

循环流化床锅炉再热器防泄漏全流程优化策略

吴 宏

国能亿利电厂 内蒙古 鄂尔多斯 014300

摘 要：循环流化床锅炉（CFB锅炉）再热器作为热力系统的关键部件，其防泄漏问题对锅炉的安全运行至关重要。本文全面分析了再热器泄漏的原因，包括设计与制造缺陷、运行与维护不当以及外部环境因素等。基于这些分析，提出了从设计与制造、启停过程、运行与维护以及应对外部环境因素的全流程优化策略。通过实施这些策略，可显著降低再热器的泄漏风险，提高CFB锅炉的运行效率和稳定性，为能源行业的可持续发展提供有力支持。

关键词：循环流化床；锅炉再热器；防泄漏全流程优化

引言：循环流化床锅炉以其高效、清洁的燃烧特性，在能源领域占据重要地位。再热器作为CFB锅炉热力系统的重要组成部分，承担着提高蒸汽温度和做功能力的重要任务。然而，再热器泄漏问题一直是CFB锅炉运行中的一大挑战。本文旨在深入探讨再热器泄漏的原因，并提出有效的全流程优化策略，以期降低泄漏风险，提高锅炉的运行效率和稳定性，为能源行业的绿色发展贡献力量。

1 循环流化床锅炉再热器概述

循环流化床锅炉（CFB锅炉）作为高效、清洁的燃烧技术，在能源领域占据重要地位。其核心特点在于利用高速气流使燃料颗粒在炉膛内呈流化态燃烧，有效提高了燃烧效率和燃料适应性。而再热器，作为CFB锅炉热力系统的重要组成部分，承担着对从汽轮机高压缸排出的蒸汽进行二次加热的任务，以提高蒸汽的温度和做功能力，从而提升整个热力循环的效率。再热器通常布置在锅炉的尾部烟道内，高温烟气通过再热器管束，将其携带的热量传递给管内流动的蒸汽。这一过程中，再热器管束不仅承受着高温烟气的冲刷和腐蚀，还需应对蒸汽流动带来的压力和振动。因此，再热器的设计和选材尤为重要，需确保其具有足够的耐高温、耐腐蚀和机械强度性能。在CFB锅炉中，再热器的设计还需考虑与锅炉整体热力系统的协调匹配。通过合理布置再热器受热面，优化蒸汽流程和烟气流动路径，可实现热量的高效传递和系统的稳定运行。同时，再热器的运行参数，如蒸汽温度、压力和流量等，均需根据锅炉的实际工况进行精确调控，以确保其始终处于最佳工作状态。随着CFB锅炉技术的不断发展，再热器的设计和制造技术也在不断进步。新型耐高温材料的应用、受热面结构的优化以及智能化控制系统的引入，使得再热器的性能和可靠性得到了显著提升^[1]。未来，随着能源行业的持续转型和升级，

CFB锅炉再热器的发展将更加注重高效、环保和智能化方向，为推动能源行业的绿色可持续发展贡献力量。

2 循环流化床锅炉再热器的重要性

循环流化床锅炉（CFB锅炉）作为现代工业中广泛应用的热能转换设备，其高效、清洁的燃烧特性备受赞誉。而在CFB锅炉的复杂热力系统中，再热器扮演着举足轻重的角色。再热器位于锅炉的尾部烟道内，其主要功能是对从汽轮机高压缸排出的蒸汽进行二次加热，以提升蒸汽的做功能力。这一过程对于提高整个热力循环的效率至关重要。通过再热，蒸汽的温度得以显著提高，进而增加了蒸汽在汽轮机中的膨胀做功量，从而提升发电效率；除了效率提升外，再热器还有助于提高锅炉系统的稳定性和安全性。在CFB锅炉中，由于燃料颗粒的流化燃烧特性，炉膛内的温度分布相对均匀，但尾部烟道内的温度仍然较高。再热器的布置不仅能够有效利用这部分高温烟气，还能通过蒸汽的流动带走部分热量，降低烟气的温度，从而保护锅炉尾部受热面免受高温腐蚀。另外，再热器还承担着调节蒸汽参数的重要任务^[2]。在CFB锅炉的实际运行过程中，蒸汽的参数（如温度、压力）需根据负荷变化和系统需求进行精确调控。再热器通过调整其受热面积和蒸汽流量，能够灵活应对各种工况变化，确保蒸汽参数的稳定和合理。

3 循环流化床锅炉再热器泄漏原因分析

在循环流化床锅炉（CFB锅炉）的运行过程中，再热器作为热力系统的关键部件，其性能的稳定性和可靠性对于整个锅炉的安全运行至关重要。

3.1 设计与制造缺陷

设计与制造缺陷是导致再热器泄漏的主要原因之一。首先，在设计阶段，如果受热面的布置不合理，如管排间距过小或管束布置过于密集，会导致蒸汽和烟气的流动不畅，产生局部过热或冲刷现象，从而加速再热

