

# 第二章 锅炉本体系统及设备

## 2-1 锅炉本体简介

## 2-2 锅炉燃料及燃烧设备

## 2-3 锅炉热平衡及锅炉热效率

## 2-4 锅炉汽锅及锅炉水循环



# 1. 锅炉的分类

---

## (1) 按用途分类

- ◆ 工业锅炉（供热锅炉）
- ◆ 动力锅炉



# 1. 锅炉的分类

---

## (2) 按锅炉使用燃料分类

- ◆ 固体燃料锅炉
- ◆ 液体燃料锅炉
- ◆ 气体燃料锅炉
- ◆ 其他热源锅炉



# 1. 锅炉的分类

---

## (3) 按燃料燃烧方式分类

- ◆ 层燃炉（火床炉）
- ◆ 室燃炉（悬燃炉）
- ◆ 沸腾炉（旋风炉、鼓泡流化床炉）
- ◆ 复合燃烧炉



# 1. 锅炉的分类

---

## (4) 按锅炉出口介质压力分类

- ◆ 低压锅炉
- ◆ 中压锅炉
- ◆ 高压锅炉
- ◆ 超高压锅炉
- ◆ 亚临界压力锅炉
- ◆ 超临界压力锅炉



# 1. 锅炉的分类

---

## (5) 按锅炉容量大小分类

- ◆ 小型锅炉
- ◆ 中型锅炉
- ◆ 大型锅炉
- ◆ 超大型锅炉
- ◆ 巨型锅炉



# 1. 锅炉的分类

---

## (6) 按锅炉介质的流动方式分类

- ◆ 自然循环流动锅炉
- ◆ 强制循环流动锅炉
- ◆ 直流锅炉



# 1. 锅炉的分类

---

## (7) 按锅炉的汽锅结构型式分类

- ◆ 锅壳式锅炉
- ◆ 外燃水管锅炉





# 1. 锅炉的分类

---

## (8) 按锅炉的组装方式分类

- ◆ 快装锅炉
- ◆ 组装锅炉和散装锅炉



# 1. 锅炉的分类

---

## (9) 按锅炉排渣方式分类

- ◆ 固态排渣锅炉
- ◆ 液态排渣锅炉



# 1. 锅炉的分类

---

## (10) 按锅炉出口介质的种类分类

- ◆ 蒸汽锅炉
- ◆ 热水锅炉
- ◆ 特种工质锅炉



## 2. 锅炉的基本构造

---

- (1) **汽锅**：锅筒、水冷壁、对流管束、下降管、集箱
- (2) **炉子**：煤斗、煤闸板、炉排、炉墙、炉膛、炉拱、排渣板、风仓
- (3) **附加受热面**：蒸汽过热器、省煤器、空气预热器
- (4) **仪表附件**：安全阀、压力表、水位表、水位报警器、其他阀门



## 3. 锅炉的工作过程

---

### (1) 燃料的燃烧过程

由输煤系统送入煤斗的煤靠自重落在炉排面上，炉排由电动机通过减速后靠链轮带动由前向后移动，将煤经过煤闸板控制煤层厚度后带入炉内并在其上燃烧，生成了火焰、烟气和灰渣，火焰和烟气向炉内的辐射受热面和对流受热面传热后，经烟道、除尘器、引风机、烟囱排向大气。



## 3. 锅炉的工作过程

---

### (2) 火焰和烟气向介质传热的过程

燃料燃烧后生成的高温火焰和烟气在炉内向四周水冷壁内的工质以辐射换热的方式传递热量，而后烟气向上经炉膛出口向布置在炉膛出口处的凝渣管内的工质以辐射和对流方式传递热量，烟气在引风机和烟囱抽力的作用下继续向后依次经过蒸汽过热器、第一对流管束、第二对流管束、省煤器、空气预热器并向其内的工质传递热量。



## 3. 锅炉的工作过程

### (3) 蒸汽和热水的产生过程

锅炉补给水经水处理后与回收的凝结水进入除氧器除氧，再由锅炉给水泵加压后送至省煤器预热，预热后的水进入上锅筒的低温水区，又经下降管和低烟温区的对流管束流入下锅筒和下集箱，继而进入上升管受热产生蒸汽。由于下降管和下锅筒中水的温度相对于上升管中汽水混合物的温度较低，因此会产生密度差而引起水的流动，即上升管中的汽水混合物便进入上锅筒中高温水区，而在上锅筒的高温水区又设有汽水分离装置，将来自上升管中的蒸汽和来自较高烟温区对流管束中产生的蒸汽与水进行分离，蒸汽被送往蒸汽过热器继续加热变成过热蒸汽，水则又经低烟温区对流管束或下降管流入下锅筒和下集箱。



