

# 煤矿井下水仓智能清淤机器人的应用

赵伟鹏, 刘子川, 解国亮

(西安煤矿机械有限公司, 陕西 西安 710018)

**摘要:**煤矿井下水仓往往环境比较恶劣,在淤积物中有着较大的含水量,清理有着较大的难度。传统的煤矿井下水仓清理工作存在着很多问题,例如,工作人员面临着较大的危险;应用到的设备较多,发生故障的可能性比较大;难以实时监控、预警水仓积淤的情况。因此,应用先进的科学技术,创新推出煤矿井下水仓智能清淤机器人,对于清淤效率与煤矿智能化水平的提升,确保煤矿生产安全性有着十分重要的现实意义。首先对煤矿井下水仓煤泥清理机械的研究与发展现状进行了分析,并在此基础上,研究与探讨了煤矿井下水仓智能清淤机器人的应用,仅供参考。

**关键词:**煤矿;井下水仓;智能清淤机器人;应用

**中图分类号:** TP242

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1004-7344(2023)12-0119-03

## 0 引言

对于煤矿井下水仓智能清淤机器人而言,其重要工作任务就是高效清理井下水仓内存在的积水与淤泥,促使井下作业人员以及设备的安全性得以切实保证。如今,在矿井水仓清淤中应用高效、智能的机器人,能够发现与预警水仓中存在的大量淤泥,对于提升水仓利用率、实现企业智能化水平有着重要作用。

## 1 井下水仓煤泥清理机械的研究与发展现状

在煤矿开采期间,清理井下水仓中存在的煤泥是一项重要工作,该工作具有繁重性的特点,且存在一定的潜在风险。当前,纵观国内外在清理水仓煤泥工作中所采取的方法是不相同的,每种方式都或多或少有着些许不足。煤矿水仓清理过程中,所应用的方式大致有3种,即人工清仓、真空泵抽取、人工操纵机器清理等。

当前,在很多小型煤矿之中,主要是对人工清仓的方式进行应用,清仓工作人员需充分利用铁锹等工具在罐车中装入煤泥并将其运送到仓外。应用该清仓方法会致使煤泥运输期间洒落,导致巷道被污染,而且有关工作人员会面临着极大的工作强度,工作效率不高,且潜在风险较大。

真空泵抽取方式主要是在压差原理的基础上抽取水仓中的煤泥达到清仓的目的。在清淤工作之中应用此种方式,首先应将压气阀关闭,将真空阀打开并启动真空泵来抽取储泥罐中的空气,使其达到真空状态。在此期间,储泥罐与吸泥管外部的压差会增加,吸泥管会将煤泥引至储泥罐内,当吸入的煤泥达到一定量的时候,关闭真空阀,排出储泥罐中的煤泥。应用该方式清仓存在一定的不足:水仓中的煤泥经过一段时间会发

生沉淀,含水量降低,影响到压差抽取的工作效率,而且各种管阀结构的使用周期都有待进一步延长<sup>[1]</sup>。图1为气力输送水仓清理机的构件。

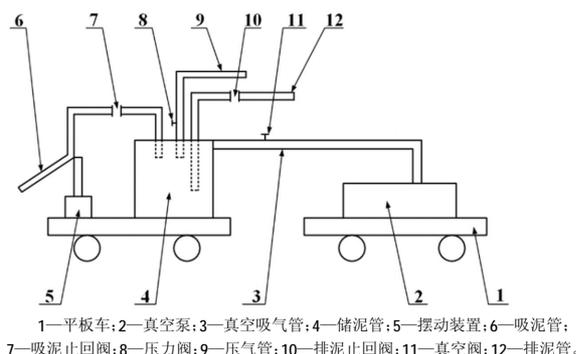


图1 气力输送水仓清理机结构

在水仓煤泥清理期间应用人工操纵机器的方式,具体是利用螺旋收集器与刮板开展的。在清理水仓煤泥过程中,螺旋刮板水仓清理机需对集料装置的高度适当调节便于清淤工作的顺利开展,螺旋集料装置旋转,促使煤泥积聚,利用刮板把煤泥装至矿车中从而运送到仓外。对该方式应用清理煤仓存在的不足是,刮板结构带动煤泥的量比较少,清淤效率有待进一步提升<sup>[2]</sup>。有关工作人员对该方式进行应用尽管能够降低工作强度,但是仍然会在一定程度上污染水仓内部的巷道。

