

双支腿结构 CFB 锅炉长期低负荷运行的危险点分析及对策

陈驰东

(四川白马循环流化床示范电站有限责任公司, 四川 内江 641005)

摘要: 简要介绍了我国首台引进的 300 MW CFB 锅炉主要技术参数, 重点分析了双支腿锅炉在长期低负荷运行的危险点, 并提出了行之有效的解决办法, 值得国内同型锅炉运行借鉴。

关键词: CFB 锅炉; 双支腿结构; 低负荷运行; 二次风管超温

中图分类号: TK229.6*6

文献标志码: B

文章编号: 1007-1881(2011)05-0039-03

Analysis and Countermeasures of Dangerous Points for Long-term Operation of Double Supporting Leg CFB Boiler Under Low Load

CHEN Chi-dong

(Sichuan Baima Circulating Fluidized Bed Demonstration Power Station Co., Ltd,
Neijiang Sichuan 641005, China)

Abstract: This paper introduces the main technical parameters of the 300 MW circulating fluidized bed (CFB) boiler introduced for the first time in China and mainly analyzes the dangerous points of long-term operation of double supporting leg boiler under low load. The effective solution is proposed and it can serve as a reference for the operation of the domestic boilers of the same kind.

Key words: circulating fluidized bed boiler; double supporting leg structure; operation under low load; secondary air tube with overtemperature

我国现役的 300 MW 循环流化床(CFB)锅炉有 2 种类型, 一种是哈尔滨锅炉厂和上海锅炉厂引进法国 ALSTOM 技术生产的双支腿结构双炉室裤衩腿型, 另一种是东方锅炉厂引进美国 F.W. 技术生产的传统单炉室型, 二者除了炉室的不同外, 还有其它布置上的差别: 双支腿结构锅炉将低温和中温过热器、高温再热器布置在另外配置的外置式换热器(简称外置床)中, 简化了炉室与烟道内受热面布置结构, 4 个旋风分离器布置在两侧墙, 前后墙给煤、侧墙排渣都是对称布置; 而传统单炉室型没有外置式换热器, 中温过热器和高温再热器布置在炉膛中, 后墙有 3 个汽冷旋风分离器, 前墙给煤, 后墙排渣。

双支腿结构 CFB 锅炉的布置与传统单炉室锅炉不同, 运行操作也有所差异, 尤其是长期低

负荷运行时须加强监控。以四川白马 300 MW CFB 锅炉为例, 对双支腿结构 CFB 锅炉长期低负荷运行的危险点进行了分析, 并提出了相应的对策。

1 锅炉设备概况

四川白马循环流化床锅炉示范工程是国家“九五”期间以技贸结合方式引进大型循环流化床锅炉技术的依托工程。锅炉岛整套设备由法国 ALSTOM 公司总承包, 部分锅炉部件分包给国内厂家制造。300 MW CFB 锅炉为双支腿结构炉膛、一次中间再热、平衡通风、露天岛式布置、全钢架悬吊结构、亚临界自然循环汽包炉, 属于典型的双支腿结构循环流化床锅炉。

300 MW CFB 锅炉的双支腿炉膛结构如图 1,

炉膛下部一分为二,中间由2片膜式水冷壁隔开,炉膛下部为独立的双炉膛结构,由左右两个支腿组成,构成“人”字型结构。各支腿底部流化风室尺寸为3 958 mm×12 615 mm,左右支腿外侧于炉膛左右两侧齐平。各支腿的布风板下部为一次风箱,其高度约3.6 m,风箱外壁由水冷壁构成维护结构。在流化布风板上部约8.5 m高度上,两支腿合并形成一个15 051 mm×12 615 mm长方形炉膛,炉膛横截面积约190 m²。锅炉的主要性能参数见表1。

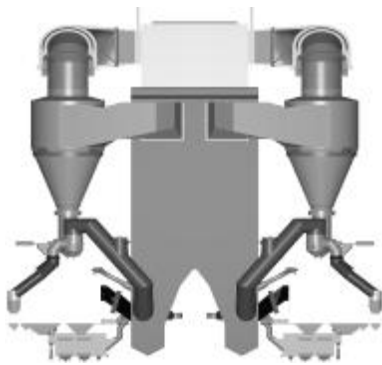


图1 白马300 MW CFB锅炉双支腿结构示意图

表1 白马300 MW CFB锅炉主要性能参数

参数	锅炉最大出力	锅炉额定出力
	工况(BMCR)	工况(BECR)
蒸发量/(t·h ⁻¹)	1 025	977
过热蒸汽压力/MPa	17.4	17.4
过热蒸汽温度/°C	540	540
再热蒸汽流量/(t·h ⁻¹)	844	807
再热蒸汽进/出口压力/MPa	3.9/3.7	3.716/3.536
再热蒸汽进/出口温度/°C	330/540	325.6/540
锅炉效率/%	≥91.79	-
锅炉最低不投油稳燃负荷/%	35%BMCR	-

