

## 煤矿机电设备故障诊断与维修技术探究

胡鹏飞

陕西彬长孟村矿业有限公司, 陕西 咸阳 713602

**[摘要]**本文深入剖析煤矿机电设备故障诊断与维修技术。随着煤矿生产规模扩大与机械化程度提升,机电设备的稳定运行至关重要。文中详细阐述了温度诊断法、振动诊断法、铁谱诊断法等常见故障诊断方法,以及事后维修、定期计划维修、计划性状态检修等维修类型。同时,针对设备故障提出了注重日常维护、完善人员培训、引进现代化设备等预防策略,旨在提高煤矿机电设备运行效率,保障煤矿安全生产。

**[关键词]**煤矿机电设备;故障诊断;维修技术;预防措施

DOI: 10.33142/ec.v8i5.16602

中图分类号: TD42

文献标识码: A

### Exploration on Fault Diagnosis and Maintenance Technology for Coal Mine Mechanical and Electrical Equipment

HU Pengfei

Shaanxi Binchang Mengcun Mining Co., Ltd., Xianyang, Shaanxi, 713602, China

**Abstract:** This article deeply analyzes the fault diagnosis and maintenance technology of coal mine electromechanical equipment. With the expansion of coal mine production scale and the improvement of mechanization level, the stable operation of mechanical and electrical equipment is crucial. The article elaborates on common fault diagnosis methods such as temperature diagnosis, vibration diagnosis, and ferrography diagnosis, as well as maintenance types such as post maintenance, scheduled maintenance, and planned status maintenance. At the same time, preventive strategies such as emphasizing daily maintenance, improving personnel training, and introducing modern equipment have been proposed for equipment failures, aiming to improve the operational efficiency of coal mine electromechanical equipment and ensure coal mine safety production.

**Keywords:** coal mine electromechanical equipment; fault diagnosis; maintenance technology; preventive measures

#### 引言

在煤矿生产领域,随着科学技术的持续进步,生产规模不断拓展,机电设备的机械化应用程度日益加深。相关数据调查与实践表明,近年来煤矿企业对机电设备的依赖程度显著提高。机电设备在煤炭开采中发挥着核心作用,然而,由于其工作环境恶劣、使用频繁等因素,极易出现故障。煤矿机电设备的故障不仅会降低生产效率、增加生产成本,还可能引发安全事故,威胁工作人员的生命安全。因此,深入研究煤矿机电设备故障诊断与维修技术,对于提升煤矿生产的安全性与高效性具有重要意义。

#### 1 煤矿机电设备故障诊断方法

##### 1.1 温度诊断法

温度诊断法作为工业设备故障检测领域的经典技术手段,是基于机电设备故障与温度变化的内在关联而逐步发展成熟的传统诊断方法。在煤矿开采作业场景中,机电设备普遍具有高电压、大吨位、强功率的特点,例如井下大型提升机、带式输送机核心设备,运行时通常保持千瓦级甚至兆瓦级的功率输出,长时间处于高强度运转状态。

从设备运行原理来看,当煤矿机电设备内部出现短路、接触不良、绝缘老化等故障时,电路中的电阻会发生异常

变化,致使电流急剧增大。根据焦耳定律( $Q=I^2RT$ ),电流通过导体产生的热量与电流平方成正比,因此故障部位会因异常发热而出现局部温度骤升现象。

在实际应用中,温度诊断法借助计算机控制系统构建起实时监测网络,在设备关键部位如轴承座、电缆连接处、电动机定子绕组等易发热区域,安装高精度温度传感器(如热电偶、红外测温仪),以毫秒级采样频率采集温度数据。系统通过傅里叶变换、小波分析等算法对采集到的温度数据进行处理,建立基于时间序列的温度变化曲线模型,并运用灰色预测模型、神经网络算法等技术,对设备未来1小时至数天内的温度变化趋势进行预测。当预测温度值与实时测量值的偏差超过预先设定的警戒范围(通常为 $\pm 5^\circ\text{C}$ 至 $\pm 10^\circ\text{C}$ ),系统会立即触发预警机制,提示运维人员对设备进行重点检查,从而在故障萌芽阶段实现隐患识别。这种将热力学原理与智能算法相结合的诊断方式,有效提升了煤矿机电设备故障预判的及时性与准确性,为保障矿山安全生产提供了重要技术支撑。

