

300 MW 循环流化床锅炉耐火材料施工及维护

袁 杰¹, 张文清²

(1 四川省电力工业调整试验所, 四川 成都 610072;

2 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: 主要介绍四川白马循环流化床示范电站工程 300 MW 循环流化床锅炉耐火材料使用情况, 包括耐火材料的选择、主要施工工艺、养护、运行及维护情况等。

关键词: 耐火材料; 循环流化床锅炉; 旋风分离器; 回料器; 外置床

Abstract: The usage of refractory materials of 300 MW circulating fluidized bed (CFB) boiler in Sichuan Baima 300MW CFB Demonstration Plant is mainly introduced including the selection of refractory material, the main installation technology, the operation and the maintenance of refractory material etc.

Key words: refractory material; circulating fluidized bed boiler; cyclone separator; loop seal; external bed

中图分类号: TK226 **文献标志码:** B **文章编号:** 1003-6954(2010)06-0077-04

四川白马循环流化床示范电站工程是根据国务院批准的《中国洁净煤技术“九五”计划和 2010 年发展纲要》大力发展洁净煤燃烧技术的要求, 采用技贸合作方式, 在引进大型循环流化床锅炉设计制造技术和系统设计技术的同时, 引进一台 300 MW 常压循环流化床 (以下简称 CFB) 锅炉建设的大型 CFB 洁净煤发电示范工程, 建设规模为 1×300 MW。锅炉为引进法国 ALSTOM 公司设计制造、目前世界上最大的 1 025 t/h 燃煤常压 CFB 锅炉, 配套东方汽轮机厂、东方电机厂生产的 300 MW 汽轮发电机组。工程于 2003 年 5 月正式开工, 2005 年 12 月 30 日首次并网发电, 2006 年 4 月 17 日通过 168 h 满负荷试运后正式投入商业运行, 同年 7 月 24 日按照中法双方签订的《锅炉设备供货合同》完成 336 h 满负荷运行考核。

1 耐火材料的设计选型

由于大型 CFB 锅炉采用在较低燃烧温度下循环燃烧的独特燃烧组织方式, 使其具有燃烧效率高、燃煤适应性广、调峰幅度大、脱硫效率高等很多优点, 也由于这种循环燃烧方式有大量的循环物料 (主要为辅助床料、煤、灰及脱硫用石灰石等的混合物) 在炉膛、旋风分离器、回料器、外置床及各种灰道中不断循环, 这些部位将承受高速度、高浓度不断循环的高温灰流的冲刷和磨损, 因此为保证大型循环流化床锅炉

长期、安全、稳定运行, 在以上部位均设计覆盖有一定厚度的耐火材料。耐火材料运行的好坏直接关系到锅炉运行的好坏, 一旦耐火材料在运行中出现大面积损坏、脱落, 将导致锅炉被迫停运, 所以耐火材料对循环流化床锅炉来讲是至关重要的关键部件之一。

为降低工程造价, 同时又能保证 CFB 锅炉的安全运行, 耐火材料的设计和选型是至关重要的。白马 300 MW 循环流化床锅炉耐火材料由 ALSTOM 公司设计选型并供货。由于四川白马示范工程进口 300 MW CFB 锅炉是目前世界上容量最大的燃煤常压 CFB 锅炉, 其结构复杂, 耐火材料的设计相对也复杂, 使用种类繁多。整个锅炉使用的耐火材料接近 5 000 t 涉及耐火、保温材料的种类较多, 总计 20 多种材料, 每种材料又有多种规格。耐火浇注料、耐火砖主要由辽宁奥美耐火材料有限公司、四川青龙耐火材料有限公司及河北天达耐火材料有限公司供货, 仅少量特殊区域使用的耐火砖和耐火材料从欧洲进口。耐火材料主要安装在锅炉磨损严重的区域, 如旋风分离器、回料器、外置床、底灰冷却器、炉膛以及相关的进出口烟道、灰道等部位。各个部位设计使用的耐火材料主要结构如下。

