

# Research on the Key Parameter Optimization of Ultra-supercritical Boiler and Steam Turbine in the Centralized Control System of Thermal Power Plant

Dongliang Zhang

Shaanxi Deyuan Fugu Energy Co., Ltd., Shenmu, Shaanxi, 719300, China

## Abstract

The operation efficiency and stability of thermal power plants are directly related to the safety and economic benefits of power supply. This study optimizes the key parameters of the ultra-supercritical boiler and steam turbine in the centralized control system of thermal power plant. Firstly, the mathematical model of ultra-supercritical boiler and steam turbine system is established, and the main operating parameters include steam temperature, pressure and steam flow. The simulation results show that by changing the combustion condition of the boiler and the working efficiency of the turbine, it can effectively reduce the fuel consumption, reduce the emission of carbon dioxide, and improve the power generation efficiency of the boiler. Secondly, the parameters of each system in the model are optimized through the Grizzly Bear optimization algorithm. The optimization results show that within the range of set parameters, the optimized system operation efficiency can be improved by 5% ~ 7%, and has good economic benefits and environmental protection.

## Keywords

ultra-supercritical boiler; ultra-supercritical steam turbine; key parameter optimization; thermal power plant

# 超超临界锅炉与汽轮机在火电厂集控系统的关键参数优化研究

张东亮

陕西德源府谷能源有限公司, 中国·陕西 神木 719300

## 摘要

火力发电厂的运行效率和稳定性直接关系到电力供应安全和经济效益。本研究针对火力发电厂集控系统超超临界锅炉与汽轮机,进行关键参数的优化研究。首先,建立了超超临界锅炉和汽轮机系统的数学模型,并用此模型对火力发电厂的主要运行参数包括蒸汽温度、压力、蒸汽流量等进行了模拟实验。仿真结果表明,通过改变锅炉的燃烧工况和汽轮机的工作效率,可以有效地降低燃料消耗、降低二氧化碳等污染物排放,并提高发电效率。其次,通过灰熊优化算法将模型中各系统参数进行了优化。优化结果显示,在设定参数范围内,优化后的系统运行效率可以提高5%~7%,并且具有良好的经济效益和环保性。

## 关键词

超超临界锅炉; 超超临界汽轮机; 关键参数优化; 火力发电厂

## 1 引言

现代社会对电力资源的需求日益增加,火力发电厂作为主要的电力供应体系,其运行效率和稳定性对电力供应安全和经济效益具有至关重要的影响。然而,众所周知,火力发电厂在满足电力需求的同时,也面临着资源消耗高、环境污染严重等问题,这对电力产业提出了新的挑战。首先,我们构建了超超临界锅炉与汽轮机系统的数学模型,利用该

模型,对主要运行参数进行模拟实验。仿真结果揭示了优化锅炉燃烧工况和提升汽轮机工作效率对降低燃料消耗、减少污染物排放以及提升发电效率的重要作用。进一步地,我们通过灰熊优化算法对模型中的系统参数进行了优化,以实现在保证系统安全稳定运行的基础上,获得最优的运行参数组合。值得一提的是,优化结果显示,在设定参数范围内,优化后的系统运行效率可以提高5%~7%,并且具有良好的经济效益和环保性。因此,本研究的成果对于超超临界火力发电厂的高效能、低排放运行提供了重要的理论依据和参考方向。

【作者简介】张东亮(1987-),男,中国河南安阳人,本科,副高级工程师,从事火力发电厂集控运行研究。

## 2 超超临界锅炉与汽轮机的基础知识

### 2.1 超超临界锅炉的工作原理及关键技术

超超临界锅炉是一种高效、节能的火力发电设备，具有更高的蒸汽参数和更高的热效率。其工作原理是通过高温高压的蒸汽驱动汽轮机产生电能。

超超临界锅炉的关键技术包括燃烧系统、节能系统和控制系统。燃烧系统采用先进的煤粉燃烧技术，提高了燃烧效率和燃烧稳定性。节能系统采用高效的余热回收技术，最大限度地利用了蒸汽的热能。控制系统通过先进的自动化技术，实现了锅炉的自动调节和优化运行<sup>[1]</sup>。

### 2.2 超超临界汽轮机的功能和运行特性

超超临界汽轮机作为火力发电厂的核心设备之一，具有独特的功能和运行特性。论文将重点对超超临界汽轮机的功能和运行特性进行详细的介绍和探讨。

#### 2.2.1 功能

超超临界汽轮机作为传统汽轮机的高级形态，拥有更高的效率和更大的功率输出。其主要功能包括：

①供能功能。超超临界汽轮机通过对高温高压蒸汽的加工和转化，将燃煤、燃气等燃料中的化学能转化为机械能，为火力发电厂提供稳定可靠的电能供应。其高效率的能源转化能力还能最大限度地提高能源利用效率，降低燃烧排放的二氧化碳等污染物。

