

论窄筛分燃料

一项工业锅炉高效低污染技术的探讨

许敬诚

[提要] 本文通过研究煤的颗粒度对沸腾炉燃烧效率的影响而提出采用窄筛分燃料技术,以获得高效低污染的效果;并对各煤种采用窄筛分技术的经济性和可行性作了初步分析。作者力图开拓解决工业锅炉低效高污染的新途径,认为这可能成为工业锅炉的发展方向之一。

主题词 煤筛选技术 经济性 可行性 分析

一 前言

我国能源的利用水平很低,其中主要原因之一是工业锅炉的效率太低。据1983年全国调查、工业锅炉耗煤量为1.62亿吨标煤,占全国产煤量的三分之一弱,而锅炉的平均效率只有55%~60%,锅炉平均容量2t/h。

造成平均效率低的原因,一方面是锅炉平均容量低,排烟损失高;另一方面是与锅炉的炉型和燃烧技术有关,机械未完全燃烧损失高。

沸腾炉是六十年代发展起来的新炉型,但由于使用宽筛分燃料、飞灰份额很大,造成飞灰机械未完全燃烧损失高和粉尘污染严重,影响了它的发展。

本文提出使用窄筛分燃料代替宽筛分燃料,以提高沸腾炉的燃烧效率、降低其粉尘污染,寻找解决工业锅炉低效高污染的新途径,希望本文对开阔思路、集思广益有一点作用。

二 沸腾炉的主要特点及发展趋势

沸腾炉是六十年代后在化学工业的流化床燃烧技术上发展起来的一种新炉型,它具有:

1. 燃料适应性强

由于沸腾床具有很大的蓄热作用,新加入的燃料立刻与高温炉料均匀混合,因此新

鲜燃料的预热、干燥和着火过程进展迅速。它能烧其它炉型难以燃烧的高灰份、高水份、低热值的燃料。

2. 沸腾床内燃烧充分, 但飞灰损失大

由于目前均使用宽筛分燃料, 当风速能将大颗粒吹动时, 该速度已超过了某些粉煤的带出速度, 这样, 颗粒度小于0.5毫米的粉煤往往被烟气带走, 而悬浮室的容积有限, 这些粉煤就来不及烧完, 造成很大的飞灰机械未完全燃烧损失。

粒度大于1毫米的颗粒几乎都存在于沸腾床内, 由于停留时间长, 燃烧十分充分。一般冷渣中的含碳量在3%以下。

3. 低温强化燃烧

在沸腾床内发生的燃烧过程是属低温强化燃烧过程, 一般床温在800~1100℃左右, 在此温度下, NO_x 生成量较少。其它炉型的燃烧中心温度往往1500℃以上, NO_x 的生成量就大为增加。

在沸腾床内便于脱硫, 加入一定量的白云石, 即可与燃烧产生的 SO_2 生成 $CaSO_4$, 随着冷渣一起从冷渣口排出。

4. 沸腾传热强度高

沸腾床内的乳化团和气泡不断交替地冲刷沸腾受热面, 使它具有极高的传热强度, 传热系数往往达到837.4~1046.7千焦/时·米²·度(200~250大卡/时·米²·度)。从而可降低锅炉的金属耗量, 使其结构紧凑。

5. 易于实现微机控制

众所周知, 锅炉今后的一个重要发展方向是实现全自动控制。目前油、气炉均已实现, 以煤为燃料的工业锅炉中, 由于沸腾炉燃烧稳定, 负荷调节性能好, 炉内温度场均匀、床温易于控制等特点, 使沸腾炉在燃煤锅炉中实现自动控制方面优于其它固定床锅炉。

6. 风机耗能大, 使锅炉净效率有所降低

国内沸腾炉目前的主要发展方向是开发和利用低热值燃料, 为了提高燃烧效率和降低排量, 在锅炉本身采取了双床, 旋风燃尽室、飞灰复燃等技术, 已经和正在取得成效。

美、日等国主要从控制 SO_2 和 NO_x 的污染出发对沸腾燃烧进行深入的研究, 并已取得 NO_x 的排量低于80~150PPM, 脱硫率达到80~95%, 燃烧效率高达98~99%, 见文献[2] [3] [4]。

