

循环流化床锅炉燃料的优选

黄中,肖平,江建忠,孙献斌

(中国华能集团 清洁能源技术研究院有限公司,北京 100098)

摘要:结合某厂 200 MW 循环流化床锅炉设计煤种及周边煤源情况进行了取样分析。将发热量、挥发分、灰分、硫分、水分、燃料粒径分布等技术指标作为主要燃料优选标准,并根据分析结果提出了燃料选用建议。研究可为循环流化床锅炉开展同类型研究提供参考。

关键词:循环流化床锅炉;混煤;中煤;矸石;燃料优选

中图分类号:TK228;TD849

文献标识码:A

文章编号:1006-6772(2011)06-0043-04

循环流化床锅炉比煤粉锅炉具有燃料适应性广、煤质要求相对宽松的特点,但这并不意味着循环流化床锅炉适用于任何燃料。对于一台确定的循环流化床锅炉而言,始终有着较为明确的燃料品质要求。国内循环流化床锅炉受到煤炭供应的影响,煤源复杂,需要采用混煤、配煤的燃料控制方式,这为运行煤种的选择带来了一定困难,而长期燃用煤种不当会对机组的安全经济运行带来不利影响。

结合某电厂 200 MW 循环流化床锅炉设计煤种及周边煤源情况进行了取样分析,将发热量、挥发分、灰分、硫分、水分、燃料粒径分布等技术指标作为燃料优选标准,并最终根据分析结果提出了燃料选用建议。

1 锅炉设备

某电厂 200 MW 循环流化床机组,锅炉为超高压、自然循环、一次中间再热、平衡通风、固态排渣的循环流化床汽包锅炉。锅炉主要设计参数见表 1。

作为煤矸石综合利用电厂,该厂煤种来源非常复杂,锅炉设计煤种及校核煤种包括老石旦矿、露天矿、公乌素矿、平沟矿的 4 种矸石和烟煤,其中设计煤种采用综合煤质、校核煤种采用混煤,具体情况见表 2,燃煤粒度要求如图 1 所示。锅炉 BMCR

工况下,设计煤种燃料消耗量 190.4 t/h,锅炉 ECR 工况下,设计煤种燃料消耗量 179.0 t/h。

表 1 锅炉主要设计参数

项目	锅炉最大连续出力 机组额定出力	
	BMCR	ECR
过热蒸汽流量/(t·h ⁻¹)	720	682
过热蒸汽出口压力/MPa	13.73	13.73
过热蒸汽出口温度/℃	540	540
再热蒸汽流量/(t·h ⁻¹)	584.1	554.9
再热蒸汽进口压力/MPa	2.72	2.58
再热蒸汽出口压力/MPa	2.54	2.40
再热蒸汽进口温度/℃	322	318
再热蒸汽出口温度/℃	540	540
给水温度/℃	257.4	254.2
排烟温度/℃	130	128
床温/℃	890	885

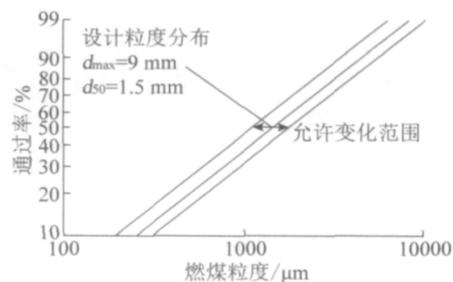


图 1 燃煤粒度要求

收稿日期:2011-08-19 责任编辑:孙淑君

基金项目:国家高技术研究发展计划(863计划)(2007AA051302)

