


# 第一章 基本运行理论



# 锅炉的概念及定义：

动力之源、供热之源

多方面应用  生产：动力（发电、锤击），热载体（烘干等）  
生活：开水，蒸饭，供往浴室，集中供热等

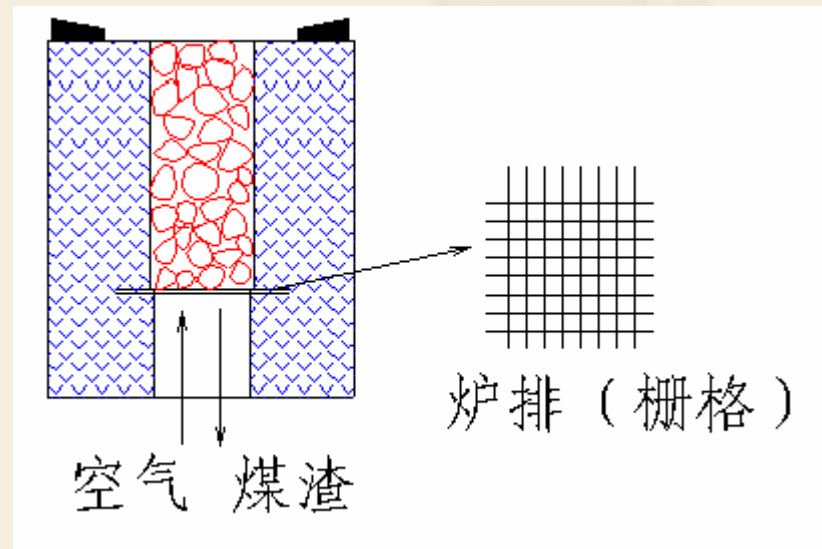
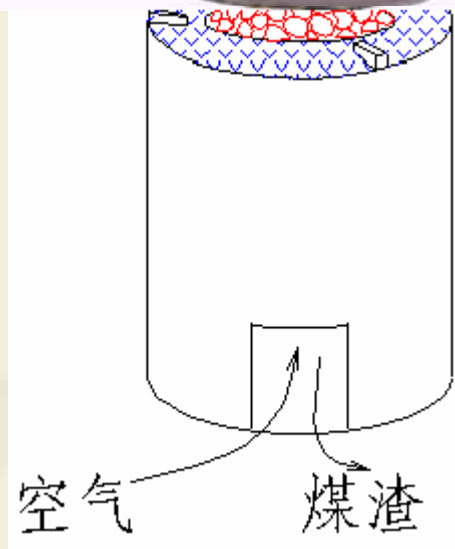
生活中也有锅炉：



煤气锅炉



电锅炉



# 锅炉的定义:

- 1. 组成:**
- 锅: 烧水, 生产热水或蒸汽
  - 炉: 烧火, 将电能或燃料的化学能转化热能
- 2. 功能:**
- 提供动力或发电: 动力锅炉
  - 供热、采暖等工业用: 供热锅炉或工业锅炉

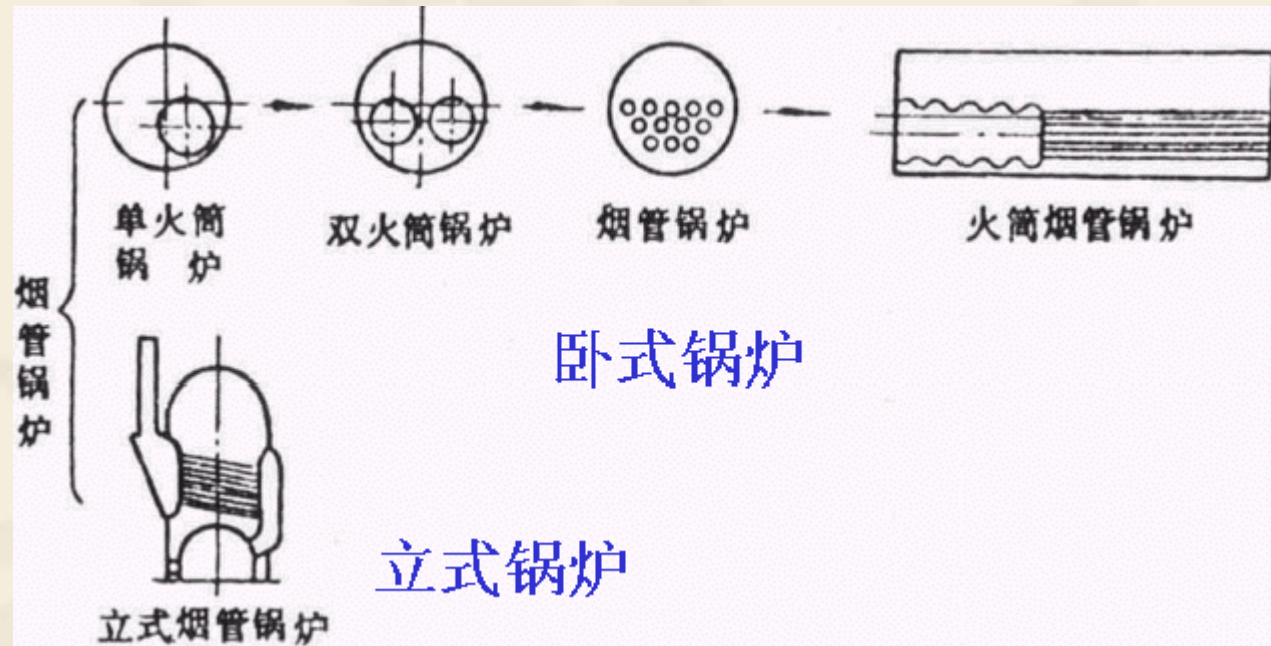
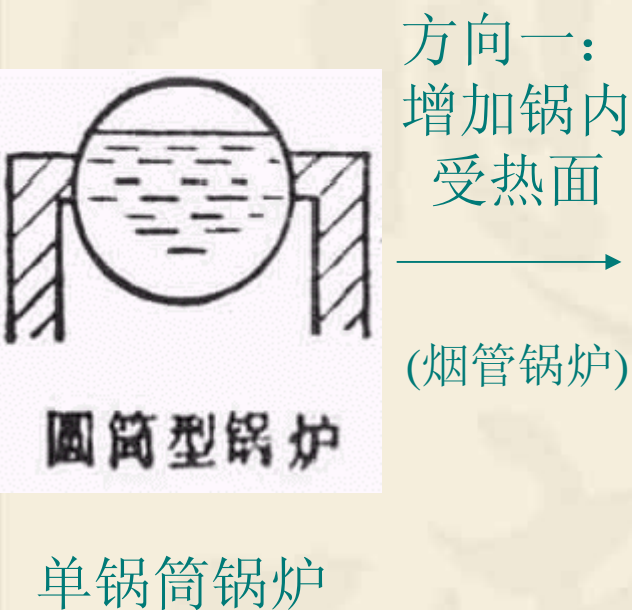


**动力锅炉：** 容量大、参数高、效率高  
(**>90%**)

**eg.** 石洞口电厂**300MW**×**4**，超临界参数，  
相当于锅炉**1000t/h**、产汽压力**23MPa**、  
**550℃**

**工业锅炉：** 中低容量（ 0.05T/h, 0.5T/h,  
1T/h, 4T/h, 10T/h, 20T/h, 60T/h等）  
压力不高（**0.4MPa, 1.0MPa, 2.5MPa**等）  
效率不高（燃煤：~**75%**，燃油/气：  
**85~90%**）

