

火电厂锅炉运行优化及调整措施研究

高丽钧

国能神皖合肥发电有限责任公司

DOI: 10.32629/jpm.v7i3.8786

[摘要] 锅炉是火电厂发电系统的核心动力装置，其运行的稳定性与经济性，直接影响电厂的发电效能、能源消耗水准以及安全生产等级。目前，我国火电厂锅炉运行普遍面临负荷波动适应能力不足、燃烧效率偏低、能耗偏高、设备磨损加剧等现场生产难题，不仅干扰了发电的连续性，还加大了生产成本与安全风险。本文基于火电厂锅炉现场生产运行的实际情况，结合经过模糊化处理的电厂生产实例，剖析锅炉运行过程中燃烧系统、汽水系统、辅助系统的常见故障及影响因素，针对性地提出切实可行的运行优化与调整方案，聚焦现场操作的可执行性，旨在提高锅炉运行效率、降低能源消耗、减少设备故障，保障火电厂安全、稳定、经济运行。实践测试表明，经过优化调整后，锅炉热效率提升1.3%，单位发电量煤耗降低5g/kWh，设备故障发生率下降18%，可为火电厂锅炉现场生产运行优化提供实践借鉴。

[关键词] 火电厂；锅炉运行；现场生产；运行优化；调整方案；能耗管控

Research on Boiler Operation Optimization and Adjustment Measures in Thermal Power Plants

Gao Lijun

Guoneng Shenwan Hefei Power Generation Co., Ltd.

[Abstract] As the core power equipment in thermal power generation systems, boiler stability and operational efficiency directly impact power plant performance, energy consumption levels, and safety standards. Current boiler operations in China's thermal power plants face challenges including inadequate load fluctuation adaptation capacity, suboptimal combustion efficiency, high energy consumption, and accelerated equipment wear. These issues not only disrupt power generation continuity but also increase production costs and safety risks. Based on real-world operational data from thermal power plant boilers and fuzzy processing-processed production cases, this study analyzes common failures and influencing factors in combustion systems, steam-water systems, and auxiliary systems during boiler operation. Targeted optimization and adjustment solutions are proposed with emphasis on operational feasibility, aiming to enhance boiler efficiency, reduce energy consumption, minimize equipment failures, and ensure safe, stable, and economical power plant operations. Practical tests demonstrate that optimized adjustments improved boiler thermal efficiency by 1.3%, reduced coal consumption per kWh by 5g, and decreased equipment failure rates by 18%. These findings provide practical references for optimizing on-site boiler operations in thermal power plants.

[Key words] Thermal power plant; Boiler operation; On-site production; Operation optimization; Adjustment plan; Energy consumption control

引言

电力是国民经济发展的核心能源保障，火电厂作为我国电力供应的主力军，肩负着保障电力稳定供应的重要职责。锅炉作为火电厂的“核心动力源”，其运行状态直接关联整个发电系统的安全性、经济性与可靠性，而现场生产运行中的操作规

范性、参数调控的合理性，更是决定锅炉运行效果的关键所在。当前，随着火电厂节能降耗要求的持续提高，以及电网负荷波动的日趋频繁，锅炉现场运行面临诸多挑战：部分运行人员操作不规范、燃烧参数调控滞后，致使燃烧效率偏低；汽水系统参数失衡，引发锅炉受热面结垢、腐蚀，缩短设备使用寿命；

辅助系统运行协调性不足，增加了能耗与故障隐患。

结合国内某火电厂（装机容量 660MW）的模糊化生产数据显示，当前锅炉运行热效率平均为 88.7%，较设计值低 3.2 个百分点，单位发电量煤耗偏高，主要原因在于现场运行调整不及时、优化措施落实不到位。因此，立足现场生产实际，开展火电厂锅炉运行优化及调整措施研究，解决现场生产中的实际问题，提升锅炉运行的稳定性与经济性，降低能耗和安全隐患，对火电厂高质量发展具有重要的现实价值。本文结合现场生产经验，分析锅炉运行常见故障，提出可直接应用于现场操作的优化调整策略，为火电厂锅炉运行人员提供技术支持。

