

基于大数据分析的锅炉燃烧优化策略探索

顾平平

黔西电厂, 贵州 毕节 551501

摘 要 : 随着信息技术的发展, 大数据分析在锅炉燃烧优化中的应用逐渐受到关注。本文旨在探讨基于大数据分析的锅炉燃烧优化策略, 通过对锅炉运行数据的深入挖掘和分析, 揭示锅炉燃烧过程中的关键影响因素, 提出针对性的优化措施。首先, 本文介绍了锅炉燃烧的基本原理和影响因素; 其次, 详细阐述了大数据分析在锅炉燃烧优化中的应用, 包括数据预处理、特征提取、模型构建和优化算法等; 最后, 通过实际案例分析, 验证了基于大数据分析的锅炉燃烧优化策略的有效性和可行性。本研究对于提高锅炉燃烧效率、降低污染物排放和推动能源可持续发展具有重要意义。

关 键 词 : 大数据分析; 锅炉燃烧优化; 数据挖掘

Exploration of boiler combustion optimization strategy based on big data analysis

Gu Pingping

Qianxi Power Plant, Bijie, Guizhou 551501

Abstract : With the development of information technology, the application of big data analysis in boiler combustion optimization has gradually attracted attention. This paper aims to explore the boiler combustion optimization strategy based on big data analysis, reveal the key influencing factors in the boiler combustion process through the deep mining and analysis of the boiler operation data, and put forward targeted optimization measures. Firstly, this paper introduces the basic principles and influencing factors of boiler combustion; secondly, it expounds the application of big data analysis in boiler combustion optimization, including data preprocessing, feature extraction, model building and optimization algorithm; finally, it verifies the effectiveness and feasibility of boiler combustion optimization strategy based on big data analysis. This study is of great significance for improving boiler combustion efficiency, reducing pollutant emission and promoting sustainable energy development.

Keywords : big data analysis; optimization of boiler combustion; data mining

锅炉作为能源转换的关键设备, 在工业生产中扮演着重要角色。然而, 传统锅炉燃烧过程存在能耗高、排放污染大等问题, 严重影响了能源利用效率和环境保护。随着大数据技术的快速发展, 利用大数据分析技术对锅炉燃烧过程进行优化成为可能。本文旨在探讨基于大数据分析的锅炉燃烧优化策略, 为锅炉燃烧优化提供新的思路和方法。

一、锅炉燃烧过程及影响因素分析

锅炉, 作为能量转换的关键设备, 其核心功能在于通过燃料的燃烧过程, 高效地将水转化为蒸汽或热水, 进而为各种工业生产和日常生活提供所需的热能或动力^[1]。这一过程中, 涉及众多复杂且相互关联的参数与变量, 它们共同作用于锅炉的燃烧效率和排放性能。首先, 燃料种类是决定锅炉燃烧特性的基础因素。不同种类的燃料, 如煤、油、天然气等, 其热值、燃烧速度、灰分含量等特性各异, 直接影响了锅炉的燃烧效率和排放物的种类与数量。因此, 在选择燃料时, 需充分考虑其燃烧特性与锅炉设计的匹配度, 以最大化燃烧效率和降低排放。燃烧方式同样对锅炉性能有着至关重要的影响。层燃、悬浮燃和流化床燃等不同的

燃烧方式, 各有其独特的燃烧效率和排放特性。层燃方式适用于固体燃料, 燃烧稳定但效率相对较低; 悬浮燃则适用于粉状燃料, 燃烧效率高但排放控制较为复杂; 流化床燃则结合了前两者的优点, 既保证了燃烧效率, 又有利于污染物的控制。风量是影响锅炉燃烧效率和排放性能的另一关键因素。适量的风量可以确保燃料与空气充分混合, 促进燃料的完全燃烧, 从而减少不完全燃烧损失和污染物排放。然而, 风量过大或过小都会对燃烧过程产生不利影响, 因此, 精确控制风量是实现高效燃烧和环保排放的关键。温度与压力也是锅炉燃烧过程中不可忽视的因素。高温可以促进燃料的充分燃烧, 但过高的温度可能导致锅炉受热面的结焦和腐蚀, 影响锅炉的安全运行。而合理的压力则有助于保持燃烧的稳定性 and 高效性, 确保锅炉在最佳状态下运行。

