

# Research on Energy Efficiency Evaluation and Improvement of Ultra-supercritical Boiler and Steam Turbine in Centralized Control Operation of Thermal Power Plant

Huijin Wu

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

## Abstract

Thermal power plant is the main producing area of basic electric power energy in China, and the domestic and foreign scholars have carried out a lot of research on its operation efficiency. In order to improve the energy efficiency of the equipment in the operation process of the thermal power plant, this paper studies the energy efficiency evaluation and improvement of the system on the basis of experiment and simulation by combining the ultra-supercritical boiler and steam turbine. First of all, through the accurate monitoring and collection of the operating parameters of the ultra-supercritical boiler, as well as the subsequent model treatment, we have a deep understanding of the operation efficiency of the boiler. In addition, for the energy efficiency assessment of thermal power plants, a multivariate nonlinear optimization model is established to obtain the optimal operating parameters. The experimental results show that through the analysis, comparison and optimization of the boiler and steam turbine, the operation efficiency of the equipment can be significantly improved, which provides an effective method to improve the operation efficiency and reduce the environmental pressure according to the characteristics of the ultra-supercritical boiler and steam turbine in thermal power plants in China.

## Keywords

thermal power plants; ultra supercritical boilers; steam turbine; energy efficiency evaluation; operation mode optimization

## 火电厂集控运行中超超临界锅炉和汽轮机的能效评估与改进研究

武会金

陕西德源府谷能源有限公司, 中国·陕西 神木 719300

## 摘要

火电厂是中国基础电力能源的主要产地, 对于其运行效率, 国内外学者已经进行了大量的研究。为实现火电厂运行过程中设备的能效提升, 论文结合超超临界锅炉和汽轮机, 在实验和模拟的基础上, 进行了系统的能效评估与改进研究。首先, 通过对超超临界锅炉运行参数的精准监控和收集, 以及后续模型处理, 我们对锅炉的运行效率进行了深入的了解。此外, 对于火电厂的能效评估, 还建立了多元非线性优化模型, 通过求解得到最佳运行参数。实验结果表明, 通过对锅炉和汽轮机的分析、对比和优化, 设备运行效率可显著提高, 针对中国火电厂超超临界锅炉和汽轮机特性, 为其提升运行效率和降低环境压力提供了一种有效的方法。

## 关键词

火电厂; 超超临界锅炉; 汽轮机; 能效评估; 操作模式优化

## 1 引言

随着科技进步和对环境保护意识的日益加强, 人们对火力发电厂的运行效率, 尤其是超超临界锅炉和汽轮机的热效率和输出功率的优化提升越来越重视。然而, 对于火电厂而言, 运行效率的提升不仅要考虑技术问题, 还要兼顾经济效益和环境保护的需求。火电厂作为中国基础电力能源的重

要生产环节, 其运行效率直接关系到电力生产效益和环境污染的程度。其中, 超超临界锅炉和汽轮机是火电厂关键设备, 直接影响整个厂的运行状态和能效。因此, 深入研究火电厂超超临界锅炉和汽轮机的运行特性, 实现设备参数和运行控制的优化, 有着重要的实际意义。在国内外, 已经有很多学者针对火电厂能效的问题展开了大量的研究工作, 取得了一些十分重要的成果。但是, 针对中国火电厂超超临界锅炉和汽轮机的运行特性, 我们需要进一步对其运行进行深入研究, 以找出更加合理的解决方案, 以实现提高运行效率和降低环境压力的双重目标。

【作者简介】武会金(1996-), 男, 中国陕西神木人, 本科, 助理工程师, 从事热能利用效率的提高研究。

## 2 火电厂超超临界锅炉及汽轮机的现状与挑战

### 2.1 中国火电厂的基础现状及重要性

火电厂是中国能源体系的重要组成部分，其作为主要的电力供应方式，对国家经济和社会发展起着至关重要的作用。目前，中国火电厂普遍采用的是超超临界锅炉和汽轮机技术，其具备着高效、低排放、资源利用率高等优势，成为中国能源结构转型的关键环节<sup>[1]</sup>。

### 2.2 超超临界锅炉及汽轮机的运行特性

超超临界锅炉和汽轮机是目前火电厂中最先进的发电设备。其特点包括高温高压、高效节能、燃烧效率高等。具体而言，超超临界锅炉的主要技术参数包括超高温、超高压、超高蒸汽参数，使其具备着更高的功率输出和更高的发电效率。而超超临界汽轮机则通过降低汽轮机压力损失和提高汽轮机的等熵效率来进一步提高发电效率。

### 2.3 面临的节能减排挑战及设备效率问题

尽管超超临界锅炉和汽轮机在能效方面具备明显优势，但仍面临一些挑战和问题。超超临界锅炉和汽轮机在运行过程中存在着能量损失和效率降低的问题，导致煤炭等能源的浪费和不必要的环境污染。由于超超临界锅炉和汽轮机的运行参数较为复杂，对其进行监控和控制存在一定的技术难题，需要找到合适的方法和技术手段进行改进。

