

电厂煤粉锅炉结焦原因分析与防范措施

秦 云

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司煤制油分公司 宁夏 银川 750411

摘 要：本文深入探讨了电厂煤粉锅炉结焦的原因及相应的防范措施。先概述了锅炉结焦的现象及其典型特征，包括结焦的形成过程、形态以及对锅炉运行的影响。详细分析了导致煤粉锅炉结焦的五大主要原因：煤灰特性、煤粉细度、燃料与空气的混合比（特别是炉膛温度变化和燃烧器喷射角度的影响）。基于这些原因分析，本文提出了针对性的防范措施，这些措施的实施旨在有效降低锅炉结焦风险，提高电厂运行效率和安全性。

关键词：电厂煤粉锅炉；结焦原因；防范措施

引言：电厂煤粉锅炉作为能源转换的关键设备，其运行效率和安全性直接关系到电力供应的稳定性和可靠性。锅炉结焦问题一直是困扰电厂运行的一大难题。结焦不仅会降低锅炉的热效率，增加能耗，还可能引发设备故障，威胁电厂的安全运行。深入分析锅炉结焦的原因，并采取相应的防范措施，对于提高电厂的运行效率和安全性具有重要意义。本文将从煤灰特性、煤粉细度、燃料与空气的混合比等多个角度，对电厂煤粉锅炉结焦问题进行全面剖析，并提出有效的解决方案。

1 锅炉结焦现象概述

锅炉结焦是电厂煤粉锅炉运行中常见且棘手的问题，它指的是在锅炉受热面上形成的一层坚硬、难以清除的焦渣。这一现象主要发生在锅炉的辐射受热面，如水冷壁、过热器及再热器等部位，对锅炉的安全、经济运行构成了严重威胁。结焦的形成是一个复杂的过程，它涉及煤灰的物理化学性质、煤粉的燃烧特性、炉膛内的气流分布及温度分布等多个因素^[1]。当煤粉在炉膛内燃烧时，其中的灰分会经历一系列复杂的物理化学变化，如熔融、粘结、固化等，最终形成焦渣。这些焦渣不仅附着在受热面上，还会不断积累，形成厚厚的焦层。锅炉排焦的典型现象包括：受热面表面出现黑色或灰白色的坚硬焦层，焦层厚度不一，有的可达数厘米；锅炉排烟温度升高，热效率下降；受热面传热性能恶化，导致管壁温度升高，甚至可能引发超温爆管等严重事故；结焦还会影响锅炉的燃烧稳定性，导致燃烧波动，严重时可能引发熄火等事故。

2 锅炉结焦的典型现象特征

2.1 受热面及燃烧器结焦

锅炉受热面、喷燃器等部位出现焦渣聚集是锅炉结焦的直观表现。随着结焦的不断发展，这些焦渣会逐渐增厚，影响锅炉的正常运行。在燃烧过程中，煤粉颗粒

中的易熔或易气化物质会迅速挥发，形成气态物质进入烟气中。当这些物质在受热面或炉墙上凝结时，就会形成初始的结焦层，进而加剧结焦现象。如果锅炉床温过高，炉渣可能软化并形成结焦，这些焦渣在急剧冷却后会形成硬块，不易碎裂，严重时可能导致堵塞排渣机等运行问题。

2.2 烟温及蒸汽温度升高

锅炉结焦后，沿烟气流动方向各段烟温会显著升高，排烟温度也随之升高。这是因为结焦部位减少了受热面的有效传热面积，导致烟气在通过时温度上升。由于结焦使炉膛出口温度升高，过热器传热强化，蒸汽温度也会偏高。这不仅会降低锅炉效率，还可能造成过热器管超温，影响锅炉的安全性。

