

矿用提升机制动力检测研究

李令德¹, 朱龙辉¹, 郭迎福²

(1. 湖南煤矿安全监察局安全技术中心, 湖南长沙 410004; 2. 湖南科技大学潇湘学院, 湖南湘潭 411201)

摘要:通过对提升系统的动力学分析,提出了检测缠绕式矿用提升机制动力和总变位质量的原理和方法.在提升机低速等速运行时,对提升机进行安全制动,同时测量出提升距离和制动减速度,从而间接地计算出提升机制动力和总的变位质量,为提升机制动力和总变位质量的测量提供了新的方法.

关键词:制动力;变位质量;安全制动;提升机

中图分类号:TD534 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9102(2015)04-0052-04

Study of brake force detection for mining hoist

LI Lingde¹, ZHU Longhui¹, GUO Yingfu²

(1. Safety Technology Center, Hunan Provincial Supervision Bureau of Mining Safety, Changsha 410004, China;
2. School of Xiaoxiang, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: By the means of dynamic analysis of the hoisting system, this paper proposes a detection principle and method of total equivalent mass and brake force for mining hoist. When the mining hoist runs at a low speed and reaches the uniform speed, it uses the safety break, meanwhile it measures the elevating distance and the braking deceleration simultaneously. Thus, it can indirectly measures the hoist braking force and the total displacement quality, which has provided a new approach for the measurement of the mining hoist's brake force and the total displacement quality.

Key words: brake force; equivalent mass; safety break; mining hoist

提升机制动力矩是提升机能否安全运行的一个最关键的参数.通过理论分析和实际应用可以发现,过大的制动力矩会导致重载上提时的崩绳导致断绳事故,过小的制动力矩会导致重载下放时不能准确制动造成事故.因此,必须科学地、准确地进行提升机制动性能测试,看是否满足规程的要求,它对预防和杜绝故障及事故的发生,具有重要意义^[1].

在对提升机进行安全性能检测时,制动力矩的检测是不可缺少的项目.湖南煤矿安全监察局安全技术中心自2005年以来就开展了在用的矿用提升机检测检验,提升绞车的常用闸和保险闸制动时,所产生的力矩与实际提升最大静荷重旋转力矩之比 K 值不得小于3^[2-3].通用的制动力检测方法是:将提升机处在一个平衡位置的制动状态,把拉力传感器串接在滚筒和地面固定点之间,通过手动或者电动装置将闸瓦和闸盘的摩擦力体现在拉力传感器上.通过这种操作,可以准确的检测出提升机制动力进而计算出制动力矩.但是,在现场很难找到两个合适的固定点,检测过程又费时费力,而且只能测出提升机的最大静摩擦力.因此,需要有新的方法对提升机制动力进行检测,本文在提升系统动力学分析的基础上,提出通过测试提升机安全制动时制动减速度和制动距离,来间接检测出制动力.

1 提升机制动系统和制动力矩分析

提升机制动系统由制动器和传动机构组成,制动器是直接作用到制动轮或者制动盘上产生制动力

矩的机构,传递装置是控制并调节制动力矩大小的机构。目前制动装置的基本结构型式有块式制动和盘式制动装置两类,此外在小型绞车上还有少量的带式制动装置。提升制动系统的作用有正常工作制动、正常停车制动、安全制动和调绳制动。所有的制动器都是依靠摩擦力来提供制动力矩的。

摩擦力分为滑动摩擦力、滚动摩擦力和静摩擦力3种,前两者称为动摩擦力。动摩擦力是在运动过程中产生的,它和静摩擦力一样,受接触面的粗糙程度和接触面之间的正压力大小的影响。最大静摩擦力等于使物体刚要运动所需要的最小外力。通常采用的拉力法测试提升机的制动力的方法,实际上就是测试提升机制动系统的最大静摩擦力。上述测量制动力矩的方法其实测试的是制动系统的最大静摩擦力。动摩擦力一般而言比最大静摩擦力要小。提升机的安全制动是在提升机不正常或发生紧急事故时,迅速而及时的闸住提升机,避免事故的发生。所以测试安全制动闸即保险闸的制动力矩更为关键。保险闸是在提升机运转的状态下实施制动,其产生的力为动摩擦力,所以测试这个动摩擦力更为符合实际^[4-6]。