## 4. 锅炉的主要特性

---

- (1) 蒸发量或产热量
- (2) 蒸汽或热水参数
- (3) 经济指标：锅炉热效率、锅炉金属耗率和电耗率、运行寿命
- (4) 锅炉型号





## 5. 锅炉型号

由三部分组成。第一部分（锅炉本体型式代号 燃烧方式代号 额定蒸发量或热功率）- 第二部分（额定蒸汽压力/过热蒸汽温度或热水出口水温/进口水温）- 第三部分（燃料种类代号/设计次序）

例如 SZL10-1.25/250-Y/2

双锅筒纵置式链条炉排炉，锅炉额定蒸发量为10t/h，生产过热蒸汽的温度为250℃，额定压力为1.25MPa，燃用重油燃料，第二次变形设计。



## 5. 锅炉材料

---

- (1) 锅炉受压元件材料：钢材（碳素钢、合金钢）
- (2) 焊接材料：焊条、焊丝、焊剂、保护气体
- (3) 炉墙材料：耐火材料、保温材料、保温隔热材料、密封涂料、其他砌筑材料和辅料



# 第二章 锅炉本体系统及设备

## 2-1 锅炉本体简介

## 2-2 锅炉燃料及燃烧设备

## 2-3 锅炉热平衡及锅炉热效率

## 2-4 锅炉汽锅及锅炉水循环

# 1.燃料种类

---

## (1)燃料

指通过燃烧可将化学能转化为热能的物质，它是一种由有机可燃质、不可燃无机矿物成分（灰分）和水分等物质组成的复杂混合物。



## 2.燃料的成分

---

**(1)煤的元素分析成分：**C、H、S、O、N、A（灰分）、M（水分）。这些成分并不是机械的混合物，而是呈复杂的化合物存在于煤中。

**(2)煤的工业分析成分：**①水分、灰分、固定碳；②挥发分；③焦炭；④灰熔点；⑤发热量。

**(3)燃料油：**主要是重油、渣油、柴油三大类。

**(4)气体燃料的成分：**分为天然气和人工煤气两大类。



### 3.燃料组分的表示

---

- (1) 收到基：**是以进入锅炉房准备燃烧的炉前煤为分析基准，它是将包括全部水分和灰分的燃料中各种成分之和当作100%的成分，用下标“ar”表示。
- (2) 空气干燥基：**表示在实验室条件下（温度为20℃，相对湿度为60%）经过自然干燥，去掉外在水分的煤的成分。即它是以去掉外在水分的其余成分之和作为100%分析基准的，用下标“ad”表示。



### 3.燃料组分的表示

---

(3) **干燥基**: 表示去掉全部水分的煤样的成分。它是将除去全水分外的各种成分之和作为100%分析基准的, 用下标“d”表示。

(4) **干燥无灰基**: 把水分与灰分二种含量不稳定的成分去掉, 以其余的组成成分之和作为100%的分析基准, 这样的组成基叫作干燥无灰基, 用下标“daf”表示。



## 4.燃料的燃烧过程

---

- ◆ 预热干燥阶段
- ◆ 燃烧阶段
- ◆ 燃尽阶段

### (1)固体燃料燃烧顺利进行的必须条件:

炉内应有一定的高温环境；炉内应有足够而适量的空气；应有充足的燃烧时间和空间；应有空气与燃料良好的接触机会；应及时地排烟和排渣。





## 5. 锅炉燃烧设备

---

(1) **锅炉燃烧设备的基本任务:** 是使燃料着火燃烧, 从而将它们的化学能转化为热能并充分释放出来。

(2) **燃烧设备应满足的基本要求:** 燃料能及时连续稳定地着火; 具有高的燃烧效率, 能最大限度地利用燃料的化学能, 减少各种不完全燃料损失; 在单位面积炉排上或单位容积炉膛内能稳定经济地燃烧更多的燃料以减少锅炉的结构尺寸, 降低钢材消耗; 能安全可靠的运行, 少出故障。此外, 还应具有良好的燃料适应性和负荷适应性, 调节灵敏, 机械化及自动化程度较高等。



## 6. 锅炉热平衡及热损失

---

### (1) 锅炉热平衡

指送入锅炉的总热量与锅炉吸收和损失的总热量之间的平衡关系，或称锅炉的热量收支平衡关系。

### (2) 锅炉热损失

主要指送入锅炉的燃料完全燃烧所放出的热量及外来热量，这些热量不可能百分之百地被锅炉有效利用生产蒸汽或热水，把被有效利用之外的热量称为锅炉的热损失。



# 7. 锅炉热损失

---

## (1) 固体不完全燃烧热损失 $q_4$ 的形成及影响因素

$q_4$ 的形成是由于进入炉内的燃料中有一部分由于种种原因而未燃烧或燃尽即被排出炉外所造成的。表现为三个方面：①漏煤损失；②灰渣损失；③飞灰损失。

影响因素主要有：①对于漏煤损失：燃料特性、炉排结构；②对于灰渣损失：燃料特性、锅炉负荷、操作水平；③对于飞灰损失：燃料特性、炉子结构、燃烧方式、操作水平、负荷大小。



