

煤矿皮带运输物料输送效率提升技术研究

张泰山

永煤集团股份有限公司新桥煤矿 河南 商丘 476600

摘要：煤矿皮带运输是井下物料输送的核心环节，其效率直接影响矿井产能与效益。本文通过调研不同产能煤矿皮带运输现状，识别出设备、工艺、环境、管理四大效率影响因素。重点研究设备优化、工艺改进、智能监测、系统协同四大关键提升技术，并结合现场应用实例验证效果。结果表明，所提技术体系能够有效解决运力浪费、故障频发等问题，显著提升输送效率并降低故障停机时间，为煤矿皮带运输效率的工程化提升提供了技术支撑与实践参考。

关键词：煤矿；皮带运输；物料输送效率；提升技术

引言：随着煤矿开采强度的不断提升，传统皮带运输系统逐渐暴露出效率偏低、能耗较高、故障频发等问题，难以完全适配高产高效的生产需求。调研显示，部分煤矿皮带负载率尚有较大提升空间，老旧矿井的停机损耗尤为严重，制约了矿井的绿色低碳发展。基于此，本文聚焦煤矿皮带运输物料输送效率提升，系统分析现状与影响因素，研发适配性强的关键技术并验证应用效果，对推动煤矿运输系统智能化、高效化升级，降低生产成本，保障生产连续性具有重要现实意义。

1 煤矿皮带运输系统现状及效率影响因素分析

1.1 煤矿皮带运输系统构成与工作原理

(1) 系统核心构成：煤矿皮带运输系统核心由输送皮带、驱动装置、托辊组、张紧装置、制动装置及控制系统组成。输送皮带承担物料承载与输送功能，驱动装置为系统提供动力，托辊组支撑皮带减少运行阻力，张紧装置维持皮带合适张力防止跑偏，制动装置保障紧急停机安全，控制系统实现自动化启停、调速与故障监测。(2) 系统工作原理：工作时，驱动电机通过传动装置带动驱动滚筒转动，利用滚筒与皮带间的摩擦力驱动皮带做循环匀速运动。井下开采的原煤经工作面刮板输送机、转载机输送至皮带上，随皮带平稳运行，途经转载点时完成物料中转，最终抵达主井煤仓或地面煤仓完成输送任务。因此，煤矿皮带运输是煤矿井下物料运输的核心设备，具有输送连续、运力大、能耗低的优势^[1]。

1.2 煤矿皮带运输物料输送效率现状调研

(1) 调研方案设计：选取不同产能的煤矿（高、中、低产能），采用现场勘查、设备运行数据统计、操作人员访谈结合的方式，重点监测皮带运行速度、负载率、故障频次及停机时长，确保调研数据全面、真实、具有代表性。(2) 调研结果分析：据统计，部分煤矿皮带运输效率未达设计标准，负载率存在明显提升空间。

高产矿井效率略高但仍有优化余地；老旧矿井因设备老化，故障频次相对较高，自动化调控能力的不足在一定程度上导致了运力浪费。(3) 效率现存问题总结：核心问题集中在四方面，一是设备故障影响运行连续性，二是负载分配不均导致运力浪费，三是自动化程度不足无法动态适配物料供给，四是工艺衔接不畅导致物料堆积或空载运行，制约整体输送效率。

1.3 输送效率主要影响因素识别与分析

(1) 设备因素：皮带磨损、托辊卡滞、驱动电机效率下降、张紧装置失效等，会增大运行阻力、引发皮带跑偏，增加故障停机时间，直接降低输送效率。(2) 工艺因素：物料给料速度与皮带运行速度不匹配，转载点设计不合理，易导致物料堆积、洒落，或皮带空载运行，浪费运力资源。此外，由于各采掘工作面出煤不均衡，常导致系统皮带空转时间较长，造成能源浪费。

(3) 环境因素：井下潮湿、粉尘浓度高的环境，会加速设备腐蚀磨损；巷道变形、底板沉降易导致皮带跑偏，影响系统正常连续运行。(4) 管理因素：设备日常维护保养不到位、操作人员专业技能不足、故障应急预案不完善，导致故障处理不及时，进一步加剧效率损耗。

2 煤矿皮带运输物料输送效率提升关键技术

2.1 皮带设备优化升级技术

(1) 皮带本体性能优化技术：针对传统皮带抗拉强度不足、易磨损、抗撕裂能力弱，且在井下潮湿多粉尘环境中易老化的问题，采用煤矿用钢丝绳芯阻燃输送带，大幅提升皮带抗拉强度和耐磨、抗撕裂性能，降低皮带断裂、跑偏及物料洒落概率。同时，对皮带表面进行防滑、防腐蚀涂层处理，增强皮带适配性，延长使用寿命，减少停机更换频次，为系统连续高效输送奠定基础。(2) 驱动系统节能优化技术：摒弃传统低效驱动模式，积极推广应用变频调速驱动技术、永磁电滚筒变