作者简介: 顾平平 (1993-), 男, 汉族, 贵州省清镇市人, 学历: 本科, 助理工程师, 研究方向: 锅炉运行。

二、大数据分析在锅炉燃烧优化中的应用

（一）数据预处理

锅炉运行数据具有海量、高维、异构等特点，这些特性直接影响了后续数据分析的有效性和准确性^[2]。因此，数据预处理成为大数据分析在锅炉燃烧优化中的首要任务。数据清洗是数据预处理的关键步骤。由于锅炉运行数据往往存在重复、缺失、异常等问题，需要通过算法识别并去除重复数据，填补缺失值，并修正异常值，以确保数据的准确性和一致性。这一步骤对于后续分析的准确性和可靠性至关重要。数据集成是将分散于不同系统、格式的数据进行整合的过程。在锅炉运行环境中，数据可能来自多个传感器、控制系统和日志记录，这些数据的格式和存储方式各不相同。通过数据集成，可以形成统一的数据视图，便于后续的数据分析和挖掘。数据变换旨在消除数据间的量纲差异，提高数据间的可比性。这包括数据规范化、标准化处理等，使得不同维度的数据能够在同一尺度上进行比较和分析。数据归约则是通过降维技术、聚类分析等手段，有效减少数据量，提升数据分析的效率和精度。在锅炉运行数据中，可能存在大量的冗余信息，通过数据归约可以去除这些信息，保留对燃烧过程有重要影响的特征变量。

（二）特征提取

特征提取是从复杂的锅炉运行数据中提炼出对燃烧过程有重要影响的特征变量的过程。这一步骤对于理解燃烧机制、优化燃烧参数至关重要。统计分析方法是特征提取的常用手段之一^[3]。通过描述性分析、相关性分析等统计方法，可以揭示数据间的统计关系，识别出关键统计特征。这些特征可以反映锅炉燃烧过程中的各种物理和化学现象，为燃烧优化提供科学依据。信号处理技术则能够捕捉时间序列数据中的动态特征。频谱分析、小波分析等信号处理技术可以对锅炉运行数据进行频域和时域分析，揭示燃烧过程的周期性、突变性等动态特性。这些特性对于预测燃烧过程的变化趋势、优化燃烧参数具有重要意义。数据挖掘技术则能够发现数据中的潜在规律和模式。关联规则挖掘、聚类分析等数据挖掘方法可以揭示锅炉运行数据中的隐藏信息和关联关系，为燃烧优化提供新的视角和线索。例如，通过关联规则挖掘可以发现不同燃烧参数之间的关联关系，为燃烧参数的协同优化提供依据。

（三）模型构建

基于预处理后的高质量数据和特征提取结果，构建预测模型是实现锅炉燃烧优化的核心。预测模型能够根据历史数据对未来燃烧过程进行预测，为优化控制提供决策支持^[4]。线性回归模型是预测模型中最简单的一种。它适用于简单线性关系的预测，虽然简单但易于理解和实施。在锅炉燃烧优化中，线性回归模型可以用于预测燃烧效率、排放浓度等关键指标，为燃烧参数的初步调整提供依据。神经网络模型则以其强大的非线性映射能力而著称。它能够处理复杂的非线性关系，特别适合锅炉燃烧这种高度复杂的系统。通过训练神经网络模型，可以实现对锅炉燃烧过程的精准预测和控制。例如，可以利用神经网络模型预测不同燃烧

参数下的燃烧效率和排放浓度，为燃烧参数的优化提供科学依据。支持向量机模型在处理高维数据、小样本数据时表现出色。其分类和回归能力使得它在燃烧效率预测、排放预测等方面具有广泛应用。通过构建支持向量机模型，可以实现对锅炉燃烧过程的精准分类和预测，为燃烧参数的优化提供有力支持。

