

电厂输煤落煤管堵煤防范措施研究

王 洋

河北大唐国际王滩发电有限责任公司 河北唐山 063611

摘 要: 在生产过程中,受电厂的特殊情况影响,极易因为煤炭燃而产生煤灰,进而堵塞输煤落煤管,导致生产面临问题,所以,要对电厂输煤落煤管的堵煤情况进行预警、防范,保障电厂发电效率。电厂运转过程中,主要依靠燃烧煤炭提供电力。近几年受煤炭结构的影响,输煤系统的落煤管无法满足安全稳定运行的要求,导致落煤管堵煤的事件频繁发生。堵煤导致撒煤事件无形中增加了工作量,也威胁了输煤传送带的安全,甚至影响锅炉燃煤的供应。

关键词: 电厂; 输煤落煤管; 堵煤

在电厂输煤系统中,落煤管是一个关键的部分,其顺畅运行对电厂生产的稳定运行至关重要。然而,由于各种原因,落煤管往往容易堵塞,导致煤炭输送的不畅和安全隐患。为了有效防范落煤管堵塞的问题,电厂需要采取一系列的防范措施。

一、电厂输煤落煤管的结构优化设计

1. 改造落煤管几何形状

电厂输煤系统中落煤管的结构优化设计主要涉及几何形状改进、耐磨材料应用和流场仿真分析等方面,几何形状改进,流线型转角设计:将传统直角拐角改为流线型曲线结构,可显著减少煤流冲击性堵煤现象,避免拐角处因动能衰减导致的积料问题。这种设计通过降低煤流切入角对实际倾角的抵消作用,使物流更顺畅。U形截面替代方形截面:采用U形横截面可消除直角区域的积料风险,同时减少物料与管壁的接触面积,降低摩擦阻力。扩容收口出口设计:出口段采用前扩后缩的喇叭形结构,并延伸至导料槽内侧(距皮带300~450mm),使煤流集中至胶带中心,防止重载跑偏和撒料,同时减轻对皮带的冲击粉尘。耐磨与防堵措施,非平行侧板设计:通过倾斜侧板或前扩式布置,避免长条形杂物卡在落煤管与导料槽之间,减少划伤皮带的风险。多孔后壁篦子:针对未筛分物料,后壁采用多孔或条状结构,使粉状物料优先形成保护垫层,缓冲大块物料的直接冲击。可更换耐磨衬板:内侧加装厚钢板、铸铁板或耐磨橡胶衬板,通过螺栓固定便于磨损后更换。仿真与系统集成,离散元仿真技术(如EDEM):用于分析煤流轨迹、磨损分布及堵塞风险,优化落煤管曲线参数。通落煤管电动推杆控制:采用电动推杆驱动挡板切换分流方

向,实现远方或自动控制,提升系统灵活性。设计规范参考,DT II型/D-YM96型手册:传统设计存在粉尘浓度高、跑偏等问题,需结合新型优化方案调整。转运站布置原则:需平衡落料点与尾部滚筒的距离,综合考虑输送带张力、带宽等因素,避免过度压缩空间影响稳定性。优化设计需结合煤质特性(如含水量、粘性)和设备运行参数,通过几何改进与仿真验证实现高效、低耗的输煤系统。

2. 内壁处理

电厂输煤落煤管的结构优化设计及内壁处理是解决积料、堵料、磨损和粉尘问题的关键。结构优化设计,流线型落煤管设计,将传统方形横截面改为“U”形截面,避免直角积料。出口采用向前扩容收口设计,深入导料槽内侧(距离皮带300~450mm),使煤流汇集至胶带中心,防止跑偏并减少冲击粉尘。头部集流导流装置采用曲线下伸设计,减小煤流冲击角度,降低诱导风和粉尘。转角与倾角优化,拐角处采用流线型过渡,避免煤流速度衰减和冲击性堵煤。增大溜槽倾角,减少挂料性积煤风险。内壁处理技术,耐磨材料应用,冲击部位安装耐磨陶瓷衬板(如480×514×12mm规格),非冲击面采用Cr13不锈钢板(8mm厚),通过螺栓连接便于更换。传统衬板结构易局部磨损,优化后可延长使用寿命。表面处理工艺,降低内壁粗糙度,减少摩擦系数,避免粘性煤料挂料。部分案例采用整体耐磨不锈钢制作,但成本较高。辅助改进措施,振打系统优化:取消刚性焊接,采用独立振打单元,避免烧电机和螺栓脱落问题。除尘配套:结合微米级干雾抑尘和沉降式导料槽,替代传统喷淋和冲击式除尘器。通过上述综合改造,可显著提升

