

干煤粉密相输送系统的堵塞问题分析及运维优化对策

王梦宇¹ 余绪辉² 杜阳¹

1. 国家能源集团宁夏煤业有限责任公司煤制油分公司气化一厂 宁夏 银川 750411

2. 国能新疆煤制气有限公司 新疆 昌吉 831799

【摘要】：干煤粉密相输送系统作为现代煤化工、气化装置等领域的核心物料输送单元，凭借输送效率高、能耗低、环保性好等优势，成为工业连续化生产中不可或缺的一部分，其运行稳定性直接影响生产作业的连续性与安全性。在实际生产工况下，发粉管线、煤粉管线、煤粉角阀堵塞是该系统运行过程中的常见高频故障。本文聚焦干煤粉密相输送系统的常见堵塞问题，从物料内在特性、设备外在缺陷以及人为操作不当这三个维度，深入剖析堵塞形成的关键诱因，并针对性地提出预防管控与故障处置的运行维护策略，旨在优化系统运行状态，降低堵塞故障的发生率，为干煤粉密相输送系统的安全、高效、稳定运行提供技术支持。

【关键词】：干煤粉；密相输送系统；管道堵塞；运行维护；故障处置

DOI:10.12417/2811-0722.26.06.078

1 干煤粉密相输送系统堵塞问题的核心成因

1.1 干煤粉自身物化特性的内在影响

煤粉的干燥程度、粒度分布及杂质含量，是引发系统内部堵塞的核心内在因素。若原煤水分偏高，同时磨煤机出口温度控制偏低、燃料气热值出现波动，会导致煤粉干燥不达标，颗粒黏性显著增加，极易粘连成团，进而增大管道内摩擦阻力、降低煤粉流动性能，最终在管道弯头、变径等流道突变位置堆积形成堵塞。煤粉粒度分布失衡也会加剧堵塞风险：细粉占比过高时，煤粉比表面积大、分子间作用力强，易团聚且随气流悬浮沉积；粗粉占比过高时，颗粒自身重力偏大，在水平管段中易沉降堆积，均会阻碍煤粉的顺畅输送。此外，备煤发粉环节的杂物携带问题成为重要堵因，在原煤运输环节混入的金属碎片、石块、木屑等不规则杂质未能有效清除，在煤粉制备过程中进入磨机碾磨后部分杂物进入煤粉中。

1.2 系统设备设计与运行的缺陷诱因

系统设备的设计合理性与运行完好性，是影响煤粉输送流畅性的重要外在因素，主要体现在管道设计制造缺陷、输送核心设备运行故障及专用耐磨陶瓷阀破损脱落三方面。

管道设计层面，若弯头曲率半径偏小、变径环节频繁、水平管段过长或垂直提升段设计不合理，会直接降低煤粉输送流速、增大流动阻力；管道制造层面，内壁粗糙、锈蚀、存在焊瘤或卷边等缺陷，会增加煤粉颗粒与管壁的摩擦附着概率，上述问题均易引发煤粉堆积堵塞。输送设备运行层面，流化装置失效会造成煤粉在料仓或管道内架桥堆积，阀门密封不良、动作卡顿易引发漏气与卡阻，给料罐压力波动会导致气流速度不稳、煤粉沉降，此类设备故障均会直接诱发输送管道的堵塞问题。

系统中陶瓷耐磨阀及减压过滤器陶瓷阀的破裂脱落，会形成硬性异物堵塞隐患。生产中所使用的陶瓷耐磨阀，因陶瓷材质脆性大，受瞬时压力冲击、设备振动或安装调试不当等影响

易发生陶瓷体破裂，破裂后的陶瓷碎片随煤粉进入输送流道；减压过滤器配套的陶瓷阀若出现陶瓷部件破裂，碎片会直接进入给料罐，此类陶瓷硬质碎片易卡在给料罐出料口、管道变径处、阀门阀芯等关键位置，形成硬性堵点，同时会阻碍煤粉的正常流动，诱导周边煤粉在堵点处团聚堆积，引发系统性堵塞。

1.3 现场运行操作的不规范因素

运行操作不当是干煤粉密相输送系统堵塞故障中最常见、且可通过标准化管控避免的人为诱因，主要集中在压力调节、进料控制、吹扫及启停操作三大关键环节。输送压力设置不合理时，压力过低会导致气流携带煤粉的能力不足，造成煤粉沉降；压力过高则会加剧煤粉颗粒间的碰撞团聚，引发气流紊乱，二者均易形成管道堵塞。进料量管控不当，如进料量超出系统设计输送能力、进料量波动剧烈，会造成管内煤粉输送速度、密度失衡，形成瞬时堆积，增加堵塞风险。吹扫操作不及时、不规范，以及系统开停车操作流程不当，会导致管道内煤粉残留积累或瞬间沉降，成为堵塞故障的直接诱因。

