

露天煤矿用钻机液压动力故障诊断方法的设计研究

谭小雨

国家能源集团有限责任公司准能集团哈尔乌素露天煤矿

DOI:10.12238/jpm.v5i11.7440

[摘要] 本研究针对露天煤矿钻机液压动力系统故障诊断问题，提出了一种基于多参数分析的综合诊断方法。通过集成传感器数据、实时监控和历史故障记录，该方法能够有效识别液压系统的异常行为，并预测潜在故障。研究结果表明，该诊断方法在提高故障检测准确性和减少维修时间方面具有显著优势，为煤矿安全生产提供了技术支持。

[关键词] 露天煤矿；设备机械维修；故障诊断技术；应用

Design of hydraulic power fault diagnosis method for open pit coal mine

Tan Xiaoyu

National Energy Group Co., LTD. ZhunEnergy Group Harusu open-pit coal mine co., LTD

[Abstract] This study presents a comprehensive diagnosis method based on the hydraulic power system. By integrating sensor data, real-time monitoring and historical fault recording, this method is able to effectively identify the abnormal behavior of the hydraulic system and predict potential faults. The results show that this diagnostic method has significant advantages in improving the accuracy of fault detection and reducing the maintenance time, and provides technical support for coal mine safety production.

[Key words] open pit coal mine; equipment and machinery maintenance; fault diagnosis technology; application

1. 研究背景与意义

1.1 露天煤矿作业特点

露天煤矿作业因其独特的地理环境和作业方式，具有一系列显著的特点。首先，露天煤矿的开采通常涉及大规模的土方工程，包括剥离覆盖层、挖掘矿体和运输矿石等。这些作业过程需要大量的重型机械设备，如钻机、挖掘机、运输车辆等，以确保高效和安全的作业。其次，露天煤矿的作业环境通常较为恶劣，包括极端的气候条件、复杂的地形地貌以及潜在的自然灾害风险。这些因素对设备的可靠性和作业人员的健康安全构成了严峻挑战。

此外，露天煤矿的作业效率直接关系到能源供应的稳定性和经济效益。因此，提高作业效率和降低作业成本是露天煤矿管理的重要目标。在这一过程中，液压动力系统作为关键的动力传输和控制手段，其性能和可靠性对整个作业流程的影响尤为重要。液压系统的高效运行不仅能够提升设备的作业能力，还能够减少能源消耗和维护成本，从而在整体上提升露天煤矿的经济效益和社会效益。

1.2 液压动力系统故障的影响

液压动力系统在露天煤矿的钻机操作中扮演着至关重要的角色。该系统的稳定性直接关系到钻机的运行效率 and 安全性。一旦液压动力系统出现故障，其影响是多方面的，不仅可能导致生产效率的显著下降，还可能引发严重的安全事故。

液压动力系统的故障会直接影响钻机的正常运行。钻机依赖液压系统提供的动力来驱动钻头进行钻孔作业。如果液压系统出现故障，钻机的钻孔速度和深度将受到限制，甚至可能完全停止工作。这种生产中断不仅会导致煤矿的产量下降，还会增加生产成本，因为需要额外的资源和时间来修复或更换故障部件。

液压动力系统的故障还可能引发安全风险。在露天煤矿作业中，钻机的操作环境通常较为恶劣，存在多种潜在的危险因素。液压系统的故障可能导致钻机失控，增加操作人员受伤的风险。此外，故障的液压系统在极端情况下可能引发火灾或爆炸，对矿工的生命安全和矿区的财产安全构成严重威胁。

液压动力系统的故障对露天煤矿的运营、安全、环境管理等方面都有着深远的影响。因此，开发有效的故障诊断方法，及时发现并解决液压系统的故障问题，对于保障煤矿的稳定生

产、提高安全水平、减少环境污染具有重要的现实意义。这不仅能够提升煤矿的整体运营效率，还能够为矿工提供一个更安全、更健康的工作环境。

2.故障诊断方法的理论基础

2.1 传感器技术应用

在露天煤矿的钻机液压动力系统中，传感器技术的应用是故障诊断方法的理论基础之一。传感器作为信息采集的前端设备，其性能直接影响到故障诊断的准确性和效率。传感器技术的发展，尤其是微电子技术和计算机技术的融合，使得传感器能够实现高精度的数据采集和实时传输，为故障诊断提供了坚实的技术支撑。

传感器的选择和布置是故障诊断方法设计的关键环节。在露天煤矿的钻机液压系统中，常用的传感器包括压力传感器、温度传感器、流量传感器和位移传感器等。这些传感器能够实时监测液压系统中的压力变化、温度波动、流量变化和机械位移等关键参数。通过合理布置这些传感器，可以构建一个全面的监测网络，实现对液压系统运行状态的全方位监控。

