

高海拔地区大型循环流化床锅炉特性研究

张世鑫, 王鹏利, 高洪培, 韩 应, 赵鹏勃, 金森旺, 刘海峰, 刘 冬

(中国华能集团 清洁能源技术研究院有限公司, 北京 102209)

摘 要: 结合青海盐湖工业股份有限公司供热中心 4×480 t/h 循环流化床(CFB)锅炉的启动调试, 通过理论论证及实际应用, 对高海拔地区大型循环流化床锅炉特性进行研究, 解决了低气压地区流化床锅炉高负荷工况下频繁结焦问题。给出了流化床锅炉正常运行所要维持的流化风速范围, 明确了高海拔地区循环流化床锅炉流化风速计算应选用标态风量, 与低海拔地区一致, 使得此类技术具备实际可参考性及可操作性, 对解决同类型问题有一定的参考价值。

关键词: 高海拔; CFB 锅炉; 流化风速; 标态风量

中图分类号: TK227.1

文献标志码: A

文章编号: 1006-6772(2014)04-0087-03

Characteristics of large circulating fluidized-bed boiler in high altitude area

ZHANG Shixin, WANG Pengli, GAO Hongpei, HAN Ying, ZHAO Pengbo, JIN Senwang, LIU Haifeng, LIU Dong
(Huaneng Clean Energy Research Institute Co., Ltd., Beijing 102209, China)

Abstract: Based on the start debugging of 4×480 t/h circulating fluidized-bed(CFB) boiler in heating center of Qinghai Saline Lake Industrial Co., Ltd., through theoretical analysis and practical application, research the characteristics of large circulating fluidized-bed boiler in high altitude area. Resolve the coking problem of high load boiler. Point out the normal operation of fluidized-bed boiler to maintain the fluidization wind speed range. The calculation of fluidization wind speed should choose standard state air flow velocity in high altitude area, which is in accordance with the calculation in the low altitude. The technique has practical reference and operability.

Key words: high altitude; CFB boiler; fluidization velocity; standard state air

0 引 言

2013年1月31日,随着青海盐湖供热中心二期5号炉72+24 h的满负荷试运完成,标志着某锅炉厂生产的480 t/h循环流化床锅炉在海拔2680 m地区正式投入使用。本项目所在地察尔汗盐湖海拔高度2680 m左右,平均大气压力为73560 Pa。该地区干燥少雨多风,缺氧、气压低,紫外线辐射强,蒸发量大,属恶劣的高原气候。5号炉经多次带负荷试运,发现以下问题:锅炉低负荷($\sim 30\%$ BMCR)运行基本正常;高负荷工况下,易出现给煤口结焦问题,运行时间延长后,结焦情况恶化。通过对高原地区环境对锅炉运行和设备参数影响分析,研究高海拔地区大型循环流化床锅炉的特性,以期锅炉厂、设

计院进行高海拔地区循环流化床锅炉设计及辅机选型时提供参考。

1 低气压引起锅炉运行状态的变化

1) 低气压条件使燃煤挥发分析出,燃烧增强,密相区燃烧放热量有所增加,升温速度加快。对于燃用较高挥发分燃料的循环流化床锅炉而言,需考虑选用较高的流化速度和采取一定的防结焦措施^[1-2]。同时,较高的流化速度意味着较大的一次风量,一次风机选型要比同型锅炉在平原地区复杂。

2) 由于焦炭燃烧以扩散燃烧为主,高海拔地区低气压条件使焦炭燃尽时间延长,为保证燃烧效率,可选用较高的循环倍率或提高炉膛高度^[3]。

因此,锅炉设计除着重考虑燃料特性外,还应充

收稿日期: 2014-04-25; 责任编辑: 孙淑君 DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.2014.04.025

作者简介: 张世鑫(1983—),男,河南焦作人,工程师,从事循环流化床锅炉及清洁煤发电技术的研究等工作。E-mail: zhangshixin@hnceri.com

引用格式: 张世鑫,王鹏利,高洪培,等.高海拔地区大型循环流化床锅炉特性研究[J].洁净煤技术,2014,20(4):87-89.

ZHANG Shixin, WANG Pengli, GAO Hongpei et al. Characteristics of large circulating fluidized-bed boiler in high altitude area[J]. Clean Coal Technology, 2014, 20(4): 87-89.

