

循环流化床锅炉的设计考虑

赵力人 编译

(黑龙江省劳动局锅炉压力容器安全监察处)

一、前言

与常规的沸腾流化床锅炉比较,循环流化床锅炉具有结构紧凑、对燃料的质量不敏感、空气污染程度低等。本文扼要地讨论了这种锅炉的设计问题。

二、炉膛高度的基本设计原则

1. 炉膛高度应使细小的燃料颗粒在炉膛内有足够的燃烧时间使之完全燃烧。
2. 在一定的过剩空气和固体颗粒循环率范围内,炉膛应能吸收足够的热量,使床温保持在合适的范围内(800~900℃)。
3. 沿炉床高度的温度差不超过10~15℃,炉膛出口温度不得低于700℃(1)。

三、炉膛高度的近似计算公式

假设固体粒子在烟气成份均匀的条件下,在良好混合的炉膛中平均停留时间为:

$$t = \frac{L\rho_b}{G_s} \quad (1)$$

式中:

t ——颗粒在炉内的平均停留时间,秒

L ——炉膛高度,米

ρ_b ——流化床的容积密度,公斤/米³

G_s ——颗粒再循环率,公斤/米²秒

既然在快速流化床中没有气泡,特博——戴维斯的燃尽时间表达式可以写成:

$$t_b = \frac{\rho_c d_p}{48K_0 C_0} \quad (2)$$

式中:

t_b ——单个碳粒的燃尽时间,秒

ρ_c ——碳密度,公斤/米³

K_0 ——反应速度系数, 米/秒

C_0 ——炉膛中氧的克分子浓度, 千摩尔/米³

对于第一次近似计算时, C_0 可取平均的氧浓度, 但实际预测 t_b 时, 可以认为氧浓度是沿炉膛高度呈指数变化的。

化学反应速度系数 (适用于非多孔颗粒) 可以写成:

$$K_0 = 595T_p^{-1.4}e^{200/RT_p} \quad (3)$$

式中:

T_p ——颗粒温度, 绝对温度

R ——气体常数 (8.314 千焦/千克分子)

最近的文献指出, 在快速流化床的情况下, 传质的速度很高, 以至于 4 毫米的颗粒也可能在动力控制下燃烧。因此, 最好能够通过试验求出比较准确的 K_0 , 以代替公式(3)。

旋风分离器的极限捕集尺寸 D_{cutoff} 按下式求得:

$$d_i = d_{cutoff} = \sqrt{\frac{9\mu B_c}{2\pi N V_c (\rho_c - \rho_g)}}$$

式中:

d_i ——碳粒的初始直径, 米

d_{cutoff} ——旋风分离器捕集碳粒子的最小尺寸, 米

μ ——气体的运动粘度系数, 公斤/(米·秒)

B_c ——旋风分离器的进口宽度, 取 $D_c/4$ (D_c 为旋风分离器直径), 米

N ——旋风分离器内部的旋转圈数, 约等于 5。

V_c ——旋风分离器的入口速度, 米/秒

ρ_g ——烟气密度。

由 $t_b = t$, 即可估算出炉膛的最低高度 $L(2)$ 。

四、炉膛横截面积

炉膛横截面积取决于设计者所选择的流化速度。下表给出了一些制造厂采用的炉膛尺寸及有关的设计数据。它表明, 炉膛单位面积的热负荷在 3—6 MW/m² 范围内变化, 炉膛上部的烟气速度以 6 米/秒变化到 10 米/秒⁽¹⁾。

燃料	锅炉功率 (预计) MW	炉膛高度 m	横截面积 m×m	单位面积 热负荷 MW/m ²	旋风分离 器数量	旋风分离 器直径 m	给煤点 数量	制造厂家
褐煤	327	34.0	6.86×7.3 (双床布置)	3.26	2	7.0	4	Pyropower Collorado-Vtè
焦油及其它煤种	141	18.3	3.96×7.3	4.8	2	4.5	3	Pyropower Ocl

