

火电厂锅炉燃烧控制与节能技术研究

卢松松

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： 本文聚焦火电厂锅炉燃烧控制与节能技术，阐述了其重要性、控制策略、节能技术和发展趋势。文章强调燃烧控制对提高能源效率、降低排放和保护设备安全的关键作用，并介绍了提高锅炉热效率、能源回收利用和运行参数优化的技术措施。同时，文章还展望了高效燃烧、余热回收、智能化控制和燃料多元化等未来技术发展方向。

关 键 词： 锅炉燃烧控制；节能技术；燃烧效率；污染物排放；未来发展趋势

Research on Boiler Combustion Control and Energy Saving Technology in Thermal Power Plant

Lu Songsong

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

Abstract： This paper focuses on boiler combustion control and energy-saving technology in thermal power plant, and expounds its importance, control strategy, energy-saving technology and development trend. This paper emphasizes the key role of combustion control in improving energy efficiency, reducing emissions and protecting equipment safety, and introduces technical measures to improve boiler thermal efficiency, energy recovery and operation parameter optimization. At the same time, the paper also looks forward to the future technology development direction, such as efficient combustion, waste heat recovery, intelligent control and fuel diversification.

Keywords： boiler combustion control; energy-saving technology; combustion efficiency; pollutant discharge; future development trend

引言

在我国能源结构转型与环保政策的双重推动下，火电厂锅炉燃烧控制与节能技术的研究显得尤为关键。尽管火力发电仍是我国主要的能源供应方式，但传统的燃煤火电模式对环境的负面影响较大，燃烧效率有待提高，能源浪费问题亟待解决。因此，研究火电厂锅炉的燃烧控制与节能技术，对于实现我国能源的可持续发展、减少环境污染、提高能源利用效率具有重要意义。

一、火电厂锅炉燃烧控制技术

（一）锅炉燃烧过程

火力发电厂的锅炉是整个发电过程中能量转换的核心。锅炉燃烧过程是将燃料的化学能转化为热能，再将热能转化为机械能最终生成电能的一系列能量转换过程，燃烧过程的优化直接关系到发电效率和环境保护。

锅炉燃烧过程主要包括燃料的供应、空气的供给、燃烧产物的排放等环节。燃料的供应要保证稳定且符合锅炉的设计要求，无论是煤炭、石油还是天然气，都需要经过严格的处理和检测，以保证其质量满足燃烧过程的需要。空气的供给要适量，过量会带走热量，减少锅炉的热效率，不足则会导致燃烧不完全，增加污染物排放。燃烧产物的排放，特别是二氧化硫、氮氧化物和颗粒物的排放，是环保考核的重要指标，需要通过脱硫、脱硝和除

尘等装置来控制。

为了提高锅炉的燃烧效率，减少污染物排放，科研人员和工程师们研究了多种燃烧技术，如低温燃烧、浓淡燃烧、分段燃烧等。这些技术都是为了在保证燃烧充分的同时，尽可能减少热量损失和污染物生成。

（二）燃烧控制的重要性

目前，锅炉燃烧需要消耗大量燃料，国内对电力的需求更为迫切。在国民经济发展中最为主要的组成内容就是电能，作为不可或缺发电企业的火力发电厂，在我国占据着至关重要的位置^[1]。燃烧控制对于火电厂锅炉的运行来说，其重要性不言而喻。它通过精准调整燃料和氧气的配比，使得燃烧过程更加高效，大大减少了燃料的浪费。这样做不仅提高了热能的转换效率，还大幅度降低了氮氧化物和硫氧化物的排放，对改善大气环境起到了积极作用。同时，这种精确控制还能有效避免锅炉运行

中的不稳定燃烧问题，防止炉膛爆炸等安全事故的发生，保障了人员和设备的安全。另外，减少锅炉内部的热应力，也减缓了设备的磨损和腐蚀，延长了设备的使用寿命。可以说，燃烧控制技术是火电厂实现安全、高效和环保运行的关键。

