

DOI: 10.13606/j.cnki.37-1205/td.2025.01.009.

# 煤矿掘进机机电设备故障诊断与维护

刘 晓 峰

(山西兰花科技创业股份有限公司 伯方煤矿分公司, 山西 晋城 048400)

**摘 要:**针对煤矿掘进机机电设备传统故障诊断方法效率较低、故障识别较为困难、潜在故障无法及时发现等问题,本文对煤矿掘进机机电设备故障诊断与维护技术进行研究。在分析了掘进机关键结构常见故障和监测方法的基础上,提出了煤矿掘进机故障监测与智能诊断系统,完成硬件系统选型和软件控制系统设计,实现了对掘进机机电设备运行状态实时监控和远程运维,转被动维护为主动维护,提高了设备运行可靠性,降低了设备维护成本,提高了机电设备故障诊断效率。经安装调试后表明:当掘进机关键部位出现异常现象时可准确识别,并且故障响应时间仅为 1.28 s,故障发现率达 97.8%,对潜在故障准确识别和判断,智能诊断系统极大提高了设备故障诊断效率,故障排除时间降低为 97.3%。

**关键词:**掘进机; 机电设备; 故障诊断; 远程运维

**中图分类号:**TD407 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-0797(2025)01-0047-05

## Fault diagnosis and maintenance of electromechanical equipment of coal mine roadheader

LIU Xiaofeng

(Shanxi Lanhua Technology Entrepreneurship Co., Ltd. Bofang Coal Mine Branch, Jincheng 048400, China)

**Abstract:** In view of the problems such as low efficiency, difficulty in fault identification and failure of potential faults in time, this paper studies the fault diagnosis and maintenance technology of mechanical and electrical equipment of coal mine boring header. On the basis of analyzing the key structure common faults and monitoring method, put forward the coal mine boring machine fault monitoring and intelligent diagnosis system, complete hardware system selection and software control system design, implements the boring machine mechanical and electrical equipment running state real-time monitoring and remote operations, turn passive maintenance for active maintenance, greatly improve the equipment operation reliability, reduce the equipment maintenance cost, improve the efficiency of mechanical and electrical equipment fault diagnosis. debugging shows that when key parts appear abnormal trend can accurately identify, and fault response time is only 1.28s, fault discovery rate of 97.8%, accurate identification and judgment of potential faults, intelligent diagnosis system greatly improve the efficiency of equipment fault diagnosis, troubleshooting time reduced to 97.3%.

**Key words:** roadheader; mechanical and electrical equipment; fault diagnosis; remote operation and maintenance

## 0 前 言

随着煤矿开采强度不断增大,煤矿向着超千米深井方向发展,井下机电设备故障频繁发生,尤其是对于大型机电一体化装备掘进机而言,故障发生将会引起机电事故甚至造成人员伤亡<sup>[1]</sup>。2023年6月9日,云南东源镇雄煤业有限公司朱家湾煤矿152202回风巷掘进工作面发生掘进机电事故,造成1人死亡,直接经济损失156.8万元。煤矿掘进机结构比较复杂,涉及到机械传动、电气控制和液压传动等构造,在实际运行过程中受井下恶劣工况的影响,掘进机容易出现各种故障引起停机或采煤工作面失控,为此需定期对掘进机机电设备进行巡检和维护以提前发现设备故障并进行排除<sup>[2]</sup>。但是传统的掘进机故障诊断方法是由人工来完成,主观性比较强,并且需要有丰富的经验才能准确判断出

设备异常原因并及时排除,效率比较低,导致潜在故障无法及时发现,为设备的稳定运行埋下隐患<sup>[3]</sup>。

为此,本文对掘进机机电设备常见故障类型和检测方法进行了研究和探讨,提出了一种用于煤矿掘进机机电设备智能诊断的故障识别系统,实现对故障特征的准确提取和识别,并通过现场应用验证了方案设计的合理性。

