

煤矿井下电器设备预防性维护策略研究

霍云飞

国家能源集团三道沟煤矿 陕西榆林 719407

摘要：本文聚焦煤矿井下电器设备预防性维护策略。首先阐述井下电器设备类型与运行特点，分析常见故障类型及成因，指出预防性维护存在状态监测不足、策略缺乏针对性等问题。进而提出基于状态监测的精准预警、差异化维护、人员能力提升与规范化操作、管理制度与协同保障等核心策略，旨在提升设备可靠性与安全性，保障煤矿生产。

关键词：煤矿井下；电器设备；预防性维护

引言

煤矿生产中，井下电器设备至关重要，其稳定运行关乎生产安全与效率。然而，井下环境恶劣，设备易出现各类故障。传统的维护方式多在故障发生后处理，存在诸多弊端。预防性维护能提前发现隐患、降低故障率，但当前煤矿井下电器设备预防性维护存在诸多问题。因此，研究有效的预防性维护策略具有重要的现实意义。

一、煤矿井下电器设备的类型与特点

（一）主要设备类型

煤矿井下电器设备种类繁多，依据其功能可分为供电设备、控制设备、通信设备以及各类采掘运输设备配套的电气装置等。供电设备是井下电力供应的核心，包括高压配电装置、移动变电站、低压开关等。高压配电装置负责将地面高压电引入井下，并进行分配和控制，其具备过流、短路、漏电等保护功能，确保供电安全。移动变电站则可根据采掘工作面的推进灵活移动，将高压电转换为适合井下设备使用的低压电，为采掘设备提供稳定电源。低压开关用于控制和保护低压电路，如磁力启动器可远程控制电动机的启动和停止，并具备过载、断相、短路保护等功能^[1]。控制设备涵盖各种控制器、传感器和执行器等。控制器用于实现对电器设备的自动化控制，如可编程逻辑控制器（PLC）可根据预设程序对采煤机、刮板输送机等设备进行精确控制。传感器能够实时监测设备的运行参数，如温度、压力、电流、电压等，并将信号传输给控制器，为设备的正常运行提供数据支持。执行器则根据控制器的指令，驱动相应的机械部件动作，实现设备的自动化运行。通信设备在井下安全生产中起着至关重要的作用，包括有线通信设备和

无线通信设备。有线通信设备如调度电话、井下广播系统等，可实现井上井下的实时语音通信，方便调度指挥和应急救援。无线通信设备如漏泄通信系统、WiFi通信系统等，为井下作业人员提供了移动通信保障，提高了工作效率和安全性。采掘运输设备配套的电气装置包括采煤机电气系统、刮板输送机电气系统、皮带输送机电气系统等。这些电气系统为设备的运行提供动力和控制，确保采掘运输作业的顺利进行。

（二）设备运行特点

煤矿井下环境恶劣，对电器设备的运行提出了严峻挑战。首先，井下空间狭小，设备布局紧凑，散热条件差，容易导致设备温度升高，影响其性能和寿命。其次，井下存在大量的瓦斯、煤尘等易燃易爆物质，电器设备必须具备防爆性能，以防止因电火花引发爆炸事故。此外，井下湿度大，设备容易受潮，导致绝缘性能下降，引发漏电、短路等故障。井下电器设备的运行负荷变化大，采掘工作面的推进、地质条件的变化等因素都会导致设备负荷的波动。例如，采煤机在截割硬煤时，电机负荷会急剧增加，而在空载运行时负荷又较小。这种负荷的频繁变化会对设备的电气性能和机械性能造成损害，加速设备的老化。井下电器设备的运行还具有连续性的特点，为了确保煤矿的正常生产，许多设备需要长时间连续运行，如通风机、排水泵等。长时间的运行会使设备的各个部件磨损加剧，故障发生的概率增加。因此，对井下电器设备的可靠性和稳定性要求极高。

