

工业锅炉自身成型型煤的研究与应用

惠世恩 徐通模 刘仲军 蒋慧姝
(西安交通大学)

[摘要]针对我国工业锅炉燃煤细屑日趋增多,飞灰、漏煤损失及大气污染愈来愈严重的实际问题,率先提出了工业锅炉自身成型型煤的加工及燃烧方式,经大量的实验研究,得出了影响锅炉无粘结剂自身成型型煤的主要因素。并在工业生产中得到了推广和应用和实际检验。

关键词 工业锅炉 自成型煤 研究
分类号 TK224.11

1 问题的提出

近年来,我国原煤中的细屑含量普遍较高,特别是随着采煤机械化程度的提高而日趋严重。部分地区原煤0~3 mm的细屑一般在(40~50)%左右,有的甚至高达65%以上,与工业层燃炉的燃烧形成很尖锐的矛盾。这是由于火床炉对燃煤颗粒度有一定限制,一般要求0~3 mm的细屑量应 \leq (20~30)%。否则大量的细屑很容易从煤层中被吹走,造成环境的污染和较大的不完全燃烧热损失。根据计算5~8 m/s的烟气流速可以把 \leq 2 mm的颗粒带走。在当今的工业锅炉中,由于炉子紧凑布置,炉拱很低而长,拱区的烟气平均流速往往都处于5~8 m/s或更高一些水平^①,因此普遍存在飞灰带出严重,且火床上易出现“火口”,或者局部地区细屑把煤层堆堵得过于严实,增加了通风阻力,影响到煤层上方的热量向煤层中传递,煤层中的水分蒸发困难,使着火及燃烧过程推迟。无论是

“火口”或“堆堵”,都严重地影响到火床炉炉内空气动力工况的组织和锅炉燃烧的经济性。工业型煤燃烧技术在工业锅炉上的应用研究,正是为解决节煤和环境污染双重问题而迅速发展起来的。

工业型煤燃烧技术就是把原煤屑挤压加工成具有一定形状和大小的煤团,供工业锅炉燃烧使用的技术。

2 我国工业型煤的发展和研究情况

我国从60年代初至今,已有十几家高等院校、研究所及工厂开展了工业型煤的成型加工、燃烧技术及烟尘排放方面的试验工作,取得了一定的进展,积累了相当的经验。但是诸多研究者把主要精力放在:

①成型煤球的强度;②成型煤球加工时粘结剂的配比、来源以及由于粘结剂带来的二次污染;③成型煤球的成本,通常年产10

收稿日期 1993-09-02 收修改稿 1993-09-24

本文联系人 惠世恩 男 39 高工 710049 西安咸宁路28号

万吨型煤的工厂仅设备的初投资就达 350 万元;④片面追求型煤成型强度,引起煤球着火和燃尽困难,使工业锅炉燃烧中又出现了新的矛盾。

介于上述原因,工业锅炉燃烧型煤必须采用新的途径来实现。

3 型煤的质量指标及成型加工方法

3.1 型煤成型质量指标

型煤成型质量指标应因加工方法的不同而有所差别:如集中成型加工型煤时主要应考虑煤球的堆放、运输以及送入锅炉时在皮带、煤斗中的挤压跌落等,因此,集中成型型煤应在冷态下有足够高的机械强度。而对于其它方式加工的型煤其强度要求就不一定那么高了。通常型煤质量指标有:

3.1.1 机械强度

①抗压强度:指单个煤球在垂直静压力作用下,发生破碎的压力大小,牛顿/个;②落下强度:指一定数量的成型煤球从某一确定高度上自由落下,落地后未破碎的煤球占试验煤球量的份额,%;③转鼓强度:把一定量的成型煤球放在转鼓内,经旋转时的冲击,挤压和跌落,未破碎煤球量占试验煤球量的份额,%。

3.1.2 热变形特征

反映型煤受热和燃烧中发生变形和破碎的性能;

①全部粉碎②成菊花形开裂;③成珉琅瓷样熔融成团。

3.2 工业型煤的成型与加工

3.2.1 集中成型(包括炉前集中成型)