作者简介:黄中(1983—),男,陕西西安人,工学硕士,工程师,主要从事循环流化床锅炉技术开发与现场服务工作。

表2 设计煤种及校核煤种参数

项目	设计煤种				设计综合煤质	校核煤种	
	老石旦矿	露天矿	公乌素矿	平沟矿		老石旦矿	露天矿
矸石和烟煤质量比	6: 4	6: 4	6: 4	6: 4		5: 5	7: 3
$M_t / \%$	约 2.84	约 3.68	约 3.7	约 3.18	3.32	约 2.84	约 3.68
$V_{daf} / \%$	36.72	41.87	42.35	38.77	37.80	35.50	43.51
$M_{ad} / \%$	0.438	0.412	0.632	0.44	0.482	0.45	0.417
$A_{ad} / \%$	48.19	53.24	53.056	51.284	51.27	45.27	56.82
$Q_{net, ad} / (kJ \cdot kg^{-1})$	12894	11498	11335	12115	12009	14644	9765
$\omega(C_{ad}) / \%$	38.51	33.52	34.08	34.76	35.38	41.53	29.92
$\omega(H_{ad}) / \%$	2.54	2.41	2.55	2.19	2.42	2.66	2.27
$\omega(O_{ad}) / \%$	8.68	7.11	6.62	5.29	6.95	8.68	7.11
$\omega(N_{ad}) / \%$	0.47	0.3	0.26	0.32	0.343	0.47	0.3
$\omega(S_{t, d}) / \%$	1.89	2.86	2.86	3.85	2.85	1.77	3.02

2 主要评价指标

2.1 燃料煤质指标

研究表明,燃料的种类及性质对锅炉燃烧设备选型、受热面布置、运行经济性和可靠性有很大影响。电厂锅炉都是在某一确定煤种条件下完成设计计算的,因此锅炉设备投产后应尽可能燃用设计时选用的燃料。在 GB/T 7562—2010《发电煤粉锅炉用煤技术条件》中,一般将发热量、挥发分、灰分、全水分、硫分等指标列为煤质评价指标^[1-2],这些评价指标对循环流化床锅炉的影响各不相同。

(1) 发热量

如果循环流化床锅炉燃用远低于设计煤种发热量的燃料,可能会降低密相区温度,影响燃烧;此外低热值燃料的折算灰分和折算水分相对较高,会改变炉内燃烧份额的分配、降低锅炉热效率。而燃用比设计煤种发热量高得多的燃料则会造成床温升高,有结焦风险。

(2) 挥发分

循环流化床锅炉燃用挥发分含量高、结构疏松的烟煤、褐煤和油页岩等燃料时,燃料受热容易分解释放挥发分,着火温度低、燃烧速率高;而燃用挥发分含量少、结构密实的无烟煤、石煤等燃料时,燃料内部挥发分不易析出,着火温度高、燃烧速率低、燃尽困难。由于不同等级煤种互换性较差,等级差距愈大燃烧差异愈明显,燃烧稳定性和经济性受到的影响也愈大。因此,实际燃用煤种的挥发分应尽可能接近设计煤种,否则只能通过调整一二次风配比来实现调节,但是这种调节手段一般效果有限,如果实际燃用煤种和设计煤种偏差过大,调整风配

比往往并不能取得预期的效果。

(3) 灰分

对于循环流化床锅炉而言,灰分的影响主要表现在:①加剧受热面的磨损,发生磨损爆管,影响锅炉安全运行;②增加灰渣物理热损失,迫使冷渣器和除尘器设备处于高出力运行状态;③飞灰沉积到受热面后会降低传热效果、影响锅炉效率。但另一方面,对于循环流化床锅炉,灰分也是锅炉正常运行时必不可少的一部分^[3],灰分是床层物料的主要来源,适当的灰分可以维持良好的循环。确定实际燃用煤种灰分要求时最好结合入炉燃料粒径、分离器效率、冷渣器及除尘器设备出力综合考虑。

(4) 硫分

虽然循环流化床锅炉可以通过向炉内添加石灰石控制SO₂排放,但从减少大气污染、降低锅炉设备腐蚀出发,实际燃用煤种的硫分应控制在较低水平,即优先选用低硫分煤种。

(5) 水分

煤中水分含量过高会使煤着火困难,降低炉膛温度,增加固体未完全燃烧热损失,同时使锅炉烟气体积增加,影响锅炉排烟热损失和引风机耗电^[4-5]。水分分为内在水分和外在水分,对于外在水分过高的煤种应设置干煤棚进行预干燥,否则随着外在水分的增加会影响到燃料的流动性,容易造成煤仓、输煤管路堵塞。

2.2 燃料粒径分布

循环流化床锅炉燃烧是一个复杂的过程,与煤粉锅炉不同,燃料粒径不仅会影响到锅炉经济性,还会对运行安全性产生影响^[8],主要是因为:①燃料粒径分布必须能保证维持正常的物料循环,即在

确定的流化速度下保证稀相区的燃烧份额,并形成足够的床料维持物料平衡;②燃料粒径分布应与燃料特性相适应,高挥发分燃料(如褐煤)粒径尺寸大一些,中低挥发分燃料(如烟煤)粒径尺寸小一些;③燃料粒径分布应当可控。