（四）优化算法

基于预测模型的结果，采用优化算法对锅炉燃烧过程进行精细调控是实现高效燃烧和低排放的关键。优化算法能够根据预测模型的结果和实际需求，对燃烧参数进行调整和优化^[5]。遗传算法是一种基于自然选择和遗传机制的优化算法。它能够在复杂、多峰的优化空间中搜索全局最优解，适用于锅炉燃烧参数的全局优化。通过模拟遗传过程中的选择、交叉和变异等操作，遗传算法可以不断迭代优化燃烧参数，实现燃烧效率和排放浓度的最优平衡。粒子群算法则通过模拟群体智能来实现优化。它利用粒子间的信息共享和协作，快速收敛于最优解，特别适合连续优化问题。在锅炉燃烧优化中，粒子群算法可以用于搜索最优的燃烧参数组合，以实现燃烧效率和排放浓度的最优平衡^[6]。差分进化算法则以其独特的差分变异机制而著称。它能够在解决多峰优化问题时表现出良好的局部搜索能力和全局搜索平衡。在锅炉燃烧优化中，差分进化算法可以用于搜索最优的燃烧参数组合，以应对燃烧过程中的复杂性和不确定性。

三、基于大数据分析的锅炉燃烧优化策略

（一）燃烧参数优化

建立全面的数据采集系统，收集锅炉运行过程中的各类参数，包括但不限于燃料种类、燃烧方式、风量、温度、压力、排放物浓度等。这些数据应来自锅炉控制系统、环境监测系统、燃料分析系统等多个数据源，确保数据的全面性和准确性^[7]。采集到的原始数据往往存在噪声、缺失值、异常值等问题，需要通过数据预处理技术，如数据清洗、数据集成、数据变换等，提高数据质量，为后续分析奠定基础。利用大数据分析技术，对预处理后的数据进行特征选择与提取，识别出对锅炉燃烧效率和排放性能有显著影响的特征变量。这一过程可能涉及统计分析、数据挖掘、机器学习等多种方法，如相关性分析、主成分分析、聚类分析等。基于提取的关键特征，构建锅炉燃烧参数的优化模型。这可以通过机器学习算法，如支持向量机、神经网络、随机森林等，训练得到的预测模型，用于预测不同燃烧参数组合下的燃烧效率和排放性能。根据预测模型的输出结果，调整锅炉的燃烧参数，如燃料配比、风量调节、温度控制等，以实现燃烧效率和排放性能的最优化。同时，建立反馈机制，实时监测燃烧参数调整后的效果，不断优化模型参数，提高预测准确性。

（二）故障诊断与预警

收集锅炉运行过程中的故障数据，包括故障类型、故障发生时间、故障前后的运行参数等。这些数据对于理解锅炉故障模式、识别故障特征具有重要意义。利用大数据分析技术，提取故障特征，如时间序列数据的异常变化、参数间的关联异常等^[8]。

通过机器学习算法，如决策树、朴素贝叶斯、支持向量机等，对故障进行分类，建立故障识别模型。基于故障识别模型，构建锅炉故障的预警系统。该系统能够实时监测锅炉运行参数，一旦发现异常，立即触发预警机制，提醒操作人员采取相应措施，避免故障的发生或扩大。当故障发生时，利用大数据分析技术，快速定位故障原因，提供故障诊断报告和修复建议。这有助于操作人员迅速排除故障，恢复锅炉的正常运行。通过不断的故障诊断与修复实践，积累故障处理经验，优化故障识别模型，提高预警系统的准确性和可靠性。同时，将故障处理过程中的知识和经验进行整理和分享，提升团队的整体故障处理能力。

