

循环流化床锅炉炉内受热面磨损分析及对策

刘 渊

国能亿利能源有限责任公司电厂 内蒙古 鄂尔多斯 014300

摘 要: 循环流化床锅炉作为一种先进的锅炉形式,在能源利用效率、环保性能等方面具有很大优势。但在长期运行中,炉内受热面的磨损问题成为制约其稳定运行的重要因素。本文针对循环流化床锅炉炉内受热面的磨损问题,分析其磨损机理、影响因素和类型,并提出优化燃烧工况、优化材料选择和加强磨损监测和维护等对策。

关键词: 循环流化床锅炉; 炉内受热面; 磨损问题

Analysis and countermeasures of heating surface wear in the furnace in circulating fluidized bed boiler

Liu Yuan

State Energy Yili Energy Co., LTD. Power Plant, Inner Mongolia Ordos 014300

Abstract: As an advanced boiler form, the circulating fluidized bed boiler has great advantages in energy utilization efficiency, environmental protection performance and other aspects. But in the long-term operation, the wear of the heat surface in the furnace has become an important factor restricting its stable operation. Based on the wear problem of the heating surface in the circulating fluidized bed boiler, the wear mechanism, influencing factors and type are analyzed, and the countermeasures of optimizing the combustion condition, optimizing the material selection and strengthening the wear monitoring and maintenance are proposed.

Key words: circulating fluidized bed boiler; heating surface in the furnace; wear problem

前言: 循环流化床锅炉是一种高效、环保的锅炉设备,广泛应用于燃煤、燃气等工业领域。本文将针对循环流化床锅炉炉内受热面的磨损问题,分析磨损机理、影响因素和磨损类型,并提出相应的优化对策,以期循环流化床锅炉的长期稳定运行提供参考。

1 循环流化床锅炉概述

1.1 循环流化床锅炉的定义和工作原理

循环流化床锅炉是一种新型的燃烧设备,通过循环流化床技术实现燃料的高效燃烧和污染物的减排。它由炉膛、循环系统、蒸汽系统和废气处理系统等组成。其工作原理是将燃料和空气在高速气流的搅动下形成流态床层,利用流态床层的惯性、压缩和剪切作用,使燃料得到良好的混合和燃烧,同时也能够将废气中的污染物经过净化处理达到排放标准。

1.2 循环流化床锅炉中常见的受热面类型

循环流化床锅炉中常见的受热面类型包括:水冷壁、过热器、再热器、空气预热器和省煤器等。其中,水冷壁是锅炉燃烧室内最前沿的受热面,它是由多个平行的水冷管组成的,主要负责吸收高温烟气中的辐射热和对流热^[1]。空气预热器主要负责将锅炉燃烧所需的空气预热至适宜的温度,提

高燃烧效率。省煤器则能够利用烟气中的余热对进入锅炉的给水进行加热,减少燃料消耗和环境污染。

1.3 受热面的结构特点和材料选择的要求

循环流化床锅炉中常见的受热面包括水冷壁、蒸汽冷凝器、过热器和再热器等。这些受热面的结构特点各不相同,但都承受着高温高压下的热负荷和循环流化床床料对其表面的冲蚀磨损。因此,受热面材料的选择至关重要,要具有良好的高温抗氧化性能、机械强度、热膨胀系数和耐蚀性^[2]。在材料选择方面,一般采用的材料包括碳钢、低合金钢、不锈钢和镍基合金等。

1.4 循环流化床锅炉中受热面的作用

循环流化床锅炉中的受热面是直接受到高温气体和固体颗粒的冲刷和磨损作用的部件,承担着传递热能的重要任务。在循环流化床锅炉的运行过程中,受热面不仅要承受高温烟气和固体颗粒的磨损作用,还要承受烟气中含有的酸性气体和碱性气体的腐蚀作用,因此其寿命往往比传统锅炉短。

为保证循环流化床锅炉的安全、高效、稳定运行,受热面必须处于良好的工作状态。对于受热面的磨损和损伤,必须及时进行检测和维修^[3]。因此,研究循环流化床锅炉受热

面的磨损特点和机理,寻求有效的防护措施和维修方法,对于提高循环流化床锅炉的运行效率和寿命具有重要的意义。

2 循环流化床锅炉炉内受热面磨损分析

2.1 磨损机理分析

循环流化床锅炉中,受热面的磨损是一个常见的问题。磨损的机理主要包括三个方面:冲蚀、疲劳和热应力。其中,冲蚀是指颗粒在流体中运动过程中,撞击受热面造成的磨损;疲劳则是由于受热面长期受到流体冲击而导致的表面材料逐渐脱落和开裂;热应力是由于受热面温度变化引起的应力变化,从而导致受热面材料的开裂和剥落^[4]。