2 干煤粉密相输送系统堵塞问题的预防对策

2.1 优化干煤粉预处理工艺，改善物料输送特性

针对因煤粉自身特性所引发的堵塞问题，通过优化预处理工艺来提高煤粉的输送性能，从源头上规避堵塞风险。强化煤粉的干燥处理，依据原煤的初始湿度精确调控磨煤机的出口温度，将煤粉的含水率控制在合理范围之内，降低煤粉颗粒之间的黏结力，避免出现团聚现象。

优化煤粉的粒度级配，通过调节循环风量来控制煤粉颗粒的大小分布，去除过量的细粉与粗粉，确保煤粉粒度分布均匀，提升其流动性能，以便于气流携带输送。强化备煤发粉环节的杂物管控，在备煤、磨煤、发粉各工序增设多级除杂装置，在皮带输送段加装金属探测仪、大块杂物筛选机，发粉入口增设高精度滤网与纤维分离器，对编织袋残片、塑料碎屑、大块矸石等杂物进行全方位清除；同时对煤粉制备单元设备前端的纤

维分离器实施优化改造,及时清除木块、铁钉、石块等异物,避免各类杂物进入输送管道导致卡堵。此外,加强煤粉的储存管理,采用热氮对储存的煤粉进行疏松流化,避免煤粉受潮、结块,确保进入输送系统的煤粉完全符合工艺输送要求。

2.2 完善设备设计与运维体系,消除设备故障隐患

针对设备缺陷引发的堵塞问题,从设计、制造、日常维护全环节入手,完善设备性能,减少堵塞隐患,重点强化陶瓷阀的选型、安装与运维管控。

优化管道工艺设计,结合系统输送能力合理确定管道直径、弯头曲率半径及管道走向,减少弯头、变径的设置数量,规避长距离水平管段和不合理的垂直提升段,降低煤粉输送过程中的流动阻力;选用内壁光滑、耐磨的管道材料,减少煤粉颗粒与管壁的摩擦附着。强化设备日常维护与定期检修,定期检查管道内壁状况,及时清理积料、焊瘤等缺陷,对磨损、锈蚀严重的管道、阀门及时更换;定期排查流化装置、阀门、给料罐等关键设备的运行状态,及时处置设备故障,确保其完好运行。在管道弯头、变径等易堵塞关键位置,增设吹扫装置和运行监测装置,便于及时清理管内积料,精准识别堵塞隐患。

针对陶瓷耐磨阀与减压过滤器陶瓷阀,优化设备选型,选用抗冲击、高韧性的复合陶瓷材质阀门,匹配系统压力波动特性;规范阀门安装与调试流程,减少安装偏差造成的陶瓷体应力损伤,在阀门周边增设减振装置,降低设备振动对陶瓷部件的冲击。建立陶瓷阀专项巡检与维护制度,定期拆解检查陶瓷耐磨阀、减压过滤器陶瓷阀的陶瓷体完好性,重点检查阀芯、阀座及陶瓷衬套是否存在裂纹、脱落,发现破损立即停机更换;在减压过滤器与给料罐连接段、陶瓷阀出料端增设细目滤网,拦截可能脱落的陶瓷碎片,防止其进入核心输送流道。

2.3 规范系统运行操作流程,实现标准化管控

规范现场运行操作是预防煤粉输送堵塞的核心手段,通过健全标准化操作流程,实现输送过程的全流程管控。科学设定并动态调节输送压力,结合煤粉特性、输送距离及输送量匹配最优压力参数,确保输送过程中煤粉量、流速、密度稳定,避免因压力过高引发煤粉团聚与气流紊乱,同时防止瞬时高压冲击造成陶瓷阀破损。严格把控进料量,根据系统设计输送能力保持连续、均匀进料,杜绝进料量超负荷或大幅波动,确保管内煤粉浓度稳定。

规范吹扫操作流程,定期对低压输送管道进行吹扫作业,尤其是系统停车前,必须彻底吹扫管道内残留煤粉,避免积料堆积;吹扫过程中合理控制吹扫压力与吹扫时间,保证吹扫效果,吹扫时避免高压气流直接冲击陶瓷阀部件。标准化系统开停车操作,开车时遵循“逐步升压、均匀加料”原则,停车时执行“先停料、后延时吹扫排空”流程,避免启停阶段煤粉瞬时沉降造成管道堵塞,同时减少启停过程中压力骤变对设备的

