

文章编号:1671-251X(2024)S2-0227-03

装车站高压蒸汽除尘系统优化设计

包涵, 张磊, 孙魁元, 杨坤, 吕朋

(国能宝日希勒能源有限公司 储装中心, 内蒙古 呼伦贝尔 021599)

摘要:针对目前装车站高压蒸汽除尘系统在运行维护过程中需要保证蒸汽管道的安全性和稳定性,需要合理控制蒸汽流量和喷射角度,需要研究短时间大密度降尘方式的要求,对装车站高压蒸汽除尘系统进行了优化改造。改进后的装车站高压蒸汽除尘系统主要由 PLC 控制单元、水处理单元、干雾主机、空气压缩单元、就地执行调节单元、信号采集单元、超声干雾发生器等组成,在煤流输送系统中铺设高压蒸汽管道,将蒸汽直接输送到煤流内部,确保煤粉得到全面且均匀的加湿。实际应用结果表明,装车站自投运改进后的高压蒸汽除尘系统后,在 6 个月内未出现喷头堵塞、高压爆管事故;1 号计量仓出口、进口,1 号溜煤槽出口、进口的粉尘浓度分别降至 18.7,15.3,18.0,14.7 mg/m³,除尘率不低于 92%,除尘效果符合要求。

关键词:装车站; 高压蒸汽除尘; 加湿除尘; 计量仓; 溜煤槽

中图分类号:TD714.4 文献标志码:B

Optimization design of high pressure steam dust removal system in loading station

BAO Han, ZHANG Lei, SUN Kuiyuan, YANG Kun, LYU Peng

(Coal Storage and Transportation Center, CHN Energy Baorixile Energy Co., Ltd.,
Hulunbuir 021599, China)

0 引言

装车站是煤炭地面生产系统的重要组成部分,计量仓、溜煤槽粉尘捕集在地面生产系统中具有重要地位。随着环保意识的增强和能源结构的调整,计量仓^[1]、溜煤槽^[2]粉尘捕集技术的升级和改造已成为行业发展的必然趋势。近年来,国内外学者对计量仓、溜煤槽除尘技术进行了广泛研究^[3-6],其中高压蒸汽除尘具有较高的热能和清洁能力,可以有效渗透煤体内部进行加湿抑尘或清洗胶带机表面的粉尘和杂质,提高输煤设备的运行效率和寿命。

高压蒸汽除尘技术是利用高压技术将水加压后,经特制喷嘴喷出 1~10 μm 的微雾颗粒,这些颗粒与超细粉尘粒径相近,部分会在空气中快速蒸发,使局部湿度迅速饱和,水汽以尘粒为核心凝聚,使尘粒增大并沉降,达到捕集粉尘降尘的目的。该技术在污染源头对起尘点进行高效处理,抑尘效果显著,且对物料湿度影响极小,特别是小于 10 μm 可吸入粉尘颗粒能有效吸附并聚结成团,促进重力沉降,从而达到优异的抑尘效果。基于高压蒸汽除尘技术设

计的高压喷雾降尘系统包括净水过滤设备、高压喷雾控制箱、高压泵组、精细雾化喷嘴等。该系统广泛应用于洗煤厂、微粉厂、煤炭集运站等的粉尘治理中,能够有效遏制粉尘扩散。系统使用过程中需定期维护设备,防止堵塞和损坏,合理调整参数,使用清洁的水源,避免水中杂质对设备造成损害。

目前装车站高压蒸汽除尘系统运行维护过程中主要存在以下问题:① 高压蒸汽的输送和分配系统需要高压力和温度,对管道材料和密封技术要求较高,需要保证蒸汽管道的安全性和稳定性;② 高压蒸汽在除尘过程中可能产生高温和高速蒸汽流,容易对胶带机表面造成破坏,需要合理控制蒸汽流量和喷射角度。③ 煤矿装车过程时间紧、速度快、煤流量大,导致扬尘浓度较高,普通降尘方式收效甚微,需要研究短时间大密度降尘方式。

1 装车站高压蒸汽除尘技术优化研究

1.1 降尘操作方法

1.1.1 蒸汽喷射方式设计

在煤流输送的环节中,在输送带上方设置喷嘴,

收稿日期:2024-12-01;责任编辑:王晖。

作者简介:包涵(1992—),男,蒙古族,内蒙古呼伦贝尔人,助理工程师,研究方向为安全生产和应急管理、机电技术、露天煤矿地面生产系统智能化建设,E-mail:20014458@chnenergy.com.cn。