续表

泥煤及其它煤种	94	16	3.81×6.92	3.58	2	4.7	2	Pyropower Kattua
褐煤	226	27.4	48.3m ²	4.6	2×2	6.7	2	Lurgi, Duisberg
水洗煤	98	26	直径4.87	5.2	1	4.7	1	Lurgi, Lunen
泥煤、木屑及 其他煤种	20	11	1.9×2	1.05	2	1.8	1	Gotavarken Avesta
泥煤、木屑及 其他煤种	45	15	3.3×3.1	1.46	2	25	2	Gotavarken Nykoping
褐煤	142.7	18.3	32m ²	4.46	2	4.87	4	Keeler Dorr oliver De:atataur
褐煤	160	18.3	38m ²	4.21	2	5.18	4	Keeler Dorr Oliver Cedar Rapid
褐煤	76.1	15.5	直径 6.0	3.36	2	4.3	2	York Shipley Conceptual
褐煤	2.8	5.5	直径1.03	3.43	1	1.06	2	York Shipley Conceptual
褐煤, 焦油	4.3	15.7	8m ²	6.0	2	2.3	1	Riley/Battell

五、炉膛传热系数的近似计算公式

炉膛传热系数 h 的近似计算公式为:

$$h = 0.0017\rho_s + 0.088$$

(床料平均直径 $d_p = 250\mu\text{m}$)

$$h = 0.003\rho_s + 0.112$$

(床料平均直径 $d_p = 170\mu\text{m}$)

上述公式适用于床温为850℃时传热系数的近似计算。

传热系数与流化床固体颗粒量紧密相关, 并沿炉床长度而变化。第一次近似计算时可假定它为常数, 并由上述二公式的任一个求出, 然后算出布置在炉膛内的受热面数量(2)。

六、运行条件

1. 流化速度为6~9米/秒。
2. 约百分之五十的燃烧空气由二次风喷口送入炉膛。不推荐在一次燃烧室和二次风喷口以下布置受热面。
3. 二次风布置在给煤点的上侧(1)。

七、固体颗粒再循环

1. 固体颗粒再循环的计算公式为:

$$G = \rho_p (1 - E_{ck}) (U - U_t)$$

式中:

ρ_p ——床料密度, 公斤/米³

E_{ck} ——阻塞空隙率

$E_{ck} = 0.94 + (\rho_p - 990) \times 3 \times 10^{-5}$, 此式的应用范围为 $d_p > 170 \mu\text{m}$ 。

U ——表面流速, 米/秒

U_t ——床料的终端速度, 米/秒

2. 通常, 循环流化床锅炉的再循环率的范围为5—100公斤/米²秒⁽¹⁾。

(吉桂明校)

参 考 文 献

- (1) BASU P.: Design consideration for circulating fluidized bed combustors. Journal of The Institute of Energy, 1986, 59, 180—181.
- (2) KOBRO H and BRERETON C. Control and fuel flexibility of circulating fluidized bed. circulating fluidized bed technology, ed. P Basu. Pergamon press, 1986, 268.
- (3) TURNBULL E and DAVIDSON JF. Fluidized combustion of char and volatiles from coal. A ICh E, 1984, 30, 6, 881—889.

全国第一届工业锅炉技术交流会

简讯

全国第一届工业锅炉技术交流会于十月十八日至二十日在津举行, 全国工业锅炉行业的一百多个单位的代表参加了会议, 机械电子部总工程师陆燕逊到会祝贺并讲了话。本次会议交流的主要技术专题是: (1) 工艺工装与工厂技术改造、工艺样板介绍; (2) 工业流化床锅炉国内技术发展; (3) 锅壳式锅炉结构及角焊缝工艺。大会宣读论文二十三篇, 其中哈尔滨工业大学的《国外流化床锅炉发展的状况及我国目前最大容量130t/h泡床锅炉的完善化》、《椭圆型拱形封头的强度研究、螺纹烟管的综合性能研究》以及《角焊缝的强度试验》三篇论文以其质量高、实用性强的特点受到与会代表们的普遍好评。

—董 芑—