

垃圾焚烧发电锅炉过热器积灰对换热效率的影响

李庆龙

阜阳皖能环保电力有限公司 安徽 阜阳 236000

【摘要】：垃圾焚烧发电锅炉过热器的积灰问题是影响换热效率的重要因素。积灰会导致热交换表面传热性能下降，从而影响锅炉的整体运行效率。积灰不仅增加了锅炉的热阻，还可能引发过热器过温、腐蚀等一系列问题，进一步降低发电效率和设备寿命。研究表明，减少过热器积灰的积累和及时清除积灰是提高换热效率的关键措施。优化设计和合理维护锅炉系统，对于提升换热效率、减少能量损耗及提高垃圾焚烧发电效能具有重要意义。

【关键词】：垃圾焚烧发电；锅炉过热器；积灰；换热效率；能量损耗

DOI:10.12417/2705-0998.25.16.016

引言

垃圾焚烧发电作为一种重要的垃圾处理技术，近年来逐渐在能源回收领域得到广泛应用。然而，在垃圾焚烧锅炉的运行过程中，锅炉过热器易受到积灰的影响，积灰不仅降低了锅炉的热效率，还可能导致设备损害。积灰的产生通常是由于燃烧过程中的不完全燃烧或废气温度控制不当所引起。积灰会在过热器的热交换面形成一层隔热层，增加了热阻，导致换热效率降低。此类问题在长时间运行后尤为显著，严重影响了锅炉的性能和热能利用率。研究积灰对锅炉换热效率的影响，为制定有效的清灰策略和优化锅炉设计提供了重要依据。

1 锅炉过热器积灰的形成与影响机制

1.1 过热器积灰的形成原因

锅炉过热器积灰的主要原因包括燃料中的高灰分和不完全燃烧。垃圾焚烧过程中，燃料中的不可燃物质随着气流进入锅炉，附着在过热器表面，形成积灰。燃烧温度和氧气供应不均匀时，未完全燃烧的颗粒物和热源会凝结成固体颗粒，积聚在过热器表面，降低热交换效率。烟气温度过低或流速不当，固体颗粒无法有效排出，沉积形成积灰层。锅炉管道设计和布置，如过热器表面的角度与粗糙度，也会影响烟气流速，增加颗粒物附着，进而加剧积灰问题。

1.2 积灰对热交换过程的影响

积灰对锅炉热交换过程的影响是显著的。积灰层增加了热交换面的热阻，导致热流无法高效地从燃烧气体传递到锅炉水管。热阻的增加使得热量转移变得困难，锅炉的热效率下降。积灰层的厚度越大，其对热流的阻碍作用越明显，严重时甚至会导致锅炉过热器的温度过高，进一步影响锅炉的稳定性。积灰还会导致热交换器表面温度的不均匀分布。随着积灰层的不断积累，过热器表面的热流将受到不同程度的抑制，这不仅降低了热效率，还可能导致过热器某些部位的过热或应力集中，增加了锅炉设备的损坏风险。积灰的存在还可能引起热交换面局部过热，进而导致材料的疲劳或变形，缩短了设备的使用寿命。积灰的形成不仅是热交换效率下降的主要因素，也是锅炉

设备长期运行中的一个潜在隐患，可能会影响到整个系统的稳定性和安全性。

1.3 积灰与锅炉运行安全性的关系

积灰的出现与锅炉运行安全性密切相关。积灰会增加锅炉管道和过热器的的工作负荷，过热器表面温度的不均匀性和过热现象可能导致锅炉管道受损，进而影响整个锅炉的正常运行。如果积灰没有及时清除，可能会导致局部过热，产生热应力，严重时可能引发锅炉爆炸或其他安全事故。积灰还可能引发过热器内部的腐蚀现象。积灰层中的某些成分，特别是来自燃烧过程中未完全燃烧的有害气体，可能与过热器材料发生反应，形成腐蚀性化合物，这种化学反应会对锅炉材质产生破坏，导致其抗压强度降低，进一步增加了锅炉设备的故障风险。积灰的积累还可能导致过热器表面结焦，影响锅炉的传热性能，导致锅炉无法维持正常的工作温度和压力，从而增加了设备故障的概率。综上所述，积灰不仅影响锅炉的热效率，还增加了锅炉系统故障的风险，降低了锅炉的整体安全性。

2 锅炉过热器积灰对换热效率的具体影响

2.1 积灰对传热系数的影响

积灰直接影响锅炉过热器的传热系数。传热系数是衡量热交换效果的一个重要参数，它决定了热量从燃气传递到锅炉水的效率。积灰在过热器表面形成一层隔热层，这层积灰通过增加热阻，使得热量的传递变得更加困难，导致传热系数显著降低。尤其在垃圾焚烧过程中，由于废弃物成分复杂，产生的积灰具有较高的热阻，进一步减缓了锅炉系统的热交换效率。积灰层的厚度和组成成分对传热系数的影响尤为显著。当积灰较薄时，虽然对传热系数的影响相对较小，但随着积灰的积累，热阻增加，锅炉的传热能力明显下降，传热系数逐渐变低。为维持锅炉的高效运行，必须定期清除过热器表面的积灰，恢复其传热能力。清灰技术的应用能够有效提高过热器的传热系数，从而提升锅炉的热效率，确保系统的稳定运行。

