

余热锅炉水冷壁管泄漏原因分析

单汉生

华润电力(常州)有限公司, 江苏 常州 213000

[摘要] 在工业生产中, 余热锅炉被广泛应用于能源回收领域, 以提高能源利用效率。然而, 余热锅炉水冷壁管泄漏问题频繁出现, 给生产安全和经济效益带来了严重影响。本研究旨在深入分析余热锅炉水冷壁管泄漏的原因, 为解决该问题提供科学依据。

[关键词] 锅炉; 水冷壁管; 泄漏原因

DOI: 10.33142/ect.v2i7.12733

中图分类号: TQ051.503

文献标识码: A

Analysis of Leakage Reasons of Water-cooled Wall Tubes in Waste Heat Boilers

SHAN Hansheng

China Resources Power (Changzhou) Co., Ltd., Changzhou, Jiangsu, 213000, China

Abstract: In industrial production, waste heat boilers are widely used in the field of energy recovery to improve energy utilization efficiency. However, the problem of water wall tubes leakage in waste heat boilers frequently occurs, which has a serious impact on production safety and economic benefits. This study aims to deeply analyze the reasons for water wall tube leakage in waste heat boilers and provide scientific basis for solving this problem.

Keywords: boilers; water-cooled wall tubes; leakage reasons

引言

余热锅炉水冷壁管泄漏严重影响了设备的正常运行和热能回收效率, 直接影响了工业生产的稳定性和经济效益。现有研究对于泄漏原因的分析还不够全面深入, 缺乏系统性和科学性, 需要进一步深入研究。随着工业生产技术的不断发展和锅炉运行环境的多样化, 泄漏原因可能涉及到多个方面, 需要全面考虑各种可能性。因此, 深入研究余热锅炉水冷壁管泄漏的原因, 对于提高锅炉运行安全性、降低能源消耗和维护环境友好型生产具有重要意义。

1 锅炉爆管的故障

锅炉爆管是指锅炉压力容器中的管道或管子在使用过程中由于各种原因而突然破裂或开裂的现象。这种故障可能导致严重的人员伤亡和财产损失, 因此需要深入了解其原因并采取相应的预防措施。

一种原因是过高的压力。当锅炉压力超过了设计或运行压力范围时, 管道或管子可能无法承受过大的压力而破裂, 这是由于操作不当、系统故障或设备损坏等原因导致的。另一个原因是过热。过热会导致管道或管子的材料发生变形或热应力超过其承受范围, 从而导致裂纹或破裂。过热可能是由于燃料燃烧不完全、水循环不畅、锅炉水位不稳定或水质问题等引起的。

此外, 锅炉运行中的其他因素也可能导致管道或管子爆裂, 如振动、冲击、腐蚀、金属疲劳、焊接缺陷等, 这些因素会逐渐损害管道或管子的结构完整性, 最终导致爆管故障。

2 余热锅炉水冷壁管泄漏原因分析

2.1 高温腐蚀

2.1.1 水冷壁管内外温度差异

在余热锅炉运行过程中, 水冷壁管内外存在着显著的温度差异。外部受到高温烟气的作用, 温度较高, 而内部受到冷水的冷却, 温度较低。这种温度差异导致了水冷壁管材料表面的热应力和冷应力的交替作用, 使得水冷壁管处于一个复杂的热应力状态中。

具体来说, 水冷壁管外表面暴露在高温烟气中, 受到烟气中含有的腐蚀性物质的侵蚀, 同时由于高温环境下的氧化作用, 使得管材表面形成一层氧化皮。而水冷壁管内部则受到冷水冷却, 使得管材内部温度较低, 容易形成水膜。在这种温度梯度的作用下, 管材表面的氧化皮会发生热膨胀和收缩, 同时水膜的存在加剧了腐蚀的速度, 导致了水冷壁管的金属材料出现了氧化、腐蚀、疲劳等现象, 从而使得管壁变薄, 最终导致管道泄漏^[1]。

