

660MW 机组锅炉侧水冷壁上集箱管座裂纹综合治理与实践

刘德扬

(中煤哈密发电有限公司 新疆 哈密 839000)

摘要: 针对某电厂两台锅炉侧水冷壁上集箱管座裂纹的问题, 经过总结兄弟电厂出现的同类型问题, 并结合两台机组实际情况, 主要从集箱分段、鳍片修整、管座加强、锅炉膨胀排查、增加壁温测点、优化启停炉锅炉汽温升降速率、修改锅炉冷却方式与刚性梁固定夹检修等多个方面进行了综合治理与实践, 通过采取以上措施, 两台锅炉侧水冷壁上集箱管座的裂纹问题得到了有效解决。

关键词: 锅炉; 水冷壁; 集箱; 裂纹; 综合治理

0 引言

2018 年 10 月 1 日, 某电厂 1 号机组停备后检查发现炉内顶棚有漏水痕迹, 经过检查发现测水冷壁上集箱 2 号角处的接管座开裂, 随后扩检共发现 284 个管座开裂, 全部进行了挖补处理。

2019 年 5 月, 1 号机组 C 检修, 全面排查 1 号炉左、右侧水冷壁上集箱接管座裂纹, 再次发现了 387 个管座开裂。

2019 年 8 月, 2 号机组 C 检修, 全面排查 2 号炉左、右侧水冷壁上集箱接管座裂纹, 发现了 163 个管座开裂, 至此两台锅炉侧水冷壁上的集箱接管座均出现了同类型裂纹。

1 设备概述

发生侧水冷壁上集箱接管座裂纹的锅炉为某锅炉厂自主开发研制的 600MW 等级超临界锅炉, 该锅炉为一次中间再热、超临界压力变压运行带内置式再循环泵启动系统的直流锅炉, 单炉膛、平衡通风、固态排渣、紧身封闭、全钢架、全悬吊结构和 π 型布置。锅炉采用四角切圆燃烧方式, 主燃烧器布置在水冷壁四个角上, 每层 4 只燃烧器对应一台磨煤机。SOFA 燃烧器布置在主燃烧器区上方的水冷壁的四角, 以实现分级燃烧降低 NO_x 排放。

本锅炉中、下部水冷壁采用螺旋管圈, 上部水冷壁采用一次上升垂直管屏, 二者之间用过渡集箱连接, 锅炉侧水冷壁上集箱采取整根方式设计, 长 20.07m, $\phi 273\text{mm} \times 65\text{mm}$, 材质为 15CrMoG。

2 原因分析

对裂纹进行挖补过程中发现部分裂纹较深, 已经接

近贯穿泄漏, 2018 年对 1 号炉侧水冷壁上集箱管座裂纹采取了全部挖补与抽开鳍片处理, 但在 2019 年底复查时又发现大量裂纹, 部分是新裂纹, 部分出现在挖补位置的对侧, 炉膛 2、3 号角偏多, 侧水冷壁上集箱管座裂纹问题没有明显改善。

经过调研, 国内许多电厂在经过 3 ~ 5 年的运行周期后, 对水冷壁上集箱接管座角焊缝检查时均发现存在裂纹现象, 特别是锅炉水冷壁上集箱未分段设计的大机组较多, 本案例锅炉侧水冷壁上集箱采取整根方式设计, 长 20.07m, $\phi 273\text{mm} \times 65\text{mm}$, 材质为 15CrMoG。两台机组在电源点中定位于调峰机组, 40% ~ 100% 额定负荷之间频繁调峰, 在机组启停与大幅度变负荷时, 集箱与水冷壁管由于所处位置与厚度不一样会产生温度差, 进而产生膨胀差, 越靠近集箱端部相对膨胀差就越大, 集箱管座焊口承受的应力也越大, 这也是为什么集箱端部容易出现裂纹的原因。

集箱管座裂纹分布区域主要集中在集箱两端位置, 随着运行时间的延长, 裂纹会有向中间发展的趋势。目前, 其他电厂采取的主要措施是集箱分段与抽开鳍片, 集箱管座裂纹较少较轻的采取以上措施后基本能够解决, 但是集箱管座裂纹较多较重的, 在采取以上措施后, 在接下来的几个检修周期检查时一般还会发生裂纹现象。

鉴于同类电厂采取集箱分段与抽开鳍片方案, 部分电厂未能彻底解决水冷壁上集箱接管座裂纹问题。另外检查两台锅炉上部第一组刚性梁固定夹均存在大量开焊现象, 高温过热器出口集箱膨胀异常等问题, 经过专业讨论分析, 认为两台锅炉侧水冷壁上集箱管座裂纹原因较多, 简单的集箱分段与抽开鳍片不能彻底解决解决两台锅炉侧水冷壁上集箱管座裂纹问题, 必须从多个方面进行综合排查与治理, 具体措施主要包括集箱分两段、

