

火电厂锅炉综述

第一节 火电厂锅炉的类型

80 年代以来，我国建设了一批以燃煤为主的亚临界与超临界参数大容量发电机组。各种类型的 300、350、500、600、800MW 级亚临界与超临界参数锅炉机组相继投入运行。

一、火电厂锅炉的容量和参数

亚临界压力自然循环及控制循环锅炉的容量和参数见表 1-1。

表 1-1 亚临界压力自然循环及控制循环锅炉的容量和参数

|              |           |           |           |             |             |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| 机组功率 (MW)    | 300       | 300       | 300       | 600         | 600         |
| 循环方式         | 自然循环      | 控制循环      | 自然循环      | 自然循环        | 控制循环        |
| 过热蒸汽流量 (MCR) | 1025      | 1025      | 1025      | 2026.8      | 2008        |
| 再热蒸汽流量 (t/h) | 860       | 834.8     | 823.8     | 1704.2      | 1634        |
| 过热蒸汽压力 (MPa) | 18.2      | 18.3      | 18.3      | 18.19       | 18.22       |
| 再热蒸汽压力 (MPa) | 4.00/3.79 | 3.83/3.62 | 3.82/3.66 | 4.176/4.3   | 3.49/3.31   |
| 过热蒸汽温度 (℃)   | 540       | 541       | 540       | 540.6       | 540.6       |
| 再热蒸汽温度 (℃)   | 330/540   | 322/541   | 316/540   | 313.0/540.6 | 313.3/540.6 |
| 给水温度 (℃)     | 276       | 281       | 278       | 276         | 278.33      |
| 燃煤量 (t/h)    | 136.61    | 139.89    | 122.6     | 264.4       | 269.9       |
| 燃烧方式         | 四角燃烧      | 四角燃烧      | 对冲燃烧      | 对冲燃烧        | 四角燃烧        |
| 制造厂          | 东方锅炉      | 上海锅炉      | 北京 B&W    | 加拿大 B&W     | 哈尔滨锅炉       |

直流锅炉及低倍率循环锅炉的容量和参数如表 1-2 所示。

表 1-2 亚临界与超临界压力直流锅炉及低倍率循环锅炉的容量和参数

|              |           |          |           |           |          |
|--------------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|
| 机组功率 (MW)    | 600       | 500      | 800       | 300       | 500      |
| 过热蒸汽流量 (MCR) | 1900      | 1650     | 2650      | 1025      | 1650     |
| 再热蒸汽流量 (t/h) | 1613      | 1481     | 2151.5    | 874.85    | 1481     |
| 过热蒸汽压力 (MPa) | 25.4      | 25.0     | 25.0      | 16.72     | 17.46    |
| 再热蒸汽压力 (MPa) | 4.77/4.57 | 4.15/3.9 | 3.86/3.62 | 3.57/3.34 | 4.21/4.0 |
| 过热蒸汽温度 (℃)   | 541       | 545      | 545       | 540       | 540      |
| 再热蒸汽温度 (℃)   | 338/566   | 295/545  | 283/545   | 323.7/540 | 333/540  |
| 给水温度 (℃)     | 286       | 270      | 277       | 262       | 255      |
| 燃煤量 (t/h)    |           | 208      | 336.5     |           |          |
| 燃烧方式         | 四角燃烧      | 对冲燃烧     | 对冲燃烧      | 四角燃烧      | 对冲燃烧     |
| 水冷壁型式        | 螺旋管圈      | 垂直管屏     | 垂直管屏      | 垂直管屏      | 螺旋管圈     |
| 制造厂          | 瑞士苏尔寿     | 俄波多尔斯克   | 俄塔干罗格     | 上海锅炉      | 捷克斯可达    |

## 二、火电厂锅炉的类型

从燃烧方式来看，国内现有的 300、600MW 级亚临界参数锅炉主要有三种技术形式：第一种是四角切圆燃烧方式，第二种是对冲燃烧方式，第三种是 W 型火焰燃烧方式。四角燃烧锅炉多数采用摆动式燃烧器调节再热汽温，也可采用烟气挡板和其他方式调温。而对冲燃烧锅炉采用旋流式燃烧器，多数采用烟气挡板调节再热汽温。从循环方式来看，主要有四种形式：自然循环；控制循环；复合循环或低倍率循环方式；纯直流方式。四角燃烧锅炉的循环方式趋于多样化，上述四种形式都占相当数量。而对冲燃烧锅炉，多数采用自然循环方式。从受热面系统布置来看，对于采用摆动式燃烧器调温的锅炉，除了水平烟道和尾部烟道的贴墙管过热器外，烟道中的主受热面系统布置大致上形成了两种形式：一种是过热器和再热器都采用辐射 + 对流式的系统；另一种是过热器采用辐射 + 对流式的系统，再热器采用对流式系统。从锅炉炉型结构看，有倒 U 型布置、塔型布置、W 型火焰炉型布置。从工作参数看，目前发展的主要是亚临界和超临界参数机组。

## 第二节 自然循环锅炉

### 一、采用对冲燃烧方式的 300MW 自然循环锅炉

图 1-1 是北京巴威公司采用 B&W 技术设计制造的亚临界压力 300MW 锅炉。采用双调风旋流式燃烧器对冲燃烧、自然循环、烟气挡板调温方式。炉膛由膜式水冷壁组成。炉膛的宽度、深度、高度（前后墙水冷壁下联箱到顶棚管中心线的距离）分别为 13350、12300、46400。燃用山西晋中贫煤，炉膛容积热负荷为  $440.2 \times 10^3 \text{ kJ}/(\text{m}^3 \text{ h})$ ，炉膛断面热负荷为  $18.24 \times 10^6 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \text{ h})$ 。在炉膛的前后墙各布置三层双调风旋流式燃烧器，每层四只，共 24 只。燃烧器射出的煤粉气流对冲燃烧，形成双“L”形火焰。

水冷壁管总数为 680 根，管子节距为 75mm。管子规格为  $\phi 60 \text{ mm} \times 7 \text{ mm}$  的内螺纹管和  $\phi 60 \text{ mm} \times 7.5 \text{ mm}$  的光管，管子材料为 20G。4 根大直径下降管分别布置在汽包的两端封头下部和汽包底部靠近端头的部位。汽包封头部位的下降管规格为  $\phi 457.2 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ ，汽包底部的下降管规格为  $\phi 533.4 \text{ mm} \times 55 \text{ mm}$ 。供水分配管 92 根， $\phi 133 \text{ mm} \times 16 \text{ mm}$ ，20G。汽水引出管 124 根， $\phi 133 \text{ mm} \times 16 \text{ mm}$ ，20G。

炉膛上部布置屏式过热器，折焰角上部布置高温过热器。水平烟道末端布置高温再热器，尾部竖井由分割墙分成前后两个烟道，前部布置低温再热器，后部布置低温过热器和省煤器。在两个分烟道底部设置烟气挡板，两个烟道在挡板后部又合并在一起，又经两个烟道引入两台回转式空气预热器。

一级过热器布置在尾部竖井烟道的后部，由三个水平管组和一个垂直管组组成。水平管组的管子外径为  $\phi 51 \text{ mm}$ ，壁厚为 6~8mm，材质为 20G、15CrMo 及部分 12Cr1MoV，三管圈并绕，沿炉宽布置 118 片，管组横向节距为  $S_1 = 112.5 \text{ mm}$ ，由省煤器管悬吊。垂直布置的出口管组由  $\phi 51 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ ，12Cr1MoV， $S_1 = 225 \text{ mm}$  六管圈并绕，沿炉宽布置 8 片，分前后两束布置。