在翻阅一系列的文献之后可得,在我国,针对煤矿井下水仓清淤机械方面的研究已经持续了十年之久,当前我国煤泥清理设备逐步完善,不同清淤机械均存在着一定的优缺点,其中最大的不足就是很多清淤机械的操作都需要依靠人工来实现,在智能化、便利性方面有待进一步提升。

## 2 清淤机器人硬件系统的搭建与应用

### 2.1 系统构成

通常来说,煤矿井下水仓智能清淤机器人主要包括了四大部分,具体为机械系统、液压系统、电气系统、智能控制系统。

### 2.2 主要技术参数

清淤机器人可以在湿滑、细长的水仓巷道内行走,具有灵活的转弯能力,清淤量能够与生产要求相符合,煤泥的输送距离也需要符合有关要求。

### 2.3 清淤机器人的机械系统

#### 2.3.1 工作原理

在清淤机器人的构成中,机械系统起到了重要的“骨架”作用,能够将其全部动作担负起来。清淤机器人机械部分的主要工作原理为:在启动机器人之后,螺旋马达会对集料螺旋起到带动作用,从而来实现物料的旋转收集。集料螺旋机构上螺旋形的布置呈现出对称性的特征,旋转期间,在螺旋齿面的推动下,促使集料螺旋装置能够触及的煤泥汇集到正前方中部提斗装置中,最后运输至储料箱内。泵动机构中,两组油缸相互配合,一侧对夹管阀装置起到带动作用,以此将煤泥带出,另一侧则对泵送输出管带动,促使煤泥能够有效地汇入高压管内,其能将煤泥输送到某指定位置<sup>[3]</sup>。清淤机器人各个部分的机械结构相互配合,才能确保水仓清淤工作的顺利开展。

#### 2.3.2 行走方式的确定

煤矿井下运输车辆、特种工作车辆只有导轨式、履带式、胶轮式3种车轮形式。在井下罐笼的出入口位置,主副水仓不能铺设导轨,并且水仓内部巷道的实际情况没有可以使用的导轨,因此,导轨式不能作为清淤机器人的行走方式,还需进一步对比履带式,并做出合理选择。如果能将现有履带进行一定的改造并作为清淤机器人的行走方式,在不破坏地面的同时又能够确保清淤工作的稳定开展,而且不管是在水中、泥泞地面、陆地上都有着较强的通过障碍物的能力,还可以进行原地360°转弯,履带速度可通过电控系统控制阀块流量从而改变履带行走速度,从10~50m/min速度可调,进而大大提高了履带复杂环境下的通过能力,综合对比,在清淤机器人的行走方式中,可对履带行走的方式进行推广应用。

## 2.4 清淤机器人的液压系统

### 2.4.1 工作原理

本文中所探讨的清淤机器人主要是应用了液压驱动方式,动力的传送是借助液体压力实现的,进而有效控制清淤机器人的运行,在整个机器人构成之中占据

关键性地位。在液压系统之中,主要是应用了全液压控制,一台泵将3台辅泵串联起来,液压泵转移能力,发动机机械能会转化为液体压力能,在每个阀与管道之中会有高压动力压流动,并分别输送给设备的行走控制系统、泵送系统、螺旋头搅拌系统等,借助液压缸或者是液压马达促使液体压力转化为机械能,从而实现驱动各个系统的良好运行<sup>[4]</sup>。

