

350MW超临界循环流化床锅炉的防磨防爆探索

范 哲

格盟国际能源有限公司 山西 太原 030002

摘 要：在现代能源产业格局中，350MW超临界循环流化床锅炉扮演着重要角色。本文围绕 350MW 超临界循环流化床锅炉展开防磨防爆探索。首先概述了该类型锅炉，接着深入分析其磨损与爆炸的原因，磨损方面涵盖烟气流速、烟气颗粒浓度、燃料性质等多因素影响，爆炸原因涉及物料与温度分布、燃烧失控以及设备缺陷等。随后分别阐述了对应的防磨措施，如运行调整、来煤管理等，和防爆措施，像优化燃烧、设备改进及监测预警等，旨在提升此类锅炉运行的安全性与稳定性，保障其可靠高效运行。

关键词：350MW超临界；循环流化床锅炉；防磨；防爆；探索

引言：随着能源行业的不断发展，350MW超临界循环流化床锅炉在电力生产等领域应用日益广泛。然而，在其运行过程中，磨损与爆炸问题严重影响着锅炉的安全稳定运行，不仅会造成设备损坏，还可能引发生产事故，带来较大的经济损失与安全隐患。鉴于此，对350MW超临界循环流化床锅炉的防磨防爆进行探索显得尤为重要，这关乎整个生产系统的高效运作，本文将就此展开深入分析与探讨。

1 350MW 超临界循环流化床锅炉概述

350MW超临界循环流化床锅炉作为一种先进的能源转换设备，具有独特的技术优势和复杂的系统结构。它采用超临界参数运行，显著提高了机组的热效率和发电能力，能够实现高效的能源利用，符合当下节能减排的发展趋势。其炉膛内部的循环流化床燃烧技术，使得燃料在流化状态下充分燃烧，对燃料的适应性强，可广泛使用劣质煤、煤矸石等多种燃料，拓宽了燃料来源渠道，降低了燃料成本。在汽水系统方面，超临界参数的运用要求更高的压力和温度控制精度，确保汽水循环的高效稳定。此外，锅炉配备了一系列先进的辅助设备，如高效的分离器用于分离未燃尽的颗粒并使其循环燃烧，以及完善的通风系统、给煤系统等，各系统协同工作，共同维持锅炉的稳定运行，在现代电力工业中发挥着重要作用^[1]。

2 350MW 超临界循环流化床锅炉磨损与爆炸的原因分析

2.1 磨损原因分析

2.1.1 烟气流速的影响

烟气流速是影响350MW超临界循环流化床锅炉磨损的关键因素之一。当烟气流速过高时，气流对受热面的冲刷力会显著增强，使得管壁表面的金属材料不断受到

颗粒的撞击和切削作用。尤其在管道的弯头、三通等部位，由于气流方向改变，局部流速进一步增大，磨损情况更为严重。长期处于高速烟气流冲刷下，管壁厚度逐渐减薄，最终导致泄漏甚至爆管等安全问题，严重影响锅炉的正常运行和使用寿命。

2.1.2 烟气颗粒浓度的影响

烟气中颗粒浓度对锅炉磨损程度有着直接关联。在循环流化床锅炉运行过程中，若燃烧工况不佳或燃料颗粒特性发生变化，会使烟气携带的固体颗粒数量增多。高浓度的颗粒随着烟气流动，与受热面碰撞的频率大幅增加，加剧了对管壁的磨损。而且，颗粒浓度不均匀分布还会造成局部磨损热点，使得某些区域的受热面磨损速度远超平均水平，极大地缩短了受热面的维护周期，给锅炉的稳定运行带来严峻挑战。

2.1.3 燃料性质的影响

燃料性质在350MW超临界循环流化床锅炉磨损方面起着重要作用。燃料的硬度、灰分含量、颗粒大小及形状等特性差异，会导致磨损程度不同。例如，高灰分燃料在燃烧后产生大量的灰粒，这些灰粒硬度较高且具有较强的磨蚀性，随烟气冲刷受热面时，会加速管壁磨损。燃料颗粒过大或形状不规则，在流化过程中不易充分燃烧，增加了颗粒在炉内的循环次数和与受热面的接触几率，从而加重磨损情况，影响锅炉受热面的完整性和传热效率。

2.1.4 安装及检修质量的影响

安装与检修质量对锅炉磨损影响显著。在安装阶段，如果受热面的安装位置偏差、焊接质量不达标或密封不严，会造成烟气泄漏和局部烟气流速异常，使得受热面局部磨损加剧。检修过程中，若未能及时发现并修复磨损部件，或者更换的新部件安装不符合技术要求，

