

煤矿生产调度系统的智能化升级与实践效果

倪晓明 宋杰

国网能源新疆准东煤电有限公司准东二矿 新疆 昌吉 831800

摘要: 煤矿生产调度系统传统架构存在信息交互不畅、决策依赖人工、响应效率低等问题, 制约生产效率与安全保障。本文提出智能化升级方案, 以构建现代化调度体系为目标, 融合物联网、5G、大数据等关键技术, 设计“五层架构”并升级四大功能模块。通过分阶段实施项目, 完成技术选型、系统开发与人员培训后上线运行。实践评估显示, 升级后系统在效率、安全、经济等方面成效显著, 用户满意度达92.3%, 为煤矿高质量发展提供坚实保障。

关键词: 煤矿生产; 调度系统; 智能化升级; 实践效果

引言: 煤矿生产调度作为衔接采掘、运输等环节的核心枢纽, 其运行效能直接决定生产效率与安全水平。在能源产业智能化转型浪潮下, 依赖人工经验的传统调度系统已难以适配复杂工况下的精准管控需求。数据割裂、响应滞后等问题不仅制约产能释放, 更埋下安全隐患。因此, 探索调度系统智能化升级路径并验证其实效, 对煤矿产业高质量发展意义重大。

1 煤矿生产调度系统现状分析

1.1 传统煤矿生产调度系统架构

传统煤矿生产调度系统以“人工干预+分散设备”为核心, 呈层级化、碎片化。由调度指挥中心、生产环节终端及基础通信网络构成。调度指挥中心靠调度员通过电话等接收采掘进度等生产数据; 生产终端分散在各区域, 多为独立监测设备, 仅能采集与简单显示数据; 通信网络以有线为主、无线为辅, 传输速率低且不稳定。系统工作流程为线性, 调度员人工整合数据凭经验下指令, 无法实时共享与智能分析数据, 架构弹性差, 难适应动态变化。

1.2 传统系统存在的问题

传统煤矿生产调度系统的问题是制约煤矿生产效率的关键瓶颈, 主要有四点。其一, 信息交互有“孤岛效应”, 采掘等子系统数据独立存储, 未互联互通, 调度员整合数据耗时久, 数据滞后严重, 设备故障信息平均上报超40分钟。其二, 调度决策靠人工经验, 缺量化分析工具, 复杂场景易决策偏差, 采掘任务分配不合理致设备闲置率达30%。其三, 响应效率低, 指令多层传递且依赖人工记录核对, 执行偏差率超15%。其四, 系统扩展性差, 新增环节或设备需大规模改造, 兼容性不足, 引入智能化设备难对接^[1]。

2 煤矿生产调度系统智能化升级方案

2.1 智能化升级的总体目标与原则

煤矿生产调度系统智能化升级总体目标是构建“感知全面、传输高效、决策智能、执行精准”的现代化调度体系。效率上, 指令响应时间缩至5分钟内, 数据处理效率提升80%; 安全上, 建立智能预警机制, 隐患识别准确率超90%; 管理上, 实现全流程可视化监控与数字化管理, 支撑精细决策。升级遵循四大原则: 实用性, 技术与实际场景适配; 安全性, 构建双重安全体系; 兼容性, 无缝对接现有设备与系统; 可扩展性, 预留接口适应未来需求, 保障长期稳定运行。

2.2 关键技术应用

煤矿生产调度系统智能化升级依赖四大关键技术的融合应用, 构建技术支撑体系。物联网(IoT)技术作为数据采集核心, 通过在采掘设备、运输车辆、人员身上部署无线传感器、GPS定位模块等终端设备, 实现瓦斯浓度、设备运行参数、人员位置等多维度数据的实时采集, 终端设备覆盖率达到100%。5G通信技术为数据传输提供保障, 其高带宽、低延迟特性确保海量生产数据的实时传输, 井下5G基站全覆盖使数据传输延迟控制在20毫秒以内。大数据与AI技术承担智能决策功能, 通过构建生产调度算法模型, 实现采掘任务优化分配、设备故障预测等智能分析, 如设备故障预测准确率达到85%。数字孪生技术实现生产场景可视化, 构建煤矿井下全场景数字孪生体, 将生产数据与三维模型实时联动, 支持调度员进行模拟推演与精准决策, 为调度指令的科学制定提供直观依据。

2.3 系统架构设计

智能化升级后的煤矿生产调度系统采用“五层架构”设计, 实现从数据采集到指令执行的全链条智能化。感知层作为数据入口, 由各类传感器、定位终端、视频监控设备组成, 负责采集生产环境、设备状态、人员信息等基础数据; 传输层以5G通信网络为核心, 结合工业

