

# 矿山机电设备节能技术发展现状与智能化趋势

刘 杰

内蒙古仲泰能源集团有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

**摘 要:** 矿山行业能耗大, 机电设备是核心耗能载体, 节能降耗是其绿色低碳转型与降本增效的关键。本文结合矿山生产实际, 剖析当前矿山机电设备节能技术发展状况, 梳理核心设备能耗特征与节能短板, 评估各环节节能潜力。针对现存问题, 提出高效电机替代、变频调速技术应用、新型节能材料推广等改造方案, 并结合案例测算节能效益。同时探讨智能化与节能技术融合路径, 展望发展趋势, 为矿山企业能源高效利用、提升竞争力提供参考, 助力行业高质量发展。

**关键词:** 矿山机电设备; 节能技术; 智能化趋势

引言: 矿山行业能耗大, 机电设备是核心耗能载体, 节能降耗是其绿色低碳转型与降本增效的关键。本文结合矿山生产实际, 剖析当前矿山机电设备节能技术发展状况, 梳理核心设备能耗特征与节能短板, 评估各环节节能潜力。针对现存问题, 提出高效电机替代、变频调速技术应用、新型节能材料推广等改造方案, 并结合案例测算节能效益。同时探讨智能化与节能技术融合路径, 展望发展趋势, 为矿山企业能源高效利用、提升竞争力提供参考, 助力行业高质量发展。

## 1 矿山机电设备节能技术发展现状

### 1.1 矿山机电设备总体能耗概况

矿山生产流程复杂, 涉及采掘、提升、通风、排水、选矿等多个环节, 每个环节均依赖大量机电设备, 且能耗分布差异明显。其中, 提升设备能耗占总能耗的28%, 采掘设备占32%, 通风设备占18%, 排水设备占12%, 选矿设备占10%。当前, 我国矿山机电设备能耗强度较高, 单位产值能耗为全国工业平均水平的1.8倍, 且不同类型矿山能耗差异显著, 金属矿山综合能耗较煤炭矿山高出约30%。此外, 我国约60%的矿山机电设备使用年限超过10年, 老化设备运行效率大幅下降, 单位产量能耗上升明显, 加剧能源浪费。

### 1.2 核心机电设备节能技术应用现状

#### 1.2.1 采掘设备节能现状

采掘设备是矿山生产核心与主要耗能环节, 主要包括采煤机、挖掘机、刮板输送机等。当前, 我国矿山采掘设备节能技术应用率仅为45%, 多数中小型矿山仍采用传统高能耗设备, 能效水平普遍低于国际先进水平15%~25%。部分大型矿山已推广应用节能型采掘设备, 通过优化结构、采用新型节能电机实现能耗降低, 例如某大型煤矿引入的高效节能采煤机, 单机年耗电量较传统设备

减少20万kWh, 但整体应用不均衡, 中小型矿山受资金、技术限制, 节能改造进展缓慢。

#### 1.2.2 提升设备节能现状

提升设备主要用于物料与人员升降, 是矿山能耗大户, 我国矿山提升设备节能技术应用率为38%, 其能耗较国外先进水平高出25%。当前, 提升设备节能技术主要集中在变频调速改造与能量回收利用, 部分矿山通过变频调速改造实现转速精准控制, 节能率可达15%~25%; 少数大型矿山引入能量回收系统, 将重力势能转化为电能, 回收效率可达30%以上, 但多数矿山仍采用传统工频设备, 能耗损耗严重, 能量回收技术应用范围有限<sup>[1]</sup>。

#### 1.2.3 通风与排水设备节能现状

通风与排水设备作为辅助生产设备, 能耗占比合计达30%, 我国通风设备节能技术应用率为52%, 排水设备应用率为40%, 系统效率均低于国外先进水平。当前, 两类设备节能改造主要以变频调速技术为主, 通过调节转速适配实际需求, 减少能耗浪费, 例如矿山对主扇风机进行变频改造后, 年耗电量减少15万kWh, 节能率达20%。但部分矿山设备选型不合理、运行调节不当, 进一步加剧能耗损耗。

#### 1.2.4 选矿设备节能现状

选矿设备用于矿石分选加工, 能耗占矿山总能耗的10%, 节能技术应用率仅为35%, 其中破碎、磨矿系统能耗占选矿总能耗的68%。当前, 选矿设备节能主要通过工艺优化与设备升级实现, 部分大型选矿厂采用新型节能设备与短流程工艺, 综合节能率达18%, 新型浮选机、磁选机能效较传统设备提升25%~35%, 但多数中小型选矿厂仍沿用传统高能耗设备与落后工艺, 能耗损耗严重。

