

探究燃煤电厂锅炉四管泄漏原因与预防措施

闫晓雄

国家能源集团山西电力有限公司霍州发电厂 山西霍州 031400

【摘要】燃煤电厂锅炉四管泄漏是指锅炉中的省煤器、水冷壁、过热器及再热器管道因磨损、腐蚀、疲劳等损坏导致泄漏，影响锅炉的正常运行。通过研究分析，磨损、腐蚀、材质问题、设计制造等问题均会导致燃煤电厂锅炉四管泄漏，针对泄漏原因，本文提出了材料选择与质量控制、优化设计、加强环境与排放管理、控制操作规程、加强运行维护和检测技术与设备更新等预防措施，以便提升锅炉的安全性和可靠性，减少泄漏事故的发生，降低维护成本，提高经济效益。

【关键词】燃煤电厂锅炉；四管泄漏；预防措施

燃煤电厂锅炉四管泄漏是指锅炉中省煤器、水冷壁、过热器和再热器等四根主要管道的泄漏。这四根管道在锅炉运行中起着至关重要的作用，它们负责将热量传递给水，使其蒸发成蒸汽，从而为发电机提供动力。然而，由于燃煤电厂锅炉运行环境恶劣，四管容易受到磨损、腐蚀和疲劳等损害，导致泄漏。泄漏的后果非常严重，不仅会导致锅炉非计划停运，影响电厂的发电能力，还会对环境和人类健康造成威胁。因此，预防四管泄漏对于保障电厂安全运行、提高经济效益和保护环境具有重要意义。

1 锅炉四管泄漏原因分析

1.1 磨损

磨损是导致锅炉管道泄漏的重要原因。锅炉管道的磨损通常分为两种形式：冲蚀磨损和蠕变磨损。冲蚀磨损主要是指烟气中的飞灰对管道的磨损，而蠕变磨损则主要是受热膨胀和冷却收缩的循环过程对管道造成的累积损伤。燃煤电厂锅炉在运行过程中，高温烟气中的石灰石颗粒、焦炭颗粒等硬质颗粒物会对锅炉管道产生强烈的冲击、摩擦，导致管道产生穿透性的破坏，从而引起“四管”泄漏。这种磨损过程是一个逐渐破坏的过程，随着时间的推移，磨损会逐渐加剧，最终可能导致泄漏。

1.2 腐蚀

腐蚀是指材料与周围环境中的介质发生化学或电化学反应，导致材料受损的过程。在燃煤电厂锅炉中，腐蚀可能发生在各种部位，如焊缝处、弯头处、膨胀部位等。锅炉中的腐蚀主要分为化学腐蚀和电化学腐蚀。化学腐蚀是指材料与周围环境直接发生化学反应而遭受的破坏。电化学腐蚀则是材料与电解质溶液发生电化学反应，导致材料

受损。在燃煤电厂锅炉中，高温烟气中的湿气、酸雾等化学物质会与锅炉管道等金属材料发生化学腐蚀，尤其是在高温、高湿、高盐度等恶劣环境下，腐蚀现象更加严重。电化学腐蚀则是由于锅炉管道在高温烟气环境中膨胀和收缩，导致金属表面产生微小裂纹，从而形成电池电流，加速金属的腐蚀。

1.3 材质问题

在锅炉运行过程中，由于高温、高压等极端条件，锅炉管道需要具备良好的耐腐蚀性、耐磨性和足够的机械强度。如果管道的材质选择不当或者制造过程中存在缺陷，就会导致泄漏事故的发生。材质问题的原因主要包括以下几个方面：一是材质选择不当，如果选用的材料不具备足够的耐腐蚀性和耐磨性，或者与烟气中的介质不兼容，就容易导致管道泄漏。二是制造缺陷，在锅炉管道的制造过程中，可能会出现裂纹、孔洞等缺陷，这些缺陷会成为腐蚀和磨损的集中点，从而导致泄漏。三是热处理问题，如果锅炉管道在制造过程中热处理不当，可能导致材料的力学性能不达标，影响其抗拉伸、抗压缩等性能，进而导致泄漏。四是焊接问题，焊接是锅炉制造中的重要环节，如果焊接质量差，如存在气孔、夹渣、焊缝缺陷等，会降低管道的整体性能，增加泄漏的风险。

1.4 设计、制造和安装问题

设计、制造和安装问题也是燃煤电厂锅炉四管泄漏的重要原因，这些问题容易导致锅炉管道的结构完整性受损，从而引发泄漏。在设计方面，存在着设计不合理的问题，如果锅炉管道的设计不符合工程标准和实际运行需求，如管道的直径、壁厚、材料选择不恰当，可能会导致管道