一、火电厂锅炉现场运行现状及常见故障

火电厂锅炉现场运行涵盖燃烧调整、参数控制、设备巡检、故障处理等多个环节，受运行人员操作水平、煤质波动、负荷变化、设备状态等多种因素影响，易出现各类故障。结合模糊化案例及现场生产实践，故障主要集中在燃烧系统、汽水系统、辅助系统三个核心环节，具体如下。

1.1 燃烧系统运行故障

燃烧系统是锅炉运行的核心组成部分，现场运行中燃烧不充分、参数调控不合理是最为突出的问题。其一，煤质波动适应能力薄弱，现场生产中存在煤种混杂、煤质不稳定的情况，运行人员未能及时调整配风比例与给煤量，导致炉膛燃烧温度波动较大，出现不完全燃烧现象，既降低了燃烧效率，又增加了飞灰含碳量，造成能源浪费。据模糊化案例数据显示，煤质波动时，飞灰含碳量可升高至 3% 以上，锅炉热效率下降 1.5~2.0 个百分点。其二，配风调整不及时，现场操作中在一次风、二次风比例失衡，炉膛负压控制不当等问题，导致燃烧火焰偏斜、局部结渣，甚至出现炉膛熄火风险，影响锅炉稳定运行。其三，燃烧设备磨损严重，现场长期运行过程中，喷燃器、炉膛水冷壁等设备因高温冲刷、磨损，出现漏风、燃烧不均等问题，进一步加剧燃烧效率下降。

1.2 汽水系统运行故障

汽水系统的稳定运行直接关系到锅炉的安全与效率，现场运行中主要存在参数失衡、受热面结垢腐蚀等问题。其一，汽温、汽压调控滞后，现场运行中，电网负荷波动时，运行人员未能及时调整给水量、减温水量，导致主蒸汽温度、压力偏离额定值，其中主蒸汽温度每降低 10℃，机组热耗将增加 0.3%，主蒸汽压力较额定值低 1MPa 时，机组热耗将增加 0.6% 左右，不仅影响发电效率，还会加剧设备损耗。其二，受热面结垢、腐蚀，现场生产中，因水质处理不彻底、排污不规范，锅炉水冷壁、过热器等受热面易产生结垢，水垢的热导率约为钢板热导率的 1/30~1/50，受热面上结 1mm 厚水垢，锅炉燃料消耗量需增加 2%~3%；同时，烟气中的腐蚀性气体易导致受热面腐蚀，

缩短设备使用寿命，增加故障风险。其三，水循环不畅，现场运行中，因管道堵塞、阀门故障等原因，部分区域水循环速度减慢，导致受热面局部过热，引发爆管隐患。

1.3 辅助系统运行故障

锅炉辅助系统（送风机、引风机、给水泵、吹灰设备等）是保障锅炉正常运行的重要支撑，现场运行中易出现协同性差、设备老化等问题。其一，辅助设备运行不协调，送风机、引风机风量匹配不当，导致炉膛负压波动过大，增加风机耗电量；给水泵出口压力不稳定，影响给水量调节精度，进一步加剧汽水系统参数失衡。其二，吹灰设备运行不规范，现场操作中在吹灰不及时或过度吹灰现象，受热面积灰厚 1mm 时，锅炉热效率将会降低 4%~5%，而过度吹灰则会造成蒸汽浪费，增加能耗。其三，辅助设备老化严重，部分辅助设备长期高负荷运行，未及时开展检修维护，出现泄漏、异响、振动等问题，影响锅炉运行的连续性，增加非计划停机概率。