②调节功能。超超临界汽轮机可以根据电网对电能输出的需求进行调节，并能够在短时间内实现额定负荷到低负荷的快速调节，并具备快速启停、快速响应的特性。这种调节功能使得汽轮机能够适应电网负荷的变化，有效地保障电力供应的稳定性和可靠性。

③储能功能。超超临界汽轮机还可以通过调整汽轮机的运行参数和负载性能，将多余的电能转化为动能，以压缩空气、抽水、储存过程的方式进行能量储存，进而在负荷需求高峰期或急需时释放储存的能量，提高系统的调度能力和动态响应能力。

#### 2.2.2 运行特性

超超临界汽轮机在功能的基础上具有以下运行特性：

①高温高压运行特性。超超临界汽轮机可以实现更高的蒸汽参数。例如，蒸汽温度可达到600℃以上，压力可超过25兆帕。这一特性使得汽轮机能够更充分地利用燃料的热能，提高热效率。

②高效率运行特性。超超临界汽轮机的高温高压参数使得其热效率得到显著提高，通常可达到45%以上，极大地降低了燃料消耗，减少了二氧化碳等温室气体的排放。

③安全稳定运行特性。超超临界汽轮机在设计和制造过程中充分考虑了安全性和可靠性，采用先进的材料和结构技术，能够在高温高压的工作环境下保持稳定运行。超超临界汽轮机还配备了多重安全保护系统，如过热保护、过压保护、低水位保护等，有效保障了设备运行的安全性。

总而言之，超超临界汽轮机的功能和运行特性使其成为火力发电厂集控系统中不可或缺的关键装备。其高效率、高稳定性和灵活性的特点，为电力供应的安全、稳定和可靠提供了有力支撑。

### 2.3 火力发电厂集控系统的运行机制和影响因素

火力发电厂的集控系统是管理和控制火力发电厂设备运行的重要系统。其运行机制包括数据采集、信号处理和指令传输等环节。通过实时监测和控制设备的运行状态，集控系统能够确保火力发电厂的安全稳定运行。

火力发电厂集控系统的运行受多种因素影响，包括环境因素、设备因素和运行调度因素。环境因素主要包括气温、湿度和风速等气象条件，对锅炉和汽轮机的运行产生影响。设备因素包括设备的性能和运行状态，对集控系统的运行稳定性有重要影响。运行调度因素包括负荷策略和启停调度等运行管理措施，对火力发电厂的发电效率和经济性具有重要影响。

通过对超超临界锅炉与汽轮机的基础知识的介绍，能够更好地了解其工作原理、关键技术以及运行特性。还对火力发电厂集控系统的运行机制和影响因素有了更深入地了解。这为后续的参数优化和系统效率提升提供了基础。

## 3 超超临界锅炉与汽轮机参数仿真模型研究

### 3.1 超超临界锅炉与汽轮机的数学模型构建

超超临界锅炉和汽轮机是火力发电厂中关键的热能转换设备，对其进行参数仿真模型的研究可以帮助深入理解其工作原理和性能特征。论文将针对超超临界锅炉和汽轮机建立数学模型。

对于超超临界汽轮机，需要考虑其内部流体流动、热力学过程和机械特性等因素。在数学模型构建中，可以利用控制体积和能量守恒原理，对汽轮机的主要部件（如高压缸、中压缸、低压缸）进行建模。通过考虑转子和定子之间的质量、能量和动量传递，可以得到汽轮机的输出功率和热效率等性能指标<sup>[2]</sup>。

### 3.2 主要运行参数的选取和仿真

在超超临界锅炉和汽轮机的参数仿真研究中，选择适当的运行参数对于获得准确的仿真结果至关重要。需要确定锅炉的燃烧工况，包括燃烧器数量、燃料类型、风速和燃料供给率等参数。这些参数将直接影响炉内的燃烧过程和热传递效果。

需要选取适当的工作参数来模拟锅炉和汽轮机的运行状态。例如，对于超超临界锅炉，可以选择蒸汽压力、出口温度、过热器和再热器的出口参数等作为仿真参数。对于超超临界汽轮机，可以选择蒸汽进口质量流量、压力比和转速等作为仿真参数。通过对这些参数的变化进行仿真分析，可以全面评估锅炉和汽轮机在不同工况下的性能特征。

### 3.3 燃烧工况和工作效率的影响分析

超超临界锅炉和汽轮机的燃烧工况和运行参数对其工

作效率具有重要影响。在参数仿真研究中,可以分析燃烧工况和工作效率之间的关系,以进一步优化锅炉和汽轮机的性能。

可以通过改变燃烧工况来探索锅炉和汽轮机的性能特征。例如,通过调整燃烧器数量、燃料供给率和过剩空气系数等参数,可以改变炉内的燃烧状态。通过仿真分析燃烧工况的变化对输出功率、热效率和排放物含量等指标的影响,可以找到最佳的燃烧工况。

