

矿井提升机

技术性能测定与分析

王家栋 肖兴明 陈 军 编著
郑如意 肖志宽

中国矿业大学出版社

矿井提升机技术性能 测定与分析

王家栋 肖兴明 陈 军 编著
郑如意 肖志宽

H.....

中国矿业大学出版社

(苏)新登字第 010 号

内 容 提 要

本书重点介绍缠绕式和摩擦式立井提升机动态技术测定的技术要求、计算方法、测试方法、测试鉴定方法及测定结果分析计算。在测试手段方面着重介绍现场实用的九种测试方法和仪器。

本书可作为在各局、矿从事机电工作的工程技术人员、固定设备性能测试人员、提升机运转维护及操作人员的技术参考书,也可作为大、中专院校矿山机电专业教师、学生的参考书。

责任编辑 朱守昌

技术设计 周俊平

矿井提升机技术检测鉴定与事故分析
王黎林、黄兴明、陈/主
郑如意、肖志宽/参

中国矿业大学出版社

新华书店经销 中国矿业大学印刷厂印刷

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 4.5 字数 110 千字

1993 年 11 月第一版 1993 年 11 月第一次印刷

印数:1—1500 册

ISBN 7-81021-624-4

TH · 17

定价:3.50 元

前 言

矿井提升设备是机械和电气综合组成的机电一体化的大型设备,是矿井地面与井下生产联系的中枢。随着煤矿生产的集中化和大型化的发展,提升能力不断加大、运行速度越来越高、实际运转时间不断加长,因此对提升机运行的安全可靠要求也越来越高。为了真正做到提升机安全、可靠、经济地运行,不仅要进一步完善和加强各种保护及监控设备,更重要地是必须认真做好日常检修及技术性能测定工作,掌握设备的技术性能状态,及时发现缺陷,及时消除隐患,做到科学管理、科学使用,使提升设备能经常处于安全可靠地良好运行状态。

本书是以矿井提升系统运行理论及拖动控制理论为理论依据,按照《煤矿安全规程》对提升设备的技术规定及煤矿机电完好设备对提升机的要求,结合现场实际情况及我们对多种提升设备实际测定工作的经验编写成书的。

书中较系统地介绍了矿井提升设备有关测定部分的理论分析计算、实际测试及整定方法。其主要内容包括:矿井提升系统运动学及动力学参数的实际测定与分析计算方法;提升机制动系统工作参数的合理确定,实际工作状态各项参数的技术性能测定及其结果的分析验算;提升机电控系统中电机转子电阻验算,动力制动、低频制动与拖动的分析计算;可调闸回路及主要电气控制继电器的整定计算、调试及整定。

本书由王家栋、肖兴明同志主编,参加编写人员有陈军、郑如意、肖志宽同志。其中第二、三、十一、十二、十三章由王家栋同志编

写,第六、七、九章由肖兴明同志编写,第八章由陈军同志编写,第一、四章由郑如意同志编写,第五章由肖志宽同志编写,第十章由王家栋和肖志宽同志编写。本书的编写得到了中国矿业大学运输提升教研室同志们的帮助,并得到徐州矿务局机电处以及各矿的领导与有关同志们的帮助,在此深表感谢!限于编写者的水平,书中难免有误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

1992. 12

目 录

第一章 提升钢丝绳安全系数的验算	(1)
一、提升容器自重或载荷重力的测定	(1)
二、提升钢丝绳安全系数的验算	(2)
第二章 提升系统总变位质量及矿井阻力的测定	(4)
一、提升系统总变位质量的计算	(4)
二、提升系统总变位质量的测定	(5)
三、矿井阻力的测定	(8)
第三章 提升速度图的测定与验算	(10)
一、提升速度图的测定	(10)
二、提升速度图的计算	(13)
三、提升机加、减速度的验算	(16)
第四章 提升力图的测定及验算	(21)
一、测试原理	(21)
二、测试方法	(22)
三、提升力图的验算	(24)
第五章 交流拖动电动机功率验算与测定	(25)
一、电动机功率的验算	(25)
二、电动机功率的测定	(27)
第六章 起动电阻的计算及测定	(28)
一、起动电阻的计算	(28)