### 2.4.2 液压系统泵送部分设计

在清淤机器人液压系统之中,泵送部分的组成主要包括了齿轮泵第一联、高压球阀、泵送油缸、隔爆电磁换向阀、液动阀、溢流阀、压力表、泵送阀块、液压胶管、管路附件等。在实际工作开展过程之中,齿轮泵第一联会对动力液流进行提供,液动阀主要是针对液流的方向进行控制,由此确保泵送油缸可以循环运动,实现物料的吸入与泵出。高压球阀接到溢流阀的遥控口,溢流阀重点是对液压系统泵送压力发挥相关的限制作用。在自动清淤模式开启的时候,主控制器发出来的信号在通过数字双比例方向阀放大器拓展之后驱动隔爆负载敏感比例多路阀,以此来对溢流阀进行远程控制,从而促使泵送与泵停得以实现;在开启手动清淤模式的时候,利用高压球阀对溢流阀进行手动控制,以此实现泵送与泵停。

### 2.4.3 液压系统提斗部分设计

清淤机器人液压系统的提斗重点是有高压过滤器、提斗马达、压力表、齿轮泵、煤按比例多路阀、管路附件以及液压胶管等。在实际的工作当中,齿轮泵将会供给动力液流。在自动清淤的工作状态中,提斗马达的控制与泵送部分的工作原理大致相同。

### 2.4.4 液压系统行走部分设计

清淤机器人的液压系统升降行走重点由行走马达、升降油缸、顺序阀、阀块、压力表、齿轮泵第四联、转向油缸、转向器、隔爆敏感比例多路阀以及压力表等组成。在工作当中,齿轮泵第四联重点是供给动力液流。在自动清淤的工作状态中,利用隔爆敏感比例多路阀,进而高效对转向油缸、升降油缸以及行走马达进行控制,进而确保清淤机器人的提斗、升降、行走以及转向。在手动清淤的工作状态下,手柄是通过隔爆敏感比例多路阀来开展操控的,并控制行走马达、升降油缸,确保前后行走、清淤提斗升降工作顺利完成,借助转向器促使设备转向得以切实实现<sup>[5]</sup>。

### 2.4.5 液压系统夹管部分设计

清淤机器人的液压系统夹管主要是由卸荷阀、齿轮泵第二联、高压球阀、防爆电磁换向阀、夹管油缸、阀块、蓄能器、压力表、管理附件、液压胶管等组成。实际

作业期间,由齿轮泵第二联供给动力液流,泵送油缸往复运动会触发换向结构,滚轮换向阀换向,蓄能器供油,由此促使夹管油缸的切换更加快速。在自动清淤的工作状态下,将会启动隔爆电磁换向阀,进而使得蓄能器储备电能。在手动清淤模式开启的时候,高压球阀可以完成蓄能器的储备电能,保证夹管油缸的压力变动,进而启动夹管,继而排出煤泥煤浆。

## 2.5 清淤机器人控制系统

对于智能清淤机器人当中的控制系统而言,需确保机器人可以行走并完成清淤作业,对于多种类型的传感器数据开展读取,进而跟触摸屏完成信息的交换,在发生故障的时候能够自动断网断电实现自身的防护。另外,在需要借助各类软件的支持,其中涉及 MCGS 组态软件、SQLServer 数据库、iVMS-4200 智能视频监控软件等。与井下复杂、恶劣的作业环境相结合,并在以往工作经验的基础上,可以将控制系统的核心器件确定为 SIMATIC S7-1200 PLC,其有着较高的可靠性与抗干扰性,并且维护起来相对便捷。

### 2.5.1 主控制器

在智能清淤机器人中央控制系统之中,SIMATIC S7-1200 PLC 主控制器是其核心,作用是不容忽视的。该控制器能够实现和智能清淤机器人各个子系统之间的通信与控制,在搭载系统的基础上,针对同一时间段内需要开展的工作实行多线程分级管理;同时,还能够和上位机、手机软件等等实现远程通信。

