

矿山机电设备维修常见的问题与对策探讨

谢翠红, 康健, 胡安芮

(兖矿能源集团股份有限公司南屯煤矿, 山东 济宁 273515)

摘要 矿山机电设备作为矿山生产的关键设备, 其运维效能会对生产质量和生产效率产生直接影响。其中, 长时间工作在高粉尘和高瓦斯环境下的防爆设备, 其安全性能尤为重要。本文以防爆设备为例, 立足矿山机电设备维修的重要性, 聚焦矿山机电设备维修的常见问题, 针对性探究并总结解决对策, 以期能为切实降低安全事故发生率提供有益参考, 进而促进矿山机电设备维修工作的高质量开展。

关键词 矿山机电设备维修; 设备使用效能; 安全生产; 隔爆结构; 电气系统

中图分类号: TD6

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.26.038

0 引言

在矿山机电设备中, 防爆设备是保障矿业安全生产和经济收益的核心设备, 对其运维效能进行充分保证十分重要。但在矿山开采深度逐步增加和作业环境日益复杂的背景下, 防爆设备在磨损、腐蚀和爆炸等方面的风险也逐渐增加。因此, 需要积极做好防爆设备维修工作, 为矿山安全开采提供有力支撑。

1 矿山机电设备维修的重要性

1.1 提升设备使用效能

对机电设备开展切实有效的维修工作, 可进一步延长设备使用寿命, 并保证其始终具备良好的运行效率。防爆设备长期适用于高腐蚀和高负载的环境中, 因此, 其性能衰减速度和部件磨损速度都会相对较快。针对此种情况, 要积极对防爆设备展开有效的定期清洗、润滑和更换等预防性维护工作, 既实现对其老化进程的有效延缓, 又促使其始终具备良好的使用效能, 能切实减少非计划停机次数。与此同时, 对防爆设备开展精准维修, 还可以有效恢复其原有精度和原有功能, 使其能始终在额定参数下高效运转, 以切实减少能耗^[1]。

1.2 保障安全生产基础

防爆设备与矿井生产秩序和人员生命安全具有直接关系, 一旦其出现失效的情况, 则会增加电气火灾和瓦斯爆炸等重大事故的发生概率。因此, 需要对防爆设备展开积极的维修工作。通过对防爆设备展开定期的规范化维修工作, 可以切实消除防爆结合面间隙超标和密封失效等问题, 进而可以在极大程度上避免安全事故发生, 并有效降低事故发生率^[2]。除此之外,

依托完善的维修体系对防爆设备运行状态进行有效监测, 还可以切实避免接地不良和线路老化等问题发生, 从而能够充分保证防爆设备性能, 为矿山安全生产提供有效保障。

1.3 促进企业持续发展

积极对防爆设备做好高效维修工作, 还可以助力矿山企业实现“降本增效”的目标。防爆设备一旦发生故障, 便会导致生产工作停滞, 从而对矿山企业造成直接经济损失。对防爆设备做好维修工作, 既可以有效避免因设备劣化导致的次生风险发生, 也可以充分保证矿山生产的稳定性和连续性。与此同时, 积极落实好对防爆设备的维修工作, 还能够切实降低因安全事故引起的法律纠纷, 从而能切实提升企业形象, 为企业实现可持续发展提供支持^[3]。

2 矿山机电设备维修的常见问题

2.1 隔爆结构性能失效

隔爆结构面间隙超差是防爆设备经常出现的问题之一。若防爆设备在使用的过程中, 存在法兰变形、密封件老化和紧固件松动等情况, 则防爆设备的隔爆腔体密闭性就会遭到破坏, 进而丧失防爆性能。除此之外, 防爆设备的外壳受到长期腐蚀和长期冲击等的影响, 也会出现变形或裂纹等情况, 这也会直接削弱防爆设备的防爆等级。

2.2 维护操作规范缺失

维护操作规范缺失是导致防爆设备出现次生故障的关键因素之一。维修过程中存在的违规开孔、加装非标配件、紧固螺栓未达到预设力矩和未按标准打磨平整度等行为, 均会导致防爆设备的防爆等级直接下

降,从而对矿山生产埋下一定的安全隐患。除此之外,部分矿山企业并不能对防爆设备展开周期性维护,导致接地电阻检测和绝缘电阻检测等工作未能得到全面落实,所以不能及时发现接触不良和线路老化等问题,致使隐患长期积累。

2.3 电气系统隐患积聚

受到恶劣环境的影响,防爆设备的电气部件会存在加速劣化的情况,进而会导致电机绕组绝缘老化、控制回路元件失灵和接线端子松动问题经常出现,并在一定程度上导致短路或过热情况发生,进一步引发设备失爆^[4]。此外,防爆接线箱密封失效和电缆敷设不规范等问题,也会对防爆设备的整体防爆性能产生影响。

2.4 环境适应性不足

高湿度和高粉尘环境均会对防爆设备性能产生影响。若防爆设备存在散热装置通风设计不合理的情况,则防爆设备在使用的过程中,便会出现内部温升超标的情况,一定程度上加速元件老化。此外,若粉尘侵入防爆设备电气腔体或隔爆结合面,也可能会引发局部放电或电弧,从而进一步增加爆炸风险^[5]。