提升机的制动过程较为复杂,但基本上都是由空行程和制动2个阶段组成。空行程阶段,就是从施闸开始,到闸瓦与制动轮刚刚接触时的阶段。这个阶段闸瓦所经过的路程,称为空行程,其持续的时间,称为空行程时间。制动阶段,是从闸瓦和制动轮接触开始,到提升机停止转动的阶段。制动阶段所需要的时间为制动时间。制动时,制动力矩由零开始,增加到最大稳定值的时间和达到完全制动时起,到提升机停止转动为止的时间2部分之和^[7,8]。

提升机在遇到紧急情况时必须能安全制动。安全制动过程为:主电动机断电,保险闸立即作用抱紧闸轮,使提升机紧急减速并制动停止^[9]。提升系统在制动摩擦力作用下,速度减到零。

2 提升系统动力学分析

2.1 提升系统动力学方程

如图1所示,作用在提升机主轴上的力矩有电动机产生的拖动力矩 M ,提升系统的静阻力矩 M_j 和提升系统的惯性力矩 M_d ^[10]。根据达朗贝尔原理其力矩平衡方程为^[11]

$$M - M_j - M_d = 0. \quad (1)$$

目前,我国使用的提升机均为等直径,式(1)力矩平衡方程可以变为力的平衡方程,即

$$F - F_j - F_d = 0; \quad (2)$$

或

$$F - F_j - \Sigma ma = 0. \quad (3)$$

式中, F :电动机输出的拖动力,N; F_j :提升系统的静阻力,N; Σm :提升系统总变为质量,kg; a :提升机的加(减)速度, m/s^2 。

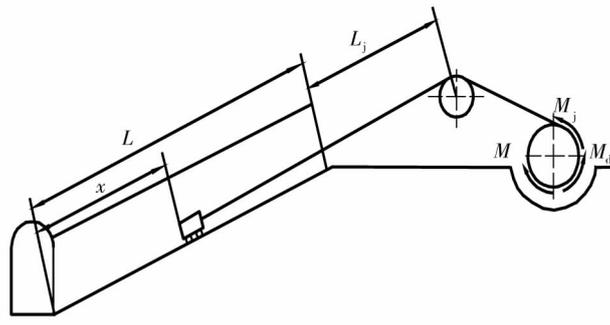


图1 斜井单钩提升系统示意图

2.2 提升系统静阻力计算

2.2.1 单钩提升

1) 斜井单钩提升

如图1所示,当提升容器运行至 x 时,提升系统的静阻力计算如下:

$$F_j = (m + m_z)g \sin \theta + (m + m_z)g \cos \theta f + m_p(L + L_j - x)g \sin \theta. \quad (4)$$

式中, m :提升货载质量,kg; m_z :提升容器自身质量,kg; m_p :提升钢丝绳每米质量,kg/m; θ :井筒倾角,(°); L :井筒深度,m; L_j :井筒出口到天轮之间的斜长,m; f :阻力系数; g :重力加速度, m/s^2 。

2) 立井单钩提升

如图2所示,提升系统的静阻力计算如下:

$$F_j = (m + m_z)g + m_p(H + H_j - x)g + \omega_s \quad (5)$$

式中, H :井筒深度, m ; H_j :井架高度, m ; ω_s :矿井阻力, N .

