煤矿机电设备常见故障原因分析及运维管理对策探讨

邓延奇　王庆良　张庆思
山东新巨龙能源有限责任公司　山东　菏泽　274000

摘　要：煤矿机电设备运行可靠性直接关乎井下生产安全与作业效率。设备自身设计制造缺陷、恶劣工况环境侵蚀、人员操作不当、日常养护检修不到位以及设备老化更新迟缓，共同构成故障频发的主要诱因。当前运维管理领域暴露出体系不健全、检修模式僵化、人员素质参差不齐、档案管理混乱、监督考核缺位等突出问题。针对上述症结，从完善管理制度、革新检修模式、强化人员培训、规范档案建设、健全考核机制及推动智能化升级六个维度提出系统化对策，本文意在为煤矿企业提升设备综合管理水平提供参考路径。

关键词：煤矿机电设备；故障成因；运维管理；优化对策；设备可靠性

引言：煤矿机电设备在井下采掘、运输、提升等环节中承担不可替代的核心作用，运行状态直接关乎作业安全与生产效率。井下空间受限、潮湿多尘、负荷波动剧烈等特殊工况，对设备适应性与耐久性提出较高要求。随着开采深度延伸与产能扩大，设备种类与数量持续增长，运维管理压力不断加大。长期以来，行业主要依赖计划检修与事后抢修相结合的传统模式，此种被动应对思路在连续化生产条件下暴露出越来越多的问题。从设备自身条件、运行环境、人员操作、养护检修及老化更新等维度系统梳理故障成因，深入剖析运维管理薄弱环节并探讨优化路径，对于降低非计划停机频次、提升设备运行可靠性具有现实价值。

1 煤矿机电设备常见故障成因分析

1.1 设备自身因素

设备自身的设计水平和制造质量直接决定了运行可靠性的高低。不少机电设备在出厂阶段就潜藏着设计层面的缺陷，结构布局不够合理、材料选用未能充分考量井下特殊工况、加工装配精度未能达到设计要求，这些问题在设备持续运转过程中逐步暴露出来。电气元件之间老化速率存在差异、机械配合间隙偏差超出允许范围、绝缘防护性能未能满足潮湿环境要求，这些根植于设备本体的问题成为故障频发的主要源头。设备选型阶段若未能充分评估实际生产负荷特性与运行工况，同样会造成设备长期处于临界承载状态，加速劣化进程。

1.2 设备运行环境因素

煤矿井下作业条件极为恶劣，潮湿空气与煤尘弥漫形成腐蚀性氛围，顶板淋水与底板积水进一步加剧了环境苛刻程度。湿气持续侵入电气系统会显著拉低绝缘电阻数值，诱发短路或漏电事故，悬浮煤尘大量积聚于散热通道会严重恶化冷却效果，导致设备温升超出设计阈值，加速绝缘材料热老化进程[1]。巷道变形引发的顶板下沉与底板鼓起直接挤压设备外壳与运动部件，造成结构变形与导轨卡滞，活动部件动作阻力持续增大，配合精度逐步遭到破坏，设备输出性能随之衰减。

1.3 人员操作因素

操作人员对设备性能边界与操作规程的掌握深度直接影响运行状态的稳定性。违规带载启动与停机、长时间超负荷运行或频繁无谓启停等不当操作行为直接加剧了机械传动系统的冲击载荷与电气系统的应力累积。操作界面上各类声光报警信号的识别与正确处置依赖于操作者的经验判断能力，认知不足往往贻误最佳干预时机，微小异常因未获及时处理而逐步演变为严重故障。人员操作习惯的养成与现场管理要求之间存在的差距同样不可忽视。

1.4 日常养护检修因素

日常养护与检修作业的到位程度直接决定了设备使用寿命能否得到充分保障。润滑管理不规范致使运动副长期处于干摩擦或边界摩擦状态，加速零件表面磨损与尺寸损耗。紧固件松动未能纳入常规巡检项目及时发现并处理，连接刚度持续下降甚至出现脱落风险。各类滤芯与易损件超期服役后丧失正常防护与过滤功能，却仍在使用。检修作业流于形式、检测项目覆盖面不足、维修工艺执行不到位等问题普遍存在，部分潜在隐患在检修过程中不但未能排除，反而因操作不规范引发出新的问题。