二、起动电阻的测定	(38)
第七章 控制系统继电器的测定	(40)
一、电流继电器和时间继电器的测定	(40)
二、电气测速回路继电器的整定	(49)
第八章 制动系统性能测定与验算	(54)
一、对制动装置的有关规定和要求	(54)
二、制动力矩的计算	(56)
三、制动装置工作参数的验算	(61)
四、制动系统的性能测定	(69)
第九章 摩擦提升机的测定特点	(83)
一、衬垫比压验算	(83)
二、钢丝绳与衬垫间摩擦系数的测定	(84)
三、钢丝绳与衬垫之间的滑动测试	(87)
四、钢丝绳张力平衡的测定	(90)
第十章 磁放大器的性能及特性调试	(94)
一、磁放大器的性能	(94)
二、可调闸磁放大器的特性调试	(99)
三、限速保护磁继电器 GSJ ₁ 的调整	(103)
第十一章 自整角机的工作原理与性能测定	(106)
一、自整角机的基本工作原理	(106)
二、自整角机的测定	(109)
第十二章 动力制动性能的调试	(111)
一、动力制动电动机的机械特性计算	(111)
二、动力制动磁放大器的调试(采用发电机组)	(115)
三、单相可控硅动力制动装置的调试	(117)
四、三相可控硅动力制动柜的调试	(119)
第十三章 低频制动及爬行的性能调试	(122)
一、提升电动机低频特性的计算(验算)	(122)

二、异步电动机在低频下的转矩	(123)
三、低频爬行机械特性曲线的计算与绘制	(125)
四、速度继电器释放电压的计算与整定	(127)
五、低频电源电压的调整	(130)
参考文献	(133)

第一章 提升钢丝绳安全系数的验算

为了对提升钢丝绳安全系数进行验算,应该了解提升系统的有关参数,如容器自重 Q_c ,提升载荷 Q ,矿车自重 Q_k 及钢丝绳的技术数据等。

一、提升容器自重或载荷重力的测定

用拉(压)或荷重传感器对提升容器、载荷称重,其原理是容器重力或载荷重力作用于传感器,使传感器产生应变,传感器应变使电桥输出电压(或电流)信号发生变化,电压(或电流)信号变化的大小与重力的大小成正比。根据所称重力大小来选择传感器的型号及量程,规格从几十牛到 1000 千牛均有。传感器的使用方法按厂家说明。

(一)用拉力传感器

对容器或负荷称重时,可把传感器一端用绳环与连接装置连接,传感器另一端通过导链挂到罐梁上,传感器通电调零后拉导链。当钢丝绳不受力时,拉力传感器的输出读数即是所称重力。其输出可以用直流毫伏表测量,也可用光线示波器记录,但应对光高进行标定。

(二)用压力或荷重传感器

采用这种方法时,应把容器提到井口水平以上一定高度停车,然后将井口用工字钢栅铺平,设法将传感器放置在工字钢栅上,传感器通电调零后,慢慢下放容器压在传感器上,并保持平衡,当提

升钢丝绳稍松弛不受力时,传感器的输出即表示所称重力的数值。

二、提升钢丝绳安全系数的验算

提升钢丝绳在正常工作中,除受到静张力的作用外,其内部还受有弯曲应力、扭转应力、接触应力等力的作用,多种复合应力的作用将大大降低钢丝绳的寿命。另外,磨损、腐蚀也是降低钢丝绳寿命,影响安全运行的因素。

由于诸多因素的影响,钢丝绳的寿命不能精确计算。为了保证安全可靠,对钢丝绳的选择验算,均采用安全系数法。即按钢丝绳的最大静张力并考虑一定的安全系数选择或验算钢丝绳。

