

锅炉原理课程设计指导书

孟凡茂 朱建安

焦作工学院
流机教研室
二 00 一年二月

第一章 设计任务书

一、设计题目

220t/h 高压煤粉锅炉

二、原始资料

- | | |
|----------|---|
| 1、锅炉蒸发量 | $D_1 = 220 \text{ t/h}$ |
| 2、给水温度 | $t_{gs} = 215 \text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| 3、给水压力 | $P_{gs} = 11.3 \text{ MPa}$ |
| 4、过热蒸汽温度 | $t_1 = 540 \text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| 5、过热蒸汽压力 | $P_1 = 9.9 \text{ MPa}$ |
| 6、周围环境温度 | $t_{lk} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| 7、燃料特性 | |

燃料名称：京西无烟煤

煤的成分（%） $W^y = 5.0$

$A^y = 22.8$

$C^y = 67.868$

$H^y = 1.733$

$O^y = 1.949$

$N^y = 0.433$

$S^y = 0.217$

煤的可燃基挥发分（%） $V^r = 6.0$

宽的低位发热量（kJ/kg） $Q_{dw}^y = 23040$

灰熔点（ $^{\circ}\text{C}$ ） $t_1 = 1260$

$t_2 = 1370$

$t_3 = 1430$

8、制粉系统：中间贮仓式，热风送粉，筒式钢球磨煤机

9、汽包工作压力：10.8MPa

10、直流燃烧器，四角布置，固态排渣。

第二章 煤的元素分析数据 校核和煤种判别

一、煤的元素各成分之和为 100 % 的校核

$$C^y + O^y + S^y + N^y + W^y + A^y =$$

二、元素成分的换算

1、可燃基元素成分与应用基元素成分之间的换算因子为

$$K_r = \frac{100}{100 - W^y - A^y} =$$

2、可燃基元素成分应为 (%)

$$C^r = K_r C^y =$$

$$H^r = K_r H^y =$$

$$O^r = K_r O^y =$$

$$N^r = K_r N^y =$$

$$S^r = K_r S^y =$$

3、干燥基灰分的计算

$$A^s = \frac{100}{100 - W^y} A^y =$$

三、元素分析数据校核 (略)

四、煤种判别

1、煤种判别 (略)

2、折算成分的计算

$$A_{zs}^y = 4187 A^y / Q_{dw}^y =$$

$$W_{zs}^y = 4187 W^y / Q_{dw}^y =$$

$$S_{zs}^y = 4187 S^y / Q_{dw}^y =$$

第三章 锅炉整体布置的确定

一、锅炉整体的外型——选“II”形布置

- 原因在于：1. 锅炉排烟口在下方，送、引风机及除尘器等设备均可布置在地面，锅炉结构和厂房较低，烟囱也可以建筑在地面上；
2. 在对流竖井中，烟气下行流动，便于清灰，具有自身除灰的能力；
3. 各受热面易于布置成逆流方式，以加强对流换流；
4. 机炉之间连接管道不长。

二、受热面的布置

在炉膛内壁面，全部布置水冷壁受热面，其它受热面的布置主要受蒸汽参数、锅炉容量和燃料性质的影响。

本锅炉为高压参数，过热吸热量增大较多，约占总吸热量的 1/3，过热器受热面较大。现代高压锅炉在蒸发量 $\geq 220\text{t/h}$ 时，均采用屏式过热器和对流式过热器相结合的布置方式，这样可降低炉膛出口烟温。为使屏式过热器、高温过热器等传热温差不致过大，在炉顶及水平烟道的两侧墙，竖井烟道的两侧墙和后墙均布置包覆过热器。高压锅炉蒸发吸热量比中压时减少，水冷壁吸热量已能满足蒸发吸热的要求。

锅炉采用单炉膛，由于燃用低挥发分的无烟煤，为保证燃料及时着火，在燃料器区布置卫燃带，而且热风温度要求较高 ($t_{rk} = 380\text{℃}$)。

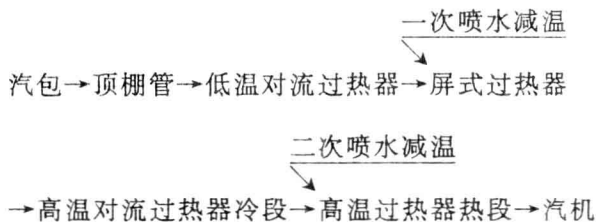
采用非沸腾式省煤器，省煤器和空气预热器布置方式和中压锅炉相同，均采用两级布置。本设计采用两级空气预热器，第一级采用管式空气预热器，第二级采用回转式空气预热器。回转式空气预热器具有结构紧凑、材料省、维修也方便以及效率高等优点。

