

火电厂生产运行中的能效监测与数据分析方法研究

史建涛

宁夏银星发电有限责任公司 宁夏 银川 750411

摘要：本文聚焦于火电厂生产运行中的能效监测与数据分析方法。详细阐述了构建能效监测系统的关键环节，深入探讨了多种数据分析方法在火电厂能效评估、诊断及优化中的应用。同时分析了面临的挑战并展望了未来发展趋势。旨在助力火电厂提高能源利用效率，实现经济效益与环境效益的双赢。

关键词：火电厂；能效监测；数据分析；能源利用；节能减排

1 引言

在全球能源需求持续攀升以及环境保护意识日益增强的大背景下，火电厂作为能源消耗与污染物排放的大户，其生产运行中的能效监测与数据分析显得尤为关键。火电厂传统的生产模式往往伴随着大量的能源浪费和较高的污染物排放，这不仅增加了企业的生产成本，也对环境造成了严重破坏。因此，通过有效的能效监测与数据分析，优化能源利用，降低生产成本，减少环境污染，已成为火电厂实现可持续发展的必由之路。

2 火电厂能源利用现状与挑战

火电厂主要依赖燃烧化石燃料（如煤、石油、天然气等）来产生电能。然而，这一能量转换过程效率较低，大量的热能以废热的形式散失到环境中。以燃煤电厂为例，煤炭在锅炉中燃烧时，只有约 35% - 40% 的热量能够转化为电能，其余部分则通过烟气、冷却水等途径散失。此外，火电厂的能源转换过程还伴随着大量的污染物排放，如二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等，对环境造成了严重污染。随着能源价格的波动和环保法规的日益严格，火电厂面临着巨大的成本压力和环境约束。

3 火电厂能效监测系统的构建

3.1 系统架构

火电厂能效监测系统通常由数据采集层、数据传输层、数据处理与分析层以及应用展示层组成。（1）数据采集层：负责采集火电厂各生产环节的能源消耗数据、设备运行参数、环境参数等。采集设备包括各种传感器、智能仪表等，这些设备将采集到的数据转换为数字信号，并传输给数据传输层。（2）数据传输层：负责将数据采集层采集到的数据传输到数据处理与分析层。传输方式可以采用有线网络（如以太网、光纤等）或无线网络（如Wi-Fi、ZigBee等），具体选择取决于火电厂的实际情况和需求^[1]。（3）数据处理与分析层：是能效监测系统的核心部分，负责对传输过来的数据进行处理

和分析。处理过程包括数据清洗、数据校准、数据融合等，以确保数据的准确性和可靠性。分析过程则采用各种算法和模型，对能源消耗数据进行深度挖掘，发现能源利用中的规律和问题。（4）应用展示层：将数据处理与分析层得到的结果以直观的方式展示出来，供火电厂管理人员和操作人员参考。展示形式可以包括图表、曲线、报表等，还可以结合地理信息系统（GIS）等技术，实现能源消耗数据的可视化展示。

3.2 关键技术

3.2.1 传感器技术

传感器是数据采集层的关键设备，其性能直接影响到数据采集的准确性和可靠性。在火电厂能效监测系统中，常用的传感器除了上述提到的温度传感器、压力传感器、电能质量传感器外，还有流量传感器，用于测量蒸汽、水等介质的流量；液位传感器，用于监测水箱、油箱等容器的液位高度。这些传感器需要具备高精度、高稳定性、抗干扰能力强等特点，以适应火电厂复杂恶劣的工作环境。

3.2.2 数据传输技术

数据传输技术负责将采集到的数据传输到数据处理与分析层。在火电厂中，由于数据传输量大、实时性要求高，因此需要选择高效、稳定的数据传输技术。有线网络传输技术如以太网，具有传输速度快、带宽大的优点，适用于对实时性要求较高的数据传输；光纤传输则具有抗干扰能力强、传输距离远的优点，可用于长距离的数据传输。无线网络传输技术如 Wi-Fi，便于安装和维护，适用于一些布线困难的区域；ZigBee 技术则具有低功耗、低成本的优点，可用于一些对数据传输量要求不高的设备之间的通信。

3.2.3 数据处理与分析技术

数据处理与分析技术是能效监测系统的核心部分。数据处理技术中的统计分析方法，如均值、方差、最大

值、最小值等描述性统计，可以揭示能源消耗数据的分布规律；假设检验、方差分析等推断性统计，可以判断不同因素对能源消耗的影响是否显著。机器学习算法如支持向量机（SVM），可用于对能源消耗数据进行分类和预测；神经网络（NN）则可以处理复杂的非线性关系，提高数据分析的准确性。数据挖掘方法如关联规则挖掘，可以发现火电厂各生产环节之间的能源消耗关联规则；聚类分析可以将能源消耗数据按照相似性进行分类，为能效优化提供新的思路。

