

[燃料管理系统]

智能化燃料管理系统在锅炉与燃运中的应用与优化

文/李恒

国家电投集团江西电力有限公司新昌发电分公司

随着能源需求的增加和环保要求的提高，火电厂的燃料管理面临着前所未有的挑战。探讨如何利用智能化技术来优化燃料运输、提升锅炉效率，并实现节能减排与成本控制。通过数据驱动的决策模型，详细分析智能配煤寻优、实时全成本分析等关键技术的应用情况及其带来的效益。此外，文章还介绍一个具体案例——新昌发电分公司智能化燃料管理系统的构建和实施经验，展示该项目如何通过集成创新技术，有效提高操作效率和经济效益，同时降低环境影响。

随着全球能源需求的持续增长和环境保护意识的加强，火电厂作为主要的电力供应源之一，面临着提高燃料管理效率、降低运营成本及减少环境污染等多重挑战。传统的燃料管理系统由于依赖人工操作和经验判断，难以满足现代电力行业对于精准性和实时性的需求。因此，利用智能化技术对燃料管理进行优化升级成为行业发展的必然趋势。本文旨在探讨如何通过数据驱动的决策模型和智能配煤寻优技术来提升锅炉效率，实现节能减排与成本控制的目标。

智能化技术在燃料管理中的应用

1. 数据驱动的决策模型

(1) 数据采集与预处理

数据驱动决策模型的第一步是有效的数据采集。这通常涉及到从传感器、历史记录和实时监测设备等多种来源获取数据。数据类型包括温度、压力和流量等操作参数以及环境条件如湿度和天气状况。采集到的数据往往是原始且未加工的，因此需要进行预处理，包括清洗错误数据、填补缺失值、标准化和归一化处理等步骤，以确保数据的质量和

一致性。

(2) 数据分析与特征提取

经过预处理的数据将进入分析阶段，目的是从大量复杂数据中提取有用的信息或特征。这一过程包括统计分析、趋势识别和相关性分析等方法。例如，通过分析锅炉燃烧效率与煤质之间的关系，可以确定哪些因素最影响效率，从而为后续的优化提供依据。此外，高级分析技术如机器学习算法也被广泛应用于特征提取，以揭示数据间更深层次的关联。

(3) 模型构建与验证

基于提取的特征，接下来是构建预测模型或优化模型的阶段。这些模型可以是回归模型、时间序列分析模型、神经网络或其他机器学习模型，具体选择取决于问题的性质和可用数据的特点。

为进一步阐释数据驱动决策模型的工作原理，以线性回归模型作为例子。假设要预测锅炉的热效率（ Y ），它依赖于多个变量如煤的质量（ X_1 ）、供氧量（ X_2 ）和燃烧温度（ X_3 ）。线性回归模型可以表示为

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \epsilon \quad (1)$$

式中, β_0 为截距项; $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ 分别为对应自变量的系数; ϵ 为误差项。

通过最小二乘法等统计方法估计出这些参数后, 就可以用新的输入数据来预测热效率, 从而指导实际操作中的调整。

模型构建后, 需要通过交叉验证、A/B测试等方法进行严格的验证, 确保模型具有良好的泛化能力和准确性。

2. 智能配煤寻优技术

(1) 基本原理

智能配煤寻优技术基于煤炭的化学和物理特性进行优化配比。不同种类的煤炭具有不同的热值、硫分和灰分等特性, 这些特性直接影响到燃烧效率和污染物排放水平。智能配煤寻优技术通过建立数学模型来预测不同配比下的燃烧效果, 从而实现最优配煤方案的选择。

为进一步阐释智能配煤寻优技术的工作原理, 以线性规划模型作为例子。假设要最小化燃料成本(C), 同时满足一定的热量需求(H)和环保标准(如 SO_2 排放量不超过 $S_{\max}$)。可以建立以下模型

$$\min C = \sum_{i=1}^n c_i x_i \quad (2)$$

$$\text{s.t.} \sum_{i=1}^n h_i x_i \geq H \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n s_i x_i \leq S_{\max} \quad (4)$$

$$x_i \geq 0, \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

式中, c_i, h_i, s_i 分别为第 i 种煤炭的成本、热值和硫分含量; x_i 为第 i 种煤炭的使用量; n 为可供选择的煤炭种类数量。

通过求解上述线性规划问题, 可以得到在满足热量需求和环保标准的前提下, 使得总燃料成本最低的配煤方案。这种方法不仅考虑了经济效益, 还兼顾环境保护的要求, 体现智能化技术在传统行业中的创新应用价值。

(2) 实施步骤

1) 数据收集。在实施智能配煤寻优技术的初期阶段, 需要广泛收集各种煤炭的特性数据。这些数据包括但不限于煤炭的热值、硫分含量和灰分含量等关键指标。通过详细的数据分析, 可以了解不同煤炭在燃烧过程中的表现, 为后续的模式建立和优化提供基础。

2) 模型建立。根据收集到的数据, 建立数学模型来预测不同配比下的燃烧效果。这一步骤是整个技术实施的核心, 它要求对煤炭的燃烧特性有深入的理解, 并能够准确地将这些特性转化为数学表达式。

3) 优化计算。利用先进的优化算法对模型进行求解, 以找出最佳的配煤方案。这一过程涉及到复杂的计算和大量的数据处理, 但通过优化算法的应用, 可以有效地找到满足特定条件(如成本最低、效率最高)的最优解。