##### 1.2 振动诊断法

振动诊断法作为煤矿机电设备故障诊断领域的核心技术,凭借其非侵入式、高灵敏度的特性,已成为保障矿

山安全生产的重要手段。在煤矿复杂的作业环境下，井下提升机、通风机、刮板输送机等大型机电设备长期处于高负荷运转状态，极易因机械磨损、部件松动等原因引发故障。振动诊断法正是基于设备运行时产生的振动信号与机械状态的强关联性，通过捕捉和分析振动特征，实现故障的早期预警与精准定位。

该方法在实际应用中形成了“简单诊断—精密诊断”的分级诊断体系。简单诊断作为设备状态监测的“前哨站”，通常采用便携式测振仪作为主要工具。这类仪器集成了加速度传感器、速度传感器等核心部件，可通过磁吸或手持式接触的方式，快速采集设备表面的振动信号，获取振动幅值、频率、相位等基础参数。技术人员依据行业标准（如 ISO 10816 振动评价规范），通过对比设备正常运行时的振动基线，能够在数分钟内初步判断设备是否存在异常。

对于复杂故障的深度剖析，则需借助精密诊断技术。精密诊断依托固定安装的在线监测系统与专业信号处理设备，构建起覆盖设备全生命周期的监测网络。系统利用电荷放大器、滤波器等装置，对原始振动信号进行降噪与特征提取，再通过傅里叶变换、小波包分解等算法，将时域信号转换为频域图谱。此外，结合轴心轨迹分析、包络解调等先进技术，能够进一步定位故障发生的具体部位，为设备维修提供精确的技术依据。这种由浅入深、层次分明的诊断模式，使振动诊断法在煤矿机电设备故障识别中展现出显著的应用价值与技术优势。

### 1.3 铁谱诊断法

铁谱诊断法作为基于油液分析的先进故障诊断技术，凭借快速精准的特性，在煤矿机电设备全生命周期管理中发挥着重要作用。相较于传统拆解检测手段，该方法无需停机拆卸设备，仅通过分析润滑油携带的磨损信息，即可在数小时内完成设备健康状态评估，极大提升了故障诊断的时效性与经济性。

其核心原理依托于磁性分离技术：在煤矿机电设备复杂的运行工况下，齿轮传动、轴承转动等部件持续承受高载荷摩擦，不可避免产生金属磨粒。这些磨粒的物理化学特性（如尺寸、形状、材质成分）与设备磨损类型存在强对应关系，例如，正常磨损产生的铁屑多为细小的片状颗粒，而异常磨损则会形成大尺寸的切削状或疲劳剥落状磨粒。当含有铁屑的润滑油流经铁谱仪时，在高强度梯度磁场作用下，铁磁性磨粒会依据尺寸大小与磁性强弱，沿磁力线方向有序沉积在特制的玻璃基片上，形成具有特定分布规律的磨粒谱片。

在实际检测流程中，技术人员首先利用旋转式铁谱仪，通过离心力与磁力的协同作用，将润滑油中的铁屑高效分离并制备成标准谱片；随后借助铁谱显微镜、扫描电镜等检测设备，对谱片上的铁屑进行定量与定性分析。定量层面，通过测定铁屑浓度、计算磨损指数，可直观反映设备

