

# 300 MW 循环流化床锅炉烘炉技术

李 恩

四川省电力工业调整试验所, 四川成都 610016

**摘 要:** 四川白马循环流化床示范电站工程引进法国 ALSTOM 设计制造的、当时世界上最大的 1025T/h 常压循环流化床燃煤锅炉, 在国内尚无大型循环流化床锅炉烘炉经验的情况下, 通过参建单位的共同努力, 锅炉顺利完成锅炉工作, 为大型循环流化床锅炉的烘炉积累了大量实践经验。

**关键词:** 循环流化床锅炉; 耐火耐磨材料; 烘炉; 创新技术

**中图分类号:** TK229.6

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-9006(2008)04-0042-04

## Technology of Refractory Drying out for 300 MW CFB Boiler

LI En

(Commissioning & Test Institute of Sichuan Electric Power Industry, 610016, Chengdu, China)

**Abstract:** 300 MW CFB Boiler imported by Sichuan Baima CFB Demonstration Power Plant is designed and manufactured by ALSTOM France, which was once the biggest constant-pressure CFB 1 025 t/h boiler in the world. The boiler refractory drying out has been completed successfully without any former experience in China. This success accumulates some practical experience which is worthy to be learned in this aspect.

**Key words:** CFB; refractory; drying out; innovation

四川白马循环流化床示范电站是按照国家调整电力建设结构的要求, 为有效利用四川低质、高硫煤资源, 优化四川省电源结构, 根据环境保护的需要以及《中国洁净煤技术“九五”计划和2010年发展纲要》, 作为国家引进大型CFB锅炉技术及国产化的依托工程, 引进一台法国ALSTOM设计制造的、1 025 t/h的常压循环流化床锅炉。

白马工程2003年5月15日开工建设, 机组启动调试工作自2005年5月27日机组倒送电开始, 至2006年4月17日满负荷168小时试运完成, 历时325天。实现倒送电、锅炉烘炉、锅炉点火、锅炉吹管、汽机冲转、发电机并网、机组168小时满负荷试运“七个一次成功”; 完成分系统和整套试运调试项目共计121个, 实现调试项目完成率、验收率、评价优良率、热工保护投入率、热工仪表投入率、电气保护投入率、汽水品质合格率、石灰石投入及排放合格率“八个100%”; 热工自动装置投入率98%, 达到国际领

先水平; 机组最大轴承振动 $32\mu\text{m}$ , 发电机漏氢量 $0.02\text{ kPa/min}$ , 发电机漏氢率 $4.37\%/d$ 等机组经济指标均达到国内同类型机组的较高水平。

需要特别留意的是白马工程在移交商业运行后的一年多的时间里, 未发生一起因耐火材料脱落、垮塌等原因直接引发的非正常停运事故, 这对于循环流化床锅炉是非常困难的, 究其原因除与耐火材料的选型、施工等因素有关外, 还与耐火材料的烘炉好坏有着密切关系, 本文就白马工程的烘炉情况作一简介。

### 1 锅炉耐火材料分布及烘炉的难点

该锅炉在炉膛密相区、床下点火风道、旋风分离器、回料器、冷渣器、外置床、分离器进、出口烟道等区域都敷设了耐火耐磨材料, 总重量超过4 000 t, 多品种、多规格, 施工复杂、难度极大, 施工期近5个月。各类耐火耐磨材料大致分布见下表1。

收稿日期: 2008-04-11

作者简介: 李 恩(1966—), 男, 四川成都人, 高级工程师, 长期从事火力发电的科研工作, 曾任四川白马工程调试项目经理。



表1 锅炉耐火材料分布一览表

序号	部位	材料类型	厚度/mm
1	点火风道	耐火浇注料	150
2	水冷风室	绝热浇注料	138
3	炉膛密相区	低水泥耐腐浇注料	138
4	分离器入口	低水泥耐腐浇注料	150
5	分离器直段	重质耐火砖	150
6	分离器锥体	重质耐火砖	150
7	分离器出口	低水泥耐腐浇注料	150
8	回料器	低水泥耐腐浇注料	150
9	外置床	低水泥耐腐浇注料	150
10	冷渣器	低水泥耐腐浇注料	150