## 1 掘进机结构组成与关键部件异常监测

### 1.1 掘进机结构组成与机电故障

掘进机集机械、电气和液压控制为一体,由履带式行走机构、装载机构、执行截割机构等部分组成。其中每一个机械部件都是通过电动机驱动,由中间的齿轮传动系统将动力传递到动作执行机构,从而实现对履带轮行走机构的运动<sup>[4]</sup>。图1所示为掘进机结构组成。

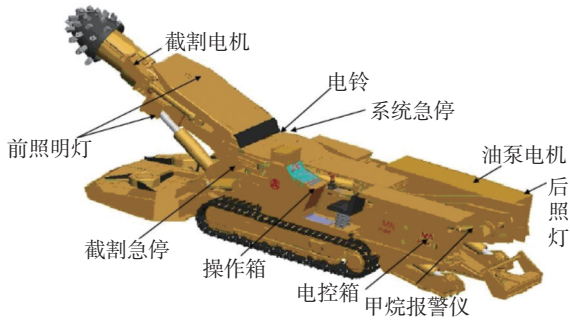


图1 掘进机结构组成示意图

由于煤矿井下环境比较恶劣，掘进机电动机、变速箱、轴承和液压控制系统在使用过程中容易出现故障。最常见的有截割电机故障、主驱动电机故障、轴承损坏。主电机的故障将会导致掘进机无法正常起升悬臂实现掘进<sup>[5]</sup>。此外，掘进机在实际使用过程中是通过电动机、减速机、传动系统实现动力的传递。轴承是整个掘进机的核心部件，轴承损坏初期往往表现出垂直和水平方向上的振动异常，为此通过使用振动传感器采集轴承的振动信号，并且利用智能识别算法对振动信号进行提取和放大，根据振动的时域和频域的波动得到掘进机轴承故障位置和故障原因，实现对掘进机轴承的智能诊断。

## 1.2 掘进机关键部件故障机理与监测方法

掘进机在长期运行过程中，受工作环境和复杂工况的影响，关键部件时常出现各种运行异常，甚至引起整个系统出现瘫痪<sup>[6]</sup>。掘进机关键部件常见故障类型见表1。

表1 掘进机关键部件异常与监测方法

故障发生部位	故障类型	监测方法
主电机	铁芯松动、支架开裂、机座振动、润滑不良	振动信号监测法、温度信号监测法、噪声监测法
主轴承	磨损、胶合、保持架损坏、疲劳剥落	振动异常、噪声较大、温度异常
变速箱	齿面磨损、齿面疲劳损伤、弯曲疲劳和断齿	振动异常、温度升高
液压控制系统	压力波动、流量异常、液压油温度异常	压力传感器、流量传感器、温度传感器检测

主电动机是整个掘进机驱动关键部件，在实际使用过程中电动机受到煤矿井下恶劣工况的影响造成内部结构逐渐出现老化，最常见的是铁芯松动，支架开裂，润滑不良等，电动机的异常直接影响到其自身的正常功能，最终导致电动机出现各种异常特征，比如温度过高、振动过大以及噪声过大等。

为了识别掘进机电动机的故障需采用智能传感器实时采集温度信号、振动信号和噪声信号等。当电动机内部存在短路时将会产生温度异常，内部热量难以及时释放，当电动机内部的转子组出现异常时将会表现出振动信号和噪声信号，为此需要对比在异常出现前后之间的参数变化规律，对比平稳状态下的电机振动就可以直接得到电机的振动异常<sup>[7]</sup>。主轴承是掘进机的核心部件，滚动轴承也是常见的易损件，最常见的故障有磨损、腐蚀、疲劳剥落和断裂等，在使用时受到内部尘埃及交变载荷作用而引起振动或噪音较大。

