

矿山固定设备 技术测定

煤炭工业出版社

T D 44
1
3

BX21

矿山固定设备技术测定

主 编：周迺荣 严万生

编写人：朴承风 杨 永 李 纪

胡南强 杨毅兴 陈道夫

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书重点介绍煤矿主要固定设备及拖动这些机械的电动机、控制设备的技术测定方法、要求及其结果分析，并有技术测定实例。叙述时注意结合煤矿特点，它和制造厂单项设备测定有所区别。提升机方面，着重介绍缠绕式、摩擦式提升机的技术性能测定和安全保护装置的测定与调整；通风机方面，着重介绍了采取改变进风阻力的方法，测定风量、风压及轴功率，从而获得它的运转特性；水泵方面，着重介绍流量、扬程、水泵效率、管路效率和综合效率的测定；空气压缩机方面，着重介绍喷嘴、孔板、贮气罐法测定排气量和压力以及比功率；电气方面，着重介绍了电动机和电控设备的技术测定，以及频率变化时的换算。

本书可供矿山机电技术人员、固定设备操作维修人员及院校有关师生学习参考。



矿山固定设备技术测定

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ 印张 $14^{5/8}$

字数 386 千字 印数 1—13,000

1980年10月 第1版 1980年10月 第1次印刷

书号15035·2306 定价1.65元

前 言

为适应高速度发展煤炭生产建设的需要，对在煤矿生产建设中起重要作用的耗电量占很大比重的主要固定设备（包括提升机、通风机、水泵及空气压缩机）应定期进行技术测定，切实做到科学管理、合理使用、计划检修和安全运转，否则将造成严重浪费，甚至影响矿井安全生产。为保证设备的安全经济运转，摸清设备的性能并充分发挥其效能，及早发现它的缺陷和隐患，做到防患于未然，特组织编写本书。这本书可供各局、矿按本书介绍的测定方法，开展对固定设备的测定工作，对测定中发现的问题，及时加以解决，不断改善设备的运转状态，提高效能，减少事故。

本书是在总结交流技术测定经验和举办学习班的基础上，根据煤矿特点，编写而成的，某些方面与制造厂进行的单项设备的技术测定有所区别。

本书参加编写工作的单位较多，开始是由鹤岗、肥城、辽源、新汶矿务局和山东矿业学院拟编了初稿，后又进行了多次审改和补充，最后由辽宁省煤炭局负责，会同阜新矿业学院及阜新矿务局等单位修改定稿。在编写过程中，曾得到开滦煤矿、淮北、淮南、抚顺、本溪、北票、铁法矿务局及焦作矿业学院等单位的大力协助，提供了许多宝贵意见和资料，为此深表感谢。

该书出版后，还希广大读者提出批评意见，以便修订时改正。

目 录

第一章 缠绕式提升机技术测定	1
第一节 提升钢丝绳安全系数的验算	1
一、钢丝绳最大静荷重的计算	1
二、钢丝绳安全系数的验算	4
第二节 提升机静张力及静张力差验算	5
一、最大静张力的验算	5
二、最大静张力差的验算	5
第三节 运动学参数的确定	6
一、提升系统总变位质量的确定	6
二、提升加速度的确定	9
三、提升减速度的确定	11
四、斜井串车提升加、减速度的确定	13
五、最大提升速度的确定	13
六、爬行速度的测定	15
七、斜井提升串车数的确定	15
第四节 提升速度图的测定与验算	16
一、提升速度图的测定	16
二、提升速度图的验算	18
第五节 提升力图的测定与验算	29
一、提升力图的测定	29
二、提升力图的验算	30
第六节 交流异步电动机功率和提升能力的验算	36
一、电动机等效功率的验算	36
二、电动机过负荷能力的验算	41
三、提升能力的验算	41
第七节 起动电阻的测定	42
一、根据平均加速度计算起动电阻	42
二、电阻的选配	56
三、起动电阻的测定	61
第八节 继电接触控制系统控制继电器的测定	61

