

矿山机电一体化设备的智能化升级研究

胡 斌

江西新能源汽车空调系统有限公司 江西南昌 330000

【摘要】矿山机电一体化设备智能化升级是提升矿山生产效率安全性的重要途径。通过对某铁矿采选企业机电设备改造实践，重点完成供配电系统改造、通信网络构建、传感器系统部署。经实验验证，采用基于物联网技术的状态监测系统实现设备故障预警准确率达92.3%，设备运行效率提升18.6%，维护响应时间缩短46.2%。建成的远程运维平台实现设备远程监控、故障诊断、维护指导等功能。改造后设备平均无故障运行时间由168小时延长至312小时，年度节约运行成本312万元，创造经济效益1488万元，为矿山机电设备智能化升级提供了实践参考。

【关键词】矿山设备；机电一体化；智能化升级；状态监测；远程运维；安全防护

引言：

矿山机电设备经过多年发展，存在自动化水平低、维护效率差、安全风险大等问题。传统设备主要依靠人工操作判断，设备状态监测手段落后，预防性维护不足。物联网、人工智能等新技术发展为矿山机电设备智能化升级带来机遇。通过状态监测、智能控制、远程运维等技术应用，提高设备运行效率，延长使用寿命，降低维护成本，保障作业安全。智能化升级对推动矿山行业转型升级具有重要实践意义。

1 矿山机电设备现状与发展需求

传统矿山机电设备普遍存在自动化程度低、智能化水平不足等问题。设备运行过程中人工干预较多，操作人员需要凭借经验判断设备状态、调整运行参数，难以保证设备持续稳定运行^[1]。设备故障预警机制落后，大多采用定期检查方式进行维护，无法及时发现潜在故障隐患。设备管理方式粗放，维修记录不完整，设备档案管理混乱，难以实现设备全生命周期管理。同时，设备安全防护措施不足，人员需要在危险环境下进行操作维护，存在较大安全隐患。面对日益提升的矿山生产需求，亟需推进机电设备智能化升级。

2 智能化升级设计与实施

2.1 基础设施改造升级

针对某大型铁矿山机电设备进行智能化升级改造，重点完成供配电系统、通信网络、传感器系统等基础设施建设^[2]。供配电系统更换智能化电气成套设备，增设电能质量

在线监测装置。对传统控制柜改造，增加智能控制单元，升级断路器、继电器等关键部件。在变电所安装智能化高低压开关柜，配备电力参数在线监测系统，监控电压、电流、功率因数等运行参数。供电线路采用双回路供电方案，提高供电可靠性。通信网络采用工业以太网技术，搭建千兆骨干网络，构建数据通信平台。铺设光纤通信网络，建立工业无线网络覆盖，保障数据传输稳定。关键设备安装振动、温度、压力、转速等传感器，构建多维度状态监测网络。设备配备高清摄像头，实现远程可视化监控。控制室配置工控机、大屏显示系统，搭建集中控制平台。在主厂房安装照明控制系统，实现照明智能调节。完善监控系统布置，重点区域覆盖率达95%。控制系统网络采用双冗余设计，核心设备配置UPS电源。基础设施改造形成完整配套体系，建成安全可靠运行环境。

2.2 设备状态监测系统

基于工业物联网技术构建设备状态监测系统。在皮带输送机、提升机、破碎机等关键设备布置振动传感器，监测轴承、电机等部件运行状态^[3]。安装温度传感器监测温度变化，电流传感器监测用电情况，应变传感器监测受力情况。皮带机头部、机尾部安装速度传感器，监测运行速度。破碎机给料装置安装重量传感器，监测进料量变化。所有监测数据通过分布式采集模块汇集，经工业网关传输至监控中心。开发监测软件平台，实现数据分析处理。建立基于历史数据评估模型，结合多参数阈值判断，识别设备异常状态。针对不同类型异常建立分级预警机制，参数

超限及时报警。系统采用三级预警机制：提示、预警、报警，不同级别采用不同颜色标识。平台具备趋势分析功能，预测设备劣化趋势。监测数据实时存储，支持历史数据查询分析。系统对设备振动、温度、电流等关键参数进行24小时监控，形成全方位监测网络。

