

## 竖井缠绕式提升机松绳保护装置研究

王圣辉

铜陵有色金属集团铜冠矿山建设股份有限公司, 安徽 铜陵 244000

[摘要] 本溪思山岭铁矿 1#回风井提升系统包含一台 2JK-5×2.8m 主提升机和一台 JK-5×3m 副提升机, 两台提升机的松绳保护均为传统的行程开关保护装置, 文章将分析此装置的缺陷, 探讨一种可以从翻矸平台到井底平台的全程松绳保护装置。

[关键词] 松绳保护; 行程开关保护; 全程松绳保护

DOI: 10.33142/ec.v3i3.1593

中图分类号: TD534

文献标识码: A

### Research on Loose Rope Protection Device of Shaft Drum Winder

WANG Shenghui

Tongguan Mine Construction Co., Ltd., of Tongling Nonferrous Metals Group, Tongling, Anhui, 244000, China

**Abstract:** The hoisting system of 1# return air shaft in Sishanling iron mine consists of a 2jk-5 × 2.8m main hoist and a jk-5 × 3M auxiliary hoist. The slack rope protection of both hoists is the traditional travel switch protection device. This paper analyzes defects of this device and discuss a whole process slack rope protection device from gangue platform to the bottom platform.

**Keywords:** slack rope protection; travel switch protection; whole process slack rope protection

#### 引言

正式投产的矿山提升容器一般采用罐笼或箕斗。思山岭铁矿尚未投产, 回风井利用座钩式吊桶作为提升容器, 无论采用哪种容器, 松绳保护都是缠绕式提升机的一种重要保护装置。提升机运行过程中, 吊桶可能由于种种未知原因导致卡桶, 进而引起松绳故障, 若不能及时解除, 堆积在吊桶上的钢丝绳逐渐增多, 重量逐渐增加, 一旦吊桶在卡桶位置失去平衡后突然坠落, 将导致重大的安全事故和经济损失。因此, 《煤矿安全规程》第四百二十三条明确规定: “缠绕式提升绞车必须设置松绳保护装置, 并接入安全回路, 在钢丝绳松弛时能自动断电并报警”<sup>[1]</sup>。

#### 1 分析传统松绳保护装置

2JK-5×2.8m 为双滚筒提升机, 两根提升钢丝绳分别从固定滚筒和游动滚筒的上方、下方出绳, 并在提升机房相应出绳口将两块角钢分别焊接在提升机房钢结构上, 松绳保护钢丝绳一端固定在其中一块角钢上, 另一端固定在行程开关上, 行程开关固定在另一块角钢上, 并将行程开关的常闭点串入安全回路中。JK-5×3m 为单滚筒提升机, 提升钢丝绳从滚筒上方出绳, 松绳保护装置同 2JK。发生松绳故障时, 保护装置的钢丝绳将被提升天轮到托辊段弯曲下垂的提升钢丝绳拉动, 从而断开行程开关的常闭点, 切断安全回路。

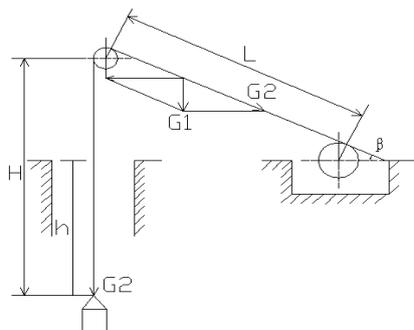


图 1 提升钢丝绳 L 段受力分析图

为了阐述回风井松绳保护装置的缺陷, 现将提升系统模型化, 如图 1 所示。忽略提升机天轮的转动阻力、天轮槽中的钢丝绳及提升钢丝绳的运动惯性, 当发生卡桶等松绳故障时, 对 L 段钢丝绳进行受力分析, L 段钢丝绳松弛下垂后

断开行程开关常闭点的条件如下：

$$G1/\sin\beta > G2 \quad (1)$$

式中：G1—L 段提升钢丝绳的重量

G2—竖直段提升钢丝绳的重量

$\beta$ —L 段提升钢丝绳与地面夹角

由于  $G=PD$

P—提升钢丝绳每米的重量

D—提升钢丝绳的长度

因此，化简式（1）得

$$L/\sin\beta > H \quad (2)$$

根据式（2）可知，当  $L/\sin\beta=H$  时，松绳保护装置处于失效的零界点；当  $L/\sin\beta>H$  时，提升机持续运行，但 L 段钢丝绳无法弯曲下垂使得松绳装置动作，保护功能失效，可靠保护范围 h 取决于提升系统中滚筒中心与天轮中心的距离、滚筒出绳仰角等参数。根据设计规范规定，一般选取  $L\leq 60m$ ， $30^\circ < \beta < 50^\circ$ ，由于

$$h = H - L\sin\beta < L(1 - \sin^2\beta)/\sin\beta \quad (3)$$

将 L 与  $\beta$  的取值范围带入式（3）得 h 的取值范围为小于（32-90）米。回风井提升系统的相关参数在规范范围内，所以其松绳保护装置的可靠保护范围也小于（32-90）米，回风井井深超过 1225 米，失效范围很大。此外，在可靠保护范围内，由于提升机司机操作技术水平不一，难免偶尔出现提升机急加速或急减速，提升钢丝绳产生大幅度的弹动，也会使得松绳装置误动作。因此，很有必要研究一种可以全程松绳保护的装置。

