

CFB 锅炉掺烧技术探讨

张映玮¹, 郑文凯²

(1. 茂名学院, 广东 茂名 525000; 2. 茂名石化乙烯动力厂, 广东 茂名 525000)

摘要:通过对不同掺烧燃料的特性进行分析论证,提出了合理的配烧方式以及在掺配过程中所采用的相应措施。在确保安全的前提下,进一步提高了企业的经济效益。

关键词:CFB 锅炉;燃料;掺烧;安全运行

中图分类号:TK227.1

文献标识码:A

文章编号:1006-6772(2010)03-0067-04

随着中国火力发电机组装机容量的不断增大,煤炭储量分布和生产的严重不均及交通运输能力的相对不足日益凸显,导致大型电站锅炉往往不能燃用设计煤种甚至稳定的单一煤种。由于偏离设计煤种过多,必然导致锅炉燃烧不稳定,灰渣可燃物质量升高、锅炉效率下降,结焦加剧等危及锅炉安全、经济运行。如何科学地确定 CFB 锅炉掺烧的掺配比,如何优化掺烧方式,是锅炉掺烧研究的热点^[1-2]。

循环流化床(circulating fluidized bed boiler)锅炉是国际上洁净燃煤技术中的一项成熟技术,因其具有燃料适应性广、燃烧效率高、负荷调节大的特点,可在床内直接脱硫并实现低 NO_x 排放,燃料制备系统简单、易于实现灰渣综合利用,在生产用气、供热、热电联产、电站锅炉中被广泛采用。尤其是煤炭资源日益紧张的今天,对 CFB 锅炉掺烧具有重要的意义。

1 掺烧燃烧的特点及采用措施

为了找到合适的掺烧煤种或替代煤种,必须根据锅炉的设计特性及燃煤特点,通过对掺烧燃料进行详细调研,分析各种燃料的特性并与设计煤种进行比较。然后将所选煤样送至专业的发电用煤质量监督检验中心进行化验,通过对化验报告中的参数进行分析,经燃料掺烧小组进行反复论证,最后确定掺烧对象及掺配方案。为了全面保证掺烧的

安全,还可以进行不同配比的多次掺烧试验及摸索,对掺烧燃料的燃烧特性及规律有较好的掌握,获得大量的掺烧依据,为合理选择掺烧比例提供科学保证。

1.1 石油焦

石油焦是以原油蒸馏后的重油或其他重油经延迟焦化工艺炼化而成,是炼油工艺的副产品。其热值高,灰分及挥发分低,硫、氮元素及钒、镍等碱金属含量较高,属于劣质燃料。燃料级的石油焦直接燃烧通常有几种方式:通过与其他燃料混合后在常规煤粉炉燃烧;W 型火焰锅炉单独燃烧;制成油焦浆、水焦浆在锅炉燃烧;循环流化床锅炉燃烧。其中在石化企业中采用以石油焦为主要燃料的循环流化床锅炉进行动力生产具有广阔的前景。

石油焦含硫量较高,因此在掺烧石油焦时应当特别加强对空气预热器的监督和维护,尤其是在低负荷情况下。由于烟气中含有水蒸气,在燃料水分不多的情况下,在空气预热器的低温受热面上是不会结露的。但在燃烧过程中,根据灰分的性质及所采用的燃烧方式的不同,燃料中的硫分就有可能形成 SO_2 及 SO_3 并转入烟气中,烟气中的 SO_3 与水蒸汽形成硫酸蒸汽。根据有关研究,烟气中只要有少量的 SO_3 存在,便使硫酸蒸汽的露点(烟气的露点)提高很多,由于烟气露点的提高,当空气预热器的低温受热面壁温低于烟气露点时便有大量硫酸蒸汽凝结,从而导致空气预热器发生低温腐蚀甚至造成

收稿日期:2010-02-01

作者简介:张映玮(1971—),女,广东茂名人,硕士,副教授,从事锅炉及锅炉房设备的教学与研究。E-mail:wei711@126.com

严重堵灰。预防措施为:在低负荷下应根据汽温下降情况及时提高给水温度,减少省煤器的吸热量,进一步提高排烟温度,在高压加热器故障不能正常投入时,运行中加强了对空气预热器出、入口一次风、二次风及烟气差压的监视,发现有脉动现象及时采取措施,必要时立即更换煤种,以防空气预热器发生低温腐蚀造成堵灰^[3]。