循环流化床锅炉最常见的问题是破碎机械破碎效果差,粗颗粒或细颗粒份额过多、中间颗粒份额偏少。由于不同粒径燃料的燃烧表现不同,燃料粒径分布对锅炉运行会有影响。

表3 煤样煤质质量标准划分

煤样来源	V	Q	A	M	S
银海二期中煤	V ₄ (中高)	Q ₃ (中)	A ₃ (中高)	M ₂ (中)	S ₃ (中)
银海三期中煤	V ₄ (中高)	Q ₃ (中)	A ₃ (中高)	M ₂ (中)	S ₃ (中)
老石旦中煤	V ₄ (中高)	Q ₃ (中)	A ₃ (中高)	M ₁ (低)	S ₃ (中)
老石旦低热值中煤	V ₃ (高)	Q ₅ (低)	(很高)	M ₁ (低)	S ₂ (低)
平沟中煤	V ₄ (中高)	Q ₃ (中)	A ₃ (中高)	M ₁ (低)	S ₁ (特低)
兴荣中煤	V ₄ (中高)	Q ₄ (中低)	A ₃ (中高)	M ₁ (低)	S ₁ (特低)
露天中煤	V ₄ (中高)	Q ₃ (中)	(很高)	M ₁ (低)	S ₃ (中)
公乌素中煤	V ₄ (中高)	Q ₂ (中高)	A ₃ (中高)	M ₁ (低)	S ₃ (中)
银海矸石	V ₃ (高)	(很低)	(很高)	M ₁ (低)	S ₄ (中高)
老石旦矸石	V ₃ (高)	(很低)	(很高)	M ₁ (低)	S ₄ (中高)
平沟矸石	V ₃ (高)	(很低)	(很高)	M ₁ (低)	S ₂ (低)
兴荣矸石	V ₃ (高)	(很低)	(很高)	M ₁ (低)	S ₄ (中高)
公乌素矸石	V ₃ (高)	(很低)	(很高)	M ₁ (低)	S ₃ (中)
露天矸石	V ₃ (高)	(很低)	(很高)	M ₁ (低)	(很高)

3.2 燃料粒径分析

由于燃料粒径对循环流化床锅炉影响显著^[6-7],对煤源进行了筛分,煤样粒径分析见图2。需要指出的是,由于煤源矸石未经充分破碎,粒径较大,因此筛分主要是对中煤进行的。

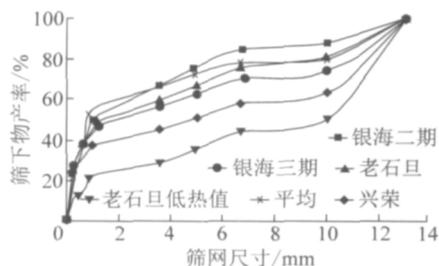


图2 粒径分析结果

由图2可知,不同煤源的筛下粒度分布差异比较显著,除兴荣矿中煤、老石旦矿低热值中煤和露天矿中煤中位粒径较高外,其它煤种的中位粒径在1~3 mm,几乎所有煤种都存在细颗粒(-1 mm)及粗颗粒(+10 mm)两级分化严重的问题,实际运行时一方面需要对粗颗粒进行破碎,另一方面还要避

3 煤质分析

3.1 煤质分析

根据电厂周边煤源分布选取煤源6处,煤样14个,委托电力工业发电用煤质量监督检验中心对这些煤样进行了分析。按照GB/T 7562—2010《发电煤粉锅炉用煤技术条件》对煤质进行了分类,结果见表3,由表3可以看出该电厂周边煤源差异较明显。

免细颗粒过分破碎,否则锅炉运行必然受到影响。

4 相关建议

4.1 燃料优选

煤样综合评价结果见表4,其中中煤方面,平沟矿中煤热值较高、硫分特低、灰分及挥发分指标较好,应当优先予以选用;银海矿二期中煤、银海矿三期中煤各项指标相对稳定可以单独使用;老石旦矿中煤、兴荣矿中煤可以与矿区矸石按照一定比例配煤使用,需要指出的是老石旦矿低热值中煤采样时视为中煤,但是性质接近矸石,可以与老石旦矿中煤配煤使用。其中对于粒径较粗的中煤(兴荣矿中煤)可以减少矸石添加量,对于粒径较细的中煤(老石旦矿中煤)可以增加矸石添加量,此外配煤时建议选择同一煤源的中煤及矸石,这样便于质量控制。