三 窄 筛 分 技 术

窄筛分燃料是与目前广泛使用的宽筛分燃料相对而言的。例如1~10毫米组分是相对0~10毫米的组分来说, 前者就是窄筛分燃料。

它的提出是从煤的颗粒度对燃烧的影响得到的。其实颗粒度对燃烧效率的影响早已为各国学者所熟知,如在文献[4]中指出:“如果将煤颗粒中细粉部份去除,则飞灰含炭量可减少到3.5%以下。若把悬浮段增高,沸腾床热负荷为 418.6×10^4 千焦/米²·时·(100×10⁴大卡/米²·时), $\alpha=1.1$ 时,飞灰含炭量可减到0.7%以下,燃烧效率高达99%。”该文中试验用燃料是热值为25497.6千焦/公斤(6090大卡/公斤)的Ⅳ类烟煤。

文献[5]中指出:“腾沸炉机械未完全燃烧损失主要是0.5毫米以下的飞灰造成。”

从表1和表2中可见,0.5毫米以下的煤几乎全部被吹走,0.5~1.0毫米中也有相当大的一部份被吹走,约占整个床料的43%。

表1 某沸腾炉原煤与床料的筛分特性

筛分范围	mm	>7	4~7	2.5~4	1~2.5	0.5~1	0.25~0.5	0.09~0.25	<0.09
原煤筛分比	%	7.0	9.83	12.64	23.6	17.4	12.24	12.03	5.26
床料筛分比	%	12.7	17.36	27.67	35.23	5.95	0.55	0.44	0.1

表2 各种颗粒尺寸原煤和床料的含碳量

筛分范围	mm	>7	4~7	2.5~4	1~2.5	0.5~1	0.25~0.5	0.09~0.25	<0.09
原煤含碳量	%	15.23	23.94	29.39	38.30	45.82	54.62	57.66	
床料含碳量	%	3.22	3.02	2.6	2.85	5.48	12.89	15.58	14.36

从表2可见>1毫米的颗粒,由于处于沸腾床内,燃烧非常完全,残炭含量为2.6~3.22%,而那些<0.5毫米的颗粒呈飞灰飞出,燃烧不完全,残炭含量高达13~16%。可见机械未完全燃烧损失主要是由后者造成。

采用1~10毫米粒度组份的窄筛分燃料后,一方面由于存在很少的1毫米以下的粒度组分,将使 q_4 大大下降,从而提高了燃烧效率。另一方面由于燃料本身所含的粉尘极少,所以粉尘污染的问题从根本上得到了解决。再加上沸腾炉本身的优点,一种高效低染的新炉型就可能发展起来。

下面就窄筛分技术对不同燃料采用的可能性,作进一步的探讨。

四 窄筛分与低热值燃料

低热值燃料主要包括石煤和矸石,其低位发热值在11304千焦/公斤(2700大卡/公斤)以下。这种燃料实际上是矸石和煤的混合物,在粉碎过程中,煤易被粉碎,而矸石则很难。由表2可见,1毫米以下煤粒,其含炭量在45.8~57.7%,而4~7毫米的颗粒其含碳量为23.9%,>7毫米的颗粒含炭量为15.23%。

表 3

筛分范围	mm	<0.2	0.2~0.5	0.5~1	1~2.5	2.5~3.2	3.2~5	5~8
重 量	公斤	5.46	63.7	89.18	135.59	51.87	70.07	39.13
筛 分 比	%	1.2	14	19.6	29.8	11.4	15.4	8.6
平均颗粒直径	mm	0.12	0.32	0.71	1.58	2.83	4.18	6.33
低位发热值	千焦/公斤 (大卡/公斤)	8975.48 (2137)	9853.84 (2354)	8157.11 (2092)	5307.85 (1268)	3386.47 (809)	3675.31 (878)	4487.39 (1072)
放 热 量	4186千焦 (10 ³ 大卡)	11.67	149.95	186.56	171.93	41.96	61.52	41.95
占全部放热量之比	%	1.75	22.58	28.03	25.83	6.31	9.24	6.31

在文献[6]中对低热值燃料筛分后，又进行了热值测定（见表3）可见1毫米以下的颗粒约占全部燃料的35%，而其放热量却占50%。虽然从图1上分析可知，若能降低飞灰份额，燃烧效率将会有相当大的提高，但是若将粉煤分离出来，则会大大降低剩余燃料的热值，对燃烧不利；而且分离出来的粉煤本身热值仍然不高，不适合煤粉炉使用，