锅炉整体布置如图 3-1，锅炉各受热面吸热量的分配及热力系统如图 3-2。

三、锅炉汽水系统

按高压锅炉热力系统设计要求，该锅炉汽水系统的流程设计如下：

(一) 过热蒸汽系统的流程



(二) 水系统的流程

给水→低温省煤器→低温省煤器出口联箱→高温省煤器→高温省煤器悬吊管→上联箱→汽包→下降管→下联箱→四周水冷壁管→上联箱→汽包

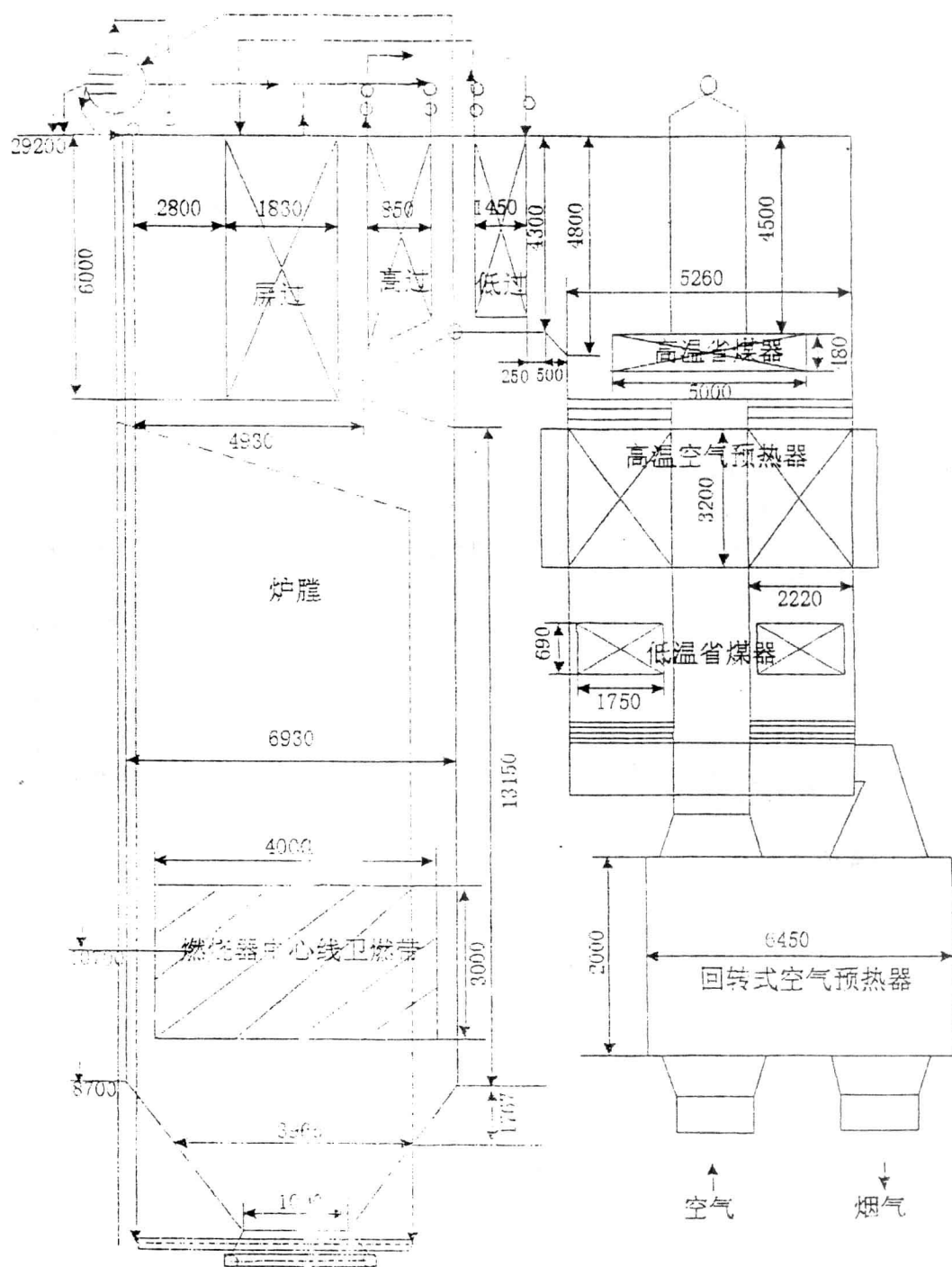


图 3-1 锅炉整体布置及结构尺寸

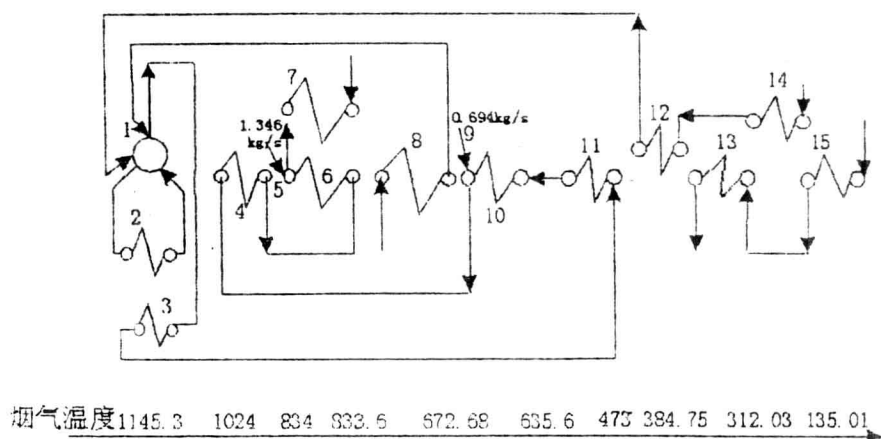


图 3-2 220t/h 高压锅炉各受热面的吸热量分配图

1. 汽包；2. 水冷壁；3. 炉顶过热器；4. 屏式过热器；5 第二级喷水；6. 高温过热器冷段；7. 高温过热器热段；8. 后墙水冷壁引出管；9. 第一级喷水；10. 低温过热器；11. 转弯烟室包覆过热器；12. 高温省煤器；13. 高温空气预热器；14. 低温省煤器；15. 回转式空气预热器

第四章 锅炉本体各部件的布置方式及影响因素

锅炉设备包括锅炉本体设备和锅炉辅助设备两部分。锅炉本体设备主要部件和设备有：

- 1、汽水系统：包括汽包、下降管、水冷壁、过热器、再热器、省煤器、联箱等
- 2、燃烧系统：包括燃烧室、喷燃室、空气预热器等
- 3、炉墙和构架

锅炉辅助设备有：

- 1、通风设备：包括送风机、引风机等
- 2、燃料运输设备
- 3、制粉设备：包括给煤机、磨煤机、排粉机等
- 4、给水设备
- 5、除尘设备
- 6、锅炉附件：包括水位计、安全门、吹灰器、热工仪表和自动控制装置等

本设计主要涉及锅炉本体设备，因此，只对锅炉本体设备的布置及其影响因素予以论述。

第一节 主要受热面的布置及影响因素

一、蒸发受热面

锅炉最主要的蒸发受热面是布置在炉膛中吸收辐射热的水冷壁。

在现代电站锅炉中，水冷壁是由几个具有独立下降管和独立集箱的循环回路组成。如图 4-1-1 所示，在左侧水冷壁由三个独立循环回路组成，其它水冷壁也类似，这样可以减少各水冷壁之间的热偏差，在后水冷壁上部带有折焰角，它可以改善烟气混合和对受热面的冲刷。水冷壁管上部可直接和汽包焊接或通过上集箱和引出管与汽包焊接，水冷壁下端和下集箱焊接。自然循环高压锅炉炉膛循环回路各管直径（外径）为：水冷壁管 60mm；下降管 159~426mm；引出管 133~159mm。

