

带式输送机用液压阻尼装置在超速保护皮带机的应用研究

程锋¹ 王常春¹ 夏春² 唐金钟¹ 张胜伦²

1.安徽恒源煤电股份有限公司；2.江苏高盛华宇电力设备制造有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i9.8435

[摘要] 带式输送机作为连续输送设备的核心，其运行速度的稳定性直接关系到生产安全与效率。在重载、长距离或大倾角工况下，输送机易因驱动力失衡引发超速现象，导致设备损毁甚至安全事故。液压阻尼装置凭借阻尼力可调、响应迅速、承载能力强等特性，成为超速保护系统的关键组成。本文围绕带式输送机用液压阻尼装置在超速保护中的应用展开研究，分析皮带机超速成因与危害，阐述液压阻尼装置的工作原理与技术优势，探讨其在超速保护系统中的集成方式、控制逻辑及适配性设计，最后展望其技术发展趋势，为提升带式输送机安全运行水平提供理论与实践参考。

[关键词] 带式输送机；液压阻尼装置；超速保护；安全运行；设备防护

[中图分类号] TD528 **[文献标识码]** A

Application research of hydraulic damping device for belt conveyor in overspeed protection belt conveyor

Cheng Feng¹ Wang Changchun¹ Xia Chun² Tang Jinzhong¹ Zhang Shenglun²

1. Anhui Hengyuan Coal and Electricity Co., Ltd.;

2. Jiangsu Goldman Sachs Huayu Power Equipment Manufacturing Co., Ltd.

[Abstract] As the core of continuous conveying equipment, the stability of the operating speed of belt conveyors directly affects production safety and efficiency. Under heavy load, long-distance, or high inclination conditions, conveyors are prone to overspeed due to imbalanced driving force, leading to equipment damage and even safety accidents. Hydraulic damping devices have become a key component of overspeed protection systems due to their adjustable damping force, rapid response, and strong load-bearing capacity. This article focuses on the application of hydraulic damping devices in overspeed protection for belt conveyors, analyzes the causes and hazards of belt conveyor overspeed, elaborates on the working principle and technical advantages of hydraulic damping devices, explores their integration methods, control logic, and adaptability design in overspeed protection systems, and finally looks forward to their technological development trends, providing theoretical and practical references for improving the safe operation level of belt conveyors.

[Key words] belt conveyor; Hydraulic damping device; Overspeed protection; Safe operation; Equipment protection

引言

带式输送机凭借输送效率高、适应范围广、能耗低等优势，被广泛应用于矿山、冶金、港口、建材等领域，承担着散状物料的长距离、大运量输送任务。一旦发生超速，不仅会导致物料撒落、输送带磨损加剧，更可能引发滚筒打滑、减速器过载、输送带撕裂等连锁故障，极端情况下甚至会因设备失控造成人

员伤亡。液压阻尼装置基于流体力学原理，通过液体介质的粘性阻力实现能量耗散，具有阻尼力连续可调、响应速度快、输出平稳等特点，能够在不产生剧烈冲击的前提下，快速抑制输送带的加速趋势，为超速保护提供可靠的技术支撑。深入研究液压阻尼装置在带式输送机超速保护中的应用，对于完善输送机安全防护体系、提升工业生产安全性具有重要意义。

1 带式输送机超速成因与危害分析

1.1 超速成因

带式输送机的超速现象是驱动力与阻力失衡的结果，其成因可归纳为以下几类。第一，动力失衡。在大倾角下运工况中，物料重力沿输送带倾斜方向的分力与输送带自身重力分力叠加，形成强大的下滑驱动力，若该力超过驱动装置的制动力与系统固有阻力之和，输送带会在合力作用下加速，引发超速。第二，驱动系统异常。驱动电机失控、减速器齿轮打滑或断齿，会使驱动力突然增大或传动比异常，导致输送带速度异常升高。第三，制动系统失效。机械制动器的制动片磨损、液压制动系统漏油、制动间隙过大等问题，会导致制动力不足或完全丧失，无法平衡正常运行时的驱动力，进而引发超速。第四，负载波动。输送量突然激增会使下滑驱动力瞬间增大，而系统阻尼与制动能力未能及时响应，导致速度失控；反之，负载突然减小可能使驱动装置的输出力过剩，引发超速。

