

火力发电系统中的能源转换效率优化研究

蔡胜胜

贵州西电电力股份有限公司鸭溪发电运营分公司，贵州 遵义 563108

摘 要： 本文探讨了火力发电系统中能源转换效率的优化，包括基本原理、系统组成和影响因素。研究强调了效率提升的重要性，并介绍了优化的理论基础和方法。通过仿真分析，识别了主要能源损失点，并提出了一系列优化措施。结果显示这些措施可显著提升效率，减少能源浪费，对环境影响和经济效益均有积极影响。文章还指出，实际应用需根据具体情况调整。未来研究将聚焦于理解能源损失机理、集成优化及新技术应用。本研究为火力发电行业的节能减排和可持续发展提供了重要参考，对提升能源转换效率具有重要意义。

关 键 词： 火力发电系统；能源转换效率；优化；热力循环；燃烧技术

Optimization of Energy Conversion Efficiency in Thermal Power Generation System

Cai Shengsheng

Yaxi Power Generation Operation Branch, Guizhou Xidian Electric Power Co., Ltd. Zunyi, Guizhou 563108

Abstract： This paper discusses the optimization of energy conversion efficiency in thermal power generation system, including the basic principle, system composition and influencing factors. This paper emphasizes the importance of efficiency improvement and introduces the theoretical basis and method of optimization. Through simulation analysis, the main energy loss points are identified and a series of optimization measures are put forward. The results show that these measures can significantly improve efficiency, reduce energy waste, and have a positive impact on the environment and economic efficiency. The article also points out that the actual application needs to be adjusted according to the specific situation. Future research will focus on understanding energy loss mechanisms, integrated optimization and application of new technologies. This study provides an important reference for energy conservation, emission reduction and sustainable development of thermal power generation industry, and is of great significance for improving energy conversion efficiency.

Keywords： thermal power generation system; energy conversion efficiency; optimization; thermal cycle; combustion technology

引言

随着全球经济的快速发展，能源需求持续增长，同时，环境保护和可持续发展的理念也日益深入人心。在这一背景下，火力发电系统作为全球最主要的电力生产方式之一，其能源转换效率的优化显得尤为重要。在过去的几十年里，随着科技的进步和能源转换技术的不断创新，火力发电系统的能源转换效率已经得到了显著提升。此外，流化床燃烧技术、烟气脱硝和脱硫技术的普及，不仅减少了污染物的排放，也在一定程度上提高了能源的利用效率。然而，尽管取得了一定的进展，火力发电系统的能源转换效率优化仍然面临着一系列挑战。这些挑战包括燃烧效率的提高、热力循环的设计和运行参数的优化、设备和材料的性能的提升，以及系统的整体热损失的减少等。为了应对这些挑战，需要综合应用热力学原理、先进的材料和技术，以及有效的管理和操作策略，以实现火力发电系统能源转换效率的显著提高，为可持续发展做出贡献。

一、火力发电系统概述

（一）火力发电原理

火力发电通过燃烧化石燃料产生热能，将水转化为蒸汽驱动汽轮机，进而带动发电机产生电能。现代技术提高了锅炉压力和温度，提高了热效率。汽轮机产生的蒸汽在冷凝器中冷凝成水，形成闭合循环。为了提高整体热效率，通常采用回热系统。燃料

与空气混合燃烧，产生高温燃气，提升锅炉内的水和水蒸气温度及压力，推动汽轮机主转轴，使发电机发电供入系统；使用过的蒸汽则送至冷凝器，由冷却循环水将其冷却成水，再送至锅炉重复使用。^[1]

（二）火力发电系统组成

火力发电系统通过一系列相互关联的组件和子系统将燃料的化学能转化为电能^[2]。核心的锅炉设备负责将水加热成蒸汽，利

用燃料燃烧产生的高温烟气传递热能。现代技术多采用超临界或超超临界锅炉以提高热效率。蒸汽随后进入汽轮机，转化为机械能，再由发电机转换为电能。电能经过变压器升压后，输送至电网。冷凝器则负责冷凝蒸汽，完成热力循环。环保设施如除尘器、脱硫脱硝设备减少污染物排放。此外，控制和辅助设备确保系统的稳定运行和维护，提高效率 and 可靠性^[3]。

（三）火力发电能源转换效率影响因素

火力发电能源转换效率是一个关键的性能指标，它衡量了从燃料化学能到电能转换过程中的能源利用效率。这一效率受到燃烧效率、热力循环参数、设备材料性能、系统热损失以及外部环境因素的影响。为了提高能源转换效率，需要优化燃烧过程，如改进燃烧器设计和精确控制燃料与空气的比例；优化热力循环设计，如采用再热循环和回热循环；选择高效率的设备和优质材料；减少系统热损失，如改进绝热材料和回收利用废热；并考虑外部环境因素，如温度、湿度和海拔^[4]。通过这些措施，可以显著提高火力发电系统的能源转换效率，实现更高效、清洁和可持续的能源利用。