银海矿矸石、老石旦矿矸石、公乌素矿矸石、露天矿矸石的发热量均低于5000 kJ/kg,且灰分、硫分较高。添加这部分矸石作为燃料一方面会加重灰渣系统出力、增加锅炉磨损,另一方面对锅炉效率也有不利影响,故不建议采用。

表4 煤样综合评价结果

煤样来源	V	Q	A	S	粒径	综合评价
银海二期中煤	V ₄ (中高)	Q ₃ (中)	A ₃ (中高)	S ₃ (中)	偏细	单独使用
银海三期中煤	V ₄ (中高)	Q ₃ (中)	A ₃ (中高)	S ₃ (中)	合适	单独使用
老石旦中煤	V ₄ (中高)	Q ₃ (中)	A ₃ (中高)	S ₃ (中)	偏细	配煤使用
老石旦低热值中煤	V ₅ (高)	Q ₅ (低)	(很高)	S ₂ (低)	偏粗	配煤使用
平沟中煤	V ₄ (中高)	Q ₃ (中)	A ₃ (中高)	S ₁ (特低)	偏细	优先选用
兴荣中煤	V ₄ (中高)	Q ₄ (中低)	A ₃ (中高)	S ₁ (特低)	偏粗	配煤选用
露天中煤	V ₄ (中高)	Q ₃ (中)	(很高)	S ₃ (中)	合适	单独使用
公乌素中煤	V ₄ (中高)	Q ₂ (中高)	A ₃ (中高)	S ₃ (中)	偏粗	单独使用
银海矸石	V ₅ (高)	(很低)	(很高)	S ₄ (中高)	偏粗	不建议使用
老石旦矸石	V ₅ (高)	(很低)	(很高)	S ₄ (中高)	偏粗	不建议使用
平沟矸石	V ₅ (高)	(很低)	(很高)	S ₂ (低)	偏粗	配煤使用
兴荣矸石	V ₅ (高)	(很低)	(很高)	S ₄ (中高)	偏粗	配煤使用
公乌素矸石	V ₅ (高)	(很低)	(很高)	S ₃ (中)	偏粗	不建议使用
露天矸石	V ₅ (高)	(很低)	(很高)	(很高)	偏粗	不建议使用

根据锅炉厂设计煤种,燃料发热量为 12009 kJ/kg,灰分为 51.27%,挥发分为 37.8%,硫含量为 2.846%,结合电厂周边煤源情况,可以适当提高煤质水平,这样可以有效提高锅炉运行的安全经济性。

低燃料发热量、高灰分会增加给煤机、冷渣器出力,设备运行风险相应提高;高燃料发热量、低灰分可能会使床温升高偏离设计值,并进一步引起炉内受热面超温。因此,建议实际选用燃料 $Q_{\text{net,ar}}$ 为 (15050 ± 1250) kJ/kg, A_{ar} 为 $(45 \pm 5)\%$ 。

硫分高的煤种 SO_2 排放大,长期运行可能会增加炉内脱硫系统出力、引起尾部受热面腐蚀。结合电厂周边煤源情况,建议 S_{ar} 不大于 1.2%。

电厂周边煤源挥发分大多大于 30%、水分大多小于 10%(大部分为外水),考虑到运行需要 M_{ar} 不大于 8%、 V_{daf} 不小于 25%,需要指出的是煤源周边矿区还存在一些煤泥和洗中煤,这部分燃料水分含量高、粒度细,如果混煤时加入这种燃料容易出现输煤系统堵塞,必须严格控制。

粒径方面,锅炉厂要求入炉煤粒径 0~9 mm,中位粒径 1.5 mm,结合电厂周边煤源,建议经过破碎后的燃料最大粒径小于 13 mm,即入炉煤粒径 0~13 mm,中位粒径 (2 ± 0.5) mm。

4.2 燃料管理

除了进行燃料优选外,加强燃料管理也可以提高机组的安全经济性。研究表明,煤贮存期间发热量会随着时间的延长而降低,优质燃料每年贮存期间大约损失发热量的 1%,燃用煤种需要合理贮存,降低热损失。

电厂周围煤源中的中煤粒径较细,长距离运输

和露天存放时飞扬损失较大,应当采取合理的技术措施(运输遮蔽、防风抑尘墙等)进行控制。此外,虽然电厂当地气候干燥,但是个别季节会出现大范围降雨,针对此种情况需要采取一定的预防措施,预防燃煤水分上升造成堵煤。

