

Boiler Economizer Tube Bursting Maintenance and Optimization of Supporting Motor Operation and Maintenance

Dejian Meng

Baicheng Thermal Power Branch of State Power Investment Green Energy Co., Ltd., Baicheng, Jilin, 137000, China

Abstract

The economizer is a pressure bearing core component for boiler waste heat recovery. It is prone to pipe burst and leakage due to long-term exposure to high-temperature flue gas, resulting in load reduction, shutdown of the unit, and the accumulation of ash and corrosion in the flue. The working conditions of the supporting motor directly affect its operation, and insufficient operation and maintenance of the motor will increase the loss of the economizer and increase the risk of failure. This article combines practical experience in industrial sites, deeply analyzes the core causes of coal economizer tube bursting, sorts out precise and standardized tube bursting maintenance processes, and proposes targeted optimization plans for the full cycle operation and maintenance of supporting motors to solve practical problems such as extensive on-site maintenance, disconnected motor operation and maintenance, and equipment failure recurrence. It provides practical reference for the safe, stable, and long-term operation of boiler auxiliary systems.

Keywords

economizer; explosion tube maintenance; electromotor

锅炉省煤器爆管检修与配套电机运维优化

孟德健

国电投绿色能源股份有限公司白城热电分公司, 中国·吉林 白城 137000

摘 要

省煤器为锅炉余热回收承压核心件, 长期受高温烟气冲刷, 易发生爆管泄漏, 造成机组降负荷、停机并衍生烟道积灰腐蚀。配套电机工况直接影响其运行, 电机运维不足会加重省煤器损耗、提升故障风险。本文结合工业现场实操经验, 深入剖析省煤器爆管的核心诱因, 梳理精准化、标准化的爆管检修工艺, 针对性提出配套电机全周期运维优化方案, 解决现场检修粗放、电机运维脱节、设备故障反复复发等实际问题, 为锅炉辅机系统安全、稳定、长效运行提供实操参考。

关键词

省煤器; 爆管检修; 配套电机

1 引言

省煤器作为工业锅炉和发电机组的重要设备, 在水汽系统与烟风系统中起着预热给水, 减少排烟损失, 提高锅炉效率的作用。由于它工作条件较差长期受到烟气飞灰磨损、低温腐蚀、介质压力变化以及机械应力的作用是锅炉受热面中发生事故最多的部件之一。实践中发现大多数省煤器爆管并非单纯的设备本身老化引起, 而是省煤器管束损耗、维修方法欠缺以及相应的电机运作状态异常共同造成的结果。其电机转速的不恒定、负载问题和运行过程的振动问题均直接会导致水流量大小的不平衡和烟气流场紊乱加快省煤器管束的磨损、腐蚀导致失效, 同时, 传统管理模式把其本身及其相配套电机分而治之只重抢修不重预防, 使此类问题不断

重复发生。为此笔者结合现场维修实践分析了省煤器爆管原因及准确的维修程序, 同时完善电机的维护管理, 将省煤器本体检修和辅机检修融为一体, 最大限度地减少了类似故障发生的频率。

2 锅炉省煤器爆管主要故障原因

2.1 飞灰的冲刷磨损使管壁逐渐变薄

飞灰磨损是在现场引起爆管最多的原因。燃煤锅炉所产生的细小飞灰, 随高温烟气在省煤器管束中高速流动而不断地对管壁进行冲刷。特别是在烟道弯折处、管束间距不均等易产生局部的烟气高速流速点或脱落和缺损防磨瓦部位的受热面管段处形成较大的飞灰冲刷力^[1]。长期运行导致管壁减薄缓慢积累而承载能力减弱直至不能承担给水压力而导致爆管事故。其磨损特征十分局部, 并非沿管壁整体均匀发生, 大都集中在管束迎风侧和弯头处。很难从日常检查中发现, 多数是在发生泄漏之后才能确认原因。因此是隐性最

