



# 煤炭堆场智能水幕系统洒水设计与应用\*

王洪宾, 马光辉, 汪大春, 刘 林  
(国能黄骅港务有限责任公司, 河北 沧州 061100)

**摘要:** 分析露天煤炭堆场粉尘治理存在的问题, 论述开放性堆场洒水抑尘的重要性。研制出一种移动式的堆场智能水幕系统, 可以实现大范围行走、大容量储水、自动寻源补水、煤堆表面的定量精准洒水。该系统采用与堆场大型移动单机集成式设计、利用移动单机悬臂建立臂架喷淋系统实现煤堆表面的全覆盖均匀洒水, 结合堆场喷枪洒水管网实现上水单元在多个固定取水点自动寻源补水。工程应用结果表明, 移动洒水系统大幅度提高了堆场的清洁生产水平, 有效抑制堆场粉尘的排放, 实现了堆场煤堆表层全季节高效洒补水, 为大型露天堆场的煤尘污染治理提供一种新的可靠技术方案。

**关键词:** 煤炭堆场; 洒水; 上水单元; 煤尘治理

中图分类号: TD 712

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)02-0083-04

## Design and application of intelligent water curtain system for coal yard

WANG Hong-bin, MA Guang-hui, WANG Da-chun, LIU Lin  
(CHN Energy Huanghua Port, Cangzhou 061100, China)

**Abstract:** Based on the analysis of the existing problems of dust control in open coal yards, the importance of dust suppression by watering in open coal yards is discussed. A mobile intelligent water curtain system for storage yard has been developed, which can realize large-scale walking, large capacity water storage, automatic source searching and water supplement, quantitative and accurate watering on the surface of coal pile. The system adopts the integrated design with the large-scale mobile single machine of the storage yard, uses the cantilever of the mobile single machine to establish the boom spray system and realize the full coverage and uniform sprinkling on the surface of the coal stack, and combines with the sprinkling pipe network of the spray gun of the storage yard to realize the automatic source searching and water replenishment of the water supply unit at multiple fixed water intake points. The results of engineering application show that the mobile sprinkler system greatly improves the clean production level of the yard, effectively inhibits the dust emission of the yard, and realizes the efficient water sprinkling on the surface of the coal stack at all seasons, which provides a new reliable technical method for the coal dust pollution control of large open storage yard.

**Keywords:** coal yard; sprinkle; water supply unit; coal dust control

煤炭是中国的主体能源, 2019 年全国原煤产量达 39.7 亿 t, 为国民经济健康发展做出了突出贡献。煤炭清洁高效利用技术已经有了巨大进步, 但是在煤炭生产、运输、装卸和堆存过程中面临的污染问题仍然对生态环境构成威胁。煤粉尘的

污染防治是煤炭生产企业面临的重大问题之一, 露天堆场起尘原因复杂, 治理难度大。目前, 国内外为控制露天煤炭堆场的煤尘污染通常采用防尘布料苫盖、喷枪洒水抑尘、建设防风网、封闭式堆场和筒仓等措施, 然而这些抑尘方式受限于

收稿日期: 2021-04-30

\*基金项目: 河北省“三三三人才工程”资助项目(A202101111)