根据锅炉耐火耐磨材料的特点,其养护分为低中温和高温两个阶段,由于高温养护结合锅炉点火投煤进行,不需任何临时设施,相对而言,锅炉燃烧、温度比较容易控制;低、中温养护是耐火材料养护的关键,决定着耐火材料的使用寿命。按照耐火材料厂家提供的烘炉温升控制曲线,需要经历150℃、250℃、500℃三个恒温阶段,历时15天左右,而直接采用风道燃烧器的正式油枪或床枪,温升速度和恒温水平均无法满足耐火材料的温升控制要求,因此必须采用临时加热热源,烘炉机因其国内中、小型循环流化床锅炉烘炉中得到广泛应用,技术较成熟,而成为首选。由于当时尚无成功的烘炉经验可以借鉴,现场条件较差,给烘炉工作带来很大困难。主要难点表现在以下三个方面:

- (1) 烘炉机数量和接口位置的确定,及如何避免烘炉“死角”;
- (2) 烘炉机的控制;
- (3) 烘炉范围内有关设备的隔离、保护。

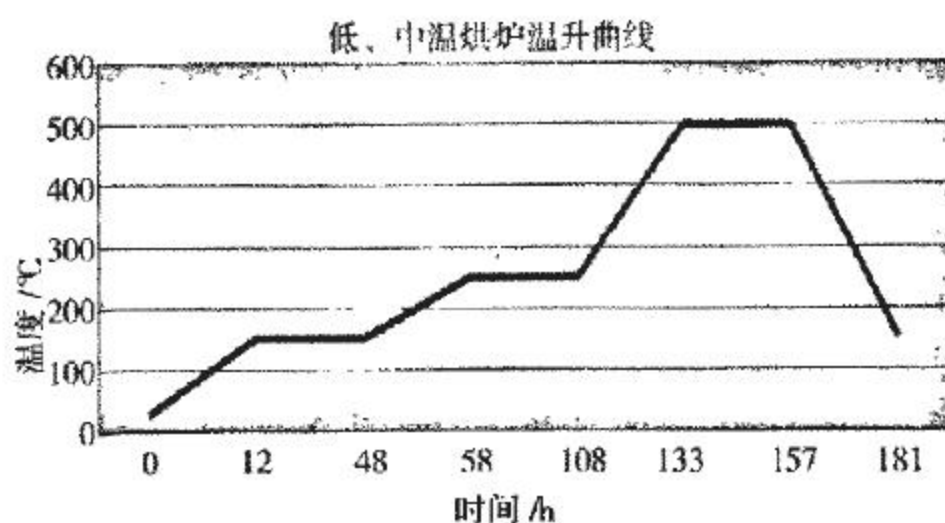


图1 烘炉温度控制曲线

## 2 烘炉方案的制定

### 2.1 烘炉机布置

#### 2.1.1 烘炉机数量的确定

根据炉内耐火材料的总数量及升温至500℃的温度要求,计算理论烘炉时需要输入的热量大约为80 000 kW/h。考虑到烘炉机油枪出力有100 kg/h、200 kg/h两种规格,因此烘炉时共需烘炉机46台。冷渣器因空间较小,采用4台小油枪外,其余均为出力200 kg/h的油枪。

烘炉机在布置时应尽量靠近被烘烤部位,楼梯平台无法布置时,搭设临时平台,以缩短热烟道长度;临时油母管、压缩空气母管从正式母管引出,从0米到分离器入口烟道平台,各烘炉机油、气支管,就近接至临时油、气母管;各烘炉机进口应装设隔离阀和压力表,通过金属软管接至各烘炉机;热烟道外表面用硅酸铝板保温,以防烫伤。