【作者简介】孟德健(1988-), 男, 中国吉林洮南人, 本科, 工程师, 从事燃煤电厂研究。

大的故障。

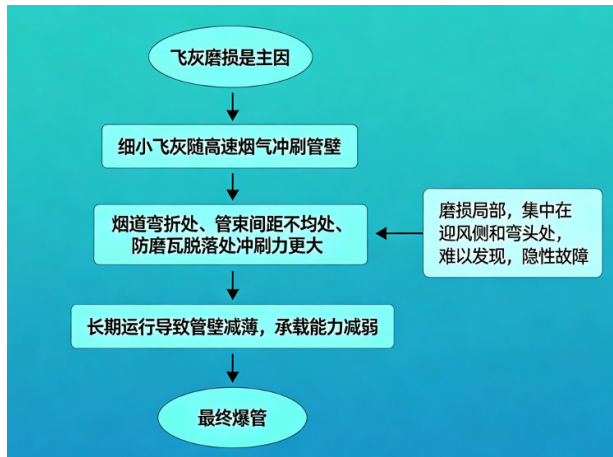


图1 于飞灰磨损导致爆管事故

2.2 低温酸性腐蚀，管壁点状破坏

省煤器为尾部低温烟道区域，是发生低温腐蚀最为严重的区域。锅炉燃烧过程中会产生 SO_2 和 SO_3 等酸性气体，在排烟温度低于酸露点的情况下，会在受热面低温区凝结成酸性液体，对金属管壁造成侵蚀。此外在实际生产中如果给水的除氧不完全，其中含有溶解于水中的氧气，也会使省煤器管内壁产生点状凹痕。内外双重作用下，受热管局部会出现减薄以及点蚀现象，这种腐蚀现象和磨损存在明显差异，它没有固定的规律可循，突然性很强，小坑迅速发展成爆管事故。另外由于低负荷运行时，排烟温度也较低，导致腐蚀加剧。所以机组在冬季、特别是低负荷时段经常发生省煤器事故，这是其根本原因^[2]。

2.3 应力疲劳损伤，焊口、弯头失效

省煤器管束是带压运动的部件，在启、停炉及负荷升降过程中给水压力和烟温的反复波动，使省煤器的管束发生反复的热胀冷缩，而出现交变应力。其管束弯头处，焊接部位以及联箱对接位置为应力集中点，经过较长时间的交变载荷作用将形成微观的疲劳裂纹。这种裂纹在开始时十分细微并不影响设备的运行，随着运行时间的增长而逐渐被拉长并加深最后穿透管子造成爆管。在现场中发生的许多焊口处爆管及弯头开裂事故大多是经长期应力疲劳造成的，而不是突然的过载造成，是一种典型的积累故障。

2.4 工况恶化加剧故障，辅机影响

我国是煤炭消耗大国，而每年火力发电用煤占全国用煤总量的 1/3。燃煤锅炉对环境造成的污染非常严重，随着环保要求越来越严格，燃煤锅炉在环保方面的投入也越来越大。在我国碳达峰、碳中和的战略目标指导下，电力结构亟需调整，燃煤锅炉装机容量需要降低，清洁能源装机容量有待提高。常规运维未考虑配套电机工况对省煤器的影响。省煤器给水泵、引风机所配套的电机出现故障时，将直接影响给水流量、烟气流速，电机时快时慢造成管束中给水介质紊乱及压力变化加重管壁的应力疲劳；另外，引风机电机振