在循环流化床锅炉中,由于颗粒流速较高,颗粒之间的碰撞和摩擦会对受热面造成严重的冲蚀磨损。循环流化床锅炉中的流体具有一定的腐蚀性,长期作用会导致受热面的材料发生腐蚀。因此,循环流化床锅炉中的受热面需要采取特殊的材料和结构设计,以防止磨损和腐蚀的发生。同时,磨损监测和及时维护也是保证受热面正常运行的关键。

2.2 磨损影响因素分析

(1)煤质和燃烧工况:燃烧煤的硫、灰、水分含量以及燃烧温度、氧量等因素都会影响煤粉的燃烧特性,影响受热面的磨损。(2)循环流化床锅炉的运行参数:包括循环流化床锅炉的运行温度、压力、流速、灰分含量、空气分配、再循环率等参数,这些参数的改变会直接影响到循环流化床锅炉中受热面的磨损。(3)磨损材料的物理和力学性质:受热面的材料物理和力学性质也会影响受热面的磨损。比如硬度、强度、韧性、导热性等因素都会影响受热面的磨损程度^[5]。(4)磨损物的性质和特点:循环流化床锅炉中的磨损物质主要是煤粉、灰渣等固体颗粒,这些颗粒的形态、大小、硬度等特点也会直接影响到受热面的磨损。(5)清灰方式:清灰方式也是影响循环流化床锅炉受热面磨损的重要因素。如果清灰不及时或清灰方式不当,会导致灰渣在受热面上长时间积累,从而增加受热面的磨损。(6)维护和保养:受热面的维护和保养也会影响到其磨损程度。如果受热面的清洗、检修、维护不及时,会导致受热面表面的污物、灰渣等杂质在受热面上积累,加剧受热面的磨损。

2.3 磨损类型分析

(1)冲蚀磨损:流体中的固体颗粒以高速冲击受热面,使其表面产生冲蚀磨损,造成局部磨损加剧和热损失增加。(2)磨料磨损:固体颗粒随着流体流动,在受热面表面产生摩擦,使受热面表面磨损、变形、失效。(3)高温腐蚀磨损:由于流化床炉内存在的卤素、硫、氯等气体,在高温下与受热面材料发生化学反应,导致受热面表面产生腐蚀和磨损。(4)疲劳磨损:长时间运行和温度循环的作用下,受热面出现疲劳裂纹,进而发生疲劳磨损。

3 循环流化床锅炉炉内受热面磨损对策

3.1 优化燃烧工况

3.1.1 调整燃料成分

燃料成分的不同会影响燃烧的温度、热值、灰分等物理化学特性,因此可以通过调整燃料成分来降低燃烧温度、减少灰渣生成和燃烧产物对受热面的冲击。比如增加燃料中的燃烧助剂,如石灰、白土等可以促进燃料燃烧,提高燃烧效率,减少废气排放,降低磨损。

3.1.2 改善燃烧质量

燃料燃烧质量的好坏也会对受热面造成不同程度的磨损影响,因此需要加强燃烧过程的控制,提高燃烧质量。可以通过调整空气配比、调整燃烧温度、优化燃烧器结构等措施来实现。例如,增加过量空气的供应可以促进燃烧反应的充分进行,减少燃烧产物的生成,减轻受热面的负荷。

3.1.3 优化气固两相流动状态

循环流化床锅炉是一种气固两相流动的燃烧设备,气固两相流动状态的优化也可以有效减轻受热面的磨损。通过优化气固两相流动状态,可以减少床层中的机械冲击和撞击磨损,并提高热传递效率。具体实现措施包括:调整床层压降,控制床层高度,增加反应器高度,优化床层颗粒粒径分布等。

