

火电厂锅炉燃烧控制与节能技术研究

凌新晨

贵州西电电力股份有限公司鸭溪运营分公司, 贵州 遵义 563108

摘 要： 本文综合分析了火电厂锅炉燃烧控制与节能技术。文章先介绍了锅炉燃烧过程和燃烧控制系统的基本知识，接着讨论了节能技术的现状、分类和原理，并展示了这些技术在火电厂的应用。进一步，文章揭示了燃烧控制与节能技术的相互影响和协同效应，并通过案例研究具体技术应用的实例。在文章结尾探讨了这些技术的发展前景、技术挑战以及政策和产业支持的关键作用。

关 键 词： 火电厂；锅炉燃烧控制；节能技术；燃烧优化；余热回收

Research On Boiler Combustion Control And Energy Saving Technology In Thermal Power Plant

Ling Xinchen

Guizhou Xidan Electric Power Co., LTD. Yanxi Operation branch, Guizhou, Zunyi 563108

Abstract： This paper comprehensively analyzes the combustion control and energy-saving technology of boiler in thermal power plant. This paper first introduces the basic knowledge of boiler combustion process and combustion control system, then discusses the status quo, classification and principle of energy-saving technologies, and shows the application of these technologies in thermal power plants. Further, the paper reveals the mutual influence and synergistic effect of combustion control and energy saving technology, and studies the concrete application examples of technology through case studies. At the end of the paper, the development prospects of these technologies, technical challenges, and the key role of policy and industry support are discussed.

Keywords： thermal power plant; boiler combustion control; energy-saving technology; combustion optimization; waste heat recovery

引言

随着全球能源需求的不断增长和环境保护的日益重视，火电厂作为能源供应的重要部分，面临着提高效率和减少污染的双重挑战。锅炉作为火电厂的核心设备，其燃烧控制技术的优化和节能技术的应用对于提升火电厂的整体性能具有至关重要的作用。

传统上，火电厂锅炉的燃烧控制主要集中在燃料的充分燃烧和产汽量的稳定上。然而，随着技术的进步和环保要求的提高，现代火电厂锅炉的燃烧控制更加注重于提高燃烧效率、减少污染物排放以及实现能源的可持续利用。节能技术的应用，如余热回收、燃烧优化、智能控制等，不仅能够提高锅炉的热效率，还能减少能源消耗和运营成本，同时对环境保护做出贡献。

一、火电厂锅炉燃烧控制技术概述

锅炉燃烧控制技术是火电厂运行中的关键技术之一，它直接关系到能源的利用效率、环境污染的控制以及电厂的经济效益。

（一）锅炉燃烧过程简介

锅炉燃烧过程，作为火电厂能量转换的心脏，涵盖了一系列精细的步骤，包括燃料的破碎、输送，以及在高温环境下的燃烧，最终实现热量的传递。锅炉的主要燃料就是煤，可以通过燃烧将化学能逐步转变为热能，其热能通过受热面传递给锅炉水加热，从而产生高温热水和蒸汽。蒸汽动能是其他发电设备能够正常运行的主要驱动力。具体上看，锅炉内燃料的燃烧率、能量利

用率等是锅炉效率和性能得以提升的决定性影响因素^[1]。燃烧效率及其稳定性对于锅炉的整体性能具有决定性的影响，因此，对燃烧过程的深入理解构成了优化锅炉运行的核心基础。

（二）燃烧控制系统的组成与功能

燃烧控制系统，被誉为锅炉运行的智慧中枢，由传感器、执行机构、控制逻辑和监控系统等关键组件构成。传感器如同感官，实时捕捉锅炉燃烧过程中的关键参数，如温度、压力、流量和氧量等数据。执行机构则像是勤劳的工人，根据控制逻辑的精确指令，细致调整燃料供给、送风量和引风量，确保燃烧处于最优状态。这套系统的核心使命是保障燃料的高效燃烧，减少污染物的排放，同时确保锅炉运行的高效率和安全性。

