

350MW 机组超临界循环流化床锅炉防磨防爆检修技改

郭琪 褚峰 王友胜

(枣庄八一水煤浆热电有限责任公司, 山东 枣庄 277000)

【摘要】火力发电始终是电力系统最重要的一种发电方式,在目前国家大力发展新能源和储能的形势下,火力发电机组仍有超过40%的机组容量占比和发电量占比。火力发电的基本生产过程是:燃料在锅炉内燃烧,将水加热成蒸汽,将燃料的化学能转变成热能,高温高压蒸汽推动汽轮机旋转,热能转换成机械能,然后汽轮机带动发电机旋转,将机械能转变成电能。火力发电厂的锅炉主要分循环流化床锅炉和煤粉炉两大类,中国在循环流化床锅炉的设计、制造、技改方面占据了世界领先地位,但仍存在一些需要不断探索改进的问题,特别是在循环流化床锅炉炉膛防磨防爆检修技改方面,只有做好防磨防爆措施才能保障锅炉的长效稳定运行。

【关键词】超临界循环流化床锅炉;水冷壁防磨防爆;减缓磨损;浇注料喷涂;金属经纬防磨格栅

根据对循环流化床机组非正常停运原因的统计,炉膛内受热面磨损泄漏导致的非正常停运约占循环流化床锅炉停运记录的50%的比例,因此炉膛内的防磨防爆检查检修及技术改造对机组的长效稳定运行至关重要。

枣庄八一水煤浆热电有限责任公司位于山东省枣庄市高新区,隶属于山东能源枣矿集团,公司配备一台东方电气集团东方锅炉股份有限公司设计生产的350MW超临界循环流化床锅炉,锅炉最大蒸发量为1131t/h,主蒸汽额定压力为25.4Mpa,主蒸汽额定温度为571℃。锅炉配备一次再热系统,再热蒸汽进口压力为4.719Mpa,进口温度为329.2℃,再热蒸汽出口压力为4.529Mpa,出口温度为569℃。机组于2018年2月11日通过168小时满负荷试运行。在机组6年的生产运行期间,锅炉炉膛内受热面出现过多次泄漏。经过不断调整检查检修方式和采用新的防磨防爆技术对锅炉受热面进行改造后,机组即使经历冬季四个月满负荷运行和春夏季电网深度调峰运行后,锅炉仍能实现超过8个月的连续稳定运行,在超临界循环流化床锅炉受热面防磨防爆检查检修及改造方面取得了较为成熟的经验,对减少循环流化床锅炉炉膛内受热面泄漏事故有很好的指导作用和借鉴意义^[1]。

一、泄漏记录及原因分析

(一)左墙水冷壁管道泄漏

泄漏位置:锅炉左墙标高约9m位置,从炉后往炉前数第1根水冷壁管道。

水冷壁管道材质规格:规格31.8mm*6.5mm,材质15CrMoG。

泄漏原因:通过对开裂样管进行宏观检查、理化性能检验、断口分析。结果表明,样管母材的

化学成分和金相组织及硬度均满足标准要求。开裂位置位于两屏管屏现场拼接焊缝终止端的焊接处。综合检测结果分析认为:水冷壁开裂泄漏是由于钢管受到较大的外加应力作用,在管屏现场拼接焊缝终止端的焊趾处萌生裂纹,并向原自动焊角焊缝和钢管母材扩展,直至贯穿钢管壁厚,导致水冷壁泄漏。

(二)前墙水冷壁水平焊缝多根水冷壁管道泄漏

泄漏位置:锅炉前墙标高约27米处,水平焊缝位置的数根水冷壁。

水冷壁管道材质规格:规格31.8mm*6.5mm,材质15CrMoG。

泄漏原因:焊缝成形差,存在质量问题,焊口高低不均匀,切开管道后观察,存在未焊透的缺陷。

(三)后墙水冷壁与双面水冷壁泄漏夹角

泄漏位置:锅炉后墙水冷壁标高约22米的位置。

水冷壁管道材质规格:规格:31.8mm*6.5mm,材质:15CrMoG。

双面水冷壁管道材质规格:规格:60mm*12.2mm,材质:15CrMoG。

泄漏原因:双面水冷壁和水冷壁存在90度夹角,夹角处磨损严重,水冷壁磨损泄漏后,高温高压蒸汽喷向双面水冷壁,造成夹角处泄漏位置的蒸汽对喷,夹角处多根管道吹损严重,泄漏管道数量多,双面水冷壁和水冷壁夹角泄漏比水冷壁泄漏抢修的难度和工作量大。

