

# 井下煤泥智能搅拌筛分存储装置研发与应用

党飞飞 杨满囤 李春林 马平 赵俊达

搅拌筛分存储装置是井下水仓清挖系统中不可或缺的设备，其作用是将清仓机由水仓中清挖出的煤泥水均匀搅拌后，经煤泥泵注入压滤机脱水。目前，使用的搅拌筛分存储装置性能单一，仅能起到搅拌存储，静态筛分的作用。搅拌筛分存储装置在使用当中频繁出现以下5点问题：①所用搅拌筛分存储装置（图1），由出料口、筛上物出口、搅拌机构、筛网、进料口、存储桶及清理口组成。由于筛分装置仅为一片布置在搅拌筛分存储装置中倾斜的筛网，仅依靠重力将大块煤泥沿倾斜面静态自然分离筛分。该装置仅可在筛分少量大块煤泥时正常工作，如水中大块煤泥的数量较多，则会造成筛网瞬间堵塞，煤泥水会沿筛上物出口渗出，导致周围巷道环境污染；②由于上述原因导致搅拌筛分存储装置内无料导致煤泥泵吸空，使得叶片气蚀而损坏；③瞬间来料中大块煤泥较多，也会对筛网造成剧烈冲击，使其破损。由于筛网破损，大块物料落入搅拌筛分存储装置内，并吸入煤泥泵，造成煤泥泵堵塞；④由于筛网破损，大块物料落入搅拌筛分存储装置内，被煤泥泵吸入后注入板框式压滤机，造成压滤机流道堵塞，进一步导致滤板、滤布破损；⑤无监测监控装置，随着智能化水仓清挖系统的应用，搅拌筛分存储装置的工况和各项参数也应被实时纳入监测监控系统范围内。

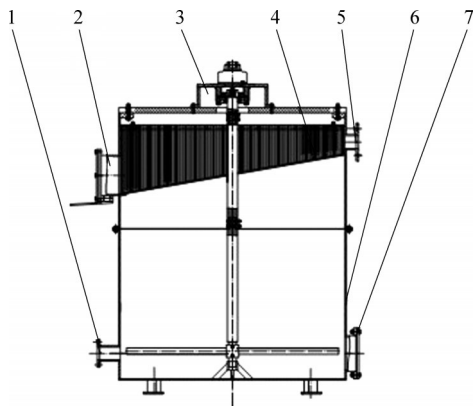
因此，需要研发一种既具有收集搅拌存储功能，亦具有动态筛分功能，且更应具备监测监控功能的井下煤泥智能搅拌筛分存储装置，以适应煤矿井下水仓清挖智能化自动化的需要。智能化清挖水仓工艺系统如图2所示。