#### 2.1.2 烘炉机具体接入位置

(1) 点火风道:风道燃烧器暂不装,每侧点火风道的两个油枪口连接两台烘炉机,第三台烘炉机从人孔处接入;

(2) 炉膛:每侧炉膛后墙两个二次风口连接两台烘炉机,人孔连接两台烘炉机;

(3) 外置床:每台外置床分别从下部两个人孔(冷却室)接两台烘炉机,从空仓放灰管接一台烘炉机;

(4) 回料器:每台回料器从人孔连接两台烘炉机;

(5) 冷渣器:水冷管束在烘炉前不装,其位置用铁板封住,每台连接两台烘炉机;

(6) 分离器:每台分离器从入口烟道接两台烘炉机。

表2 烘炉机布置一览表

序号	养护部位	安装位置	数量	标高/mm	
1	分离器	进、出口人孔	2×4	8	36 000 \ 48 000
2	回料器	人孔	2×4	8	19 400
3	炉膛	人孔 二次风口	2×2 2×2	8	7 600
4	外置床	人孔、放灰管	3×4	12	7 600
5	冷渣器	人孔	1×4	4	500
6	点火风道	人孔、油枪口	2×3	6	1 500
7	共需烘炉机		46 (台)		



## 2.2 临时保护措施

采用烘炉机进行烘炉时, 锅炉风系统不启动, 为防止热烟气进入风系统, 引起非金属膨胀节、仪表、阀门等设备的损坏, 必须采取可靠的隔离措施, 具体如下:

(1) 点火风道: 在风道燃烧器与热一次风挡板之间耐火材料交界处, 装设角钢框架、硅酸铝板捆扎的临时隔墙, 高×宽约为4 m×3 m左右共2道墙, 防止热烟气烧坏一次风挡板。

