

关于火电厂循环流化床锅炉的常见故障与预防对策探讨

高意雄

国能亿利能源有限责任公司电厂 内蒙古 鄂尔多斯 014300

摘要：火电厂循环流化床锅炉（CFB锅炉）因其高效能、低污染及广泛的燃料适应性而备受关注。然而，CFB锅炉在运行过程中常面临磨损、结焦、旋风分离器效率下降等故障，这些故障严重影响锅炉的安全运行和经济效益。本文深入分析了CFB锅炉的常见故障及其成因，并提出了相应的预防对策，包括控制风速与给煤粒度、优化燃烧调整、加强锅炉运行监控等，旨在为CFB锅炉的安全稳定运行提供技术支持和指导。

关键词：火电厂循环流化床锅炉；常见故障；预防对策

引言：火电厂循环流化床锅炉（CFB锅炉）作为当前电力行业中广泛应用的一种高效、环保的燃烧设备，其在提高能源利用率、减少污染物排放等方面发挥着重要作用。然而，在实际运行过程中，CFB锅炉也面临着诸多常见故障，如磨损、结焦、旋风分离器效率下降等，这些问题不仅影响锅炉的稳定运行，还增加了维修成本和安全风险。因此，探讨CFB锅炉的常见故障及其预防对策，对于保障锅炉安全、高效运行具有重要意义。

1 循环流化床锅炉的基本原理与特点

1.1 循环流化床锅炉的工作原理

（1）燃料燃烧与流化过程。CFB锅炉的工作原理基于燃料在循环流化床内的燃烧过程。燃料首先经过破碎机破碎至适当粒度，然后通过给煤机送入锅炉的燃烧室。在燃烧室内，燃料与炽热的沸腾物料（床料）混合，并在高速气流的作用下形成流化床。燃料在床内迅速加热并着火燃烧，同时释放出大量的热能。燃烧过程中，大量固体颗粒被气流携带出燃烧室，经过气固分离器分离后，再由物料回送装置送回炉膛继续参与燃烧，形成循环流化过程。（2）热量传递与蒸汽生成。在CFB锅炉中，热量传递与蒸汽生成是两个紧密相连的过程。燃烧产生的高温烟气通过尾部烟道与对流受热面进行换热，将热量传递给锅炉内的工质（水）。锅炉给水经水泵送入省煤器预热后，进入汽包。在水冷壁内，水被加热并蒸发成蒸汽，然后返回汽包进行汽水分离。分离后的蒸汽进入过热器进一步升温，最终通过主蒸汽管道送至用户处。

1.2 循环流化床锅炉的技术特点

（1）高效能与低污染。CFB锅炉采用先进的流化床燃烧技术，燃料在床内充分燃烧，燃烧效率高，热效率高。同时，通过在燃烧过程中添加石灰石进行炉内脱硫，以及采用低氮燃烧技术，CFB锅炉能够显著降低烟气

中的硫氧化物和氮氧化物排放，实现高效能与低污染的双重目标。（2）广泛的燃料适应性。CFB锅炉对燃料的适应性强，可燃烧煤矸石、煤泥等高灰分低热值燃料，也适用于优质煤的燃烧。这种广泛的燃料适应性使得CFB锅炉在燃料选择上具有更大的灵活性和经济性。（3）良好的负荷调节性能。CFB锅炉具有出色的负荷调节性能，能够快速响应负荷变化，适应不同的运行工况。这一特点使得CFB锅炉在电网调峰和负荷调节方面表现出色，为电网的稳定运行提供了有力保障^[1]。

2 火电厂循环流化床锅炉的常见故障分析

2.1 磨损故障

（1）磨损的原因与机理。CFB锅炉的磨损故障主要由高速度、高浓度的固体颗粒冲击以及炉内温度循环流动的热冲击引起。在CFB锅炉中，燃料颗粒和床料在高速气流的作用下呈现流态化，这些颗粒不断冲击锅炉的受热面、耐火材料和水冷壁，导致严重的磨损。（2）高速度、高浓度固体颗粒的冲击。固体颗粒的冲刷是CFB锅炉磨损的主要原因之一。当颗粒以较高的速度撞击受热面时，会产生显著的切削作用，导致管壁逐渐变薄甚至穿孔。此外，颗粒的浓度也会影响磨损程度，颗粒浓度越高，磨损越严重。（3）炉内温度循环流动的热冲击。炉内温度的循环变化会导致耐火材料和受热面经历热冲击，这种频繁的温度变化会加速材料的疲劳和剥落，进一步加剧磨损。（4）磨损故障的影响与危害。磨损故障会直接导致锅炉性能下降，受热面效率降低，从而影响锅炉的整体热效率。此外，磨损还会缩短设备的使用寿命，增加维修和更换部件的成本。在极端情况下，磨损可能导致锅炉紧急停炉，影响电厂的稳定运行。