二、井下电器设备常见故障类型与成因

（一）电气类故障

电气类故障是井下电器设备最常见的故障类型之一，主要包括短路、过载、漏电、接地等。短路故障是由于

设备绝缘损坏或线路老化等原因，导致不同电位的导体之间直接接触，引起电流急剧增大，产生大量的热量，可能引发火灾和爆炸事故。过载故障是指设备的实际运行电流超过了其额定电流，长时间过载运行会使设备发热严重，加速绝缘老化，缩短设备寿命。漏电故障是指设备的绝缘性能下降，导致电流从带电部分泄漏到大地或其他导体上。漏电不仅会造成电能的浪费，还可能引发人身触电事故和瓦斯爆炸事故。接地故障是指设备的金属外壳或其他导电部分与大地之间出现了不正常的连接，接地故障可能导致设备外壳带电，危及人身安全^[2]。电气类故障的成因主要包括设备绝缘老化、受潮、机械损伤、过电压等。绝缘老化是由于设备长时间运行，绝缘材料在电、热、机械等作用下逐渐失去绝缘性能。受潮是井下湿度大，设备容易吸收水分，导致绝缘电阻下降。机械损伤是在设备安装、运行和维护过程中，受到外力的撞击、挤压等，使绝缘材料破损。过电压是由于雷击、操作过电压等原因，使设备承受的电压超过其额定电压，导致绝缘击穿。

（二）机械类故障

机械类故障也是井下电器设备常见的故障类型，主要包括轴承损坏、齿轮磨损、传动带断裂等。轴承是电器设备中常用的传动部件，由于井下环境恶劣，轴承容易受到灰尘、水分等污染，导致润滑不良，磨损加剧，最终损坏。齿轮在传动过程中，由于长期承受交变载荷，容易出现齿面磨损、点蚀、断齿等故障。传动带在传动力时，由于张紧力不合适、磨损等原因，容易断裂，影响设备的正常运行。机械类故障的成因主要包括设备制造质量、安装调试、运行维护等。设备制造质量不佳，如轴承精度不够、齿轮材质不好等，会导致设备在运行过程中容易出现故障。安装调试不当，如轴承安装过紧或过松、齿轮啮合不好等，会影响设备的正常运行，加速部件的磨损。运行维护不到位，如缺乏定期润滑、检查不及时等，会使设备的机械故障隐患得不到及时发现和处理，最终导致故障的发生。

（三）控制类故障

控制类故障主要涉及电器设备的控制系统，包括控制器故障、传感器故障、执行器故障等。控制器故障可能是由于硬件损坏、软件错误等原因，导致控制器无法正常工作，无法实现对设备的准确控制。传感器故障会使控制器无法获取设备的真实运行参数，从而影响控制决策的准确性，导致设备运行异常。执行器故障则会使

控制器发出的指令无法正确执行，影响设备的自动化运行。控制类故障的成因主要包括环境因素、电磁干扰、人为因素等。井下环境恶劣，温度、湿度、振动等条件会对控制系统的电子元件造成损害，影响其性能和寿命。电磁干扰是井下存在大量的电气设备，会产生电磁场，对控制系统的信号传输和处理造成干扰，导致控制失误。人为因素包括操作人员误操作、维护人员维修不当等，可能会损坏控制系统的部件或改变控制参数，引发控制类故障。

三、煤矿井下电器设备预防性维护存在的主要问题

（一）状态监测能力不足，故障预警滞后

目前，许多煤矿对井下电器设备的状态监测主要依靠人工巡检和简单的仪表检测，监测手段落后，监测参数有限，无法实时、全面地掌握设备的运行状态。人工巡检存在巡检周期长、漏检等问题，难以及时发现设备的潜在故障隐患。简单的仪表检测只能获取设备的一些基本参数，如电流、电压等，对于设备的内部故障和复杂故障难以准确判断。由于状态监测能力不足，导致故障预警滞后，往往是在设备出现明显故障症状或已经发生故障停机后，才能发现故障并进行维修。这种事后维修的方式不仅会增加设备的维修成本和停机时间，还可能因故障扩大引发安全事故，影响煤矿的正常生产。

（二）维护策略缺乏针对性，资源配置不合理

在煤矿井下电器设备的维护中，普遍采用定期维护的方式，即按照固定的时间间隔对设备进行维护和保养。这种维护方式没有考虑设备的实际运行状况和故障发生规律，缺乏针对性。对于运行状况良好的设备，过度维护会造成资源浪费；而对于运行状况较差、故障隐患较多的设备，定期维护可能无法及时发现和处理故障，导致设备故障频发。同时，在维护资源配置方面也存在不合理的问题。一方面，维护人员数量不足，且技术水平参差不齐，难以满足设备维护的需求；另一方面，维护工具和备件管理不善，存在备件库存积压或短缺的情况，影响了设备维护的及时性和有效性^[3]。

（三）人员技术能力薄弱，操作规范性不足

煤矿井下电器设备的维护需要具备专业知识和技能的人员，但目前许多煤矿的维护人员技术能力薄弱，缺乏系统的培训和学习，对设备的原理、结构和维护方法掌握不够深入。在面对复杂的设备故障时，往往无法准确判断故障原因，采取有效的维修措施，导致故障处理时间延长，设备损坏加剧。另外，操作人员的操作规范