石油焦挥发分低、热值高、灰分低的特性使其着火、燃烧控制和燃烬有一定的困难。若与着火、燃烬性能较易的烟煤掺烧难度较大,着火点温度需达 650 ℃ 以上,着火及燃烬性能已属难和较难的范围(分较易、易、中等、难、较难 5 个等级)。锅炉的实际运行表明,要实现石油焦从着火到稳定燃烧并不是一件很容易的事。如果操作不当,要么石油焦难以着火;要么着火后,引起爆燃,导致床层超温甚至结焦。许多按烟煤设计的锅炉,炉膛设计偏小,如果燃用石油焦,其燃烬空间显得不足,从燃烬角度考虑,由于石油焦的挥发分远低于设计煤种,所以应采用较细的粒径,但与烟煤混合后破碎,则烟煤的粒径也将变得过细,使破碎设备电耗增加。当 2 种燃料混合后共同进入燃烧区,空气中的氧气会被烟煤首先消耗,石油焦颗粒在低氧条件下燃烬更为困难。因此在锅炉燃烧过程中石油焦的掺烧比例不宜过大,当比例超过 50% 时着火温度明显提高,不利于着火,火焰推迟,至使火焰中心提高;当纯烧 100% 石油焦时,燃烬特性变差,使得不完全燃烧热损失增加,飞灰及底渣含碳量增加,锅炉效率降低。另外在低负荷时由于石油焦给料量的减少,加之挥发分太低,在燃烧过程中不利于着火,所以在低负荷时炉膛内燃烧状况不够稳定。如果发生一台给煤机故障,或煤仓断时容易导致炉膛温度急剧下降,最终导致炉膛熄火。因此在掺烧石油焦时必须加强对锅炉各工况的运行监视,及时调整各运行参数,维持床温在 850 ℃ 以上,必要时立即采取措施并投油稳燃。

由于石油焦的哈氏可磨指数高,可磨性好,对炉膛受热面的磨损小,有利于锅炉长周期安全稳定运行,茂名 CFB 锅炉运行 400 d 后进行检修,对受热管进行测厚抽查,磨损最严重也只有 2 mm 左右。另外,石油焦热值高、灰分低,同等负荷下,入炉给料量少,风机流化风量减小,可大大节省锅炉辅机的电耗,减小灰、渣系统的输送压力和汽车运输灰渣的成本。

通过采用合理的运行方式,适当的维持较高床温运行,以利于石油焦及时着火、燃烧和燃烬,加强

燃烧调整,在保证破碎机正常运行的前提下,控制好入炉焦粒径。

1.2 煤泥

煤泥是煤炭生产过程中的一种副产品,利用煤泥掺烧进行循环流化床锅炉发电,其环保节能的效果获得国家政策支持。煤泥是一种高浓度、高粘度的粘稠物料,主要成分为煤炭、矸石和粘土,一般含固量为 72% ~ 77%,颗粒小于 0.5 mm。煤泥自流而不成形,堆积形态极不稳定,掺烧的主要方式为:烘干后与原煤混烧、用煤泥泵送底部喷射燃烧,以管道泵送锅炉顶部或炉侧低温燃烧等^[4]。

实现稳定、高效燃烧十分不易。煤泥团的凝聚易造成床层流化不良,不能稳定燃烧。煤泥团在燃烧过程中的聚团作用会使物料的粒度不断增大、沉积并破坏流化床底部的流化质量,使流化死区由底部逐渐扩大到整个床层,致使流化床燃烧强度的控制及负荷的调节变得十分困难。

煤泥可以与原煤及煤矸石混烧,从目前的情况来看,必须解决好煤泥预先处理和确定给料口位置这 2 个问题。通过控制煤泥团合适的进料直径,减小煤泥团的直径及粘结程度,使用专用的煤泥搓和设备进行搓和、破碎、搅拌,将煤泥搓碎搅匀,并在输送过程中采用金属探测仪、震动筛等去除杂物,防止喷枪出现堵塞^[4-5]。根据锅炉的负荷与床温调节好煤泥的给料量,当监测显示氧量下降、床温升高时,可视负荷情况缓慢加大煤泥枪出力,并适当减少给煤量,使锅炉各项参数稳定在规定范围。另外,为了避免出现前面提到的流化死区,可以尽量采用高位给料(如以煤泥管道泵送顶部给料),延长煤泥在炉膛的干燥时间,使其尽可能充分受热、燃烧,这种方式在中小型循环流化床锅炉(50 MW 以下机组)应用较多。

国内的煤泥电厂根据各自洗煤厂的工艺、煤泥成分和掺烧比例,还开发出煤泥的管道分流技术和复合管道减阻技术等,以期减少磨损、提高效率。

1.3 油页岩

中国的油页岩资源丰富,主要分布在吉林桦甸和安农、广东茂名、辽宁抚顺等地,仅茂名一地的油页岩保有储量达 54 亿 t,相当于广东省其他一次能源总和的 63%^[4],将油页岩作为替代能源进行发电,有深远的意义,下面以茂名的油页岩为例介绍掺烧的方式见表 1。