## 7. 锅炉热损失

---

(2) 气体不完全燃烧热损失 $q_3$ 的形成及影响因素

$q_3$ 的形成是由于燃料中的部分可燃气体一氧化碳、氢、甲烷等未得及燃烧而随烟气排出炉外所致。

影响因素主要有：①炉子结构；②燃料特性；③负荷大小；④运行操作。



## 7. 锅炉热损失

---

### (3) 排烟热损失 $q_2$ 的形成及影响因素

$q_2$ 的形成主要是由于排烟温度相对过高和排烟容积相对过大，其中的热量被排入大气所致。

影响因素主要有：①排烟温度的高低；②排烟容积的大小。



# 7. 锅炉热损失

---

## (4) 散热损失 $q_5$ 的形成及影响因素

$q_5$ 的形成是由于锅炉炉墙、炉门、构架、管道附件等的表面温度高于周围环境温度形成温差传热所致。

影响因素主要有：①炉体表面积的大小；②炉体表面温度的高低；③炉墙的结构形式；④炉墙保温层性能和厚度；⑤周围环境温度的高低；⑥锅炉负荷的大小。



## 7. 锅炉热损失

---

### (5) 其他热损失 $q_6$ 的形成及影响因素

$q_6$ 的形成主要由于排出炉体的炉渣温度高于燃料温度所致。

影响因素主要有：①燃料中灰分的大小；②炉渣温度的高低；③炉子结构；④燃料粒径大小；⑤操作运行水平；⑥本体设计的合理性。



## 8. 锅炉热效率及燃料耗量

---

- (1) 热效率：**是锅炉的一个很重要的技术经济指标，它反映锅炉机组的完善程度和运行管理水平，指被锅炉有效利用的热量 $Q_1$ 占送入锅炉总热量 $Q_r$ 的百分数，用 $\eta_{gl}$ 表示。
- (2) 正平衡效率：**是指从锅炉热效率的定义出发，用正平衡法确定的效率，即指以锅炉有效利用热量 $Q_1$ 占送入锅炉总热量 $Q_r$ 的百分数来确定锅炉效率的方法。
- (3) 反平衡效率：**是指用反平衡法确定的效率，即指以测定各项热损失而确定锅炉效率的方法。





## 8. 锅炉热效率及燃料耗量

---

- (4) **毛效率**：用正平衡法或反平衡法确定的锅炉效率又称锅炉的毛效率，通常所说的锅炉效率一般都指毛效率。
- (5) **净效率**：是指在锅炉毛效率 $\eta_{\text{gl}}$ 中扣除锅炉房自用汽和电耗所相当的效率 $\Delta\eta$ 后的效率，用 $\eta_j$ 表示。



## 8. 锅炉热效率及燃料耗量

(6) **设计效率**：是指在锅炉本体设计中确定的效率，它是锅炉本体设计中的一个重要的参数，是在确定燃料种类、容量、介质参数的基础上又借鉴前人经验，确定各项热损失后计算出的效率。