# 一、锅炉的发展过程



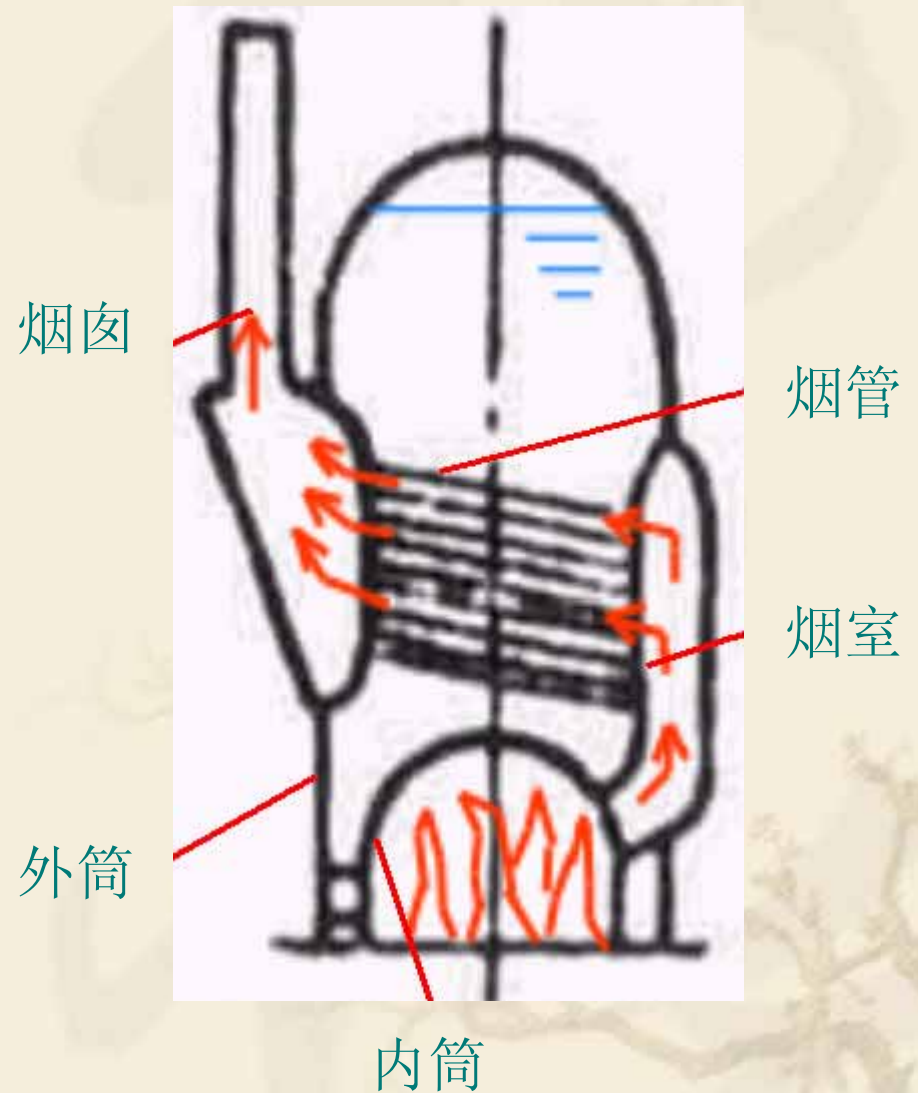
特点：结构紧凑、占地不大

但：容量一般不大。当烟管为光管时，传热效率不高

内筒  
(火筒或炉胆) 外筒



锅内水循环



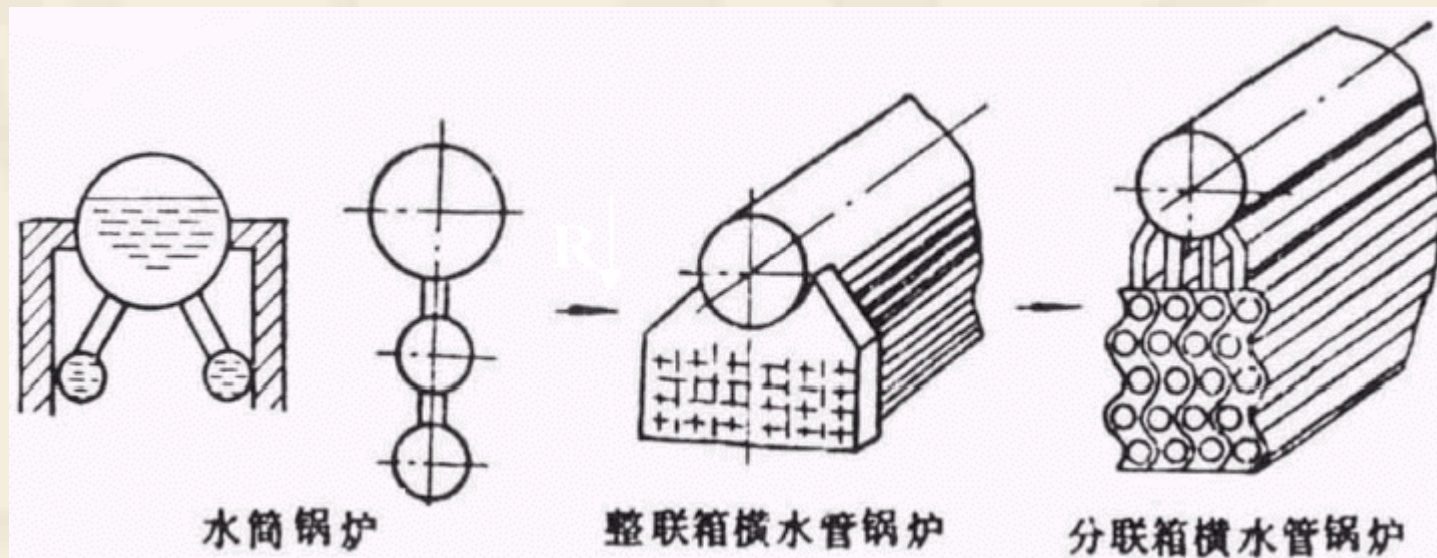


(水管锅炉)

方向二：

增加锅外  
受热面

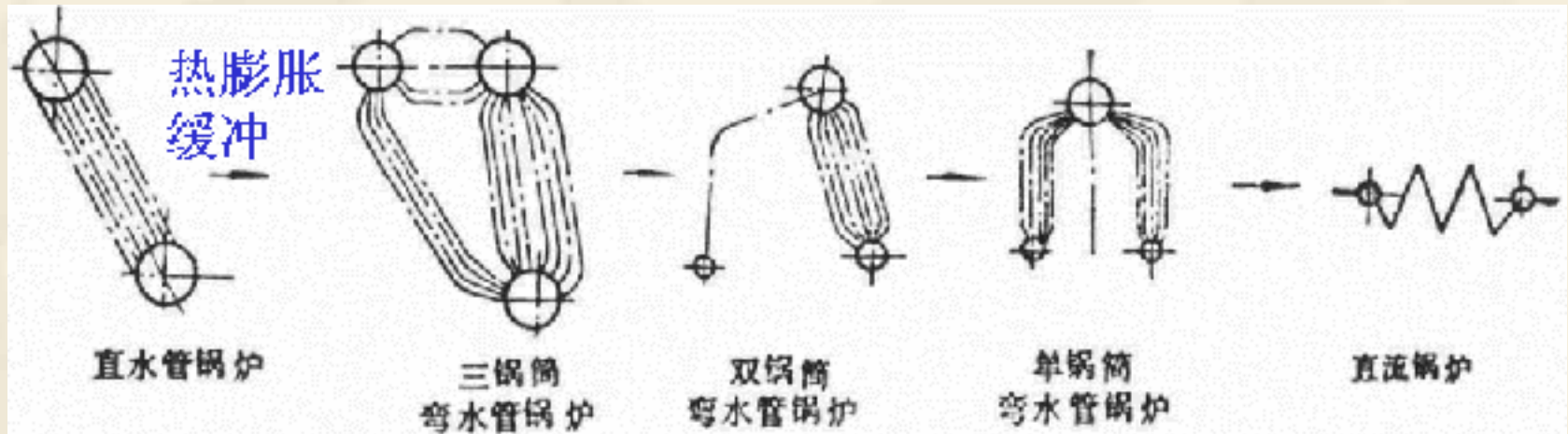
直、横水管



特点：1、水平管，水循环不好

2、直水管，热膨胀缓冲差，集箱安全性差

## 弯水管

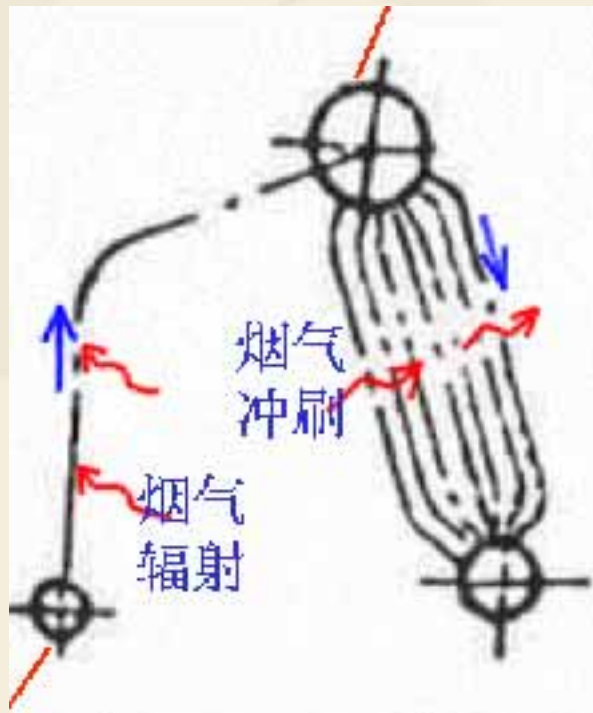


水管锅炉特点：

- 1、烟气横向冲刷水管受热面，传热效率高
- 2、炉膛空间容积不受锅筒直径限制，适用于大、中容量锅炉

锅炉发展趋势：提高运行效率，减少燃料消耗、钢材消耗，  
提高运行安全

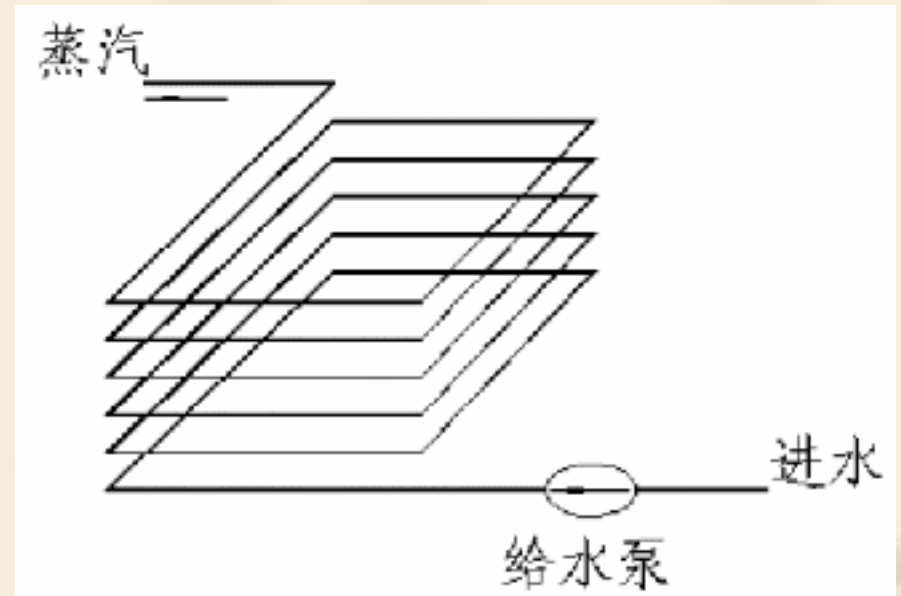
锅筒



集箱

锅外水循环

蒸汽



直流锅炉

## 二、锅炉运行的基本理论

### 1. 燃料化学能转化为热能——燃烧学

燃烧产物：高温烟气

### 2. 高温烟气向水放热——传热学

辐射放热：水冷壁等；对流放热：对流管束等

### 3. 水吸热：汽液两相流（水循环）

炉内放热：煤粉+空气混合燃烧（气固两相流）  
油雾+空气混合燃烧（气液两相流）  
烟气对受热面的流动冲刷

⇒ 流体力学



## 4. 锅炉生产蒸汽/热水的本质——热力学

(流程图)

当锅炉冷炉启动时：定容加热过程

“锅炉压力是烧火烧出的”

