

采煤机关键部件可靠性分析与预防性维修模式研究

纪方松

山东科技大学 266590

DOI:10.32629/ems.v8i5.20205

[摘要] 采煤机作为煤矿综采工作面的核心装备,其运行可靠性直接决定煤矿生产的安全性、连续性与高效性,而关键部件的性能状态更是影响采煤机整体可靠性的核心因素。在煤矿井下复杂恶劣的作业环境中,采煤机关键部件长期承受冲击、磨损、腐蚀等多重载荷,易发生故障停机,不仅影响生产效率,还可能引发安全事故。本文以采煤机关键部件为研究对象,梳理其类型与运行特性,分析关键部件可靠性影响因素及现存问题,探索科学的可靠性分析方法,构建适配煤矿生产需求的预防性维修模式,为提升采煤机关键部件可靠性、减少故障发生率、降低维修成本、保障煤矿安全生产提供理论支撑与实践借鉴,助力煤矿综采装备向高效化、安全化、智能化转型。

[关键词] 采煤机; 关键部件; 可靠性分析; 预防性维修; 故障防控; 煤矿生产

引言

随着煤矿产业向智能化、规模化转型,综采技术得到广泛应用,采煤机作为综采成套装备的核心组成部分,承担着煤体截割、装载等关键任务。煤矿井下高粉尘、高湿度、强冲击的作业环境,导致采煤机关键部件易出现磨损、疲劳、失效等问题,故障停机现象频发,严重制约煤矿生产效率,甚至威胁作业人员生命安全。当前,多数煤矿对采煤机关键部件的管理仍以事后维修为主,缺乏系统的可靠性分析与科学的预防性维修机制,难以实现故障提前防控。开展采煤机关键部件可靠性分析,构建科学的预防性维修模式,对提升采煤机运行稳定性、保障煤矿安全生产、降低生产成本具有重要现实意义。

一、采煤机关键部件的类型及运行特性

采煤机结构复杂,包含截割部、行走部(牵引部)、装载部、电动机、操作控制系统等多个组成部分,其中截割部、行走部、液压系统是决定其运行可靠性的核心关键部件,其运行特性直接影响采煤机整体工作效能与使用寿命。明确关键部件的类型及运行特性,是开展可靠性分析与预防性维修模式构建的基础。

(一) 核心关键部件类型

截割部是采煤机的核心作业部件,主要由滚筒、摇臂、截齿、齿轮传动系统等组成,直接承担煤体截割、破碎任务,是故障发生率最高的部件之一。行走部又称牵引部,负责带动采煤机沿工作面移动,主要由行走轮、导轨、牵引机构等组成,其运行稳定性决定采煤机的移动精度与作业连续性。液压系统是采煤机的动力传递核心,负责为截割部升降、行

走部牵引等动作提供动力,主要由液压泵、液压阀、液压缸、油管等组成,对密封性能与压力控制要求极高。此外,电动机作为采煤机的动力来源,其防爆、冷却性能直接影响设备运行安全,也是可靠性分析的重要对象。

(二) 关键部件运行特性

采煤机关键部件的运行特性与井下作业环境密切相关,整体呈现高负荷、强冲击、多干扰的特点。截割部在作业过程中,滚筒与煤体、夹矸直接接触,承受周期性的冲击载荷与摩擦作用,截齿易磨损、断裂,摇臂壳体易发生变形、裂纹,齿轮传动系统易出现齿面磨损、断齿等故障。行走部需在不平坦的工作面轨道上移动,承受采煤机自身重量与作业冲击力,行走轮、导轨易磨损,牵引机构易出现卡滞、失效现象。液压系统长期在高压状态下运行,井下粉尘、杂质易侵入系统,导致液压元件磨损、密封件老化,引发泄漏、压力不稳等故障,影响动力传递效率。同时,井下高湿度、高腐蚀性环境会加速关键部件的老化进程,进一步降低其运行可靠性。

二、采煤机关键部件可靠性分析及现存问题

采煤机关键部件可靠性分析是通过科学的方法,识别部件故障类型、分析故障成因、评估可靠性水平,为预防性维修提供数据支撑与理论依据。当前,我国煤矿企业在采煤机关键部件可靠性分析方面已开展部分研究,但仍存在分析方法不科学、数据支撑不足、重视程度不够等问题,制约了可靠性提升与维修模式优化。

(一) 关键部件可靠性影响因素分析

影响采煤机关键部件可靠性的因素复杂多样,主要可分

为设计制造、作业环境、使用维护三大类。设计制造方面, 部件设计不合理、材料选择不当、加工精度不足, 会导致部件先天可靠性缺陷, 如摇臂壳体设计未充分考虑复杂载荷, 易出现变形失效; 截齿材料硬度不足, 易磨损、断裂。作业环境方面, 井下高粉尘、高湿度、强冲击、高腐蚀的环境, 会加速部件磨损、老化, 降低部件使用寿命, 如粉尘侵入液压系统会加剧液压元件磨损, 高湿度环境会导致金属部件锈蚀。使用维护方面, 操作人员操作不规范、维护保养不及时、维修工艺不合理, 会人为降低部件可靠性, 如截割过程中强行切割硬岩会加剧截齿与摇臂的损伤, 未按规定进行润滑保养会导致齿轮传动系统磨损加剧。

