

双碳目标下 300MW CFB 机组燃烧优化与厂用电率降低 路径研究

刘彦军 雷怀斌 晁俊刚
黄陵矿业煤矸石发电有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i12.8602

[摘要] 在双碳目标的大背景下，提高能源利用效率、降低碳排放成为火力发电行业的重要任务。本文聚焦于 300MW 循环流化床（CFB）机组，深入分析了其燃烧现状及存在的问题，通过理论分析、实验研究以及实际运行数据对比，提出了一系列针对性的燃烧优化措施，如优化风煤配比、调整床温床压、改进分离器结构等。同时，探讨了降低厂用电率的有效路径，涵盖设备升级改造、优化运行方式、加强维护管理等方面。实际应用表明，这些措施显著提升了机组的燃烧效率，降低了厂用电率，为 CFB 机组在双碳目标下的绿色高效运行提供了有益参考。

[关键词] 双碳目标；300MW CFB 机组；燃烧优化；厂用电率；节能减排

Research on Combustion Optimization and Plant Power Consumption Reduction Path for 300MW CFB Units under Dual Carbon Goals

Liu Yanjun Lei Huaibin Chao Jungang
Huangling Mining Gangue Power Generation Co., Ltd.

[Abstract] Under the dual carbon goals framework, improving energy utilization efficiency and reducing carbon emissions have become critical tasks for the thermal power industry. This study focuses on 300MW circulating fluidized bed (CFB) units, conducting in-depth analysis of their combustion status and existing issues. Through theoretical analysis, experimental research, and comparative analysis of actual operational data, a series of targeted combustion optimization measures are proposed, including optimizing air-coal ratio, adjusting bed temperature and pressure, and improving separator structure. Additionally, effective pathways to reduce plant power consumption are explored, covering equipment upgrades, optimized operation modes, and enhanced maintenance management. Practical applications demonstrate that these measures significantly improve combustion efficiency and reduce plant power consumption, providing valuable references for green and efficient operation of CFB units under dual carbon goals.

[Key words] Dual Carbon Goals; 300MW CFB Units; Combustion Optimization; Plant Power Consumption; Energy Conservation and Emission Reduction

引言

随着全球气候变化问题越来越严峻，极端天气频频出现，海平面上升、冰川消融等问题也愈加严重，减少碳排放、实现可持续发展已经成为各国共同的目标。我国主动担当大国责任，提出“碳达峰、碳中和”双碳目标，该目标犹如高悬的达摩克利斯之剑，给能源行业尤其是火力发电行业带来了极其严峻的考验。火力发电长期以来一直占据着我国电力供应的主导地位，对于保障国家能源安全、支撑经济社会稳定运行具有不可替代的作用。但是其高能耗、高排放的特性，也给它带来了巨大的节能减排压力。怎样在电力需求不断增长的情况下，提

升能源利用效率并削减碳排放，成了火力发电行业急需解决的难题。

1 300MW CFB 机组特点

300MW 循环流化床(CFB)机组是现代火力发电的重要技术，具有高效、灵活、环保等多项优点。采用流态化燃烧方式，燃料适应性广，可以燃用煤泥、煤矸石、低热值煤、生物质、工业废弃物等，降低能源供应的风险。机组装有先进的自动控制装置，可以随时对机组运行状况进行监测，保证高效、稳定地发电，满足电网调度的要求。环保方面采用低温燃烧、技术抑制氮氧化物的产生，配合炉内高效脱硫，使二氧化硫的排放量

大大降低，符合严格的环保标准。另外，循环回路紧凑、（我们无外置式换热器）单炉膛改善了受热面的布置，提高了燃烧

效率和负荷调节的灵活性，是火力发电领域经济性、可持续性较好的选择^[1]。

表1 300MW CFB 机组相关标准数据

参数类别	参数名称	数值	单位	工况/来源
锅炉容量	最大连续蒸发量	1065	t/h	BMCR（东锅说明书）
蒸汽参数	过热蒸汽出口压力	17.5	MPa	BMCR（东锅说明书）
运行参数	主蒸汽流量（300MW）	1065	t/h	300MW 负荷
效率指标	锅炉热效率	89.24	%	知网空间（范围 89.24~90.10）
节能效果	高压电机变频改造节电率	35	%	

