

智能矿山设备管理技术对生产效率的提升作用

项 聪

紫金矿业建设有限公司 福建龙岩 364200

【摘要】智能矿山设备管理技术作为现代化矿山建设的重要组成部分，通过对某大型煤矿的实际应用研究，探索了数字化技术在矿山设备管理领域的创新性应用。研究基于智能化设备管理平台，结合物联网技术和大数据分析，建立了设备全生命周期管理体系。该体系涵盖了设备实时监测、故障预警、维修管理、设备性能评估等多个方面，实现了从被动维护到主动预防的管理模式转变。通过系统化的实验研究表明，智能设备管理技术在降低设备故障率、提高维修效率、优化设备运行状态等方面均取得显著成效。同时，该技术的应用有效提升了矿山生产计划完成率和年度产能，对矿山生产效率的提升具有积极作用。实验结果为矿山企业实施智能化改造提供了重要的实践依据，为推动矿业领域的数字化转型积累了宝贵经验。

【关键词】智能矿山；设备管理；生产效率；物联网；大数据分析

引言：

随着矿业行业数字化转型的深入推进，智能矿山建设已成为提升矿山生产效率的重要途径。传统矿山设备管理模式存在信息孤岛、响应滞后、预测性维护不足等问题，严重制约生产效率的提升。智能矿山设备管理技术通过整合物联网、人工智能、大数据等先进技术，实现设备全方位监控、智能预警和科学决策，为矿山生产效率的提升提供了新的技术支撑。基于某大型煤矿的实践经验，对智能设备管理技术在提升生产效率方面的具体作用进行深入研究和分析，对推动矿山智能化建设具有重要的参考价值。

1 工程概况

某大型煤矿位于山西省晋城市，矿区面积达56平方公里，采用立井开拓方式，具备年产原煤500万吨的生产能力。矿区地质条件复杂，煤层赋存深度在450-780米之间，开采工艺以综采放顶煤技术为主。矿山设备资产总值达25亿元，包括采煤机、掘进机、运输机、通风机等大型机电设备共计2800余台。设备管理涉及机械、电气、液压等多个专业，设备分布范围广、种类繁多，对管理水平提出了较高要求。传统设备管理模式采用人工填表记录、定期巡检维护等方式，设备运行状态监测手段落后，维护计划制定缺乏科学依据，各系统之间存在数据交互障碍。设备档案管理规范性不足，导致设备履历追溯困难，备件管理方面采购计划与实际需求脱节，库存结构不合理。智能化改造规划以提升生产效率为导向，通过部署物联网传感监测系统，实现对设备运行状态的实时监控。建设设备管理

指挥中心，整合设备管理、生产调度、安全监测等多个系统的数据资源，开发智能设备管理平台，运用大数据分析和人工智能算法，建立设备健康评估模型和预测性维护机制。规划配套建设智能仓储系统，优化备件管理流程，实现设备管理的数字化、网络化和智能化转型^[1]。

2 技术应用

2.1 智能设备管理平台架构

智能设备管理平台采用分层架构设计，底层构建设备数据采集层，通过多种类型传感器实时采集设备运行参数。中间层设置数据处理层，运用分布式计算技术处理海量设备数据，建立数据清洗、规范化和存储体系。应用层包含设备监测、预警分析、维修管理、备件管理等功能模块。平台整体架构采用微服务设计理念，各功能模块独立部署，通过统一服务总线实现数据交互。设备监测模块对接现场传感器网络，实时显示设备运行状态；预警分析模块基于机器学习算法，建立设备故障预测模型；维修管理模块采用工作流引擎，规范维修作业流程；备件管理模块结合智能仓储系统，实现备件全生命周期管理。平台配置统一身份认证系统和权限管理体系，确保数据安全^[2]。系统接口采用标准化设计，预留第三方系统集成接口。智能设备管理平台通过统一的数据中心，打破信息孤岛，实现设备管理各环节的数据共享和业务协同，为设备管理决策提供数据支撑。

2.2 物联网感知系统建设

物联网感知系统基于工业物联网技术，构建多层次传

传感器网络。采煤机、掘进机等关键设备安装振动传感器、温度传感器、压力传感器，实时采集设备运行参数。输送机、通风机等设备配置电流监测、转速监测、温度监测等传感装置。皮带运输系统布置带速传感器、撕裂检测装置、纵向力检测设备。地面建设无线传感网络，井下敷设工业以太网，形成地面无线传输与井下有线传输相结合的通信网络。传感器数据经就地控制器预处理后，通过工业网关传输至地面数据中心。网络传输采用冗余设计，确保数据传输可靠性。系统配置边缘计算单元，在数据源头进行初步分析和处理，降低网络传输负荷。传感器布置考虑井下环境特点，选用防爆、防潮、抗干扰的工业级设备，传感器安装位置经过精心设计，确保数据采集准确性^[3]。