以太网与边缘计算节点,实现数据的高速传输与初步处理,保障数据传输的稳定性与安全性;平台层构建大数据管理平台与AI智能分析平台,实现数据的集中存储、清洗整合与智能分析,为上层应用提供数据支撑;应用层开发生产调度、安全预警、设备运维等核心功能模块,满足调度工作的多元化需求;执行层通过智能控制终端与自动化设备,实现调度指令的自动下发与精准执行,如远程控制采掘设备启停、调整通风系统参数等^[2]。各层级通过标准化接口实现数据互通,形成“感知-传输-分析-决策-执行”的闭环架构。

2.4 功能模块升级

智能化升级后的调度系统在原有基础功能上,实现四大核心模块的全面升级。生产计划智能调度模块可根据采掘进度、设备状态等实时数据,自动生成最优生产计划,动态调整采掘任务分配,如根据煤层厚度变化优化掘进机工作参数,提升生产效率。设备运维预测性调度模块通过分析设备运行数据,提前识别潜在故障风险,自动生成维护计划并下发至运维人员,实现从“事后维修”到“事前预防”的转变,设备故障率降低40%。安全风险预警调度模块实时监测瓦斯浓度、顶板压力等安全数据,当数据超标时自动触发预警,并推送应急处置方案,如瓦斯浓度异常时,自动指令通风系统加大风量,同时下达人员撤离通知。应急事件智能调度模块构建应急响应算法,在突发事故时自动调配救援资源,规划最优救援路线,缩短应急处置时间,提升救援效率。

3 煤矿生产调度系统智能化升级的实践实施

3.1 项目实施步骤

煤矿生产调度系统智能化升级项目分四阶段有序推进,保障实施科学可控。第一阶段是需求调研与方案设计(1-3个月),组建由煤矿技术人员、调度员和科研团队构成的专项小组,开展全流程生产调研,明确各环节升级需求,制定详细升级方案与实施计划;第二阶段为基础建设与设备部署(4-8个月),完成井下5G基站、传感器及监控设备的安装调试,搭建基础通信与感知网络,达成生产数据初步采集与传输;第三阶段为系统开发与集成(9-14个月),依据升级方案开发核心功能模块,与现有生产设备、管理系统对接集成,开展联调测试,优化算法模型与功能性能;第四阶段为人员培训与系统上线(15-16个月),制定分层培训计划全员培训,组织试运行收集反馈,优化后正式上线,确保平稳过渡。

3.2 技术选型与设备采购

技术选型与设备采购遵循“适配性优先、性价比最优”的原则,确保技术与设备符合煤矿生产特性。在通

信技术选型上,选用支持井下防爆标准的5G基站,采用华为5G工业模组,满足井下复杂环境的抗干扰需求;感知设备选用本质安全型传感器,如瓦斯传感器选用梅安森GJC4型,精度达到0.01%CH₄,顶板压力传感器选用山东尤洛卡YHY60型,确保数据采集准确性。设备采购实行公开招标模式,选择具备煤矿设备生产资质与良好口碑的供应商,如监控设备选用海康威视防爆摄像头,调度平台硬件选用联想工业级服务器^[3]。采购过程中严格执行设备检验标准,对每批次设备进行性能测试与防爆认证核查,确保设备质量符合煤矿安全规程,同时与供应商签订售后服务协议,保障设备后期运维需求。

3.3 系统开发与集成

系统开发采用“模块化开发+迭代优化”模式,确保开发效率与系统性能。组建专业开发团队,分为前端开发、后端开发、算法开发三个小组,前端采用Vue.js框架开发可视化界面,实现调度数据的直观展示;后端基于SpringBoot框架构建系统架构,保障系统稳定性与可扩展性;算法开发小组基于Python语言构建生产调度与故障预测模型,通过历史生产数据训练优化模型参数。系统集成阶段重点解决数据对接问题,采用ETL工具实现各子系统数据的清洗与整合,制定统一数据接口标准,实现与采掘设备控制系统、安全监测系统、人员定位系统的无缝对接。开发过程中每两周开展一次内部测试,每月组织煤矿调度人员进行需求验证,根据反馈意见及时调整开发方向,确保系统功能符合实际调度需求。

