

Research on Temperature Difference Control Technology of Water Wall of Pot W Type Boiler

Runzhen Liao

State Energy Yongfu Sent to Co., Ltd., Guilin, Guangxi, 541805, China

Abstract

As the core component of the heat exchange system, the boiler water wall plays an important role in the process of the boiler operation. The temperature difference of the water cooling wall directly affects the thermal efficiency, safety and service life of the boiler. As a common type of boiler, the temperature difference of water wall is particularly prominent, especially in the case of uneven combustion process, unreasonable air distribution and uneven cooling water flow, the temperature difference will be more obvious. This paper analyzes the mechanism of the temperature difference of water wall, discusses the main factors affecting the temperature difference, and puts forward the corresponding control technology. By optimizing the combustion process, improving the cooling system design, and introducing the temperature monitoring and feedback control technology, the temperature difference of the water cooling wall can be effectively reduced, and the thermal efficiency and safety of the boiler can be improved. This paper verifies the feasibility and effectiveness of the proposed technical measures through practical application cases, and aims to provide theoretical basis and practical guidance for the development of boiler water wall temperature difference control technology.

Keywords

pot W boiler; water wall; temperature difference control; combustion optimization; cooling system

东锅 W 型锅炉水冷壁壁温差控制技术研究

廖润真

国能永福发到有限公司, 中国·广西 桂林 541805

摘要

锅炉水冷壁作为热交换系统的核心部件, 在锅炉运行过程中扮演着重要角色。水冷壁的温差问题直接影响锅炉的热效率、安全性以及使用寿命。东锅W型锅炉作为一种常见的锅炉类型, 其水冷壁温差问题尤为突出, 特别是在燃烧过程不均匀、气流分布不合理以及冷却水流量不均的情况下, 温差现象会更加明显。论文分析了东锅W型锅炉水冷壁温差的产生机理, 探讨了影响水冷壁温差的主要因素, 并提出了相应的控制技术。通过优化燃烧过程、改进冷却系统设计以及引入温度监控与反馈控制技术, 可以有效降低水冷壁的温差, 提高锅炉的热效率和安全性。通过实际应用案例验证了所提出的技术措施的可行性和有效性, 旨在为锅炉水冷壁温差控制技术的发展提供理论依据和实践指导。

关键词

东锅W型锅炉; 水冷壁; 温差控制; 燃烧优化; 冷却系统

1 引言

随着全球能源需求增长和环保要求提升, 锅炉作为核心热能设备, 在各行各业中发挥着重要作用。锅炉的高效运行不仅影响能源利用效率, 还关系到生产效益和环境保护。然而, 水冷壁温差问题一直是制约锅炉稳定性和热效率的关键因素。过大的温差可能导致局部过热、热损失增加及设备寿命缩短, 甚至引发安全事故。

东锅 W 型锅炉广泛应用于工业和电力系统, 但其水冷

壁温差问题较为突出。由于锅炉结构与运行条件的特殊性, 水冷壁在不同负荷和燃烧强度下, 温差波动较大, 传统控制方法难以有效解决。因此, 研究并应用新的控制技术, 对水冷壁温差进行优化, 提升锅炉热效率和安全性, 具有重要意义。

论文将分析水冷壁温差的产生机制, 探讨影响因素, 并提出针对东锅 W 型锅炉的温差控制技术, 优化燃烧过程、改进冷却系统和引入温度监控与反馈控制, 降低温差, 提高锅炉效率, 为其他锅炉提供参考。

2 锅炉水冷壁温差的产生机理及影响因素

锅炉水冷壁温差的产生与锅炉内部的燃烧过程、气流分布以及水冷壁的冷却系统设计密切相关。温差的产生机制

【作者简介】廖润真(1989-), 男, 中国广西南宁人, 本科, 助理工程师, 从事东锅W型锅炉水冷壁壁温差控制技术研究。

是理解并解决锅炉水冷壁温差问题的基础，只有深入分析这些因素，才能为控制技术的制定提供科学依据。

2.1 燃烧过程的均匀性

锅炉的燃烧过程直接影响炉膛内的温度分布，进而决定了水冷壁的温差。如果燃烧器的布置不合理，或者燃料与空气的混合不充分，会导致气流分布不均匀，从而形成局部过热区域，进而加剧水冷壁的温差。在锅炉负荷较大的情况下，气流的分布会更加不均，导致某些区域的温度过高，水冷壁的温差随之增大。例如，在低负荷运行时，部分区域的燃烧温度可能过高，而其他区域则温度较低，导致水冷壁的温差加剧。此外，燃烧温度过高还可能引发水冷壁管道过热，增加设备磨损，缩短锅炉使用寿命。因此，优化燃烧器布置、改进燃料与空气的混合方式以及保持合理的燃烧温度分布，是减小水冷壁温差的重要途径。