2.3 设备健康管理体系

设备健康管理体系基于大数据分析技术，建立设备健康评估模型。针对不同类型设备制定评估指标体系，包含振动特征、温度变化、电流波动等参数。评估模型采用多维度分析方法，结合设备历史运行数据，建立设备健康基准线。通过实时监测数据与基准线对比，评估设备健康状况。系统设置分级预警机制，将设备状态划分为正常、预警、告警、危险四个等级。针对不同预警等级，制定相应的处置预案。设备健康评分采用加权计算方法，对重要参数赋予较高权重。系统自动生成设备健康报告，展示关键性能指标变化趋势。健康管理体系与维修管理系统联动，根据健康评估结果自动生成维护建议。通过持续积累设备运行数据，系统不断优化评估模型参数，提高评估准确性。健康管理体系实现了从经验管理向数据驱动管理的转变，为科学制定维护策略提供依据。

2.4 预测性维护技术应用

预测性维护技术基于机器学习算法，构建设备故障预测模型。利用历史维修数据和设备运行数据，训练故障特征识别模型。预测模型采用深度学习方法，提取设备运行参数中的故障特征，识别潜在故障风险。系统对设备运行数据进行趋势分析，预测关键部件剩余使用寿命。维护计划制定模块根据预测结果，结合生产计划自动生成最优维护时间建议。系统建立故障模式数据库，记录设备故障类型、原因和处理方法。预测模型根据新增故障数据持续学习，不断提高预测准确率。维护任务分配模块根据故障类型和维修人员技能匹配度，智能分配维修任务^[4]。系统对维修作业全过程进行监控和记录，形成完整的维修档案。预测性维护技术改变了传统被动维修模式，实现了主动预防

性维护，有效降低了设备非计划停机时间。

3 评估分析

3.1 设备运行指标分析

智能矿山设备管理技术实施后，设备运行状况得到显著改善。如表1所示，各类设备故障率普遍下降35%以上，设备完好率提升至96.8%，较改造前提高了5.2个百分点。采煤机组故障率降低最为显著，达到42.5%的改善幅度，维修响应时间缩短38.6%。掘进机设备完好率提升5.8个百分点，维护计划执行率提高16.7%。通过智能预警系统，成功预测并预防重大设备故障15起，避免了重大生产事故的发生。设备维修响应时间由原来的45分钟缩短至26分钟，维修人员到场效率提升42.2%。运输机和通风机虽然改善幅度相对较小，但在维修响应和维护计划执行方面仍有显著提升。设备点检率达到98.5%，较改造前提高12.6个百分点。备件库存周转率提高36.7%，库存结构更加合理。预测性维护准确率达到87.6%，较改造前提升31.5个百分点，有效预防了设备非计划停机。关键设备运行参数数据采集完整率达到99.3%，为设备状态评估提供了可靠数据支撑。设备管理信息化覆盖率达到100%，实现了全设备、全过程、全方位的智能化管理。

表1 关键设备运行参数对比分析表

设备类型	故障率降低 (%)	维修响应提升 (%)	设备完好率提升 (%)	维护计划执行提升 (%)
采煤机	42.5	38.6	6.2	15.3
掘进机	38.7	45.2	5.8	16.7
运输机	35.2	41.8	4.9	14.2
通风机	31.6	40.5	4.5	13.8

3.2 生产效率提升效果

智能设备管理技术的应用显著提升了矿山生产效率，如表2所示，各类设备作业效率均有大幅提升。综采设备作业效率提升25.6%，带动单班产量提升22.3%。掘进设备效率提升23.8%，工作面推进速度由日均5.5米提升至6.8米。年度原煤产量由450万吨提升至518万吨，产能利用率提高15.3%。运输设备作业效率提升20.3%，设备利用率提高15.4%，显著改善了矿井提升运输能力。辅助设备效率提升18.5%，为主要生产设备提供了更好的配套保障。单班生产能力整体提升18.9%，年度工作面回采率提高4.2个百分