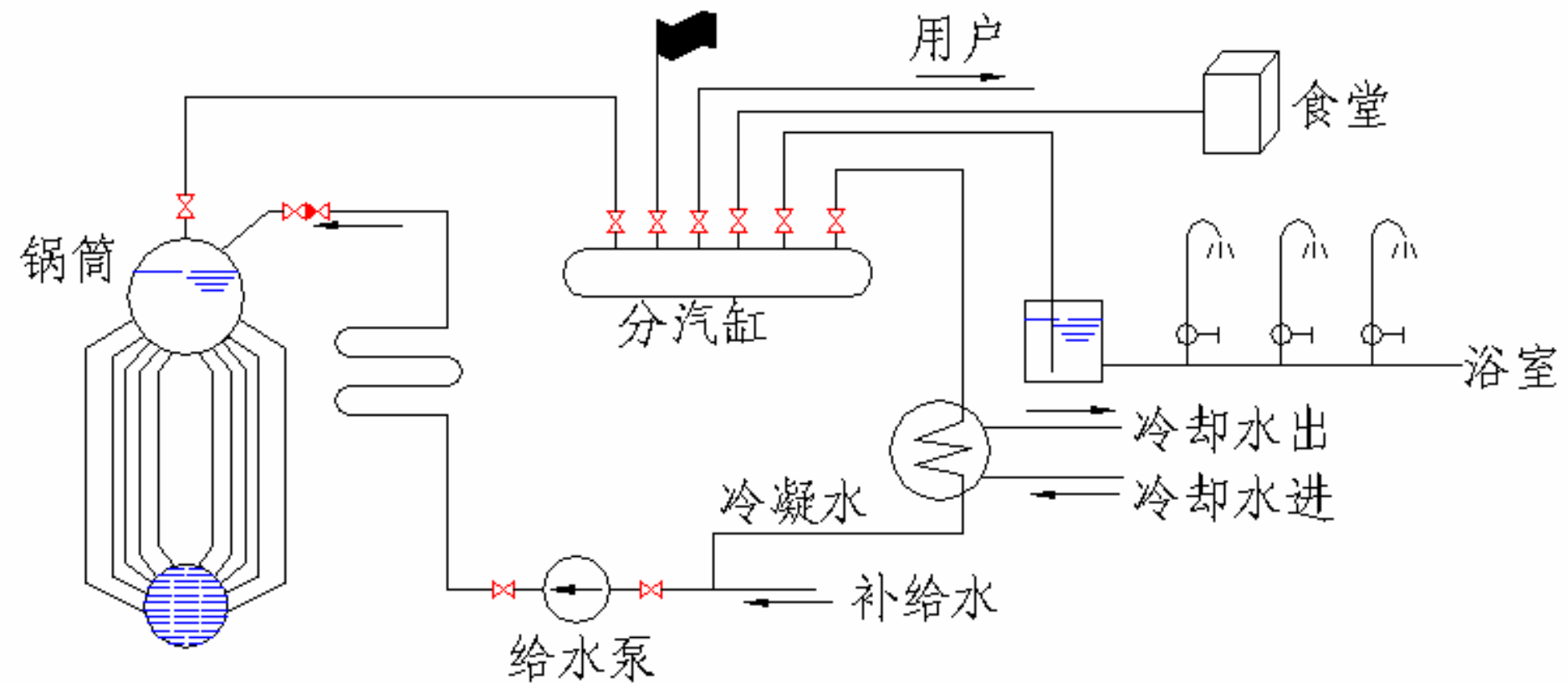
在正常运行（连续供水、产汽）：定压加热过程

给水泵补充给水，扬程 $\geq P_{\text{锅内}} + \Delta P_{\text{管道}}$

“锅炉压力是给水泵提供的”

5. 材料力学

6. 环境科学



# 三、锅炉运行的基本过程

## 1、燃料的燃烧过程

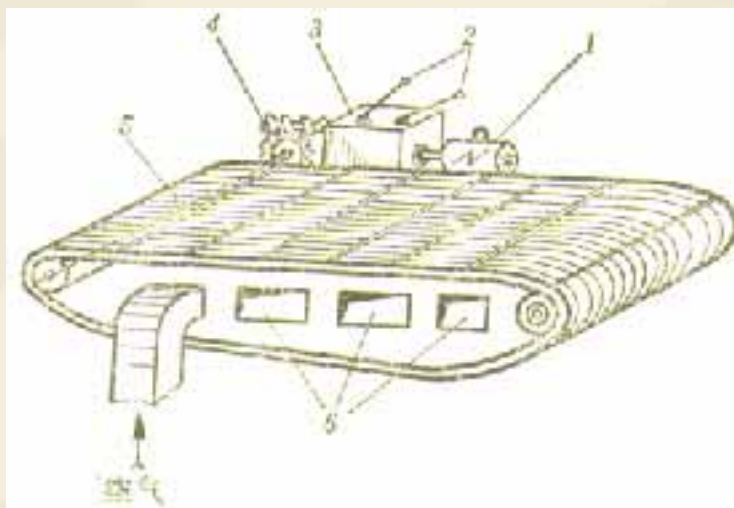
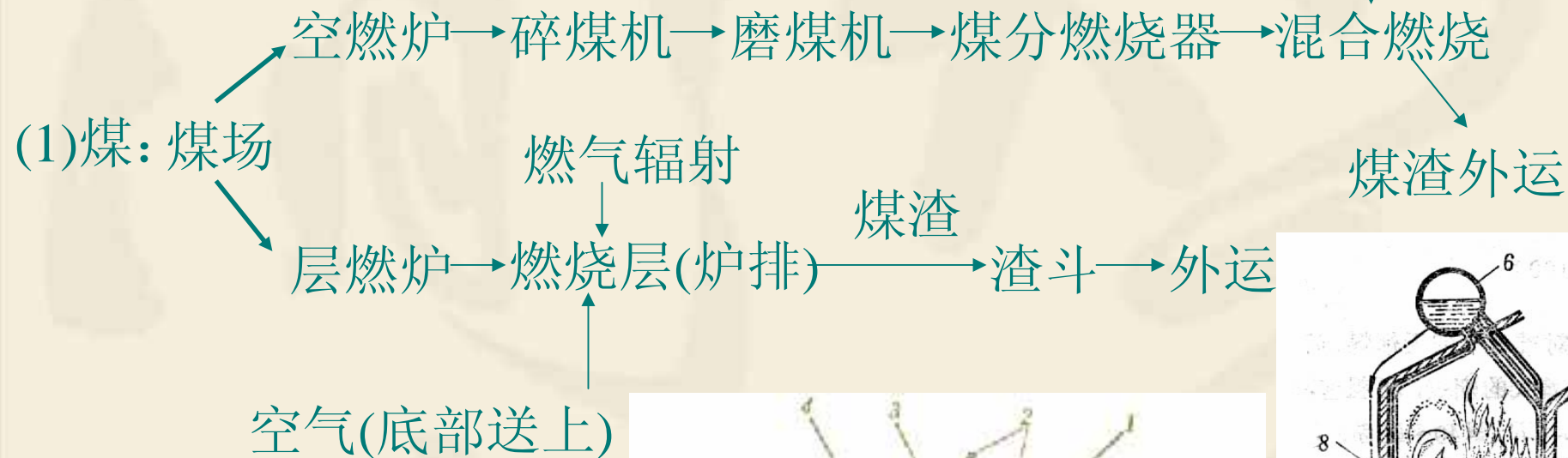


图 4-6 链条炉排示意图

1—电动机；2—传动轴；3—减速机；4—减速机；5—炉排；6—进风管

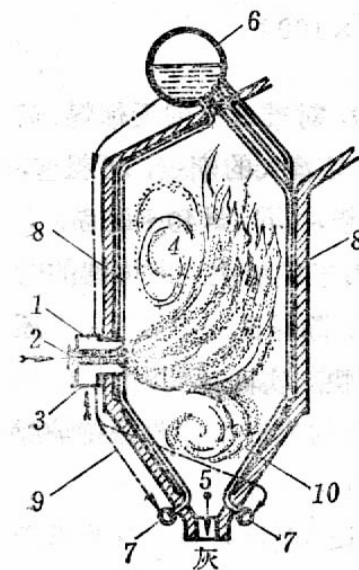
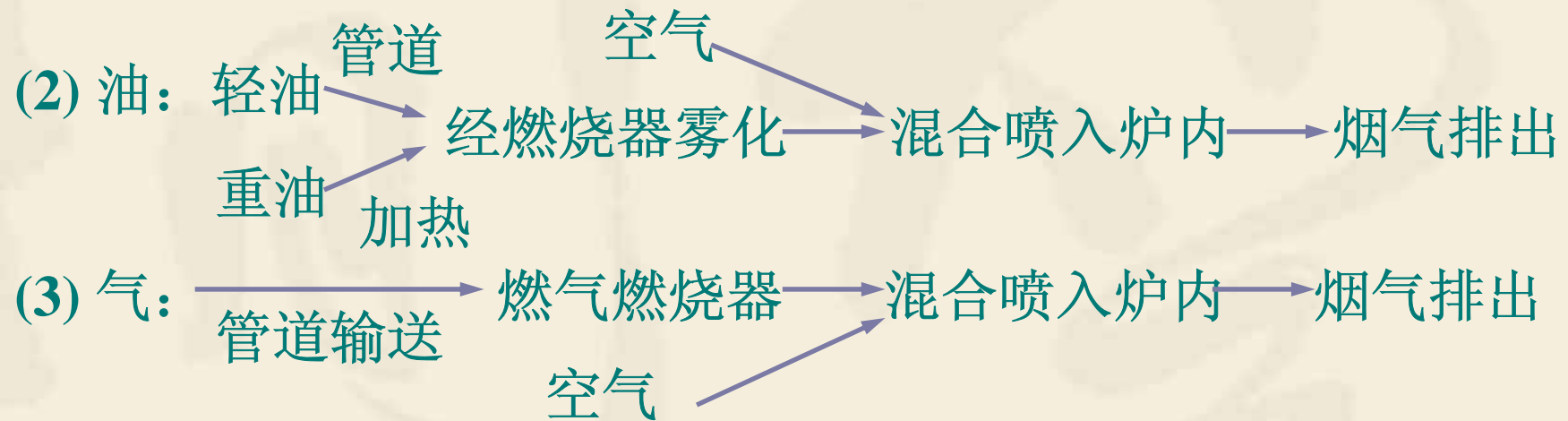