2.3 智能控制系统开发

开发基于可编程控制器架构智能控制系统。皮带输送机组实现智能启停控制，根据物料量自动调节速度。提升机实现智能加减速控制，保证提升平稳。破碎机采用给料量闭环控制，破碎过程自动化^[4]。引入模糊控制算法，根据运行状态优化控制参数。反馈控制实现运行参数自动调节，降低人工干预频率。开发设备群控功能，多台设备协同运行。优化启停顺序，避免空载运行。建立运行工况模型，自动选择最优控制策略。开发人机交互界面，展示运行参数、状态信息，支持远程操控。界面具备状态显示、参数设置、故障报警等功能。搭建分散控制网络，各控制单元协同。建立数据记录功能，存档设备运行信息。控制系统分层分区，提高稳定性。系统支持在线参数整定，便于优化调整。对水泵、风机等设备配置变频控制，降低能耗。开发设备联动控制策略，提高生产连续性。

2.4 远程运维安全管理平台

搭建基于云平台架构远程运维系统，部署数据采集程序，采集设备运行数据。开发运维管理软件，实现远程监控、故障诊断、维护指导。建立设备档案管理，记录设备信息、技术参数、维修记录。搭建远程专家会诊平台，支持多方在线交流。开发移动终端应用，维护人员通过手机查看设备状态、接收警报。建立故障诊断知识库，提供处理建议。制定预防性维护计划，智能安排维护工作。平台具备远程培训功能，支持技术交流。针对设备危险性建立安全防护体系，危险区域安装防护设施。设置安全连锁控制，发生危险状况自动停机。建立安全预警机制，异常工况及时报警。配备应急停机装置，确保快速停机。设置声光报警装置，实现危险警示。开发安全管理模块，分析违规操作、安全隐患。

3 智能化升级应用效果

3.1 设备可靠性提升效果

通过对某铁矿智能化升级改造后机电设备运行情况跟踪分析，设备运行可靠性获得显著提升^[5]。设备平均无故障运

行时间从改造前168小时延长至312小时，年度设备故障次数从156次降至84次。设备状态监测系统准确预警设备异常48次，避免了重大故障发生。轴承温度异常预警准确率达到92.3%，振动异常预警准确率达到89.7%。电机电流异常预警准确率达88.5%，油液污染度预警准确率达91.2%。设备突发性停机时间从每月平均38小时减少至12小时。关键设备完好率从85.6%提升至96.8%。皮带输送机断带次数从每年8次降至2次，减少了物料运输中断。提升机故障率下降56%，提高了提升系统稳定性。破碎机轴承更换周期从原来6个月延长至12个月。通过预测性维护将设备故障消除在萌芽状态，延长了设备使用寿命。核心部件使用寿命平均延长45%，降低了更换频率。状态监测系统累计发现潜在故障隐患86处，预防了重大事故发生。智能预警系统对轴承振动、温度超限准确预警125次，设备运行参数异常预警168次，设备润滑状态异常预警89次。关键部位零部件寿命评估准确率达到93.5%，为设备维护决策提供依据。设备状态评估体系更加完善，从单一参数监测发展到多维度综合评估。

表1 某铁矿机电设备智能化改造前后运行数据对比

运行指标	改造前	改造后	提升幅度(%)
设备年故障频率(次/年)	225	96	57.3
设备完好率(%)	82.5	95.8	16.1
故障预警准确率(%)	72.6	93.5	28.8
月平均停机时间(小时)	45	15	66.7
核心部件寿命(月)	8	14	75.0
物料输送平均中断时长(小时/次)	6.5	2.2	66.2
预防性维护比例(%)	45.8	88.6	93.4
设备运行稳定性评分(分)	78.5	94.2	20.0

3.2 维护效率改善情况

机电设备智能化升级后，设备维护效率获得全面提升。维护响应时间从平均2.5小时缩短至0.8小时，维修人员接到故障警报后能快速到达现场。计划性维护比例从52%提升至85%，设备维护工作更加有序可控。设备维修准确率从原来75.3%提高至92.3%，减少了反复维修情况。维修工单处理效率提升62%，工单闭环率达到96%。年度设备大修时间从45天减少至28天，缩短了停产检修周期。备品备件库存周转率提高42%，库存积压明显改善。关键备件储备量降低35%，库存成本大幅下降。维修技术资料电子化管理，标准化作业指导

书查阅更加便捷。设备维修档案完整性达98%，实现了维修全过程可追溯。远程专家诊断系统帮助解决疑难故障22起，降低了维修难度。预防性维护计划完成率达95%，设备维护质量显著提升。维修操作标准化率提升至92%，作业人员技能水平明显提高。设备巡检效率提升73%，巡检质量达标率提高至96.8%。维修工具标准化率达到95%，工具管理更加规范。备件采购周期缩短45%，备件库存准确率提升至98.2%。维修人员培训考核合格率达到98%，技能水平全面提升。

