

第 14 章 炉膛传热计算

第一节 炉膛传热原理

第二节 炉膛黑度计算

第三节 炉膛受热面的辐射特性

第四节 几种炉膛传热计算方法

第一节 炉膛传热原理

- 一、炉膛传热过程
- 二、火焰辐射
- 三、炉膛传热计算基本方程

一、炉膛传热过程

1 燃烧与传热—动态过程

2 辐射（换热量份额 > 95 ）， $t_L > 1400$ ， $t_L > 1000$

3 计算任务：按选定的炉膛出口温度 t_L 确定辐射受热面积；或布置了炉膛辐射受热面，校核炉膛出口温度是否合理。

4 发展流化床炉： K （传热系数）=4—5倍粉炉 K

二、火焰辐射

4种介质：

- (1) 三原子气体： CO_2 、 H_2O 红外光谱 — 不发光火焰
- (2) 焦碳粒子 发光 主要辐射成分
- (3) 灰粒
- (4) 碳黑粒子 烃类裂解 发光火焰

随燃料特性不同，参与辐射的介质不同：

气体：三原子气体、少量碳黑

重油：三原子气体、碳黑、雾状油滴

煤粉：主要：灰粒、焦碳粒、少量三原子气体、碳黑

三、传热方式

假定条件、物理、数字模型

$$a_{xt} F_{b \ 0} (T_{hy}^4 - T_b^4) = B_j V C_{pj} (T_a - T_L) \quad (12-47)$$

概念：理论燃烧温度 T_a

第二节 炉膛黑度计算

一、炉膛黑度

粉炉炉膛黑度 $a_L = a_{hy} / [a_{hy} + (1 - a_{hy})]$ (14—14)

热有效系数 $= (q_{yx1} - q_{yx2}) / q_{yx1}$ (14—8)

二、火焰黑度

平均火焰黑度 (炉膛出口处的 θ_L " 和烟气成分 θ_L ")

辐射介质：固：三原子气体 CO_2 、 H_2O 、焦碳、灰粒

1 固体燃料： $a_{hy} = 1 - e^{-kps}$ (布盖尔定律) (14—17)

炉膛的有效辐射层厚度： $S = 3.6V_L / F_L$ m (14—18)

火焰辐射减弱系数 K — (14—26)

炉膛压力： $P = 0.1MP_a$

第三节 炉膛受热面的辐射特性

一、角系数

二、热有效系数

三、污染系数

四、 ψ 、 X 、 ζ 关系

一、角系数

$$X = \frac{\text{投射到受热面上的热量}}{\text{投射到炉壁上的热量}}$$

膜式水冷壁: $X=1$

二、热有效系数

受热面吸热的有效性

$$= \frac{\text{受热面吸收的热量}}{\text{投射到炉壁上的热量}}$$

三、污染系数

$$\zeta = \frac{\text{受热面吸收的热量}}{\text{投射到受热面上的热量}}$$

四、 η 、 β 、 ζ 关系

$$\eta = X \zeta$$

第二节 几种炉膛传热计算方法

一、前苏联“热力计算标准方法”

$$T_L' = \frac{T_a'}{M \left(\sigma_0 F_l \psi a_l T_a'^3 / \phi B_j V c_{pj} \right)^{0.6} + 1'}$$

方法：试算法：假设 T_{Lj}'' Vc_{pj} , 各参数 T_L''
 $T_L'' - T_{Lj}'' = 100$

二、美国CE公司

上、下炉膛分段计算

炉膛吸热： $Q = Q_{yx} - Q_L''$

Q_{yx} —有效热量 (14-54)

Q_L'' —炉膛出口热量 (14-55)

