

智能矿山背景下机电设备管理研究

李宝文

青海山金矿业有限公司, 青海 海西州 816101

[摘要]智能矿山建设是金属非金属矿山行业转型升级的主要方向, 机电设备是矿山生产的物质基础, 机电设备管理的好坏直接影响矿山安全运行和生产效率。文中对金属非金属地下矿山机电设备类型构成和运行特点进行了系统的梳理, 在此基础上对目前智能矿山环境下机电设备管理信息化水平、运维效率、安全监测等各方面的存在问题进行了详细的分析, 根据上述问题提出了构建设备全生命周期管理体系、推进物联网和智能感知系统建设、完善智能运维和远程监控体系、加强安全预警和风险控制体系建设四个方面的优化对策。经过研究发现, 促使机电设备管理由原来的模式转变为智能化模式, 是提高矿山安全生产水平以及综合效益的重要途径。

[关键词]智能矿山; 金属非金属地下矿山; 机电设备管理; 全生命周期

DOI: 10.33142/sca.v9i7.20018

中图分类号: TD64

文献标识码: A

Research on Mechanical and Electrical Equipment Management under the Background of Intelligent Mining

LI Baowen

Qinghai Shanjin Mining Co., Ltd., Haixi Prefecture, Qinghai, 816101, China

Abstract: The construction of intelligent mines is the main direction for the transformation and upgrading of the metal and non-metal mining industry. Mechanical and electrical equipment is the material basis for mining production, and the quality of mechanical and electrical equipment management directly affects the safe operation and production efficiency of mines. The article systematically summarizes the types, composition, and operational characteristics of mechanical and electrical equipment in metal and non-metal underground mines. Based on this, a detailed analysis is conducted on the existing problems in the informationization level, operation and maintenance efficiency, safety monitoring, and other aspects of mechanical and electrical equipment management in the current intelligent mining environment. Finally, based on the above problems, optimization measures are proposed in four aspects: building a full life cycle management system for equipment, promoting the construction of the Internet of Things and intelligent perception system, improving the intelligent operation and remote monitoring system, and strengthening the construction of safety warning and risk control system. After research, it has been found that promoting the transformation of mechanical and electrical equipment management from the original mode to an intelligent mode is an important way to improve the level of mine safety production and comprehensive benefits.

Keywords: intelligent mining; metal and non-metal underground mines; mechanical and electrical equipment management; whole life cycle

引言

新一代信息技术同矿业生产深度融合之后, 智能矿山成为行业发展的必然趋势。2025 年 12 月, 国家矿山安全监察局发布了《金属非金属矿山智能化建设指南(2025 年版)》, 这是我国金属非金属矿山领域首个系统性的智能化顶层设计文件, 以减人、增安、提效为目标, 从金属非金属露天矿山和地下矿山两个场景出发, 分别提出矿山智能化建设的整体架构。目前我国已有 200 多座非煤矿山破

碎、运输、给排水、在线监测监控等各方面的智能化系统。全国非煤矿山有 30000 多座, 地下矿山数量众多, 但是智能化建设还处在从“探索期”向“科学规范、有序推进”新阶段转变的过程之中。机电设备是矿山生产的主要力量, 机电设备管理的好坏直接关系到智能化建设的效果。目前许多矿山企业的设备管理存在着信息化程度低、运维响应慢、安全监测弱等现象, 必须从系统角度来加以改进。本文对金属非金属地下矿山机电设备系统构成及管理现状

进行系统的分析,提出相应的优化措施,为智能矿山机电设备管理提供一定的参考。

1 矿山机电设备系统组成与特点

金属非金属地下矿山机电设备是保证矿井采掘、运输、通风、排水、提升等生产环节正常运转的物质基础,种类繁多、覆盖面广。根据功能可以分为采掘设备、运输设备、通风设备、排水设备、提升设备和供电设备六大类,各类设备的构成及运行特点见表1。