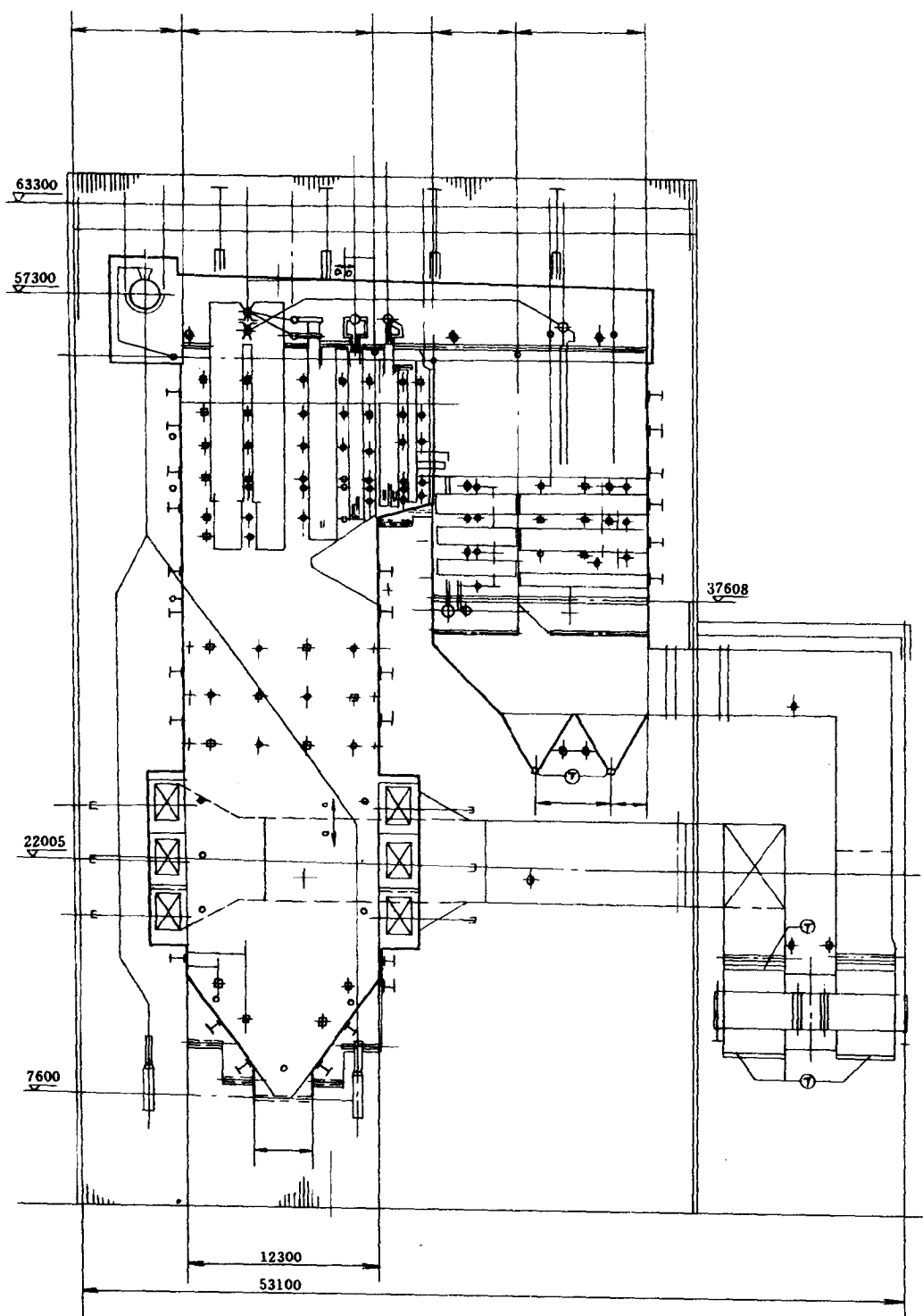


图 1-1 B&W 技术亚临界压力 300MW 锅炉

大屏过热器位于炉膛上部，由外径  $\phi 51\text{mm}$ ，壁厚  $6 \sim 9\text{mm}$ ，材质  $15\text{CrMo}$ 、 $12\text{Cr1MoV}$ 、 $12\text{Cr2MoWVTiB}$  及部分壁厚  $7.5\text{mm}$  的 SA213TP304H 钢管组成，36 管圈并绕， $S_1 = 1350\text{mm}$ ，分前后两束，沿炉宽布置 8 片。采用大节距布置，可增强受热面的辐射传热能力，并防止相邻管屏搭接渣桥。为保证管屏横向节距，从大屏入口联箱引出两根  $\phi 51\text{mm}$  的管子伸进炉膛，在管组下部将 8 片屏固定，定位管引出顶棚后直接进入二级过热器出口集箱。

二级过热器布置在折焰角上方，由后屏和高温过热器两个管组组成。后屏管组由管径  $\phi 51\text{mm}$ ，壁厚  $6 \sim 9\text{mm}$ ， $15\text{CrMo}$ 、 $12\text{Cr1MoV}$ 、 $12\text{Cr2MoWVTiB}$  等材质的钢管组成。14 管组并绕，沿炉宽布置 22 片， $S_1 = 600\text{mm}$ ，顺流传热。后屏过热器的固定装置是一根从进口联箱引出的  $\phi 51\text{mm}$  的管子，此管出顶棚后进入二级过热器出口联箱。高温过热器管组由外径  $\phi 51\text{mm}$ ，壁厚  $8 \sim 10\text{mm}$ ， $12\text{Cr1MoV}$ 、 $12\text{Cr2MoWVTiB}$  和部分壁厚  $7.5\text{mm}$  的 SA-213TP304H 钢管组成。7 管圈并绕， $S_1 = 300\text{mm}$ ，出口管束的蒸汽温度较高，为了减少辐射热量，保护高温管束，故将出口管束夹在中间。高温过热器管组沿炉膛宽度布置 22 片。

过热汽温的调节采用两级喷水减温。第一级减温器布置在一级过热器和大屏过热器的连接管道内，二级减温器布置在大屏过热器出口联箱和后屏过热器进口联箱之间。

低温再热器有四个水平管组。由  $\phi 60\text{mm} \times 5\text{mm}$ ，20G 和少量  $15\text{CrMo}$  钢管组成， $S_1 = 112.5\text{mm}$ ，4 管圈并绕，沿炉宽布置 118 片。过渡管组由  $\phi 60\text{mm} \times 4.5\text{mm}$ 、 $15\text{CrMo}$  钢管组成， $S_1 = 225\text{mm}$ ，8 管圈并绕，沿炉宽布置 59 片，与垂直布置的高温再热器相连。

高温再热器由直径  $\phi 60\text{mm}$ ，壁厚  $4.5 \sim 6\text{mm}$  的  $15\text{CrMo}$ 、 $12\text{Cr1MoV}$ 、SA-213T22、 $12\text{Cr2MoWVTiB}$ 、SA-213TP304H 钢管组成， $S_1 = 225\text{mm}$ ，8 管圈并绕，沿炉宽布置 59 片。低温再热器最下方的一组管束与高温再热器烟气进口处的一组对应连接，其余依次连接。

省煤器布置在尾部竖井烟道的一级过热器之后，与烟气流成逆流布置。水平管组由  $\phi 51\text{mm} \times 6\text{mm}$ ，20G 组成， $S_1 = 112.5\text{mm}$ ，二管圈并绕，沿炉宽布置 118 片，由水平管组向上延伸的两排垂直悬吊管由  $\phi 60 \times 9\text{mm}$ ， $15\text{CrMo}$  的钢管组成，穿过顶棚，分别进入省煤器前后上联箱。给水由给水管从锅炉左侧引入省煤器下联箱，省煤器出口水经出口联箱由左右两根导水管引入汽包。

空气预热器为三分仓回转式，转子直径为  $10330\text{mm}$ 。

## 二、采用四角燃烧方式的 300MW 自然循环锅炉

图 1-2 是东方锅炉厂根据 CE 技术设计制造的亚临界压力 300MW 锅炉，采用四角切圆燃烧、自然循环、摆动式燃烧器调温方式。炉膛的宽、深、高分别为  $13335\text{mm}$ 、 $12829\text{mm}$ 、 $54300\text{mm}$ ，燃用西山贫煤和洗中煤的混煤。炉膛容积热负荷为  $389 \times 10^3 \text{kJ}/(\text{m}^3\text{h})$ ，炉膛断面热负荷为  $17.13 \times 10^6 \text{kJ}/(\text{m}^2\text{h})$ 。在炉膛四角布置 4 只摆动式直流燃烧器，燃烧器有 6 层一次风喷口，4 层油喷口，6 层二次风喷口，气流射出喷口后，在炉膛中央形成  $\phi 700\text{mm}$  和  $\phi 1000\text{mm}$  的两个切圆。