1.2 超速危害

超速对带式输送机的安全运行具有多维度危害，且危害程度随超速幅度与持续时间的增加而加剧。（1）设备损伤。超速会导致输送带与滚筒间的摩擦力急剧增大，引发输送带表面磨损、接头松动甚至撕裂；托辊、轴承等旋转部件因离心力过大而加速老化，缩短使用寿命；减速器、联轴器等传动部件可能因过载发生断轴、齿轮崩裂等严重故障。（2）生产中断。超速引发的设备故障会导致输送机停机，中断物料输送流程，影响生产进度。若故障涉及核心部件更换，可能造成数小时甚至数天的停机，给企业带来巨大经济损失。（3）安全风险。超速运行时，输送带的剧烈振动可能导致物料大量撒落，若物料为易燃易爆品，可能引发火灾、爆炸等安全事故；设备失控还可能对周边操作人员造成机械伤害，威胁生命安全。

2 液压阻尼装置的工作原理与技术优势

2.1 工作原理

液压阻尼装置以液压油为工作介质，通过液体在流道中的流动阻力实现能量耗散与阻尼力输出，其核心结构包括缸体、活塞、阻尼孔、蓄能器及控制阀组。（1）基础阻尼机制。当输送带超速时，活塞在外部驱动力作用下沿缸体运动，缸体内的液压油被迫通过活塞上的阻尼孔从一侧流向另一侧。由于阻尼孔的节流作用，液体流动时产生粘性阻力，该阻力通过活塞传递至输送带，形成与运动方向相反的阻尼力，从而消耗输送带的动能，抑制其加速趋势。（2）阻尼力调节原理。通过控制阀组改变阻尼孔的通流面积或液压油的压力，可实现阻尼力的连续调节。当超速幅度较小时，减小阻尼孔开度以降低阻尼力，避免过度制动导致的冲击；当超速幅度较大时，增大阻尼孔开度或提高系统压力，使阻尼力骤增，快速遏制速度上升。（3）动态响应机制。装置内置压力传感器与位移传感器，可实时监测活塞运动速度与系统压力，并将信号反馈至控制器。

控制器根据预设算法调整控制阀组，实现阻尼力的动态匹配，确保在不同超速工况下均能提供精准的阻力输出。

2.2 技术优势

相较于机械制动装置、电磁阻尼器等其他类型的阻尼设备，液压阻尼装置在带式输送机超速保护中具有显著优势。第一，阻尼力连续可调。通过液压系统的压力与流量调节，可实现阻尼力从最小到最大的连续变化，既能在轻微超速时提供柔和的阻力，避免对输送带造成冲击，又能在严重超速时输出强大阻尼力，快速制动，适应不同程度的超速工况。第二，响应速度快。液压系统的压力传递速度接近声速，从检测到超速信号到阻尼力输出的延迟时间可控制在毫秒级，能够在输送带速度尚未达到危险阈值前及时介入，将超速风险遏制在萌芽状态。第三，承载能力强。液压介质的抗压性使其能够承受较大的负载，单套装置即可提供数万牛至数十万牛的阻尼力，适用于大型带式输送机的超速保护需求。第四，运行平稳无冲击。液体的缓冲特性使阻尼力输出过程平滑，避免了机械制动中常见的刚性冲击，减少对输送带、滚筒等部件的损伤，延长设备使用寿命。第五，环境适应性好。液压阻尼装置的核心部件可密封设计，能够抵御粉尘、潮湿、振动等恶劣环境的影响，适用于矿山井下、港口露天等复杂场景的带式输送机。

