

石油钻机电力设备故障预警与诊断技术研究

杨华¹ 范飞² 刘瑞睿³

1.杭州瑞网源技术有限公司; 2.中国石油集团川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司;
3.川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司第四工程项目部 浙江杭州 310000

【摘要】本文深入探讨了石油钻机电力设备故障预警与诊断技术。首先阐述了石油钻机电力设备的重要性以及故障预警与诊断的意义。详细分析了常见的电力设备故障类型及其产生原因。接着重点介绍了当前应用的多种故障预警与诊断技术,包括基于传感器技术、信号处理技术、人工智能算法等方面的方法。通过实际案例分析展示了这些技术在实际中的应用效果,并对未来该领域的发展趋势进行了展望,旨在为提高石油钻机电力设备运行可靠性和安全性提供理论支持和实践指导。

【关键词】石油钻机电力设备; 故障预警; 诊断技术研究

Research on fault warning and diagnosis technology of electric equipment for oil drilling rig

Yang Hua¹ Fan Fei² Liu Ruirui³

1.Hangzhou Ruinet Source Technology Co., LTD;

2.Changqing Drilling Corporation, Sinopec Chuanqing Drilling Engineering Co., LTD;

3.Changqing Drilling Corporation, Fourth Project Department of Sichuan Qinghai Drilling Engineering Co., LTD
Zhejiang Province Hangzhou City 310000

【Abstract】This paper delves into the fault warning and diagnostic technology for power equipment in oil drilling rigs.It first elucidates the importance of power equipment in oil drilling rigs and the significance of fault warning and diagnosis.A detailed analysis is provided on common types of power equipment failures and their causes.The focus then shifts to various fault warning and diagnostic technologies currently in use, including methods based on sensor technology, signal processing techniques, and artificial intelligence algorithms.Through case studies, the practical application effects of these technologies are demonstrated, and future trends in this field are outlined.The aim is to provide theoretical support and practical guidance for enhancing the reliability and safety of power equipment in oil drilling rigs.

【Key words】oil drilling rig power equipment; fault warning; diagnostic technology research

一、引言

石油钻机作为石油开采过程中的关键设备,其稳定运行对于石油生产的高效与安全至关重要。而电力设备作为石油钻机的动力核心,承担着为钻机各部件提供动力的重任。然而,由于石油钻机工作环境恶劣,电力设备长期处于复杂工况下,容易出现各种故障。一旦电力设备发生故障,不仅会导致钻机停机,影响石油开采进度,还可能引发安全事故,造成巨大的经济损失。因此,开展石油钻机电力设备故障预警与诊断技术研究具有重要的现实意义。通过有效的故障预警与诊断技术,可以提前发现电力设备潜在的故障隐患,及时采取措施进行维修或更换,从而保障石油钻机的正常运行,提高石油开采效率和安全性。