1.5 设备老化与更新迭代因素

设备运行年限持续延长后，金属结构件产生不可逆的疲劳累积，电气绝缘系统发生永久性老化，各类性能参数逐步偏离出厂设定值。煤矿企业受制于更新改造资金约束，大量超期服役设备仍在继续运行，故障频次随设备年龄增长呈明显上升态势。设备更新换代步伐迟缓使得老旧机型与新技术标准之间的差距持续扩大，维修备件供应链断裂进一步加剧了维护困难，陈旧设备对维护资源的需求反而更高，形成了资源投入增加与可靠性下降的突出矛盾。

2 煤矿机电设备运维管理现存问题

2.1 运维管理体系不健全

煤矿企业普遍缺少一套专门针对机电设备运维管理的完整制度框架，各项管理职责划分模糊不清，采掘、运输、提升等环节的设备管理归属不同职能部门，信息传递层级过多且反馈周期偏长。管理制度更新严重滞后于现场实际变化，部分规程条款与现有装备水平已不相匹配，执行层面缺乏可操作性，制度文件与实际作业之间存在明显脱节。跨部门的协调沟通机制不够顺畅，设备运行状态信息无法及时共享，问题反馈与处置之间的闭环未能有效形成，管理体系整体运作效率偏低。

2.2 运维检修模式适应性不足

预防性计划检修在当前运维工作中占据主导地位，检修周期与内容多依据设备出厂推荐值统一设定，未能兼顾各台设备实际运行工况与健康状态的个体差异。定期拆检造成的过度维修与状态劣化未能及时干预的维修不足两种现象同时存在，前者浪费人力物力与有效生产时间，后者直接增加了突发故障停机的概率。检修决策缺乏设备实时状态数据作为支撑，检修时机与范围的确定带有较大盲目性，对不同设备的重要程度与故障后果也未进行差异化考量。

2.3 运维人员专业素质有待提升

一线运维人员构成中，具备系统机电一体化知识背景的专业技术人员占比偏低，多数从业人员仅凭长期积累的经验开展日常维护工作，对设备深层控制逻辑与故障机理的理解有限。新技术新装备不断引入，配套的技术培训与知识更新未能跟上节奏，人员对新设备故障诊断方法的掌握程度明显不足[2]。高素质技术人才向其他行业流失的现象较为突出，基层队伍稳定性不足，经验断层问题逐渐显现，培训体系与实际需求之间的错位进一步加剧了人员能力建设困境。

2.4 设备台账与档案管理规范化程度不高

设备从入矿验收、安装调试、运行维护直至报废退出的全生命周期信息记录不够完整，纸质档案与电子数据并存且相互之间缺乏有效核对，数据一致性难以保证。部分设备维修记录与技术参数变更信息未及时归档，历史数据可追溯性较差，设备档案完整性、准确性和连续性均难以得到保证。档案管理职责划分不够清晰，资料收集整理工作缺乏系统性与常态化运作机制，档案信息对运维决策的支撑作用远未充分发挥。

2.5 运维监督考核机制缺位

针对设备运维工作质量的过程监督与结果考核尚未形成制度化运作模式，各项检修作业是否按规程执行缺乏有效核查手段。考核指标体系设置过于笼统，主要以设备是否发生重大故障为评价标准，对日常巡检覆盖率、隐患发现及时率、检修作业合格率等过程性指标关注不足[3]。监督考核结果与岗位绩效之间的关联强度较弱，考核工作未能真正发挥引导与约束作用，正向激励与反向约束均不到位，运维人员在工作中缺乏足够的外部驱动力。

3 煤矿机电设备运维管理优化对策

3.1 完善常态化运维管理体系

构建覆盖设备选型、安装验收、运行监控、维护保养、检修实施、备件管理直至报废更新全过程的闭环管理制度体系，是提升运维管理水平的基础性工作。明确各级管理机构与岗位人员在设备运维工作中的具体职责与权限，建立高效的信息传递与协同处置流程，确保设备运行状态信息能够及时共享、问题能够快速响应。制度条款的制定应紧密结合煤矿现场实际条件与设备具体状况，确保各项规定切实可行，并根据生产条件变化与技术发展动态进行修订完善[4]。枣矿集团七五煤业公司通过全面的智能化改造，实现了核心设备从被动维修到主动养护的根本性转变，借助远程诊断预警系统对主提升机、主通风机等 41 台关键设备开展信息化管理。该系统实时采集设备振动、温度等关键运行数据，并为每台设备建立专属健康档案，截至目前已累计发出预警 89 次，成功处置 18 起典型故障。

