

浅论工业锅炉的绝热保温

凌孟坚

(南京轮胎厂 210003)

摘要 研究了工业锅炉的节能问题。降低锅炉外墙黑度,以减小折合辐射散热系数,使辐射热损失减少 30%~40%;改变炉墙结构,加大厚度,采用导热系数小的材料,可使散热损失 q_5 下降两个百分点。

关键词 工业锅炉,绝热保温

由于人们十分重视锅炉燃料的燃烧问题,千方百计地提高燃烧效率,因此已使锅炉中燃料的化学不完全燃烧损失(习惯称为 q_3)降到很低水平(一般在 0.05%~2%以下),机械不完全燃烧损失(习惯称为 q_4)降到 2%~5%以下。但是锅炉的散热损失(习惯称为 q_5)尚未引起足够的重视,其数值一般在 2.5%~7%以上,且多年来没什么变化。实际上,设备的防寒保温,尤其是处于高温状态下运行的锅炉设备、用汽设备和管道的保温也是相当重要的。就粗略估计,仅工业锅炉散热损失一项,全国每年约多耗标准煤 1400 万 t 以上。本文将对工业锅炉的绝热保温进行计论,即“论 q_5 ”。

1 工业锅炉和管道散热损失的严重性

工业锅炉通常是指压力 $P < 2450 \text{ kPa}$ 、蒸发量 $Q \leq 35 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ 的低压锅炉。虽然每台锅炉的容量不大,但是总的数量甚多,据不完全统计,目前全国有 40 多万台,总容量近 100 万蒸吨,年耗标准煤 4 亿 t 以上。仅江苏省就有 2 万多台工业锅炉,总容量 4.5 万蒸吨,年耗标准煤近 2000 万 t。近年来,乡镇企业迅速发展,工业锅炉的数量亦相应增加。目前,高中压锅炉的散热损失已渐为人们重视,但为数众多而且又分布零散的工业锅炉的散热损失却没有引起人们的注意,尤其是炉墙结构、锅炉运行中的维修,以及管道和用热设

备的绝热保温还存在很多问题。例如,有的锅炉墙龟裂、脱落、集汽包无保温等,甚至有的厂家室外蒸汽管长距离裸露着,有的厂家蒸汽管道毫无保温地由地下穿过。我们按较低的散热指标估算,全国每年仅因工业锅炉散热损失一项,约浪费掉标准煤 1400 万 t 以上,而上述的不少问题还不在估算之列。

2 工业锅炉常见的炉墙结构

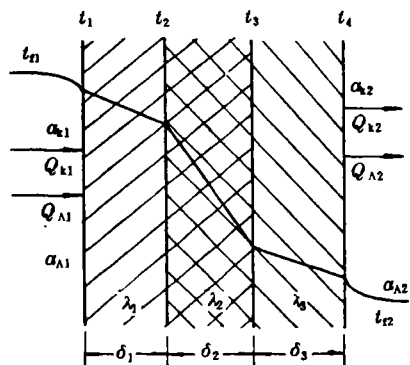
目前使用的工业锅炉有 30 多种型号,不同类型和系列的炉墙结构亦有所不同。

一为较好的水管式锅炉(例如 SHL 和 SZP 等型号),其炉膛内侧为一层粘土质耐火砖(通常为一砖厚),外砌一层红砖(一般亦为一砖厚),两者间隙 10~30mm(多数填塞石棉粉或硅铝板等绝热材料),此系重型炉墙类;另一为较简便轻巧的快装锅炉(例如 KZG 和 KZL 等系列),其炉膛两侧布置较密集的水冷壁(有光管膜式或鳍片式等),一般管外侧紧靠一层粘土耐火砖,外砌蛭石保温,当为膜式水冷壁或水冷壁管间鳍片时,则往往直接以蛭石砌块作为绝热保温墙,免去较重的耐火砖层,外面再用薄铁皮包裹。在锅炉上部及锅筒外露部分,也敷以一定厚度的保温层,并覆以薄铁皮使之成为一整体。除上述两类外,还有卧式烟火管锅炉(例如 WN 型等)和立式小锅炉(例如 LS 型等),前者的锅筒即为“炉墙”,外敷绝热保温材料,最外面加