鳍片修整、管座加强、锅炉膨胀排查治理、增加壁温测点、优化启停机锅炉汽温升降速率、修改锅炉冷却方式与刚性梁固定夹检修等。

3 综合治理主要内容

3.1 锅炉侧水冷壁上集箱分段改造

针对侧水冷壁上集箱管座裂纹,目前首选方法是缩短单根集箱长度。结合设计与锅炉实际运行情况,锅炉厂给出的改造方案为集箱分两段,即对原集箱进行保留,从原集箱中间焊缝断开,为了便于实施分段,由锅炉厂配合制作两个新的集箱端头,长度根据施工工艺需求确定,两个新的集箱端头与原集箱进行焊接最终实现分段。

目前,该方案已经在多个电厂实施,另该方案改造实施时间短,费用低。即通过锅炉厂设计与性能计算,选好分段点,将左、右侧水冷壁上集箱进行分段处理,这样不仅解决了原设计的长集箱由于跨度大造成的膨胀量大、应力分布不均匀等问题,而且也在一定程度上可以解决制造和安装公差造成应力问题。图1为锅炉侧水冷壁上集箱分段后的实物图。



图1 锅炉侧水冷壁上集箱分段后实物图

3.2 鳍片修整

由于侧水冷壁上集箱与炉膛顶棚的距离只有700mm左右,侧墙膜式水冷壁上部光管距离较短,无法吸收侧水冷壁上集箱与水冷壁管在机组启停与大幅度变负荷工况下膨胀差产生的应力。因此,在接管座应力集中部位出现疲劳裂纹。用切割机割开鳍片至炉膛顶棚以下100mm处,并用8mm电钻在切割缝末端打止裂孔处理,可以最大限度地增加水冷壁光管的长度,有利于应力的吸收。同时,对集箱下部水冷壁管肩部鳍片进行打磨圆滑过渡,可以防止由于反作用力而在鳍片肩部产生裂纹,

另外将水冷壁与水平烟道连接密封板割开处理,尽量减小水平烟道与炉膛膨胀的相互作用。

3.3 接管座管座环焊加强

2018年1号机组管座裂纹挖补处理之后,2019年底进行复查时发现部分新裂纹出现在同一根水冷壁管挖补位置的对侧。针对此问题,分析接管座由于长时间交变应力作用强度普遍降低,当一侧挖补强度增加以后,应力就会在对侧释放,为了避免此类问题的再次发生,对存在裂纹的管座全部进行裂纹挖除与环焊加固处理,增厚与延长焊肉并平滑过渡处理。图2为锅炉侧水冷壁上集箱接管座补焊加强后实物图。



图2 锅炉侧水冷壁上集箱接管座补焊加强后实物图

3.4 锅炉膨胀排查及治理

从两台炉侧水冷壁管座裂纹分布来看,集箱端部比中部严重,炉膛2号、3号角比1号、4号角严重,由于2号、3号角离锅炉垂直膨胀中心较近,只有1.3m,理论上2号、3号角侧水冷壁上集箱与水冷壁管之间的相对膨胀差应该较1号、4号角小10倍以上,管座出现裂纹的几率应该更低,但是实际却正好相反,经过专业讨论分析,认为与锅炉各系统膨胀不均有关系,经过排查发现末级过热器出口集箱导向装置直接焊接在侧水冷壁上集箱上部,末级过热器出口集箱的膨胀会对侧水冷壁产生附加力。

对照图纸尺寸,末过集箱在安装时定位不准,集箱左侧后部导向板切除约10mm,集箱右侧前部导向板切除约30mm。根据现场提供的膨胀数据,运行时,末过集箱向炉后膨胀,其中左侧膨胀3mm,右侧膨胀量达到20mm。集箱左侧导向板切除后由于接触面不平滑,在锅炉运行时末过集箱往炉左侧的膨胀受阻(导向框架内侧已被磨出划痕),导致不能自由膨胀,末过集箱的膨胀力和管道对集箱的推力形成的合力通过导向框架传递给左侧水冷壁上集箱,再通过上集箱传递到集箱管接头上。

根据末过出口集箱膨胀数据, 经过与锅炉厂沟通, 对末过导向框架内的导向耳板进行部分切除处理, 炉左侧后部耳板切掉 20mm 左右, 并将表面磨平; 炉右侧前部耳板切除 30mm 左右(跟原切除补焊处平齐), 并将表面磨平, 保证滑动时不受阻。这样既能消除末过出口集箱对两侧水冷壁上集箱的作用力, 也不影响末过出口集箱的正常膨胀。