4 火电厂能效监测中的数据分析方法

4.1 数据预处理

4.1.1 数据清洗

数据清洗是去除采集到的数据中的错误或异常值的过程。除了基于统计的方法（如 3σ 原则）外，还可以采用基于规则的方法，如逻辑检查。例如，在火电厂中，锅炉的蒸汽温度不可能超过某个极限值，如果采集到的数据超过了这个极限值，就可以判断为异常值并进行剔除。

4.1.2 数据校准

数据校准是对传感器的测量误差进行修正的过程。基于标准物质的方法是将传感器与已知准确度的标准物质进行比较，根据比较结果对传感器进行校准。基于模型的方法则是通过建立传感器的数学模型，利用已知数据对模型参数进行调整，从而提高传感器的测量准确性。

4.1.3 数据融合

数据融合是将多个传感器的数据进行综合处理的过程。加权平均法是一种常用的数据融合方法，它根据各个传感器的精度和可靠性，为其分配不同的权重，然后计算加权平均值。卡尔曼滤波法则是一种递归滤波算法，它可以根据前一时刻的估计值和当前时刻的观测值，对系统的状态进行最优估计，适用于动态数据的融合。

4.2 数据分析方法

4.2.1 统计分析

统计分析是数据分析中最常用的方法之一。通过对能源消耗数据进行描述性统计，可以了解数据的集中趋势、离散程度等特征。例如，通过计算某段时间内火电厂的供电煤耗率的均值和方差，可以评估该火电厂的能效水平是否稳定。推断性统计则可以用于分析不同因素对能源消耗的影响^[2]。例如，通过方差分析可以判断锅炉的燃烧参数（如煤粉细度、空气过量系数等）对供电煤耗率是否有显著影响。

4.2.2 机器学习

机器学习算法在火电厂能效监测中具有广泛的应

用。支持向量机（SVM）可以用于对能源消耗数据进行分类，例如将不同工况下的能源消耗数据分为不同的类别，以便进行针对性的分析。神经网络（NN）可以建立能源消耗与各影响因素之间的非线性模型，通过训练神经网络，可以预测火电厂的能源消耗量。决策树（DT）则可以用于决策分析，例如根据当前的设备运行状态和环境参数，决策树可以给出最优的运行方案。

4.2.3 数据挖掘

数据挖掘方法可以从大量数据中提取有价值的信息。关联规则挖掘可以发现火电厂各生产环节之间的能源消耗关联规则，例如，发现锅炉的燃烧效率与汽轮机的效率之间存在某种关联关系，从而为能效优化提供新的思路。聚类分析可以将能源消耗数据按照相似性进行分类，例如将不同时间段的能源消耗数据分为高能耗、中能耗和低能耗三类，以便对不同类别的数据进行深入分析。异常检测可以发现能源消耗数据中的异常点，例如，当某台设备的能源消耗突然大幅增加时，通过异常检测可以及时发现并进行故障排查。

4.3 能效评估与诊断

4.3.1 能效评估

能效评估是对火电厂能源利用效率进行量化评价的过程。常用的能效评估指标包括供电煤耗率、厂用电率、热效率等。供电煤耗率是指火电厂每生产一度电所消耗的标准煤量，它是衡量火电厂能效水平的重要指标之一。厂用电率是指火电厂厂用设备消耗的电量占发电量的百分比，降低厂用电率可以有效提高火电厂的经济效益^[3]。热效率是指火电厂将燃料的热能转化为电能的效率，提高热效率是火电厂能效优化的关键目标。通过能效评估，可以找出火电厂在能源利用方面存在的问题和不足，为能效优化提供方向和目标。

4.3.2 能效诊断

能效诊断是对火电厂能源利用问题进行深入分析的过程。它通常结合数据分析和专家经验进行。鱼骨图分析法是一种常用的能效诊断方法，它通过绘制鱼骨图，将影响能源利用效率的各种因素进行分类整理，找出问题的根源。因果分析法则通过分析各因素之间的因果关系，确定导致能效低下的主要原因。例如，通过因果分析可以发现锅炉燃烧不充分是由于煤粉细度不合格、空气过量系数不当等原因造成的。

5 火电厂能效监测与数据分析面临的挑战

5.1 数据质量问题

尽管火电厂能效监测系统中采用了各种传感器和智能仪表来采集数据，但由于环境干扰、设备故障等原

因,采集到的数据可能存在错误或异常值。例如,在高温、高湿、强电磁干扰的环境下,传感器的测量精度可能会受到影响,导致采集到的数据不准确。此外,设备故障也可能导致数据丢失或异常。这些数据质量问题会影响数据分析的准确性和可靠性,进而影响能效监测的效果。