2.2.2 双钩提升

1) 斜井双钩提升

当提升容器运行至 x 时, 提升系统的静阻力计算如下:

$$F_j = mg\sin\theta + (m + 2m_z)g\cos\theta f + m_p(L - 2x)g\sin\theta \quad (6)$$

2) 立井双钩提升

如图3所示, 当提升容器运行至 x 时, 提升系统的静阻力计算如下:

$$F_j = kmg + m_p(H - 2x)g \quad (7)$$

式中, K : 矿井阻力系数, 对于箕斗 $K = 1.15$, 对于罐笼 $K = 1.20$.

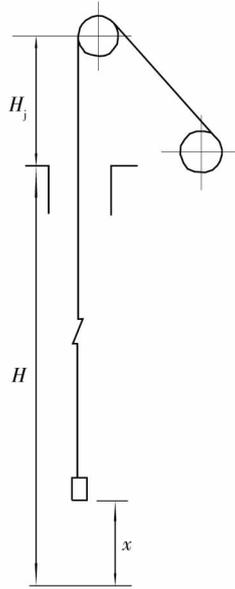


图2 立井单钩提升系统

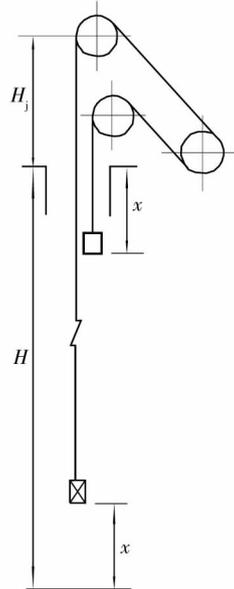


图3 立井双钩提升系统

对于立井有尾绳系统, 其静阻力为

$$F_j = kmg + (n_1 m_p - n_2 m_q)(H - 2x)g \quad (8)$$

式中, n_1, n_2 : 首绳和尾绳数量; m_q : 尾绳每米质量, kg/m .

3 制动力检测原理与方法

现以单钩斜井提升为例说明制动力检测原理, 根据以上分析, 将单钩斜井提升的静阻力表达式代入(3)式可得:

$$F - (m + m_z)g(\sin\theta + \cos\theta f) + m_p(L + L_j - x)g\sin\theta - \sum ma = 0 \quad (9)$$

由式(9)可知, 如果在提升的某个位置, 主电动机断电, 保险闸立即作用抱紧闸轮, 使提升机减速并制动停止, 从式(9)中得到制动力为

$$F_z = (m + m_z)g(\sin\theta + \cos\theta f) + m_p(L + L_j - x)g\sin\theta + \sum ma_z \quad (10)$$

式中, F_z : 制动力, N ; a_z : 制动减速度, m/s^2 .

由式(10)可知, 对于具体的提升系统, m, m_z, m_p, L, L_j 和 θ 都是已知的, 一般来说总变位质量 $\sum m$ 可以通过计算得到, 只要在某位置开始安全制动, 并测得此时的制动减速度 a_{zi} 和位置 x_i , 通过式(10)的计算就可以得到所要测的制动力. 但是对于有些矿井提升机资料不全, 无法计算总变位质量, 此时无法按上述方法进行测量计算, 对于这样的情况, 可以在选择2个不同的位置 x_i 和 x_j 分别测得减速度 a_{zi} 和 a_{zj} , 代入式(10)得到

$$F_{zi} = (m + m_z)g(\sin\theta + \cos\theta f) + m_p(L + L_j - x_i)g\sin\theta + \sum ma_{zi}; \quad (11)$$

$$F_{zj} = (m + m_z)g(\sin\theta + \cos\theta f) + m_p(L + L_j - x_j)g\sin\theta + \sum ma_{zj}. \quad (12)$$

在检测过程中, 闸轮与闸瓦的摩擦状态未改变, 所产生的制动正压力也是不变的, 可以认为在检测过程中制动力是不变化的, 也就是 $F_{zi} = F_{zj}$. 因此, 式(11)和式(12)式联立得

$$\sum m = \frac{m_p(x_i - x_j)g\sin\theta}{a_{zi} - a_{zj}} \quad (13)$$

将式(13)代入式(11)或式(12),就可以计算得到所要测的制动力.