## 总体结构、主要性能及技术参数

### 总体结构

智能化清挖水仓工艺系统总体结构由智能搅拌筛分存储装置、振动机构、搅拌机构、存储装置、监测监控系统组成。

智能搅拌筛分存储装置由搅拌机构、振动机构、



1-出料口；2-筛上物出口；3-搅拌机构；4-筛网；5-进料口；6-存储桶；7-清理口

图1 搅拌筛分存储装置

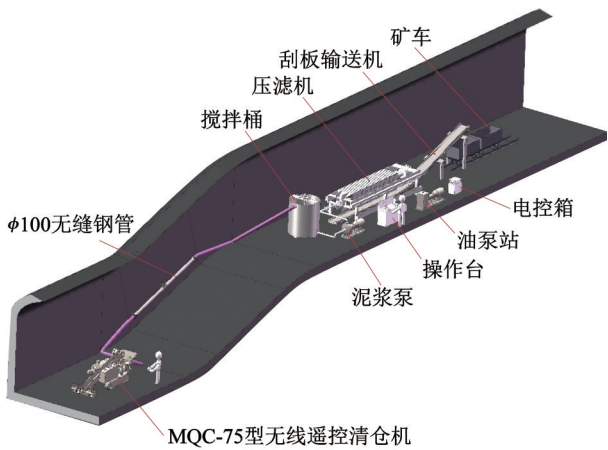
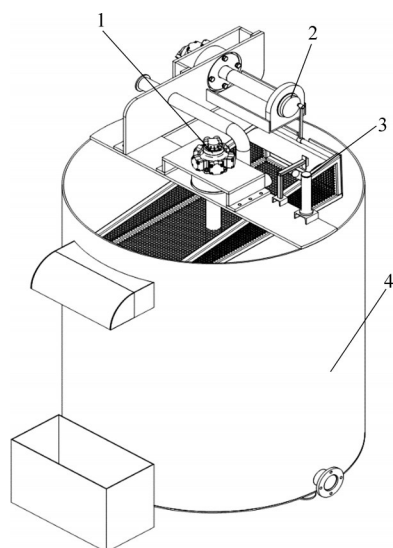


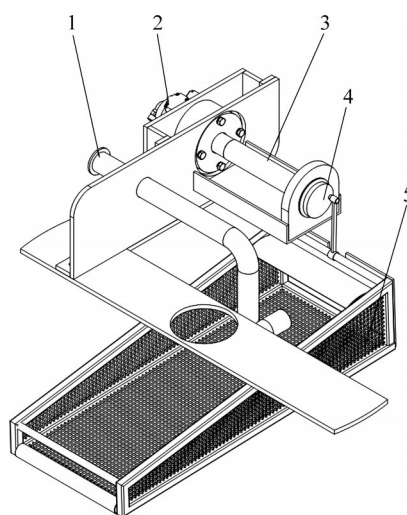
图2 智能化清挖水仓工艺系统

监测监控系统（云台摄像一体机+激光测距仪）、存储装置组成（图3）。振动机构由液压马达带动轴转动，轴端头为曲柄连杆机构，随着轴的转动，曲柄连杆机构带动装有滤网的筛分机构上下振动。由进料管来料，粒径小于滤网网目的来料落入存储桶，粒径大于网目的筛上物则沿筛分机构上表面流出至出料口，落入大块收集箱（图4）。搅拌机构由液压马达带动连接轴转动，在轴的另一端头布置有与轴相垂直平面的搅拌叶片。其作用是持续搅拌落入存储桶内的煤泥水，使其呈均匀且流动的状态，避免

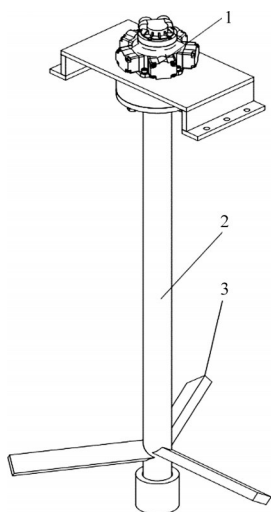
静止而出现沉淀（图5）。存储装置由筛上物收集箱、筛上物出料口、存储桶、出料孔、清理口组成（图6）。监测监控系统由激光测距仪及云台摄像一体机组成（图7）：其中，云台摄像一体机如图8所示，摄像头将监测现场的场景图像输出到监视器，编解码板在RS485控制器的控制下驱动电机转动云台至理想位置；工作现场的场景图像和云台通过传输介质输送给终端设备使用；激光测距仪发射激光信号，通过激光传感器接收后，将其传送给控制器，在控制器上显示相对应的测试距离，用于指示所测



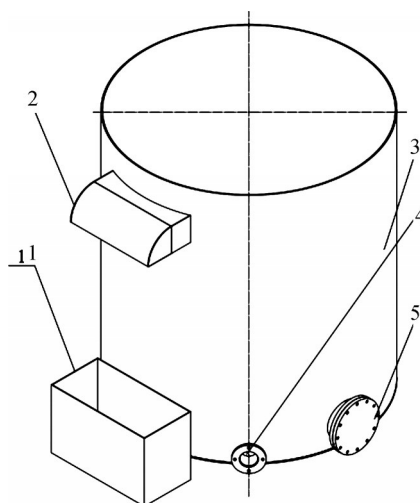
1- 搅拌机构;2- 振动机构;3- 监测监控系统;4- 存储装置;  
图3 智能搅拌筛分存储装置