2.1.2 燃烧产物对管壁的腐蚀

燃烧过程中产生的烟气中含有大量的腐蚀性气体和化学物质, 如硫氧化物、氯化物、氧化物等, 这些物质会对水冷壁管的金属材料造成腐蚀, 加剧管壁的损坏。

硫氧化物是主要的腐蚀因素。在燃烧过程中, 燃料中的硫化物经过氧化反应生成二氧化硫(SO_2)和硫三氧化物(SO_3), 当 SO_2 和 SO_3 与水蒸气反应形成硫酸时, 会对水冷壁管表面造成腐蚀。硫酸是一种强酸, 能够迅速侵蚀金属表面, 导致水冷壁管材料的腐蚀和脱落。

燃料中的氯化物经过燃烧后生成氯化氢 (HCl) 等氯化物, 这些氯化物会与水蒸气反应形成盐酸, 进而对水冷壁管的金属表面进行腐蚀。盐酸是一种强酸, 能够迅速侵蚀金属表面, 导致管壁腐蚀加剧。

另外, 氧化物也会对水冷壁管造成腐蚀。燃烧过程中产生的氧化物, 如二氧化碳 (CO₂)、一氧化碳 (CO) 等, 与水蒸气反应形成碳酸等化合物, 这些化合物对金属材料也具有一定的腐蚀性, 会加剧水冷壁管的腐蚀程度。

2.2 机械损伤

2.2.1 燃烧过程中的振动

在余热锅炉的燃烧过程中, 燃料的燃烧会产生大量的热量和气体, 导致锅炉内部产生高温和高压环境。这种高温高压环境会引起燃烧室和水冷壁管的振动, 而这种振动会对水冷壁管造成损伤。

燃烧过程中的振动会导致水冷壁管的应力集中。在高温高压环境下, 水冷壁管受到内部烟气的冲击和外部水的冷却, 产生复杂的应力状态。而燃烧过程中的振动会使得这种应力状态变得更加复杂, 导致应力集中在水冷壁管的某些部位, 从而加剧了这些部位的疲劳损伤, 最终可能导致管壁的破裂和泄漏。

振动还会导致水冷壁管与支撑结构的摩擦和碰撞。在燃烧过程中, 水冷壁管受到烟气的冲击和水的冷却, 会产生不规则的振动。这种振动会导致水冷壁管与支撑结构之间产生摩擦和碰撞, 从而造成管壁表面的划痕和磨损, 最终可能引发管壁的疲劳断裂和泄漏。

另外, 在高温高压环境下, 水冷壁管受到内部烟气的冲击和外部水的冷却, 容易发生热膨胀和冷收缩, 导致管道的松动和变形。这种松动和变形会使得水冷壁管与支撑结构之间的接触面积减小, 增加了管道的振动幅度, 进一步加剧了管壁的疲劳损伤, 最终导致泄漏。

2.2.2 管道安装不当

管道安装不当涉及多个方面, 如安装位置不准确、连接方式不合适、支撑结构不稳固等, 这些问题都可能导致水冷壁管在运行过程中受到损伤, 导致泄漏。

安装位置不准确会导致水冷壁管受到外部冲击和挤压。在余热锅炉的安装过程中, 如果水冷壁管的安装位置选择不当, 可能会使得管道与其他设备或结构之间的距离过小, 导致在设备运行过程中发生碰撞或挤压, 从而造成水冷壁管的机械损伤, 最终引发泄漏。在水冷壁管的连接过程中, 如果连接方式选择不当或连接工艺不规范, 会导致连接处存在漏水或密封不严的情况, 这会增加管道在运行过程中受到损伤的风险, 最终导致泄漏发生。另外, 在余热锅炉的安装过程中, 如果水冷壁管的支撑结构设计不合理或安装不牢固, 会使得管道在运行过程中发生晃动或振动, 从而增加管道受到损伤的风险, 最终导致泄漏事故的发生。

2.3 其他原因

2.3.1 材料质量问题

水冷壁管的材料质量直接影响着其耐久性和抗腐蚀性能, 如果材料质量存在问题, 就会增加水冷壁管发生机械损伤的风险, 最终导致泄漏的发生。

材料质量不达标会导致水冷壁管强度不足。在余热锅炉运行过程中, 水冷壁管会承受来自内部高温高压烟气以及外部水冷的压力和应力。如果水冷壁管的材料强度不达标, 就可能无法承受这些压力和应力, 从而导致管道发生变形、破裂或泄漏。