这些设备数量多、分布广,工作环境也十分复杂。井下空间狭小、湿度大、粉尘浓度高,设备长时间处在高负荷、连续运转的状态中,一些重要的设备还要在有限空间、高应力等复杂环境下工作,这就对设备的可靠性、安全性以及耐用性提出了很高的要求。同时矿山机电设备牵涉到机械、电气、液压、控制等诸多技术领域,系统耦合性很强,一个设备出现故障,很容易造成连锁反应,从而影响到整个生产系统的正常运转。因此矿山机电设备管理不能只看单台设备运行状况,而应该从系统角度出发,把设备选型、安装、运维、更新等各个环节都纳入统筹考虑范围之内。

2 智能矿山机电设备管理现状及问题分析

2.1 机电设备管理现状

目前大多数矿山企业已经建立起了基本的机电设备管理制度框架,包含设备台账登记、定期检修、备件管理等内容。从管理手段上看,一些企业仍然使用人工记录、纸质档案的方式对设备信息进行更新和保存,设备信息的更新速度慢、查找不方便;部分企业虽然已经使用电子表格或者简单的管理软件,但是各个环节的数据没有有效地关联起来,不能形成完整的设备履历。传统的运维模式存在着监测手段落后、故障响应迟缓、备件管理粗放、数据利用不够等明显缺陷。维修模式上大多数矿山仍然采用定期预防性检修、事后故障维修的方式,检修周期的确定主要是根据设备运行时间以及厂家的建议来定,缺少对设备实际状态的准确判断。设备信息分散在各个部门,形成了信息孤岛,不能共享,巡检维护缺少标准的流程,依靠人工记录容易出现疏漏^[1]。从制度上来说,设备的采购、使用、保养、报废等各个环节都由不同的部门来管理,职责

不清,信息传递不畅,从而影响到整个管理效率的提高。

2.2 设备信息化水平不足问题

信息化是智能矿山建设的主要支撑,但是目前矿山机电设备管理的信息化程度较低。一方面矿山设备品牌繁杂、投用年代跨度大,不同厂家设备的通信协议不统一、数据接口没有统一标准,造成各个环节的设备处于孤立运行的状态,数据孤岛现象严重。地质、生产、安全、设备等各类数据各自为阵,编码和融合标准不一致,不能构建起一个统一的数据底座。另外一些矿井没有对主要设备进行在线监测,依靠人工巡查和定期检测来获取设备运行状态信息,数据采集周期短,不及时。目前建成的智能化非煤矿山整体还处于初级阶段,建成的信息化系统大部分是独立部署的,各个系统之间没有统一的数据标准和接口规范,设备管理信息不能在不同的业务系统之间顺利流转。另外,信息化建设顶层设计缺失,部分矿山推进智能化过程中存在重硬件轻软件、重单点轻集成的问题,造成信息化投入不能很好地转化为管理效能。

2.3 运维效率低与响应滞后问题

矿山机电设备的运行效率影响着生产是否连续、经济效益的好坏。目前大部分矿山的设备故障发现还是依靠岗位操作人员的巡查、异常感知,没有实现自动化故障诊断和报警。故障发生之后到报修、派工、维修、验收的整个过程牵涉到很多环节和部门,信息传递依靠电话或者纸质单据,耗时较长。维修资源的调度没有科学的依据,备件库存管理粗放,备件积压和短缺并存的情况比较普遍。伴随着矿山设备无人化、智能化技术的迅速发展,传统的定期维修由于不能发现潜在的故障,维修的及时性差,已经不能满足智能矿山的设备运维要求。当设备出现故障的时候,维修人员到达现场之后才能判定故障的原因并制定出维修方案,整个过程缺少了远程诊断和技术支持手段,致使设备停机时间变长,给正常的生产带来较大的影响。智能化建设存在碎片化现象,没有将凿岩、装药、出矿、运输、通风、排水、提升等端到端的业务场景有效打通。运维经验大多依靠老师傅口耳相传,缺少系统的知识积累和分享体系,新员工上手快慢难有稳定提高。