将高压蒸汽直接喷洒到煤流的表面或者煤粉的上方,煤粉会迅速被蒸汽润湿,并因水分的存在而黏合在一起,显著降低煤粉在输送过程中的飞扬现象。为了增强这一效果,在煤流输送系统中铺设高压蒸汽管道,将蒸汽直接输送到煤流内部,确保煤粉得到全面且均匀的加湿,该方法不仅能够有效抑制煤粉的飞扬,还能提高煤流的输送稳定性,减少因粉尘飞扬而导致的环境污染和设备磨损。

1.1.2 密闭式除尘方式

装车站内部设备包括缓冲仓、定量仓及装车溜槽采用全封闭结构设计,不同部件之间采用尼龙橡胶密封软连接,能够防止煤尘外泄,同时尼龙橡胶还具有弹性伸缩性,称重仓能够自由移动,确保了其准确性。定量仓、缓冲仓与装车溜槽之间还设置有排气管,有效防止因内部压力过高而导致的煤尘喷溅和软连接损坏问题。

1.1.3 配套消防设施

为了应对粉尘燃爆的潜在风险,对除尘系统配备了消防设施。消防设施的核心组件包括无焰泄爆器、隔爆阀、火花探测器、自动调控阀、消防蒸汽管路及压力传感器等。火花探测器安装在除尘器的入口管道上,实时监测并捕捉火花信号,并将这些信息反馈给主控系统、灭火装置及控制室,以及时采取应对措施。隔爆阀安装在紧邻除尘器的主风管上,在粉尘爆炸事故发生时,隔爆阀能迅速响应爆炸产生的冲击力并自动关闭,从而有效阻断气流进入主风管,为设备提供保护。无焰泄爆器安装在除尘器的顶部,一旦除尘器内部发生燃爆,能够迅速释放压力,确保周围设备和人员的安全。压力传感器通过监测滤袋内外的压差变化,实时掌握滤袋的堵塞状况。消防蒸汽管路的进口设置在除尘器的中部,管路上配备了自动调控阀,当火花探测器检测到管道中的引燃源并发出警报时,系统会自动触发自动调控阀,释放蒸汽进行灭火,从而确保火情得到及时有效控制。

1.2 蒸汽压力和流量调节设计

在水与空气形成的两相流动中,存在着因摩擦导致的压力梯度变化问题。当两者的压力接近时,喷射过程会不稳定。若空气压力显著高于水压,则容易引发水的相变,最终导致喷射出的全是水蒸气。通过维持一个适宜的水气比例和压力条件,高压空气可以将水流打散成微小的雾滴,从而实现理想的喷射效果,确保雾滴粒径保持在 10 μm 以下。高压蒸汽抑尘还能显著提升空气湿度,并在一定程度上降低环境温度,从而降低粉尘爆炸的可能性。

若水流量过大,导致雾粒粒径难以控制在

10 μm 以内,直接影响抑尘效果,无法保证物料含水量维持在 0.03%~0.07%的理想范围内,进而可能导致煤的热值显著损失。相反,若气流量过大,喷嘴将主要喷出空气,无法形成稳定且方向明确的雾束,同样会影响抑尘效率。因此,必须精确调控水量和气量,以确保雾粒粒径适中,既保证干雾喷射的方向性,又使喷雾速度足够快,能有效捕捉并迅速覆盖扩散的粉尘。

2 装车站高压蒸汽除尘系统设计

2.1 装车工作流程

在装车过程中,物料经由装车溜槽口排出时,物流与车厢撞击,会伴随大量煤尘产生。此时物料已完成称重,无需再考量水分对重量的影响,因此,在溜槽口及车厢周围采用高压蒸汽除尘技术。溜槽口配备了 6 个可调节喷水量的喷洒头,不论是停止还是运行状态,均能将水喷洒在煤的表面。针对车厢除尘需求,采用旋转升降式自动喷洒装置,不装车时与铁路保持平行,装车时则在牵引机车通过后调整至与铁路垂直,并置于车厢上方最适高度进行喷洒。表 1 为高压蒸汽喷嘴布置。

表 1 高压蒸汽喷嘴布置

除尘点	数量/台	喷嘴个数
1 号装车站主站	4	16
1 号装车站副站	2	18
2 号装车站主站	4	16
2 号装车站副站	2	8

2.2 系统组成

高压蒸汽除尘系统主要由 PLC 控制单元、水处理单元、干雾主机、空气压缩单元、就地执行调节单元、信号采集单元、超声干雾发生器及电伴热单元等组成,如图 1 为所示。

1) PLC 控制柜利用多种传感器收集现场环境数据,如液位、水压、气压等,并通过 Ethernet/IP 与集控中心通信,监控胶带机等设备状态,智能调控高压蒸汽主机泵组和电磁阀,实现各产尘点的精准喷雾除尘。

