

600MW 超超临界锅炉汽机运行稳定性分析

吴小锁

江苏润山发电有限公司, 江苏 徐州 221005

摘要： 本文深入探讨了600MW超超临界锅炉汽机运行稳定性问题，主要从锅炉运行特性及其对稳定性的影响、汽机运行特性及其对稳定性的影响两个方面进行分析。通过对锅炉和汽机关键参数的详细解析，揭示了影响运行稳定性的关键因素，并提出了针对性的改进措施。这些措施旨在优化锅炉汽机系统的运行，提高其稳定性和经济性，为实际运行提供理论支持和实践指导。

关键词： 600MW超超临界锅炉；汽机运行；稳定性

Operation Stability Analysis of 600MW Ultra-Supercritical Boiler Steam Turbine

Wu Xiaosuo

Jiangsu Kan Shan Power Generation Co., LTD. Xuzhou, Jiangsu 221005

Abstract： This paper deeply discusses the operation stability of 600MW ultra-supercritical boiler, mainly from the boiler operation characteristics and its influence on stability, the operation characteristics of steam engine and its influence on stability. Through the detailed analysis of the key parameters of the boiler and steam engine, the key factors affecting the operation stability are revealed, and the targeted improvement measures are proposed. These measures aim to optimize the operation of the boiler steam engine system, improve its stability and economy, and provide theoretical support and practical guidance for the practical operation.

Keywords： 600MW ultra-supercritical boiler; steam engine operation; stability

随着能源需求的不断增加和环保要求的日益严格，超临界和超超临界机组在电力工业中的应用越来越广泛。600MW超超临界锅炉汽机作为大型发电设备，其运行稳定性对于确保电网安全、提高发电效率和降低污染物排放具有重要意义。本文将从集控运行的角度出发，详细分析锅炉和汽机的运行特性及其对稳定性的影响，并提出提高运行稳定性的措施。

一、锅炉运行特性及其对稳定性的影响

(一) 锅炉运行特性

超超临界锅炉作为一种高参数、高效率的发电设备，其运行特性显著且复杂。具体而言，这种锅炉的蒸汽参数远高于常规锅炉，蒸汽压力可超过25MPa，蒸汽温度则可达600℃以上，这样的高参数设计极大提升了锅炉的热效率。然而，这也对锅炉的材料选择、结构设计以及控制系统提出了更为严苛的要求。在运行方式上，超超临界锅炉通常采用直流运行，即给水一次性通过锅炉受热面加热成蒸汽，没有固定的汽水分界面，这导致了蒸发段和过热段的吸热量分配比例易于变化，进一步增加了对锅炉控制系统的挑战。此外，超超临界机组还采用复合变压运行方式以适应负荷变化，在部分负荷时运行在亚临界状态，随着负荷增加逐渐过渡到超临界状态，这种运行方式使得锅炉的热力特性更为复杂^[1]。同时，超超临界锅炉的启动系统也颇为复杂，包括汽水

分离器、储水箱、循环泵等部件，要求从启动到满负荷全过程保持安全性，避免在亚临界参数下出现膜态沸腾或在超临界参数下导致管壁超温。

(二) 锅炉运行特性对稳定性的影响

锅炉的运行特性对机组的稳定性具有至关重要的影响。在直流锅炉中，水煤比的控制是确保主汽温度稳定的关键因素，其失调会导致主汽温度偏离设计值，进而影响到机组的稳定性和经济性。因此，为了实现精确的水煤比控制，必须确保主汽温度在合理范围内波动。中间点温度作为反映锅炉蒸发和过热吸热比例的重要指标，其变化同样会对主汽温度产生影响。为了维持中间点温度的稳定，需要根据主汽温度曲线的变化，适时调整给水量、给水温度以及燃料量等关键参数。在锅炉启动和低负荷运行时，汽水分离器发挥着关键的汽水分离作用，其水位的变化会直接影响到锅炉的蒸发量和过热段的吸热量，从而进一步影响主汽温度。因此，对汽水分离器水位的精确控制也是确保锅炉稳定运行

作者简介：吴小锁（1995-），男，汉族，江苏省东海县人，本科，助理工程师，研究方向或：集控运行方向。

的重要环节。此外，过热汽温的控制同样不容忽视。过热汽温过高或过低都会给机组的安全性和经济性带来负面影响，甚至可能引发事故^[2]。为此，需要采取一系列有效的过热汽温控制措施，如喷水减温、烟气分配挡板调节等，以确保过热汽温始终保持在合理范围内。