二、石油钻机电力设备常见故障类型及原因

(一) 电机故障

定子绕组故障

故障表现: 定子绕组短路、断路等。短路时会出现电流异常增大,电机发热严重;断路则会导致电机无法正常启动

或运行时转速不稳定。

原因分析: 主要是由于长期运行导致绝缘老化、受潮,或者受到机械振动、冲击等影响,使绝缘层受损,进而引发短路或断路故障。

转子故障

故障表现: 转子断条、不平衡等。转子断条会使电机运行时出现异常振动和噪声,输出转矩下降;转子不平衡则会导致电机振动加剧,影响设备寿命。

原因分析: 转子断条通常是由于长时间过载运行、频繁启动和制动等引起的疲劳断裂;转子不平衡可能是制造工艺问题或长期运行中受到磨损、腐蚀等因素影响。

(二) 变压器故障

绕组故障

故障表现: 绕组短路、匝间短路等。短路故障会导致变压器油温升高、油位异常,甚至可能引发爆炸。

原因分析: 绝缘老化、过电压冲击、外部短路等都可能引起绕组绝缘损坏,进而引发短路故障。

铁芯故障

故障表现: 铁芯接地不良、硅钢片短路等。铁芯接地不良会产生悬浮电位,引发局部放电;硅钢片短路会使铁芯损耗增加,变压器发热。

原因分析：安装过程中接地连接不可靠、长期运行中接地线路损坏，以及硅钢片表面绝缘涂层受损等是导致铁芯故障的主要原因。

（三）配电箱故障

开关故障

故障表现：开关触头接触不良、拒动或误动等。触头接触不良会导致发热、打火现象，严重时可能烧毁开关；拒动或误动则会影响电力系统的正常控制和保护。

原因分析：触头长期使用磨损、弹簧老化导致压力不足，以及控制回路故障等都可能引发开关故障。

线路故障

故障表现：线路短路、断路、绝缘损坏等。短路会引发跳闸，断路会导致相应设备失电，绝缘损坏则可能引发漏电事故。

原因分析：外力破坏、长期运行中的老化、受潮等因素是造成线路故障的主要原因。

三、石油钻机电力设备故障预警与诊断技术

（一）传感器技术

传感器是获取电力设备运行状态信息的关键部件。通过在电力设备关键部位安装各类传感器，可以实时监测设备的运行参数，如温度、电流、电压、振动等。例如，利用温度传感器可以监测电机、变压器等设备的绕组和铁芯温度，当温度超过正常范围时，可能预示着设备存在故障隐患。电流传感器可以实时监测设备的电流变化，通过分析电流的大小、波形等特征，判断设备是否存在短路、过载等故障。振动传感器则用于监测电机、泵等旋转设备的振动情况，异常振动往往是设备零部件磨损、不平衡等故障的表现。

（二）信号处理技术

从传感器获取的原始信号往往包含大量噪声和干扰信息，需要采用信号处理技术对其进行分析和处理，提取出能够反映设备故障特征的有效信息。常用的信号处理方法包括时域分析、频域分析和时频分析等。时域分析：通过对信号在时间域上的特征进行分析，如均值、方差、峰值等，来判断设备运行状态。例如，当电机电流的均值或方差出现异常变化时，可能表示电机存在故障。

频域分析：将时域信号通过傅里叶变换转换到频域，分析信号的频率成分。不同的故障类型会对应特定的频率特征，通过识别这些特征频率，可以诊断设备故障。例如，转子断条故障会在电机电流频谱中出现特定的边频分量。

时频分析：结合了时域和频域分析的优点，能够同时反映信号在时间和频率上的变化特性。小波变换是一种常用的时频分析方法，它可以对信号进行多分辨率分析，更准确地捕捉信号中的瞬态特征，对于诊断电力设备中的突发故障具有很好的效果。

（三）人工智能算法在故障诊断中的应用

随着人工智能技术的快速发展，其在石油钻机电力设备故障诊断领域得到了广泛应用。人工神经网络（ANN）：人工神经网络具有强大的非线性映射能力和自学习能力。通过

对大量已知故障样本数据进行训练，神经网络可以建立起设备运行参数与故障类型之间的映射关系，从而实现对未知故障的诊断。例如，采用多层感知机（MLP）神经网络对电机的电流、温度等参数进行学习和分析，能够准确判断电机是否存在故障以及故障类型。

支持向量机（SVM）：支持向量机是一种基于统计学习理论的机器学习算法，在小样本、高维数据分类问题上具有独特优势。它通过寻找最优分类超平面，将不同故障类型的数据进行准确分类。在石油钻机电力设备故障诊断中，SVM可以利用少量的故障样本数据建立有效的诊断模型，对设备故障进行准确诊断。