轴承故障占到了旋转设备机械故障的35%左右，轴承是由内圈、外圈、保持架和滚动体等几部分组成，对轴承进行监测可以有效避免事故。当轴承在运行过程中滚动体出现损坏将会导致轴承声音异常，振动异常。变速箱是掘进机的传动部件，变速箱故障主要是由内部齿轮异常引起的振动或冲击，通过检测轴承的故障就能识别变速箱的异常。掘进机液压系统是控制整个履带行走机构的执行系统，由于煤矿井下环境比较恶劣，会导致液压系统出现各种故障，常见的有液压油杂质过多、液压管道渗漏、流量不足等异常。

## 2 设备故障智能在线监测系统方案

对掘进机电设备故障进行智能在线监测就是对关键部件进行智能监测，实时掌握关键部件运行参数信息并对其进行智能分析<sup>[8]</sup>。

为此，搭建了掘进机电设备故障智能诊断技术方案，通过利用电控系统实现对现场到的参数信息进行智能分析。图2所示为掘进机电设备故障智能诊断技术方案。

从图2可看出，掘进机电设备故障智能诊断技术方案是实现了对机、电、液在实际进行动作时执行信号的监测，利用传感检测模块实时采集油泵电流信号、电压信号以及位移信号等，利用电控系统将采集到的特征进行智能处理，并对异常特征进行智能诊断和分析，将状态参数实时发送到显示器显示画面，最终输入的开关量状态直接进入PLC模块，利用PLC模块控制开关量的输出实现对执行机构的电磁控制。整个系统中搭建出视频监控系统的实现对视频进行采集、转化和存储，将现场监测到的运行信号和视频和正常参数进行对比，将现场设备运行状态上传到上位机监控系统实现远程运维。

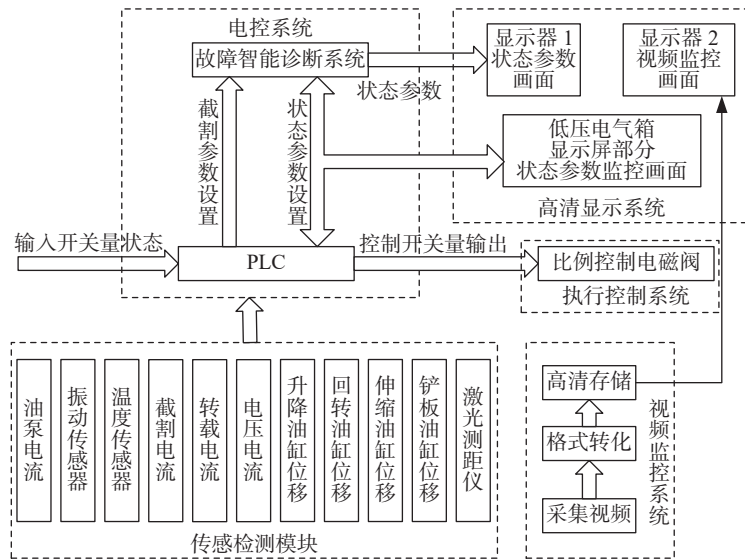


图2 掘进机机电设备故障智能诊断技术方案

### 3 硬件系统设计和软件编程

#### 3.1 硬件系统设计

整个掘进机电设备故障诊断系统是由硬件系统和软件控制系统组成，其中硬件系统是以各种类型传感器和控制器模块组成。对于智能传感器的选型主要从传感器执行的功能，传感器的使用性能是否满足要求角度进行分析。

为了检测振动信号需选择振动传感器，为满足现场使用要求需选用防爆振动传感器，为此，选用GBD20矿用本安型振动传感器，选用PT100 CWF4温度传感器，选用KM1-SHARKY FS475流量传感器、选用AIT60-SG电流传感器、选择PT124G-112T压力传感器，中央处理器控制模块选用稳定性较高的西门子控制器S7-200PLC。将各硬件传感器使用信号线连接到对应的控制器中，整个硬件系统是由大容量锂电池进行供电，现场采集各个物理信号，由信号转换器将物理信号转变为电信号发送到上位机监控系统，从而实现对现场设备的智能监控，从远处端可看到现场掘进机的运行工况，掘进机在移动过程中可以精确定位。