常用的冷壁管有光管水冷壁、鳍片管膜式水冷壁和带销钉管水冷壁。光管水冷壁应用最早，现仍广泛使用，其管间节距 s 与管子外径 d 之比 s/d 在中大容量锅炉中为 1.05~1.2。光管水冷壁垂直布置在炉膛各面墙上，管子上部与汽包或上集箱相连，上集箱用汽水引出管与汽包相连，管子下部与下集箱相连，下集箱与汽包间用不受热的下降管相连。

较大的锅炉常做成平炉顶。为了提高炉膛充满度及改善屏式过热器或对流过热器中烟气冲刷的条件，炉膛后墙水冷壁上部接近出口处设有折焰角，它改善了烟气对屏式过热器的冲刷情况，增长了烟气流程，加强了烟气混合，使烟气流沿烟道分布均匀；它提高了烟气对炉膛上前角的充满程度，使该处涡流区减小，因而使前墙和侧墙水冷壁的吸热能力加

强；它还增加了水平烟道的长度，为水平烟道各受热面的布置提供了便利。

为了保持折焰角形状的稳定，必须使后墙水冷壁管子中一部分直接向上，而另一部分弯制成折焰角的形状，或一部分管子既有直管，同时又有折焰角形状的管子。为了使形成折焰角的管子中有一定量汽水混合物流过，在集箱上与直管相通处用较小的管孔或在直管上装节流孔板，不然大部分汽水混合物会流经直管而进入上集箱。

折焰角结构及尺寸为：

折焰角上斜角： $\alpha_2 = 30 \sim 50^\circ$ ，折焰角下斜角： $\alpha_3 = 30 \sim 50^\circ$ ，折焰角深度： $d = (1/3 - 1/4)a$ （注： a 为炉膛截面深度）本设计结构尺寸如图 4-1-2 所示。

二、过热器

过热器是将锅炉的饱和蒸汽进一步加热到所需过热蒸汽温度的部件。有无过热器由锅炉的用途来定。对于电站锅炉过热器是一很重要部件，因为过热汽温和电站的循环热效率关系很大，同时过热器汽温的高低对汽机末级的蒸汽湿度关系也很大，汽温愈高，电站效率越高，汽机末级湿度越小，但同时过热器壁温越高，影响过热器工作的可靠性；相反，汽温愈低，电站效率越低，同时汽机末级湿度愈大，影响汽机工作的安全性。

过热器的结构因吸热方式不同或因在锅炉中布置方式不同而不同。按传热方式分对流过热器，屏式过热器（半辐射式）及辐射式过热器三种。

（一）屏式过热器

我国电站锅炉多用立式屏式过热器，其优点在于固定简单，连接管道也简单，缺点是不易疏水。屏的结构形式与屏前后烟温和燃料种类有关。屏的管子纵向节距 s_2 通常为 $(1.1 \sim 2.2)d$ ，屏与屏之间的距离 s_1 约为 $600 \sim 800\text{mm}$ ，屏的管子直径通常为 $32 \sim 42\text{mm}$ ，屏中蒸汽质量流速 ρw 约为 $800 \sim 1300\text{kg/cm}^2\text{s}$ 。

过热器由于受热不均以及各管子中的蒸汽流量不均，会引起过热器的热偏差。屏式过热器减轻热偏差的方法除外圈管子用高级钢材以及采用蒸汽的混合交换流动以外，还可以

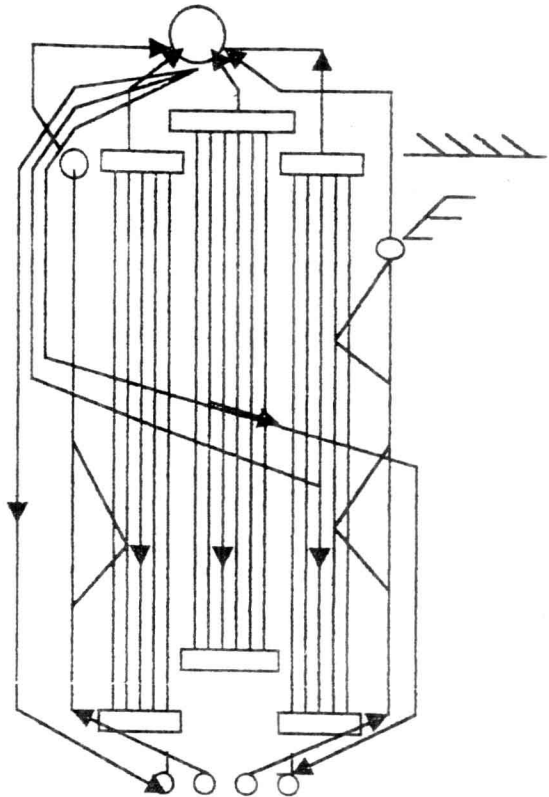


图 4-1-1 高压自然循环电站锅炉的炉膛水冷壁循环回路示意图

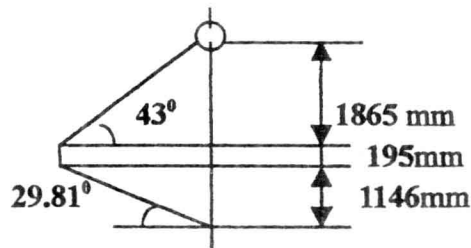


图 4-1-2 折焰角结构尺寸示意图

从每片屏本身的结构上采取措施来减轻热偏差。对于 U 形结构的屏，可以用管数较少的两片小屏串联组成，这样每片小屏中的受热不均匀性相对较小，而且在它们之间有一次蒸汽的中间混合。本设计采用这种结构形式的屏式过热器，其结构及尺寸如图 4-1-3。其它减轻热偏差的方法有：

