

火电机组灵活调峰运行策略与优化研究

孙剑平

吉林电力股份有限公司, 吉林 长春 130000

摘要： 本文深入探讨了火电机组灵活调峰运行策略与优化方法，从调峰能力、爬坡速度、启停时间等关键指标出发，分析了火电机组在调峰过程中的主要问题和挑战。通过引入先进的控制算法、技术创新和政策法规的支持，本文提出了一系列优化策略，旨在提高火电机组的灵活性和运行效率。研究表明，通过综合应用这些策略，可以显著提升火电机组的调峰能力，降低运行成本，同时减少环境污染，为电力系统的可持续发展提供有力支持。

关键词： 火电机组；灵活调峰；运行策略；优化方法

Research on Flexible Peak-Regulating Operation Strategy and Optimization of Thermal Power Unit

Sun Jianping

Jilin Electric Power Co., LTD. Changchun, Jilin 130000

Abstract： This paper deeply discusses the flexible peak regulating operation strategy and optimization method of thermal power units, and analyzes the main problems and challenges in the process of peak regulating of thermal power units from the key indicators such as peak regulating capacity, climbing speed and start and stop time. By introducing advanced control algorithms, technological innovation and policies and regulations, this paper proposes a series of optimization strategies aiming to improve the flexibility and operation efficiency of thermal power units. The results show that through the comprehensive application of these strategies, it can significantly improve the peak regulating capacity of thermal power units, reduce the operation cost, reduce environmental pollution, and provide strong support for the sustainable development of power system.

Keywords： thermal power unit; flexible peak regulation; operation strategy ; optimization method

随着能源市场的竞争日益激烈和环保要求的不断提高，火电机组面临着前所未有的挑战。传统的火电机组由于设备结构和运行特点的限制，在应对市场需求变化时存在响应速度慢、调整范围有限、运行成本高昂等问题。特别是在调峰运行过程中，这些问题表现得尤为突出。因此，提高火电机组的灵活性，优化调峰运行策略，已成为当前亟待解决的问题。

一、火电机组调峰能力分析

火电机组的调峰能力主要包括调峰深度、爬坡速度和启停时间等关键指标。调峰深度是指机组在最低负荷和最高负荷之间的调整范围，爬坡速度是指机组负荷变化的速率，启停时间则是指机组从启动到满负荷运行或从满负荷运行到停机所需的时间。这些指标直接反映了火电机组在调峰过程中的灵活性和响应速度。然而，受设备结构和运行特性的限制，火电机组在调峰过程中面临着诸多挑战。例如，锅炉低负荷稳定燃烧问题、脱硝装置低负荷投运问题、汽轮机热应力问题等都限制了机组的调峰深度。此外，机组在启停过程中需要消耗大量的时间和能源，也增加了运行成本。

二、火电机组灵活调峰运行策略

（一）燃烧优化策略

燃烧优化策略在提高火电机组调峰能力方面发挥着至关重要的作用。通过一系列技术手段和策略调整，可以显著提升燃烧效率，降低污染物排放，从而增强机组的调峰能力。具体而言，燃烧优化策略包括调整燃烧参数和改善燃料燃烧条件。调整燃烧参数主要是指对燃料供给量、空气流量、燃烧温度等关键参数进行精确控制，以确保燃料能够充分燃烧。改善燃料燃烧条件则涉及采用先进的燃烧技术和设备，如等离子燃烧器或富氧燃烧器。这些技术可以在低负荷工况下实现稳定燃烧，提高燃烧效率和机组的调峰深度^[1]。通过实施燃烧优化策略，火电机组不仅能够更好

作者简介：孙剑平（1988.05-），男，汉族，籍贯：吉林伊通，本科，现就职于：吉林电力股份有限公司，工程师，研究方向：火电生产运行、调度、指标管理。

地适应电力市场的变化，提高调峰能力，还能降低运行成本和污染物排放，实现经济效益和环境效益的双赢。

（二）负荷调整策略

负荷调整策略在火电机组调峰运行中发挥着至关重要的作用。其核心目标是通过优化机组负荷分配，实现以最低成本满足电力市场需求，从而提高机组的运行效率和经济效益。为实现这一目标，负荷调整策略采用了多种算法和技术手段。线性规划和动态规划是其中较为常用的优化算法。线性规划通过构建目标函数和约束条件，求解出最优的负荷分配方案；而动态规划则考虑了时间因素和负荷变化，能够更准确地反映机组负荷调整的实际情况。此外，负荷调整策略还强调根据市场需求实时调整机组负荷^[2]。通过实时监测和分析电力市场需求的变化，以及机组的运行状态和性能，可以制定出更为合理的负荷调整方案，确保机组在调峰过程中既能满足市场需求，又能保持较高的运行效率和经济性。