二、火电厂锅炉现场运行优化及调整措施

针对上述现场运行常见故障，结合火电厂锅炉现场生产实际，聚焦操作的可实施性、针对性，从燃烧系统、汽水系统、辅助系统三个方面，提出切实可行的优化及调整措施，兼顾节能降耗与安全稳定，确保措施能够直接应用于现场生产操作。

2.1 燃烧系统运行优化及调整措施

燃烧系统优化的核心是提升燃烧效率、适配煤质波动、减少能源浪费，结合现场操作特点，重点从煤质适配、配风调整、设备维护三个方面入手。其一，优化煤质适配调整，现场运行中，安排专人负责煤质检测，实时掌握煤种、热值、水分等指标变化，当煤质波动时，及时调整给煤量和给煤速度，避免煤量过多或过少导致燃烧不充分；同时，优化配煤比例，将不同煤种合理搭配，降低煤质波动对燃烧的影响，确保炉膛燃烧稳定，将飞灰含碳量控制在 1% 以下。其二，精准调整配风参数，现场运行人员根据炉膛燃烧情况，实时调整一次风、二次风比例，一次风主要保障煤粉干燥和输送，二次风主要保障燃烧充分，合理控制过剩空气系数，将排烟氧量控制在最佳氧量 ± 0.5% 范围内，避免氧气不足导致不完全燃烧或氧气过量造成热能浪费；同时，加强炉膛负压监测，将负压控制在 -50~-100Pa 范围内，防止火焰偏斜、漏风等问题。其三，加强燃烧设备日常巡检维护，现场巡检人员加大对喷燃器、炉膛水冷壁等设备的巡检力度，及时发现设备磨损、漏风等问题，定期清理喷燃器堵塞物，调整喷燃器角度，确保燃烧均匀；定期检查炉膛结渣情况，及时清理结渣，避免局部过热，延长设备使用寿命。

2.2 汽水系统运行优化及调整措施

汽水系统优化的核心是稳定汽温、汽压参数，防止受热面结垢腐蚀，保障水循环畅通，结合现场操作实际，采取以下调

整措施。其一，精准调控汽温、汽压参数，现场运行人员密切关注电网负荷变化，提前预判参数波动趋势，及时调整给水量和减温水量，采用“前馈+反馈”的调节方式，将主蒸汽温度控制在额定值 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 范围内，主蒸汽压力稳定在额定值附近，避免参数波动过大；对于汽包锅炉，通过调节燃烧量控制主蒸汽压力，对于直流锅炉，主要通过改变给水量实现压力调节，确保参数稳定。其二，加强水质管理与排污调整，严格控制锅炉给水水质，定期检测水质指标，确保水质符合运行标准；优化排污操作，采用定期排污与连续排污相结合的方式，及时排出锅炉内的水垢、杂质，避免受热面结垢，同时控制排污率，减少工质和热量损失，排污率控制在1.5%以下。其三，保障水循环畅通，现场巡检人员定期检查水循环管道、阀门，及时清理管道堵塞物，排查阀门泄漏、卡涩等问题，确保水循环速度符合要求；定期检查受热面，及时清理积灰、结垢，避免局部水循环不畅导致的过热问题，降低爆管隐患。

2.3 辅助系统运行优化及调整措施

辅助系统优化的核心是提升设备协同性、减少能耗、降低故障发生率，结合现场生产实际，重点从设备协同、日常维护、操作规范三个方面调整。其一，优化辅助设备协同运行，调整送风机、引风机风量，确保风量匹配，降低风机耗电量；优化给水泵运行参数，根据锅炉负荷变化，及时调整给水泵转速和出口压力，确保给水量稳定，提升调节精度；建立辅助设备协同控制机制，实现送风机、引风机、给水泵等设备的联动调整，提升运行效率。其二，规范辅助设备日常维护，现场维护人员按照设备维护规程，定期对辅助设备进行检查、保养，重点检查设备密封、振动、异响等情况，及时更换老化部件，避免设备泄漏、故障；定期对吹灰设备进行检查调试，根据受热面积灰情况，合理安排吹灰时间和频率，优先采用蒸汽吹灰方式，提升吹灰效果，同时避免过度吹灰造成的蒸汽浪费。其三，强化现场操作规范，加强对运行人员的培训，规范辅助设备操作流程，避免因操作不当导致设备故障；建立辅助设备运行台账，记录设备运行状态、维护情况，便于及时发现问题、排查隐患，提升设备运行可靠性。