2.2 结焦故障

（1）结焦的原因与过程。结焦是CFB锅炉中另一种常见的故障，主要由温度过高导致的焦炭形成以及物料

循环系统中的漏风与燃烧不充分引起。当床温超过燃料的灰熔点时,燃料中的灰分会开始熔化并粘结在一起,形成焦炭。此外,物料循环系统中的漏风会导致局部氧气浓度升高,引发燃烧不充分,进而产生结焦。(2)温度过高导致的焦炭形成。床温过高是结焦的主要原因。在CFB锅炉中,如果燃烧调整不当或给煤量过多,床温会迅速升高并超过燃料的灰熔点,导致焦炭的形成。(3)物料循环系统中的漏风与燃烧不充分。漏风会降低物料循环系统中的氧气浓度分布均匀性,导致局部燃烧不充分。这些未完全燃烧的燃料颗粒在循环过程中会不断积累热量,最终引发结焦。(4)结焦故障的危害。结焦会严重堵塞物料循环系统,导致循环灰量减少,床温控制困难。此外,结焦还会增加锅炉的通风阻力,降低锅炉的热效率。在极端情况下,结焦可能导致锅炉被迫停炉进行清理,严重影响电厂的运行计划^[2]。

2.3 旋风分离器效率下降故障

(1)效率下降的原因分析。旋风分离器效率下降主要由中心筒结构不合理、分离器内壁磨损与塌落以及漏风与窜气现象引起。中心筒是旋风分离器的关键部件,其结构不合理会导致气流分布不均,影响分离效率。内壁磨损和塌落会改变分离器的形状,降低其分离能力。而漏风和窜气则会破坏分离器内的气流平衡,导致分离效率显著下降。(2)中心筒结构不合理。中心筒的结构设计直接影响分离器的气流分布和分离效率。如果中心筒的尺寸、形状或安装位置不合理,会导致气流在分离器内部分布不均,部分颗粒无法被有效分离。(3)分离器内壁磨损与塌落。长时间运行后,分离器内壁会受到固体颗粒的冲刷和磨损,导致内壁变薄甚至塌落。这种磨损和塌落会改变分离器的形状和尺寸,降低其分离效率。(4)漏风与窜气现象。漏风和窜气会破坏分离器内的气流平衡,导致颗粒在分离器内的停留时间缩短,分离效率降低。此外,漏风和窜气还可能导致分离器出口含尘量增加,进一步影响锅炉的性能和效率^[3]。(5)效率下降对锅炉运行的影响。旋风分离器效率下降会直接导致未燃尽颗粒增多。这些未燃尽的颗粒随烟气进入尾部受热面,不仅会降低受热面的传热效率,还可能引发受热面的积灰和磨损,严重时甚至导致受热面堵塞或爆管。此外,未燃尽颗粒的增多还会增加锅炉的固体不完全燃烧损失,降低锅炉的热效率。(6)尾部受热面磨损加剧。由于旋风分离器效率下降,未燃尽颗粒进入尾部受热面,这些颗粒在高速烟气的携带下会不断冲击受热面管壁,导致管壁磨损加剧。长期以往,不仅会降低受热面的使用寿命,还可能引发严重的安全事故。

2.4 其他常见故障

(1)炉膛爆炸事故。炉膛爆炸是CFB锅炉中一种极为严重的安全事故。它通常由于燃料中混入易燃易爆物质、燃烧调整不当或点火失败等原因引起。炉膛爆炸不仅会造成设备损坏和人员伤亡,还可能对电厂的运行和环境造成严重影响。(2)锅炉水位事故。锅炉水位事故是CFB锅炉运行中常见的故障之一。它可能由于给水系统故障、水位计失灵或运行人员误操作等原因引起。锅炉水位过高或过低都会对锅炉的安全运行构成威胁,严重时可能导致锅炉爆管或停炉。(3)给煤系统故障。给煤系统是CFB锅炉的重要组成部分,它负责将燃料送入炉膛进行燃烧。给煤系统故障可能由于煤质变化、给煤机故障或控制系统失灵等原因引起。给煤系统故障会导致燃料供应不足或中断,严重影响锅炉的稳定运行和热效率。

3 火电厂循环流化床锅炉故障的预防对策

3.1 磨损故障的预防对策

磨损是CFB锅炉运行中最为常见的故障之一,主要发生在锅炉受热面、耐火材料和水冷壁等部位。(1)控制风速与给煤粒度。CFB锅炉内的固体颗粒在高速下会对受热面产生强烈的冲刷作用,导致磨损加剧。因此,合理控制风速是预防磨损的关键。同时,给煤粒度的选择也至关重要。过大的煤粒不易流化,容易在局部形成磨损热点;而过小的煤粒则会增加颗粒的磨蚀性。因此,应根据锅炉的实际运行情况和煤种特性,合理设定风速和给煤粒度,以减少磨损。(2)锅炉安装与检修质量的提升。锅炉的安装质量和检修水平直接影响其耐磨性能。在安装过程中,应确保受热面、耐火材料等部件的安装位置准确、固定牢固,避免在运行过程中产生松动和磨损。此外,加强锅炉的日常检修和维护工作,及时发现并处理磨损严重的部位,可以有效延长锅炉的使用寿命。(3)加装防护件与改善材料性能。在易受磨损的部位加装防护件,如耐磨衬板、防磨喷涂等,可以显著提高锅炉的耐磨性能。同时,选用耐磨性能更好的材料制造受热面和耐火材料,也是预防磨损的有效手段。例如,采用高铬铸铁或镍基合金等耐磨材料制作受热面,可以大大降低磨损速率。

