

浅析循环流化床锅炉结焦原因及其应用

曹晓刚

国能亿利电厂 内蒙古 鄂尔多斯 014300

摘要: 本文深入剖析循环流化床锅炉结焦根源, 结合燃料特性、操作条件与维护管理等因素, 提出详尽预防策略。展示该技术在工业中的广泛应用, 评估防焦措施成效, 并直面挑战, 提出创新解决方案。强调通过技术革新、流程优化与设备设计改进的综合路径, 显著降低结焦风险, 强化锅炉运行效能与稳定性, 为能源安全与高效利用贡献力量。

关键词: 循环流化床锅炉; 结焦事故; 原因分析; 应用策略

1 循环流化床锅炉技术基础

循环流化床锅炉技术以其独特的工作原理和显著的技术特点, 在能源利用领域展现出了强大优势。基本工作原理是通过向炉膛内注入一定速度和温度的空气, 使燃料颗粒在流化状态下燃烧, 形成高温烟气; 炉膛内布置有物料分离装置, 能够将未完全燃烧的燃料颗粒及灰渣从烟气中分离出来, 通过循环回料系统重新送入炉膛进行再燃烧, 从而实现燃料的高效利用和降低污染物排放。循环流化床锅炉的关键技术特点包括宽燃料适应性、高效燃烧、低污染排放以及良好的负荷调节能力。这种锅炉能够燃烧多种燃料, 包括高硫煤、低挥发分煤以及生物质等, 有效缓解了燃料供应紧张的问题。由于其特殊的燃烧方式和高效的脱硫脱硝技术, 使得循环流化床锅炉在减少二氧化硫、氮氧化物等污染物排放方面表现出色。此外, 循环流化床锅炉还具有良好的负荷调节能力, 能够灵活应对电力、化工等行业对热能需求的变化。在应用领域方面, 循环流化床锅炉在电力行业和化工行业中有着广泛的应用^[1]。在电力行业, 循环流化床锅炉被用于发电厂的蒸汽生产, 为电网提供稳定可靠的电力供应。同时, 由于其低污染排放的特点, 循环流化床锅炉在环保要求日益严格的今天, 成为电力行业节能减排的重要选择。在化工行业, 循环流化床锅炉则被广泛用于蒸汽加热、蒸馏、干燥等工艺过程, 为化工生产提供必要的热能支持。

2 循环流化床锅炉结焦事故原因分析

2.1 燃料组成和燃烧特性引发的结焦问题

不同类型的燃料具有不同的灰熔点、灰分含量和燃烧速率, 这些因素直接影响着锅炉内的燃烧状态和结焦倾向。例如, 当燃料中的灰熔点较低时, 在高温环境下容易软化并粘附在锅炉受热面上, 逐渐形成结焦; 燃料的颗粒度和均匀性也会影响流化床的流化状态和燃烧效

率, 不合适的颗粒度分布可能导致燃料在炉膛内分布不均, 进而引发局部高温和结焦。不同燃料的灰熔点差异显著, 低熔点灰分在高温下更易熔化、粘附, 促使结焦加速; 燃料颗粒的细腻度与均匀性直接关乎流化质量, 粒度不当易致炉内燃料分布失衡, 形成燃烧热点, 局部高温加剧结焦风险, 影响锅炉运行安全与效率。

2.2 锅炉操作条件及控制不当导致的结焦事故

在操作过程中, 如果风量、风压、床温等关键参数控制不当, 都可能引发结焦问题。例如, 风量不足会导致燃料燃烧不充分, 形成未燃尽的碳粒, 这些碳粒在高温下容易粘附在锅炉受热面上, 并逐渐形成结焦; 床温过高也会加速灰渣的软化和粘附过程, 从而加剧结焦现象; 操作人员的经验和技能水平也对结焦事故的发生有重要影响。经验不足或操作失误可能导致关键参数的异常波动, 进而引发结焦事故^[2]。

2.3 清洁维护缺失引发的结焦隐患

锅炉在长期运行过程中, 会不可避免地积累一些灰尘、焦渣等杂质, 这些杂质如果得不到及时清理, 就会逐渐附着在锅炉受热面上, 形成结焦层。随着时间的推移, 结焦层会越来越厚, 不仅会影响锅炉的热效率, 还可能引发更严重的结焦事故。

3 循环流化床锅炉结焦事故应对措施

3.1 控制燃料特性及燃烧过程

3.1.1 燃料特性的精细化管理

在燃料的选择上, 必须严格把关, 深入分析各类燃料的灰熔点、灰分含量、硫分含量及挥发分等关键指标。优先选择那些灰熔点高、灰分含量适中、燃烧特性稳定的燃料, 从根本上减少结焦的潜在可能。对于不得使用的易结焦燃料, 应探索并实施有效的预处理措施, 如掺烧其他不易结焦的燃料、进行洗选降低灰分等, 以降低其结焦倾向。

