

基于油液检测技术的全断面隧道掘进机故障预警方法研究

王祺龙

中铁隧道局集团有限公司设备分公司 河南 洛阳 471000

摘要: 随着全断面隧道掘进机在隧道建设中的广泛应用,其运行状态的稳定性和安全性变得尤为重要。油液检测技术作为一种非侵入式的监测手段,能够通过分析掘进机润滑系统中的油液样品,获取设备的磨损状态、润滑性能等重要信息。本文旨在研究基于油液检测技术的全断面隧道掘进机故障预警方法,通过采集并分析掘进机在用润滑剂样品中的磨损微粒、理化指标等参数,实现对设备故障的早期预警。研究内容包括油液样品的采集与处理、磨损微粒的分析与识别、故障预警模型的构建与应用等方面。实践结果表明,该方法能够准确反映掘进机的磨损状态,为设备的预防性维护和故障处理提供科学依据。

关键词: 全断面隧道掘进机;油液检测技术;故障预警;磨损微粒;润滑性能

引言:全断面隧道掘进机作为隧道施工中的关键设备,其运行状态的稳定性和可靠性直接关系到工程进度和工程质量。然而,由于掘进机工作环境复杂、工作强度大,设备故障时有发生,给隧道施工带来巨大风险。为了保证掘进机的安全、稳定运行,必须对其进行有效的监测和故障诊断。传统的监测方法往往依赖于人工巡检和经验判断,存在主观性强、反应滞后等缺点。而油液检测技术作为一种先进的监测手段,能够在不拆机的情况下判断机器设备的工作状态是否正常,具有检测准确、操作简便、适用范围广等优点。因此,研究基于油液检测技术的全断面隧道掘进机故障预警方法,对于提高掘进机的运行可靠性和安全性具有重要意义。

1 全断面隧道掘进机概述

1.1 全断面隧道掘进机的基本结构

全断面隧道掘进机在结构上包括刀盘、盾体、主驱动、管片拼装机、螺旋输送机、皮带输送机、人舱、喂片机和后配套拖车等;在功能上包括开挖系统、主驱动系统、推进系统、出碴系统、注浆系统、注脂系统、液压系统、电气控制系统、导向系统及通风系统、供水系统、供电系统等。其中刀盘用于切削掌子面、搅拌碴土,其上安装有可拆式刀具,均可从刀盘背部进行更换,可适应不同地质条件。盾体由前盾、中盾、盾尾组成,前盾(又名切口环或前体)主要用来支撑掌子面及周围地层的稳定,中盾是承受盾构机推进反力的主要结构,盾尾空间是管片衬砌的作业区域。推进系统负责推动掘进机向前行进,确保挖掘工作持续开展。主驱动系统为刀盘转动等提供动力,并通过设置的电气控制系统在一定转速范围内实现对刀盘的无级调速,用来保障挖掘动作的顺利进行。出碴系统则及时将挖掘产生的碴土

运出,维持掘进机内工作环境的顺畅,这些部件协同配合,实现隧道的高效掘进。

1.2 工作原理与运行模式

全断面隧道掘进机的工作原理是通过驱动系统带动刀盘旋转,刀盘上的刀具对前方岩土进行切削。在推进系统的作用下,掘进机不断向前移动,持续挖掘出所需断面形状的隧道。其运行模式通常包括连续掘进和间歇掘进。连续掘进适用于地质条件相对稳定的情况,能保持较高的挖掘效率。间歇掘进则多在遇到复杂地质状况,如破碎带、溶洞等时采用,便于及时处理突发问题,调整掘进参数和设备状态,保障掘进工作安全、有序推进。

1.3 常见故障类型及原因分析

全断面隧道掘进机常见故障类型多样。刀具磨损是较为常见的,原因在于长时间切削岩土,岩土中的坚硬颗粒等会不断磨损刀具刃口,降低切削效率。还有盾体变形故障,可能是由于周围岩土压力过大,超出盾体所能承受范围,或者在掘进过程中遭遇不均匀的侧向力。驱动系统故障也时有发生,比如电机过热,可能是长时间高负荷运转,散热不及时;也可能是电机内部元件老化、损坏等导致电流异常,进而引发过热现象,影响掘进机正常工作。

1.4 传统故障监测方法的局限性

传统的全断面隧道掘进机故障监测方法存在诸多局限性。一方面,人工巡检难以做到实时、全面监测,巡检间隔期间可能出现故障而无法及时发现。且人工判断易受主观因素影响,准确性难以保证。另一方面,基于传感器的监测虽能实时获取部分数据,但对于一些隐蔽部位的故障监测效果不佳,比如深埋在内部的传动部件微小损伤等难以精准检测。而且传统监测方法往往只能