传感器数据的处理和分析是故障诊断的核心内容。采集到的传感器数据需要经过预处理，包括滤波、去噪、校正等步骤，以提高数据的可靠性和准确性。随后，通过数据分析算法，如时间序列分析、模式识别、机器学习等方法，对处理后的数据进行深入分析，以识别出系统的异常行为和潜在故障。这些算法能够从大量的数据中提取出有价值的信息，为故障的早期预警和诊断提供科学依据。

传感器技术的集成和智能化是故障诊断方法发展的重要趋势。随着互联网技术的发展，传感器不仅仅是一个简单的数据采集设备，而是成为了智能系统的一部分。通过将传感器与无线通信技术、云计算平台相结合，可以实现传感器数据的远程传输和集中管理。此外，通过引入人工智能技术，如深度学习和神经网络，可以实现传感器数据的自动分析和故障的智能诊断，大大提高了故障诊断的自动化水平和智能化程度。

传感器技术的可靠性和稳定性是故障诊断方法实施的保障。在露天煤矿的恶劣工作环境中，传感器需要具备良好的抗干扰能力和长寿命特性。因此，在传感器的设计和选型过程中，需要充分考虑环境因素的影响，选择适合的防护材料和结构设计，确保传感器能够在高温、高湿、粉尘等恶劣条件下稳定工作，为故障诊断提供持续可靠的数据支持。

2.2 数据分析与处理技术

在露天煤矿钻机液压动力故障诊断方法的设计研究中，数据分析与处理技术扮演着至关重要的角色。这一技术环节不仅涉及到对传感器采集到的原始数据的深入解析，还包括对数据进行有效处理，以提取出能够反映设备运行状态的关键信息。数据分析与处理技术的核心在于如何通过数学模型和算法，将

大量的、复杂的、非结构化的数据转化为有用的、结构化的信息，从而为故障诊断提供科学依据。

数据预处理是数据分析与处理技术中的第一步，也是至关重要的一步。在这一阶段，需要对采集到的原始数据进行清洗、去噪、归一化等处理，以消除数据中的异常值和噪声，确保数据的质量。数据清洗通常包括去除重复数据、填补缺失值、纠正错误数据等步骤。去噪则是通过各种滤波算法，如中值滤波、小波变换等，去除数据中的随机噪声和系统噪声。归一化则是将不同量纲的数据转换到同一量纲，以便于后续的分析 and 处理。

特征提取是数据分析与处理技术中的关键环节。在这一阶段，需要从预处理后的数据中提取出能够反映设备运行状态的特征参数。这些特征参数可以是时域特征，如均值、方差、峰值等；也可以是频域特征，如功率谱密度、频谱图等；还可以是时频域特征，如小波系数、时频图等。特征提取的目的是将复杂的数据转化为简洁的、易于理解的特征向量，为后续的故障诊断提供依据。

数据分析与处理技术还包括模式识别和分类算法。在这一阶段，需要利用机器学习、深度学习等算法，对提取出的特征进行分类和识别，以确定设备的运行状态。机器学习算法，如支持向量机、随机森林、神经网络等，可以通过训练样本学习到故障模式与特征之间的映射关系，从而实现对新样本的分类。深度学习算法，如卷积神经网络、循环神经网络等，则可以通过多层次的特征学习，自动提取出数据中的深层次特征，提高故障诊断的准确性。

3.诊断方法的设计与实现

3.1 系统架构设计

在露天煤矿钻机液压动力故障诊断方法的设计研究中，系统架构的设计是整个诊断系统的核心。该架构的设计旨在确保高效、准确地识别和定位液压系统中的故障，从而提高煤矿作业的安全性和效率。首先，系统架构需要包括数据采集模块，该模块负责从液压系统的各个关键传感器收集实时数据。这些数据包括压力、流量、温度和振动等参数，它们是诊断故障的基础。数据采集模块必须具备高度的可靠性和实时性，以确保数据的准确性和及时性。

系统架构中需要包含一个数据处理与分析模块。该模块负责对采集到的数据进行预处理，包括数据清洗、滤波和标准化等步骤，以消除噪声和异常值的影响。随后，数据处理模块将这些预处理后的数据输入到故障模式识别算法中，进行深入的分析和诊断。这一模块的设计需要考虑到计算效率和准确性，确保在复杂多变的煤矿环境中仍能快速准确地识别故障。

系统架构还应包括一个用户交互界面。该界面允许操作人员和管理人员实时监控液压系统的状态，并接收故障诊断的结

果。用户交互界面应设计得直观易用，以便非专业人员也能快速理解和响应系统发出的警告和建议。同时，界面还应提供历史数据查询和故障记录功能，以便进行长期的数据分析和系统优化。