3.2 革新设备运维检修工作模式

变计划预防性检修为计划检修与状态检修相结合的混合模式，对关键设备加装在线监测装置实时采集振动、温度等运行参数，依据数据趋势判定设备健康水平并合理安排检修时机，避免过度拆卸也确保隐患及时排除。山东能源白庄煤矿 2025 年将被动救火式抢修升级为主动预防式诊疗，实施精准巡检与强制检修模式，通过班检、日检、周检、月检结合专项排查和突击检查形成

严密动态检查网络，截至 10 月底全矿设备故障率同比下降 20%。该矿还将管理细化到每个轴承、每颗螺丝，做到了小病早治、大病严防。

3.3 强化运维人员专业能力建设

制定分层分类培训方案，针对不同岗位与技能等级人员开展差异化理论教学与实操训练，重点强化电气控制原理、故障诊断方法等核心技能。建立技能考核与岗位晋升的明确通道，借助薪酬激励与职业发展双重驱动提升学习积极性。高庄煤业 2025 年构建了新工到骨干再到专家的三级成长链路，配套理论培训、实操演练、项目攻坚、轮岗交流四维培养矩阵。该公司推行导师带徒制度，131 名学员与 61 名技术大拿结对，围绕设备智能运维与故障预判等前沿课题开展项目制带徒培育。

3.4 规范设备全周期档案管理

建立统一的设备电子档案信息系统，将设备技术参数、维修记录、备件更换明细、性能检测报告等全部纳入数字化管理，明确各环节工作规范与责任人，确保数据录入及时准确，为设备状态评估与维修决策提供可靠依据。赵庄煤业公司 2025 年为每台设备建立独立的电子健康档案，完整记录了设备投入使用时间、历次检修时间、作业部位、更换零部件等信息，实现了设备全生命周期数据的全覆盖电子化管理。该公司基于运行周期与历史检修记录的深度分析，精准规划出每台设备保养、检查与升级的关键时间节点。

3.5 建立健全运维监督考核机制

设计多维度考核指标体系，涵盖设备故障率、平均修复时间等结果导向指标，同时纳入巡检执行率、检修完成率、维修质量合格率等过程控制指标。考核采取日常抽查与定期评估相结合方式，结果与部门绩效及个人收入挂钩，以正向激励与反向约束共同推动工作质量改进。冀中能源东庞矿 2025 年通过日常检查与专项督查相结合的方式对井下各单位机电设备安全运行情况进行动态考核，依据机电设备考核表进行评分、奖优罚劣。各区队还积极开展机电设备风险隐患自查，详细列出隐患内容并限期落实整改。

3.6 推进运维管理智能化升级

引入物联网感知、数据采集与监视控制、故障预测与健康管理等技术手段，构建设备运维智能管控平台，通过传感器实时获取运行数据，利用算法识别异常状态并自动推送预警信息，辅助管理人员科学制定检修与备件储备方案[5]。山西焦煤西铭矿 2025 年投用煤矿机电设备全生命周期管理系统，对 9000 余台固定资产机电设备进行统一管控。在采煤机、运输机等核心设备关键部位安装智能监测设备实时捕捉转速、温度等数据，系统可根据过往记录推算设备运行状态并提前预警维护，有效避免了停产风险。

结束语：煤矿机电设备运维管理是一项涉及多环节、多要素的系统性工作。从故障成因来看，设备自身条件、运行环境、人员操作、养护检修与老化更新等因素相互交织，共同影响着设备运行表现。从管理层面审视，体系缺陷、模式僵化、人员短板、档案混乱与考核缺位等问题亟待解决。针对这些问题，完善管理制度以夯实基础，革新检修模式以提升效率，强化人员培训以补齐短板，规范档案建设以支撑决策，健全考核机制以压实责任，推进智能升级以赋能管理，这些举措相互配合形成合力，能够有效提升设备运维整体水平。将各项优化对策落到实处，有助于降低设备故障频次、延长设备服役年限、保障井下生产安全顺畅。

参考文献

[1] 王少雷. 煤矿机电运输常见故障及防范对策分析 [J]. 中国科技纵横,2023,(4):102-104.

[2] 姬学良. 矿山机电运输常见事故原因及对策 [J/OL]. 中国科技期刊数据库工业 A,2022,(4):65-67.

[3] 代相华. 煤矿井下掘进机机电设备常见故障及维护管理措施 [J]. 矿业装备,2025,(2):77-79.

[4] 黄彦坤. 探究煤矿机电设备智能化运维管理技术 [J]. 中国设备工程,2026,(14):43-46.

[5] 李浩. 煤矿机电设备运维管理体系优化研究 [J]. 信息系统工程,2026,(5):95-97.