3 液压阻尼装置在超速保护系统中的集成应用

3.1 系统构成与安装布局

液压阻尼装置在带式输送机超速保护系统中的集成需与检测、控制、执行等环节协同，形成完整的防护体系。系统构成主要包括速度检测单元、控制器、液压阻尼装置本体、液压动力源及人机交互界面。速度检测单元实时采集输送带速度信号并传输至控制器，控制器将实际速度与额定速度对比，当判定为超速时，向液压阻尼装置发出控制指令，装置按预设逻辑输出阻尼力，同时将运行状态反馈至人机界面，实现状态监控与报警。液压阻尼装置的安装位置需根据输送机的结构特点确定。在驱动滚筒附近安装时，可通过联轴器直接与滚筒轴连接，缩短力传递路径，提高响应速度；在张紧滚筒处安装时，可利用张紧装置的位移变化触发阻尼作用，适用于长距离输送机的末端超速防护；对于大倾角下运输送机，通常在中部机身的变坡点附近增设辅助液压阻尼装置，形成多点阻尼布局，分散阻尼负荷，避免单点受力过大。

3.2 超速保护控制逻辑

液压阻尼装置的控制逻辑是实现精准超速保护的核心，需根据超速程度、输送机运行状态动态调整阻尼策略。建立分级响应策略，将超速程度划分为三个等级，轻微超速、中度超速以及严重超速。轻微超速时，控制器控制液压阻尼装置输出较小阻尼力，通过柔和的阻力将速度回调至正常范围；中度超速时，阻尼力增至 50%-80%，加快减速过程；严重超速时，阻尼力瞬间提升至 100%，并联动机械制动装置共同作用，实现紧急

制动，防止事故扩大。动态适配控制器结合输送量、输送带张力、倾角等实时参数，动态调整阻尼力输出曲线。例如，当输送量较大时，适当增大阻尼力的上升速率，以平衡更大的下滑驱动力；当输送带张力较低时，降低阻尼力的峰值，避免因阻力过大导致输送带打滑。另外，为防止单一传感器或控制模块故障导致保护失效，系统采用多传感器校验与双通道控制模式。速度信号需经至少两个独立检测单元验证后才判定为超速；液压阻尼装置的控制回路设置主备两条通道，当主通道故障时，自动切换至备用通道，确保保护功能不中断。

3.3 与其他保护装置的协同工作

液压阻尼装置并非独立运行，需与带式输送机的其他保护装置协同，形成多层次防护网络。第一，与机械制动装置协同。正常超速保护中，以液压阻尼装置为主，机械制动装置处于备用状态；当液压阻尼装置失效或严重超速时，机械制动装置快速启动，提供额外制动力，二者形成主备联动机制，提高保护可靠性。第二，与张紧装置协同。张紧装置通过调节输送带张力确保其与滚筒的摩擦力，液压阻尼装置则通过调节阻力平衡驱动力。当液压阻尼装置工作时，控制器同步向张紧装置发出指令，适当增大张力，避免因阻尼力作用导致输送带打滑，二者形成张力阻尼协同控制。第三，与急停系统联动。当超速引发输送带撕裂、电机过载等紧急情况时，液压阻尼装置与急停系统联动，在输出最大阻尼力的同时，切断驱动机电源，关闭给料设备，实现全系统紧急停机，最大限度减少损失。

3.4 维护策略

3.4.1 日常巡检

每日通过可视化检查与简易检测，确保装置基本功能正常。重点检查液压管路连接部位有无渗漏，观察油箱液位是否在标定范围内，低于下限需及时补充同型号液压油，避免空气进入系统；通过温度传感器或红外测温仪监测液压油工作温度，确保其在 30~60℃的理想区间，超过 65℃需停机检查散热系统，低于 10℃需启用预热装置；观察压力表指针是否稳定，若出现频繁波动，可能是阻尼孔堵塞或控制阀卡滞的前兆，需记录异常并安排进一步排查。