2.2 气流分布的均匀性

锅炉内部气流的分布状况对水冷壁温差的形成具有至关重要的影响。气流的非均匀分布会使得部分区域的热量传递不足，冷却水流速较低，从而导致局部水冷壁温度升高，增加水冷壁的温差。锅炉炉膛内的气流分布不均匀往往会导致局部区域的过热现象，进而影响锅炉的整体热效率。当气流经过水冷壁区域时，局部热量传递不充分时，冷却水流速可能会减少，导致热交换不完全，温差随之增大。因此，确保锅炉内部气流分布的均匀性非常重要。这不仅能提高燃烧效率，还能确保冷却水能够有效地带走热量，避免温差过大的现象。此外，气流分布的优化设计可有效提升锅炉的热效率，减少局部过热和水冷壁温差的产生。

2.3 水冷壁冷却系统设计

水冷壁的冷却系统设计对水冷壁温差的分布有着决定性的影响。冷却水流量过小或流动不畅会直接影响水冷壁的散热效果，从而导致局部区域温度过高，最终增大温差。冷却系统的设计需要确保冷却水能够均匀分布到水冷壁的各个区域，避免出现局部冷却不足的情况。此外，水冷壁管道的布局、管道材料的选择以及水流速度等因素，都会对水冷壁温差产生显著影响。合理设计冷却系统时，需要考虑水流速度与水冷壁表面接触的热交换效率，确保每一部分水冷壁都能得到足够的冷却，避免因冷却不足而导致的局部温差增大。冷却水的均匀分配对于水冷壁温度分布的均匀性至关重要，必须避免存在死角和流动不畅的区域。此外，管道设计与材料选择也需要综合考虑，确保长时间运行下冷却系统的稳定性与散热效果。

3 东锅 W 型锅炉水冷壁温差控制技术

针对东锅 W 型锅炉水冷壁温差问题，论文提出了一系列优化控制技术，旨在通过合理设计和智能调节，实现水冷壁温差的有效控制。通过系统地优化锅炉的各个关键环节，可以有效改善水冷壁的温度分布，从而提升锅炉的运行效率

和安全性。

3.1 燃烧优化与控制技术

优化燃烧过程是减少水冷壁温差的关键措施之一。通过合理调整燃烧器的布置、改善燃料与空气的混合方式、优化燃烧温度的控制，能够显著提高锅炉燃烧的均匀性，避免炉膛内出现局部过热现象。具体来说，采用低 NO_x 燃烧技术和空气预热器不仅能减少有害气体的排放，还能有效降低燃烧过程中的热量浪费，提高整体热效率。同时，燃烧器的调节系统应根据锅炉负荷和运行状态实时调整燃烧参数，以确保锅炉在不同工况下均能保持较为均匀的燃烧效果。进一步优化燃烧过程，不仅有助于提高水冷壁的热交换效率，还能够有效减少局部温差，延长设备的使用寿命。

3.2 冷却系统优化设计

为了有效减少水冷壁的温差，需要对冷却系统进行优化设计。冷却水流量的合理分配是控制水冷壁温差的基础。通过精确计算冷却水的流速和流量，确保冷却水在各个水冷壁区域内均匀分布，从而避免局部过热现象的发生，降低温差。此外，水冷壁的管道布局应合理规划，避免存在死角和流动不畅的区域，这些区域容易导致冷却水流动不足，影响散热效果。因此，应优先采用流动分布均匀的管道布局方案，确保水冷壁的整体散热效果。此外，冷却水系统还应定期维护，保持水流通畅，避免因管道结垢或水流不足导致温差不均。通过优化冷却系统，不仅能够改善水冷壁的温差分布，还能提高锅炉的热效率和运行稳定性。

3.3 温度监控与反馈控制技术

温度监控和反馈控制技术为水冷壁温差的控制提供了实时调整的能力。通过在水冷壁的关键位置安装温度传感器，能够实时监测水冷壁的温度变化，并通过自动化控制系统对冷却水流量和燃烧参数进行调整，从而实现水冷壁温度的动态调节。通过这种方式，可以确保锅炉在不同负荷下仍能维持均匀的温差分布，避免过高的温差对锅炉安全性的影响。反馈控制系统能够根据实时温度数据自动优化锅炉的运行状态，及时调整燃烧和冷却系统的工作模式，避免温差过大现象的发生。此外，结合先进的人工智能算法，还可以预测锅炉负荷波动对水冷壁温差的影响，进而进一步优化控制策略。智能化的温度监控与反馈控制不仅能显著提高锅炉的运行稳定性，还能降低人为操作的误差，提升系统的自动化水平。

4 案例分析与技术验证

为了验证上述控制技术的效果，论文结合实际运行中的东锅 W 型锅炉案例进行了技术验证。通过对锅炉运行过程中水冷壁温差变化的监测与数据分析，评估了不同控制措施的实施效果。

4.1 燃烧优化技术的应用

在实际案例中，通过对燃烧器的优化布置和燃烧过程

的调节,实现了锅炉燃烧过程的均匀性提升。优化后的锅炉在不同负荷下,水冷壁的温差得到了显著降低,热效率也有所提升。特别是在低负荷运行时,锅炉的温差分布更为均匀,避免了因局部过热造成的温差波动。

