

煤矿机电设备中变频节能技术应用研究

张 阳

宁夏王洼煤业有限公司王洼煤矿 宁夏 固原 756000

摘要: 随着煤炭行业持续发展,能源节约与高效利用成为关键议题。本文聚焦煤矿机电设备中的变频节能技术应用。首先概述了变频节能技术的基本原理与特点,详细阐述其在采煤机、风机、胶带输送机、矿井提升设备、乳化液泵等煤矿关键机电设备中的应用情况。同时,深入剖析了该技术应用面临的如技术适配性不足、成本效益失衡、复杂环境适应性差等挑战,并针对性地提出了加强技术研发与适配优化、优化成本结构与强化政企协作支持、提升设备环境适应能力、完善售后服务与人才培养体系等应对策略,旨在推动变频节能技术在煤矿领域的更好应用与发展。

关键词: 煤矿机电设备;变频节能技术;应用研究;挑战与策略

引言:煤矿产业作为我国能源领域的支柱产业,其生产效率与能源利用效率备受关注。煤矿机电设备在生产过程中能耗巨大,传统的控制方式不仅造成能源浪费,还增加了生产成本。变频节能技术作为一种先进的节能手段,具有调节灵活、节能效果显著等优势,在煤矿机电设备中的应用具有巨大潜力。然而,目前该技术在煤矿实际应用中仍面临诸多问题。深入研究变频节能技术在煤矿机电设备中的应用,解决其面临的挑战,对于提高煤矿生产效益、降低能源消耗、推动煤矿产业可持续发展具有重要意义。

1 煤矿机电设备中变频节能技术的概述

变频节能技术作为现代工业领域的高效节能手段,通过调节交流电频率实现电机转速的精准控制,在煤矿机电设备中展现出显著优势。其核心原理基于电力电子器件(如IGBT模块)的通断作用,将固定频率的交流电转换为频率、电压可调的交流电,从而驱动电机实现无级调速。这一过程不仅消除了传统工频驱动下的转差损耗,更通过矢量控制、宽范围调速等技术,使电机运行效率提升15%~30%,功率因数稳定在0.9以上。该技术具备三大核心特性:其一,安全可靠,电子器件寿命长达10年以上,且集成过压、过载、过流等保护功能;其二,调速性能优异,可实现0.01Hz级精度控制,满足矿井提升机恒加速/减速需求;其三,节能效果显著,通过能量回馈技术将制动电能返送电网,配合软启动功能减少机械冲击,使设备寿命延长30%~50%。在煤矿场景中,该技术已覆盖采煤机、风机、胶带输送机等核心设备,通过替代液力耦合器等传统传动装置,系统效率提升5%~10%,年节电量可达数百万千瓦时,有力支撑了煤矿绿色低碳转型^[1]。

2 变频节能技术在煤矿机电设备中的应用

2.1 采煤机

在煤矿开采作业中,采煤机是核心设备,其运行效率与能耗状况直接影响着煤炭生产的效益与成本。变频节能技术在采煤机上的应用带来了显著优势。(1)传统采煤机多采用定速驱动方式,在面对不同地质条件和煤层厚度变化时,无法灵活调整牵引速度和截割功率,导致部分工况下出现“大马拉小车”的现象,造成能源浪费。而引入变频节能技术后,通过变频器对采煤机牵引电机和截割电机的供电频率和电压进行精准调节,实现了电机转速的无级变速。(2)在薄煤层开采时,降低电机转速,减少不必要的功率输出,既能满足开采需求,又能大幅降低能耗。遇到硬煤层或地质构造复杂区域,提高电机转速和功率,增强采煤机的截割能力,确保高效开采。同时,变频技术使采煤机启动更加平稳,减少了机械冲击,降低了设备故障率,延长了设备使用寿命。据实际统计,应用变频节能技术后,采煤机综合能耗可降低20%~30%,有效提升了煤矿的经济效益和能源利用率,推动了煤矿生产的绿色、可持续发展。

2.2 风机

在煤矿生产体系中,风机承担着为井下输送新鲜空气、排出有害气体及粉尘的关键任务,其运行状况直接关系到井下作业人员的生命安全和矿井的生产安全。然而,传统风机多采用定速驱动,存在显著的能耗问题。(1)传统风机在运行过程中,无论井下实际通风需求如何,都以恒定功率运转。当井下作业人员少、设备运行数量少时,实际所需风量大幅降低,但风机仍全功率运行,造成大量电能浪费。而且,频繁启停定速风机,不仅会对电网产生较大冲击,影响其他设备正常运行,还会加速风机自身机械部件的磨损,缩短设备使用寿命。(2)变频节能技术的应用为风机运行带来了革新。通过安装变频器,能够根据井下实时监测的风量、风压数据,精准