作者简介: 王洪宾(1983—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事港口设备的研究工作。

生产工艺，不适用于大型露天储煤堆场，无法实现精准的洒水抑尘，未能从根本上解决粉尘污染问题。

苫盖抑尘是指采用苫盖材料对货物进行遮盖，以减少光照、雨雪、风等外界环境因素对货物的影响，防止扬尘污染。防尘布料苫盖可以遮光和防止暴雨直接冲刷，达到降温、防风、抑尘的效果。然而，该作业方式需投入大量的劳动力，人工攀爬煤垛存在较大的安全风险；同时苫布材料露天暴晒容易老化，材料本身造成二次污染，频繁更换运行费用高；苫盖工序复杂，严重制约高周转煤种的生产效率；存在无法抑制作业中扬尘的缺点。防风网结合喷枪洒水抑尘是国内堆场粉尘防治的主要措施。防风网对风速具有良好的遮蔽效果，能够有效控制和改善露天堆场的风流场，降低来流风速实现大面积减风抑尘<sup>[1]</sup>。堆场喷枪洒水抗风能力弱、洒水精度低、覆盖面小、洒水不均匀、冬季易冻结造成设备停用，存在浪费水资源的弊端。封闭式堆场和筒仓能够彻底解决煤炭堆场堆存起尘问题，具有环保效果好的特点，这种封闭空间堆存方法的一次性投资大，受限于土地资源和设备工艺布置，对于已有大型储煤堆场难以改造适用。封闭式堆场和筒仓能够隔绝外部环境对煤炭的影响，但堆场内部的粉尘控制仍然是需要迫切解决的问题。筒仓堆存要求货物周转速度快，避免煤炭长期堆存高温自燃。

本文采用露天堆场大型移动单机臂架移动洒水的方法，利用堆场堆取料设备，通过设计从动平台、储水系统、上水单元和臂架喷淋系统，实现堆场煤垛全天候、全覆盖、均匀洒水。粉尘连续监测结果表明，堆场智能水幕系统自动化程度高、运行稳定可靠、节水降耗明显、抑尘效果好。

1 洒水抑尘原理

堆场堆存煤炭的物理属性对起尘量有较大影响，主要影响因素包括颗粒粒径、物料重率和表层含水率。在固定风速下，扬尘量随着煤堆表层

含水率的增大呈下降趋势，当煤炭表层含水率超过某一数值时，增加煤炭表层水量对扬尘影响效果不明显。以国家能源集团常见典型煤种为分析对象，在翻车机底层转运皮带机设计煤炭含水率检测系统进行煤炭含水率的实时检测(图1)。

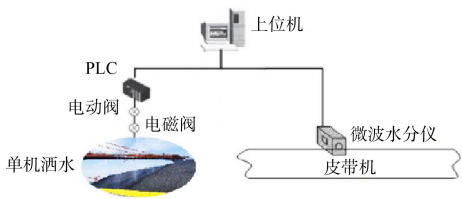


图 1 煤炭含水率检测系统

在相同气象条件下不同煤种的煤炭起尘含水率不同，通过采样试验得到多种煤炭平均起尘含水率(图2)。根据图2多煤种的不同平均起尘含水率临界值，合理控制煤堆表面煤炭的表层含水率在起尘含水率之上，对煤堆表面进行科学补水即可达到高效节能的洒水抑尘效果<sup>[2-4]</sup>。

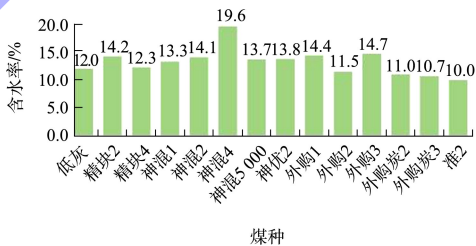


图 2 平均起尘含水率

2 洒水系统设计

2.1 设计方案

针对传统堆场喷枪洒水的弊端，设计的移动式水幕系统须具有以下性能：1)洒水均匀性好，储水量大。洒水喷淋系统对不同堆高的煤堆在其梯形截面方向能够均布洒水，储水量满足多个煤垛的表层喷淋，洒水量可以精准控制。2)移动覆盖范围大。行走范围应能覆盖堆场所有煤炭垛位，不同煤垛间可以自由行进。3)自动化程度高。采用自动化控制，无需人工干预，补水系统能够在多个固定取水点择优寻址。4)冬季不冻结。能适应全季节的气温、风速变化，系统运行稳定可靠。

