

锅炉本体受热面检修技术探讨

贾煜轩 杨晓路 郎智丹 马文瑞

北方联合电力有限责任公司包头第三热电厂 内蒙古 包头 014060

摘 要：锅炉本体受热面是锅炉设备中的核心组成部分，其性能直接影响锅炉的运行效率和安全性。本文综合探讨了锅炉本体受热面的检修技术，从检修前的准备工作、清洗除垢、维修更换、防腐维护到检验试运行等方面进行了详细介绍。重点分析了新材料、新技术以及智能化检修技术在锅炉受热面检修中的应用及其优化策略。旨在提高锅炉受热面的检修效率和检修质量，延长锅炉使用寿命，为锅炉的安全稳定运行提供技术支撑。

关键词：锅炉本体；受热面；检修技术

引言

锅炉作为能源转换的重要设备，在工业生产中扮演着至关重要的角色。其中，锅炉本体受热面是锅炉热交换的核心部件，其性能直接影响锅炉的运行效率和安全性。然而，长期的高温、高压及腐蚀性环境使得受热面易受损，因此，对其进行定期检修和维护至关重要。本文旨在深入探讨锅炉本体受热面的检修技术，从检修准备、清洗除垢、维修更换、防腐维护及检验试运行等方面进行全面分析，以期为锅炉受热面的高效检修提供理论指导和实践参考。

1 锅炉本体受热面概述

1.1 锅炉本体结构简介

锅炉本体是锅炉的核心部分，主要由“锅”和“炉”两大组成部分构成。其中，“锅”部分包括省煤器、汽包、下降管、水冷壁下联箱、水冷壁、过热器、再热器等，负责汽水系统的热量传递和蒸汽的生成。“炉”部分则包括炉膛、燃烧器、点火装置、空气预热器、烟风道及炉墙等，是燃料燃烧、放出热量的场所。这两大部分通过受热面进行热量传递，实现锅炉的高效运行。

1.2 受热面的定义与功能

受热面是指锅炉中接触火焰或烟气一侧的金属表面积，另一侧接触水或导热油，是锅炉进行热交换的关键部位。受热面的功能主要是将燃料燃烧产生的热量传递给受热介质（水、蒸汽或空气），从而实现能量的转换和利用。（1）水冷壁管：水冷壁管是敷设在炉膛四周的辐射受热面，由多根并联管组成。其主要功能是吸收炉膛内高温火焰及炉烟的辐射热量，使水冷壁内的水汽化，产生饱和水蒸气。同时，水冷壁管还能降低高温对炉墙的破坏作用，保护炉墙，有效防止炉壁结渣。（2）对流管束：对流管束位于上下锅筒之间，是水管锅炉的

主要受热面之一。它通过对流方式吸收烟气中的热量，并将热量传递给管内的水或蒸汽。对流管束通常布置在烟道中，以增加烟气流程，提高热交换效率。

1.3 受热面的工作环境与特点

受热面处于高温、高压、高腐蚀性的工作环境中，长期受到火焰、烟气和水蒸气的冲刷和腐蚀。因此，受热面材料需要具有良好的耐高温、耐高压、耐腐蚀性能。同时，受热面的设计也需要考虑到热膨胀、热应力等因素，以确保其长期稳定运行。此外，受热面还需要定期进行检修和维护，以及时发现并处理潜在的缺陷和问题。

2 锅炉本体受热面常见问题及原因分析

2.1 常见问题分类

锅炉本体受热面在运行过程中，常常会遇到各种问题，这些问题按照其性质可以分为以下几类：（1）腐蚀。腐蚀是指受热面金属表面与周围介质发生化学或电化学反应而遭受破坏的现象。在锅炉中，腐蚀主要发生在受热面与烟气和水的接触部位。高温烟气中的硫、氯等腐蚀性元素会加速受热面的腐蚀过程。（2）裂纹。裂纹是指受热面金属中出现的裂缝，它可能是由于金属内部应力超过其强度极限而产生的。裂纹会降低受热面的强度，增加泄漏的风险，严重时甚至会导致锅炉爆炸。（3）变形。变形是指受热面金属在高温下发生的形状改变。这种变形可能是由于长期的高温作用、不均匀的热膨胀或热应力导致的。变形会影响受热面的热交换效率，甚至可能导致管道堵塞或泄漏。（4）泄漏。泄漏是指受热面金属因腐蚀、裂纹、磨损等原因导致的介质（如水、蒸汽）外泄。泄漏会降低锅炉的热效率，增加能耗，严重时甚至会导致锅炉停机^[1]。（5）磨损。磨损是指受热面金属表面因颗粒冲刷、撞击而逐渐减薄的现象。在锅炉中，磨损主要发生在烟气流速较高的对流管

束和尾部受热面。磨损会降低受热面的强度,增加泄漏的风险。(6)水垢。水垢是指受热面金属表面因水中矿物质沉积而形成的坚硬物质。水垢会降低受热面的传热效率,增加能耗,严重时甚至会导致受热面过热、爆管。