(1) 旋风分离器

旋风分离器锥段、直段耐火材料设计采用 3 层结构, 第一层为轻质保温砖; 第二层为绝热耐火砖; 第三层根据运行工况分别采用一般重质耐火砖或特种耐

火砖,厚度 350~400 mm;旋风分离器顶部采用耐火喷涂料,厚度 350 mm,见图 1。

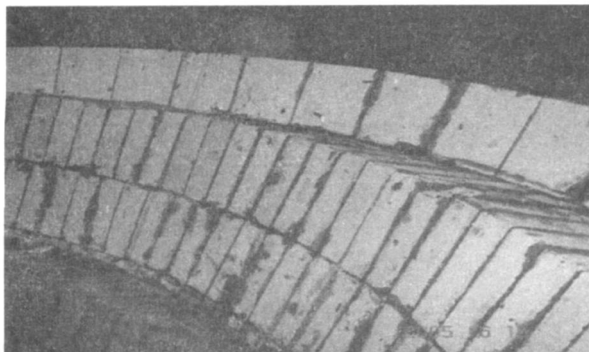


图 1 旋风分离器耐火材料结构

(2) 回料器

回料器耐火材料设计采用 3 层结构,第一层为绝热耐火砖;第二层为超轻质浇注料;第三层为熔硅基质低水泥浇注料,厚度 430 mm。

(3) 炉膛

炉膛耐火材料设计采用 1 层结构,为重质耐火浇注料,厚度约 100 mm,见图 2。



图 2 炉膛耐火材料结构

(4) 外置床

外置床耐火材料设计采用 2 层结构,第一层为绝热耐火砖;第二层为熔硅基质低水泥浇注料,厚度 300~380 mm,见图 3。



图 3 外置床耐火材料结构

(5) 底灰冷却器

底灰冷却器耐火材料设计采用 2 层结构,第一层为绝热耐火砖;第二层根据使用部位分别采用喷涂料或熔硅基质低水泥浇注料,厚度 200~415 mm;目前底灰冷却器已经换型为青岛松灵环保有限公司生产的滚筒式冷渣器。

2 耐火材料的主要施工工艺

大型 CFB 锅炉耐火材料的施工工艺对质量影响很大,其施工主要注意以下几点。

(1) 施工前耐火材料的储存。耐火材料应储存在干燥和通风良好的环境中,注意监测环境温度和湿度。耐火浇注料的有效期一般为 6 个月,使用前应进行检查,看是否超过保质期及是否有受潮结块现象,检查合格后方可使用。

(2) 耐火材料安装开始之前,钢板内表面必须清理干净。

(3) 焊接不锈钢抓丁前,安装抓丁的钢板必须将油漆、铁锈打磨掉,抓丁两侧进行对称焊接,确保焊接后焊缝不出现裂纹,然后按照规定采用一定重量的榔头逐个敲击检查。见图 4。

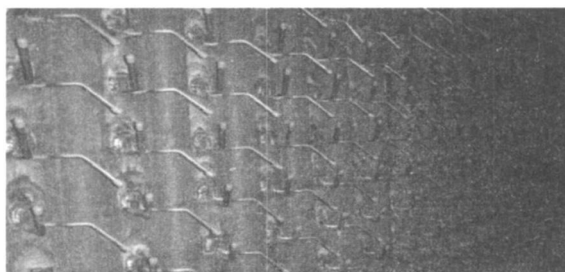


图 4 完成焊接后的不锈钢抓丁

(4) 检查所有抓丁端头是否都带有塑料套,如果没有则自抓丁端头起,至少应刷上 12 mm 长的防腐沥青,确保运行中不锈钢抓丁和耐火材料的自由膨胀。

(5) 耐火材料浇注时必须使用满足要求的水,最好为可饮用水,对水的 P_H 值、硫酸根、磷酸根及氯离子等的含量均应进行化验,检查是否满足使用要求。

(6) 施工现场温度对耐火材料的浇注有很大的影响,浇注过程中必须随时检查记录水温、耐火材料温度,最理想的施工温度为 15~25℃。如果在冬天进行施工,当温度低于 10℃ 时,最好不要进行施工,如果必须施工,应进行加热。反之如果在夏天进行施工,当温度高于 40℃,最好不要进行施工,如果必须施工,应采取加冰块进行降温,确保耐火材料浇注后的使用性能。

(7) 必须使用强力强制搅拌机进行耐火材料浇注前的搅拌,搅拌机叶片与机壳之间的间隙最好控制在 2 mm。连续施工时,每次搅拌,都必须将机器内余料清除干净,搅拌不同的材料前要认真清理搅拌机。

搅拌方法:将要搅拌的全部浇注料倒入搅拌机,开机进行干搅拌,预混合 1 min,然后按照耐火材料生产厂家要求的加水量,先加入 $2/3$ 的水,待浇注料混合层颜色一致后加入其余水,混合 6 min 即可。在搅拌过程中,反复用“手球法”检查加水量是否合适。

(8)浇注时应注意:①混合好的浇注料在 20~30 min 内要浇注完毕;②浇注时要尽量避免浇注料分层;③填满所有空隙,特别是抓丁附近和角落处,并消除所有气泡;④应连续浇注不得中断,采用振动棒进行振动浇注。