（三）燃烧控制策略及其分类

在燃烧控制领域，控制策略的选择和优化是确保燃烧过程高效、稳定且环保的关键。以下是几种常见的控制策略及其特点：

1. 比例-积分-微分（PID）控制：PID控制是一种经典的控制策略，因其结构简单、易于实现而广泛应用于工业控制系统中。它主要包括比例（P）积分（I）和微分（D）三个部分，分别对应于控制动作的即时性、持续性和预测性^[2]。通过调整PID参数，可以有效地优化控制效果，适应大多数常规的燃烧控制场合。

2. 先进控制策略：随着控制理论不断发展，出现了许多先进的控制策略，如模型预测控制（MPC）模糊逻辑控制和神经网络控制等。例如，模型预测控制能够通过预测未来一段时间内的系统状态，来优化控制输入，从而实现更好的燃烧效果。模糊逻辑控制则通过处理不确定性和模糊性，为燃烧控制提供了一种新的思路。神经网络控制则可以自动学习和适应复杂的非线性关系，提高控制的灵活性和准确性。

3. 优化控制：优化控制是利用数学优化方法来寻找最佳的燃烧参数组合，以实现最高的燃烧效率和最低的污染物排放。这涉及多种数学工具和技术，如线性规划、非线性规划、整数规划等。优化控制可以系统地搜索所有可能的燃烧参数组合，从中找到最优解，从而实现燃烧过程的优化^[3]。

总之，通过选择和优化合适的控制策略，可以实现燃烧过程的高效、稳定和环保。不同的控制策略有不同的优点和局限性，因此在实际应用中需要根据具体的燃烧过程和要求来选择和调整控制策略。

二、火电厂锅炉节能技术概述

在能源日益紧张和环保要求日益严格的今天，火电厂锅炉的节能技术显得尤为重要。

（一）节能技术发展现状及趋势

伴随着科技的不断进步和对环境保护意识的日益提高，火力发电厂锅炉的节能技术正经历着飞速的发展。目前，这项技术的核心目标集中在提升锅炉的热效率、减少能源的消耗以及降低污染物的排放上。展望未来，锅炉节能技术的发展将更加重视清洁能源的运用、智能化控制的深化以及整体能源管理系统的高效优化。这不仅意味着技术层面的创新，还包括了对燃烧过程、设备维护、能源回收等多个方面的综合考量，以实现更加可持续和环保的能源利用方式^[4]。

（二）锅炉节能技术的分类与原理

锅炉节能技术的进步是火力发电行业响应能源节约和环境保护要求的重要途径。该技术主要围绕两个核心领域进行：提升燃烧效率和回收利用余热。

1. 提升燃烧效率：这一领域的研究和应用重点在于通过优化燃烧参数、改进燃烧设备和提升控制系统来实现燃料的最大化利用。这包括采用先进的燃烧器设计、优化燃烧空气比例、使用高效的燃料处理技术以及实施精确的燃烧控制策略。

2. 回收和利用余热：锅炉在运行过程中会产生大量的余热，通过回收这些余热，可以实现能源的循环利用，从而降低整体的能源消耗。常见的余热回收技术包括烟气热回收、蒸汽热回收和废水热回收等。

除了上述两大类技术，还有许多其他方面的技术改进也对锅炉的节能起到了重要作用。例如，改善锅炉的保温性能可以减少热量损失，提高给水质量可以减少锅炉的腐蚀和结垢，从而延长设备寿命并提高热效率^[5]。此外，采用先进的监测和诊断技术可以实时掌握锅炉的运行状态，及时发现和解决潜在的节能问题。

（三）节能技术在火电厂的应用

在火力发电厂中，节能技术的运用是多方面的，涵盖了从燃烧优化到余热回收，再到智能化能源管理的多个层面。例如，通过部署尖端的燃烧优化控制系统，可以实现对燃料配比和燃烧状态的精确控制，从而显著提升燃烧效率。此外，余热回收系统的运用，如回收烟气中的热量，不仅可以用于预热空气，还可以用于产生蒸汽，这不仅减少了能源的浪费，还提高了能源的整体利用效率。而智能化能源管理系统的引入，更是实现了能源资源的最优配置和调度，进一步提升了整个发电厂的能源利用效率，实现了经济效益与环保目标的双赢。