2.2 结构设计

堆场智能水幕系统包括堆场单机、移动平台、上水单元、储水系统、机上管路和臂架喷淋系统 6 部分(图 3)。堆场单机可以是堆料机、取料机和堆取料机。移动平台采用大跨度箱梁支撑结构,平台下部安装行走轮,平台上部配置集成泵站和大容量储水系统。上水单元沿坝基轨道方向均布 4 组,采用半地上式设计,储水系统出现低水位报警时可以就近通过上水单元补水,上水接口采用防飞溅设计,上水管对水箱大流量注水。机上管路连接储水系统和臂架喷淋系统,管路在臂架回转中心处设计软管回转连接,实现±120°回转不间断供水。臂架喷淋系统由多个均匀布置在臂架喷淋管路上的喷头组成,可对煤垛表层进行全覆盖均匀喷洒作业。

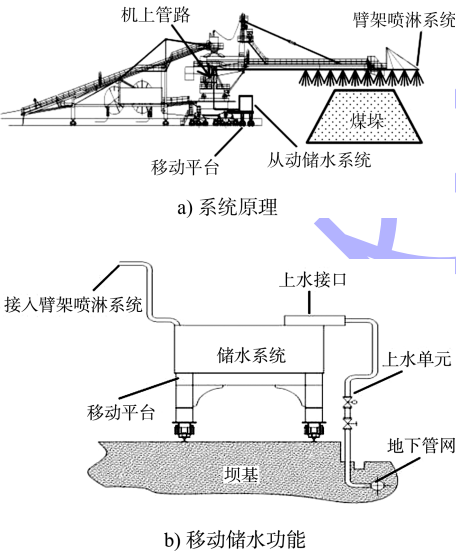


图 3 堆场智能水幕系统结构

系统各组成部分均安装在堆场移动单机主体结构上,可通过单机自身具有的回转、俯仰和行

走实现运动喷淋的功能。储水系统移动平台与单机回转平台通过拉杆组连接,拉杆组设计由主拉杆、辅拉杆、连接销轴及连接底座组成。储水系统使用堆场喷枪洒水地下管网取水,满载储水量 50 t,上水时间≤10 min,设备具有宽温域调节适应系统,可在-30~60℃的温度变化范围内正常工作。臂架喷淋系统随着单机沿固定轨道行进实现煤堆表层的洒水作业,洒水覆盖范围可达 1 160 m×100 m。单次喷淋作业煤层补水深度可达 3~5 cm,最终在煤堆表层均匀覆盖水膜达到防风抑尘的效果,冬季在低温环境作用下可在煤垛表层形成冰膜,对煤垛实现有效自然覆盖,满足全年各季节的洒补水需求。

2.3 系统控制设计

控制系统主要实现臂架喷淋系统启停、水位报警、补水点自动寻源、喷淋垛位寻址、防碰撞的数据计算和控制,提供人机交互功能。系统的整体自动控制基于 CCR 上位机实现,洒水控制系统如图 4 所示。

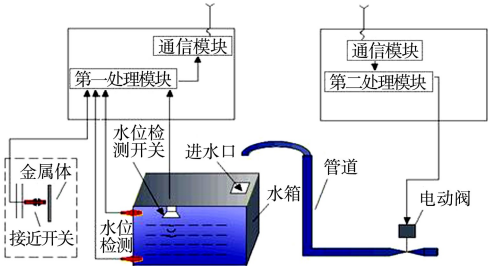


图 4 洒水控制系统

集控室采集各机构动作信号,远程控制水箱上水和臂架喷淋洒水。上水单元固定安装于坝基单机行走轨道外侧喷枪站位置,单机 PLC 控制单元位于单机机载电气室,单机在生产作业中处于运动状态,上水单元难以通过铺设硬线与单机实现信号传输。为了解决移动单机与固定上水单元间的数据传输问题,采用在单机动力缆中场接线箱位置安装远程站,远程站通过后方变电所光缆实现与中控控制网络通讯,通过中控控制网络实现单机 PLC 控制单元和地面远程站的通讯。地面