图 4-9 煤粉炉示意图

1—喷燃器；2—一次风入口；3—二次风入口；4—炉膛；5—出灰口；6—锅筒；7—下联箱；8—水冷壁管；9—下联箱；10—冷灰斗

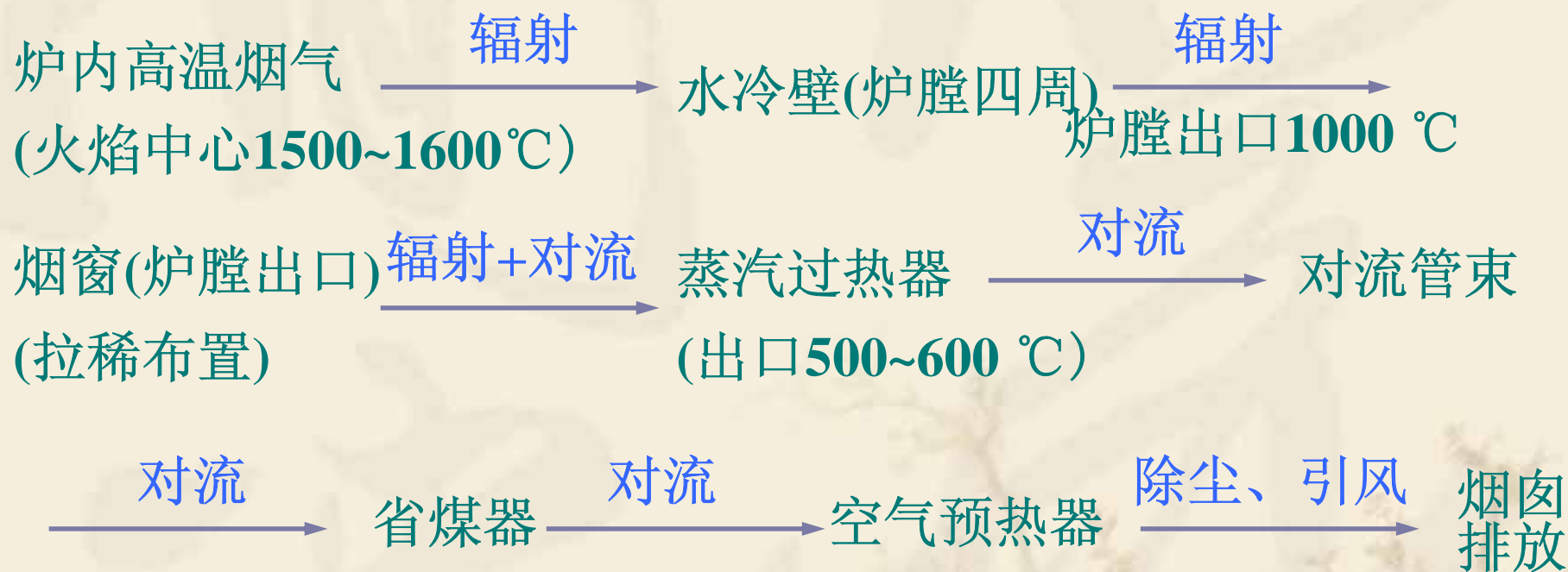


燃油/气炉，无炉渣生成



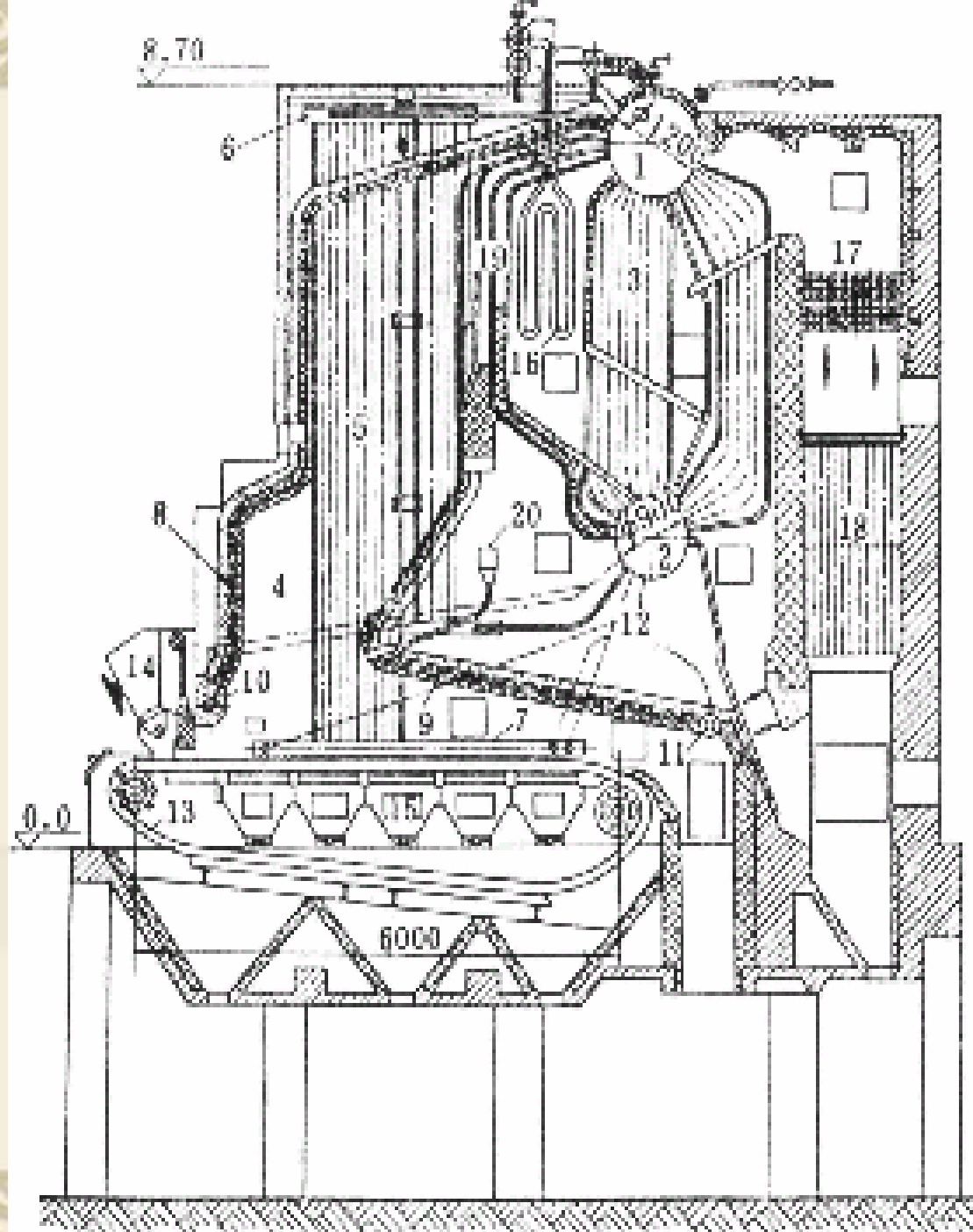
## 2.烟气向水的传热过程

### (1) 燃煤锅炉: (SHL型)



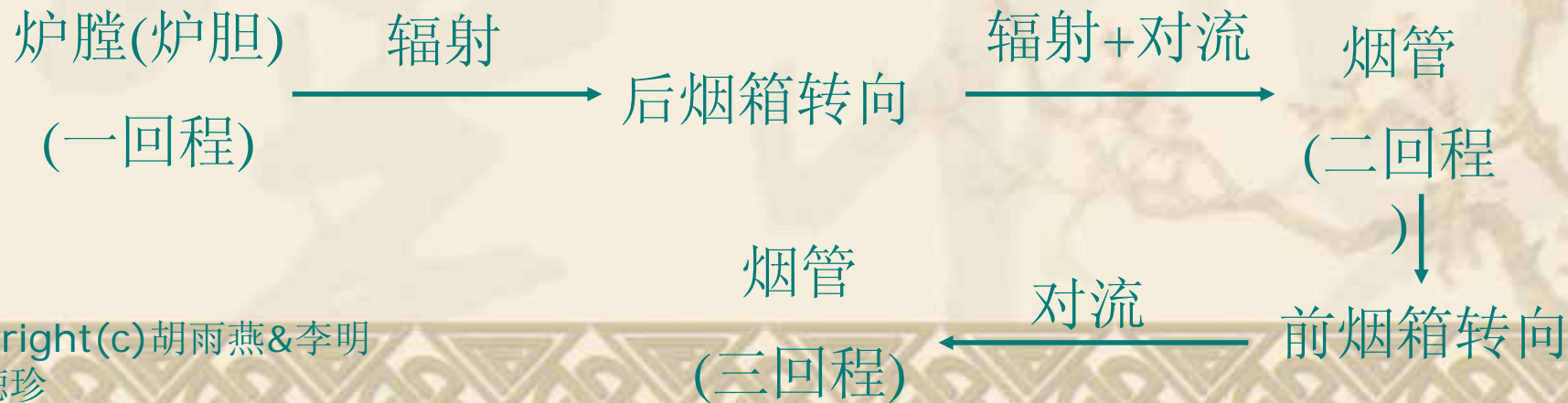
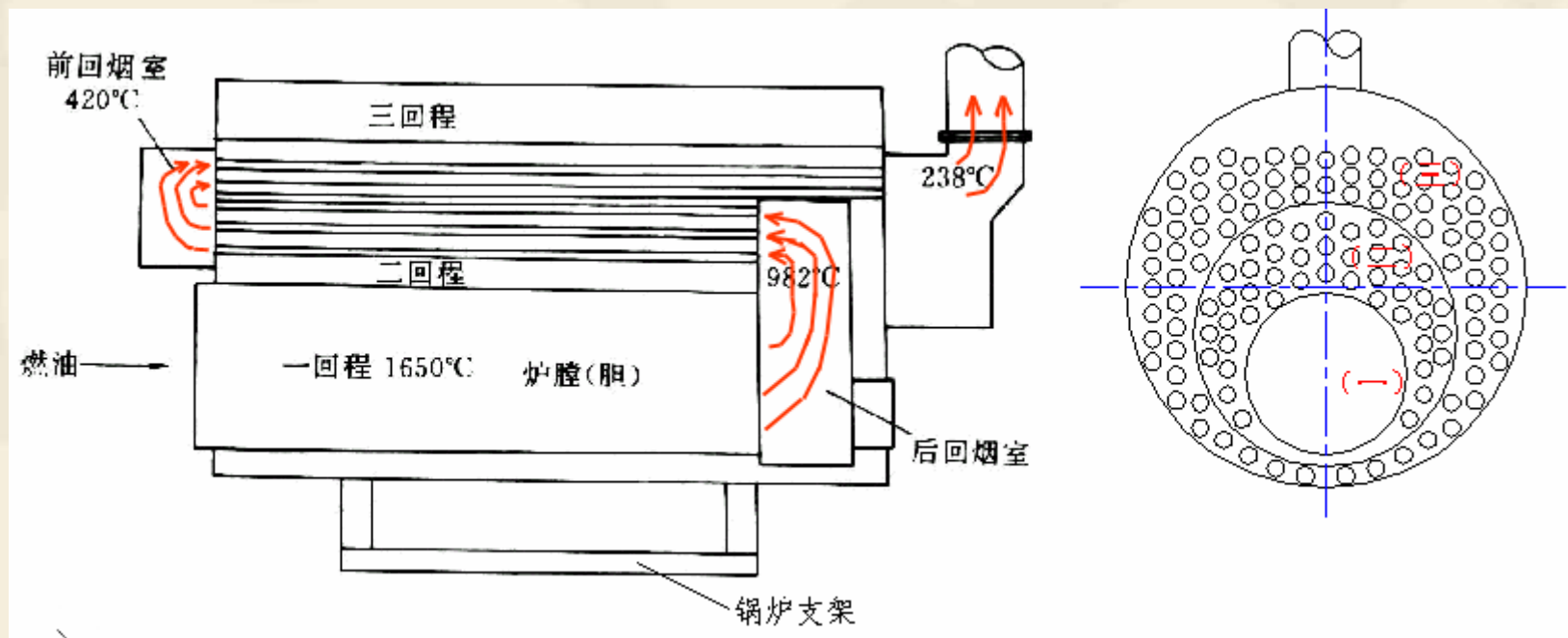
烟窗拉稀布置: (a) 防止熔融飞灰挂渣, 堵塞烟气通道

