

第六章 燃烧过程的基本理论

第一节 化学反应速度及影响因素

第二节 煤、焦炭和煤粉的燃烧

第三节 燃烧过程着火和熄火的热力条件

第四节 影响煤粉气流着火的因素

第五节 燃烧完全的条件

第一节化学反应速度及影响因素

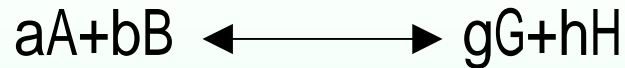
一、化学反应速度：

燃烧反应是一种发光发热的高速化学反应；

1、均相反应和多相反应：

2、反应速度

可以用某一反应物浓度减少的速度表示，也可以用生成物浓度增加的速度表示。



$$w_A = - dC_A / dt$$

3、影响因素：

(1) 反应物性质；(2) 反应物的浓度；(3) 温度；(4) 压力；(5) 是否有催化剂或连锁反应。

二、质量作用定律：

1、意义：反映浓度对化学反应速度影响的；

2、概念：在温度不变时，化学反应速度与该瞬间各反应物浓度幂的乘积成正比。各反应物浓度的幂指数等于其相应的化学计量系数。

$$\text{正反应速度 } w_1 = k_1 c_A^a c_B^b$$

$$\text{逆反应速度 } w_2 = k_2 c_G^g c_H^h$$

k_1 、 k_2 为正、逆反应速度常数，对于一定的化学反应，只与温度有关，与浓度无关；

$$\text{平衡常数 } k_c = \frac{k_1}{k_2}$$

3、适用条件：

按其化学反应计量方程式一步完成；理想气体在均相反应。

三、阿累尼乌斯定律：

1、意义：反映温度对化学反应影响：

$$k = k_0 e^{-\frac{E}{RT}}$$

k_0 ：频率因子；

E ：活化能；

R ：通用气体常数；

T ：热力学温度；

$$k_0 = \text{常数} \times \sqrt{T}$$

活化能 E 、频率因子 k_0 都与温度无关；

活化能 E ：使分子接近和破坏反应分子化学键所必须消耗的能量，也就是发生反应所需要的能量。

四、 压力对化学反应速度的影响：

P ，反应速度加快；

五、 催化作用：

催化剂本身不变

改变化学反应速度，不改变反应限度

六、 链锁反应：

多米诺效应 - 活化分子

第二节 煤、焦炭和煤粉的燃烧

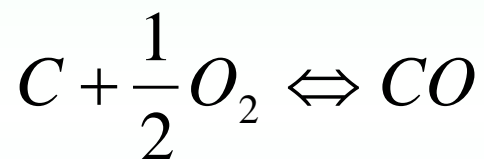
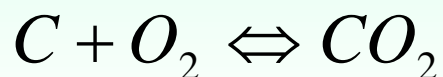
一、煤燃烧过程的四个阶段：

- (1) 预热干燥阶段；
- (2) 挥发分析出并着火阶段；
- (3) 燃烧阶段；
- (4) 燃尽阶段；

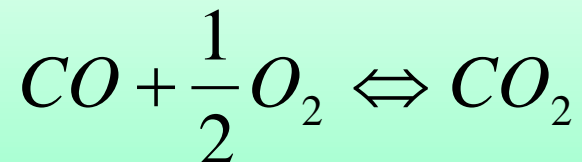
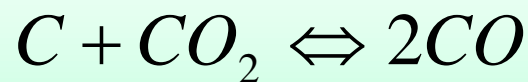
最重要的是着火和燃尽；着火是前提，燃尽是目的。

二、碳的燃烧反应：

(1) 一次反应：



(2) 二次反应：



三、碳的多相燃烧特点：

特征：物质在相的分界表面上发生反应；燃料与氧化剂的相态不同。

燃烧的几个连续阶段：

- (1) 参与燃烧反应的气体分子（氧）向碳粒表面的转移与扩散；
- (2) 气体分子（氧）被吸附在碳粒表面；
- (3) 被吸附的气体分子（氧）在碳表面发生化学反应，生成燃烧产物；
- (4) 燃烧产物从碳表面上解吸附；
- (5) 燃烧产物离开碳表面，扩散到周围环境中；

四、多相燃烧反应的燃烧区域：

多相燃烧反应分为**动力燃烧区**、**扩散燃烧区**和**过渡燃烧区**。

$$\text{化学反应速度 } w_1 = kC_f, \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$$