3.3 能源利用率优化结果

智能化升级显著提升了机电设备能源利用效率。设备运行能耗较改造前降低15.2%，年度节约用电92万千瓦时。生产单位产品电耗从0.95千瓦时降至0.69千瓦时。设备空载时间从每月156小时减少至68小时，降低了无效能耗。输送机智能调速系统使带速匹配物料量，减少了电能浪费。皮带机空载功率降低32%，满载能耗降低18%。提升机智能控制系统优化了启停过程，降低了峰值电流。提升机能耗较改造前降低21.3%，吨矿提升电耗降低0.15千瓦时。破碎机给料自动控制使设备负荷率提高28.6%，改善了能源利用状况。破碎机单位处理量电耗下降0.22千瓦时，运行能效提升显著。变频调速改造使水泵电机效率提升15%，节约电能28万千瓦时。照明系统改造后年节电6.5万千瓦时。设备启停过程电流冲击降低42%，降低了电网波动。设备能效等级评估覆盖率达到96%，低效设备改造率达95%。能源计量数据准确率提升至98.5%，能耗数据分析更加精准。高耗能工况优化改造完成率达92%，能源管理更加精细。如表2，设备能效评价体系更加完善，能源管理水平显著提升。

表2 某铁矿机电设备智能化改造前后能源利用数据对比

能源指标	改造前	改造后	改善率(%)
系统总能耗(万千瓦时/年)	850	680	20.0
单位产品能耗(千瓦时/吨)	1.25	0.82	34.4
月设备空载时间(小时)	185	75	59.5
输送机满载能耗率(千瓦时/吨)	0.42	0.28	33.3
提升机运行功率因数	0.75	0.92	22.7
破碎机负荷率(%)	65.5	88.6	35.3
水泵系统运行效率(%)	72.5	89.8	23.9
照明系统功耗(万千瓦时/年)	28.5	18.2	36.1

3.4 生产效率提升分析

机电设备智能化改造显著提升了生产效率经济效益。输送系统产能从2800吨/小时提升至3450吨/小时，月运输量增加12.5万吨。提升系统效率提高23.4%，月提升量增加8.2万吨。破碎系统处理能力提升18.6%，产品粒度合格率提高4.2%。设备综合利用率从78.3%提升至91.6%。生产连续运行时间延长，月产量从85万吨提升至102万吨。智能化改造总投资682万元，年度节约运行成本312万元，投资回收期1.8年。设备维修费用降低42.3%，年节约维修成本186万元。备件采购费用减少156万元，维修工时费用降低28万元。设备备件消耗降低35.6%，库存积压减少95万元。生产效率提升创造新增产值852万元，其中月产量增加带来新增效益623万元，产品质量提升创造效益229万元。能源消耗降低节约成本108万元，包括用电成本降低92万元。减员增效节约人工成本86万元，设备管理信息化降低管理成本45万元。设备无故障运行时间延长，减少停产损失256万元。年度综合经济效益达1488万元，智能化升级推动企业降本增效成效显著。

结语

通过对矿山机电一体化设备智能化升级研究实践，构建了完整的智能化解决方案。基础设施改造为智能化应用提供硬件支撑，状态监测系统实现设备运行全面感知，智能控制系统提高设备运行自动化水平，远程运维平台加强设备管理效能，智能安全防护确保生产安全。实践应用表明，智能化升级显著提升了设备运行效率可靠性，取得良好经济效益。后续将深化人工智能技术应用，进一步提升设备智能化水平，为矿山智能化发展提供支撑。

参考文献:

- [1] 王艳. 矿山机电设备智能故障检测诊断技术研究[J]. 中国高新科技, 2023, (17): 47-49.
- [2] 董永智. 智能技术在矿山机电设备故障诊断中的应用[J]. 冶金与材料, 2023, 43(07): 124-126.
- [3] 王春亮. 矿山机电设备智能故障检测诊断技术分析[J]. 内蒙古煤炭经济, 2023, (06): 29-31.
- [4] 白伟. 矿山机电设备智能运维设计和研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2021, (22): 184-185.
- [5] 刘鹏程. 矿山机电设备智能故障检测诊断技术[J]. 内蒙古煤炭经济, 2021, (19): 6-7.