

# 煤粉燃烧器中耐火砖参数设计

王斌虎

新疆工程学院 83002

**摘要:** 在沥青路面施工的各种机械中, 骨料烘干的成也越来越高。如果骨料烘干设备采用煤粉作为燃料, 会极大地降低成本, 提高经济效益, 因此有必要研发一种面向骨料烘干的煤粉燃烧器。

本文对用于沥青搅拌设备的煤粉燃烧器进行了结构的设计。主要针对耐火砖的参数进行设计。根据对传热系数, 腔内煤粉温度等数据进行分析, 应用热力学公式计算出温度较高时, 使用 T1 型, 厚度为 65mm; 温度较低时, 视同 T2 型, 厚度为 32mm。从而改善了煤粉的燃烧效率。

**关键词:** 煤粉燃烧器; 传热系数; 燃烧效率

## 1. 引言

在沥青路面施工的各种机械中, 用于骨料烘干加热的装置<sup>[1-3]</sup>, 其中煤粉燃烧器最为常见, 但加热温度难以控制, 需要对其耐火砖的参数进行设计。煤粉燃烧器<sup>[4-5]</sup>在正常工作时, 由于燃烧腔内煤粉燃烧时温度极高, 燃烧腔内的平均温度都在 1500 以上, 所以为了防止过多的热量散失, 以及防止煤粉燃烧器壳体外壁温度过高, 操作人员不能靠近, 所以耐火砖种类以及型号的选择是极为重要的, 本文骨料烘干的煤粉燃烧器选择高铝耐火砖<sup>[6]</sup>, 然而耐火砖的型号以及厚度是当前需要确定下来的, 所以特地采用热力学传热公式来进行设计计算。

## 2. 传热系数

传热系数也称导热系数<sup>[7-8]</sup>, 它是表示物质传递热量的一种能力, 是物质的一种固有属性。用  $\lambda$  来表示。传热系数的具体定义为: 在单位时间内, 在单位面积上, 在单位温差下通过单位厚度的热量称为传热系数。

在相同的温度下, 不同物质的传热能力是不一样的, 在不同温度下, 相同物质的传热能力也不一样, 所以传热系数  $\lambda$  也就不同。过调研大量资料表明, 高铝耐火砖在外界温度高于 1400 时, 其传热系数稳定在  $2W/(m \cdot K)$  不发生变化, 然而煤粉在燃烧时, 燃烧腔内的温度高达 1500, 所以此时的耐火砖的传热系数就为  $2W/(m \cdot K)$ 。

## 3. 耐火砖的具体计算过程

煤粉燃烧器在正常工作时, 由于燃烧腔内煤粉燃烧时温度极高, 燃烧腔内的平均温度都在 1500 以上, 燃烧腔体内壁粘接耐火砖是为了防止过多的热量散失, 以及保护壳体。假设煤粉燃烧器在燃烧传热时为稳态热传导<sup>[9]</sup>, 所谓稳态传热是指温度场不随时间变化的导热过程。同时假设壳体为良性导体, 对传热不产生影响, 所以壳体的导热热阻可以

忽略不去考虑, 只有耐火砖对对燃烧产生的热量进行阻挡。在此次传热设计计算中, 假设煤粉燃烧所释放出来的热量全部通过煤粉燃烧器的壁面经过耐火砖散失。传热原理如下图 (1-1) 所示。

取  $dx$  的薄层, 做热量平衡计算:

$$Q_x = Q_{x+dx} + d_x \cdot A \cdot \rho \cdot c_p \cdot \frac{\partial t}{\partial \theta}$$

对于稳定温度场:  $\frac{\partial t}{\partial \theta} = 0$

$$\therefore Q_x = Q_{x+dx} = Q = C$$

$$\text{傅里叶定律: } Q = -\lambda A \frac{dt}{dx}$$

边界条件为:  $x = 0$  时,  $t = t_1$ ;  $x = b$  时,  $t = t_2$

$$\text{得: } \int_0^b Q dx = -\int_{t_1}^{t_2} \lambda A dt$$

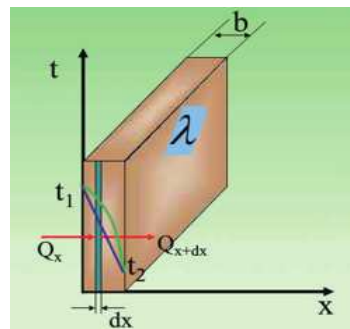


图 1-1 传热原理图

$$\text{设 } \lambda \text{ 不随 } t \text{ 而变 } \quad Q = \frac{\lambda}{b} A(t_1 - t_2) = \frac{t_1 - t_2}{\lambda A}$$