(7) **鉴定效率**：是指对锅炉厂出厂产品进行鉴定或验收时确定的效率。

(8) **运行效率**：是指锅炉运行一段时间后，由于种种原因而达不到设计效率和鉴定效率时实测的效率。

(9) **燃料耗量**：是指锅炉每小时的燃料耗用量，常用符号**B**来表示。



# 9. 锅炉汽锅结构形式

## (1) 锅壳锅炉

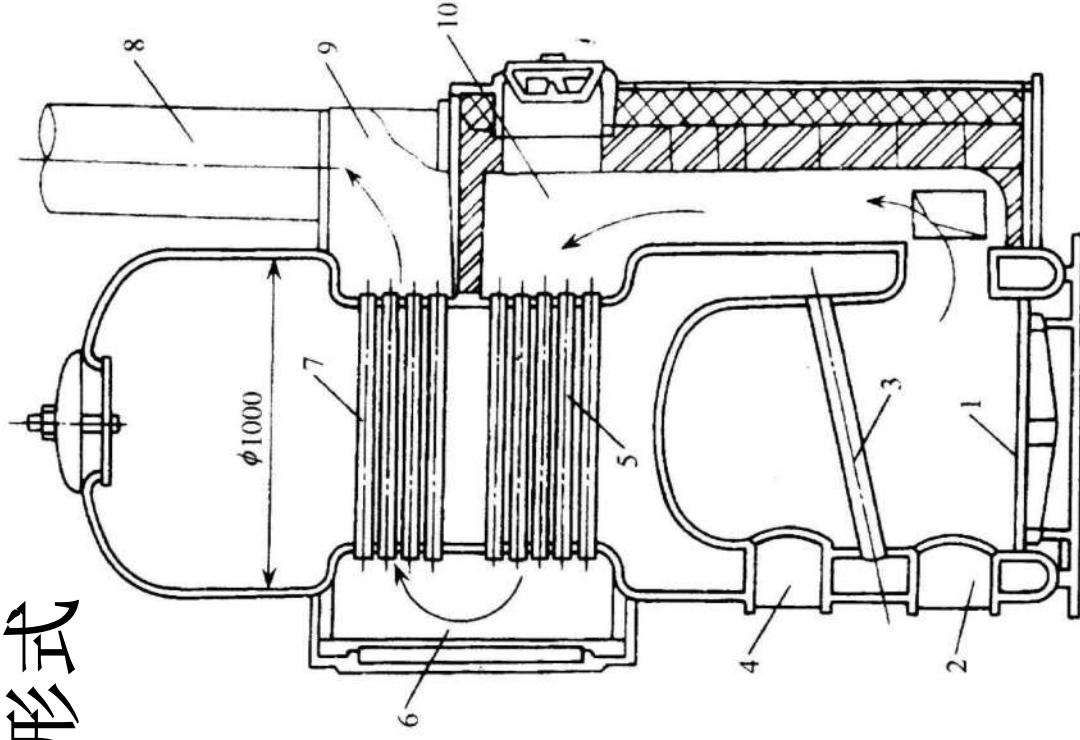


图 2-48 立式横管锅炉

- 1. 下炉排; 2. 下炉门; 3. 水冷炉排; 4. 上炉门; 5. 第一烟管管束;
- 6. 前烟箱; 7. 第二烟管管束; 8. 烟筒; 9. 后上烟箱; 10. 后下烟箱



# 9. 锅炉汽锅结构形式

## (2) 水管锅炉

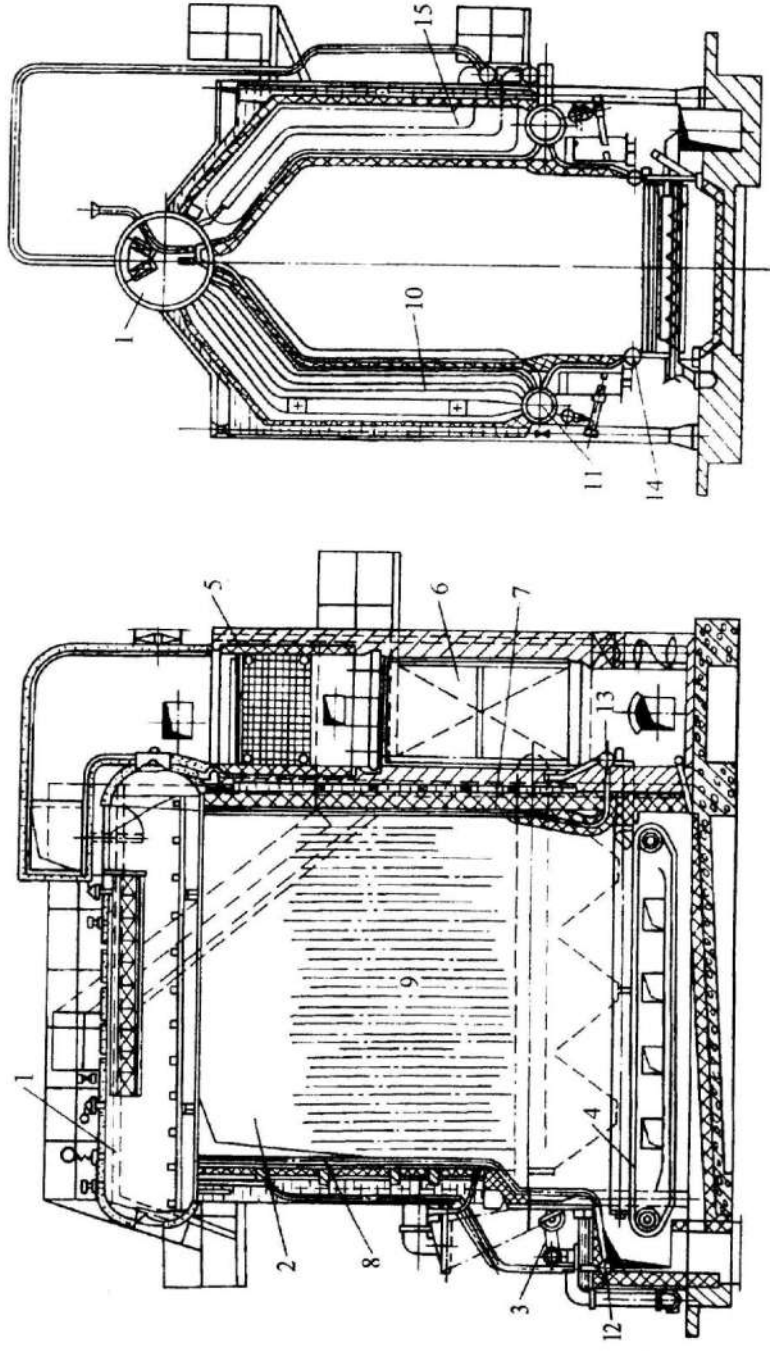


图 2-54 DZD20-2.5/400-A 型锅炉 (“A”型锅炉)