一、控制系统电流继电器 (JLJ) 的整定	61
二、控制继电器的测定	63
三、限速器的试验与修正	67
第九节 动力制动电源的测定	70
一、动力制动电源的验算	70
二、动力制动电源的测定	75
第十节 提升机制动装置的验算与测定	78
一、制动装置的验算	78
二、制动装置的测定	91
第十一节 缠绕式提升机技术测定实例	97
一、立井提升机技术测定实例	97
二、示波器的使用方法及示波图的分析	126
第二章 摩擦式提升机技术测定	139
第一节 提升钢丝绳安全系数的验算	139
一、钢丝绳最大静荷重的计算	139
二、钢丝绳的安全系数	140
第二节 提升机摩擦轮的测定	142
一、最大静张力和最大静张力差的验算	142
二、摩擦轮直径与钢丝绳直径之比的验算	143
三、摩擦衬垫比压的验算	143
四、钢丝绳与摩擦衬垫间摩擦系数的测定	144
五、钢丝绳对摩擦轮围抱角的测定	148
六、导向轮的测定	149
第三节 提升钢丝绳沿摩擦轮滑动及蠕动的测定	150
一、钢丝绳在摩擦衬垫上防滑条件	150
二、钢丝绳在摩擦轮上的蠕动	152
三、钢丝绳弹性伸长的测定	154
第四节 提升钢丝绳张力平衡状态的测定及调整	155
一、多绳提升钢丝绳张力不平衡的分析	155
二、钢丝绳张力和摩擦轮衬垫直径的测定	158
第五节 制动装置的测定与调整	166
第六节 多绳提升机技术测定实例	169
一、基础数据	169
二、提升钢丝绳安全系数的验算	170
三、提升机摩擦轮的验算	171

四、防滑系数的验算	171
五、钢丝绳弹性伸长的测定	172
六、制动力矩的验算	172
第三章 通风机技术测定	175
第一节 通风机的性能参数	175
一、标准大气状态	175
二、压力	176
三、风量	181
四、转速、功率及效率	182
第二节 通风机技术测定的布置	182
一、阻力调节方式	182
二、测点位置的选择	185
三、测量用的仪表和工具	188
第三节 通风机参数的测定	196
一、压力测量	196
二、风量测量	199
三、其它参数的测量	201
第四节 通风机性能参数的换算	202
一、标准状态的换算	202
二、无因次性能参数的换算	203
第五节 通风机测定结果的分析	204
一、通风机的实测工况	204
二、通风机系统漏风的分析	206
三、影响通风机效率的因素	209
第六节 通风机技术测定结果的整理和计算	211
一、在测定中实测的参数	211
二、通过通风机的空气密度	212
三、通风机的风量	212
四、通风机的压力	212
五、换算为标准状态下的参数	213
六、通风机的有效功率	214
七、通风机的效率	215
八、综合分析	215
第七节 通风机技术测定实例	216
一、轴流式通风机测定实例	216

二、离心式通风机测定实例	224
第四章 水泵技术测定	231
第一节 水泵技术测定的内容和方法	231
一、水泵技术测定的一般要求	231
二、水泵工作性能参数	233
第二节 水泵流量的测定	234
一、水堰	234
二、管式流量计	253
三、其它测定法	267
第三节 标准节流装置的设计和计算	271
一、标准节流装置的设计计算的程序和方法	272
二、标准节流装置设计计算的实例	283
第四节 水泵扬程的测定	286
一、总扬程的测定	286
二、排水垂高的测定	287
三、管路阻力系数的计算	287
第五节 水泵功率及效率的测定和计算	288
一、水泵功率的测定和计算	288
二、水泵和排水系统效率计算	289
第六节 测定结果的分析	290
第七节 水泵技术测定实例	291
第五章 往复式空气压缩机技术测定	296
第一节 空气压缩机技术测定内容	296
一、空气状态的基本参数	296
二、空气压缩机技术测定的主要内容	298
第二节 空气压缩机排气量的测定	298
一、喷嘴法	298
二、孔板法	304
三、贮气罐法	312
四、排气量的换算	315
第三节 其它测定项目	316
一、空气压缩机其它参数的测定	316
二、压气管网漏损排气量的测定	319
第四节 测定结果的分析	320

一、空气压缩机实际与理论运转的差异	320
二、对多变压缩指数 n 的分析	321
三、对测定结果的分析	322
第五节 空气压缩机技术测定实例	323
一、用喷嘴法测定实例	323
二、用贮气罐法测定实例	325
第六章 电动机技术测定	328
第一节 异步电动机技术测定	328
一、三相异步电动机技术性能指标的容差	328
二、异步电动机电气参数的确定	334
三、异步电动机参数测定	337
四、异步电动机最大力矩和最小力矩测量	367
五、仪表选用及测试注意事项	379
第二节 同步电动机的技术测定	380
一、同步电动机各种损耗的测定	380
二、同步电动机V型曲线($I=f(I_c)$)的测定	383
第三节 直流电动机技术测定	385
一、直流电动机参数的计算	385
二、直流电动机的技术要求	386
三、直流电动机的性能测定	389
第四节 控制用电动机及磁放大器技术测定	407
一、电动机放大机的测定	407
二、自整角机技术性能测定	417
三、磁放大器技术性能测定	421
第五节 频率变化对电气测定的影响及换算	429
一、异步电动机的等值电路及基本方程式	430
二、频变对异步电动机主要参数的影响	431
三、频率对异步电动机机械特性的影响	439
四、频率对电动机效率的影响	440

