

440t/h超高压再热CFB锅炉强化防磨的必要性及防磨技术特点

张全胜 (郑东新区热电厂, 郑州 450051)

【摘要】论述国产440t/h超高压再热CFB锅炉某些区域强化防磨的必要性和优选防磨技术

【关键词】CFB锅炉 强化防磨

自从1995年12月国内第一座410t/h高温高压循环流化床(CFB)锅炉示范电站在四川内江高坝发电厂成功投运以来,先后有百余台国产410—450t/h高温高压或440—480t/h超高压再热CFB锅炉(上海锅炉厂、东方锅炉厂、哈尔滨锅炉厂各有三、四十余台)在五十多个发电厂相继订货、安装并少量投运。通过对我国已投产130—460t/h CFB锅炉运行情况的多项调研发现,CFB锅炉目前仍存在设备磨损严重、防磨措施不力的问题,由于磨损造成的事故接近事故停炉总数的50%。受热面管子磨损爆管已是被迫停炉的主要原因之一。

大量早期投运的循环流化床锅炉曾经由于防磨措施设置不当而造成锅炉的频繁磨损爆管,直接影响了锅炉的长期、安全、稳定运行。因此对锅炉制造厂没有做防磨措施的某些区域必须引起特别的重视。锅炉制造厂主要设计耐磨耐火材料覆盖层使用在锅炉下部密相区的四周水冷壁、炉膛上部烟气出口附近的侧墙和顶棚、炉膛开孔区域、炉膛内屏式受热面之下部迎风面、水冷分隔墙下部、回料阀及立管、冷渣器内壁及隔墙等处;均采用密焊销钉加耐磨耐火材料的防磨结构,耐磨耐火材料终结处附近一小段区域内(100—150mm)的管子表面焊有防磨盖板。大量早期投运的CFB锅炉的实际运行证明恰是在锅炉制造厂设计的耐磨材料终结处以上一定高度区域发生受热面管子磨损爆管的几率最大。所以对炉内磨损严重的受热面有必要在安装施工现场进行强化防磨处理。国产440t/h级超高压再热CFB锅炉沿炉膛高度方向锅炉制造厂设计的耐磨材料终结处以上0.8—1.5米高度区域,以及炉膛上部屏再、屏过锅炉制造厂设计的浇注料终结处以上1—2米高度区域和安装焊缝上下300mm区域皆属需重点实施强化防磨的区域。强化防磨需由用户在产品安装现场安排实施。经调研,国内已经投产的130t/h—440t/h级CFB锅炉大多在上述区域内发生过受热面管子的磨损泄露。每次受热面管子的磨损泄露至少需停炉5—8天才能修复,直接和间接经济损失很大。若投产后发生受热面管子多次磨损泄露才进行防磨施工,停炉冷却时间加上施工工期总约需20天以上,则直接和间接经济损失更大。所以新建440t/h级超高压再热CFB锅炉在安装时应对

沿炉膛高度方向锅炉制造厂设计的耐磨材料终结处以上 0.8—1.5 米高度区域，以及炉膛上部屏再、屏过锅炉制造厂设计的浇注料终结处以上 1—2 米高度区域和安装焊缝上下 300mm 区域重点实施强化防磨。对这些受热面实施防磨的技术主要有以下几种：

