

循环流化床锅炉磨损治理

武培珍

国能亿利能源有限公司责任公司电厂 内蒙古 鄂尔多斯 014300

摘要：循环流化床锅炉以其低温动力控制燃烧、高强度热量传递和固体物料循环等特点在燃煤发电领域得到广泛应用但磨损问题严重制约了其长期经济运行。本文探讨了循环流化床锅炉的特点、磨损的主要区域与类型、影响因素及治理措施。分析了炉膛内、回料系统及对流受热面等关键区域的磨损类型，并探讨了燃料特性、运行参数及受热面结构对磨损的影响。提出了加强主动与被动防磨技术应用、优化耐磨材料选择与应用、优化锅炉运行参数、强化锅炉结构改进及受热面其它部位磨损防治等综合治理措施。

关键词：循环流化床锅炉；磨损治理；措施

引言：循环流化床锅炉作为燃煤火力发电的重要组成部分，以其独特的燃烧方式和高效的热量传递特性，在电力及热力供应领域得到了广泛应用。磨损问题一直是制约循环流化床锅炉长期经济运行的关键因素。本文旨在深入探讨循环流化床锅炉的磨损问题，分析其产生原因，并提出有效的治理措施，为锅炉的安全、高效运行提供参考。

1 循环流化床锅炉的特点

循环流化床锅炉是一种高效且适应性强的热能转换设备，其特点主要体现在以下几个方面：（1）循采用低温的动力控制燃烧方式。这种燃烧方式使得燃烧速度主要取决于化学反应速度，并受到温度水平的制约。由于燃烧温度相对较低，一般在850℃-950℃之间，因此能够减少氮氧化物的生成，有利于环保。（2）具有高强度的热量、质量和动量传递过程。锅炉内部通过高速度、高浓度、高通量的固体物料来回循环，使得炉内的热量、质量和动量的传递和交换非常迅速^[1]。这种高效的传递过程使得炉膛内温度分布均匀，提高了燃烧效率。（3）燃料适应性强。它可以燃烧各种固体燃料，如煤炭、生物质颗粒、木材等，且对燃料的质量和燃烧性能的变化具有较强的适应性。通过调节供料和燃气分布控制，可以确保锅炉在不同燃料条件下的稳定运行。（4）具有独特的物料循环系统。该系统由流化床燃烧室、物料分离器和回料阀组成，能够将飞灰中粒径较大、含碳量高的颗粒回收并重新送入炉内燃烧，从而提高了燃料的利用率。（5）循环流化床锅炉的器件结构相对简单。减少了零部件和连接件的数量，降低了故障出现的可能性。锅炉的控制系统先进，采用先进的控制算法和仪表设备，能够根据锅炉运行状况自动调整燃料供给、空气供给和床层温度控制等参数，实现良好的运行稳定性。

2 循环流化床锅炉磨损的主要区域与类型

2.1 磨损的主要区域

循环流化床锅炉在运行过程中，由于烟气、固体物料的冲刷、碰撞和摩擦，会产生不同程度的磨损。这些磨损主要集中在以下几个区域：（1）炉膛内部：炉膛是锅炉内燃料燃烧的主要场所，也是磨损最为严重的区域之一。风帽、风帽孔以及位于循环物料回料口附近的风帽易磨损，定向风帽的“帽子”部位尤其如此。炉膛水冷壁如双面水冷壁下部、炉衬与水冷壁过渡区、炉膛角落的管子以及没有磨损材料覆盖的弯管和焊缝等也容易受到磨损。同时，炉膛内其他受热面如屏式过热器底部、埋管、炉顶，以及二次风喷嘴等也是磨损的重点区域。（2）对流受热面与回料系统：对流受热面包括过热器、再热器、省煤器和空气预热器等部件，这些部件的烟气走廊、横向冲刷管束的第一排管及后续管束的特定角度位置容易受到磨损。回料系统中的旋风分离器入口烟道及上部区域、旋风分离器、立管、回料阀内表面，以及外置式流化床换热器内的受热面等也是磨损较为严重的区域。