2.3 锅炉运行参数异常

锅炉结焦还会导致锅炉运行参数出现异常。例如，床温可能急剧升高，氧量指示下降甚至到零，一次风机电流减小等^[2]。这些参数的异常变化反映了锅炉内部燃烧状况的恶化。水冷壁局部结焦会使热偏差增大，局部管壁过热超温，两侧水位偏差增大。这些现象都可能对锅炉的安全运行构成威胁，需要及时采取措施进行处理。

3 电厂煤粉锅炉结焦原因分析

3.1 煤灰特性

煤灰特性是影响锅炉结焦的主要因素，煤灰中的碱性物质含量增加会使灰的熔点降低，当煤含有较多量的硫化铁时，结焦现象尤为严重。这是因为灰的熔融性与其成分和含量密切相关。煤灰的变形温度、软化温度和熔化温度也是评价煤灰是否容易结焦的重要指标。软化温度的高低直接决定了煤灰的结焦倾向。因此，在选择燃煤时，需要特别注意煤灰的熔融特性，以避免锅炉结焦。

3.2 煤粉细度

煤粉细度对锅炉结焦也有显著影响。煤粉过细或过

粗都可能引起结渣。煤粉细度应根据煤种和锅炉的具体结构通过实验来确定。过细的煤粉容易着火,但火焰高温区可能靠近燃烧器,导致喷口附近结焦。而过粗的煤粉则可能因惯性作用直接冲刷受热面,造成结焦。因此,合适的煤粉细度对于防止锅炉结焦至关重要。

3.3 燃料与空气的混合比

当空气量不足时,燃料无法充分燃烧,这不仅会降低锅炉的热效率,还会使得灰熔点降低,增加结焦的风险。因为不完全燃烧的灰分中,某些成分在缺氧条件下更易形成低熔点的化合物,这些化合物在高温下容易熔融并粘结在一起,形成结焦。火焰的偏斜也可能导致高火焰层移动到锅炉的侧边,使得该区域的灰分得不到足够的冷却,从而更容易粘附在受热面上^[3]。因此,为了确保锅炉的高效运行和防止结焦,必须保持适当的燃料与空气混合比。这要求我们在运行锅炉时,要精确控制空气供应量,确保燃料能够充分燃烧。还需要定期检查燃烧设备和空气供应系统,确保它们处于良好的工作状态,从而维持最佳的燃料与空气混合比。

3.4 炉膛温度变化

随着炉膛温度的升高,灰颗粒更容易达到熔融或半熔融状态,从而增加结焦的可能性。这是因为高温下,灰分中的某些成分会发生物理和化学变化,形成低熔点的化合物,这些化合物在炉膛内高温环境下容易熔化并粘结在一起。煤粉中易挥发的物质在高温下也会更强烈地气化,这些气化物质在冷凝过程中可能会形成粘结性强的物质,进一步加剧结焦的形成。因此,为了有效减少锅炉结焦,我们必须严格控制炉膛温度水平。这包括合理调整燃烧参数、优化燃烧过程以及加强炉膛的冷却措施等。

3.5 燃烧器喷射角度

如果燃烧器的安装角度偏斜或存在缺陷,煤粉气流可能会发生偏斜并擦碰到锅炉的侧墙,导致该区域出现严重的结焦现象。这是因为偏斜的煤粉气流在冲刷锅炉侧墙时,会将高温的灰分和未完全燃烧的燃料颗粒带到该区域,这些物质在高温下容易粘结在一起形成结焦。燃烧器切圆过大也可能导致煤粉气流冲刷水冷壁,从而在该区域形成结焦。这是因为过大的切圆会使得煤粉气流在锅炉内部分布不均匀,部分区域的煤粉浓度过高,导致燃烧不完全和结焦现象的发生。因此,为了防止锅炉结焦,我们需要合理调整燃烧器的喷射角度和切圆大小,确保煤粉气流能够均匀分布并充分燃烧。