- 1. 锅筒; 2. 炉膛; 3. 风力-机械抛煤机; 4. 倒转链条炉排; 5. 省煤器; 6. 空气预热器; 7. 后水冷壁; 8. 前水冷壁; 9. 侧水冷壁; 10. 对流管束; 11. 管束集箱; 12. 前集箱; 13. 后集箱; 14. 侧集箱; 15. 蒸汽过热器



# 锅炉汽锅结构形式

## (2) 水管锅炉

图 2-55 为 SZL4-1.25-P 型锅炉 (“D”型锅炉)

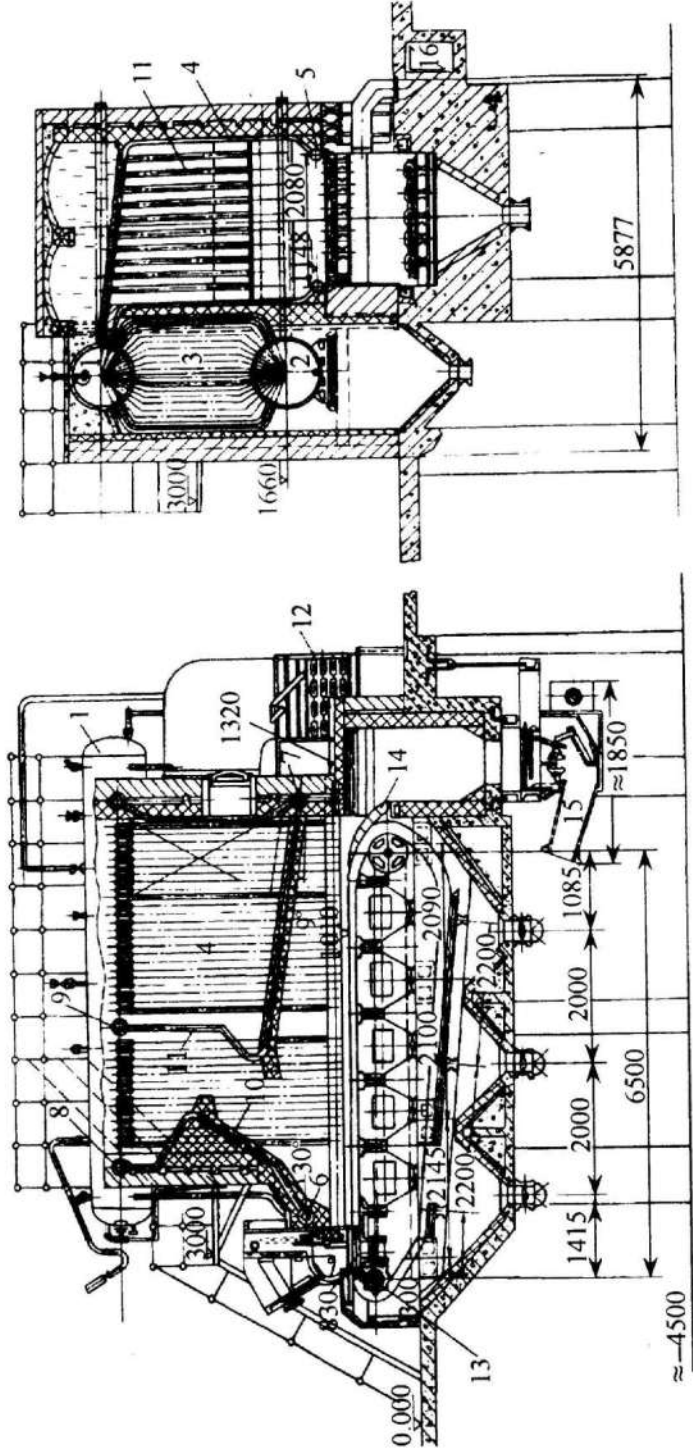


图 2-55 SZL4-1.25-P 型锅炉 (“D”型锅炉)

- 1. 上锅筒; 2. 下锅筒; 3. 对流管束; 4. 侧水冷壁; 5. 侧集箱; 6. 前下集箱; 7. 后下集箱; 8. 前上集箱; 9. 后上集箱; 10. 前水冷壁; 11. 后水冷壁; 12. 省煤器; 13. 链条炉排; 14. 排渣板; 15. 马丁出渣机; 16. 风道。