二、汽机运行特性及其对稳定性的影响

（一）汽机运行特性

汽机作为将蒸汽热能转化为机械能的关键设备，其运行特性十分显著。超超临界汽机通常采用高转速设计，旨在提高功率密度和运行效率。然而，高转速也带来了振动和轴系稳定性方面的挑战。在运行过程中，汽机需要灵活适应负荷的变化，进行变工况运行，这会导致其热力参数和运行状态发生相应变化，对汽机的稳定性和安全性产生重要影响。为了实现对汽机转速、负荷以及热力参数的精确控制，超超临界汽机配备了复杂的控制系统，如数字电液控制系统（DEH）和给水泵汽机电液控制系统（MEH）等。这些系统确保了汽机在各种工况下的稳定运行。此外，汽机在高温高压环境下运行，这对所使用的材料和密封性能提出了极高的要求。高温高压环境会导致汽机部件出现热膨胀、热应力等问题，进而影响其整体稳定性和使用寿命^[3]。因此，在设计 and 运行汽机时，必须充分考虑这些因素，以确保汽机的长期稳定运行。

（二）汽机运行特性对稳定性的影响

汽机的运行特性对机组的稳定性具有至关重要的影响。转速控制是确保机组稳定运行的首要因素，转速过高或过低均会加剧机组振动，甚至可能导致轴系断裂等严重事故，因此需采用如DEH系统等精确的转速控制措施，将汽机转速维持在合理范围。负荷控制则是汽机适应电网需求、保证稳定运行的重要手段。负荷变化会直接影响汽机的热力参数和运行状态，进而影响机组的稳定性和经济性，因此需通过协调控制系统等有效措施，确保汽机负荷在合理范围内波动。此外，热力参数的控制也不容忽视。进汽温度、进汽压力、排汽温度等热力参数的变化均会影响汽机的效率和稳定性，需采取喷水减温、抽汽回热等精确控制措施，确保热力参数在合理范围内^[4]。最后，轴系稳定性是机组安全运行的基石，需通过轴系振动监测、轴瓦温度监测等有效措施，确保轴系稳定运行，防止振动加剧和轴系断裂等事故的发生。

三、提高600MW超超临界锅炉汽机运行稳定性的措施

（一）优化锅炉控制系统

为了提升锅炉控制系统的性能和稳定性，必须从多个方面进行优化和改进。首先，精确控制水煤比是确保锅炉稳定运行的关键。通过采用先进的测量技术和控制算法，可以精确测量锅炉的给水量和燃料量，从而实现水煤比的精确控制。同时，考虑到煤质的变化可能对燃烧过程产生影响，控制系统需要根据煤质变化

及时调整水煤比，以确保主汽温度在合理范围内波动，从而保障锅炉的热效率和安全性。其次，优化中间点温度控制也是提升锅炉控制系统性能的重要一环。控制系统需要根据主汽温度曲线的高低来确定合适的中间点温度，并通过调整给水量、给水温度以及燃料量等参数来保持中间点温度的稳定^[5]。同时，加强对中间点温度的实时监测和分析，能够及时发现并处理任何异常情况，防止潜在故障的发生。汽水分离器水位控制同样需要得到重视。采用先进的液位测量技术和控制算法，可以精确测量汽水分离器水位，并根据水位变化及时调整给水量和循环泵转速，确保汽水分离器水位在合理范围内波动。这不仅可以防止汽水分离器发生满水或干锅等故障，还可以提高锅炉的热效率和运行稳定性。最后，加强过热汽温控制也是提升锅炉控制系统性能的重要措施之一。通过采用有效的过热汽温控制措施，如喷水减温、烟气分配挡板等，可以确保过热汽温在合理范围内波动^[6]。同时，加强对过热汽温的实时监测和分析，能够及时发现并处理异常情况，保障锅炉的安全运行。

（二）优化汽机控制系统

为了提升汽机控制系统的整体性能和运行效率，必须从多个维度进行优化和完善。在转速控制方面，采用精确的转速控制措施至关重要。例如，引入DEH系统等先进的控制技术，可以确保汽机转速始终维持在合理范围内。同时，加强对转速的实时监测和深入分析，能够及时发现并处理任何转速异常情况，防止潜在故障的发生。负荷控制同样不容忽视。通过采用有效的负荷控制措施，如协调控制系统，可以确保汽机负荷在合理范围内波动，既满足电网需求，又提高机组的灵活性和经济性^[7]。在实际运行中，应根据电网的实时需求，及时调整汽机负荷，确保供需平衡，提高整体运行效率。热力参数控制也是优化汽机控制系统的重要一环。采用精确的热力参数控制措施，如喷水减温、抽汽回热等，可以确保汽机的热力参数如温度、压力等保持在合理范围内。同时，加强对热力参数的实时监测和分析，能够及时发现并处理异常情况，保障汽机的运行效率和稳定性。此外，提高轴系稳定性也是确保汽机安全运行的关键。采取有效的轴系稳定性控制措施，如轴系振动监测、轴瓦温度监测等，可以实时监测轴系的运行状态，及时发现潜在问题^[8]。同时，加强对轴系的维护和保养，如定期检查和更换轴瓦、轴承等关键部件，可以延长轴系寿命，确保汽机长期稳定运行。