(二) 常用可靠性分析方法

当前, 采煤机关键部件可靠性分析常用方法主要包括故障模式与影响分析、可靠性试验分析、数据统计分析等。故障模式与影响分析通过识别部件可能出现的故障模式, 分析故障对部件乃至整个采煤机运行的影响, 明确故障优先级, 为可靠性提升提供方向。可靠性试验分析通过模拟井下作业环境, 对关键部件进行加速寿命试验、载荷试验等, 获取部件可靠性数据, 评估部件使用寿命与故障规律。数据统计分析通过收集部件运行过程中的故障数据、维护记录, 运用统计方法分析故障发生率、故障分布规律, 识别易发生故障的部件与薄弱环节。此外, 随着智能化技术发展, 有限元分析、仿真模拟等方法逐渐应用于可靠性分析, 可精准模拟部件在复杂载荷下的受力状态, 预测故障风险。

(三) 可靠性分析现存问题

可靠性分析方法应用不深入, 多数煤矿企业仍以传统的故障统计分析为主, 缺乏对有限元分析、仿真模拟等先进方法的应用, 难以精准识别故障成因与潜在风险。数据支撑不足, 部分煤矿未建立完善的关键部件运行数据、故障数据、维护记录数据库, 数据采集不完整、不规范, 导致可靠性分析结果缺乏准确性与针对性。对可靠性分析的重视程度不足, 部分企业将重点放在生产效率提升上, 忽视关键部件可靠性分析工作, 未将分析结果与维修管理、设备升级相结合, 难以发挥可靠性分析的实际价值。同时, 可靠性分析与维修工作脱节, 分析结果未有效指导维修实践, 导致故障防控效果不佳。

三、采煤机关键部件预防性维修模式构建

预防性维修模式以设备可靠性分析为核心基础, 通过对采煤机关键部件运行状态的持续跟踪与潜在隐患识别, 科学

制定分级分类的维修计划, 实现对设备故障的超前预判与主动防控, 从而有效减少非计划故障停机时间, 降低重复维修与应急抢修成本, 全面提升关键部件运行稳定性与整机作业可靠性。结合采煤机在井下高粉尘、高湿度、强载荷等复杂工况下的运行特性, 以及各部件故障规律与可靠性分析结果, 构建“可靠性监测—隐患预警—分级维修—效果评估”一体化、全流程闭环预防性维修模式, 使其更加贴合煤矿连续化、集约化、安全化生产的实际需求, 为矿井高效稳产提供坚实设备保障。

(一) 构建全方位可靠性监测体系

依托工业物联网、智能传感与大数据分析技术, 构建覆盖采煤机全核心部件的全方位可靠性监测体系, 实现运行状态实时感知、数据连续采集与异常智能识别。在截割部、行走部、牵引部、液压系统、电控系统等关键部位布设振动传感器、温度传感器、压力传感器、转速传感器及油液监测传感器, 实时采集振动幅值、温度变化、系统压力、轴承间隙、润滑油污染度等关键运行参数, 通过井下工业以太网与无线传输模块将数据同步上传至地面智能监测平台。平台对采集数据进行实时处理、趋势分析与对比研判, 快速识别参数偏离、波动异常等潜在隐患, 为分级预警与精准维修决策提供可靠数据支撑。同时建立设备全生命周期管理数据库, 整合历史运行数据、典型故障案例、维护保养记录、备件更换信息等内容, 形成可追溯、可分析、可共享的数据资源体系, 为后续可靠性评估、维修周期优化与策略迭代提供坚实数据保障。

(二) 建立分级隐患预警机制

基于可靠性监测实时数据、故障机理分析与历史故障统计结果, 建立标准化三级隐患分级预警机制, 将采煤机关键部件运行隐患划分为一般隐患、较大隐患、重大隐患三个等级, 实现隐患精准识别与有序处置。一般隐患主要表现为运行参数轻微偏离正常区间, 无明显劣化趋势, 暂不影响设备连续安全运行, 处置方式以加强跟踪监测、定期复核排查为主; 较大隐患表现为参数异常波动加剧, 出现早期故障征兆, 可能导致设备运行效率下降、载荷异常升高, 需在规定时限内安排专项检查与针对性维修处理; 重大隐患表现为关键参数严重超标, 存在部件失效、结构损伤等高风险, 极易引发设备停机、生产中断甚至井下安全事故, 必须立即停机并启动应急处置流程。通过分级预警明确隐患处置优先级与响应流程, 确保各类隐患早发现、早处置、早消除, 有效避免小

