

# 箕斗掉道检测技术在斜井提升防掉道中的应用研究

李文磊 李宾 关润发

(水口山有色金属有限责任公司 湖南 衡阳 421513)

**摘要:** 斜井箕斗提升时有发生掉道问题,为保证矿井运输过程的安全,本文以某铅锌矿3#斜井箕斗提升为例,设计了一种斜井箕斗掉道监测系统。该系统选用电感式接近开关作为传感器,分别安装在箕斗4个轮子的内侧,以保证实时监测箕斗与轨道的接触状态;利用遥控发射盒、遥控接收盒实现信号的发送与接收,通过PLC对传感器信号进行统计、判断;当箕斗发生掉道现象时,中控室PLC闭锁、斜井箕斗提升系统停机,同时发送掉道报警信号。结果表明,该监测系统能够实时监测斜井箕斗掉道现象,并具有良好的经济效果。

**关键词:** 箕斗掉道;检测;斜井提升;应用

## 0 引言

矿井提升是矿山生产的重要环节,斜井箕斗提升凭借自身的独特优势,广泛地应用于矿井提升系统中<sup>[1]</sup>。而箕斗在长期运行过程中,受到多种因素的影响,掉道现象时有发生<sup>[2]</sup>。箕斗掉道一旦发生,不仅影响工作效率,并有可能产生重大安全事故,直接影响到矿山的安全生产。因此,斜井箕斗掉道现象的日常监测工作,对矿井提升系统的运行安全十分重要<sup>[3]</sup>。目前,我国矿山斜井箕斗掉道自动监测系统的应用较少。基于此背景,本文对斜井箕斗掉道监测系统进行研究,以有效预防箕斗掉道带来的影响。

## 1 斜井箕斗提升分类及优势

### 1.1 斜井箕斗提升分类

矿山开采可分为露天开采、竖井提升和斜井提升三种方式。由于斜井提升具有投产早、建井快、初期投资少等特点,被广泛应用于我国中小型矿井中。而根据提升容器的类型,斜井提升可分为台车提升、矿车组提升、箕斗提升等方式。斜井台车提升方式

运输量小,井底车场与斜井连接简单,多用于材料和设备的辅助提升。斜井矿车组提升方式不需倒装、转载设备少,可减少粉尘的产生,但矿车组提升的提升量小、提升速度低,且矿车容易发生掉道问题,仅适用于倾角在 $25^\circ$ 以下的斜井。相比于斜井台车提升、斜井矿车组提升两种方式,斜井箕斗提升具有提升量大、运行速度高、稳定性好等特点,并适用于倾角大于 $30^\circ$ 的斜井。按照卸料方式,斜井箕斗提升又分为底卸式、前翻式、后卸式三种<sup>[4]</sup>。底卸式斜井箕斗提升在国内矿山中的应用较少。与前翻式斜井箕斗提升相比,后卸式斜井箕斗提升对卸载曲轨的冲击小,箕斗装满系数较大,在国内矿山中的应用较多。但在实际应用中,应综合考虑矿石块度、斜井倾角等条件,合理选择斜井箕斗类型<sup>[5]</sup>。目前,三种斜井箕斗在国内金属矿山都有成功应用案例,具体见表1。

### 1.2 斜井箕斗提升的优势

斜井箕斗提升具有明显的优势,主要表现在以下几个方面:

(1) 运行平稳。斜井箕斗自重较大,并且轨距比

表1 国内斜井箕斗提升的应用案例

序号	国内矿山	提升方式	卸载方式	倾角/ $^\circ$	提升长度/m	箕斗容积/ $\text{m}^3$	速度/(m/s)
1	大厂锡矿	单箕斗上提	底卸式	25	320	4.5	3.4
2	衡东铅锌矿	单箕斗上提	前翻式	35	210	1.4	2
3	东风金矿	单箕斗上提	前翻式	38	150	0.76	1.2
4	湘潭锰矿	单箕斗上提	后卸式	32	456	2.7	5.5
5	牟定铜矿(2号井)	单箕斗上提	后卸式	11	706	8.8	4
6	麻阳铜矿	单箕斗上提	后卸式	32	290	1.5	2.5