材料质量问题会影响水冷壁管的耐腐蚀性能。余热锅炉运行过程中, 水冷壁管内部受到高温高压烟气的作用, 外部则受到冷却水的影响, 容易发生腐蚀。如果水冷壁管的材料质量不合格或含有大量的缺陷, 就会增加管道受到腐蚀的风险, 导致管壁变薄、损伤或泄漏^[2]。材料质量问题还可能导致水冷壁管出现其他缺陷, 如裂纹、气孔等。这些缺陷可能会在余热锅炉运行过程中逐渐扩大, 导致管道发生机械损伤和泄漏。

2.3.2 运行参数不稳定

运行参数不稳定表现为温度、压力、流量等参数的波动或变化, 这些波动和变化会对水冷壁管造成不利影响。余热锅炉的运行温度通常较高, 而且温度可能会在短时间内发生较大波动。如果水冷壁管在温度快速变化的情况下, 容易出现热应力集中的问题, 长期下去会导致管壁的疲劳开裂, 引发泄漏。余热锅炉在运行过程中, 内部压力会因为燃料供给、燃烧情况等因素而发生波动。如果水冷壁管不能适应这种压力波动, 就会导致管壁产生应力过大的情况, 增加了管道发生机械损伤的风险。

余热锅炉在运行过程中, 冷却水的流量会受到外部环境因素或系统调节的影响而发生变化。如果冷却水流量的变化幅度过大或频率过快, 会导致水冷壁管受到冲击和振动, 从而增加了管道发生机械损伤的可能性。

3 避免余热锅炉水冷壁泄漏的有效措施

3.1 水冷壁结垢的处理措施

3.1.1 进行煮炉和酸洗

为有效预防和处理水冷壁结垢, 进行煮炉和酸洗是一种常用的有效措施。

煮炉是指通过加热水冷壁管道, 使管道内的结垢物质软化并脱落的过程。在煮炉过程中, 通过加热水冷壁管道至一定温度, 结垢物质会被加热软化, 从而更容易被冲洗清除。这可以通过循环系统中的高温水或蒸汽来实现。煮炉可以有效地清除管道内的固体结垢, 恢复水冷壁管道的清洁表面, 减少泄漏风险。

而酸洗是一种化学清洗方法, 通过使用酸性清洗剂溶解和去除水冷壁管道内的结垢物质。在酸洗过程中, 通常使用稀释的酸性溶液 (如盐酸或硫酸) 进行清洗, 将溶液

循环通过水冷壁管道内,使其与结垢物质发生化学反应,将结垢物质溶解或剥离,然后通过冲洗清除^[3]。酸洗可以有效地清除管道内的结垢,并恢复管道的通畅度和清洁度,减少泄漏的发生。在实施这些措施时,需要严格按照操作规程和安全标准进行操作,以确保操作人员的安全和设备的完整性。

3.1.2 提高给水品质

水质的提升可以有效减少结垢,延长设备寿命,并保持系统效率。水中的钙、镁等离子是形成结垢的主要成分。通过使用软化水设备或离子交换系统,可以有效去除水中的硬度离子,从而减少水冷壁管道内的结垢问题。软化水设备通常使用钠离子交换树脂,将钙、镁离子替换为钠离子,从而减少结垢的可能性。

除氧处理也是提高给水品质的重要环节。余热锅炉中的氧气不仅能导致管道腐蚀,还会间接促进结垢的形成。使用除氧器或化学除氧剂可以有效去除给水中的溶解氧,减少腐蚀和结垢的风险。常用的化学除氧剂包括硫代硫酸钠(亚硫酸盐)和水合肼,它们可以将溶解氧还原,从而保护管道不受腐蚀和减少结垢。

另外,还可以控制给水中的pH值和电导率。合适的pH值可以防止金属腐蚀和减少结垢的生成,而电导率的控制可以帮助监测给水中溶解固体的总量,从而评估和控制结垢的潜在风险。