式中:  $Q$  ----- 热流量或传热速度 ( $W$  或  $J/s$ );  
 $A$  ---- 平壁的面积 ( $m^2$ );  $b$  ---- 平壁的厚度 ( $m$ );  
 $\lambda$  ----- 平壁的导热系数 ( $W/(m^2 \cdot C)$  或  $W/(m \cdot K)$ );

$t_1, t_2$  --- 平壁两侧的温度 ( )

完全燃烧时, 1kg 煤粉能够释放出  $2.9 \times 10^7 J$  的热量, 本煤粉燃烧器的额定燃烧量为 2000kg/h, 并且燃烧的热效率为 90%; 则通过煤粉燃烧器壁面散失的热量为:

$$Q = 2000 \times 2.9 \times 10^7 \times 90 \% = 5.8 \times 10^8 J ;$$

$$\begin{aligned} t_1 &= 1500^\circ C \\ t_2 &= 50^\circ C \end{aligned} \quad \lambda = 2 W / (m \cdot K) ;$$

$$A = 2\pi r' L$$

$r'$  ----- 煤粉燃烧器耐火砖中间面的半径 (m);

$$r' = 600 - 5 - \frac{b}{2} = 595 - \frac{b}{2}$$

$L$  ----- 煤粉燃烧器壳体内壁耐火砖铺设的长度 (m)

$$L = 510m$$

$$\therefore A = 2\pi r' L = 2 \times 3.14 \times (595 - \frac{b}{2}) \times 510 \times 10^{-6}$$

$$= 1.906 - 0.0016b$$

整体全部带入得如下公式:

$$\frac{Q}{3600A} = \frac{t_1 - t_2}{b} \lambda \iff \frac{5.8 \times 10^8}{3600A} =$$

$$\frac{(1500 - 50)}{b} \times 2 \times 58000b = 29 \times 36A$$

解得:  $b = 34.3mm$

经过上文的计算能够得到, 需要的高铝耐火砖的厚度是 34.3mm, 查阅资料可得高铝耐火砖的型号有:

$$T_1 : 172 \times 114 \times 65mm ;$$

$$T_2 : 230 \times 114 \times 32mm ;$$

$$T_3 : 230 \times 114 \times 65mm ;$$

由于没有恰好合适规格的高铝耐火砖, 所以在煤粉燃烧器燃烧腔体特选择使用  $T_1$  型号的高铝耐火砖, 即厚度选择 65mm。出于经济方面的考虑, 为了为企业节约开支, 在燃烧不太剧烈的部位, 选择  $T_2$  型号的高铝耐火砖, 即厚度选择 32mm。

## 总结

在沥青路面施工的各种机械中, 骨料烘干的加热装置是沥青混合搅拌设备中极为重要的部分, 它直接影响到沥青等混合料的搅拌质量, 从而影响到整个路面的铺筑质量。本文中煤粉燃烧器是选择耐火无机胶泥将耐火砖粘接在壳体上, 经过对耐火砖几何形状、传热系数和壳体的导热热阻等分析, 最终得出结论在燃烧不剧烈时选择 T2 型号的高铝耐火砖。厚度选择 32mm。

## 参考文献

- [1] 彭长顺, 王召瑞. 沥青搅拌设备用燃烧器现状及发展趋势. 工程机械. 2007, 38: 51-52.
- [2] 杨卫东. 间歇式沥青搅拌设备骨料烘干加热系统匹配研究. 长安大学硕士学位论文. 2008.
- [3] 徐岩. 新型煤粉燃烧器燃烧过程数值模拟研究. 华中科技大学硕士学位论文. 2007.
- [4] Ryoichi Kurosea, Hisao Makinob, Akira Suzuki. Numerical analysis of pulverized coal combustion characteristics using advanced low-NOx burner[J]. Fuel, 2004, 83: 693-703.
- [5] M. Picard, Irsid Usinor. Pulverized coal combustion in the blast furnace raceway, using a 3D numerical simulation[C]. Proceedings of the Iron-making Conference, 2001, 229-238.
- [6] 南阳路达筑机能源设备有限公司. 煤粉燃烧器参数配置表. <http://shop.cnsb.cn/index-988313.html>.
- [7] S C Hill, L D Srmoot. Modeling of nit rogen oxides formation and dest ruction in combustion systems [J]. Progress in Energy and Combustion Science, 2000, 26(416): 417-458.
- [8] J P Javier, A Lnmacnlada, W Alan. Integra 2 tion of CFD codes and advanced combustion models for quantitative. burnout determination [J]. Fuel, 2007: 2280-2290.
- [9] Rodrigo Correa da Sliva, Tanin Kang wan pong pan, Hans Joachim Krautz. Flame pattern, temperatures and stability limits of pulverized oxy - coal combustion[J]. Fuel, 2014, 115: 507-520.