3 矿山机电设备维修的有效对策

3.1 强化隔爆结构维护

针对隔爆结构性能失效的问题,需要积极做好系统性维护工作:(1)检测标准与技术升级。要积极按照国家标准切实做好隔爆结合面间隙、结合面宽度和粗糙度等的控制工作:强化对激光校准技术的应用,以促使法兰平整度偏差 $\leq \pm 0.05\text{ mm}$,同时还要积极利用扭矩扳手,对螺栓紧固力矩进行控制,从根本上降低间隙超差风险(表1为隔爆结构维护关键参数表)。除此之外,矿山企业应当定期从变形、锈蚀和裂纹等方面入手,对防爆设备开展外壳完整性检测工作,若发现外壳凹凸深度 $> 5\text{ mm}$,或外壳变形长度 $> 50\text{ mm}$,则应当判定防爆设备失效,需要立即停用,并对其展开有效的维修工作。(2)部件更换规范。对于外壳变形或密封件老化的防爆设备,矿山企业需按照相关防范要求,立即开展部件更换工作:根据原厂规格要求,强制更换抗冲击合金钢外壳以及耐腐蚀性较高的氟橡胶密封圈。在对部件进行替换时,一定要严禁使用非防爆材质替代。同时,在对部件进行更换后,需要对其开展 10 min 的 0.2 MPa 气密性试验,保证替换部件后没有泄漏情况发生。(3)防锈蚀技术应用。为能够切实降低防爆设备在高温环境下的金属氧化速度,矿山企业应当主动在防爆结合面涂抹环氧树脂防护层或

纳米陶瓷涂层,实现对防爆结合面的有效保护。与此同时,还应当进一步加强模块化组件系统设计,通过有效控制单元间距误差的方式,进一步增强防爆设备整体密封性。(4)维护周期与质量控制。为保证防爆设备始终具有良好性能,则矿山企业应积极构建“日检+周测+月评估”制度,并以该制度为依托,实现每日对螺栓紧固状态进行检查、每周有效清理防爆设备粉尘堆积、每月对防爆设备进行密封性能检查。如此,可充分保证防爆设备使用质量。

表1 隔爆结构维护关键参数表

参数	接合面间隙	粗糙度 Ra	螺栓力矩
标准范围	$\leq 0.5\text{ mm}$ (静止)	$\leq 6.3\text{ }\mu\text{m}$ (平面)	按规格分级
检测工具	塞尺、游标卡尺	粗糙度样块	扭矩扳手
允许偏差	$\pm 0.02\text{ mm}$	$\leq \pm 0.5\text{ }\mu\text{m}$	$\pm 5\%$

3.2 规范维护操作流程

针对维护操作规范缺失的问题,需要从准备、拆卸、修复和组装等方面入手,积极做好维护操作流程规范工作:(1)维修准备标准化管理。为保证防爆设备维护工作可以有序开展,则需要配备防爆型工具套件,包括扭矩精度 $\pm 2\%$ 的铜制防爆扳手、量程覆盖 $0\sim 1\text{ }000\text{ V}$ 的防爆型万用表和IP67防护等级的耐压探照灯等,这能够从根本上保证防爆设备维护工作安全开展。同时,在维修工作开展之前,还应当做好环境安全筛查工作:对 20 m 范围内的瓦斯浓度、环境温度和环境湿度等进行检测,保证其符合相关标准要求。通常情况下,瓦斯浓度应 $\leq 0.5\%$,环境温度应在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim +40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,湿度应 $\leq 80\%\text{ RH}$ 。另外,维修人员也必须持证上岗,这样才能够保证维护工作全面安全开展。(2)拆卸与防爆面修复工艺。在拆卸环节中,需要对螺栓拆卸顺序进行明确:对角松动法分阶释放力矩→标记螺栓位置。同时,也要明确隔爆面清洁标准:利用无水乙醇对防爆面油脂和粉尘等进行有效清洁,且在清洁后,目测下无可见反光残留。同时,在清洁过后,需要对防爆面立即开展防锈膜覆盖工作。在修复环节中,则要积极落实好三阶段打磨工艺工作:按照相关要求,对防爆设备开展“粗磨→精磨→抛光”三段打磨工作,且在打磨的过程中,可利用激光粗糙度仪对防爆面平面度进行实时监测。同时,也要落实好防腐处理工作,即在修复工作开展后,应立即进行“喷涂环氧树脂底漆+耐电弧面漆”的防腐处理,并施加一定附着力。(3)组装与质量控制。首先,在螺栓紧固时,要做好扭矩

分级控制工作：预紧阶段，需要保证额定扭矩 50%，在终紧阶段，需要保证额定扭矩 100%，且分 3 次递增。针对 M12 螺栓，需施加标准扭矩 32 N·m；针对 M24 螺栓，需施加标准扭矩 220 N·m。其次，密封件安装时，要充分保证材料匹配性：优先选用原厂氟橡胶密封圈，且在安装前，应有效涂抹 204-1 防锈脂，在压缩后，应保证抹 204-1 防锈脂厚度误差 $\leq \pm 0.2$ mm。除此之外，在安装密封件后，还应当由两名持证人员对密封件安装情况进行交叉检查，充分保证防爆面贴合度和均匀性，且在检查过后，需要签字确认。