深度学习算法：深度学习算法如卷积神经网络（CNN）、循环神经网络（RNN）及其变体长短时记忆网络（LSTM）等在故障诊断领域展现出了卓越的性能。CNN 适用于处理图像、信号等数据，通过卷积层、池化层等操作自动提取数据的特征；RNN 和 LSTM 则擅长处理序列数据，能够捕捉时间序列中的长期依赖关系，对于分析电力设备运行参数随时间的变化规律非常有效。例如，利用 LSTM 网络对变压器油温、油色谱等时间序列数据进行分析，可以提前预测变压器可能出现的故障。

四、实际案例分析

某石油开采现场的一台石油钻机在运行过程中，电力设备出现异常。通过安装在电机、变压器等设备上的传感器实时采集运行参数，包括电流、温度、振动等数据。采集到的数据经过信号处理后，输入到预先训练好的基于深度学习的故障诊断模型中进行分析。诊断模型首先对数据进行特征提取，发现电机电流的波形出现异常畸变，且温度持续升高，振动幅值也超出正常范围。通过与模型中存储的故障模式进行比对，最终诊断结果显示电机存在定子绕组短路故障。根据诊断结果，维修人员及时对电机进行了检修，发现定子绕组部分绝缘层破损，导致短路。维修人员更换了受损的绕组，重新进行绝缘处理后，电机恢复正常运行。此次故障预警与诊断过程成功避免了电机故障进一步扩大，保障了石油钻机的正常运行，减少了因设备故障导致的停产时间和经济损失。

五、未来发展趋势

（一）多技术融合

未来石油钻机电力设备故障预警与诊断技术的发展趋势必然是多技术深度融合。传感器技术作为获取设备运行状态信息的源头，将不断向高精度、高可靠性和微型化方向发展。新型传感器能够更精准地捕捉电力设备在复杂工况下的微弱信号变化，例如能精确感知电机绕组极微小的温度波动以及极其细微的振动变化。

信号处理技术则会进一步优化，从传统的时域、频域分析拓展到更为复杂和精细的多域联合分析。通过先进的算

法,能够从海量的传感器数据中提取出最具代表性和诊断价值的特征信息,去除噪声和干扰,为后续的准确诊断奠定基础。

人工智能算法将在融合中发挥核心作用。深度学习算法不断进化,具备更强的特征学习和模式识别能力。例如,深度强化学习算法可以根据实时的设备运行数据动态调整诊断模型,使其更加贴合实际情况。物联网技术的融入更是为整个系统带来质的飞跃。借助物联网,分布在石油钻机各个角落以及不同作业区域的电力设备能够无缝连接,形成一个庞大的设备网络。所有设备的数据可以实时、稳定地传输到中央监控平台,实现数据的集中管理与共享。大数据分析技术则负责对这些海量、多源、异构的数据进行深度挖掘。通过关联分析不同设备、不同参数之间的潜在关系,发现隐藏在数据背后的故障模式和规律。这种多技术融合的方式,能够全方位、多角度地对电力设备进行监测和诊断,大大提高故障预警的及时性和诊断的准确性,确保石油钻机电力设备始终处于稳定可靠的运行状态。

(二) 智能化与自适应诊断

随着人工智能技术日新月异的发展,石油钻机电力设备故障诊断系统正迈向智能化与自适应的新阶段。智能化体现在诊断系统具备高度的自主决策和分析能力。智能诊断系统不再仅仅依赖预设的规则和模型,而是能够像人类专家一样,根据设备实时的运行状态做出灵活且精准判断。

当设备处于不同的工作模式或面临复杂多变的工况时,智能诊断系统可以自动调整诊断策略。例如,在石油钻机进行高强度钻进作业时,系统会自动加大对电机负载、温度等关键参数的监测频率和分析深度,因为此时电机更容易出现过载和过热故障。而在钻机处于相对平稳的辅助作业阶段,系统则会适当调整监测重点和分析方法。