2.2 原因分析

针对上述常见问题,我们可以从以下几个方面进行原因分析:(1)烟气冲刷与飞灰磨损。锅炉运行时,高温烟气携带大量飞灰冲刷受热面,导致受热面金属逐渐减薄,形成磨损。同时,烟气中的腐蚀性元素也会加速受热面的腐蚀过程。(2)管壁超温运行。由于受热面设计或运行不当,导致管壁温度超过金属材料的允许极限,从而引发裂纹、变形等问题。超温运行还会加速金属材料的蠕变过程,降低其使用寿命。(3)给水水质不达标。给水中含有的硬度、碱度、氯离子等杂质会在受热面内沉积形成水垢,降低传热效率。同时,这些杂质还会加速受热面的腐蚀过程。(4)焊接缺陷与安装问题。在受热面的制造和安装过程中,如果存在焊接缺陷(如夹渣、未焊透等)或安装不当(如管道错位、支架松动等),都会导致受热面在运行过程中出现问题。这些问题可能会引发裂纹、泄漏等严重后果。

3 锅炉本体受热面检修技术探讨

3.1 检修前的准备工作

(1)停炉检查与保护措施。首先,必须按照安全操作规程将锅炉停运,并确保所有相关系统彻底隔离,避免在检修过程中发生意外启动。停炉后,应对锅炉进行全面检查,特别是受热面区域,记录任何可见的异常或损伤。同时,应采取必要的保护措施,如设置警示标志、切断电源、排放残余蒸汽等,确保检修人员的安全。(2)清理燃烧室和烟道。清理工作是检修前不可或缺的一步。燃烧室内可能残留有未燃尽的燃料或灰渣,这些物质不仅影响检修作业的进行,还可能成为安全隐患。因此,需使用专用工具彻底清除这些残留物。同时,烟道的清理同样重要,以防止烟道堵塞影响通风效果,进而影响锅炉的燃烧效率和受热面的热交换能力。清理过程中,应注意个人防护,避免吸入有害物质^[2]。

(3)检查和修复泄漏部位。在正式进入检修阶段前,应对锅炉本体受热面进行细致检查,特别是查找可能的泄漏点。这包括检查水冷壁管、对流管束等区域的焊缝、法兰连接处以及管子的磨损情况。一旦发现有泄漏迹象,应立即采取措施进行临时封堵,防止泄漏扩大,同时为后续的修复工作做好准备。

3.2 清洗和除垢技术

(1)化学清洗剂的应用。化学清洗剂能有效溶解受

热面上的水垢、氧化层等污染物,恢复受热面的清洁度。选择合适的清洗剂需考虑受热面材质、污垢成分及清洗温度等因素。清洗过程中,需严格控制清洗液的浓度、温度和时间,避免对金属造成腐蚀。(2)高压水清洗方法。高压水清洗利用高压水流冲击受热面,去除顽固的污垢和沉积物。这种方法环保且对金属损伤小,但需确保清洗压力在安全范围内,避免对管子造成机械损伤。(3)除垢过程中的设备保护。在清洗和除垢过程中,应采取措施保护锅炉的其他部件,如电机、传感器等,免受清洗剂或高压水的损害。同时,对于不耐腐蚀的部件,应提前采取防腐措施。

3.3 维修和更换受损部件

(1)焊接、切割、打磨等技术操作。对受损的受热面部件,如管子开裂、磨损严重等,需进行焊接修复或更换。焊接时需选择适当的焊接方法和材料,确保焊缝质量符合标准。切割和打磨作业则需精确控制,以避免对周围金属造成不必要的损伤。(2)受损部件的选材与焊接工艺。选材应考虑受热面的工作环境、温度、压力等因素,确保新部件与原有部件的兼容性和耐用性。焊接工艺需严格按照焊接规程执行,包括预热、层间温度控制、焊后热处理等,以减少焊接应力和提高焊缝质量。(3)新管的安装与调试。新管的安装需确保位置准确、固定牢固,同时要保证与周围部件的连接密封可靠。安装完成后,需进行系统的调试,包括水压试验、泄漏检测等,确保新管与系统的整体性能良好^[3]。

3.4 防腐和维护涂层技术

(1)防腐材料与涂料的选择。选择合适的防腐材料和涂料对于延长受热面使用寿命至关重要。应考虑材料的耐温性、耐腐蚀性以及涂层与金属基材的附着力等因素。(2)高温涂料与耐磨涂料的应用。高温涂料能保护受热面免受高温氧化和腐蚀的侵害,而耐磨涂料则能有效抵抗烟气的冲刷和颗粒物的磨损。涂层的施工需严格按照制造商的指南进行,确保涂层厚度均匀、附着牢固。(3)涂层施工与维护。涂层施工前,需对受热面进行彻底清洁和预处理,以确保涂层与金属基材的良好结合。施工过程中,应采取适当的防护措施,避免涂料溅到非目标区域。涂层施工完成后,需进行固化处理,并根据涂料的性质和使用环境制定定期维护和检查计划,及时发现并修补涂层损伤。