铁皮保护壳,后者出厂时锅炉裸露,只能在安装时,由用户自行保温绝热。

3 工业锅炉的散热分析

锅炉炉墙结构不论如何,都属多层“平面”传热,为了分析方便,我们仅讨论第一种结构的炉墙,即耐火砖层-绝热材料层-红砖层结构,如图所示。



锅炉炉墙传热结构示意图

(t_1, t_2, t_3, t_4 分别代表炉墙各层的界面温度)

我们将传热的3种形式均考虑在内,并采用夏彦儒教授推荐的分析算式,计算炉墙传递的热量 Q

$$Q = F \frac{t_{i1} - t_{i2}}{\frac{1}{\alpha_{K1} + \alpha_{A1}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{K2} + \alpha_{A2}}} \quad (1)$$

式中 F ——平面炉墙传热面积, m^2 ;

t_{i1} ——锅炉炉膛内火焰平均温度, $^{\circ}C$;

t_{i2} ——外界空气温度, $^{\circ}C$;

α_{K1} ——火焰流体对炉墙耐火砖的散热系数, $kcal \cdot m^{-2} \cdot h^{-1} \cdot ^{\circ}C^{-1}$;

α_{A1} ——火焰流体对炉墙内壁耐火砖的折合散热系数, $kcal \cdot m^{-2} \cdot h^{-1} \cdot ^{\circ}C^{-1}$;

δ_i ——某层厚度, m ;

λ_i ——某层的导热系数, $kcal \cdot m^{-2} \cdot h^{-1} \cdot ^{\circ}C^{-1}$;

α_{K2} ——炉墙外壁对空气的散热系数, $kcal \cdot m^{-2} \cdot h^{-1} \cdot ^{\circ}C^{-1}$;

α_{A2} ——炉墙外壁对环境的折合辐射散热系数, $kcal \cdot m^{-2} \cdot h^{-1} \cdot ^{\circ}C^{-1}$;

n ——炉墙层数。

炉膛内火焰稳定燃烧时,其温度 t_{i1} 是一定的。适当提高 t_{i1} 有利于燃烧和提高热辐射传热。为了减少热量损失,可采取以下措施。

(1)适当提高环境温度 t_{i2} ,以减小($t_{i1} - t_{i2}$)数值。但是,环境空气温度不能过分提高,否则不能保证司炉工的合理工作环境温度。所以,应尽可能地减少锅炉房的空气流动,以降低炉墙外壁对空气的散热系数 α_{K2} ,减少炉墙对环境的对流散热。

(2)降低炉墙黑度。砖墙表面的黑度约为 0.65,而金属铝合金的仅为 0.05。由式(2)可以看出,砖墙的黑度 C 减小可使折合辐射散热系数 α_{A2} 直线下降,减少砖墙散热。砖墙上涂银灰漆,使之光滑,特别是通过覆以 0.1~0.5mm 的合金铝箔降低黑度,可以减少其散热损失的 30%~40%。费用虽有所增加,但在 1~2 年内便可回收。

$$\alpha_{A2} = \frac{Q_{A2}}{F(t_{i4} - t_{i2})} = \frac{C[(\frac{t_{i4}}{100})^4 - (\frac{t_{i2}}{100})^4]F}{F(t_{i4} - t_{i2})} \quad (2)$$

(3)由式(1)可以看出,尽量加大绝热层厚度 δ_i 和使用导热系数 λ_i 低的绝热材料,使各层 $\frac{\delta_i}{\lambda_i}$ 之和尽可能加大是十分重要的。例如在耐火砖层-绝热层-红砖层结构的绝热层中,除了原有的硅酸铝板外,加一层 20mm 左右的岩棉毡层;又如在管外直接敷以无机绝热纤维毡块,然后覆盖或砌裹保护层及金属壳等,不但减少散热损失,也可使锅炉(尤其是快装锅炉)轻巧。