分考虑高海拔地区低气压对锅炉燃烧、烟气速度、烟气量的影响,以保证锅炉在高海拔地区良好运行。

2 影响锅炉运行的主要因素

1) 流化风速。

$$V = \frac{F}{3600A} \times \frac{273.15 + t}{273.15}$$

式中: V 为流化风速, m/s ; F 为流化风量, 使用标态风量, m^3/h (标准状况下,下同); A 为布风板面积, m^2 ; t 为燃烧温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

锅炉结构尺寸及运行参数: 炉膛深度 7500 mm, 宽度 18100 mm, 布风板深度 3667 mm。锅炉设计满负荷流化风量为 $173000 \text{ m}^3/\text{h}$ ^[2], 目前最大风量为 $200000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。由此可算出布风板处流化风速为 $3.11 \sim 3.59 \text{ m/s}$ 。此风速相对于常规流化床锅炉设计来说, 布风板处风速较低 ($4 \sim 5 \text{ m/s}$)。

2) 煤质。设计燃料煤质分析如下:

$w(\text{C}_{\text{ar}})/\%$	58.13
$w(\text{H}_{\text{ar}})/\%$	3.33
$w(\text{O}_{\text{ar}})/\%$	9.97
$w(\text{N}_{\text{ar}})/\%$	0.79
$w(\text{S}_{\text{ar}})/\%$	0.78
$M_{\text{ar}}/\%$	16.70
$A_{\text{ar}}/\%$	10.30
$V_{\text{daf}}/\%$	33.09
$Q_{\text{net,ar}}/(\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1})$	21.10

实际燃料煤质分析如下:

$\text{FC}/\%$	34.91
可燃物/ $\%$	74.67
$w(\text{S}_{\text{t,ad}})/\%$	1.06
$M_{\text{t}}/\%$	10.50
$M_{\text{ad}}/\%$	9.34
$A_{\text{ad}}/\%$	25.33
$V_{\text{ad}}/\%$	30.42
$Q_{\text{net,ar}}/(\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1})$	19.11

从以上分析结果来看, 燃煤 $V_{\text{ad}} = 30.42\%$, $M_{\text{ad}} = 9.34\%$, $A_{\text{ad}} = 25.33\%$ 。

$$V_{\text{daf}} = \frac{100}{100 - M_{\text{ad}} - A_{\text{ad}}} V_{\text{ad}} \times 100\% = 46.56\%。$$

实际所用燃煤挥发分为 46.56% , 大于设计值 33.09% 。现有资料表明: 低气压条件使得燃煤挥发的析出燃烧增强, 密相区燃烧放热量有所增加, 密相区升温速度加快。需考虑选用较高的流化速度和采取一定的防结焦措施^[1]。

3) 燃料粒度。根据盐湖实际用煤化验分析结果, 实际给煤粒度偏大 (大于 11 mm 的颗粒份额占 10% 以上)。锅炉厂设计燃料颗粒范围: 最大粒径 $d_{\text{max}} = 9 \text{ mm}$, 中位径 $d_{50} = 1100 \mu\text{m}$ 。现有资料表明: 底料粒径对临界流化风量有决定性影响, 而料层厚度 L 的影响不大^[4], 如图 1 所示。由图 1 可知, 底料颗粒粒径大, 对应的临界流化风量大。料层厚度对临界流化风量影响不大。因此, 在不能改变燃料粒度情况下, 5 号炉运行需要更大的流化风量。

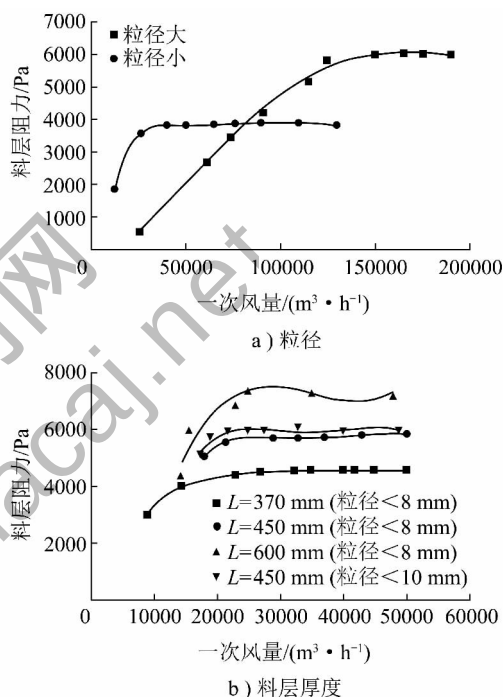


图 1 临界流化风量与粒度、料层厚度关系

4) 给煤口及测点高度。5 号炉给煤口及测点布置如图 2 所示, 5 号炉给煤口距离布风板高度为 815 mm, 在布风板四周均有凸台, 给煤口距离凸台仅 463 mm。凸台的存在会影响局部物料混合强度。同时, 因低气压条件使得燃煤挥发的析出燃烧增强, 密相区燃烧放热量有所增加, 故而给煤口附近温度易高于其他地方。

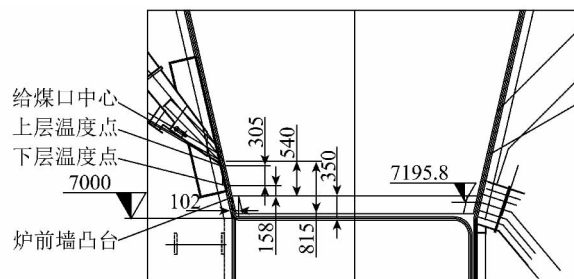


图 2 5 号炉给煤口及测点布置

5) 5 号炉结焦原因分析。①流化风速偏小, 且

现有条件无法增大运行流化风速;②地处高原地区,给煤口设置较低且燃煤挥发分较高;③给煤粒度偏大;④排渣口布置在后墙,而给煤布置在前墙且给煤口较低,若物料无法较好流化,则会影响炉内较大颗粒物料排出。