#### 3.2 软件系统设计

掘进机电设备故障诊断系统通过硬件采集主电机、主轴承、变速箱和液压系统的运行状态数据和信息，利用智能软件处理系统对数据进行智能判断和处理，当掘进机在运行过程中出现异常特征时传感器可以实时采集提取数据最大值，对数据的特征进行频域转化，利用判断语句对异常值大小与故

障特征进行对比判断，最终形成掘进机的故障案例<sup>[9]</sup>。图3为掘进机运行故障智能分析与决策系统。

从图3看出，掘进机运行故障智能分析与决策系统通过将现场采集到的设备运行参数进行分析，提取异常特征值并进行了CBR推理，掘进机异常特征是通过传感器进行采集并由中间处理系统进行智能分析，自动调取故障原因和维修措施，从而为设备维修提供依据。当系统中出现异常特征时，对运行异常特征进行智能分析和诊断，由自身特征对比故障集，匹配度达到89%时可以自动形成故障类型，得到最终的诊断结果，每一次的异常都会自动记录，保存在自学习机制中，从而形成对应的故障案例库集中掘进机各种故障数据，可以自动分析每种故障发生的频次<sup>[10-12]</sup>。从监控系统获取到设备的运行异常数据，到组织人员到达现场进行处理故障的过程为处理故障时间，通过使用智能监控系统可以提高设备异常处理效率。当实际的维修任务排序满足技术人员的调度要求时会负荷实际情况添加出新的案例，扩充识别系统，提高了系统的识别效率和速度。

### 4 现场应用效果

为了验证煤矿掘进机电设备故障诊断系统优势和效果，在山西兰花科技创业股份有限公司伯方煤矿井下的EBZ200悬臂式掘进机上进行应用调试，伯方煤矿位于山西省高平市寺庄镇伯方村西，井田面积27 km<sup>2</sup>，开采深度900 m左右，目前开采3、9、15号煤层，年产量210万t。

伯方煤矿使用EBZ200悬臂式掘进机，首先在

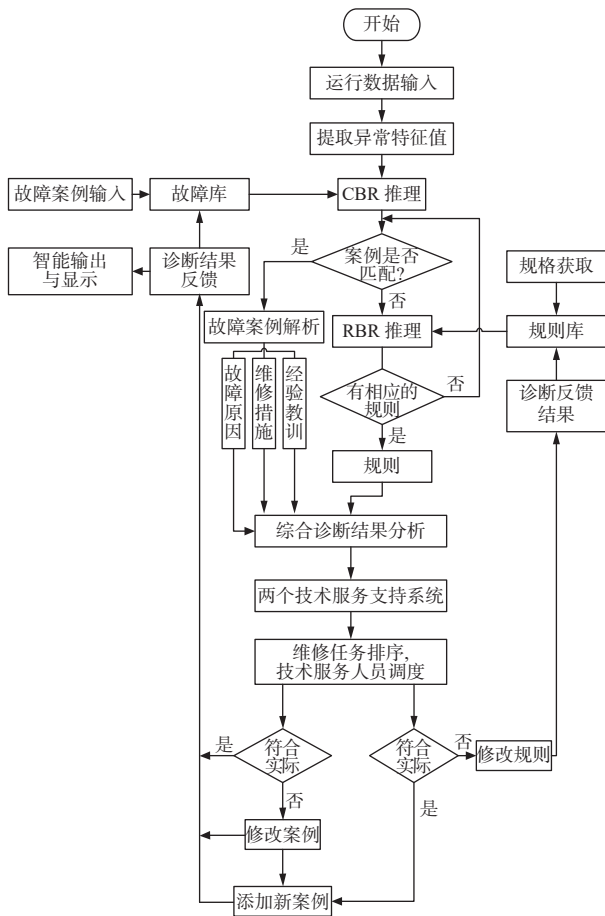
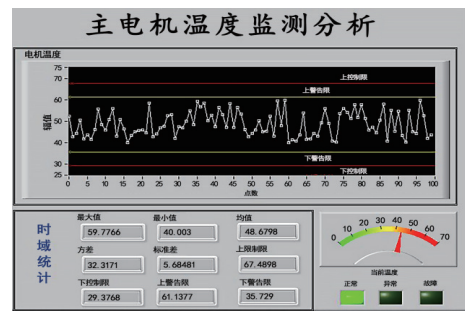


