

露天矿机电设备的运行管理与技术创新方向探讨

王海涛

内蒙古白音华蒙东露天煤业有限公司

DOI:10.12238/pe.v3i5.16595

[摘要] 露天矿开采效率与安全性高度依赖大型机电设备的稳定运行。基于此,本文系统探讨了设备管理中的核心内容、现存问题与技术创新方向,深入剖析了维护保养、状态监测与成本控制等关键环节,明确指出设备老化、管理机制滞后与数据应用不足等突出挑战,并重点论述了预测性维护、物联网感知和大数据分析等智能化运维技术,以及绿色安全与无人化的发展路径。最后从全生命周期管理、人才培养与技术融合角度,提出了具有前瞻性的优化策略与未来展望,旨在全面提升露天矿设备管理水平与综合效益。

[关键词] 露天矿; 机电设备; 运行管理; 预测性维护; 智能化; 全生命周期

中图分类号: TV734 文献标识码: A

Discussion on operation management and technical innovation of mechanical and electrical equipment in open-pit mine

Haitao Wang

Inner Mongolia Baiyinhua Mengdong Open pit Coal Industry Co., LTD.

[Abstract] The operational efficiency and safety of open-pit mining heavily depend on the stable functioning of large-scale electromechanical equipment. This paper systematically explores core aspects of equipment management, existing challenges, and technological innovation directions. It provides an in-depth analysis of critical components including maintenance practices, condition monitoring systems, and cost control mechanisms. The study highlights prominent issues such as equipment aging, outdated management frameworks, and insufficient data utilization. Special emphasis is placed on intelligent O&M technologies like predictive maintenance, IoT sensing, and big data analytics, along with development pathways for green safety and unmanned operations. Finally, forward-looking optimization strategies and future prospects are proposed from perspectives of full lifecycle management, talent cultivation, and technological integration, aiming to comprehensively enhance equipment management standards and overall operational effectiveness in open-pit mining.

[Key words] open-pit mining; electromechanical equipment; operation management; predictive maintenance; intelligent; full life cycle

引言

露天矿开采属于矿产资源获取的关键手段,生产效率和安全性很大程度上取决于大型化、复杂化的机电设备能否稳定高效地运行。这些设备投资很大,而且运行维护费用占了总成本相当大的比例,所以要实现科学管理与技术创新的目标,这对于缩减生产开支、保障作业安全以及增强企业的核心竞争力等方面具有极其重大的意义。目前传统设备管理模式在数字化、智能化大潮来袭时,还面临着诸如设备老化严重、人才短缺等实际问题,这就促使人们去探寻并确立起一套符合当下矿业发展趋势的新体系框架和技术路径来应对这种状况。探索并建立一套适应现代矿业发展需求的设备运行管理新体系与技术应用新路径,

已成为行业亟待解决的课题。本文将从管理核心、现存问题、技术创新及未来展望等多个维度,系统性地展开探讨。

1 设备运行管理的核心内容

1.1 设备维护保养体系

设备的维护保养体系是维持其处于良好技术状态的基础,这一体系绝不能只是零散的、被动的修理活动的堆积,而应形成一个系统化、制度化的整体框架。其核心在于根据设备类型、工作环境及重要性,科学制定并严格执行周期性的维护保养计划。在露天矿的机电设备管理中,要特别重视大型采掘、运输设备在恶劣工况下的防尘、防腐蚀与抗疲劳维护,以保障其持续稳定运行。计划应涵盖日常检查、定期保养、精度调整与性能测试等

多个层级,确保每一台设备都能得到适时且适当的维护干预。一个健全的体系能够有效隔离污物、紧固松动部件、润滑运动关节,从而减缓设备劣化速度,消除潜在故障隐患。而且该体系要有清晰的组织分工、标准的操作程序和完善的监督考核制度来支撑,将维护保养从凭经验提升到规范化、标准化水平,这样就能显著减少因维护不当造成的突发停机事故,为生产计划的执行提供坚实的基础保障。