(4)前面提到的工业锅炉的重型炉墙结构中,为了使内外墙间搭接稳固,总是将内墙耐火砖以一定间隔伸出与外层红砖墙搭砌,

这有额外的导热作用,应予“切断”。通常在搭接砖与红砖连接处加大缝隙,并在搭接砖四周包裹耐火绝热纤维材料进行隔热。并在靠近外墙 30~50mm 的间隙内填以耐火绝热纤维棉、石棉或岩棉,使空气“分隔”为许多微小的空间,处于“不对流”状态(其导热系数为 $0.0204 \sim 0.0318 \text{ kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$,这对减少炉墙散热也是很有利的。南京轮胎厂在对 SHL-13-1 锅炉大修时,在搭接砖与红砖联接处包裹耐热的硅酸铝纤维棉薄层,并将红砖层向外推出 20mm,使内外墙缝隙增加了 20mm,这样除原始设计制造时的一层 30mm 绝热纤维棉(硅酸铝)外,另外增设了一层 20mm 厚的岩棉层。改造后效果甚为明显:该台锅炉外墙温度由原来 80~90℃ 降低

到 45℃ 以下,锅炉效率也由原来的 78.17% 提高到的 83.5%。另外,大修时增加了空气预热器,使进风温度由设计时的 20℃ 提高到 85℃ 以上。如果扣除因加设空气预热器而提高的锅炉热效率外(实测约为 2.2%),那么因增加炉墙保温所减少的 q_5 损失约为 2.13%(这里我们略去了因 t_n 的提高而对增加绝热保温的不利影响)。

4 结论

(1)降低锅炉外墙黑度至 0.05 左右,可减少热损失 30%~40%。

(2)合理改变锅炉炉墙结构,提高绝热保温程度,可使 q_5 损失下降两个百分点。

收稿日期 1993-12-07

横滨橡胶公司首次推出充气护舷

美国《橡胶和塑料新闻》1993 年 11 月 1 日 13 页报道:

横滨橡胶公司推出一种船用固定式橡胶充气护舷,这种充气护舷装有一个独立的监控系统,用来检测充气过盈量。

这种带有控制板的充气护舷的计算机监控系统可检测护舷内的气压。

护舷的偏转度、内压和作用力均可在监视屏幕上显示,如果护舷内的气压超过允许值的上限,就会自动报警。

据称,护舷的监控系统装在系泊加载监控器内,可提醒码头工人注意放松系泊锚链,以确保安全。

这种新型充气护舷不久将首批运往荷兰皇家 Shell 集团公司设在 Brunei 的 LNG 码头。预计年内可安装完毕,1994 年初将有第一艘货轮停泊在那里。

这种充气护舷可吸收船体在码头停泊时所产生的动能,从而保护船舶和码头不受损坏。

据称,充气橡胶护舷明显优于实心橡胶护舷的一个主要方面,在于它可使船舶停泊

时的动能减至最小,从而减小了系泊锚链的应力。此外,在压缩的初始阶段,充气护舷的反作用力也比实心护舷小,从而可减少船体与码头反复接触时所产生的结构疲劳。

(许炳才译 杨群校)

高补强性沉淀法白炭黑

据美国《橡胶世界》206 卷 3 期 30 页报道:

美国 PPG 公司研制成功了一种“严密控制生产工艺”的沉淀法白炭黑(BXS-245)。其主要性质如表面积、结构及与橡胶的相互作用等均很好,且成本相对低廉。

BXS-245 胶料易于混炼,塑性好,可以增加填充量并减少操作助剂用量的工艺性能,同时,其邵尔 A 型硬度、拉伸强度和撕裂强度均达到与气相法白炭黑相当的水平,此外还有伸长率高、压缩永久变形小和可塑性好的优点。这对产品的实际应用是有利条件。综上所述,以 BXS245 沉淀法白炭黑代替气相法白炭黑为硅橡胶的补强材料,能够收到显著的经济效益。

(李镇洲 曹志跃摘译)