

# Research and Application of Current Comparison Method in the Protection of Inclined Shaft Elevator Derailment

Xiaodong Li

Shandong Gold Group Xilin Gol League Shanjin Alhada Mining Co., Ltd., Xilin Gol, Inner Mongolia, 026300, China

## Abstract

Due to its inherent characteristics, the inclined shaft lifting system in mines uses steel wire ropes to pull the lifting container, which is then lifted and lowered on a downward slope of  $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$  through tracks. If the lifting container falls off during operation, it will have a significant impact on safety production, seriously affecting personnel and equipment safety. The paper discusses from the perspective of practical application the protection of the main and auxiliary inclined shaft elevators in our company by using the current comparison method to prevent the dropping of inclined shaft lifting containers. It abandons the traditional protection method of installing detection devices on inclined shaft lifting containers, solves the problem of difficult container dropping in inclined shafts, and plays a positive role in the safety of inclined shaft lifting operations.

## Keywords

inclined shaft lifting system; fall protection; electric current comparison method

# 电流比较法在斜井提升机掉道保护的研究与应用

李晓东

山东黄金集团锡林郭勒盟山金阿尔哈达矿业有限公司, 中国·内蒙古 锡林郭勒 026300

## 摘 要

在矿山的斜井提升系统因其固有特性, 提升容器通过钢丝绳牵引, 在向下倾斜  $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$  的斜坡上通过轨道做升降运行, 提升容器在运行中如果掉道, 对安全生产产生非常大的影响, 严重影响人员、设备安全。论文从实际应用的角度论述了对我公司主、副斜井提升机, 通过电流比较法对斜井提升容器掉道进行保护, 摒弃了在斜井提升容器上安装检测装置的传统保护方式, 解决斜井中提升容器掉道难以实现的难题, 对斜井提升作业安全起到了积极的作用。

## 关键词

斜井提升系统; 掉道保护; 电流比较法

## 1 引言

斜井提升系统因其建设周期短, 能够快速投入生产, 是矿山企业广泛使用的一种运输设备。斜井提升系统运行维护量远高于竖井, 斜井提升系统在运行中, 如果出现管理维护不到位或人为因素操作失误, 将有可能发生掉道事故, 轻则影响生产, 重则危及人身及设备安全, 斜井提升机的安全、可靠运行, 直接关系到企业的生产状况和经济效益。

## 2 概述

我公司斜井运输系统包括主斜井提升系统与副斜井提升系统。主斜井采用型号 2JK-2.5 $\times$ 1.5/11.2 双卷筒缠绕式提升机, 4m<sup>3</sup> 双箕斗提升方式, 斜井倾角  $33^{\circ}$ , 提升距离 481.5m, 提升速度 5m/s, 电控采用直流控制系统。副斜井

采用型号 2JK-2.0 $\times$ 1.2/20E 双卷筒缠绕式提升机, 采用串车带平衡锤提升方式, 斜井倾角  $26^{\circ}$ , 提升距离 610m, 提升速度 3m/s, 电控采用直流控制系统。

我公司主、副斜井担负着井下矿石、废石的主要运输任务, 如果出现斜井箕斗或矿车掉道, 将严重影响安全生产。因斜井提升系统的特性, 难以实现掉道保护功能, 运输中掉道保护是一个难题。

针对上述问题, 通过对我公司主、副斜井提升机运行数据的整理与掉道时数据进行对比, 经过反复的论证, 另辟蹊径采取电流比较法对斜井提升机掉道进行保护。

## 3 保护的设计思路

缠绕式提升机在斜井中运行时, 电机电流是一个连续变化的量, 负载固定时电流将随着钢丝绳收放进行变化, 缠绕时斜井筒内钢丝绳相对变短运行电流变小, 松开时斜井筒内钢丝绳相对变长运行电流变大。通过对提升机运行电流曲线的观察, 斜井提升机运行中发生掉道时, 运行电流会产生异

【作者简介】李晓东 (1981-), 男, 中国内蒙古兴安盟人, 本科, 工程师, 从事自动化控制研究。

常峰值波动，电流值远高于正常运行电流。可通过在一个时间段内采集提升机运行电流数据，进行平均值计算，然后通过提升机运行的实时电流与平均电流进行比较，如果实时电流大于平均电流一定范围，即可判定提升机运行异常，控制系统输出保护信号，提升机减速停机，实现掉道保护功能<sup>[1]</sup>。

## 4 程序框架设计

程序编写前，首先要确定编程软件，因厂家的不同、编程软件的不同，编写语法有所不同。论文以西门子博途 V14 平台进行编程，博途具有友好人机界面、丰富的编程指令库、便捷的编程操作等优点。