(b) 由烟窗吸收烟气热量, 保护后续受热面上不挂渣



**SHL10**  
剖面图

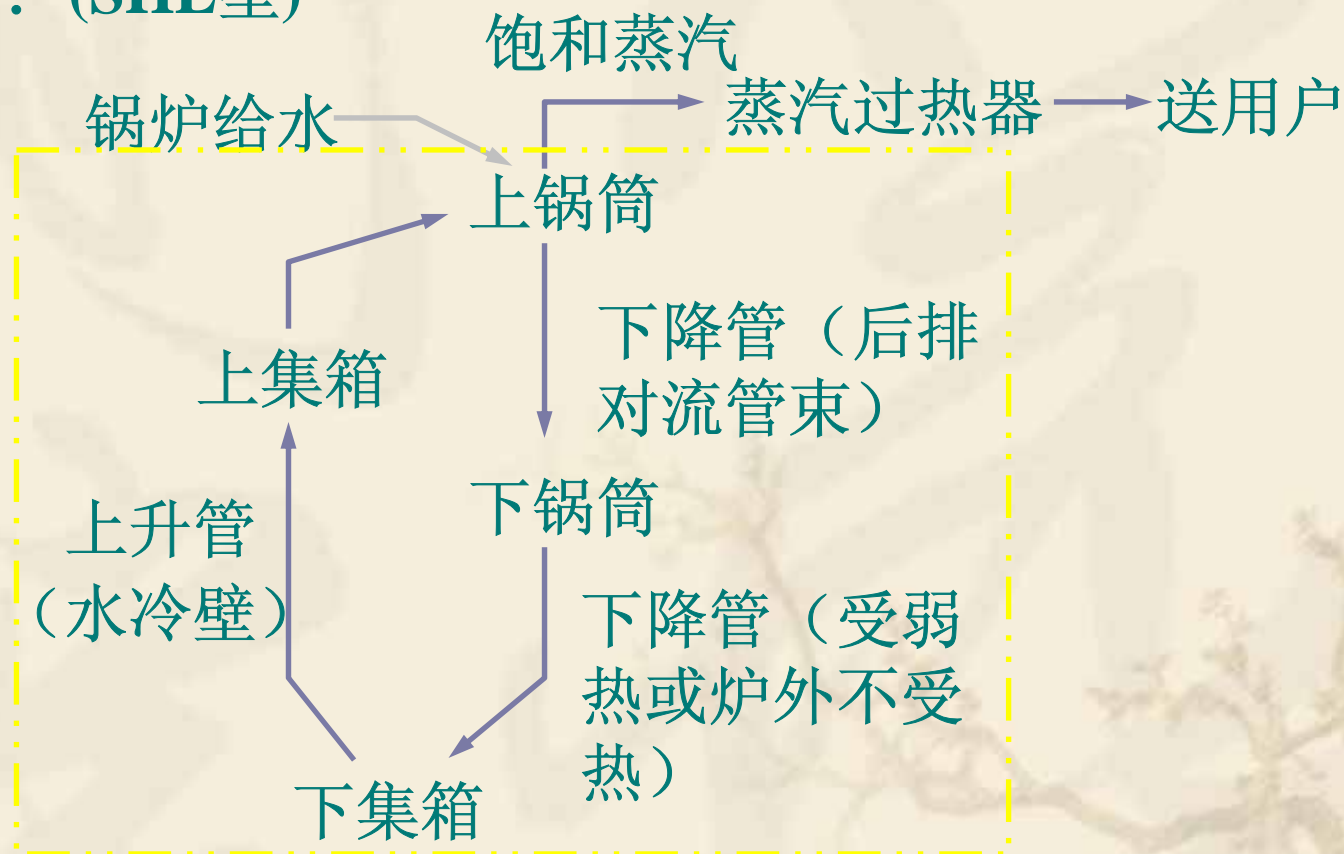
## (2)燃油/气锅炉：以WNS国产锅炉为例——烟气三回程放热



### 3.水的受热升温过程

(1) 卧式烟火管锅炉：锅内水循环

(2) 水管锅炉：(SHL型)





# 四、锅炉的基本参数

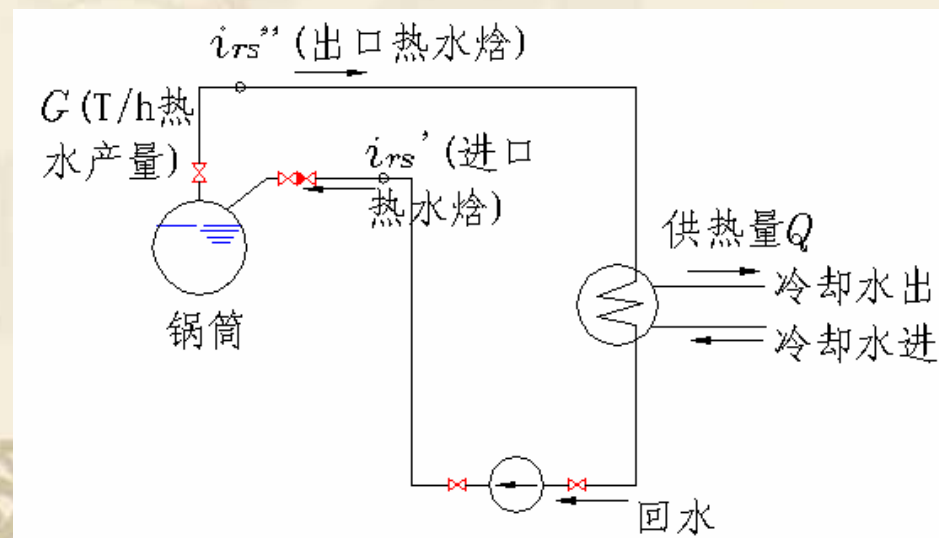
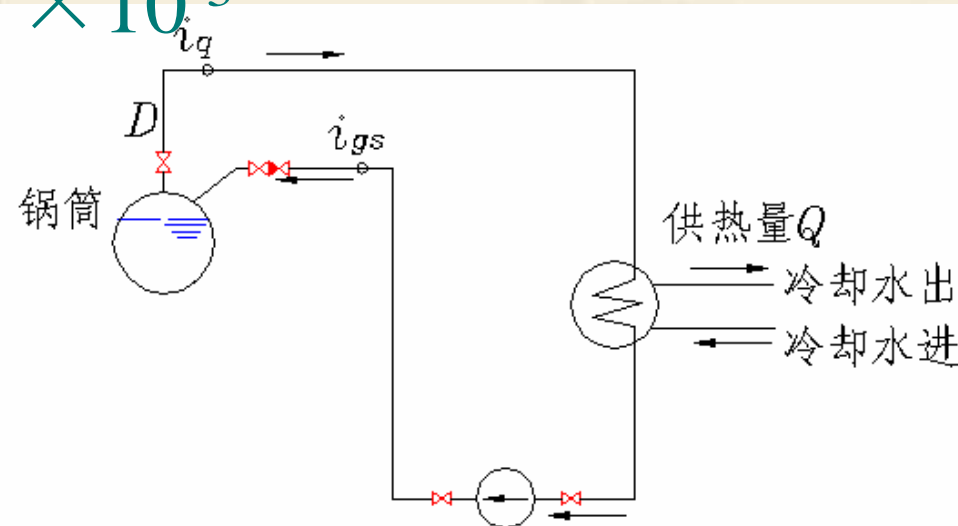
## 1.蒸发量/热功率—— $D$ t/h, $Q$ MW

蒸汽锅炉（供热锅炉）每hr产生的**额定**蒸发量（供热量）。

$D \sim Q$ 间关系:

1) 产生蒸汽的供热锅炉  $Q = D \times 10^3 \times (i_q - i_{gs}) / 3600 \times 10^{-3}$

2) 产生热水的供热锅炉  $Q = G \times 10^3 \times (i_{rs}'' - i_{rs}') / 3600 \times 10^{-3}$



