

输煤除灰系统协同优化对火电厂运行经济性的影响分析

谭康

贵州金元鸭溪发电运营分公司，贵州 遵义 563000

DOI:10.61369/ETQM.2025100013

摘 要： 随着能源需求的增长和环境问题的日益突出，火电厂的运行经济性和环保性受到了广泛关注。输煤除灰系统作为火电厂的重要组成部分，其协同优化对于提高火电厂的运行效率、降低运行成本具有重要意义。本文深入分析了输煤除灰系统的特点和运行现状，探讨了协同优化的策略和方法，并从多个角度阐述了协同优化对火电厂运行经济性的影响。通过对输煤除灰系统协同优化的研究，旨在为火电厂的可持续发展提供理论支持和实践指导。

关 键 词： 输煤除灰系统；协同优化；火电厂；运行经济性

Analysis of the Impact of Collaborative Optimization of Coal Handling and Ash Removal Systems on the Operational Economy of Thermal Power Plants

Tan Kang

Guizhou Jinyuan Yaxi Power Generation Operation Branch, Zunyi, Guizhou 563000

Abstract： With the growing demand for energy and the increasing environmental concerns, the economic efficiency and environmental protection of thermal power plants have gained significant attention. As a critical component of thermal power plants, the synergistic optimization of coal conveying and ash removal systems is crucial for enhancing operational efficiency and reducing costs. This paper provides a detailed analysis of the characteristics and current status of coal conveying and ash removal systems, explores strategies and methods for synergistic optimization, and discusses the impact of synergistic optimization on the economic efficiency of thermal power plants from various perspectives. The aim is to provide theoretical support and practical guidance for the sustainable development of thermal power plants through research on the synergistic optimization of coal conveying and ash removal systems.

Keywords： coal conveying and ash removal system; synergistic optimization; thermal power plant; operational efficiency

引言

火电厂是我国电力供应的主要来源之一，在保障国家能源安全和经济发展方面发挥着重要作用。然而，火电厂的运行也面临着诸多挑战，如能源消耗大、环境污染严重等问题。输煤除灰系统作为火电厂的关键环节，其运行状况直接影响着火电厂的效率和成本。输煤系统负责将煤炭从储存地输送至锅炉，而除灰系统则负责排出锅炉燃烧产生的灰渣。两系统的协同运行对火电厂的稳定运行至关重要。目前，虽然已有不少关于输煤系统和除灰系统的研究，但对于它们之间协同优化的研究相对较少。因此，深入研究输煤除灰系统的协同优化对火电厂运行经济性的影响具有重要的现实意义。

一、输煤除灰系统概述

（一）输煤系统

输煤系统是火电厂中将煤炭从外部运输到锅炉燃烧设备的一系列设备和过程的统称。它主要包括煤炭的卸载、储存、输送等环节。煤炭通常通过铁路、公路或水路运输到火电厂，然后通过

卸煤设备（如翻车机、卸船机等）将煤炭卸载到煤场。煤场用于储存煤炭，以保证火电厂的持续供应。从煤场到锅炉的输送过程则通过皮带输送机、给煤机等设备完成。输煤系统的稳定运行对于保证锅炉的正常燃烧至关重要，如果输煤过程中出现故障，如煤炭供应中断、输送设备损坏等，将直接影响锅炉的运行，甚至导致停机事故。

（二）除灰系统

除灰系统的主要任务是将锅炉燃烧产生的灰渣从锅炉中排出，并进行妥善处理。锅炉燃烧产生的灰渣包括飞灰和底渣。飞灰是在锅炉燃烧过程中随烟气携带的细小颗粒，底渣则是沉积在锅炉底部的较大颗粒。除灰系统通常包括除尘设备（如电除尘器、布袋除尘器等）、除渣设备（如刮板捞渣机、螺旋捞渣机等）以及灰渣输送和储存设备。除尘设备用于捕捉烟气中的飞灰，除渣设备则将底渣从锅炉底部排出。排出的灰渣通过灰渣输送设备（如气力输送系统、机械输送系统等）输送到灰渣储存场地进行进一步处理或综合利用。除灰系统的正常运行对于保证锅炉的热效率和环保要求至关重要，如果除灰不及时，会导致锅炉受热面结渣，影响传热效果，降低锅炉效率，同时也会增加烟气排放中的污染物含量^[2]。