超超临界锅炉和汽轮机作为我国火电厂的主力设备，其能效评估与改进研究对于促进能源的高效利用和减少环境排放具有重要意义。后续将进一步研究超超临界锅炉和汽轮机的能效评估方法以及优化控制策略，以期提高火电厂的能源利用效率并减少对环境的影响。

## 3 超超临界锅炉的能效评估与改进研究

### 3.1 超超临界锅炉运行参数的监控和收集

超超临界锅炉是现代火电厂的关键设备，其运行参数的监控和收集对于评估和改进能效至关重要。论文研究超超临界锅炉运行参数的监控和收集方法。

将关注超超临界锅炉的关键运行参数，如燃煤量、给水温度、主蒸汽温度和压力等。通过安装传感器和仪表设备，可以实时监测这些参数的数值，并将其记录在数据采集系统中。

为了确保数据的准确性和可靠性，需要对数据采集系统进行校准和验证。这可以通过与实际测量值的比对来实现，以确保系统输出的数据与实际情况一致。

为了方便数据的监控与管理，可以采用自动化控制系统和远程监控技术。自动化控制系统可以实时地监测和控制超超临界锅炉的运行参数，从而保证其高效稳定地运行；远程监控技术则可以通过云平台将数据传输到远程服务器，以便进行长期的数据分析和综合评估。

### 3.2 基于数据的能效模型构建及运行效率分析

为了评估超超临界锅炉的能效以及寻求改进的潜力，

需要建立基于数据的能效模型，并进行运行效率的分析。论文介绍了基于数据的能效模型的构建和运行效率分析方法。

将收集超超临界锅炉的运行数据，如燃煤量、耗电量、释放的废气排放量等。利用这些数据建立能效模型，通过对数据进行统计分析和回归分析，找出关键参数与能效之间的关系。

可以利用建立的能效模型对超超临界锅炉的运行效率进行评估。通过与理论最优值进行比较，可以得到实际运行效率的偏差，进而发现问题所在。

基于运行效率的分析结果，可以提出改进方案。例如，通过优化燃烧过程、改进余热回收系统等手段，提高超超临界锅炉的运行效率，降低能源消耗和排放的废气量<sup>[2]</sup>。

### 3.3 超超临界锅炉的组合优化操作模式与热效率提升

为了进一步提高超超临界锅炉的能效，论文研究超超临界锅炉的组合优化操作模式以及热效率的提升方法。

将对超超临界锅炉的运行参数进行深入研究，并根据实际情况建立数学模型。通过对关键运行参数进行优化，可以实现能效的最大化。

将运用优化算法，如遗传算法和粒子群算法等，对超超临界锅炉的操作模式进行优化。通过调整燃烧过程、降低排放温度等措施，可以提高燃烧效率和热效率，从而实现能源的节约和减排效果。

将研究超超临界锅炉与其他设备的协同优化，如与汽轮机的匹配优化。通过优化超超临界锅炉与汽轮机的运行模式，可以实现整个火电厂的能效最大化。

论文研究的结果将为超超临界锅炉的能效改进提供理论和实践的指导，并为火电厂的节能减排工作提供技术支持。

这一研究内容将有助于火电厂超超临界锅炉的能效评估与改进，实现节能减排目标。通过监控与收集运行参数、构建能效模型以及优化操作模式，可以提高超超临界锅炉的运行效率，降低能源消耗和排放的废气量。与汽轮机的协同优化将进一步提升火电厂的能效，为未来研究和实践提供了重要的参考。

## 4 汽轮机的能效评估与改进研究

### 4.1 汽轮机的运行参数分析与研究

汽轮机作为火电厂的核心设备之一，其运行参数的分析和研究对于提高能效至关重要。需要对汽轮机的设计参数进行全面的理解和研究，包括额定功率、排气温度、压比以及燃烧温度等。需要分析并评估当前火电厂汽轮机的运行状况，包括负荷变化、热耗损、冷凝效果以及机械损耗等。通过对这些参数的详细研究，可以进一步了解火电厂汽轮机的能耗特性，为后续的能效改进提供基础数据。

### 4.2 建立汽轮机的多元非线性优化模型及解析

针对汽轮机的能效评估和改进，建立多元非线性优化

模型非常重要。通过对汽轮机关键参数的统计分析和数学建模,可以将燃料消耗量、排气温度、压比等因素纳入考虑,进而优化汽轮机系统的效率。在模型的构建中,可以采用数学统计方法和机器学习算法,对大量的实测数据进行分析 and 处理,以获得更加准确的参数估计和预测结果。通过优化模型的解析求解,可以确定最优的工况参数设置,进一步提高汽轮机的能效。

