矿山机电设备节能降耗控制技术研究

石连喜，张圣展

（山东鲁泰控股集团有限公司鹿洼煤矿，山东 济宁 272350）

摘 要 矿山现场各类机电设施整体能耗基数大，空转、空载等闲置运行造成的无效能源损耗问题尤为突出，现有传统能源管控体系存在覆盖不全、响应滞后等明显短板，直接制约矿区低碳高质量发展进程。本文全面梳理矿山机电设备实际耗能特征与现存管控痛点，融合机电装备技术升级、负荷智能动态调配、运维策略精细化调整、富余余能梯级回收利用及内部能效管理机制革新等多维度举措，构建覆盖全设备、全用能链路的全域节能管控体系，通过该系列可落地的实操方案系统性优化矿区现场用能结构。经落地验证，矿区生产用能实际利用率得到显著提升，生产综合能耗与日常运营开支实现合理压降，旨在为同类矿山机电用能优化与常态化能效管控提供参考，助力采掘行业稳步推进低碳转型发展。

关键词 矿山机电设备；节能降耗；节能控制技术；变频节能；能源回收利用技术

中图分类号：TD607 **文献标志码**：A **DOI**：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.27.037

0 引言

低碳发展已成为矿业提质发展主流方向，机电设施作为矿区生产主要耗能源头，实际运转效能深刻影响经营开支与长远发展潜力。业内多数机电设施存在负载调配不均、设施老化滞后、配套技术欠缺及监管机制缺位等现状，行业节能提质诉求愈发迫切。结合矿区现场作业实况统筹节能相关技术，从设施更新、智能调度、日常管护及余热回收层面搭建整体方案，助力行业优化用能格局并积累实践经验。以矿山机电设备节能降耗技术为对象开展探究，在分析带式运输机变频节能改造必要性的基础上，对带式运输机自动节能控制系统设计展开分析，并对其工程实践应用效果进行探讨，希望能够为其他矿井相似工程的开展提供借鉴[1]。

1 矿山机电设备能耗特性与节能降耗核心诉求

1.1 矿山机电设备类型及能耗分布特征

矿区机电设施贯通采掘输送通风排水供电提升各类核心作业环节，各类设施运转模式与承载状态存有不同差异，整体用能格局呈现聚集起伏且资源耗损偏大的实际状态。输送设施长期保持不间断作业状态，物料流转起伏改变运转状态造成空转低载现象频发，电力资源实际利用水准始终偏低，通风排水设施按极限工况完成选型布设，日常运转难以贴合现场实际需求，多余能源消耗占比居高不下，采掘提升设施随作业节奏间断启停，工况切换阶段极易形成额外能源损耗，各类设施未能贴合现场工况灵活调整，用能布局脱离实际作业需求也成为节能管控关键所在。

1.2 机电设备能耗与生产效率的关联机制

矿区机电设施用能情况和作业产出效率存在紧密联动关系，设施实际运转状态决定产能输出与资源消耗的契合程度。设施承载状态贴合现场作业需求之时，投入能源均可转化为实际产出，单位产出耗费资源维持平稳状态，作业效率与资源利用水准同步向好[2]。设施长期偏离标准承载区间便会造成资源无端耗费，无法形成有效产出，还会拖慢整体作业进度，运转参数偏离现场环境还会加快部件老化，增加故障频次，压缩设施正常作业时长，合理调配设施运转状态调整承载区间，缩减多余资源耗费，可平衡作业效率与节能成效，构筑平稳协调作业运行模式。

1.3 节能降耗的行业政策要求与经济价值

煤炭产业推进低碳转型与优质发展进程中，能源管控优化已成为主流发展趋势，各类行业准则围绕用能提质洁净生产构建完整规范体系，督促矿区经营主体调整机电设施用能结构，普及新式节能手段并理顺能源管控模式，推动现场作业用能标准贴合行业划定范围。相关规制严格落实高耗设备更替工作，落实新式节能手段布设并搭建实时用能监测模式，推动矿区完成机电系统整体优化，搭建长久稳定的用能管控模

作者简介：石连喜（1982-），男，本科，高级技师，研究方向：煤炭工程、矿山机电与运输。

式。生产运营开支当中，机电设施用能占据较大份额，合理推行用能优化手段能够缩减电力开支与设施养护花销，延缓设施使用年限，减少停工频次，稳固现场作业节奏，压缩整体经营开销，稳固行业市场竞争实力，为企业长久平稳经营筑牢经济根基。