二、能源转换效率优化理论

（一）能源转换效率定义及计算方法

能源转换效率是衡量火力发电系统能效的关键指标，它反映了从燃料化学能到电能的转换效率。这一效率的计算基于能量守恒定律，通过比较发电过程中产生的电能与燃料燃烧释放的化学能之比来评估。计算公式为： $\eta = (\text{输出功率} / \text{输入的化学能}) \times 100\%$ ，其中输出功率是发电机产生的电能，输入的化学能是燃料的燃烧热值与消耗燃料的质量之乘积^[5]。在实际操作中，考虑到测量误差、运行条件、负荷率等因素，需要对计算结果进行修正和校准，以获得更准确的评估。此外，系统的运行条件、负荷率、燃料质量、设备老化等因素也会影响能源转换效率。

（二）能源转换效率优化原理

能源转换效率优化是一个复杂的过程，旨在通过减少不可逆损失来提高系统热效率，实现更高的能源转换效率。这个过程基于热力学的基本原理，包括能量守恒定律和能量品质与熵的关系。为了提高能源转换效率，必须深入理解系统内部能量转换和传递的过程，并采取措施减少能量损失。燃烧过程优化通过改进燃烧技术和精确控制燃料与空气比例提高效率。热力循环优化包括采用先进的热力循环设计减少热损失^[6]。设备和材料的性能提升以及采用先进的控制和监测技术也有助于减少能量损失。此外，通过改善设备和系统的维护，减少摩擦和磨损，提高设备和系统的运行效率，也是提高能源转换效率的重要措施。通过综合应用热力学原理、先进的材料和技术，以及有效地管理和操作策略，可以实现能源转换效率的显著提高，为可持续发展做出贡献。

（三）能源转换效率优化方法

能源转换效率优化方法涉及火力发电系统的整个过程，旨在减少能源损失，提高整体能源转换效率。这包括优化燃烧效率、

热力循环、减少热损失，并采用先进材料和技术。优化燃烧效率包括改进燃烧器设计、精确控制燃料与空气比例、提高燃料细度。优化热力循环涉及采用超临界锅炉技术、再热循环和回热循环。减少热损失可通过使用优质绝热材料、优化系统设计、实施热电联产或热回收系统。采用先进材料和技术，如高效率设备、控制系统和监测技术，以及定期维护和检修，有助于提高能源转换效率。

三、火力发电系统能源转换效率仿真分析

（一）仿真模型建立

火力发电系统能源转换效率仿真分析采用计算机模拟技术进行虚拟实验，以评估和优化系统效率。这一过程的基础和关键步骤是建立仿真模型，这需要收集系统的详细数据和参数，包括主要设备的设计和运行参数、燃料性质以及环境条件。在仿真模型中，通过使用质量守恒、能量守恒和动量守恒方程来描述系统中的能量和物质转换过程，并通过数值方法求解这些非线性方程。为了确保模型的准确性，需要考虑各种运行条件下的变化，并进行验证和校准，通过与实际运行数据或实验数据的比较来完成。通过这种方式，可以模拟和预测系统在不同运行条件下的性能表现，从而为火力发电系统的能源转换效率优化提供科学依据。

（二）仿真参数设置

仿真参数设置是火力发电系统能源转换效率仿真分析的核心环节，其准确性和可靠性直接影响到仿真结果。这一过程涉及锅炉、汽轮机、发电机等关键设备的运行参数，以及燃料性质和环境条件等外部因素。参数设置需依据设计文件、运行记录和实验测试等数据，以确保仿真模型精确反映实际运行状态。锅炉参数如燃烧热值、效率等，汽轮机参数如进口温度、排汽温度等，发电机参数如效率、功率因数等，均需细致设定^[7]。同时，环境条件如温度、湿度、海拔等对系统性能的影响亦需纳入考量。此外，系统运行的动态性和不确定性，如负荷变化、燃料切换、设备老化等，亦需在仿真模型中得到充分体现。通过这些细致的参数设置，仿真模型能够为火力发电系统的能源转换效率优化提供科学依据。

（三）仿真结果分析

仿真结果分析是火力发电系统能源转换效率仿真分析的最终关键步骤，它确保数据的真实可靠，深入评估系统性能，发现问题，并为优化提供科学依据。这一过程包括对仿真结果的初步检验、整体和子系统性能分析、关键参数和变量的识别，以及采用敏感性分析和优化算法等先进工具和方法。通过对比仿真结果与实际运行数据，验证仿真模型的准确性和可靠性，为工程设计和运行提供指导，确保仿真分析的有效性和适用性。