1、外圈管子采用较少大管径和更好材料；

2、采用外圈管子短路以增大流量和减小受热管长；

3、采用内圈和外圈管子交叉的方法；

4、采用以管内工质温度较低的受热面管子屏式过热器的外圈管子以减少其受热；

5、采用外圈两管截短的方法；

6、采用外圈管子短路再加内外管组交叉的方法。

(二) 对流过热器

布置在对流烟道中，主要依靠对流传热吸收烟气热量。

对流过热器是由许多并列的蛇形管和联箱构成。蛇形管与联箱之间采用焊接连接。联箱布置在炉墙外面。蒸汽在蛇形管内流动，蛇形管外受到烟气加热，温度得到提高。过热器蛇形管一般采用外径为 28~42mm 的无缝钢管，其壁厚一般为 3~7mm。管子材料根据其所处的工作条件来确定。蛇形管管圈的弯曲半径为 $2 \sim 2.5d$ ，过小的弯曲半径会使弯头外侧管壁变薄，影响强度，但现在由于弯管技术的革新，弯曲半径已可小到 $1.5d$ 。

对流过热器的蛇形管通常采用顺列布置，因为过热器受热面大多放在烟气温度较高的区域，采用顺列布置可以避免在燃烧时结渣和减轻积灰的程度。其横向管间节距 s_1/d 一般为 $2 \sim 3$ ，它主要决定于所选用的烟气流速。而纵向管间节距 s_2/d 则取决于蛇形管的弯曲半径，在管子弯曲半径允许的条件下纵向节距应尽量小一些，以使过热器结构较紧凑。

对流过热器并列连接的蛇形管根数与蒸汽及烟气的流速有关，但主要取决于蒸汽流速。蒸汽流速按管子的壁面状况和过热器的压力降大小来决定，蒸汽流速高，则传热性能好，管壁金属能得到较好的冷却，但流动阻力增加，压力降大。过热器系统允许的压力降一般不应超过过热器工作压力的 $8 \sim 10\%$ 。高压锅炉对流过热器内蒸汽流速一般为 $10 \sim 20\text{m/s}$ 。对流过热器区的烟气流速按传热性能、飞灰磨损和积灰三方面因素来考虑，烟气流速高，则传热性能好，可以减少过热器的受热面积，但飞灰对管壁的磨损严重；相反，烟气流速过低，则容易积灰。对于煤粉炉，为防止积灰，对流过热器区的烟气流速不应低于 6m/s ，但一般也不得超过 14m/s ，以减轻飞灰磨损。

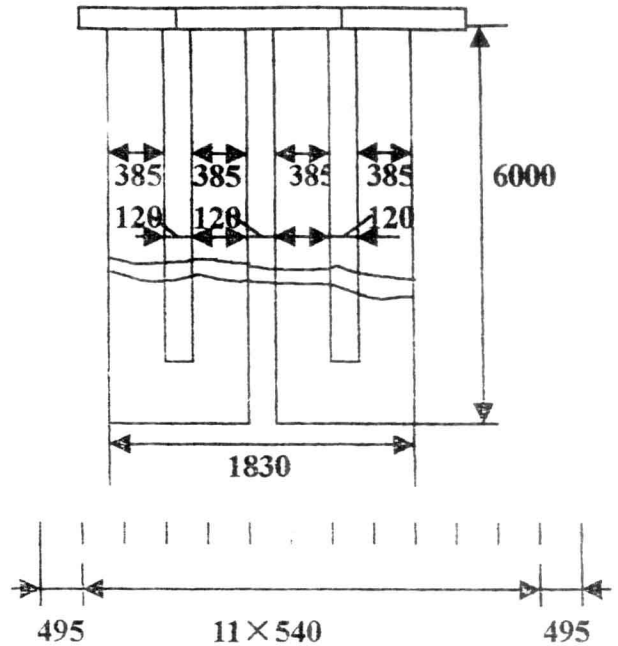


图 4-1-3 屏式过热器结构尺寸

为了使过热器的蒸汽流速和烟气流速都满足上述要求，对流过热器的蛇形管可以采用不同结构的管圈型式，即可以增加或减少管圈的重叠数。若蒸汽流速太高，可以采用双管圈或三管圈的蛇形管，这样在烟道截面不变的情况下，可使蒸汽流通截面增加1~2倍，即在烟气流速不变的条件下，可使蒸汽流速降低1~2倍。但是管圈重叠数不能太多（一般不超过三圈），否则容易引起蛇形管之间的蒸汽流量分配不均匀，造成温度偏差。

对流过热器按照烟气与蒸汽的流动方向可以分为顺流、逆流及混流等几种布置方案。顺流布置的过热器其蒸汽温度高的一端处于烟气低温区，因而管壁温度较低，比较安全，但是传热性能较差，需要较多的受热面，不经济。逆流布置的过热器，能够获得最大的传热温差，故传热性能好，可以节省受热面，较经济，但其蒸汽温度高的一端正处在烟气高温区，壁温高，故安全性较差。所以一般不采用纯顺流或纯逆流的布置方案。混流布置的过热器（如图4-1-4）的特点则是低温蒸汽段（逆流）有较好的传热性能，而高温蒸汽段（顺流）的管壁温度又不致过高。故

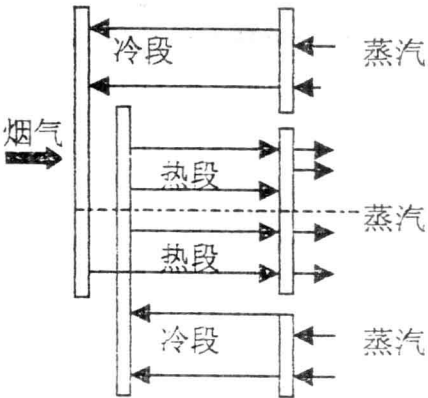


图4-1-4 混流布置的对流过热器

总的说来，混流布置的过热器其壁温虽高于顺流布置的过热器，但却低于逆流布置的过热器，其经济性也在顺流与逆流之间。在现代高压锅炉的高温对流过热器，常采用两侧逆流中间顺流的混合布置方案。在这种布置中，逆流与顺流部分按烟气流向是并联布置，其蒸汽温度较低的部分（冷段，在烟道两侧）为逆流布置，蒸汽温度高的部分（热段，在烟道中间）为顺流布置，这样使“冷段”有较好的传热性能，而“热段”金属壁温又不致过高。本设计高温过热器及低温过热器的结构尺寸如图4-1-5。

(三) 炉顶过热器和包墙管过热器

炉顶过热器布置在炉顶，热负荷不高，吸热量不大，其主要作用为能在炉顶过热器管上面敷设材料和保温材料形成轻型炉顶。炉顶过热器的管径与对流过热器的相同，管子节距与外径之比一般 ≤ 1.25 。

