



工业锅炉设备

Copyright © 2013 DGUT. Permission required for reproduction or display.

任课教师：张彦佐

Email: zhangyz@dgut.edu.cn

化学工程与能源技术学院
School of Chemical and Engineering and Energy Technology
东莞理工学院
DongGuan University of Technology



2014年4月



作业:

1. 自然循环回路的流动压头是怎么产生的？流动压头与有效压头有何区别？
2. 自然循环蒸汽锅炉的水循环会出现哪些常见故障？
3. 自然循环蒸气锅炉中水循环发生故障时，为什么一般是受热弱的上升管而不是受热强的上升管容易烧坏或过热？



作业:

4. 试述工业锅炉蒸汽净化的原理?



第五章 工业锅炉的燃烧设备

5.1 燃料的燃烧过程

燃烧过程

5.2 层燃燃烧设备

5.3 流化床燃烧设备

燃烧设备

5.4 室燃燃烧设备

5.5 工业锅炉燃烧设备的热力特性

热力特性



第五章 工业锅炉的燃烧设备

5.1 燃料的燃烧过程

燃烧过程

5.2 层燃燃烧设备

5.3 流化床燃烧设备

燃烧设备

5.4 室燃燃烧设备

5.5 工业锅炉燃烧设备的热力特性

热力特性



燃烧设备的分类

1. 层燃炉——固体燃料被层铺在炉排上进行层状燃烧的炉子，
如：手烧炉、链条炉、抛煤机炉等；
2. 沸腾炉——燃料被气流托起携带呈上下翻滚沸腾状燃烧的炉子，
如：流化床、鼓泡床、循环流化床、增流化床等。
3. 室燃炉——燃料呈雾状细颗粒随空气喷入炉内呈悬浮状燃烧的炉子，如：煤粉炉、油炉、气炉等；
4. 旋风炉——燃料在圆柱形的旋风筒内组织旋涡燃烧的炉子。



- 燃烧设备应满足的基本要求
 - 燃料能及时、连续、稳定地着火燃烧；
 - 具有高的热效率、热负荷；
 - 运行安全可靠、故障少、使用寿命长、调节灵活；
 - 燃料适应性广、负荷调节幅度大；
 - 燃烧排放物对环境的污染小；
 - 噪声小；
 - 机械化、自动化程度高等。



§ 5-1 燃料的燃烧过程

一、煤的燃烧过程

二、燃料油的燃烧过程

三、气体燃料的燃烧过程



一、煤的燃烧过程

1. 煤燃烧的四个阶段

- ① 煤的干燥（水分蒸发）阶段；
- ② 挥发分析出与焦碳形成阶段；
- ③ 挥发分与焦碳的着火燃烧阶段；
- ④ 灰渣形成阶段。

2. 对燃煤设备的要求

- ① 保持一定的高温环境；
- ② 供应充足而适量的空气；
- ③ 保证充分的混合，并提供燃烧所需的时间和空间；
- ④ 及时排除燃烧——燃气烟气和灰渣。

3. 煤的着火温度

种类	着火温度/℃
焦碳	600~700
无烟煤	500~600
烟煤	325~400
褐煤（风干）	250~450
泥煤（风干）	225~280



二、燃料油的燃烧过程

1. 燃料油的喷雾燃烧过程的四个阶段

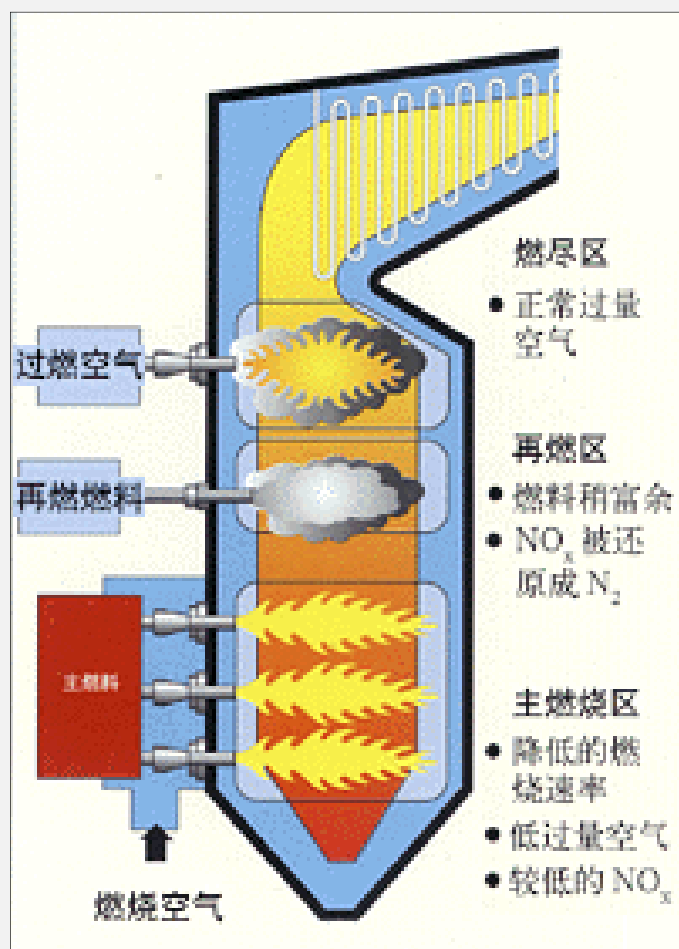
- ① 雾化阶段；
- ② 蒸发阶段；
- ③ “油气”与空气的混合阶段；
- ④ 着火燃烧阶段。

2. 影响燃料油着火和稳定燃烧的主要因素

- ① 回流区的大小；
- ② 混合物的初始温度；
- ③ 燃烧器区域的烟气温度；
- ④ 燃料油性质。



三、气体燃料的燃烧过程



1. 气体燃料燃烧过程分两个阶段

- ① 第一阶段是可燃气体和空气的混合；
- ② 第二阶段是燃气的着火燃烧

2. 对于气体燃料而言，不同的燃烧方式其燃料燃烧过程各异

- ① 扩散式燃烧的燃烧过程
 $\alpha = 0$
- ② 部分预混式燃烧的燃烧过程
 $\alpha = 0.45 \sim 0.75$
- ③ 完全预混式燃烧的燃烧过程
 $\alpha = 1.05 \sim 1.10$



第五章 工业锅炉的燃烧设备

5.1 燃料的燃烧过程

燃烧过程

5.2 层燃燃烧设备

5.3 流化床燃烧设备

燃烧设备

5.4 室燃燃烧设备

5.5 工业锅炉燃烧设备的热力特性

热力特性



固定炉排炉（手烧炉）

一、单层手烧炉

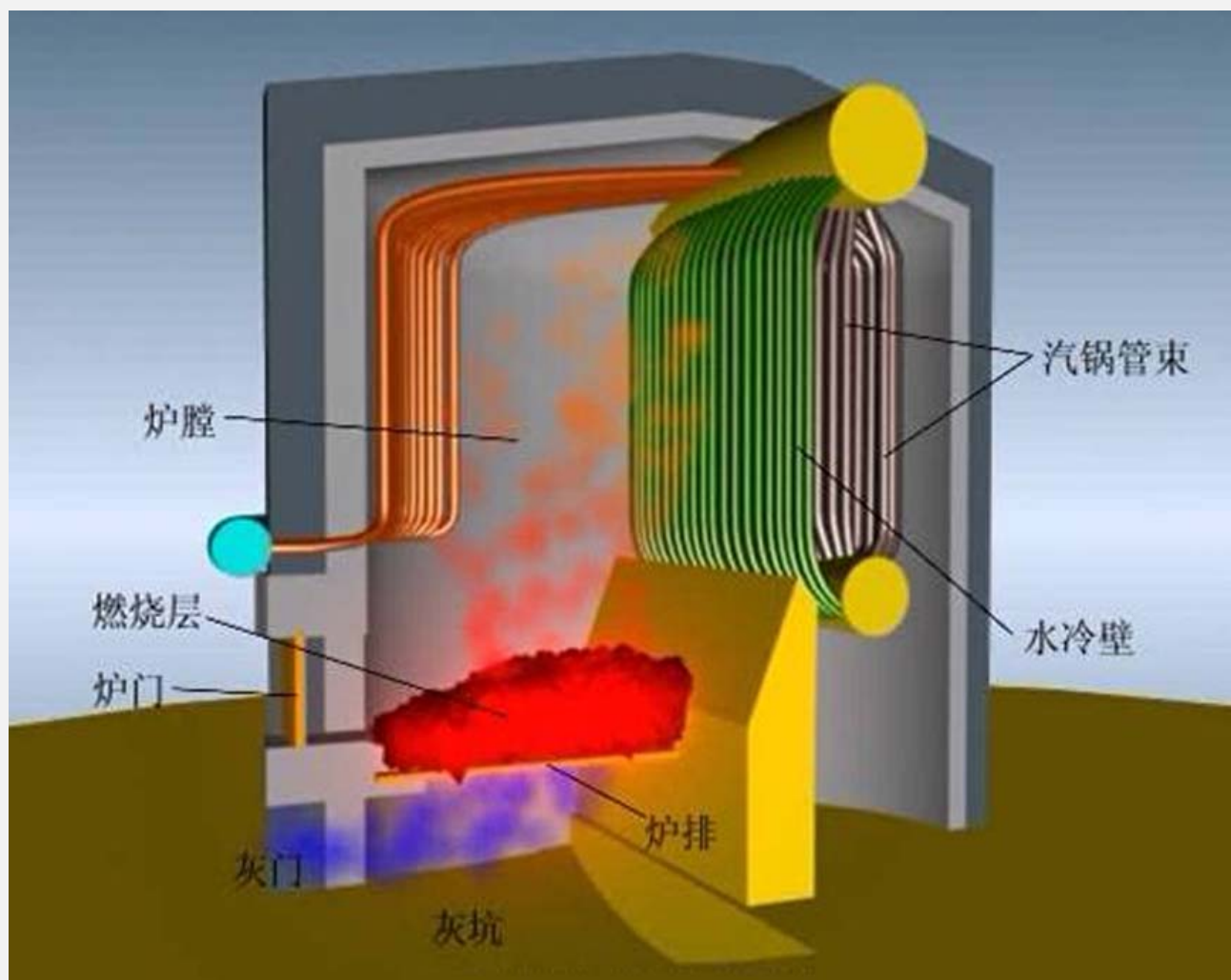
1. 结构和工作过程（手烧炉结构简图）

2. 手烧炉的燃烧特点（手烧炉层结构与层间气体成分示图）

- ① 着火迅速而稳定
- ② 燃烧时间充足
- ③ 煤种适应性强
- ④ 燃烧过程具有周期性

3. 改善单层手烧炉的措施

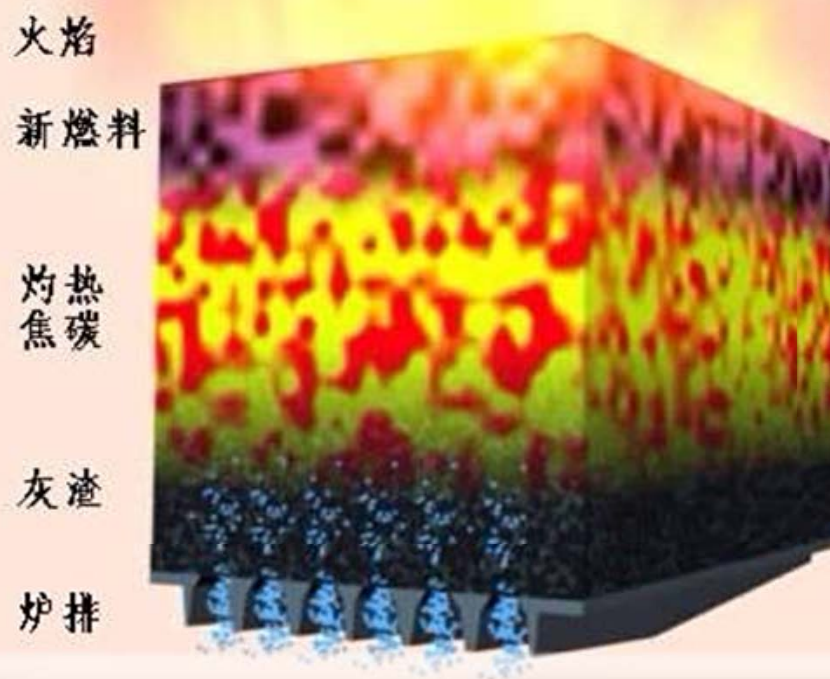
- ① 改进操作
- ② 改固定炉排为摇动炉排
- ③ 采用双层炉排，以改变燃烧层结构



手烧炉结构简图



手烧炉燃烧层结构与层间工作特性:



燃烧过程沿高度进行

新燃料区: 双面预热 IV

焦炭层: 主要燃烧区域, 温度可高达1200-1600℃。分为氧化区和还原区。 III

灰渣层: 保证炉排不受高温损坏, 同时使空气分布更均匀。 II

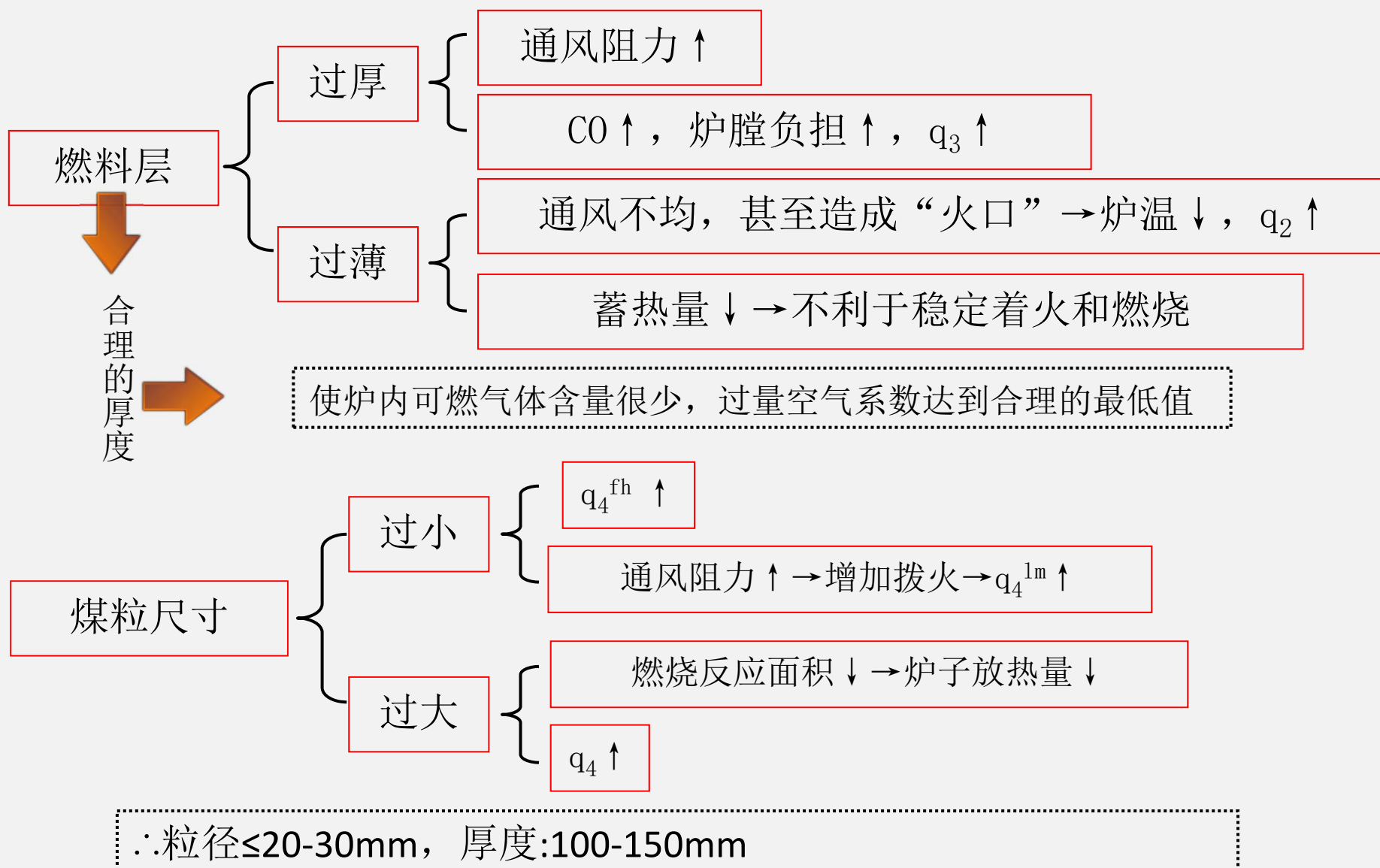
I

烟气成分温度

氧化区: $C + O_2 \rightarrow CO_2$, 放热, 温度↑, CO_2 ↑

还原区: $CO_2 + C \rightarrow 2CO$, 吸热, 温度↓, CO_2 ↓, CO ↑

I 新燃料区 II 灰渣层 III 氧化区 IV 焦炭层



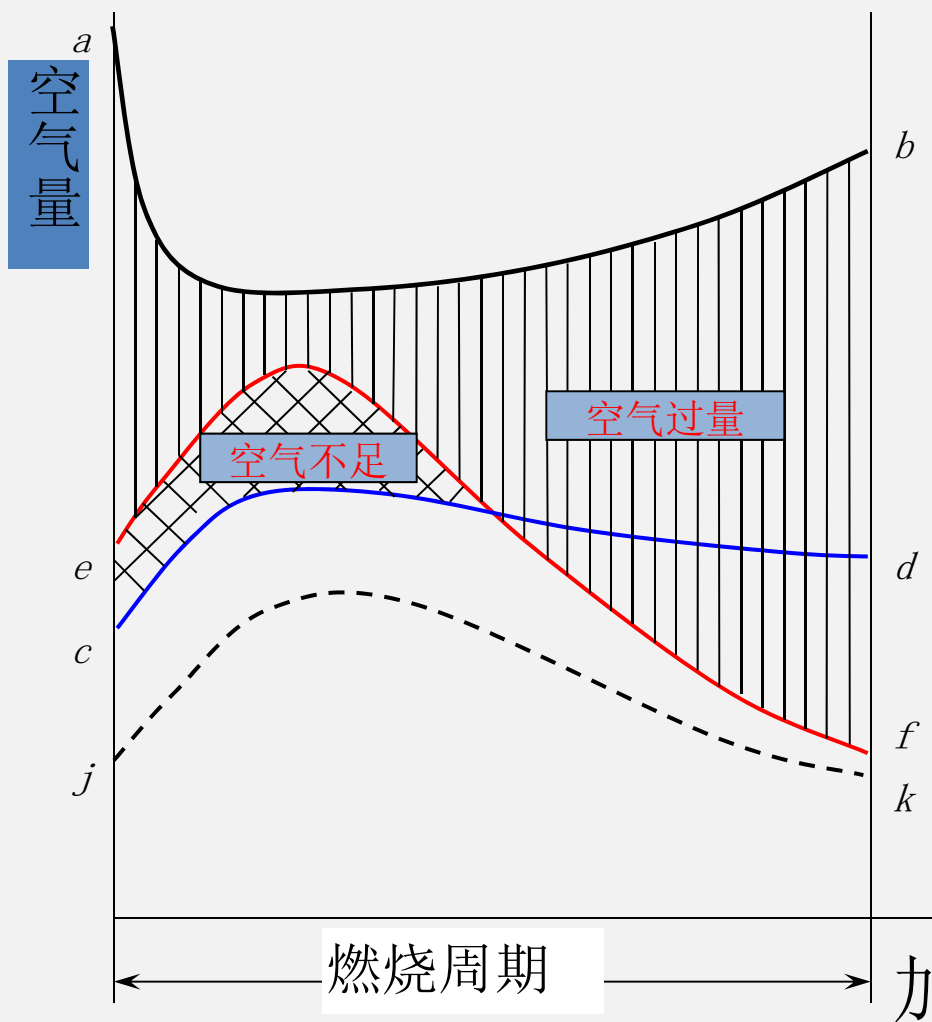


氧化区和还原区厚度：

主要取决于煤粒的大小（煤粒 $\uparrow$ →厚度 $\uparrow$ ）。

氧化区厚度约为煤粒直径的3-5倍；

还原区厚度约为氧化区厚度的4-6倍。

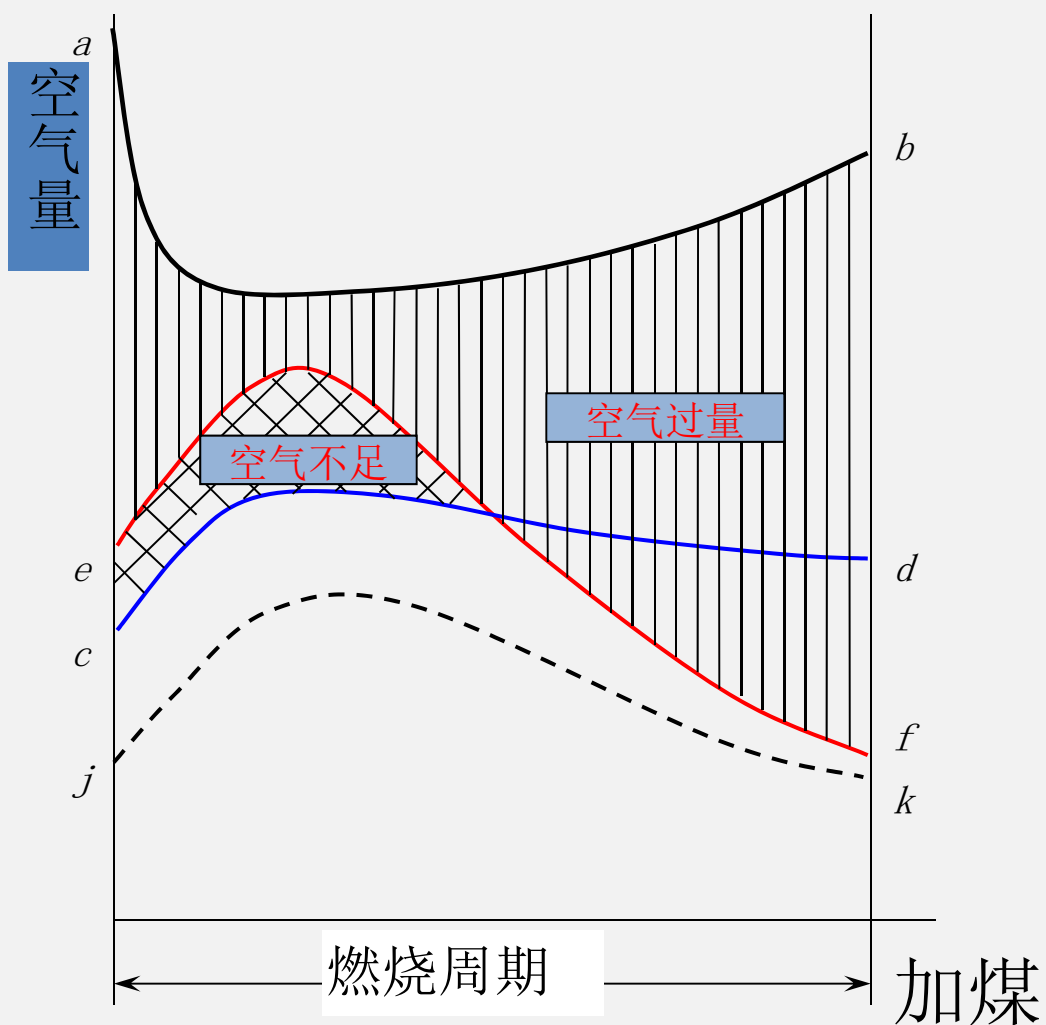


2.手烧炉的燃烧特点

- ❖ 双面引火, 煤种适应性广。
- ❖ 燃烧工况周期性, 燃烧效率低, 污染严重。

ab-进入炉内的总空气量;
 cd-实际能有效参与反应的空气量;
 ef-所需理想空气量;
 jk-焦炭燃烧所需空气量。

手烧炉燃烧周期中空气供需情况



冒黑烟

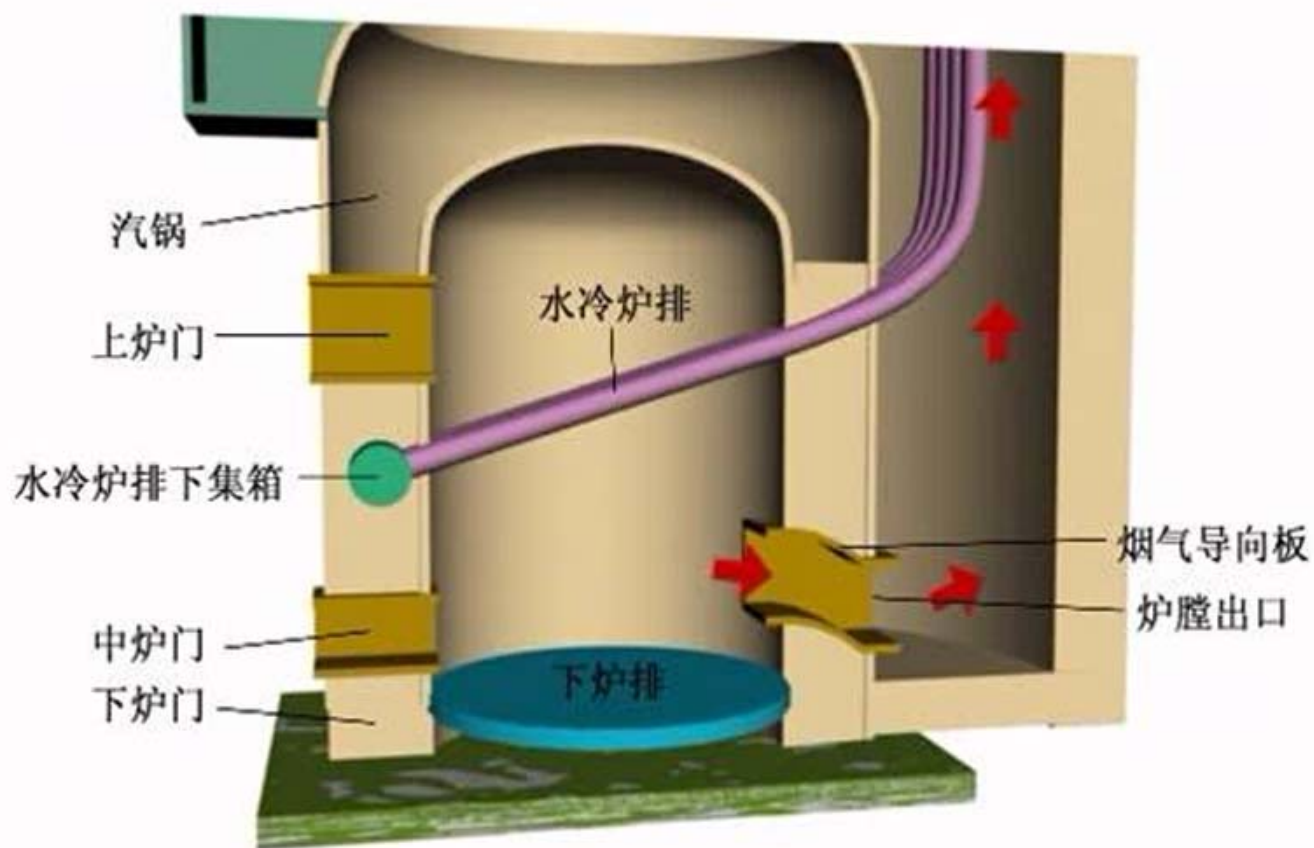


煤入炉后，当挥发分大量析出需要大量空气时，由于实际参与燃烧的空气远远满足不了燃烧需要，在严重缺氧时引起挥发物热分解生成大量碳黑，此时炉温尚低导致碳黑难以燃烧而冒黑烟。

手烧炉燃烧周期中空气供需情况



二、双层固定炉排炉



双层炉排手烧炉结构示意图



链条炉排炉

一、链条炉排炉的结构（链条炉结构简图）

二、链条炉的燃烧过程（链条炉燃烧过程与烟气成分）

I 区段是燃料的预热干燥区段

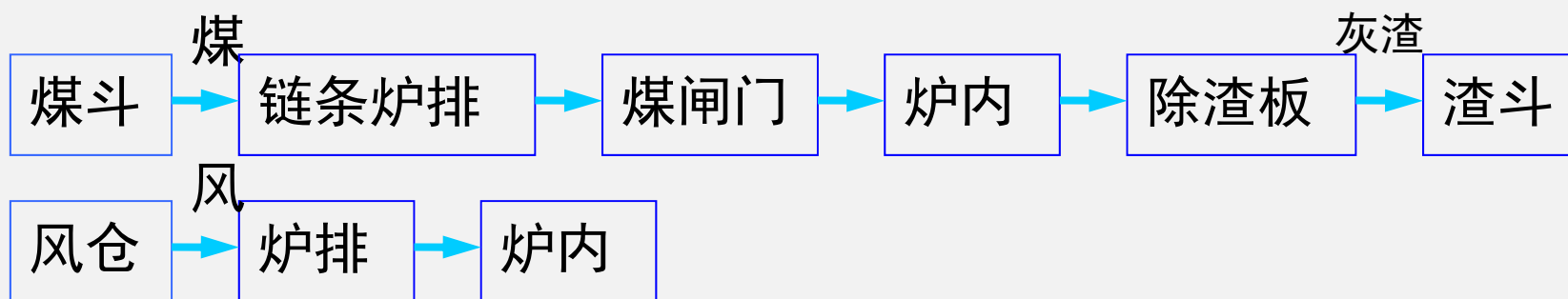
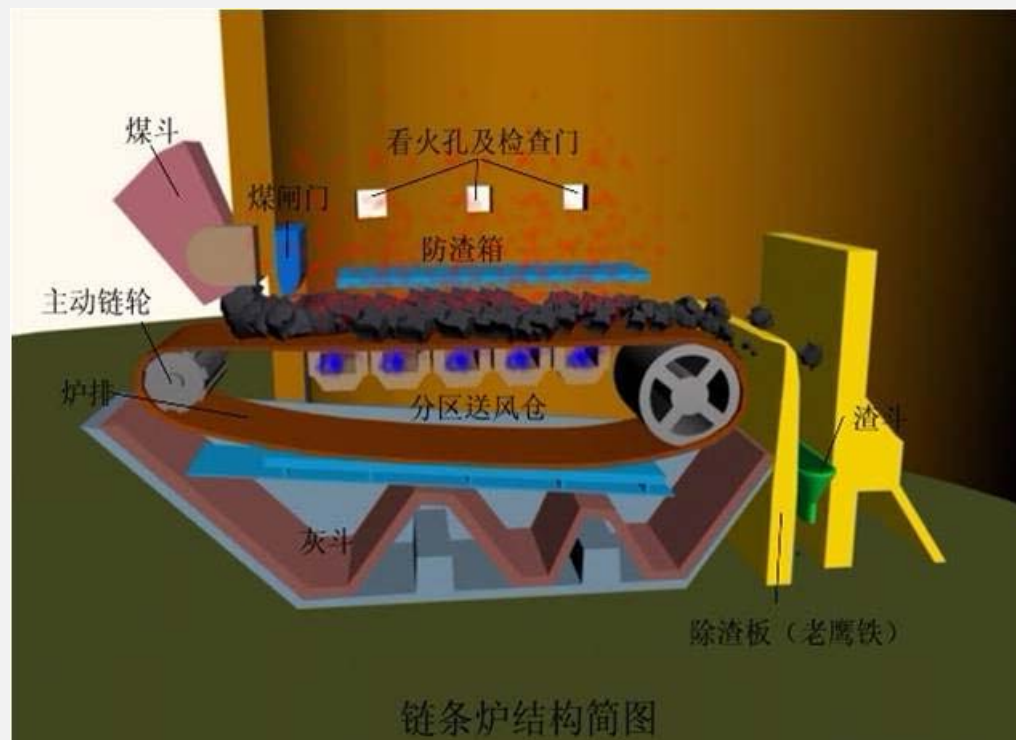
II 区段是挥发物逸出并燃烧区段

III 区段是焦炭燃烧区段

IV 区段是燃尽区段



链条炉的构造 煤、风行程：



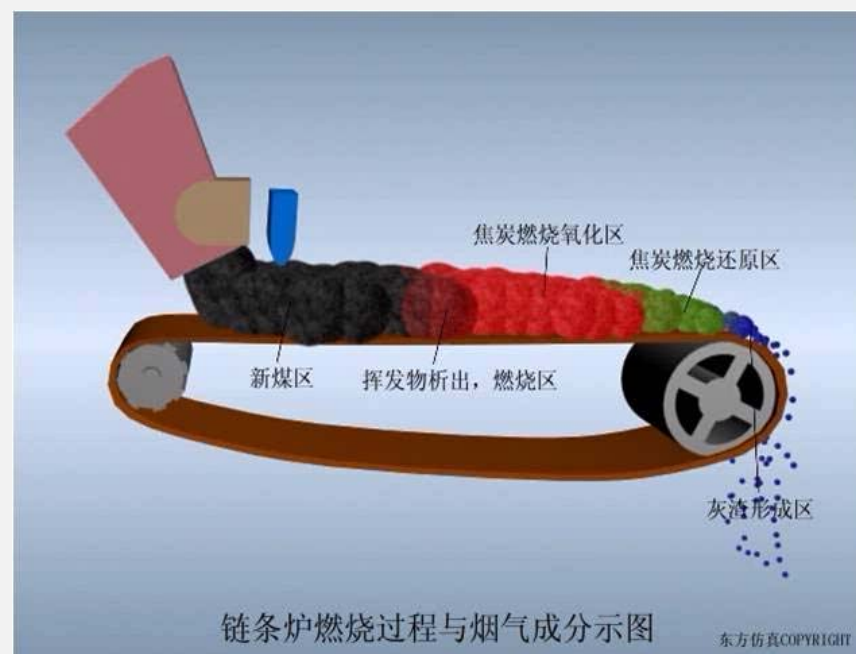
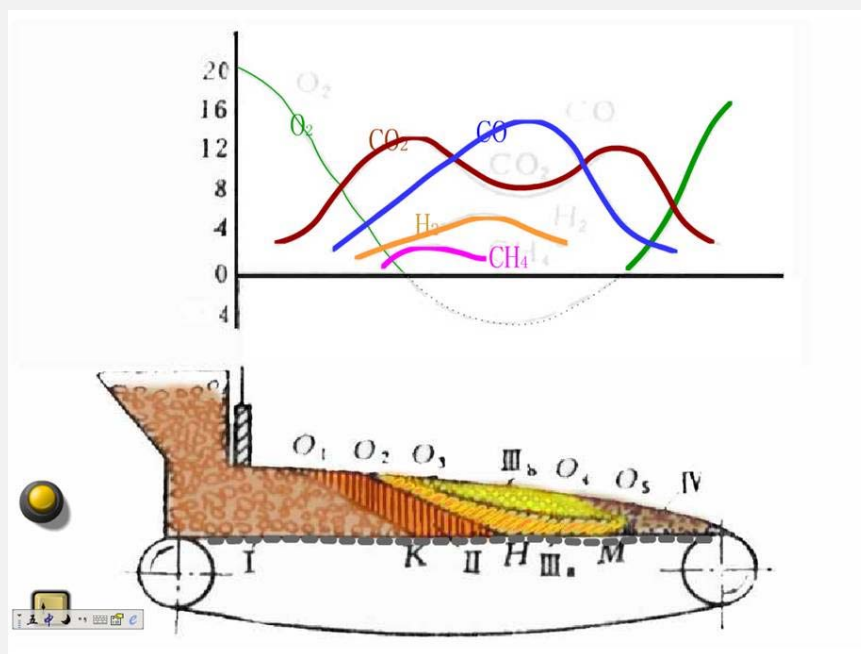


链条炉的燃烧过程

燃烧特点：

“单面引火”，着火条件较差，煤种适用范围较窄。燃烧过程有区段性，炉排首、尾两端空气过剩，中部空气不足。

- I. 新煤区；
- II. 挥发物析出、燃烧区；
- III. 焦炭燃烧区(氧化区、还原区)；
- IV. 灰渣形成区。



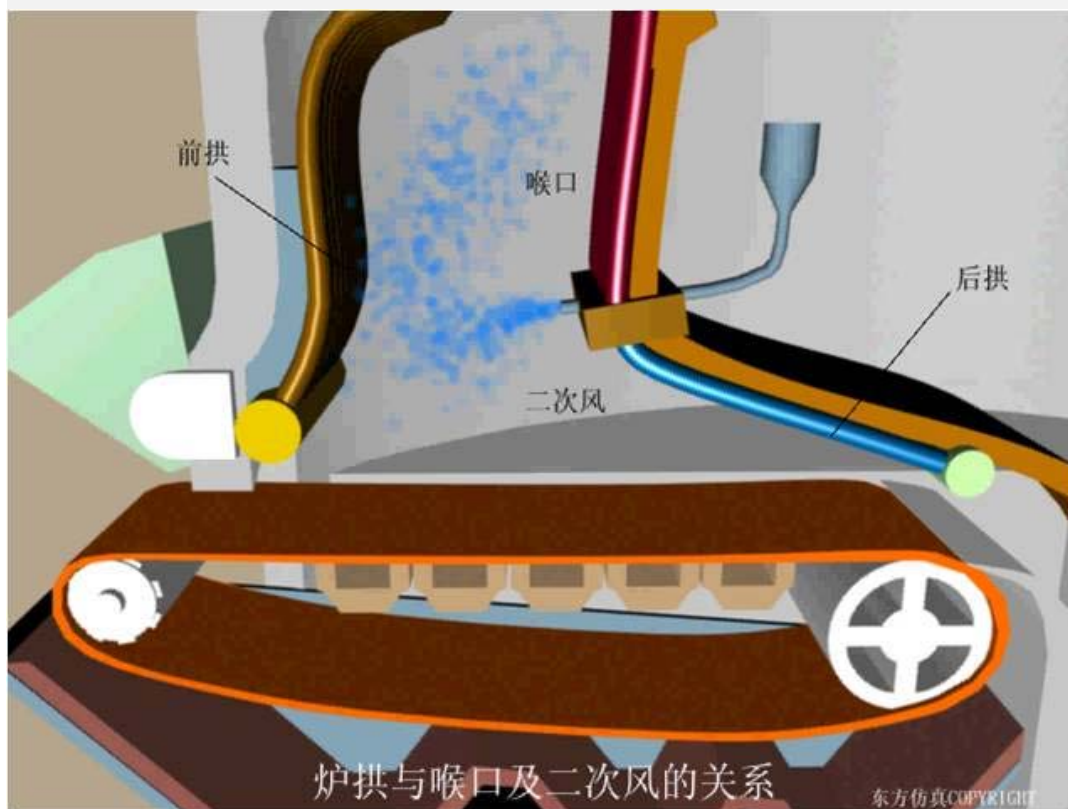


三、链条炉的改进措施（拱门喉口及二次回风）

- 1、分段（分区）送风/均匀送风
- 2、炉烘
 - ①加强炉内气流的混合；
 - ②引燃新燃料；
 - ③稳定燃烧。
- 3、二次风
 - ①加强炉内气流扰动、增强混合，降低 q_3 和 q_4 ；
 - ②促进新燃料着火；
 - ③改善炉内气流充满度。

四、煤的特性对链条炉燃烧的影响

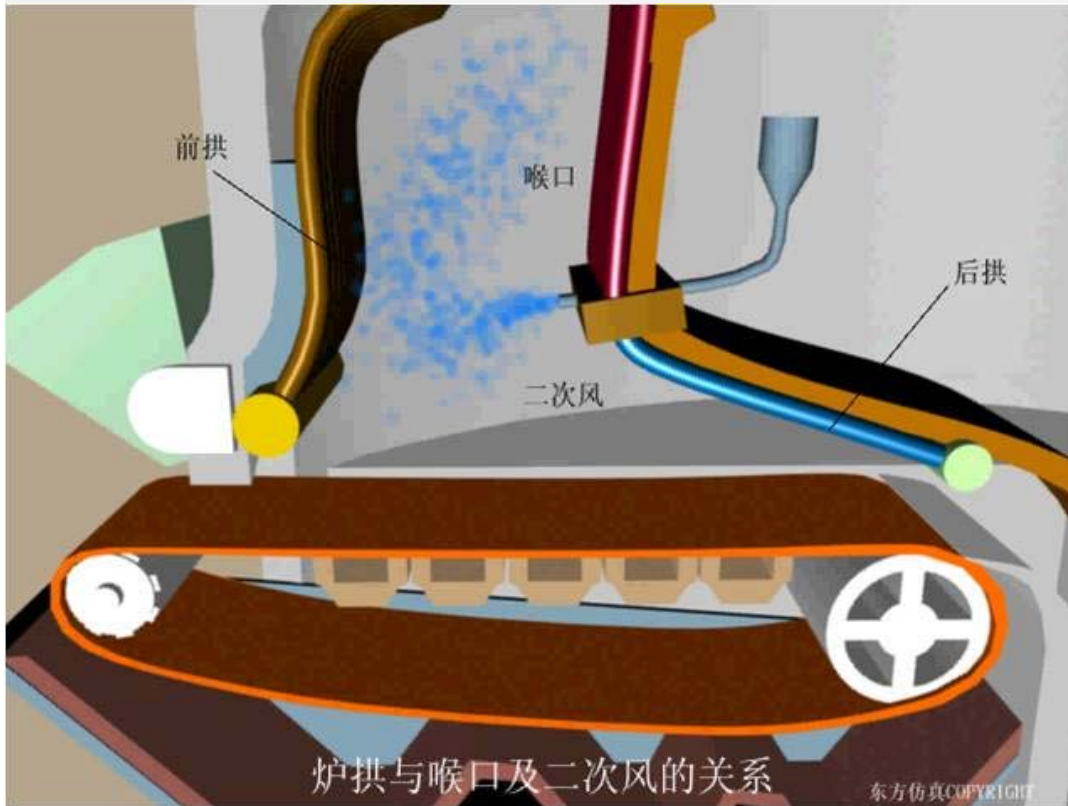
- (1) 煤的结焦性对链条炉燃烧的影响
- (2) 煤的含水量对链条炉燃烧的影响
- (3) 煤的挥发分含量对链条炉燃烧的影响
- (4) 煤的灰分含量对链条炉燃烧的影响
- (5) 煤的颗粒度对链条炉燃烧的影响