4 电厂煤粉锅炉结焦的防范措施

4.1 燃煤掺烧与调整炉膛温度水平

燃煤掺烧作为一种预防锅炉结焦的有效策略,其核心在于通过科学配比不同种类的煤,特别是将高灰熔点煤与易结焦煤混合使用,从而显著提升煤灰的整体熔点,降低结焦风险。这种策略不仅能够有效应对煤质变化带来的挑战,还能在一定程度上优化燃烧过程,提高锅炉效率。与此同时,合理调整炉膛温度水平对于防止锅炉结焦同样至关重要。炉膛温度过高,尤其是局部过热,会导致煤灰更易达到软化或熔融状态,进而加速结焦过程。因此,必须根据煤种的特性和锅炉的具体设计,精心控制炉膛温度,确保其在安全、高效的范围内运行。在实际操作中,可通过多种手段实现炉膛温度的均匀分布和合理调整。例如,调整燃烧器的位置和喷射角度,以优化炉内气流的分布;改变煤粉的供给量和风速,以控制燃烧强度和火焰形态;以及定期检测煤质,确保掺烧比例和煤质特性的稳定性,这些都是防止结焦的关键措施。还需密切关注锅炉的运行状态,及时发现并处理异常情况。通过综合运用燃煤掺烧和炉膛温度调整等策略,可以有效降低锅炉结焦的风险,保障电厂的安全、稳定运行^[4]。

4.2 控制燃料与空气的混合比与优化燃烧器喷射角度

燃料与空气的混合比以及燃烧器的喷射角度,在锅炉燃烧过程中扮演着至关重要的角色,它们直接关乎锅炉的燃烧效率和结焦情况。第一,合理的燃料与空气混合比是确保锅炉高效燃烧的关键。若空气量不足,燃料将无法充分燃烧,这不仅会降低锅炉的热效率,还可能引发一系列问题,如灰熔点降低,从而增加结焦的风险。因此,我们必须精确控制燃料与空气的混合比,确保在燃烧过程中有足够的氧气供应,使燃料能够充分燃烧,释放出最大的热能。第二,优化燃烧器的喷射角度也是防止锅炉结焦的有效策略。燃烧器的喷射角度决定了煤粉气流在炉内的分布和流动路径。通过精细调整喷射角度,我们可以避免火焰直接贴壁或局部区域过热,从而显著降低结焦的可能性。随着锅炉负荷和煤质的变化,燃烧器的喷射速度和风煤比也需相应调整,以实现最佳的燃烧效果。

4.3 加强吹灰打焦工作

加强吹灰打焦工作是电厂煤粉锅炉运维管理中不可或缺的一环,对于预防和控制锅炉结焦具有重要意义。(1)吹灰打焦作为一种主动维护手段,旨在通过定期清理锅炉受热面上的灰渣和焦块,保持受热面的清洁与通畅,从而提高锅炉的热效率,减少因结焦导致的设备故障和停机时间。这一措施不仅有助于提升锅炉运行的稳定性和安全性,还能有效降低因结焦引起的能耗增加和

维修成本。(2)在实际操作中,制定科学合理的吹灰计划至关重要。计划应基于锅炉的运行状况、燃料特性、历史结焦记录以及吹灰器的性能等多方面因素综合考虑。通过定期分析锅炉的结焦趋势,可以及时调整吹灰频率和强度,确保吹灰效果最大化。(3)选择合适的吹灰器同样不可忽视。不同锅炉类型和结焦特性对吹灰器的要求各异,因此需根据具体情况选用合适的吹灰器型号和参数。同时,加强吹灰器的日常维护和保养,确保其处于良好运行状态,也是提高吹灰效果的关键。(4)在吹灰过程中,加强监视和记录同样重要。通过实时监测锅炉受热面的清洁程度和吹灰效果,可以及时发现并处理潜在的结焦风险。建立详细的吹灰记录,有助于分析吹灰工作的实际效果,为后续的运维管理提供数据支持。