图 3 掘进机运行故障智能分析与决策系统

机械部位、电气部位和液压系统对应位置上安装和布置各种传感器，将传感器的数据线接入控制模块中，安装防爆工控机实现物理量到模拟信号之间的转变，搭建了上位机监控系统实现对现场设备异常特征的自动采集和可视化显示，测试数据见图 4。

从图 4 (a) 中看出，主电机温度监测系统可以直观显示主电机的温度变化规律，并且对温度进行时域分析得到最小值和最大值，便于直观查看主电机的温度信息，将现场采集到的信号发送到上位机监控系统实现远程监控。从图 4 (b) 可看出现场的变速箱振动通过归一化处理直接判断出变速箱的故障信息，有效避免传统人工诊断造成的误差。现



(a) 主电机温度监测结果



(b) 变速箱故障监测界面

图 4 现场应用效果与监测界面

场应用表明掘进机故障诊断与检测系统实现了对检测数据的集中化和智能化，通过使用多种传感器实时采集掘进机的运行状态和数据。

将振动传感器粘贴到减速机驱动端和非驱动端轴承位置处，可靠连接振动传感器的数据线，将传感器的另一端连接到工控机中，通过采集轴承的振动信号可以准确获取轴承的运行状态。设备从 2019 年开始使用到现在，轴承振动幅值一直保持在一个稳定的区间内，通过调用 2024 年驱动端轴承的振动特性，于是可以得到图 5 所示的驱动端轴承垂直方向上的振动曲线。

从图 5 看出，驱动端轴承在运行过程中呈现出一定的振动规律性，直观展示了在一定时间段内的轴承振动规律和趋势。通过划定极限报警阈值，当现场实际检测到的轴承振动值达到极限时将会自动触发报警。现场长时间使用可视化报警监控系统后得出，当掘进机关键部位出现异常现象时可自动准

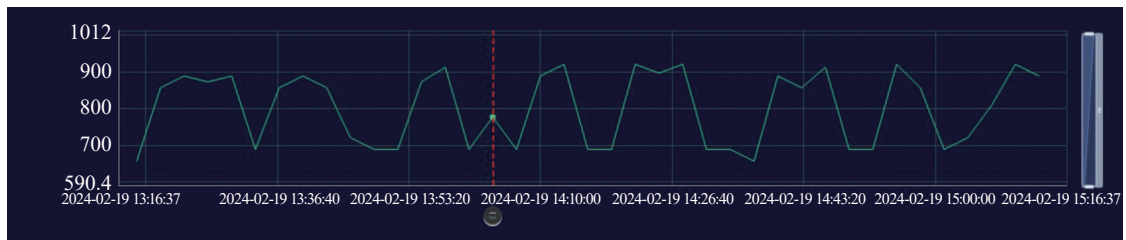


图 5 驱动端轴承垂直方向上振动曲线

确识别,对于常见的轴承振动异常,分水平振动和垂直振动,2种振动状态都可在上位机中显示出来,振动值的大小精确到0.01 mm/s,现场振动发生后在上位机监控到振动,整个过程的故障响应时间仅为1.28 s。通过系统运行6个月后统计实际异常数与上位机监控到的异常数,可以得出设备的故障发现率为97.8%,能对潜在故障准确识别和判断,故障排除时间降低为97.3%,降低了工人劳动强度。