炉拱

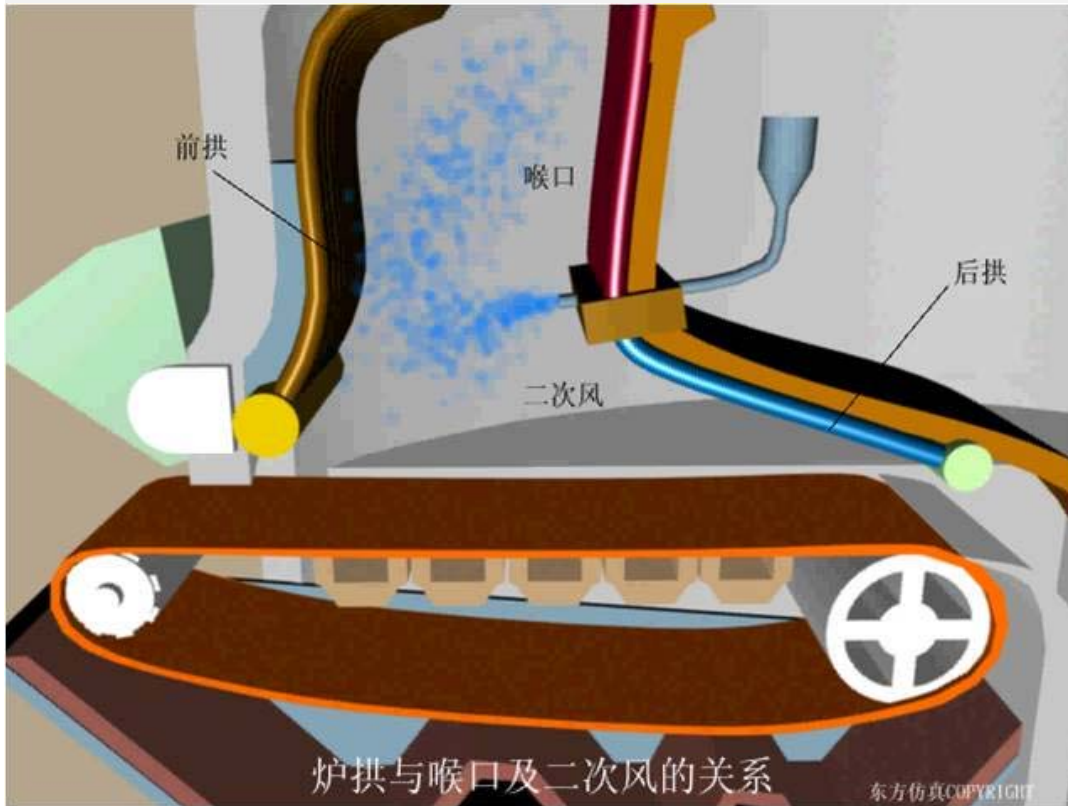
作用：

- ◆ 改变自燃料层上升的气流方向，使可燃气体与空气得以良好混合，为可燃气体燃尽创造条件；
- ◆ 加速新燃料的着火燃烧。



前拱

- ①加速新煤着火。
- ② 与后拱配合，造成一个扰动气流的“喉口”。

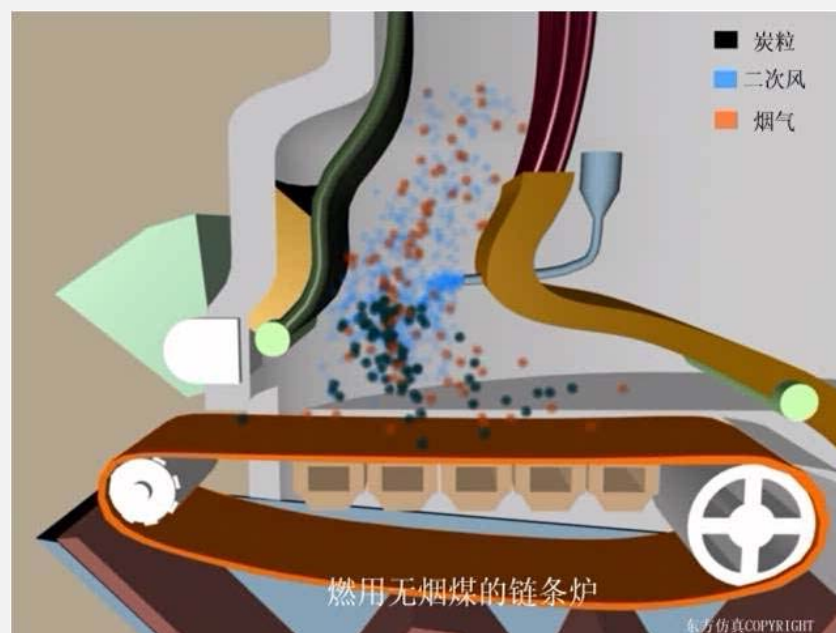


引燃拱

- ①再辐射引燃新煤；
- ②保护煤闸门不受高温而烧损。



后拱



- ①把炉排后端过量氧气导向燃烧中心，使可燃气体进一步燃烧；
 - ②使气流转向，炽热炭粒从烟气中分离，投落至新煤上，改善着火条件。
- 无烟煤：低而长的后拱。
- 烟煤、褐煤：高而短的前拱和不长的后拱。



二次风

二次风：在燃烧层上方借喷嘴送入炉膛的高速气流
作用：

加强炉内气流的扰动混合，防止结焦， $q_3 \downarrow$ ， $\alpha_1'' \downarrow$ ；
后拱二次风将高温烟气引向炉前，帮助新燃料着火；
形成烟气旋涡，延长细屑燃料的停留时间，促燃尽；
将碎屑炭粒甩回炉排复燃，提高效率，减少飞灰。
提高炉膛内火焰充满度，减少炉膛死角涡流，防止炉内局部积灰结渣。

二次风主要作用不在于补给空气，而在于加强扰动。

层燃炉二次风量：总风量的5-15%；风速：50-80m/s；

工质：空气、蒸汽或烟气；

布置形式：前墙、后墙或前、后墙两面布置。



往复推饲炉排炉

利用炉排往复运动来实现给煤、除渣、拨火机械化的燃烧设备，称为往复推饲炉排炉。

一、往复推饲炉排炉的结构

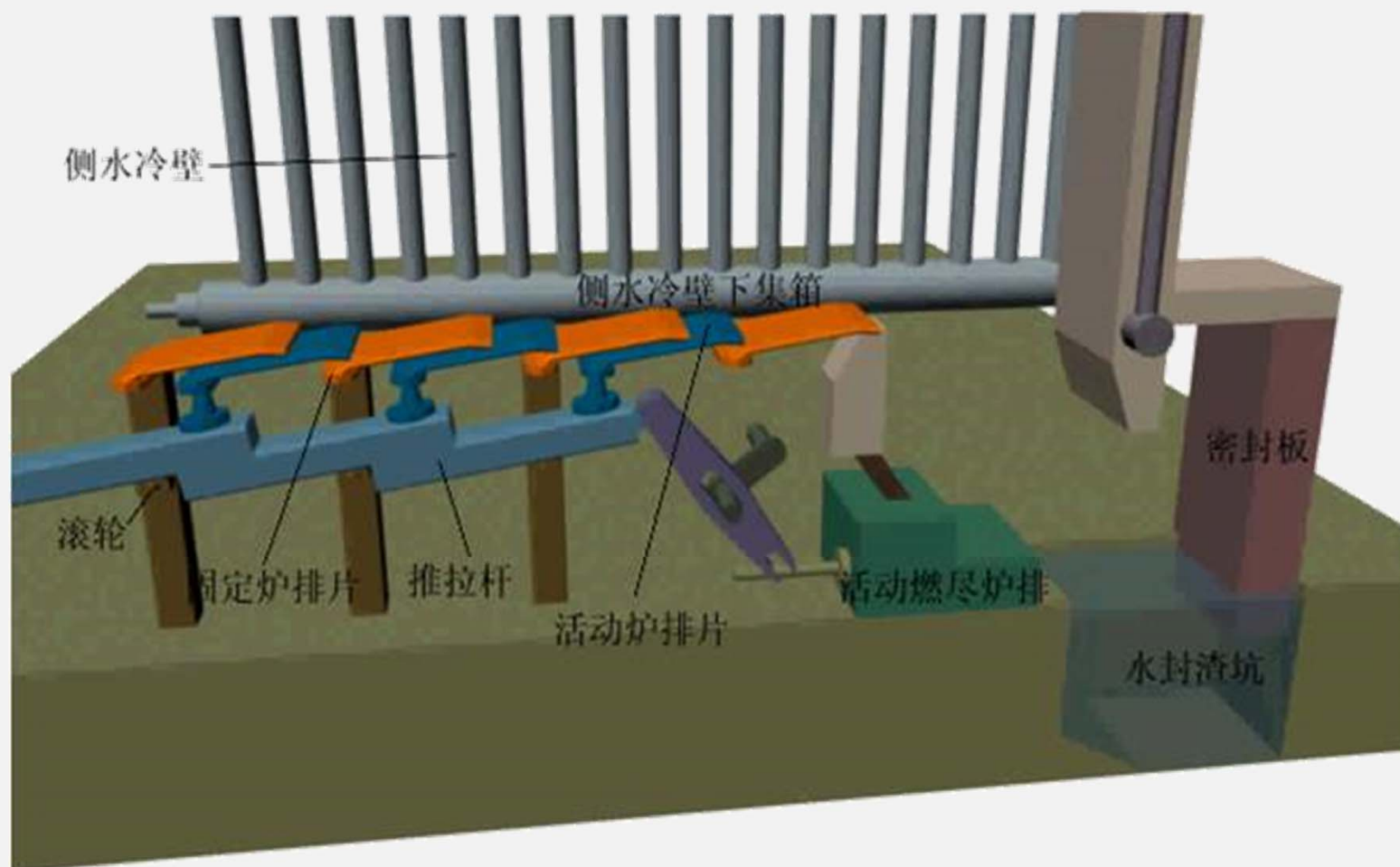
水平式往复推饲炉排示图

倾斜式往复炉结构图

逆行倾斜式往复炉排工作原理示意图

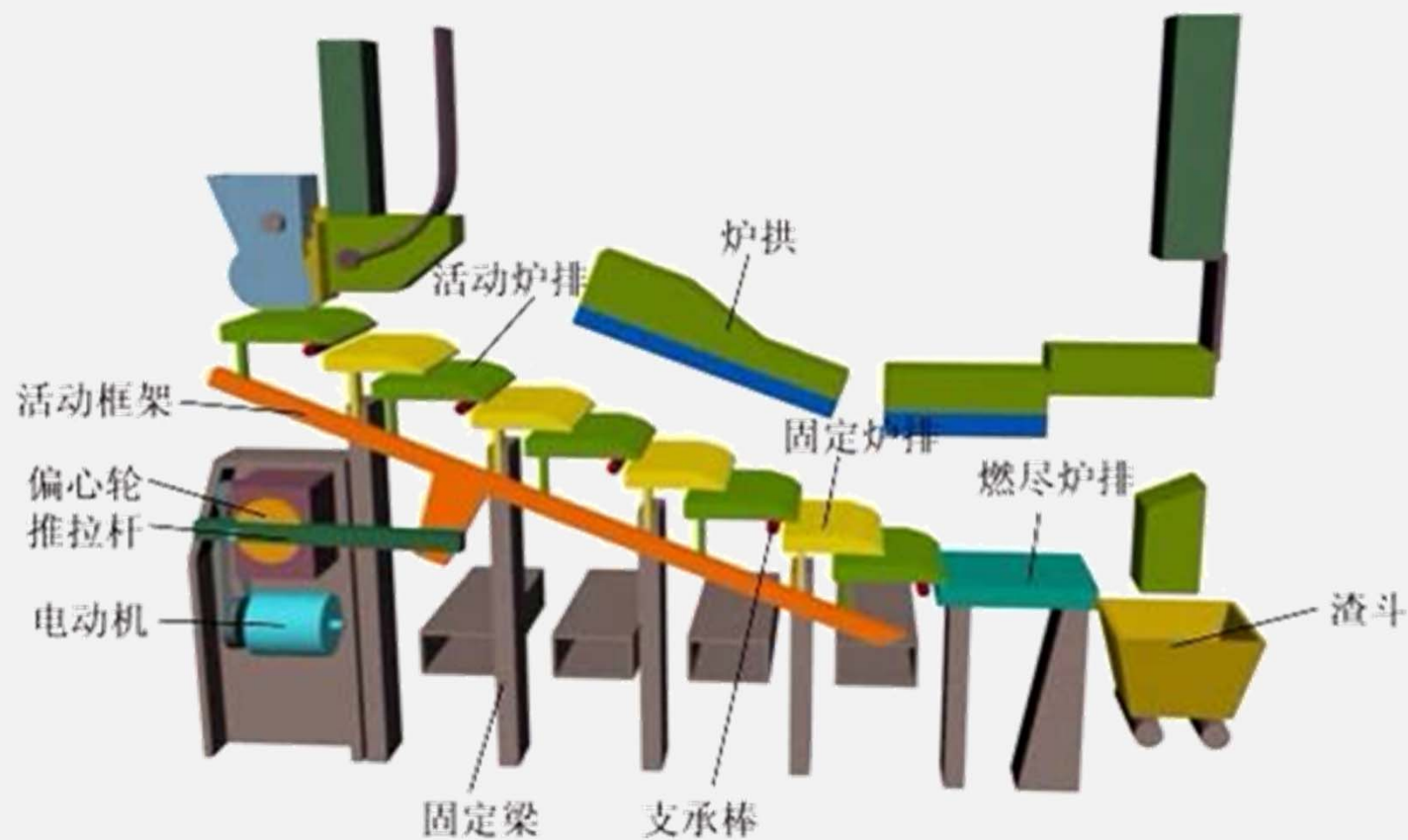


水平式往复推饲炉排示意图



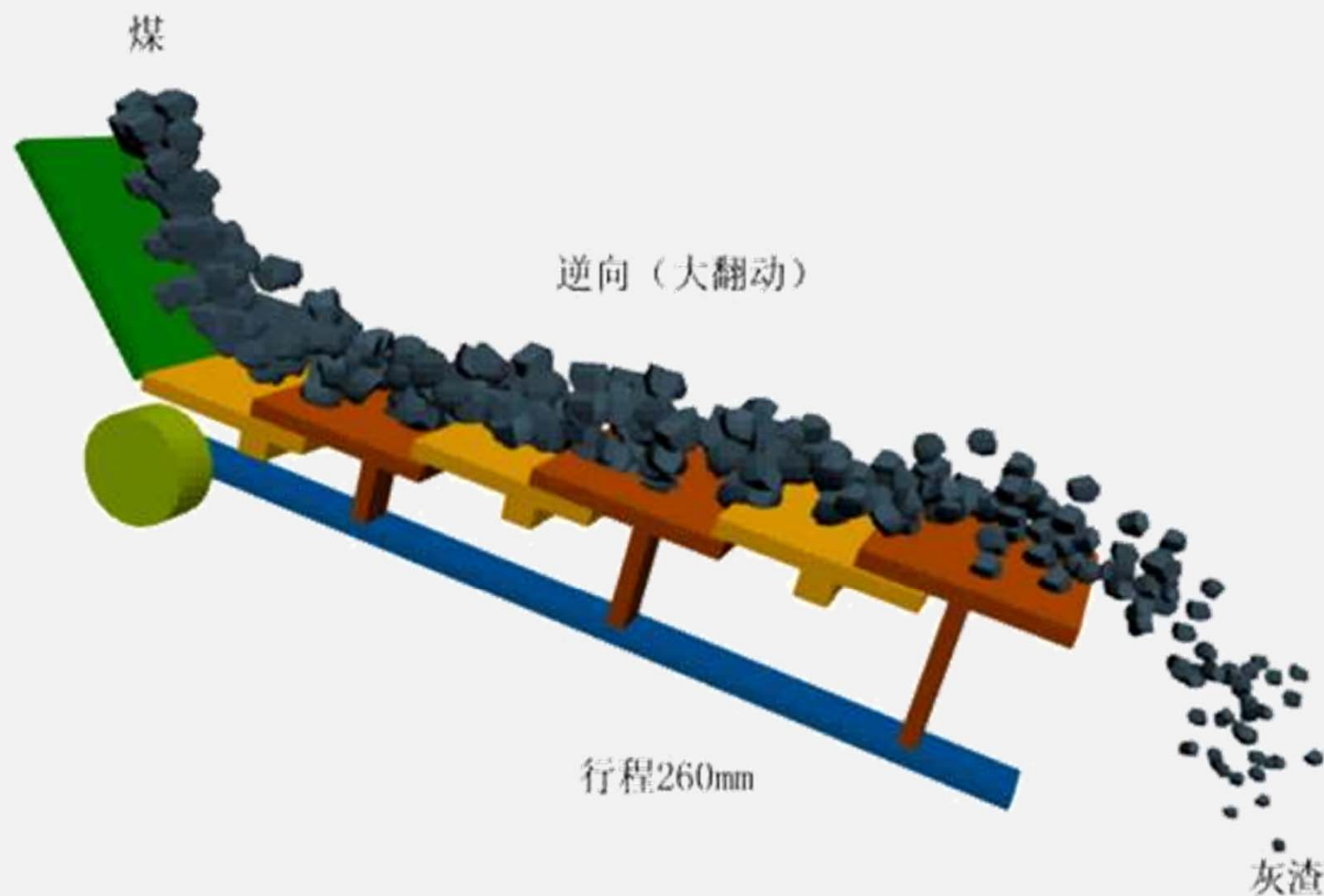


倾斜式往复炉结构图





逆行倾斜式往复炉排工作原理示意图





二、往复推饲炉排炉的燃烧过程

三、往复炉排炉的主要优点

煤的着火条件好，基本上属于“双面引火”；
煤种的适应性强，即使是粘结性强、含灰量多的劣质烟煤也能很好的燃烧；
由于煤层不断受到耙拨和松动，与空气接触加强，燃烧热强度高；
金属耗量低，初投资少。

四、往复炉排炉的主要缺点

活动炉排片头部始终与灼热的焦炭接触，温度很高，容易烧坏；
锅炉运行过程中，炉排烧坏或脱落难以发现或更换；
炉排冷却条件较差，不宜燃用挥发分低、灰分少而发热量高的烟煤和无烟煤。



抛煤机炉

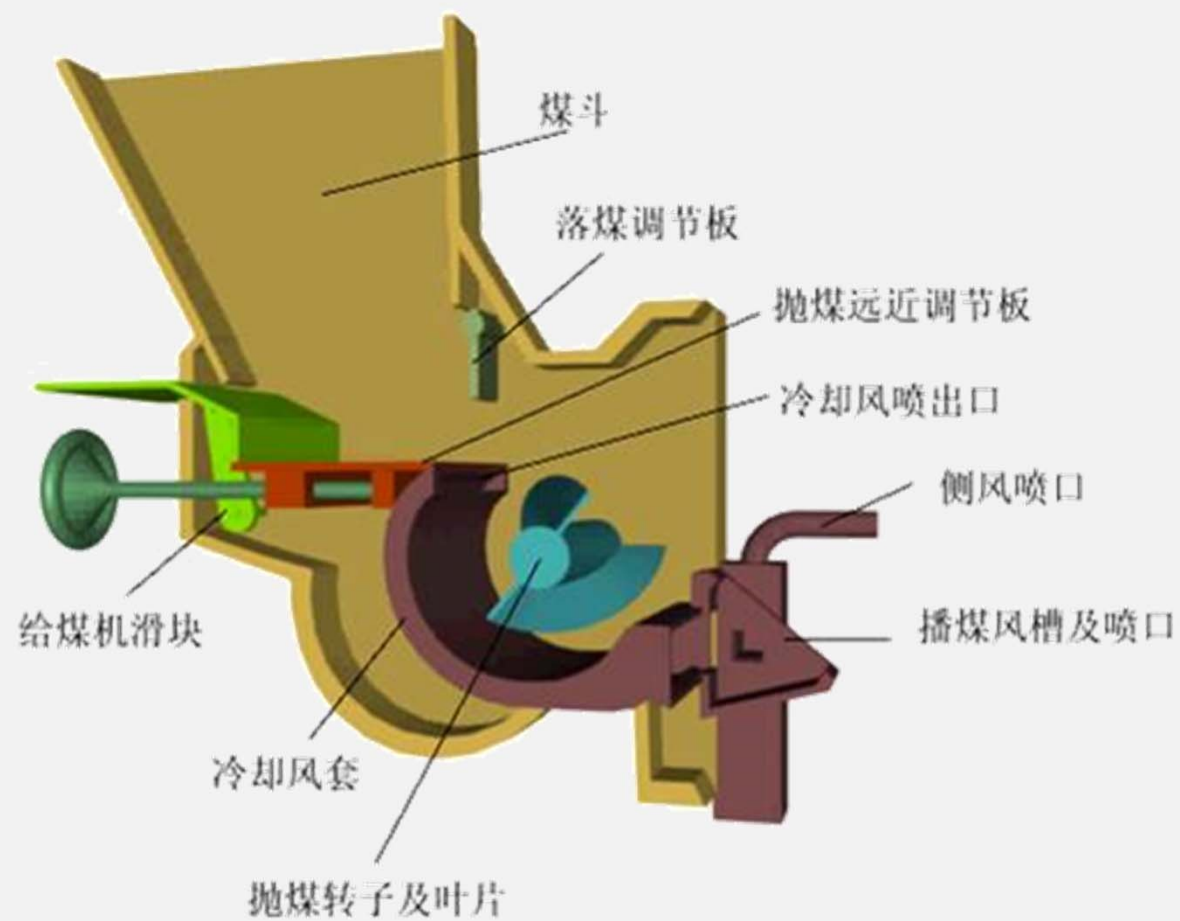
抛煤机炉的两种型式：

一、抛煤机固定炉排炉

二、抛煤机链条炉

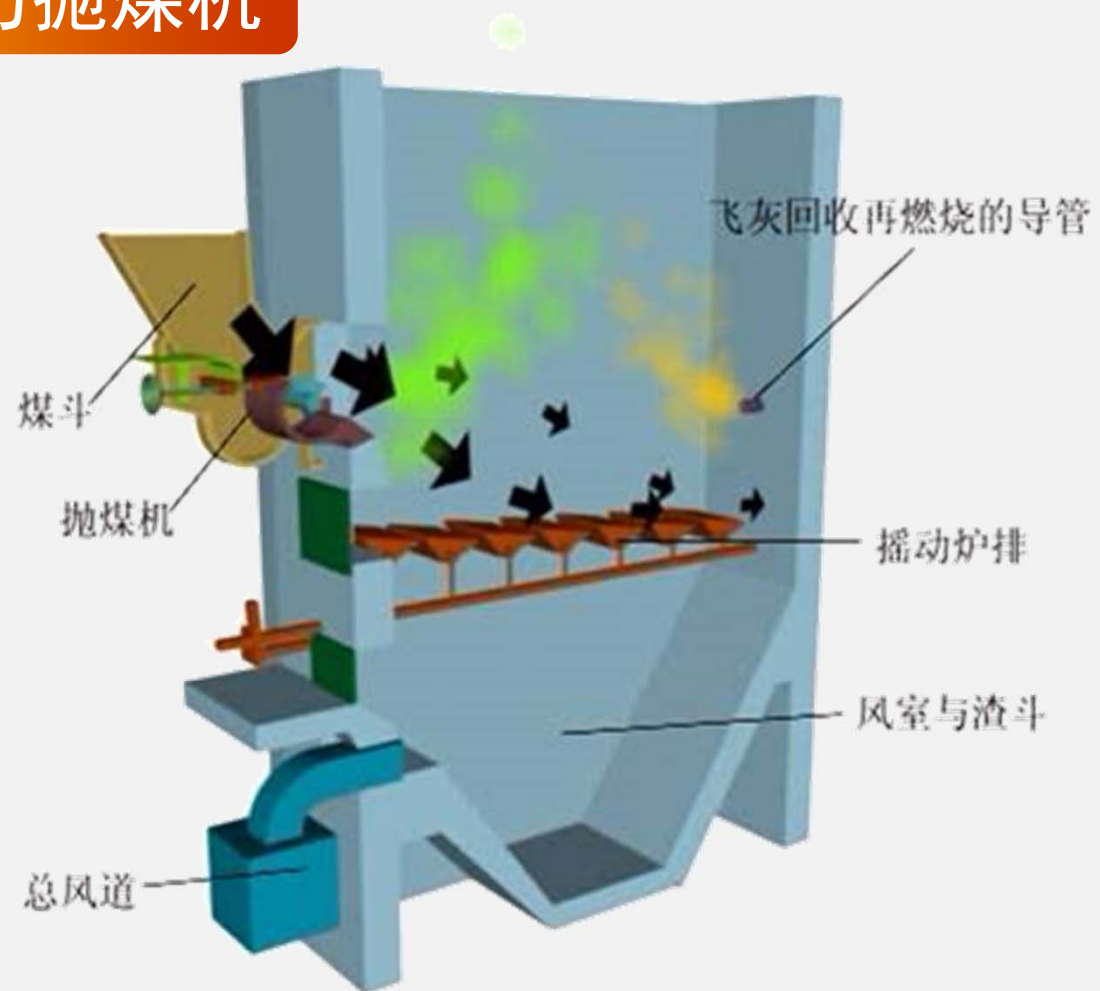


机械-风力抛煤机





机械-风力抛煤机





作业:

1. 煤的燃烧过程分哪几个阶段？为了促进和改善燃烧，应创造和保持些什么条件？
2. 煤在手烧炉中燃烧的主要特性有哪二个？为什么它经常要冒黑烟？
3. 链条炉的燃烧特点？改善燃烧措施？
4. 为什么链条炉采用分区配风？
5. 机械炉排炉中，炉拱有什么作用？
6. 为什么煤粉炉对煤种通用性较广？但对负荷调节波动幅度较大时适应性很差？



The End



1. 煤的燃烧过程分哪几个阶段？ 为了促进和改善燃烧，应创造和保持些什么条件？

着火前的热力准备阶段
挥发物与焦炭的燃烧阶段
灰渣形成段/燃尽阶段

2. 煤在手烧炉中燃烧的主要特性有哪二个？为什么它经常要冒黑烟？

双面引火，煤种适应性广。
燃烧工况周期性，燃烧效率低，污染严重。

煤入炉后，当挥发分大量析出需要大量空气时，由于实际参与燃烧的空气远远满足不了燃烧需要，在严重缺氧时引起挥发物热分解生成大量碳黑，此时炉温尚低导致碳黑难以燃烧而冒黑烟。



3.链条炉的燃烧特点？改善燃烧措施？

燃烧特点：单面引火；燃烧过程沿炉排长度方向分区段。

改善燃烧的措施：分区配风、炉拱、二次风。

4.为什么链条炉采用分区配风？

因为链条炉燃烧过程沿炉排长度方向分区段，如采用统仓配风会产生两端空气过量，中间空气不足现象。分区配风可以根据各燃烧区段所需空气量供风，既保持炉膛高温，又减少排烟损失。

5.机械炉排炉中，炉拱有什么作用？

改变自燃料层上升的气流方向，使可燃气体与空气得以良好混合，为可燃气体燃尽创造条件；
加速新入炉煤着火燃烧。



6.为什么煤粉炉对煤种通用性较广？但对负荷调节波动幅度较大时适应性很差？

因为煤粉炉先把煤磨成煤粉，随空气进入炉内燃烧，煤粉与空气接触面积大，着火条件好，也强化了燃烧，所以煤种适用范围广。

煤粉炉炉膛四周是水冷壁受热面，当锅炉负荷降低时，煤粉量减少，而水冷壁吸热量减少不大，对于1kg煤来说水冷壁吸热量有所增加，导致炉膛平均温度降低，影响煤粉稳定着火，甚至熄火。



第五章 工业锅炉的燃烧设备

5.1 燃料的燃烧过程

燃烧过程

5.2 层燃燃烧设备

5.3 流化床燃烧设备

燃烧设备

5.4 室燃燃烧设备

5.5 工业锅炉燃烧设备的热力特性

热力特性



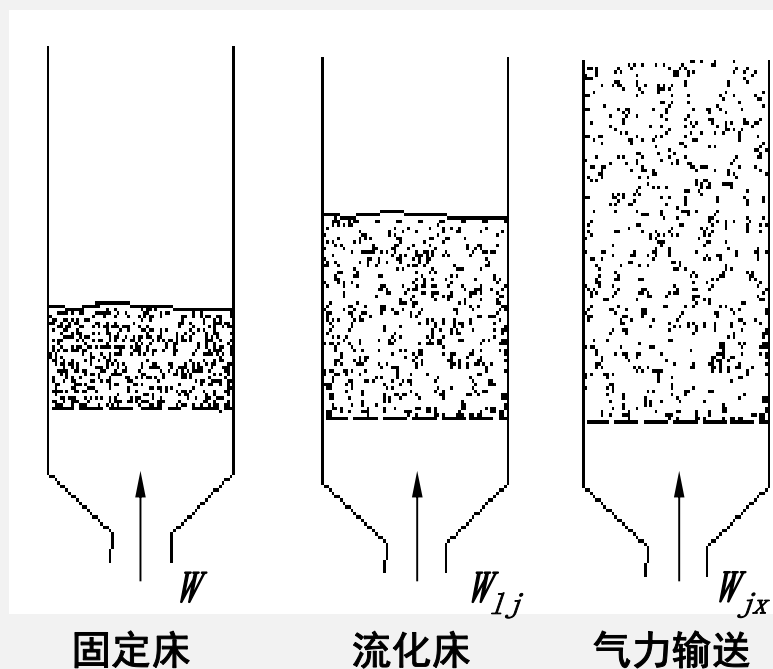
§ 5-3 流化床燃烧设备

流化床燃烧是目前最好的洁净煤燃烧技术

为什么要使用流化床燃烧设备？

- ✓ 结构简单；
- ✓ 燃料适应性广；
- ✓ 控制 SO_2 及 NO_x 生成；
- ✓ 床内传热能力强，节省金属耗量；
- ✓ 灰渣可综合利用；

- × 电耗高；
- × 飞灰多且含碳高，热效率较低；
- × 沉浸受热面磨损严重；
- × 悬浮段的物料浓度低；
- × 受床面积限制，难大型化

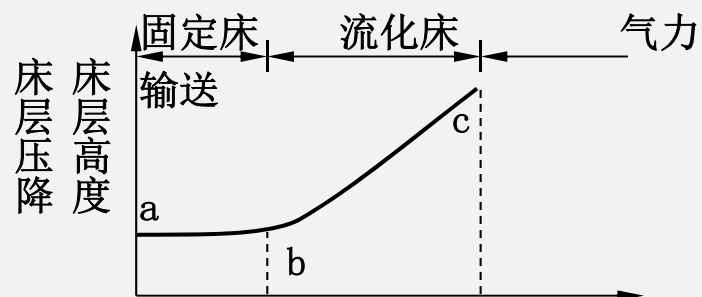


料层的不同状态

5.3.1 流化床炉及其一般特性

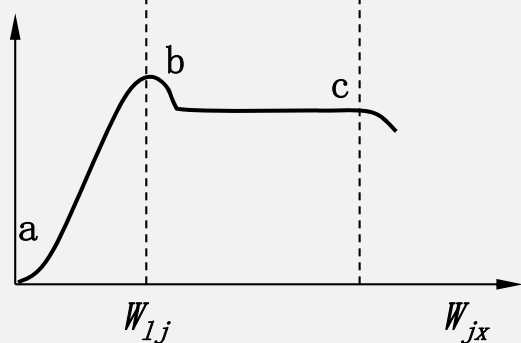
料床状态:

- ◆ 固定床 煤粒在布风板上静止不动, 料层厚度不变。
- ◆ 流化床 当风速超过 W_{1j} 时, 料层膨胀增高, 燃料、灰渣混杂上下翻腾。
- ◆ 气力输送 当风速超过 W_{jx} 时, 稳定的沸腾工况被破坏, 颗粒全部随气流飞走。



特性曲线:

- ◆ W_{1j} —流化临界速度(与颗粒尺寸、筛分级配、粒子密度、气流的物理性质有关)
- ◆ W_{jx} —极限速度/带出速度
沸腾状态: W_{1j} — W_{jx} 之间

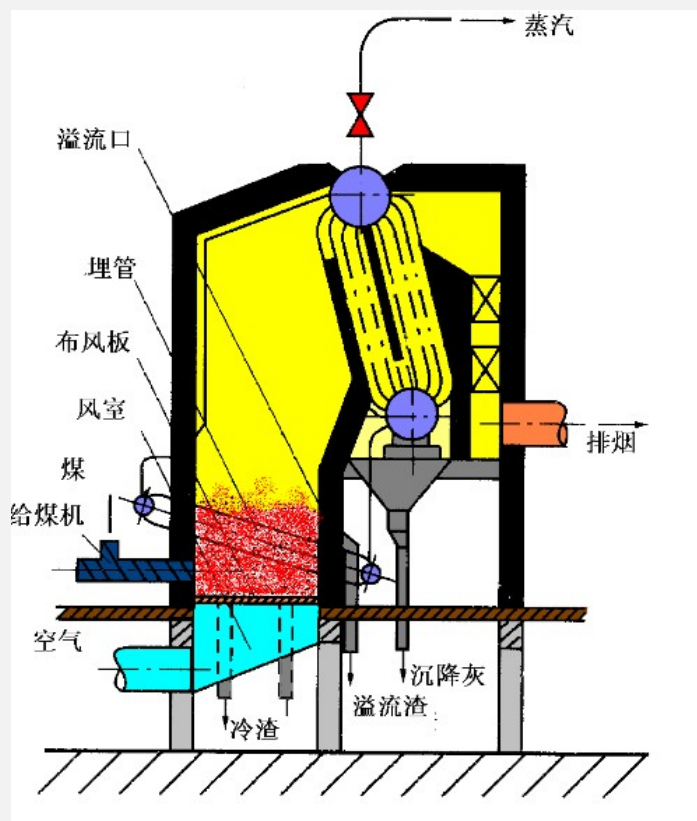


流化床特性曲线



流化床燃烧设备

5.3.2 鼓泡流化床锅炉



5.3.3 循环流化床锅炉

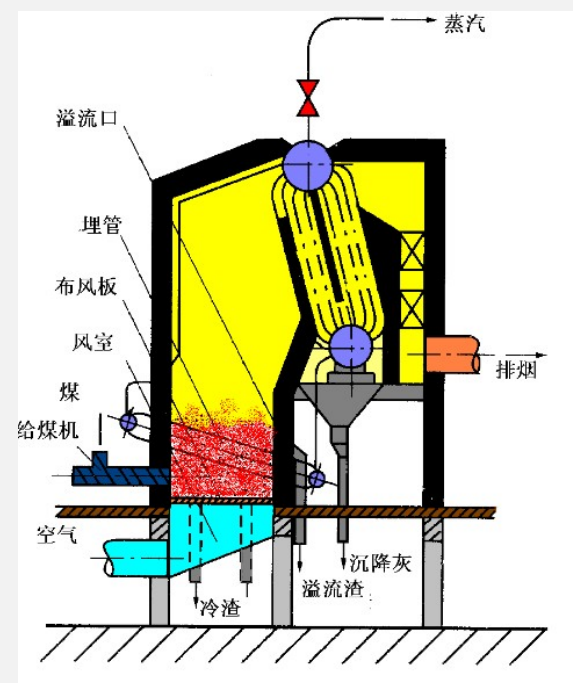
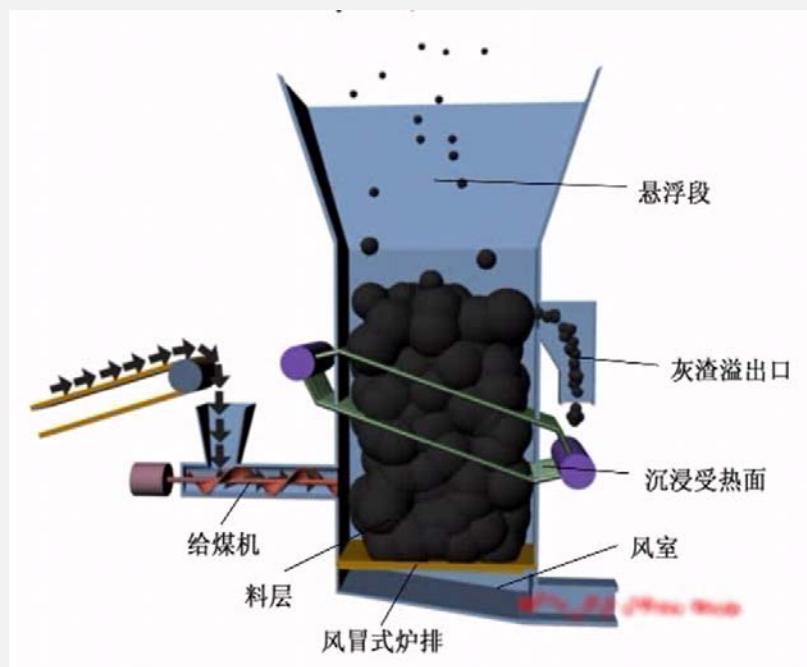




鼓泡流化床锅炉

1. 鼓泡流化床锅炉的构造

鼓泡流化床主要由煤设备、布风装置、灰渣溢流口、沸腾层、悬浮段等几部分组成。





(1) 给煤装置:

正压给煤: 需给煤机, 飞灰量小;

负压给煤: 炉膛负压区给煤, 飞灰量大, 不完全燃烧损失大

。(2) 布风装置: 花板、风帽、风室



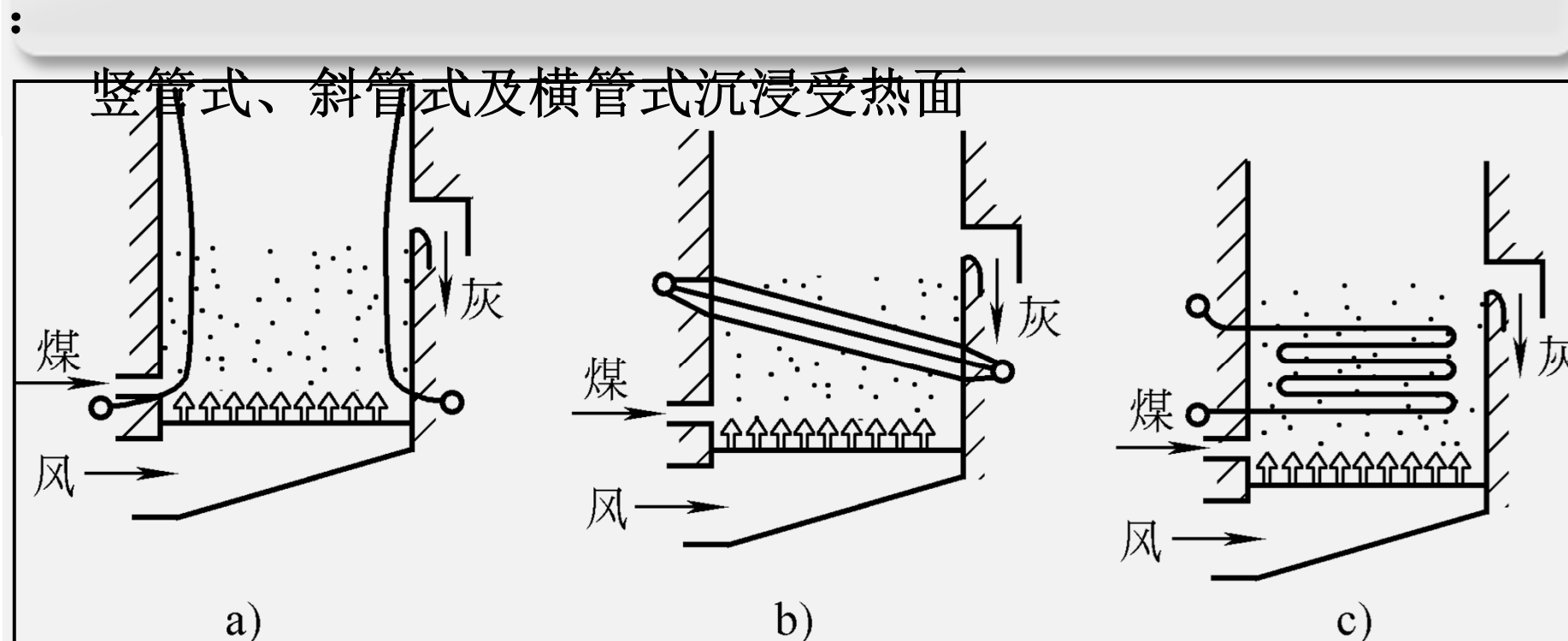


(3) 炉膛结构:

沸腾层: 从溢渣口的中心线到风帽通风小孔中心线的高度

悬浮段: 溢渣口中心线以上的炉膛

在沸腾层布置的受热面称为沉浸受热面。它有三种布置形式





2. 鼓泡流化床锅炉的燃烧特性（优点）

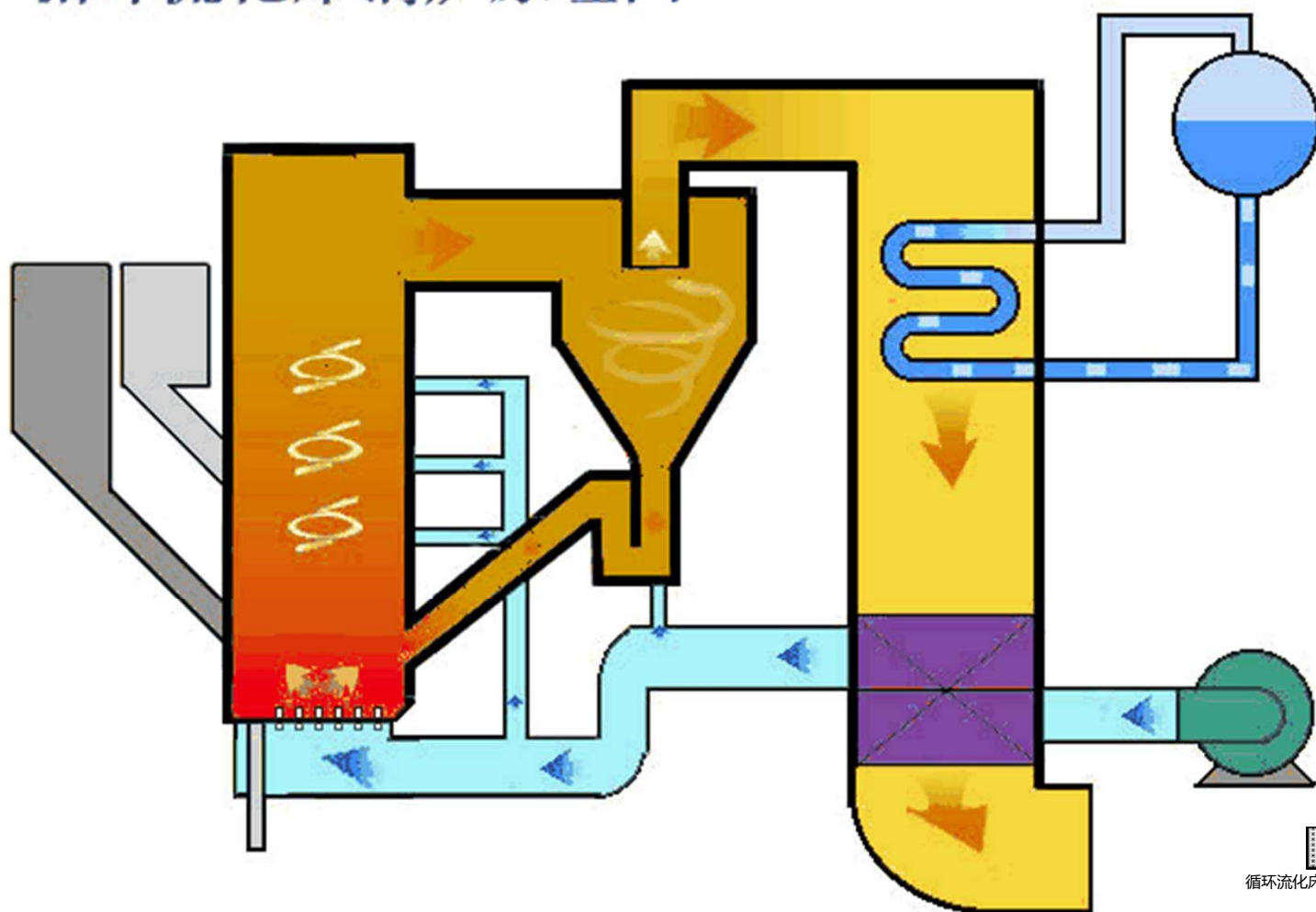
- (1) 煤种适应性好，能燃用劣质煤
- (2) 金属耗量低
- (3) 烟气中 SO_2 及 NO_x 含量低，有利于环保
- (4) 灰渣可以综合利用，制造水泥、提取稀有金属

3. 鼓泡流化床锅炉存在的问题

- (1) 锅炉热效率低
- (2) 悬浮段的物料浓度低
- (3) 运行电耗大
- (4) 沉浸受热面磨损严重
- (5) 烟尘排放浓度大



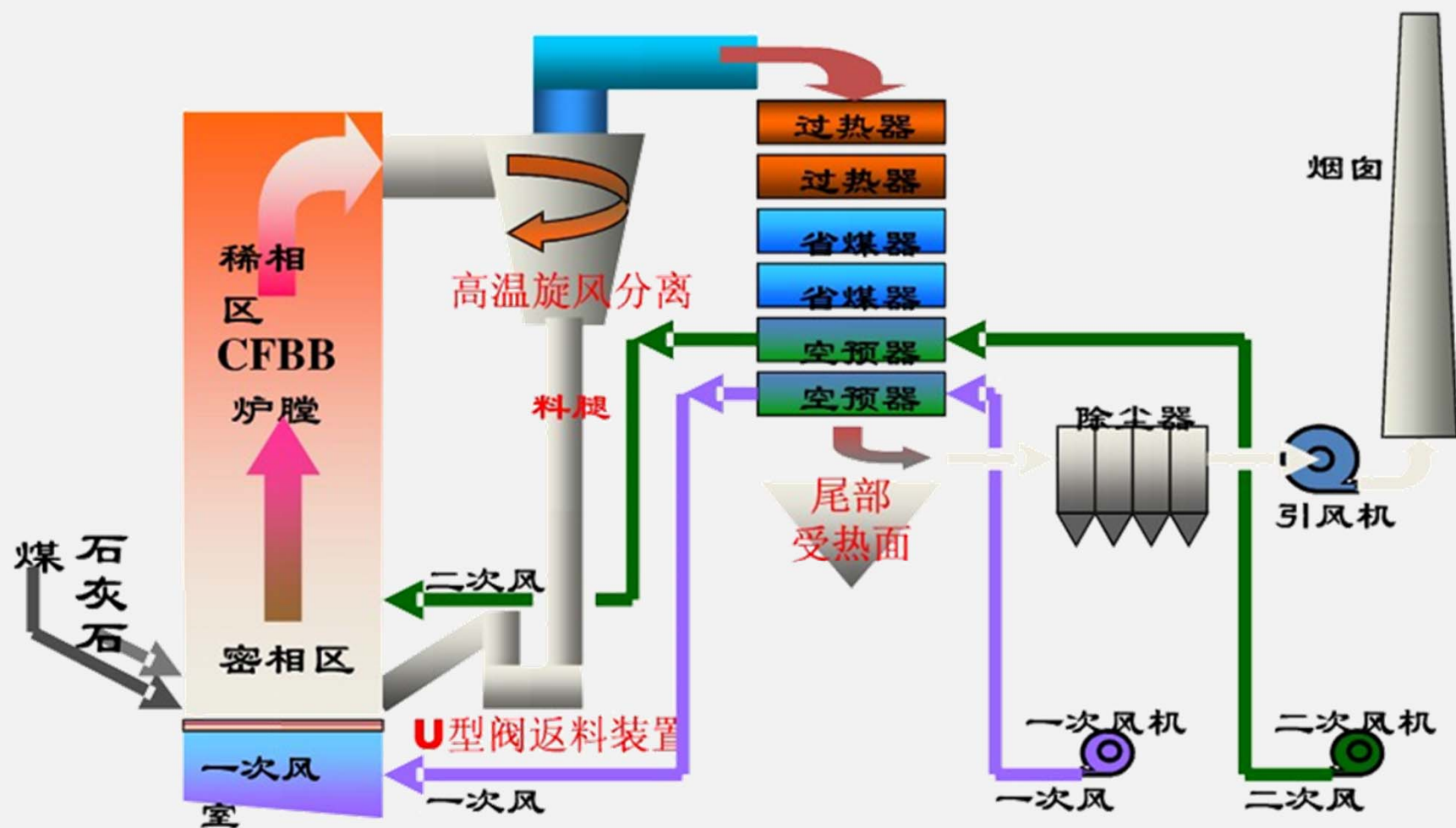
循环流化床锅炉原理图



循环流化床气化炉 (黄)