在运行中承受不必要的压力和磨损,增加泄漏的风险;还存在着结构缺陷,设计时未能充分考虑管道的结构强度和稳定性,如忽视了管道的支撑和固定,可能导致管道在高温高压环境下发生形变或破裂。在制造方面,存在着材料缺陷问题,如果在制造过程中使用了不合格的材料,或者材料本身存在微观裂纹、夹杂物等缺陷,这些缺陷在运行过程中可能会扩展导致泄漏;还存在着制造工艺问题,制造过程中的热处理、焊接等工艺不当,可能会影响管道的机械性能和耐腐蚀性,增加泄漏的可能性。在安装方面,存在着安装不当的问题,安装过程中如果存在对口不对齐、焊接质量不达标、螺栓紧固力矩不均匀等问题,可能导致管道连接部位的泄漏;还存在着支撑和固定问题,如果管道的支撑和固定不符合设计要求,可能导致管道在运行中受到不均匀的力,引起变形或断裂。

1.5 操作和维护不当

锅炉的安全运行依赖于正确的操作和定期的维护保养,如果操作人员没有按照规定程序进行操作,或者维护保养工作不到位,都可能导致锅炉四管泄漏。经过调查分析,操作和维护不当的原因可能包括以下几个方面:一是忽视操作规程,操作人员未严格按照操作规程进行操作,如启动、停机、负荷调整等,可能导致锅炉运行不稳定,增加泄漏风险。二是紧急情况处理不当,在遇到紧急情况时,如锅炉参数异常,操作人员可能由于惊慌或缺乏经验而采取错误的措施,导致泄漏。三是忽视定期检查,未能按照规定频率对锅炉进行定期检查,导致潜在问题无法及时发现和处理。四是维护质量不达标,在进行维护保养时,如焊接、更换管道等,未能保证工作质量,可能导致新的泄漏点产生。五是清洁和除灰不充分,锅炉内的灰尘和沉积物未得到有效清理,可能导致管道堵塞、传热效率下降,甚至引起泄漏。

2 燃煤电厂锅炉四管泄漏的预防措施

2.1 材料选择与质量控制

燃煤电厂加强材料选择和质量控制是预防锅炉四管泄漏的重要措施。在材料选择方面,根据锅炉的工作条件 and 环境选择合适的材料,确保材料具有良好的耐腐蚀性、耐磨性和足够的机械强度;选择经过验证的、成熟材料,避免使用未经充分测试的新材料;对于易腐蚀区域,如烟气侧,选择耐腐蚀性更强的合金钢、不锈钢等材料;对于易磨损区域,如水冷壁和过热器,选择耐磨性较好的材料。在质量控制方面,采购合格材料,确保所采购的材料符合

国家标准和行业规范,必要时进行第三方检测和认证;严格材料检验,对所有入厂的材料进行严格的检验,包括化学成分、物理性能、微观组织等,确保材料质量符合要求;在制造过程中,对材料的加工、热处理、焊接等关键工艺进行严格控制,确保制造质量;建立完善的质量追溯体系,确保材料来源可追溯,一旦发现问题能够迅速定位和处理,在重要环节引入第三方监理,对制造过程进行监督和评估,提高制造质量。通过上述措施,可以确保锅炉四管材料的选择和质量控制符合要求,从而减少因材料问题导致的泄漏风险,这不仅有助于提高锅炉的安全性和可靠性,还能延长锅炉的使用寿命。

2.2 优化设计

注重优化设计主要做好以下几点:一是优化材料选择与布置,选择合适的材料,确保其在锅炉的特定工作条件下具有足够的耐腐蚀性、耐磨性和机械强度。优化管道的布置,减少管道在高温、高压、腐蚀性环境下的暴露时间,降低磨损和腐蚀的风险。二是优化结构设计,采用合理的设计结构,如使用弯头、膨胀节等,以减少应力集中和热应力,避免因应力过大导致的泄漏。考虑管道的热膨胀和收缩,在设计中预留足够的膨胀间隙,以适应温度变化引起的管道形变。三是优化热力学设计,控制锅炉内部的温度分布,减少局部过热现象,降低因超温导致的管壁损伤。考虑烟气流动和热交换效率,合理设计管道的几何形状和排列,减少烟气对管道的冲刷和磨损。四是优化管道的支撑和固定设计,确保管道在运行过程中稳定,减少因振动和移动导致的泄漏,考虑温度变化对管道支撑的影响,确保支撑系统的适应性和稳定性。五是优化防腐与防磨设计,在易腐蚀和易磨损区域采用特殊设计,如涂层、合金材料或特殊的结构形状,以提高其耐腐蚀性和耐磨性。考虑采用防磨瓦、护板等保护措施,减少烟气对管道的直接冲刷。六是加强安全监测与控制,设计先进的安全监测系统,实时监控锅炉运行状态,及时发现并处理潜在问题,采用先进的控制技术,如PID控制、模型预测控制等,提高锅炉运行的稳定性和安全性。上述措施能够有效减少因设计问题导致的燃煤电厂锅炉四管泄漏风险,提高锅炉的安全性和可靠性。