(2) 炉膛: 其余二次风口用硅酸铝板封堵; 床枪暂不装用硅酸铝板封堵。

(3) 回料器: 用硅酸铝板封堵所有给煤口、石灰石给料口、床料加入口; 布风板上风帽用硅酸铝包牢后用铁丝扎紧。

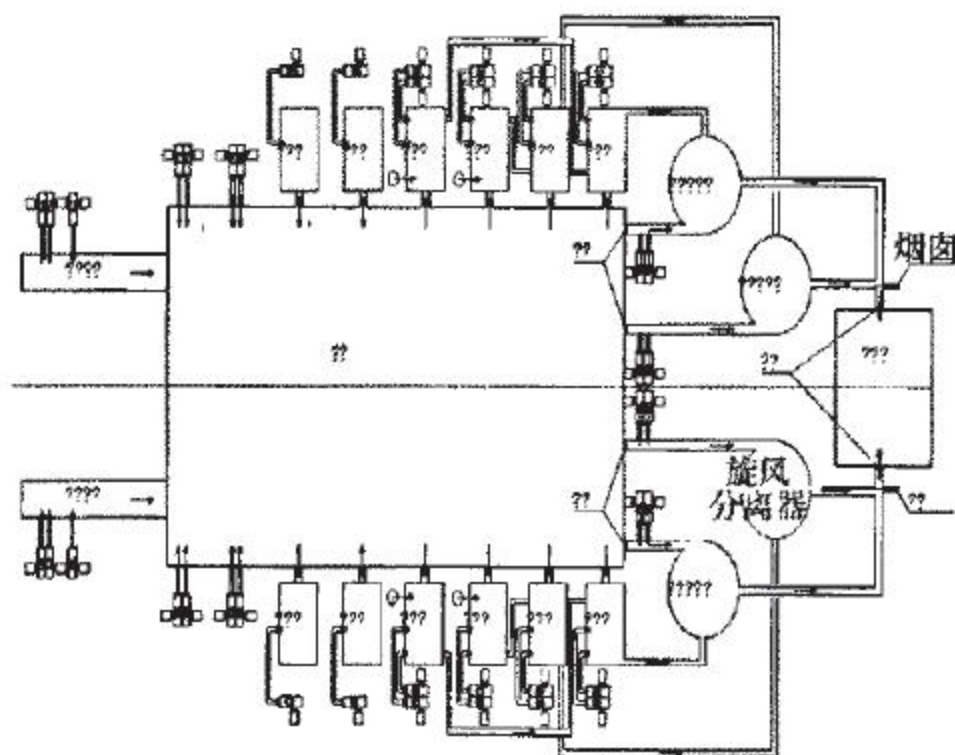


图2 烘炉机布置示意图

(4) 外置床: 用硅酸铝板封堵床料加入口(一次风吹扫口); 布风板上风帽用硅酸铝包牢后用铁丝扎紧; 换热管束用硅酸铝板包覆, 减少热量损失, 正对热烟气口的部位装铁板保护。

(5) 冷渣器: 布风板上风帽用硅酸铝包牢后用铁丝扎紧。

(6) 分离器: 在进口烟道装设临时隔墙, 隔墙上留有烟气压力平衡孔; 高×宽约为3.8 m×4.9 m左右, 共4道墙, 用于平衡通过炉膛的烟气量和通过回料器的烟气量。出口烟道出口装设临时隔墙, 高×宽约为4.35 m×11 m, 共2道墙。

(7) 所有在分离器、回料器和外置床上的充气管口, 用硅酸铝封堵并固定。

(8) 空预器: 在入口烟道上方开设临时烟气

排放口, 在空预器前用铁板封堵, 防止烟气进入空预器。

(9) 在分离器出口烟道上的人孔门处装设临时烟囱( $\phi 500 \times 5$ )(烟囱高度应以高温烟气不直接冲刷锅炉设备为原则而确定), 烟囱需配手动调节挡板左右各一, 共2个烟囱。

## 2.3 临时温度测点

为弥补锅炉正式温度测点少、加强有关部位的温度监视, 在有关烘烤部位增装热电偶; 临时温度点采用K型铠装热电偶作为测量元件, 通过临时数据采集系统, 接至控制室的温度巡检表集中监视。

表3 烘炉温度监视点

序号	部位	正式测点数	新增测点数	位置	共计
1	点火风道	4	6	风道端部、热烟气接口	10
2	炉膛	22	0	热烟气接口	22
3	分离器	8	4	锥体	12
4	外置床	8	6	热烟气接口	14
5	冷渣器	4	4	热烟气接口	8
6	回料器	4	4	回料口	8
7	共计	50	24		74

## 2.4 对系统的要求

为达到烘炉的温度要求, 烘炉后期必须提高锅炉压力(实际达到10 MPa), 相应提高炉水饱和温度, 减少炉水吸热, 减少热烟气的温降, 为此除有关耐火材料的施工、锅炉本体安装应完成外, 工业冷却水系统、压缩空气系统、除氧给水系统、旁路系统以及汽机顶轴、盘车等主要系统应具备投运条件。

## 2.5 创新点

### 2.5.1 烘炉烟气的排放

白马工程烘炉时, 采用了在分离器出口烟道和空预器前接临时烟囱的措施来排放烘炉烟气, 是循环流化床锅炉烘炉历史上的首次尝试, 由于准备充分, 特别是对临时烟囱的尺寸(通流截面积、高度)进行了反复核算, 并在临时烟囱上增设可调挡板, 使得烘炉时炉膛压力得到很好的控制。虽然采用这种方式来排放烘炉烟气带来很大的临时安装工作量, 但有两个非常的好处, 一是能够完全避免烟气中的未完全燃烧油粒污染空气预热器



和电除尘器。烘炉后期随着烘炉机出力的增大,烘炉机受本身体积的限制,燃烧不良,烟气带油严重,一旦这些烟气进入空预器、电除尘器,将造成大面积的严重污染,为机组今后运行带来种种弊端;二是能够有效防止未完全燃烧油粒在尾部烟道的二次燃烧,消除传统的、通过正式烟囱排放存在的火灾安全隐患。正是基于以上两点,采用烘炉烟气临时排放的措施是值得在循环流化床锅炉烘炉中大力推广的。

