

对流传热计算中的烟气辐射放热系数 α_f

龚三省 (海军工程学院)

〔提要〕 本文提出锅炉对流传热计算中用到的烟气辐射放热系数 α_f 套用炉内辐射传热的计算公式有误差, 因为所对应的温压不同, 应予改正。

主题词 锅炉 辐射传热 传热系数 计算

通常水管锅炉管间烟气中的灰粒和三原子气体 (CO_2 、 SO_2 、 H_2O) 在高温下具有一定的辐射能力。因此, 不仅要计算由于烟气流动所放热的系数 α_d , 还应计入烟气高温辐射放热。在锅炉热计算中是项放热的热流量系数, 即以 α_f 来表示。在计算总的对流传热流量时用下列传热公式

$$q_d = K \Delta t_{pi} \quad W/m^2 \quad (1)$$

式中

K ——总对流传热系数, W/m^2K ;
有两种表达方式

1 用式

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \varepsilon + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (2)$$

上式中

α_1 、 α_2 ——受热面两侧的流体放热系数, 其中 α_1 往往指烟气而言, 而 α_2 为管内工质的放热系数, $W/m^2 \cdot K$;

ε ——烟灰沾污系数 $K \cdot m^2/W$

烟气的放热系数 α_1 又可表示为

$$\alpha_1 = \omega \alpha_d + \alpha_f, \quad (3)$$

这里 ω 指烟气冲刷系数。

2. 用式

$$K = \xi \alpha_1 = \xi (\alpha_d + \alpha_f) \quad (4)$$

式中

ξ ——由于烟灰沾污系数 ε 和烟气冲刷系数 ω 均不易确定, 凭经验选用的受热面利用系数。关于 ξ 和 ε 及 ω 之间的关系见文献〔1〕。

不管上面哪种表达总传热系数 K 的方式, 但都明确 K 所对应的温压应是平均温压 Δt_{pi} 。

我们在计算辐射放热系数 α_f 时往往套用炉内传热计算时所用的计算辐射热流量 q_f 的公式〔2〕, 即

$$q_f = a_y \frac{a_b + 1}{2} \sigma_0 (T_y^4 - T_{hb}^4) \quad (5)$$

上式中

a_y 、 a_b ——烟气和沾灰外壁表面层的黑度, 后者在计算中往往取为 $a_b = 0.82$ 。

σ_0 ——绝对黑体的辐射常数 $\sigma_0 = 5.67 \times 10^{-8} W/m^2 \cdot K^4$;

$T_y \cdot T_{hb}$ ——烟气和沾灰外壁表面温度, K 。

根据辐射放热系数 α_f 的定义似乎应是

$$q_f = \alpha_f (T_y - T_{hb}) \quad (6)$$

于是得出

$$\alpha_f = a_y \frac{a_b + 1}{2} \sigma_0 T_y^3 \frac{1 - (T_{hb}/T_y)^4}{1 - (T_{hb}/T_y)} \quad (7)$$

在燃油时考虑到烟气中几乎不含灰粒。因而上式被改写成。

$$\alpha_f = a_y \frac{a_b + 1}{2} \sigma_0 T_y^3 \frac{1 - (T_{hb}/T_y)^{3.6}}{1 - (T_{hb}/T_y)} \quad (8)$$

这种表达方式用之于对流传热计算中在物理意义上难于被理解。如果认为管壁外表沾污严重时 ε 必然增加, 而 T_{hb} 由下式可知同样

要也增大

$$T_{hb} = T + q \left(\varepsilon + \frac{1}{\alpha_2} \right) \quad (9)$$

这里

q ——总传热流量, W/m^2

T ——管内工质的平均温度, K 。

那末,由式(7)展开可知

$$\alpha_f = \alpha_y \frac{a_b + 1}{2} \sigma_0 T_y^3 [1 + (T_{hb}/T_y)^2] \quad (10)$$

似乎会使辐射放热系数 α_f 反有所增加。当然针对原来温压($T_y - T_{hb}$)来讲,辐射传热热流量

$$q_f = \alpha_f (T_y - T_{hb}) = \alpha_y \frac{a_b + 1}{2} \sigma_0 T_y^3 [1 + (T_{hb}/T_y)^2] (T_y - T_{hb})$$

$$= \alpha_y \frac{a_b + 1}{2} \sigma_0 (T_y^4 - T_{hb}^4)$$

仍是要使 q_f 有所下降的,但是用之于这里计算对流热流量时就会出现 $q_f = \alpha_f \Delta t_{pi}$;而平均温压 Δt_{pi} 并不涉及管外壁沾污程度如何。关于沾污的影响要在确定总对流传热系数 K 的公式中去解决,即反映在 ε 的变化上。所以,对照式(10)和(6),似乎沾污严重反而会使辐射热放热系数有所增加,而相应的热流量 q_f 也将增多。

我认为相应的公式(7)和(8)应该

写成

$$\alpha_f = \alpha_y \frac{a_b + 1}{2} \sigma_0 T_y^3 \frac{1 - (T_{hb}/T_y)^4}{\Delta t_{pi}/T_y} \quad (7')$$

和

$$\alpha_f = \alpha_y \frac{a_b + 1}{2} \sigma_0 T_y^3 \frac{1 - (T_{hb}/T_y)^{3.8}}{\Delta t_{pi}/T_y} \quad (8')$$

这样针对一管束 Δt_{pi} 是一样的。若由于管外壁严重沾污时可以使 α_f 有所下降,这在物理意义上可以被接受,而且在计算总对流传热系数 K 时也不会引起误差。尽管 α_f 在一般情况下近炉管束中用式(7)或(8)计算结果不过 $15 \sim 20 kW/m^2 \cdot K$ 左右。但用式(7')或(8')计算实际 α_f 才 $10 \sim 12 kW/m^2 \cdot K$ 而已。从 α_f 本身数值来看误差(25~40)%。这在一般低热负荷锅炉中总传热系数 K 不过 $40 \sim 50 kW/m^2 \cdot K$,其误差就相当可观了。

参 考 文 献

[1] 龚三省.舰用蒸汽锅炉对流传热计算中的烟气通道利用系数 ξ .海工科技.1979(1)

[2] Теплового Расчет Котельных Агрегатов (Нормативный Метод). М.ЭНЕРГИЯ.1973

Calculation of Radiant Heat Transfer Coefficient α_f

Gong Sanxing

(Naval Academy of Engineering)

Abstract

In a tube bunch of water tube boiler the convective heat transfer from hot gas to the heating surface consists of two parts; pure convective heat transfer of gas flow and gas radiation by triatomic gases and ash particles ueder high temperatures. The latter is represented by coefficient α_f . But with some normal method, one can get a higher value of coefficient α_f by lowerring the temperature potential between gas and ash surfaces. This suffers from some inaccuracy except for heat transfer in furnace by pure radiation. A more exact equation for calculating α_f is presented in this paper.

Key words: boiler, radiation heat transfer, heat transfer coefficient