3.4.2 定期深度检测

每月进行系统性检测，确保装置性能参数符合设计标准。通过专用测试台模拟不同超速工况，检测阻尼力输出的线性度，即阻尼力与控制信号的对应关系是否偏差，若偏差过大，需通过控制阀组的调节螺钉或电子参数进行校准；拆解并清洗过滤器，检查滤芯污染程度，若表面附着大量金属碎屑，可能提示缸体或活塞磨损，需进一步检测内部元件；对传感器压力、位移、速度进行精度校验，采用标准信号源对比实测值与理论值，误差超限时及时更换或标定。

3.4.3 油液管理

液压油的状态直接影响装置寿命与阻尼稳定性，需制定严

格的油液管理规范。每 3 个月检测油液污染度，确保 NAS 等级不超过 8 级，超过时需更换滤芯并部分换油；每 6 个月进行一次全量换油，换油前需彻底排空旧油并冲洗油箱、管路使用专用清洗油循环 2 小时以上，避免残留杂质污染新油；根据环境温度动态调整油液型号，低温环境选用低温抗磨液压油，高温环境选用高粘度指数液压油，确保油液在不同工况下均能保持良好的流动性与粘性。

3.4.4 关键部件寿命管理

针对易损部件建立寿命台账，避免突发失效。密封件采用耐油橡胶材质，使用寿命通常为 12~18 个月，需按周期提前更换，更换时需检查密封槽是否有划痕，确保密封面平整；阻尼孔是控制阻尼力的核心元件，每 24 个月需拆解检查其孔径磨损情况，磨损超限时需更换阻尼孔组件；控制阀组的阀芯与阀套为精密配合件，累计运行 1000 小时后需检测配合间隙，若间隙超过 0.02mm，需进行研磨修复或整体更换。

3.4.5 故障应急处理

建立故障响应机制，确保突发问题能快速解决。当装置出现阻尼力骤降时，优先检查液压泵是否失压或溢流阀卡滞，可通过旁路临时供油恢复基本功能；若出现阻尼力无法调节，需排查控制信号是否中断或比例阀线圈烧毁，更换备用控制模块应急；每次故障处理后，需开展根因分析，例如，频繁渗漏可能源于管路振动疲劳，需增设固定支架；传感器误报可能是电磁干扰导致，需加装屏蔽层，从源头消除隐患。

4 结束语

总之，带式输送机用液压阻尼装置凭借阻尼力可调、响应迅速、承载能力强等优势，在超速保护中发挥着不可替代的作用。通过与速度检测、智能控制等系统的集成，能够实现对不同程度超速工况的精准防护，有效降低设备损伤与安全事故风险。其适配性设计与科学维护策略进一步确保了在复杂工况下的稳定运行。随着智能化、节能化、集成化技术的发展，液压阻尼装置在带式输送机超速保护中的应用将更加高效、可靠，为工业输送系统的安全运行提供更坚实的保障。

[参考文献]

- [1]李志明. 煤矿带式输送机皮带损伤检测系统设计研究[J].机械管理开发, 2025, 40(03): 210-212.
- [2]刘海峰,任进博,周鑫. 带式输送机顺煤流启动速度的节能控制研究[J].自动化仪表, 2025, 46(01): 63-67.
- [3]何伟. 井下带式输送机皮带损伤检测方法与应用研究[J].今日制造与升级, 2024, (12): 124-126+148.
- [4]李晋雄,张楠,崔曙光,等. 带式输送机皮带磨损影响要素仿真分析[J].机械管理开发, 2024, 39(11): 40-42.
- [5]梁敏. 基于多重算法融合的矿用带式输送机皮带损伤检测系统研究[J].自动化应用, 2024, 65(16): 48-50+60.