### 1.3 矿山机电设备节能技术发展存在的短板

我国矿山机电设备节能技术虽有进展, 但整体水平

有待提升,核心短板主要体现在五方面:一是节能技术应用不均衡,大型与中小型矿山差距明显;二是节能技术创新能力不足,核心技术依赖进口,智能化节能领域差距较大;三是设备老化问题突出,更新换代资金投入不足;四是节能管理体系不完善,缺乏专业团队与完善的能耗监测考核机制;五是政策支持力度不足,补贴、税收优惠政策不完善,企业节能改造积极性有待提升。

## 2 矿山机电设备节能潜力分析

### 2.1 节能潜力评估依据与方法

本文采用“基准能耗-实际能耗-节能潜力”的评估方法,以国际先进设备能耗为基准,结合我国矿山机电设备实际能耗,量化评估各设备节能潜力。当前,我国矿山机电设备总体能效较国际先进水平低15%-25%,能耗利用率不足40%,若全面推广先进节能技术与设备,整体节能潜力可达20%-30%,节能空间巨大。

### 2.2 各类型机电设备节能潜力量化分析

设备类型	年实际耗电量(×10 <sup>7</sup> kWh)	节能率	年节约电费(万元)	节能技术核心方向
采掘设备	3.6	20%-25%	504-630	高效电机替代、设备结构优化
提升设备	3.36	25%-30%	588-705.6	变频调速、能量回收利用
通风设备	2.16	20%-25%	302.4-378	变频改造、系统优化调试
排水设备	1.44	20%-22%	201.6-221.76	变频改造、设备选型优化
选矿设备	1.2	18%-25%	151.2-210	设备升级、工艺优化
合计	11.76	20%-30%	1747.2-2145.36	多技术融合应用

## 3 矿山机电设备节能改造方案

结合矿山机电设备节能潜力与现存问题,本文从高效电机替代、变频调速技术应用、新型节能技术推广、设备管理优化等方面,提出针对性节能改造方案,确保方案可行实用,有效降低能耗、提升经济效益。

### 3.1 高效电机替代改造方案

电机是矿山机电设备核心动力部件,能耗占机电设备总能耗的60%以上,采用高效电机替代传统高能耗电机是节能关键。针对不同设备需求制定差异化方案:采掘设备采用永磁同步高效电机,能效达IE4级以上,较传统异步电机节能10%-15%,例如煤矿将刮板输送机传统电机替换为永磁同步电机,年节约电费13.23万元,投资回收期仅0.6年;提升、通风等设备选用IE3级以上高效电机,配套安装节能控制器,避免空载、轻载能耗浪费;老旧高能耗电机直接报废更换,可继续使用的电机进行节能改造,提升能效。

### 3.2 变频调速技术应用改造方案

矿山提升机、通风机等设备通常保持恒速运行状态,这与实际负载需求并不相符,进而导致大量能耗被浪费。变频

调速技术能够精准调节电机转速,达成“按需供能”的效果,节能率可达到15%-30%。具体改造措施如下:在提升设备上安装高压变频调速系统,优化其运行曲线,减少启动时的冲击以及能耗,有金属矿进行此类改造后,年节约电费达15.4万元,投资回收期为1.3年;通风与排水设备依据实际需求调节转速,一煤矿的排水泵改造后,年节约电费12.6万元,投资回收期1.2年;采掘与选矿设备借助变频调速来适配负载变化,一选矿厂的球磨机改造后节能率达20%,同时还提升了磨矿效率。

### 2.3 矿山机电设备总体节能潜力汇总

综合各类型机电设备节能潜力分析,我国矿山机电设备全面节能改造后,年可节约电能 $2.496 \times 10^7 - 3.0648 \times 10^7$ kWh,年可节约电费1747.2-2145.36万元,节约标准煤8.11-9.91万吨,节能潜力巨大,可显著提升企业经济效益与环境效益。具体各设备节能潜力汇总如下表所示:

调速技术能够精准调节电机转速,达成“按需供能”的效果,节能率可达到15%-30%。具体改造措施如下:在提升设备上安装高压变频调速系统,优化其运行曲线,减少启动时的冲击以及能耗,有金属矿进行此类改造后,年节约电费达15.4万元,投资回收期为1.3年;通风与排水设备依据实际需求调节转速,一煤矿的排水泵改造后,年节约电费12.6万元,投资回收期1.2年;采掘与选矿设备借助变频调速来适配负载变化,一选矿厂的球磨机改造后节能率达20%,同时还提升了磨矿效率。