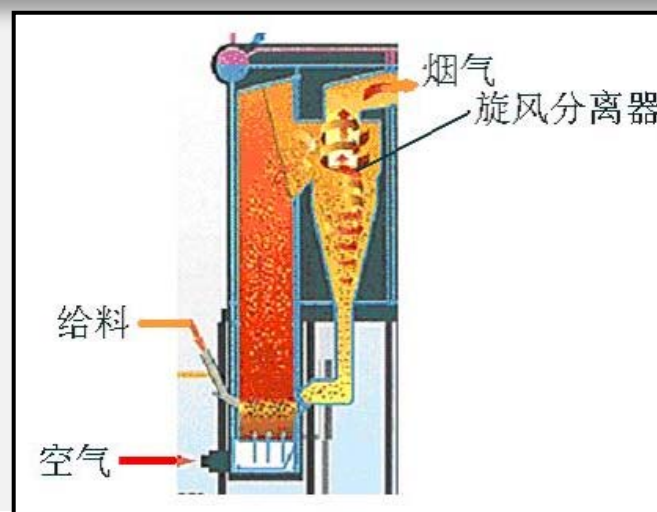
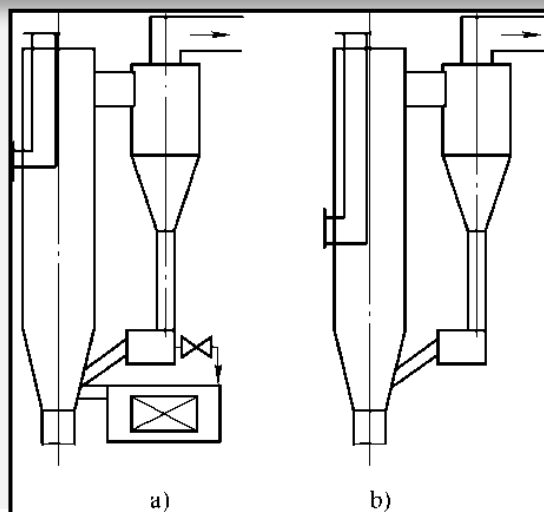
典型的循环流化床锅炉系统





2. 循环流化床锅炉的分类

- (1) 按气-固分离器型式分类
- (2) 按气-固分离器工作温度分类
- (3) 按有无外置式流化床换热器分类
 - 1) 有外置式流化床换热器的循环流化床锅炉。
 - 2) 无外置式流化床换热器的循环流化床锅炉。
- (4) 按固体物料的循环倍率分类





3. 循环流化床锅炉结构

循环流化床锅炉燃烧设备由燃烧室与布风板、气-固分离装置、物料返回装置、点火装置、给煤机等组成。

(1) 燃烧室与 (2) 布风装置示意图

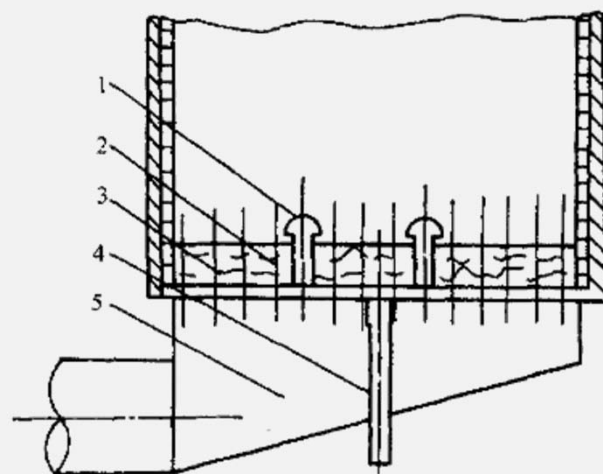
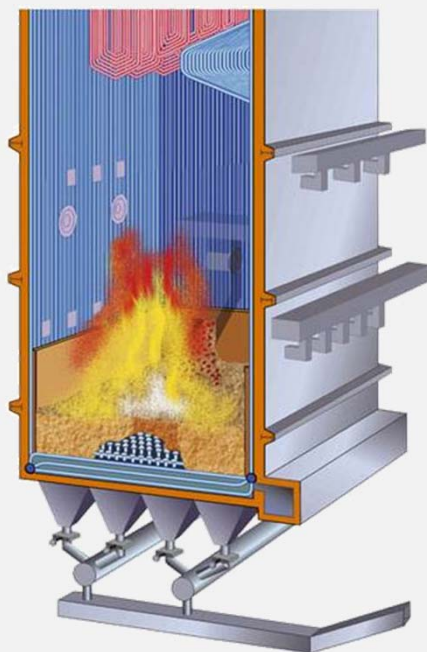


图 4-27 典型风帽式布风装置结构

1—风帽；2—隔热层；3—花板；4—冷渣管；5—风室

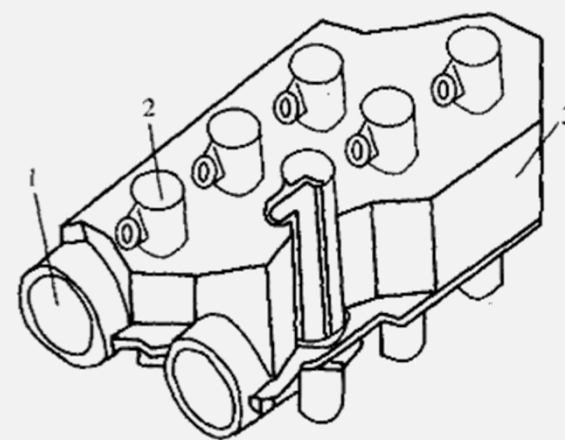


图 4-28 水冷布风板

1—水冷管；2—定向风帽；3—耐火层

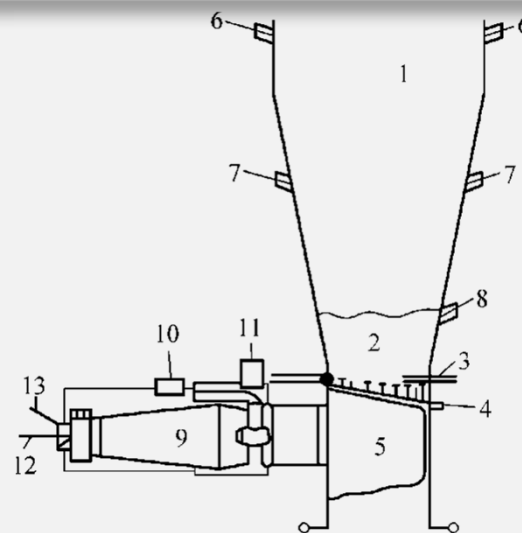
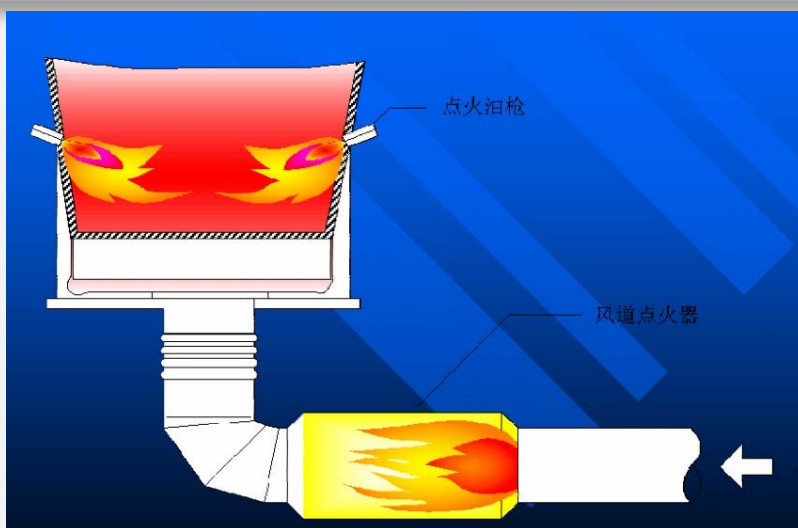


(3) 点火装置

循环流化床点火，就是通过外部热源使最初加入床层上的物料温度提高到煤着火所需的最低水平上，从而使投入的煤迅速着火，并自保持床层温度在煤自身着火的水平上，实现锅炉正常运行。

点火方式：流态化点火包括床上点火和床下点火

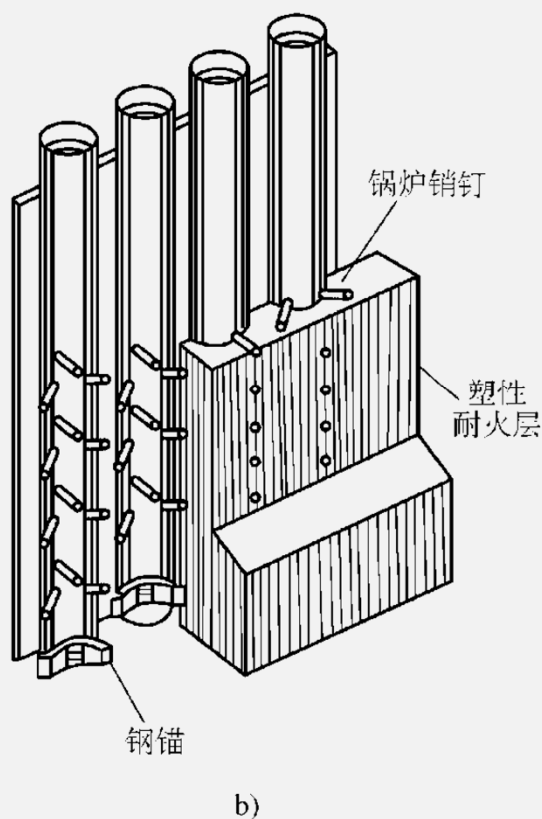
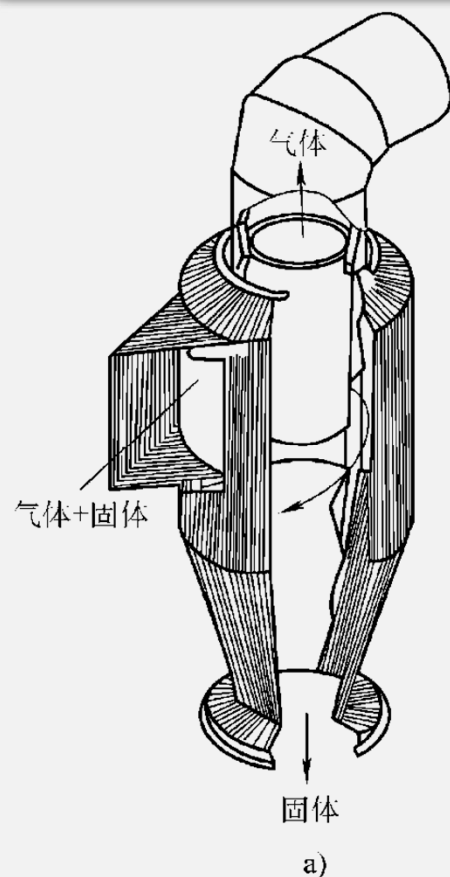
固定床点火：床上点火



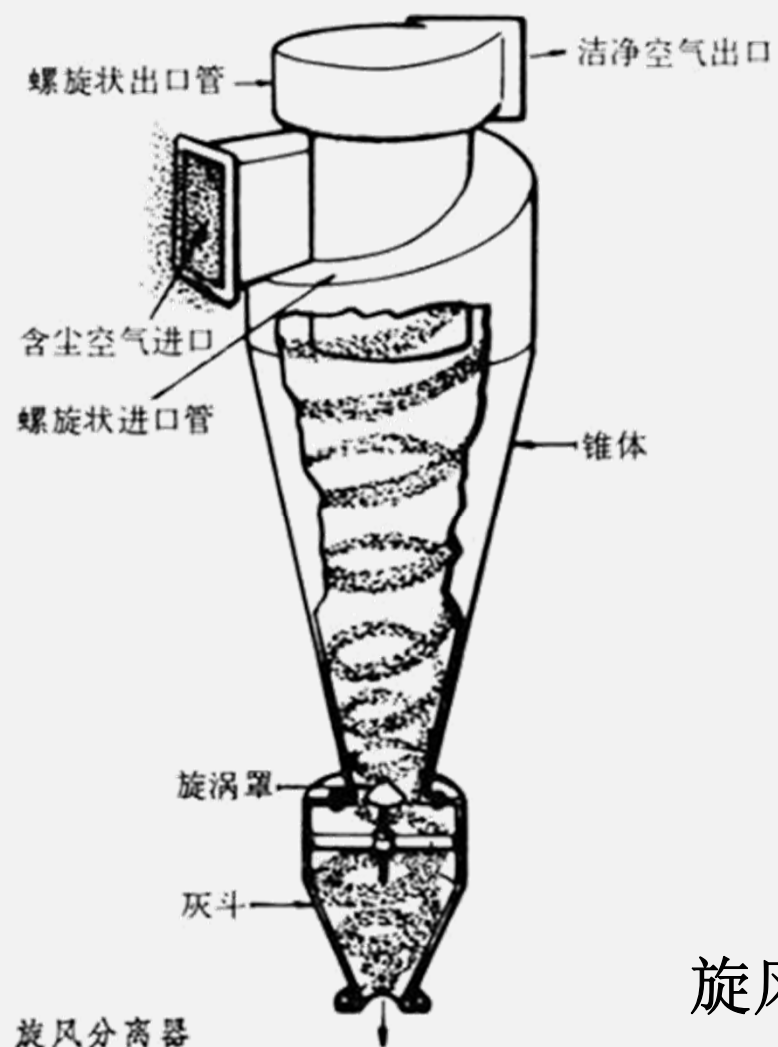


(4) 气-固分离装置

特点：分离效率高，特别是对细小颗粒的分离效率高于惯性分离器，但体积庞大，对于大容量锅炉需布置多台分离器。



a) 分离器示意
b) 分离器筒身结构



旋风分离器



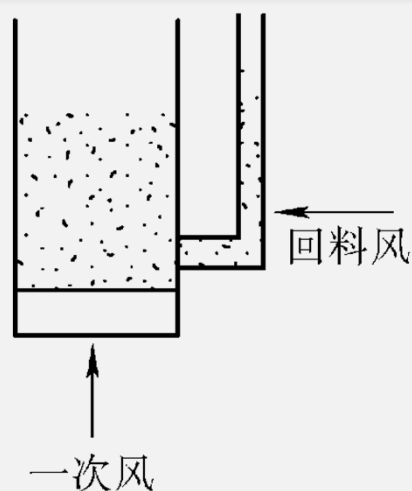
(5) 回料装置(立管和回料阀)

常用回料阀有:

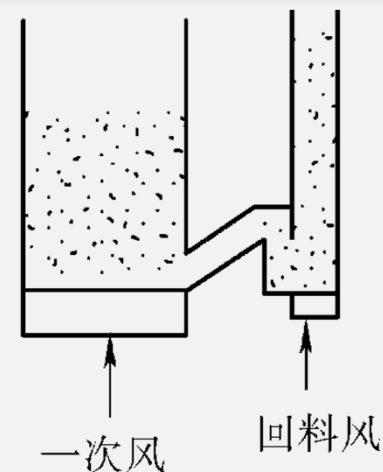
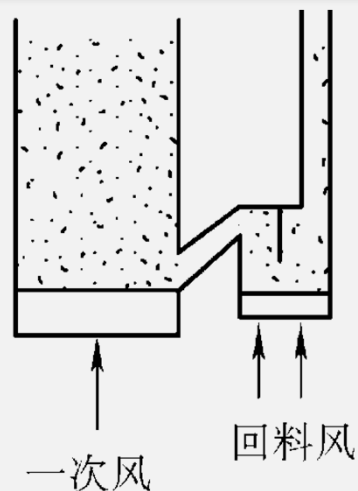
L形阀, 结构简单, 返回物料调节范围宽

U形阀, 具有自平衡功能, 是目前应用最多的一种回料阀

V形阀, 阀的进出口压差较大, 可避免炉烟反窜, 确保返料系统稳定运行。



a) L形阀

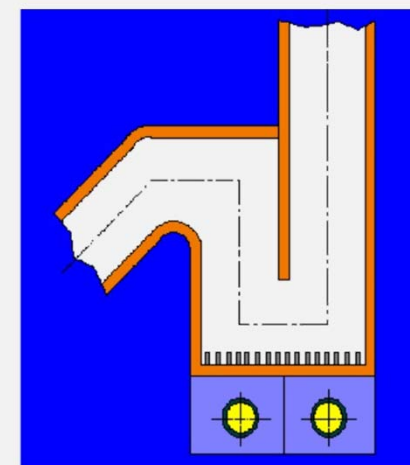
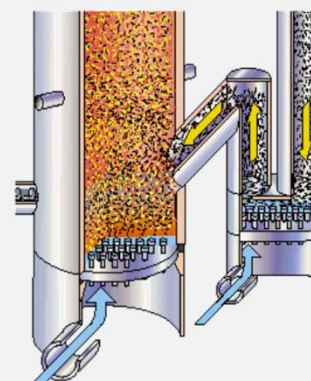
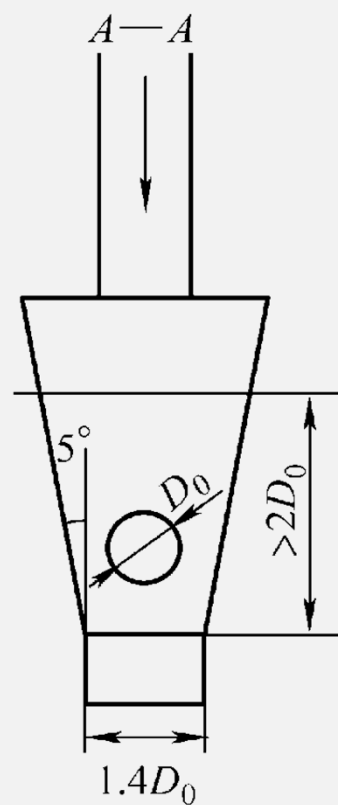
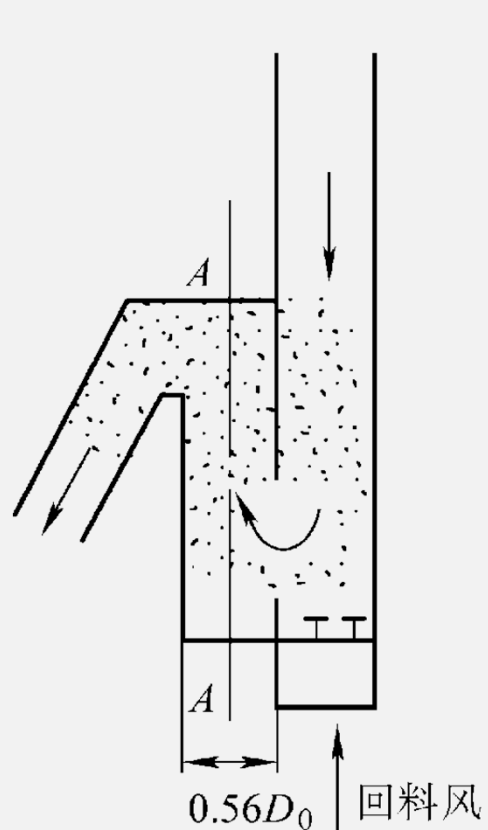