$$\text{氧的扩散速度 } w_2 = \beta(C_0 - C_f)$$

当 $\beta \gg k$ 时，动力燃烧区， $t < 1000$ ，提升温度是强化燃烧的手段；

当 $\beta \ll k$ 时，扩散燃烧区， $t > 1400$ ，要强化燃烧，加强碳粒与氧的扰动混合；

动力燃烧区与扩散燃烧区之间有一个过渡燃烧区，化学反应速度与氧的扩散速度比较接近，两者都不能忽略，要强化燃烧，既提升温度，又要加强碳粒与氧的扰动混合。

第三节 燃烧过程着火和熄火的热力条件

一、着火定义

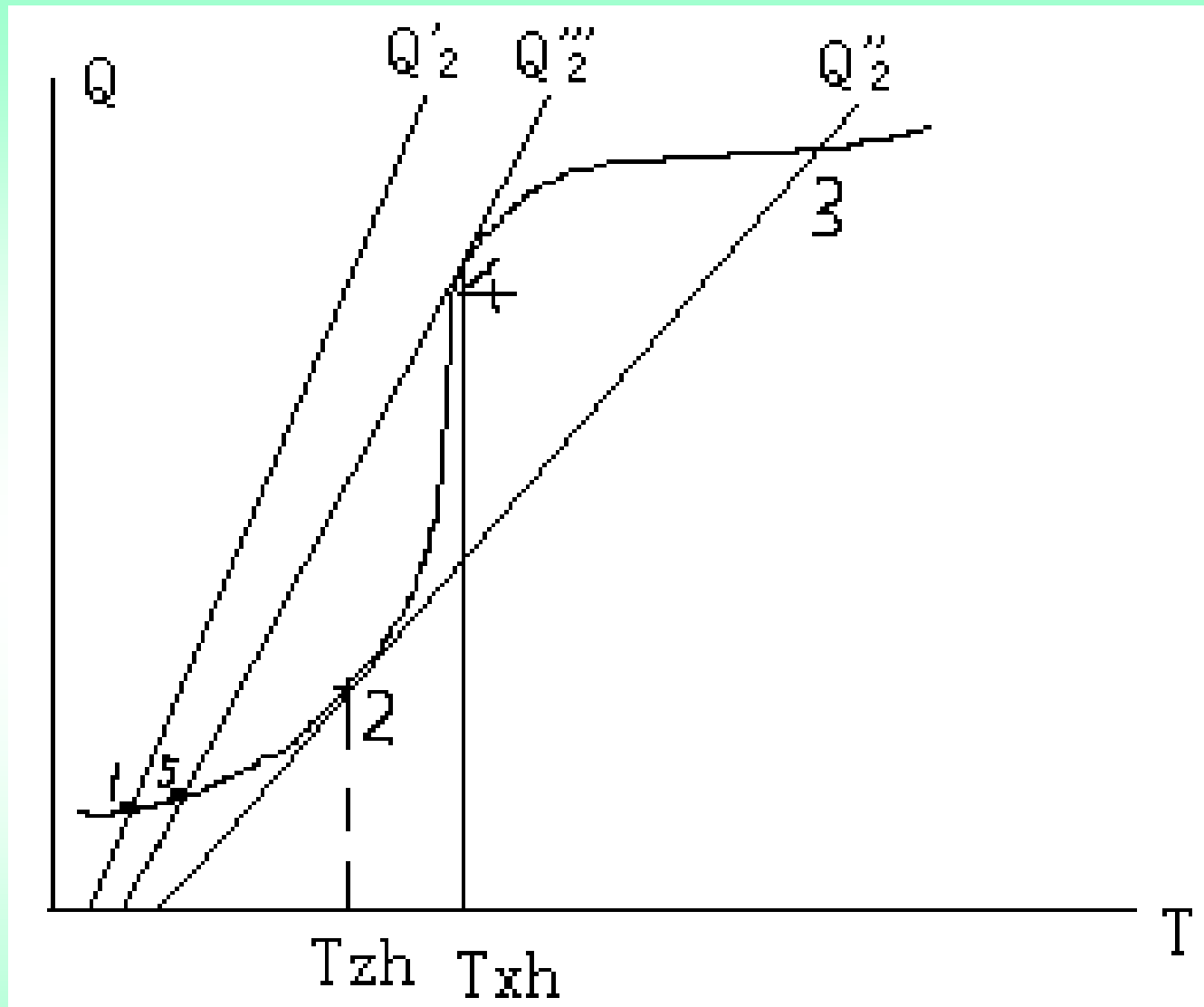
二、着火和熄火的热力条件

煤粉空气混合物在燃烧室内的燃烧过程热力条件：
燃烧室内煤粉空气混合物燃烧时的放热量 Q_1 为：

$$Q_1 = k_0 e^{-E/RT} C_{o_2}^n V Q_r$$

燃烧过程中，燃烧室向周围的放热量 Q_2 为：

$$Q_2 = \alpha S (T - T_b)$$



第四节 影响煤粉气流着火的因素

一、煤粉气流着火的特点：

【A】煤粉气流通过湍流扩散和回流，卷吸周围高温烟气；同时受到炉膛四壁及高温火焰辐射，被迅速加热至着火。

【B】着火过早，烧坏喷口，也易结渣；着火太迟，增大机械不完全燃烧损失，火焰中心上移，对流受热面结渣。

二、着火热及其影响因素：

1、着火热：将煤粉气流加热到着火温度所需的热量称为-----。它包括加热煤粉及一次风，并使煤粉中水分蒸发、过热所需要的热量。

2、影响着火的因素：

- 燃料的性质：挥发分，着火温度；水分，着火温度；灰分，着火温度；细度，着火温度。
- 炉内的散热条件：燃烧带
- 煤粉气流的初温：
- 一次风量和风速：
- 燃烧器的结构特性：燃烧器尺寸、一、二次风混合点；
- 锅炉负荷：低负荷炉温降低，固态排渣煤粉炉 >70%的负荷下运行。

第五节 燃烧完全的条件

一、燃烧效率：

$$\eta_r = 100 - (q_3 - q_4)$$

二、完全燃烧条件：

- 供应充足而又合适的空气量；
- 适当高的炉温；
- 空气和煤粉的良好扰动和混合；
- 在炉内要有足够的停留时间；