1.2 设备状态监测与故障诊断技术

设备状态监测与故障诊断是实现从“预防性维修”到“预测性维修”转变的关键技术手段。它不同于传统的依靠感官经验进行检查的方法,而是利用各种传感器和仪器仪表对设备在工作过程中产生的振动、温度、噪声、油液等状态参数进行实时或者定期检测。特别是在大型露天矿的机电设备管理中,需重点监测电铲、矿用卡车等关键设备在重载、振动及高粉尘环境下的运行状态,以精准预警潜在故障。通过收集与分析监测数据,可以精准掌握设备的运行趋势和健康状况。当数据存在异常波动或者超出既定阈值时,系统就会立即发出警报,提醒维护人员对某些部位进行细致检查。故障诊断技术还会对这些异常信号进行分析,找出故障发生的具体位置,判定故障严重程度并探究其形成缘由。这一过程的实施,可以使故障在萌芽状态就被发现,并且可以做到事后抢修到事先预知的转变,从而大幅缩短维修时间,减少维修工作的盲目性,避免发生重大的恶性事故,这是实现设备安全、经济、高效运行的重要保障。

2 设备管理现存主要问题分析

2.1 设备老化与更新滞后

很多露天矿面临着主要生产设备超期服役、总体技术状况老化的严重问题,大型矿用设备的购买费用非常高昂,所以企业一般会尽量延长这些大型机器的使用寿命,使得更换更新的速度远远低于它们的实际经济寿命,在老旧设备机械结构疲劳加剧、电气系统老化频发、各项技术性能大幅下降的情形下,其可靠性跟新的相比相差甚远。更新滞后直接导致设备故障率上升,维护频次和强度增加,维护费用陡然增多,而且成为安全生产的重大隐患。老旧设备缺乏现代智能接口,很难融入新的数据采集与监控网络,成为矿山智能化转型过程中的“信息孤岛”,阻碍整体管理水平的提升。

2.2 信息化与数据应用不足

虽然一些矿山引入了各种管理系统和传感器,但就信息化、数据应用而言还是处于比较初级的阶段。普遍存在的问题是“重硬件、轻软件”、“重采集、轻应用”,各业务系统之间数据标准不统一,形成了一个个信息孤岛,数据无法流通融合。在露天矿机电设备管理中,电铲、钻机、卡车等关键设备产生的运行数据与状态参数往往未能实现系统整合与深度挖掘,制约了设备协同效能的提升。海量设备运行数据大多只是简单存储和呈现,缺乏深入探究与剖析,隐藏在这些数据背后的设备性能规律、故障关联特性等宝贵信息没有得到充分发掘并加以利用。数据应用能力的欠缺,导致管理决策在很大程度上仍依赖个人经验,而

非依据数据做出精准预判,像预测性保养、智能化运营这类先进技术模式难以真正实施。

3 智能化运维技术创新

3.1 预测性维护技术应用

预测性维护是智能化运维的主要体现,它处于设备维护策略的最高阶段。这种技术依靠对设备状态监测数据进行持续跟踪并加以智能分析,建立故障预估模型,从而准确预估设备剩余寿命并提早发出警报。在露天矿机电设备管理中,应用预测性维护技术可实现对电铲、破碎机、带式输送机等关键设备运行状态的智能诊断与寿命预测,有效应对高负载、强冲击等苛刻工况带来的故障风险。关键在于运用机器学习、深度学习等人工智能算法,从历史数据和实时数据中学习正常情况和故障模式,找出预示性能衰退的细微特征。系统会自动给出维护建议,指导维护人员在最合适的时候进行必要的干预,这样既避免了定期维护时的过度维修,又避免事后修理带来巨大的损失,从而使维护活动更加精准,实现最大成本效益。