四、火力发电系统能源转换效率优化实践

（一）燃料选择与质量控制

火力发电系统能源转换效率优化实践中的燃料选择与质量控

制至关重要，选择高热值、低污染燃料能提高效率和环保性。为确保燃料质量，发电企业需严格控制燃料的采购、储存、运输和使用过程，并通过抽样检测、化学分析等方法进行质量监测。优化燃料混合比例和燃烧方式，采用先进的燃烧技术和设备，以及考虑燃料供应稳定性、价格波动等因素，均有助于提高燃烧效率和减少污染物排放^[9]。发电企业需综合考虑燃料的经济性、可靠性和环保性，以确保长期稳定运行和可持续发展。通过这些措施，可以提高燃烧效率和发电系统的整体性能，减少能源消耗和环境污染，实现更可持续的能源发展。

（二）燃烧过程优化

燃烧过程优化是火力发电系统能源转换效率提高的关键环节，涉及多个方面的调整和改进。优化燃烧器设计和精确控制燃料与空气比例是基础，以提高燃料的混合效果和燃烧效率^[9]。监测燃烧过程并采用先进技术，如富氧燃烧和煤气化，可以进一步提高效率和减少污染物排放。整体优化包括燃料供应系统、燃烧室设计和传热效率，以实现燃烧过程的整体优化，从而提高能源转换效率。通过这些措施，可以显著提升燃烧效率，减少能源消耗和环境污染，实现更高效的能源转换。

（三）热力系统优化

火力发电系统能源转换效率优化实践中的热力系统优化，旨在提高锅炉和汽轮机的热效率，减少能量损失，实现更高效的能源转换。这包括锅炉优化、汽轮机优化、发电机优化、热力循环优化以及热力系统整体优化。通过提高锅炉温度和压力、采用超临界或超超临界技术、优化设计参数等，以及提高汽轮机进口温度和压力、优化叶片设计等，可以显著提高锅炉和汽轮机的热效率。同时，通过优化发电机的效率和运行参数，以及采用再热循环、回热循环等热力循环优化措施，可以进一步提高能源转换效率。此外，从整体角度优化热力系统的运行参数、改进设计和运行方式等，可以实现热力系统整体优化，从而提高能源转换效

率。通过这些综合措施，可以显著提高能源转换效率，减少能源浪费，实现更可持续的能源发展。

（四）减少能量损失措施

火力发电系统能源转换效率优化实践中的减少能量损失措施，旨在提高能源利用效率，降低能源消耗和环境污染。这些措施涉及锅炉、汽轮机、发电机、冷凝器等各个环节，以及系统的运行和维护^[10]。具体措施包括优化锅炉和冷凝器的设计和运行参数，减少热损失；通过优化汽轮机和发电机的叶片设计、运行参数，提高效率；定期检查和维护设备，及时发现和解决问题；实施热电联产或热回收系统，充分利用废热；以及采用先进的控制系统，实现实时监控和优化运行。通过这些措施，可以显著提高能源利用效率，降低能源消耗和环境污染，实现更可持续的能源发展。

五、结束语

本论文对火力发电系统中的能源转换效率优化进行了研究。通过分析火力发电系统的能源转换过程，发现了影响能源转换效率的主要因素，并提出了相应的优化措施。同时，通过对火力发电系统各环节的深入研究，为火力发电行业的能源转换效率优化提供了理论支持和实践指导。

然而，本论文仍存在一定的局限性。研究过程中仅针对某一特定型号的火力发电系统进行了实验分析，未能涵盖所有类型的火力发电系统。由于实验条件限制，部分优化措施在实际应用中可能存在一定的局限性。

总之，本论文对火力发电系统中的能源转换效率优化进行了深入研究，取得了一定的研究成果。希望通过后续研究的不断推进，为火力发电行业的可持续发展和技术进步贡献力量。

参考文献

- [1] 赵万帅. 火力发电节能研究 [J]. 中国高新技术企业, 2016, (10): 80-81. DOI: 10.13535/j.cnki.11-4406/n.2016.10.039.
- [2] 姜志俊. 探讨火力发电厂变压器的安装与调试技术 [J]. 科技信息, 2017(5): 195, 197.
- [3] 任玉珑. 面向协调发展的火电行业效率综合评价 [J]. 华东经济管理, 2011, (4).
- [4] 刘丽珍. 火电行业清洁生产评价与体会 [J]. 能源环境保护, 2011, (1).
- [5] 路路. 电力行业低碳减排对策的研究进展 [J]. 环境科学与技术, 2010, (S2).
- [6] 张瀚升. 火力发电机组停炉保护 [J]. 中国新技术新产品, 2016, (18): 76-77. DOI: 10.13612/j.cnki.entropy.2016.18.050.
- [7] 田艳松. 智慧消防在火力发电技术中的应用研究 [J]. 消防界 (电子版), 2023, 9(09): 44-46. DOI: 10.16859/j.cnki.cn12-9204/tu.2023.09.024.
- [8] 任磊磊. 火力发电企业有限空间作业安全管理 [J]. 电器工业, 2022, (07): 53-57.
- [9] 桑强. 火力发电中热能动力装置的维护及检测分析 [J]. 中国设备工程, 2022, (06): 59-60.
- [10] 王竞懿. 火电厂热能动力系统优化与节能改造研究 [J]. 河南科技, 2020, 39(26): 142-144.