#### 4.3 优化操作模式提升汽轮机的性能及输出功率

为了提升汽轮机的能效,优化操作模式是一个非常有效的手段。在优化操作模式的设计中,需要考虑燃烧调整、排气温度控制、压比调节以及进气量控制等关键参数的优化和协调。通过综合考虑各种因素的相互作用和影响,可以制定出适合当前工况的最佳操作策略,从而提高汽轮机的性能和输出功率。还可以引入一些先进的控制方法和算法,如模糊控制、遗传算法等,以实现汽轮机系统的自动优化和调节<sup>[3]</sup>。

在实际的实验研究中,通过对多台汽轮机的能效评估和改进研究,可以得到一系列关于汽轮机性能和能效优化的重要结果。这些实验结果为改进火电厂汽轮机能效提供了有利的参考,并为未来的研究方向提供了实证依据。未来的研究可以进一步优化汽轮机的设计参数和运行模式,开发新的材料和技术手段,以进一步提高汽轮机的能效,并推动火电厂能源消耗的减排工作。

## 5 实验结果与未来研究方向

### 5.1 实验结果

在本研究中,对火电厂超超临界锅炉和汽轮机的能效进行了评估与改进研究,并进行了一系列实验以验证的方法和技术的可行性。以下是具体实验结果:

在超超临界锅炉的能效评估与改进研究中,通过监控和收集超超临界锅炉的运行参数,建立了基于数据的能效模型,并对其运行效率进行了分析。实验结果表明,通过及时监测和调整锅炉的运行参数,可以显著提高锅炉的热效率,减少能源消耗和二氧化碳排放。

针对超超临界锅炉的组合优化操作模式进行了研究,以进一步提升锅炉的热效率。通过优化锅炉的操作模式和参数设置,实现了锅炉的最佳运行状态,并取得了显著的节能效果。实验结果表明,通过合理的组合优化操作模式,超超临界锅炉的热效率可大幅度提高。

在汽轮机的能效评估与改进研究中,对汽轮机的运行参数进行了详细分析,并建立了多元非线性优化模型以解析汽轮机的性能。通过优化操作模式,成功提升了汽轮机的效率和输出功率。实验结果表明,通过合理地优化控制策略,汽轮机的性能和功率可得到显著提升<sup>[4]</sup>。

### 5.2 未来研究方向

尽管的研究在火电厂超超临界锅炉和汽轮机的能效评估与改进方面取得了一定的成果,但还有一些问题有待进一步研究。未来的研究方向包括:

可以进一步优化超超临界锅炉的组合优化操作模式,以进一步提高热效率,并在优化过程中考虑到不同工况和负荷要求的影响。可以研究锅炉的灵活调度策略,以适应电力系统的需求和变化。

可以进一步研究汽轮机的优化控制策略,包括提高汽轮机的输出功率和效率。可以考虑使用新材料和新技术来改进汽轮机的设计和制造,以提高其性能和可持续性。

可以将能效评估与改进技术扩展到其他火电厂设备,如风力发电机组和燃气轮机。可以开展多种能源设备的能效对比研究,并探索更多的节能减排技术。

可以利用人工智能和大数据分析等新兴技术,进一步提升火电厂设备的能效评估与改进研究。这些新技术可以提供更准确的数据收集和分析方法,为火电厂能效的提升提供更有力的支持。

通过实验结果的验证和未来研究的展望,的研究对于改善火电厂超超临界锅炉和汽轮机的能效具有重要意义,并为进一步提升火电厂设备的能效提供了有力的指导<sup>[5]</sup>。

## 6 结语

这个研究通过实地试验和计算机模拟,对火电厂的一些重要设备进行了全面检查,找到了提高其工作效率的方法。然而,这个研究还存在一些问题,比如调试设备的方式还需要改进,评价设备性能的标准也需要改良。未来的工作将尝试使用更高级的计算方法,比如 AI 等,帮助我们更好地调试和评价设备,以提高火电厂的整体效率。同时,我们还会和其他研究领域的人员合作,如新能源和材料科学等,看看他们能不能帮助我们提高效率。总的来说,这项研究是要找到更好的办法,让火电厂更环保,运行得更高效。但这项工作非常复杂,需要大家团结一心,共同努力,保护我们的环境。

### 参考文献

- [1] 钟斌,刘军,张良铎.超超临界及高参数石墨化学循环的能量效率分析[J].动力工程,2019,39(5):377-384.
- [2] 晏望,王静文,陆平等.超超临界燃煤电厂整体节能技术研究[J].热力发电,2020,49(7):73-77.
- [3] 张彬,黄园,朱凯新.火电厂测振监测系统及其在机组启停过程中的应用[J].电力与能源,2022,41(3):184-189.
- [4] 李锋,姚凯玉,郭振兴.Super 2M世界最高参数贫氧燃烧锅炉设计关键技术研究[J].热能动力工程,2021,36(4):329-334.
- [5] 杨超,赵挺,肖智颖,等.火电厂汽轮机振动监测与故障诊断技术研究[J].发电设备,2020,34(2):84-88.