3.2 结焦故障的预防对策

结焦故障主要由温度过高、物料循环系统密封性不足以及煤种与粒径配比不当引起。(1)优化燃烧调整与温度控制。合理调整燃烧参数,如给煤量、风量等,以控制床温和炉膛出口温度,避免温度过高导致焦炭形成。同时,加强对炉膛温度的监测和控制,确保温度在安全范围内波动。当发现温度异常升高时,应立即采取

措施降低温度,防止结焦的发生。(2)确保物料循环系统的密封性。物料循环系统的密封性对于防止漏风和燃烧不充分至关重要。应定期检查和维修物料循环系统的密封部件,确保其完好无损。一旦发现漏风现象,应立即采取措施进行修复,以防止局部氧气浓度升高导致燃烧不充分和结焦。(3)加强点火前的煤种与粒径配比控制。点火前应根据煤种特性和锅炉设计要求,合理配比煤种和粒径。避免使用易结焦的煤种和过大的煤粒。同时,加强对煤质的监测和分析,根据煤质的变化及时调整配比方案,以确保燃烧的稳定性 and 安全性^[4]。

3.3 旋风分离器效率下降的预防对策

旋风分离器是CFB锅炉中的关键部件,其效率直接影响锅炉的燃烧效率和受热面的安全。旋风分离器效率下降主要由内壁磨损、结构不合理以及风量配比不当等原因引起。(1)定期检查与维修分离器内壁。定期对旋风分离器的内壁进行检查和维修,及时修复磨损和塌落部位。同时,加强对分离器内壁的清洁工作,防止积灰和结焦导致分离效率下降。(2)优化分离器结构与尺寸设计。根据锅炉的实际情况和运行需求,优化旋风分离器的结构和尺寸设计。通过改进分离器的入口和出口结构,提高气流的均匀性和颗粒的分离效率。同时,合理设置分离器的尺寸参数,以确保其适应不同工况下的运行需求。(3)加强风量配比与循环灰量的控制。合理调整旋风分离器的风量配比和循环灰量,以确保进入分离器的气流速度适中、颗粒浓度均匀。通过加强风量配比的控制,可以提高分离效率并降低能耗。同时,加强对循环灰量的监测和控制,确保灰量的稳定和适中,以避免对分离效率产生不利影响。

3.4 其他故障的预防对策

除了磨损、结焦和旋风分离器效率下降外,CFB锅炉还可能遇到其他故障,如炉膛爆炸、锅炉水位异常、给煤系统故障等。(1)加强锅炉运行监控与管理。构建完备的运行监控系统,实时监测温度、压力、水位、风量等关键参数,利用数据分析及时察觉并处置异常,

从源头遏制故障。同时,完善设备台账,制定科学检修计划,加强日常维护保养,确保设备正常运转、及时维修。此外,严格制定操作规程与安全管理制度,明确各级人员职责和操作规范。(2)提升操作人员的技术水平与应急处理能力。操作人员的技术水平和应急能力直接影响锅炉运行安全。定期组织培训演练,内容涵盖锅炉结构原理、常见故障诊断处理及安全操作规范等,使其熟练掌握锅炉运行特性与故障处理流程,切实提高实际工作中的应变和处理效率。(3)完善锅炉安全保护装置与制度。构建完善的安全保护装置体系,配备水位、超温、压力等报警保护装置,故障发生时及时预警,便于操作人员紧急处置。加强对保护装置的日常维护检查,保障其性能良好。同时,完善安全管理制度,明确安全职责与操作要求,强化制度执行与监督,为锅炉安全运行提供坚实保障。

结束语

综上所述,火电厂循环流化床锅炉的常见故障对其稳定运行构成了严峻挑战,但通过合理的预防对策,我们可以有效减少这些故障的发生。从控制运行参数、优化锅炉设计到加强日常维护和检修,每一步都至关重要。未来,随着技术的不断进步和创新,我们有理由相信CFB锅炉的可靠性和耐用性将得到进一步提升。火电厂应持续关注CFB锅炉的运行状态,不断优化预防策略,确保其在安全、高效的状态下为电力供应做出贡献。

参考文献

- [1]陈好卫.关于火电厂循环流化床锅炉的常见故障与预防对策探讨[J].中国设备工程,2023,(24):214-215.
- [2]李文江.关于火电厂循环流化床锅炉的常见故障与预防对策探讨[J].建筑技术科学,2024,(03):36-37.
- [3]姬慧强.火电厂循环流化床锅炉的常见故障与预防对策探讨[J].电力系统及自动化,2021,(12):122-123.
- [4]吕德君.火电厂循环流化床锅炉的常见故障与预防对策探究[J].电力系统及自动化,2025,(09):91-92.