三、火电厂锅炉燃烧控制与节能技术的关联性分析

火电厂锅炉的燃烧控制与节能技术是相辅相成的，两者的有效结合能够实现能源的高效利用和环境污染的显著降低。

（一）燃烧控制对锅炉节能的影响

燃烧控制是实现锅炉高效节能运行的核心环节，它直接影响着燃料的燃烧效率和能源的最终利用率。精确控制燃料的供给量、送风量以及燃烧温度，是确保燃料得到充分燃烧、降低未完全燃烧损失的关键^[6]。通过优化燃烧控制，可以显著提高锅炉的热效率，从而实现节能降耗。

更重要的是，优良的燃烧控制不仅能提升能源利用效率，还能有效降低污染物排放，这对于减轻我国环境负担、降低环保成本具有重大意义。在当前环保形势严峻的背景下，加强锅炉燃烧控制，降低污染物排放，是推动我国能源结构调整、实现绿色低碳发展的重要举措。

（二）节能技术对燃烧控制的优化作用

应用先进的节能技术不仅能够显著提高锅炉的热效率，而且为燃烧控制提供了更为多样化和深层次的优化策略。例如，余热回收技术能够有效减少热量的损失，提升能源的利用效率，同时为燃烧过程提供了一个更加稳定的热源，这有助于实现燃烧控制的精准调节。

此外，运用先进的控制策略和优化技术，如模型预测控制（MPC）和神经网络控制，为燃烧过程的实时监控和调整提供了强有力的支持。模型预测控制通过建立锅炉运行的数学模型，预测未来一段时间内的运行状态，并据此优化控制策略，以实现燃烧过程的最优化。神经网络控制则通过模拟人脑神经网络的学习和适应能力，自动调整控制参数，以适应燃烧过程中可能出现的变

化，确保燃烧效率的最大化。

（三）燃烧控制与节能技术的协同发展

燃烧控制与节能技术的深度融合是推动火电厂锅炉高效、清洁运行的核心动力。随着技术的持续创新，燃烧控制系统正变得越来越智能化和自动化，这使得它们能够更加灵活地适应各种节能技术和操作需求^[7]。与此同时，节能技术的突破和广泛应用也为燃烧控制带来了新的优化思路和实施策略。这种双向促进的关系不仅显著提升了锅炉的能源利用效率，还有效降低了运营成本，减轻了环境负担，为火电行业的可持续发展铺平了道路。

四、火电厂锅炉燃烧控制与节能技术的应用案例分析

（一）案例一：某火电厂燃烧优化控制系统改造

某火电厂为解决锅炉燃烧效率不高的问题，对燃烧优化控制系统进行了升级改造。在改造过程中，电厂采纳了尖端的模型预测控制（MPC）技术，该技术通过实时监控和优化燃料配比、送风量等核心参数，极大地提高了燃烧过程的稳定性和效率。升级后的锅炉不仅热效率得到了显著提升，氮氧化物的排放量也减少了，实现了节能和减排的同步目标，展示了技术改造对环保和效益的双重积极影响^[8]。

（二）案例二：某火电厂余热回收节能技术应用

在另一家火电厂，余热回收技术的运用成为节能降耗的关键措施之一。通过安装烟气余热回收系统，电厂有效地利用了锅炉排放的高温烟气中的热量，用于预热空气和给水。这一举措不仅减少了热量的浪费，还提升了空气和水的初始温度，进而降低了燃料的消耗。据统计，该技术的实施使得电厂的年标准煤耗得到了显著下降，体现了余热回收技术在提高能源利用效率和降低成本方面的显著成效。

（三）案例三：某火电厂燃烧控制与节能技术集成应用

某大型火电厂采纳了全面的技术升级策略，将燃烧控制技术与多种节能技术进行了有机集成。通过实施燃烧优化、余热回收、锅炉保温改善等一系列措施，电厂实现了能源利用率的全面提升。这种集成应用不仅提高了锅炉的热效率，还降低了维护成本和停机时间，从而提升了电厂的整体运行效率。经过一段时间的运行实践，电厂的能源消耗得到了有效减少，经济效益和环境效益均得到了显著提升^[9]。

