

长期停备煤电机组锅炉烟风道腐蚀机理与维护策略

吕仲奇 魏敏哲

华能国际电力江苏能源开发有限公司南京电厂 江苏 南京 210035

摘要：华能国际电力江苏能源开发有限公司南京电厂（以下简称华能南京电厂）位于江苏省南京市六合区，为两台前苏联引进的超临界320MW燃煤机组，1994年3月和10月，两台机组先后顺利投产。目前电厂两台机组服役期均已满30年，机组服役期满后按照应急备用电源模式运行。机组将处于长期停备状态，锅炉烟风道不得不面临严重的腐蚀问题，不仅影响设备寿命，同时对锅炉设备安全性和经济性构成一定风险。机组长期停备期间，锅炉烟风道主要遭受三方面腐蚀：化学腐蚀、电化学腐蚀和应力腐蚀。针对锅炉烟风道的腐蚀问题，对锅炉运行的安全性和经济性带来了双重挑战，必须要引起高度重视，特别是长期停备的机组长期停备，为确保应急备用机组随时具备启动条件，启动后锅炉安全得到保障，必须制定行之有效地维护方案与措施。为了更好地实现应急备用机组的应急功能，转备用的煤电机组需要具备更快的启动速度和更高的可靠性，所以机组长期停备期间需要特别关注机组的维护保养，通过定期维护、隐患排查和技术改造，及时发现并处理机组潜在的问题，防止小问题、小隐患演变成大故障、大事故，切实提高备用机组应急启动的可靠性、安全性。

关键词：应急备用电源；长期停备；设备寿命；维护方案；应急功能；可靠性

1 研究背景

华能南京电厂位于江苏省南京市六合区，为两台前苏联引进的超临界320MW燃煤机组，1994年3月，1号机组顺利投产；同年10月，2号机组顺利投产。目前电厂两台机组服役期均已满30年，根据国家能源局《关于做好“十四五”期间煤电机组延寿工作的通知》（国能发电力〔2022〕41号）、江苏省发展改革委 国家能源局江苏监管办公室《关于做好“十四五”期间煤电机组延寿工作的通知》（苏发改能源发〔2022〕495号）等相关文件要求，两台机组320MW机组服役期满后按照应急备用电源模式运行。

华能南京电厂两台机组转应急备用后，机组将处于长期停备状态，锅炉烟风道不得不面临严重的腐蚀问题，不仅影响设备寿命，同时对锅炉设备安全性和经济性构成一定风险。机组长期停备期间，锅炉烟风道主要遭受三方面腐蚀：化学腐蚀、电化学腐蚀和应力腐蚀。依据ISO 9224-2012《金属和合金的腐蚀》标准，在《华能南京电厂1、2号机组应急备用保养规程》中进行了明确要求：机组备用30天以上，锅炉停炉后对烟道和低温省煤器积灰进行清理（空预器视停炉前运行情况确定是否清理），防止长时间停用后内部积灰结块，加剧烟、风道腐蚀。

2 锅炉风烟道运行风险

锅炉风烟道在锅炉运行中起到介质输送与分配、调节燃烧、回收热量等关键性作用。风烟道系统内的空

气、烟气中常含有灰尘等颗粒，一是长期的高速流动必然对锅炉风烟道防磨防腐涂层及金属管壁产生冲刷磨损，二是燃料中含硫等杂质，燃烧产生的烟气中会有二氧化硫等酸性气体，当烟气温度较低或遇水时，会形成酸性液体，对烟道内壁造成腐蚀；三是烟气中的灰尘等杂质可能在风烟道内沉积，造成积灰堵塞，增大通风阻力，影响锅炉的正常通风和燃烧，尤其是风烟道弯头、三通、焊缝、法兰连接处等部位，当风烟道壁厚减薄至一定程度时，甚至出现空气或烟气泄漏，影响锅炉厂房内的环境及其他设备安全；四是锅炉风烟道内的气流流速不均匀，存在涡流或者与风机等设备发生共振，引起风烟道的振动，特别是长期振动可能导致管道的连接部件松动、焊缝开裂等问题，严重时将直接危及锅炉风烟道的原有结构，造成设备损坏事故。

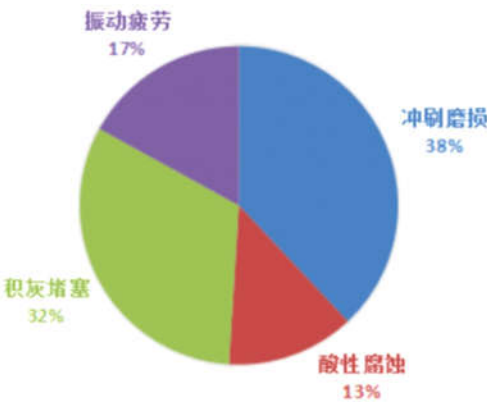


图1 锅炉风烟道运行风险分析

3 腐蚀机理分析

机组长期停备期间, 锅炉烟风道主要遭受三方面腐蚀: 化学腐蚀、电化学腐蚀和应力腐蚀, 其中化学腐蚀是造成锅炉烟风道腐蚀的主要因素。

3.1 化学腐蚀

化学腐蚀来自锅炉烟风道内残留的酸性气体, 煤粉燃烧产生的氮氧化物、二氧化硫等, 仍然会与锅炉烟风道内的水分结合(主要为破损锈蚀的烟风道, 潮湿空气或者雨水侵入), 形成亚硫酸、硝酸等酸性溶液。这些酸性物质接触锅炉烟风道金属材质管壁时会发生化学反应, 逐渐溶解金属材质管壁, 形成腐蚀并破坏原有金属结构。