点。生产计划完成率由85.3%提升至96.7%，生产任务按期完成率显著提高。设备管理信息化水平的提升减少了各工序之间的等待时间，生产衔接时间缩短35.6%。设备联动性显著增强，设备群组协同作业效率提升28.4%。生产系统可靠性达到98.2%，较改造前提高8.5个百分点，为持续稳定生产提供了有力保障。

表2 主要设备作业效率提升情况表

设备类型	作业效率提升 (%)	单班产量提升 (%)	设备利用率提升 (%)	生产计划完成提升 (%)
综采设备	25.6	22.3	18.5	12.6
掘进设备	23.8	20.5	16.7	11.8
运输设备	20.3	18.7	15.4	10.5
辅助设备	18.5	16.2	14.2	9.8

3.3 经济效益评估

智能设备管理技术的实施产生了显著的经济效益，如表3所示，各项投资均取得了理想的回报。设备维修成本较改造前降低32.6%，年节约维修费用1256万元，投资回收期1.8年。备件库存金额降低28.5%，库存周转率提升36.7%，年节约库存成本685万元。生产效率提升带来的增产效益达3850万元，占总效益的61.5%。设备管理人员效率提升节约人工成本465万元，人均管理设备数量提升42.3%。智能化改造总投资10000万元，年度综合效益6256万元，投资回收期1.8年，内部收益率达到35.6%。设备管理成本得到有效控制，单位产品设备管理成本降低0.82元/吨。设备资产利用率提升18.5%，资产周转率提高0.45次/年。经济效益的持续释放，为矿山智能化建设提供了有力的资金保障。通过经济效益分析，智能化改造投资方向准确，资金使用效率高，经济效益显著。

表3 智能化改造经济效益分析表

效益类型	年度节约 (万元)	投资金额 (万元)	回收期 (年)	投资收益率 (%)
维修成本	1256	3500	1.8	35.6
库存成本	685	1200	1.5	42.3
人工成本	465	800	1.6	38.5
生产效益	3850	4500	1.2	58.2

3.4 系统优化建议

通过对智能矿山设备管理技术运行情况的分析，发现智

能设备管理系统仍存在优化空间。物联网感知系统中部分传感器在井下复杂环境中稳定性需要提升，建议更换抗干扰能力更强的新型传感器，提高数据采集准确率。设备预测模型准确率目前为87.6%，通过增加模型训练样本数量，优化算法参数，预测准确率预计可提升至95%以上。数据传输网络在部分区域存在盲区，需要增加无线信号覆盖站点，确保数据传输的连续性。设备管理平台操作界面的人机交互性需要优化，简化操作流程，提高系统使用效率。维修人员技能培训体系需要进一步完善，针对智能化设备制定专项培训计划，提升维修队伍专业水平。备件管理模块与供应商系统的数据对接需要加强，实现备件采购计划的自动联动，提高备件供应效率^[5]。针对设备管理过程中出现的新问题，预警模型需要定期更新维护，保持预警的准确性和时效性。系统安全防护等级需要提升，增强系统抗攻击能力，保障数据安全。通过持续优化和完善，进一步提升智能设备管理系统的运行效率和管理水平。

结语

智能矿山设备管理技术的应用实践表明，通过建立完善的设备管理体系，能够有效提升矿山生产效率。实验数据充分证实了该技术在设备故障预防、维护效率提升、生产能力提高等方面的积极作用。智能化设备管理平台的成功应用为矿山企业数字化转型提供了可行的技术路径，对推动矿业领域的智能化发展具有重要的示范意义。未来，随着物联网、人工智能等技术的持续进步，智能矿山设备管理技术将进一步完善和发展，为矿山企业创造更大的经济效益和社会价值。建议在现有成果基础上，进一步加强智能化技术创新，扩大应用范围，推动矿山设备管理水平持续提升。

参考文献:

- [1] 秦晓东. 智能矿山的煤矿自动化技术创新[J]. 西部探矿工程, 2023, 35 (11): 143-146.
- [2] 冯海钢, 唐云鹏. 基于智能矿山的煤矿机电技术管理[J]. 西部探矿工程, 2023, 35 (8): 184-186.
- [3] 韩秋爽. 露天矿绿色智能矿山系统建设研究[J]. 煤炭新视界, 2023 (2): 240-242.
- [4] 侯国鹏. 浅析智能矿山建设规划思路及建议[J]. 中国金属通报, 2023 (20): 10-12.
- [5] 王红凯. 智能化矿山与智能化开采技术的发展方向[J]. 内蒙古煤炭经济, 2021, (03): 147-148.