落煤管的运行效率，减少维护成本，并满足环保要求。

二、运行参数控制

1. 给煤量限制

电厂输煤落煤管的运行参数控制中，给煤量限制是确保系统稳定运行的关键环节，需结合设备特性、煤质参数及工艺要求进行综合调控。给煤量限制的设定依据，设备额定出力：根据给煤机（如称重式给煤机）的标称容量设定最大给煤量，通常通过皮带速度与称重传感器联动实现精准计量。煤质参数：煤的发热量、水分含量直接影响燃烧效率，需通过煤水比（给煤量与给水量之比）动态调整给煤量，超临界机组中煤水比变化需控制在 $\pm 0.05\%$ 以内以维持蒸汽参数稳定。系统保护阈值：为避免堵煤，给煤量需低于落煤管设计最大通过能力，并通过电流、煤流速度等参数实时监测异常。控制方式与实现，自动调节：采用PLC程序控制，根据锅炉负荷需求自动调节给煤机变频器输出，实现无级调速。联锁保护：当煤仓煤位低于1.5小时磨煤机出力时，触发低煤位报警并限制给煤量；若检测到堵煤信号（如电流突增），立即切断给煤并启动振动破拱装置。人工干预：在解锁手动模式下，操作员可一对一启停设备，但需避免带负载运行。关键参数监测与优化，煤粉细度：控制在20~50微米，过粗易导致燃烧不充分，过细增加制粉能耗。湿度管理：煤粉水分需低于5%，过高易粘附管壁引发堵塞，可通过干燥工艺或密封风系统调节。经济细度平衡：通过调整磨煤机出力与燃烧效率的匹配，降低单位发电煤耗。异常处理与维护，堵煤预防：定期清理落煤管粘附煤粉，优化管壁材质（如不锈钢2520离心铸管）减少摩擦。校准维护：给煤机称重系统需定期校准，误差超过0.5%时需停机调整，确保计量精度。

2. 湿度管理

电厂输煤落煤管的湿度管理是确保输煤系统稳定运行的关键环节，需结合设备特性和环境因素进行综合控制。湿度控制标准，煤粉仓湿度：需通过吸潮管系统维持相对湿度 $\leq 15\%$ ，防止煤粉吸湿板结。当环境湿度超过65%或煤粉含水率 $> 1.2\%$ 时，应启动强制排湿模式。输煤环境湿度：建议控制相对湿度在40%~70%之间，湿度过高会导致煤尘粘附设备，过低则易引发扬尘。湿度管理技术措施，吸潮管系统：采用负压抽吸技术，配备湿度传感器实时监测，管道内壁需耐腐蚀（pH值3~11）。安装时管道倾斜 $15^\circ \pm 1^\circ$ ，支架间距2米，气密性泄漏率 $< 0.05\%$ 。监测技术：应用无线监测技术传输数据，避免高粉尘环境布线问题。结合大数据分析预测湿度变化

趋势，提前调整除湿策略。运维要求，定期维护：每月清理吸潮管滤网杂质，每年更换密封填料。检查输煤系统除尘设备及喷雾装置，减少煤粉二次飞扬。操作规范：操作人员需培训湿度异常处理流程，如紧急启动除湿设备或调整输煤速度。环境协同控制，需与配电房温湿度管理联动，保持整体环境温度 $5^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$ 、湿度 $< 80\%$ 。煤场区域应定期清理防汛沟，防止积水导致局部湿度升高。

三、智能监测与维护

1. 安装传感器

堵煤监测的传感器选型与部署，振动传感阵列，采用压电式加速度传感器沿落煤管轴向间隔1.5m布置，监测煤流冲击频率与振幅变化。当堵煤发生时，振动信号频谱中2~5Hz低频分量占比显著提升。传感器需具备IP68防护等级，耐受煤尘潮湿环境，安装角度与管道切线呈 45° 以优化信号采集。微波料位雷达，在落煤管顶部安装24GHz调频连续波雷达，通过回波时间差计算煤料界面高度。堵煤特征表现为料位突然停滞或突变速率超过阈值（如 $> 15\text{cm}/\text{min}$ ）。需加装防尘罩并定期校准，避免煤粉附着影响波束穿透性。压力-温度复合传感，在落煤管关键截面埋入MEMS压力传感器，配合PT100温度探头。堵煤时局部压力梯度 $> 0.5\text{kPa}/\text{m}$ 且温度异常升高（ $\Delta T > 10^\circ\text{C}$ ）可触发预警。传感器信号线采用铠装屏蔽电缆，防止电磁干扰导致误报。智能诊断与维护策略，多源数据融合算法，建立基于LSTM的时序预测模型，综合振动、料位、压力数据生成堵煤概率指数。当指数 > 0.85 时自动启动清堵程序。边缘计算网关实现200ms级实时响应，较传统PLC系统提速3倍。预防性维护体系，通过振动频谱分析预测轴承磨损，在振动烈度超过 $4.5\text{mm}/\text{s}$ 前更换托辊。每月使用内窥镜检查落煤管内壁磨损，配合激光测厚仪控制壁厚损耗 $< 20\%$ 。