#### 2.5.2 外置床的烘烤

外置床在烘炉时非常特殊,其一是烘炉烟气流向与正常运行时的物流方向正好相反,其二是空仓容积小,耐火材料多、厚度大而又没有可供烘炉机接入的位置。从后期外置床的投运可知道,外置床投运时各仓温度上升得非常快,如果不能在烘炉时一次性达到烘炉要求,今后将严重影响耐火耐磨材料的使用寿命。通过现场的多次观察,大胆采用了从空仓布风板上放灰管接烘炉机的新思路、新工艺,从结果来看,效果非常理想。

### 3 烘炉进度及效果检查

锅炉于10月30日21:30点燃位于左侧点火风道的第一台烘炉机开始烘炉,至11月18日9:15停运所有烘炉机,完成烘炉工作,历时20天,共耗燃油580 t,期间完成锅炉酸洗后的最终钝化工作。

整个烘炉期间,通过控制母管油压和单个烘炉机的出力,温度控制合理、可靠,各部位温度升降基本按烘炉曲线进行,最大偏差不超过50℃,未出现温度突变的现象,点火风道、冷渣器、外置床、回料器温度达到500℃,炉膛下部温度达430℃,炉膛上部温度达330℃、分离器出口温度达440℃。烘炉结束后外观检查:各部位耐火耐磨材料未发现裂缝、变形、损坏和脱落等现象,最大裂纹不超过5 mm。

### 4 需要注意的事项

#### 4.1 临时电源

首先烘炉机临时电源应根据安装公司的安排接至指定位置,电缆布置应规范合理,防止烘炉过程中损坏;其次,临时电源应安全可靠,专线

专用,切忌与施工电源共用,以防烘炉过程中不必要的中断。46台烘炉机总功率接近2 000 kW,若接至一段电源上,一方面不安全,另一方面也难以找到合适的,因此在烘炉前,将烘炉机按区分成两片,一片接至施工电源,另一片接至锅炉除灰变。实际烘炉过程未发生因临时电源问题,引起烘炉中断的现象。

#### 4.2 临时排汽孔

是否需要开设临时排汽孔的问题,中方与ALSTOM进行了多次协商,最初ALSTOM认为不需开排汽孔,水汽可从浇注料表面排出并由烟气带走,后在中方的坚持下,同意在烘炉前开设少量排汽孔,观察排汽情况。在烘炉过程中,当温度在150℃后,已有大量水汽从排汽孔排出,而且发现外置床、冷渣器的下部放灰管有水渗出,因此从结果来看,开设数量足够的排汽孔是很有必要的。

#### 4.3 烘炉机热烟管

由于烘炉机热烟管采用普通碳钢,烘炉期间多次因温度高发生热烟管爆裂现象,引起局部火灾,因此建议热烟管采用不锈钢材料,防止类似事故发生。

#### 4.4 后期温度

烘炉后期点火风道、冷渣器、外置床、回料器温度达到500℃,炉膛下部温度达430℃,炉膛上部温度达330℃、分离器出口温度达440℃,与国内大量135 MW循环流化床锅炉烘炉情况基本一致:炉膛上部难以达到出力厂家的温度要求。要想进一步提高温度十分困难,事倍功半,建议在高温养护阶段予以弥补。

### 5 结语

300 MW循环流化床锅炉烘炉采用烘炉机是可行的,也是相对安全、合理的,特别是低温阶段温度控制非常方便、可靠。白马工程烘炉的成功,特别是在烘炉机数量的确定、接口位置的确定、低温阶段烘炉机的控制、相关系统的有效隔离、外置床的烘烤、烘炉烟气的排放等方面取得的宝贵经验,已经在云南开远、小龙潭、巡检司电厂得到了应用,并且还将在其它新建的大型CFB锅炉的烘炉中进一步推广。