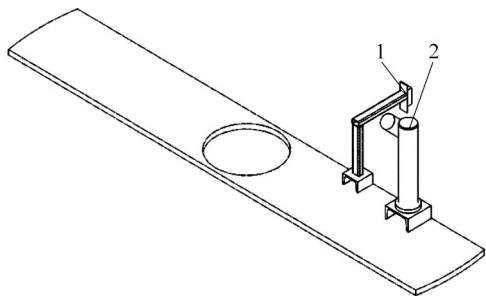
1- 进料管;2- 液压马达;3- 轴;4- 曲柄连杆机构;5- 筛分机构  
图4 振动机构



1- 液压马达;2- 连接轴;3- 搅拌叶片  
图5 搅拌机构



1-筛上物收集箱;2-筛上物出料口;3-存储桶;  
4-出料孔;5-清理口  
图6 存储装置



1-激光测距仪;2-云台摄像一体机  
图7 监测监控系统



图8 云台摄像一体机

试物体的直线距离。可实时监测存储桶内煤泥水液面的高度，高于所设定监控液面或低于所设定监控液面，均可在井下控制台的监控画面上显示，并进行语音报警，为水仓煤泥水处理压滤系统智能化自动化运行创造了有利条件。

主要性能及技术参数

井下煤泥智能搅拌筛分存储装置的主要性能及技术参数见表1。

设计特点

以水仓煤泥水处理压滤系统智能化自动化运行出发点，创造一切有利条件，以满足智能化自动化的需要。

增设监测监控系统。智能化水仓清挖系统要求所属各个设备运行环节协调一致，相互匹配，具有

表 1 井下煤泥智能搅拌筛分存储装置的主要技术参数

主要参数	数值
直径/mm	1 400 ~ 2 400
高/mm	1 600 ~ 2 400
容积/m <sup>3</sup>	2.5 ~ 10.8
搅拌机构	
转速/(min·r <sup>-1</sup> )	48 ~ 96
工作压力/MPa	10 ~ 14
振动机构	
转速/(min·r <sup>-1</sup> )	48 ~ 96
工作压力/MPa	10 ~ 14
振动频率/min	40 ~ 100
监测监控系统	
云台摄像一体机	
水平清晰度	700TVL
灰度鉴别等级	9级
云台旋转角度	
俯仰/(°)	0 ~ ±90
水平/(°)	0 ~ 360°
通信:	
通信方式	RS-485 半双工
通信协议	Pelco-D Pelco-P
通信速率	2 400,4 800,9 600,19 200
激光测距仪	
激光发射功率/mW	≤1
信号最大测试距离/m	0.5 ~ 10
测量精度误差/m	±0.5
输出信号误差/V	0.2

较高的可靠性。因此，须将每种设备通过监控传感器或云台一体机将工况实时传送至井下控制中枢及监控界面，通过控制中枢中的预制 PLC 控制程序发出指令，以控制执行机构的各种动作，或通过监控界面点击鼠标完成。

通过在智能搅拌筛分存储装置上部增设的云台一体机，可实时监测到该装置振动机构及搅拌机构的工况。云台摄像一体机置于整个装置的最上端，可 360°旋转，能随时发现筛网破损漏料、大块堵塞筛网、溢出撒料等现象。

通过增设激光测距仪，可自动实时监测存储桶内煤泥水液面的高度，高于所设定监控液面或低于所设定监控液面，均可在井下控制台的监控画面上显示，并进行语音报警。如液面高于所设定的监控液面，则通过 PLC 发出指令，控制前端的清仓机停