因此低热值燃料若用窄筛分技术，由于粉煤不宜用于煤粉炉，可考虑采用双床沸腾炉，即其中一个是粉床，以此来提高燃烧效率和改善粉尘的污染，此时估计 I、II、III类矸石的燃烧效率将由目前的74%，75%和79%分别提高到83.5%，87%，和91%左右。

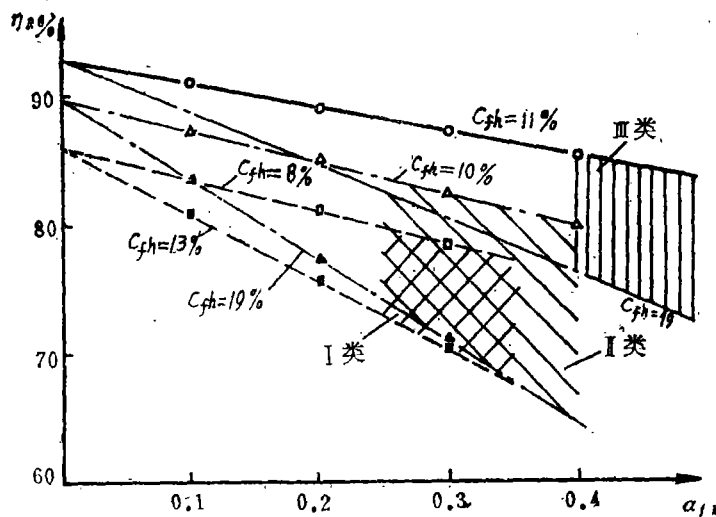


图 1 煤矸石飞灰份额与燃烧效率的关系

$C_{fz} = 3\%$ 冷渣含碳量， $q_3 = 1\%$ ，阴影为目前的 d_{fh} 和 C_{fh} 对应的燃烧效率范围

图1中的燃料为文献[1]中的代表煤种，其飞灰份额的范围和飞灰含炭量均取自其中的推存数据计算而得。

五 窄筛分与褐煤

层燃炉在燃用褐煤时其燃烧效率按文献[1]中有关推荐数据计算,在87~92%之间。而燃用褐煤的沸腾炉,即使其飞灰份额高达60%,其燃烧效率仍将比层燃炉略高一些,可见图2。

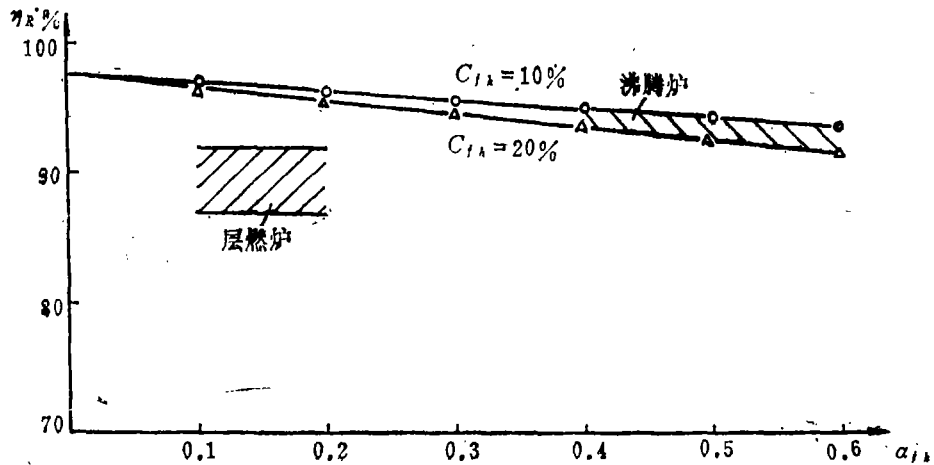


图2 褐煤燃烧时的飞灰份额与燃烧效率的关系

$$C_z = 3\%$$

$$q_3 = 1\%$$

从上图可知,对于褐煤使用沸腾炉显然比层燃炉要优越。若沸腾炉能使用窄筛分燃料,其飞灰份额按 $\alpha_{fz} = 0.05$ 计,燃烧效率可达到97%左右,比层燃炉高出7~8%。