表1 掺烧油页岩、石油焦与设计煤种各主要参数对照表^[6]

项 目	燃料		
	设计煤种	70% 煤 + 30% 石油焦	70% 煤 + 30% 油页岩
主蒸汽流量/(t·h ⁻¹)	410.00	410.00	410.00
燃烧风量/(t·h ⁻¹)	464.49	460.93	471.33
燃料量/(t·h ⁻¹)	54.03	45.85	73.29
石灰石量/(t·h ⁻¹)	11.01	11.39	12.26
飞灰/(t·h ⁻¹)	14.22	10.78	22.04
底渣量/(t·h ⁻¹)	12.61	9.56	19.54
总输出量/(t·h ⁻¹)	529.53	518.17	556.87
一次风量/%	67.95	65.90	63.80
二次风量/%	30.51	32.50	34.70
SO ₂ /10 ⁻⁶	253/273	261/277	259/278
O ₂ /%	3.57	3.55	3.54

油页岩属低发热量、高灰分煤种,因此在配烧时比例不宜过大,否则带负荷能力将受到限制,在带相同负荷的情况下,当掺烧30%的油页岩时所需燃料量较设计煤种增加10~13 t/h。为保持合适的风、煤配比,燃料量的增加将导致燃烧所需空气量的相应增加,因此必须根据煤量的变化及时调整一次风压、二次风压的设计值,或者改变运行一、二次风量的配比,从而满足煤量增加所需氧量的需求。如不及时调整,密相区将缺氧燃烧,大量未燃烬颗粒将从底渣及飞灰中排出,严重时将导致尾部烟道发生二次燃烧,最终引发停炉事故。由于煤量、风量的增加,造成过热汽、再热汽汽温偏高,排烟热损失增加,锅炉效率下降,通过采用提高二次风量、适当增加氧量的办法可以保证在燃油页岩时燃烧完全。可通过投用飞灰再循环装置,进一步降低飞灰含碳量。实际运行中经测试飞灰可燃物下降了0.6%,提高了锅炉效率。另一方面,灰分含量高,给煤量增加,底渣份额含量增大,排渣量将成数倍的增长。由于除灰、除渣设备出力限制,必然影响锅炉的满负荷运行。在锅炉负荷不大的情况下可以适当加大掺烧比例,建议掺烧量不超过35%。另外,在掺烧油页岩时必须加强对飞灰及灰渣量的监视,及时对锅炉各受热面进行吹灰,确保吹灰系统及给煤、输灰、排渣系统的正常运行。

根据表1油页岩的灰成分分析可知,灰成分中的SiO₂、Al₂O₃2项指标均较设计煤种偏高,长期掺烧该煤种将会对各受热面产生较大的磨损。为此,需利用各种停炉检修机会加强对各受热面的检查和维护,发现有磨损部位应及时进行喷涂或堆焊处理,同时尽量保证机组在正常负荷下运行,避免超出力致使烟气流速过大加剧磨损^[3]。

由此看出,控制好掺烧比例及床温,调节一、二次风

量的配比和保证循环流化床锅炉的顺利出渣,是既保证锅炉运行安全又尽可能降低燃料成本的重要方法。

1.4 煤矸石

煤矸石是采煤和洗煤过程中排放的固体废物,是一种在成煤过程中与煤层伴生的一种含碳量较低、比煤坚硬的黑灰色岩石。包括巷道掘进过程中的掘进矸石,采掘过程中从顶板、底板及夹层里采出的矸石以及洗煤过程中挑出的洗矸石。其主要成分是Al₂O₃、SiO₂,另外还含有数量不等的Fe₂O₃、CaO、MgO、Na₂O、K₂O、P₂O₅、SO₃和微量稀有元素(镓、钒、钛、钴)。炉渣可生产炉渣砖和炉渣水泥。日本有10多座燃烧煤矸石电厂,所用中煤、矸石混合物的发热量为14.65 MJ/kg;火力不足时,用重油助燃。德国和荷兰把煤矿自用电厂和选煤厂建在一起,以利用中煤、煤泥和煤矸石发电。

CFB锅炉合理地掺烧煤矸石就是确定最佳掺矸率(一般将掺矸率定义为掺入矸石重量占入炉燃料总重量的百分数)。如果掺矸率过低,失去掺矸的意义;掺矸率过高,则会带来锅炉燃烧、传热、燃料制备、排渣和炉内磨损等一系列问题,甚至直接影响锅炉的安全稳定运行和正常发电。