止供料；如液面低于所设定的监控液面，则通过PLC发出指令，控制煤泥泵停止往压滤机送料，以避免煤泥泵吸空。

通过液压马达驱动曲柄连杆机构，可带动筛篮上下振动，使得物料大小充分分离；亦可避免来料瞬时过多，堵塞或压坏筛网，以减轻对筛网造成的直接冲击。考虑压滤机流道直径为10 mm，因此设定筛篮筛网网格尺寸为10 mm×10 mm。进料管来料方向逆向于筛篮倾斜方向，以便来料沿筛篮面有足够充分的筛分空间，将粒径大于10 mm的物料沿筛上出料口筛出，粒径小于10 mm的落入筛下存储桶内。

以液压马达为执行元件，驱动搅拌叶片平稳转动。优点在于液压马达可随时存储装置中煤泥量负载的多少，并始终匀速旋转，实现液压无级变速，具有良好的抗冲击性能。

## 井下工业性试验应用

智能搅拌筛分存储装置于2021年5月9—8月31日在国家能源集团宁夏煤业有限公司梅花井矿+850 m水平环形主水仓进行了为期3个月的井下工业性试验。该矿+850 m水平环形主水仓由甲、乙、丙3个水仓组成，长度分别为200、250、400 m，高×宽均为3 m×5 m。甲、乙、丙仓煤泥平均厚度分别为2.6 m、2.8 m、2.3 m。循环工作流程为早班（8：00~16：00）检修，中班（16：00~24：00）及夜班（0：00~8：00）清仓，共筛分搅拌存储煤泥10 700 m<sup>3</sup>。

试验期间着重观察了智能筛分搅拌存储装置的智能化自动化各项性能参数指标与智能水仓清挖系统其他设备的性能参数匹配及规避，上述问题是目前搅拌筛分存储装置所存在的不足之处。具体情况如下：

云台一体机将智能搅拌筛分存储装置的工况实时传送至井下控制台的计算机屏幕上，监控人员可实时观察到振动机构筛篮的运转状况。在来料中大块较多将筛篮堵塞时，可发出指令使清仓机暂停供料，待将大块通过振动沿倾斜面流出出料口后，再

发出指令使清仓机继续供料。

激光测距仪通过监控最高与最低液面，将信号反馈至井下操作台PLC控制箱。如液面高于设定值，PLC自动发出指令，指示清仓机暂停供料；如液面低于设定值，PLC发出指令，煤泥泵停止往压滤机供料。

通过云台一体机及激光测距仪的监测监控，有效避免了来料中大块过多导致筛篮堵塞，泥浆跑料；液位过低使得煤泥泵吸空，造成叶片气蚀的现象。

通过增设振动机构，有效规避了来料中大块突然过多造成冲击砸坏筛网，大块直接落入搅拌桶内，造成煤泥泵堵塞以及被煤泥泵送入进压滤机，导致流道堵塞，损坏滤板及滤布的现象。

## 结 论

针对我国煤矿井下主水仓清挖系统中所采用的搅拌筛分存储装置存在的性能单一、可靠性差、无监测监控功能的问题，设计研发出一种架构合理、维护便利、性能可靠、具备监测监控功能的智能搅拌筛分存储装置。通过井下工业性试验表明：

（1）智能搅拌筛分存储装置有效解决了目前主水仓清挖系统中所用搅拌筛分存储装置功能单一，可靠性差，无监测监控的缺陷。

（2）智能搅拌筛分存储装置与水仓清挖系统其他设备清仓机、煤泥泵、压滤机及操作控制台等设备间参数相互融合匹配，性能稳定可靠，很大程度上提高了清挖水仓的工作效率，实现了煤矿井下主水仓的智能化自动化清挖。

■ 责任编辑：李艾酥

### 作者简介：

第一作者：党飞飞，电气工程师，从事煤矿机电管理及煤矿智能化建设工作，现任陕西煤业集团黄陵建庄矿业有限公司副总工程师。E-mail：619573448@qq.com

作者单位：陕西煤业集团黄陵建庄矿业有限公司；  
中煤科工集团唐山研究院有限公司