频驱动技术及变频调速一体机等先进装备。结合井下物料供给动态变化,实时调节电机转速,实现“按需供能”,有效避免空载、轻载时的能耗浪费,显著降低驱动系统能耗。新型永磁直驱技术省去了传统减速机环节,提升了传动效率,进一步减少了机械损耗,实现了效率与节能的双向提升^[2]。(3)托辊与滚筒结构改进技术:对托辊进行轻量化、耐磨化改造,采用高分子耐磨材料制作托辊外壳,搭配密封式轴承,减少托辊与皮带间的摩擦阻力,降低运行能耗,同时避免井下粉尘、水汽侵蚀导致的卡滞故障。优化托辊组布局,在物料转载点增设缓冲托辊,减轻物料冲击对皮带的损伤;对滚筒表面进行防滑纹处理,增大滚筒与皮带间的摩擦力,防止打滑现象,优化滚筒轴承密封结构,提升设备运行稳定性。

2.2 输送工艺优化技术

(1)煤流自适应调速与空转管控技术。依托煤流监测传感器采集实时给料量数据,经智能控制系统分析后动态调节皮带速度:煤流峰值时自动提速,避免堵料;煤流减少时自动降速,降低能耗与设备磨损。同时强化工作面放煤管理与采面储煤量控制,利用煤仓或缓冲仓调节生产不均衡性,减少皮带低负荷及空载运行时长,杜绝空转电费浪费。该技术实现皮带速度与物料供给量的精准匹配,提升输送效率,降低运行成本^[3]。(2)转载点防堵抑尘优化技术。针对转载点物料冲击大、易堵料、粉尘严重的问题,优化溜槽结构,采用弧形过渡设计以减少物料滞留与冲击,降低堵料概率;安装智能防堵传感器,实时监测溜槽堆积情况,堵料时立即预警并联动调整给料速度,及时处置隐患,减少停机。配套高压喷雾抑尘装置,在转载点形成雾化屏障,降低粉尘浓度,保障人员健康,避免粉尘附着设备影响运行效率。

(3)物料配比与输送节奏优化技术。结合各开采工作面产能,通过智能调度系统合理规划物料配比,防止单一物料堆积或混合不均造成的运力浪费。协调各工作面给料节奏,确保皮带负载均匀,避免过载或空载,充分发挥设计输送能力。优化物料预处理流程,增设大块物料破碎装置,减少大块阻碍,提升物料输送顺畅性,从而进一步提高整体输送效率。

2.3 智能监测与故障预警技术

(1)多源传感器实时监测技术:在皮带本体、驱动装置、托辊、张紧装置等关键设备上,全面部署温度、振动、压力、位移等多类型传感器,实时采集设备运行参数和物料输送状态数据。通过物联网技术将数据实时传输至地面控制中心,实现对整个皮带运输系统运行状

态的全方位、全天候、无死角监测,及时捕捉设备异常和物料输送隐患,为后续故障处理和效率调控提供精准的数据支撑。(2)故障智能诊断与预警技术:基于大数据和人工智能算法,构建设备故障诊断模型,对传感器采集的实时数据进行深度分析处理,能够精准识别皮带磨损、托辊卡滞、电机异常、皮带跑偏等潜在故障。根据故障严重程度划分不同预警等级,通过声光、短信等方式及时提醒工作人员处理,将故障隐患消除在萌芽状态,大幅减少故障停机时间,保障系统连续稳定高效运行^[4]。(3)无人巡检机器人应用技术:替代传统人工巡检模式,在皮带运输巷道部署轨道式或履带式无人巡检机器人,搭载高清摄像头、红外测温仪、声音传感器等设备,可自主沿皮带线路移动,实时检测设备运行状态和物料输送情况。能够精准识别皮带破损、托辊卡滞、物料洒落等问题,同步将巡检数据和异常画面传输至控制中心,降低人工巡检强度,提升巡检效率和准确性,避免人工巡检遗漏的安全隐患和设备问题。

2.4 系统协同控制技术

(1)多级皮带协同调速与驱动智能投切:针对煤矿井下多级皮带串联输送的特点,采用分布式协同控制算法,实现各级皮带运行速度的精准匹配与同步调控。通过智能调度系统统筹各级皮带的运行状态,避免因上下级皮带速度不一致导致的物料堆积、洒落或空载运行,确保整个运输链路顺畅高效。同时,根据整体输送需求动态调整各级皮带速度,最大化发挥整个运输系统的输送能力。在此基础上,引入驱动装置智能投切策略,当皮带轻载或运行阻力较小时,自动减少投用的驱动装置数量(例如,原本配置3套驱动皮带机,在满足运量时仅启用2套),从而节省闲置驱动的电能损耗,提升系统能效。(2)远程集中控制与闭环管理:搭建一体化远程集中控制平台,整合设备运行、物料输送、故障预警等各类数据,实现对整个皮带运输系统的远程操控。工作人员可在地面控制中心完成皮带启停、速度调节、故障处理、参数设置等操作,减少井下作业人员数量,提升操作安全性和便捷性。同时,建立闭环管理机制,对系统运行数据、故障处理情况、能耗数据进行全程记录和分析,持续优化控制策略,实现输送效率的持续提升和系统稳定性的不断改善^[5]。