表1 金属非金属地下矿山机电设备分类与运行特点

设备类别	主要设备名称	功能简述	工作环境特点
采掘设备	凿岩台车、装药车、铲运机、掘进机	井下凿岩、装药、出矿与巷道掘进	高粉尘、高湿度、空间受限、冲击负荷大
运输设备	电机车、地下运矿卡车、带式输送机	矿石与人员运输	连续运转、启停频繁、巷道坡度变化大
通风设备	主通风机、局部通风机	矿井通风与有害气体稀释	长期连续运行、可靠性要求极高
排水设备	矿用排水泵	矿井涌水及时排出	启动频繁、工况多变、环境潮湿
提升设备	矿井提升机	物料与人员垂直运输	启制动频繁、安全要求极高
供电设备	矿用变压器、开关柜	井下电力供应与分配	负荷集中、对供电稳定性要求高

2.4 安全监测与预警能力不足问题

矿山生产环境变化无常,机电设备的安全运行同矿工生命安全、矿井生产安全息息相关。但是目前大多数矿山的安全监测还是以固定点位的传感器监测和人工巡检为主,监测点覆盖面不够全面,在采掘工作面、运输巷道等重要区域,设备运行状态的监测手段也比较单一。矿山作业空间封闭、介质复杂、扰动频繁,安全监测如果依靠离散点位和人工巡检,就不能达到连续性、时效性和可追溯性的要求。大多数监测系统只能实现参数超限报警,缺少依靠数据趋势分析和故障模式识别的早期预警功能^[2]。数据和应用系统之间耦合,数据跨系统不能共享,数据重复采集投资超过30万元每个系统;跨系统联动难,调度效率低,生产调度主要靠人,数据关联性差。安全监测数据同生产调度、设备管理之间缺少联动,安全隐患排查与整改大多依靠人工记载并加以追踪,没有建立起完善的闭环管理信息支撑体系。安全管理大多属于事后处理,风险预警过晚。应急响应机制不健全,在事故发生之前不能及时进行干预,从而使得隐患长期存在,风险不断增加。

3 智能矿山机电设备管理优化对策

3.1 构建设备全生命周期管理体系

针对目前机电设备管理制度分散、信息碎片化的问题,应该建立覆盖设备从选型采购、安装调试、运行维护、改造更新到报废处置全过程的闭环管理体系。推行机电设备全生命周期管理模式,用统一的设备编码为纽带,创建起静态信息和动态运行一体的数据平台。该平台可以详细地记录设备型号、采购时间、技术参数等基本信息,还可以同步设备的运行状态、维护记录、故障预警等动态数据,给每一台设备都赋予一个专属的电子身份证,从而形成一个完整的资产台账体系。在此基础上,对设备基础信息进行管理、调度和保养等全流程的在线跟踪和控制,根据设备运行数据自动生成润滑预警、部件损耗提醒等信息,准确地推送给设备点检员。同时规范设备运维管理的标准化流程,确定各个环节的管理责任和操作规程,把设备管理由分散的“碎片化记录”变成系统的“全生命周期数字化管控”。入库、出库、交接、维修和报废等各个环节都可以进行线上记录,并且全过程都是可以追溯的。健全设备管理制度和考核制度,将设备完好率、故障率、维修成本等作为绩效考核体系中的主要指标,形成管理闭环。

3.2 推进物联网与智能感知系统建设

提高设备信息化水平的重要途径就是创建起全方位的物联感知网络。应将凿岩台车、铲运机、地下运矿卡车、主通风机、提升机、输送机等主要机电设备上的温度、振

动、电流、压力等各种状态监测传感器及时安装好,随时得到设备运行情况的信息,并且通过物联网技术将这些数据传送到云平台上进行分析处理。用高精度监测传感器对设备的振动、温度、声音等重要的运行参数实施实时采集。部分已建成的智能化非煤矿山使用了多传感器融合、边缘计算技术,使采掘设备集成了各种传感器的数据,在设备端立即对数据进行处理,响应时间从秒级提高到毫秒级。应该扩大设备管理信息系统覆盖范围,将设备信息由人工录入变为自动采集、实时上传。另外制定统一的数据采集、传输标准,解决各个厂家的设备之间通信协议不一致的问题。通过5G和人工智能创建出“全矿山数字孪生体”,在地质勘探、灾害推演等各个环节都可以进行模拟优化。对多个传感器和各种来源的数据进行融合,给设备状态的准确感知和智能决策提供数据支持。使用先进的数据分析、机器学习算法可以发现设备出现的故障和性能下降情况。