二、热风温度

热风作用：煤粉制备时起干燥预热作用，主要是帮助煤粉在炉内迅速着火。

热风温度高有利于运行，但是多布置空气预热器面积。

稳定着火为益。只有在挥发分少的无烟煤，水分高的褐煤、液态排渣方式时，才采用高的热风温度。

固态排渣煤粉炉

贫煤、烟煤 300 - 350

褐煤、无烟煤 360 - 400

三、炉膛出口烟温

一、饱和蒸汽的溶盐

二、硅酸的选择性携带

三、过热蒸汽的溶盐规律

一、饱和蒸汽的溶盐

1、溶盐规律：

(1) 分配定律：如果某物质在两种互不相溶的介质中（如空气和水）均能溶解，则平衡状态下，该物质在这两种介质中的溶解度之比为一常数，可称为分配系数。

(2) 饱和蒸汽溶盐的特点：

具有选择性；

溶盐能力与压力有关；

2、盐类分类：

- (1) 硅酸盐(分配系数最大)；
- (2) 易溶的其它盐类，如NaOH、NaCl、CaCl₂（分配系数小于硅酸盐，但压力增大，分配系数很大）；
- (3) 难溶于蒸汽的盐分（分配系数很小）；

【注意】 $P < 6\text{Mpa}$ ，主要考虑机械携带；

$P > 6\text{Mpa}$ ，考虑硅酸携带；

$P > 12.75\text{Mpa}$ ，考虑第二类盐携带；

$P > 20\text{Mpa}$ ，考虑第三类盐携带；

二、硅酸的选择性携带

1、重要性：

高压下，硅酸携带大大高于机械携带，在汽轮机低压缸沉积；

2、硅化物溶盐规律：

(1) 复杂性：

测量时难分开；

溶解特性差异大；

锅水PH值影响大；

(2) 蒸汽中硅化物溶解量：

(3) 锅水中硅酸含量：

(4) 溶解系数：

3、减少蒸汽中硅化物含量的方法：

(1) 补给水除硅、防止凝汽器泄露；

(2) 控制锅水的PH值，PH值增大，溶解少，一般9~10。（排污降低PH值，可导致硅量增加）

三、过热蒸汽的溶盐规律

- 1、饱和蒸汽易于溶解的盐类在过热器中溶解度也较大；
- 2、压力越高，溶解度越大；
- 3、压力一定，溶解度不同的盐有增有减，过热汽温很高时，接近理想气体，盐分受温度影响大；

第四节 汽水分离装置

一、汽水分离过程的组织

二、立式旋风分离器

三、涡轮式旋风分离器：（轴流式）

一、汽水分离过程的组织：

1、分离的任务和一次分离元件：

(1)、任务：

一次分离（粗分离），蒸汽湿分减少到0.5%~1%；

消除汽水混合物的动能；

为二次分离（细分离）创造条件，

A、不允许大的水滴或大量湿分带进二次分离元件；

B、均匀引出蒸汽；（充分利用汽包分离空间）

C、不允许夹带汽泡；（降低膨胀水位，减少下降管带汽，水流不旋转）

D、分离水流不能直冲水面，溅起水滴；

阻力小；

(2)、一次分离元件包括：

旋风分离器；

挡板；

立式节流板；

水下孔板；

钢丝网分离器；

2、细分离的任务和办法：

(1) 任务：蒸汽湿分降低到0.01% ~ 0.03%；

(2) 办法：

控制蒸发面负荷减少汽流携带水滴的卷吸力；

局部区域汽流流速不要太高；

进行重力分离；

采用二次分离元件；

二、立式旋风分离器：

- 1、工作过程：（见《锅炉原理》多媒体教学软件）
- 2、结构型式及允许负荷： 290 ， 315 ， 350

三、涡轮式旋风分离器：（轴流式）

多用于强制循环锅炉

第五节 蒸汽清洗装置

- 一、蒸汽清洗工作原理
- 二、蒸汽清洗装置
- 三、提高蒸汽清洗效果措施

一、蒸汽清洗工作原理

分配系数：
$$S_q^{sio_2} = \frac{a^{sio_2}}{100} S_{gs}^{sio_2}, \text{ mg / kg}$$

蒸汽的含硅酸量取决于锅水的含硅酸量；

(1) 凝结蒸汽率：
$$d = \frac{x}{100} \frac{(100 + p)(i' - i_{sm})}{i'' - i'} \%$$

(2) 总平衡方程：
$$(100 + p) S_g^{sio_2} = 100 S_q^{sio_2} + p S_{gs}^{sio_2}$$

(3) 清洗装置平衡方程

$$\begin{aligned} & \frac{x}{100} (100 - p) S_g^{sio_2} + (100 + d) S_q^{sio_2} \\ & = 100 S_q^{sio_2} + \left[\frac{x}{100} (100 + p) + d \right] S_{qs}^{sio_2} \end{aligned}$$