矿车宽，重心偏低，稳定性好。

(2) 运行安全。由于牵引钢绳与箕斗之间采用固定连接，降低了跑车事故的发生概率。

(3) 可不设井下破碎工序。深孔凿岩采矿是目前采矿的发展趋势，采出的矿石块度大于500mm。而斜井箕斗允许装入矿石的块度达500mm以上，可不设地下破碎工序。

(4) 经济效益好。斜井箕斗是机械化操作，易实现数字化自动控制，从而减轻劳动强度、降低人工成本。

## 2 问题的提出

斜井是联系井上和井下的咽喉，属于矿山安全风险管控的重点区域。斜井箕斗担负着运输材料和设备、提升矿石的重要任务，一旦发生事故，后果不堪设想<sup>[6]</sup>。该铅锌矿3#斜井箕斗提升系统，在实际工作中偶发掉道现象<sup>[7]</sup>。经分析，引起箕斗掉道的主要原因包括钢丝绳提拉角度不正确、箕斗轮距与轨道间距不匹配。当箕斗发生掉道后，若提升系统不能监测到此现象，便会拉着箕斗继续上提至卸矿架，造成设备的严重损坏，严重影响正常的生产任务。为了避免箕斗掉道造成的严重后果，决定增设箕斗掉道监测系统，当箕斗掉道时，可以及时、灵敏、可靠地监测到箕斗掉道现象，并闭锁、使提升系统停机。

## 3 斜井箕斗掉道监测系统方案

该斜井箕斗掉道监测系统是在线式实时监测系统，灵敏度高，当箕斗发生掉道时，能够在1s之内闭锁、使提升机停车，避免造成严重事故。将传感器状态信号通过无线传输方式发送到斜坡道沿途的信号接收器，信号接收器再通过有线方式将箕斗运行状态信息传输到中控室PLC进行处理，由此实时检测箕斗4个轮子是否处于轨道正上方，其具体原理如图1所示。

该箕斗掉道监测系统的基本设置包括：

(1) 在箕斗4个轮子内侧、轨道正上方位置安装4个高灵敏度、远距离轨道传感器。传感器感应距离不低于25mm，防护等级不低于IP67。

(2) 在箕斗前方位置安装信号处理及遥控发射盒，并配备锂电池供电，将传感器状态信号无线传输到轨道沿途的信号接收盒。

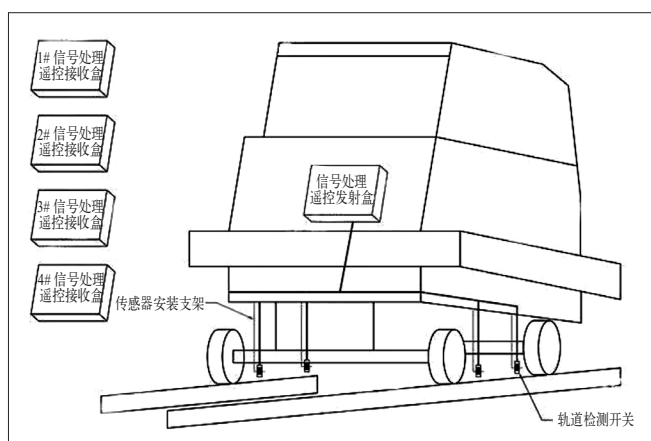


图1 斜井箕斗掉道监测系统示意图

(3) 遥控发射盒采用具有防震缓冲效果的安装方式，保证发射盒稳定可靠工作。遥控发射盒采用双回路发射装置，确保信号能够可靠发送，增强可靠性<sup>[8]</sup>。

(4) 遥控收、发装置采用LORA无线数据通信技术、远距离无线数字音视频传输技术、物联网技术、边缘计算等先进技术，保证通讯的快速性和稳定性。

(5) 信号发射盒采用锂电池供电，采用超低功耗的信号处理及遥控发射芯片，单次充电可供使用3个月以上，并配备备用锂电池。

(6) 遥控接收盒采用不锈钢材质防水盒，外置接收天线，防护等级不低于IP67，信号传输距离不低于50m。在轨道沿途配置4台遥控接收盒，既能保证可靠接收到信号，又能起到相互备用的作用。

