

4 总结

通过本研究,主要取得以下成果:第一,明确了八区530井区的地质特征和开发矛盾,认识到裂缝-孔隙双介质储层的强非均质性是影响开发效果的主要因素;第二,系统分析了传统示踪剂监测方法的局限性,指出了其在定量表征方面的不足;第三,建立了基于多源信息融合的动态监测方法,形成了完整的监测技术体系;第四,设计了针对性的动态监测方案,为油田开发调整提供了可靠依据。

新的动态监测方案在多个方面实现了技术创新:提出了考虑复杂介质特征的分数阶微分模型,设计了科学合理的阶梯注入制度,建立了多参数反演的解释方法。这些创新有效解决了传统方法的不足,提高了监测资料的可靠性和应用价值。

尽管本研究取得了重要进展,但仍有一些问题需要进

一步研究:首先是多相渗流条件下的监测方法,需要研究气-液-固多相相互作用对监测结果的影响;其次是实时监测技术,需要开发更先进的传感器和传输系统;第三是智能解释方法,需要引入人工智能技术提高解释效率和准确性^[3]。

参考文献

- [1] ZHENG C, GUO G J, LU C, et al. Water/Methane Two - Phase Flow in the SiO₂ Nanoslit Can Be Well Described via the Deformed Water Layer Model: A Molecular Simulation Study[J]. *Geophysical Research Letters*, 2025, 52(4): e2024GL113458.
- [2] 韩文龙, 李勇, 王延斌, 等. 煤层气储层气-液-固多相渗流规律研究[J]. *煤矿安全*, 2024, 55(7): 22-30.
- [3] SPAHN M, et al. DiffExplainer: Towards cross-modal global explanations with diffusion models[J]. *Computer Vision and Image Understanding*, 2025. (Open Access)

Fault Diagnosis and Predictive Maintenance Strategy for Mixing Equipment in Wet Process Plants

Zerun Shi

Zambia Luanshya Copper Co., Ltd., Beijing, 100010, China

Abstract

As the mixing equipment in wet-process plants becomes increasingly complex, the frequent occurrence of equipment failures presents significant challenges to production efficiency and equipment lifespan. Traditional maintenance methods often rely on regular inspections and human judgment, which can lead to undetected failures that impact production continuity and stability. Therefore, research into the fault diagnosis and predictive maintenance strategies for mixing equipment aims to improve equipment reliability and production efficiency. This paper first analyzes the common faults of mixing equipment in wet-process plants and their impact on production, discusses both traditional fault diagnosis methods and emerging technologies, and provides a scientific basis for enterprise equipment management.

Keywords

Wet-process plant; Mixing equipment; Fault diagnosis; Predictive maintenance; Equipment management

湿法厂搅拌设备故障诊断与预测性维护策略

石泽润

赞比亚卢安夏铜业有限公司, 中国·北京 100010

摘要

随着湿法厂生产过程中的搅拌设备日益复杂化, 设备故障的频繁发生给生产效率和设备寿命带来了严峻挑战。传统的维修方式常依赖于定期检查和人为判断, 导致故障发生时常常未能及时发现, 影响生产的持续性与稳定性。因此, 开展搅拌设备故障诊断与预测性维护策略的研究, 旨在提高设备的可靠性和生产效率。本文首先分析了湿法厂搅拌设备的常见故障及其对生产的影响, 探讨了故障诊断的传统方法与新兴技术, 为企业设备管理提供科学依据。

关键词

湿法厂; 搅拌设备; 故障诊断; 预测性维护; 设备管理

1 引言

湿法厂中的搅拌设备作为关键生产设施, 其运行稳定性直接影响到产品质量和生产效率。随着工业自动化程度的提升, 搅拌设备在湿法生产过程中发挥着越来越重要的作用。然而, 由于设备长时间处于高负荷工作状态, 容易发生故障, 导致生产中断或设备损坏, 进而影响企业的整体生产效率和盈利水平。传统的维护方法主要依赖于定期检查和维修, 但这种方式不仅无法及时发现潜在故障, 还可能导致不必要的维修成本和设备停机时间。为了提高设备的可靠性, 预测性维护应运而生。预测性维护基于实时监测和数据分析, 能够提前预测设备故障, 实施更为精准的维修决策, 从而避免设备突发性故障带来的损失。近年来, 随着大数据技术和人工智能的迅速发展, 预测性维护在搅拌设备中的应用

前景广阔。因此, 本文旨在通过分析湿法厂搅拌设备的常见故障类型与诊断方法, 提出一种新的基于数据分析的预测性维护策略, 为湿法厂的设备管理提供科学依据。

2 湿法厂搅拌设备故障诊断的重要性

2.1 故障诊断的基本概念与意义

故障诊断是指在设备出现问题时, 通过分析设备的运行状态和故障特征, 找出故障的根本原因, 并采取相应的措施进行修复。故障诊断对于设备管理至关重要, 尤其是在湿法厂这样的高负荷生产环境中, 搅拌设备的稳定性直接影响到生产的连续性和效率。及时发现并准确诊断设备故障, 有助于避免设备在生产过程中发生突发性故障, 减少生产中断带来的损失。故障诊断不仅能够降低维修成本, 还能够延长设备的使用寿命, 提高设备的可靠性。有效的故障诊断有助于通过数据分析提前预测潜在的故障, 从而制定出更为科学的维护计划, 保障设备的长期稳定运行。