（三）燃烧控制策略及方法

1. 燃烧自动控制系统

火电厂锅炉的燃烧自动控制系统是确保锅炉安全、高效运行的关键技术之一。该系统通过监测锅炉的各项参数，如燃料流量、风量、炉膛压力、火焰温度等，实时调整燃料与空气的配比，以实现最佳的燃烧效果^[2]。

在这个系统中，过量空气系数的控制是一个核心部分。通过精确控制过量空气系数，可以保证燃烧的完全性，同时减少氮氧化物的排放。系统会根据锅炉的实际工况，如负荷变化、燃料类型转换等，动态调整过量空气系数，确保燃烧效率最大化。为了进一步提高燃烧效率，燃烧控制系统还会采用先进的优化算法，如遗传算法、神经网络等，来寻找最佳的燃烧参数组合。这些算法能够从大量的历史数据中学习，为锅炉提供更加精准的控制策略。此外，燃烧控制系统还会配合使用诸如火焰检测、氧量分析等在线监测技术，以实时监控锅炉的燃烧状态，确保燃烧过程稳定、安全。

2. 燃烧优化算法

在火力发电厂，优化锅炉的燃烧控制策略对于提升能源利用效率和降低环境污染至关重要。传统的燃烧控制主要依赖人工经验调整，但现代技术通过引入燃烧优化算法，使控制更加精准高效^[3]。优化算法如遗传算法、粒子群优化和模拟退火等，它们通过模仿自然界优化过程，不断调整燃烧参数，寻找最优燃烧状态。同时，机器学习技术如神经网络和模糊逻辑，也能根据历史数据学习燃烧特性，自动调整参数以实现最佳燃烧效率。这些算法的应用，不仅提升了发电效率，减少了污染物排放，还降低了运行成本，促进了火力发电行业的可持续发展。

3. 燃烧器调节技术

燃烧器调节技术涉及到对燃烧器喷口面积、喷燃比和喷嘴角度的精准控制。通过调节这些参数，可以实现对燃烧速度和温度的优化，从而提高热效率并减少氮氧化物等有害物质的排放。现代火电厂采用电子控制系统来实现燃烧器的自动调节，这些系统能够实时响应锅炉的运行状态，自动调整燃烧参数，以适应负荷变化和保证燃烧稳定^[4]。此外，燃烧器调节技术还包括对燃油和天然气的混燃控制，以实现最低污染燃烧。通过这些技术的应用，火电厂不仅能提升发电效率，还能满足严格的环保要求。

二、火电厂锅炉节能技术

锅炉热效率提升、能源回收利用和运行参数优化技术，共同构筑了一个全方位的能源高效利用体系。这一体系通过提高燃烧效率、回收和利用余能，以及智能调整运行参数等多种手段，实现能源利用效率的最大化和能源成本的最小化，同时减少碳排放，促进可持续发展，这些技术相互协同，共同提升锅炉的整体

性能，为实现能源的清洁、高效利用贡献力量。

（一）锅炉热效率提升技术

火电厂锅炉作为能量转换的核心设备，其热效率的高低直接关系到整个电厂的经济性和能源利用率。为了提高锅炉的热效率，工程师们通常会采用一系列的技术措施，其中，燃烧优化技术是提高锅炉热效率的关键之一。

燃烧优化技术主要包括燃烧器的改进、燃料的预处理以及燃烧过程的自动控制^[5]。以燃烧器的改进为例，通过优化燃烧器的结构设计，可以使燃料在燃烧室内得到更充分的混合和更完全的燃烧。例如，采用分级燃烧技术，将燃料分阶段喷入燃烧室，可以有效地降低氮氧化物的生成，同时提高燃烧效率。此外，燃料的预处理也对提高锅炉热效率有着显著影响。通过对燃料进行干燥、破碎等预处理，可以增大燃料的表面积，提高燃料的燃烧速度和燃烧完全度^[6]。比如，将煤粉进行微细化处理，可以使煤粉在炉膛内更易于与氧气混合，从而提高燃烧效率。燃烧过程的自动控制则是通过实时监测锅炉的运行参数，如温度、压力、氧气含量等，并据此调整燃烧过程，以保证锅炉始终在最佳状态下运行。这种技术的应用，不仅可以提高锅炉的热效率，还能减少因人工操作不当而引起的安全事故。