隐患扩大为严重故障,保障设备与人身安全。

(三) 制定差异化分级维修策略

结合采煤机关键部件的重要程度、故障发生频率、失效模式及实时运行状态,制定差异化、精细化分级维修策略,摒弃传统“一刀切”的粗放式维修方式,在保障可靠性的前提下提升维修效率、降低综合维修成本。对于截割滚筒、主液压泵、牵引电机、减速箱等核心关键部件,采用定期预防性维修与状态监测维修相结合的模式,依据可靠性分析与寿命预测数据科学确定基础维修周期,同时结合实时监测数据动态调整计划,确保核心部件始终处于最优运行状态。对于行走轮、导向滑靴、高压油管、密封件等一般关键部件,以状态维修为主要模式,根据监测数据与预警等级按需开展检修,避免过度维修与资源浪费。同时严格规范维修工艺流程,统一维修质量标准,加强维修人员专业技能培训,参考煤矿设备日检、周检、月检及停产大修的分级检修体系,进一步优化检修节点、作业流程与验收标准,确保维修后部件性能与可靠性达到设计要求。

(四) 建立维修效果评估与优化机制

建立多维度、量化的预防性维修效果评估机制,定期对整体维修工作开展系统性评价,核心评估指标包括故障发生率、平均无故障工作时间、故障停机总时长、单次维修成本、关键部件使用寿命延长率等。通过对比维修前后关键部件运行状态、可靠性水平与生产运行数据,客观分析维修方案执行效果,总结维修流程中存在的薄弱环节与改进空间,持续优化维修计划、维修周期与干预时机。同时结合井下工况变化、设备升级改造与长期维修实践经验,不断迭代完善预防性维修模式,动态调整监测参数阈值、预警分级标准与维修策略内容,使整个维修体系更加贴合采煤机实际运行状况与复杂井下作业环境,持续提升关键部件可靠性与设备维修管理精细化水平。

(五) 强化维修保障体系建设

全面加强维修保障体系建设,为预防性维修模式落地实施提供制度、物资、人才与技术全方位支撑。进一步完善维修管理制度与岗位职责,明确各岗位工作流程、质量标准、安全规范与考核要求,推动维修工作标准化、规范化开展。优化维修物资与备件储备管理,重点储备截齿、轴承、液压阀、齿轮、密封件等易损易耗关键部件,合理设置库存水平,

保障应急维修快速响应,避免因备件短缺导致维修延误。加强维修队伍专业化培训,系统开展设备结构原理、故障诊断技术、智能监测应用、精密维修工艺等专项培训,着力培养兼具设备监测、故障判断、现场维修与数据分析能力的复合型维修人才。同时加大技术投入,引入振动分析仪、油液检测仪、便携式故障诊断仪等先进装备,提升故障定位精准度与维修作业效率,为采煤机长效稳定运行提供有力保障。

四、结论

采煤机关键部件的可靠性直接关系煤矿生产的安全与高效,开展关键部件可靠性分析、构建科学的预防性维修模式,是解决采煤机故障频发、提升设备运行稳定性的关键举措。采煤机截割部、行走部、液压系统等关键部件,在井下复杂恶劣环境中承受高负荷、强冲击,其可靠性受设计制造、作业环境、使用维护等多方面因素影响。当前,关键部件可靠性分析存在方法不深入、数据支撑不足、与维修工作脱节等问题,制约了可靠性提升。

通过构建全方位可靠性监测体系、建立分级隐患预警机制、制定差异化分级维修策略、完善维修效果评估与优化机制、强化维修保障体系建设,能够有效提升采煤机关键部件可靠性,减少故障发生率,降低维修成本,保障煤矿综采工作连续、安全开展。未来,需结合煤矿智能化转型趋势,将大数据、人工智能等技术与可靠性分析、预防性维修深度融合,优化监测手段与维修模式,持续提升采煤机关键部件可靠性,为煤矿产业高质量发展提供装备保障。

[参考文献]

- [1]张宏.采煤机关键部件可靠性分析及故障防控研究[J].煤炭学报,2024,(05):189-190.
- [2]李景霞.基于故障模式的采煤机截割部可靠性分析与预防性维修策略[J].煤矿机械,2024,(08):167-169.
- [3]汪爱明.采煤机液压系统可靠性优化及预防性维修模式构建[J].液压与气动,2024,(10):134-139.
- [4]杨宏.基于改进RBF的采煤机关键零部件寿命预测方法[J].煤矿机械,2025,46(3):182-184. DOI:10.13436/j.mkjx.202503050.
- [5]陈立明.采煤机行走部故障分析及预防性维修技术研究[J].矿山机械,2024,(07):89-93.