2.2 磨损的主要类型

循环流化床锅炉的磨损类型多样，根据磨损机理和发生部位的不同，可以分为以下几种类型。（1）冲击磨损：当烟气、固体物料的流动方向与受热面呈一定角度或相垂直时，固体物料会冲击、碰撞受热面，造成磨损。这种磨损通常发生在炉膛内的受热面及回料系统的某些部位^[2]。（2）冲刷磨损：当烟气、固体物料的流动方向与受热面（或管束）平行时，固体物料会冲刷受热面，造成磨损。这种磨损主要发生在受热面的凹凸部位、平台处产生的涡流区域。

3 影响循环流化床锅炉磨损的因素分析

3.1 烟气流速与飞灰浓度

烟气流速是循环流化床锅炉磨损的一个关键因素。在锅炉运行过程中,烟气携带大量飞灰颗粒在炉膛内高速流动,这些颗粒以一定的速度和角度撞击受热面,造成磨损。烟气流速越高,飞灰颗粒的动能就越大,撞击受热面时的冲击力也越强,从而导致更严重的磨损。飞灰浓度同样对磨损有显著影响。飞灰浓度越高,单位时间内撞击受热面的颗粒数量就越多,磨损速率也会相应增加。特别是在炉膛出口附近和对流受热面区域,由于飞灰浓度相对较高,磨损问题尤为突出。

3.2 固体物料的粒度与硬度

固体物料的粒度与硬度也是影响循环流化床锅炉磨损的重要因素。固体物料在锅炉内被高速气流携带并冲刷受热面,其粒度和硬度直接决定了磨损的严重程度。固体物料的粒度越大,其动能和冲击力就越大,对受热面的磨损也就越严重。特别是在床层厚度较大或物料循环量较大的情况下,大颗粒物料对受热面的冲刷作用更为显著。在锅炉设计和运行过程中,需要合理控制固体物料的粒度,以减少磨损。固体物料的硬度也是一个不可忽视的因素。硬度越高的物料,在冲刷受热面时更容易造成划痕和凹坑,从而加速磨损过程。为了减轻硬度对磨损的影响,可以选择硬度较低的燃料或添加适量的助燃剂来降低物料的硬度。

3.3 锅炉结构与受热面布置

锅炉结构与受热面布置是影响循环流化床锅炉磨损的另一个重要因素。锅炉的结构设计是否合理,受热面的布置是否恰当,都会直接影响到磨损的程度。在锅炉结构设计方面,需要充分考虑受热面的防护和支撑^[3]。在炉膛内部,可以设置合理的防磨装置和支撑结构,以减少受热面的振动和变形,从而降低磨损风险。还要注意锅炉各部件之间的连接和密封,防止因松动或泄漏而导致的磨损加剧。在受热面布置方面,需要合理规划管束的排列方式和间距。管束的排列方式应尽量避免形成涡流区域,以减少飞灰颗粒对受热面的冲刷作用。管束的间距也应适中,既要保证足够的传热面积,又要避免过密导致磨损加剧。

4 提升循环流化床锅炉磨损的治理措施

4.1 加强主动防磨技术应用

循环流化床锅炉磨损问题一直备受关注,主动防磨技术作为减缓磨损的有效手段,以下三种以下几种技术在实际应用中发挥着重要作用。(1)让管技术通过改变水冷壁的几何形状,引导气固流动方向,避免了贴壁回流物料对水冷壁的冲刷,从而有效减缓了磨损。这一技术简单实用,且能够显著降低磨损速率,延长锅炉的使