（二）能源回收与利用技术

火电厂在发电过程中，大量的余热如果直接排放，不仅是对能源的极大浪费，也会对环境造成不良影响^[7]。采用能源回收与利用技术，特别是余热回收系统，是火电厂提高能源使用效率的关键措施，这一技术能够将发电过程中产生的余热捕获并转化为有用的热能，极大地提升了能源的利用价值。例如，在北方寒冷地区，火电厂通过余热回收系统，将原本排放到大气中的热量用于居民供暖，不仅减少了能源消耗，还提高了居民的生活质量。同样，这些回收的热能也可以用于生产热水，满足工业或民用的热水需求，如洗衣、洗澡等，这样既节约了能源，又减少了热水加热过程中的能源消耗。以某大型火电厂为例，通过安装余热回收系统，每年能够节约数万吨标准煤，同时减少数十万吨的二氧化碳排放，实现了经济效益和环境效益的双赢。

在致力于节能减排的大背景下，火电厂将提高锅炉的热效率视为关键行动。这涉及到对燃烧技术的不断改进，以保证燃料能够彻底燃烧，充分释放其热能。同时，锅炉设计的改进也不可或缺，比如调整受热面的设计来增加受热面积，以此提高热交换的效率，从而增强热效率。另一方面，强化锅炉的日常运行管理对于提升热效率同样至关重要，这包括定期的维护和保养工作，以保持锅炉内部清洁，以及实时监测锅炉的运行数据，快速响应并调整，保障锅炉运行在最佳状态^[8]。

（三）锅炉运行参数优化

在锅炉的运行过程中，诸多参数均需精心调控，包括但不限于给水温度、汽包水位、燃烧调整以及风量分配。

给水温度的调整对锅炉效率有着直接影响，过低的给水温度会导致燃料消耗增加和锅炉内部热应力上升，从而影响设备的使用寿命^[9]。反之，过高的给水温度虽能提高效率，但可能导致省煤器出口水温过高，引发汽化问题。因此，应根据季节变化和和外

界负荷需求，适当调整给水温度，确保其在最佳范围内。汽包水位的精确控制对于确保锅炉在安全稳定的状态下运行扮演着至关重要的角色，因为水位的高低波动可能会引起蒸汽品质的下降，甚至可能触发锅炉爆炸的严重事故，因此，操作人员必须持续不断地对汽包水位进行监测，并通过调整给水泵转速以及进行锅炉排污等操作，以维持汽包水位的稳定，从而保障锅炉的安全运行。燃烧调整则是通过监测炉膛出口氧量、烟气温度等参数，调整燃烧器的角度、风速和燃料比例，可以促进燃烧的充分性，减少不完全燃烧损失，提高热效率，降低污染物排放。同样，风量分配对燃烧效果和污染物排放也具有显著影响，合理分配一、二次风量不仅能提升燃烧效率，还能降低氮氧化物排放。操作时应考虑锅炉负荷、燃料特性等因素，调整风量比例，确保燃烧的稳定。

在优化锅炉运行参数的过程中，还需注意以下几点：

1. 定期维护设备，确保测量仪表精准可靠，这对于提供锅炉参数调整所需的精确数据至关重要，以保障运行效率和设备寿命。
2. 通过对锅炉各关键参数的实时监控，能够及时发现运行中的异常情况，并迅速采取相应的调整措施，防止问题扩大，保证锅炉系统的稳定性和安全性。
3. 加强对锅炉运行人员的专业技能培训，不断提升他们在参数调整方面的熟练度，确保他们能够精准、迅速地掌握和运用各项调整技巧，以优化锅炉性能，保障生产安全。
4. 积极进行技术交流，充分借鉴和学习行业内的先进经验和做法，不断优化和提升锅炉参数调整的技术水平，以实现锅炉运行的高效性和经济性。