一、超音速电弧喷涂防磨技术

超音速电弧防磨喷涂是目前国际上较先进的喷涂施工方法。涂层材料早先采用复合涂层，用高铬镍基钛合金材料打底形成过渡涂层，在打底层上面再喷涂上一层高耐磨的金属陶瓷涂层；分别均匀喷涂4遍，使涂层厚度达到0.8~1mm以上，涂层不得出现凸台，边沿需平滑过度。国内公司已成功研制出耐磨性能更好的LX88A超硬耐磨电弧喷涂材料，LX88A就是针对在高温环境中经受严重颗粒冲蚀和磨粒磨损兼有的工作表面，并采用电弧喷涂工艺进行有效强化而设计制造的喷涂材料；在材料设计上，吸取了国外先进技术，并首次将团聚法纳入制粉工艺，保证了涂层的均质性，克服了粉芯分布不均的老问题；该材料由陶瓷硬质相与塑性相组成，耐磨性优异。月磨损量约为0.02—0.03mm，按此估算，该涂层可在循环流化床（CFB）锅炉内经受1.5—2.5年（或2.5—3.5年日历年）的运行磨损。电弧喷涂具有喷涂速度快、涂层化学成分和硬质相含量易调整、沉积效率高，尤其适宜于现场的大面积耐磨部件施工因而有广阔的工程应用前景。电弧喷涂法以高温电弧为热源，将熔化了的特殊金属丝材用高速气流雾化，并喷射到工件表面形成涂层。涂层中硬质相的形成是采用预先加入一定数量硬质相粉末的管状丝材作为原材料。管状丝材即中间填充了硬质相粉末和其它添加剂的金属丝材，把复合陶瓷材料装入管内进行电弧喷涂，从而得到含部分陶瓷相的涂层。可用于高温防磨，特别是冲蚀较为严重的零部件，如锅炉受热面管壁、风机叶片等。另外，该涂层材料的热膨胀系数与普通低碳钢和低合金钢的热膨胀系数接近，可避免在热循环过程中由热应力造成的涂层剥落。该涂层材料适用于燃煤电厂锅炉水冷壁、过热器、再热器及省煤器管子的高温腐蚀及冲刷防护。

施工工艺简介如下：

1、喷砂除锈

对施工部位全面细致地除锈和表面粗化。喷砂材料选用质地坚硬且有棱角的粒径在 1.0—4.0mm 的石英砂、刚玉砂、冷硬铸铁等，杂质含量低于 5%，含水量小于 1%。用喷（抛）射磨料的方式彻底地清除氧化皮、锈、旧涂层及其它污物。经清理后，钢表面上几乎没有肉眼可见的油、油脂、灰土、氧化皮、锈、旧涂层，仅留有均匀分布的由锈斑、氧化皮斑点或旧涂层斑点造成的轻微痕迹。喷砂作业完成后，要从上到下逐层吹

扫并清理干净水冷壁上的砂子和粉尘。喷砂后的表面不得受潮、氧化及污染，应尽快喷涂。

2、制作 1~3 件喷涂试件，经检验合格后正式喷涂。

3、喷砂与喷涂应每 10m² 间隔循环进行。喷砂除锈粗化后，应立即进行喷涂。喷涂应分 5—6 次（遍）完成。喷涂三遍后，涂层厚度应当达到 0.3~0.35mm，喷涂 8-10 遍后，涂层厚度应当达到 0.8~1mm(涂层边缘除外)。

4、喷涂涂层质量要求

目测喷涂涂层表面是最简单的控制其生产质量的方法，施工完的喷涂涂层表面用肉眼看应均匀光滑，应无麻面、起皮、开裂、脱落等现象(边缘处除外)。而理化指标则需用仪器检测。

主要理化指标

- 喷涂涂层厚度： 0.4~0.5mm
- 涂层的空隙率： <2%
- 涂层的洛氏硬度 HRC： ≥45
- 涂层的结合强度： ≥50MPa
- 涂层的氧化层： <15%

二、超音速火焰(HVOF)喷涂防腐技术

循环流化床锅炉某些部位磨损极为严重，当今较佳的防腐技术方案是采用超音速火焰(HVOF)喷涂高耐磨的涂层，但该法存在成本高，现场作业不便，粉末消耗量大(沉积效率低)，对粉末要求苛刻等问题。上述LX88A超硬耐磨电弧喷涂材料及超音速电弧防腐喷涂比较经济实用，得到了广泛应用，大有取代超音速火焰喷涂之势。

三、∠形高铝高耐磨瓦防腐技术

高铝高耐磨砖系列材料均以高硬度磨料超细粉为基质料，外加分散剂、促凝剂及微量水泥强化结合，以获得材料的永固性强度，提高在高温下的抗磨抗剥落性能。∠形高铝高耐磨瓦是为锅炉水冷壁管防腐而设计的特殊形状耐磨砖，长度 200—300mm，安装在相临两水冷壁管上（每根水冷壁管覆盖约半圆弧），与鳍片接触的直段上均布有两 φ8 孔以使用销钉固定∠形高铝高耐磨瓦。销钉先焊在鳍片上，然后将∠形高铝高耐磨瓦套在销钉上，此时耐磨瓦与两边的水冷壁管已紧密接触。耐磨瓦截面如图示意。∠形高铝高耐磨瓦安装施工很方便，但此瓦在 CFB 锅炉水冷壁上应用则存在着终结处与受热面管