### 3.3 新型节能技术与材料应用方案

在高效电机与变频调速技术基础上,推广新型节能技术与材料,实现多维度节能。一是能量回收利用,提升设备引入重力势能回收系统,年回收电能可满足辅助设备部分用电需求;选矿设备采用余热回收技术,用于矿山供暖,减少化石能源消耗<sup>[3]</sup>。二是新型节能材料,输送机部件采用低摩擦耐磨材料,通风机叶轮采用轻量化高强度材料,设备外壳采用节能保温材料,均可有效降低能耗。三是智能化节能监测,引入监测系统,实时采集分析能耗数据,精准识别异常,为节能管控提供支撑。

### 3.4 设备管理优化方案

良好的设备管理是保障节能效果的关键，重点从三方面优化：一是建立设备定期维护制度，定期检修保养，及时更换老化零部件，减少故障与能耗浪费；二是加强专业人才培养，培养节能技术、设备维护等专业人才，建立激励机制，提升管理水平；三是完善能耗监测与考核制度，将能耗指标纳入绩效考核，明确责任，奖惩分明，定期分析能耗数据，优化管控措施。

## 4 矿山机电设备节能技术的智能化发展趋势

### 4.1 智能化节能监测与管控一体化

未来，节能监测将向智能化管控转型，构建一体化系统，整合物联网、人工智能等技术，实时采集分析设备运行与能耗数据，自动优化运行参数，实现“按需供能”，同时实现远程管控与故障预警。预计未来5-10年，该系统将在大型矿山全面推广，中小型矿山逐步普及，可使整体节能率提升5%-10%。

### 4.2 人工智能与节能技术深度融合

人工智能正通过数据驱动模式重构工业节能体系，其核心在于将机器学习算法与设备运行大数据深度耦合。以中央空调系统为例，系统可实时采集室内外温湿度、人流量等200余项参数，通过LSTM神经网络预测未来30分钟负荷需求，动态调整压缩机频率与风机转速，使设备始终运行在能效比最优区间，较传统定时控制模式节能达18%。在设备运维层面，基于振动频谱分析与温度场建模的深度学习模型，可提前72小时识别轴承磨损、电机过热等故障征兆，指导开展预防性维护，避免突发故障导致的非计划停机，单台设备年节约故障能耗约1200kWh。

### 4.3 数字化孪生技术的应用普及

数字化孪生技术通过构建物理设备的数字镜像，实现全生命周期节能闭环管控。在工业锅炉改造中，孪生模型可集成燃烧动力学与热力学方程，实时模拟炉膛温度场分布与烟气成分变化，结合强化学习算法动态优化风煤配比，使燃烧效率提升9.2%。改造前，技术人员可在虚拟环境中测试余热回收装置的三种布置方案，通过

对比排烟温度、系统阻力等参数，筛选出最优改造路径，降低现场调试成本35%。另外，孪生系统与SCADA平台深度联动，可自动生成设备能效诊断报告，推送变频调速、密封优化等节能建议，推动某钢铁企业年综合能耗下降27%，碳排放减少1.4万吨<sup>[4]</sup>。

### 4.4 新能源与节能技术协同发展

太阳能、风能、储能等新能源将与节能技术协同应用，构建综合能源利用体系，为机电设备提供辅助供电，减少传统化石能源依赖，实现能源梯级利用。预计未来，可使矿山机电设备整体能耗再降低10%-15%，助力绿色低碳发展。

### 4.5 智能化节能设备的规模化推广

集成高效电机、人工智能等技术的智能化节能设备，将逐步替代传统高能耗设备，实现规模化推广，其具有能耗低、效率高、维护便捷等优点，可实现自主调节、故障自诊断。预计未来5-8年，智能化节能设备在矿山机电设备中的占比将达70%以上，成为主流。

## 结束语

矿山机电设备节能技术的发展与应用，是矿山行业绿色低碳转型、降本增效的关键，也是响应“双碳”目标的重要体现。随着智能化技术发展，节能技术向智能化转型，二者深度融合将进一步挖掘节能潜力。未来，需加强技术创新与应用，完善政策支持，推动改造方案落地，推广智能化节能设备，助力矿山行业高质量、可持续发展，实现经济效益、环境效益与社会效益的统一。

## 参考文献

- [1]潘玉帅,付洋.采煤机电设备的智能化维护与管理方法探讨[J].内蒙古煤炭经济,2024,(11):163-165.
- [2]杨阳,李勇.煤矿机电设备的智能化改造与升级[J].中国高新科技,2024,(10):136-137+157.
- [3]敖建强.浅谈煤矿机电设备智能化维护研究现状与发展趋势[J].中国设备工程,2024,(07):36-38.
- [4]隋世亚.矿山机电设备故障智能化检测系统研究[J].矿业装备,2024,(02):95-97.