## 2.蒸汽/热水的参数

Copyright(c)胡雨燕&李明  
&陈德珍

指锅炉出口处蒸汽的额定压力（表压）、温度。

蒸汽锅炉：生产饱和蒸汽的：P $\leftrightarrow$ t，只需标出一个参数，

常用压力

生产过热蒸汽的：P、t 均需标出

热水锅炉：指出水P、出水温度、回水温度

## 3.热效率——表明锅炉结构的合理性（运行成本）

$$\eta_{gl} = \frac{\text{同时间内被有效吸收的热量}}{\text{进入锅炉的热量}} \times 100\%$$

（锅炉类型不同、燃料不同，则效率高低不同）

4. 受热面蒸发率/发热率——反映受热面传热性能

每 $\text{m}^2$ 受热面产生的热量,  $Q/H$

每 $\text{m}^2$ 受热面产生的蒸汽量,  $D/H$

烟气与水热交换的表面积,  $H, \text{m}^2$

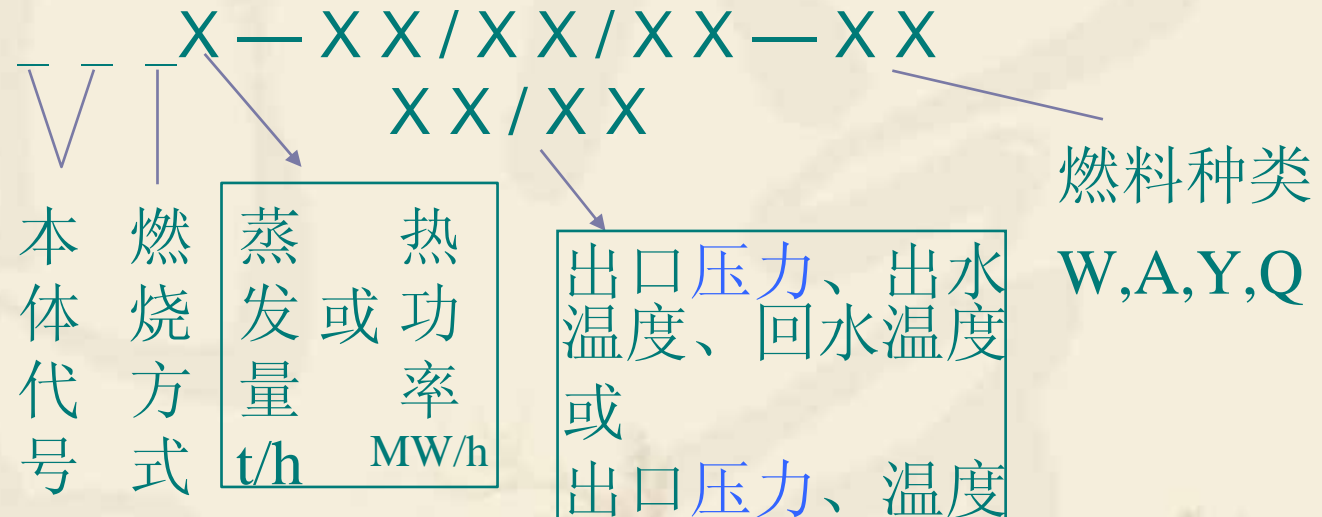
(常以烟气侧表示)

不能反映制造成本、不反映运行效率

5. 金属耗率, 耗电率 可反映制造成本

——产生每T蒸汽所消耗的金属重量  $\text{t钢/t蒸}$   
或 耗电量  $\text{kWh/t蒸}$

## 1. 供热锅炉：第一部分      第二部分      第三部分

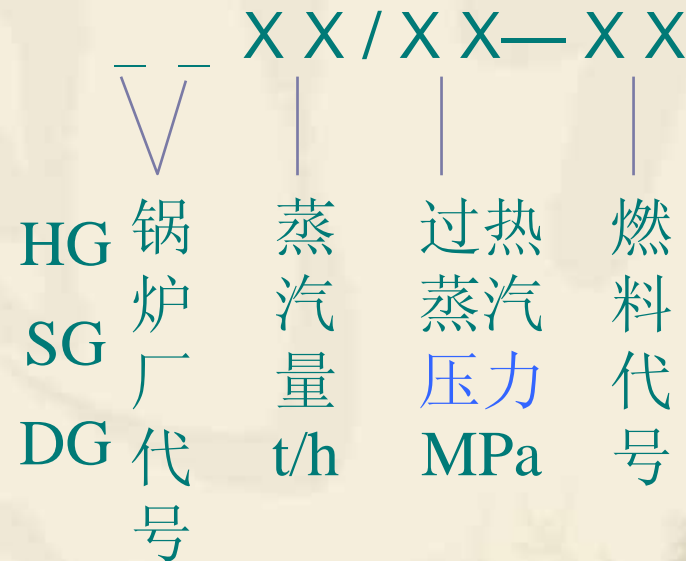


eg. LHS0.5-0.04-Y    SHL4-1.0/250-W  
WNS7.0-0.7/115/70-Q<sub>y</sub>

近似估计：  
0.7MW ~ 1 t/h



## 2. 电站锅炉： 第一部分 第二部分 第三部分



过热蒸汽温度、再热蒸汽温度压力等只在锅炉性能中指明，型号中一般可不标出。

eg. HG670/13.7-YQ2

第二次变型  
设计

## 五、锅炉房设备

——是锅炉与保证锅炉正常、连续运行的辅助设备设备的总称。

锅炉房设备：由 锅炉本体 + 辅助设备 组成

(图)

锅+炉+附加受热面

蒸汽过热器

省煤器+空气预热器  
(尾部受热面)

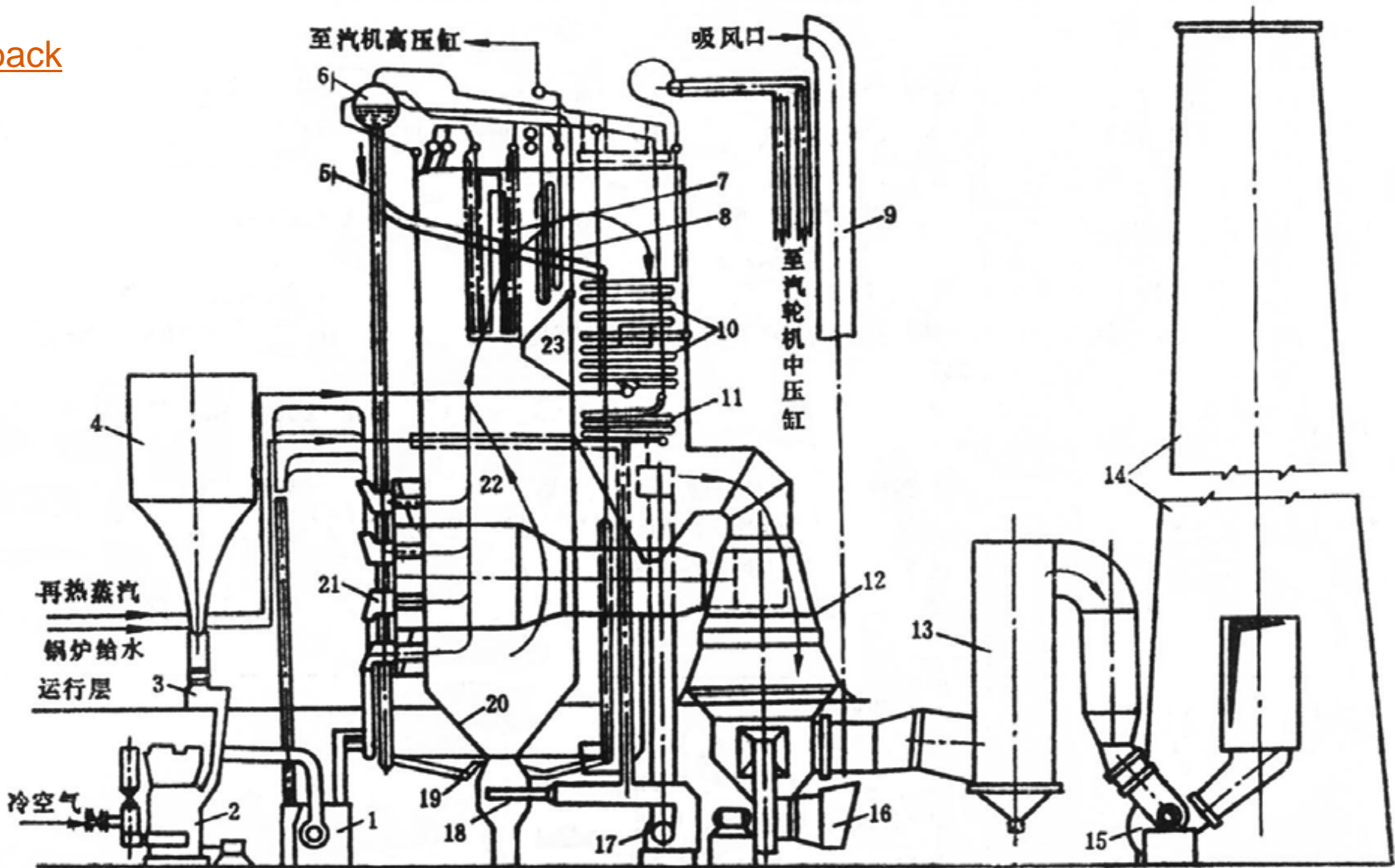
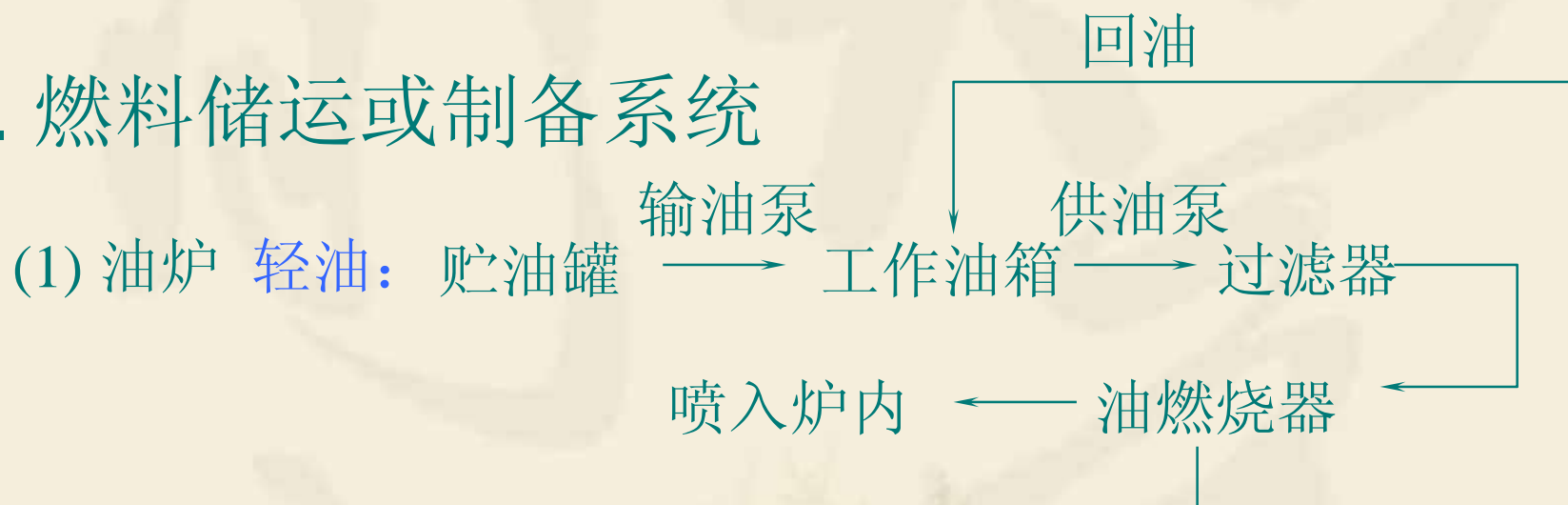