包墙管过热器布置在锅炉水平烟道和尾部竖井的壁面，其作用是使该处的敷管炉墙得以敷设在包墙管过热器管子上。这种过热器只受烟气单面冲刷，传热效果较差。其管径一般与对流过热器的相同。管子节距与直径之比光管时为1.1~1.25。包墙管过热器及炉顶过热器的重量都靠拉杆等支承结构传至炉顶构架上。

三、省煤器

省煤器是利用尾部烟气的热量加热给水以降低排烟温度的锅炉部件，用省煤器可节约燃料，提高锅炉效率，省煤器进出口工质为给水，出口工质至少低于饱和温度30℃的给水或加热到具有干度 $\leq 20\%$ 的汽水混合物，前一种称为非沸腾式，后种称为沸腾式省煤器，由于高压锅炉蒸发吸热量少，故采用两级非沸腾式省煤器，省煤器水平布置在锅炉尾部烟道中，由于煤种灰分较多，故采用钢管式省煤器，管子一般叉列布置，管子外径为25~42mm，作水平布置，管子横向节距与外径之比为2.0~3.0，管子纵向节距与外径之

比为 1.5~2.0。

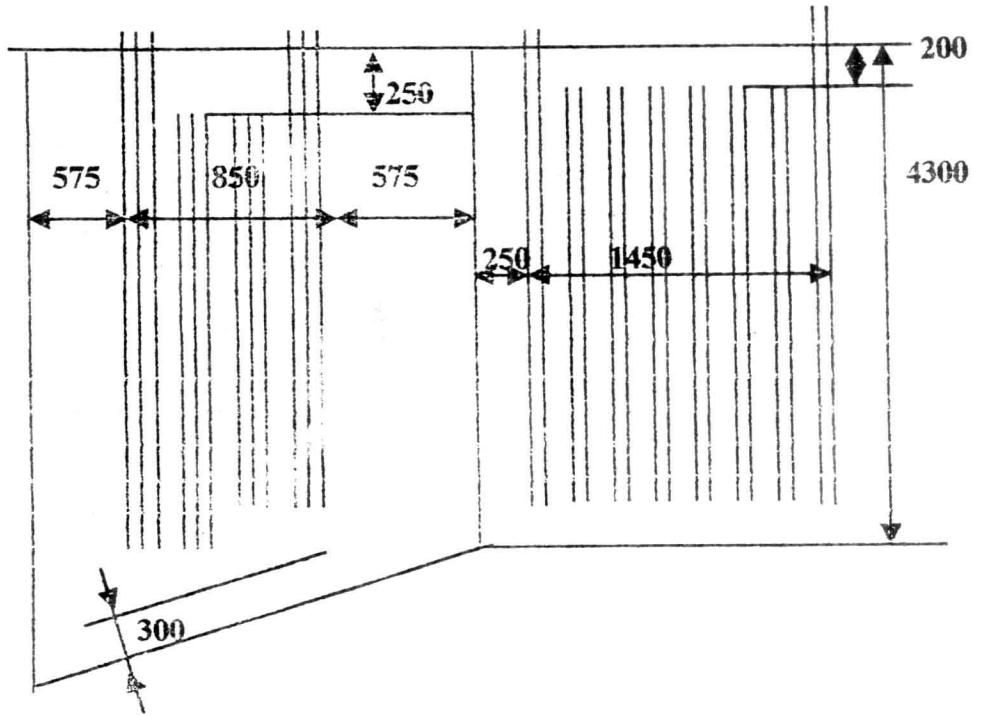


图 4-1-5 高温过热器和低温过热器结构尺寸

省煤器集箱一般布置在炉墙外，集箱和管子在墙外焊接连接。在大型锅炉中，自集箱引出的管子众多时，为避免管子穿墙时漏风过多，可采用自集箱引出少量连接管穿过炉墙，使连接管和蛇形管在烟道中连接以减少穿墙漏风。在炉墙气密性要求高的锅炉中，可将集箱布置在烟道中并兼作省煤器的支持作用。

省煤器蛇形管可垂直于前墙布置，也可平行于前墙布置。前一种布置方式蛇形管短，易于支撑，但全部蛇形管均磨损剧烈。后一种布置方式只有靠近烟道后墙的几根蛇形管磨损剧烈，但支持结构复杂，所以煤粉炉一般采用蛇形管平行于前墙布置。本设计中，对于高温省煤器，为了使蛇形管便于悬吊，采用了垂直前墙的布置方式，这样可以减少尾部竖井烟道的漏风，但同时由于烟气中含灰量较大，在转弯处使高温省煤器的磨损加剧，给省煤器的维修带来不便。对于低温省煤器，采用双管圈、双面进水、平行于前墙的布置方式，这样可减小水阻，增加水速，提高省煤器效率。图 4-1-6 和图 4-1-7 为本设计高温省煤器和低温省煤器的结构尺寸。

四、空气预热器

空气预热器的作用为利用省煤器后排出烟气的热量加热燃烧用的空气以利燃料着火和燃烧，并可降低排烟温度提高锅炉效率。本设计煤种为低挥发分的无烟煤，燃烧要求预热器的空气温度为 350~400℃，因此采用双级钢管式空气预热器或采用一级钢管式空气预