(一) 钢丝绳最大静张力的计算

钢丝绳的最大静张力可根据矿上的有关技术资料或根据上述称重法测出的有关数据进行计算。计算公式参见表 1-1。

表 1-1 提升钢丝绳最大静张力的计算

项 目	系统类型 计算公式	单绳缠绕 提升系统	多绳摩擦提升系统		
			等重尾绳 $\Delta=0$	重尾绳 $\Delta<0$	轻尾绳 $\Delta>0$
最大静张力 $F_{j.m}(\text{N})$		$Q+Q_c+pH_c$	$\frac{(Q+Q_c)}{n_1}+pH_c$	$\frac{1}{n_1}(Q+Q_c)+pH_0+q(H+H_w)$	$\frac{1}{n_1}(Q+Q_c)+qH_w+P(H+h_0)$
附图			(表 1-1 附图) 		

注: Q ——容器有效载荷; Q_c ——容器自重; p ——主绳每米重力;
 q ——尾绳每米重力; H_c ——钢丝绳悬垂高度; H_w ——尾绳环高度;
 n_1 ——主绳根数; h_0 ——容器卸载位置到天轮中心线距离

(二) 提升钢丝绳安全系数计算

按安全系数法钢丝绳的实际安全系数为

$$m = \frac{Q_d}{F_{j\max}} \geq m_a \quad (1-1)$$

式中 Q_d ——钢丝绳中所有钢丝的破断力总和(N);

$F_{j\max}$ ——钢丝绳所受最大静张力(N);

m ——钢丝绳实际的安全系数;

m_a ——《煤矿安全规程》规定的钢丝绳安全系数,查表 1-2。

表 1-2 提升用钢丝绳的安全系数

用途		钢丝绳安全系数的最低值 m_a			
		单绳缠绕式提升系统		多绳摩擦式提升系统	
		新悬挂时	使用中	新悬挂时	使用中
专用于升降人员					
升降人员 和物料	升降人员时	9	7	9.2—0.0005 H_c	
	混合提升时				
	升降物料时	7.5	5	8.2—0.0005 H_c	
专用于升降物料		6.5	5	7.2—0.0005 H_c	

若按(1-1)式计算出的 $m < m_a$, 则应及时更换钢丝绳, 以确保提升系统的安全。

钢丝绳的钢丝有变黑、锈皮、点蚀麻坑等损伤时, 不得用作升降人员。钢丝绳锈蚀严重, 点蚀麻坑形成沟纹、外层钢丝松动必须立即更换。钢丝绳的使用、保管、维护检查试验等遵照《规定》执行。

第二章 提升系统总变位质量 及矿井阻力的测定

提升系统在加(减)速过程中其各个联动部件都要加(减)速,为了便于计算急惯性力,可把提升系统各运动部件的质量都变位到提升机滚筒圆周上,即线加速度为提升容器加速度的地方。变位的原则是必须保证变位前后动能相等。变位后全系统各变位质量的总和,称为提升系统的总变位质量 Σm 。在提升系统速度图、力图计算时,首先应该知道提升系统的变位质量 Σm ,才能利用有关公式进行验算。提升系统的总变位质量可以由计算或实际测定来确定。

一、提升系统总变位质量的计算

在提升机主电动机、天轮(导向轮)、容器、钢丝绳等技术数据齐全时,提升系统总变位质量可以通过计算确定,其公式为:

$$\Sigma m = \frac{1}{g} (Q + 2Q_z + n_1 p L_p + n_2 q L_q + 2G_{i,d} + G_j + G_d) \quad (2-1)$$

式中 Σm ——变位质量, kg;

Q ——载荷重力, N;

Q_z ——提升容器自重(罐笼提升时包括矿车), N;

n_1 ——主绳根数;

P ——主绳每米重力, N/m ;

L_P ——主绳实际悬挂长度, m ;

$$L_P = H_c + L_x + 3\pi D + L_B + L_S;$$

H_c ——悬挂高度, m ;

L_x ——钢丝绳弦长, m ;

$3\pi D$ ——摩擦圈长度, m ;