3.1.3 保证用汽设备和汽水管道严密

密封不严密会导致水汽泄漏,进而引发结垢和腐蚀,最终导致水冷壁泄漏。通过定期检查用汽设备和汽水管道的连接处、密封垫片等部位,可以确保密封处没有磨损、老化或损坏,及时更换受损的密封件,以保证设备和管道的严密性。同时,采用适当的密封材料和密封技术是确保用汽设备和汽水管道严密性的重要手段。选择耐高温、耐压的密封材料,并采用有效的密封技术,如螺纹连接、焊接等,确保密封部位的稳固和可靠性。在设备和管道周围设置防护罩或防护栏,避免外部物体对设备和管道造成损坏或挤压,从而影响密封性能。

3.2 超温泄漏的防治

为有效防止余热锅炉水冷壁泄漏,特别是超温泄漏,需采取一系列有效措施。一是严格控制操作参数。通过监测炉膛和水冷壁管道的温度、压力等参数,确保其处于安全范围内,避免温度超过材料承受范围而引发泄漏。二是优化燃烧控制。合理控制燃料供给、燃烧空气量等参数,以避免燃烧过热导致超温现象的发生。设置有效的冷却系统,如喷水冷却系统,及时降低水冷壁管道的温度,防止其超温破裂。定期清洗水冷壁管道表面的结垢和沉积物也十分重要,保持管道表面清洁有利于热量传递和

冷却效果^[4]。三是加强监测与预警系统的建设,安装温度、压力传感器等设备,实时监测参数变化,并设定预警值,一旦发现异常情况,及时采取应急措施。四是实施定期的检查和维护计划,包括检查管道连接处的密封性、表面腐蚀情况等,及时修复或更换受损部件,以确保水冷壁管道的完整性和稳定性。

3.3 腐蚀泄漏的防治

首先,通过定期监测和调整给水的化学成分,控制水质中的氧含量、PH值、硬度等参数,降低水中腐蚀性物质的含量,从而减少腐蚀的可能性。其次,采用合适的材料和涂层技术。选择耐腐蚀的材料作为水冷壁管道的构建材料,如不锈钢、合金钢等,能够有效延长设备的使用寿命。对水冷壁管道进行防腐涂层处理,如涂覆耐酸碱、耐高温的防腐漆,能够有效阻止腐蚀介质与管道材料的接触,减缓腐蚀速度。再者,加强水冷壁管道的防护和维护。定期清洗水冷壁管道表面的沉积物和结垢,防止腐蚀介质在管道表面积聚和加速腐蚀。及时修复管道表面的损伤和磨损,防止腐蚀侵蚀进一步扩展^[5]。最后,加强监测和预警。安装腐蚀速率监测仪器、温度传感器等设备,实时监测管道表面腐蚀情况和温度变化,设定预警值并实施自动报警系统,及时发现腐蚀问题并采取应急措施,以防止泄漏事故的发生。

通过水质管理、选用合适材料和涂层技术、加强防护维护以及监测预警等综合措施,可以有效防治余热锅炉水冷壁腐蚀泄漏,保障设备的安全稳定运行。

4 结束语

余热锅炉是重要的能源设备,但在运行过程中,水冷壁管泄漏等故障问题时有发生,影响锅炉的正常运行和安全性。深入了解余热锅炉水冷壁管泄漏的原因,并执行有效的预防和解决措施,可有效降低泄漏发生的风险,保障锅炉设备的安全运行。

[参考文献]

- [1]林星豪,王美欢,张凌瀚,等. 锅炉水冷壁管泄漏事故失效分析[J]. 发电设备,2024,38(1):47-52.
- [2]张乾. 浅析锅炉水冷壁泄漏的成因及应对措施[J]. 橡塑技术与装备,2023,49(12):59-63.
- [3]邹章雄. 烟化法余热锅炉水冷壁管泄漏原因分析[J]. 管道技术与设备,2023(2):44-47.
- [4]董自谦,孙嘉欣. 一起余热锅炉前水冷壁管泄漏的试验分析[J]. 黑龙江电力,2022,44(6):550-552.
- [5]曾凌. 转炉余热锅炉水冷壁管破损的原因分析及对策[J]. 甘肃科技纵横,2020,49(10):38-40.

作者简介:单汉生(1984.12—),毕业院校:南京大学,专业:工商管理硕士,职称:工程师,职位:设备管理部副部长。