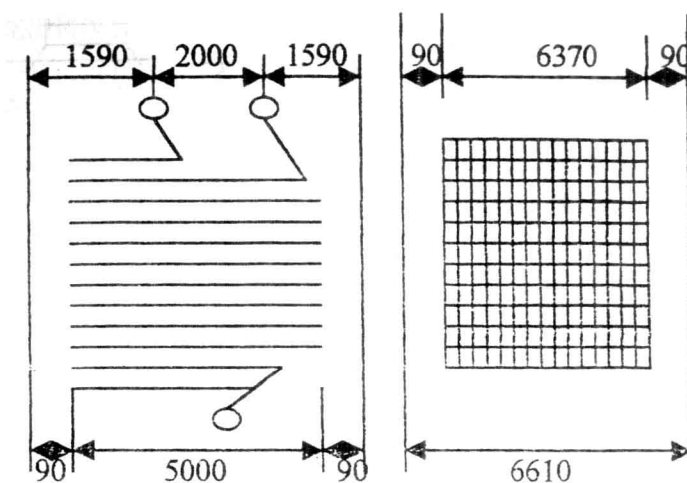


图 4-1-6 高温省煤器结构尺寸

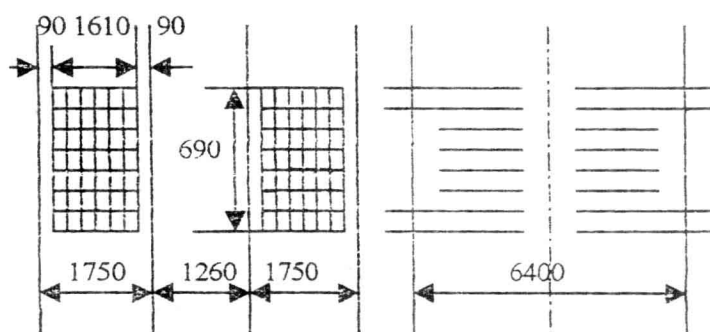


图 4-1-7 低温省煤器结构尺寸

热器及一级回转式空气预热器。回转式空气预热器比管式空气预热器外形小、重量轻、不易腐蚀，允许磨损量大，但结构复杂，漏风量较大。本设计采用一级钢管式空气预热器加一级回转式空气预热器的布置方式，两级空气预热器布置和两级省煤器交替布置的结构，其设计空气预热器结构尺寸如图 4-1-8 和图 4-1-9。

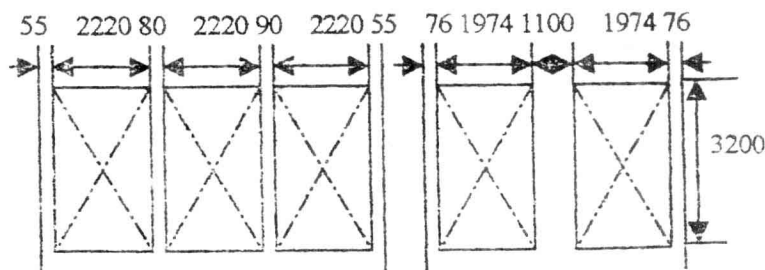


图 4-1-8 高温空气预热器结构尺寸

钢管式空气预热器的结构尺寸一般如下：
管子外径 30~40mm，管壁厚度 1.2~1.5mm，
相邻管孔之间的间隙至少保持 10mm，横向节
距与外径之比为 1.5~1.9，纵向节距与外径
之比为 1.0~1.2，上管板厚度 15~20mm，中
管板厚度 5~10mm，下管板厚度 20~25mm。
管子直径为 51mm 时，管箱高度，亦即管子长
度不应超过 8m，管子直径为 40mm 时，管箱
高度应不高于 5m 以保证管箱刚度，并便于管
内清理。钢管式空气预热器中最佳烟速为 10~14m/s，空气流速应为烟气流速的一半左右
以提高传热效果，管子直径、节距和管子数目的选用应保证预热器具有合宜的烟速和空气
速度。

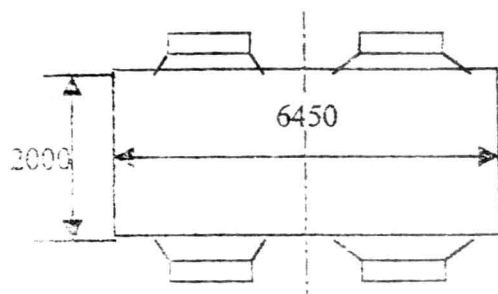


图 4-1-9 回转式空气预热器结构尺寸

回转式空气预热器按部件旋转方式可分为受热面旋转和风罩旋转两种。按轴的方式分为垂直轴和水平轴两种。本设计采用垂直轴受热面旋转的布置方式。这种空气预热器主要由轴、转子、外壳、传动装置和密封装置组成。电动机经减速器带动转子以 1.5~4r/min 的速度转动。转子中用隔板分成一系列小仓格，仓格中布满用 0.5~1.25mm 钢板制成的受热面。扇形仓分度有 15°、30°两种。转子由上下轴承支持，轴承固定在横梁上。可以用下轴承承重，也可由上轴承承重。外壳由外壳圆筒、上下端板和上下扇形板组成。上下端板留有烟风通道的开孔以备和烟风道相接，中间是装有上下扇形板的密封区。在预热器的整个截面上烟气流通截面积占 (40~50)%，空气流通截面积占 (30~45)%，密封区约为 (8~17)%。烟气和空气流过预热器的流速相近，一般为 8~12%。漏风系数约为 0.1~0.2。漏风系数约为 0.1~0.2。已制成的这种预热器的最大直径为 17m 左右。回转式空气预热器的受热面分高温段和低温段两种。高温段受热面齿形波形板和波形板组成，相隔排列，前者兼起定位作用以介质板间间隙，高温段受热面由传热性能好，流动阻力也适当；低温段受热面由平板和齿形波形板组成，通道较大以便减少积灰且为了延长因腐蚀而损坏的期限，采用较厚钢板制成。

第二节 燃烧方式和燃烧设备

高压锅炉燃用煤粉，煤粉制备系统采用中间储仓式，此系统是把磨好的煤粉先储存在煤粉仓中，然后按锅炉运行负荷的需要，由排粉机将粉仓中煤粉送入炉内燃烧。中间储仓式一般采用球磨机。由于要把磨制的煤粉储存起来，中间储仓式系统中增加了煤粉分离设备粗粉分离器和细粉分离器，分离后的干燥剂（又称乏气）中还含有 10% 的细煤粉，必须把这些煤粉利用起来，一般由排粉机提高压头将这部分含粉气体送入炉室，这就是乏气送粉的系统。乏气中含有干燥后的水分，采用乏气送粉对燃用无烟煤、贫煤和劣质煤时会影响着火和稳定燃烧。因此，宜将乏气作为三次风由专门的喷口送入炉室。

燃烧器是煤粉炉的主要燃烧设备，其作用是保证燃料和燃烧用空气在进入炉膛时能充分混合，及时着火和稳定燃烧。按出口气流特性可分为直流式和旋流式两大类。本设计采用直流四角切圆直流燃烧器。直流式燃烧器组织四角切向燃烧时，比较理想的炉内燃烧空