2 300MW CFB 机组燃烧现状及问题分析

2.1 300MW CFB 机组燃烧现状

当前，300MW CFB 机组在运行中，其燃烧系统整体维持着相对稳定的运行态势。在燃料供应方面，能够按照既定的配比与流程，将各类燃料稳定输送至炉膛内，为燃烧过程提供基础保障。燃烧过程中，炉膛内的温度场分布虽存在一定差异，但总体上能满足机组运行的基本需求，维持一定的燃烧效率。然而，在实际运行里，也暴露出一些状况。例如，落煤管等关键部件，因长期承受高温、磨损等恶劣工况，出现不同程度的损坏，像落煤管磨损减薄、穿孔等情况时有发生，这不仅影响燃料输送的顺畅性，还对燃烧的稳定性产生一定干扰，使得机组难以始终处于最佳燃烧状态。

2.2 300MW CFB 机组燃烧存在的问题

300MW CFB 机组燃烧存在诸多亟待解决的问题。落煤管设计不合理，部分落煤口距离床面过低，正常运行时床面料层较厚，落煤口几乎被埋入，导致煤在炉膛床面无法均匀抛洒，造成前后墙床温偏差较大，影响燃烧的均匀性与稳定性。同时，落煤管漏煤、漏粉、漏风现象严重，不仅造成炉前设备、设施污染，使生产现场清洁文明生产难以保持，还浪费了大量燃料。此外，锅炉低负荷运行时，因落煤管等问题，炉膛热风热渣反窜，致使下二次风管非金属膨胀节频繁烧损，严重影响机组的安全运行，降低了机组运行的安全性和经济性，急需采取有效措施加以解决。

3 300MW CFB 机组燃烧优化措施

3.1 优化风煤配比

为了有效地优化风煤配比，首先要建立科学合理的风煤配比数学模型。该模型要考虑到机组在不同负荷、不同煤种、不同环境温度等众多复杂工况下的运行特点，依靠大量的机组运行数据以及先进的数学算法和模拟分析技术，准确地确定出各个负荷阶段的最优风煤比。在此基础上安装先进的、可靠的风煤在线监测系统，该系统具有高精度、实时性等特点，可以对进入炉膛的风量、煤量的微小变化进行实时、准确的监测，并将监测数据及时反馈给运行人员。同时加强运行人员的专业培训，采用理论讲解、模拟操作、现场实践等多种方式提高其风煤配比调整技能水平和应变能力，使其根据实时监测数据迅速地调整风煤比例，保证机组各种工况下都能达到最佳风煤配比，从而提高燃烧效率，降低飞灰含碳量^[3]。

3.2 调整床温床压

为了对床温床压进行精确的调整，先进的床温床压控制系统是必不可少的。该系统使用高精度传感器可以实时、精确地监测床温、床压的变化情况，根据事先设定的最佳值来自动调节给煤量和风量。当床温、床压偏离设定值时，系统会迅速做

出反应，自动增减给煤量或调节风量，使床温床压尽快恢复到正常范围。同时对给煤系统进行优化设计，改善给煤装置的结构和性能，提高给煤的均匀性、稳定性，避免由于给煤不均造成的局部床温过高或者过低、床压波动过大等问题。定期对风量调节系统做全面的维护和精确的校准，检查调节阀门的密封性、灵活性，保证调节阀门的调节精度、响应速度满足机组运行的要求，保证床温床压的稳定控制^[4]。