2. 三级检查机制

智能监测技术应用，通过视频和激光等多维感知技术，对落煤管前后皮带上煤堆的断面体积进行实时计算，比对单位时间内煤炭通过量，实现堵煤、洒煤的毫秒级识别与预警。AI智能视频系统可同步监测皮带撕裂、堆煤等风险，将事后处理转为事前防控。三级检查机制，岗位工“点检哨兵”：每班按路线巡检3次，使用点检仪记录托辊异响、接头磨损等数据，实现动态监测。检修工“精准把脉”：每日定向检查驱动滚筒、制动器等核心部件，结合红外测温仪深度排查隐患。每周分析设备振动、温度等数据图谱，预判劣化趋势并制定维修计划。闭环管理与技术升级，三级数据互联形成“监测-预警-

处置”闭环，同时引入自动化控制系统和耐高温材料等技术，提升设备耐久性。预防性保养策略（如定期更换输送带）可降低故障率30%以上。政策与标准支撑，国家《关于推进煤矿智能化发展的指导意见》要求到2025年大型煤矿基本实现智能化，输煤系统需纳入智能决策与自动化协同体系。

3. 培训目标

认知目标：掌握落煤管堵煤的形成机理与安全风险。技能目标：熟练执行日常巡检、煤质监控及应急清堵操作。管理目标：建立预防性维护与团队协作机制。核心培训内容，堵煤成因分析，煤质因素：高水分煤、块煤比例超标导致的黏附堆积。设备因素：落煤管衬板磨损、结构变形引发的煤流不畅。操作因素：皮带超负荷运行、给煤量控制不当。预防性措施，设备维护：每月检查落煤管衬板磨损情况（磨损超50%需更换），定期疏通导流挡板与筛分设备，避免煤粒卡滞，煤质管控：对高水分煤提前破碎，控制块煤粒径 $\leq 50\text{mm}$ ，监测煤仓湿度，启用喷淋系统调节煤流黏性。操作规范：禁止带负荷启停皮带机，保持均匀给煤速度，运行中每2小时巡检落煤管振动与异响。应急处理流程，立即停机：发现堵煤征兆（如电流异常、煤流中断）时紧急停机，安全清堵：穿戴防尘装备，使用专用捅煤杆从检查口疏通，禁止直接用手清理，防止机械伤害。故障上报：记录堵煤位置、时间及处理措施，提交分析报告。

四、设备配置

1. 旋转式清堵设备

旋转清堵机，采用变倾角旋转涡刀 360° 切割仓壁粘料，破坏结拱受力点，适用于双曲线仓、方锥仓等改造。核心组件包括下部换热管束、内锥分布器及智能控制系统，支持10秒内自动启停和远程DCS对接。密封防漏粉结构搭配耐低温钢材，支持非停机清理，已应用于国内五大发电集团70余家电厂。落煤管清堵机，由传动系统、回转总成及 360° 旋转刮刀构成，可倾斜安装，分段连装清堵效果更佳。内置刮刀沿管道内壁旋转，破坏粘接层基础并形成涡旋推力，保持管道通畅。

2. 辅助防堵技术

落煤管改造，将传统方形落煤管四角改为圆弧流线型，消除死角，减少粘附。加装高分子耐磨衬板，降低煤与管壁摩擦力。监测与维护，安装温度、振动传感器

实时监测堵煤风险。定期清理煤仓积煤，维护三通挡板及耐磨板状态。

3. 环保与安全措施

废气处理：清堵作业中采用物理吸附或化学吸收法净化废气。水循环利用：高压水洗系统配备废水回收装置，避免二次污染。

五、应急处置

1. 立即停机与安全措施

发现堵煤后，应立即切断电源并挂警示牌，确保设备完全停止运行。若涉及瓦斯风险（如煤仓内），需先检测瓦斯浓度，确保安全后再操作。

2. 堵煤原因快速判断

煤湿或粘附：湿度超过12%或落煤管设计不合理（如方形死角）易导致堆积。异物或大块煤：检查落煤管是否卡有杂物或大块煤。设备故障：如皮带减速、三通挡板变形等。

3. 分级处理方案

一级（轻微堵塞）：用大锤敲击落煤管震落积煤，同时监测温度与落煤声音。二级（中部堵塞）：打开侧面插板门，佩戴防护头盔疏通；若积煤燃烧，需浇水灭火后再处理。三级（给煤机出口堵塞）：通过观察口使用捅煤棍疏通。四级（炉膛入口堵塞）：联系运行抽负压，放空积煤后穿戴防护服清理。

4. 长效预防措施

优化设计：将落煤管改为流线型圆弧结构，减少死角。控制煤质：煤湿度控制在12%以下，必要时掺配其他煤种。设备维护：定期检查振动器、空气炮（建议每周空放测试）及仓壁涂层（厚度 $\geq 5\text{mm}$ ）

总之，电厂生产过程中，输煤落煤管是重要组成部分。想要对堵煤问题进行防范，需要对输煤落煤管的特点进行调整，改善输煤落煤管的结构。

参考文献

[1] 李建民. 火力发电厂输煤落煤管堵煤之防范[J]. 重庆电力高等专科学校学报. 2022, 27(3). DOI: 10.3969/j.issn.1008-8032.2022.03.004.

[2] 英成境. 电厂输煤落煤管堵煤防范措施研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2022(22): 81-83. DOI: 10.3969/j.issn.1008-0155.2022.22.028.