气动力工况是炉膛中心形成的旋转大火球不要偏斜、不要贴墙，使维持比较均匀的热负荷分布，这样的火焰充满情况良好。一般来说，影响中心火焰偏斜的主要因素有：

- 1、相邻两气流间，上游气流对下游气流的直接影响；
- 2、同一射流射入炉膛后，射流两侧补气条件的差异引起气流偏斜；
- 3、气流本身动量不足，或者结构特征值高宽比过大，或者射流出口处斜切边界条件的影响都容易造成气流的偏斜。

在燃烧及炉内空气动力工况的组织方面要求有：

- 1、炉膛横断成最好是正方形或长宽比 $a/b < 1.2$ 的长方形；
- 2、炉内假想切圆直径愈大，最大切向速度或最大温度区域愈靠近四壁和喷口，这对着火有利，但是高温旋转火焰愈容易冲刷炉墙而引起结渣和喷口烧坏。对于固态除渣炉，假想切圆直径 $d_{jx} = (0.05 \sim 0.12)(a + b)/2$ 。
- 3、适当的燃烧器高度比 h/b 是反映气流抗偏斜能力的重要结构特性参数。 h/b 越大，则抗偏斜能力越差，即越容易偏斜，燃烧器的高宽比与假想切圆的大小、炉膛的断面形状、燃烧器的布置、各喷口的结构尺寸、节距以及二次风与一次风的动量流率比等有关。为了提高射流的刚性，可以将整个燃烧器分组布置，组间距与燃烧器喷口宽度的比值大于2，这相当于射流两侧的压力平衡孔，且每一组燃烧器的高宽比就可以控制在3.5~5.0范围内，避免了射流的贴墙。
- 4、燃烧器多层风口布置有利于改善炉内火焰的充满度，大容量瘦高型炉膛的锅炉，多层喷口布置可使炉壁热负荷更趋均匀。

直流煤粉燃烧器的种类很多，按一、二次风口布置情况可分为均等配风和分级配风两形式。均等配风是一、二次风口间隔布置，由此，风的混合较快，燃烧器适于燃用挥发分较高的煤种。对于本设计煤种，由于挥发分很小，燃烧器采用分级配风的方式，一、二次风相对集中布置，二次风口离一次风口较远，因此，一、二次风混合推迟，有利于燃料的着火。

燃烧器的二次风分上、中、下三部分，其作用各不相同。上二次风主要压住火焰，使之不过分上飘，占风量比例最大，是燃料燃尽的主要风源，一般风口下倾 $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ ；中二次风为煤粉燃烧阶段所需风量和紊流扰动的主要风源，占风量比例较大，风口下倾 $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ ；下二次风主要防止煤粉离析，托住火焰使之不下冲，以防冷灰斗结渣，风量最小，约为二次风总量的 $(15 \sim 20)\%$ 。

由于燃烧器的布置受以上因素以及受制粉系统的影响，本设计无法对燃烧器的布置作精确的计算，只对燃烧器的布置作一经验性的布置。其布置结构图如图4-2-1，有关数据如下：

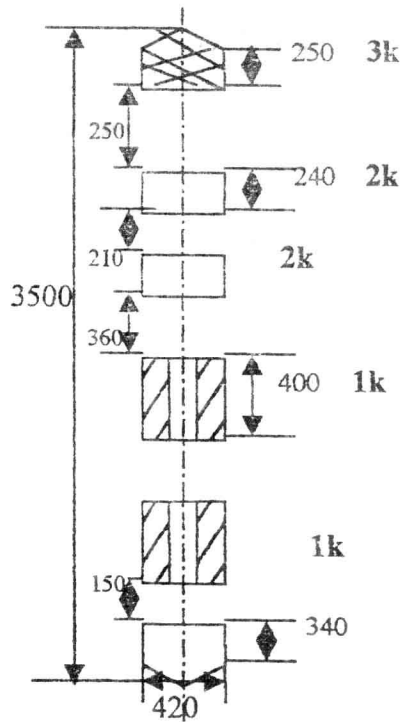


图 4-2-1 燃烧器结构尺寸

锅炉容量:	$D = 220 \text{ t/h}$
炉膛宽度:	$a = 6930 \text{ mm}$
炉膛深度:	$b = 6930 \text{ mm}$
假想切圆直径:	$d = 490 \text{ mm}$
一次风速:	$W_{1k} = 24 \text{ m/s}$
二次风速:	$W_{2k} = 54 \text{ m/s}$
三次风速:	$W_{3k} = 50 \text{ m/s}$
一次风率:	$r_{1k} = 20 \%$
二次风率:	$r_{2k} = 56 \%$
三次风率:	$r_{3k} = 20 \%$

第三节 其它设备的布置

一、汽包

汽包是锅炉中重要的受压元件，其作用有：

1、连接上升管与下降管组成自然循环回路，同时接受省煤器来的给水，还向过热器输送饱和蒸汽。因而，汽包是加热、蒸发与过热这三个过程的连接点。

2、汽包中存有一定水量，因而有一定蓄热能力，在工况变化时，可以减缓汽压变化速度。蓄水量大，有利于负荷变化时的运行调节。

3、汽包中装有各种内部装置，可以进行蒸汽净化从而获得品质良好的蒸汽。锅炉中的加药管可以进行锅内处理，改善蒸汽品质。此外，汽包中还有连续排污等装置，可以降低炉水含盐量。

汽包尺寸、材料和壁厚根据锅炉容量、参数的不同而异，对于高压锅炉，内径取1600~1800mm，壁厚60~100mm，材料一般为22g、14MnMoVg、19Mn5。

汽包可以用支承压座支承在顶部构架上。支承压座一个为固定的，另一个为活动的。支座下部装有两排滚柱，上排滚柱可以保证汽包的纵向膨胀，下排滚柱可保证汽包的横向位移。汽包也可用两根U形吊杆在构架梁上。