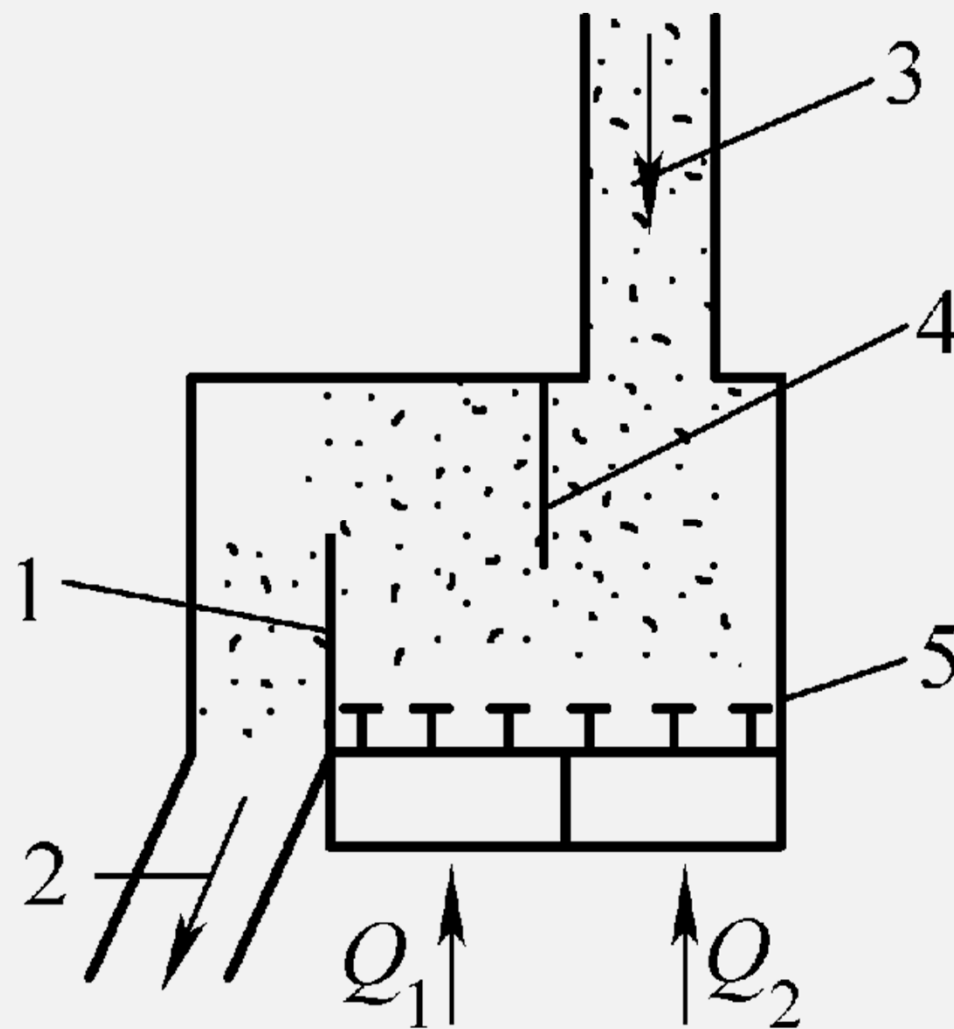
b) U形阀

c) V形阀



V形阀结构





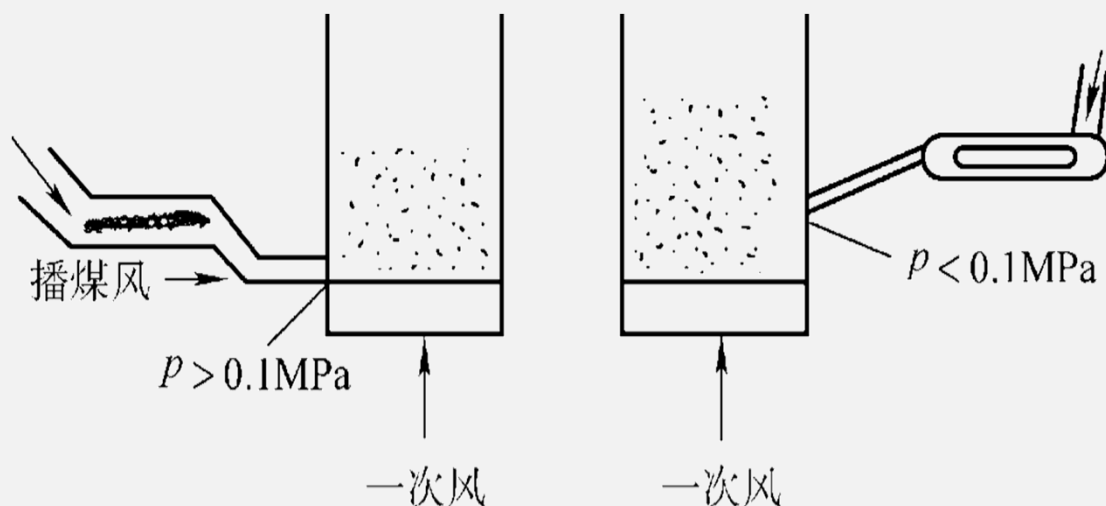
U形阀结构



(6) 锅炉给煤示意图

对于高循环倍率的锅炉，采用正压给煤，煤从炉膛下部密相区送入与温度很高的物料掺混燃烧，燃烧速度快、效率高。

对于低循环倍率的锅炉，采用负压给煤，给煤点比较高，在沉降过程中细小颗粒容易被烟气吹走，给煤只是重力撒落，在燃料层上分布不均匀，不利于煤的着火燃烧和燃尽。



a) 正压给煤

b) 负



4. 循环流化床锅炉的特点

- ◆ 燃料适应性强
- ◆ 污染小
- ◆ 燃烧效率高
- ◆ 燃烧热强度大
- ◆ 负荷调节范围宽，速度快
- ◆ 易于实现灰渣综合利用
- ◆ 锅炉本体积大，投资大
- ◆ 初排烟浓度高
- ◆ 辅机电耗大，运行维护费用高

5. 有待进一步解决的问题

- ◆ 大型化问题
- ◆ 循环倍率问题
- ◆ 循环物料的分离问题
- ◆ 磨损问题



第五章 工业锅炉的燃烧设备

5.1 燃料的燃烧过程

燃烧过程

5.2 层燃燃烧设备

5.3 流化床燃烧设备

燃烧设备

5.4 室燃燃烧设备

5.5 工业锅炉燃烧设备的热力特性

热力特性



煤粉燃烧锅炉

一、煤粉炉的结构

主要构造：煤粉制备设备、燃烧器、炉膛

特点：

- ①煤种适应范围较广；
- ②热效率可达90%以上；
- ③燃烧调节方便，适应负荷变化快；
- ④无炉排，可大型化；
- ⑤复杂的制粉系统，运行耗电较大；
- ⑥负荷调节范围较窄。

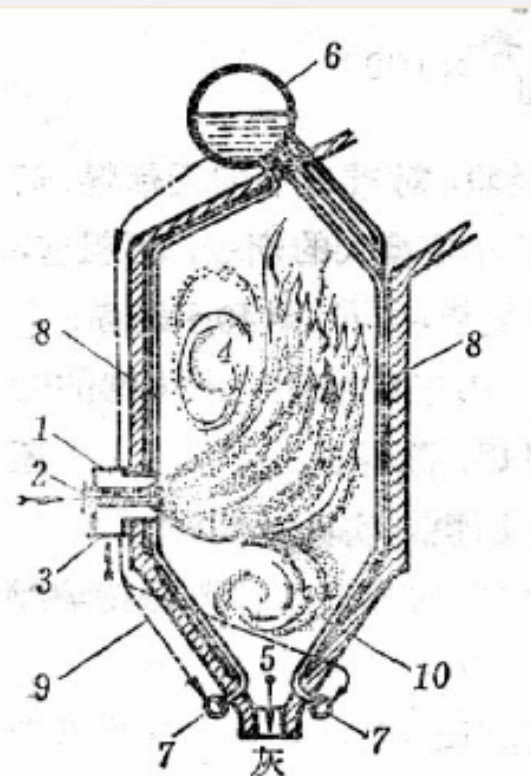


图 4-9 煤粉炉示意图

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
降管； 10—冷灰斗



二、煤粉炉的三大组成部分：炉膛、煤粉燃烧器和煤粉制备器

1. 炉膛

作用：保证燃料的完全燃烧，组织炉内热交换、布置合适的受热面满足锅炉容量的要求。

设计要求：

- ①适当的炉膛体积
- ②合理的几何形状
- ③便于布置水冷壁
- ④燃烧器至炉膛出口有足够行程



2. 煤粉燃烧器简介

作用：将燃料与燃烧所需空气按一定的比例、速度和混合方式经喷口送入炉膛

- 保证燃料与空气充分混合、及时着火、稳定燃烧和燃尽，燃烧效率高
- 能形成良好的炉内空气动力场，火焰在炉内的充满程度好，且不会冲墙贴壁，避免结渣
- 有较好的燃料适应性和负荷调节范围
- 能减少 NO_x 的生成，减少对环境的污染
- 结构简单，流动阻力较小

✓ 直流式燃烧器

✓ 旋流式燃烧器



直流燃烧器

直流燃烧器的一、二、三次风分别由一组圆形、矩形或多边形的喷口以直流射流的形式喷入炉膛。

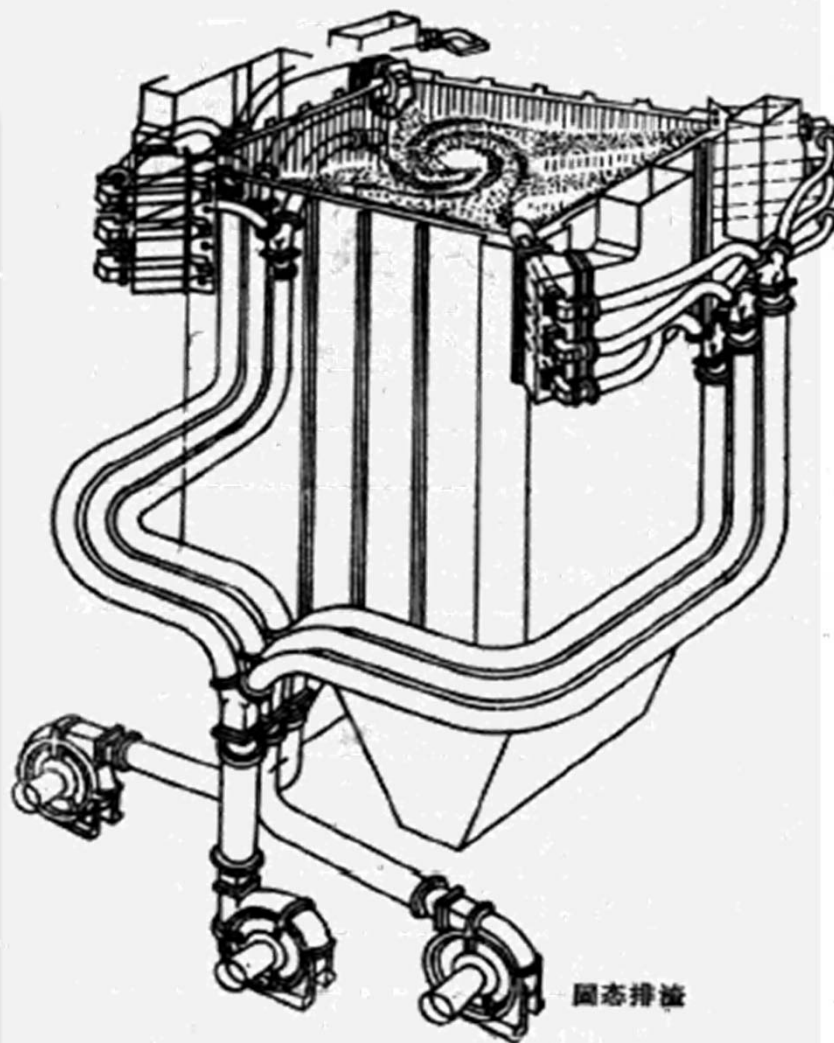
特点：

➤ 煤粉气流吸热量大

依靠本身外边界卷吸烟气、炉膛辐射热及来自上游邻角正在剧烈燃烧的火焰的冲击和加热。着火条件好

➤ 火焰在炉内充满度较好，燃烧后期气流扰动较强

有利于燃尽，煤种适应性强

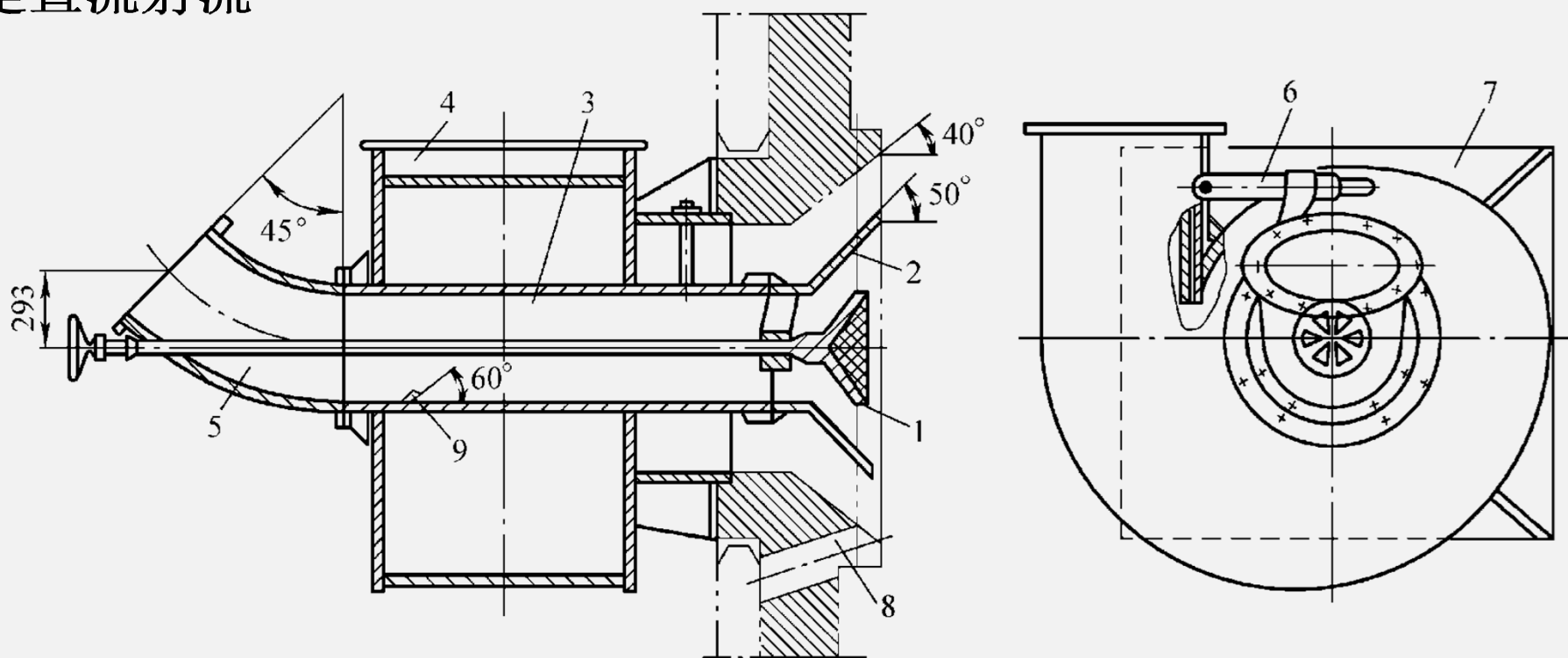




旋流燃烧器（单蜗壳和双蜗壳）

旋流燃烧器出口气流是一股绕燃烧器轴线旋转的旋转射流。

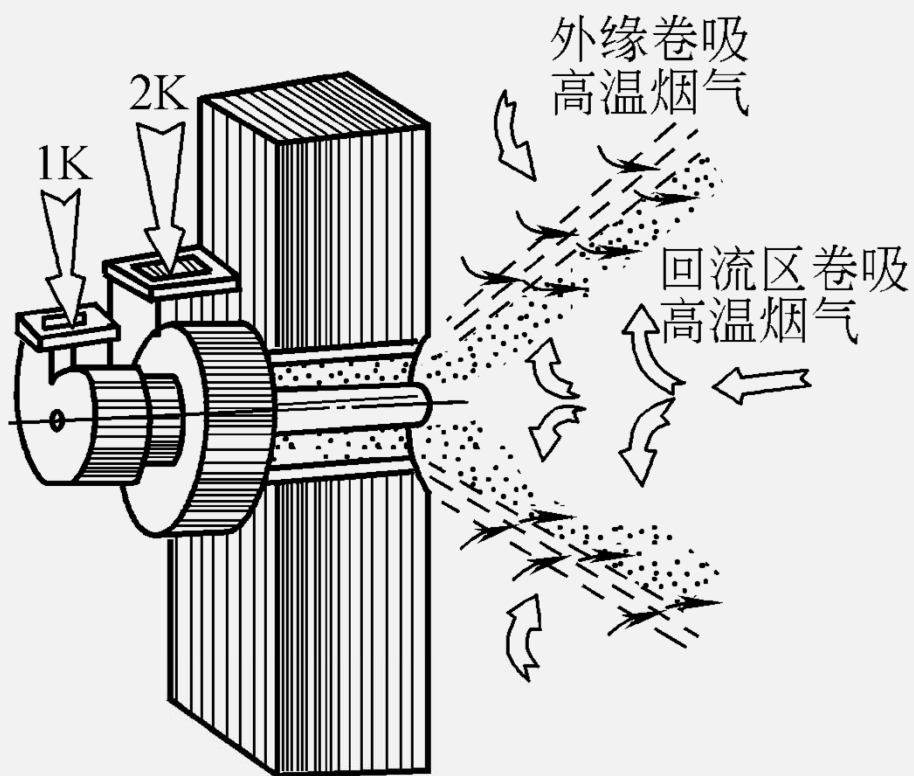
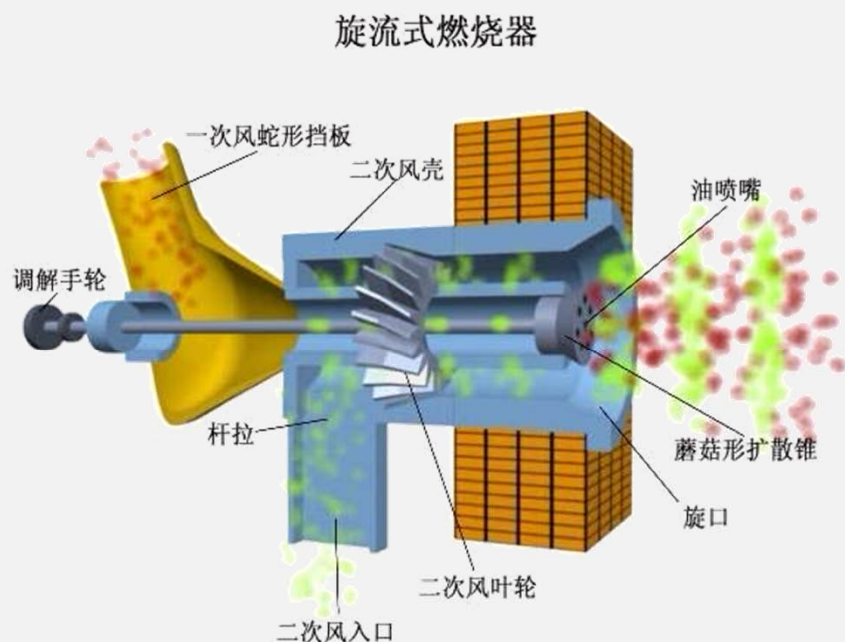
二次风射流均为旋转射流，一次风射流可以是旋转射流，也可以是直流射流





旋流燃烧器（单蜗壳和双蜗壳）

特点：卷吸量较大，扩展角较大；
射程较短，后期扰动较弱



适用：重油、较好的烟煤



3. 煤粉制备系统

● 磨煤机

❖ 低速磨 ($18 \sim 25 \text{r/min}$)

❖ 中速磨 ($40 \sim 300 \text{r/min}$)

❖ 高速磨 ($750 \sim 1500 \text{r/min}$)