但是褐煤是一种极易风化的煤。若在各用户就地分离,不仅增加了设备费用,而且分离出的粉煤集中也很困难;若集中分离,则分离出的窄筛分炉料也难以保存,它会在短时期内进一步风化成粉状。因此对褐煤来说,虽然使用窄筛分可获得高的燃烧效率,但是在没有解决保存问题之前难以使用。只有在某些大煤矿的周围,加工出来后立即用掉,而粉煤则送往电厂,必须具备这种条件才有使用的可能。

由此可见窄筛分技术在目前阶段用于褐煤的实际可能性很小。

六 窄筛分与烟煤

烟煤在我国是一种重要的煤种,将I、II、III类烟煤的代表煤种按文献[1]中推荐的有关数据分别进行了计算,并绘制成图3、4和5,并将它们分别与层燃炉进行比较。

当沸腾炉的飞灰份额 $\alpha_{fa} = 40 \sim 50\%$,飞灰含炭量 $C_{fa} = 15 \sim 20\%$ 时,I类烟煤的燃烧效率对沸腾炉和层燃炉来说,基本相似,约为85~89%,见图3。

当燃用II类烟煤时,沸腾炉的燃烧效率略比层燃炉高出2~3%。

对于III类烟煤,则沸腾炉的燃烧效率可达95%,比层燃炉高出6%左右。

从以上分析中可以见到,对于I、II类烟煤采用沸腾炉收益并不显著。但是若用窄筛

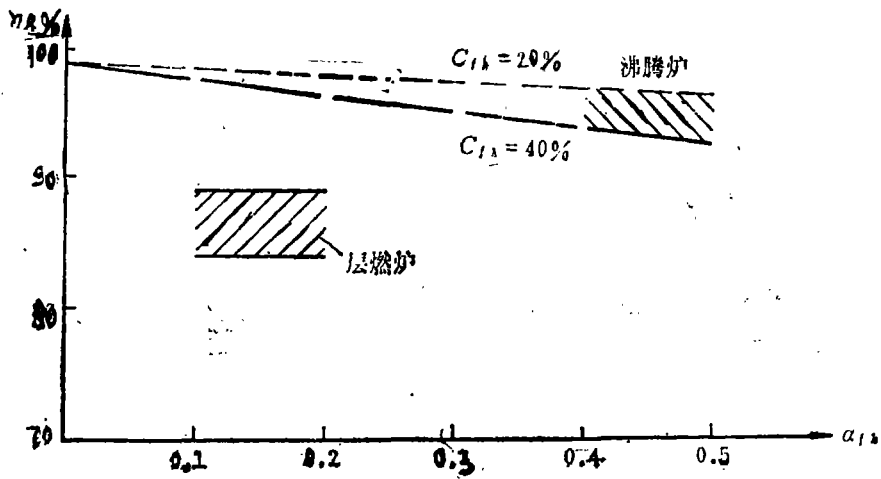


图3 燃用Ⅰ类烟煤时飞灰份额与燃烧效率的关系
 $C_{fz} = 3\%$ $q_3 = 1\%$

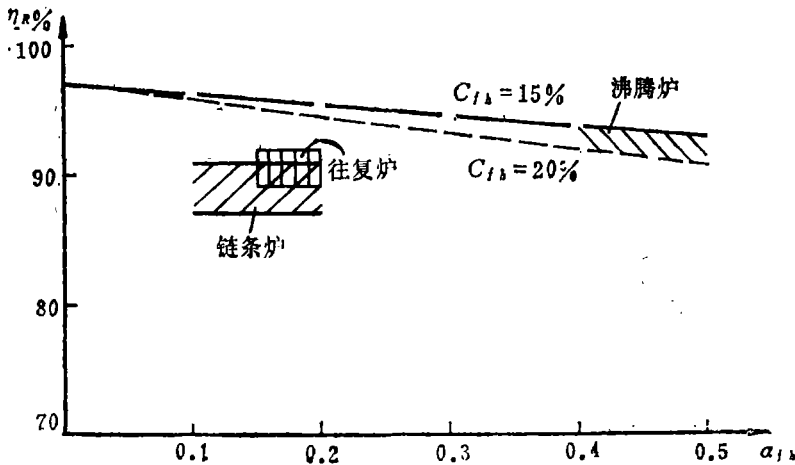


图4 燃用Ⅱ类烟煤时，飞灰份额与燃烧效率的关
 $C_{fz} = 3\%$ $q_3 = 1\%$

分燃料时，按 $\alpha_{fb} = 0.05$ 计，则燃烧效率将分别达到95和97% 显然比层燃炉的燃烧效率（即85~90%和87~91%）高出5~10%。