2.3 加强运行维护

第一,严格执行操作规程,确保操作人员严格遵守锅炉的操作规程,包括启动、停机、负荷调整等,以避免因操

作不当导致的泄漏。第二,定期检查与监测,定期对锅炉进行全面的检查,包括管道的内外表面、焊缝、膨胀节等关键部位,及时发现和处理潜在的泄漏隐患,利用泄漏检测、温度监测、振动监测等在线监测系统实时监控锅炉的运行状态,及时发现异常并采取措施。第三,加强维护保养,定期进行维护保养,如清洗、除灰、润滑等,确保锅炉的清洁和正常运行,对发现的磨损、腐蚀等现象进行及时的修复和处理,防止问题扩大,定期对锅炉的阀门、仪表等辅助设备进行检查和维护,确保其正常运行。第四,注重应急预案与演练,制定详细的应急预案,确保在发生泄漏等紧急情况时,能够迅速、正确地采取措施,定期进行应急预案的演练,提高操作人员和维修人员对应急处理的熟悉程度和应对能力。加强运行维护能够有效降低燃煤电厂锅炉四管泄漏风险。

2.4 检测技术与设备更新

检测技术与设备更新在燃煤电厂锅炉四管泄漏的预防中非常关键。一是采用先进的检测技术,如声波检测、射线检测、磁粉检测等,对锅炉管道进行定期检测,及时发现潜在的泄漏隐患,科学应用红外热成像技术,监测锅炉管道的温度变化,发现异常高温区域,可能存在泄漏风险。二是加强设备更新与升级,更新和升级锅炉的监测和控制系统,提高锅炉运行的自动化程度和稳定性。采用智能化的锅炉管理系统,实现对锅炉运行状态的实时监测、预警和优化控制。三是引进先进的检测设备和检测技术,如激光扫描仪、三维成像技术等,提高检测的准确性和效率。同时,定期对检测设备和系统进行维护和校准,确保其正常运行和准确性。

2.5 控制操作规程

一是制定详细的操作规程并严格遵守,操作规程应该根据锅炉的具体型号、运行条件和操作要求进行制定,明确操作步骤、注意事项和应急处理措施。操作人员应该认真学习和遵守操作规程,确保锅炉的稳定运行。操作人员应该对操作规程有深入的理解和认识,严格按照操作规程进行操作,避免违规操作和误操作。二是加强操作人员的培训和教育,对操作人员进行定期的培训和教育,提高他们对锅炉运行和操作规程的认识和理解,确保他们能够正确、安全地操作锅炉。三是加强监控和反馈,操作人员应该对锅炉的运行状态进行实时监控,及时发现异常情况并反馈给相关人员进行处理,建立反馈机制,对操作过程中

的问题和不足进行总结和反馈,不断完善操作规程。

2.6 环境与排放管理

加强环境与排放管理是非常重要的工作环节。通过安装烟气脱硫、脱硝和除尘设备,减少烟气中的二氧化硫和粉尘等污染物排放,减轻对锅炉管道的腐蚀和磨损。通过优化燃烧控制,提高煤炭的燃烧效率,降低烟气中的硫分和灰分含量,减轻对锅炉管道的腐蚀和磨损。通过合理控制烟气温度,避免烟气温度过高导致的锅炉管道的过热和磨损,同时也要避免烟气温度过低导致的腐蚀问题。通过合理控制烟气流量,避免烟气流量过大导致的锅炉管道的冲刷和磨损,同时也要避免烟气流量过小导致的腐蚀问题。通过加强烟气排放设施的维护和保养,确保烟气排放设施的正常运行,减少烟气排放对锅炉管道的腐蚀和磨损。通过加强环境与排放管理,可以减轻烟气对锅炉管道的腐蚀和磨损。

3 结语

综上所述,四管泄漏的原因是多方面的,包括材料选择不当、设计不合理、制造和安装问题、操作和维护不当以及环境与排放管理不善等。这些原因共同作用,导致了四管泄漏的发生。针对这些原因,我们提出了合理选择材料并严格控制质量,优化锅炉设计,加强安装和维护工作,制定和执行严格的操作规程,控制环境与排放,以及不断更新检测技术和设备。通过研究发现,四管泄漏的预防是一个系统工程,需要从多个方面进行全面考虑和综合施策。只有在设计、制造、安装、运行和维护等各个环节都做到精细管理,才能有效预防和减少四管泄漏的发生。燃煤电厂锅炉四管泄漏是一个复杂的问题,需要我们从多个角度进行深入研究,不断探索和实践,才能找到更加有效的解决方案。这将有助于提高锅炉的安全性和可靠性,降低泄漏风险,延长锅炉使用寿命,提高经济效益,同时也有助于保护环境,减少对人类健康的危害。

参考文献:

- [1] 王慧兴. 锅炉“四管”防磨防爆检查及预防措施[J]. 中国设备工程, 2019(24): 86-87.
- [2] 李响. 探究锅炉四管泄漏的规律及防范措施[J]. 中国设备工程, 2023(24): 156-158.
- [3] 傅培力. 新昌电厂#2锅炉四管历史情况分析 & C修报告[J]. 自动化应用, 2023, 64(22): 152-155.
- [4] 李力. 火电厂锅炉“四管”泄漏的成因和防治措施[J]. 电力设备管理, 2022(21): 144-146.