4 降低厂用电率的路径

4.1 设备升级改造

为了有效降低机组的厂用电率，对机组主要耗电设备进行全方面、深层次地改造十分重要。对于电动机这类主要耗电设备，采用高效电动机代替传统电动机，高效电动机具有更高的能量转换效率，在输出功率相同的情况下消耗的电能更少。同时给部分设备加上变频调速装置，根据生产实际需要灵活调节设备运行速度，避免设备长期处在能耗高的固定转速运转的状态。根据锅炉的一二次风机、给水泵等大型辅机的运行工况和负荷变化，对设备参数及运行方式重新进行优化配置，提高其运行效率。另外安装先进的余热回收装置，可以高效地回收锅炉排烟中的余热，用余热来加热给水，减少加热给水时额外的能源消耗，或者预热空气，提高燃烧效率，从多个方面减少能源浪费，达到节能降耗的目的^[5]。

4.2 优化运行方式

改善机组的运行方式，也是降低厂用电率的手段。机组启停过程中，根据准确的计算和模拟分析结果来制定合适的启停方案，确定最佳的启停时间和操作步骤，减少机组的启停次数。由于频繁启停会增加设备的磨损，还会浪费大量的电能，所以减少启停次数可以减少能耗。根据电网负荷需求和机组自身运行情况合理安排机组负荷分配，使机组尽可能在负荷率较高的情况下运行，提高能源利用效率。实时监测机组运行参数，使用先进的监测系统和数据分析技术，对参数做深层次分析，发现参数出现异常的时候，立即采取有效的措施来处理问题，避免由于设备故障或者运行异常造成厂用电率升高，保证机组的正常高效运转^[6]。

4.3 加强维护管理

建立健全一套完善科学的管理制度是降低厂用电率的基础保证。制订详细的设备维护计划，按期对设备实施全面、细致的维护和检修工作，根据设备的使用说明书及运行标准，对设备的各个部位展开检查、清洗、润滑和更换等操作，以保证设备始终维持良好的运转状态。同时利用先进的监测诊断技术对设备运行状态实施实时监测、准确诊断，及时发现设备存在的潜在故障隐患，提前采取预防性措施加以处理，避免故障扩大化造成设备停机维修，增加能耗。另外加强对运行人员的培训与管理，定期开展专业技能培训与节能知识讲座，提高运行

人员操作技能和节能意识,使运行人员在日常操作中严格按规范执行,减少人为原因造成的能源浪费,从人员管理角度给降低厂用电率提供有力的保障^[7]。

5 案例分析

5.1 案例介绍

黄陵矿业煤矸石发电有限公司三期#1、#2 锅炉中心筒更新项目意义重大,其核心目的在于解决原中心筒在恶劣运行工况下出现的诸多问题。原中心筒布置在旋风分离器出口,长期处于高温、高速、高含尘且干烧的恶劣环境之中,这使得其使用

寿命大幅缩短。在实际运行过程中,原中心筒频繁出现焊缝开裂、变形等状况,不仅存在严重的安全隐患,还极大地影响了锅炉的热效率与运行安全。此次更新项目,在保留原中心筒圆锥形接口的基础上进行修复,同时对中心筒的长度、外径等关键参数进行科学调整。重新设计上层大法兰、基座、支撑架等部件,并采用国产优质钢板制作,确保新中心筒的质量与性能。项目计划分阶段有序完成两台锅炉的改造工作,预计总费用为383.55万元,且已成功列入年度专项资金项目,为锅炉的安全、稳定、经济运行提供坚实保障。