调节风机的电机转速。当井下通风需求较小时,降低电机转速,减少风量输出,从而降低能耗;当通风需求增大时,迅速提高转速,确保充足风量供应。这种按需调节的方式,使风机运行更加高效节能。(3)实际应用表明,采用变频节能技术后,风机节能率可达30%~50%。同时,软启动功能减少了风机启动时的电流冲击,保护了电网和风机设备。此外,平稳的运行状态降低了机械振动和噪音,改善了井下作业环境,为煤矿的安全、高效生产提供了有力保障。

2.3 胶带输送机

胶带输送机作为煤矿运输的核心设备,对煤炭的高效、稳定运输起着关键作用。然而,传统运行模式存在诸多弊端,变频节能技术的应用则为其带来了显著改善。(1)在能耗控制方面,传统胶带输送机多采用工频驱动,以固定速度运行。但实际生产中,煤炭运输量波动大,常出现轻载或空载。此时,设备仍按满载功率运行,造成大量电能浪费。而变频节能技术可根据负载实时调整电机转速和功率。当运输量小,降低转速,减少能耗;运输量大时,提高转速保障效率,节能效果可达20%~40%。(2)在设备保护层面,工频启动会产生巨大启动电流,冲击电网,影响其他设备运行,还会加剧胶带、托辊等部件磨损,缩短设备寿命。变频器实现的软启动功能,使输送机启动平稳,避免了电流冲击,降低了机械部件的磨损,减少了维修成本,延长了设备使用寿命。(3)从运行稳定性来看,变频技术能精准控制输送机的运行速度,使胶带运行更加平稳,减少了胶带跑偏、打滑等故障的发生概率,提高了运输系统的可靠性和稳定性,保障了煤矿生产的连续性,为煤矿的高效、安全生产提供了有力支撑。

2.4 矿井提升设备

矿井提升设备是煤矿生产的咽喉要道,承担着人员、物料及煤炭的升降任务,其运行效能与安全性至关重要。变频节能技术的应用,为矿井提升设备带来了多方面的显著提升。(1)在提升效率方面,传统提升设备多采用绕线式电机转子串电阻调速,调速范围窄且平滑性差,导致提升过程中速度波动大,影响提升效率。而变频节能技术通过改变电机供电频率实现无级调速,能根据提升载荷、运行阶段精准调整速度。例如在重载提升时,以较低速度平稳启动,避免机械冲击;接近井口时精准减速,减少制动能耗,使整个提升过程更高效,单次提升时间可缩短10%~15%。(2)从节能效果来看,传统调速方式在低速运行时电阻消耗大量电能,而变频调速可使电机在不同负载下均保持较高功率因数和效率。据实际测算,应用变频节能技术后,矿井提升设备综合节电率

可达25%~35%,大幅降低了煤矿的用电成本。(3)在安全可靠上,变频器具备完善的保护功能,如过流、过压、欠压、过载保护等。一旦出现异常,能迅速切断电源,避免设备损坏和事故发生。同时,软启动功能减少了启动时对钢丝绳、提升容器的机械冲击,延长了设备使用寿命,保障了矿井提升的安全稳定运行。

2.5 乳化液泵

乳化液泵作为煤矿综采工作面的关键设备,为液压支架等提供高压乳化液,其运行性能直接影响采煤作业的效率与安全。变频节能技术的应用,为乳化液泵带来了多方面的积极变革。(1)在压力控制方面,传统乳化液泵多采用定速驱动,通过溢流阀调节系统压力。这种方式下,当系统压力达到设定值时,多余乳化液会通过溢流阀流回油箱,造成大量能量浪费。而变频节能技术可根据液压支架的实际用液需求,实时调整乳化液泵电机的转速。当用液量小、系统压力高时,降低电机转速,减少乳化液输出量,避免溢流损耗,使系统压力保持稳定且节能。(2)从节能效果来讲,传统运行模式下,乳化液泵长时间处于高负荷或空载状态,能耗较高。应用变频技术后,电机按需运行,有效降低了无效做功。实际数据显示,采用变频节能技术的乳化液泵,节能率可达20%~30%,显著降低了煤矿的生产成本。(3)在设备维护上,变频调速使乳化液泵启动和运行更加平稳,减少了机械冲击和振动,降低了泵体、密封件等部件的磨损,延长了设备使用寿命。同时,减少了因频繁启停和压力波动导致的故障发生,降低了维修频率和费用,提高了设备的可靠性和可用性,保障了煤矿综采工作的顺利进行^[2]。