(四)后墙水冷壁泄漏

泄漏位置:锅炉后墙炉膛出口浇注料位置,标高约50米。

水冷壁材质规格：规格：33.4mm*7mm，材质：12Cr1MoV。

泄漏原因：因辅机故障，机组BT联锁保护动作，在热态启动过程中锅炉燃料爆燃导致温升率异常，后墙水冷壁凹凸膨胀变形，炉膛出口处小部分水冷壁管屏向炉膛内凸起，导致浇注料脱落，此位置烟量大，变形的水冷壁凸出，烟气中大量的灰磨损水冷壁管道，导致水冷壁管道泄漏^[2]。

（五）高温过热器和高温再热器泄漏

泄漏位置：炉膛内高温过热器管屏、高温再热器管屏。

高温过热器材质规格：高过规格：63.5mm*11.5mm，

高过材质：TP347H+SA-213-T91。

高温再热器材质规格：高再规格：76mm*6mm，

高再材质：TP347H+SA-213-T91。

泄漏原因：机组168满负荷试运行后，厂家出设计变更，电建公司施工，将锅炉炉膛内高温过热器管屏的扁钢割缝用于膨胀，此次泄漏裂纹为服役过程的高温和高应力作用下产生的沿晶脆性开裂，推测可能与管屏切割不平整，在止泄管分割侧的扁钢附近形成结构突变（如切割台阶）造成的应力集中有关。

（六）前墙中隔墙双面水冷壁与水冷壁夹角泄漏

泄漏位置：锅炉前墙标高约32米处水冷壁及前墙中隔墙双面水冷壁的夹角。

水冷壁材质规格：规格：31.8mm*6.5mm；材质：15CrMoG。

二级中温过热器材质规格：规格：63.5mm*11.5mm；

材质：SA-213-T91。

中隔墙双面水冷壁材质规格：规格：60mm*12.2mm；

材质：12Cr1MoV。

泄漏原因：冬季供暖期间机组长时间接近满负荷运行，锅炉平均蒸发量保持在1000t/h左右。此位置为炉膛内前墙水冷壁和中隔墙双面水冷壁夹角处，因安装施工不规范，泄漏位置的扁钢安装缺陷导致夹角明显变窄，大颗粒渣卡在夹角位置，导致夹角的空间变得更加狭小，贴水冷壁循环的灰通过狭小的空间下降，导致水冷壁磨损泄漏。水冷壁泄漏后，高温高压的水和蒸汽吹损夹角处的双面水冷壁，导致双面水冷壁泄漏，双面水冷壁泄漏的水和蒸汽吹损旁边的二级中温过热器泄漏。

二、防磨防爆技术改造

（一）让管位置增加浇注料

炉膛内左右墙的各设计布置4个压力测点，压力测点的安装位置设计水冷壁让管，因让管处的水冷壁由垂直上下形状改为圆弧形，导致让管周围磨损严重。在让管周围设计布置浇注料，覆盖让管，

技改后基本无磨损。



图一（炉膛压力测点让管位置布置浇注料）

（二）设计布置防磨梁

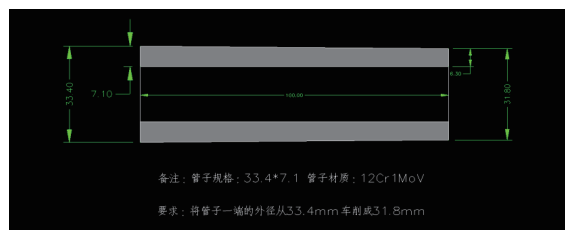
炉膛内受热面磨损最严重的是后墙水冷壁，主要原因是炉膛出口布置在后墙水冷壁，在炉膛做内循环的循环灰贴着后墙水冷壁下降导致水冷壁管道磨损。为缓解水冷壁磨损，降低锅炉内循环灰的贴壁下降流速，在后墙水冷壁设计布置三道防磨梁。

第一道防磨梁：标高约22米，在后墙双面水冷壁浇注料上沿同一高度的位置。主要用于减缓降低双面水冷壁浇注料施工接茬位置的磨损^[3]。

第二道防磨梁：标高约25米。用于降低炉膛内贴着后墙水冷壁的循环灰的下降速度，缓解密相区后墙水冷壁的磨损。

第三道防磨梁：标高约42米，异种钢焊缝位置，此焊缝向下的水冷壁管规格：31.8mm*6.5mm、材质：15CrMoG，此焊缝向上的水冷壁管规格：33.4mm*7mm、材质：12Cr1MoV。此位置因异种钢管径不同和装配焊接质量原因，存在凹陷凸出，每次检查检修都要进行大量的换管和焊补，使用浇注料设计布置防磨梁，掩盖两道焊缝，解决此处异种钢焊缝的检修问题。

异种钢短管加工：将规格为33.4mm*7mm，材质为12Cr1MoV的水冷壁短管的一端加工成规格为31.8mm*6.3mm的接头，加工时使水冷壁短管平滑变径。异种钢焊接时，两种管道的外径相同，容易确保中心线一致，实现对口焊接。