同理,可以得到单钩立井提升系统的制动力为

$$F_z = (m + m_z)g + m_p(H + H_j - x)g + \omega_s + \sum ma_z; \quad (14)$$

总变位质量为

$$\sum m = \frac{m_p(x_i - x_j)g}{a_{zi} - a_{zj}} \quad (15)$$

同理,对于斜井双钩提升系统的制动力为

$$F_z = mg\sin\theta + (m + 2m_z)g\cos\theta f + m_p(L - 2x)g\sin\theta + \sum ma_z; \quad (16)$$

总变位质量为

$$\sum m = \frac{2m_p(x_i - x_j)g\sin\theta}{a_{zi} - a_{zj}} \quad (17)$$

同理,对于立井双钩无尾绳提升系统的制动力为

$$F_z = kmg + m_p(H - 2x)g + \sum ma_z; \quad (18)$$

总变位质量为

$$\sum m = \frac{2m_p(x_i - x_j)g}{a_{zi} - a_{zj}} \quad (19)$$

对于立井双钩有尾绳提升系统的制动力为

$$F_z = kmg + (n_1m_p - n_2m_q)(H - 2x)g + \sum ma_z; \quad (20)$$

总变位质量为

$$\sum m = \frac{2(n_1m_p - n_2m_q)(x_i - x_j)g}{a_{zi} - a_{zj}} \quad (21)$$

对于矿井提升机资料齐全,可以计算出总变位质量的提升系统,测量一次就可以计算出所求的制动力.在实际测量时,为了保证测量的精度,一般要进行多次测量,最后取它们的平均值做为最后的测量结果.对于不能计算出总变位质量的提升系统,两次测量就可以得出总变位质量,然后就可以得出所测的制动力,在实际测量时,为了保证测量的精度,一般要进行多次测量,如果测量 n 次,可以组合得出 C_n^2 个变位质量,最后取它们的平均值作为总变位质量,然后计算出每次测量的制动力,最后用这些计算值的平均值作为最后的制动力测量结果.

4 结论

1)单钩和双钩提升系统,均可以通过在 2 个不同位置进行安全制动,以牛顿第二定律为基础计算得到提升机系统的制动力.

2)算法可以不受现场测试条件制约,快速、准确检测到提升系统的制动力,进而计算出系统的变位质量.

参考文献:

- [1] 路金萍,闫巧枝,曲德臣. 矿井提升机制动性能测试技术的应用[J]. 煤矿机械,2006(9):177-178.
- [2] 国家安全生产监督管理局. 煤矿在用提升绞车系统安全检测检验规范[M]. 北京:煤炭工业出版社,2005.
- [3] 国家安全生产监督管理局. 煤矿安全规程[M]. 北京:煤炭工业出版社,2006:233-233.
- [4] 何晓群. 矿井提升机调速和控制系统的展[J]. 工矿自动化,2009(7):121-125.
- [5] 杨兆建,王勤贤,刘泽琴. 矿井提升机制动力矩动态测试方法研究[J]. 矿山机械,1996(4):11-13.
- [6] 崔大文,王宏伟,杨晓梅. 提升绞车制动力矩的测试[J]. 煤炭技术,1999(2):42-43.
- [7] 孙胜浩,刘红涛,李晓静. 提升机制动闸综合保护装置的设计与应用[J]. 矿山机械,2013(3):66-69.
- [8] 郭源君. 提升速度引起的安全问题[J]. 湘潭矿业学院学报,1994(3):51-53.
- [9] 曾盈,孙伟,孙浩. 矿井提升机盘形闸监控系统设计[J]. 工矿自动化,2012(6):93-95.
- [10] 毛艳秋,肖兴明,马驰,等. 提升机运动特性分析及仿真研究[J]. 矿山机械,2013(3):66-69.
- [11] 程居山,王昌田,李新平,等. 矿山机械[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1997:301-302.