● 制粉系统

❖ 中间储仓式系统

❖ 直吹式系统

电站锅炉

工业锅炉

煤经磨煤机磨成粉后直接吹入炉膛

将磨好的煤粉先储存在煤粉仓中，根据锅炉运行负荷需要，从煤粉仓经给粉机送入炉膛中燃烧。

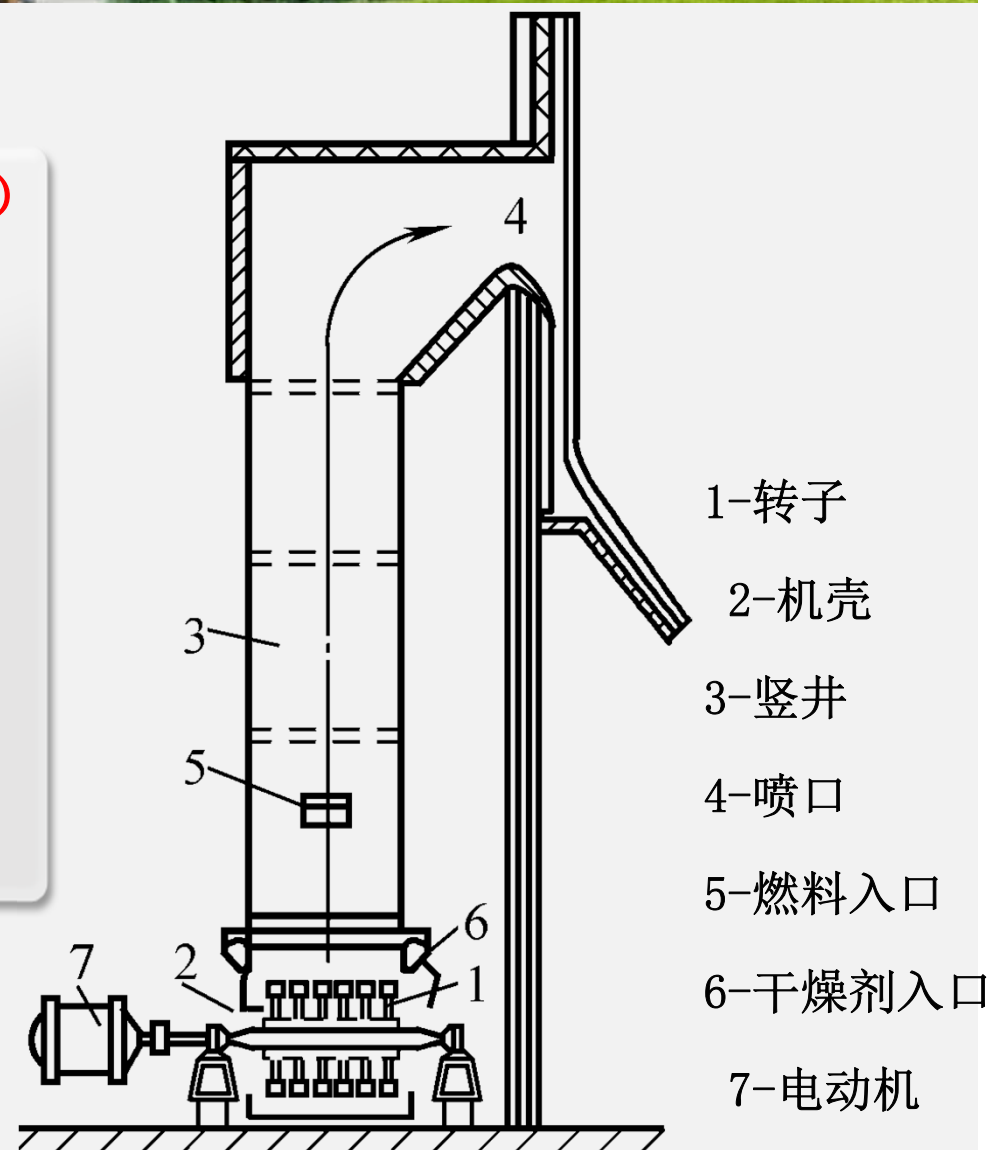


3. 煤粉制备系统

竖井式磨煤机（锤击式磨煤机）

这种磨煤机仅能产生微弱的通风力，因此只能与阻力小的燃烧器配合使用，多用于中小型的煤粉炉。

并且锤头磨损快，所以在国内应用较少。

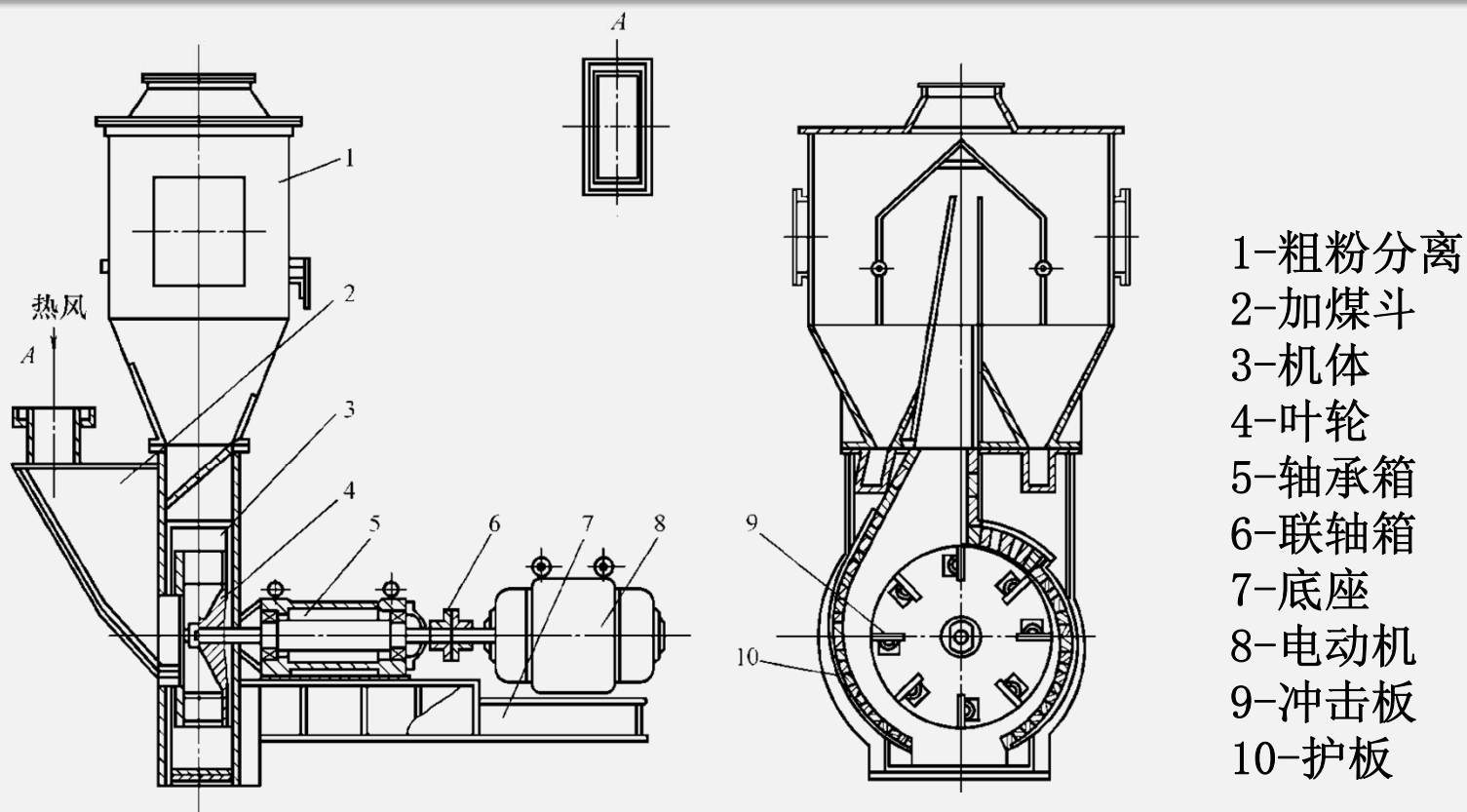




3. 煤粉制备系统

风扇式磨煤炉 优点：系统简单，初投资低，电耗低，可磨高水分煤

缺点：叶轮磨损快(2-3周需要更换)





煤粉炉的优缺点

优点

- ① 着火条件好，煤种适应性广
- ② 燃烧完全，热效率高
- ③ 热惰性小，调节负荷能力强
- ④ 易于实现机械化、自动控制和智能化

缺点

- ① 需配备庞大的磨煤系统，电耗大
- ② 不能低负荷运行，更不能压火
- ③ 飞灰多，易污染环境



第五章 工业锅炉的燃烧设备

5.1 燃料的燃烧过程

燃烧过程

5.2 层燃燃烧设备

5.3 流化床燃烧设备

燃烧设备

5.4 室燃燃烧设备

5.5 工业锅炉燃烧设备的热力特性

热力特性



燃烧设备特性的主要参数:

1. 炉膛容积热负荷: 单位炉膛容积燃料燃烧放热的热功率

$$q_V = \frac{B \cdot Q_{net.v.ar}}{V} \quad \text{kw/m}^3$$

2. 炉膛截面热负荷: 室燃炉燃烧器区段单位炉膛截面上燃料燃烧放热的热功率

$$q_F = \frac{B \cdot Q_{net.v.ar}}{F} \quad \text{kw/m}^2$$

3. 炉排面积可见热负荷: 单位炉排面积上燃料燃烧放热的热功率

$$q_R = \frac{B \cdot Q_{net.v.ar}}{R} \quad \text{kw/m}^2$$



作业:

1. 层燃炉为什么既要保证足够的炉排面积?又要保证一定的炉膛容积?
2. 层燃炉和室燃炉炉子的工作强度有哪几个指标?对层燃炉为什么在炉排、炉膛容积热强度前面要冠以“可见”两字?对于室燃炉又为什么要引入“炉膛断面热强度”这一指标?
3. 鼓泡流化床和循环流化床锅炉在结构上有何异同?试述循环流化床锅炉的优越性及其发展前景?



The End



作业:

1. 层燃炉为什么既要保证足够的炉排面积?又要保证一定的炉膛容积?

层燃炉大部分煤在炉排上燃烧,但挥发分的一部分细小煤粒在炉膛空间燃烧。炉排面积过小,会使煤层增厚,煤层空气流速过高,导致不完全燃烧产物、飞灰、阻力增加,使 q_3 、 q_4 增大,所以要有足够的炉排面积;炉膛容积过小会导致烟气及其所携带的可燃物在炉内停留时间过短,导致 q_3 、 q_4 增大,所以要有一定的炉膛容积。



作业：

2. 层燃炉和室燃炉炉子的工作强度有哪几个指标？对层燃炉为什么在炉排、炉膛容积热强度前面要冠以“可见”两字？对于室燃炉又为什么要引入“炉膛断面热强度”这一指标？

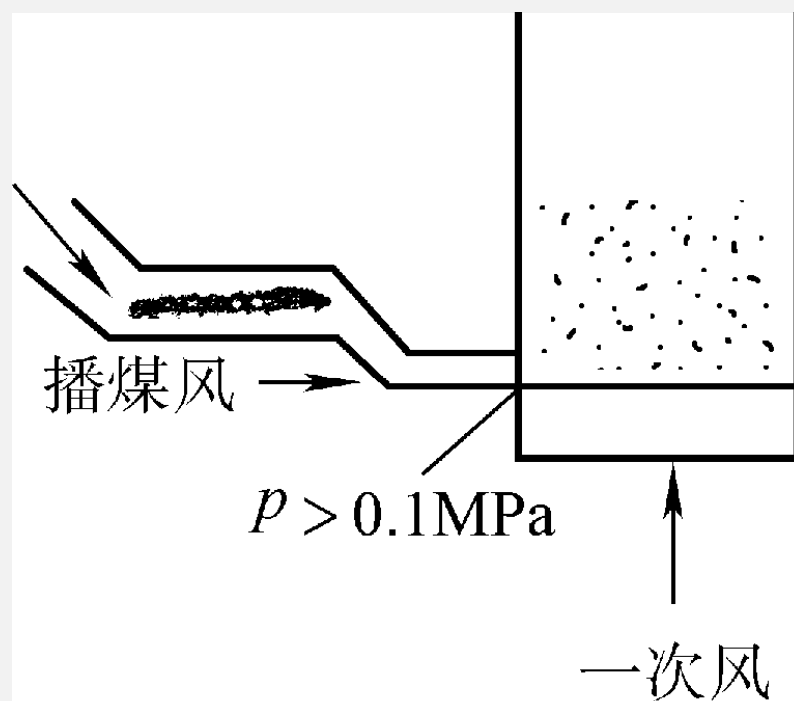
（1）指标：炉排热强度，炉室热强度 （2）在层燃炉中要分别测出燃料在炉排面上和炉膛体中燃烧放热量是困难的，故在炉排和体积热强度中，都假定把燃料燃烧的全部热量作为热强度计算的基础，引入“可见”概念。（3）室燃炉单用炉膛体积热强度来表示，未能反映出炉膛的形状对燃烧的影响。



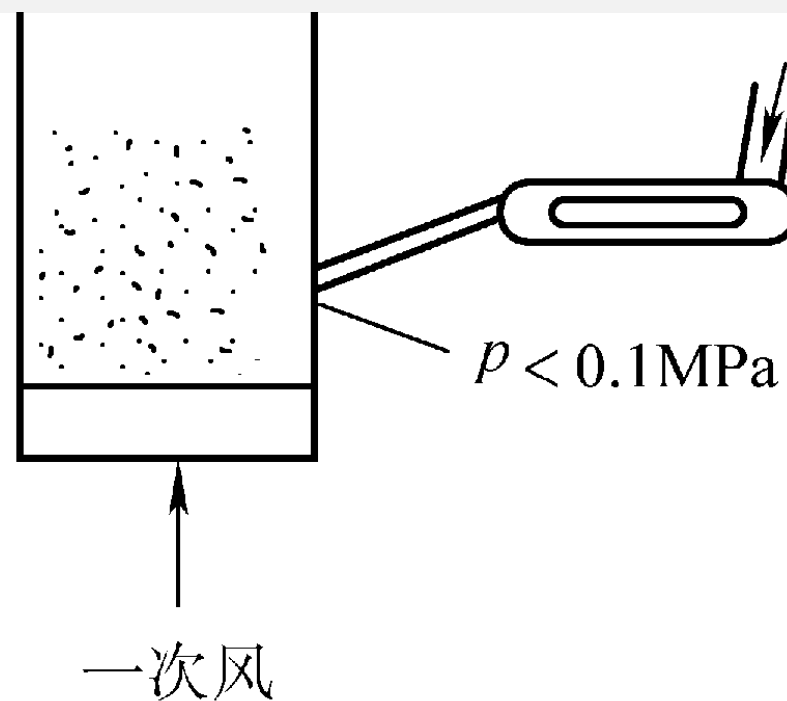
作业:

3. 鼓泡流化床和循环流化床锅炉在结构上有何异同？试述循环流化床锅炉的优越性及其发展前景？

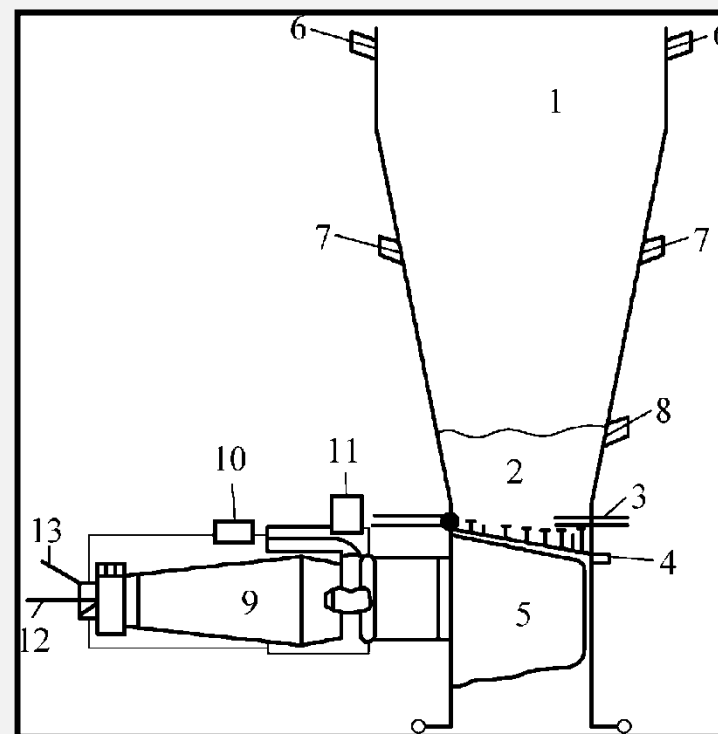
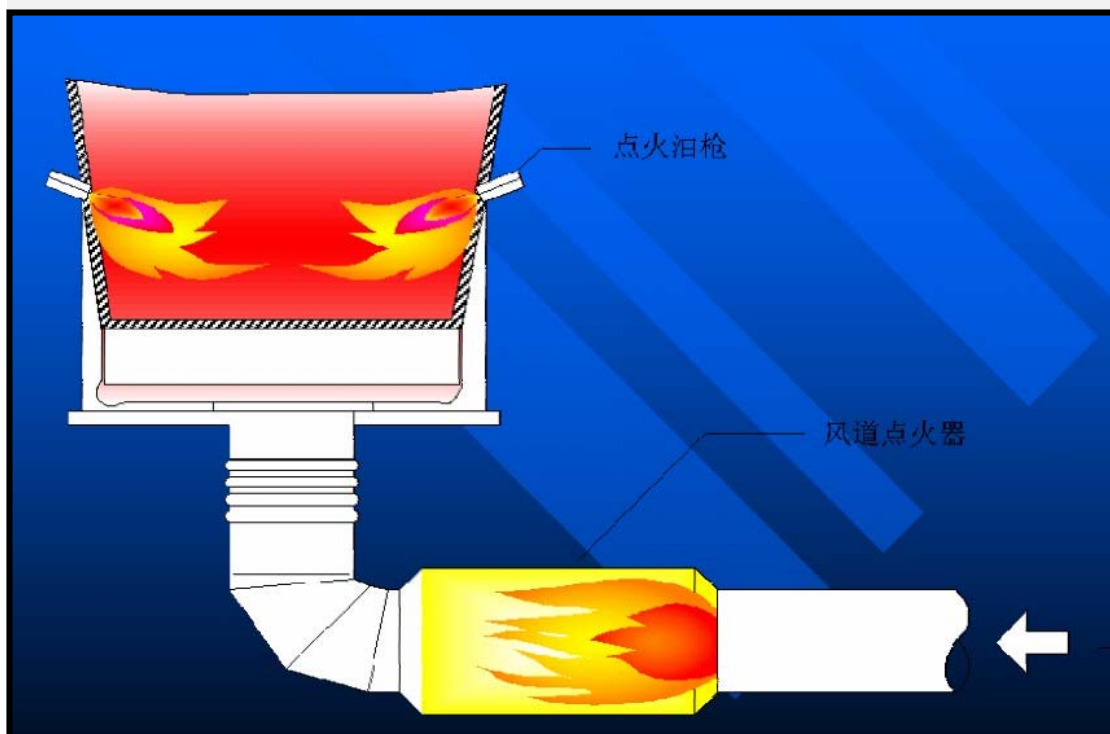
(1) 相同点：都有煤机、布风板、风室；不同点：鼓泡式在流化段布置了一部分沉浸受热面，即埋管，炉膛分流化段和悬浮段。循环式的炉膛由水冷壁管构成，炉膛不分流化段和悬浮段 (2) 优越性：1.大量的细灰参与了循环，使其流动、燃烧和传热 2.沿床层高度方向温度方向趋于一致，无需布置埋管，故没有埋管严重损磨问题 3.采用了将从炉膛飞出的固体粒子捕获，收集并使之循环的措施，有效延长固体粒子在炉内的停留时间 4.在稀相区的固体粒子浓度高于鼓泡式，大幅度提高了稀相区受热面的传热，缩小了炉膛体积，提高燃烧室的利用率 (3) 发展前景：因它是高效、清洁的新一代燃烧技术，且在发展成为大容量时具有明显的优越性，倍受世界各国重视，它作为最有前途的洁净燃烧方式而得到迅速发展。



a) 正压给煤
负压给煤



b)







5.3 流化床燃烧设备

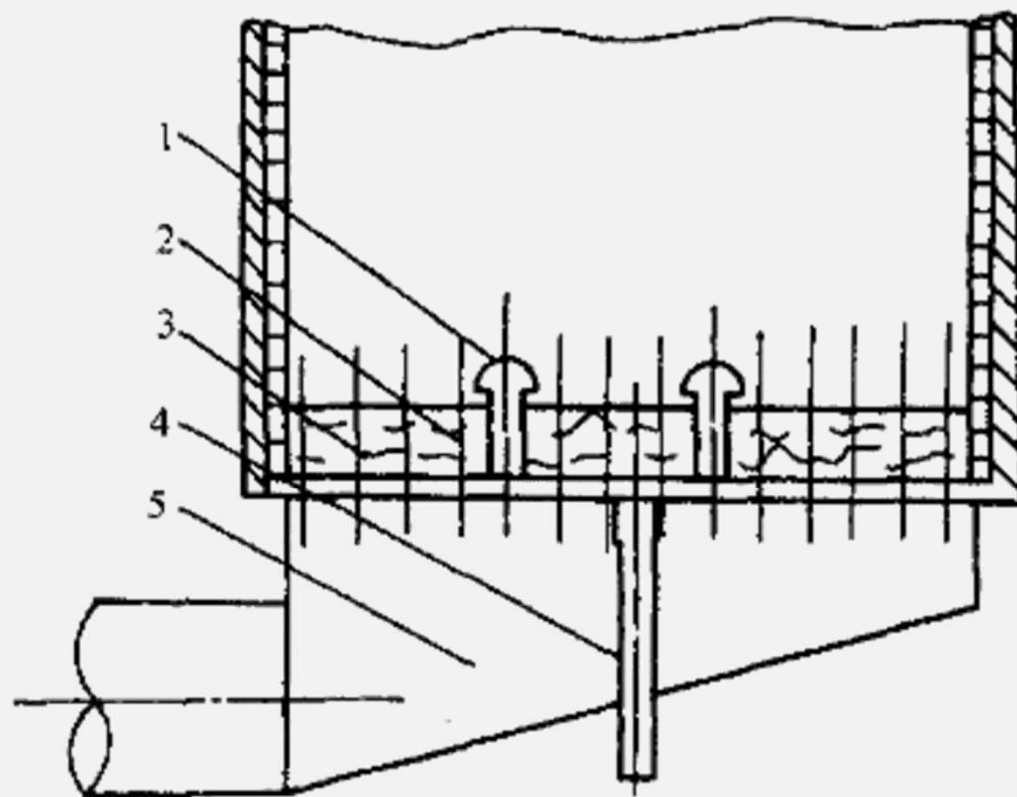


图 4-27 典型风帽式布风装置结构

1—风帽；2—隔热层；3—花板；4—冷渣管；5—风室



5.3 流化床燃烧设备

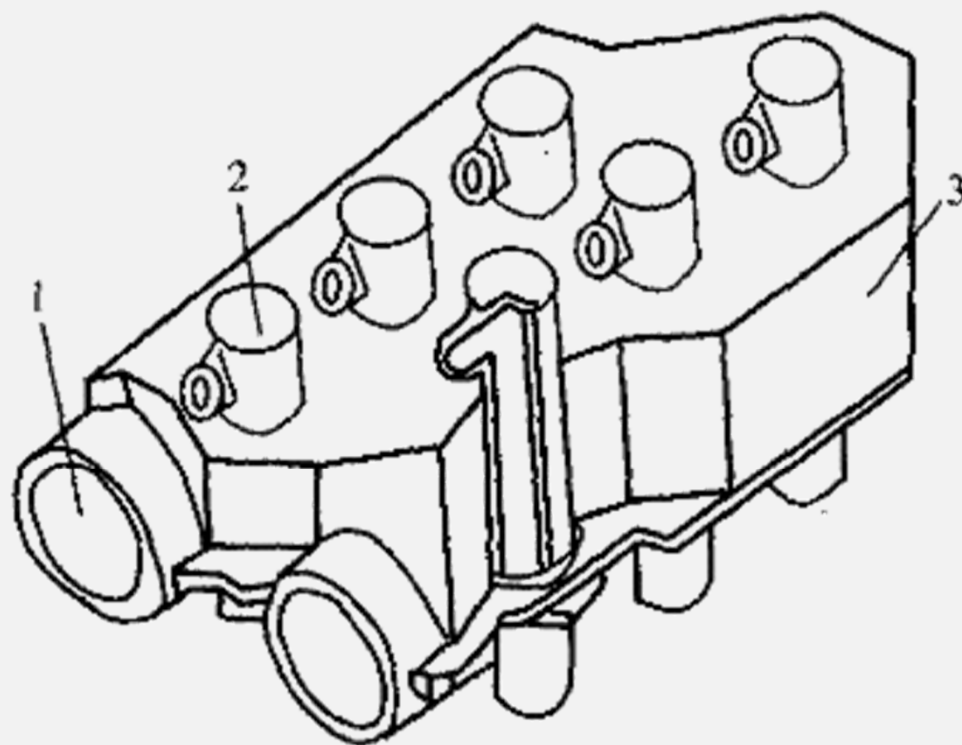
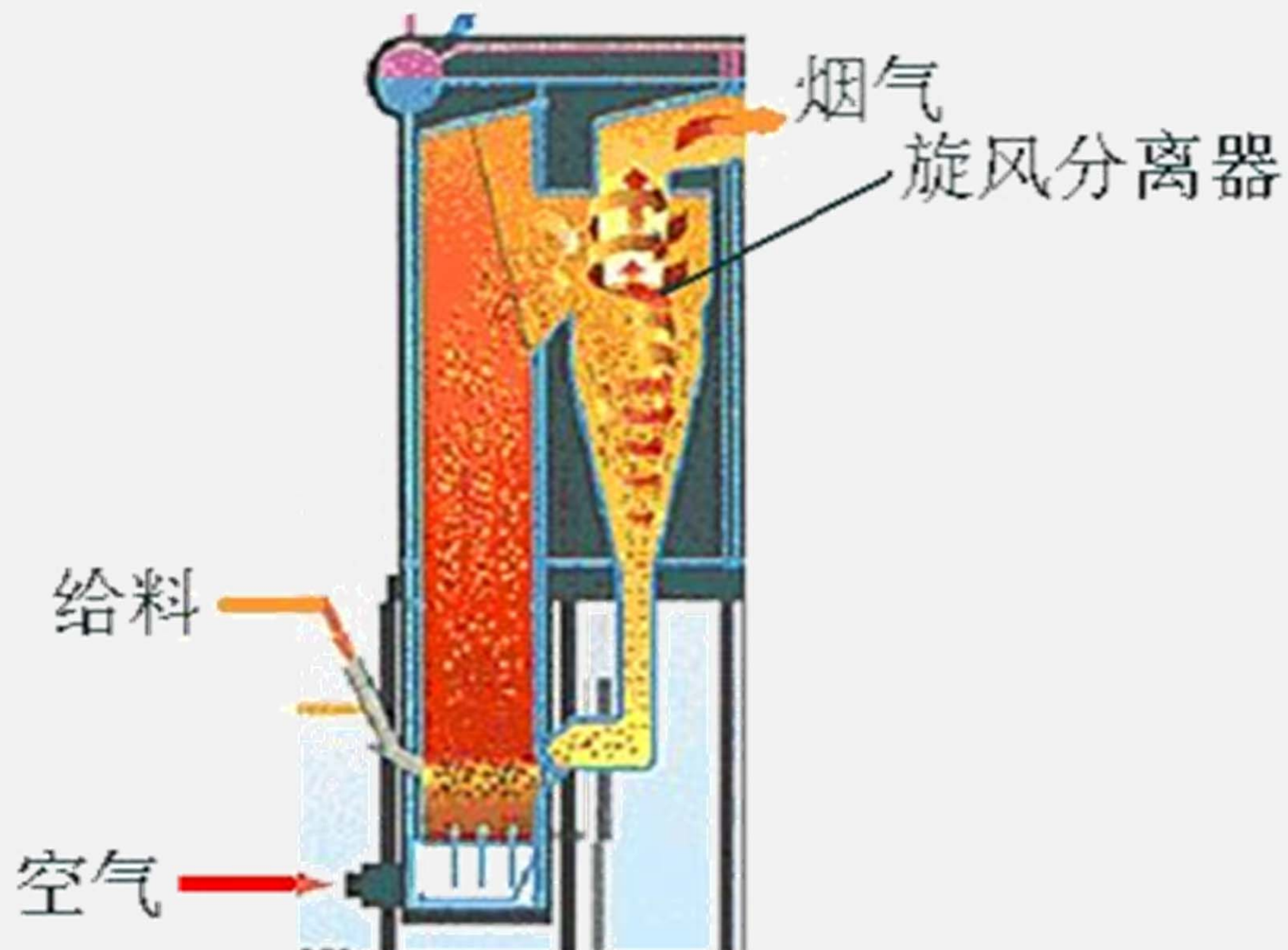


