

火力发电厂燃煤锅炉优化燃烧技术研究

姚明振 丛伟地 孟庆辉

云南滇东雨汪能源有限公司，云南曲靖，655507；

摘要：火力发电厂锅炉的燃烧属于一项挑战性较强的调控过程，目前成为电力行业煤炭燃烧控制的核心研究课题。在此过程中，众多难以驾驭的变量因素待解。若燃烧不彻底，不仅会降低电力生产的效率，还会导致能源的大量浪费，并对自然环境造成不良后果。鉴于此，针对现阶段的锅炉燃烧研究，提高燃烧效率、降低能源消耗已成为我们迫切需要处理的难题。在这样的研究背景下，本文对发电厂锅炉的燃烧机制及其控制策略进行了剖析和阐述，以期对后续的研究者提供借鉴与参考。

关键词：火力发电厂；燃煤锅炉；燃烧技术

DOI： 10. 69979/3060-8767. 25. 09. 049

引言

我国电力生产中，火力发电占据核心地位，而煤炭锅炉是其不可或缺的组成部分。尽管如此，煤炭锅炉在燃烧环节面临着效率不高和环境污染等问题。针对这些挑战，通过对燃烧装置、控制单元、煤炭品质适应能力以及辅助设施的精细化调整，力图推动火力发电行业向可持续发展的技术路径转型。

1 火力发电厂锅炉燃烧调整优化的内涵

一般来讲，燃煤锅炉若要达到持续稳定的燃烧状态，必须对燃烧用料的比列及锅炉运行的关键参数进行细致的调整与优化。此外，为了促使炉内燃料能够更彻底地燃烧，操作人员还须对燃烧的管理策略进行改良。通过对锅炉燃烧模式的改进，能够使锅炉内部的操作参数更为恰当，包括但不限于炉内温度、蒸汽的温度和压力

以及蒸发速率等指标。同时，锅炉的燃烧效率直接关系到企业的经济收益，因此在调整和优化锅炉燃烧的过程中，还需考虑到外部负荷需求、蒸汽品质等条件。这样一来，火力发电厂不仅能够提升运行效率，还能增强设备运行的安全性，并实现成本的有效控制。

针对火电站煤粉锅炉的燃烧控制，通常通过调整风粉混合比例来优化燃烧过程，其关键优化点集中在两大层面。首先，必须确保锅炉内部温度的均衡以及炉膛负压的恒定，确保煤炭可以充分燃烧，从而降低锅炉运行中的各种损耗，提升锅炉运行效率至最高水平，保证锅炉的安全、稳定以及经济高效运行。其次，在满足汽轮机对蒸汽品质的基本需求基础上，通过精细的燃烧调控，尽可能减少氮氧化物和二氧化硫等污染物的生成，削减燃烧尾气中的污染物排放量，进而提高燃烧的整体效率（如图1）。

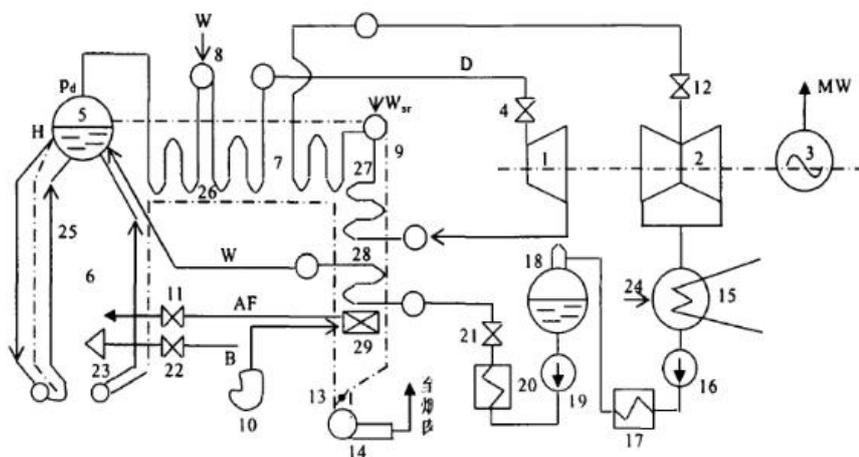


图1 燃烧系统基本工作原理

2 火力发电厂锅炉燃烧调整优化的意义

在火力发电站锅炉的运作环节,为了增强锅炉燃烧的效率,技术人员必须周期性地对燃烧及送风参数进行细致的调节,恰当的参数设置对于适应不同类型的煤质燃烧至关重要,进而提升燃烧效率。观察目前的发展状况,尽管我国在电力生产技术方面与国外先进水平相比尚有差距,但科研人员通过不懈的钻研,也实现了技术上的突破。首先,经过对锅炉燃烧效率的优化,炉内负压、蒸汽温度和压力的稳定性将得到加强,确保锅炉能够产出充足的热能,锅炉效率将达到或超过设计的最佳水平;其次,通过优化燃烧调整,合理安排风粉比例,改善炉内温度分布,可以有效降低燃烧器的损耗,减轻锅炉“四管”局部磨损的情况,减少“四管”泄露的风险,同时也有助于减轻环境污染,这与国家倡导的绿色能源发展战略相契合。因此,只有不断对锅炉燃烧进行调整和优化,才能推动火力发电厂的持续发展。