用寿命。(2)格栅防磨经纬结构技术则是通过在水冷壁表面加装耐磨合金板,形成阶梯式网格化的防护壁垒,阻断了高速贴壁流的形成。提高了锅炉的安全性和经济性,施工周期短,后期维护费用低,是一种极具潜力的防磨技术。(3)导流板技术则是通过改变气固流动的轨迹,减少固体颗粒对受热面的冲刷。在炉膛出口区域等易磨损部位设置导流板,能够有效引导气固流动方向,减少颗粒对受热面的直接撞击,从而减缓磨损。

4.2 加强被动防磨技术的应用

在循环流化床锅炉的磨损治理中,被动防磨技术以其高效、实用的特点,成为减缓受热面磨损的重要手段,以下是主要技术:(1)金属喷涂技术。通过在锅炉水冷壁管及鳍片表面喷涂高强度耐磨的金属陶瓷涂层,显著提高了受热面的耐磨性。主要针对锅炉密相区上部、给煤口正面、炉膛四角及顶部等易磨损部位进行喷涂,有效减缓了这些区域的磨损速度。为确保喷涂层的稳定性和持久性,定期检查和更换磨损严重的涂层,并在更换时彻底清理管端坡口处的喷涂层,避免焊接时产生脆性裂纹。(2)敷设耐火材料。通过在锅炉水冷壁上敷设一定厚度的耐磨耐火浇注料,形成保护层,减少固体颗粒对水冷壁的冲刷和撞击。这种方法施工简单,防磨效果显著,尤其在锅炉密相区和炉膛出口周围得到广泛应用。耐火材料的导热系数较小,可能对炉膛的换热性能产生一定影响。因此,在实际应用中,需合理控制敷设厚度,以平衡防磨效果和换热性能。(3)耐磨陶瓷片的应用也这种高硬度、高耐磨性的材料通过粘贴或焊接方式固定在水冷壁表面,有效减少了固体颗粒的冲刷和撞击,延长了锅炉的使用寿命。

4.3 优化耐磨材料的选择与应用

在循环流化床锅炉的磨损治理中,不同工况和磨损程度下的锅炉,对耐磨材料的需求也各不相同。(1)高铬耐磨合金以其卓越的硬度和耐磨性,成为制作格栅防磨板、耐磨衬板等关键部件的首选材料。这种合金在高温、高速冲刷等恶劣环境下,依然能保持出色的性能,有效减缓锅炉的磨损速度。(2)耐磨陶瓷则以其硬度高、耐磨性好、耐腐蚀性强等特性,广泛应用于耐磨涂层和耐磨陶瓷片的制作中。与金属和合金材料相比,耐磨陶瓷具有更长的使用寿命,能够在各种恶劣工况下保持稳定的性能,为锅炉提供可靠的防护。(3)耐磨浇注料作为一种由耐磨骨料、结合剂和外加剂组成的复合材料,也因其施工方便、固化速度快、耐磨性好等特点,被广泛应用于锅炉内部磨损区域的填充和修复。这种材料能够在短时间内形成有效的防护层,迅速减缓锅炉的

磨损,提高锅炉的使用寿命。

4.4 优化锅炉运行参数

在循环流化床锅炉的运行中,为了有效减缓锅炉的磨损,优化锅炉的运行参数显得尤为重要,具体措施如下:(1)降低烟气流速是减缓磨损。烟气流速过高会加剧固体颗粒对受热面的冲刷和撞击,从而加速磨损。通过调整一次风和二次风的风量,以及优化燃烧室的结构,可以有效降低烟气流速,从而减少磨损。(2)降低飞灰浓度。飞灰浓度的增加会提高固体颗粒对受热面的冲刷频率和力度,进而加剧磨损。可以通过优化燃烧过程,提高燃料的燃烧效率,减少飞灰的产生。采用高效的除尘设备,如电除尘器或布袋除尘器,也可以有效降低飞灰浓度,从而减缓磨损。(3)控制燃料粒度。燃料粒度过大或过小都会加剧磨损。粒度过大时,燃料在锅炉内燃烧不充分,易形成大颗粒飞灰;粒度过小时,燃料易随烟气流动,增加对受热面的冲刷。在锅炉运行过程中,严格控制燃料的粒度,确保其在适宜的范围内,以减缓磨损。