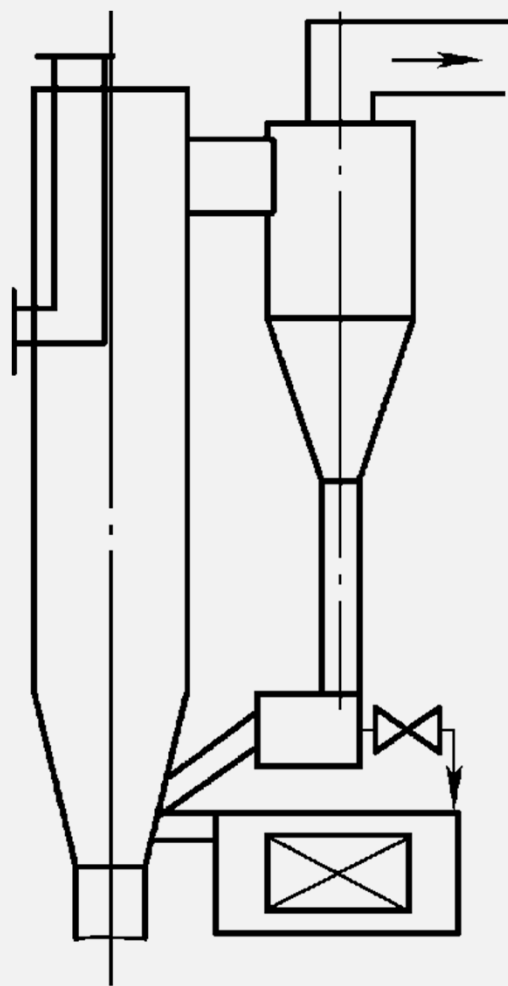
图 4-28 水冷布风板

1—水冷管；2—定向风帽；3—耐火层

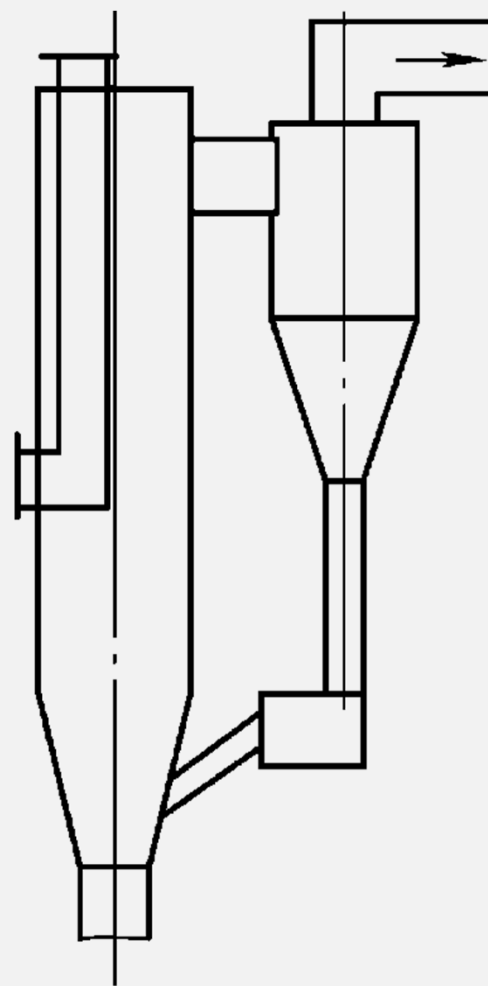


5.3 流化床燃烧设备

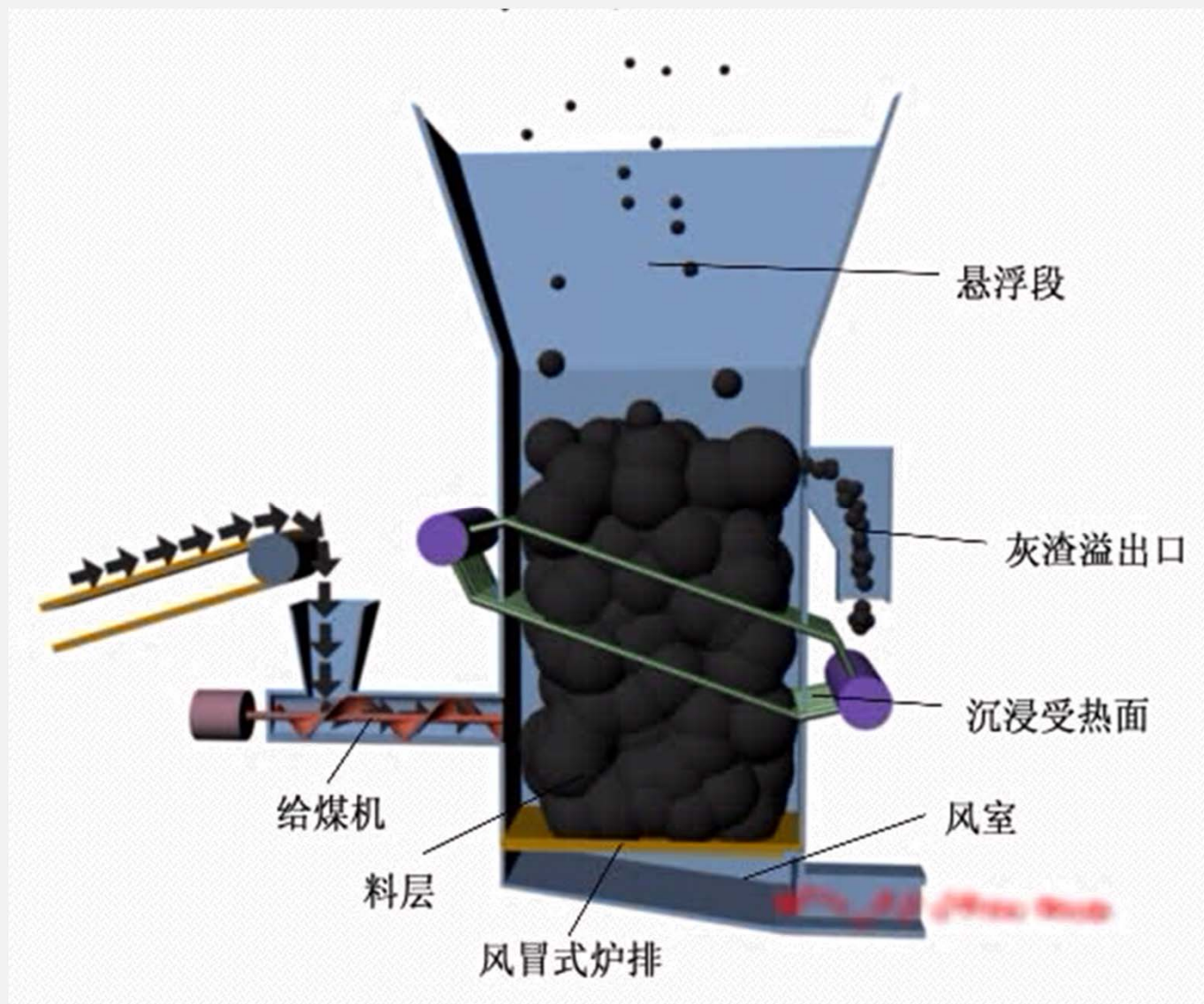




a)

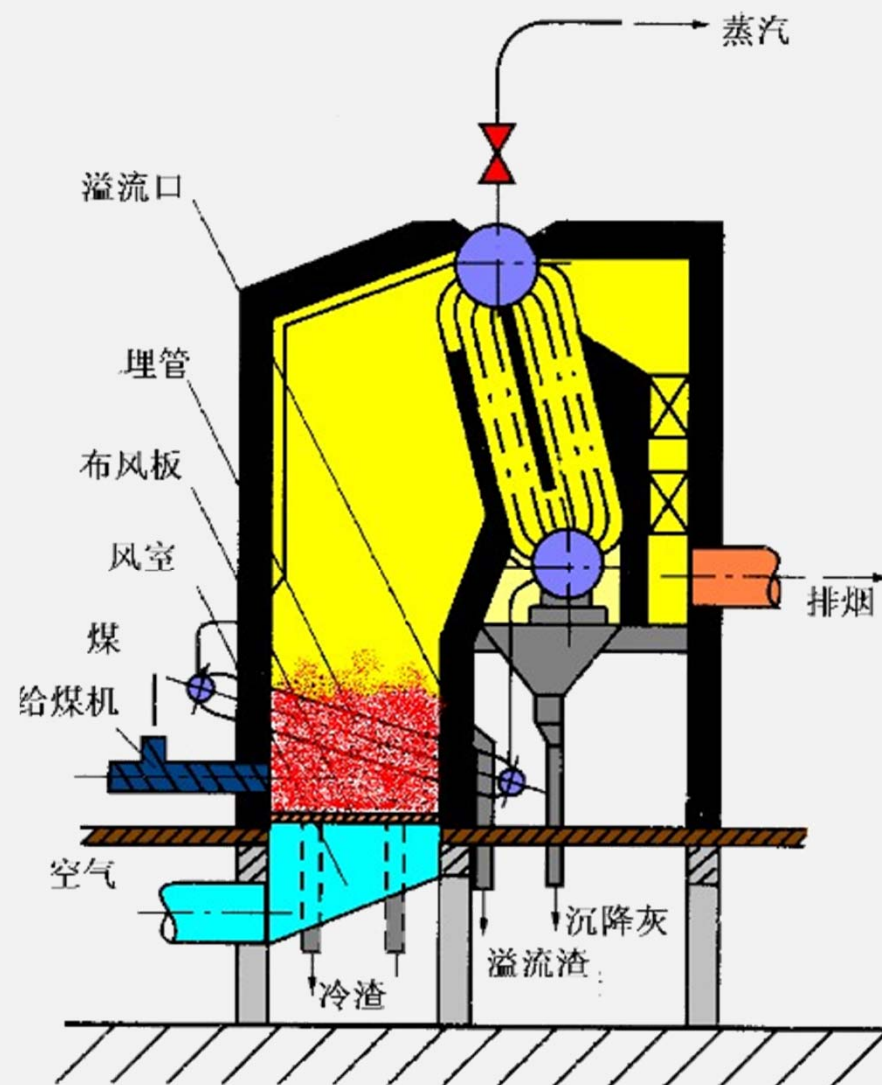


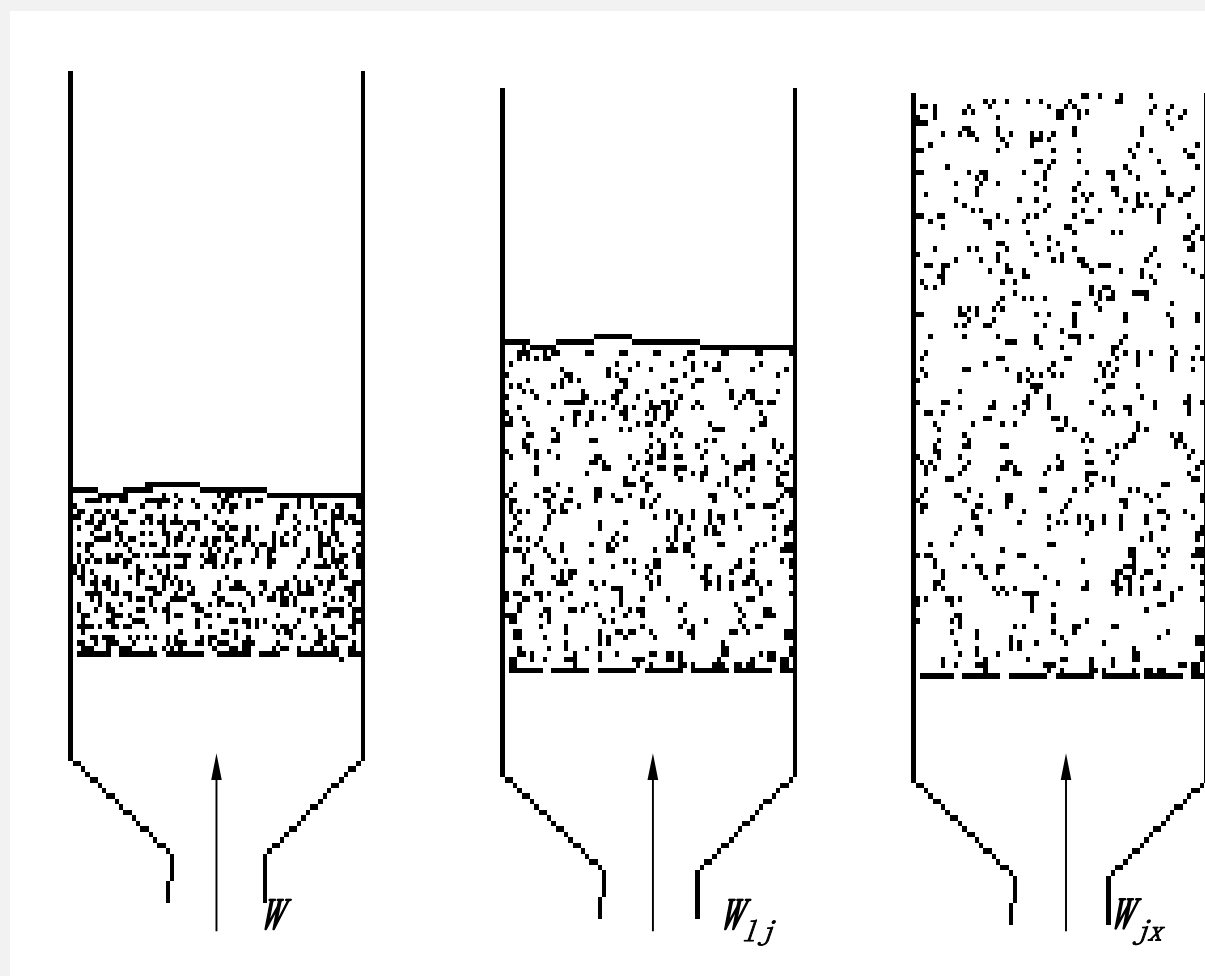
b)





5.3 流化床燃烧设备





固定床

流化床

气力输送

料层的不同状态





作业：

1. 试述手烧炉的优缺点。
2. 试述链条炉排的燃烧过程。
3. 试述链条炉中，炉拱、二次风作用是什么？
4. 试述循环流化床锅炉的优越性及有待研究解决的问题。
5. 什么是炉膛体积热负荷、炉膛截面热负荷、炉排面积热负荷？



1. 煤的燃烧过程分哪几个阶段? 为了促进和改善燃烧, 应创造和保持些什么条件?

着火前的热力准备阶段
挥发物与焦炭的燃烧阶段
灰渣形成段/燃尽阶段

2. 煤在手烧炉中燃烧的主要特性有哪二个? 为什么它经常要冒黑烟?

双面引火,煤种适应性广。
燃烧工况周期性,燃烧效率低, 污染严重。

煤入炉后, 当挥发分大量析出需要大量空气时, 由于实际参与燃烧的空气远远满足不了燃烧需要, 在严重缺氧时引起挥发物热分解生成大量碳黑, 此时炉温尚低导致碳黑难以燃烧而冒黑烟。



3.链条炉的燃烧特点？改善燃烧措施？

燃烧特点：单面引火；燃烧过程沿炉排长度方向分区段。

改善燃烧的措施：分区配风、炉拱、二次风

4.为什么链条炉采用分区配风？

因为链条炉燃烧过程沿炉排长度方向分区段,如采用统仓配风会产生两端空气过量,中间空气不足现象.分区配风可以根据各燃烧区段所需空气量供风,既保持炉膛高温,又减少排烟损失

5.机械炉排炉中，炉拱有什么作用？

改变自燃料层上升的气流方向，使可燃气体与空气得以良好混合，为可燃气体燃尽创造条件；
加速新入炉煤着火燃烧。



6.链条炉负荷变动，如何调节？

先调节风量，后改变给煤量。

7.为什么煤粉炉对煤种通用性较广?但对负荷调节波动幅度较大时适应性很差?

因为煤粉炉先把煤磨成煤粉,随空气进入炉内燃烧,煤粉与空气接触面积大,着火条件好,也强化了燃烧,所以煤种适用范围广.

煤粉炉炉膛四周是水冷壁受热面,当锅炉负荷降低时,煤粉量减少,而水冷壁吸热量减少不大,对于**1kg**煤来说水冷壁吸热量有所增加,导致炉膛平均温度降低,影响煤粉稳定着火,甚至熄火.



8.煤闸门、老鹰铁作用。

9.什么是一次风、二次风？层燃炉和室燃炉中一、二次风的作用有何不同？

层燃炉的一次风是穿过煤层供燃料燃烧的空气。二次风是在燃烧层上方借喷嘴送入炉膛的高速气流。层燃炉一次风是用于助燃，二次风是用于加强对烟气的扰动和混合的。

室燃炉一次风与煤粉混合成煤粉气流由燃烧器送入炉内，主要是输送煤粉并保证燃烧初期对氧的需要。二次风是单独送入炉内，与着火后的煤粉混合，补充燃烧所需氧气，并起扰动作用。



10. 层燃炉为什么既要保证足够的炉排面积?又要保证一定的炉膛容积?

层燃炉大部分煤在炉排上燃烧,但挥发分的一部分细小煤粒在炉膛空间燃烧。炉排面积过小,会使煤层增厚,煤层空气流速过高,导致不完全燃烧产物、飞灰、阻力增加,使 q_3 、 q_4 增大,所以要有足够的炉排面积;炉膛容积过小会导致烟气及其所携带的可燃物在炉内停留时间过短,导致 q_3 、 q_4 增大,所以要有一定的炉膛容积。

11. 层燃炉和室燃炉炉子的工作强度有哪几个指标?

对层燃炉为什么在炉排、炉膛容积热强度前面要冠以“可见”两字?对于室燃炉又为什么要引入“炉膛断面热强度”这一指标?

(1) 指标: 炉排热强度, 炉室热强度 (2) 在层燃炉中要分别测出燃料在炉排面上和炉膛体中燃烧放热量是困难的, 故在炉排和体和炉膛体中 却假定为燃料燃烧的全部热量作,



判断题:

1. 由一个煤粉细度 R_x 可以反应煤粉的均匀性。
()
2. 煤粉细度 R_x 愈小，表示煤粉愈细。(v)



某燃煤锅炉，蒸发量为10t/h，将其改造为燃油炉，改造后最高工作压力为1.0MPa，燃用重油低位发热量为42050kJ/kg，取给水温度为105℃，蒸汽湿度为2.3%，热效率为91%，燃油锅炉体积热强度 q_v 为380kW/m³，试确定在蒸发量不变的条件下所需炉膛体积。

$$q_v = \frac{BQ_{net,ar}}{3600V} \quad \text{可知} \quad V = \frac{BQ_{net,ar}}{3600q_v}$$

$$\eta_{gl} = \frac{Q_{gl}}{BQ_{net,ar}} = \frac{D(i_q - i_{gs}) \times 10^3}{B \cdot Q_{net,ar}} \quad \text{可知} \quad BQ_{net,ar} = \frac{D(i_q - i_{gs}) \times 10^3}{\eta_{gl}}$$

$$\text{因此} \quad V = \frac{D(i_q - i_{gs}) \times 10^3}{3600q_v\eta_{gl}}$$



压力为1MPa，给水温度为105℃，查得 $i_{gs}=440.9$ kJ/kg；饱和蒸汽焓 $i''=2776.2$ kJ/kg，气化潜热 $r=2013.6$ kJ/kg。

$$i_q = i'' - \frac{rw}{100} = 2776.2 - \frac{2.3 \times 2013.6}{100} = 2729.9 \text{ kJ/kg}$$

$$V = \frac{D(i_q - i_{gs}) \times 10^3}{3600 q_v \eta_{gl}} = \frac{10 \times (2729.9 - 440.9) \times 10^3}{3600 \times 380 \times 0.91} = 18.39 \text{ m}^3$$