

火电厂燃烧技术的优化调整研究

张 伟

贵州西电电力股份有限公司黔北发电厂 贵州金沙 551800

摘 要: 本文聚焦贵州某新建(2×660MW)煤电项目,剖析火电厂燃烧技术的优化调整路径。通过阐述项目背景与锅炉设备参数,系统分析燃料特性、燃烧空气量及配风方式、燃烧温度与炉膛结构、运行操作参数等关键影响因素。针对性提出涵盖燃料预处理、配风系统优化、燃烧器改造、炉膛温度控制等方面的优化策略。研究表明,科学的燃烧技术优化可有效提升该项目的燃烧效率,降低污染物排放,对推动火电厂清洁高效发展、实现“双碳”目标具有重要实践价值与借鉴意义。

关键词: 火电厂; 燃烧技术; 优化调整; 超超临界机组

引言

在全球能源结构加速转型以及我国“碳达峰”“碳中和”目标的战略指引下,火力发电行业面临着前所未有的挑战与机遇。作为我国能源供应的主力军,火电厂在保障能源稳定供给的同时,亟需通过技术革新实现清洁低碳转型。燃烧技术作为火电厂生产运行的核心环节,其效率与环保性能影响机组的整体效益与行业可持续发展。优化火电厂燃烧技术,不仅提高能源利用效率,降低煤炭消耗,还能有效减少二氧化硫、氮氧化物及粉尘等污染物排放,对改善大气环境质量、推动能源行业绿色升级具有关键作用。

1 火电厂燃烧技术概述

贵州某新建(2×660MW)煤电项目初步规划风电650MW、光伏400MW_p、煤电2×660MW,其中煤电项目采用等容量替代方式,建设2×660MW高效一次再热超超临界“W”型火焰锅炉燃煤机组。该机组锅炉铭牌参数(B—MCR)表现卓越:在过热蒸汽方面,最大连续蒸发量达到1930t/h,出口蒸汽压力为29.4MPa(a),出口蒸汽温度高达605℃;再热蒸汽的蒸汽流量为1601.6t/h,进/出口蒸汽压力分别为6.12/5.92MPa(a),进/出口蒸汽温度为368/623℃;给水温度为295℃;锅炉保证效率达92.5%;排烟温度不高于110℃(BMCR工况,投暖风器)。从技术条件来看,锅炉具备660MW机组超超临界参数,采用独特的W型火焰燃烧方式,拥有一次中间再热、单炉膛、平衡通风、固态排渣等特性,属于燃煤锅炉。其采用露天布置与全钢结构,“W”型火焰燃烧方式有助于劣质煤的稳定着火与充分燃烧,但也对燃烧技术的精细化调整与优化提出更高要求。

2 影响火电厂燃烧的关键因素分析

2.1 燃料特性

燃料特性对火电厂燃烧效率与稳定性起决定性作用。煤炭的挥发分、固定碳含量影响着火难易与燃烧速率,灰分导致结渣积灰,降低传热效率,水分过多则吸收热量,使炉膛温度下降。此外,煤炭颗粒度影响燃烧充分性,过大难以燃尽,过小易随烟气排出,均会造成能源损失,因此需充分考量燃料特性以优化燃烧过程^[1]。

2.2 燃烧空气量及配风方式

对于“W”型火焰锅炉,一次风与二次风的配比、混合时机与位置尤为关键。一次风主要负责输送煤粉并提供部分燃烧所需氧气,其风速与风量影响煤粉的输送与着火性能;二次风则用于补充燃烧后期所需氧气,同时调整火焰形状与位置。若二次风过早与一次风混合,火焰会过早扩散,不利于燃料在炉膛内的充分燃烧;若二次风混入过晚,燃料在缺氧环境下燃烧,会生成大量黑烟与污染物。此外,不同负荷工况下,合理的配风调整,适应燃烧需求变化,确保燃烧的稳定性与高效性^[2]。

2.3 燃烧温度与炉膛结构

适宜的高温环境能够加速化学反应,促进煤炭充分燃烧,减少不完全燃烧产物生成。“W”型火焰锅炉独特的炉膛形状与尺寸设计,决定火焰的行程与充满度。合理的炉膛结构能够保证火焰在炉膛内充分伸展,使燃料拥有足够的停留时间进行燃烧反应,同时避免火焰冲刷水冷壁,减少结渣与磨损风险。炉膛内受热面的布置方式也会改变热量分配,过多的受热面会吸收大量热量,降低炉膛温度,影响燃烧稳

定性;而过少的受热面则可能导致炉膛温度过高,引发结渣与高温腐蚀等问题^[3]。

2.4 运行操作参数

锅炉负荷变化时,燃料量、空气量、给水流量需协同调整,否则易出现燃烧不充分或出力不足问题。磨煤机容量风及分离器转速影响煤粉细度,风机风压风量需与燃烧工况匹配。此外,启停炉及日常参数微调也至关重要,操作人员的经验与调控精度,关系燃烧效率与污染物排放水平。