（三）控制策略优化

控制策略优化在提高火电机组灵活性方面扮演着至关重要的角色。随着科技的进步，先进的人工智能算法和优化技术被广泛应用于火电机组的控制策略中，显著提升了机组的运行效率和灵活性。神经网络和深度学习算法是其中的佼佼者。这些算法能够通过对手机组运行数据的深度学习和预测，实现对电力市场变化的快速响应。它们能够捕捉到机组运行过程中的微小变化，并据此调整控制策略，确保机组始终运行在最优状态。此外，优化控制策略还可以显著降低机组的运行成本^[3]。通过精确控制机组的负荷、温度和压力等关键参数，可以减少不必要的能耗和排放，从而提高机组的运行效率。这不仅有助于降低企业的运营成本，还能提升机组的市场竞争力。

（四）技术创新

技术创新在提升火电机组灵活性方面发挥着举足轻重的作用。近年来，众多新技术、新理念和新模式被广泛应用于火电机组，为机组的调峰能力和运行效率带来了显著提升。储热技术是一项备受瞩目的创新技术。它通过在机组低负荷时储存热能，在高负荷时释放热能，从而有效平衡了机组的负荷波动，提高了调峰能力。电热锅炉则利用电能将水加热成蒸汽，为机组提供额外的热能支持，进一步增强了机组的灵活性。此外，主再热蒸汽辅助供热技术也是一项重要的技术创新。该技术通过回收利用主再热蒸汽的余热，为机组提供辅助供热，不仅提高了能源利用效率，还减少了环境污染。这些新技术的应用不仅显著提升了火电机组的调峰能力，还降低了运行成本和环境污染^[4]。它们为火电机组的可持续发展注入了新的活力，也为能源结构的转型和升级提供了有力支持。

三、火电机组调峰运行优化方法

（一）设备改造与升级

设备改造与升级在提高火电机组调峰能力方面发挥着举足轻重的作用。通过对关键设备的改造和优化，不仅可以显著提升机

组的运行效率，还能增强其调峰响应速度，从而更好地适应电力市场的波动。以锅炉为例，低氮燃烧改造是一项重要的技术革新。传统的燃烧方式往往伴随着较高的氮氧化物排放，不仅对环境造成污染，还限制了机组的调峰能力^[5]。而通过引入低氮燃烧技术，可以大幅度降低氮氧化物的生成，同时提高燃烧效率。这不仅有助于减少环境污染，还能使锅炉在低负荷工况下保持稳定运行，为机组调峰提供有力支持。汽轮机方面，热应力优化改造同样具有重要意义。汽轮机在运行过程中承受着巨大的热应力，特别是在启停和负荷变化时，热应力的急剧变化可能导致设备损坏。通过进行热应力优化改造，如采用先进的材料、优化结构设计等，可以有效降低汽轮机的热应力水平，从而提高其爬坡速度和启停时间。这意味着机组能够更快速地响应电力市场的变化，提高调峰效率^[6]。此外，设备改造与升级还可以带来其他方面的效益。例如，通过优化设备结构，可以减少能耗和排放，提高能源利用效率；通过引入智能化监测和管理系统，可以实现对设备运行状态的实时监控和预警，降低故障率和维修成本。

（二）热力系统优化

热力系统优化是提高火电机组整体性能的重要途径，其核心在于通过改进热力系统结构、采用高效设备等手段，实现能耗和排放的双重降低。在实际应用中，热力系统优化涉及多个方面。例如，高效换热器的应用可以显著提升热交换效率，从而减少热损失。传统换热器在长时间运行后，往往会出现积灰、结垢等问题，导致换热效率下降。而高效换热器则采用了先进的材料和设计，能够更有效地抵抗积灰和结垢，保持较高的换热效率。这不仅有助于降低机组的能耗，还能提高机组的可靠性和稳定性。此外，热力系统流程的优化也是提升机组性能的重要手段。通过对热力系统流程进行精细分析和调整，可以减少不必要的热损失和能耗。例如，通过优化蒸汽的流动路径和温度分布，可以确保蒸汽在热力系统中的有效利用，减少热损失。同时，还可以根据机组的实际运行状况，对热力系统的控制策略进行调整，以实现更为精准的负荷调节和能量管理。在热力系统优化过程中，还需要考虑设备的匹配性和协调性。不同设备之间的性能差异和相互影响往往会对机组的整体性能产生重要影响^[7]。因此，在进行热力系统优化时，需要对设备进行综合评估和优化设计，以确保其在实际运行中的匹配性和协调性。

