

锅炉运行调整防止锅炉结焦优化分析

徐振波

江西赣能股份有限公司丰城发电厂 江西 丰城 331100

摘要: 锅炉运行中结焦现象严重影响安全与效率。本文深入剖析锅炉结焦基本特性、形成机理及主要影响因素,阐述运行调整与结焦的内在关联,明确防止结焦的运行调整核心方向,如燃烧、炉膛、受热面及其他关键参数调整。同时提出优化路径,包括运行调整流程、精准度、动态适配及与维护协同优化。通过这些措施,有效降低锅炉结焦风险,提升锅炉运行的安全性与经济性,为锅炉稳定运行提供有力保障。

关键词: 锅炉结焦; 运行调整; 燃烧优化; 参数调整; 协同优化

引言: 锅炉作为能源转换关键设备,在电力、化工等行业应用广泛。然而,锅炉结焦问题长期困扰运行,结焦不仅降低锅炉热效率,增加能耗,还可能引发受热面超温、爆管等安全事故,严重影响锅炉安全稳定运行。锅炉结焦是复杂过程,受煤质、炉内温度、运行调整等多因素影响。深入探究锅炉运行调整与结焦的关系,明确防止结焦的运行调整方向与优化路径,对提升锅炉运行水平、保障能源供应安全、推动行业可持续发展具有重要意义。

1 锅炉结焦的基本特性与形成机理

1.1 锅炉结焦的基本特性

锅炉结焦是高温环境下灰渣熔融粘结于受热面及炉体部位的典型运行现象,具备明显的关联性、渐进性与差异性特征^[1]。结焦过程并非瞬时发生,而是从初始灰层沉积逐步发展为致密焦块,呈现阶梯式演进态势。不同结焦类型呈现差异化表现,高温粘结灰多形成于炉膛辐射受热面,质地坚硬且与管壁黏结牢固,难以通过常规吹灰清除;低温粘结灰则常见于尾部受热面,多以硫酸盐为基质,呈硬结状且易持续增长。结焦强度与形态受运行条件影响显著,温度波动、介质氛围变化均会改变结焦速率与致密程度,这种特性使得结焦防控需依托动态调整实现精准管控。

1.2 锅炉结焦的核心形成机理

锅炉结焦的核心形成逻辑围绕灰渣熔融与粘结展开,本质是高温环境下灰分物理状态变化与界面作用的综合结果。炉膛内燃烧产生的高温使煤粉中易熔成分升华或熔融,形成液态或半液态灰粒,若此类灰粒在接触受热面前未充分冷却凝固,便会因自身粘性粘附于受热面表面。煤粉中易挥发碱性氧化物在高温下气化,冷却后凝结于受热面或飞灰颗粒表面,形成初始粘结层,为后续灰粒附着提供基础。炉内还原性气氛会降低灰熔点,促使高熔点氧化物还原为低熔点物质,进一步加速熔融灰

粒形成,叠加受热面传热不均导致的局部高温,推动结焦持续发展,最终形成致密焦块。

1.3 锅炉结焦的主要影响因素

锅炉结焦受多维度因素共同作用,各因素相互作用、相互影响,构成完整影响体系。煤质特性是核心前提,灰分中碱性氧化物含量越高,灰熔点越低,结焦倾向越明显;灰分中氧化硅、氧化铝占比提升则会提高灰熔点,抑制结焦发生。炉内温度条件直接决定结焦速率,燃烧器区域温度过高会加速灰粒熔融,火焰中心偏斜或贴边会导致局部受热面温度异常,诱发局部结焦。运行调整不当同样加剧结焦,配风不合理形成的还原性气氛、煤粉细度不均、过量空气系数偏差,都会破坏燃烧均衡性,为结焦创造条件。此外,炉膛漏风、受热面清洁度不足等,也会间接影响结焦形成与发展。

2 锅炉运行调整与结焦的内在关联

2.1 锅炉运行调整的核心内容

锅炉运行调整涵盖多方面关键操作,旨在确保锅炉在安全、高效、稳定状态下运行。燃烧调整是重要环节,涉及对燃烧器运行方式的优化^[2]。不同类型燃烧器有着独特工作特性,通过合理调整燃烧器投运数量、角度及风量分配,可改善炉内火焰形状与分布,让燃料在炉膛内充分燃烧,释放更多热量。同时,过量空气系数的精准控制至关重要,合适的过量空气系数既能保证燃料完全燃烧,减少不完全燃烧损失,又能避免因空气量过多降低炉膛温度,影响燃烧效率。负荷调整也是运行调整的关键内容。锅炉负荷并非一成不变,需根据实际用电或用热需求灵活变动。在负荷变化时,要合理控制变化速率,防止因负荷突变导致燃烧不稳定、汽温汽压波动过大等问题。低负荷运行时,需采取特殊调整措施,如适当提高燃料浓度、调整燃烧器运行方式,以维持燃烧稳定性。吹灰系统运行调整同样不可或缺。锅炉受热面在