对于Ⅲ类烟煤，当采用窄筛分燃料时，其燃烧效率可达98%，接近油炉的燃烧效率。比层燃炉高出7%~11%。

烟煤易于存储，可以在矿区集中分离后送至用户，粉煤送往电站。而且另有附加的经济效益，即：还将减少煤炭的运输损耗、装卸损耗和储存损耗。这也是一笔相当可观的收益。分离出的粉煤供煤粉炉使用，这还将降低制粉设备的电耗和延长磨煤机的寿命。

若飞灰份额对窄筛分燃料来说按 $\alpha_{fb} = 0.05$ 计算，则与原有的宽筛分燃料的飞灰份

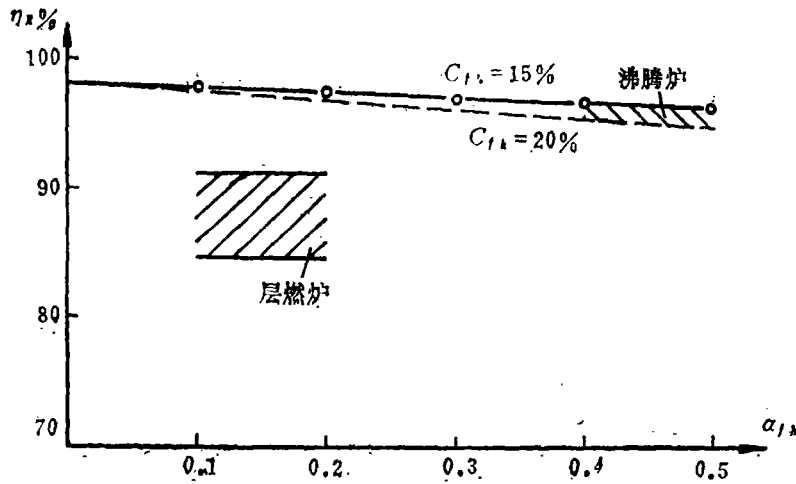


图5 燃烧Ⅲ类烟煤时，飞灰份额与燃烧效率的关系
 $C_{fz} = 3\%$ $q_3 = 1\%$

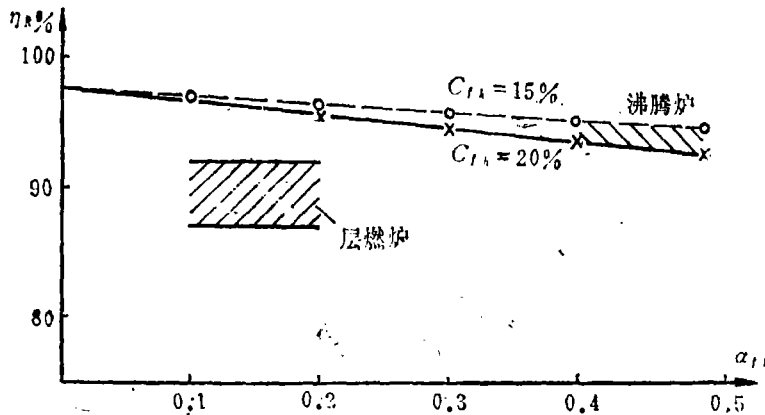


图6 燃用贫煤时，飞灰份额与燃烧效率的关系
 $C_{fz} = 3\%$ $q = 1\%$

额0.4~0.5相比，飞灰浓度将下降80~95%，相当于增加了一级除尘效率为85~90%的除尘器。也就是说，只要在锅炉尾部设置一级除尘装置，就能将粉尘的排放浓度控制在环保许可的范围之内。