子母材过渡存在着明显台阶、导热系数较小等不足之处；恰是这个台阶区域受热面管子磨损爆管的几率最大。



四、耐磨耐热铸造弧形瓦防磨技术

耐磨耐热铸造弧形瓦，长度 200—300mm，施工时在耐磨耐热铸造弧形瓦内壁抹有导热脂然后覆盖在水冷壁管表面，弧形瓦两边与水冷壁管鳍片接触且点焊，每点焊缝长约 20mm。耐磨耐热铸造弧形瓦的厚度一般是 5mm，在水冷壁管鳍片较窄（鳍片宽 $\leq 10\text{mm}$ ）的部位弧形瓦很难点焊在鳍片上。这种耐磨耐热铸造弧形瓦在沸腾炉的埋管耐磨上应用容易施工且效果很好。耐磨耐热铸造弧形瓦在 CFB 锅炉水冷壁上应用则存在着终结处与受热面管子母材过渡存在着明显台阶、表面不太平滑等不足之处。同上述分析一样恰是这个台阶区域受热面管子磨损爆管的几率最大。



五、堆焊耐磨合金防磨技术

堆焊耐磨合金防磨在沸腾炉的埋管耐磨上使用效果良好且容易施工。在 CFB 锅炉上堆焊耐磨合金防磨可用于抢修，大面积应用则存在着成本高、热应力大、表面不平滑、与受热面管子母材过渡处存在着台阶（尽管较小）等不足之处。

结论：

通过上述分析可知，五种防磨技术中超音速电弧喷涂防磨技术最适合于 440t/h 级超高压再热循环流化床（CFB）锅炉强化防磨，喷涂涂层厚度仅 0.8mm，与受热面管子母材过渡处不存在明显台阶且耐磨性能较好（经受 1.5—2.5 年的运行磨损或 2.5—3.5 年日历年），耐磨层的检修可与机组大修同步，应优先选择。堆焊耐磨合金防磨、 \sphericalangle 形高铝高耐磨瓦防磨、耐磨耐热铸造弧形瓦防磨技术皆可用于 440t/h 级超高压再热循环流化床锅炉的临修与抢修，但还应有所选择。在 CFB 锅炉的稀相区对受热面临修与抢修可优选耐磨耐热铸造弧形瓦或堆焊耐磨合金防磨。在 CFB 锅炉的过渡区对受热面临修与抢修可优选堆焊耐磨合金防磨。在锅炉的浓相区对受热面临修与抢修可优选 \sphericalangle 形高铝高耐磨瓦防磨。

参考文献

1. 朱子新. 涂滨士等. 电站锅炉管道高温蚀磨损和涂层防护技术, 中国电力. 北京. 2001-12.
2. 岑可法等. 循环流化床锅炉原理设计及运行. 北京: 中国电力出版社, 1998.
3. 北京战隼电力设备有限公司神火示范电站投标技术文件. 超音速电弧喷涂工艺介绍及 LX88A 涂层材料及性能介绍. 2004. 02
4. 开封市汴和窑炉公司神火示范电站投标技术文件. 超音速电弧喷涂技术方案及超音速电弧喷涂施工工艺. 2004. 02
5. 全国电力行业 CFB 机组技术交流服务协作网技术交流资料汇编《一》《二》《三》, 北京: 中国电力企业联合会科技服务中心, 2003.
6. 440t/h 超高压再热 CFB 锅炉说明书, 东方锅炉股份有限公司, 2000.

作者简介:

张全胜, 高级工程师, 从事大型CFB机组筹建和技术工作。郑州市郑东新区热电厂总工室主任
手机: 13838011295。E-mail: cfb369@163.com; 地址: 郑州市嵩山北路298号2栋2单元3号;
邮编: 450051