远程站主要用于传输单机 PLC 控制单元发出的电动阀打开、关闭命令控制上水单元电动阀开闭并采集上水装置状态信号,通过远程站的设计使系统整体具备良好的扩展功能。洒水作业时,中控制发出洒水指令,单机通过堆场料堆模型系统提供的位置指引实现自动定位寻垛,当单机移动至预洒水垛位,单机臂架回转至与煤堆垂直,堆场单机行走移动的同时开启臂架喷淋系统<sup>[5-6]</sup>。为减少堆场单机行走能耗,在单机移垛途径上水点时,自动判断储水系统水位,系统及时提醒中控操作人员是否需要进行水箱补水,避免出现缺水状态。当出现低水位报警时,控制系统通过多点寻源择优自动选择就近补水。水箱防飞溅接口可以实现上水单元通过对水箱无损耗注水,达到高水位时自动停止注水。

利用 FactoryTalk 开发水箱状态监测界面,远控终端实时显示储水系统水位状态、水温和流量数据。单机上水点寻址及校准使用程序控制和限位控制双重保护实现自动定位。通过操作画面选择,确定加水位置,控制堆料机行走至上水单元中心位置,此时记录单机编码器行走数据。当选择程序设定的上水点时,程序将自动记录的行走数据赋值于行走目标位置,单机自动行走至预设位置。为便于补水点灵活调整,设计了手动行走位置设定功能,在接水口中心位置增加感应限位,感应块安装于水箱上水口中心,设定左右各 10 cm 距离,当堆料机上水接口位于上水单元范围内,触发感应限位,信号传输至 PLC 控制系统,连锁上水电动阀打开动作,对水箱进行注水。

对比堆场移动单机行走位置,结合堆料机洒水时行走方向判断出防撞单机,通过防撞单机的工作象限预留安全距离。通过与 CPS 防撞系统配合使用,对上水过程中的 CPS 防撞做出冗余保护,实现双保护功能。开发设计 FactoryTalk 获取堆场单机实时位置、运动状态、运用动画等功能,通过标签值调用 PLC 数值并加以视觉标识区分相邻

单机运动作业状态,在系统界面实时显示堆料机平面位置图,达到操作界面直观显示相邻单机作业状态的效果。

### 3 应用效果

露天堆场智能水幕系统在国能黄骅港、国能天津港和秦皇岛港等北方主力煤炭下水港得到成功应用,堆场的煤尘污染状况发生本质变化,取得了良好的工程示范应用效果。主要表现在以下方面。

1) 堆场智能水幕系统对露天煤炭堆场实现全季节的精准洒水作业。大幅提高了露天堆场煤垛表面洒水的均匀性,实现煤堆表层水膜的均匀覆盖,抑制了堆存起尘的产生。

2) 对堆场单机采用开敞式水槽供水方式形成技术性替代。机上大容量水箱供水由上水单元通过与堆场喷枪洒水系统共用的地下管网接入,利用堆场单机的作业间隙实现自动就近寻源补水。大容量水箱的应用既满足堆场煤垛洒水的充足供给,又实现单一储水系统实现机上用水、坝基冲洗用水和堆场洒水的集中管理。堆场智能水幕系统的投用大幅减少了维护作业量,节省水槽建设和维护成本。

3) 系统具有充足的性能扩展空间。可根据露天堆场洒水的需要进行水箱容量的定制化设计,实现依据煤炭表层含水率测定值进行洒水量调节的精准洒水方法,大量节约了水资源。

### 4 结论

1) 提出露天堆场精准均匀洒水的方法,研发并大规模工程应用了堆场智能水幕系统,实现露天堆场全季节的高效洒水作业,露天堆场煤尘治理效果稳定可靠。

2) 创建露天堆场堆料机、取料机、喷枪站构成的露天堆场洒水新体系。采用定点快速上水的方式对传统堆场水槽供水进行技术替代,节省大量建设和维护资金。

(下转第 105 页)