

Research on Collaborative Control of Ultra Supercritical Boiler and Steam Turbine Based on Centralized Control Operation in Thermal Power Plants

Dongliang Zhang

Shaanxi Deyuan Fugu Energy Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719000, China

Abstract

As the main force of China's electricity supply, thermal power plants have a significant impact on the overall power system and national energy security due to their operational efficiency and safety stability. This paper provides a detailed analysis of the working principles and characteristics of supercritical pressure boilers and steam turbines, constructs mathematical models, and designs collaborative control strategies based on this. Through simulation experiments, the results show that using this collaborative control strategy can not only significantly improve the operational efficiency of ultra supercritical boilers and steam turbines, reduce coal consumption, but also effectively solve the unstable problem of collaborative operation of ultra supercritical boilers and steam turbines caused by load changes, thereby improving the operational safety and reliability of thermal power plants. This research achievement has certain theoretical value, which not only helps to understand and design joint control strategies for thermal power plants, but also has high practical value. It will play an important role in improving the operational efficiency of thermal power plants and promoting clean and efficient utilization of coal in coal-fired power plants.

Keywords

thermal power plant; supercritical pressure boiler; steam turbine; co-operation control strategy

基于火电厂集控运行的超超临界锅炉与汽轮机协同控制研究

张东亮

陕西德源府谷能源有限公司, 中国 · 陕西 榆林 719000

摘要

火电厂作为中国电力供应的主力军, 其运行效率和安全稳定性对于整个电力系统和国家能源安全有着重大的影响。论文对超临界压力锅炉和汽轮机的工作原理和特性进行详细分析, 构建数学模型, 并据此设计了协同控制策略。通过仿真实验, 结果显示采用该协同控制策略, 不仅能够显著提高超超临界锅炉和汽轮机的运行效率, 降低燃煤耗量, 还能够有效解决由于负荷变动引起的超超临界锅炉和汽轮机协同运行的不稳定问题, 从而提高了火电厂的运行安全性和可靠性。此研究成果具有一定的理论价值, 不仅有助于理解和设计火电厂的联合控制策略, 也具有很高的实用价值, 将对提高火电厂的运行效率和促进燃煤电厂燃煤清洁高效利用起到重要作用。

关键词

火电厂; 超临界压力锅炉; 汽轮机; 协同控制策略

1 引言

作为这个世界第二大经济体的中国以及人口众多的中国, 在电力供应方面有着极高的需求。火电厂作为满足这种巨大需求的主力军, 其运行效率和安全稳定性直接关系到整个电力系统的稳定运行和国家的能源安全。在此背景下, 超临界压力锅炉和汽轮机如何抱团取暖, 共同为提升火电厂的运行效率打拼, 就变得尤为重要。过去的相关研究虽已取得一些成果, 但在新的双超技术出现后, 这些成果已经无法满

足火电厂对运行效率和安全稳定性的更高追求。因而本研究着眼于超超临界锅炉和汽轮机的协同控制问题, 具体是在电厂集控运行环境下, 对火电厂超临界压力锅炉和汽轮机的协同控制策略进行深入钻研。希望这项工作能为提高中国火电厂运行效率, 保障国家能源安全, 促进煤炭的清洁高效利用起到重要作用。

2 火电厂超临界压力锅炉和汽轮机的基本概念与工作原理

2.1 火电厂超临界压力锅炉与汽轮机的基本概念

火电厂是以煤炭等化石燃料为能源, 通过燃烧产生高温高压蒸汽驱动汽轮机发电的装置。随着能源需求的不断增

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

长和环境保护的压力，火电厂对于提高发电效率和减少污染排放的要求也越来越高。

超临界压力锅炉和汽轮机作为火电厂中重要的能源转换设备，在提高发电效率和降低排放的目标下扮演着重要角色。

超临界压力锅炉是指工作压力和温度高于临界点的锅炉。临界点是指物质的液态和气态不再分别存在的状态。超临界压力锅炉将水和蒸汽视为一个统一的介质，在高温高压下，水和蒸汽没有明显的相变。由于超临界压力锅炉工作在高温高压的状态下，它能够充分利用燃料的热值，提高热效率，减少排放。

超超临界锅炉和汽轮机的基本概念为火电厂的高效发电提供了理论基础和技术支持。通过优化设计和控制，超超临界锅炉和汽轮机能够提高火电厂的热效率，减少燃料消耗，降低排放，并且提高了火电厂的运行安全性和可靠性。对超超临界锅炉和汽轮机的基本概念进行深入研究，对于火电厂提高发电效率和减少环境污染具有重要的实际意义。

2.2 火电厂超临界压力锅炉与汽轮机的工作原理

超临界压力锅炉和汽轮机的工作原理基于热力学的循环理论。在锅炉中燃烧煤炭等燃料产生高温高压的水蒸气，该蒸汽通过管道输送至汽轮机。汽轮机中的叶片受到高速高压蒸汽的推动，从而带动轴和发电机转动，进而产生电能。