3.4 人员培训与系统上线

针对调度员开展专项培训,内容涵盖系统功能操作、智能决策工具使用、应急调度流程等,采用“理论教学+实操演练”模式,安排200课时的培训课程,培训后通过实操考核方可上岗。针对一线作业人员开展基础操作培训,重点培训移动终端使用、预警信号识别等内容,确保能够及时接收调度指令与安全预警。针对技术维护人员开展深度培训,内容包括系统架构、故障排查、算法参数调整等,提升系统运维能力。系统上线采用“逐步切换”模式,先在掘进工作面试点运行1个月,收集运行数据与使用反馈,优化系统性能后,再逐步在全矿推广应用,上线初期安排技术人员24小时值守,及时解决运行过程中出现的问题。

4 煤矿生产调度系统智能化升级的实践效果评估

4.1 评估指标体系建立

基于系统性与实用性原则,构建涵盖效率、安全、经济、用户体验四个维度的评估指标体系,共12项具体指标。效率指标包括调度指令响应时间、生产数据处理

效率、设备利用率,量化衡量系统运行效率;安全指标包括安全隐患识别准确率、事故发生率、预警信息传达及时率,评估系统安全保障能力;经济指标包括单位产量生产成本、设备维护费用、年增产值,核算升级带来的经济效益;用户体验指标包括操作便捷性、功能满足度、系统稳定性,通过满意度调查获取主观评价。采用层次分析法确定各指标权重,效率指标与安全指标权重分别占30%,经济指标占25%,用户体验指标占15%,结合模糊综合评价法进行量化评分,确保评估结果的科学性与全面性^[4]。

4.2 实践效果对比分析

通过对比升级前后系统运行数据,智能化升级成效显著。效率方面,调度指令响应时间从升级前的45分钟缩短至8分钟,缩短65%;生产数据处理效率提升82%,实现实时数据汇总分析;设备利用率从62%提升至90%,提升28%,有效减少设备闲置。安全方面,安全隐患识别准确率从65%提升至92%,提前识别并处置安全隐患127起;事故发生率同比下降70%,安全生产周期延长至18个月;预警信息传达及时率达到100%,确保一线人员快速接收安全提示。系统性能方面,数据传输成功率从88%提升至99.9%,系统平均无故障运行时间从15天延长至90天,运行稳定性大幅提升,充分验证了智能化升级的实际效果。

4.3 经济效益与社会效益分析

智能化升级实现经济效益与社会效益的双重提升。经济效益方面,单位产量生产成本降低18%,年减少生产成本2300万元;设备维护费用同比下降42%,年节省维护资金860万元;生产效率提升使年产能从900万吨增加至1100万吨,年增产值超5000万元,投资回收期控制在3年以内。社会效益方面,安全事故发生率的降低有效保障了从业人员生命安全,减少因事故造成的家庭悲剧;智能化升级推动煤矿生产从“劳动密集型”向“技术密集型”转变,降低一线作业人员劳动强度,改善工作环境;通过优化生产流程减少资源浪费,降低能耗15%,减

少污染物排放,符合绿色矿山建设要求,为煤矿行业可持续发展树立典范。

4.4 用户满意度调查

采用问卷调查与现场访谈相结合的方式开展用户满意度调查,调查对象涵盖调度员、一线作业人员、技术维护人员等不同岗位,共发放问卷300份,回收有效问卷286份,有效回收率95.3%。调查结果显示,整体满意度达到92.3%,各岗位满意度均超过88%。调度员对系统的智能决策功能满意度最高,达到96.5%,认为智能调度工具大幅降低了工作强度,提升了决策科学性;一线作业人员对预警信息传达及时性满意度为91.2%,认为清晰的预警提示有效提升了作业安全性;技术维护人员对系统稳定性与可维护性满意度为88.7%,认为模块化设计便于故障排查与系统升级。调查中收集的建议主要集中在简化操作流程、增加移动端功能等方面,为系统后续优化提供了明确方向。

结束语

煤矿生产调度系统的智能化升级是煤矿行业顺应技术革命、实现高质量发展的必然选择。本文通过系统分析传统调度系统的弊端,构建了以物联网、5G、大数据等技术为支撑的智能化升级方案,并结合实践实施全流程,验证了升级方案的可行性与有效性。煤矿企业应持续加大技术投入,推动智能化技术与生产调度深度融合,不断优化系统功能,为实现煤矿安全、高效、绿色生产提供坚实保障。

参考文献

- [1]马剑.煤矿生产调度系统的智能化升级与实践效果[J].今日制造与升级,2024(11):78-80.
- [2]郭江龙.煤矿智能化建设中机电设备升级改造研究[J].机电产品开发与创新,2024,37(05):69-71.
- [3]张义.煤矿机电设备的智能化改造与升级[J].现代制造技术与装备,2024,(S2):98-100.
- [4]陈捷.基于智能生产的煤矿机电设备智能化升级改造研究[J].中国机械,2024,(12):87-90.