实时更新故障模型是自适应诊断的关键特性。在设备运行过程中,诊断系统会不断收集新的数据,并与已有的故障模型进行对比分析。一旦发现新的故障迹象或数据特征与现有模型不符,系统会立即启动自我学习机制,运用先进的机器学习算法对新数据进行学习和分析,进而更新故障模型。

这种自适应能力使得诊断系统能够与时俱进,始终保持对最新故障类型和模式的识别能力。而且,随着设备运行时间的增长和数据积累的增多,诊断系统的诊断精度会不断提高。它可以从过去的诊断经验中吸取教训,优化诊断算法,减少误诊和漏诊的概率。例如,通过对多次相似故障诊断过程的复盘和学习,系统能够更加准确地把握故障发生的早期特征,提前发出预警,为设备维护争取更多时间,从而最大程度保障石油钻机电力设备的稳定运行,降低因故障导致的

生产中断风险。

(三) 早期故障预警与预测性维护

在未来石油钻机电力设备的研究领域,早期故障预警与预测性维护将成为重中之重。早期故障预警致力于在设备故障处于萌芽状态时就及时察觉。通过对设备运行数据进行深度、细致的分析,利用先进的数据分析算法和模型,挖掘数据中隐藏的微弱异常信号。

例如,对变压器油色谱数据进行长期跟踪分析,能够发现其中某些化学成分含量的微小变化趋势,这些微妙变化可能预示着变压器内部正在发生缓慢的绝缘老化或局部放电等潜在故障。同时,结合电机的振动频谱分析,即使是极其细微的振动频率变化也能被捕捉到,这有可能是电机转子不平衡或轴承磨损的早期迹象。预测性维护则是基于早期故障预警的成果,进一步对设备的健康状态和剩余寿命进行精准评估。通过建立科学的设备寿命预测模型,综合考虑设备的运行历史、当前状态、环境因素等多方面信息,预测设备在未来一段时间内发生故障的可能性和剩余可用寿命。基于这些预测结果,企业可以制定出更加合理、高效的维护计划。对于健康状态良好、剩余寿命较长的设备,可以适当延长维护间隔,减少不必要的维护工作,降低维护成本。而对于那些已经出现早期故障迹象、剩余寿命有限的设备,则提前安排针对性的维修或更换计划,避免设备故障进一步恶化,导致严重的生产事故和经济损失。这种基于早期故障预警的预测性维护模式,不仅能够有效降低设备维护成本,避免过度维护造成的资源浪费,还能显著提高设备的运行效率和可靠性。石油钻机电力设备可以在最佳的维护时机得到妥善处理,始终保持良好的运行状态,有力保障石油开采作业的连续性和稳定性,推动石油行业向着更加高效、智能的方向发展。

结语

石油钻机电力设备故障预警与诊断技术对于保障石油钻机的正常运行、提高石油开采效率 and 安全性具有重要意义。本文分析了常见的电力设备故障类型及原因,介绍了多种故障预警与诊断技术,包括传感器技术、信号处理技术和人工智能算法等,并通过实际案例展示了这些技术的应用效果。随着技术的不断发展,未来石油钻机电力设备故障预警与诊断技术将朝着多技术融合、智能化与自适应诊断以及早期故障预警与预测性维护等方向发展。通过不断深入研究和应用这些技术,将进一步提高石油钻机电力设备的运行可靠性和安全性,推动石油开采行业的可持续发展。

参考文献

- [1]基于 CNN 和 GRU 的滚动轴承退化状态评估及剩余寿命预测[D].韩林洁.机械科学研究总院, 2020
- [2]基于 LSTM 的采动覆岩变形监测数据预测方法研究[D].郝刘涛.西安科技大学, 2020
- [3]基于 RNN 的瓦斯浓度多参数融合预测研究[D].潘少波.西安科技大学, 2020
- [4]基于栈式自编码器神经网络的股价预测[D].乔磊磊.华侨大学, 2020
- [5]基于神经网络的道岔故障预测和诊断[D].侯大山.北京交通大学, 2019