炉膛四壁由膜式水冷壁组成，水冷壁管由内螺纹管和光管组成，662 根管子分为 24

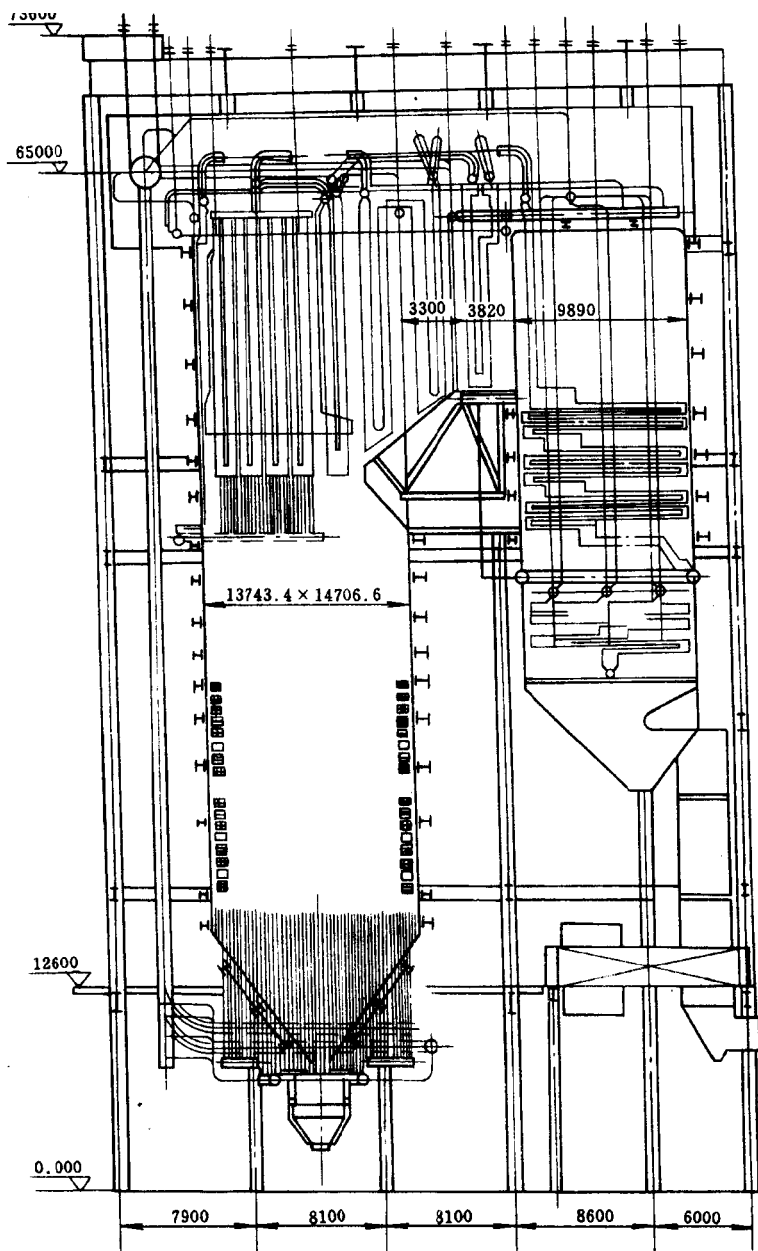


图 1-2 CE 技术亚临界压力 300MW 锅炉

组，前后墙和两侧墙各布置 6 组，与 6 根大直径下降管连接，形成 6 个独立的循环回路。

锅炉的顶棚、水平烟道的两侧墙、尾部竖井烟道都由过热器管包覆。

在炉膛上部的前墙和部分两侧墙水冷壁的向火面上紧贴壁式再热器，前墙布置 239 根，两侧墙各布置 122 根，节距 50.8mm，切角处不布置。

炉膛上部空间悬吊着大屏过热器和后屏过热器，大屏过热器采用大节距布置，相邻两

片屏的间距为 2743.2mm，纵向节距为 61mm，沿炉宽布置 4 片。为了减小热偏差，每片屏分 4 个小屏，14 管圈并绕。后屏过热器的横向节距为 685.8mm，纵向节距为 64mm，13 圈并绕，沿炉宽布置 19 片。

折焰角上部的水平烟道中布置中温再热器，管子横向节距为 457.2mm，纵向节距为 70mm，14 管圈并绕，沿炉宽布置 29 片。

高温再热器布置在中温再热器之后的水平烟道中，其横向节距为 228.6mm 纵向节距 120mm，共 64 片，7 管圈并绕。

高温过热器位于水平烟道的末端，共 84 片，横向节距为 171.45mm，纵向节距为 102mm，6 管圈并绕。

锅炉尾部竖井烟道中布置低温过热器，沿炉宽布置 112 排，由三个水平管组和一个垂直管组组成，横向节距为 130mm 纵向节距为 114mm，5 管圈并绕。

省煤器布置在低温过热器之后，横向排数为 92 排，顺列布置，横向节距为 128mm，纵向节距为 102mm，三管圈并绕。

锅炉配置两台三分仓空气预热器，转子直径 10320mm。

过热汽温的调节采用三级喷水减温。第一级布置在低温过热器和大屏过热器的连接管道上，第二级布置在大屏出口联箱和后屏进口联箱的左右连接管道上，第三级布置在后屏出口联箱和高温过热器左右连接管道上。一级喷水用于粗调，当高加切除时，喷水量剧增，此时应增大一级减温水量，防止大屏和后屏以及高温过热器超温。三级喷水作为微调 and 调节过热汽温的左右偏差。二级喷水作为备用。

为了保证管屏间距和管子的自由膨胀，在管屏间设置定位管和滑块，定位管由蒸汽冷却。

锅炉各部分受热面的材料见表 1-3。

表 1-3 各部分受热面的材料

| 受热面   | 管子规格      | 管子材料                  | 允许温度 (℃) |
|-------|-----------|-----------------------|----------|
| 前屏过热器 | φ51×6     | 12Cr1MoV/SA-213TP304H | 580/704  |
| 壁式再热器 | φ60×4     | 12CrMo                | 540      |
| 后屏过热器 | φ54×8.5/9 | 12Cr1MoV              | 580      |
|       | φ60×8/8.5 | 钢研 102                | 600~620  |
| 中温再热器 | φ60×4     | 12CrMoV/15CrMo        | 560/560  |
| 高温再热器 | φ60×4     | 钢研 102/SA-213TP304H   |          |
| 高温过热器 | φ51×8/9   | 12Cr1MoV/钢研 102       |          |
| 低温过热器 | φ51×7     | 12Cr1MoV              |          |
| 省煤器   | φ51×6     | SA-210C               | 480      |