盐分平衡图

(4) 锅水平衡方程

$$\frac{100-x}{100}(100+p)S_g^{sio_2} + \left[\frac{x}{100}(100+p) + d\right]S_{qs}^{sio_2}$$
$$= (100+d)S'_q{}^{sio_2} + pS_{gs}^{sio_2}$$

$$S'_q{}^{sio_2} = \frac{K_{gs}^{sio_2}}{100} S_{gs}^{sio_2}$$

$$S_q^{sio_2} = \frac{K_{qx}^{sio_2}}{100} (S_{qx}^{sio_2} + S_g^{sio_2}) \frac{1}{2}$$

x : 送入清洗装置的给水占总给水量质量百分数 ;

p : 排污率 ;

$S'_q{}^{sio_2}$: 进入清洗装置蒸汽的硅酸含量 ;

清洗效率：实际清除的硅酸含量与理论上可能除去硅酸含量之比；

$$\eta = \frac{S_q^{sio_2} - S_q^{sio_2}}{S_q^{sio_2} - \frac{a^{sio_2}}{100} \left(\frac{S_g^{sio_2} + S_{qx}^{sio_2}}{2} \right)}$$

：清洗不完全系数；

$$S_q^{sio_2} = (1 - \beta) \frac{K_{qx}^{sio_2}}{100} \left(\frac{S_g^{sio_2} + S_{qx}^{sio_2}}{2} \right) + \beta \frac{K_{gs}^{sio_2}}{100} S_{gs}^{sio_2}$$

影响蒸汽清洗效果的因素：

(1) 清洗后蒸汽携带硅酸系数；

(2) 清洗水硅酸含量；

(3) 清洗不完全系数；

二、蒸汽清洗装置

雨淋式；

水膜式；

起泡穿层式；

板厚2 ~ 3mm，开孔孔径 5 ~ 6

三、提高蒸汽清洗效果措施

1、蒸汽与清洗水要充分接触：

保证必要的清洗水层厚度 H_{qxs} ；

(1) 清洗孔板上部保持连续的清洗水层；

(2) 保证清洗装置上水层均匀，溢流通畅；

2、蒸汽与清洗水要均匀地接触：

3、进入清洗水层蒸汽应力求干净：

4、减少清洗后蒸汽带水量：

(1) 清洗负荷强度 R_{qxb} ；

(2) 清洗水份额 x ；

(3) 清洗装置与二次分离元件的距离 H_{qxs} ；

5、提高锅炉给水品质：

第六节 排 污

一、锅炉给水的限定

二、排 污

三、给水品质

一、锅炉给水的限定

$$S_q^m = \frac{K_m}{100} S_{gs}^m, \text{ mg / kg}$$

二、排 污

1、排污的作用

$$P = \frac{D_{pw}}{D} \times 100 \%$$

2、锅水盐分平衡

$$(100 + P)S_g = PS_{gs} + 100S_q$$

$$S_q = \frac{K}{100} S_{gs}$$

$$\frac{S_{gs}}{S_g} = \frac{100 + P}{P + K} = m \approx \frac{100 + P}{P}$$

m ：锅水浓缩倍率；

控制给水品质或控制排污率；

3、排污率和给水品质的限定：

技术经济比较

4、排污方法的局限性：

（1）压力增高，排污带走盐分相对减少，排污作用减少；

（2）压力增高，蒸汽带走盐分增加，因此给水品质应更好；

三、给水品质（标准）