3.5 增加壁温测点

为了加强机组启停过程中对侧水冷壁上集箱与水冷壁管壁温差的监视, 同时便于集箱管座泄漏的判断, 在集箱管座裂纹容易出现的集箱端部增加壁温测点。

3.6 优化启停机锅炉汽温升降速率

机组正常停机中屏过、高过和高再出口蒸汽温度的升温速率控制不大于 $1.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 主汽升压速率 $\leq 0.10\text{MPa}/\text{min}$ 。为了进一步降低机组启动过程中, 侧水冷壁上集箱与水冷壁管座的壁温差, 机组启动过程中, 严格控制升温升压速度, 控制升温速率不大于 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 主汽升压速率 $\leq 0.10\text{MPa}/\text{min}$ 。

3.7 修改锅炉冷却方式

锅炉厂推荐锅炉冷却方式为停炉 4h 后, 开启有关的烟、风挡板进行自然通风冷却, 同时调整炉本体有关疏水阀, 以规定的速率降低分离器压力至 1MPa , 停炉 6h 后, 根据需要可启动一台引风机进行通风冷却。当分离器出口温度达到 180°C (压力约 1MPa) 时, 进行省煤器、水冷壁、包覆过热器和低温过热器放水, 放水时停止通风冷却, 放水结束 1h 后继续通风冷却。按以上方式停炉冷却, 锅炉放水后水冷壁上集箱与水冷壁管温差最大达到 150°C 以上。

2020 年根据现场实际对锅炉停运后的冷却方式进行修改, 锅炉停运后保持炉水循环泵与一台汽泵运行一直到锅炉带压放水, 并保证微量的补充热水和降压, 使集箱与水冷壁管同步冷却温降, 同时正常停炉时延长锅炉闷炉、自然通风时间。经过试验, 冷却方式变更后垂直水冷壁降温速率明显降低, 且锅炉放水后水冷壁上集箱与垂直水冷壁温差降低到 100°C 左右 (图 3)。

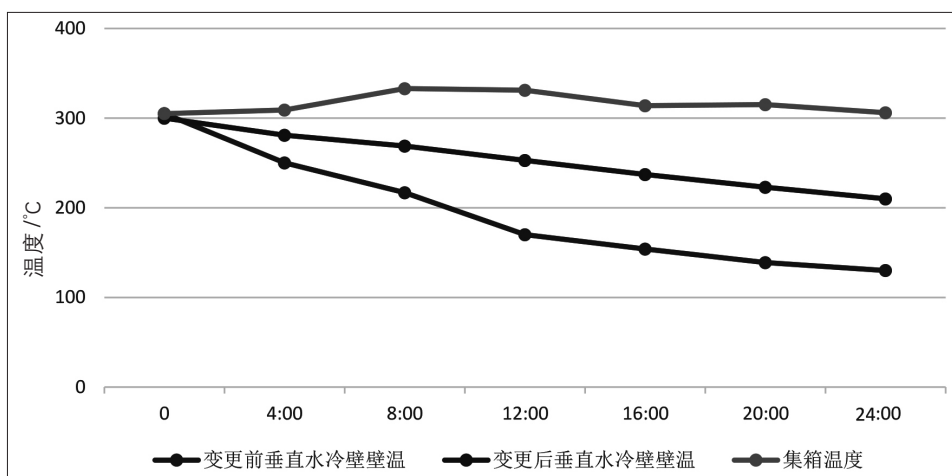


图 3 冷却方式变更前后垂直水冷壁壁温曲线

3.8 恢复炉膛上部刚性梁导向固定夹的自由滑动

2020 年, 利用两台机组 C 级检修的机会, 对锅炉炉膛最上部一组刚性梁进行检查, 发现左右侧墙前部各 10 个左右固定夹根部全部开焊, 其主要原因为固定夹顶部滑动受大包罩壳底部保温瓦固定装置阻碍, 以及部分固定夹运输垫铁未拆除。两台机组检修期间固定夹运输垫铁全部拆除完毕, 对固定夹进行了恢复。

4 结语

2020 年两台锅炉侧水冷壁上集箱管座裂纹综合治理工作全部结束, 2021 年利用两台机组 C 检修的机会, 对锅炉侧水冷壁上集箱管座进行全面裂纹检测, 均未发现管座裂纹, 两台锅炉侧水冷壁上集箱管座裂纹综合治理工作取得成功, 大幅度降低了锅炉侧水冷壁上集箱管座裂纹发生泄漏的安全隐患, 确保了两台机组安全稳定长周期运行。以上针对超临界大容量锅炉侧水冷壁集箱管座裂纹的治理经验仍有不足之处, 希望与同类经历的兄弟电厂进行分享与交流。

参考文献:

- [1] 石鹏飞, 李伟光, 王依卓. 某 660MW 超临界锅炉水冷壁上集箱根部裂纹分析及措施 [J]. 锅炉制造, 2018(04): 21-22.
- [2] 牛星. 1000MW 直流锅炉停运后冷却的探究 [J]. 科技创新与应用, 2021, 11(22): 129-131+134.