长期运行中会积灰结焦,影响传热效果。通过合理调整吹灰器投运顺序、频率及吹灰压力,可有效清除受热面上的积灰,保持受热面清洁,提高锅炉热效率。

2.2 运行调整对锅炉结焦的影响逻辑

运行调整与锅炉结焦存在紧密内在联系。合理的燃烧调整可改善炉内燃烧工况,使火焰均匀充满炉膛,避免局部高温区域出现。若燃烧器调整不当,火焰偏斜或局部缺氧,会导致局部温度过高,灰分在此区域更易熔融,进而增加结焦风险。过量空气系数控制不合理也会产生影响,空气量不足产生还原性气氛,会降低灰熔点,促进结焦形成;空气量过多则可能使火焰冲刷受热面,将大颗粒灰粒带至受热面沉积结焦。负荷调整对结焦影响也不容忽视。负荷变化过快,燃烧系统无法及时适应,易出现燃烧不稳定情况,导致局部温度波动大,为结焦创造条件。低负荷运行时,若调整措施不到位,燃烧不充分,灰分中未燃尽碳含量增加,这些碳颗粒可能吸附其他灰分,形成较大颗粒,在受热面沉积结焦。

2.3 运行参数变化与结焦的关联规律

运行参数变化与结焦存在明确关联规律。炉膛温度是关键参数,温度升高,灰分熔融可能性增大,结焦风险随之提高。当炉膛温度超过灰分变形温度时,灰分开始软化,易附着在受热面上;超过流动温度时,灰分呈液态,流动性增强,更易在受热面蔓延形成大面积结焦。受热面壁温对结焦也有影响。壁温过高,会使已附着灰粒进一步熔融,与受热面结合更紧密,难以清除;壁温过低,灰粒虽不易熔融,但易在受热面堆积,形成疏松结焦,影响传热效果。烟气速度同样与结焦相关,烟气速度过低,灰粒沉降速度加快,易在受热面沉积;烟气速度过高,虽能携带部分灰粒,但也可能将大颗粒灰粒冲击至受热面,增加结焦几率。

3 防止锅炉结焦的锅炉运行调整核心方向

3.1 燃烧调整优化

燃烧调整优化是防止锅炉结焦的核心手段,核心在于通过精准调控燃烧过程,避免炉内出现局部高温、还原性气氛及燃料燃烧不均等问题,从源头抑制结焦形成^[3]。燃料燃烧配比调整需结合煤质特性,优化煤粉与燃料的混合比例,确保燃料充分燃烧,减少未燃尽煤粉附着于受热面。燃烧温度与火焰中心调整需控制炉膛内燃烧温度在合理范围,避免温度过高导致灰粒熔融,同时调整火焰中心位置,防止火焰贴边燃烧引发局部受热面温度异常,减少局部结焦隐患。燃烧空气量调整需适配燃料燃烧需求,合理控制空气供给量,避免空气量不足形成还原性气氛,也可防止空气量过多导致炉膛温度降低影响

燃烧效率,兼顾燃烧充分性与结焦防控需求。

3.2 炉膛运行参数调整

炉膛压力调整对炉膛内燃烧工况与结焦情况影响重大。保持炉膛微负压运行,可防止炉膛内高温烟气外泄,保证锅炉运行安全。若炉膛压力过高,高温烟气可能从炉门、看火孔等处喷出,造成人员烫伤与设备损坏;炉膛压力过低,会使冷空气大量漏入炉膛,降低炉膛温度,影响燃烧效率,还可能改变烟气流动方向,导致灰粒在受热面不均匀沉积结焦。炉膛温度场调整至关重要。借助先进测温技术,在炉膛不同部位合理布置测温点,实时监测温度变化。依据温度数据,调整燃烧与运行参数,使炉膛温度场均匀分布。避免局部温度过高或过低,防止灰分在高温区熔融结焦,或在低温区堆积形成疏松结焦。炉膛烟气流动状态调整也不容忽视。优化炉膛结构与烟道布置,合理调整引风机与送风机运行参数,使烟气在炉膛内均匀流动,避免出现涡流与死角。均匀的烟气流动可携带灰粒均匀通过受热面,减少灰粒在局部受热面的沉积,降低结焦可能性。

3.3 受热面运行调整

受热面吸热均匀性调整是防止结焦的重要方面。通过调整燃烧器运行方式与炉膛温度场,使受热面各部位吸热量均匀。若受热面局部吸热过多,温度过高,易导致灰分熔融结焦;吸热过少,则可能使灰粒堆积。保持受热面吸热均匀,可有效避免结焦现象发生。受热面清洁度调整是关键维护措施。定期投入吹灰器,根据受热面积灰结焦情况,合理调整吹灰频率与强度。及时清除受热面上的积灰与焦块,保持受热面清洁,提高传热效率,防止因积灰结焦导致受热面超温与热偏差增大。