### 2.5.2 行走与集料控制

主控制器和外围器件科学合理地结合在一起能够促使电气系统和液压系统之间的联动得以切实实现,进而保证清淤机器人的行动跟集料操控能够更好完成。从某种程度上说,科学操作上位机的界面可以使得智能机器人得以运行。一般来讲,行动以及集料操控的原理包含下述内容:模拟量输出模块 AM1232 跟 CPU1215C 传送过来的命令进行融合,把 4~20mA 的电流信号进行输出,并且在数字双比例方向阀放大器比例的前提下,使其可以转变为 -630~630mA 的电流信号,从而实现负载敏感比例多路阀的有效驱动。其主要是与输入的电流信号相结合对油压进行控制,进而完成对液压马达的转速以及正反转的科学操控,在该前提下使得清淤机器人的行动以及集料操作能够更好地完成。在该种电气系统以及液压系统的联动工作状态下,不但可以使得清淤机器人的无级变速行动与提斗集料得以完成,而且其可靠性也是比较高的。

### 2.5.3 静压水头闭环控制

清淤机器人在井下水仓开展作业期间,在某些情

况下会碰到比较坚硬的煤泥,并且含水量是比较低的,在此时,应打开静压水头,将煤泥稀释之后再对静压水头进行关闭。清淤机器人的视频监控系统很难对收集到煤泥的坚硬度进行判别,由此会对清淤效率产生不利影响。与实际情况相结合,可以在程序之中加上静压水头的闭环控制,主控制器 CPU1215C 与模拟量输入模块 SM1231 相结合,利用读取水槽当中压差式密度传感器当中的信息,从而对所吸入煤泥的密度进行感知,并与正常环境下的煤泥密度进行对比分析,以此来针对静压水头的开关实行有效控制,软件与硬件有机结合,实现各项工作的顺利开展。

## 2.6 远程监控平台

在清淤机器人中的远程监控平台主要是对多平台的设计进行了应用,其中主要包括清淤机器人自主导航系统平台、视频平台、触摸屏远程遥控平台、手机客户端等等,能够有效监控局域网覆盖范围内清淤机器人的实时状态,而且在地面调度室便可发出信号指令,切实降低井下清淤工作人员的劳动强度。

## 3 结语

总而言之,煤矿井下水仓智能机器人的良好应用,可以促使远程遥控、在线监测的工作得以切实实现。通过有效采集数据并借助视频监控远程传输技术,能够对清淤机器人的作业现场场景与各种监控参数进行实时的监控,对于清淤工作开展的可靠性与实时性的保证有着重要作用,而且可以提供更加高质的智能化信息。在智能清淤机器人的应用下,井下作业人员仅仅需要在安全的地区控制清淤机器人,不需要开展人工清淤作业,不仅可以降低工作人员劳动强度,更能够确保工作人员的人身安全。

## 参考文献

- [1] 许鹏程.基于粒子群优化的煤矿井下机器人 FASTSLAM 算法研究[D].北京:煤炭科学研究总院,2017.
- [2] 王强.煤矿斜井巷道运输视频监控系统设计与研究[J].煤矿现代化,2019(6):113-115.
- [3] 吉孟兰,何俊强.一种矿用挖掘机 PLC 与上位机通信软件的设计[J].山西冶金,2018,41(5):22-24.
- [4] 张明全.煤矿地面瓦斯抽放泵站防雷接地系统应用[J].内蒙古煤炭经济,2014(9):116-117.
- [5] 孟祥忠,侯力扬,蔡佩征,等.煤矿井下水仓智能清淤机器人的研发与应用[J].工业仪表与自动化装置,2021(2):77-80,100.

**作者简介:**赵伟鹏(1986—),男,汉族,陕西西安人,本科,工程师,主要从事煤矿专用设备设计及制造工艺流程编制工作。