（三）加强设备维护和管理

为了确保锅炉和汽机设备的持续高效、安全运行，必须加强设备维护和管理。具体而言，这需从多个方面入手，形成一套完整的维护管理体系。首先，定期检修和维护是确保设备性能稳定、延长使用寿命的关键。针对锅炉和汽机等关键设备，应制定详细的检修和维护计划，并严格按照计划执行。通过定期的检查、清洁、润滑和更换易损件等工作，及时发现并处理设备故障和缺陷，防止小问题演变成大问题^[9]。同时，加强对设备的日常巡检和监测，利用先进的检测技术和手段，实时掌握设备运行状态，确保设备始终处于良好状态。其次，提高运行人员的技能水平和操作经验也是不可忽视的一环。企业应加强对运行人员的培

训和教育,使其熟练掌握设备操作技能和安全知识。同时,建立完善的操作规程和应急预案,明确设备操作过程中的注意事项和应急处理措施,确保在紧急情况下能够迅速、正确地处理故障,保障设备安全稳定运行。此外,加强安全管理是确保锅炉和汽机安全运行的重要保障。企业应建立完善的安全管理制度和监管机制,明确各级人员的安全职责和操作规范^[9]。同时,加强对安全生产的宣传和教育,提高员工的安全意识和责任感,形成人人关心安全、人人参与安全管理的良好氛围。

(四) 引入新技术和新设备

为了全面提升锅炉和汽机的运行效率、智能化水平以及节能环保性能,必须积极引入和应用新技术与新设备。具体而言,首先应在测量技术和传感器方面实现突破,引入诸如激光测距、光纤测温等先进的测量技术和高精度传感器。这些技术和设备的应用,不仅能够显著提高测量的精度和可靠性,为优化控制提供更加精准的数据支撑,还能够增强对设备状态的实时监测能力,及时发现并处理潜在问题。在控制系统和算法方面,同样需要紧跟时代步伐,引入先进的控制系统和智能算法,如神经网络控制、模糊控制等。这些先进的控制系统和算法能够显著提升控制系统的智能化和自适应能力,使其能够根据设备状态和外部环境的变化,自动调整控制策略,确保锅炉和汽机始终处于最佳运行状

态。同时,加强对控制系统的维护和优化工作,也是确保其稳定运行、延长使用寿命的重要措施。此外,为了降低能耗和排放,还应积极推广和应用节能技术和设备。高效燃烧器、余热回收装置等节能技术和设备的应用,不仅能够显著降低锅炉和汽机的能耗,减少对环境的影响,还能够提高企业的经济效益和社会效益^[10]。因此,应加大对节能技术和设备的评估和推广力度,推动其在更多领域得到广泛应用,为实现可持续发展目标贡献力量。

四、结论

600MW 超超临界锅炉汽机的运行稳定性是确保电网安全、提高发电效率和降低污染物排放的关键。通过对锅炉和汽机的运行特性及其对稳定性的影响进行深入分析,本文提出了优化锅炉和汽机控制系统、加强设备维护和管理、引入新技术和新设备等改进措施。这些措施的实施可以显著提高锅炉和汽机的运行稳定性和经济性,为实际运行提供理论支持和实践指导。未来,随着技术的不断进步和设备的不断更新,600MW 超超临界锅炉汽机的运行稳定性将得到进一步提升,为电力工业的发展做出更大贡献。同时,也需要持续关注和研究锅炉和汽机运行中的新问题和新的挑战,不断提出新的解决方案和改进措施。

参考文献

- [1] 张泽玉, 连长康, 任庚坡, 等. 600 MW 超超临界“W”型火焰锅炉 SNCR 脱硝的数值分析 [J]. 上海节能, 2023, (08): 1149-1154.
- [2] 郑向阳. 600 MW 超临界锅炉电除尘超低排放改造及其应用 [J]. 设备监理, 2023, (04): 50-52+59.
- [3] 颜纲要, 杜磊, 杨志君. 600MW 超临界锅炉低负荷水冷壁超温控制策略 [J]. 仪器仪表用户, 2023, 30 (01): 85-87+40.
- [4] 王学华. 600 MW 超临界锅炉深度调峰对燃烧及脱硝影响研究 [J]. 能源与节能, 2022, (12): 160-163.
- [5] 刘军, 郑志行, 吴爱军, 等. 600MW 超临界锅炉水冷壁高温腐蚀综合治理应用研究 [J]. 锅炉技术, 2022, 53 (06): 65-71.
- [6] 顾有为, 姜子翔. 600MW 超超临界烟煤锅炉褐煤掺烧运行调整研究 [J]. 锅炉制造, 2022, (05): 4-5+11.
- [7] 刘永成. 600MW 超临界锅炉高温过热器管泄露原因分析 [J]. 热加工工艺, 2022, 51 (21): 148-151.
- [8] 周公文. 600 MW 超临界锅炉水冷壁管爆管原因分析 [J]. 化工装备技术, 2022, 43 (02): 26-28.
- [9] 李建武, 陈俊彬. 600 MW 超临界锅炉热效率下降原因分析及对策 [J]. 能源与环境, 2021, (06): 25-26+42.
- [10] 钱林峰, 徐光明, 杨旭, 等. 600MW 超超临界机组锅炉三级过热器爆管分析 [J]. 锅炉技术, 2021, 52 (06): 43-47+54.