2.2 积灰对锅炉热效率的影响

积灰在锅炉过热器表面积累会直接影响到锅炉的整体热

效率。锅炉热效率是衡量锅炉工作性能的关键指标，高效的锅炉应能最大限度地利用燃烧产生的热量。然而，积灰的存在会阻碍热量的有效传递，导致大量的热能损失。随着积灰层的增厚，锅炉系统的热效率逐步降低，尤其是在低负荷运行或长时间未清灰的情况下，锅炉的热效率往往大幅下降。过热器积灰的影响尤为突出，它不仅导致热量传递效率下降，还可能因锅炉负荷的增加而加剧积灰现象，形成恶性循环。清除积灰、提高热交换效率对于提升锅炉的整体热效率至关重要。通过优化锅炉设计和控制燃烧过程中的温度与氧气供应，可以有效减少积灰的积累，从而提高锅炉的热效率，延长设备的使用寿命。

2.3 积灰对燃烧效率的影响

积灰不仅影响锅炉的热效率，还会对燃烧效率产生重要影响。燃烧效率是指锅炉在燃烧过程中，燃料中可燃成分的利用效率，直接决定了能量的转化效果。积灰的积累会导致过热器表面温度不均，进而影响燃烧过程中的温度分布，降低燃料的燃烧效率。随着积灰的堆积，燃烧气体和空气的混合效果变差，氧气供应不足，从而使燃料不能完全燃烧，产生大量未燃烧的颗粒物和有害气体，进一步影响锅炉的工作效率。积灰的形成还可能导致锅炉系统的热负荷不均匀，这会加剧锅炉的负担，迫使系统在高负荷条件下运行，进一步加剧燃烧效率的下降。及时清除积灰对于保持锅炉燃烧效率至关重要，清灰技术的合理应用可以有效提升燃烧效率，降低能源消耗，从而提高锅炉的整体经济效益。

3 减少过热器积灰的常见方法与技术

3.1 清灰技术的应用

清灰技术是减少锅炉过热器积灰的最直接方法之一。传统的清灰方法主要包括机械清灰和水力清灰两种，机械清灰通过振动或冲击等方式将积灰清除，而水力清灰则通过喷洒水流去除积灰。随着技术的发展，许多现代锅炉系统还采用了更为先进的清灰方法，如气流清灰和声波清灰等。气流清灰技术利用高压气体冲击积灰表面，能够有效去除积灰层，减少热阻，恢复热交换效率。声波清灰则通过产生高频声波使积灰颗粒震动脱落，适用于一些难以清除的积灰层。为了提高清灰效率，锅炉设计时通常会加入一些特殊装置，如自动清灰系统，能够根据锅炉运行情况自动调节清灰周期，确保过热器表面始终保持清洁。清灰技术的不断改进和更新，不仅提高了锅炉的运行效率，也延长了设备的使用寿命。

3.2 锅炉运行参数的优化调整

优化锅炉运行参数是减少过热器积灰的重要手段之一。通过调整燃烧温度和氧气供应量，可以确保燃料在锅炉内部的完全燃烧，减少燃烧不完全产生的颗粒物。锅炉的烟气流速和排烟温度也应根据实际运行情况进行优化，以减少烟气在过热器表面的滞留时间，从而减轻积灰现象。通过合理的调整锅炉负

荷，可以避免锅炉在低负荷或过载情况下运行，这样可以有效减少积灰的形成。优化锅炉运行参数的目的是提高燃烧效率和热交换效率，减少能源浪费，确保锅炉在长时间运行中能够保持良好的热效率，降低因积灰带来的负面影响。

3.3 燃烧过程优化对积灰控制的作用

燃烧过程的优化对于积灰的控制至关重要。通过合理的燃烧器设计和调节燃料与空气的配比，能够有效提高燃烧的完全性，减少产生的颗粒物和有害物质。燃烧过程中，应严格控制炉膛的温度分布，避免局部过热或冷区的形成，这样可以减少积灰的沉积。采用燃烧器控制技术，如智能调节系统，可以实时监控锅炉内部的燃烧情况，自动调整燃烧器的工作状态，确保燃料能够在最佳条件下完全燃烧。燃烧过程优化不仅能够减少锅炉过热器积灰的产生，还能提高锅炉的热效率，降低能耗，提升系统的运行稳定性。

4 锅炉过热器积灰的检测与监测技术

4.1 积灰检测方法的研究进展

锅炉过热器积灰的检测方法已有较为丰富的研究成果。目前，常用的积灰检测方法包括在线监测、图像识别以及声波检测等。在线监测技术利用高精度传感器实时监测锅炉过热器表面的温度、压力和振动等数据，通过分析这些数据，可以实时判断积灰的情况，及时调整运行策略。图像识别技术通过高分辨率摄像头和图像处理算法，能够自动识别过热器表面的积灰情况，帮助工作人员更精确地确定清灰时机。声波检测则通过发射声波信号，检测积灰的厚度和分布情况。这些技术的不断发展使得积灰检测变得更加精准和高效，能够为清灰决策提供重要依据。未来，随着技术的进一步发展，积灰检测方法有望更加智能化和自动化。