使用窄筛分技术，还将简化沸腾炉的结构，使其结构紧凑，便于使用。

对贫煤亦进行了类似计算，见图6，当用窄筛分贫煤时，燃烧效率可达97.5%。它将比层燃炉提高约7~8%。

七 窄筛分与无烟煤

燃用无烟煤的沸腾炉在我国南方早已使用，运行良好，但也存在一些问题。主要是

由于无烟煤中固定碳含量高，难以燃烧所造成。在沸腾床中的大颗粒由于停留时间长，燃烧条件好，能够燃尽。但是对于飞离沸腾床的小颗粒，就来不及燃尽，使飞灰含炭量高达20%~40%，引起经济性下降。

当燃用Ⅰ类无烟煤时，沸腾炉与层燃炉的燃烧效率相仿，主要取决于飞灰含炭量的高低，见图7。

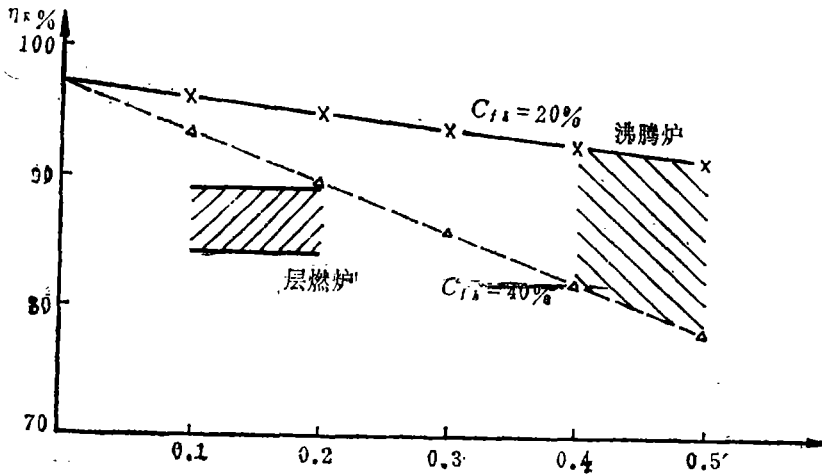


图7，Ⅰ类无烟煤使用时飞灰份额与燃烧效率的关系

$$C_{e,z} = 3\%$$

$$q_3 = 1\%$$

当燃用Ⅱ类无烟煤时，沸腾炉的燃烧效率较层燃炉高出8~9%，见图8。

若沸腾炉采用窄筛分无烟煤为燃料，其燃烧效率对Ⅰ类和Ⅱ类无烟煤将分别达到97和98.5%，此时比层燃炉高出10~12%。

显然对无烟煤，采用窄筛分技术也是达到高效、低污染的一条有效途径。

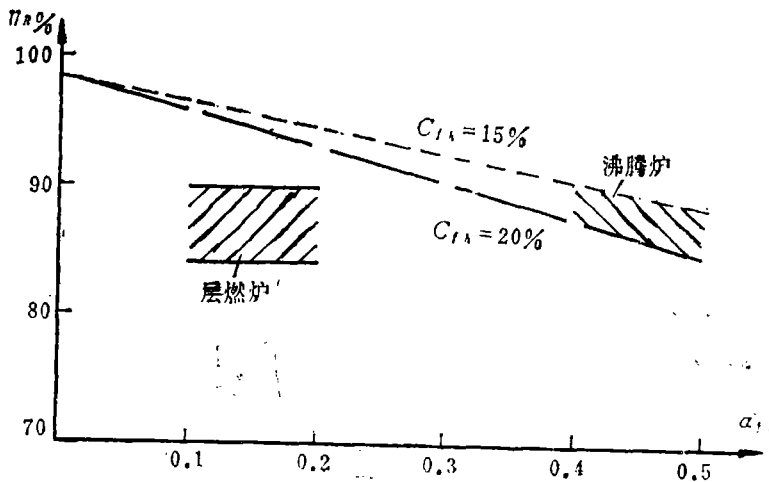


图8 Ⅱ类无烟煤使用时飞灰份额与燃烧效率的关系

$$C_{e,z} = 3\%$$

$$q_3 = 1\%$$

从国外的采煤技术和加工技术来看,煤在送到用户之前都要经过多次筛选、分类。这些在我国也是可以做到的,目前应抓紧煤炭供大于求的良好机会,把煤炭质量搞上去,把加工利用搞上去。有关工业锅炉研究部门应结合国情、探索一些新的带根本性的方法,达到既提高能源的利用率又解决环境污染的问题。