3 火力发电厂锅炉燃烧优化技术发展现状

在国内的火力发电厂中,锅炉在运行过程中常面临煤质变化、监控参数不一致、设备缺陷和长期负荷变动等问题,这些因素导致锅炉燃烧效率往往无法达到理想状态。为此,燃烧过程的优化试验显得尤为重要,旨在增强锅炉运行的安全性、经济性和环保性。现阶段,业内通常使用单变量优化法和锅炉燃烧监测仪表指导燃烧优化。运用单变量法时,通过试验找到合适的一次风与二次风比例、风煤比以及过剩空气系数,通过改变不同燃烧器的设置来调整火焰中心位置,从而使锅炉燃烧系统达到最佳工作状态,进而提升燃烧系统的运行效率。而利用锅炉燃烧监测仪表进行优化时,试验人员会监控给煤量、煤质成分、飞灰含碳量、风粉浓度、一二次风速和风温等关键参数,以调整燃烧过程。尽管这种方法更为系统化和高效,但实际操作中,由于监测仪表的可靠性不足,以及准确性和稳定性问题,加上试验人员技能参差不齐,使得锅炉燃烧优化系统难以得到精确的校正。

4 优化火力发电厂锅炉燃烧技术的方式

4.1 燃烧器优化设计

4.1.1 燃烧器类型及特点

锅炉的心脏部件非燃烧器莫属,其种类及其独特属性对锅炉的燃烧效率及环保标准起着决定性作用。在市

面上,我们常见到层燃、室燃以及喷燃这三种燃烧器。层燃燃烧器以其稳定的燃烧性能,特别适合于那些挥发份不高的煤炭;室燃燃烧器以其较强的燃烧力和广泛的适用性而受到青睐,尽管其氮氧化物排放相对较高;而喷燃燃烧器则是通过喷嘴实现煤粉的雾化,从而实现更加彻底的燃烧,热效率也相对较高。在设计和生产燃烧器时,必须对火焰形态、煤粉的雾化效果、空气的分布等多个因素进行周密考虑。燃烧器的调节能力必须出色,以便应对不同负荷和煤质的变化。此外,燃烧器的安全性也不容忽视,必须采取措施防止泄漏和事故的发生。

4.1.2 燃烧器的改良设计策略

通过对燃烧装置结构的优化,旨在增强燃烧效率。具体措施包含对燃烧喷嘴外形的改良,旨在实现更高效的燃油雾化作用及空气混合比,进而促进燃烧过程的彻底性。提升二次风的占比,有助于燃烧装置更高效地运用氧气,降低未完全燃烧的燃料及NO_x的排放量。对燃烧装置的排布进行调整,如改变火焰的方位及形态,有助于优化火焰与锅炉热交换面的配合度,从而提升热交换效率。挑选恰当的燃烧装置种类对锅炉的性能表现至关重要。不同种类的燃烧装置适用于不同属性的煤质和锅炉负载。举例来说,对于挥发份较高的煤种,喷射式燃烧器更加适宜,它能提供更优的煤粉燃烧效果。而对于负载波动较大的锅炉,则需选用调节能力更强的燃烧装置,以满足多变的工况对燃烧的需求。

4.2 火力发电厂燃煤锅炉燃烧控制系统优化技术

该技术针对燃煤锅炉运行时引发的环境污染及能源利用率不高等问题,提出了一种关键性的解决方案。其核心宗旨是通过实时监控与调节燃烧过程中的关键参数,确保燃煤得以高效燃烧,降低污染物排放,提升能源的利用率,进而实现节能减排的目标。技术的优化涵盖了多个层面,包括燃烧控制系统的硬件升级、软件算法的提升以及监测系统的优化。

(1)在燃煤锅炉燃烧控制系统的优化过程中,硬件的改良是根本性的工作。这涵盖了燃烧装置、感应器、执行元件等硬件设施的升级或改善,旨在提升其效能与稳定性。比如,引入创新的燃烧器结构,有助于实现煤粉的更均匀、更彻底的燃烧,从而降低未燃尽物的生成;同时,使用高精度的温度、压力、流量感应器等,能够对燃烧过程中的各项指标进行精确监控,为后续的控制环节提供坚实的数据保障。除此之外,对执行元件的设