图1-4 燃用煤粉的自然循环锅炉房简图

- 1—排粉机；2—磨煤机；3—给煤机；4—煤斗；5—下降管；6—锅筒；  
7—半辐射式过热器；8—对流过热器；9—送风机吸风管；10—再热器；11—省煤器；  
12—空气预热器；13—除尘器；14—烟囱；15—引风机；16—送风机；17—烟气再循环风机；  
18—灰渣斗；19—下集箱；20—水冷壁；21—燃烧器；22—炉膛；23—折烟角

# 辅助设备

## ❖ 1. 燃料储运或制备系统

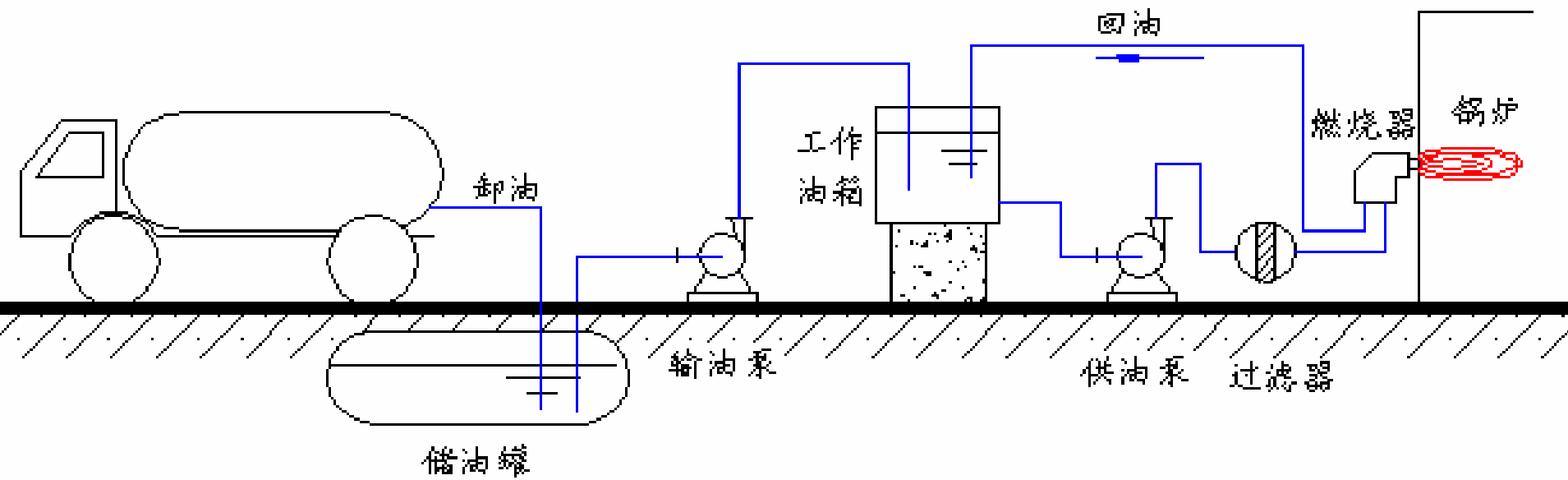


（参见下一页流程图）

重油：燃料储运系统与轻油相似，但储油罐、  
油箱、管道等均需有加热或保温装置。

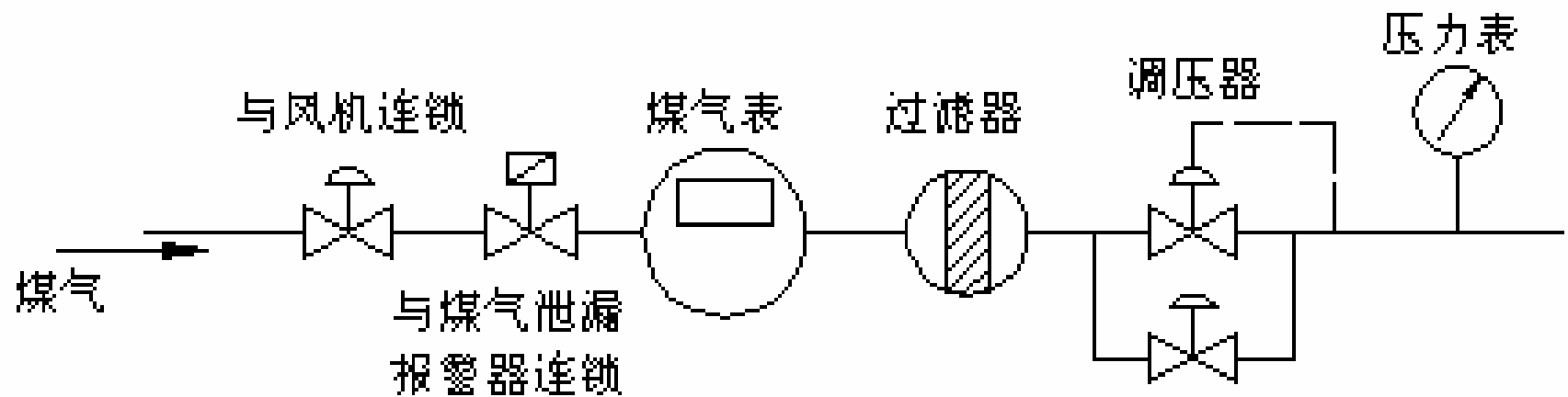


## 轻油供油流程

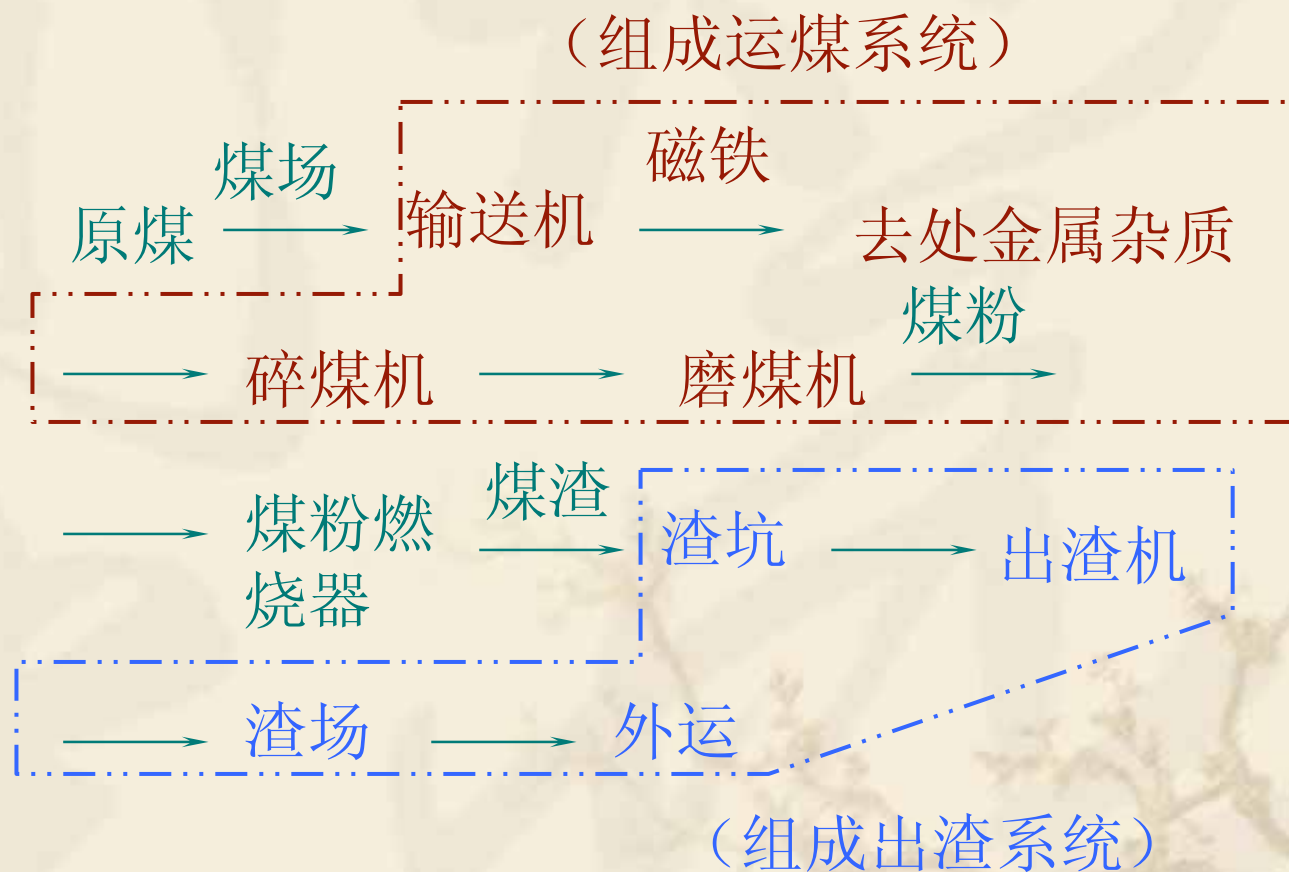


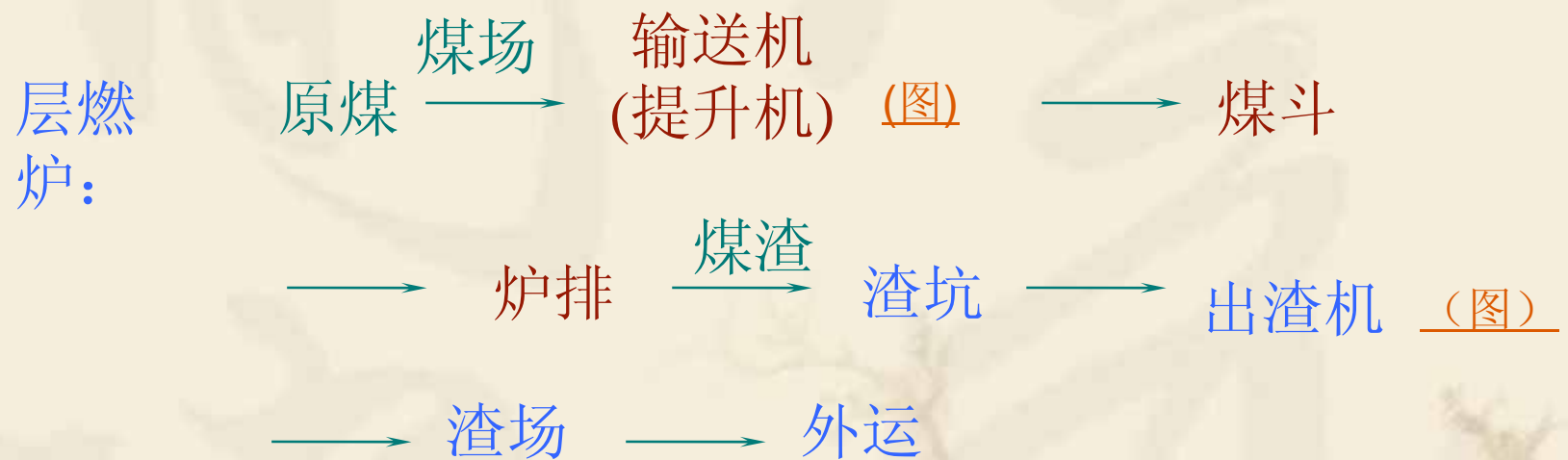
## (2)气炉：安全保护的要求高

煤气管 → 煤气表 → 过滤 → 稳压 → 气燃烧器



(3)煤炉 煤粉  
炉:

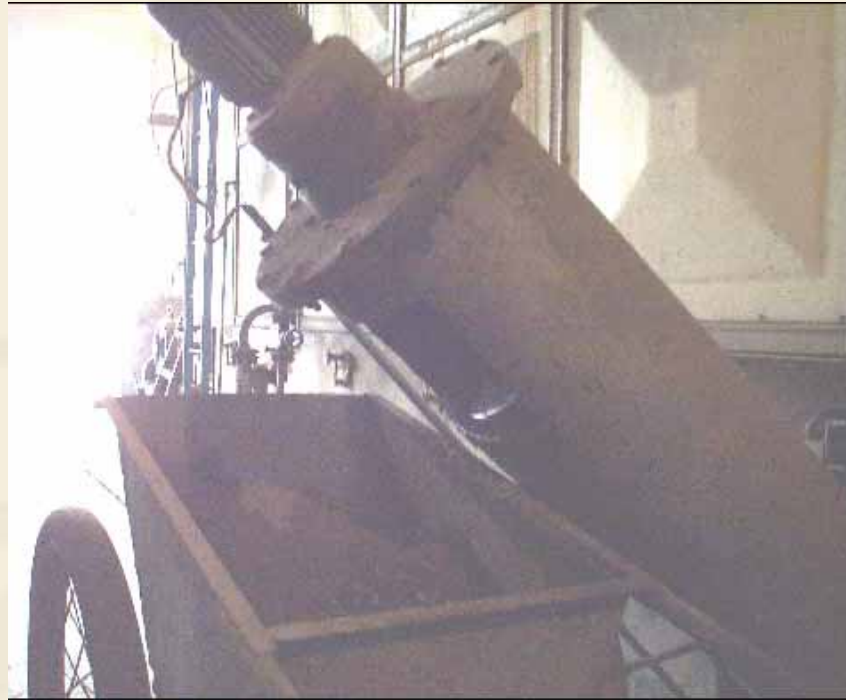






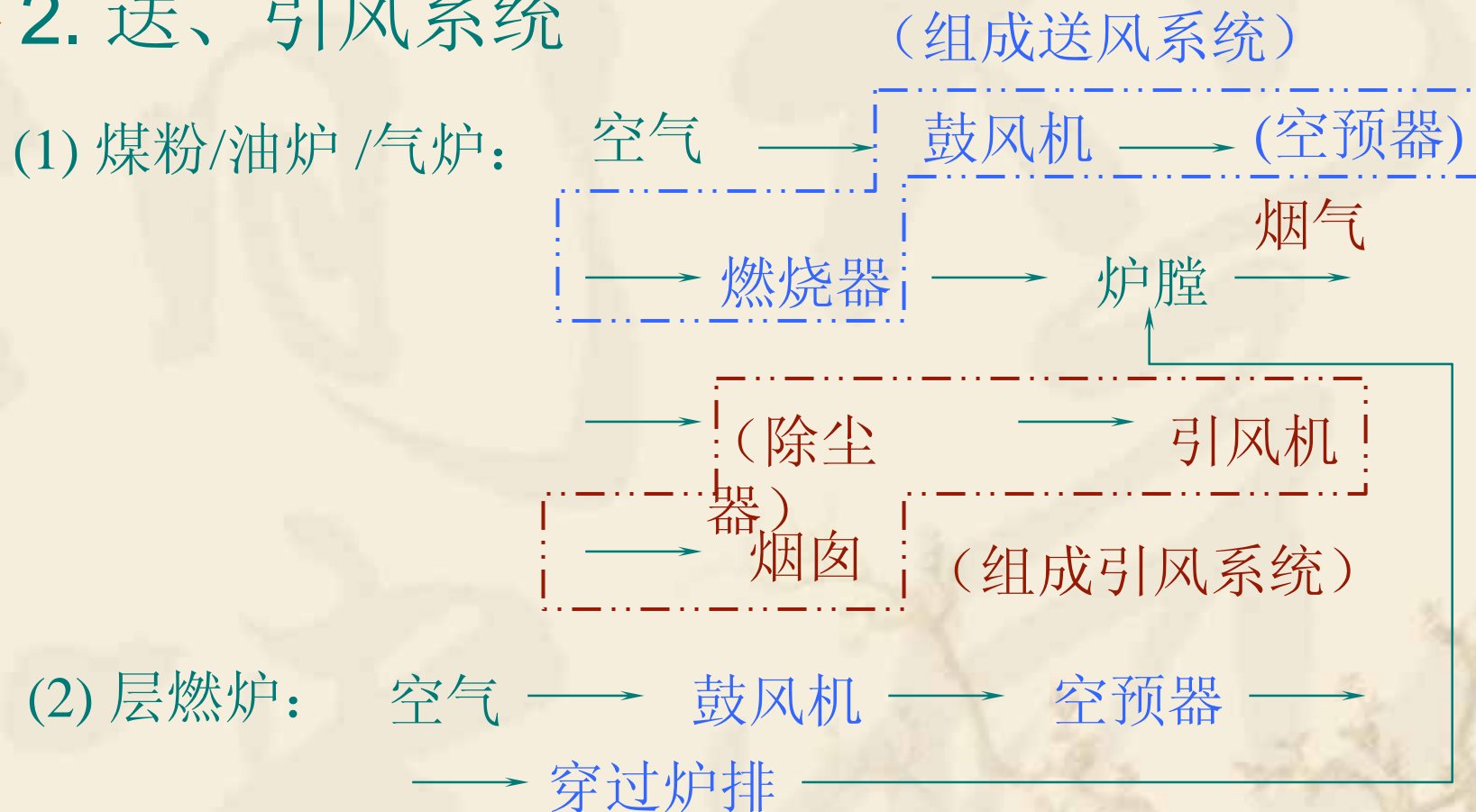


KZL4锅炉输送机(提升机)提升固体燃料



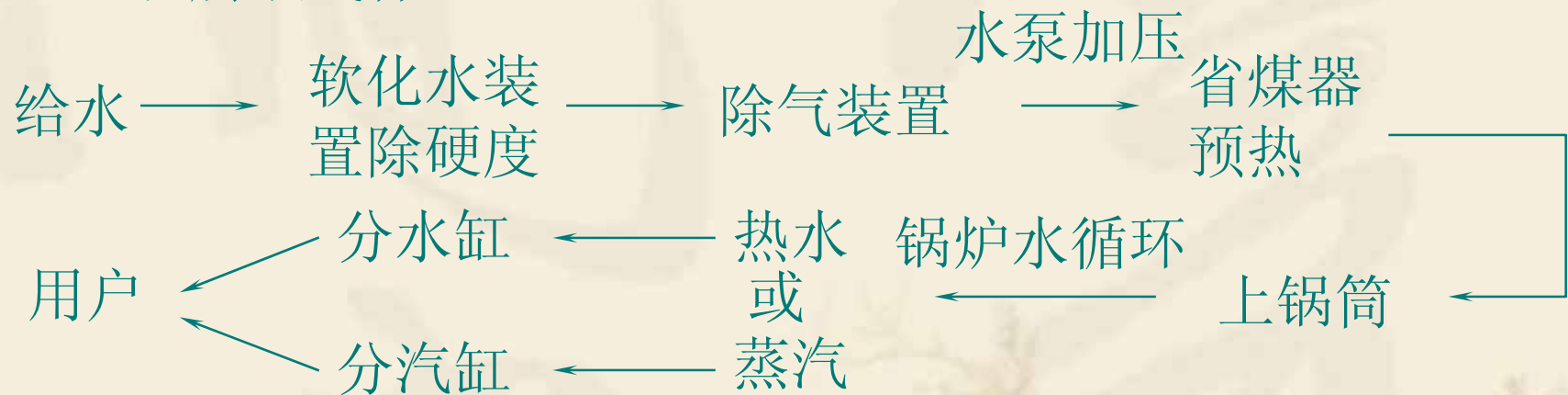
螺旋出渣机

## ❖ 2. 送、引风系统



### ❖ 3. 水、汽系统

一般，2T/h以上锅炉的给水需先水处理，去除结垢离子和腐蚀气体。





## ❖ 4. 自动控制系统

锅炉的锅内是有压甚至是高压环境，需要有良好的运行保护，因此都配备控制箱。大型电站锅炉都是全自动运行，小型燃油、燃气锅炉也都可实现全自动、无人化管理，燃煤锅炉有的还需人工操作。

基本控制如：

锅内水位高低控制和报警：

目测：玻璃水位计

自动：水位传感器，信号接至控制箱。水位过高 停给水  
泵；过低 开给水泵。

锅内压力监测和报警：

目测：压力表

自动：压力传感器，信号接至控制箱

压力过低 开燃烧器；压力过高 停燃烧器，向外放汽

锅内水温监测： 水温过低 开燃烧器；水温过高 停燃烧器，向外放汽  
(热水锅炉)

送、引风系统： 鼓风机、引风机启停连锁，即必须先开引风机再开鼓风机，必须先关鼓风机再关引风机。