4) 方案实施。将计算出的最佳配煤方案应用到实际生产中, 并对实施效果进行实时监测和评估。这一步骤是验证智能配煤寻优技术有效性的关键, 通过对实施前后的数据对比分析, 可以直观地看到技术带来的改进和效益。

项目案例分析

1. 项目概况

新昌发电分公司位于江西省, 拥有两台700 MW超超临界燃煤发电机组, 分别于2009年和2010年投入运行, 并于2016年完成超低排放改造。为降低成本、提高燃料供应稳定性, 公司建设了铁路专用线及两个电煤码头, 并实施了一个日处理能力约200 t的污泥掺烧项目。面对电力市场竞争加剧和新能源比例增加的挑战, 传统的月度核算方式已无法满足需求, 因此公司决定建设智能化燃料管理系统, 通过数字化升级和智能技术优化燃料管理, 降低运营成本, 提升市场竞争力。该项目覆盖整个燃料供应链, 包括条形煤场、计量设备及系统整合, 旨在提供最佳配煤策略和成本控制方案。

2. 系统设计与功能实现

新昌发电分公司的智能化燃料管理系统采用了多层次、模块化的架构设计, 以实现高效的数据处理和智能化决策支持。该系统主要由以下几个子系统构成, 每个子系统承担特定的功能, 并通过高度集成的方式协同工作。

(1) 数字化煤场子系统

数字化煤场子系统是新昌发电分公司智能化燃料管理系统的重要组成部分, 旨在通过先进的技术手段实现煤场管理的自动化、智能化和精细化。该系统包括在线盘煤数据接口、在线盘煤、煤场3D地

图、智能堆料决策、智能取料决策以及煤场库存优化等功能模块，通过高度集成的方式协同工作，提供全面的煤场管理解决方案。

数字化煤场子系统通过在线盘煤数据接口、远程一键盘点、3D地图动态展示、智能堆取料决策及库存优化等功能，显著提升煤场管理效率与准确度，减少人工错误与工作量，确保数据的精确一致，提高盘点与堆取料的效率准确性，并通过可视化管理和科学库存优化，助力管理人员做出更合理决策，有效降低运营成本，增强市场竞争力。

(2) 燃料不间断跟踪子系统

燃料不间断跟踪子系统是新昌发电分公司智能化燃料管理的核心，它实时监控燃料全过程，集成SIS、盘煤系统等数据，精确掌握来煤质量和数量，确保稳定供应。系统具备存煤监视与煤仓、入炉煤动态监视功能，多维度展示存煤及煤质信息，实时提醒操作人员，优化燃料调度。基于实时煤质数据，系统分析燃烧特性，提供最佳运行参数，提升锅炉经济性和稳定性。实施该系统显著提升燃料管理实时性、精确性，降低库存成本、自燃损耗和资金占用，实现智能化管理和经济效益最大化。

(3) 智能配煤寻优子系统

智能配煤寻优子系统是新昌发电分公司燃料管理的智能化核心，集成燃料知识库、优化配煤计算和上仓优化等功能模块。通过建立煤质特性、配煤掺烧及在线寻优数据库，系统能精准掌握煤种特性，自动计算最佳配煤方案，优化上仓组合，提高锅炉燃烧效率。同时，煤耗在线计算与配煤效益、混煤成本分析等功能，为燃料经济性和成本效益提供有力支持。

该系统具备实时监控、多维度分析及智能提醒功能，确保燃料管理稳定高效，直观展示燃料状态辅助决策，并通过智能配煤寻优降低库存成本、自燃损耗和资金占用，实现燃料经济效益最大化，推

动燃料管理智能化升级。

项目实施效果评估

通过智能化燃料管理系统的引入，新昌发电分公司在多个方面实现显著的成本节约。系统优化了煤种的采购和配比，使得燃料成本大幅下降。具体而言，通过智能配煤寻优技术，公司能够选择性价比最高的煤种组合，避免低成本煤种的过度使用。此外，系统的实时监控和动态展示功能有效减少了库存成本和自燃损耗，进一步降低了运营费用。项目实施效果见表1。

表1 新昌发电分公司智能化燃料管理系统实施效果评估

指标	实施前	实施后
年度燃料总成本/万元	5 000	4 200
库存成本/万元	800	600
自燃损耗/万元	150	80
盘点效率 (%)	22	30
操作准确性 (%)	21	25
燃料调度优化 (%)	15	20
SO ₂ 排放量/ (t/年)	1 000	800
NO _x 排放量/ (t/年)	800	600
PM _{2.5} 排放量/ (t/年)	500	400
自燃损耗/ (t/年)	300	150

结束语

通过本文的探讨和分析，可以看出智能化燃料管理系统在火电厂燃料管理中的应用与优化具有显著的优势。数据驱动的决策模型和智能配煤寻优技术不仅提升锅炉效率，实现节能减排与成本控制的目标，还为火电厂的可持续发展提供有力支持。新昌发电分公司的案例进一步验证这些技术的有效性和实用性。未来，随着技术的不断进步和应用范围的扩展，智能化燃料管理系统将在更多领域发挥重要作用，助力各行业实现高效、环保和可持续发展目标。EA

(收稿日期：2024-11-21)