动、负载不均匀等导致烟道内烟气流紊乱并使部分飞灰浓度升高、冲刷力增大从而间接加剧了管束的磨损腐蚀形成电机故障——工况紊乱——加速损坏——爆管故障系列问题。

3 精细化省煤器爆管检修工艺

3.1 故障精确定位与缺陷排除

停机后及时检查分析，准确判断缺陷部位及故障范围，防止盲目检修。首先观察烟道内积灰、积水痕迹，初步确定泄漏段的位置；逐段对管壁测厚，表面探伤及做压力试验。特别是对管束的迎风面，弯头，焊口，防磨处要仔细测量并记录下管子壁减薄量及裂纹长度和腐蚀坑的数量与分布等，同时要观察周围的其它管子的情况，看是否有隐蔽性损伤存在，防止只考虑爆管点附近的明显位置而忽略周围其它潜在的隐患。同时查看周围的防磨瓦或密封板以及烟道的导流板有无掉落或变形现象，从结构上查找引起磨损的因素^[3]。全部检测、记录项目完成，对所有数据进行汇总并作管壁损耗趋势曲线绘制。对比历次机组检修情况，分清短期冲刷磨和长期介质腐蚀的两大类因素影响，并作出减薄严重、存在裂纹以及腐蚀坑等缺陷的管道编号和登记，并检查防磨设施缺损及变形部位是否与该处管道的损伤密切相关，分析造成磨损根源传递关系等。提出各类不同处理意见和方案，采取了轻微受损管道补焊加装加厚防磨瓦的措施。对超限壁厚损耗及存在贯穿性裂纹的管束作了更换。并对修复后的区域进行了复检，重新进行了局部压力验证工作。彻底消除隐患。留下图像资料和报告供以后的机组运行和调整吹灰参数提供有力的数据依据，从根源上杜绝管道再次遭受损伤。

3.2 缺陷部件规范修复或更换

根据不同缺陷采取不同的方法进行修复，延长检修周期。局部的轻微磨损、腐蚀、壁厚在控制范围内无裂纹时可以采用磨光除锈后涂以防腐层来加以防护；对于壁厚减薄严重的、有疲劳裂纹和穿孔爆管的情况必须更换管段不得以补焊的方式进行处理。更换单位要与原材质、规格保持一致，在安装过程中严格控制其对口间隙，焊接质量等项目，要求焊接完毕后对其焊口部位进行无损探伤，杜绝夹渣及气孔现象出现，防止发生裂纹^[4]。防磨瓦脱落或变形处重新加装牢固的防磨设施，并且对烟道导流进行调整使烟气流线规整化，消除了局部区域高速冲刷现象的发生。

3.3 系统试压和工况调整验收

水压试验必须分段、升压缓慢并保持 5min 无渗漏，联箱、焊口、管束均无变形及泄漏，合格后恢复。清理烟道内部的积灰、杂物等以免造成残留积灰影响流场正常分布情况等。启动初期采用低负荷暖机，逐步升高负荷方式以防由于温度、压力瞬间波动产生瞬时应力造成对检修后管束的影响。监视省煤器给水压力、排烟温度、烟速等是否稳定，有无不正常的参数变化。

3.4 检修后隐患建档追溯

单台省煤器缺陷维修记录，详细描述爆管位置、缺陷

类别、检修方法、更换零件、试验数据等。结合机组运行小时数和负荷状况,分析设备损耗情况,并确定今后重点巡检的部位和巡检周期,做到故障可追寻,危险预判性,在后期预防性维护上提供数据支持。

4 省煤器电机运维优化措施

4.1 细化巡检,管控运行工况

通过转变以往松散的看温、听音巡检方式,针对影响省煤器工况的电机项目点进行巡检。将给水泵及引风机运行转速稳定性、运行振动值、轴承温度、电机电流、机身异响等作为检测项目,每日观测其变化趋势。将电机联轴器同心度以及电机底座紧固状况作为排查重点,防止因电机振动超标引发的工况波动现象。在发现电机转速起伏较大、负荷忽高忽低及振动异常现象时要立即调节相关运行参数,及时消除异常,防止连续性的影响省煤器工况^[5]。

4.2 规范周期保养,消除隐患。

建立分级定期维护制度,实施电机全寿命周期的维护管理。日常保养主要清除电机表面积尘及端子紧固情况,并补充润滑脂保证散热性能与传动可靠性;季度保养主要检测轴承损耗、联轴器磨损程度及绝缘阻值大小等,针对老化的部件进行更换处理;每年开展一次大保养并彻底对电机绕组以及内部转子状态检查,对灰尘污垢进行清洁处理,重新校准同轴度以及间隙。禁止使用老化超期部件、润滑油劣化以及过热等潜在问题的发生,从设备本体上确保电机稳定运行。