图二（异种钢短管加工图）

（三）金属经纬防磨格柵

烟气裹挟灰渣颗粒侧向冲刷水冷壁管道，造成

迎风侧管壁磨损减薄，为减缓消除密相区水冷壁的侧磨，在此区域加装金属经纬防磨格栅，具体方案为卫燃带向上分别间距0.2m、0.4m、0.6m、0.6m、0.6m、0.6m加装6道水平金属格栅，垂直方向的金属格栅间隙为0.21m。加装金属经纬防磨格栅后，可以有效地减缓水冷壁管道的侧磨^[1]。

（四）夹角位置磨损处理

锅炉前墙布置3屏双面水冷壁，后墙布置8屏双面水冷壁，每个双面水冷壁和水冷壁形成2个夹角。因电建公司安装不规范，夹角存在宽窄距离不一致的情况，大颗粒床料或煤渣卡在空间窄小的夹角处，造成水冷壁和双面水冷壁磨损泄漏。设计施工将夹角处补充填满浇注料，覆盖半根水冷壁管子和半根双面水冷壁管子，彻底解决此处磨损问题。



图3：双面水冷壁和水冷壁夹角填充浇注料。

备注：粗管道为双面水冷壁管道，规格：60*12，节距70；

细管道为水冷壁管道，规格：31.8*6.5，节距49.8；

（五）金属喷涂

金属喷涂是缓解受热面磨损应用较多的一种方法，需要注意的两个问题是喷砂处理的质量和金属喷涂的厚度。要有针对性地选择易磨损的区域进行喷涂，每次停炉检修必须进行喷涂保护的有：卫燃带水冷壁拐点和浇注料接茬处向上的区域、防磨梁向上的根部区域、水冷壁和双面水冷壁的夹角区域。

三、防磨防爆其他建议

新建工程的工厂化预制管道，建设单位尽量安排工程技术人员进行现场质量监督，确保工程使用的工厂化预制管道及管屏质量合格。

要求电建公司等安装单位按照标准规范对锅炉厂提供的管道、管屏进行入场检查，包含通球试验检查、光谱试验检查和焊口质量检查，检查人员签字，留存检查记录^[4]。

现场施工安装过程中，严格要求，严格验收，特别是管道对口时不能存在错口缺陷，严禁使用手

拉葫芦施加外力强行对口。

外委检修时严格审查施工队伍的资质和业绩。审查施工人员资质，进行样管施焊，检查施工人员技术水平。核实是否存在借用资质承揽或多层分包的现象。

提高金属专工的业务能力，金属专工要熟练使用测厚仪、硬度仪、光谱仪、内窥镜等防磨防爆检查的专业工器具，同时要掌握焊接、热处理、无损检测的相关知识。

炉膛内过热器和再热器屏变形，影响升降平台使用，导致无法对整个炉膛进行检查时，要改用搭设满膛脚手架的方式进行检查检修，确保停炉过程的检查检修的全面性。

设置专门存放压力管道的仓库，根据管道材质、规格和承压能力的不同，分类存放。

结束语：

循环流化床机组的管理和技术人员一定要充分重视对锅炉防磨防爆的检查检修及技术改造。在电力市场不断进行改革发展的形势下，只有不断提升机组生产运行的安全稳定长效性，才能确保火电机组在的竞争力，迎接各方面的挑战。

参考文献：

- [1] 张克廷. 大型循环流化床锅炉受热面磨损的原因及防止措施探究[J]. 科技创新与应用, 2017(05): 137.
- [2] 李少英, 王勇, 刘涛. 浅析循环流化床锅炉水冷壁磨损及预防措施[J]. 东北电力技术, 2005(05): 37-39.
- [3] 田启运, 周星龙, 陈宁武, 等. 330MW循环流化床锅炉水冷壁磨损分析[J]. 神华科技, 2016, 14(02): 56-59.
- [4] 钱宇, 张敏, 李力全. 循环流化床锅炉防磨技术[J]. 热力发电, 2007(06): 72-74.

作者简介：

郭琪(1989-), 男, 汉族, 山东省枣庄市, 本科学历, 枣庄八一水煤浆热电有限责任公司, 生产车间副主任, 中级工程师, 研究方向: 锅炉检修运行。

褚峰(1989-), 男, 汉族, 山东省枣庄市, 本科学历, 枣庄八一水煤浆热电有限责任公司, 生产车间工程师, 助理工程师。研究方向: 锅炉检修运行。

王友胜(1980-), 男, 汉族, 山东省枣庄市, 本科学历, 枣庄八一水煤浆热电有限责任公司, 生产副总师, 助理工程师, 研究方向: 循环流化床锅炉发电。