3.2 优化炉内材料选择

3.2.1 选择耐磨材料

在循环流化床锅炉中,燃料在燃烧过程中会与受热面发生摩擦,导致受热面磨损。为减少磨损,可以选择耐磨材料作为受热面材料。常见的耐磨材料有碳化硅、碳化硼、氮化硅等。

3.2.2 选择高温材料

循环流化床锅炉中,受热面的工作温度通常较高,需要选择高温材料。高温材料可以保持其结构强度和化学稳定性,在高温下不易软化、熔化、脆化。常见的高温材料有钼、钨、铬、镍、铁等。

3.2.3 筛选材料的物理和化学性质

物理和化学性质是选择材料的关键因素,例如材料的热导率、热膨胀系数、热稳定性、机械强度和化学稳定性等。选择具有优良物理和化学性质的材料可以保证其在高温高压、强摩擦等复杂环境下的稳定性和耐久性。

3.2.4 采用复合材料

复合材料是指由两种或两种以上的材料组合而成的材料,常见的复合材料有金属基复合材料、陶瓷基复合材料、聚合物基复合材料等。这些材料具有较高的强度、韧性和抗磨损性,可以在循环流化床锅炉中有效地减少受热面的磨损。

3.3 加强磨损监测和维护

3.3.1 定期检查炉内受热面的状态

检查应该包括受热面表面的磨损情况、磨损类型、局部温度异常以及氧化、腐蚀等现象。检查炉内受热面的状态有助于及时发现磨损、氧化、腐蚀等问题,采取相应的维护措施,延长受热面的使用寿命,同时也有助于提高循环流化床锅炉的燃烧效率和安全性。

3.3.2 加强清洗和除灰工作

第一,定期对循环流化床锅炉进行清洗,清除受热面上的灰垢层。清洗频率根据燃烧情况和锅炉负荷而定,通常在1-2个月进行一次。第二,采用适当的清洗工艺,如高压水射流、蒸汽清洗等,使清洗效果更好。第三,加强除灰工作,防止煤灰在燃烧过程中堆积在受热面上,形成过厚的灰垢层。可以采用机械除灰、气力输送除灰等方式。第四,加强清洗和除灰的监测和管理,建立清洗和除灰的记录,及时发现问题并解决。

3.3.3 选择高质量耐磨材料

针对循环流化床锅炉炉内受热面的磨损问题,应优先选择具有高强度、高硬度、耐磨损性能好的材料。常用的材料有高铬铸铁、高锰钢等。同时,还应考虑到材料耐腐蚀性能和耐高温性能,以适应循环流化床锅炉高温高压、腐蚀性强的工作环境。除此之外,还应注意材料的可焊性和可加工性等技术指标,以便更好地进行材料组装和维护操作。

3.3.4 采用防磨损涂层技术

在炉内受热面上涂覆一层耐磨涂层,可以有效减少受热面的磨损。常见的耐磨涂层材料有WC-Co、Cr₃C₂-NiCr、NiCr-Cr₃C₂等。涂层的厚度和质量也是影响涂层效果的重要因素,需要根据具体情况来选择。

3.3.5 优化炉内气流分布和流速

优化气流分布和流速可以避免燃烧区域的局部高温和高速气流对受热面的磨损。优化措施包括调整风量、改变进风口位置、增加局部冷却等。应根据燃烧物的特性和炉内温度、压力等参数来制定优化方案。

结论:循环流化床锅炉中受热面的作用至关重要,其磨损会直接影响锅炉的运行效率和寿命。针对循环流化床锅炉中受热面磨损问题,必须采取综合性的措施,包括优化燃烧工况、优化炉内材料选择和加强磨损监测和维护等方面,才能最大限度地降低磨损程度,保障锅炉的安全运行和经济效益。

参考文献

- [1]孙贺斌,周治伊,李辉等.锅炉受热面磨损测量装置及方法[J].管道技术与设备,2023,14(01):60-62.
- [2]张文超.流化床锅炉水冷壁偏磨原因分析及措施[J].大氮肥,2021,44(02):96-98+105.
- [3]陈翰,姚禹歌,张国庆等.循环流化床锅炉炉内受热面磨损防护技术与应用进展[J].洁净煤技术,2022,28(12):18-29.
- [4]王家兴,高全,彭建升等.循环流化床锅炉炉膛受热面磨损爆管分析与解决措施[J].工业锅炉,2021,19(05):55-60.
- [5]周品.锅炉受热面磨损的原因及解决方法刍议[J].中国设备工程,2021,24(18):132-133.