## 5 结论

针对掘进机电设备传统故障监测和诊断技术存在效率较低、监测结果不准确等问题,对故障智能诊断方法进行研究,提出了一种掘进机故障监测与智能诊断系统,完成了硬件系统选型和软件控制系统设计,实现了特征监测与故障诊断的归一化和集成化,由传感器实时采集设备的运行参数和状态信息,由数据发送模块将现场采集到的数据发送到上位机监控系统。通过在EBZ200悬臂式掘进机上进行现场布置传感器,现场应用结果表明:当掘进机关键部位出现异常趋势时可准确识别,利用该智能诊断技术可以改善传统设备日常巡检作业环境,保证设备的稳定运行,提高了设备故障诊断效率,降低故障排除时间,对提高煤矿产量和经济效益具有重要的参考价值,研究结论可以为后期开展智能化掘进机研究、智慧矿山建设提供参考依据。

### 参考文献:

[1] 侯磊.煤矿悬臂式掘进机智能监测系统设计与应用[J].江

西煤炭科技,2024(1): 181-183.

[2] 续江.矿用全断面掘进机监控系统设计与实现[J].江西煤炭科技,2024(1): 184-186, 189.

[3] 王杰.煤矿掘进机电设备故障监测与方法研究[J].自动化应用,2023,64(15): 77-79.

[4] 齐振磊.智能控制技术在煤矿机电设备中的应用分析[J].中国高科技,2023(21): 62-64.

[5] 刘新文.煤矿掘进机常见故障分析及处理探讨[J].内蒙古煤炭经济,2023(12): 31-33.

[6] 李超同.煤矿井下掘进机电设备故障诊断及维护[J].能源与节能,2023(1): 191-193.

[7] 马忠强,李红勇,张俊峰.煤矿掘进机电设备的自动化集中控制技术[J].自动化应用,2023,64(12): 41-43.

[8] 凌家杭,陈先中.AM-50型掘进机液压系统故障诊断专家系统原型的开发[J].淮南矿业学院学报,1994(3): 65-71.

[9] 卜宪伟.煤矿井下掘进机电设备故障诊断及维护研究[J].清洗世界,2023,39(12): 178-180.

[10] 弓武.煤矿掘进机电设备故障诊断与质量维护[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(16): 47-48.

[11] 杨晋平.煤矿井下掘进机电设备故障诊断及维护分析[J].矿业装备,2021(6): 256-257.

[12] 王凯.煤矿掘进机电设备故障诊断及质量维护分析[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(1): 22-23.

### 作者简介:

刘晓峰(1989-),男,山西高平人,2016年毕业于东北大学采矿工程专业,本科,采矿工程师,主要从事煤矿机电工作。

(收稿日期:2024-3-15)

(上接第46页)

[14] Qureshi A S, Khan A, Zameer A, et al. Wind power prediction using deep neural network based meta regression and transfer learning[J]. Applied Soft Computing, 2017(58): 742-755.

[15] Huang G, Liu Z, Van Der Maaten L, et al. Densely connected convolutional networks[C]//Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2017: 4700-4708.

[16] Liu Z, Lin Y, Cao Y, et al. Swin transformer: Hierarchical vision transformer using shifted windows[C]//Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision. 2021: 10012-10022.

[17] Dosovitskiy A, Beyer L, Kolesnikov A, et al. An image is worth 16x16 words: Transformers for image recognition at scale[J]. arxiv preprint arxiv: 2010.11929: 2020.

[18] Liu Z, Mao H, Wu C Y, et al. A convnet for the 2020s[C]//Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. 2022: 11976-11986.

### 作者简介:

孙亚琳(1997-),男,河北邯郸人,硕士研究生,主要从事数据挖掘、灾害风险管理方面的研究。E-mail: sunpx88@163.com

(收稿日期:2024-3-18)