3.2 物联网状态感知技术

基于物联网的状态感知网络是预测性维护的数据基石,依靠大量的高精度传感器对关键设备的振动、温度、压力、流量、油液品质等多方面数据实行全天候、无死角的收集。在露天矿机电系统中,需重点构建针对电铲、钻机、矿卡等移动设备,以及带式输送机、破碎机等固定装置的多参数、高可靠物联网感知层,以支撑恶劣环境下的数据连续获取。物联网技术让传感单元、设备和控制系统之间实现了大范围的互联,保证了数据采集能够及时进行并且传输可靠。而边缘计算节点可以提前在源头对数据完成初步的清洗筛选工作,减轻网络传输压力和云端处理负担。这样的立体化智能化感知层构建成了数字孪生模型的感官系统,源源不断地为上层分析应用提供高质量的数据燃料,是矿山透明可知的基础物理条件。

3.3 大数据分析与决策支撑

大数据分析技术是挖掘数据价值、驱动智能决策的大脑,把从物联网、管理系统、历史记录等多源异构的数据汇集起来,形成设备管理的统一数据湖。在露天矿机电设备管理中,通过融合分析电铲、矿用卡车等关键设备的多源运行数据,能够有效识别高负荷、多尘等恶劣工况对设备寿命与能效的影响规律。通过运用数据挖掘、趋势分析,关联规则分析这类高级算法能够显示出设备性能同运行工况、维修历史之间的复杂联系,评判出设备的整体健康状况,并且改良设备工作参数从而提升能效。大数据分析平台会把这些剖析成果以可视化的图表,诊断报告以及决策建议的形式展现给管理者,把数据变成直观的洞察和可执行的指令,为改善维修策略,改进备件库存管理并作出投资更新决定给予强有力的数据支撑,进而优化预见性与主动性。

4 绿色与安全技术发展

4.1 设备节能与减排技术

绿色矿山建设背景下,机电设备节能减排技术创新极为关键。一方面借助变频调速技术、高效永磁电机以及轻量化材料

等直接提升设备自身能量转换效率从而降低单位产量能耗;另一方面对设备运行调度加以优化以避免其空载或低负载运行亦是有效途径。对于柴油动力设备而言,要采用先进的尾气净化处理技术比如柴油颗粒捕集器(DPF)、选择性催化还原(SCR)系统来大幅度减少氮氧化物(Nox)和颗粒物(PM)的排放量,并且积极地探索像纯电驱动、氢燃料电池这样的新能源动力在矿用设备上应用的可能性,从源头实现零排放将是未来发展不可避免的趋势。

4.2 无人化操作与安全防护

无人化操作是实现矿山生产安全本质化的基本路径,利用高精度定位、环境感知、路线规划以及自主控制技术,达成对矿卡、电铲等大型机械设备开展远距离遥控或者自动驾驶作业的目的,从而把操作人员彻底从危险而恶劣的工作环境中解脱出来。安全保障技术是无人化系统可靠运行的前提,全方位的主动安全防护体系,比如利用毫米波雷达、激光雷达以及摄像头进行融合感知,实现车辆周围360度无死角监控及障碍物识别与自动避撞。建立强大的通信保障和系统冗余机制,在极端情况下保证设备和人员的安全性,无人化不仅保护了人身安全还消除了人为操作失误导致生产流程不稳定的现象发生。

4.3 设备再制造与循环利用研究

面对资源约束与环境压力时,设备再制造与循环利用成为矿业可持续发展的重要部分,在露天矿机电设备当中,再制造一般指针对电铲、矿用卡车之类的大件装备展开专业性拆解工作,并且针对结构件,液压系统,传动部件等执行检测,修补以及加强处理使之恢复甚至优于原有状况。该方式能大大节约新设备采购成本,节约原材料、能源消耗,有助于减少矿山固体废弃物的排放,是实现绿色矿山建设和全生命周期成本最优的有效途径,具有经济效益和环境效益。