如耐磨材料的贴合度不佳等,也会为后续运行埋下磨损隐患。随着锅炉运行时间的增加,这些因安装检修质量问题引发的磨损将逐渐累积,降低锅炉整体的可靠性和运行安全性。

2.1.5 耐磨材料脱落的影响

耐磨材料脱落是导致350MW超临界循环流化床锅炉磨损加剧的重要因素。在运行过程中,由于温度波动、机械振动以及物料冲刷等原因,受热面表面的耐磨材料可能出现开裂、剥落现象。一旦耐磨材料脱落,原本受到保护的金属管壁将直接暴露在高温高速的烟气流和颗粒冲刷环境下,磨损速率会迅速上升。脱落的耐磨材料颗粒还可能在烟气流的带动下,进一步加剧对其他受热面部位的磨损,形成恶性循环,严重影响锅炉的安全稳定运行和使用寿命。

2.1.6 锅炉本身动力场的影响

锅炉本身动力场对磨损有着不可忽视的作用。不合理的动力场会使烟气和物料的流动分布不均匀,造成某些区域出现烟气偏流、漩涡等现象。在这些区域,烟气流速和颗粒浓度会偏离设计值,导致受热面局部磨损严重。例如,在炉膛的角落或分离器入口处,如果动力场不佳,物料容易在此堆积并形成高速冲刷流,对附近的受热面产生强烈的磨损作用。优化锅炉动力场对于减少磨损、提高锅炉整体运行稳定性具有重要意义,可通过调整风帽布局、优化二次风配比等方式实现。

2.2 爆炸原因分析

2.2.1 物料浓度与温度分布不均

物料浓度与温度在350MW超临界循环流化床锅炉内分布不均是引发爆炸的潜在因素。若物料在炉膛内分布不均匀,局部区域物料浓度过高,会导致燃烧不稳定且释放热量不均。高温区热量难以有效传递,热量聚集使局部温度急剧升高,超过燃料着火点和灰熔点,造成结焦现象,进而阻碍气流正常流通,引发压力突变。当压力超出锅炉承受范围,就可能导致爆炸事故,严重威胁人员安全和设备完整。

2.2.2 燃烧过程失控

燃烧过程失控是锅炉爆炸的关键原因之一。当风量调节不当,如一次风、二次风比例失衡,会使燃料与空气混合不均匀,造成局部富氧或缺氧燃烧。富氧区燃料剧烈燃烧,放热量大幅增加,而缺氧区则会产生大量未完全燃烧产物,这些产物在后续合适条件下会再次燃烧,瞬间释放大量能量,引起炉内压力骤升。此外,燃料给入量不稳定也会扰乱燃烧过程,使燃烧无法按正常工况进行,最终导致燃烧失控引发爆炸危险。

2.2.3 设备设计与制造缺陷

设备设计与制造缺陷对350MW超临界循环流化床锅炉的安全运行构成严重威胁。在设计方面,如果炉膛结构不合理,如容积过小、形状不佳,会使燃料燃烧空间受限,气体流动不畅,易造成燃烧产物积聚和压力异常升高。制造过程中,若承压部件的焊接质量存在问题,如焊缝有气孔、夹渣等缺陷,在高温高压运行环境下,这些部位强度降低,难以承受内部压力,极易发生泄漏甚至爆炸,给整个锅炉系统带来灾难性后果^[2]。

3 350MW 超临界循环流化床锅炉的防磨措施

3.1 运行调整

首先,合理控制烟气流速,通过优化风烟系统的运行参数,使烟气在各受热面区域保持合适流速,减少对管壁的冲刷。其次,密切监测床温与物料循环量,确保燃烧稳定且物料均匀流化,避免局部过热和物料浓度异常变化导致的磨损加剧。根据负荷变化及时调整燃烧工况,保证各受热面热负荷均匀,防止因热应力不均引发的磨损问题。通过精准的运行调整,可有效降低锅炉运行过程中的磨损程度,延长设备使用寿命,保障锅炉安全稳定运行。

3.2 加强来煤管理

加强来煤管理对于350MW超临界循环流化床锅炉防磨意义重大。严格把控入厂煤的质量,对煤的灰分、挥发分、颗粒度等指标进行细致检测,避免高灰分、高磨损性的劣质煤进入炉膛。根据煤质特性制定合理的配煤方案,使入炉煤质保持相对稳定,减少因煤质波动引起的燃烧工况变化和磨损加剧。优化煤的储存和输送环节,防止煤在储存过程中受潮结块或在输送过程中因碰撞破碎而产生过多的细颗粒,从而降低因燃料性质不佳导致的锅炉磨损风险,为锅炉的稳定运行提供良好的燃料基础。

3.3 检修改造

检修改造是解决350MW超临界循环流化床锅炉磨损问题的关键措施。定期对锅炉进行全面检查,重点关注受热面磨损情况,对于磨损严重的部位及时进行修复或更换。在检修过程中,对不合理的结构进行优化改造,例如改进炉膛内的防磨护板设计,提高其抗磨损能力;对烟气流道进行优化,改善气流分布,减少局部高速冲刷区域。采用先进的耐磨材料和焊接工艺,提升受热面的耐磨性和整体强度,确保锅炉在长期运行过程中能够有效抵御磨损,维持良好的运行状态和热效率。