### 4.1 数据采样周期

数据采样周期由数据刷新时间与采样个数组成。

#### 4.1.1 采样刷新时间

采样刷新时间需要考虑 PLC 扫描周期，不同的 PLC 扫描周期不同，以西门子为例，S7-200SMRAT 系列 PLC 的扫描周期一般为毫秒级，而 S7-1200 系列扫描周期一般为微秒级以上，PLC 扫描周期决定着数据采集的最快速度。本保

护设定采样刷新时间为 50ms，设置时充分考虑数据采样稳定性。

#### 4.1.2 采样个数

设定采样个数主要是考虑提升机在斜井中运行，载荷固定时电流将随着钢丝绳收放进行变化，如不设定采样个数限制，全程进行平均电流计算时，提升机运行在不同位置时累积的平均电流值变化较大，影响计算结果。采样个数设定多少，根据提升机实际运行电流变化率进行调整，本保护设定为 50 个。

### 4.2 平均电流计算

通过设定的数据采样周期，对实时运行电流进行累加，同时累计采样个数，将累加的电流值除以采样个数得到历史平均电流，然后通过提升机运行实时电流值与历史平均电流进行比较，经逻辑判断后将比较的结果传送到保护输出部分。平均电流计算，应充分考虑提升机加速时电流的正常波动值，因此采样区间应设置在提升机等速运行段内，将提升机爬行段、加减速段屏蔽，为兼顾保护的稳定性与可靠性，需要设置合理的保护可靠系数<sup>[2]</sup>。平均电流计算如图 1 所示。

```

1 标题: 斜井提升机掉道保护
2 程序段 1:
3 注释:
4 功能: 斜井提升机掉道保护
5 软件: TIA博途V14
6 说明: 对提升机运行电流进行采样计算平均电流,
7 通过实时运行电流与平均电流进行比较,
8 实现运行状态相关掉道保护功能。
9 作者: 李海东
10 日期: 2024-03-10
11 作者: 李海东
12 单位: 哈尔滨工业大学
13
14
15 网络 1:
16 网络 1: sampling period
17 网络 2: start condition
18 网络 3: reset
19 网络 4: calculate average current
20 网络 5: "Q" := "掉道保护_1_05".pulse.pulse_1;
21 网络 6: Q := "掉道保护_1_05".pulse.pulse_1;
22 网络 7: IF "掉道保护_1_05".start AND "系统状态".频率准备_解除使能 AND "掉道保护_1_05".pulse.pulse_1
23 THEN
24 "掉道保护_1_05".cumulativeCurrent := "掉道保护_1_05".cumulativeCurrent + "运行参数".无级绳电机电流;
25 "掉道保护_1_05".countNumber := "掉道保护_1_05".countNumber + 1.0;
26 "掉道保护_1_05".averageCurrent := "掉道保护_1_05".cumulativeCurrent / "掉道保护_1_05".countNumber;
27 "掉道保护_1_05".comparisonVal := "掉道保护_1_05".averageCurrent * "掉道保护_1_05".k1;
28 END_IF;
29 网络 8: END_SECTION
30 网络 9: set coefficient
31 网络 10: protection signal output
    
```

图 1 平均电流计算

### 4.3 可靠系数整定

为确保保护功能的可靠性及灵敏，需在保护运算中加入可靠系数。提升机的运行电流随载荷大小而变化，电流值基数大时，可靠系数可适当设定的小一些，电流值基数小时，可靠系数需要设定得相对大一些。经过提升机运行中的反复测试，本保护中电流值大于 400A 时，系数取 1.13；电流值大于 300A 而小于等于 400A 时，系数取 1.25；电流值大于 200A 而小于等于 300A 时，系数取 1.35；电流值大于 100A 而小于等于 200A 时，系数取 1.5；电流值大于 50A 而小于等于 100A 时，系数取 1.8。当提升机空载时，主副卷筒钢丝绳在井筒内相对等长时，电流值会很小，有时趋近于 0，设置系数已经不能满足可靠性要求，因此在电流值小到一定值时，应设置一固定值，用于满足可靠性要求。经过现场测

试，本保护当电流值大于 30A 而小于 50A 时，设置固定值为 80A，电流值小于 30A 时，设置固定值为 60A。保护值设定如图 2 所示。

### 4.4 程序启动条件

保护程序的启动需要根据斜井提升机运行工况，进行相应的条件限定。斜井提升机运行时，基本保持两种运行状态，即全速提升状态和检修运行状态，基本无其他运行速度状态，考虑到斜井内只有检修及下放物料时采用低速运行状态，检修时会随时在井筒内停车等因素，因此低速运行状态下，保护不介入。当提升机有运行信号时，提升速度大于 4.7m/s 延时 2s 后保护条件启动，开始进行提升机运行电流的运算。在实际应用中可根据现场的实际情况加入启动条件以及调整设定值大小。