4.3 设置故障预警机制,预防性维护

根据巡检,对电机进行状态预判,通过数据比对及时发现异常。电流微小变化、振动数值缓慢爬升、轴承温度偏高等现象都是电机故障的前兆,应做到未雨绸缪而不是亡羊补牢。对季节性工况提前做好应对工作,夏季要着重关注和预防散热问题,在避免出现过载及过热运行方面做足功课;冬季则重点针对油质流动性及线路绝缘情况进行检查,并在低温工况条件下对电机启动和运行做好预防性措施,从源头上避免由于电机工况紊乱导致省煤器损耗加剧的情况发生。

4.4 联动主体设备,一体化协同运维

省煤器本体与其电机一体化的管理模式,使电机运行情况与省煤器工况联系起来。出现排烟温度升高、给水压力下降、积灰速度增大等异常状况时优先对电机进行检查。机组启动和停止过程中以及机组负荷改变的时候,都对电机进行相应的调整,维持了机组在运行的过程中对烟风系统及水汽系统的稳定运行减少了由于交变应力和流场紊乱对于省

煤器管束带来的损伤,实现了辅机为设备保驾护航的目的。

5 运维优化总体效果及应用意义

通过精细化的爆管维修以及实施与之相配套的电机综合维护优化措施可以有效解决现场频繁发生的设备故障、检修质量不高和辅机不匹配等运行难题。精细维修彻底根除磨损、腐蚀及应力裂纹等根本缺陷,杜绝粗维修产生的隐藏问题,通过对电机进行综合维护能够确保机组运行工况良好,可有效避免因辅机而造成的省煤器二次损伤形成检修无后患、维护到位且运行工况稳定的良性运行机制。本方案十分切合工业锅炉现场实际应用情况不需要复杂的改造,也没有高额维护费用可以直接实施运行,它能使省煤器爆管频率显著减少、降低机组非计划停机率,并降低了设备的维护和检修费用,同时也减少了配件消耗并显著提高了锅炉机组的安全性、稳定性和经济性,为同类型锅炉机组系统提供了一种成熟的运行维护管理经验。

6 结语

锅炉省煤器爆管事故是多种原因复合构成的一个综合设备事故。既包括:管束本身磨损、腐蚀、应力等缺陷,还包括电机等相关辅机不合理的运行、紊乱的工况等诸多因素诱发。采取传统抢修为主、预防为辅以及分体管理的办法不能从根源上根治设备重复故障问题。以现场实际为准绳,抛弃以往模糊笼统、空洞化的做法,精细化检修彻底处理消除省煤器本身存在的显性及隐形缺陷和隐患,并配套完善相关电机全生命周期内科学化运维体制,从而达到整体统一控制目的,方可杜绝和降低省煤器事故频率。今后的维护工作中还应不断细化剖析,完善预防式措施,进一步优化工况,全方位提升锅炉尾部受热面及其辅机安全稳定运行,保证工业锅炉机组和火电机组长期高效运作。

参考文献

- [1] 马旭旭. 生物质电站锅炉省煤器爆管分析[J]. 机电信息, 2022, (13): 60-62.
- [2] 孙安超, 魏志瑞. 1000MW超超临界燃煤锅炉省煤器悬吊管爆管分析[J]. 锅炉制造, 2022, (1): 18-19.
- [3] 荆云. 水泥窑窑头余热锅炉爆管原因分析及应对措施[J]. 中国水泥, 2021, (10): 105-109.
- [4] 陈增. 循环流化床锅炉水冷壁爆管原因分析[J]. 氮肥技术, 2021, 42 (3): 40-43.
- [5] 何家胜, 王康, 邓武兵, 沈弘毅. 锅炉省煤器管件爆管原因与数值模拟分析[J]. 锅炉制造, 2021, (3): 1-3+16.