八 结 论

本文从国内外沸腾炉的发展,提出采用窄筛分燃料供应沸腾炉,在此基础上可研制一种高效低污染的新炉型。

分析了窄筛分燃料在不同煤种中使用的可能性,并进行了有关计算。提出在烟煤、贫煤和无烟煤中可使用窄筛分技术。沸腾炉使用窄筛分燃料后,预期其燃烧效率将分别提高6~12%。同时还解决了沸腾炉的粉尘污染问题,将把沸腾炉的粉尘排放限制在环保规定的范围之内。

同时为工业锅炉解决 SO_2 和 NO_x 的污染创造了条件。因此窄筛分技术是一项值得进一步探讨的新技术。

参 考 文 献

- (1) 层状燃烧及沸腾燃烧工业锅炉热力计算方法,工业锅炉热力计算方法编写小组编写,上海工业锅炉研究所出版1981年2月
- (2) (日)M·富田等:煤在两级沸腾床中的燃烧。《The Proceedings of the Sixth International Conference on Fluidized Bed Combustion》P623~630
- (3) (日)盐见一等:沸腾床燃烧的基础理论研究(Ⅰ)。《川崎快报》68号 1978.10 P52~58
- (4) (美)D·I·沃尔克等:未来工业锅炉的沸腾燃烧技术《Combustion》50(8)1979, P26~32
- (5) 田子平,煤的颗粒度对沸腾燃烧的影响 中国工程热物理学会第三届学术会议论文,1980.4
- (6) 田子平,沸腾燃烧锅炉点火过程的热力特性分析,中国工程热物理学会黄山学术会议论文,1981.10

THE POTENTIAL USE OF FINE SCREENED COAL TECHNOLOGY

Xu Xuecheng

Abstract

Based on a study of the effect of coal granular size on the combustion efficiency of fluidized bed boilers, the author suggests the use of fine-screened coal technology to achieve a better boiler efficiency and low environmental pollution. A preliminary analysis has been made of the economics and feasibility concerning the use of fine-screened fuel technology. The author holds that by solving low combustion efficiency and serious pollution

problems, characteristic of present-day industrial boilers. the application of fine-screened coal may break a new path in the development of industrial boilers.

Key words: coal screening techniques, economic analysis, feasibility analysis.

辽河、中原、胜利油田正引进热 电联供联合循环装置

中国国家技术进口公司(NTIC)于1986年12月中旬发布了从John Brown (约翰布朗)公司进口价值超过7200万美元的热电联供装置的合同。进口设备包括:5台Frame 6B燃气轮机和余热锅炉、二套汽轮机发电机装置和气体燃料的压缩设备。

隶属于JBE项目的分合同者包括:西门子公司(Siemens)提供汽轮机设备,Brush Electric (Brush电力公司)提供发电机设备,Standard Fasel-Lentjes提供锅炉设备。

所有五台热量回收蒸汽发生器(HRSG)都是对于相同的主蒸汽参数——压力为4兆帕(40巴),温度为440℃下的蒸发量为66吨/小时而设计的。

配备这些装置的现场位置是辽河油田、中原油田和胜利油田。虽然燃气轮机和锅炉是统一的标准,但是为满足具体的要求,三处油田要求不同的设备组合。

在辽河油田,二台Frame 6燃气轮机是靠着原有的汽轮机电站安装的。二台不补燃的热量回收蒸汽发生器接到原有的蒸汽母管,与原有的电站并联在一起工作。锅炉输出的部分蒸汽将带动一台中国造的12兆瓦汽轮机,该汽轮机早已安装在现场并投入运行。

在中原油田,一台Frame 6和一台18兆瓦的汽轮机(用于发电)被安装为一个小型的额定功率为55兆瓦的联合循环装置。锅炉设计成输出两种压力值的蒸汽,低压侧供应过程蒸汽,高压侧驱动汽轮机。

在胜利油田,二台燃气轮机的排气将排入热量回收蒸汽发生器,产生的蒸汽驱动一台36兆瓦汽轮发电机组,组成常规的2+1联合循环装置。

利用五台Frame 6燃气轮机的上述三项热电联供装置(CHP)正在平行地进行之中,燃气轮机等设备计划在1987年10月末装运发货。JBE的合同包括电站设计、建造监督和使用人员的培训等。

吉桂明摘译自Gas Turbine World, March-April 1987, Vol17, No2.