(9)浇注前应检查是否按照图纸要求设置好了工作缝和膨胀缝,模板是否按照要求大小进行架设,固定是否牢固。

(10)耐火材料浇注时应同时按照浇注区域进行取样,制作试样块。

(11)耐火材料浇注完成的质量验收:浇注完成后一般 24 h 后可以拆除模板,拆模后首先检查耐火材料表面是否平整、是否存在超标气孔、与相邻耐火材料块厚度是否一致等,然后采用一定重量的榔头敲击检查内部是否存在空洞,不满足质量要求的必须打掉重新浇注。

3 耐火材料的养护

锅炉耐火材料施工完成,模板拆除后,首先采用自然通风养护。但是由于耐火材料内部含有大量的水分,必须通过阶段加热升温、恒温烘烤,除去耐火材料衬层中的外在和内在水分,并使其形成陶瓷性粘结,达到锅炉正常运行要求的物理、机械性能。

目前大型 CFB 锅炉耐火材料的养护一般委托专业的烘炉公司采用数台烘炉机进行烘烤。耐火材料养护一般分为中低温和中高温养护两个阶段,严格按照耐火材料供应商和锅炉制造厂提供的耐火材料养护曲线进行。白马 300 MW 循环流化床锅炉耐火材料养护低、中温烘炉温升曲线见图 5。

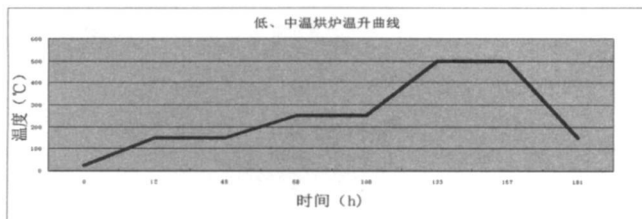


图 5 低、中温烘炉温升曲线

4 耐火材料的运行

为保证耐火材料的使用寿命,确保锅炉安全运行,在运行中主要应注意以下几点:①运行中严格按照耐火材料生产厂家及锅炉制造厂提供的升、降温幅度限制进行,特别在锅炉冷态启动过程中,在 600°C 以内的升温速度控制尤其重要;②注意防止运行中床温频繁的大幅波动;③锅炉承压部件泄漏对耐火材料影响较大,运行中应尽量减少承压部件的泄漏次数。

5 耐火材料的维护

在循环流化床锅炉正常运行中,随着负荷的变化、温度的升降,耐火材料也随之不断地膨胀和收缩,加之高速、高温的循环灰的不断冲刷,耐火材料表面会出现较多的裂纹,膨胀缝内由于灰的进入也会导致耐火材料膨胀受阻边缘出现脱落等,因此为保证循环流化床锅炉的长期、安全运行,一旦有停炉机会时应应对耐火材料进行全面的检查和维护。

(1)对耐火材料区域全面清除积灰,搭设牢固的脚手架。

(2)检查耐火材料的裂纹、脱落和磨损情况,同时采用榔头进行敲击检查,对磨损超标、裂纹超标、脱落严重、内部出现空洞起层的耐火材料进行更换,更换方法同安装工艺一样。

(3)检查各膨胀缝内硅酸铝纤维毡的填充情况,对已经脱落和变形严重的重新进行填充,填充完成后可以采用耐火胶泥在膨胀缝表面涂一层。

6 实际使用效果

四川白马 300 MW CFB 锅炉耐火材料在设计、施工、养护、运行及维护方面均严格按照上述方法进行全过程控制,严把质量关,经过这一年多的实际运行来看,锅炉各部位耐火材料完好,无脱落,充分说明上述方法对大型循环流化床锅炉耐火材料的选型、施工、运行、维护是完全可行的。图 6~8 为运行一年后的耐火材料图片。

总之,大型 CFB 锅炉耐火材料是否能够很好的使用取决于多方面因素,必须坚持对耐火材料质量全过程控制的原则,精心设计,并严格按照设计要求选

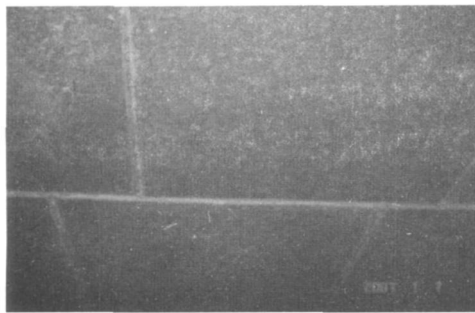


图 6 运行一年后炉膛上部耐火材料

择生产质量好的耐火材料厂家的产品,严格按照耐火材料的施工工艺及生产厂家的技术要求进行施工、浇注,严格按照耐火材料的生产厂家提供的养护曲线完成耐火材料的养护,在锅炉正常启动、停炉及负荷变化过程中,严格按照耐火材料的生产厂家提供的升温、降温速度控制锅炉的升温、降温速度,只有从设计