3.4 热喷涂技术

热喷涂技术为350MW超临界循环流化床锅炉防磨

提供了有效的技术支持。通过将耐磨材料加热至熔融或半熔融状态,并以高速喷射到受热面表面,形成一层致密且结合牢固的耐磨涂层。这层涂层能够显著提高受热面的耐磨性能,有效抵抗烟气颗粒和高速气流的冲刷磨损。热喷涂材料具有硬度高、耐磨性好、耐高温等特点,如碳化钨、陶瓷等涂层材料被广泛应用。在实际应用中,根据不同受热面的工况和磨损程度,选择合适的热喷涂工艺和材料,能够大大延长锅炉受热面的使用寿命,降低维修成本,保障锅炉的安全稳定运行。

3.5 埋管处理

埋管处理是350MW超临界循环流化床锅炉防磨的一种有效方式。对于炉膛内的埋管部分,采用特殊的防磨措施至关重要。例如,在埋管表面焊接鳍片或加装防磨套管,改变颗粒对埋管的冲刷角度和力度,降低磨损速率。优化埋管的布置方式,使其在保证传热效果的前提下,尽量减少与高速物料流的正面冲击。对埋管进行定期检查和维修,及时修复或更换磨损严重的部位,确保埋管的完整性和可靠性。通过合理的埋管处理措施,可以有效保护埋管免受严重磨损,提高锅炉的整体运行稳定性和安全性^[3]。

4 350MW 超临界循环流化床锅炉的防爆措施

4.1 优化燃烧过程

优化燃烧过程是350MW超临界循环流化床锅炉防爆的关键举措。首先,精确控制燃料与空气的比例至关重要。通过先进的燃烧控制系统,根据实时的负荷需求和燃料特性,精准调节一次风、二次风的风量和风速,确保燃料在炉膛内充分、均匀地燃烧,避免局部缺氧或富氧状况,防止可燃气体聚集引发爆炸。其次,优化燃料的给入方式和粒度分布,保证燃料在流化床中稳定流化,避免出现局部物料堆积和燃烧不稳定现象。再者,加强对床温的监测与调控,使其维持在合理范围内,防止因床温过高导致燃料爆燃或结焦,从而引发爆炸危险。通过这些措施,可有效稳定燃烧工况,降低爆炸风险,保障锅炉安全运行。

4.2 设备改进与升级

设备改进与升级对于350MW超临界循环流化床锅炉防爆具有重要意义。在炉膛设计方面,优化炉膛结构和尺寸,改善气体流动特性,避免出现烟气滞留和漩涡

区域,使燃烧产物能够顺畅排出,防止压力异常升高。对承压部件,如汽包、水冷壁等,采用更高强度、耐高温高压且质量可靠的材料,并加强制造过程中的质量检测,确保无缺陷存在,防止因承压部件破裂引发爆炸。升级安全阀等安全保护装置,确保其动作准确可靠,在压力超限时能够及时泄压,避免事故扩大。

4.3 监测与预警系统

监测与预警系统是防范350MW超临界循环流化床锅炉爆炸的重要防线。该系统通过布置在锅炉各关键部位的温度、压力、流量、气体成分等多种传感器,实时采集运行参数,并将数据传输至监控中心。利用先进的数据分析软件,对这些数据进行快速处理和分析,一旦发现参数异常变化,如温度骤升、压力波动超出正常范围、可燃气体浓度超标等,立即发出预警信号,提醒操作人员及时采取措施进行调整或停机处理。该系统具备历史数据存储和回放功能,便于事故分析和总结经验教训。通过完善的监测与预警系统,能够实现对锅炉运行状态的全方位、实时监控,及时发现潜在的爆炸危险,为保障锅炉安全稳定运行提供有力支持^[4]。

结束语

综上所述,350MW超临界循环流化床锅炉的防磨防爆工作是一项系统而艰巨的任务,对于保障电力生产的安全稳定运行至关重要。通过深入分析磨损与爆炸的原因,并针对性地采取一系列有效的防磨防爆措施,包括优化运行调整、加强燃料管理、推进检修改造、应用先进技术以及完善监测预警等方面,能够显著降低设备的故障率,延长其使用寿命,提高整体运行效率。

参考文献

- [1]高琴.全燃石煤350MW超临界循环流化床锅炉关键技术及设计方案研究[J].锅炉技术,2020,51(04):33-37.
- [2]王映奇.350MW超临界循环流化床锅炉床温偏差原因分析及调整[J].锅炉技术,2020,51(03):37-40.
- [3]曾建才.循环流化床锅炉防磨防爆对策[J].能源与环境,2023(3):63-65.
- [4]史正赞.350MW超临界循环流化床锅炉的防磨防爆探索[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(11):236-241.