1.4 矿山复杂工况对节能技术的特殊要求

井下开采场地地质环境多变，作业承载状态起伏明显，有限的作业空间也对各类节能应用手段提出更高适配标准。相关节能手段需要顺应物料输送不均荷载实时变动的现场状态，依托灵活调整模式贴合现场运转节奏，保障优化效果稳定发挥。井下设施多保持持续运转状态，各类节能调控方式要保障基础作业流程平稳推进，不可扰乱现场生产秩序与整体作业进度。现场作业易出现空转低载等多种运转状态，相关技术可精准判别荷载变动，完成精准供能调控，井下作业环境还对设施防护性能有着硬性标准，节能调控装置需适配恶劣作业环境，保持运行平稳，贴合原有设施运转架构，缩减改造成本，契合矿区现场多重实际应用条件。

2 现阶段矿山机电设备节能降耗的具体制约因素

2.1 老旧设备能效低下与更新换代滞后

矿区现场存留大批使用年限偏久的机电设施，早年设计思路与制作工艺存在局限，整体运转效能达不到现行行业规范，用能基数偏大且能量转化效率偏弱。老旧设施传动结构与调控组件缺少节能化构思，运转期间各类能量损耗不断增加，长期使用带来的构件老化还会弱化整体运行性能[3]。企业受资金调配生产排布以及改造时长等条件束缚，设施换新推进速度偏缓，高耗设施清理替换进度缓慢。老旧机型无法对接新式节能调控手段，简易整改也不能彻底改善用能现状，长期维持高耗运转状态，也给矿区整体用能优化工作带来不小阻碍。

2.2 设备运行负荷不均衡与空载损耗严重

矿区机电设施大多依照作业峰值荷载完成定型制作，实际开采进度与产出体量随时产生变动，设施承载状态始终处于浮动变化之中，很难长期维持高效运转区间。各类基础作业设施依照最大作业能力配置构件，产能偏低或是间歇作业阶段极易出现荷载失衡，长时间低负载运转拉低能源实际利用率。诸多井下核心作业设施缺少灵活调荷功能，固定模式持续运转难以贴合现场生产节奏，空转作业情形十分普遍。传统人工管控模式反应速度偏慢，不能精准把控设施启停与功率调配，额外消耗不断增多，增加用电开支的同时也缩短设施正常使用年限。

2.3 节能控制技术适配性差与应用不规范

各类节能调控手段落地矿区现场时常出现适配不足以及实操流程杂乱的情况，直接阻碍节能成效正常发挥。多数相关技术依托普通工业场景研发打造，没有结合井下多粉尘强震动等特殊环境做出调整，和原有设施运转模式难以相融，调控反应迟缓问题时常出现。不少节能整改只针对单一设施开展，缺少全域统筹规划，无法实现整体用能优化，现场实操没有统一执行标准，参数调配仅凭一线人员经验判断。新型调控装置和原有电路防护组件衔接存在疏漏，极易扰乱正常运转秩序，相关实操指导与后期调试工作落实不到位，优质节能技术难以长久发挥实际作用。

2.4 运维管理体系不完善与节能监管缺失

矿区机电设施日常管护工作多侧重安全运转与故障检修，针对用能管控的专属管理制度尚未完备，用能监督层面存在诸多疏漏。传统管护模式未将用能标准归入日常巡查与工作考评范畴，设施运转状态及用能实况缺少常态化监测研判，低效运转造成的资源损耗难以及时排查梳理。内部节能职责划分较为模糊，一线作业流程和用能管控标准相互脱节，在岗人员难以树立主动控耗意识。各类用能统计方式存在漏洞，核心设施耗能数据收集不够完备，高耗点位无法精准确定，完整的管控考评模式尚未成型，各类优化举措难以落地落实，也无法搭建起循序渐进的用能优化管理体系。

2.5 能源回收利用技术不足与资源浪费突出

机电设施日常运转期间会产生大量可二次利用能量，相关应用手段欠缺且整体布局不够合理，能量二次复用整体水准偏低，现场资源损耗问题较为突出。设施调速制动以及工况切换阶段生成的各类能量无法完成收集转化，大多以热能形式直接消散，优质能源出现大量流失。通风排水等作业系统产生的各类富余能量缺少成熟收集设备，难以转化为生产可用动能与电力资源。现有生产架构未统筹规划余能利用布局，回收装置和主体设备配合度不足，能量转化效率难以提升，相关实用技术落地进度缓慢，投入回报比例达不到预期，企业推行意愿偏弱，闲置可利用能量持续增多，也阻碍低碳生产模式稳步搭建。

3 矿山机电设备全流程节能降耗控制技术对策

3.1 高效节能型机电设备选型与升级改造

立足于矿区长期生产需求梳理用能优化方向，设备采购环节严守能效评定标准，优选适配井下环境、

能耗更低的实用机型，优化动力构件与控制架构核心配置，从源头削减设备本身能耗。对在用老旧设备划分整改优先级，优先改造高耗高频运转设备，更换低效电机与传统传动结构，搭配低损耗配件减少机械运转带来的能量流失。设备升级过程兼顾新旧设施兼容性能，确保新装部件顺畅对接原有供电及安全防护系统。同步整理设备运行参数与检修台账，建立完备使用资料，为后续设备更新优化提供可靠依据，依托合理选型与定向改造筑牢硬件根基，切实稳步提升各类机电设备实际运行能效。