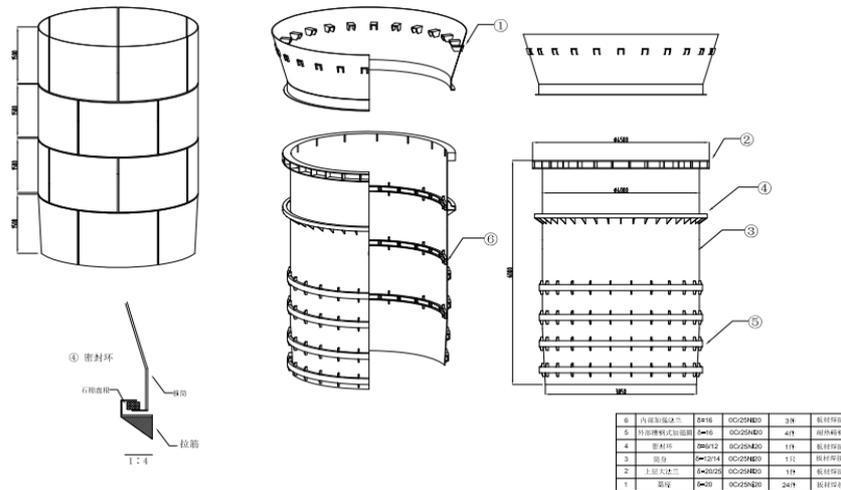


图1 黄陵矿业煤矸石发电示意图

5.2 方案分析

改造后的锅炉在多个方面展现出显著优势。首先,锅炉旋风分离器的分离效率得到大幅提升,飞灰含碳量降低约0.4%。这一变化意味着燃料在锅炉内能够燃烧得更加充分,有效减少了煤炭资源的浪费,直接降低了碳排放量,对环境保护具有积极意义。其次,锅炉稀相区物料浓度增大,炉膛出口差压提高,床温偏差减小,使得锅炉运行更加稳定高效。这不仅间接提升了能源利用效率,减少了能源损耗,还降低了设备故障发生的概率,延长了设备使用寿命。该项目通过优化锅炉关键部件,全面提升机组性能,在满足发电需求的同时,有效降低发电煤耗,节省了大量燃料费用。实现了经济效益与环保效益的双赢,为300MW CFB机组在双碳目标下的燃烧优化与节能减排提供了切实可行的范例,具有较高的推广价值^[8]。

6 结语

在双碳目标的大背景下,300MW CFB机组作为火力发电的重要组成部分,必须加快节能减排步伐,提高能源利用效率。通过实施燃烧优化措施和降低厂用电率的路径,可以有效提升机组的燃烧效率和经济性,降低碳排放,为实现双碳目标做出贡献。未来,随着技术的不断进步和经验的不断积累,我们将进一步优化燃烧优化方案和厂用电率降低措施,推动300MW CFB机组向更加绿色、高效、可持续发展的方向发展。同时,也希望本文的研究成果能够为其他同类型机组的节能减排工作提供有益的参考和借鉴。

[参考文献]

[1]卢啸风.循环流化床锅炉技术与工程应用创新发展论坛[J].电力学报,2023,38(4):F0002.

[2]葛宪福,张建生,辛胜伟,等.超超临界循环流化床锅炉深度调峰技术可行性探讨[J].锅炉技术,2022,53(6):34-40.

[3]仇杰,崔志刚,王康,等.低负荷下生物质掺烧比例对循环流化床锅炉燃烧性能的影响[J].洁净煤技术,2024,30(S01):184-190.

[4]王晓海,徐静静,胡永锋,等.新形势下发电企业在综合能源服务领域的业务分析[J].华电技术,2022(003):044.

[5]贺峰,祁传西,陈建斌,等.彬长低热值煤660MW超超临界CFB示范项目[J].国企管理,2024(10):90-93.

[6]袁鹏飞.基于Barracuda的300MWCFB锅炉热态数值模拟及配风方案设计[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2022(5):8.

[7]王琪霖,赵斌,王智浩,等.CFB锅炉机组大修前后热经济性指标对比分析[J].东北电力大学学报,2022(003):042.

[8]史鹏飞,康朝斌,张华锋,等.某300MW亚临界CFB机组深度调峰运行热经济性研究[J].电力科技与环保,2022,38(4):258-264.

作者简介:第一作者,刘彦军,1984.12,男,陕西榆林人,汉族,本科,中级工程师,研究方向:热动力;

第二作者,雷怀斌,1984,男,陕西大荔人,汉族,本科,中级工程师,研究方向:热动力;

第三作者,晁俊刚,1985.09,男,陕西韩城人,汉族,本科,中级工程师,研究方向:热动力。