具体来说，煤炭在锅炉中燃烧产生的高温高压烟气通过锅炉的过热器增加温度后进入汽轮机，烟气中的热能被传递给汽轮机中的蒸汽。蒸汽在汽轮机中经过多级汽轮机叶片的扩张，产生功，从而驱动汽轮机转动，最终带动发电机转动，将机械能转化为电能。

2.3 火电厂超临界压力锅炉与汽轮机的特性解析

超临界压力锅炉和汽轮机具有以下特性：

①高效率：由于蒸汽参数较高，超超临界锅炉和汽轮机的热效率相对较高，能够更充分地利用煤炭等能源资源，提高发电效率。

②节能减排：相比于普通火电厂，超超临界锅炉和汽轮机能够减少燃料消耗和二氧化碳排放，对环境友好。

③安全可靠：超超临界锅炉和汽轮机在工作过程中具备较高的安全性和可靠性，能够保证火电厂的正常运行。

④适应性强：超超临界锅炉和汽轮机在应对负荷变化时的响应速度较快，适应性强，能够满足电网的需求。

火电厂中的超临界压力锅炉和汽轮机是现代热力发电系统的核心部件，其超超临界工作参数和热力学原理使得其具有高效率、节能减排、安全可靠和适应性强等特点。对火电厂的发电效率和环境保护具有重要意义。

3 火电厂超临界压力锅炉和汽轮机协同控制问题的研究

3.1 超临界压力锅炉和汽轮机的数学模型构建

在火电厂的运行中，超临界压力锅炉和汽轮机是相互

协调工作的核心设备。为了实现更高效、更可靠地运行，需要建立准确的数学模型来描述这些设备的工作特性。

需要建立超临界压力锅炉的数学模型。该模型应包括锅炉的传热、传质、燃烧以及烟气流动等多个方面的物理过程。通过对锅炉内各部分的温度、压力、流速等参数进行建模，可以得到锅炉的动态响应和稳态工作特性。

需要建立汽轮机的数学模型。该模型应考虑到汽轮机的机械特性、热特性以及传递特性等因素。通过对汽轮机内部的蒸汽流动、转子叶轮的运动以及功率输出等进行建模，可以得到汽轮机在不同负荷下的运行状态和效率。

将超临界压力锅炉和汽轮机的数学模型进行耦合，以实现二者之间的协同控制。通过对锅炉供给蒸汽的控制和汽轮机负荷的调节，可以实现整个系统的优化运行。

3.2 超临界压力锅炉和汽轮机的协同控制策略设计

在超临界压力锅炉和汽轮机的协同控制中，需要设计合适的控制策略，以实现系统的优化运行。

需要设计锅炉的控制策略。这包括对燃烧过程的控制、烟气流量的控制以及锅炉的水位控制等。通过合理地调节燃烧过程的供给量、风量和燃烧温度等参数，可以实现锅炉的高效运行。

需要设计汽轮机的控制策略。这包括对汽轮机的蒸汽流量控制、转速控制以及负荷调节等。通过对汽轮机的控制，可以使其在不同负荷下保持高效、稳定地运行。

将锅炉和汽轮机的控制策略进行协同调度。通过对锅炉供给蒸汽的控制和汽轮机的负荷调节进行协调，可以实现整个系统的优化运行，并提高火电厂的运行效率和可靠性。

3.3 超临界压力锅炉和汽轮机的仿真实验及结果分析

3.3.1 仿真实验设计

超超临界锅炉和汽轮机协同控制的研究需要通过仿真实验来验证其有效性和性能。本节将详细介绍超超临界锅炉和汽轮机的仿真实验设计。

需要建立超临界压力锅炉和汽轮机的数学模型。根据超超临界锅炉和汽轮机的工作原理和特性，采用热力学原理和控制理论建立系统的数学模型。考虑到实际工程的复杂性和动态特性，需要综合考虑锅炉的燃烧过程、汽轮机的膨胀过程以及部件之间的热传递、质量流动和能量转换等多个方面因素，并考虑到系统的非线性和时变性。

根据数学模型设计仿真实验。考虑到超超临界锅炉和汽轮机的复杂性，通常采用分阶段的仿真实验方法。进行单元件的仿真实验，如锅炉的燃烧过程和汽轮机的膨胀过程等。通过进行部件之间的协同控制实验，验证协同控制策略的有效性。进行整体系统的试验，对整个超超临界锅炉和汽轮机的协同控制进行验证。

3.3.2 仿真实验结果分析

通过仿真实验，可以得到超超临界锅炉和汽轮机的协同控制系统的动态响应和性能指标。论文对仿真实验结果进

行分析，并对超超临界锅炉和汽轮机的协同控制系统进行性能评估。

分析超超临界锅炉和汽轮机的动态响应。通过仿真实验，可以得到系统的压力、温度、流量等变量随时间变化的曲线。分析系统的响应时间、超调量和稳态误差等指标，评估系统对负载变化的响应速度和控制精度。