（三）输煤除灰系统的关联性

输煤系统和除灰系统虽然是两个相对独立的系统，但它们之间存在着密切的关联。首先，输煤系统输送的煤炭质量和数量直接影响着锅炉的燃烧状况，进而影响除灰系统的负荷。如果煤炭质量不佳，如灰分含量高、挥发分低等，会导致锅炉燃烧不充分，产生更多的灰渣，增加除灰系统的负担。其次，除灰系统的运行状况也会对输煤系统产生一定的影响。例如，除灰不及时导致锅炉受热面结渣，会影响锅炉的热效率，进而可能需要调整输煤量来维持锅炉的正常运行。因此，实现输煤除灰系统的协同优化，能够提高整个火电厂的运行效率和经济效益。

二、输煤除灰系统运行现状及问题分析

（一）运行现状

目前，我国大多数火电厂的输煤除灰系统已经实现了自动化控制，采用了先进的设备和控制技术。在输煤方面，皮带输送机、给煤机等设备实现了远程监控和自动化操作，提高了输煤效率和准确性。在除灰方面，电除尘器、布袋除尘器等除尘设备的性能不断提高，能够有效捕捉烟气中的飞灰。同时，气力输送系统、机械输送系统等灰渣输送设备的应用也越来越广泛，提高了灰渣输送的效率和可靠性。然而，尽管输煤除灰系统在技术上取得了一定的进步，但在实际运行中仍然存在一些问题。

（二）存在的问题

1. 设备老化与故障频发：部分火电厂的输煤除灰设备使用年限较长，存在不同程度的老化现象。老化的设备容易出现故障，以皮带输送机为例，长期运行会导致皮带表面磨损严重，特别是在落煤点等受力集中区域，经常出现纵向撕裂的情况。给煤机由于长期与煤炭接触，内部部件如叶轮、壳体等容易磨损变形，导致给煤量不稳定，有时甚至会出现卡涩现象。除尘器的滤袋在长期高温、高粉尘环境下工作，容易出现破损、板结等问题，导致除尘效率下降。

2. 协同性不足：虽然输煤系统和除灰系统在技术上有一定的联系，但在实际运行中，两个系统的协同性往往不足。输煤系统调整煤炭供应量时，往往只考虑锅炉负荷需求，而忽视了除灰系

统的处理能力。比如在负荷突增时，输煤系统会加大供煤量，导致灰渣产生量激增，但除灰系统可能还按原计划运行，造成灰渣堆积^[1]。反过来，除灰系统在处理能力受限时，也没有及时反馈给输煤系统调整供煤量，导致系统失衡。更严重的是，两个系统的运行数据往往分散在不同部门，缺乏实时共享机制，导致问题出现时反应滞后。

3. 能源消耗较高：输煤除灰系统的能耗问题确实不容忽视，如皮带输送机的电力消耗、除尘设备的风机能耗等。而皮带输送机作为主要的运输设备，其电机功率往往很大，长时间运行耗电量惊人。由于设备老化，这些设备的运行效率都在下降，比如皮带打滑会增加电机负荷，风机叶轮磨损会降低效率。此外，很多电厂的除灰系统仍采用水力除灰方式，不仅耗水量大，还需要额外的水泵能耗。