性不足也是一个突出问题。部分操作人员在实际操作中不遵守操作规程,存在违规操作、野蛮操作等现象,容易对设备造成损坏,引发故障。例如,在启动设备时,不按照规定的顺序进行操作,可能会导致设备过载或电气冲击,影响设备的寿命。

四、煤矿井下电器设备预防性维护核心策略

(一) 基于状态监测的精准预警策略

为了提高井下电器设备的状态监测能力,实现故障的精准预警,应引入先进的监测技术和设备,如在线监测系统、智能传感器等。在线监测系统可以实时采集设备的运行参数,如温度、振动、电流、电压等,并通过数据分析技术对设备的运行状态进行评估和预测。智能传感器具有高精度、高可靠性、自诊断等功能,能够准确获取设备的状态信息,并及时将信息传输给监测系统。通过建立设备状态监测数据库,对设备的历史运行数据和实时监测数据进行分析 and 挖掘,找出设备的故障发生规律和特征参数。利用机器学习、人工智能等算法,建立设备故障预测模型,实现对设备故障的早期预警。当监测数据超出正常范围时,系统能够及时发出警报,通知维护人员进行检查和处理,避免故障的进一步扩大。

(二) 差异化预防性维护策略

根据井下电器设备的重要性、运行状况、故障发生规律等因素,制定差异化的预防性维护策略。对于关键设备,如通风机、排水泵等,应采用状态维护和预测性维护相结合的方式,增加监测频率和维护力度,确保设备的可靠运行。对于一般设备,可以采用定期维护和状态监测相结合的方式,根据设备的实际运行状况调整维护周期和维护内容。根据设备的故障模式和故障原因,制定针对性的维护措施。对于电气类故障,加强设备的绝缘检测和防潮处理;对于机械类故障,定期对设备的轴承、齿轮等部件进行润滑和检查;对于控制类故障,加强对控制系统的电磁兼容性设计和抗干扰能力测试。通过差异化的预防性维护策略,提高设备维护的针对性和有效性,降低设备故障率。

(三) 人员能力提升与规范化操作策略

加强对井下电器设备维护人员和操作人员的培训,提高他们的技术能力和操作水平。制定系统的培训计划,定期组织培训课程和技能竞赛,邀请设备制造商的技术专家进行授课和指导。培训内容包括设备的原理、结构、

维护方法、故障诊断与处理等方面,使维护人员和操作人员能够熟练掌握设备的操作和维护技能。建立健全操作规程和维护制度,加强对操作人员和维护人员的监督管理,确保他们严格按照规程和制度进行操作和维护^[4]。对违规操作和野蛮操作行为进行严肃处理,提高操作人员和维护人员的责任意识 and 安全意识。同时,鼓励员工积极参与设备维护和管理,提出合理化建议和改进措施,不断完善设备的维护管理工作。

(四) 管理制度与协同保障策略

完善煤矿井下电器设备预防性维护的管理制度,明确各部门和人员的职责和权限,建立健全设备维护管理流程和考核机制。加强对设备维护工作的计划、组织、协调和控制,确保设备维护工作的顺利开展。加强设备管理部门、生产部门、安全部门等之间的协同配合,建立信息共享平台和沟通协调机制。设备管理部门及时向生产部门和安全部门反馈设备的运行状况和维护计划,生产部门根据设备维护计划合理安排生产任务,安全部门加强对设备维护工作的安全监督和检查。通过各部门的协同保障,形成设备预防性维护的合力,提高设备的可靠性和安全性,保障煤矿的正常生产。

结束语

煤矿井下电器设备预防性维护是保障煤矿安全生产的关键环节。通过实施基于状态监测的精准预警、差异化维护、提升人员能力与规范操作以及完善管理制度与协同保障等策略,可有效提升设备运行的可靠性与稳定性,减少故障发生,降低维修成本,为煤矿的高效、安全生产提供坚实有力的保障,推动煤矿行业持续健康发展。

参考文献

- [1] 刘秀丽.煤矿电器设备的安全运行与与与维护管理中的应用[J].当代化工研究,2022(09):87-89.
- [2] 李军.论煤矿电器设备的安全运行与维护策略研究[J].矿业装备,2023(02):260-261.
- [3] 王建楠.王晓东.煤矿电器设备的安全运行与维护策略研究[J].山东煤炭科技,2023(12):185-187.
- [4] 陈晓明.李伟.煤矿井下电气设备维护管理策略研究[J].煤炭科学技术,2020,48(6):32-37.