三、FW300MW 级 W 型火焰锅炉

FW300MW 级 W 型火焰锅炉是我国东方锅炉厂采用引进技术生产制造的亚临界自然循环锅炉，见图 1-3。

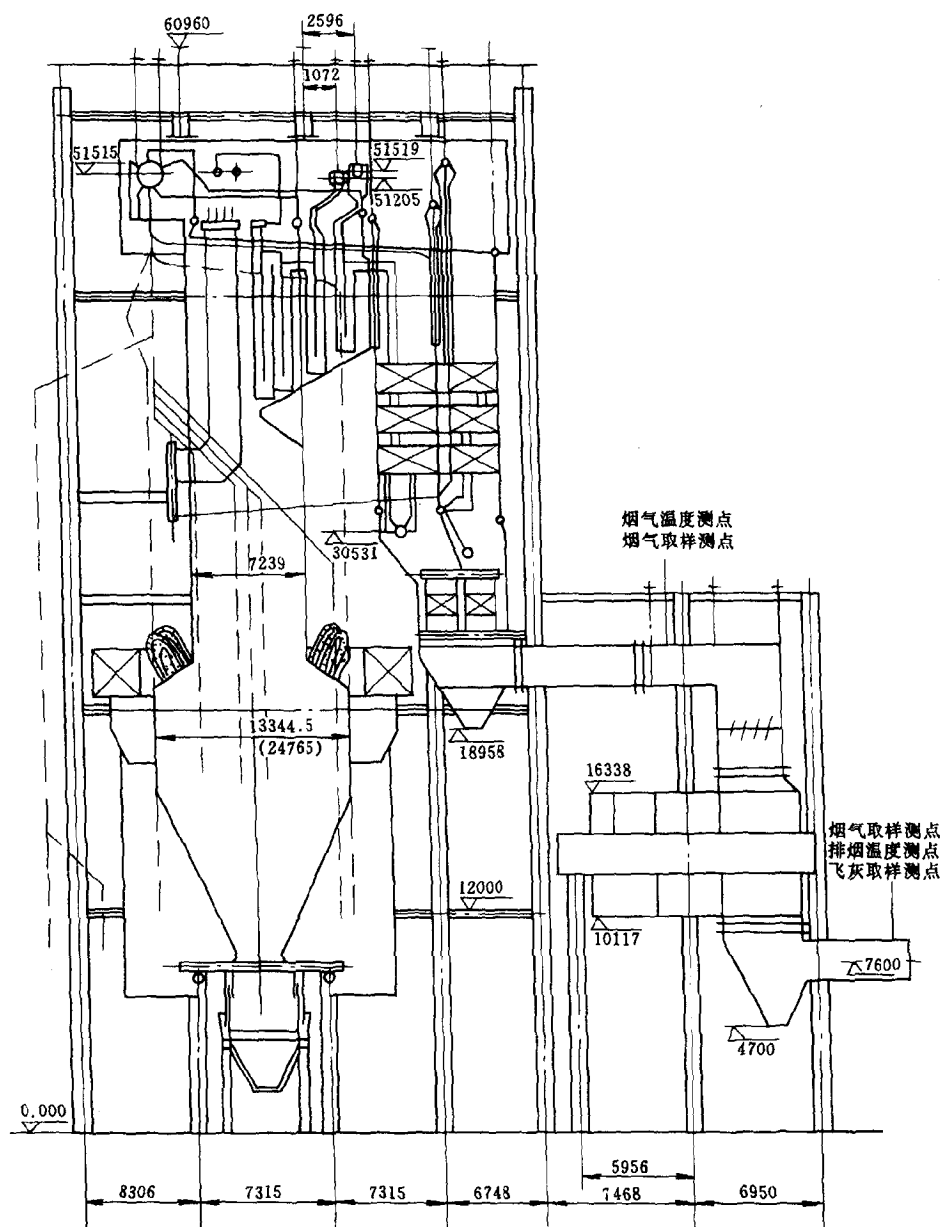


图 1-3 FW300MW 级 W 型火焰锅炉

由图可见，W 火焰炉膛是由下部燃烧室和上部冷却室所组成，下部燃烧室容积扩大将近一倍左右，燃料燃烧过程基本上是在下部燃烧室内完成的。上下炉膛之间有一缩腰，燃烧器布置在缩腰上，煤粉气流从缩腰处的拱顶上向下喷射，并着火燃烧，到达炉膛下部后，煤粉重量减轻，此时火焰受到分级风的托起作用，向上转折流动，在下的燃烧室内形成 W 型火焰。对于低反应燃料，上部冷却室实际上也可充当燃尽室的作用。因此缩腰位置不仅对燃尽起重要作用，而且严重影响着锅炉汽温特性和结渣程度。

蒸汽流程：蒸汽从汽包经 30 根连接管（ $\phi 133\text{mm} \times 16\text{mm}$ ，SA-106B）进入顶棚入口联箱，通过顶棚过热器（389 根， $\phi 42\text{mm} \times 6\text{mm}$ ，15CrMo）进入顶棚出口联箱。此后，蒸汽分为两路引出。

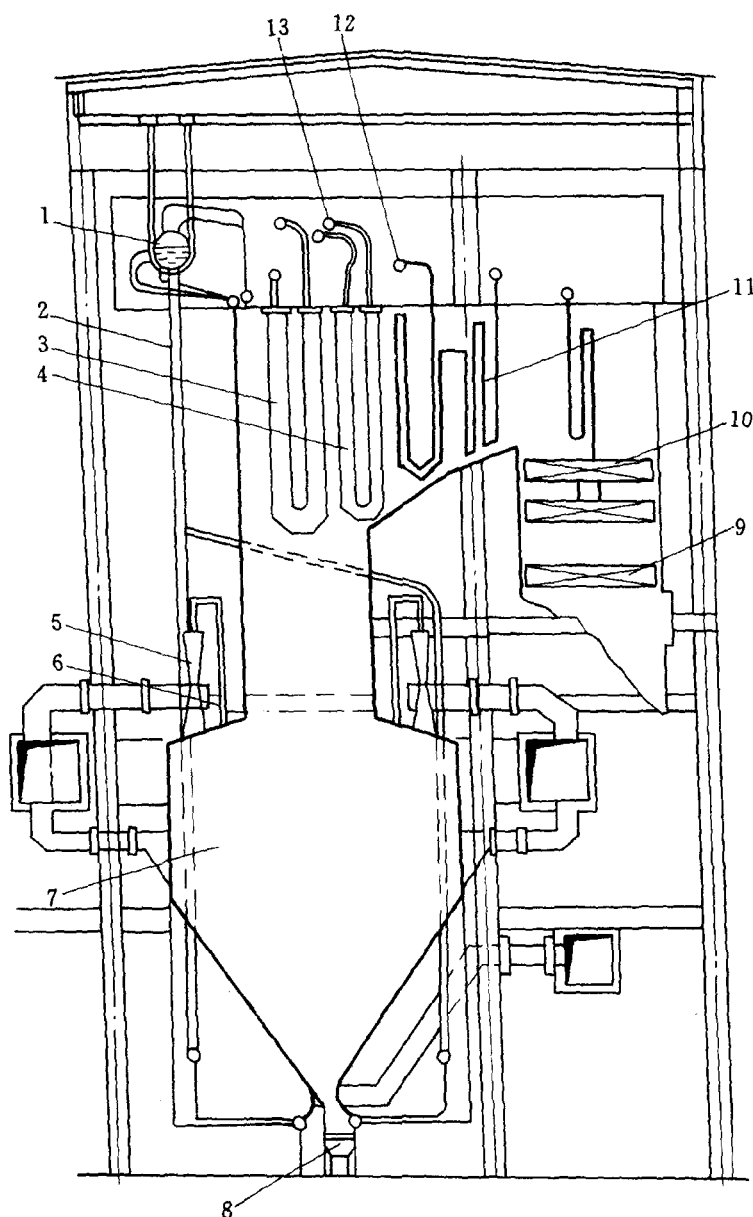


图 1-4 B&W360MW级 W 型火焰锅炉

- 1—汽包；2—集中下降管；3—前屏过热器；4—高温过热器；5—一次风主燃烧器；  
6—通风燃烧器；7—下部着火炉膛；8—排渣装置；9—省煤器；10—低温过热器；  
11—再热器；12—再热器出口联箱；13—过热器出口联箱

一路蒸汽向下流入热回收区的后包墙过热器，向下流动到后墙出口联箱，经 80 根导汽管（ $\phi 76\text{mm} \times 9\text{mm}$ ，SA210C）进入前包墙下联箱，向上流动到前包墙上联箱，再通过

24 根连接管（ $\phi 133\text{mm} \times 16\text{mm}$ ，SA-106B）进入中隔墙过热器上联箱。

另一路蒸汽由 18 根连接管（ $\phi 133\text{mm} \times 16\text{mm}$ ，SA106B）引入热回收区侧包墙上联箱，向下流动到下联箱，再通过 12 根连接管（ $\phi 133\text{mm} \times 16\text{mm}$ ，SA106B）引至水平烟道下联箱，向上流动到上联箱，然后由 12 根连接管（ $\phi 133\text{mm} \times 16\text{mm}$ ，SA106B）引至中隔墙上联箱。两路蒸汽在中隔墙上联箱汇集后，沿中隔墙向下流动到低温级过热器进口联箱。

为了避免蒸汽在顶棚及热回收区向下流动的过程中可能出现分配不均和多值性现象，在蒸汽向下流动的进口处均装设节流圈。

蒸汽从低温过热器进口联箱之后的流程为：低温级过热器→大屏过热器→高温级过热器。

低温过热器位于尾部竖井后烟道内，主要吸收对流热。由三部分水平管组和一组垂直管段组成。屏式过热器位于炉膛上部，主要吸收辐射热。高温过热器位于折焰角上部的烟道内，既吸收辐射热，又吸收对流热。

过热汽温的调节采用两级喷水减温。第一级减温器布置在低温过热器出口联箱和屏式过热器进口联箱之间的连接管道上。左右侧各一只，每只减温器有两个喷嘴，一个为大流量喷嘴，另一个为小流量喷嘴，每个喷嘴的喷水量由调节阀控制。第二级减温器布置在大屏过热器出口至高温过热器之间。减温器形式与第一级相同，但在喷嘴前沿蒸汽流动方向上设有节流孔板。

再热器为对流式，低温级再热器布置在尾部竖井的前烟道中，高温再热器布置在水平烟道末端，两级再热器之间直接由过渡管相连接，以减小流动阻力。

再热汽温的调节采用烟气挡板，并设事故喷水减温。

#### 四、B&W360MW 级 W 型火焰锅炉

B&W360MW 级 W 型火焰锅炉是我国湖南岳阳电厂引进的亚临界自然循环锅炉。锅炉整体布置如图 1-4 所示。沿烟气流程布置屏式过热器、高温过热器，水平烟道中布置高、低温再热器（即再热器为单级布置），尾部竖井烟道中布置低温过热器和省煤器。过热汽温调节采用两级喷水减温，再热汽温调节采用炉底供热风的方式。炉底注入热风还可以使冷灰斗区域的炉渣凝聚体积减小，以利于排渣和减轻受热面的磨损。