器管的磨损和腐蚀。其次,在制造过程中,如果管材的选材不当或制造工艺存在缺陷,如焊接质量不达标、管壁厚度不均匀等,都会降低再热器的强度和耐腐蚀性能,增加泄漏的风险。

3.2 运行与维护因素

运行与维护因素也是导致再热器泄漏的重要原因。在运行过程中,如果锅炉的负荷变化频繁或操作不当,如升降负荷过快、蒸汽温度控制不稳定等,都会对再热器造成热冲击和疲劳损伤,加速其老化过程。另外,如果锅炉的水质处理不当,如水中含有过多的杂质和盐分,会导致再热器管内壁结垢和腐蚀,降低其传热效率和使用寿命。在维护方面,如果定期检查和维护不及时,如未及时发现和修复管壁的裂纹、磨损和腐蚀等问题,也会导致泄漏的发生。

3.3 外部环境因素

外部环境因素在再热器的运行稳定性与安全性方面扮演着至关重要的角色,它们往往直接或间接地导致泄漏事件的发生。具体而言,锅炉所处的地理位置不仅决定了其面临的气候类型,还影响了锅炉运行环境的整体特性。在极端的气候条件下,比如持续的高温天气,可能会使再热器管壁材料因热胀冷缩效应而加速老化,其表面的防腐层也可能因高温而加速失效,从而加剧腐蚀过程。相反,在干燥或潮湿环境中,再热器管壁则可能因缺乏必要的润滑或受到过多的水汽侵蚀,导致磨损速度异常加快。另外,锅炉房内的空气质量同样不容忽视。如果空气中悬浮的灰尘颗粒过多,它们不仅会附着在再热器管壁表面,形成一层难以清除的污垢,影响热传递效率,还可能作为磨料,加剧管壁的物理磨损。更为严重的是,当空气中存在腐蚀性气体,如二氧化硫、氯气等时,这些气体会与管壁材料发生化学反应,导致管壁材料被逐渐侵蚀,从而大大降低再热器的使用寿命。

4 循环流化床锅炉再热器防泄漏全流程优化策略

4.1 材料选用与强化

在循环流化床锅炉(CFB锅炉)再热器的设计与制造中,材料的选择至关重要,它直接关系到再热器的长期稳定运行和整体性能。考虑到CFB锅炉再热器在高温、高压以及腐蚀性烟气环境中的运行特点,材料的选择必须兼顾耐高温、耐腐蚀和机械强度等多方面的要求。为了应对高温环境下的挑战,选用能够承受至少550℃高温的材料,确保再热器在高温下不会发生变形或失效。材料的抗拉强度也是一个重要的考量因素,它决定了材料在承受外力作用时的稳定性和耐久性。因此,推荐使用抗拉强度不低于450MPa的高性能合金钢,如TP347H和

Super 304H等。这些材料不仅具有出色的耐高温性能,还能够在恶劣的工作环境中保持良好的耐腐蚀性和机械强度,从而有效延长再热器的使用寿命;除了耐高温和机械强度外,材料的耐腐蚀性能也是不可忽视的^[3]。CFB锅炉的烟气中含有多种腐蚀性物质,如硫化物、氯化物等,这些物质会对再热器管壁造成腐蚀和侵蚀。在材料选用的过程中,还需要综合考虑材料的成本、加工性能和可焊性等因素。高性能合金钢虽然具有出色的性能,但其成本也相对较高。在确保性能要求的前提下,尽可能选择成本较低的材料,以降低制造成本。

4.2 启停过程优化与压力温度精细化控制

在循环流化床锅炉(CFB锅炉)的启停操作中,对升温及降温速率的严谨把控是预防再热器遭受热冲击损害的关键步骤。启动阶段,必须严格限制升温速率不超过每小时50℃,这一措施旨在让再热器管壁的温度能够平缓上升,有效抑制因急剧温度变化所引发的热应力剧增。在此期间,蒸汽温度的稳步爬升同样至关重要,它有助于防止蒸汽在再热器内部过早凝结,进而规避水锤等不良现象,确保再热器的平稳运行^[4]。另外,对过热度的持续关注与调控同样不可忽视。过热度作为反映蒸汽状态的重要指标,其保持在合理区间内,能有效避免蒸汽在再热器管束内因温度过低而发生凝结,这对防止因凝结水对管壁的冲击损伤具有重要意义。通过精确调控蒸汽温度与压力,确保过热度的稳定,可以进一步提升再热器的安全性能。在停机流程中,温度与压力的逐步下降同样需被细致管理。通过缓慢降低蒸汽温度与压力,可以确保再热器管壁的温度与压力变化保持平稳,有效抑制热应力与机械应力的过大积累。这一细致的操作流程有助于再热器在停机过程中维持其结构完整性,避免因应力集中而导致的潜在损伤;停机后的再热器维护同样至关重要。全面检查管壁上的积灰与腐蚀产物,及时发现并清理这些杂质,是确保再热器传热效率与使用寿命的关键措施。同时,对焊缝及管壁的完整性进行细致检查,对于发现潜在裂纹、磨损等损伤具有重大意义;一旦发现问题,应及时进行维修或更换工作,确保再热器的整体性能不受影响。通过这些精细化的启停过程管理与停机后的维护工作,可以显著提升CFB锅炉再热器的运行稳定性与安全性。

