

· 施工技术 ·

火电厂锅炉水冷壁高温腐蚀及防护

High Temperature Corrosion and Proof of Boiler Water Wall in Thermal Power Plants

罗伟光 史青玉 鞠振福 李清建

(西柏坡电厂, 河北省平山县, 050400) (电力建设研究所, 北京市, 102401)

[摘 要] 西柏坡电厂锅炉水冷壁高温腐蚀、管壁减薄引起爆管停机, 严重影响锅炉安全运行。经研究, 水冷壁管壁减薄、高温腐蚀的主要原因是: 煤粉冲刷水冷壁表面; 在水冷壁表面的还原性气氛中, 煤中硫化物受热分解, 导致 SO_2 浓度增加, 从而引起高温腐蚀。为了防护水冷壁高温腐蚀, 采用了多种防护措施, 包括更换使用渗铝管、表面涂耐腐涂料、电弧喷涂耐磨防蚀合金等多种工艺。通过分析比较认为: 电弧喷涂耐磨防蚀合金工艺效果最好, 值得在电力行业大力推广。

[关键词] 水冷壁 高温腐蚀 管壁减薄 电弧喷涂

电站锅炉中的“四管”, 即过热器管、再热器管、省煤器管和水冷壁管, 因为受到含有硬质颗粒及腐蚀性介质的冲刷磨损和腐蚀而导致爆管停机的问题, 是电厂生产中主要隐患之一。特别是水冷壁管, 数量多、面积大, 在燃用高硫质煤时, 受到严重的高温腐蚀, 严重影响机组的安全运行。我国大部分电厂因燃用不同含硫量的煤, 均不同程度存在水冷壁高温硫腐蚀现象。山东省, 自 80 年代初以来, 相继在 20 多家电厂出现严重的水冷壁腐蚀, 管壁减薄速度在 $(0.25 \sim 7.5) \times 10^{-4} \text{ mm/h}$ 。四川珞璜电厂由于燃用高硫质煤, 刚运行不久即发生严重的水冷壁腐蚀现象。在河北、河南、天津等地, 亦存在同样的情况。水冷壁的高温硫腐蚀现象, 已经成为威胁电厂安全运行的主要问题之一。下面以西柏坡电厂为例, 分析水冷壁的腐蚀原因及应采取的防护措施。

1 锅炉情况

西柏坡发电厂 1、2 号锅炉为 B(WB-1025/18.3-M) 型锅炉, 属亚临界参数、一次中间再热、单锅筒、自然循环、平衡通风、固态排渣煤粉炉。炉膛为矩形结构, 宽 13 350 mm, 深 12 300 mm。水冷壁采用膜工式全焊结构, 水冷壁管前后墙各 177 根, 两侧墙各 163 根, 共 680 根。

2 水冷壁管腐蚀情况

1 号炉于 1994 年 12 月 26 日移交生产, 于 1995 年 2 月开始大修。大修中检查发现水冷壁左侧墙燃

烧器区域出现了较大面积的高温腐蚀区, 水冷壁管子壁厚减薄平均在 1~2 mm, 最严重的达 2~3 mm。腐蚀减薄较严重的区域集中在左前和左后侧, 呈 V 形分布, 标高在下层燃烧器与中层燃烧器之间。根据强度校核及腐蚀速率的计算, 决定更换壁厚小于 6.5 mm 的管子共 41 根。为了防止腐蚀进一步发生, 在发生高温腐蚀的区域, 对新旧管子全部涂刷了一种耐磨防腐涂料, 总面积达 100 m^2 。

1996 年 1 月, 1 号炉小修中, 对水冷壁又进行了全面检查, 发现高温腐蚀继续发展。涂刷的高温涂料 50% 已经脱落, 未脱落的涂料对管子起一定的保护作用。而涂料脱落的管子又腐蚀减薄了 0.4~0.8 mm。在腐蚀区域中, 上次大修中未更换的管子又达到了需更换的状况。同时, 右侧水冷壁在左后侧下层燃烧器与中间燃烧器之间也发生了高温腐蚀, 壁厚减薄 1.0~2.5 mm, 腐蚀速度高于左侧, 且位置集中, 分布连续。本次小修中更换了壁厚小于 6.5 mm 的左侧水冷壁管 28 根, 左右墙又采用涂刷新配方防腐蚀涂料的方法, 以期减缓高温腐蚀的发展。

3 腐蚀原因分析

对水冷壁管结焦渣样进行分析, 发现结焦渣样中的含碳量高达 1% 以上, 这说明煤粉火焰在燃烧器区的燃尽度较差, 未燃尽煤粉直接冲刷水冷壁。通过对水冷壁管表面较致密的高温腐蚀垢样进行化学分析发现, 垢样中含有铁的硫化物和硫酸盐成分。因此, 小修中在锅炉左右侧墙水冷壁上安装了烟气