二、炉墙与构架

(一) 锅炉炉墙

锅炉炉墙将锅炉中燃烧的火焰、高温烟气以及各受热面部件与外界隔绝起来，它是锅炉本体的重要组成部分。炉墙的主要作用有：

1、绝热作用：防止锅炉内热量的散失，最大限度地减少锅炉的散热损失，确保锅炉运行的经济性；

2、密封作用：当锅炉负压运行时，防止外界冷空气漏入炉膛和烟道，确保运行的经济性；当锅炉正压运行时，防止火焰和烟气喷出，确保运行人员的工作安全和环境卫生；

3、组成烟气的流道：促使锅炉中的烟气按一定的通道依次流过各受热面。

为保证炉墙能起到上述作用，炉墙应满足下列要求：

1、良好的绝热性：锅炉的散热损失在很大程度上取决于炉墙结构和炉墙材料的合理选取。对于大型锅炉机组来说，散热损失要求不超过 $(0.3 \sim 0.5)\%$ ，这就要求锅炉炉墙具有良好的绝热性。对于配五万千瓦以上机组的锅炉，在室内布置时，环境温度按 25°C ，炉墙外表面温度不超过 55°C ，最大热流量不超过 $290\text{W}/\text{m}^2$ ；在室外布置时，环境温度按当地年平均气温确定，炉墙外表面温度不超过 40°C ，最大热流量不超过 $290\text{W}/\text{m}^2$ 。

2、足够的密封性：炉墙的密封性对锅炉运行的经济性有着很大的影响。由于炉墙密封不严造成的漏风，增加了锅炉的排烟热损失，造成了无用的引风电耗，并恶化了炉内燃烧过程。

3、足够的耐热性：锅炉炉墙受到炉膛内火焰的高温辐射，或受到高温烟气的冲刷以及灼热灰渣的接触，因此炉墙应有足够的耐高温性能，应能承受较大的温度波动以及抵抗灰渣浸蚀的能力。

对于 220t/h 以上的悬吊式锅炉，一般采用敷管炉墙。它直接敷贴在锅炉受热面管子上面，在锅炉运行过程中随同管子一起膨胀。敷管炉墙的内壁面最高温度一般低于 $500 \sim 600^{\circ}\text{C}$ 。光管水冷壁敷管炉墙由四层组成，内衬墙为耐火混凝土，中层墙为保温混凝土，外层墙为保温板，表层为密封涂料抹面层。如果中层墙工作温度高于 600°C 时，则应采用硅藻土质保温混凝土。当水冷壁管节距排列很紧密时，炉墙内壁面温度一般不超过 $400 \sim 500^{\circ}\text{C}$ ，则炉墙可简化为三层，即内衬墙为耐火混凝土，中层与外层墙合并，采用轻质保温混凝土或保温板，表层为密封涂料抹面层。

（二）锅炉构架

锅炉构架是对汽包、屏式过热器、对流过热器等起支撑作用的钢结构或钢筋混凝土结构，锅炉的重量通过构架传递给锅炉基础或整个厂房的基础。

中、大型锅炉的构架可分为框架式和桁架式两类。框架式构架一般为梁与柱刚性连接的空间框架，桁架式构架的各处平面由桁架组成，或在框架内加斜支撑。对于悬吊式锅炉，构架一般由钢结构的炉顶梁格和钢筋混凝土框架组成，当钢筋混凝土框架过高时，则应用桁架式构架代替钢筋混凝土框架。锅炉尾部为单级回转式空气预热器时，应另设构架支承。尾部受热面双级布置的半悬吊式锅炉，一般也另设钢结构的框架式构架支承。

第五章 锅炉结构及热力计算过程

锅炉结构及热力计算过程如后各表。

一、燃料特性

序号	数值名称	符号	单位	计算公式	结果
1	可燃基(干燥无灰基)碳	$C^r(C_{daf})$	%	查得(《锅炉原理》P17)	
2	应用基(收到基)碳	$C^y(C_{ar})$	%	$(100 - W^y - A^y) \times C^r / 100$	
3	可燃基(干燥无灰基)氢	$H^r(H_{daf})$	%	查得(《锅炉原理》P17)	
4	应用基(收到基)氢	$H^y(H_{ar})$	%	$(100 - W^y - A^y) \times H^r / 100$	
5	可燃基(干燥无灰基)氧	$O^r(O_{daf})$	%	查得(《锅炉原理》P17)	
6	应用基(收到基)氧	$O^y(O_{ar})$	%	$(100 - W^y - A^y) \times O^r / 100$	
7	可燃基(干燥无灰基)氮	$N^r(N_{daf})$	%	查得(《锅炉原理》P17)	
8	应用基(收到基)氮	$N^y(N_{ar})$	%	$(100 - W^y - A^y) \times N^r / 100$	
9	可燃基(干燥无灰基)硫	$S^r(S_{daf})$	%	查得(《锅炉原理》P17)	
10	应用基(收到基)硫	$S^y(S_{ar})$	%	$(100 - W^y - A^y) \times S^r / 100$	
11	应用基(收到基)水分	$W^y(W_{ar})$	%	查得(《锅炉原理》P17)	
12	干燥基灰分	$A^s(A_d)$	%	查得(《锅炉原理》P17)	
13	应用基(收到基)灰分	$A^y(A_{ar})$	%	$(100 - W^y) \times A^s / 100$	
14	可燃基(干燥无灰基)挥发分	$V^r(V_{daf})$	%	查得(《锅炉原理》P17)	
15	应用基(收到基)低位发热量	$Q_{dw}^y(W_{dw,ar})$	kJ/kg	查得(《锅炉原理》P17)	
16	变形温度	t1	℃	查得(《锅炉原理》P17)	
17	软化温度	t2	℃	查得(《锅炉原理》P17)	
18	熔化温度	t3	℃	查得(《锅炉原理》P17)	

二、燃烧产物计算和锅炉热平衡计算

(一) 理论空气量及理论烟气容积

序号	数值名称	符号	单位	计算公式	结果
1	理论空气量	V^0	Nm^3/kg	$0.0889(C^y + 0.375S^y) + 0.265H^y - 0.0330O^y$	
2	理论水蒸汽容积	$V_{H_2O}^0$	Nm^3/kg	$0.0124W^y + 0.111H^y + 0.0161V^0 + 1.24W_{wh}$	
3	理论氮气容积	$V_{N_2}^0$	Nm^3/kg	$0.8N^y/100 + 0.79V^0$	
4	三原子容积	V_{RO_2}	Nm^3/kg	$1.866C^y/100 + 0.7S^y/100$	