(7) 遥控接收盒采用独立固定支架安装，线缆采用穿钢管埋地敷设方式，既美观又可靠。

(8) 利用PLC技术，实现箕斗掉道后的闭锁功能及发出报警信号<sup>[9]</sup>。

## 4 斜井箕斗掉道监测系统功能实现的关键技术

### 4.1 掉道检测技术

箕斗正常运行时，会沿轨道运动并完成运输任务。当矿井下地质条件复杂时，箕斗沿途轨道安装质量不好，两道间距离变化大，箕斗容易脱离轨道。若继续拉拽钢丝绳，箕斗偏离轨道运行，后果严重。为满足箕斗掉道的监测要求，采用直接检测箕斗轮对与轨道面之间距离的方法。当箕斗正常行驶时，轮对轴线与轨道面的距离为一定值，箕斗轮压紧轨道面。当箕斗发生掉道时，轮对轴线与轨道面的距离

会增大,箕斗轮离开轨面。监测系统能够第一时间检测到距离的变化,并发出报警信号。

在轮对轴线与轨道面距离的检测过程中,传感器是整个监测系统的关键部件,能够为系统的后续判断提供信号<sup>[10]</sup>。接近开关是一种非接触式开关,属于位置传感器。它利用电磁工作原理,通过接近开关与物体之间的位置变化,将电磁量转化为电信号,从而实现检测的目的。目前,常用的接近开关主要有电感式接近开关、电容式接近开关、磁性接近开关、霍尔式接近开关等<sup>[11]</sup>,具体原理和特点如表2所示。

由于该系统是对箕斗轮对与轨道面之间的距离进行检测,为了提高箕斗掉道判断的准确性,当轮对离开轨面时,立即发出报警信号,传感器选取电感式接近开关,其具体参数见表3。

箕斗在轨道上运行时,为了有效保护电感式接近开关,需将其安装在两轮内侧,并使用支架固定,避免轨道周围坚硬物体对其造成损坏。由于箕斗在运行过程中,掉道时的形态不同,例如前翻、侧翻、整体掉轨等,为了确保能监测箕斗的各种状态,在箕斗4个轮子内各安装一个电感式接近开关,同时保证报警的可靠性。电感式接近开关感应距离不低于25mm,故将其安装在轨道正上方15mm处,其余10mm为箕斗正常跳动余量。

## 4.2 无线通信技术

### 4.2.1 LORA 无线数据通信技术

LORA是通信系统的无线调制方式,支持半双工模式。为了提高设备的抗干扰能力,利用扩频技

术进行无线传输,数据在双向通信过程中互不干扰。在该斜井箕斗掉道监测系统中,通过LORA技术对传感器、信息处理电路的数据进行采集、传输、监控等,然后将收集到的信息数据传输到中控室PLC进行处理。在无线通信过程中,传感器时刻监控箕斗的运行状态,选择LORA技术与传感器配合操作,可实现基于物联网技术的前端数据处理,智能控制箕斗的正常运行。

### 4.2.2 远距离无线数字音视频传输技术

无线局域网具有成本低廉、方便快捷、易于管理等特点,适用于井下数字音视频的传输。无线局域网主要设备包括交换机、无线路由器、中继路由器、光纤设备等。井下工作范围较大,宽带从地面接入井下的距离较长,若采用无线网络引入方式,无线路由器的使用范围有限,信号衰减严重,不适用于远距离传输。因此,从地面直接引入光纤到井下,在井下安装一个接收光纤猫,实现井下宽带信号的引入。井下宽带信号通过交换机和网线分配到各个工作点,为了接收和发射信号,每个工作点都安装路由器及中继路由器,放大路由器的发射范围应保证无线信号的有效覆盖。

## 4.3 PLC控制技术

PLC是一种电气自动化技术,它在继电器控制器的基础上,结合了计算机控制技术<sup>[12]</sup>。为了提升斜井箕斗掉道监测系统的安全性能,采用PLC控制技术,并将其集成到原皮带集控系统中。通过PLC对传感器信号进行统计,并与预设值进行比较,如果两组数据一致,说明箕斗保持正常运行状态;如果信