针对单一故障特征进行监测,对于复杂的、多种故障特征交织的情况,难以准确判断故障类型及严重程度,无法有效满足掘进机高效运行的监测需求。

2 油液检测技术基础理论

2.1 油液检测的基本原理

油液检测的基本原理是通过检测机械设备中使用的润滑油、液压油等油液进行分析,以获取设备运行状态的相关信息。油液在设备运行过程中会与各部件充分接触,会携带诸如磨损颗粒、污染物等信息。通过检测油液中的金属元素含量,可以推断出设备中哪些部件存在磨损,因为不同的金属元素对应不同的部件材料。同时,分析油液的理化性质,如黏度、水分、酸碱度、机械杂质、污染度等的变化,也能了解设备运行中的润滑、散热等状况是否正常,从而为判断设备健康状况提供依据。

2.2 油液分析的主要方法

油液分析主要有光谱分析、铁谱分析、理化指标分析等方法。光谱分析是利用光谱仪检测油液中各种元素的光谱特征,从而确定其中金属元素的种类和含量,能快速、准确地发现设备中微量金属磨损的情况。铁谱分析则是借助磁场将油液中的铁磁性磨损颗粒分离出来,通过观察分析这些颗粒的大小、形状、数量等特征,判断设备的磨损部位和磨损程度。理化指标分析侧重于对油液的黏度、水分、闪点、酸碱度、机械杂质、污染度等理化性质进行检测,依据这些性质的变化来评估设备的润滑、散热等性能是否良好,每种方法都从不同角度为设备状态监测提供有力支持。

2.3 油液检测技术在机械设备监测中的应用

油液检测技术在机械设备监测中应用广泛。在发动机监测方面,通过检测机油的各项指标,可以及时发现发动机内部活塞、曲轴等部件的磨损情况,提前预警可能出现的故障,保障发动机正常运行。对于液压设备,分析液压油能了解液压泵、液压缸等关键部件的工作状态,如是否存在泄漏、过度磨损等问题。

2.4 油液检测技术的优势与局限性

油液检测技术具有明显优势。它能够实现非侵入式监测,无需对机械设备进行拆解,就能获取设备内部部件的运行状态信息,大大减少了设备停机时间。且能提供较为全面的信息,从金属磨损到油液理化性质变化都能检测到。然而,它也存在局限性。比如对于某些特殊材质的部件磨损,可能无法通过油液中元素含量准确判断,因为其磨损产物不一定能充分溶解或分散在油液中。而且油液检测结果可能受到油液更换周期、外部污染等因素影响,导致分析结果存在一定偏差,需要综合

考虑多方面因素来准确解读检测结果。

3 基于油液检测技术的故障预警系统设计

3.1 系统总体架构设计

基于油液检测技术的故障预警系统总体架构主要包括油液采集模块、数据处理模块、特征提取模块、故障预警模块等部分。油液采集模块负责定时从机械设备中采集油液样品,确保采集的样品能准确反映设备当前运行状态。数据处理模块对采集到的原始数据进行清洗、整理等操作,去除噪声和异常数据,为后续分析做准备。特征提取模块从处理后的数据中提取出与故障相关的特征信息,如金属元素含量变化趋势、油液理化性质改变等。故障预警模块则根据提取的特征信息,结合预设的故障阈值和预警模型,对设备可能出现的故障进行预警,保障设备安全、高效运行。

3.2 油液样品采集与处理流程

油液样品采集与处理流程至关重要。首先,要根据机械设备的类型、运行状态等确定合适的采集时间和采集点,确保采集到的油液样品具有代表性。在采集过程中,要使用专业的采集工具,避免外界杂质混入样品。

3.3 数据预处理与特征提取方法

数据预处理与特征提取是故障预警系统的关键环节。数据预处理主要包括数据清洗、数据标准化等操作。数据清洗是去除采集到的数据中的噪声、异常值等,保证数据的准确性和可靠性。数据标准化则是将不同量级的数据统一到一个标准范围内,便于后续分析。特征提取方法有多种,比如主成分分析(PCA)可将高维数据降维,提取出最能代表数据特征的主成分;基于统计分析的方法可通过计算均值、方差等统计量来提取与故障相关的特征信息,这些方法有助于从海量数据中提取出有用的特征,为故障预警提供有力支持。

3.4 故障预警模型的构建原理与算法选择

故障预警模型的构建原理基于对设备历史运行数据和故障数据的分析。通过收集大量的设备运行数据和与之对应的故障发生情况,找出其中的规律和特征,以此为基础构建预警模型。在算法选择方面,常用的有神经网络算法、支持向量机算法等。神经网络算法具有强大的非线性映射能力,能够很好地处理复杂的设备运行数据和故障关系。支持向量机算法则在小样本数据情况下表现较好,能准确判断设备是否处于故障临界状态,根据具体需求选择合适的算法可有效提高故障预警的准确性和及时性。