指由专门的型煤加工厂来生产工业型煤,然后供应锅炉用户使用。

集中成型加工型煤再供锅炉燃烧都要经

过运输、装卸、堆放的过程,难免受到冲压、挤压和日晒雨淋,因此都有较高的机械强度要求。为此,一般采用以下方法进行加工:

①有粘结剂成型:有粘结剂成型的压力一般在 50~100 MPa

沥青型煤:以沥青类物质为粘结剂。

碳化型煤:以石灰浆为粘结剂。

黄土型煤:以 15%左右的黄土为粘结剂。

②无粘结剂成型:无粘结剂型煤成型的压力一般在 100~200 MPa

热轧型煤:把原煤快速加热到 250~500℃的范围内,由于煤中有机质受热分解,同时产生一定量的胶体物质起粘结作用。

表 1 集中成型加工的经济性和质量的比较

	冷强度	成本	投资	质量	适应范围和型煤质量
热轧型煤	好	高	大	好	煤质适应性差,适用优质煤
沥青型煤	好	高	中	好	热稳定性差,沥青来源困难
碳化型煤	不稳定	中	中	中	有固硫作用,附加热耗高
黄土型煤	差	低	低	差	有二次污染

集中成型由于对成型煤球的机械强度要求过高,造成加工成本提高。型煤燃烧特性差,远不能适应工业锅炉燃烧的要求。

3.2.2 锅炉自成型型煤的加工

指在工业锅炉上自带一个辅助设备—型煤成型机,一边成型,一边供锅炉自用。

锅炉自身成型是属于无粘结剂的冷压加工成型,根据不同的煤种,在外力作用下,由于毛细水分受挤压而吸附在煤屑表面上产生的煤屑间相互粘附内聚力以及不同尺寸大小、形状不规则的煤屑在外压力的作用下发

生粒子之间连锁粘附力,使煤屑之间无粘结剂成型。

图1为锅炉自身成型的结构示意图,原煤经上煤斗或上煤皮带送入锅炉给煤斗,经筛分后块煤直接送入锅炉,细煤屑经预轧辊——成型辊碾压成型煤球直接跌入炉排,由炉排转动送入锅炉燃烧。

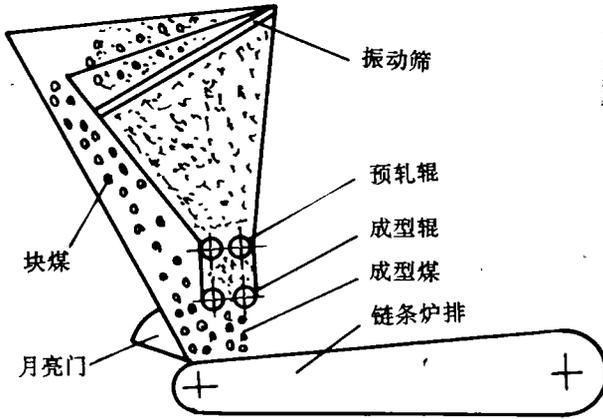


图1 型煤机试验模型图

这种成型燃烧的优点在于:

- (1) 跌落高度一般 $<300\sim 500$ mm;
- (2) 不需运输、装卸、堆放;
- (3) 煤层厚度一般 ≤ 200 mm,挤压不严重,根据计算,型煤承受的最大压力不到10牛顿/个,因此机械强度要求低。

由于对型煤的成型强度要求低,煤球可以做得松一些,着火和燃烧特性得到了显著的改善。

4 工业锅炉自身成型型煤的研究

4.1 根据工业锅炉自身成型型煤的成型机理分析,我们考虑其主要影响因素有:

- 1 煤中全水分 w^y ;
- 2 煤的颗粒组成;
- 3 成型轧辊的转速;

4 轧辊的开孔率和开孔形状;