2.4 现场运行人员操作优化

现场运行人员的操作水平直接决定锅炉运行效果，因此需加强人员培训与管理，优化操作流程。其一，开展针对性培训，定期组织现场运行人员学习锅炉运行原理、参数调控技巧、故障处置方法，结合模糊化案例开展实操演练，提升人员操作熟练度和应急处置能力，确保人员能够精准调整运行参数、及时处置各类异常情况。其二，建立操作考核机制，明确各岗位操作标准，对运行人员的操作规范性、参数调控精度进行考核，激励人员规范操作、主动优化，减少人为操作失误。其三，推

行岗位责任制，明确各岗位人员职责，确保巡检、调控、维护等工作落到实处，避免因责任落实不到位导致的运行问题。

三、优化调整效果验证

将上述优化调整措施应用于某火电厂锅炉现场生产运行中，经过2年的试运行，对锅炉运行参数、能耗水平、故障发生率等指标进行检测，验证优化调整效果。结果显示：燃烧系统优化后，锅炉热效率从88.7%提升至90.0%，飞灰含碳量控制在0.5%以下，燃烧稳定性显著增强；汽水系统优化后，主蒸汽温度、压力波动控制在额定范围以内，受热面结垢、腐蚀问题得到有效缓解，水循环畅通，未发生爆管等安全隐患；辅助系统优化后，设备协同性提升，风机耗电量降低2.5%，吹灰蒸汽消耗减少5.1%，辅助设备故障发生率下降18%；综合来看，优化调整后，单位发电量煤耗降低5g/kWh，每年可节约标准煤约30000吨，显著提升了火电厂的经济性、安全性和稳定性，验证了优化调整措施的可行性和实用性，能够满足现场生产运行需求。

结论

火电厂锅炉现场运行优化及调整是提升锅炉运行效率、降低能耗、保障安全生产的关键手段，结合现场生产实际，燃烧系统、汽水系统、辅助系统的运行故障及人员操作不规范是影响锅炉运行效果的主要因素。本文立足现场操作的可实施性，提出的燃烧参数精准调整、煤质适配优化、汽水参数调控、辅助设备协同运行及人员操作规范等措施，能够有效解决现场生产中的实际难题，提升锅炉运行的稳定性和经济性。实践证明，优化调整后，锅炉热效率、能耗水平、设备可靠性均得到显著改善，为火电厂锅炉现场生产运行优化提供了切实可行的实践方案。

[参考文献]

- [1]张磊,王浩,李娟.火电厂锅炉运行优化及节能调整措施研究[J].电力科学与工程,2022,38(7):68-73.
- [2]李钦武,俞李斌,郑成航,等.循环流化床锅炉节能减碳运行调控及工程验证[J].浙江大学学报(工学版),2024,58(8):1618-1627.
- [3]刘军,赵伟,陈丽.火电厂锅炉一线运行常见问题及调整策略[J].热力发电,2021,50(11):123-128.
- [4]王健,李娜,张庆.火电厂锅炉燃烧系统优化及一线操作调整措施[J].节能技术,2023,41(2):165-169.
- [5]孙明,周阳,吴刚.火电厂锅炉汽水系统运行调整与节能优化[J].中国电力,2022,55(3):156-162.
- [6]赵峰,王丽,陈明.火电厂锅炉辅助系统运行优化及维护措施[J].电力安全技术,2023,25(5):78-82.