磨损速率；定性层面，依据铁屑的微观形貌特征，结合能谱分析（EDS）技术鉴定其元素组成，进而精准判断故障类型：如齿轮胶合磨损产生的涂抹状铁屑、轴承疲劳失效形成的球状颗粒等。这种“以油代检”的非侵入式诊断模式，使铁谱诊断法成为煤矿机电设备早期磨损预警与故障根源追溯的关键技术手段，为设备预防性维护提供了科学可靠的数据支撑。

## 2 煤矿机电设备维修类型

### 2.1 事后维修

事后维修作为煤矿机电设备传统维护策略中的基础模式，是指在设备出现功能失效或性能严重下降后，所采取的系统性故障排查与修复措施。这种维修模式呈现出显著的被动响应特征，通常需在设备突发停机、生产作业被迫中断后，企业才会紧急启动维修流程。在煤矿井下作业场景中，机电设备长期处于高湿度、高粉尘、强震动的复杂环境，加之设备运行工况多变、负荷波动剧烈，使得故障发生的时间、位置及类型均难以预测。

煤矿机电设备故障的突发性与复杂性，进一步加剧了事后维修的实施难度。例如，井下大型提升机、带式输送机等关键设备一旦发生故障，不仅直接影响煤炭开采效率，还可能引发安全连锁反应。由于此类故障往往缺乏事前征兆与实时监测数据支撑，维修团队在故障发生时，常面临现场检测设备有限、技术分析手段不足的困境。部分煤矿井下作业区域受空间狭小、防爆要求高等条件限制，难以快速部署精密诊断仪器，导致无法通过振动频谱分析、油液铁谱检测等先进手段全面剖析故障根源。同时，故障发生的紧急性也迫使维修人员采用“试错法”或经验性维修策略，通过逐一排查可疑部件、更换疑似失效零件来定位问题，这种粗放式的维修流程不仅耗时较长，还可能因未彻底消除潜在隐患，导致设备短期内重复故障，进一步增加维修成本与生产延误风险。因此，事后维修虽能在一定程度上恢复设备功能，但其固有的滞后性与诊断局限性，已难以满足现代煤矿安全生产与高效运营的需求。

### 2.2 定期计划维修

定期计划维修作为煤矿机电设备维护管理的传统模式，是依据预先制定的标准化流程，按照固定时间周期或运行时长，对设备实施强制性的全面检查与维护作业。这种维修策略以“预防为主”为核心理念，通过提前规划检修时间、储备备品备件、调配专业人员，确保每次检修工作都能有序开展，有效降低设备突发故障风险。检修周期的设定通常依赖设备制造厂商的技术建议、行业标准规范，以及企业长期积累的运维经验，尽管定期计划维修具备系统性和可预见性的优势，但其固有局限性也在实际应用中日益凸显。由于煤矿生产环境复杂多变，不同区域的机电设备运行工况差异显著，部分设备即使处于同一型号、同一使用年限，其实际磨损程度和故障风险也可能存在较大

区别。在现行维修体系下，无论设备实际运行状态如何，均需严格遵循既定检修周期停机维护，导致大量处于良好运行状态的设备被迫中断生产。此外，周期性储备的备品备件因实际需求与计划脱节，易出现积压或短缺问题，进一步推高企业仓储成本与设备全生命周期管理难度，难以适应现代煤矿智能化、精细化的运维需求。

### 2.3 计划性状态检修

计划性状态检修作为煤矿机电设备智能化运维的核心技术，是集计算机信息技术、工业物联网技术、智能传感检测技术于一体的先进检修模式。相较于传统维修策略，该方式打破了时间与经验的局限，通过构建全时全域的设备健康监测体系，实现从“被动应对故障”到“主动管理健康”的根本性转变。

在实际应用中，该模式依托煤矿井下工业环网，在提升机、通风机、液压支架等关键机电设备的轴承座、电机绕组、传动齿轮箱等易损部位，部署多类型智能传感器阵列。其中，红外测温传感器以毫秒级频率捕捉设备表面温度变化，三轴加速度传感器实时采集振动信号，霍尔电流传感器同步监测电气参数，各类数据通过 5G 通信或光纤网络实时上传至地面集控中心。