## 2 探讨全程松绳保护装置

所谓全程松绳保护是指从翻矸平台到井底出矸平台，任何位置出现松绳故障时保护装置都能得到及时的松绳信息从而起到保护作用。经参阅相关文献，采用罐笼或箕斗的提升系统中松绳保护装置有光幕式保护<sup>[2]</sup>、力电传感器保护等，但这些装置仅适用于罐笼或箕斗。同时，以光幕保护为例，从其保护原理本质出发，当井筒中发生松绳故障时，L 段还是无法弯曲下垂进入光幕区域，无法解决上述可靠保护范围小的问题。从钢丝绳受力角度出发，提升钢丝绳与提升容器连接处串入力电传感器，但当容器满负荷且全速运行时，存在安全隐患。回风井提升容器采用吊桶，以上装置都不适用，经过分析，认为根据吊桶环的工作位置状况获取松绳信息较为方便准确，按照这个思路设计如下方案：

### 2.1 装置硬件组成

全程松绳保护装置的主要构件包含松绳信息获取元件（永久磁铁与感应开关）、发射机、接收机，辅助构件包含发射机电池、发射与接收天线、信号处理器、松绳解除与复位组合开关及声光报警信号等。

### 2.2 硬件安装

安装示意图如图 2 所示，两块永久磁铁分别安装在吊桶环两侧并做好机械防护，使其连接线与提升或下放时的吊桶环垂直。吊桶环顶部安装感应开关，调整磁铁和感应开关的相对位置，使感应开关能够有效通断。在滑架伞下方螺栓固定的铁板上安装发射机，接收机及其他辅助构件安装在提升机房。此外，在提升机操作台上增加松绳解除与复位组合开关，便于提升机司机操作。

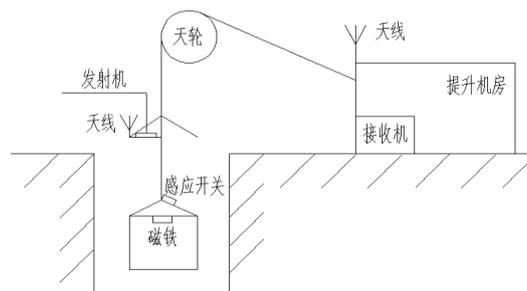


图 2 装置安装示意图

### 2.3 保护原理

装置保护原理如图 3 所示。吊桶在提升机上过卷位置到翻研平台区间，提升机司机手动解除松绳保护装置。吊桶在翻研平台上方进行作业时，翻研平台每班有专人进行倒研前的吊桶位置调整工作。从翻研平台到井底为装置保护区间，当提升机正常工作时，吊桶环顶部感应开关始终保持在原有位置，与吊桶上的永久磁铁间的相对位置保持不变，感应开关的常开点始终常开，发射机始终没有电源，无法发出信号，松绳装置也就始终不动作。当提升机发生松绳故障时，吊桶环会在吊钩的重力作用下绕着吊环和吊桶连接处的销轴向一侧转动，吊环上的感应开关也将随着吊环的转动发生相应的位置变化，感应开关和永久磁铁的相对位置也在不断变化，当达到预先调整好的位置时，串接在发射装置电源回路的接近开关常开点闭合，无线发射装置接通电源后进入工作模式，发出的信号被接收装置接收后经过信号处理器（放大器）处理并传输到相应的执行机构，提升机主控安全回路断电，同时发出声光报警，提升机得以安全制动，进而等待维修人员进行故障排查。



图 3 保护装置原理框图

### 结语

全程松绳保护装置保护范围从翻研平台到井底平台，解决了传统装置有效保护范围小的问题，排除了提升系统安全隐患。

由于提升钢丝绳大幅度的弹动导致保护装置误动作，存在维修人员解除保护的现象，全程保护装置避免了解除保护的现象。

松绳解除与复位组合开关避免了保护装置动作导致频繁启停提升机，保证了吊桶在翻研平台翻倒研石的效率。

粉尘和湿气导致井筒内的环境相对较差，需要做好发射装置的防护。

### [参考文献]

[1] 国家安全生产监督管理总局. 煤矿安全规程[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2016.

[2] 靳慧勇. 浅谈副斜井单滚筒缠绕式提升机光幕松绳保护装置[J]. 机电工程技术, 2018(7):4.

作者简介: 王圣辉 (1990-), 男, 安徽霍邱县人, 汉族, 硕士学历, 电气技术员, 研究方向为电力电子与电力传动。