### 第三节 控制循环锅炉

#### 一、300MW 控制循环锅炉

图 1-5 表示了上海锅炉厂按 CE 技术设计制造的 300MW 控制循环锅炉的整体布置。其受热面布置与自然循环锅炉大致相同，不同的是水循环系统中增加了循环泵和水冷壁管径减小。因此，本章不再对其受热面布置进行叙述，仅介绍炉水循环泵及其工作系统。

目前，世界上已有不少国家具有制造循环泵的能力。德国的 KSB 公司、英国的海伍德-泰勒公司、日本的三菱公司、美国的 CE-KSB 公司、中国沈阳水泵厂和哈尔滨电机厂

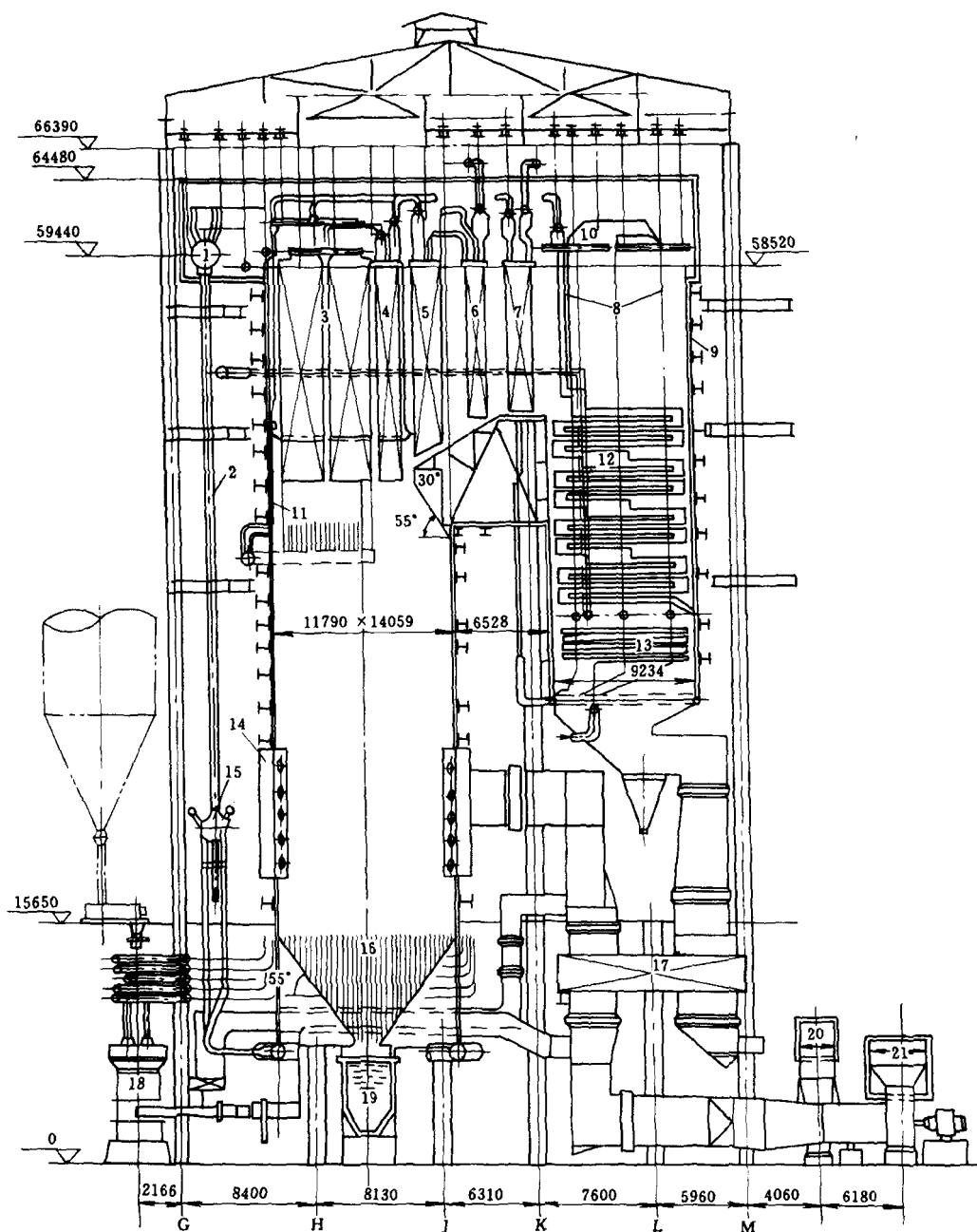


图 1-5 CE 技术 300MW控制循环锅炉

1—锅筒；2—下降管；3—分隔屏过热器；4—后屏过热器；5—屏式再热器 6—末级再热器；7—末级过热器；  
8—悬吊管；9—包覆管；10—炉顶管；11—墙式辐射再热器；12—低温水平过热器；13—省煤器；14—燃烧器  
15—循环泵；16—水冷壁；17—回转式空气预热器；18—磨煤机；19—出渣器；20—一次风机；21—二次风机

引进了德国 KSB 的全套设计与制造技术，并取得 KSB 合格认可。国产引进型循环泵已经投入运行。

图 1-6 (a) 为德国 KSB 泵的剖视图。图 1-6 (b) 为英国 Tyler 泵的剖视图。

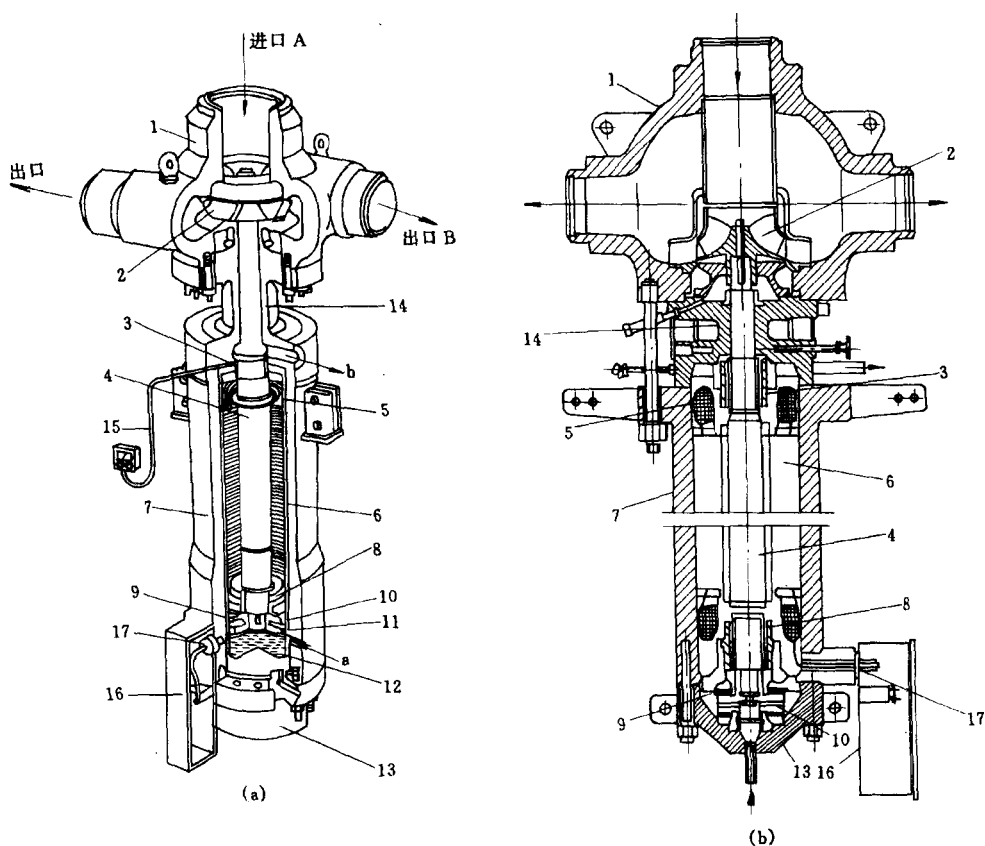


图 1-6 Tyler 泵与 KSB 泵

(a) KSB 泵的剖视图；(b) Tyler 泵的剖视图

1—泵壳；2—叶轮；3—上端轴承；4—主轴；5—定子线圈端部；6—定子线圈断面；7—电动机外壳；8—下端轴承；9—推力轴承推力块；10—辅助叶轮；11—推力盘；12—滤网；13—电动机下座盖；14—隔热体；15—温度报警指示器；16—接线盒；17—引线密封