4. 环保压力大：随着环保要求的不断提高，火电厂的除灰系统面临着越来越大的环保压力。首先是灰渣排放问题，一些电厂的除灰系统设计年代较早，除尘效率无法满足现行标准，导致排放超标。其次是灰渣综合利用问题，虽然理论上灰渣可以用于水泥生产、筑路等，但实际操作中存在运输成本高、市场需求不稳定等问题，导致大量灰渣只能填埋处理，既浪费资源又污染环境。部分火电厂的除灰系统在处理灰渣时，存在灰渣排放不达标、灰渣综合利用程度低等问题，不仅对环境造成了污染，也浪费了资源。现在电厂都在想办法改进除灰系统，比如增加除尘器、改进灰渣处理工艺等，但投入成本确实不小。

三、输煤除灰系统协同优化策略

（一）设备升级与改造

在火电厂长期运行过程中，输煤除灰设备会因持续磨损、技术迭代等因素逐渐暴露出性能瓶颈。针对这类问题，实施系统性设备升级与改造是提升整体运行可靠性的核心路径。对于皮带输送机，可以采用新型的耐磨皮带，提高皮带的使用寿命；对于给煤机，可以进行技术改造，实现更精确的给煤控制。在除尘设备方面，可以更换高效的滤袋，提高除尘效率；对于除渣设备，可以采用新型的耐磨刮板，减少刮板磨损。通过设备升级与改造，可以降低设备故障率，提高系统的运行效率^[5]。

（二）建立协同控制模型

建立输煤除灰系统的协同控制模型是实现两个系统协同优化的关键。协同控制模型可以根据锅炉的燃烧需求、输煤系统的运行状况和除灰系统的处理能力等因素，实时调整输煤量和除灰策略。例如，当锅炉燃烧需增加煤炭供应量时，协同控制模型可根据除灰系统的处理能力，合理调整输煤量，防止因煤炭供应过剩导致除灰系统负荷过大。同时，协同控制模型还可以根据除灰系统的运行状况，及时调整输煤系统的运行参数，保证输煤除灰系统的协同运行。

（三）优化运行参数

通过对输煤除灰系统的运行参数进行优化，可以提高系统的运行效率和降低能源消耗。在输煤方面，可以优化皮带输送机的

运行速度、给煤机的给煤频率等参数，提高输煤效率；在除灰方面，可以优化除尘设备的风机转速、除渣设备的刮板速度等参数，提高除灰效率。同时，还可以根据煤炭的质量和锅炉的燃烧状况，调整输煤量和除灰策略，实现系统的最优运行。此外，还应探索不同工况下的参数组合库，为操作人员提供更具针对性的调整建议。

（四）加强信息化管理

利用信息技术实现输煤除灰系统的信息化管理，可以提高系统的管理水平和运行效率。通过建立输煤除灰系统的信息管理系统，可以实时监测系统的运行状态、设备故障情况等信息，并及时进行处理。在信息化管理框架下，系统可实现从传统的人工管理模式向数字化、智能化方向的转变，从而优化管理流程，提高响应速度。这种转变对于提升火电厂整体运营水平具有重要意义，也是实现智慧电厂建设的关键环节。同时，信息管理系统还可以实现输煤除灰系统与其他系统（如锅炉控制系统、环保监测系统等）的信息共享和协同工作，提高火电厂的整体运行效率。

四、输煤除灰系统协同优化对火电厂运行经济性的影响

（一）降低设备维修成本

通过系统性设备升级（如采用耐磨性更强的输煤皮带、高频振动除灰设备）和智能化改造（如安装振动传感器、温度监测模块），可显著提升设备可靠性。信息化管理系统能实时采集设备运行数据（如电流波动、轴承温度），结合 AI 算法预测潜在故障，提前安排预防性维护。设备故障的减少意味着维修次数和维修成本的降低^[3]。同时，协同控制模型的建立可以实现对设备的实时监测和优化控制，进一步降低设备的磨损和损坏，延长设备的使用寿命，从而降低设备的维修成本。例如，某电厂通过振动监测发现碎煤机轴承异常，及时更换部件避免了主轴断裂事故。协同控制模型可动态调整设备负载（如根据煤量自动调节输煤皮带转速），减少设备长期超负荷运行导致的磨损。