（三）智能化管理

智能化管理在提升火电机组灵活性方面展现出了巨大的潜力。通过运用物联网、大数据、人工智能等前沿技术，可以实现对机组的全面、精准、实时的监控和管理，从而显著提高其运行效率和灵活性。在实际应用中，智能化管理带来了诸多变革。例如，通过建立机组运行数据实时监测和分析系统，可以实时收集和分析机组的各项运行数据，如温度、压力、流量等。这些数据经过大数据技术的处理和分析，能够揭示出机组运行的规律和趋势，为管理人员提供决策支持。一旦发现数据异常或潜在故障，系统可以立即发出警报，并自动触发相应的处理机制，从而有效避免故障的发生或扩大。此外，智能化管理还带来了设备维护管理的革新。传统的设备维护往往依赖于人工巡检和经验判断，存

在较大的主观性和不确定性。而智能化管理则可以通过对设备运行数据的实时监测和分析,预测设备的寿命和故障趋势,从而制定更为精准的维护计划。这不仅可以减少不必要的停机时间和维修成本,还能提高设备的可靠性和稳定性。在智能化管理的推动下,火电机组的运行和管理水平得到了显著提升。机组能够更加灵活地适应电力市场的变化,提高调峰能力和运行效率^[8]。同时,智能化管理还有助于降低运行成本和污染物排放,实现经济效益和环境效益的双重提升。

（四）储能辅助调峰

储能辅助调峰作为一种创新的火电机组调峰策略,正在逐步改变电力行业的运营模式。通过在电力系统中集成储能装置,可以有效提升火电机组的调峰能力,确保电网的稳定性和可靠性。以电池储能系统为例,这种储能方式能够在机组低负荷运行时储存多余的电能^[9]。当电网需求增加,机组需要提高出力时,电池储能系统可以迅速释放之前储存的电能,为机组提供额外的电力支持。这种快速响应的能力使得火电机组能够更灵活地应对电力市场的波动,提高调峰效率。抽水蓄能电站则是另一种重要的储能辅助调峰方式。在机组低负荷时段,利用多余的电力驱动水泵

将水抽到高处的水库储存。当电网需求高峰到来时,释放水库中的水通过涡轮机发电,为电网提供电力。这种方式不仅能够有效平衡电力供需,还能在长时间尺度上优化能源配置。储能辅助调峰的应用不仅提升了火电机组的调峰能力,还增强了电力系统的整体灵活性和韧性^[10]。通过引入储能装置,电力系统能够更好地应对突发事件和极端天气条件,确保电力供应的稳定性和可靠性。

四、结论

本文通过对火电机组灵活调峰运行策略与优化方法的研究,提出了一系列提高火电机组灵活性的途径。通过优化控制策略、引入技术创新以及制定有效的政策法规等措施,可以有效提高火电机组的调峰能力,降低运行成本,同时减少环境污染。这将有助于提高电力系统的稳定性、可靠性和经济性,同时也有利于促进能源结构的转型和环境保护。未来,火电机组将更加注重能效、环保和灵活性,通过持续的技术创新和优化控制策略,实现与可再生能源的协调发展。

参考文献

- [1]樊星,周健铨,王晓斐. 基于耦合熔融盐储热的火电机组灵活调峰系统设计与实现 [J]. 中国机械, 2024, (20): 56-59.
- [2]徐鹏,李战国,姜龙,等. 新型电力系统中火电机组的调峰技术综述 [C] // 2024年北京电机工程学会年度论文集. 华北电力科学研究院有限责任公司;北京华科同和科技有限公司; 2024: 7.
- [3]王放放,杨鹏威,赵光金,等. 新型电力系统中火电机组灵活性运行技术发展及挑战 [J]. 发电技术, 2024, 45 (02): 189-198.
- [4]刘潇. “三位一体”推进火电机组深度调峰优化控制关键核心技术攻关 [J]. 企业管理, 2023, (S2): 392-393.
- [5]宋晓辉,韩伟,王兴,等. 基于高温熔盐储热系统的火电机组深度调峰方案对比及分析 [J]. 热能动力工程, 2023, 38 (11): 63-74+83.
- [6]肖中图,马青. 调峰用火电机组空冷系统比较研究 [J]. 节能技术, 2023, 41 (06): 570-575.
- [7]王辉,李峻,祝培旺,等. 应用于火电机组深度调峰的百兆瓦级熔盐储能技术 [J]. 储能科学与技术, 2021, 10 (05): 1760-1767.
- [8]刘德君. 火电机组深度调峰技术的研究 [J]. 中国设备工程, 2020, (22): 181-183.
- [9]王印松,刘萌,刘霜. 深度灵活调峰下火电机组送风系统优化控制 [J]. 动力工程学报, 2020, 40 (08): 621-628+634.
- [10]刘刚. 火电机组灵活性改造技术路线研究 [J]. 电站系统工程, 2018, 34 (01): 12-15.