# 9. 锅炉汽锅结构形式

## (2) 水管锅炉

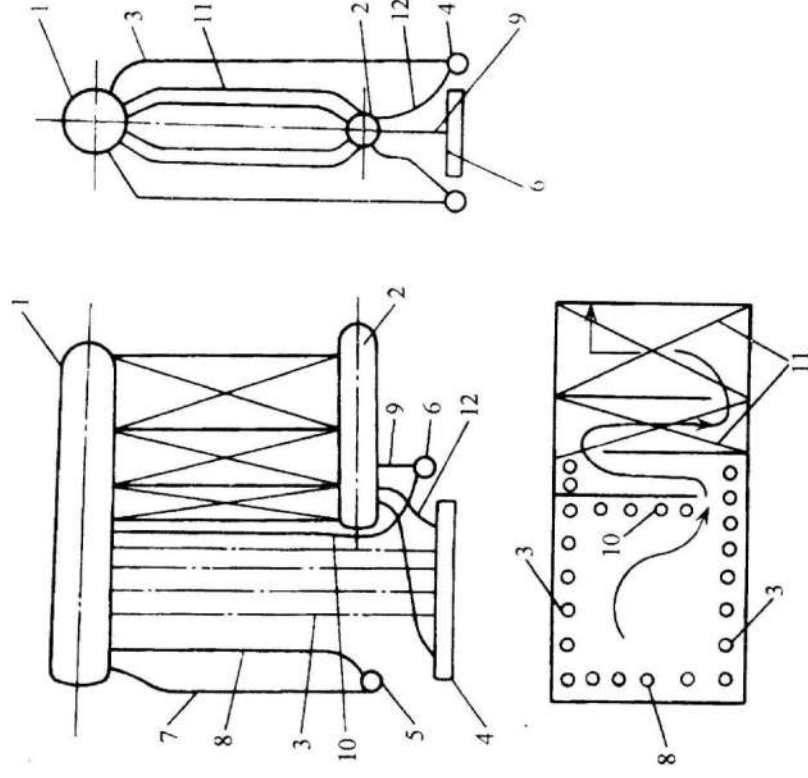


图 2-56 SZL6.5-1-1.25-A 型锅炉 (“C”型锅炉)

- 1. 上锅筒; 2. 下锅筒; 3. 侧水冷壁; 4. 侧集箱; 5. 前集箱; 6. 后集箱; 7. 前集箱下降管; 8. 前水冷壁; 9. 后集箱下降管; 10. 后水冷壁; 11. 对流管束; 12. 侧集箱下降管



# 9. 锅炉汽锅结构形式

## (2) 水管锅炉

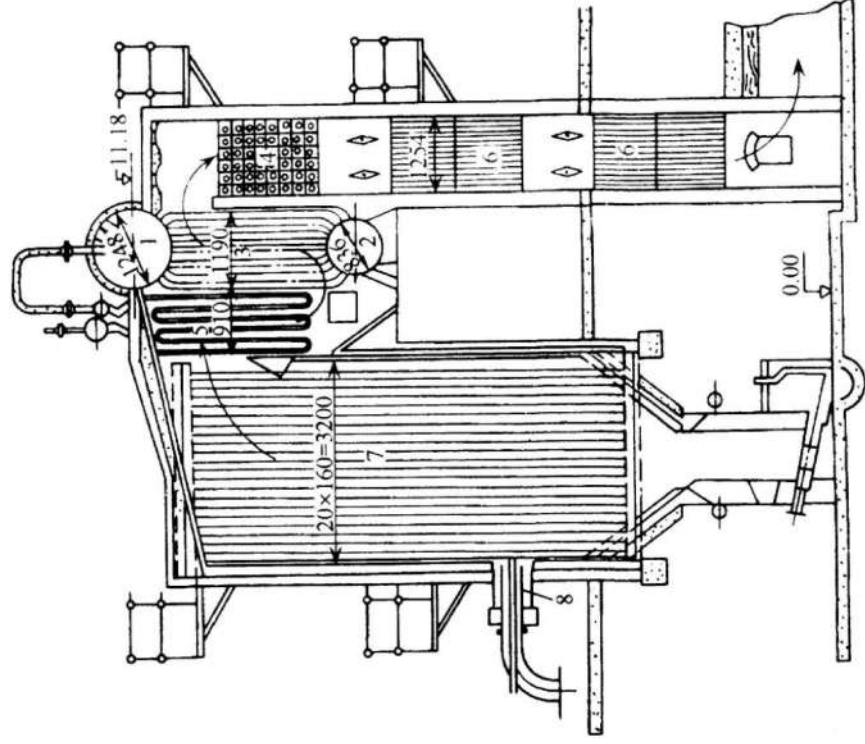


图 2-57 SHS20-2.5/400-A 型锅炉 (“II”型或“M”型锅炉)