循环泵结构的主要特点是将泵的叶轮和电机转子装在同一主轴上，置于相互连通的密封压力壳体内，使泵与电机结合成一体，避免了泵的泄漏问题。电机运行中产生的热量由高压冷却水带走，因此，泵体内的电机必须配有冷却水系统。从图 1-6 中可以看出，两种泵的出口管结构不相同，KSB 型泵出口管两侧沿径向对称布置，泵壳为球体，球体内腔大，与叶轮流向不吻合，结构比较笨重。但泵壳体壁薄，热应力较小。Tyler 型泵出口管两侧切向布置，泵壳体内腔与叶轮流向紧密吻合，结构比较紧凑。

## 二、600MW 控制循环锅炉

图 1-7 是由哈尔滨锅炉厂采用 CE 技术设计制造的 600MW 亚临界控制循环锅炉，采用四角燃烧，摆动式直流燃烧器调温方式。炉膛宽、深、高度分别为 18.542m、16.432m、65.354m。燃用烟煤，断面热负荷为  $5.64 \times 10^6 \text{W/m}^2$ ，容积热负荷为  $96.25 \times 10^3 \text{W/m}^3$ 。

600MW 控制循环锅炉的受热面系统布置类似于 300MW 控制循环锅炉。

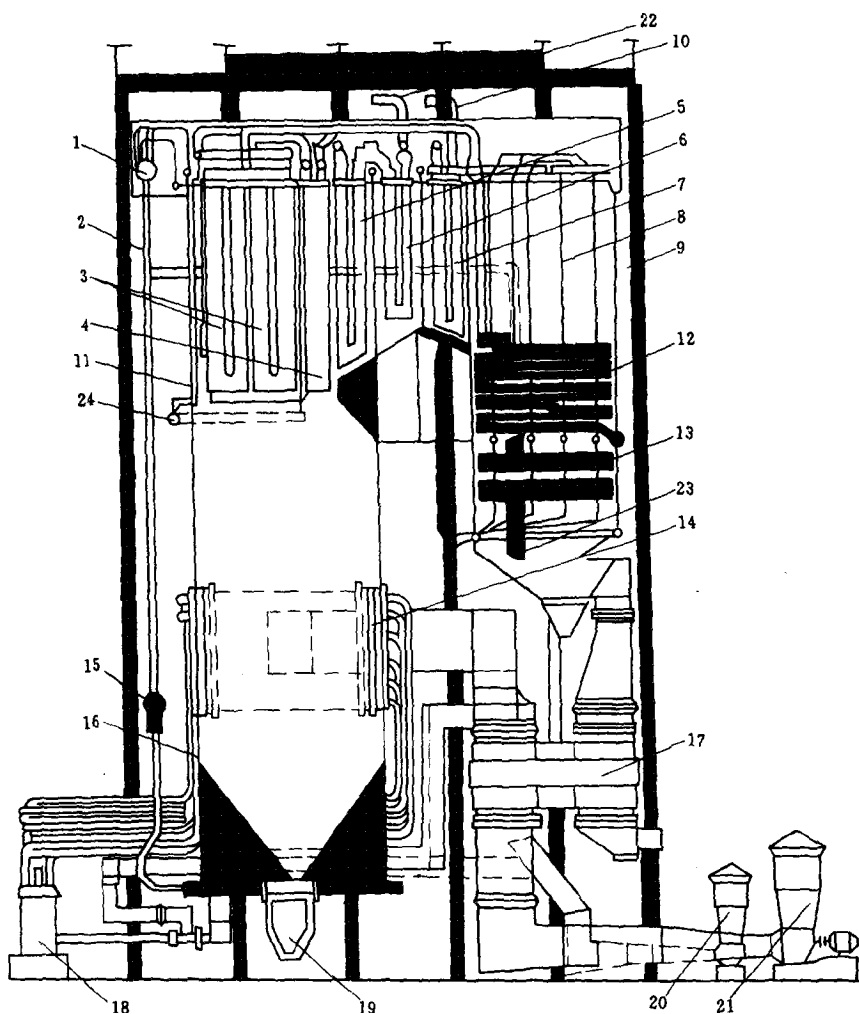


图 1-7 600MW 亚临界控制循环锅炉

1—汽包；2—下降管；3—分隔屏过热器；4—后屏过热器；5—屏式过热器；6—末级再热器；7—末级过热器；8—悬吊管；9—包覆管；10—过热蒸汽出口；11—墙式辐射过热器；12—低温过热器；13—省煤器；14—燃烧器；15—循环泵；16—水冷壁；17—空气预热器；18—磨煤机；19—除渣装置；20—一次风机；21—二次风机；22—再热蒸汽出口；23—给水进口；24—再热蒸汽进口

## 第四节 直流锅炉

### 一、超临界压力 600MW 锅炉

600MW 超临界压力锅炉为 II 型布置，如图 1-8 所示。炉膛下部螺旋管圈水冷壁，炉膛上部布置垂直管屏水冷壁。螺旋管圈水冷壁通过焊接在鳍片管上的张力板悬吊于炉顶钢架上，螺旋管圈水冷壁的重量负载传递给张力板，再由张力板把重量负载均匀地传递给炉膛上部的垂直管屏，从而实现螺旋管圈的悬吊。

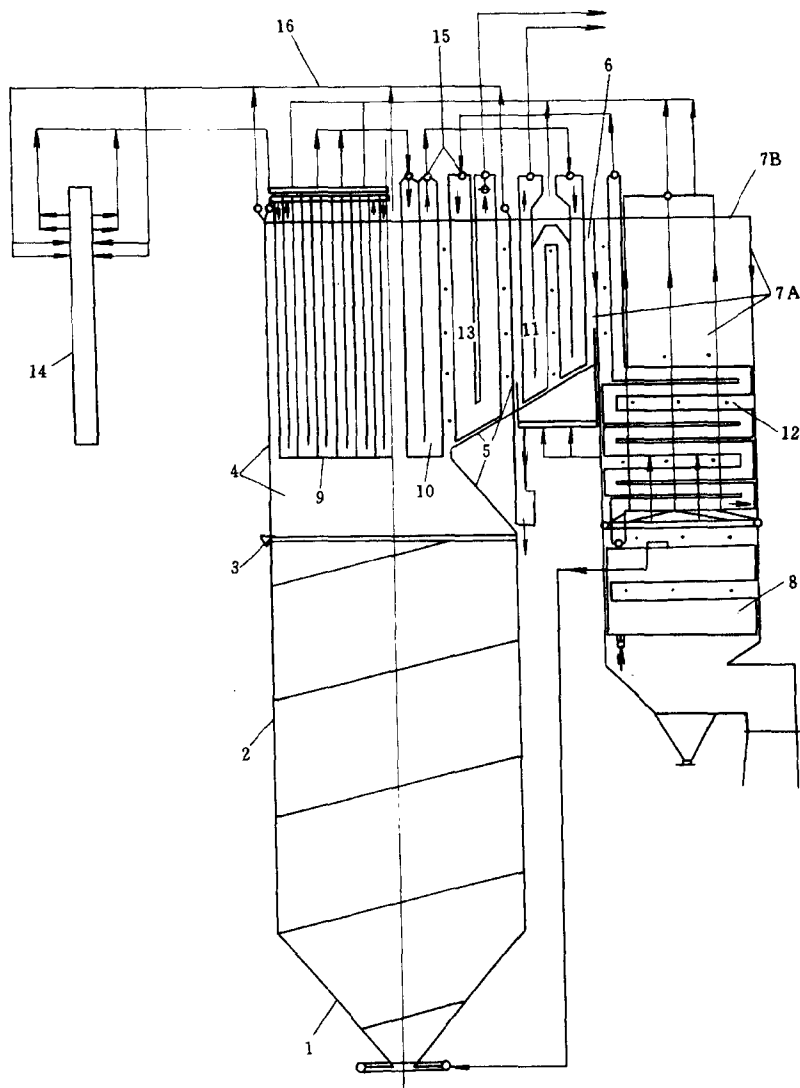


图 1-8 600MW 超临界锅炉整体布置图

1—炉膛灰斗；2—螺旋水冷壁；3—过渡件；4—垂直水冷壁；5—折烟角及管屏；6—延伸侧墙；7A—尾部包覆管及管屏；7B—炉顶管；8—省煤器；9—大屏过热器；10—后屏过热器；11—末级过热器；12—一级再热器；13—末级再热器；14—汽水分离器；  
15—集箱；16—连接导管