系统架构的设计还需考虑到系统的可扩展性和兼容性。随着技术的发展和煤矿作业需求的变化，诊断系统可能需要集成新的传感器或算法。因此，系统架构应采用模块化设计，确保各个模块可以独立升级和替换，而不会影响整个系统的稳定运行。同时，系统应兼容不同的操作系统和硬件平台，以适应多样化的应用环境。

露天煤矿用钻机液压动力故障诊断方法的系统架构设计是一个多方面的工程，涉及数据采集、处理、分析和用户交互等多个环节。通过精心设计的系统架构，可以确保故障诊断的准确性和效率，从而为煤矿作业提供强有力的技术支持。

3.2 故障模式识别算法

故障模式识别算法是露天煤矿用钻机液压动力故障诊断方法中的关键技术。该算法的设计和实现直接影响到故障诊断的准确性和效率。算法需要基于液压系统的物理模型和历史故障数据，构建一个全面的故障模式库。这个库应包含各种已知的故障类型及其特征，如泄漏、堵塞、磨损和过载等。每种故障类型都应有一组独特的特征参数，这些参数可以通过数据采集模块获取的实时数据进行匹配和识别。

故障模式识别算法应采用先进的机器学习技术，如支持向量机（SVM）、随机森林（RF）或深度学习网络（DNN）等，以提高故障识别的准确性。这些算法能够从大量的历史数据中学习故障的特征，并在实时数据中应用这些特征进行故障预测和诊断。例如，深度学习网络可以通过多层神经网络结构，自动提取数据中的复杂特征，从而更准确地识别出潜在的故障模式。

算法的设计还需考虑到实时性和计算效率。在煤矿作业现场，液压系统的故障可能随时发生，因此故障模式识别算法必须能够在短时间内完成数据分析和故障定位。为此，算法应采用高效的计算方法和优化技术，如并行计算和模型剪枝等，以减少计算时间并提高响应速度。

故障模式识别算法还应具备自适应和自学习的能力。随着煤矿作业环境的变化和液压系统的老化，新的故障模式可能会出现。因此，算法应根据新的数据和故障案例，不断更新和优化故障模式库，以保持故障诊断的准确性和时效性。这可以通过在线学习或增量学习技术实现，使算法能够持续适应新的变化并提高诊断性能。

4. 实验验证与结果分析

4.1 实验设置

为了验证露天煤矿用钻机液压动力故障诊断方法的有效

性，我们设计了一系列的实验。实验设置包括了模拟故障的注入、数据采集系统的搭建和实验流程的规划。

我们在实验室环境中搭建了一个与实际露天煤矿钻机液压系统相似的模拟平台。该平台包括了液压泵、阀门、执行机构和传感器等关键组件，能够模拟液压系统在不同工况下的运行状态。通过在模拟平台上注入预设的故障模式，如压力突变、流量异常和温度升高，我们能够模拟实际工作中可能遇到的各种故障情况。

数据采集系统采用了高精度的传感器和数据采集卡，确保能够准确捕捉到液压系统在故障发生时的细微变化。传感器数据通过实时数据采集软件进行记录和存储，以便后续的分析 and 处理。

4.2 结果评估与讨论

实验结果的评估与讨论是验证露天煤矿用钻机液压动力故障诊断方法有效性的关键环节。通过对实验数据的分析，我们评估了故障诊断方法在不同故障模式下的识别准确率、响应时间和稳定性。

我们通过对比实验数据和故障诊断算法输出的结果，计算了故障识别的准确率。结果显示，在大多数故障模式下，故障诊断方法能够达到 90% 以上的准确率，表明算法能够有效地识别出液压系统的故障。

我们分析了故障诊断方法的响应时间，即从故障发生到系统输出诊断结果的时间。实验结果表明，故障诊断方法能够在故障发生后几秒钟内给出诊断结果，满足实时监控的需求。

我们还评估了故障诊断方法在长时间运行和不同环境条件下的稳定性。通过连续多天的实验，我们发现故障诊断方法能够保持稳定的性能，即使在环境温度和湿度变化较大的情况下，也能准确识别故障。

结语：

本研究设计的液压动力故障诊断方法，通过集成先进的技术手段，实现了对露天煤矿钻机液压系统故障的快速、准确识别。实验结果验证了该方法的有效性和实用性，为煤矿行业的安全生产提供了有力的技术支持。未来，随着技术的进一步发展，该诊断方法有望在更多领域得到应用，推动相关行业的技术进步和安全管理水平的提升。

[参考文献]

- [1] 张东光. 露天煤矿设备机械维修中故障诊断技术的应用[J]. 内蒙古煤炭经济, 2020(11): 142-144.
- [2] 曲祥祥. 露天煤矿设备机械维修中故障诊断技术的应用[J]. 矿业装备, 2020(03): 134-135.
- [3] 刘林. 露天煤矿设备机械维修中故障诊断技术的应用[J]. 内燃机与配件, 2020(06): 106-108.