首先,应确保入炉燃料的粒度、水分合格,同时各种燃料混合均匀,这样可以有效防止因入炉燃料粒度过大导致的床内流化恶化、排渣口堵渣^[7],当然这势必要求燃料的制备系统破碎、筛分出力增大,燃料制备难度上升;其次,应实时监控炉膛总体温度,防止由于入炉燃料特性变化带来的燃烧和传热的影响,致使尾部受热面传热量增大。随着入炉总灰分的增大,排渣量应增加,正常出渣显得尤为重要。应定时检测原煤、煤矸石和其他燃料的收到基灰分,计算并及时调整掺烧比例^[8-9]。

2 加强燃料管理,采取合理配烧方式

掺烧多样煤种的关键在于燃料管理,不同的燃料进厂后,必须对燃料进行认真取样并做严格化验,全面掌握燃料的各项指标,严把质量关,防止个别煤矿的掺假现象,尽量保证所燃用的煤种符合要求。从进厂燃料实际化验结果看,即使是同一煤种每次的化验结果也不尽相同,各项指标也存在着差异,同一煤种的特性有时变化也相当大,因此必须针对不同的化验结果确定入厂各煤种的特性,根据不同的情况采取相应的掺配方案,此外燃料进厂后应按照煤种的不同将其堆放至指定地点。根据燃料的特性、机组当前的运行状况、以及锅炉采取的

燃烧方式等,经过认真分析研究从而确定配烧的煤种、配煤方式及掺烧比例。

3 结 论

CFB 炉内有大量高温固体颗粒物料(约 95% 高温床料,5% 的新燃料),为有效利用劣质煤等燃料提供了基础。但是根据某一特定燃料设计的 CFB 炉,并不能适应于特性差别较大的燃料。掺烧时应严格控制掺烧比例,控制好入炉燃料的粒径,并根据煤量的变化及时调整一次风压、二次风压,控制好床温。掺烧含硫量较高的燃料时应当特别加强对空气预热器的监督和维护;掺烧灰分较大的劣质燃料(如煤矸石、油页岩)时,应考虑入炉总灰量增大导致的排底渣量的相应增加,因此正常排渣、冷渣和及时输渣显得尤为重要。

需要注意的是掺烧劣质煤、煤矸石、炉渣及灰分大的煤,燃烧时烟气中灰浓度高,对受热面的磨损将增大。因此应建立相关的技术档案,加强对易磨损部位的监测和记录,通过对统计数据分析及

研究,逐渐总结出掺烧燃料的炉内受热面磨损的规律,以延长锅炉的连续运行周期。

参考文献:

- [1] 吕俊复,岳光溪,张建胜,等. 循环流化床运行与检修[M]. 北京:中国电力出版社,2003.
- [2] 岑可法. 循环流化床锅炉理论设计与运行[M]. 北京:中国电力出版社,1998.
- [3] 张跌玮,郑文凯. CFB 掺烧多样煤种的安全经济性分析[J]. 洁净煤技术,2009,15(1):67-69.
- [4] 代朝辉,孙丽萍. 60% 煤泥掺烧技术在大型 CFB 锅炉上的应用[J]. 热电技术,2007(2):14-18.
- [5] 黄玉龙,郑德伦. 循环流化床锅炉掺烧煤泥的探讨[J]. 热电技术,2006,89(1):12-20.
- [6] 贵州烟煤、炼厂石油焦、茂石油页岩检验分析报告[R]. 国家电力公司广东发电用煤质量监督检验中心,2008.
- [7] 张敏,白强,刘昱平. 循环流化床锅炉掺烧煤矸石试验研究[J]. 热力发电,2007,36(4):55-57.
- [8] Basu P(ed). Circulating Fluidized Bed Technology[M]. Oxford: Pergamon Press, 1986.

Study on blending multi-fuel technology in CFB boiler

ZHANG Yi-wei¹, ZHENG Wen-kai²

(1. Maoming College, Maoming 525000, China; 2. Ethylene power plant, Maoming Petrochemical Corporation, Maoming 525000, China)

Abstract: Analyze the features of different kinds of coal and point out the methods and measures of burning multi-fuel. In the premise of ensuring safety, make further improvement on the enterprise's economic benefits.

Key words: CFB Boiler; fuel; blending of multi-fuel; safe operation

(上接 73 页)

Numerical simulation for influence of flue gas recycle and zoned air on NO_x formation in chain boiler

Hu Man-yin, Han Jing, Liu Zhong, Lin Wei

(School of Environmental Science and Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: Numerical simulation was used to study the combustion procession, temperature distribution and NO_x emission for a 10 t/h chain boiler with and without flue gas recycle. The differences were contrasted when flue gas is recycled to the primary wind inlet and to secondary wind inlet. The results show that the temperature distribution decreased with flue gas recycle and there is less NO_x emission. And when flue gas is recycled to secondary wind inlet, the NO_x emission dropped mostly. The result offer a reference to design and operate a chain boiler.

Key words: flue gas recycle; NO_x; chain boiler; numerical simulation