（二）提高能源利用效率

输煤除灰系统的能源利用效率提升依赖于多维度的优化策略。在理论框架下，输煤系统的能耗主要来源于皮带输送机的机械摩擦、破碎设备的动力消耗以及物料转运过程中的势能损失。通过建立精确的运行参数模型可以找到最优操作条件以减少无效能耗。除灰系统的能源优化则聚焦于灰渣输送方式的选择和输送路径的规划。协同控制模型的价值在于将输煤与除灰过程视为统一系统，根据锅炉燃烧状态的实时反馈动态调整两者协同策略。例如当锅炉负荷降低时，模型可同步减少输煤量并调整除灰频

率，避免因过量输煤导致的后续处理能耗增加^[4]。这种全局优化方法突破了传统单点优化的局限，从系统层面实现了能源利用效率的最大化。

（三）减少停机时间

输煤除灰系统的停机时间可分为计划内维护停机和意外故障停机两类。理论上，协同优化对这两类停机均有显著改善作用。对于计划停机，通过设备健康状态评估和剩余寿命预测技术，可以制定更精准的维护计划，将传统定期维护升级为基于设备实际状态的预测性维护，从而减少不必要的停机时间。对于意外故障停机，协同控制模型的快速响应机制至关重要。从系统工程的角度看，这种优化还体现在运行参数的动态匹配上：通过建立输煤量、除灰速率与锅炉负荷之间的实时耦合关系，确保各子系统始终工作在最佳匹配状态，从根本上消除因参数失调导致的非计划停机风险。理论分析表明，这种多层次的停机时间控制策略能够显著提升电厂的运行连续性。

（四）降低环保成本

输煤除灰系统的环保成本主要来自灰渣处理、粉尘排放控制以及环保设施运行三个方面。通过建立灰渣成分分析数据库和综合利用效益评估模型，可以优化灰渣分选工艺，从而减少填埋处置量。粉尘控制方面，协同优化强调从源头治理——通过精确计算输煤转运点的封闭风速、优化除尘器滤袋材质与清灰周期参数，实现粉尘排放浓度与除尘能耗的最佳平衡。环保设施运行成本的降低则依赖于系统协同：例如根据实时监测的粉尘浓度动态调节除尘器运行功率，或在灰渣湿度较高时自动启动烘干装置以保障输送效率。从全生命周期角度看，这种将环保要求融入系统设计理念的优化方法，不仅能够满足日益严格的排放标准，还能通过资源化利用创造附加经济效益，最终实现环保成本与经济效益的双赢。

五、结论

本文深入分析了输煤除灰系统的特点和运行现状，探讨了协同优化的策略和方法，并阐述了协同优化对火电厂运行经济性的影响。通过对输煤除灰系统进行设备升级与改造、建立协同控制模型、优化运行参数和加强信息化管理等协同优化策略，可以降低设备维修成本、提高能源利用效率、减少停机时间和降低环保成本，从而提高火电厂的运行经济性。在未来的研究中，还需要进一步深入探讨输煤除灰系统协同优化的理论和方法，不断完善协同控制模型，提高系统的智能化水平，为火电厂的可持续发展提供更有力的支持。

参考文献

- [1] 章勇, 朱天柱. 火电厂运煤除灰系统中变频调节的应用与节能分析 [J]. 能源与环境, 2016, (03): 98-100.
- [2] 范嘉良. 火电厂运煤系统出力不足的原因处理探讨 [J]. 清洗世界, 2023, 39(11): 4-6.
- [3] 张建南. 优化火电厂输煤系统的能效与可靠性分析 [J]. 今日制造与升级, 2023, (11): 174-176.
- [4] 王宜民. 火电厂燃料输煤系统的运行安全研究 [J]. 中外企业家, 2019, (27): 216.
- [5] 李智文. 火电厂锅炉输煤系统除尘分析与应用 [J]. 机电产品开发与创新, 2023, 36(05): 92-94.