3 变频节能技术应用面临的挑战

3.1 技术适配性不足

煤矿机电设备类型多样、工况复杂,不同设备对变频节能技术的适配要求差异较大。如采煤机负载变化频繁,需变频器具备快速响应和强过载能力;而矿井提升机对调速精度和制动性能要求极高。但现有变频技术多针对通用工况开发,在面对煤矿特殊设备时,常出现参数匹配困难、控制策略不兼容等问题。部分老旧设备改造时,因机械结构与电气系统限制,难以直接加装变频装置,导致技术适配性差,影响节能效果与设备稳定运行。

3.2 成本效益失衡

变频节能设备前期购置成本高昂,一台中型煤矿用变频器价格可达数十万元,加上安装调试、配套电缆等费用,整体投入较大。而煤矿企业往往更关注短期经济效益,对投资回收期较长的节能项目积极性不高。此外,变频设备后期维护成本也不低,专业维修人员费用、备件

更换费用等增加了运营成本。

3.3 复杂环境适应性差

煤矿井下环境恶劣,存在高湿度、高粉尘、强电磁干扰等问题。变频器等电子设备对环境要求较高,高湿度易导致电气元件受潮短路,高粉尘会堵塞散热通道,影响设备散热性能。强电磁干扰可能使变频器控制信号失真,引发设备误动作。而且井下空间有限,设备安装紧凑,通风散热条件差,进一步加剧了环境对设备的考验。现有变频节能技术在应对这些复杂环境时,稳定性与可靠性不足,故障率较高,影响煤矿正常生产^[3]。

4 变频节能技术应用的应对策略

4.1 加强技术研发与适配优化

煤矿机电设备类型多样、工况复杂,现有变频节能技术在适配性上存在短板。企业应联合科研机构,加大在变频节能技术研发上的投入。针对不同设备特点,开发个性化变频解决方案。同时,建立设备运行数据监测平台,收集不同工况下设备的运行参数,利用大数据分析技术优化变频控制算法,使变频节能技术与设备实现更精准的适配。通过持续的技术创新和适配优化,提高变频节能技术在煤矿各类设备中的应用效果,充分发挥其节能优势。

4.2 优化成本结构与强化多方协作支持

变频节能设备购置和维护成本较高,影响企业应用积极性。企业可通过规模化采购降低设备采购成本,与供应商建立长期稳定的合作关系,争取更优惠的价格和更完善的售后服务。同时,加强与同行业企业的协作,共享技术资源和成本信息,共同开展节能项目,分摊成本。此外,与金融机构合作,获取低息贷款或融资租赁服务,缓解资金压力。通过优化成本结构和强化多方协作,降低变频节能技术的应用门槛,提高企业应用的意愿和效益。

4.3 提升设备环境适应能力

煤矿井下环境恶劣,高湿度、高粉尘、强电磁干扰等问题对变频节能设备运行造成挑战。企业应从设备设计源头提升其环境适应能力,选用具有良好防护性能的

材料和部件,如采用密封性好的外壳,防止粉尘和湿气进入。对设备进行防潮、防尘处理,加装过滤装置和干燥剂。针对电磁干扰,采用屏蔽技术,优化设备布局,减少干扰影响。同时,改进设备散热设计,采用高效的散热方式,确保设备在高温环境下稳定运行。

4.4 完善售后服务与人才培养体系

完善的售后服务和专业的技术人才是变频节能技术有效应用的关键。设备供应商应建立完善的售后服务网络,在煤矿周边设立服务站点,提供24小时快速响应服务。定期对设备进行巡检和维护,提前发现并解决潜在问题。同时,企业要加强内部人才培养,制定系统的培训计划,邀请专家进行技术讲座和实操培训,提高员工对变频节能技术的理解和操作能力。鼓励员工参加相关技术交流活动,拓宽视野,了解行业最新动态。通过完善的售后服务和人才培养,为变频节能技术的应用提供有力保障^[4]。

结束语

在煤矿机电设备领域,变频节能技术的应用展现出巨大潜力与显著成效。通过前文对风机、胶带输送机、矿井提升设备、乳化液泵等设备应用变频技术的分析可知,其在节能降耗、提升设备性能与稳定性等方面成绩斐然。然而,当前应用仍面临技术研发适配、成本控制、环境适应及售后人才等挑战。未来,需持续加强技术创新,优化成本结构,提升设备环境适应性,完善售后与人才培养体系。

参考文献

- [1]王宇伟.探讨我国煤矿机电设备中变频节能技术的应用[J].矿业装备,2021(05):280-281.
- [2]张立鹏.煤矿机电设备中变频节能技术的应用[J].当代化工研究,2021(18):141-142.
- [3]张瑞昭.煤矿机电设备中的变频技术节能改造技术[J].陕西煤炭,2021,40(04):193-195.
- [4]马勇辉.煤矿机电设备中变频节能技术应用研究[J].矿业装备,2021(04):118-119.