.000864}{0.0297}$	0.0291
26	$\frac{L_1'}{4}$ 处的孔节距	$S_{\frac{1}{4}L_1}'$	m	$\frac{A_1' \sqrt{1+0.9 \left(\frac{b_{10}' L_1'}{2 A_1'} \right)^2}}{C b_{10}}$	$\frac{0.000864 \times \sqrt{1+0.9 \left(\frac{0.0240 \times 1.8}{4 \times 0.0325} \right)^2}}{1.24 \times 0.0240}$	0.0304
27	$\frac{L_1'}{2}$ 处的孔节距	$S_{\frac{1}{2}L_1}'$	m	$\frac{A_1' \sqrt{1+0.9 \left(\frac{b_{10}' L_1'}{2 A_1'} \right)^2}}{C b_{10}}$	$\frac{0.000864 \times \sqrt{1+0.9 \left(\frac{0.0240 \times 1.8}{2 \times 0.0325} \right)^2}}{1.24 \times 0.0240}$	0.0343
28	$\frac{3L_1'}{4}$ 处的孔节距	$S_{\frac{3}{4}L_1}'$	m	$\frac{A_1' \sqrt{1+0.9 \left(\frac{3 b_{10}' L_1'}{4 A_1'} \right)^2}}{C b_{10}}$	$\frac{0.000864 \times \sqrt{1+0.9 \left(\frac{3 \times 0.0240 \times 1.8}{4 \times 0.0325} \right)^2}}{1.24 \times 0.0240}$	0.0400
29	终端的孔节距	S_1'	m	$\frac{A_1'}{b_1'}$	$\frac{0.000864}{0.0184}$	0.0470
30	作 $S=f(L_1')$ 的曲线图	—	—	见图 D2	—	—
31	列 S ₁ 数值表	—	—	见表 D2	—	—

表 D2 S_i 的数值

m

$\frac{S_1}{2}$	0.0150	S_{13}	0.0315	S_{26}	0.0340	S_{39}	0.0405
S_1	0.0295	S_{14}	0.0315	S_{27}	0.0340	S_{40}	0.0405
S_2	0.0295	S_{15}	0.0315	S_{28}	0.0360	S_{41}	0.0405
S_3	0.0295	S_{16}	0.0315	S_{29}	0.0360	S_{42}	0.0430
S_4	0.0295	S_{17}	0.0315	S_{30}	0.0360	S_{43}	0.0430
S_5	0.0295	S_{18}	0.0315	S_{31}	0.0360	S_{44}	0.0430
S_6	0.0295	S_{19}	0.0315	S_{32}	0.0360	S_{45}	0.0430
S_7	0.0295	S_{20}	0.0315	S_{33}	0.0385	S_{46}	0.0460
S_8	0.0295	S_{21}	0.0315	S_{34}	0.0385	S_{47}	0.0460
S_9	0.0295	S_{22}	0.0315	S_{35}	0.0385	S_{48}	0.0460
S_{10}	0.0295	S_{23}	0.0340	S_{36}	0.0385	S_{49}	0.0460
S_{11}	0.0295	S_{24}	0.0340	S_{37}	0.0385	$\frac{S_{50}}{2}$	0.0230
S_{12}	0.0315	S_{25}	0.0340	S_{38}	0.0405	ΣS_i	1.7695 *

* 实际布置时, 可根据 ΣS_i 数值与 L_i' 之差值, 对各孔间距稍加修正, 使 $\Sigma S_i \approx L_i'$ 。

附录 E

(提示的附录)

蒸汽空间容积负荷 R, 的另一种计算方法

E1 蒸汽空间容积负荷的计算

$$R_v = \frac{10^3 D v''}{V_j} \dots\dots\dots (E1)$$

式中: V_j ——蒸汽空间的计算容积, 系指最大真实水位以上的有蒸汽流过的近似蒸汽空间, 按工业锅炉锅内装置的情况, 基本上可为以下几种类型(见表 E1 中的 a、b、c、d), 其蒸汽空间的计算容积如表 E1 中的各图所示。

$$V_j = m \left(\frac{\pi D_n^2}{8} \pm D_n h \right) L \dots\dots\dots (E2)$$

式中: m ——充满度系数, 查表 E1;

D_n ——锅筒内径, m;

L ——计算段长度, 查表 E1, m;

h ——锅筒中心线至最大真实水位 ($(h_s)_{\max}$) 的距离, 最大真实水位在锅筒中心线以上取负号, 最大真实水位在锅筒中心线以下取正号, m。

E2 最大真实水位的计算

E2.1 无水下孔板时, 按下式计算:

$$(h_s)_{\max} = h_s(k+1) + \frac{h_g}{2} \dots\dots\dots (E3)$$

式中: $(h_s)_{\max}$ ——最大真实水位(由水位表的水联通管中心线至最高水位的距离), m;

h_s ——水位表中水位的高度(由水位表水联通管中心线至水位表中的可见水位的距离), m;

k ——系数, 查图 E1;

h_g ——浮泡流动时, 过渡区段的高度, 查图 E3。

E2.2 有水下孔板时, 按下式计算:

$$(h_s)_{\max} = \frac{h'_{sb}}{1-\psi} + \frac{h_g}{2} \dots\dots\dots (E4)$$

式中: h'_{sb} ——水下孔板上水层的高度, 不计水位表散热时, 可近似地取水下孔板至水位表中可见水位的距离, m;