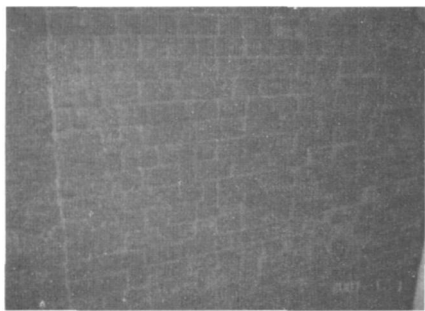


图 7 运行一年后分离器入口耐火材料

(上接第 35 页)

数据备份与恢复、基础参数设置、接口管理等子功能模块。其中基础参数设置模块负责设置采集参数类型、采集点、采集周期、统计指标等,接口管理为外部系统提供开放的数据接口,便于功能扩展。

5 结论和展望

电力系统无功潮流分布是否合理,不仅关系到电力系统向电力用户提供电能质量的优劣,而且还直接影响电网自身运行的安全性和经济性,这在与用户直接相关的配电网中显得尤为重要。由于电网容量的增加,对电网无功要求也与日俱增,若无功电源容量不足,系统运行电压将难以保证。此外,网络的功率因数和电压的降低将使电气设备得不到充分利用,降低了网络传输能力,并引起损耗增加。

进行配电网的区域无功优化研究,合理选择无功补偿点以及补偿容量,通过新的技术手段和科学的计算方法,在全网范围内实现全局无功补偿,对当前的

到使用全过程进行了有效的质量控制,大型 CFB 锅炉耐火材料的寿命和性能才能得到保证,也才能保证 CFB 锅炉的正常运行。

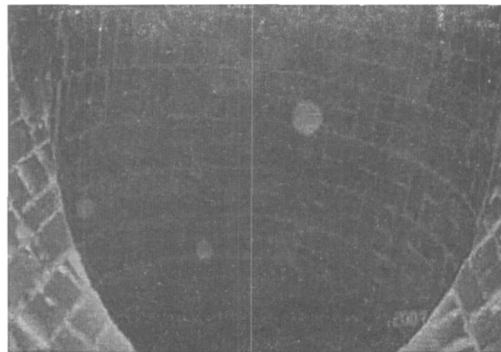


图 8 运行一年后回料器耐火材料

参考文献

[1] 法国阿尔斯通提供的循环流化床锅炉运行与维护手册 [Z]

作者简介:

袁 杰 (1968), 男, 四川宜宾人, 工程师, 四川省电力工业调整试验所四川通能电力科技有限公司开发部副经理, 从事循环流化床机组的调试、测试和新技术研发等工作。

张文清 (1969), 男, 四川成都人, 工学学士, 高级工程师, 四川白马循环流化床示范电站有限责任公司生技部主任, 从事 300 MW 循环流化床机组技术管理工作。

(收稿日期: 2010-09-13)

电网企业具有重要的现实意义:一是能够有效地维持系统的电压水平,增强系统的电压稳定性,提升电网企业的服务水平;二是解决好配电网无功补偿的问题,有效避免大量无功的远距离传输,降低线损,增加售电量,提高电网企业的经营效益。

参考文献

[1] 许苑, 王科. 电力系统无功优化综述 [J]. 机电信息, 2010(18): 153-154.

[2] 王淳, 程浩忠, 陈昱. 配电网动态无功补偿的整体优化算法 [J]. 电工技术学报, 2008, 23(2): 109-114.

[3] 杨丽徙, 丁荣刚, 王西训. 工业企业配电网无功电源的两阶段优化规划 [J]. 电力系统及其自动化学报, 2010, 22(2): 32-36.

[4] 李忠诚. 地区电网电压无功优化运行控制系统的应用研究 [D]. 硕士学位论文, 山东大学, 2007.

[5] 孙宏斌. 电力系统全局无功优化控制的研究 [D]. 博士学位论文, 北京:清华大学, 1996.

[6] 兰强, 方勇杰, 鲍颜红, 等. 基于 EEAC 的考虑暂态安全稳定约束的最优潮流计算 [J]. 电力系统自动化, 2010, 4, 34(8): 34-38.

(收稿日期: 2010-10-20)