3.5 检验和试运行技术

(1)压力测试、超声波探伤、射线检测等方法。压力测试是检验锅炉承压部件强度和密封性的重要手段。通过逐渐增加系统压力,观察受压部件的变形情况和泄

漏情况,确保所有连接处和焊缝的密封性良好。超声波探伤和射线检测则是检测金属内部缺陷的有效方法,能够发现裂纹、夹杂物等潜在问题。这些检测方法应结合使用,以提高检测的准确性和可靠性。(2)燃烧调试与温度压力测试。燃烧调试旨在优化锅炉的燃烧过程,提高燃烧效率和热效率。通过调整燃烧器的参数,如燃料供给量、空气流量等,确保燃料完全燃烧,减少有害气体排放。同时,进行温度压力测试,监测锅炉在不同工况下的温度和压力变化,确保锅炉在额定负荷和极限工况下均能安全稳定运行^[4]。(3)锅炉的安全可靠验证。在完成所有检修工作后,需进行全面的安全可靠验证。这包括检查锅炉的安全保护装置,如安全阀、水位计、超温保护装置等,确保其工作正常。同时,还需进行锅炉的联动试验和紧急停机试验,验证锅炉在异常情况下的响应能力和安全性能。

4 锅炉本体受热面检修技术的优化与创新

4.1 新材料与新技术在检修中的应用

(1)高性能耐腐蚀合金材料:针对锅炉受热面长期遭受高温腐蚀的挑战,研发和应用高性能耐腐蚀合金材料成为重要趋势。这些材料不仅具备出色的耐高温性能,还能有效抵抗烟气中的腐蚀性成分,如硫、氯等,显著提升受热面的使用寿命。(2)热喷涂与激光熔覆技术:热喷涂技术,尤其是高速火焰喷涂(HVOF)和等离子喷涂,能够在受热面表面形成一层致密的、具有优异耐磨耐腐蚀性能的涂层。而激光熔覆技术则通过在金属表面熔覆一层高性能的合金粉末,形成冶金结合的强化层,极大地增强了受热面的机械性能和耐腐蚀性。(3)3D打印与快速成型技术:在复杂受热面部件的制造与修复中,3D打印技术展现了巨大潜力。它可以精确复制复杂几何形状,快速生产出高质量的替换部件,缩短了检修周期,提高了修复精度。

4.2 检修工艺的优化与改进

(1)精细化焊接工艺:采用自动化、智能化的焊接设备,结合精密的焊接参数控制,可以实现焊缝的高质量连接,减少焊接变形,提高受热面的整体强度。同时,采用预热、层间温度控制等工艺措施,进一步保障焊接质量。(2)非破坏性检测技术:如超声波检测、射线检测、涡流检测等,能够在不破坏受热面结构的前提

下,精确检测出内部缺陷,如裂纹、夹杂物等。结合人工智能算法,可以实现对检测数据的智能分析,提高检测的准确性和效率。(3)模块化检修策略:将锅炉受热面划分为若干模块,针对不同模块的磨损和腐蚀情况,制定针对性的检修计划。模块化检修能够减少停机时间,提高检修效率,同时便于备件管理和更换。

4.3 智能化检修技术的发展与前景

(1)物联网技术的应用:通过在锅炉受热面上安装传感器,实时采集温度、压力、振动等关键参数,构建受热面健康监测系统。结合大数据分析,可以预测受热面的磨损和腐蚀趋势,提前制定检修计划,避免突发故障。(2)机器人与远程检修技术:在危险或难以接近的受热面区域,使用机器人进行检修作业成为趋势。结合5G通信技术,可以实现远程监控和操控,提高检修作业的安全性和效率。(3)人工智能与机器学习:在检修数据的分析、故障预测、检修方案制定等方面,人工智能和机器学习技术能够发挥重要作用。通过学习历史检修数据和运行参数,AI系统能够不断优化检修策略,提高检修的精准度和效率。

结束语

综上所述,锅炉本体受热面的检修技术对于确保锅炉的安全高效运行具有重要意义。通过对检修技术的深入探讨,我们不仅理解了受热面常见问题及其成因,还掌握了从检修准备到检验试运行的一系列技术要点。未来,随着新材料、新技术以及智能化检修手段的不断涌现,锅炉受热面的检修将更加高效、精准。我们期待,通过持续的技术创新和实践探索,不断提升锅炉受热面的检修水平,为工业生产的绿色发展贡献力量。

参考文献

- [1]宋春涛.某亚临界锅炉受热面超温原因分析及对策[J].江苏电机工程,2020,(07):58-59.
- [2]苏利红,王兴.600MW锅炉受热面技术改造[J].电力学报,2022,(06):61-62.
- [3]姚凯.基于热电厂锅炉受热面检修技术及管理措施的探讨[J].电力系统装备.2020,(12):135-136.
- [4]刘万福.锅炉本体受热面检修技术探讨.电力系统及自动化,2021,(12):110-111.