1. 上锅筒; 2. 下锅筒; 3. 对流管束; 4. 省煤器; 5. 燃煤器; 6. 蒸汽过热器; 7. 空气预热器; 8. 水冷壁; 8. 燃烧器



## 10. 锅炉辅助受热面及安全附件

- ◆ **蒸汽过热器**：是将来自汽锅的饱和蒸汽继续加热使之升温而产生过热的一种换热设备。

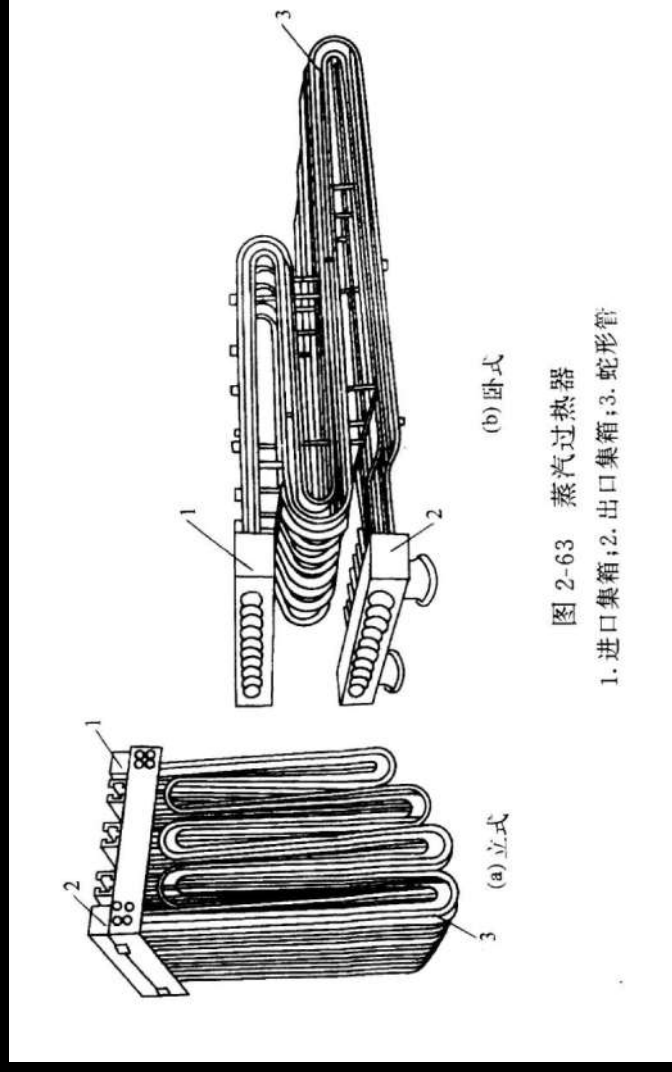


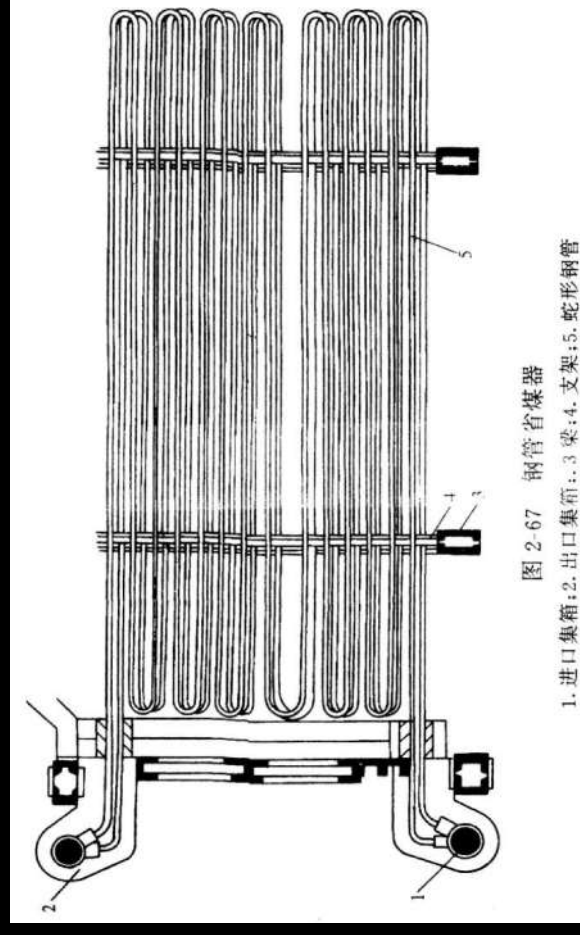
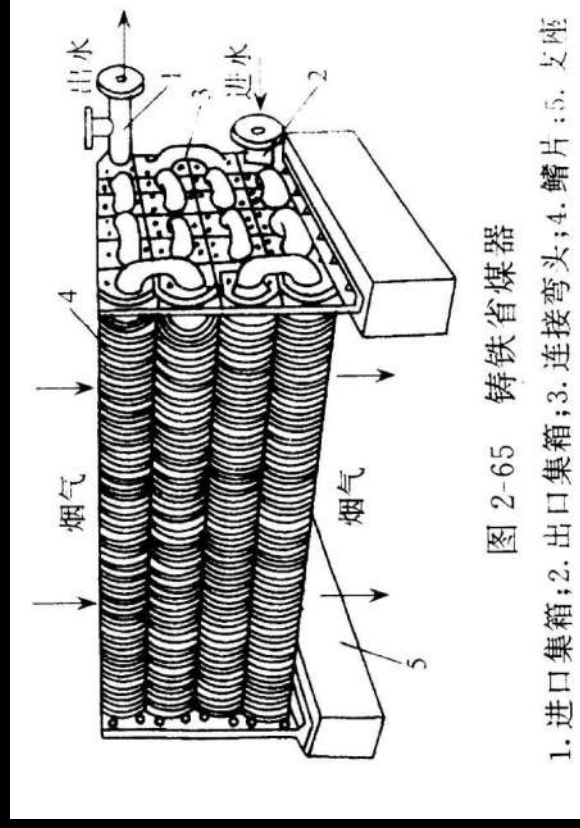
图 2-63 蒸汽过热器  
1. 进口集箱; 2. 出口集箱; 3. 蛇形管