3 燃烧技术优化调整策略

在火电厂的运行过程中,为解决无烟煤着火及稳燃问题,同时保证较高的锅炉效率并实现较低的 NO_x 排放,采用全炉膛分级送风+低 NO_x 燃烧器的技术方案。该方案从燃料预处理与优化、配风系统优化、燃烧器改造与优化以及炉膛优化与温度控制等多个方面入手,对燃烧技术进行全面的优化调整。

3.1 燃料预处理与优化

首先,严格控制燃料的粒度。无烟煤的粒度分布直接影响其与空气的接触面积和燃烧速率。通过优化破碎工艺,将无烟煤的粒度控制在合适范围内,一般要求粒径小于13mm的颗粒占比达到一定标准。较小且均匀的粒度能够增大燃料与空气的接触面积,促进燃烧反应的进行,有助于无烟煤的快速着火和充分燃烧;其次,关注燃料的水分含量。适量的水分可以改善无烟煤的着火性能,但过高的水分会降低燃料的热值,增加排烟热损失。在燃料进入锅炉前,采用干燥设备对其进行适度干燥,将水分含量控制在合理区间。通过精确的水分调节,既能利用水分对燃烧的促进作用,又避免因水分过多而降低燃烧效率;此外,依据不同煤种的特性,制定科学的燃料掺配策略。将高挥发分煤与低挥发分煤、高硫煤与低硫煤等进行合理搭配,充分发挥各煤种优势,改善混合煤的燃烧性能^[5]。此外,使用烟气旁路系统是在锅炉尾部烟道区域设置旁路烟道,在极低负荷时将部分高温烟气由旁路引出,使部分高温烟气与省煤器出口烟气相混合,达到调节SCR系统进口烟温的目的。如图1所示。

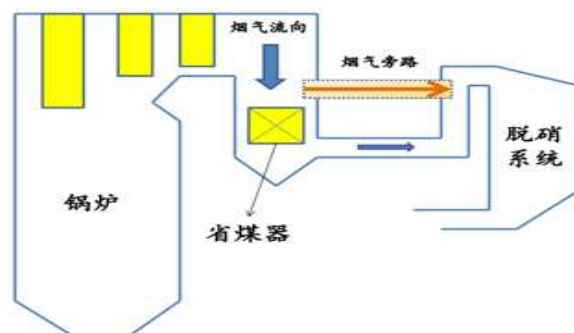


图1 烟气旁路示意图

3.2 配风系统优化

采用分级送风的方式,将燃烧过程分为不同的阶段进行配风。在一次风系统中,严格控制一次风量和风速。对于无烟煤燃烧,一次风量不宜过大,以保证煤粉在进入炉膛后能够迅速着火。合适的一次风速既能保证煤粉顺利输送,又不会因风速过高导致煤粉被气流带出而无法着火,也不会因风速过低造成煤粉沉积堵塞管道。同时,合理调整一次风的温度,提高一次风温有助于煤粉的预热和着火;二次风的分配遵循分级理念,将二次风分为不同的风层和区域送入炉膛。在燃烧初期,适当减少二次风量,使燃料在缺氧的条件下进行部分燃烧,降低燃烧温度,抑制 NO_x 的生成。随着燃烧的进行,在燃烧中后期,逐步增加二次风量,为燃料的完全燃烧提供充足的氧气,保证燃烧效率。通过精确控制各层二次风的风量和风速,形成合理的空气动力场,使燃料与空气充分混合,促进燃烧反应的进行,同时有效控制 NO_x 的排放;此外,引入燃尽风系统。燃尽风在炉膛上部送入,为未完全燃烧的燃料提供额外的氧气,确保燃料充分燃尽,减少不完全燃烧损失,提高锅炉效率。合理调整燃尽风的风量、风速和送入角度,使其能够与炉膛内的气流充分混合,进一步降低 NO_x 的排放,实现高效低氮的燃烧目标。

3.3 燃烧器改造与优化

燃烧器作为燃料与空气混合并进行燃烧的关键设备,其性能影响着火、稳燃和污染物排放。采用低 NO_x 燃烧器并对其进行改造优化,是实现技术方案目标的重要举措。首先,低 NO_x 燃烧器通过特殊的结构设计,实现燃料的分级燃烧和空气的分级供应。在燃烧器内部设置多个燃料喷口和空气喷口,使燃料在燃烧过程中形成不同的燃烧区域。首先,部分燃料在缺氧的一次燃烧区进行富燃料燃烧,降低燃烧温度,抑制 NO_x 的生成。随后,在二次燃烧区,引入适量的