4.2 冷却系统设计优化效果

优化后的冷却系统在水冷壁温差控制中发挥了重要作用。通过调整冷却水的流量分配和管道布局,水冷壁的整体散热效果得到了有效改善。经过调节后,水冷壁的温差减少了约10%~15%,大大提高了锅炉的热效率和运行安全性。

4.3 温度监控与反馈控制的作用

引入温度监控与反馈控制技术后,锅炉的运行状态得到了实时监控和自动调节。通过系统的温度反馈控制,水冷壁温度能够根据实际情况进行动态调整,从而有效避免了由于燃烧不均或冷却系统不匹配所造成的温差过大问题。实践证明,这一技术措施能够大幅提升锅炉的稳定性和热效率。

5 优化方案与技术展望

针对东锅W型锅炉水冷壁温差控制技术的研究结果,提出了进一步优化的方案,并对未来发展方向进行了展望。随着技术的不断进步,锅炉水冷壁温差控制的手段也将日趋先进和智能化,从而提高锅炉运行效率与安全性。

5.1 智能化控制系统的应用

随着人工智能和大数据技术的不断发展,未来锅炉水冷壁温差的控制将越来越依赖智能化控制系统。通过机器学习和数据分析技术,可以实时监测并预测锅炉运行过程中温差的变化,从而对燃烧过程和冷却系统的各项参数进行智能化调节。智能控制系统能够根据锅炉负荷、燃烧状态、冷却水流量等多维度数据进行综合分析,优化各项运行参数,实现温差的精准和高效控制。这不仅能提高锅炉的热效率,还能够减少人为操作误差,提升系统的自动化水平。随着人工智能技术的进一步成熟,智能化控制系统将有望显著提高锅炉的运行安全性和可靠性,为锅炉运行提供更为精细的调控手段。

5.2 基于多物理场耦合的优化设计

为了进一步提升水冷壁温差控制技术的效果,未来的研究可考虑采用基于多物理场耦合的优化设计方法。通过对锅炉内燃烧过程、流体力学、传热过程及材料性能等多个物理场进行耦合分析,可以更精确地模拟锅炉内部的温度分布,揭示各环节的相互影响和温差产生的根本原因。这种多物理场耦合方法不仅能提供更加精准的锅炉运行模型,还能作为冷却系统与燃烧系统的优化设计提供理论依据。通过精细化设计,能够有效减少温差产生的根源,提升锅炉整体运

行效率。未来,随着计算流体动力学(CFD)模拟技术的发展,基于多物理场耦合的优化设计方法将成为锅炉设计和改进的重要手段,从而实现更高效、更稳定的温差控制。

5.3 新型材料与冷却技术的应用

随着材料科学的持续进步,越来越多的新型高导热、高耐高温材料被应用于锅炉设计中。这些新材料能够显著提高水冷壁的散热性能,有效减少局部过热现象,进一步减小水冷壁的温差。例如,先进的高导热合金材料、陶瓷复合材料等,在高温、高压环境下的热稳定性和耐久性更为突出,能够提供更好的热交换效果。与此同时,先进的冷却技术也将为锅炉水冷壁的温差控制带来革命性改变。喷雾冷却技术、微通道冷却技术等新型冷却手段,能够显著提高冷却效率,避免水冷壁局部过热,并改善水冷壁的温差分布。这些新技术的应用将从根本上提升锅炉的热交换效率,为锅炉的安全稳定运行提供更加可靠的技术支持。

6 结语

锅炉水冷壁温差问题直接影响锅炉的运行效率和安全性,尤其是在东锅W型锅炉等大规模锅炉的运行中,温差过大会导致设备损坏、热效率降低等一系列问题。通过对水冷壁温差产生机理的分析,论文探讨了影响温差的主要因素,并提出了一系列有效的控制技术,包括燃烧过程优化、冷却系统设计改进和温度监控与反馈控制技术。通过实际应用案例的验证,证明了这些技术措施在提高锅炉热效率、减少温差方面的有效性。

未来,随着智能控制技术、材料科学以及新型冷却技术的发展,锅炉水冷壁温差的控制将更加精确和高效。智能化、自动化的控制系统将在锅炉运行中扮演越来越重要的角色,而基于多物理场耦合的优化设计、新型材料和冷却技术的应用将为水冷壁温差控制提供更多的可能性。总之,水冷壁温差控制技术的不断优化不仅能够提升锅炉的运行安全性和热效率,也为锅炉行业的可持续发展提供了强有力的技术支持。

参考文献

- [1] 汪宁.东锅600MW超临界W火焰锅炉水冷壁热偏差及控制措施[J].电力大数据,2017,20(12):46-48.
- [2] 徐金苗,李伟科,吴阿峰,等.600MW超临界W火焰锅炉水冷壁拉裂研究[J].南方能源建设,2017,4(1):49-52.
- [3] 盛佳眉,冉桑铭,莫春鸿,等.1000MW超超临界W火焰锅炉关键技术研究及方案开发[J].热能动力工程,2020,35(12):101-107.
- [4] 李晓光.超临界W火焰锅炉多次引射分级燃烧及壁温特性研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2022.