5 预轧辊和成型辊的几何尺寸及两轧辊之间的间隙。

经对上述诸因素组织大量的试验研究,所得结果如图2、图3、图4。

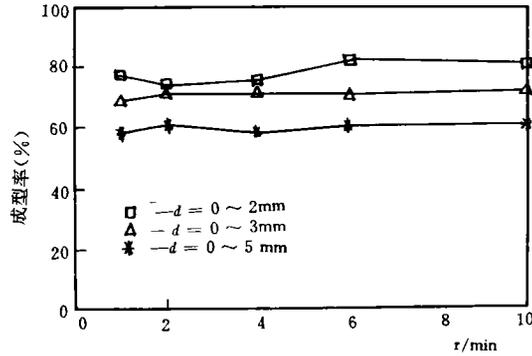


图2 转速对成型率的影响

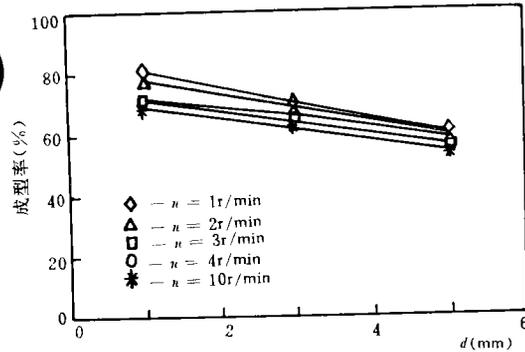


图3 相对转速下,颗粒度对成型率的影响

4.2 试验结果分析

4.2.1 本文通过理论分析和试验研究,在试验条件下,煤的颗粒组成,煤中全水分对无粘结剂冷压成型具有显著的影响,而成型轧辊的转速在1~10转/分的范围内对成型率影响不显著。

4.2.2 煤中全水分对无粘结剂冷压成型来说是一个很重要的因素。当水分很小时,物料的内聚力很小,内摩擦很大,物料不容易压实;而水分太大时,水分对粒子起润滑作用,内摩擦太小,这时,物料的流动性将会妨碍成型。因此在其它条件一定的情况下,必存在着

一个最佳物料湿度。图4为试验煤种在三种颗粒组成下成型率与水分的关系。随着水分的增加,型煤的成型率开始增加,但当水分增大到一定值时,型煤的成型率开始出现下降趋势。煤中水分过高而影响型煤成型的原因之一为物料的流动特性增强;原因之二为物料粘结于轧辊,破坏了成型。而最佳的水分比例约在(12~14)%的范围内。对小颗粒组成的原煤其水分的比例可略高于大颗粒组成的原煤。这是因为大颗粒煤块中水分的逸出较小颗粒容易。

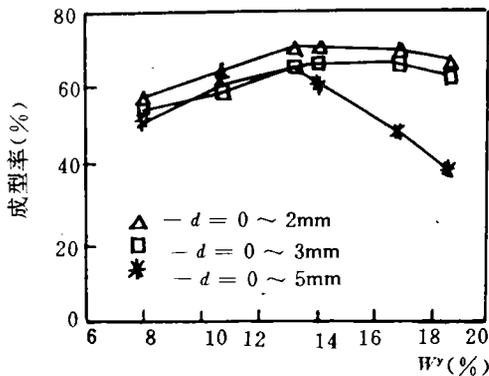


图4 煤中全水分对成型率的影响

4.2.3 轧辊的几何参数与动力参数对成型的影响:

①预轧辊的作用在于使煤屑中的毛细水分受碾压后更均匀、充分的吸附到煤屑表面,以增大吸附内聚力,改变原煤内部组织结构,提高煤的活性。并使煤的颗粒分布处于最佳粒度等级。同时预轧辊的设置可以大大地减轻成型辊的磨损,有效地延长成型轧辊的使用寿命。

②成型辊间的间隙大小对成型质量和生产能力都有直接的影响,当成型辊间间隙增大,成型率、单位质量的功率和型煤的强度都在下降。当间隙增大,而其它条件不变时,意味着物料在辊间的体积增大而密度减小。密