五、火电厂锅炉燃烧控制与节能技术的发展前景与挑战

随着全球能源结构的转型和环保要求的不断提升，火电厂锅炉燃烧控制与节能技术的发展面临着前所未有的机遇与挑战。

（一）发展前景

火电厂锅炉燃烧控制与节能技术的发展预示着无限的前景。随着大数据、云计算、物联网等前沿信息技术的飞速进步，智能化和自动化的燃烧控制系统正逐步成为行业标准，它们能够实现更加精确的燃烧调节，从而显著提升能源的利用效率。同时，不

断涌现的新型节能技术，例如高效的余热回收技术和先进的燃烧技术，为火电厂的节能减排提供了更为丰富的选择和可能。在清洁能源逐渐替代传统能源和全球碳减排的严峻挑战下，火电厂的转型升级显得尤为重要，而锅炉燃烧控制与节能技术无疑将在这一过程中发挥至关重要的作用。

（二）技术挑战

尽管其发展前景备受瞩目，火电厂锅炉燃烧控制与节能技术仍需面对众多技术挑战。如何在确保高效率燃烧的同时减少污染排放，如何提升燃烧控制系统的自适应能力和鲁棒性，以及如何使节能技术既经济又可行并实现大规模应用，均是等待我们去解决的技术难题。另外，火电厂多变且复杂的运行环境提出了更高的要求，如何确保燃烧控制与节能技术的稳定性和可靠性，同样是一项严峻的挑战^[10]。

（三）政策与产业支持

政策和产业支持对火电厂锅炉燃烧控制与节能技术的进步具有至关重要的作用。政府需出台相应政策，激励和指导火电企业增加对技术研发的投入，并大力推广先进的燃烧控制与节能技术。与此同时，产业界的积极参与和协作成为推动技术发展的核心动力。凭借政策的引导和产业的支持，可以营造一个有利于技术创新的环境，从而加速火电厂锅炉燃烧控制与节能技术的快速发展。

结束语

火电厂锅炉技术的发展取得了显著成就，包括燃烧优化、余热回收和智能能源管理等方面。这些进展提升了能源效率，促进了环境保护。尽管技术发展面临挑战，如满足环保标准同时提高燃烧效率，增强系统适应性和经济性，以及确保技术稳定性，但政府政策和产业合作是推动技术创新的关键。我们期望未来先进技术的应用将进一步促进火电厂的高效、清洁运行，贡献于可持续发展。

参考文献

- [1]张寅卯, 张勇飞, 卢鑫, 等. 火电厂锅炉燃烧控制的调整技术分析[J]. 电子技术, 2022, 51(06): 238-239.
- [2]乔印杰, 高志佳, 董振广. 基于智能算法的火电厂锅炉燃烧控制系统及系统仿真分析[J]. 科学技术创新, 2022, (35): 185-188.
- [3]闫冬. 智能控制技术在火电厂应用研究现状与展望[J]. 数字通信世界, 2022, (01): 147-149.
- [4]刘昱杰. 智能控制算法在火电站锅炉燃烧系统中的应用研究[J]. 中国设备工程, 2020, (24): 18-19.
- [5]孙新建. 火力发电厂锅炉运行控制的节能措施[J]. 大众标准化, 2023, (18): 109-111.
- [6]王林健. 火力发电厂锅炉运行控制的节能策略探究[J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12(08): 234-235+258.DOI: 10.16525/j.cnki.14-1362/n.2022.08.092.
- [7]禹海斌. 火力发电厂锅炉燃煤节能质量管理分析[J]. 中国设备工程, 2021, (11): 255-256.
- [8]郭向兵. 火力发电厂锅炉运行控制的节能策略研究[J]. 当代化工研究, 2021, (05): 163-164.
- [9]孙赫炎. 火力发电厂锅炉运行控制的节能对策[J]. 通讯世界, 2020, 27(02): 179-180.
- [10]王震. 火电厂锅炉汽机本体与压力管道的节能保温研究[J]. 中国设备工程, 2023, (10): 119-121.