5 结 论

电厂周边煤源差异比较明显,存在细颗粒(-1 mm)及粗颗粒(+10 mm)两级分化严重的问题。建议优先选用平沟矿中煤,同时可以将银海矿二期中煤、银海矿三期中煤单独使用,老石旦矿中煤、兴荣矿中煤可以与矿区矸石按照一定比例配煤使用。银海矿矸石、老石旦矿矸石、公乌素矿矸石、露天矿矸石的发热量低、灰分和硫分较高不建议选用。

参考文献:

- [1] GB/T 7562—2010 发电煤粉锅炉用煤技术条件[S].
- [2] 陈鹏. 中国煤炭性质、分类和利用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [3] 孙献斌, 黄中. 大型循环流化床锅炉技术与工程应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2009.
- [4] 安振东. 关于混煤的配煤探讨[J]. 洁净煤技术, 2008, 14(3): 98-100.
- [5] 张映玮, 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.
- [6] 曹子栋. 锅炉测试技术[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1995.
- [7] 孙学信. 燃煤锅炉燃烧试验技术与方法[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [8] 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(4): 55-57.

(下转第 80 页)

非离子表面活性剂 Tween20 的添加未对 MCMB 的结构产生不良影响,而 Tween20 的添加使得制备的 MCMB 及石墨 MCMB 均具有良好的分散性,从而保证了其作为制备锂电池负极材料的良好充放电性能。

参考文献:

[1] 杨俊和,金鸣林. 中间相炭微球(MCMB)的制备与应用[J]. 材料导报, 2001, 15(8): 51-53.
[2] 李同起,王成扬. 碳质中间相形成机理研究[J]. 新型

炭材料, 2005, 20(3): 278-285.

[3] 曾范义,付振明,尚尔超. 高粘度物料固液分离设备的开发[J]. 燃料与化工, 2004, 35(4): 29-30.
[4] 张琢,郑义,张继民,等. 离子型表面活性剂对煤沥青制 MCMB 分离行为的影响[J]. 洁净煤技术, 2008, 14(1): 43-44, 69.
[5] 张琢,崔秀文,公育红. 煤液化产品的中间相微观结构分析[J]. 洁净煤技术, 2004, 10(2): 53-57.
[6] 任呈强,李铁虎,孙效燕,等. 添加剂对煤沥青在喹啉不溶物滤饼中渗透性的影响[J]. 材料工程, 2006(2): 34-37.

Influence of Tween20 on preparation and separation of mesocarbon microbeads

ZHENG Yi, ZHANG Zhuo, LIU Xiao-rong

(Shanghai Institute of Technology, Shanghai, 201418, China)

Abstract: The analysis of mesocarbon microbeads (MCMB) surface appearance found that the sample AY aggregated more obviously than E4 which was added Tween20. It's difficult to separate the MCMB. In order to solve this problem, as well as lower product yield coefficient and higher production cost, study the influence of nonionic surface-active agent on separation efficiency, structure and properties of MCMB, which is made from coal tar pitch by polymerization process. The results show that: The influence of Tween20 on the final properties of MCMB is not bad. Added to extractant, Tween20 whose mass fraction is 0.1% can greatly improve the permeability of filter cake, shorten the filtration time, effectively improve the separation efficiency which is improved by nearly 25 percent. Meanwhile, the yield coefficient of MCMB is up to 23.3 percent. The addition of Tween20 contributes to the better dispersity of MCMB and MCMB graphite which ensures good charge and discharge performance of production as the lithium battery cathode materials.

Key words: MCMB; coal tar pitch; separation efficiency; separation yield coefficient; Tween20; charge and discharge performance

(上接第 46 页)

Coal optimal selection for CFB boiler

HUANG Zhong, XIAO Ping, JIANG Jian-zhong, SUN Xian-bin

(Huaneng Clean Energy Research Institute, Beijing, 100098, China)

Abstract: Test and analyze properties of coal which is designed to fuel 200 MW circulating fluidized bed boiler, investigate the coal resource around the plant. Taking the calorific value, volatile, ash, moisture, sulfur and coal particle size distribution as the main coal optimal selection standards, which could eventually guide the selection of fuel, also provide reference for the same type of CFB boiler.

Key words: CFB boiler; mixed coal; middlings; gangue; coal optimal selection