度减小表明成型的压力减小。当间隙增大到辊子对物料不再产生任何压力时,成型机已象煤斗一样了。试验和生产证明两辊之间的间隙控制在1~2mm为宜。

③轧辊直径和表面状况对成型的影响。轧辊直径的增大能使型煤强度提高,成型率增加,但相应的成型机功率消耗也增大,在工业锅炉自身成型型煤的加工设备中,因结构尺寸的限制,轧辊直径不可能制造得很大,一般在150~300mm左右,在条件许可的情况下,宜尽可能大一些。

球窝的深度和形状对型煤加工的质量和性能有很大的影响,在相同的型煤强度要求下,球窝越浅,需要的压力越高。球窝的形状影响着型煤的脱模,考虑到加工的可行性和使用的要求,一般采用椭球形、枕形和扁球形。不宜采用方形和圆柱形。

4.2.4 对于成型率,不同的加工方式有不同的要求,从组织燃烧的角度出发,不希望用单一颗粒尺寸。这是因为火床炉的燃烧组织中除应考虑通风的均匀性外,还应考虑燃煤在火床炉中燃烧要经过水分的干燥、着火、挥发分的析出的燃烧,单一颗粒是不利的。由于锅炉自身成型型煤不需要搬运、储存等摔打和撞击,因此,成型率在70%以上应该能满足燃烧的要求。

5 工业锅炉自身成型型煤的工业应用

1989年将实验室研究结果应用于工业生产,并组织了工业性试验研究,经在2t/h、4t/h的锅炉上试验证明,平均成型率在76%以上,锅炉效率提高(3~4)%,烟尘排放浓度降低60%,具有明显的节能和环境效益。到目前为止,已在甘肃、北京、陕西等地的100多台锅炉上应用,并作为兰州环保设备厂的

主要产品之一。

表 2 2 t/h、4 t/h 锅炉热态试验主要结果

名称	符号	单位	2 t/h		4 t/h	
			改前	改后	改前	改后
飞灰含碳量	C_{fb}	%	58.52	59.64	42.43	37.20
漏煤含碳量	C_{lm}	%	40.06	39.26	46.87	38.46
炉渣含碳量	C_{L2}	%	27.34	14.21	25.90	12.98
固体不完全燃烧热损失	q_4	%	9.83	4.93	14.01	9.48
锅炉效率	η	%	68.97	73.15	65.37	69.42
烟尘浓度	C	mg/Nm ³	582	185.5	3113.7	1141.8

6 结论

(1) 采用工业锅炉自身成型型煤的燃烧

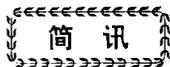
技术可以大大降低型煤成本和冷加工强度，具有良好的燃烧特性。

(2) 工业锅炉自身成型型煤的成型率与煤中的水分、煤的颗粒度和成型轧辊的几何形状有关。在实验室和工业应用煤种下可达到 75% 以上的成型率。

(3) 应用工业锅炉自身成型型煤的燃烧技术可使锅炉效率提高 (3~4)%，烟尘浓度下降 60% 左右。

参 考 文 献

- 1 徐通模 金定安 温龙 合编. 锅炉燃烧设备. 西安交通大学出版社, 1990. 1
- 2 张永照 牛长山 合编. 环境保护与综合利用. 机械工业出版社, 1982
(渠源历 编辑)



简 讯

多功能机器分析诊断仪

北京京航公司最新推出了一种具有多种组合功能的机器分析诊断仪 HG8300, 主机采用带 80387 协处理器的 386 微机, 内存 1MB, 可扩展至 5MB, 硬盘 40MB, 液晶显示屏幕尺寸大 (640×480 mm), 整机重量为 6.6 kg, 可用充电电池供电, 也可用交流电供电。数据采集部分采用高性能 12 位 A/D, 两个通道可同时采集, 信号最高输入频率为 20 kHz, 具有四个专用传感器插座, 可配用加速度、速度、位移等多种传感器。该仪器用于生产现场大中型旋转机械状态监测维修时, 作为一台便携式数据采集器, 按巡检路径在现场采用机器运行数据, 直接判断机器运行状态。当发现机器异常时, HG8300 可作为机器故障精密诊断仪, 具有 FFT 分析, 自动率谱、自相关、互相关、倒频谱、三维谱等多种振动分析功能, 可诊断转子不平衡、转轴不对中、机械松动、滚动轴承磨损、滑动轴承涡动和齿轮断齿等故障。