L_B ——围抱天轮部分钢丝绳长度, m ,

$$L_B \approx \frac{1}{2} \pi D_i;$$

L_S ——钢丝绳试验长度, m , 一般取 $20 \sim 30m$;

n_2 ——尾绳根数;

q ——尾绳每米重力, N/m ;

L_q ——尾绳实际悬挂长度, m ,

$$L_q = H + 2H_h$$

H_h ——尾绳环高度, m ;

G_t ——天轮的变位质量, kg ;

G_j ——滚筒的变位质量(包括减速器的变位质量, kg ;

G_d ——电动机转子的变位质量, kg ,

$$G_d = (GD^2)_d \frac{i^2}{D^2}$$

$(GD^2)_d$ ——电动机转子回转力矩, $N \cdot m^2$, (由电动机产品或出产厂家样本提供);

i ——减速器减速比;

D ——滚筒直径, m ;

g ——重力加速度, m/s^2 。

二、提升系统总变位质量的测定

目前, 矿井提升系统, 由于生产的发展, 产量增加, 一些老矿进

行了不少的技术改造,部分设备的更新改造后的参数指标与原有参数指标差异很大,况且有一些矿井其提升系统技术数据资料不全,因而无法通过计算确定其变位质量,所以,现场实际测定提升系统变位质量,既可验证提升系统技术数据的准确性和可靠性,又可测定计算出未知部分的变位质量,将技术数据资料补齐。故这项工作具有十分重要的实际意义,其应用价值也是显而易见的。

提升系统变位质量实测是以确定提升系统总变位质量 Σm 为目的,其方法步骤如下:

(一)用光线示波器记录速度图

光线示波器可以同时测出提升机的若干个动态性能曲线和参数,测试精度较高。(目前已比较广泛地使用,其型号较多,但建议使用 SC—16 型)。使用者在测试前应熟悉仪器的工作原理,掌握使用方法。开车之前作好测速度图的接线及其它必须的准备工作。

(二)记录下述参数值

- 提升载荷 Q (Q 值应称重或尽量准确);
- 两个提升容器的自重 Q_c (两个 Q_c 相同否);
- 提升速度 V (最好为 V_m);
- 提升高度 H ;
- 主绳和尾绳的根数及单重等。

(三)实际测量

使重载侧在井底,由下向上起动、加速、至等速(V_m 时)运行一段时间(具体视矿井提升系统而决定),然后将主令控制器手柄迅速搬到中间零位使主电动机断电,不要给闸,让提升系统自由滑行减速。待绞车将要停止(速度约为零时)施闸停车。

(四)计算变位质量

通过光线示波器记录下的加速、等速及减速过程的速度图(如图 2-1 所示),便可以计算出提升系统总变位质量 Σm 。

计算方法如下:

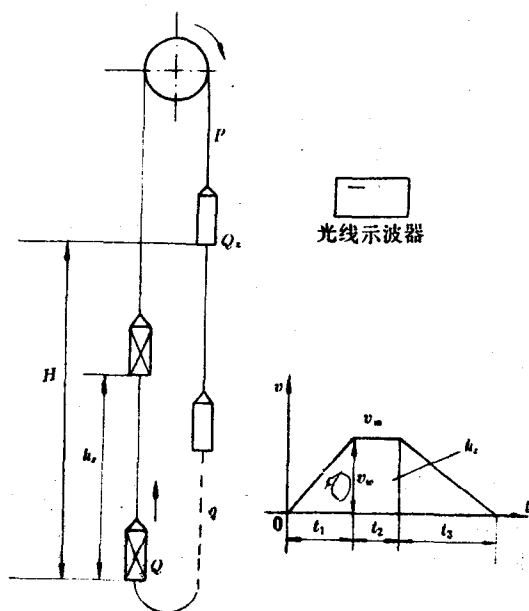


图 2-1 变位质量测定示意图

根据测定时使用的纸速和时标,由光线示波器记录图中可查出 t_1 、 t_2 、 t_3 值; v_m 由实测可知。

(1) 自由滑行减速度 a_3 的计算

$$a_3 = \frac{v_m}{t_3} \quad (\text{m/s}^2) \quad (2-2)$$

(2) 上升重载侧容器由加速开始,经等速到停车为止,所走的行程(距离) h_x 为

$$h_x = \frac{v_m}{2} (t_1 + t_3) + v_m t_2 \quad (\text{m}) \quad (2-3)$$

(3) 由动力方程式根据力的平衡得

$$\Sigma m = \frac{kQ + \Delta \cdot H - 2\Delta \cdot h_x}{a_3} \quad (\text{kg}) \quad (2-4)$$

式中 k ——矿井阻力系数:

箕斗提升为 1.15;

罐笼提升为 1.20;

Q ——两侧提升荷重之差, N;

Δ —— $n_1P - n_2q$, 即主绳与尾绳每米总重力之差, N/m。

上述测试计算方法的特点是:实测时要求矿上准备工作少,基本不用停车,简单方便,不影响生产。缺点是由于受提升载荷 Q 值不准确及阻力系数的影响,误差偏大,所以在实测时提升载荷 Q 值要经过称重,连续做几次,计算后取 Σm 的平均值。

三、矿井阻力的测定

为了消除矿井阻力对测定提升系统总变位质量 Σm 的影响,在矿井条件允许的情况下,可以用两种不同载荷分别做测定,由此可以计算出矿井阻力。

如第一次装载为 Q_1 ,第二次装载为 Q_2 ,且 $Q_2 > Q_1$ 时,其测定计算的方法步骤同上。

根据动力方程式可知,第一次载荷为 Q_1 时

$$0 = \Sigma m' \cdot a_1 + \frac{Q_1}{g} \cdot a_1 + \Delta \cdot H - 2\Delta \cdot h_{x1} - Q_1 - W_1 \quad (2-5)$$

第二次载荷为 Q_2 时

$$0 = \Sigma m' \cdot a_2 + \frac{Q_2}{g} \cdot a_2 + \Delta \cdot H - 2\Delta \cdot Hh_{x2} - Q_1 - W_2 \quad (2-6)$$

上两式中: W_1 和 W_2 为矿井阻力。两次测试 v_m 相同;

这时若认为两次测试时矿井阻力大致相等 $W_1 \approx W_2$;

$\Sigma m'$ 为不包括载荷 Q_1 及 Q_2 的提升系统变位质量, 则

$$\begin{aligned} & \Sigma m' a_1 + \frac{Q_1}{g} a_1 + \Delta \cdot H - 2\Delta \cdot h_{x1} - Q_1 \\ &= \Sigma m' a_2 + \frac{Q_2}{g} a_2 + \Delta \cdot H - 2\Delta \cdot h_{x2} - Q_2 \quad (2-7) \end{aligned}$$

经整理得

$$\Sigma m' = \frac{(Q_2 - Q_1) + \left(\frac{Q_1}{g} a_1 - \frac{Q_2}{g} a_2\right) + 2\Delta(h_{x2} - h_{x1})}{a_2 - a_1} \quad (2-8)$$

提升系统总变位质量 Σm 为

$$\Sigma m = \Sigma m' + \frac{Q}{g} \quad (\text{kg}) \quad (2-9)$$

式中 Q ——一次提升量, N。

在实测时: Q_2 取 Q ; Q_1 可取 $(\frac{3}{4} \sim \frac{1}{2})Q$ 。

将由(2-8)式计算得出的 $\Sigma m'$ 值代入(2-5)或(2-6)式; 即可得出矿井阻力 W , 即有

$$W = \Sigma m' a_1 + \frac{Q_1}{g} a_1 - Q_1 + \Delta \cdot H - 2\Delta \cdot h_{x1} \quad (2-10)$$

或

$$W = \Sigma m' a_2 + \frac{Q_2}{g} a_2 - Q_2 + \Delta \cdot H - 2\Delta \cdot h_{x2} \quad (2-11)$$