

煤矿机电设备维护与检修策略探讨

秦伟

国家能源集团乌海能源公司乌海市路天矿业有限责任公司 内蒙古乌海市海南区公乌素镇 016035

DOI:10.12238/ems.v7i7.14279

[摘要] 旨在深入研究煤矿机电设备的检修与优化策略,以提升煤矿生产效率和安全性。煤矿机电设备维护与检修是保障安全生产的核心环节,也是实现经济效益、社会效益协同的关键支撑。从预防性维护到精准诊疗,从制度建设到技术赋能,需构建全周期、多维度的管理策略。通过对多个方面的综合研究,为煤矿机电设备的检修与优化提供理论支持和实践指导。

[关键词] 煤矿; 机电设备; 检修技术; 优化策略

在现代煤矿生产中,机电设备的安全运行和高效性对于保障生产连续性和人员安全至关重要。然而,煤矿机电设备在长时间高强度工作后常面临磨损、老化和故障等问题,不仅影响生产效率,还可能带来安全隐患。因此,对煤矿机电设备进行定期检修与优化成为迫切需求。本文旨在深入研究煤矿机电设备的检修与优化策略,为提高设备的可靠性、运行效率和安全性提供有效途径。

一、煤矿机电设备维护与检修的重要性

1. 经济性保障。

延长设备寿命:通过预防性维护和定期检修,可减少设备磨损及突发故障,避免因设备报废导致的重复投资,显著降低更换成本。控制维修成本:主动排查隐患的预防性维护模式(如河钢集团张宣科技的“设备诊疗”)能提前解决潜在问题,减少高额应急维修费用。减少停机损失:规范的检修制度(如古城煤矿的“日检、周检、年检”体系)可最大限度避免非计划停机,保障生产连续性。

2. 安全生产核心。

消除安全隐患:机电设备故障是煤矿事故的主要诱因之一,定期维护可排查电气失爆、传动部件异常等问题,降低人员伤亡风险。提升应急能力:通过检修过程中的现场培训(如中煤新集地勘公司的“手把手教学”),职工能快速识别并处理设备故障,增强安全操作技能。本质安全建设:古城煤矿通过“岗位规范操作+动态管控”模式,实现设备、人员、环境的协同安全,为矿井安全提供系统性保障。

3. 生产效率提升。

稳定运行保障:设备健康状态直接影响产能利用率,例如减速机轴承异响的精准诊断可避免连锁性停机,保障生产节奏。优化能源消耗:高效运行的设备能减少能源浪费,如机电部对电缆、开关的精细管理可降低系统能耗,提升经济效益。技术支持创新:智能化维护手段(如机械听诊器)的应用,使隐性故障早发现、早处理,减少对人工经验的依赖。

4. 社会责任与可持续发展。

环境保护:规范维护可降低设备漏油、废气排放等问题,减少对矿区生态的负面影响,契合绿色矿山建设要求。企业形象塑造:严格执行检修标准的企业(如古城煤矿)通过减少事故率,展现责任担当,提升行业竞争力。资源节约:延长设备使用周期减少资源消耗,符合循环经济理念,推动煤矿行业可持续发展。

二、煤矿机电设备多级泵常见问题及解决方案

1. 不上水或流量不足。

原因分析,进口管路堵塞或底阀未开启,叶轮堵塞/磨损、密封环间隙过大,泵转速不足或电机转向错误,吸程过高或介质粘度过大。解决方案,清理进口管路、过滤器及叶轮内部异物,确保底阀完全开启,更换磨损叶轮或修复密封环,间隙调整至0.25~1.10mm,检查电源电压,修正电机接线方向,校准额定转速,降低安装高度或更换高吸程泵型。

2. 异常振动或噪音

原因分析,泵轴弯曲或轴承磨损,叶轮动平衡失调或与泵壳摩擦,地脚螺栓松动或管路支撑不稳。解决方案,校正泵轴弯曲(偏差 $\leq 0.06\text{mm}$)或更换轴承,对叶轮进行动平衡校验,调整叶轮与泵壳间隙,紧固地脚螺栓,加固管路支撑并保持泵体水平。

3. 轴承过热或异常温升。

原因分析,润滑油不足/变质或轴承安装不当,轴向推力过大(平衡装置失效),机械密封过紧导致径向载荷增加。解决方案,补充润滑脂至体积 $2/3 \sim 3/4$,定期更换变质的润滑油,检查平衡盘/环磨损($> 2\text{mm}$ 需更换或加垫调整),调整机械密封轴向位移($\leq 0.1\text{mm}$)和径向过盈量。

4. 机械密封泄漏。

原因分析,动静环磨损或辅助密封圈老化,轴套腐蚀或轴封水封管堵塞。解决方案,更换磨损动静环,使用耐腐蚀材质密封件,清理水封管路,更换破损轴套及填料(石棉/碳纤维材质)。