两个支腿呈左右对称布置,连接在各支腿上的一次风、二次风及物料等接口也对称布置。一次风从支腿底部的流化风箱送入,通过均匀分布

在炉底布风板的流化风嘴将一次风均匀送入各支腿内,高速的流化一次风能很好地流化炉内床料,实现可燃物质与空气的充分混合。同时,在各支腿的不同高度,分别在其四周布置有上、下二次风口,锅炉循环物料料腿分别从前后墙的支腿上返回入炉膛内,石灰石和煤均直接送入旋风分离器下的各料腿中与循环灰混合后返回炉膛,各外置床内物料也从各支腿返回炉膛。锅炉的主要配风参数与风机配风参数见表2,3。

表3 一、二次风机配风参数

参数	风机设计值	最大连续出力工况
一次风机流量/(m ³ ·h ⁻¹)	300 831×2	209 000×2
一次风机出口压力/kPa	29.8	23.5
二次风机流量/(m ³ ·h ⁻¹)	309 954×2	213 625×2
二次风机出口压力/kPa	14.8	10.0

循环流化床锅炉的双支腿结构有利于炉内燃烧,对NO_x的排放也至关重要,是CFB锅炉最为关键的部件之一。采用双支腿设计的CFB锅炉实现了空气与床料的良好混合。采用同样的二次风压,由于双支腿的截面长和宽均大大减小,二次风能够很好穿透炉内物料,加强了炉内床料的扰动,反之,必须提高二次风压。

2 锅炉长期低负荷运行的危险点分析

2.1 低负荷翻床

翻床是指在运行过程中,由于锅炉下部采用的是双支腿结构形式,难以保证两支腿的阻力特性(含流化风嘴)完全相同,可能造成两侧支腿密相区的物料量不同,两支腿之间出现较大的床压差,使炉内床料在短时间内集聚在某一个支腿内,出现塌床,而另一个支腿几乎没有床料,出现吹空现象。当发生床料翻床时,最明显的是炉膛两支腿的床压波动频繁且波动幅度加大。根据

表2 CFB锅炉主要配风参数

参数	BMCR	BMCR	50%(BECR)	35%(BECR)
炉膛总风量/(m ³ ·h ⁻¹)	914 800	880 200	509 400	479 000
一次风(布风板处)/(m ³ ·h ⁻¹)	378 300	378 300	273 800	264 800
热二次风/(m ³ ·h ⁻¹)	398 540	363 940	97 640	76 240
一次风机出风压力/kPa	22.6	22.6	24.1	24.2
二次风机出风压力/kPa	11.6	11.6	11.6	11.6
流化风机出风压力/kPa	57.2	57.2	57.2	57.2

运行经验,如果失去平衡,两支腿床压差增大到不能承受地步,其中某一单床将出现吹空,而另一侧出现塌床,整个过程将在 2~3 min 完成,造成停炉事故。

导致双支腿结构 CFB 锅炉低负荷翻床的主要原因在于其特有的炉膛结构,在锅炉低负荷运行中,由于多种原因也可能造成翻床现象,主要有:

(1)长期低负荷运行时,石灰石大量投入或入炉煤粒度太细,导致炉内积累大量细床料,而细床料的流动性要远远大于粗床料,在两侧风量不均时造成翻床。

(2)锅炉上、下二次风配比不恰当,使床料吹向一侧。

(3)低负荷吹灰时负压波动,使一次风量变化过大。

2.2 二次风管超温

二次风为分段输入,有上下、内外之分,下二次风口在裤衩内侧及前后墙中下部位置,距布风板大约 2 m,与密相区中部床温测点基本齐平;上二次风口则在裤衩腿四周都有分布,距布风板大约 5 m,与密相区上部床温测点基本齐平。由于采用双支腿设计的 CFB 锅炉截面长和宽均大大减小,所以采用相对较低的二次风压,也能够很好地穿透炉内物料,实现炉内床料的扰动,但锅炉低负荷时易出现二次风管超温的现象。

锅炉高负荷运行时二次风流量大,二次风管道有足够的二次风量来冷却,不存在二次风管道超温的危险;锅炉低负荷运行时,二次风总风量较低,二次风管道超温的危险大大增加,分析其主要原因是:

(1)二次风流量过低,造成某根二次风管道超温。

(2)锅炉出现翻床,使高温床料进入二次风管。

(3)二次风压设定不合理。

2.3 外置床灰控阀卡涩或进灰不畅

由于双支腿结构的 CFB 锅炉将高温再热器布置在外置床中,高温灰经灰控阀进入外置床,再热汽温通过灰控阀的开度大小来进行调节。当锅炉低负荷运行时,由于外置床进灰量少,灰控阀开度小,可能因长期维持小开度、低灰量运

行,发生灰控阀卡涩或外置床进灰不畅现象,造成再热汽温降低甚至无法维持影响机组的安全经济运行。

3 有效对策

3.1 防止低负荷翻床

当锅炉长期低负荷运行时,运行人员应密切监视锅炉上部压差值,这一参数可以近似地反应炉内细床料量的情况。当入炉煤粒度较细或石灰石大量投入时,如果不及时采取措施,将在炉内积累大量细床料造成翻床。根据运行经验,当负荷 180 MW 以下时,锅炉上部压差 0.4~0.6 kPa 是安全值,如锅炉上部压差超过 0.6 kPa,就有翻床的危险,可及时采取相应措施:

(1)适当调整入炉煤粒度分布,使入炉煤粒度偏粗。

(2)开启锅炉排放细灰的电动门,控制锅炉上部压差在 0.4~0.6 kPa。

(3)根据 SO₂ 排放指标,控制石灰石加入量,必要时可适当调整石灰石粉粒度。

(4)适当减少底灰排放,提高锅炉运行床压,增加炉内粗床料比例。

(5)吹灰时可适当提高锅炉负压,防止吹灰过程中锅炉上部产生正压,引起锅炉风量大幅变动,造成锅炉翻床。

3.2 防止低负荷二次风管烧坏

锅炉低负荷运行时,二次风总风量较低、流速较慢,如某根二次风管道风量不足,与炉膛结合部会出现超温现象,严重时烧坏二次风管,造成二次风管垮塌事故。另外,如果锅炉发生低负荷翻床,二次风不能保证足够的风压,高温床料将可能进入二次风管内,造成二次风管超温。因此,保证锅炉二次风风量和风压是防止低负荷二次风管超温的有效手段,具体可采取以下措施:

(1)锅炉低负荷运行时,应保证二次风流量正常稳定,二次风压在 10 kPa 以上。在锅炉负荷波动或二次风门投自动且开度<15%时,可将二次风调门撤至手动,并调整二次风机出力,保证上、下二次风门档板开度均大于 15%,各侧二次风流量大于 100 000 m³/h。

(2)定期测量二次风管温度,发现温度异常,

(下转第 57 页)

(上接第 41 页)

及时增大二次风流量,降低风管温度。

(3)锅炉出现翻床时,增加二次风管的监控次数,并就地监视二次风管的晃动,发现晃动增大时及时进行调整。

(4)锅炉长期低负荷运行,一、二次风量较小、流速较慢,容易造成风量测点堵塞,影响一、二次风量调节,为保证风量测量的准确性,应定期吹扫一、二次风量测点,防止风量测点堵塞。

3.3 防止外置床进回灰不畅

为防止外置床灰控阀小开度卡涩,在减负荷前可根据主、再热汽温,将外置床灰控阀大范围活动 1~2 次,能有效避免外置床灰控阀卡涩。同时,应加强对外置床差压监视,当差压小于正常值(36 kPa)并出现灰控阀异常开大,两侧主、再热汽温偏差增大情况,就说明外置床灰控阀进灰不畅,此时将灰控阀锥头吹扫风切换为压缩空气进行疏通,同时大范围活动灰控阀,就能恢复外置床进灰,但处理时要做好突然大量来灰的事故预

想,并加强主、再热汽温的调整。

4 结语

根据四川白马 300 MW CFB 锅炉长期安全运行取得的成功经验,对双支腿结构锅炉长期低负荷运行的危险点进行了详细分析和总结,并提出了相关措施,对同类型锅炉低负荷的安全运行,降低和避免长期低负荷运行带来的安全威胁,有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 蒋茂庆,高洪培,邝伟,等.300 MW 循环流化床锅炉床料翻床原因分析及运行对策[J].热力发电,2007,36:127-129.

收稿日期:2011-1-20

作者简介:陈驰东(1975-),男,四川自贡人,工程师,从事发电厂锅炉运行技术管理工作。

(本文编辑:陆莹)