2) 水箱采用 304 不锈钢材料,并前置 Y 型粗滤器和 300 目精密反冲洗过滤器,能自动补水,并配备液位指示。

3) 空气压缩单元采用单螺杆防爆空压机为高压蒸汽系统供气,储气罐确保系统供气稳定,是除尘系统的重要配套设备。

4) 高压蒸汽主机含增压泵、电磁阀等,将过滤后的压缩空气和原水,按设定压力和流量,通过管道

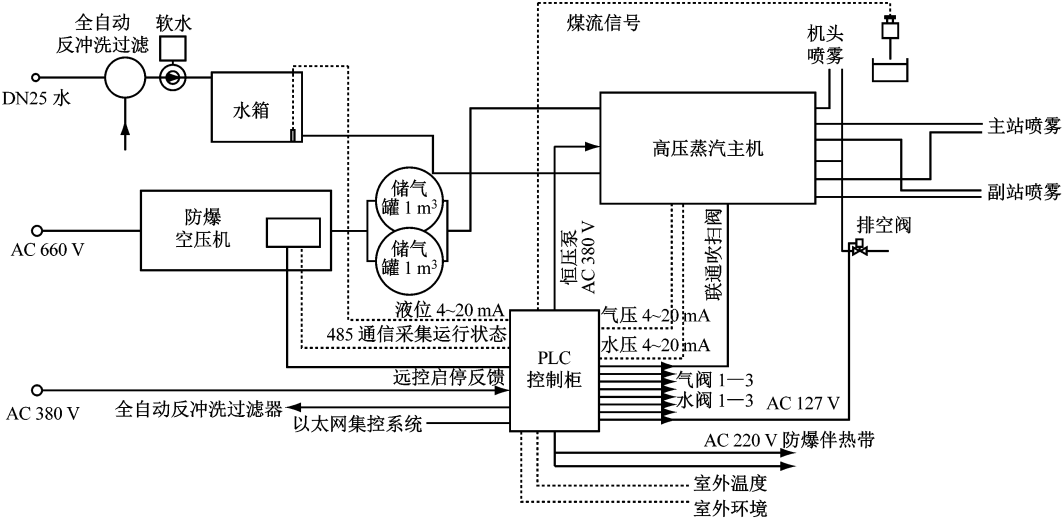


图 1 高压蒸汽除尘系统结构

输送至就地调节箱,经超声喷嘴交汇成气溶胶干雾, 喷向除尘点。

5) 调节箱接收来自主机的恒压水气,经三级过滤后,通过流量控制调节所需压力和流量,再经水气分配器输送至各超声雾化喷嘴,驱动干雾发生器产生 10 μm 以下的细微干雾。

6) 喷雾总成接收气、水,转化为 1~10 μm 干雾,按指令喷向除尘点。

3 应用效果分析

装车站自投运改进后的高压蒸汽除尘系统后, 在 6 个月内未出现喷头堵塞、高压爆管事故。经现场测试,1 号计量仓出口、进口,1 号溜煤槽出口、进口粉尘浓度由未运行除尘系统的 245.8,278.3, 289.6,299.7 mg/m³,分别降至 18.7,15.3,18.0, 14.7 mg/m³,除尘率不低于 92%,除尘效果符合要求(表 2)。

4 结语

对装车站高压蒸汽除尘系统进行了优化设计, 提升了除尘效率,降低了粉尘排放浓度,对改善空气质量、保护生态环境及员工身体健康具有重要意义。实际应用结果表明,该系统除尘率不低于 92%。

表 2 除尘效果

采样点	系统运行前/ (mg·m ⁻³)	系统运行后/ (mg·m ⁻³)	除尘效果/ (mg·m ⁻³)	抑尘率/ %
1 号计量厂出口	245.8	18.7	227.1	92.4
1 号计量厂进口	278.3	15.3	263.0	94.5
1 号溜煤槽出口	289.6	18.0	271.6	93.8
1 号溜煤槽进口	299.7	14.7	285.0	95.1

参考文献:

[1] 郭栋栋,王成. 智能化干雾除尘系统在古城装车站的应用[J]. 煤炭加工与综合利用,2022(12):99-103.

[2] 张宁,刘刚,李建国. 干雾抑尘技术在选煤厂皮带机的应用现状和发展[J]. 洁净煤技术, 2024, 30(S2): 74-77.

[3] 黎胜龙,黄强,叶南海. 智能控制喷雾除尘技术研究及应用[J]. 煤炭技术,2017,36(12):116-118.

[4] 张为华. 微米干雾抑尘在火车翻车机系统的应用[J]. 中国金属通报,2024(2):186-188.

[5] 田甜,霍尔辛赫选煤厂除尘系统改造[J]. 煤炭工程, 2014,46(7):24-26.

[6] 丁雪刚,汪志成,吕皓,等. 干雾抑尘技术在红沙泉选煤厂的应用[J]. 煤炭加工与综合利用, 2019(5): 77-80,8.