（三）能效评估与改进

利用大数据分析技术深入挖掘锅炉能效特征，包括燃料热值、燃烧效率、热损失等关键指标，为能效评估提供科学依据。通过构建能效指数、能效比等能效评估模型，对锅炉的能效水平进行精准量化，明确能效提升的潜力和方向。基于能效评估结果，制定针对性的能效改进策略。这包括优化燃料配比，以充分利用燃料的热值；调整燃烧参数，如风量、温度等，以提高燃烧效率；以及改进锅炉结构，减少热损失，提升整体能效^[9]。这些策略应紧密结合锅炉的实际运行状况，确保改进措施的可行性和有效性。实施能效改进策略后，需持续监测锅炉的能效变化，通过对比分析，评估改进策略的实际效果。根据评估结果，不断调整和优化能效策略，确保锅炉能效能够持续提升。此外，建立锅炉能效管理与优化平台，集成能效数据采集、分析、评估、改进等全链条功能，实现能效管理的智能化和高效化。平台应支持数据可视化，以直观展示能效变化；同时，应具备智能决策功能，为能效管理提供科学指导。

（四）排放性能优化

收集锅炉运行过程中的排放数据，包括氮氧化物、二氧化

硫、颗粒物等污染物的排放浓度。这些数据是评估锅炉排放性能的关键。利用大数据分析技术，提取排放特征，如排放浓度变化趋势、排放物之间的关联性等。通过机器学习算法，对排放数据进行分类，识别不同排放模式下的特征。基于排放特征，构建锅炉排放性能的优化模型^[10]。这可以通过机器学习算法，如神经网络、支持向量回归等，训练得到的预测模型，用于预测不同燃烧参数组合下的排放性能。根据优化模型的输出结果，调整锅炉的燃烧参数，如燃料配比、风量调节、燃烧温度等，以降低污染物的排放浓度。同时，考虑采用先进的燃烧技术和污染控制技术，如低氮燃烧技术、烟气脱硫脱硝技术等，进一步提升锅炉的排放性能。实施排放性能优化策略后，实时监测锅炉的排放变化，评估优化效果。通过对比分析，不断调整和优化排放性能策略，确保锅炉排放性能的持续提升。同时，建立排放性能数据库，积累排放数据和分析结果，为未来的排放性能优化提供数据支持。

四、结论

本文聚焦于大数据分析技术在锅炉燃烧优化中的应用，通过构建精准的锅炉燃烧系统预测模型与高效的多目标优化模型，实现了对锅炉燃烧过程的深度优化。这一研究不仅显著提升了锅炉的热效率，还有效降低了NO_x排放浓度，为锅炉的节能减排提供了有力的技术支撑。未来将继续深化基于大数据分析的锅炉燃烧优化策略研究，致力于进一步提升锅炉的燃烧效率和环保性能。通过不断的技术革新与实践探索，有信心推动锅炉行业向更加高效、环保的方向发展，为实现国家的节能减排目标和可持续发展战略贡献更大的力量。

参考文献

- [1] 刘建平. 基于智能算法的火电厂锅炉燃烧优化技术探究 [J]. 中国机械, 2024, (07): 64-67.
- [2] 刘昌旭. 简析电厂锅炉燃烧运行优化策略 [J]. 大众标准化, 2024, (04): 118-120.
- [3] 王璐, 孙雪, 王以炜. 煤气锅炉燃烧控制技术的优化策略分析 [J]. 电子技术, 2024, 53(01): 280-281.
- [4] 廖彭伟. 电站锅炉燃烧智能优化控制策略研究 [J]. 科技风, 2023, (24): 7-9.
- [5] 姚永良, 黎乃斌. 660MW 四角切圆燃烧锅炉燃烧调整策略优化 [J]. 电力安全技术, 2022, 24(10): 67-68+71.
- [6] 梁会朋, 赵冠雄. 燃煤电厂锅炉燃烧运行优化策略研究 [J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12(08): 236-237+258.
- [7] 蔡云峰. 燃煤电厂锅炉燃烧运行优化策略 [J]. 科技创新与应用, 2022, 12(24): 142-145.
- [8] 杨磊. 燃煤电厂锅炉燃烧运行优化策略研究 [J]. 技术与市场, 2021, 28(12): 128-129.
- [9] 武文龙, 武志强. 电厂锅炉燃烧运行优化策略分析 [J]. 中国金属通报, 2021, (11): 104-105.
- [10] 李峥. 火力电厂锅炉燃烧运行优化策略 [J]. 科技创新与应用, 2021, 11(23): 129-131.