4.5 强化锅炉结构改进

在循环流化床锅炉的运行过程中,磨损问题一直备受关注。为了有效减缓锅炉的磨损,对锅炉结构进行改进显得尤为必要。(1)优化受热面布置。通过科学合理地布置受热面,如设置防磨装置、改变受热面的形状和角度等,可以有效减少固体颗粒对受热面的冲刷和撞击,从而延长锅炉的使用寿命。(2)增加防磨装置。耐磨衬板、防磨瓦等防磨装置能够吸收固体颗粒的冲刷和撞击能量,保护受热面不受损坏^[4]。在锅炉内部的关键部位增加这些防磨装置,可以显著提高锅炉的耐磨性能。(3)改进旋风分离器的结构。旋风分离器作为循环流化床锅炉中的核心部件,其性能直接影响锅炉的磨损情况。通过优化旋风分离器的设计,提高其分离效率,可以减少飞灰颗粒对受热面的冲刷和撞击,从而降低磨损。(4)优化锅炉的密封性。良好的密封性可以防止烟气泄漏,减少固体颗粒对受热面的冲刷和撞击。在锅炉设计和制造过程中,注重密封结构的优化,确保锅炉的密封性能达到最佳状态。

4.6 受热面其它部位的磨损防治

针对循环流化床锅炉磨损的治理,特别是受热面其他部位的磨损防治,以下是一些关键的措施:(1)严格控制燃煤粒径,确保燃煤颗粒适中,既不过大也不过小,以减少对受热面的冲击和磨损。降低烟气流速也是有效的防磨手段,通过调整锅炉的运行参数,如风量、煤量等,来控制烟气流速,使其保持在合理的范围内。(2)受热面加装护瓦、导流片、防磨梁等防磨措施。这些装置可以有效地改变烟气流的方向和速度,减少对受热面的直接冲击。选用传热效果好、耐磨损的浇注料,以及采取炉内受热面喷涂等表面处理技术,也能显著提高受热面的耐磨性。(3)特别注意水冷壁、旋风分离器、回料器等关键部件的磨损情况。对于水冷壁,可以采取格栅防磨技术,通过在水冷壁表面加装稀土合金防磨板,形成阶梯式网格状的防磨壁垒,阻断高速贴壁流的形成,降低物流流速,以减少水冷壁的磨损。对于旋风分离器和回料器,定期检查其内壁磨损状况,如磨损严重及时修补。要确保其运行参数如入口风速、入口颗粒度等保持在合理的范围内,以提高分离效率,减少飞灰对受热面的磨损。(4)定期对循环流化床锅炉进行检修和维护。通过定期检查受热面的磨损情况,及时发现并更换已磨损的部件和材料,可以确保锅炉的安全稳定运行。

结束语:循环流化床锅炉的磨损问题涉及多个方面,需要从主动防磨、被动防磨、耐磨材料选择、运行参数优化、锅炉结构改进及受热面其它部位磨损防治等多个角度进行综合治理。通过实施本文提出的治理措施,可以有效降低锅炉的磨损率,延长其使用寿命,提高锅炉运行的可靠性和经济性。随着技术的不断进步,循环流化床锅炉的磨损治理将取得更加显著的成效。

参考文献

- [1]李志明.循环流化床锅炉运行调整及磨损处理分析[J].电力系统装备,2020,(21):99-100.
- [2]张克廷.大型循环流化床锅炉受热面磨损的原因及防止措施探究[J].科技创新与应用,2017(05):137-139
- [3]柳少龙.循环流化床锅炉运行调整及磨损处理研究[J].机电信息,2019(32):65-68.
- [4]张小红.循环流化床锅炉磨损机理及防治技术[J].装备维修技术,2019(02):172-173