4 故障预警模型的关键技术研究

4.1 磨损微粒的识别与分类算法

磨损微粒的识别与分类对于故障预警至关重要。通过光学显微镜、电子显微镜等设备获取微粒的图像特征,如形状、大小、色泽等信息。基于这些特征,利用机器学习算法,像支持向量机、神经网络等进行识别与分类。例如,可根据微粒的形状判断其可能来自的部件,圆形微粒可能源于滚动轴承,不规则形状微粒或许来自齿轮磨损等。同时,对微粒的大小进行分析,能进一步推断部件的磨损程度。通过不断训练算法,提高其对不同磨损微粒准确识别与分类的能力,从而为故障预警提供精准依据,及时发现潜在的设备磨损问题。

4.2 润滑性能评估指标的确定与计算方法

确定润滑性能评估指标是准确把握设备运行状态的关键。主要指标包括油液的黏度、水分、闪点、倾点、酸值、碱值等。黏度反映油液的流动阻力,其计算可通过特定黏度计在规定温度下(通常为40℃)测量并依据相关公式得出。水分是反映油液品质的重要指标,实验室多用蒸馏法或卡尔费休法检测。闪点是油液挥发出可燃气体能被点燃的最低温度,通过闪点测定仪测定。倾点则是油液在规定条件下能流动的最低温度,同样有专门仪器检测。酸值和碱值体现油液的酸碱度,可利用酸碱滴定法等进行测量。综合这些指标的准确测定与计算,能全面评估全断面隧道掘进机的润滑性能,及时察觉润滑不良等可能引发故障的情况。

4.3 数据融合与多参数综合分析技术

数据融合与多参数综合分析技术能更全面深入地挖掘设备运行信息。它来自不同传感器、不同检测方法获取的油液相关数据,如金属元素含量、磨损微粒信息、油液理化性质等进行融合。采用数据融合算法,如加权平均法、卡尔曼滤波法等,把多源数据整合成更具代表性的综合数据。然后基于统计学、机器学习等方法对这些综合数据进行多参数综合分析。例如,同时分析油液黏度变化与金属元素含量波动的关系,以更准确判断设备的故障隐患,提升故障预警的精准度和可靠性,有效应对复杂多变的设备运行状况。

4.4 模型优化与验证方法

模型优化与验证是确保故障预警模型有效性的重要环节。优化方面,可通过调整模型的参数,如神经网络中的权重、阈值等,利用遗传算法、粒子群优化算法等优化算法来寻找最优参数组合,提高模型的准确性和泛化能力。验证则采用交叉验证、留出验证等方法。比如在交叉验证中,将数据集分成若干份,轮流用其中一部分作为测试集,其余作为训练集,反复测试模型性能,根据验证结果对模型进行调整和完善,确保模型在实际

应用中能准确可靠地进行故障预警。

5 实验验证与结果分析

5.1 实验数据收集与处理

在实验过程中,准确收集与处理实验数据至关重要。按照实验方案设定的时间间隔和检测项目,使用专业仪器收集油液相关数据,如金属元素含量、油液理化性质、磨损微粒等数据。对于收集到的数据,首先要进行数据清洗,去除其中的噪声、异常值等,保证数据的纯净性。然后进行数据标准化处理,将不同量级的数据统一到一个标准范围内,便于后续分析。此外,还需对数据进行分类整理,按照不同的检测项目、设备类型等进行归类,方便后续的数据查询与使用,确保能从数据中准确挖掘出有价值的信息。

5.2 实验结果分析与讨论

实验结果分析与讨论能深入挖掘实验所蕴含的信息。根据性能测试的结果,对准确率、召回率、F1值等指标进行详细分析。如果准确率较高但召回率较低,说明模型可能存在对部分故障类型预警不及时的问题;反之,若召回率高而准确率低,则可能是模型过于敏感,出现较多误预警情况。同时,结合实验过程中的其他观察结果,如不同设备类型、不同工况下模型的表现,分析其原因。通过深入讨论,总结经验教训,为进一步优化故障预警模型提供依据,使其在实际应用中能更准确有效地进行故障预警。

结语

综上所述,全断面隧道掘进机故障预警领域通过引入油液检测技术取得了诸多进展。从深入探究其基本结构、工作原理,剖析常见故障及传统监测局限,到详细阐述油液检测技术理论及优势,再到精心设计基于该技术的故障预警系统并研究关键技术,以及开展实验验证与结果分析,各环节紧密相扣。这一系列研究成果为提高全断面隧道掘进机的运行可靠性、降低故障发生率提供了有力支撑。然而,相关技术仍有待持续完善与优化,未来需进一步深化对复杂工况下设备运行状态的精准把握,不断提升故障预警的及时性与准确性,以更好地适应隧道建设等工程领域日益增长的需求。

参考文献

- [1]赵敏.基于油液监测的故障诊断专家系统研究[J].制造业自动化,2023(8):78-84.
- [2]张伟.油液监测技术在全断面隧道掘进机故障诊断中的应用[J].机械工程学报,2023(10):123-130.
- [3]王强.油液监测技术在大型机械设备状态监测中的应用[J].设备管理与维修,2024(5):45-50.