3.3 完善智能运维与远程监控机制

对于运维效率低、响应慢的问题要建立以物联网、数据分析为基础的智能运维体系。建立设备故障自动报警和快速反应机制,当设备运行参数有异常的时候,系统会自动产生预警信息,并发送给有关负责人,从而缩短了故障被发现和报修的时间间隔。以物联网为基础的智能运维管理模式,从核心架构上形成“感知层、网络层、应用层”三层结构以及闭环管理^[3]。创建维修资源智能调度与协同平台,对维修人员、备件库存、维修工具等进行信息化管理和调配。建设运维知识库及经验分享系统,将历史故障案例、维修方案、专家经验等整理为可操作的知识库并智能推送至维修人员,提升维修人员对故障的识别与诊断水平。利用远程诊断预警系统对主提升机、主通风机等大型设备实行信息化管理,对大型设备的振动、温度等重要的运行数据加以采集。机电设备在线监测与故障诊断系统将物联网、大数据、人工智能等技术融合起来,以特征提取、数据和机理建模为主,采用振动信号阶比分析、包络解调、多维阈值预警等方式来建立故障预警模型和专家知识库,从而达到故障的准确预警和快速定位的目的。系统可以自动生成周期性诊断报告,形成监测、预警、处理、验收的闭环管理。减少人员直接接触危险区域能够提高矿山作业的安全水平。

3.4 强化安全预警与风险控制体系

安全是矿山生产的命脉,要建立全方位、快速反应的安全预警和风险控制体系。完善安全监测网络,在现有的监测点的基础上增加覆盖盲区,加强对采掘工作面、机电

硐室、运输系统等重要区域的监测布点。矿山安全智能预控平台要以全域感知、智能中枢、决策闭环为基本逻辑,将安全监测监控、预警、应急调度、智能联动、安全管控等功能集成起来。建立设备运行风险智能识别和预警模型,用数据分析、机器学习算法来发现设备存在的故障和性能下降的迹象。推进安全巡检的数字化转型,达成隐患排查、整改、验收的闭环管理^[4]。完善事故应急联动和快速处置机制,把安全监测数据同应急指挥系统对接起来,一有异常就立刻发出警报并启动应急处置程序。矿山安全生产支撑技术就是实现实时监测、精准预警、智能决策、快速响应。以感知、分析、预警、处置为闭环结构,达到矿山安全生产智能化控制的目的。另外还要加强安全数据的深度挖掘与分析应用,由被动的“事后处理”转向主动的“事前预防”,提高矿山机电设备的安全保障能力。

4 结语

智能矿山的建设给机电设备管理带来了深刻的改变,也给传统的管理模式提出了新的问题。本文从金属非金属地下矿山机电设备系统构成及运行特点入手,对目前存在的信息化水平低、运维效率低、安全监测弱等主要问题进行了分析,并提出了全生命周期管理、物联网感知、智能运维、安全预警等系统性改进措施。《金属非金属矿山智

能化建设指南(2025年版)》的发布填补了当前金属非金属矿山领域智能化顶层设计的空白。未来非煤矿山智能化建设市场规模约1500亿元,市场空间广阔。机电设备管理智能化转型不是一朝一夕能完成的,必须从顶层设计出发,统筹规划、分步实施,既不能只重视技术手段的更新,也不能忽视管理制度与人才队伍的同步建设。只有这样,才能真正达到机电设备管理由被动应付变为主动预防、由经验指导转变为数据支撑的目的,为智能矿山的高质量发展打下良好的基础。

[参考文献]

- [1]王众举.基于智能矿山的煤矿机电设备管理创新[J].当代矿工,2026(2):49-50.
- [2]张明明,高福霖,侯滨滨.探讨智能矿山下的机电设备管理创新[J].冶金与材料,2024,44(6):19-21.
- [3]刘晓兵.智能矿山背景下的煤矿机电设备管理创新[J].能源与节能,2025(3):25-27.
- [4]董向龙.基于智能矿山的煤矿机电设备管理创新研究[J].内蒙古煤炭经济,2023(1):139-141.

作者简介:李宝文(1998—),男,汉族,青海省海东市人,本科,毕业于辽宁科技大学自动化专业,现从事机电技术员工作。