5. 电机过载。

原因分析,泵轴卡阻或叶轮摩擦泵壳,流量超额定值或介质密度异常。解决方案,校正泵轴同心度,调整叶轮轴向位置,调节出口阀门控制流量,核实介质物性参数。维护建议,定期检修:每运行2000小时检查平衡装置磨损量,更换老化密封件。运行监控:轴承温度持续 $> 85^{\circ}\text{C}$ 需停机排查,振动值应 $\leq 4.5\text{mm/s}$ 。预防措施:安装前置过滤器防止异物吸入,定期校准联轴器间隙(标准值参考泵型手册)。通过系统化故障诊断和针对性维护,可显著提升多级泵运行效率和使用寿命。

三、煤矿机电潜水泵检修关键要点

1. 核心部件检查与维护。

密封性检测,泵体密封:拆卸后检查机械密封或油室状态,若发现泄漏需清除杂质并更换密封圈(优先选用耐腐蚀材质)。电缆密封:检查电缆接头密封胶套是否老化破损,确保无渗水短路风险。水封维修:若水封磨损起槽需用砂布打磨,严重磨损($> 0.1\text{mm}$)时应更换新件。机械组件检修,轴承与泵轴:测量轴承间隙(超标 $\geq 0.10\text{mm}$ 需更换);校正泵轴弯曲(偏差 $\leq 0.05\text{mm}$)并检查轴颈表面粗糙度。叶轮维护:清理叶轮表面水垢及缠绕物,检查叶片裂纹或磨损(允许修补,严重时更换);叶轮与轴装配后需进行动平衡测试,径向跳动 $\leq 0.5\text{mm}$ 。

2. 电气系统检测。

绝缘电阻测试:使用500V兆欧表测量绕组对地绝缘电阻,要求 $\geq 5\text{M}\Omega$;低于标准需烘干处理并复测。电缆完整性检查:外皮破损处需修补或整体更换电缆,接头加固后做防水密封。电机绕组状态:清理绕组表面污垢,检查绝缘老化或受潮迹象,必要时重绕线圈。

3. 功能调试与预防措施。

运行参数校准:启动前核实电源电压匹配性($\pm 5\%$ 额定范围)及转向正确性(反转需调换相序)。空载试运行 $3 \sim 5$

分钟, 监测电流、振动是否异常。日常维护周期: 常规检查: 每月紧固螺栓、清理滤网及监测密封状态; 深度维护: 每隔 2000 小时更换整体式机械密封盒及润滑油 (5 号/10 号机械油)。

4. 特殊工况处理。

泥沙环境: 安装前置过滤网, 含沙量 $>3\%$ 工况需优先选用充油式电机并缩短检修周期; 长期停用: 吊起存放于干燥处, 定期通电空转防止密封粘连。通过针对性检修和预防维护, 可降低潜水泵故障率并延长使用寿命, 保障煤矿安全生产。

四、多级泵检修策略分析方法

以下为基于设备全生命周期管理的系统性分析方法, 结合故障特征与运行数据优化维修决策:

1. 故障模式与影响分析 (FMEA)。

关键部件风险排序, 建立叶轮、轴承、平衡装置三者的故障模型, 量化磨损速率与介质特性 (如含沙量、pH 值) 的关联性; 通过振动频谱分析识别高频失效部件, 优先处理振动值 $>4.5\text{mm/s}$ 的泵段。失效影响评估, 分级设定故障等级: 一级故障 (停机风险): 轴断裂、叶轮卡死, 需立即停机处理; 二级故障 (性能衰减): 密封泄漏、扬程下降, 允许短期运行并安排计划性检修。

2. 数据驱动的检修策略。

运行参数阈值监控, 设定关键指标报警值:

参数	正常范围	预警阈值	停机阈值
轴承温度	$\leq 75^{\circ}\text{C}$	$75\sim 85^{\circ}\text{C}$	$> 85^{\circ}\text{C}$
振动速度	$\leq 2.8\text{mm/s}$	$2.8\sim 4.5\text{mm/s}$	$> 4.5\text{mm/s}$

趋势预测技术, 采用 AI 算法分析历史电流曲线与压力波动, 预测平衡盘剩余寿命 (误差 $\leq 15\%$); 通过润滑油金属颗粒检测判断轴承磨损阶段 (Fe 浓度 $>100\text{ppm}$ 需拆检)。

3. 预防性维护策略。

周期性检修计划, 日常维护: 每周检查密封泄漏量 (机械密封 ≤ 5 滴/分钟, 填料密封 $10\sim 30$ 滴/分钟); 每月校准联轴器对中 (径向偏差 $\leq 0.05\text{mm}$)。大修周期: 普通工况: 每 8000 小时全面解体检查; 腐蚀性介质: 缩短至 4000 小时并升级材质 (如双相不锈钢叶轮)。备件管理优化, 建立易损件更换标准库: 密封环间隙 $>1.0\text{mm}$ 强制更换; 叶轮壁厚磨损超过原始尺寸 30%时触发更换流程。