空气使燃料完全燃烧。这种分级燃烧方式有效地减少了 NO_x 的产生；其次，对燃烧器的喷口结构进行优化设计。调整燃料喷口的形状、尺寸和布置方式，使煤粉能够均匀喷出，形成良好的射流特性，增强与空气的混合效果。同时，优化空气喷口的设计，确保空气能够以合适的速度和角度与煤粉混合，促进燃烧反应的稳定进行。例如，采用旋流与直流相结合的方式，在燃烧器出口形成稳定的旋转气流，增加燃料与空气的接触时间和混合程度，提高燃烧的稳定性和效率；此外，对燃烧器的运行参数进行精细调整。根据不同的煤质和负荷工况，优化燃料和空气的流量分配，确保燃烧器在最佳状态下运行。通过实时监测燃烧器的温度、压力等参数，及时调整运行参数，保证燃烧过程的稳定和高效，同时实现较低的 NO_x 排放。

3.4 炉膛优化与温度控制

首先，对炉膛的结构进行优化。合理设计炉膛的尺寸和形状，确保炉膛内有足够的空间和良好的空气动力场，使燃料能够充分燃烧。优化炉膛的水冷壁布置，调整水冷壁的吸热能力，控制炉膛温度在合适的范围内。对于无烟煤燃烧，适当降低炉膛下部的水冷壁吸热强度，提高炉膛下部温度，为无烟煤的着火创造有利条件；其次，加强炉膛的保温性能。采用优质的保温材料对炉膛进行保温，减少炉膛散热损失，提高炉膛温度的稳定性。良好的保温效果不仅有助于节约能源，还能保证燃料在炉膛内稳定燃烧，提高锅炉效率；在温度控制方面，建立完善的温度监测和控制系统。在炉膛内布置多个温度测点，实时监测炉膛不同区域的温度分布情况。根据监测数据，通过调整燃料量、风量、燃烧器运行参数等手段，精确控制炉膛温度。在保证无烟煤着火和稳燃的前提下，避免炉膛温度过高导致 NO_x 大量生成。采用数值模拟与现场试验相结合的方法，对炉膛内部流场进行优化。结合计算流体力学（CFD）模拟，分析炉膛内气流的速度、温度、压力分布情况，找出流场不合理区域。根据模拟结果，调整炉膛折焰角的形状与尺寸，改变气流流动方向与速度，延长火焰在炉膛内的停留时间，促进燃料充分燃烧。在炉膛内加装导流板、稳燃装置等，改善气流均匀性，消除涡流与气流死区，提高炉膛燃烧效率。同时，对炉膛水冷壁的布置进行优化，合理调整受热面吸热比例，保证炉膛温度分布均

匀，减少结渣与高温腐蚀风险。例如，省煤器再循环是从水侧来解决 SCR 系统进口烟温较低的方案。如图 2 所示。

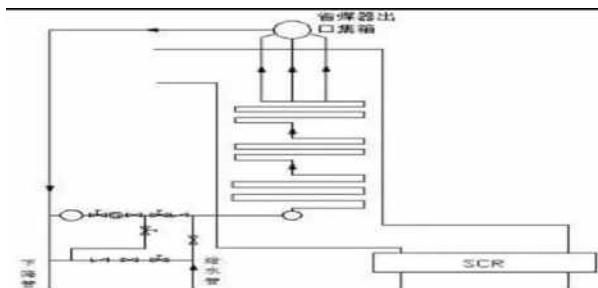


图 2 热水再循环系统布置图

4 结论

在火电厂燃烧过程中，通过燃料预处理与优化、配风系统优化、燃烧器改造与优化以及炉膛优化与温度控制等措施的综合应用，能够有效提升火电厂的燃烧效率，降低污染物排放，增强机组运行的稳定性与经济性。在“双碳”目标的战略背景下，火电厂应持续加强燃烧技术的研究与创新，不断探索更高效、清洁的燃烧优化方案，推动火力发电行业向绿色低碳、高效智能方向发展，为我国能源结构转型与生态文明建设贡献力量。未来，随着技术的不断进步，火电厂燃烧技术的优化调整将向着更高水平迈进，实现能源利用效率与环保效益的协同提升。

参考文献：

- [1] 张强,何陆灿,方亚雄. 火电厂锅炉低氮燃烧改造与运行优化调整探究[J]. 中国设备工程,2023(4):130-132.
- [2] 刘雁笛. 浅析火电厂锅炉低氮燃烧改造及运行优化调整[J]. 百科论坛电子杂志,2020(7):1623-1624.
- [3] 赵云凯. 火电厂锅炉低氮燃烧改造及运行优化调整[J]. 百科论坛电子杂志,2019(6):428.
- [4] 王维. 火电厂锅炉低氮燃烧改造及运行优化调整[J]. 中国科技投资,2019(19):119.
- [5] 柴子旺. 火电厂锅炉低氮燃烧改造及运行优化调整分析[J]. 电力系统装备,2020(24):43-44.
- [6] 袁祖军. 火电厂锅炉低氮燃烧改造与运行优化调整探究[J]. 中国战略新兴产业,2021(16):62,64.

作者简介：张伟（1984—），男，汉族，贵州遵义人，工程师，本科毕业，从事火电厂运营管理及筹备方面的工作。