经过相关参建方探讨,以上原因②、③、④以现有条件暂时难以改变,故应从原因①着手,进行风道改造,以增大流化风量。

3 改造方案及应用效果

3.1 改造方案

风道改造方案为:将播煤风及床上燃烧风改为从二次热风引用,节约一次风。改造后流化风量可增加 $30000 \sim 40000 \text{ m}^3/\text{h}$,使流化风量可达 $230000 \sim 240000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。流化风速可达到 $4.13 \sim 4.31 \text{ m/s}$,理论上可以满足正常运行需要。同时,将流化风速显示在 DCS(Distributed Control System),方便运行人员操作参考。按此方案改造存在问题:①若不进行布风板改造,仅增加一次风量会引起布风板运行阻力增大,偏离原设计阻力,经济性变差;②布风板运行阻力增大,在控制正常料层厚度时,一次风系统压力会增大,一次风管道及膨胀节需加固,否则会存在安全隐患。

3.2 应用情况

风道改造后增加一次风量,引起布风板运行阻力增大,导致风道易损,影响经济效益。5号炉风道改造完毕后,风量参数见表1。

由表1可知,改造后流化风量最大可达到 $240000 \text{ m}^3/\text{h}$,理论上可以满足锅炉正常运行需要。

表1 海拔2680 m风道改造前后参数对比(实际值)

参数	改造前	改造后
炉膛温度/ $^{\circ}\text{C}$	900	900
满负荷一次风量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1})$	$173000 \sim 200000$	$220000 \sim 240000$
布风板深度/m	3.667	3.667
炉膛宽度/m	18.1	18.1
布风板面积/ m^2	66.45	66.45
密相区风速/ $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	$3.11 \sim 3.59$	$3.95 \sim 4.31$

风道改造后,盐湖5号锅炉于2013年1月31日顺利通过72+24 h满负荷试运,6号锅炉于2013年4月26日一次通过72+24 h满负荷试运。5号、6号锅炉投入生产运行以来,运行情况良好,未出现因结焦问题导致停炉情况。

3.3 改造效果

风道改造后,盐湖5号锅炉顺利通过72+24 h试运,6号锅炉一次通过72+24 h试运,节省了大量人力物力(焦块清理、床料添加)和燃料(天然气、燃煤);5号、6号锅炉投用后,二期化工项目即可开展吹管及试运工作,为一、二期化工项目的试运、生产提供了有力保障,为盐湖股份后续的业绩增长提供了基础;二期5号、6号锅炉的投运,缓解了供热中心一期锅炉的生产压力,为二期锅炉的大修工作提供了条件。总的来说,本研究结果带来的经济、社会效益较大,对解决同类工程项目的难点和关键技术问题有一定的参考价值。

4 结 论

- 1) 高海拔地区流化床锅炉流化风速应按标态风量计算,与低海拔地区一致;
- 2) 建议锅炉厂及设计院进行风机选型时,均按标态风量计,以免选型失误;
- 3) 考虑防止结焦及减缓磨损,循环流化床锅炉正常流化风速应控制在 $4 \sim 5 \text{ m/s}$ 。

参考文献:

- [1] 赵应团,杨昆民,何佩瑶,等.高海拔低气压对循环流化床锅炉燃烧的影响[J].云南电力技术,2002,30(2):17-19.
- [2] 杨坤民.高海拔条件下高水分褐煤燃烧的试验研究[J].云南电力技术,2001,29(2):1-4.
- [3] 何丽娟.浅谈高海拔低气压对循环流化床锅炉的影响[J].机械管理开发,2010,25(3):55-56.
- [4] 高洪培,王鹏利,张敏,等.大型循环流化床锅炉临界流化风量控制与燃烧优化调整[J].热力发电,2005,34(4):31-33.

(上接第57页)

- [3] 李健,姚君,吴磊,等.酚类新产品的研制和生产[J].鞍钢技术,2005(6):18-22.
- [4] 薛改凤,林立成.煤焦油净化处理的国内外发展[J].煤炭转化,1998,21(4):21-22.
- [5] Gerald Parkinson. Protest greets EPA's 15ppm sulfur rule for diesel oil[J]. Chemical Engineering, 2001, 108(1):44-46.
- [6] 刘巧霞.陕北中低温煤焦油中酚类化合物的提取研究[D].西安:西北大学,2010.
- [7] 高振楠,李文华.煤液化油中酚类化合物分布特征研究[J].煤炭转化,2010,33(2):27-30.
- [8] 毛学锋,高振楠,李文博,等.煤炭直接液化油中酚类化合物的GC/MS研究[J].煤炭学报,2009,34(9):1249-1253.
- [9] 史权,廖启玲,梁咏梅,等.GC/MS分析催化裂化柴油中的酚类化合物[J].质谱学报,1999,20(2):1-10.