刚性梁拉力板的结构如图 1-9 所示。

600MW 超临界锅炉水冷壁实现了全悬吊结构，因而可自由向下膨胀。

下辐射区和上辐射区水冷壁的连接部位称为过渡段。过渡段的结构比较复杂，如图 1-10、图 1-11 所示。

沿烟气流程方向布置前屏过热器、后屏过热器、高温再热器、高温过热器、低温再热器、省煤器、两台三分仓空气预热器。

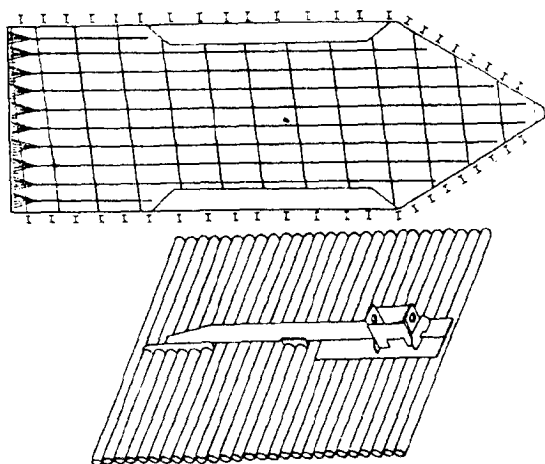


图 1-9 刚性梁拉力板的结构

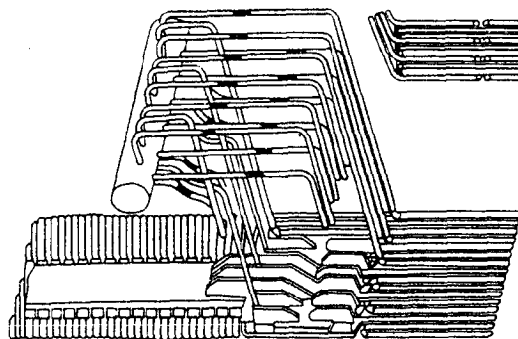


图 1-10 过渡段的联箱连接结构

600MW 超临界参数锅炉的过热器和再热器的吸热比例比较大，约占工质总吸热量的 46% 左右，需要较多的过热器和再热器受热面。为了增强摆动式燃烧器调节再热汽温的效果和增强传热，高温再热器受热面布置在靠近炉膛的部位。过热汽温的调节是由煤 / 水比进行粗调，两级喷水减温进行细调。此外，对于本台锅炉，多层燃烧器的不同组合运行，也能调节过热汽温和再热汽温。

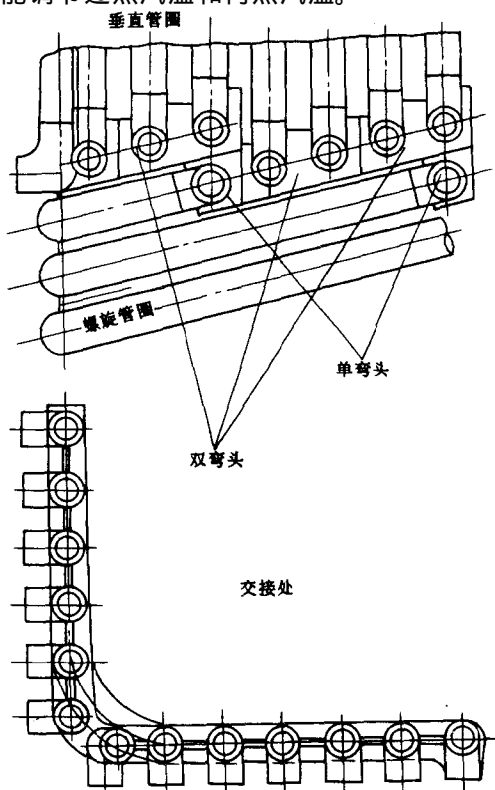


图 1-11 过渡段的弯头结构

各受热面的金属材料 and 允许的最高工作温度见表 1-4。

表 1-4 受热面的金属材料和允许工作温度

| 受热面     | 管子材料                                    | 允许温度 (℃)         |
|---------|-----------------------------------------|------------------|
| 螺旋管圈水冷壁 | 13CrMo44 (15CrMo)                       | 560              |
| 垂直管屏水冷壁 | 15Mo3 (16Mo)                            | 530              |
| 屏式过热器   | 10CrMo910 (12Cr2Mo)                     | 580              |
| 高温过热器   | X20CrMoV121                             | 630 ~ 650        |
| 高温再热器   | X20CrMoV121<br>X8CrMiNb16B(1Cr19Ni11Nb) | 630 ~ 650<br>650 |
| 低温再热器   | 10CrMo910                               | 580              |
| 省煤器     | 15MnCuMoNb5                             | 500              |

注 表中括号内的钢种为相应的中国钢种牌号。

## 二、300MW 亚临界压力直流锅炉

图 1-12 是上海锅炉厂设计制造的 300MW 亚临界压力直流锅炉。

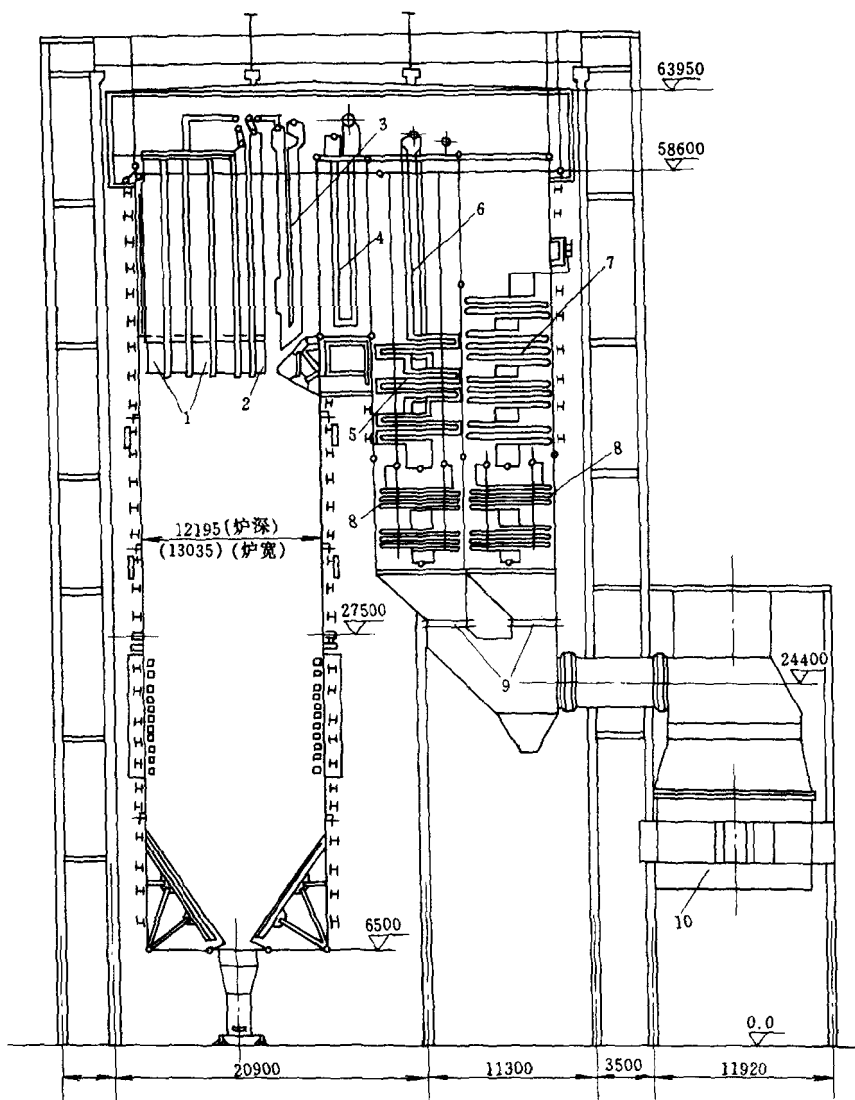


图 1-12 300MW 亚临界压力直流锅炉

1—前屏过热器；2—后屏过热器；3—高温过热器；4—第二级再热器；5—第一级再热器；6—低温再热器引出管；7—低温过热器；8—省煤器；9—调节挡板；10—容克式空气预热器