5 管理优化与未来展望

5.1 全生命周期管理模式

露天矿机电设备管理要从局部运维转成全生命进程统筹,包含规划选型,采购安装,运行守护到报废更新的全部进程。设备采购阶段,要联系露天开采工艺特点,全面考虑机电设备的可靠度、可维修性、运行费用和残值,做到总体成本最低。搭建起统一的信息化平台,把设备从开始使用一直到退役处置的所有数据贯通起来,从而对电铲、矿卡这些重要装备各个阶段的状态实施精确把控并持续改善。全生命周期管理把机电设备管理提到资产战略经营的高度,促使矿山企业从注重短期内的维修支出向谋求长期的投资收益转变,这是做到精细运营和效益化运营的重要路径。

5.2 创新人才培养策略

针对智能化转型下的机电复合型人才短缺问题,露天矿企业要推动产学研协同育人,和高校、科研机构一起开发包括机械,电气,自动化,数据分析等内容的交叉学科课程,提升工程实践能力。企业内部要完善好师带徒、项目实训、技能认证等工作,加快青年技术人员成长,并积极引进智能运维、故障诊断等方面高层次人才。同时构建鼓励创新、容忍试错的学习组织文化,

建立与贡献相匹配的激励机制,更好地招引人才、留住人才、用好人才,为露天矿机电系统智能化升级提供源源不断的智力支持。

5.3 技术融合与发展趋势

未来露天矿机电设备管理将呈现多技术深度融合趋势。以数字孪生为基础构建一个可以模拟电铲、钻机和矿卡等物理设备运行状态的虚拟模型,达到仿真决策的目的。5G网络给设备群给予低延时,高可靠的通讯支持,保证大量数据可立即回传并做到远距离协同操控。人工智能技术进一步深入到故障预测、能效优化、调度决策等环节中,让系统拥有自学习、自适应的能力。最终实现露天矿机电系统的智能化、无人化、绿色化发展,打造安全、高效、清洁的现代智慧矿山。

6 结语

露天矿机电设备的运行管理是一项复杂的工作,关系着企业的生死存亡。面对目前老旧、粗放、人才缺乏等困难问题只有坚持管理和技术双管齐下才能突破瓶颈,建立精益化维护体系,大力发展以预测性维护和物联网大数据分析为核心智能运维技术并积极拥抱绿色安全创新才能提高设备可靠性、安全性和经济性,最终实现全生命周期管理、培养创新型人才和技术融合,才能推动露天矿设备管理智能化绿色发展为矿业高质量可持续发展提供强大动力基础。

参考文献

- [1] 李强,孟祥健,岳维国.露天矿山机电设备运行管理要点研究[J].世界有色金属,2023,(15):232-234.
- [2] 郭琦.煤矿矿山机电运输事故原因及防范对策解析[J].西部探矿工程,2025,37(09):192-194.
- [3] 尹煜鹏.浅谈矿山机电设备远程控制技术的应用[J].当代化工研究,2023,(12):161-163.
- [4] 高贵军.露天矿山电气设备与线路的安全运行管理分析[J].中国金属通报,2023,(05):82-84.
- [5] 李俊峰.矿山机电设备运行中的常见问题及处理对策[J].化学工程与装备,2019,(04):218-219.
- [6] 王艳宜.矿山一体化机电设备故障及检测技术探讨[J].中国设备工程,2025,(18):180-182.
- [7] 张迎丽,任文军.智能技术在矿山机电设备故障诊断中的应用[J].中国金属通报,2025,(06):156-158.
- [8] 王云龙.矿山机电设备安全事故的原因分析与对策探讨[J].中国设备工程,2023,(21):165-167.
- [9] 李成.矿山机电机械设备安全管理问题与对策探究[J].中国金属通报,2023,(10):80-82.
- [10] 李东升,于国振.浅析矿山机电设备维修管理模式及发展趋势[J].冶金与材料,2023,43(06):136-138.

作者简介:

王海涛(1992--),男,汉族,内蒙古通辽市人,大学专科、函授本科,职称助理工程师,从事的研究方向或工作领域:目前从事安全管理工作,之前是电工检修。