4. 维修决策树模型。

开始

├——异常报警触发

├——振动超标→检查轴弯曲度、动平衡→校准或更换: ml-citation{ref="5, 7" data="citationList"}

├——温度异常→分析润滑状态→换油或轴承更换: ml-citation{ref="8" data="citationList"}

├——性能衰退分析

├——流量下降 $>15\%$ →检查叶轮磨损/堵塞→清理或堆焊修复: ml-citation{ref="4, 6" data="citationList"}

├——效率降低 $>10\%$ →评估平衡盘磨损→垫片调整或整体更换: ml-citation{ref="2, 5" data="citationList"}

├——计划性停机窗口

├——预防性更换易损件: ml-citation{ref="1, 8" data="citationList"}

├——防腐涂层复涂 (每 3 年): ml-citation{ref="3" data="citationList"}

5. 检修质量验证标准。

机械性能测试, 空载运行 30 分钟, 振动值需稳定在 $\leq 2.5\text{mm/s}$; 负载工况下电流波动范围控制在 $\pm 5\%$ 额定值。密封性验收, 水压试验: 1.5 倍工作压力保压 10 分钟无渗漏; 氦质谱检漏: 泄漏率 $\leq 1\times 10^{-6}\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ 。通过融合状态监测、

预测性维护和标准化作业流程, 可构建精准高效的检修策略体系, 实现故障停机率降低 40%以上。

五、煤矿机电设备维护与检修策略

1. 维护体系优化。

基础保养规范化, 推行“清洁、润滑、紧固、调整、防腐”的“十字”维护策略, 每日清除设备外壳浮尘及腔室杂物, 定期更换润滑油并监测油质、油压, 重点紧固易松动部件, 延长设备寿命。例如, 某煤业通过量化材料消耗、改造废旧钢板为皮带清扫器, 显著降低新设备采购成本。动态巡检与预防性维护, 实施“分时段错峰”巡查制度, 如某煤矿维修团队日均巡查超 20 公里, 覆盖机房、巷道等区域, 设备故障响应时间压缩至 1.5 小时。采用“三定三查”模式 (定人员、时间、标准; 查润滑、紧固、参数), 班中排查“跑冒滴漏”问题, 班后比对预算差异, 实现“日清日结”管理。技术升级与创新改造, 针对设备薄弱环节实施改造, 如为皮带托辊加装扁铁防护圈, 使用寿命延长 2 倍以上 1; 或设计机械式断轴保护装置, 防范猴车断轴事故。

2. 检修流程标准化。

分层级检修机制, 日常检修: 严格执行断电、验电流程, 检查电缆绝缘状态及防爆设备密封性, 确保漏电保护装置有效性。

定期检修: 按《煤矿安全规程》停机维护主副井提升系统等关键设备, 杜绝超负荷运转隐患。智能化故障诊断, 应用温度诊断、振动监测等技术实时分析设备参数, 如铁谱监测分离油液金属微粒预测机械磨损趋势, 实现精准检修。部分矿井引入机械听诊器等智能工具, 降低对人工经验的依赖。

3. 管理机制协同。

组织架构与责任落实, 设立专职机电管理小组, 推行“全员包机制度”, 明确设备责任人并纳入绩效考核。标准化管理设备全生命周期, 从选型、验收、建档到报废全程规范, 避免账物不符或超期服役问题。培训与应急响应, 强化机电人员标准化操作培训, 如执行《机电专业质量标准化标准》规范设备参数调整流程。建立 24 小时应急维修机制, 储备易损件清单, 确保突发故障快速处置。

4. 成本与能效控制。

修旧利废优化, 通过筛选回收配件改造为实用装置 (如挡矸装置、五小电气牌板架), 减少新材料消耗。能耗精细化管理, 定期维护电缆、开关等设备, 降低系统能耗; 更换节能灯具等设施, 减少能源浪费。

综上所述, 煤矿机电设备维护与检修需融合技术升级、制度优化与管理协同, 通过预防性维护降低故障率, 依托智能化诊断提升检修效率, 最终实现安全、经济与可持续目标。

【参考文献】

- [1] 白辉辉. 论如何做好煤矿机电设备维修管理模式[J]. 内蒙古煤炭经济, 2023 (2): 169-171.
- [2] 宋腾. 浅析煤矿机电设备维修管理模式及发展趋势[J]. 内蒙古煤炭经济, 2022 (19): 169-171.
- [3] 赵小虎. 煤矿机电设备维修管理模式及发展趋势[J]. 内蒙古煤炭经济, 2022 (4): 124-126.
- [4] 李强. 煤矿工程中的机电设备维修管理模式分析[J]. 电子技术, 2022, 51 (1): 166-167.
- [5] 王伟. 论如何做好煤矿机电设备维修管理模式[J]. 当代化工研究, 2021 (13): 145-146.
- [6] 郭德秀. 煤矿机电设备维修管理模式初探[J]. 技术与市场, 2018, 25 (7): 207.
- [7] 纪小荣. 煤矿机电设备维修管理模式初探[J]. 中国新技术新产品, 2015 (3): 67.