HG8300 还配备电机主、次回路上用的电流传感器, 作为一台电机故障诊断仪使用, 其中包括电机诊断专家系统, 用于诊断电机转子断条、端环裂缝、高阻接头、铸造转子气泡、静态和动态偏心等故障。另外该仪器还可作为一台性能优良的微机独立作用, 装有汉字排版系统, 可用于办公自动化, 真正做到了一机多用, 而且整台仪器的价格只相当于进口国外同类产品的三分之一。

(四川化工总厂 汪家铭)

flow as well as horizontal tube diameter on the operating performance of the pneumatically controlled L valve slag removal mechanism. **Key Words**: *pressurized fluidized bed boiler, slag removal mechanism pneumatic control*

- △ **An Experimental Study of Embedded Tube Heat Transfer and Heat Resistance Control in a High-temperature Fluidized Bed**……Yan Weiping. (*North China Institute of Electric Power*) **Journal of Engineering for Thermal Energy & Power**, 1995, 10(1): 25~30

Presented and analysed in this paper is the surface temperature of a horizontally embedded tube in a high-temperature fluidized bed and the experimental result regarding the effect of power bed material on the embedded tube outer side heat transfer coefficient. It has been shown that the heat transfer factor is closely related to the surface temperature, but the degree of correlation depends on the particle diameter and sieve range adopted. The adding of powder bed material will lead to an increase in heat transfer coefficient, but the degree of increase is also related to the controlled heat resistance.

Key words: *high-temperature fluidized bed, embedded-tube heat transfer coefficient, surface temperature, particle diameter*

- △ **The Effect of Tertiary Air on In-furnace Thermal Load Distribution**……Guo Hongsheng, Xu Tongmo (*Xi'an Jiaotong University*) **Journal of Engineering for Thermal Energy & Power**, 1995, 10(1): 31~35

An experimental study has been conducted of the thermal load distribution in a tangentially fired boiler furnace with burners installed at the four corners of the boiler. The variation of the thermal load distribution is compared for cases with or without the use of tertiary air. With the help of a self-made radiation type heat-flux meter the test has been performed on a small-size hot-state simulation test rig with lean coal of Tongchuan serving as the test fuel. The test results have shown that the injection of tertiary air can lead to a quickening of the damping tempo of the infurnace thermal load along the furnace height. **Key words**: *radiation heat transfer, combustion*

- △ **The Study and Application of Self-forming Type Coal for Industrial Boilers**……Hui Shi'en (*Xi'an Jiaotong University*) **Journal of Engineering for Thermal Energy & Power**, 1995, 10(1): 36~40

With a view to solving the problem of an increasing amount of fine coal dust, fly ash and unburned coal siftings loss and serious atmospheric pollution the author has proposed the fabrication of a type of self-forming coal and its combustion mode. As a result of a great deal of experimental investigations the main factors affecting the self-forming coal without binding agents have been ascertained. The said coal has found wide applications in industrial production and undergone further experimental verification in its practical use. **Key words**: *industrial boiler, self-forming coal, study*

- △ **Some Comments on the Feedwater Deaeration of Small-sized Industrial Boilers**……Gao Yang (*Beijing Petro-Chemical Engineering Co*) **Journal of Engineering for Thermal Energy & Power**, 1995, 10(1): 41~44 **Key words**: *boiler, deaeration, thermal deaeration*

- △ **An Analytical Solution of Irreversible Aerodynamic Parameters of Variable Specific Heat**……Yu Qing, et al. (*Harbin Institute of Technology*) **Journal of Engineering for Thermal Energy & Power**, 1995, 10(1): 45~48