3 效率提升技术应用实例与效果验证

3.1 应用矿井概况

(1)矿井基本情况:选取某中型煤矿作为应用实例,该矿井具备一定设计产能,开采深度适中,井下布置多条主要皮带运输线路,承担全矿井原煤输送任务。

矿井投产时间较长,皮带运输系统运行年限较久,主要采用传统驱动模式,自动化程度相对较低。近年来随着开采强度提升,输送压力逐年增大,亟需通过技术升级提升效率。(2)皮带运输系统原有问题:该矿井皮带运输系统原有问题较为突出,一是设备老化,皮带磨损、托辊卡滞现象较为频繁,故障停机时间较长;二是输送工艺不够合理,给料速度与皮带运行速度匹配度不佳,物料堆积与空载运行现象并存,负载率有较大提升空间;三是缺乏完善的监测预警机制,故障排查依赖人工,处理不够及时;四是多级皮带协同性较差,上下级速度不匹配,导致物料洒落、运力浪费,整体输送效率难以满足生产需求。

3.2 提升技术实施方案

(1)技术选型与适配设计。结合矿井实际,选型适配技术。设备优化采用高强度复合皮带、永磁电滚筒变频驱动及高分子耐磨托辊;工艺优化实施煤流自适应调速、空转管控及转载点防堵抑尘;智能监测部署多源传感器、故障预警系统及无人巡检机器人;系统协同采用多级皮带协同调速、驱动智能投切与远程集中控制,确保与现有设备及生产节奏精准适配。(2)施工流程与实施步骤。分三期推进:一期完成设备升级,更换老化皮带、托辊及驱动装置,安装变频系统;二期改造转载点溜槽,安装煤流监测及防堵抑尘设备;三期搭建智能监测与协同控制系统,部署传感器、机器人及远程平台,完成系统调试。全程分段施工、分段试运行,避免影响正常生产。(3)施工质量控制措施。建立三级质控体系:施工前检验设备材料,确保符合标准;施工中专业技术人员现场指导,把控皮带安装精度、传感器位置及调试质量;施工后开展空载、负载试运行,检测运行状态与应用效果,及时整改问题,确保质量达标。

3.3 应用效果检测与分析

(1)检测指标与方法。选取输送效率、故障停机时间、能耗、负载率为核心指标,采用现场数据统计、设

备运行监测与能耗计量相结合的方法,记录技术应用前后数据,保证结果真实可靠。(2)检测结果与效率对比。技术应用后,系统运行显著改善:输送效率提升,负载率趋于合理;设备稳定性增强,故障停机时间同比大幅缩减;变频调速及智能投切策略使驱动能耗明显降低;皮带寿命因工况改善而延长。各项核心指标均得到显著改善,有效解决了原有问题,大幅提升了输送效率。(3)经济与社会效益分析。经济效益:减少故障损失、降低能耗成本、延长设备更换周期,可带来可观收益,同时缩短原煤输送周期,助力产能释放。社会效益:减少井下作业人员,降低劳动强度与安全隐患;防尘抑尘技术减少粉尘污染,改善作业环境;降低能耗,符合绿色低碳要求,综合应用价值良好。

结束语

本文围绕煤矿皮带运输物料输送效率提升展开系统研究,明确了四大影响因素,提出并验证了设备、工艺、智能监测及系统协同等关键提升技术。应用实例证实,各项技术适配性强、效果显著,可有效提升输送效率、降低能耗与故障损耗。未来可结合永磁驱动、无人值守等新技术,进一步优化技术方案,推动皮带运输系统向更智能、更节能、更稳定方向发展,助力煤矿行业高质量可持续发展。

参考文献

- [1]孙彬彬,丁军,王帅.变频调速技术在煤矿皮带运输机中的应用[J].内蒙古煤炭经济.2023,7(21):143-145.
- [2]李敏.浅谈变频调速技术在煤矿皮带运输机中的应用[J].机电信息.2022,10(17):84-87.
- [3]张晶.煤矿皮带运输机调速系统变频技术应用[J].煤炭与化工.2021,24(2):117-119.
- [4]武志峰.变频调速技术在煤矿运输机中的应用分析[J].山东煤炭科技.2024,8(10):79-82.
- [5]马广振.变频调速技术在煤矿运输机中的应用[J].中国高新技术企业.2021,36(22):87-90.