表2 常用接近开关的原理和特点

序号	接近开关类型	接近开关原理	接近开关特点
1	电感式接近开关	振荡电路线圈产生高频交流磁场,金属物体接近电磁场时,使该金属物体内部产生涡流变化。涡流反作用于接近开关,使接近开关的振荡能力衰减,并将其转换成开关电信号,从而控制接近开关	该类型接近开关具有开关量输出,但物体必须是金属物体
2	电容式接近开关	当物体靠近电容式接近开关时,介电常数发生变化,电容发生变化,测头的电路状态也随之变化,从而控制接近开关	该类型接近开关具有开关量输出,不限于金属导体,绝缘液体或粉状物体等均可,但当检测物体介电常数过高时,需减小距离
3	磁性接近开关	由于磁场能通过很多非磁性物,触发过程不一定需要目标物体直接靠近磁性接近开关,可通过磁性导体把磁场传出,产生触发开关信号,从而控制接近开关	该类型接近开关具有开关频率高、感应范围大等特点,但是物体必须是磁性物体,并且物体的磁场强度对动作距离影响较大
4	霍尔式接近开关	利用霍尔元件做成的开关,当磁性物体靠近霍尔式接近开关时,产生霍尔效应,开关内部电路状态发生变化,从而控制接近开关	该类型接近开关具有无触电、响应频率高、使用寿命长等特点,但是物体必须是磁性物体

表3 电感式接近开关参数

序号	参数	要求
1	外壳材质	不锈钢
2	工作电压/V	10 ~ 30
3	最大负载电流/mA	200
4	感应距离/mm	≥ 25

号数据与设定值不符,说明箕斗发生掉道,中控室PLC会自锁箕斗,同时发送掉道报警信号,达到防护目的。

## 5 结语

本文以某铅锌矿3#斜井箕斗提升为例,对斜井箕斗掉道监测系统进行研究,得出以下结论:

(1) 斜井箕斗提升系统正常运行时,箕斗轮子与轨道面之间的距离固定。当发生掉道时,斜井箕斗掉道监测系统能够迅速动作,灵敏可靠。斜井箕斗掉道监测系统采用4组传感器,对箕斗4个轮子的状态同时进行监测,任何一个轮子发生掉道时都能迅速检测出来,实现闭锁停车。

(2) 在斜井箕斗掉道监测系统中,选用的传感器及遥控收发装置的防护等级达IP67以上,可以在室外露天环境下可靠工作。

(3) 箕斗上采用超低功耗的监测设备和遥控设备,采用大容量锂电池供电,单次充电可供运行3个月以上,减少了设备的维护成本。

(4) 将箕斗掉道监测系统的PLC模块集成到原皮带集控系统中,只需要增加PLC输入、输出模块即可,借用原系统的触摸屏,实现封锁功能,可以显著节省硬件成本。

## 参考文献:

- [1] 武迪俊,赵晶莹.斜井提升系统选型分析[J].有色矿冶,2020,36(03):19-22.
- [2] 边俊青,赵峰.S7-200PLC在矿山斜井跑车防护装置中的应用[J].电世界,2018,59(07):40-43.
- [3] 任明远.斜井跑车防护装置监控系统设计[D].淮南:安徽理工大学,2016.
- [4] 王兵,刘声雷,郭维星.斜井前翻式箕斗卸载装置设计安装中的注意事项[J].矿山机械,2015,43(06):139-140.
- [5] 李峥嵘.大型上开式箕斗在超深井中的设计与应用[J].矿山机械,2021,49(10):70-72.
- [6] 杨伟.斜井防跑车装置控制系统的改进[J].铀矿冶,2018,37(01):14-19.
- [7] 李永胜,甄世民,公凡影,等.湖南水口山铅锌金银矿田鸭公塘3号岩体地质及地球化学特征[J].矿物学报,2015,35(S1):708-709.
- [8] 王亮,曾庆良,王栋.矿用无极绳连续牵引车掉道检测系统设计[J].山东煤炭科技,2014(12):111-113.
- [9] 张金宝.基于PLC的盲斜井提升机电控系统的设计[D].西安:西安科技大学,2018.
- [10] 葛小宁,刘连光,陈剑,等.轨道电路的地磁感应电流监测数据分析[J].科学技术与工程,2017,17(12):103-107.
- [11] 胡云青.矿井巷道中无线传感器网络移动节点路由机制和定位算法的研究[D].赣州:江西理工大学,2018.
- [12] 杨学敏.基于PLC逻辑控制的变频调速系统在斜井提升机中的应用及分析[J].科技创新与应用,2015(32):129.

作者简介:李文磊(1986.01-),男,汉族,河南周口人,本科,工程师,研究方向:机械制造自动化。