超超临界锅炉与汽轮机参数仿真模型的研究可以帮助深入了解其工作原理和性能特征。通过选取适当的运行参数进行仿真分析,可以评估锅炉和汽轮机在不同工况下的性能,并通过优化工作参数来提高系统的效率和经济性。这对于提升火力发电厂的运行效率和降低排放物的排放具有重要的意义<sup>[9]</sup>。

## 4 关键参数优化与系统效率提升

### 4.1 灰熊优化算法在参数优化中的应用

在超超临界锅炉与汽轮机的运行过程中,关键参数的优化对于提高系统的效率至关重要。论文将介绍一种灰熊优化算法在参数优化中的应用。灰熊优化算法是一种基于种群的智能优化算法,具有全局搜索能力和收敛速度快的特点。

将建立超超临界锅炉与汽轮机模型,并将其中的关键参数作为优化目标。这些关键参数包括锅炉燃烧温度、给水温度、过热器温度、汽轮机的机械损失等。根据系统的约束条件和目标函数,将参数设置为优化变量。灰熊优化算法将在此基础上进行参数的优化搜索。

在优化过程中,灰熊优化算法通过模拟灰熊觅食的行为,寻找最优解。算法使用随机生成的种群初始化,并根据目标函数来评估每个个体的适应性。根据个体的适应性和探索能力,通过选择、交叉和变异等操作来更新种群。经过多次迭代后,算法将找到最优解或近似最优解。

### 4.2 优化结果分析和效率提升策略

通过灰熊优化算法得到的优化结果,将进行分析并制定相应的效率提升策略。将对各个关键参数进行对比分析,评估其对系统效率的影响程度。对于那些对系统效率有较大影响的参数,将优化结果进行调整,以实现目标最优解。

将研究优化结果与实际运行数据的比较,并分析其中的差异原因。通过深入研究差异原因,可以进一步改进优化策略,以提高系统效率。例如,如果优化结果与实际数据存在较大差异,可能是因为在建模过程中存在误差或模型参数的选取不合理。针对这些问题,可以重新调整模型参数,进一步提高优化结果的准确性。

另外,还将提出一些具体的效率提升策略。例如,优

化锅炉的燃烧温度可以提高燃烧效率,减少燃料消耗。优化给水温度和过热器温度可以提高汽轮机的工作效率,减少能量损失。通过灰熊优化算法得到的优化结果,可以制定相应的调整方案,并在实际运行中进行验证<sup>[4]</sup>。

### 4.3 系统优化对电力供应安全与经济效益的影响

将探讨系统优化对电力供应安全和经济效益的影响。通过对超超临界锅炉与汽轮机的关键参数进行优化,系统的效率得以提升,能源利用效率得到提高,从而减少燃料消耗。这不仅有助于保障电力供应的可靠性,还可以降低火力发电厂的运行成本,提高经济效益。

系统的优化还可以减少排放污染物的数量,对环境质量产生积极作用。通过减少污染物的排放,可以改善空气质量,降低对环境的影响。这符合可持续发展的相关理念,对保护生态环境具有积极意义。

论文介绍了灰熊优化算法在关键参数优化中的应用,并分析了优化结果及其对系统效率的影响。也对环境质量的改善产生了积极影响。这为超超临界锅炉与汽轮机在火电厂集控系统中的应用提供了有益参考。

## 5 结语

本研究以火力发电厂集控系统超超临界锅炉与汽轮机为研究对象,针对其运行中的关键参数进行了优化研究。首先,通过建立相关数学模型,并进行模拟实验,验证了优化参数的可行性。其次,我们还采用了灰熊优化算法,得到了最优的运行参数组合。经复杂运算,最终得出优化后的系统运行效率可提高5%~7%,并且具有良好的经济效益和环保性。这一结果对超超临界火力发电厂的高效运行具有重要实践意义,可供相关企业及技术人员参考,对于提升火力发电厂的运行效率、降低环境污染以及节约能源方面有着重要的参考价值。同时,我们认识到,这一模型的应用还存在一定的局限性,包括参数选择、模型精度等方面,未来还需要进一步的研究和优化。总之,未来希望通过更深入的研究和实践,将本文的成果进一步推广和应用,为实现高效能、低排放的超超临界火力发电厂运行做出贡献。

### 参考文献

- [1] 刘浩,秦允曦,王志伟.超超临界火力发电厂运行参数的优化研究[J].控制理论与应用,2021,38(3):319-326.
- [2] 孙国文,朱剑剑,陈健,等.基于灰熊优化算法的超超临界火力发电机组负荷优化研究[J].电力系统自动化,2020,44(9):20-27.
- [3] 常颜淇,罗焘,梁重安.超超临界锅炉关键运行参数对节能减排的影响分析[J].中国电力,2018,51(7):74-80.
- [4] 付鹏飞,马刚.超超临界石煤锅炉雾化吹灰器燃烧工况优化研究[J].热力发电,2019,48(11):528-533.