计进行优化,比如风门、给煤装置等,能够对燃烧过程中的各项参数进行细致的调整,从而显著提升系统的稳定性和反应速度。

(2) 在燃煤锅炉燃烧控制系统的优化过程中,软件算法的升级改造是至关重要的。现行的PID控制策略已无法满足对燃煤锅炉燃烧环节的高精度调控需求。为此,有必要引入更为先进的控制策略,例如模型预测控制(MPC)、模糊逻辑控制以及神经网络控制等。这些策略能够对燃烧过程进行模型化与预测,进而动态调整燃烧过程,确保系统在面临不同负荷和燃料种类时仍能维持稳定的燃烧状态。同时,它们还能依据实时监测数据实施智能化优化,以此最大化能源使用效率,并降低污染物排放。

(3) 对燃煤锅炉燃烧控制系统的优化而言,监测系统的优化升级显得尤为关键。此系统具备对燃烧环节中关键参数的实时监控能力,包括燃烧温度、压力、氧浓度以及烟气排放浓度等。通过数据与控制系统的实时交流,系统能够迅速识别出燃烧过程中的异常现象,并实施预警与调整措施。此外,监测系统还能对燃烧设备的运行状况进行持续的数据搜集与分析,为后续的优化工作提供宝贵的参考数据,从而推动燃煤锅炉燃烧控制系统的不断优化和升级。由此可见,优化监测系统不仅能够增强系统的安全性和稳定性,还能为系统的持续运行提供坚实保障,有效促进能源利用效率的提升 and 环境保护工作的推进。

4.3 燃煤锅炉烟气余热回收技术及其应用

煤炭燃烧后释放的锅炉尾气中蕴含大量热能,而燃煤锅炉尾气余热回收技术正致力于将这些高温废气的热能转化为可用能源,以此提升能源的综合利用率,减少能源浪费并减轻环境污染。该技术广泛适用于工业制造、冬季供暖以及热电联供等行业,展现出巨大的市场潜力和深远的社会价值。

(1) 煤炭锅炉排放的尾气余热再生技术的关键在于高效地回收并转化烟气流中的过剩热能。在一般操作中,煤炭锅炉排放的尾气温度通常处于高位,这部分热能未经利用便直接排放,导致能源的大量损耗。借助于尾气余热回收系统,例如尾气余热锅炉或尾气热交换器,能够把尾气内含的热量转移至水体或其他工作介质中,进而转换成可利用的热力资源,应用于供暖、供热水、发电等场合。这样的措施不仅提升了能源的利用效率,

同时也减轻了对传统能源的依赖,并有助于减轻对环境的负担。

(2) 在众多工业制造领域,比如冶金、化工、纺织等,燃煤锅炉的烟气余热回收技术展现出极大的实用价值。这些行业对热能的需求量巨大,而燃煤锅炉作为其核心的供热源,通过回收其排放烟气的余热,不仅可以高效地补充生产所需热能,提升生产效率,节约成本,还能减轻对环境的负担,与可持续发展的理念相契合。

(3) 此外,燃煤锅炉烟气的余热回收技术在供暖系统和热电联产的应用上也同样重要。特别是在采暖期,各区域对热能的需求急剧增加,燃煤锅炉作为供热的主力设备,通过实施烟气余热回收,不仅优化了能源的使用效率,降低了供暖成本,改善了供热质量,同时也显著减少了环境污染问题。

4.4 煤质适应性优化

4.4.1 煤质分析与评价

煤炭品质的检测与评估对于优化燃煤锅炉的燃烧过程至关重要,其品质的优劣直接关系到锅炉燃烧效能及环境污染物的排放量。煤炭品质检测主要包括对煤炭的化学构成、物理性质以及燃烧性质的研究。在化学构成分析方面,重点在于测定煤炭中的碳、氢、氧、氮、硫等元素的比例,这些元素是决定煤炭发热量及其燃烧产物性质的关键因素。物理性质检测则涵盖煤炭的比重、含水量、粒径分布及灰分含量等指标,这些指标对于煤炭的运输、储存及其在锅炉中的燃烧效率具有显著影响。至于燃烧性质评估,它包括煤炭的点燃温度、燃烧速率和燃尽效率等参数,这些参数直接决定了煤炭在锅炉中的燃烧表现。

4.4.2 煤炭适应性调整策略

通过对煤炭进行初步加工,诸如脱水、粉碎以及筛选等步骤,能够优化煤炭的物理属性,从而提升其燃烧效能。脱水过程有助于降低煤炭中的含水量,增强其点燃能力;而粉碎和筛选则有助于设定煤粒大小,满足锅炉燃烧的具体需求。混合燃烧不同属性的煤炭,能够调节锅炉的燃烧属性,进而提升燃烧效率并减少污染物排放。举例来说,混合燃烧高挥发份的煤炭,能够提升火焰温度和燃烧速度,进而增强整体燃烧效率。依据煤炭品质的特性,对燃烧器的运行参数进行调整,比如燃料与空气的混合比例、燃烧器的排布和形状等,以达成最佳的燃烧效果。燃烧过程的监管技术,如尖端的燃烧控