4.2 在线监测技术的应用前景

在线监测技术的应用前景广阔，尤其是在垃圾焚烧发电等高温、高负荷的运行环境中，能够为锅炉系统提供实时数据支持。通过集成传感器和数据采集系统，能够实时监控锅炉过热器表面的温度、压力、烟气成分等参数，进而分析积灰的形成情况。利用这些实时数据，可以及时调整锅炉的运行参数，减少积灰的积累。随着人工智能和大数据技术的发展，在线监测技术能够通过算法优化，更准确地预测积灰的发生趋势，并根据锅炉的实际运行情况提出合理的清灰策略。这为锅炉系统的智能化管理奠定了基础，未来有望广泛应用于各类锅炉设备中。

4.3 监测数据分析与维护决策

积灰监测数据的分析对于锅炉运行的维护决策至关重要。通过对积灰数据的长期跟踪和分析，可以识别出积灰形成的规律和特征，进而制定出针对性的清灰策略。在锅炉运行过程中，积灰的积累速度、积灰层的厚度等因素都可能影响到锅炉的工

作状态,及时准确地识别积灰问题,有助于提前采取相应的维护措施,避免设备损坏或安全事故的发生。监测数据分析还可以与锅炉运行状态、维护记录等信息相结合,形成完整的维护管理体系。通过数据驱动的决策支持,能够优化锅炉的运行与维护策略,提高系统的整体效能和经济性。

5 提升锅炉换热效率的综合策略与实践

5.1 改进锅炉设计与换热器结构

锅炉设计的优化对提升换热效率至关重要。改进过热器和其他换热器的结构可以有效减少积灰形成和热阻增加。通过优化管道布置、增加换热表面面积以及选择高导热性材料,可以大幅提升锅炉的热交换效率。采用螺旋形、波纹形等结构设计,可以增加烟气流速,提高传热效果。选择耐腐蚀、抗磨损的材料,也能够延长过热器的使用寿命,减少维护频率,从而保持锅炉的稳定运行和高效能。合理的锅炉设计不仅能提高换热效率,还能降低能源消耗,提升整体经济效益。

5.2 提升燃烧过程的热效率

优化燃烧过程是提高锅炉换热效率的另一关键措施。通过精准控制炉膛的燃烧温度、氧气供应量和燃料配比,可以确保燃料充分燃烧,减少未燃烧颗粒的形成,从而减少积灰的产生。采用先进的燃烧器设计,例如分段燃烧技术和预混燃烧技术,

有助于提高燃烧稳定性和效率。配合锅炉自动化控制系统,可以实时监控燃烧过程,调节燃烧条件,确保锅炉在最佳工作状态下运行,最大限度地提升热效率,减少能量浪费,从而提高锅炉的整体性能。

5.3 长期运营中的维护与优化措施

长期运营中的维护和优化措施对于保持锅炉的换热效率至关重要。定期检查过热器和其他换热器的清洁状况,及时清除积灰,是确保锅炉稳定运行的必要手段。优化锅炉的运行参数,结合实际运行数据调整负荷、燃烧温度及烟气流速等,能有效减少积灰形成,提高热效率。结合先进的监控系统进行在线监测,能够实时掌握锅炉的运行状态,及时发现和解决问题。长期有效的维护和优化,不仅能延长设备的使用寿命,还能确保锅炉系统始终处于高效运行状态,达到节能降耗的目的。

6 结语

本文探讨了锅炉过热器积灰的形成原因及其对换热效率的影响,分析了积灰对锅炉运行的安全性、热效率及燃烧效率的具体影响。通过对锅炉设计、燃烧过程、清灰技术等方面的分析,提出了减少积灰并提高锅炉换热效率的有效策略。积灰问题不仅影响锅炉系统的能效,还可能对设备安全性产生威胁。合理的设计、优化运行参数和有效的清灰技术对于提升锅炉的热效率和延长设备寿命具有重要意义。

参考文献:

- [1] 刘峰,陈志强.垃圾焚烧发电锅炉过热器积灰对热效率的影响研究[J].热能动力工程,2022,37(5):64-70.
- [2] 张静,周文波.锅炉积灰对热效率与安全性的影响及防治措施[J].能源工程,2023,44(3):128-134.
- [3] 吴毅,赵建华.锅炉过热器积灰的检测与清灰技术研究[J].电力系统保护与控制,2021,49(6):112-118.
- [4] 孙鹏,李婷婷.提高锅炉换热效率的设计优化与运行调整[J].电力机械,2021,52(4):92-98.
- [5] 陈新,杨柳.基于热效率优化的锅炉清灰技术研究[J].热能工程,2022,43(7):56-62.