5.2 数据集成与融合难题

火电厂能效监测系统中涉及多种数据源和不同类型的数据(如结构化数据、非结构化数据等),如何将这些数据进行有效集成和融合是一个难题。数据集成与融合需要解决数据格式不一致、数据语义不一致等问题。例如,不同厂家生产的传感器采集到的数据格式可能不同,需要进行格式转换;不同设备之间的数据语义可能存在差异,需要进行语义映射。此外,数据集成与融合还需要考虑数据的安全性和隐私保护问题。

5.3 算法选择与优化

在火电厂能效监测与数据分析中,算法的选择和优化对于提高分析准确性和效率至关重要。然而,由于火电厂生产过程的复杂性和多变性,很难找到一种通用的算法来适应所有情况。不同的算法在处理不同类型的数据和问题时具有不同的优缺点,需要根据实际情况选择合适的算法,并不断进行优化和改进。例如,在能源消耗预测中,不同的预测算法(如时间序列分析、神经网络等)在不同的工况下可能具有不同的预测精度。

6 火电厂能效监测与数据分析的未来发展趋势

6.1 智能化与自动化

随着人工智能、物联网等技术的不断发展,火电厂能效监测与数据分析将朝着智能化和自动化的方向发展。未来,火电厂将能够实现能源消耗的自动监测、自动分析和自动优化。例如,通过智能传感器和物联网技术,可以实时采集设备的运行状态和能源消耗数据,并自动上传到云端进行分析;通过人工智能算法,可以自动诊断能源利用中的问题,并提出优化建议;通过自动化控制系统,可以根据优化建议自动调整设备的运行参数,实现能源消耗的自动优化。

6.2 大数据与云计算的融合应用

大数据技术和云计算技术将为火电厂能效监测与数据分析提供更强大的支持。通过大数据技术,可以处理和分析海量的历史运行数据,发现能源利用中的规律和问题;通过云计算技术,可以实现数据的远程存储和计算,降低火电厂的硬件投入和维护成本^[4]。例如,火电厂可以将采集到的数据上传到云端,利用云计算平台的强

大计算能力进行数据分析,然后将分析结果反馈给火电厂的管理人员和操作人员。

6.3 跨领域合作与共享

火电厂能效监测与数据分析将与其他领域(如新能源、智能电网等)进行更广泛的合作与共享。通过跨领域合作与共享,可以借鉴其他领域的先进技术和经验,推动火电厂能效监测与数据分析技术的不断创新和发展。例如,与新能源领域合作,可以研究如何将新能源与火电厂的能源供应进行优化整合;与智能电网领域合作,可以实现火电厂与电网之间的实时互动和优化调度。

6.4 政策引导与标准制定

政府将出台更多关于火电厂能效监测与数据分析的政策和标准,以引导火电厂加强能效管理工作。这些政策和标准将规范火电厂能效监测与数据分析的行为和方法,提高能效监测的准确性和可靠性。例如,制定火电厂能效监测系统的建设标准和数据采集规范,确保不同火电厂之间的数据具有可比性;出台鼓励火电厂采用先进能效监测与数据分析技术的政策,推动火电厂的节能减排工作。

结语

火电厂生产运行中的能效监测与数据分析对于提高能源利用效率、降低生产成本、减少环境污染具有重要意义。通过构建能效监测系统并采用合适的数据分析方法,可以实时掌握火电厂的能源消耗情况,发现能源利用中的问题并采取相应措施进行优化。然而,火电厂能效监测与数据分析也面临着数据质量问题、数据集成与融合难题、算法选择与优化等挑战。未来,随着智能化、自动化、大数据与云计算等技术的不断发展以及政策引导与标准制定的不断完善,火电厂能效监测与数据分析将迎来更加广阔的发展前景。火电厂应积极探索和应用新技术、新方法,不断提高能效监测与数据分析的水平和能力,为实现可持续发展和绿色转型做出更大贡献。

参考文献

- [1]杜赢.基于物联网的火电厂设备实时监测系统设计与应用[J].自动化应用,2025,66(03):201-203.
- [2]赵凡.火电厂火电机组运行状态智能监测系统设计与应用[J].电力设备管理,2024,(23):143-145.
- [3]李峰.基于动力定位技术的火电厂碳排放实时监测系统[J].自动化技术与应用,2024,43(05):173-176+188.
- [4]孔令峰.火电厂锅炉性能监测的数据驱动框架[J].电气技术与经济,2024,(03):201-203.