数据处理环节采用边缘计算与云计算协同的架构，首先在本地边缘服务器对原始数据进行降噪、滤波等预处理，随后利用机器学习算法（如 LSTM 神经网络、随机森林模型）对数据进行深度挖掘。系统通过构建设备运行的数字孪生模型，将实时监测数据与历史运行数据、设计参数进行多维度比对，不仅能精准识别设备当前运行状态（正常、预警、故障），还可基于趋势预测算法，提前 1~3 个月预判轴承疲劳、绝缘老化等潜在故障。

基于分析结果，系统自动生成动态维修决策：对于处于早期磨损阶段的设备，建议延长监测周期并优化运行参数；对于接近故障阈值的部件，则触发智能工单系统，精准规划检修时间、备件清单与人员配置。这种“数据驱动、精准施策”的检修模式，正逐步成为现代智慧矿山建设的重要技术支撑。

## 3 煤矿机电设备故障预防策略

### 3.1 注重日常维护

日常维护是保障煤矿机电设备正常运行的基础工作。严格按照设备说明书规定，对设备的安装、使用及维修过程进行科学管理。建立设备日常巡检制度，安排专人负责，定期对设备进行检查，包括设备外观、连接部位、运行声

音等。及时发现设备潜在问题，如螺栓松动、部件磨损等，并进行处理。同时，对设备进行定期的清洁、润滑、紧固等维护工作，确保设备处于良好运行状态。

### 3.2 完善设备故障诊断和维修的培训工作

提升煤矿机电设备诊断和维修人员的专业能力与素质至关重要。定期组织维修人员参加专业培训课程，学习最新的故障诊断技术与维修方法，了解新型机电设备的结构与原理。对机电设备操作人员进行上岗前综合培训与测试，确保其熟悉设备操作流程，掌握设备基本维护知识。通过开展技术竞赛、经验交流等活动，激发维修人员的学习积极性，提高其实际操作技能。

### 3.3 加强对现代化机电设备的引进和重视

随着科技的发展，新型现代化机电设备不断涌现。煤矿企业应积极引进先进的机电设备，淘汰陈旧、落后的设备。新型设备通常具有更高的自动化程度、可靠性和安全性，能有效降低设备故障率，提高生产效率。同时，注重对引进设备的技术消化与吸收，加强与设备供应商的技术合作，及时获取设备维护与升级的技术支持。

## 4 结论

煤矿机电设备的正常运行是煤矿安全生产与高效生产的关键保障。通过采用科学合理的故障诊断方法，如温度诊断法、振动诊断法、铁谱诊断法等，能够及时、准确地发现设备故障隐患。针对不同类型的故障，选择合适的维修方式，如事后维修、定期计划维修、计划性状态检修等，确保设备故障得到有效修复。同时，通过注重日常维护、完善人员培训、引进现代化设备等预防策略，可降低设备故障率，延长设备使用寿命。在未来的煤矿生产中，随着科技的不断进步，应持续探索与应用更先进的故障诊断与维修技术，为煤矿行业的可持续发展提供坚实支撑。

### [参考文献]

- [1]彭海龙,李鹏.煤矿机电设备故障诊断与维修技术研究[J].内蒙古煤炭经济,2024(3):42-44.
  - [2]刘光,李俊鑫.基于大数据技术的煤矿机电设备故障诊断与维修策略研究[J].模具制造,2024(6).
  - [3]苏帆.煤矿机电设备管理中机械故障检测诊断技术的应用[J].智能建筑与工程机械,2024,6(11):40-42.
- 作者简介：胡鹏飞（2001.5—），性别：男，学历：本科，毕业院校：西安科技大学，所学专业：工商管理，目前就职单位：陕西彬长孟村矿业有限公司。