3.3 完善电气系统检测

针对电气系统隐患积聚的问题，需要积极从监测技术、密封防护和布局优化三个方面入手，积极推进检测工作高质量、精细化开展：（1）多层级电气监测技术集成。从温升监控方面来看，要强化对红外热成像技术的应用，即利用该技术对接线端子和电机绕组等十分容易温升的区域进行非接触式扫描，并科学设定温度阈值，当温度超过阈值，便可以自动发出预警，避免过热风险转化为更大的安全事故。与此同时，还要加强对分布式传感器网络的设计，即要能对接地电阻值进行持续监测，实现对其数据波动情况的动态分析，并在此基础上，对接头氧化位置和线路老化位置进行精准定位。从智能诊断上来看，要强化对电气参数分析模块的应用，以能够实现对漏电流和绝缘电阻等关键指标的有效监测，并能够以此为基础，对防爆设备寿命进行科学预测。这有助于矿山企业及时对防爆设备开展维护工作或更换工作。（2）密封防护与防爆性能验证。首先，要积极落实密封性周期性检测工作，尤其针对电缆桥架和防爆接线箱等关键部位，更要切实做好氦气检测工作：注入氦气后，利用质谱仪对防爆设备的泄漏率进行检测，保证泄露量 $\leq 1\%$ vol/h。同时，也要针对防爆设备，做好粉尘侵入防护测试，即构建高粉尘环境，将防爆设备放入其中，24 h 后开盖检查，保证防爆设备内部粉尘沉积量 ≤ 0.1 g/m²。除密封性周期性检测外，防爆性能强制检测工作也十分重要：需要对防爆设备外壳进行静压试验和冲击试验，保证试验过后，没有结构性变形情况发生。（3）电缆敷设工程优化。电缆敷设工程优化包括安全间距强化和敷设路径冗余设计，在安全间距强化中，要保证电缆和热源设备、电缆和非防爆管道之间的水平距离均 ≥ 300 mm、垂直交叉距离均 ≥ 500 mm。在敷设路径冗余设计中，主干电缆应采用环形敷设方式，且需要科学预留 20% 冗余容量，以有效避免发热情况出现。

3.4 优化环境适应性设计

针对环境适应性不足的问题，需要积极落实好环境适应性设计优化工作：（1）粉尘环境适应性强化。从壳体防护升级上来看，应积极应用 IP65 及以上防护等级外壳，且要利用迷宫式密封结构对关键结合面进行有效处理，保证间隙 ≤ 0.1 mm。在此基础上，为能实现对粉尘的全面阻挡，还应协同应用多层防尘滤网。除此之外，为能有效避免粉尘板结情况发生，还应积极配置脉冲反吹装置，以实现对外散热风道积尘的自动清除。从散热性能优化上来看，应强化对双模散热技术的应用，即利用“风冷+水冷”的方式，促进防爆装备散热，保证温升 ≤ 40 °C。与此同时，为能有效降低局部高温风险，还应积极利用 CFD 软件对粉尘沉降和散热效率等进行模拟，并以模拟结果为导向，科学优化气流组织分布。（2）潮湿环境防护体系：在潮湿环境中，防爆设备十分容易被水分入侵，进而会发生绝缘性能下降和电路短路等问题，严重影响设备安全运行，且会间接影响矿山生产安全。因此，应在防爆设备中积极强化防爆型除湿模块装置，以实现湿度的实时监测和自主调节，始终保证设备内部干燥。同时，排水通道应以倒锥形结构为主，切实防止倒灌情况，以此防爆装置在潮湿环境中的稳定运行提供有力支持。

4 结束语

防爆设备的维修质量与矿山安全生产和高效运营具有直接关系，因此，要着眼于安全发展，切实做好防爆设备的维修工作，缩短故障停机时间，保障生产连续性。未来，应着眼于先进技术发展，强化人工智能技术在防爆设备维修工作中的应用，以实现维修工作向“预防性维护”方向发展，切实降低突发故障风险。同时，也应强化对智能检修工具和远程诊断技术等维修中的应用，以切实提高维修精度和效率，降低生产损失。

参考文献：

- [1] 陈振兴,尹国栋.煤矿矿山机电设备维修常见问题与对策探讨[J].内蒙古煤炭经济,2023(05):118-120.
- [2] 张志忠.矿山机电设备维修常见的问题与对策探讨[J].能源与节能,2024(07):271-274.
- [3] 王泽威.露天采矿设备常见的机电故障及维修[J].模具制造,2023,23(07):278-280.
- [4] 张盼英,庄永尚,李鑫芝.煤矿矿山机电设备维修中的问题及改善方法[J].中国科技投资,2023(19):110-112.
- [5] 文永黎.露天煤矿机电设备常见故障及诊断维修技术方法分析[J].电子元器件与信息技术,2023,07(07):203-206.