4.3 焊接工艺与焊头选用

焊接工艺在CFB锅炉再热器的制造过程中扮演着至关重要的角色,其质量直接决定了再热器的整体强度和耐腐蚀性。第一,焊材的选择应与管材相匹配,推荐使用与管材相同或相近材质的焊丝和焊条。这样做可以确

保焊接接头的化学成分和机械性能与管材保持一致,从而提高焊接接头的整体性能。在选择焊材时,还要考虑其耐高温、耐腐蚀等特性,以确保焊接接头能够在恶劣的工作环境中长期稳定运行。第二,焊接过程中的参数控制同样至关重要。焊接电流、电压和焊接速度等参数的选择将直接影响焊缝的质量和强度。因此,在焊接过程中,严格控制这些参数,确保它们处于最佳范围内,以获得高质量的焊缝。同时,要对焊接过程进行实时监测,及时发现并纠正可能存在的问题,以确保焊接质量的稳定性和可靠性。第三,除了焊材和焊接参数的选择外,焊头的选用也是影响焊接质量的关键因素之一。焊头应具有足够的硬度和耐磨性,以抵抗高温烟气和蒸汽的冲刷和腐蚀;焊头的形状和尺寸也应与管材相匹配,以确保焊接接头的密封性和稳定性。在选择焊头时,要充分考虑其材质、结构和性能等因素,以确保其能够满足焊接工艺的要求。为了提高焊接质量和效率,还可以采用先进的焊接技术和设备。例如,自动化焊接设备可以大大提高焊接的精度和效率,减少人为因素对焊接质量的影响。

4.4 应对外部环境因素的综合性策略

CFB锅炉再热器的运行不仅受到内部工艺和材质的影响,外部环境因素同样不可忽视。为了全面降低外部环境因素对再热器运行的不利影响,我们需要采取一系列综合性的应对措施。(1)从锅炉房的设计与布局入手,优化通风与换气系统至关重要。良好的通风条件可以有效降低锅炉房内的空气污染物浓度,特别是减少灰尘和腐蚀性气体的积聚。通过合理设计进气口和排气口的位置与数量,确保空气流通顺畅,为再热器创造一个更为清洁、适宜的工作环境^[5]。(2)针对气温和湿度的变化,需制定灵活的运行参数调整策略。在高温干燥的环境中,再热器可能面临过热风险,因此应加强对冷却系统的监控和维护,确保再热器得到有效冷却,防止因温度过高导致的材料老化和性能下降。同时,增加润滑频次,减少因摩擦产生的热量和磨损。而在潮湿环境下,

再热器则更容易遭受腐蚀侵害,此时应强化防腐措施,如涂覆防腐涂料、定期检查并清理腐蚀产物,以及优化排水系统,防止水分在再热器表面长时间滞留。(3)利用先进的监测技术和设备对锅炉房环境及再热器运行状态进行实时监控是提升应对能力的重要手段。通过安装温湿度传感器、气体检测仪等设备,能够实时获取锅炉房内的环境参数,及时发现异常并采取措施。同时,结合大数据分析技术,对历史数据进行深度挖掘,预测潜在的环境变化趋势,为预防性维护提供科学依据。(4)建立应急预案和快速响应机制也是必不可少的。一旦发生外部环境突变或再热器异常,能够迅速启动应急预案,组织专业团队进行现场处置,最大限度地减少损失。

结束语

循环流化床锅炉再热器的防泄漏全流程优化策略涵盖了设计与制造、启停过程、运行与维护以及外部环境因素等多个方面。通过在这些环节中进行全面而细致的优化工作,可以显著降低再热器的泄漏风险,提高CFB锅炉的运行效率和稳定性。这不仅有助于保障能源供应的可靠性和安全性,还可以为企业的可持续发展提供有力支持。在未来的工作中,应继续加强对CFB锅炉再热器防泄漏技术的研究和应用,以推动能源行业的持续进步和发展。

参考文献

- [1]崔健.循环流化床锅炉床温控制优化分析[J].自动化应用,2020(04):24-25.
- [2]李峥.火力电厂锅炉燃烧运行优化策略[J].科技创新与应用,2021,11(23):129-131.
- [3]马毅.热电厂锅炉燃烧运行优化策略探微[J].电力设备管理,2020(09):133-135.
- [4]罗斌.炉膛测温技术应用于锅炉燃烧优化[J].应用能源技术.2021(02):13-16.
- [5]马喜成.循环流化床锅炉磨损机理分析及防磨研究[J].科技创新与生产力,2022(04):142-144.