锅炉采用单炉膛结构，一次垂直上升、三级混合型水冷壁，烟气挡板调节再热汽温。炉膛宽度为 13.035m，炉膛深度为 12.195m，四角为 45°切角，切角边长为 0.980m，冷灰斗下联箱至顶棚管中心线高度为 52.100m。炉膛容积热负荷为  $396.78 \times 10^3 \text{kJ}/(\text{m}^3\text{h})$ ，炉膛断面热负荷为  $18.51 \times 10^6 \text{kJ}/(\text{m}^2\text{h})$ ，水冷壁平均热负荷为  $494.96 \times 10^3 \text{kJ}/(\text{m}^2\text{h})$ 。平均质量流速为  $2020 \text{kg}/(\text{m}^2\text{s})$ 。采用直流式燃烧器、四角双切圆燃烧方式、两个切圆直径分别为  $\phi 730\text{mm}$  和  $\phi 886\text{mm}$ ，燃烧器喷口可上下摆动  $\pm 15^\circ$ 。

水冷壁由 1396 根管子组成，节距为 35mm，材料为 20 号碳钢，膜式壁结构。冷灰斗采用  $\phi 22\text{mm} \times 5.5\text{mm}$  光管，下辐射区和中辐射区采用  $\phi 22\text{mm} \times 5.5\text{mm}$  四头内螺纹管。

下辐射区切角处采用  $\phi 22\text{mm} \times 7\text{mm}$  四头内螺纹管，上辐射区采用  $\phi 22\text{mm} \times 6\text{mm}$  光管。

水冷壁系统中还有过滤器、可调节流阀、混合器。

过滤器布置在省煤器出口的两根下降管底部，外径为  $\phi 426\text{mm} \times 45\text{mm}$ ，材料为 12Cr1MoV 结构如图 1-13 所示。其作用是由过滤器内部的不锈钢丝网将水中的杂质过滤掉。

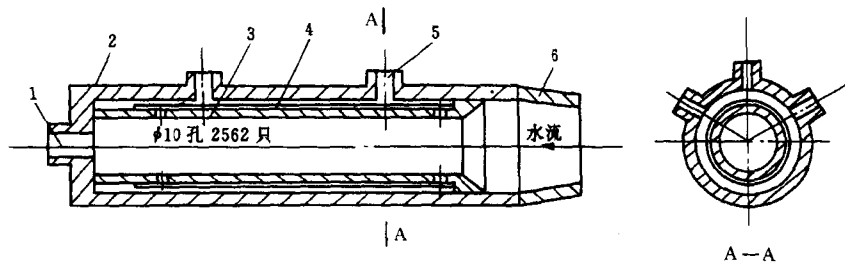


图 1-13 过滤器

1—放水孔；2—壳体；3—孔体；4—不锈钢丝网；5—管接头；6—异径接头

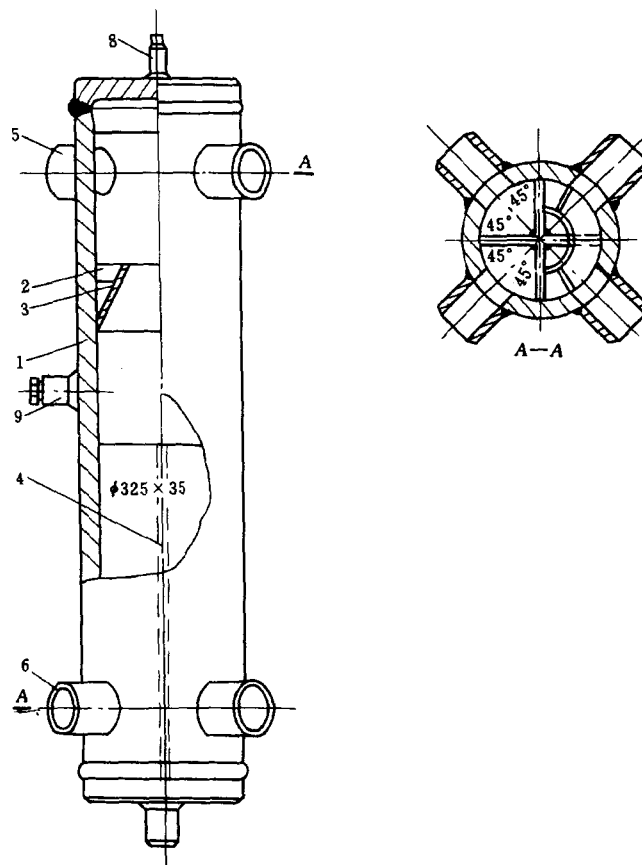
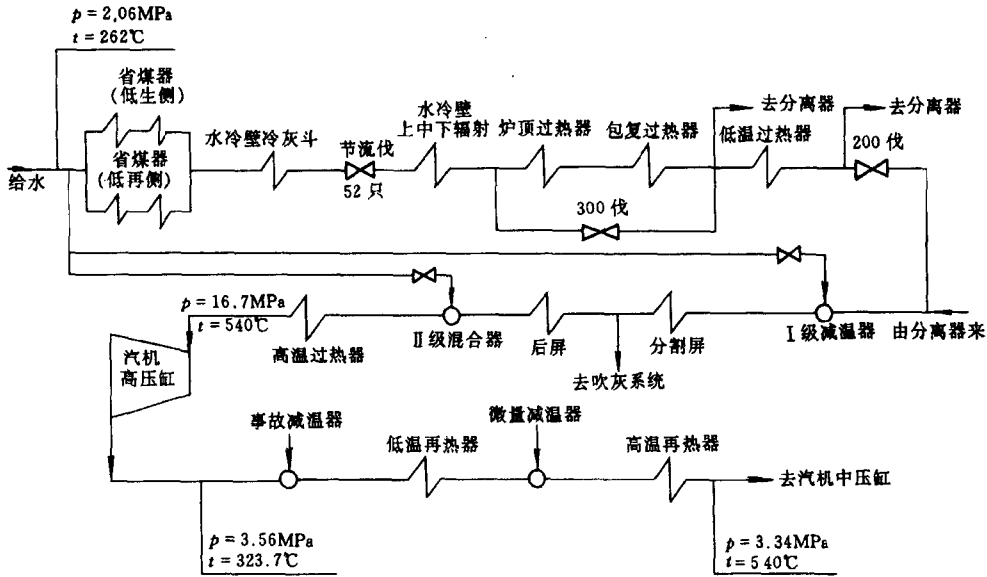


图 1-14 混合器

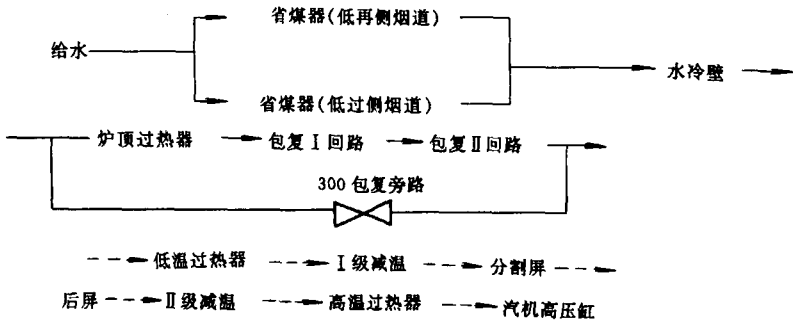
1—混合器筒体；2—锥体固定肋；3—锥体；4—十字板；5—混合器进口；  
6—混合器出口；7—放水孔；8—空气孔；9—温度测点

在水冷壁下辐射区管屏进口管道中装设了 52 只可调节流阀。其作用是在水动力调整试验中调节水冷壁各管屏的流量，减小阻力偏差，按热负荷分布调节各水冷壁管屏的流量，改善水动力特性，提高水冷壁的安全性。

混合器分别装在冷灰斗水冷壁出口（Ⅰ级）、下辐射区水冷壁出口（Ⅱ级）和中辐射区水冷壁出口（Ⅲ级），总数为 10 只。Ⅰ级混合器 2 只，筒体直径为  $\phi 406\text{mm} \times 50\text{mm}$ ，13GMO44，结构如图 1-15 所示。Ⅱ级混合器 4 只，筒体直径为  $\phi 324\text{mm} \times 40\text{mm}$ ，13GMO44。Ⅲ级混合器 4 只，筒体直径为  $\phi 324\text{mm} \times 40\text{mm}$ ，13GMO44。混合器的作用是：使上一级受热面中流出的汽水混合物得到充分混合，再均匀分配到下一级受热面中，以减



(a)



(b)

图 1-15 300MW 汽水系统

(a) 示意图；(b) 流程图