损伤。

3 干煤粉密相输送系统堵塞问题的处置对策

3.1 堵塞故障的快速识别与精准定位

堵塞故障的快速识别与精准定位,是提升处置效率、加快生产恢复的关键。操作人员需实时监控DCS系统中输送管线压力、瞬时流量、煤粉速度、密度等关键参数,当出现压力异常攀升、流量骤降或归零、密度突增、局部温度升高等现象时,即为堵塞故障的典型征兆。同时,现场巡检需重点关注管道运行状态,若出现异常振动、沉闷撞击声、气流啸叫等异响,通常指示管内煤粉堆积或流动受阻。

为实现堵塞故障的精准定位,可结合系统布置图与实时监测数据,采用“分段隔离法”:依次关闭各管段阀门并观察压力变化,快速锁定堵塞区间;对于进、出料口堵塞,可根据给料速率骤减、排料中断等工艺状态直观判断;对于锁斗、给料罐等密闭设备内部的潜在堵塞,需结合听音棒检测、设备外壁温差测量及历史运行曲线比对进行综合研判。针对备煤发粉杂物携带、陶瓷阀破裂碎片引发的堵塞,若检测到局部位置压力骤升且伴随金属/硬质异物撞击异响,可判定为硬性异物堵点,重点排查陶瓷阀下游、给料罐出料口及管道狭窄段。确认堵塞位置后,需及时评估堵塞严重程度,区分局部架桥、硬性异物卡堵与完全堵死三种情况,为后续采取吹扫、振打或停车清理等差异化处置措施提供科学依据,避免因误判导致设备二次损伤或故障处置延误。

3.2 不同类型堵塞故障的针对性处置方法

针对干煤粉密相输送系统中不同位置、不同成因的堵塞故障,需采取差异化、精准化的疏通策略,处置过程严格遵循“先判断、后操作,先轻后重、安全第一”的原则,防止次生故障发生。对于管道轻微堵塞,优先采用动态调节法,在确保设备承压安全的前提下,适度提升输送压力或瞬时增大载气流量,利用高速气流的冲刷作用清除管内积粉;若堵塞发生在弯头、变径等流道突变位置,可配合反向脉冲吹扫增强扰动效果,提升疏通效率。对于管道严重堵塞,需实施分段隔离吹扫,关闭堵塞管段上下游阀门后,从最近吹扫口通入高压氮气,逐段击碎并排出堵塞物,严禁整线强行加压,避免造成管道、阀门等设备损伤。若锁斗、给料罐等核心密闭设备内部发生堵塞,必须严格执行停车、隔离、泄压、置换等安全程序后,再进行人工开盖清理;清理完成后,需同步检查流化盘、充气锥等内部构件是否存在破损、堵塞问题,确保构件复位后功能完好,方可恢复设备运行。

4 结语

干煤粉密相输送系统的堵塞故障是影响工业生产连续性的关键问题,其形成与煤粉自身物化特性、备煤发粉杂物携带、设备设计运行缺陷(含陶瓷阀破裂)、现场操作不规范等多因

素密切相关。为保障系统安全稳定运行，需构建“预防为主、处置为辅”的全流程运维体系：从源头优化煤粉预处理工艺，强化备煤发粉环节的杂物管控，改善煤粉输送特性；从硬件层面完善设备设计与日常运维，重点强化陶瓷耐磨阀、减压过滤器陶瓷阀的选型、巡检与维护，加装碎片拦截装置，消除设备故障隐患；从管理层面规范运行操作流程，实现标准化管控，

避免压力骤变、操作不当引发的设备损伤与煤粉沉降，以此有效预防堵塞故障的发生。

通过上述优化措施，可显著提升干煤粉密相输送系统运行的稳定性与经济性，有效减少因堵塞故障造成的生产中断，为现代煤化工、气化装置等工业生产的高效、顺畅推进提供坚实的技术保障。

参考文献：

- [1] 马鑫,曹文龙,陈鹏程,等.干煤粉加压气化装置粉煤仓过滤器应用及研究[J].氮肥与合成气,2026,54(03):41-44.
- [2] 付博.干煤粉气化炉激冷水系统的工艺优化[J].氮肥与合成气,2025,53(11):36-40
- [3] 汪寿建.“十四五”气流床干煤粉气化技术发展动态综述[J].化工设计,2025,35(05):1+3-8+12.
- [4] 杨建文.干煤粉气化装置节能降耗措施研究[J].广州化工,2025,54(18):187-189.
- [5] 王灵.干煤粉加压气化炉烧嘴技术研究[J].广州化工,2025,53(17):161-163.