制算法和排放处理技术，能够实时跟踪煤炭品质的改变，自动调节燃烧参数，确保燃烧过程既高效又环保。

4.5 燃煤锅炉辅助设备优化

4.5.1 空气预热器效能提升

借助先进材质及精妙结构布局，有效扩大预热器的热交换区域，进而增强热交换效能。此举涉及选取耐高温、抗腐蚀的材质，并运用紧密型、高效率的换热构造设计。对空气预热器的流体动力学进行精细调整，以降低气流阻力及压差。这一过程可通过优化流道形态、流速及流态分布来完成。经过优化的空气预热器能够增加空气流通速率和提升热交换效能，同时降低能源损耗。定期对预热器进行清洁和保养，以清除积聚的尘埃与杂质，这是提升其运行效率的关键手段。尘埃与杂质的沉积会削弱热交换效能，并可能缩短预热器的使用周期。

4.5.2 除尘器优化

为提升除尘性能及降低能源消耗，需精心挑选与使用高效的除尘介质及工艺。譬如，选取诸如玻璃丝、聚苯乙烯丝之类的纤维质料，能增强除尘器的集尘效能。而静电集尘技术，则是借助电力场作用使尘埃粒子带电并依附于集尘装置，进而增强其工作效率。优化设计除尘器结构，以降低气流阻力及压损亦至关重要。此举涉及改善除尘器内流道布局，提升空间使用效率，缩减气流截面积，减缓气流速度，从而实现除尘效率的提升。此外，定期对除尘系统进行清洁和保养，亦是确保其除尘效果的关键环节。尘埃与杂质可能堵塞除尘器，导致其工作效率下降。

4.5.3 对脱硫脱硝装置进行高效优化

烟气净化设备在煤炭燃烧过程中实现对环境污染的防控扮演着核心角色，主要负责消除尾气中的SO₂及NO_x等污染性成分，确保排放符合环保要求。采用石灰石湿式吸收法去除SO₂，该技术通过石灰石与SO₂的化学反应生成石膏，属于一种行之有效的脱硫手段。而选择性催化还原技术(SCR)则利用催化剂加速NH₃与NO_x的化学反应，转化为无害的N₂和H₂O，是一种先进的脱硝手段。对脱硫脱硝系统的结构布局进行优化，目的是降低气流阻力以及压力损失。这涉及到提升脱硫脱硝系统内部流体的设计，优化空间布局，缩减气流通道面积，减缓气流速度，进而增强脱硫脱硝效果。同时，定期对

净化系统执行清洁和保养工作，确保其持续保持高效的脱硫脱硝功能。

5 结语

在此基础上，本文对火力发电厂所使用的燃煤锅炉燃烧技术进行了深入研究，并据此提出了多项改进策略。这些策略涵盖了燃烧器构造、燃烧管理系统的升级、煤炭质量匹配以及辅助设施的创新。这些改进策略的实施将显著提升燃煤锅炉的燃烧效能，减少有害物质的排放，从而为火力发电行业的持续发展奠定了坚实基础。

参考文献

- [1] 尹逊昊. 火力发电厂燃煤锅炉燃烧优化及节能技术探究[J]. 电力设备管理, 2024(10): 265-267.
- [2] 唐志新, 邢彦民, 李文婷, 王金柱, 李文光. 电气自动化技术在优化火力发电厂锅炉燃烧效率中的应用研究[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2024(11): 152-155.
- [3] 谢一鹏. 火力发电厂锅炉汽轮机热力优化运行技术研究[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2024(5): 0140-0143.
- [4] 黄名升. 火力发电厂热动力锅炉燃烧技术研究[J]. 电力系统装备, 2024(8): 22-24.
- [5] 李斯. 关于火力发电厂燃煤锅炉燃烧优化技术的研究[J]. 山东工业技术, 2016(5): 181-181.
- [6] 罗谦. 火力发电厂锅炉空气预热器安装控制技术研究[J]. 科学技术创新, 2024(24): 59-62.
- [7] 刘艳军. 火电厂燃煤锅炉燃烧优化控制与节能降耗技术研究[J]. 中国科技期刊数据库 工业A, 2024(11): 128-131.
- [8] 于峰. 新形势下火力发电厂锅炉燃煤节能质量管理研究[J]. 中国科技期刊数据库 工业A, 2024(12): 104-107.
- [9] 侯云峰. 火力发电厂锅炉空气预热器安装控制技术研究[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2024(12): 058-061.
- [10] 李铮. 火力发电厂锅炉辅助转动机械安装技术研究[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2024(11): 137-139.