三、火电厂锅炉燃烧控制与节能技术的发展趋势

全球气候变化和环境保护的挑战使得火电厂作为主要的能源消耗和污染物排放源面临着巨大的减排压力。为了应对这一

挑战，火电厂锅炉燃烧控制和节能技术的发展趋势受到了广泛关注。

锅炉的运行效率和节能效果是电力工业研究的重要领域，为了提高燃烧效率、减少能源消耗和污染物排放，研究人员不断探索高效燃烧技术。这包括对燃烧器的改进、燃烧过程的优化控制以及燃料和空气的精确配比等方面。通过这些技术的应用，不仅可以实现更高效的燃烧，降低能源消耗，还能有效减少污染物排放^[10]。同时，锅炉在燃烧过程中会产生大量的余热。通过余热回收技术，这些余热可以被转化为热能或动力能。例如，用于供暖、洗澡等生活用水，或者用于锅炉的预热，从而减少燃料的消耗。余热回收技术的应用，不仅可以提高能源利用效率，还能减少能源浪费。另一方面，计算机技术和传感器技术的发展使得锅炉的智能化控制成为可能。通过实时监测和自动控制锅炉的运行参数，可以实现锅炉的自动化运行，精确控制燃烧过程。这不仅提高了锅炉的运行效率，也有助于节能效果的提升。

此外，为了适应不同的能源市场和环保要求，燃料多元化技术也是一个重要的研究方向。通过合理的燃料配比和燃烧控制，可以提高燃烧效率，降低能源消耗，同时，燃料多元化还可以提高火电厂的灵活性和可靠性。

四、结束语

火电厂锅炉燃烧控制与节能技术作为实现能源高效利用和环境保护的关键领域，在当今社会面临着巨大的挑战和机遇。目前，全球能源需求不断增长，环境保护意识日益增强，火电厂在追求经济效益的同时，也必须承担起社会责任，减少能源消耗和污染物排放。随着技术的不断进步和政策法规的支持，未来火电厂锅炉燃烧控制与节能技术将朝着高效、清洁、智能化的方向发展。通过技术创新和应用，火电厂将实现更高的能源利用效率，更低的污染物排放，并为可持续发展做出贡献。

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] 同冬. 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.
- [3] 张鹏林，王俊超，韩磊，等. 300MW 锅炉燃烧系统优化控制技术研究 [J]. 自动化应用，2022, (05): 112-113+118.DOI: 10.19769/j.zdhy.2022.05.036.
- [4] 王伟. 火电厂锅炉运行中节能降耗技术的应用方法探讨 [C] // 中国电力设备管理协会. 中国电力设备管理协会第二届第一次会员代表大会论文集（1）. 华电电力科学研究院有限公司西北分院；, 2022: 5.DOI: 10.26914/c.cnkihy.2022.023722.
- [5] 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.
- [6] 陈忠汉. 节能降耗技术在工业锅炉运行中的应用研究 [J]. 清洗世界，2023, 39(09): 141-143.
- [7] 田宇，赵海燕. 锅炉技术在火力发电厂中的应用与研究 [J]. 当代化工研究，2023, (13): 111-113.DOI: 10.20087/j.cnki.1672-8114.2023.13.037.
- [8] 魏智邦. 大型供热锅炉节能改造技术的优化研究 [J]. 现代工业经济和信息化，2023, 13(06): 154-155+158.DOI: 10.16525/j.cnki.14-1362/n.2023.06.051.
- [9] 周秉一. 发电厂锅炉运行中的节能技术应用 [J]. 集成电路应用，2023, 40(06): 326-327.DOI: 10.19339/j.issn.1674-2583.2023.06.144.
- [10] 马野，孙强. 节能降耗技术在电厂锅炉运行中的应用 [J]. 电站系统工程，2023, 39(02): 75-76+81.