3.2 电化学腐蚀

电化学腐蚀同样极易发生在潮湿环境中。锅炉烟风道内的金属材质表面, 由于材质存在杂质或者不均匀性, 当水膜存在时会形成无数微小的腐蚀电池。在电池反应中, 金属作为阳极发生氧化反应, 失去电子变成金属离子进入溶液; 而在阴极区域, 溶液中的氧气得到电子发生还原反应。随着时间逐渐推移, 阳极区域不断被电化学腐蚀形成蚀坑和锈层, 导致锅炉烟风道中潮湿段管路因锈蚀破损出现漏点。

3.3 应力腐蚀

应力腐蚀主要是锅炉烟风道制造和安装过程中产生的残余应力, 以及机组长期停备期间温度变化产生的热应力, 两者共同的作用下而导致的。特别是在烟风道的焊缝、拐角、变径等部位, 还有锅炉运行期间容易出现应力集中的部位, 在腐蚀介质的协同影响下, 金属材质在远低于其屈服强度的应力下, 同样会发生应力腐蚀开裂, 甚至形成裂纹并逐渐扩展, 极大地降低了锅炉烟风道的结构强度。

4 维护策略

针对锅炉烟风道的腐蚀问题, 对锅炉运行的安全性和经济性带来了双重挑战, 必须要引起高度重视, 特别是处于长期停备的机组, 为确保在电力系统设备故障、电力中断等紧急情况条件下, 应急备用机组随时具备启动条件, 而且启动后的机组和设备安全能够得到保障, 电厂必须做好提前谋划, 根据现场实际情况, 制定行之有效的维护方案与措施。

4.1 破坏腐蚀形成条件

机组长期停备前, 需对锅炉烟风道进行全面清理, 尤其是炉烟管道、空预器出口风道、低低温省煤器烟道、电除尘烟道等积灰较多的区域, 确保内部积灰和杂物清理干净, 因为这些物质可能吸附酸性气体和水分,

会进一步加剧锅炉风烟道的腐蚀程度, 同时还可以采用氧化钙、硅胶等干燥剂或通风设备, 对湿度较大或受潮进水的烟风道进行干燥通风处理, 破坏电化学腐蚀的形成条件。

4.2 加强防腐涂层检查与修复

利用停备维护保养或机组检修契机, 对锅炉烟风道的防腐涂层进行检查与修复, 尤其是炉烟管道、空预器出口风道、低低温省煤器烟道、电除尘烟道等漏点较多的区域, 根据锅炉烟风道内介质温度, 采用无机类、有机类、耐酸导热及复合类防腐涂料, 可以有效隔离金属与腐蚀物质。

4.3 采用先进检测技术

长期停备机组启动准备前, 要对锅炉烟风道进行全面检测, 采用超声波测厚、射线探伤等无损检测技术, 确定腐蚀程度和范围。对于轻微腐蚀的区域, 可进行表面修复; 若发现腐蚀严重的部件, 要及时更换, 确保机组启动后锅炉烟风道的运行安全。

4.4 技术改造实现在线监测

通过技术改造对锅炉烟风道腐蚀情况进行在线监测。安装在线腐蚀监测设备后, 可以实时掌握锅炉烟风道的腐蚀情况, 结合人工定期巡检, 及时发现潜在问题。利用气体置换法, 向烟风道内充入惰性气体, 如氮气, 降低氧气和酸性气体的浓度, 抑制腐蚀反应。

4.5 改进设计与安装

在锅炉烟风道的设计和安装过程中, 根据锅炉的整体结构和工艺流程, 首要考虑以下几点: 一是合理规划烟气流向, 避免出现气流死角和涡流区, 减少风烟道局部磨损和腐蚀, 为后续的安装、检修与维护预留足够的空间; 二是合理设置锅炉烟风道的支撑及支吊架, 根据烟风道的重量、受力情况选择合适的支撑形式和材料, 保证管道牢固可靠, 防止管道变形和移位, 避免因应力集中引发腐蚀开裂; 三是确保烟风道连接的严密性, 采用合适的连接方式和密封材料, 保证焊缝工艺质量, 法兰连接要使用密封垫片, 并均匀紧固法兰螺栓, 防止空气或烟气泄漏。

5 结论及展望

随着新能源装机的快速发展, 其发电的间歇性和波动性特点日益凸显, 新型电力系统建设下系统的稳定性成为了当务之急, 电力系统对大容量、大参数、高灵活性的煤电机组这一类稳定电源的需求更加迫切。而大量供电煤耗高、灵活性差、容量小的煤电机组被淘汰关停, 并转为应急备用电源, 未来应急备用电源的发展规模将进一步扩大。为了更好地实现应急备用机组的应急

功能,转备用的煤电机组需要具备更快的启动速度和更高的可靠性,所以机组长期停备期间需要特别关注机组的维护保养,通过定期维护、隐患排查和技术改造,及时发现并处理机组潜在的问题,防止小问题、小隐患演变成大故障、大事故,切实提高备用机组应急启动的可靠性、安全性。随着技术创新不断更新迭代,电厂可以在智能监控与诊断技术、在线监测与无损检测技术、新型材料与涂层应用、预润滑与快速启动技术等方面开展技术攻

关,为确保机组和设备的科学维护保养保驾护航。

参考文献

[1]田兵,张家宪等,华能南京电厂1、2号机组应急备用保养规程,华能南京电厂企业标准,2024.

[2]田兵,朱伟男,华能南京电厂辅机运行规程,华能南京电厂企业标准,2023.

[3]公司编写组,中国华能集团有限公司火电厂防止锅炉设备事故重点要求,华能集团企业标准,2023.