$\frac{1}{1-\psi}$ ——查图 E2;

h_g ——浮泡流动时, 过渡区段的高度, 查图 E3。

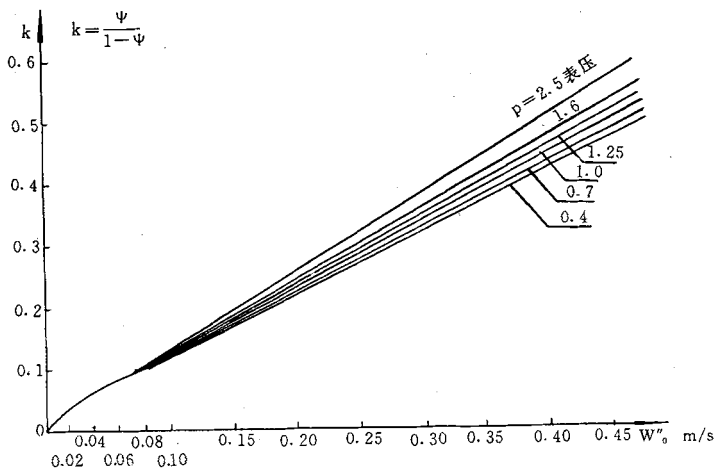


图 E1 $k=f(P, W_0'')$

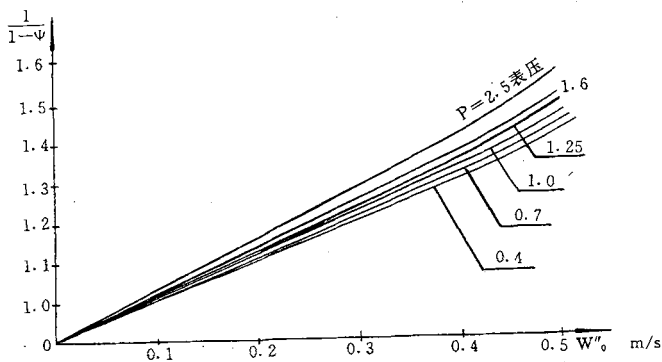


图 E2 $\frac{1}{1-\psi}=f(P, W_0'')$

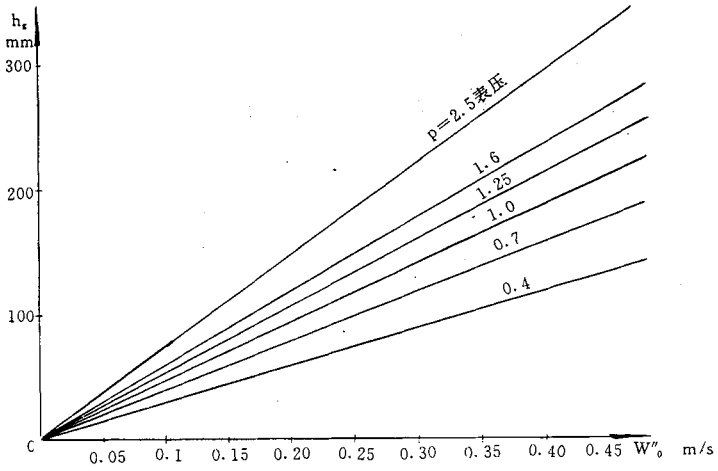
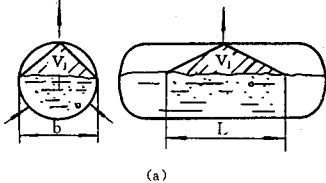
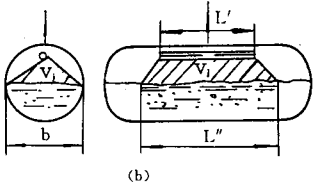
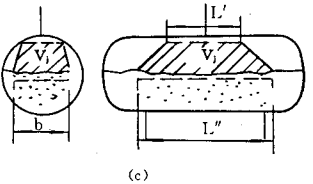
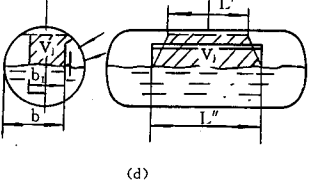


图 E3 $h_r = f(P, W_0)$

表 E1

锅内设备形式	示意图	m	L
单点抽汽, 无二次分离装置, 有或无水下孔板	 <p>(a)</p>	0.5	L
顶部有集汽管或铜壳分离器, 有或无水下孔板	 <p>(b)</p>	0.7	$\frac{L'+L''}{2}$
顶部有匀汽孔板、分离器、钢丝网分离器等(水平或立式布置), 有或无水下孔板, 汽空间有缝隙挡板或挡板	 <p>(c)</p>	1	$\frac{L'+L''}{2}$
顶部有匀汽孔板、分离器等, 汽空间有缝隙挡板或挡板, 汽水混合物全由汽空间引入	 <p>(d)</p>	0.7	$\frac{L'+L''}{2}$