3.4 其他关键运行参数调整

锅炉负荷调整需平稳有序。负荷变化过快,燃烧系统无法及时适应,易出现燃烧不稳定情况,导致局部温度波动大,增加结焦风险。根据实际需求,缓慢调整锅炉负荷,使燃烧系统有足够时间调整至稳定状态,减少结焦可能性。给水与蒸汽参数调整对防止结焦也有影响。合理控制给水温度与压力,保证蒸汽品质。给水温度过低,会使省煤器管壁温度降低,烟气中灰粒易在省煤器受热面沉积结焦;蒸汽参数不稳定,会影响汽温调节,导致受热面热偏差增大,增加结焦风险。维持给水与蒸汽参数稳定,是防止锅炉结焦的重要保障。

4 锅炉运行调整防止结焦的优化路径

4.1 运行调整流程优化

对锅炉运行调整流程进行优化是防止结焦的基础性工作。传统运行调整流程可能存在环节繁琐、顺序不合理等

问题,导致调整效率低下,无法及时应对结焦风险^[4]。优化流程需从整体出发,重新梳理各调整步骤的先后顺序与逻辑关系。例如,在启动锅炉时,应先进行燃烧系统的初步调整,确保燃料能够稳定燃烧,再逐步调整炉膛压力与温度场,最后对受热面相关参数进行微调。在运行过程中,当检测到有结焦倾向时,要迅速按照优化后的流程,先调整燃烧配比与空气量,改善燃烧工况,再对炉膛压力与烟气流动状态进行针对性调整,避免结焦进一步发展。通过这种科学合理的流程优化,能够提高运行调整的及时性与有效性,降低结焦发生的概率。

4.2 运行调整精准度提升

提升运行调整精准度是防止结焦的关键环节。锅炉运行参数众多,每个参数的微小变化都可能对结焦情况产生影响。利用先进的监测设备与数据分析技术,对锅炉运行参数进行实时、精准监测与分析。例如,采用高精度的温度传感器与压力传感器,能够准确获取炉膛各部位的温度与压力数据,为调整提供可靠依据。同时,运用大数据分析 with 人工智能算法,对历史运行数据与实时监测数据进行深度挖掘,找出参数变化与结焦之间的潜在规律,从而实现对运行参数的精准调整。在调整燃烧空气量时,根据燃料特性与负荷变化,结合数据分析结果,精确控制送风机与引风机的转速,将过量空气系数控制在最佳范围内,避免因空气量偏差导致结焦。

4.3 运行调整的动态适配优化

锅炉运行工况处于不断变化之中,运行调整需具备动态适配能力。根据不同负荷、燃料种类与环境条件等因素,实时调整运行参数与调整策略。在低负荷运行时,燃料燃烧可能不稳定,易产生局部高温与还原性气氛,增加结焦风险。此时应适当增加燃烧器投运数量,调整燃烧器角度,优化燃烧空气量分配,改善燃烧工况。当燃料种类发生变化时,由于不同燃料灰分特性不同,需重新调整燃烧温度与火焰中心位置,防止灰分熔融结焦。在环境温度较低时,要关注锅炉的保温情况,避免因散热过多导致炉膛温度降低,影响燃烧效率与结焦状况。通

过动态适配优化,使锅炉运行调整始终与实际工况相匹配,有效防止结焦。

4.4 运行调整与维护协同优化

运行调整与维护工作紧密相连,协同优化能够更好地防止结焦。运行调整为维护工作提供指导,通过实时监测与分析运行参数,能够及时发现受热面的积灰结焦情况,为维护人员制定合理的吹灰与清焦计划提供依据^[5]。维护工作则为运行调整创造良好条件,定期对锅炉进行全面检查与维护,保证监测设备的准确性与可靠性,及时修复设备故障,确保运行调整指令能够准确执行。例如,维护人员定期对吹灰器进行检查与维护,保证吹灰器能够正常投运,运行人员根据维护情况合理安排吹灰频率与强度,两者相互配合,共同防止锅炉结焦,保障锅炉的安全稳定运行。

结束语

锅炉运行调整防止结焦是复杂且系统的工程。通过全面分析结焦特性与形成机理,明确运行调整与结焦的紧密联系,确定防止结焦的运行调整核心方向,并从流程、精准度、动态适配及与维护协同等方面提出优化路径。这些措施相互配合、协同作用,能有效降低锅炉结焦风险,提升锅炉运行的安全性与经济性。在实际运行中,需持续关注锅炉运行状况,不断优化调整策略,确保锅炉长期稳定运行,为相关行业发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1]张良.锅炉运行调整防止锅炉结焦优化分析[J].机械管理开发,2022,37(10):318-319,326.
- [2]马沁冰.锅炉运行调整防止锅炉结焦优化分析[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2022(1):169-171.
- [3]潘政委.燃烧调整策略对预防锅炉结焦的关键作用[J].模型世界,2025(34):73-75.
- [4]李跃.燃煤锅炉结焦及预防措施研究[J].清洗世界,2023,39(12):10-12.
- [5]王志强.燃煤锅炉结焦及预防措施研究[J].工业炉,2022,44(5):22-26.