3.2 智能负荷调控与变频节能技术应用

动态荷载调配搭配变频调控手段，可有效化解矿区设备荷载波动大、空转耗能偏高的实际问题，让设备输出功率贴合现场实际生产需求。依托变频调控搭建智能管控平台，实时采集设备荷载体量、运转速率及物料输送状态，自主调整运转频率与动力转速，摒弃固定运转模式带来的资源损耗。针对持续性运转输送设备搭建联动管控体系，依据实际承载量调配作业设备数量，依照荷载轻重切换运行模式，削减各类无效能源消耗[4]。结合现场作业环境划定启停界限与调控区间，提升系统反应速度与调控精准度，规避频繁启停损伤设备。

3.3 设备运维优化与能效监测预警系统构建

将用能管控理念融入设备全周期管护流程，依托精细化管护模式推进日常节能工作有序开展。制定统一规范的巡查养护检修流程，重点把控动力部件温度、传动运转效率以及电路运行状态等关键内容，及时处理构件老化、润滑不足等引发耗能上涨的各类问题。搭建覆盖主流耗能设备的线上监测预警平台，实时收集电路运行数据与整体耗能情况，完成全程追踪统计与异常情况提示[5]。平台可完成耗能数据整理比对与走势预判，精准锁定高耗能点位与低效运转时段，为调整管控方式提供数据依据。划定多层级异常判定标准，设备耗能偏离合理区间即可自动推送提示信息，便于管护人员及时处置，依托监测研判调整优化形成完整管理流程，持续稳步改善设备整体运转效能。

3.4 余能回收利用技术研发与工程化应用

深挖设备运转过程中散失的各类富余能量，借助能量回收转化手段拓宽矿区节能发展空间。设备调速制动以及工况切换期间产生的富余电力，借助回馈装置完成统一收集并入供电线路，供给周边作业设备正常使用，减少电力资源流失。收集通风排水作业流程中产生的富余压力能，依托专用转化装置转为可用动力与电力资源，完成能量循环二次利用。理顺回收装置与主体设备协同运转逻辑，保障能量收集流程不干扰正常生产秩序，提升能量转化效率与输出平稳性。贴合井下复杂作业环境改良回收设备构造，简化布设流程与后期管护流程，压缩现场落地应用成本。

3.5 节能管理体系完善与标准化管控实施

搭建完备的内部管控机制落实统一规范管理举措，为各类节能技术落地推行以及长期能效优化筑牢制度根基。搭建多层级节能管理组织架构，清晰划定各岗位管控职责与考评细则，将耗能管控指标纳入日常经营考评范畴，调动全体人员参与节能管控工作。制定设备启停调控、日常操作养护检修全套执行准则，规整现场作业操作方式，杜绝人为操作不当引发的资源损耗。搭建分级分类耗能统计核算体系，细化不同区域不同时段设备耗能统计工作，精准梳理各类用能数据。定期开展能效对标研判工作，比对整改前后耗能变化及时调整优化管控方案，常态化组织一线人员开展专业技能学习，依托系统化管理制度与规范化执行流程，为矿区机电设施节能管控工作筑牢长效运行保障。

4 结束语

矿区机电设施节能优化是产业低碳转型与效益提升的重要途径，设施更新迟缓、荷载调配不均、技术贴合度不足及管控机制疏漏等现状，均阻碍整体用能效率提升。依托新型设备升级、变频智能调控、日常运维监测、富余能源回收及规范化管控举措，让设备耗能贴合实际生产状态，从多重层面缩减无用能耗。搭建适配井下作业环境的节能运行架构，稳步强化机电系统运行平稳性与资源利用水平，助力矿区达成安全高效与低碳发展的整体发展目标。

参考文献：

[1] 李卓睿.矿山机电设备数字化自动运维平台的构建与实践[J].信息与电脑,2026,38(06):162-164.
[2] 王浩.矿山机电设备自动化调试技术探讨[J].应用能源技术,2025(12):4-6.
[3] 刘立虎.矿山机电设备自动化调试技术探讨[J].中国金属通报,2025(11):120-122.
[4] 李美璐.变频调速系统在矿山机电设备节能中的应用[J].能源与节能,2025(09):82-84,344.
[5] 崔亮,孙英文,李欣庭.矿山机电设备的节能减排技术研究[J].世界有色金属,2025(08):232-234.