取样测点,在不同负荷和不同风量配比下用烟气分析仪测量炉膛水冷壁表面附近的烟气成分,结果发现在原习惯工况下,CO 含量高达 4×10^{-3} 以上,而各测点烟气中 O_2 含量很大,这说明锅炉一次风存在混合情况较差,导致炉内既存在局部缺氧的还原性气氛,又存在局部富氧的氧化性气氛。因此,发生高温腐蚀的原因是炉内空气动力工况欠佳,配风不尽合理,煤粉着火过程延迟,部分未燃尽的煤粉冲刷水冷壁表面,在水冷壁表面的还原性气氛中,煤中硫化物受热分解,导致管壁附近的 SO_2 浓度增加,从而引起高温腐蚀。

4 治理方案及相应效果

针对上述腐蚀情况及原因分析,根据国外有关资料及防护技术,为防止腐蚀的进一步发展,主要采取了如下几项措施:

4.1 改善锅炉燃烧的空气动力学工况

在不堵管的前提下,尽可能降低一次风压,提高二次风压,以保证煤尽快着火及完全燃烧,减少未燃尽煤粉冲刷水冷壁。由于水冷壁发生腐蚀主要取决于煤粉中有硫化物存在,同时必须有一定的温度,为此,通过调整风压,改变锅炉中煤粉的燃烧状况及燃烧火焰中心,从而在水冷壁附近形成一个中性火焰区,使生成的硫酸盐不致熔化而附着在水冷壁上,这样就可以大大减缓水冷壁的硫腐蚀。根据美国田纳西流域管理局的一份研究报告,适当调整火焰的燃烧中心,可使水冷壁的腐蚀减轻 50% 以上。但由于这种调整与锅炉的参数及运行状况均有关系,因此调整因子很多,只能进行探索,还有大量的工作要做。

4.2 选用含硫量低的燃煤

这是一个对缓解水冷壁腐蚀十分有效的方法。但根据我国的情况,因为煤种不以电厂的要求而变化,有时必须燃烧高硫质的煤,这条措施可行性较差。

4.3 对燃烧器的火嘴及内、外调风机进行改造

为使煤粉尽早着火,并在热态时能根据煤种的变化调整配风,从而强化锅炉燃烧,避免因燃烧过程推迟和一、二次风燃烧配置不好而造成煤粉火焰飞边。

4.4 更换水冷壁管材质,采用渗铝管

更换材质,提高水冷壁本身材质的耐腐性能也是一条行之有效的方法。根据在其他厂的使用情况,渗铝管在大多数电厂的水冷壁管起到良好的耐

腐蚀作用,累计运行达 50 000 h 以上,未发生腐蚀减薄。因此,1997 年 7 月 1 号炉小修时,在水冷壁右墙更换了 40 根渗铝管,但仅运行了 3 个月便有 1 根管发生泄漏。原因是内螺纹鳍片水冷壁在渗铝过程中温度过高(热浸渗铝温度达 $730 \sim 750^\circ\text{C}$,扩散温度 $890 \sim 910^\circ\text{C}$),而且由于内力校直,导致管材晶间产生纵向裂纹。管子在炉内受热承压后,发展成纵向撕裂状爆口。其他渗铝管在检查中发现 6 处同性质的已有裂纹缝但未爆开的漏点,因此决定不再使用渗铝管。渗铝管在这个厂的应用失败,并不表明这种工艺本身有什么问题,只是说明不适合该厂的实际情况。

4.5 表面刷涂防蚀涂料

全部更换管材需要大量费用,刷涂防腐蚀涂料较为经济。因此,先后使用过多种耐磨防腐蚀涂料。实践证明,只要表面处理得当,涂层不脱落,涂层具有相当好的耐磨防腐蚀效果。但遗憾的是在西柏坡电厂几次刷涂均有大面积脱落,从而影响了使用效果。

4.6 表面喷涂耐磨防蚀合金

1996 年 6 月 2 号炉大修中,对水冷壁表面采用了电弧喷涂耐磨防蚀合金的方法,由美国 METAL-SPRAY 公司现场施工。经 1 年的实际运行表明,涂层附着牢固,有效地保护了水冷壁,水冷壁不再发生高温腐蚀。这种喷涂工艺简单,工作量小,对基体几乎没有热影响。但这种方法的缺点是价格太高。为了节省费用,目前国内已广泛采用铁铬铝合金丝及高铬镍合金丝。实际运行表明,国内这项技术无论是技术水平及生产成本都将完全满足水冷壁高温防腐的需要。

5 结束语

锅炉水冷壁高温腐蚀是一个带普遍性的问题,严重影响锅炉安全运行。为了解决这个问题,除了要研究分析锅炉本身的腐蚀机理,燃烧低含硫量的煤,使用耐蚀钢管,采用主动的防护措施外,更重要的是采用表面工程的最新技术和新材料。表面涂覆防蚀涂料,尤其是电弧表面热喷涂耐磨防蚀合金材料,将是我国解决水冷壁高温腐蚀的主要手段之一。随着电弧喷涂设备及工艺的发展及完善,尤其是新型喷涂材料的研制及生产水平的提高,不但为解决水冷壁管的表面耐高温腐蚀,而且为其他管件的耐磨防蚀提供可靠的技术保证,电弧热喷涂这项表面工程技术将为我国的火电发展做出应有的贡献。