【作者简介】石泽润(1977-), 男, 中国重庆人, 工程师, 从事机械维修研究。

2.2 湿法厂搅拌设备的工作原理与常见故障

湿法厂搅拌设备通常用于将不同原料通过搅拌作用混合均匀,完成生产过程中的物理变化。该设备通常由电动机、搅拌轴、传动装置、密封系统等组成。电动机通过传动装置驱动搅拌轴旋转,实现物料的搅拌作用。搅拌设备在长期的高负荷工作中容易出现各种故障,常见故障包括电动机过热、传动装置损坏、搅拌轴磨损以及密封系统泄漏等。电动机故障往往表现为过载、短路等问题,传动装置损坏则可能导致设备无法正常运转,搅拌轴磨损则会影响搅拌效率,密封系统泄漏则可能导致物料泄露或设备污染。这些常见故障会影响生产效率,甚至导致设备停运。

3 湿法厂搅拌设备故障诊断的现状与挑战

3.1 现有故障诊断技术的应用情况

目前,湿法厂搅拌设备的故障诊断技术主要依赖于振动监测、温度检测和声音分析等传统方法。这些技术虽然能有效识别机械故障和电气问题,但在复杂的生产环境中,往往面临一定的局限性。传统的诊断技术往往只能针对单一的故障类型进行监测,难以全面评估设备的整体健康状态。随着湿法厂生产过程中设备种类的增多以及工况的复杂性,单一的故障诊断手段已难以满足实时监测和精准诊断的需求。因此,现代故障诊断技术逐渐向多传感器融合、人工智能和大数据分析等方向发展,通过综合分析多源数据,提高诊断的准确性和可靠性。

3.2 湿法厂搅拌设备故障诊断的主要问题

湿法厂搅拌设备的故障诊断仍面临许多问题。首先,传统的诊断方法依赖人工操作和经验判断,导致诊断的准确性和效率受到限制。其次,设备故障的复杂性增加,单一的诊断方法难以涵盖所有可能的故障类型,尤其是在多因素作用下的故障诊断尤为困难。再者,设备的运行环境常常复杂且恶劣,如高温、高湿和重载等,这使得一些传统诊断方法难以在实际生产中稳定应用。最后,故障诊断系统的智能化程度和自动化水平较低,仍然依赖人工干预,无法实现全自动、实时的诊断和预测。这些问题严重影响了湿法厂搅拌设备的维护效率和生产安全。

3.3 面临的技术瓶颈与改进空间

湿法厂搅拌设备故障诊断技术面临的技术瓶颈主要体现在数据采集、分析算法和智能化应用等方面。首先,现有的传感器技术虽然能够采集设备的部分运行数据,但在极端环境下仍然存在数据采集不准确或不完整的问题。其次,数据分析技术虽然有一定发展,但针对湿法厂搅拌设备的复杂故障模式,现有的分析算法往往存在准确度不足、实时性差等问题。最后,设备的智能化水平仍然较低,许多诊断系统仍依赖人工操作,缺乏自主学习和预测的能力,无法满足高效生产的需求。针对这些瓶颈,未来的改进空间主要体现在提升传感器的精度与耐用性、优化数据分析算法、加强人

工智能技术的应用以及推动全自动智能诊断系统的建设等方面。

4 预测性维护的基本理论与方法

4.1 预测性维护的概念与发展历程

预测性维护是一种基于设备运行数据和健康状态的分析方法,旨在通过对设备状态的实时监测与数据分析,预测设备可能发生故障的时间点,从而采取适时的维修措施,避免设备故障的发生。预测性维护的发展历程可以追溯到20世纪80年代初,最早应用于航空航天领域。随着计算机技术、传感器技术和数据分析方法的进步,预测性维护逐步应用到各类工业领域。20世纪90年代,随着大数据技术的发展,更多的企业开始利用传感器采集设备运行数据并运用统计分析方法对数据进行处理。进入21世纪后,人工智能技术与机器学习算法的引入,使得预测性维护更加智能化,能够基于大量历史数据进行深度学习和故障预测。如今,预测性维护已成为工业设备管理的重要组成部分,其应用领域涵盖了从制造业到能源、交通等多个行业。当前,预测性维护不仅能提高设备的可靠性,还能降低设备的维护成本,延长设备的使用寿命,已成为设备管理中不可或缺的一部分。

4.2 预测性维护的核心技术与方法

预测性维护的核心技术包括数据采集、数据分析、故障检测和预测模型的建立。数据采集技术利用传感器和监测设备实时获取设备的运行数据,如温度、压力、振动、声音等参数,这些数据是诊断和预测设备健康状况的基础。数据分析则依赖于统计学方法和机器学习算法,通过对设备历史运行数据的分析,识别出潜在的故障模式,并构建预测模型。这些模型基于设备的运行特性,采用回归分析、分类算法等方法,建立设备故障的预测模型,预测设备何时发生故障。此外,故障检测技术通过分析实时数据,能够快速识别设备异常,为预测性维护提供依据。随着技术的发展,越来越多的预测性维护系统采用深度学习和人工智能算法,能够实现更精准的故障预测与提前预警。这些技术的结合,确保了预测性维护在提高设备运行效率、降低运维成本方面的巨大潜力。

4.3 预测性维护与传统维护方式的比较

预测性维护与传统维护方式的主要区别在于其前瞻性和数据驱动特性。传统的维护方式主要包括定期维护和故障后维修,定期维护通常按照预设的时间间隔进行设备检查和保养,虽然能定期保持设备的运行状态,但往往未能针对设备的实际运行状况进行调整。而故障后维修则是在设备发生故障后才进行修复,虽然能够解决问题,但会导致生产中断和不必要的停机时间。相比之下,预测性维护则通过实时监测设备的运行状态,利用数据分析提前预测设备的潜在故障,提前进行维修或更换零部件,避免设备故障的发生。预测性维护能够最大限度地减少设备停机时间和维修成本,提