3.1.2 燃料粒度分布的优化

燃料的粒度分布对锅炉内的流化质量和燃烧效果具有重要影响。因此,需通过科学的方法和先进的设备对燃料进行筛分和破碎,确保粒度分布符合设计要求。理想的粒度分布应能使燃料在炉膛内均匀流化,避免大颗粒燃料在炉内沉积造成局部高温和燃料堆积,从而减少结焦的发生。

3.1.3 燃烧过程的精细调控

燃烧过程的精细调控是预防结焦的关键;根据燃料的实际特性和锅炉的运行状态,合理设置和调整风量、风压、床温等关键参数。通过增加或减少一次风量、调整二次风的引入位置和速度、控制床温在适宜范围内等措施,确保燃料能够充分燃烧且燃烧速率适中。这样既能提高燃料的利用率,又能避免燃烧不完全或局部高温导致的结焦问题^[3]。

3.1.4 灰渣成分分析与燃烧策略调整

定期对燃料燃烧后的灰渣进行成分分析,是了解锅炉燃烧状况、评估结焦风险的重要手段。通过灰渣成分分析,可以获取燃料的燃烧特性、结焦倾向等信息,为调整燃烧策略提供科学依据。基于灰渣成分分析的结果,可以适时调整燃料配比、燃烧参数等,以进一步优化燃烧过程,减少结焦现象的发生。

3.2 加强锅炉操作和监控管理

在预防循环流化床锅炉结焦事故的过程中,加强锅炉的操作和监控管理无疑是构筑起一道坚不可摧的安全防线。定期组织操作人员参加专业培训,内容涵盖锅炉的构造原理、操作规程、安全知识以及应急处理流程等,确保每位操作人员都能熟练掌握锅炉的“脾性”,做到心中有数、手到擒来。另外,通过模拟演练、案例分析等实践方式,进一步提升操作人员的应急处理能力和心理素质,使他们在面对突发状况时能够迅速、准确地做出反应。利用先进的监控系统 and 传感器技术,实现对锅炉运行状态的全面、实时监测。这些系统能够精准捕捉风量、风压、床温等关键参数的细微变化,一旦发现异常波动立即发出警报,为操作人员提供及时、准确的信息支持;通过数据分析与挖掘技术,对锅炉运行数据进行深度剖析,为优化燃烧策略、预防结焦事故提供科学依据。建立严格的巡检制度,明确巡检内容、周期与责任人,确保锅炉各部位得到定期、细致的检查与维护。巡检过程中,应重点关注易结焦区域、磨损部件以及关键设备的运行状态,及时发现并处理潜在的安全隐患。对于发现的问题,应立即采取措施进行整改,确保锅炉始终处于良好的运行状态。制定完善的锅炉结焦事

故应急预案,明确事故类型、应急流程、救援措施及责任分工等内容;定期组织应急演练活动,检验预案的可行性与有效性,提升全体员工的应急响应能力。一旦发生结焦事故,能够迅速启动应急预案并有效处置,最大限度地减少事故损失与影响范围。

3.3 定期进行清洁维护工作

清洁维护工作是防止循环流化床锅炉结焦事故的重要保障。制定详细的清洁维护计划,明确清洁的时间、范围、方法和标准,确保清洁工作有序进行。在清洁过程中,应重点对锅炉的受热面进行彻底清洁,采用高压水枪、铲刀等工具清除附着在受热面上的灰渣和结焦层。对于难以清除的顽固结焦,可采用化学清洗等方法进行处理。同时,在清洁过程中还应对锅炉设备进行全面检查和维护,修复磨损、腐蚀等缺陷问题,确保设备正常运行并降低结焦风险。此外,还应建立清洁维护档案记录每次清洁维护的情况和效果为后续的清洁维护工作提供参考和依据。

4 循环流化床锅炉结焦问题的应用与实践

4.1 循环流化床锅炉结焦问题在工业生产中的应用情况

在工业生产中,循环流化床锅炉作为一种高效、清洁的燃烧设备,广泛应用于电力、化工、冶金等多个领域。在电力行业中,循环流化床锅炉用于发电厂的蒸汽生产,结焦不仅影响锅炉的热效率,还可能引发停机事故,对电网稳定供电构成威胁。在化工和冶金领域,锅炉结焦则可能导致生产过程中断、设备损坏和原料浪费。因此,工业生产中循环流化床锅炉结焦问题的关注和研究尤为重要。

4.2 应用过程中采取的措施和效果评估

为应对循环流化床锅炉的结焦问题,工业生产中采取了多种措施并取得了一定效果。在燃料选择上,更倾向于使用灰熔点高、灰分含量适中且燃烧稳定的燃料种类,以减少结焦倾向;通过优化燃料粒度分布和燃烧过程控制,确保燃料在炉膛内均匀流化、充分燃烧;加强锅炉的操作和监控管理也是关键措施之一,通过提高操作人员技能、引入先进监控系统以及建立严格的巡检制度,及时发现并处理可能导致结焦的异常情况^[4]。在清洁维护方面,制定详细的清洁计划和标准操作流程,定期对锅炉受热面进行清洁和维护以降低结焦风险。这些措施的实施有效降低循环流化床锅炉的结焦率提高设备的运行效率和稳定性。