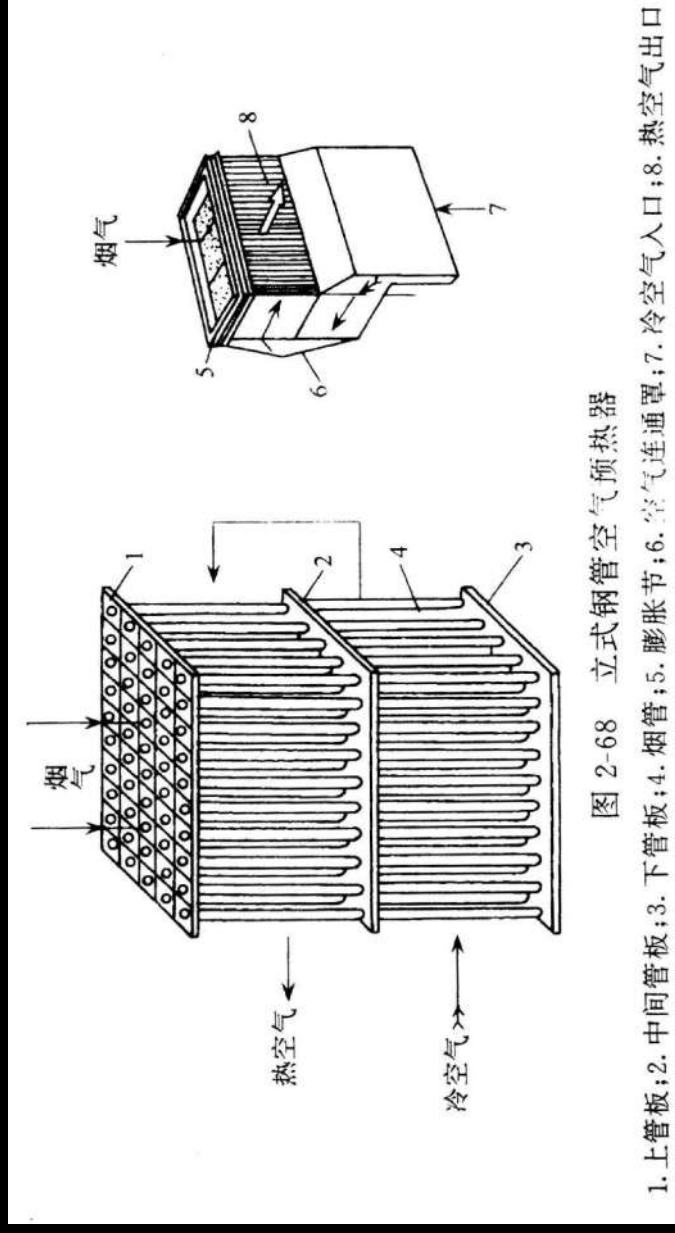
# 10. 锅炉辅助受热面及安全附件

- ◆ **省煤器**：是一种用以降低锅炉排烟温度，提高锅炉热效率的换热设备。



## 10. 锅炉辅助受热面及安全附件

- ◆ **空气预热器**：是用来加热空气、改善燃烧、降低排烟温度和提高锅炉热效率的换热设备。



## 10. 锅炉辅助受热面及安全附件

---

### (1) 锅炉尾部受热面的低温腐蚀

附加受热面中的尾部受热面——省煤器和空气预热器处于锅炉的尾部低温烟道，由于烟气中的水蒸气及由水蒸气和 $\text{SO}_3$ 气体组成的酸蒸气，在低温烟气中或在与尾部受热面的低温金属壁接触中，分别会凝结成水及酸，水中氧对金属会形成氧腐蚀，酸对金属会形成酸腐蚀，这两种腐蚀皆因低温而致，所以又称为锅炉尾部受热面烟侧的低温腐蚀。

### (2) 安全附件：安全阀、压力表、水位计



# 11. 锅炉水循环

## 自然水循环的影响因素

- (1) 锅炉的工作压力
- (2) 上升管的热负荷
- (3) 循环回路的高度
- (4) 循环回路的阻力