4.4 调整煤粉细度与均匀性

煤粉的细度与均匀性,作为锅炉燃烧过程中的关键因素,对燃烧效率和结焦情况具有不可忽视的影响。当煤粉颗粒过粗时,其燃烧过程往往不够充分,易产生未燃尽的碳粒。这些碳粒在炉膛内不断积聚,不仅降低了燃烧效率,还可能成为结焦的诱因,对锅炉的安全运行构成威胁。第一,为了有效控制煤粉的细度和均匀性,我们需要对磨煤机的运行参数进行精细调整。磨盘转速、给煤量等参数的变化,都会直接影响到煤粉的研磨效果和粒度分布。因此,在实际操作中,我们必须定期对磨煤机进行全面检查和维护,确保其始终处于良好的工作状态。第二,煤粉的细度指标应根据煤种特性和锅炉设计进行合理设定。不同种类的煤,其燃烧特性和灰熔点各不相同,因此所需的煤粉细度也会有所差异。通过取样分析,我们可以实时监测煤粉的细度情况,一旦发现偏离设定值,便应立即调整磨煤机的运行参数,以确保煤粉的细度和均匀性始终保持在最佳范围内。第三,我们还需关注煤粉的储存和输送过程^[5]。在储存过程中,应防止煤粉受潮和结块;在输送过程中,应确保煤粉的连续性和稳定性。这些措施的实施,都有助于进一步提高煤粉的燃烧效率和降低结焦风险。

4.5 锅炉运行状态监控与数据分析

锅炉运行状态的实时监控与数据分析是确保其安全高效运行的关键环节,尤其在预防锅炉结焦方面发挥着不可替代的作用。为实现这一目标,现代锅炉系统普遍

配备了各类先进的传感器和监测设备。(1)这些设备能够实时捕捉锅炉运行过程中的各项关键参数,包括但不限于炉膛温度、烟气流速以及氧量等。这些参数的实时监测为运行人员提供了直观、准确的数据支持,使他们能够迅速掌握锅炉的运行状态。一旦数据出现异常波动或偏离设定范围,运行人员便能立即察觉,从而迅速采取必要的调整措施,避免问题进一步恶化。(2)除了基本的实时监测功能外,现代数据分析技术也为锅炉运行管理带来了革命性的变化。通过运用机器学习、神经网络等先进技术,我们可以对锅炉的运行数据进行深入挖掘和分析,揭示出数据背后隐藏的规律和趋势。这不仅有助于我们更好地理解锅炉的运行特性,还能为未来的运行策略提供科学依据。(3)基于这些数据分析结果,我们可以建立预测模型,对锅炉结焦等潜在风险进行提前预警。例如,当模型预测到炉膛温度有异常升高的趋势时,我们就可以提前采取措施,如增加吹灰次数或调整燃烧器参数,从而有效降低结焦的风险。

结束语

综上所述,电厂煤粉锅炉结焦问题是一个复杂而重要的课题。通过深入分析结焦的原因,我们找到了多种有效的防范措施。这些措施的实施不仅有助于降低锅炉结焦的风险,还能提高电厂的运行效率和安全性。防范锅炉结焦并非一劳永逸,需要电厂人员持续关注和努力。随着技术的不断进步和经验的积累,我们相信会有更多创新性的防范措施出现,为电厂煤粉锅炉的安全、高效运行提供有力保障。

参考文献

- [1]周永.浅谈电厂锅炉结焦的原因及改善对策[J].科学技术创新,2020(09):34-35.
- [2]孙华巍,林旭宏.燃煤电厂锅炉结焦问题浅析[J].科技风,2020(08):171-172+194.
- [3]王志强.煤种性质对煤粉工业锅炉结焦的影响[J].洁净煤技术,2020,26(02):137-144.
- [4]刘润伟.危险废物焚烧处置过程余热锅炉出口结焦情况研究[J].节能,2020,39(02):93-94.
- [5]陈建伟,周臣,黄帮飞.某燃煤电站锅炉过热器腐蚀原因分析及防治措施[J].东北电力技术,2019,40(8):26-28.