4.3 应用实践中的挑战和解决方案

尽管采取了多项措施应对循环流化床锅炉的结焦问

题但在实际应用中仍面临一些挑战。首先燃料的多样性和变化性给燃烧过程的控制带来了难度；为解决这一问题需要加强对燃料特性的研究和预测建立更加精准的燃烧控制模型。其次锅炉设备的老化和磨损也可能加剧结焦现象的发生；加强对设备的维护和保养定期更换磨损部件保持设备的良好状态。在清洁维护过程中也存在一定的风险和成本问题；需要优化清洁方法和流程提高清洁效率并降低清洁成本。针对这些挑战可以通过技术创新、管理优化和人才培养等多方面努力来寻求解决方案以促进循环流化床锅炉在工业生产中的更广泛应用和可持续发展。

5 循环流化床锅炉结焦问题的优化与改进

5.1 技术手段与设备的优化和改进

针对循环流化床锅炉的结焦问题，技术手段与设备的优化和改进是核心策略之一。第一，应研发和应用更先进的燃烧控制技术，如智能燃烧优化系统，通过实时监测和调整燃烧参数，实现燃料的精准控制和高效利用，从而减少结焦现象的发生。第二，对于锅炉的关键设备，如布风装置、分离器等，进行结构优化和材料升级，以提高其抗结焦能力和运行效率。例如，采用耐磨、耐腐蚀的材质制作布风板，以减少磨损和结焦；优化分离器的设计，提高其分离效率和颗粒回收率，避免未燃尽的燃料颗粒在锅炉内循环积累形成结焦。第三，还应加强锅炉的在线监测与诊断能力，利用传感器和数据分析技术实时监测锅炉的运行状态，及时发现并预警潜在的结焦风险^[5]。

5.2 运行管理和操作流程的优化

运行管理和操作流程的优化对于减少循环流化床锅炉的结焦问题同样至关重要。建立科学的运行管理制度，明确各级人员的职责和操作流程，确保锅炉在规定的参数范围内稳定运行；加强操作人员的培训和管理，提高其专业技能和应急处理能力，使其能够熟练掌握锅炉的操作规程和结焦预防措施；制定详细的巡检计划和清洁维护制度，定期对锅炉进行检查和清洁，及时清除积灰和结焦物，保持锅炉受热面的清洁和光滑；还应对锅炉的启停过程进行严格控制，避免在启停过程中产生较大的温度梯度和压力变化，从而减少结焦的发生。

5.3 锅炉设计与清洁维护的改进

锅炉设计与清洁维护的改进也是解决循环流化床锅炉结焦问题的重要途径。在锅炉设计阶段，应充分考虑燃料特性、燃烧过程及结焦机理等因素，采用合理的炉膛结构、布风方式和受热面布置等设计方案，以降低结焦的风险。例如，可以优化炉膛的几何形状和尺寸比例，提高炉膛内的流化质量和燃烧效率；采用合理的受热面布置方式，减少高温区域的热量集中和温度梯度；设计合理的清灰装置和排污系统，以便于及时清除积灰和结焦物。在清洁维护方面，应引入更加高效、环保的清洁技术和设备，如高压水射流清洗、超声波清洗等先进技术，以提高清洁效率和质量；同时加强对清洁过程的监测和控制确保清洁工作符合规范要求并达到预期效果。还应建立完善的清洁维护档案记录每次清洁维护的情况和效果为后续的锅炉运行管理和维护提供数据支持和参考依据。

结束语

综上所述，循环流化床锅炉结焦问题的研究不仅有助于提升锅炉的运行性能，还对保障工业生产的安全稳定具有重要意义。通过精准控制燃料特性、优化燃烧过程、加强操作和监控管理以及定期清洁维护等多方面的努力，可以有效预防和减少结焦事故的发生。未来，随着技术的不断进步和管理的持续优化，循环流化床锅炉将在更多领域展现其独特优势，为能源利用和环境保护贡献更大力量。

参考文献

- [1]袁野,郑妍,马凤明,池晓旭,时正海,孙献斌,高洪培,肖平.循环流化床垃圾炉积灰结焦机理及控制方法[J].洁净煤技术,2019,25(06):177-183.
- [2]郎丽萍.生物质循环流化床锅炉技术介绍[J].电站系统工程,2019,35(04):27-29.
- [3]曹洋如,龚炳林.循环流化床锅炉的结焦分析及防范措施[J].中国井矿盐,2022,53(06):31-33.
- [4]黄伟杰.50MW生物质循环流化床锅炉掺烧甘蔗渣技术分析 with 总结[J].机电信息,2022(05):76-79.
- [5]赵小军,孙锦余,薛东发,刘义.混合生物质燃料循环流化床锅炉受热面结焦机理研究[J].洁净煤技术,2021,27(04):117-122.