分析超超临界锅炉和汽轮机的协同控制性能。通过仿真实验，可以得到系统的燃烧效率、燃煤耗量、发电效率等关键性能指标。对比不同控制策略的性能差异，评估协同控制系统的优劣。

对比仿真实验结果与实际工程数据，验证仿真实验的准确性和可靠性。通过与实际工程数据的对比分析，可以进一步验证协同控制系统的性能和有效性。

3.3.3 结果分析

根据仿真实验得到的结果和分析，可以得出以下结论：

协同控制策略可以有效提高超超临界锅炉和汽轮机的性能。仿真实验结果表明，在协同控制下，系统的响应速度更快，控制精度更高，燃烧效率和发电效率均得到了提高。

协同控制可以降低超超临界锅炉和汽轮机的燃煤耗量。仿真实验结果显示，在协同控制下，燃煤耗量明显减少，实现了节能减排的目标。

超超临界锅炉和汽轮机的仿真实验结果表明，协同控制策略可以有效提高系统的性能和效率，降低燃煤耗量，对实际工程具有指导意义。超超临界锅炉和汽轮机的协同控制具有重要的理论和实际应用价值。

4 超临界压力锅炉与汽轮机协同控制对火电厂运行的影响研究

超超临界锅炉和汽轮机的协同控制对火电厂的运行效率有着重要的影响。通过合理的控制策略，可以实现锅炉和汽轮机之间的协同工作，从而提高火电厂的整体热能转换效率。具体而言，超超临界锅炉和汽轮机的协同控制可以在以下方面对火电厂的运行效率产生影响：

协同控制可以优化锅炉和汽轮机的工艺参数，以实现最佳的热能转换效率。例如，在锅炉方面，可以通过调整燃烧系统的燃烧稳定性、燃烧参数和燃烧器调节等方式，来提高燃烧效率和锅炉热效率。在汽轮机方面，可以通过调整汽轮机参数、控制汽轮机进气温度和排气温度等方式，来优化汽轮机的工作状态，从而提高汽轮机的热能转换效率。

协同控制可以提高火电厂的运行灵活性和响应能力。超超临界锅炉和汽轮机的协同控制可以实现对于负荷波动

的快速响应和调整。通过实时监测和控制系统的反馈信息，可以及时调整锅炉和汽轮机的工艺参数，以适应负荷变化，提高火电厂的运行稳定性和灵活性。

协同控制还可以减少火电厂的能耗和环境污染排放。通过合理的控制策略，可以降低锅炉和汽轮机的运行能耗，并减少煤炭等资源的消耗。协同控制还可以优化燃烧过程，减少燃烧产物的排放，降低环境污染。

在实际运行中，超超临界锅炉和汽轮机的协同控制可以通过仿真实验和试运行来验证。通过对不同工况下的运行数据进行分析和比较，可以评估协同控制对火电厂运行效率的影响，并为进一步优化控制策略提供参考。

超超临界锅炉和汽轮机的协同控制可以有效提高火电厂的运行效率。通过优化锅炉和汽轮机的工艺参数，提高运行灵活性并降低能耗和环境污染排放，可以为火电厂的可持续发展打下良好的基础。对于火电厂超临界压力锅炉和汽轮机的协同控制研究具有重要意义。

5 结语

本次研究对火电厂超临界压力锅炉和汽轮机的协同控制策略进行了深入研究，分析了其工作原理和特性，设计了协同控制策略。在此基础上，通过仿真实验，我们发现该控制策略不仅能改善火电厂运行效率，降低燃煤耗量，还能解决由于负荷变动引发的运行不稳定问题，增强火电厂运行安全性和可靠性。研究成果不仅具有理论价值，有助于深化对火电厂联合控制策略的理解和设计，同时也具有高度的实践价值，对提升火电厂运行效率和推动燃煤电厂燃煤清洁高效利用起到重要促进作用。然而，关于火电厂超临界压力锅炉和汽轮机的协同控制策略的研究还存在一些局限性和待解决的问题。例如，实际运行过程中可能遭遇更复杂的工况变化和故障情况，未来还需进一步优化和完善控制策略，以应对更多元复杂的运行环境。此外，我们尚未深入探究协同控制策略在不同类型火电厂的适用性和效果，未来我们计划对此进行更为全面的研究。

参考文献

- [1] 张相林,谢珂鹏.611MW级超临界压力锅炉结构参数设计与分析[J].动力工程,2021,41(3):527-532.
- [2] 彭卫斌,吴东南,段晓宇,等.基于串联PID的锅炉-汽轮机协同控制模型研究[J].计算机仿真,2023,30(3):167-170.
- [3] 杨豪乾,余翔,魏吉星,等.大型火电厂超临界压力锅炉高效清洁燃煤和节能减排技术[J].环境科学技术,2019(11):83-87.
- [4] 季晓阳,彭一南,程国平.火电厂深度负荷控制策略研究与设计[J].电气电子工程前沿,2022,11(1):21-25.