第一章 缠绕式提升机技术测定

矿井提升机的技术测定，包括井筒罐道的检查、井架天轮的检测、钢丝绳的检查、提升容器(包括连接装置)的检查，防坠器的检查试验、提升机机械部件的检测(如主轴的水平度，轴瓦间隙，减速器的轴、轴承和齿轮状况，联轴器状况，主电动机的轴承间隙，以及定子与转子间隙等检测)，提升机的动态测定等内容。

在上述各种检测内容中，除动态测定以外，其它各项都可以在提升机的大修、中修期间进行，故在本章中未予叙述，而只叙述与提升机的动态测定有关的内容，即机械部分有关参数的确定和验算，制动装置性能的测定，以及电气动态性能技术测定等有关内容。

第一节 提升钢丝绳安全系数的验算

提升钢丝绳在工作过程中，在其内部受各种各样的复杂应力，如拉伸应力、弯曲应力、扭转应力、以及接触应力等。一般来说，在上述应力的反复作用下，将引起钢丝的疲劳而导致钢丝绳的损坏，这是钢丝绳损坏的主要原因，钢丝绳的磨损及腐蚀也是钢丝绳损坏的原因。

直到目前，尚没有既完善又简便的计算方法来综合考虑上述各种应力，因此在我国提升钢丝绳的选用是按最大静荷重所产生的拉伸应力，并考虑一定的安全系数来进行计算的。

一、钢丝绳最大静荷重的计算

1. 立井

无尾绳系统：如图 1-1 所示，在 A 点处钢丝绳所受的静荷重最大，其大小按下式计算：

$$F_{\max} = Q + Q_z + pH_0 \quad (1-1)$$

式中 $F_{\max}$ ——钢丝绳最大静荷重 (kg)；

- Q ——一次提升有效载重量 (kg);
 Q_z ——容器自重, (包括连接装置重量) 对罐笼提升还包括一次提升的矿车总重量 (kg);
 p ——提升钢丝绳每米重量 (kg/m);
 H_c ——钢丝绳最大悬垂长度 (m)。

$$H_c = H_j + H_s + H_z \quad (1-2)$$

式中 H_s ——矿井深度 (m);

H_j ——井架高度 (m), 一般, 罐笼提升 $H_j = 15 \sim 20\text{m}$,
 箕斗提升 $H_j = 30 \sim 35\text{m}$;

H_z ——由井底车场水平至容器装载位置的距离, m, 一般
 罐笼提升 $H_z = 0$, 箕斗提升 $H_z = 18 \sim 25\text{m}$ 。

有尾绳系统: 设尾绳每米重量为 q , 如 $q > p$, 则如图 1-2 所示, 重容器位于井口卸载位置时, 在 A 点处钢丝绳所受的静荷重最大, 其大小按下式计算:

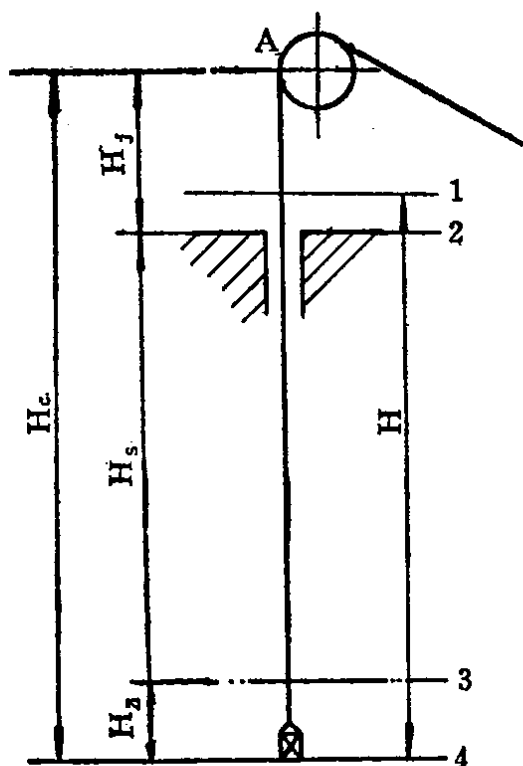


图 1-1 无尾绳时钢丝绳的计算示意图

1—卸载位置; 2—井口水平; 3—井底车场水平; 4—装载位置

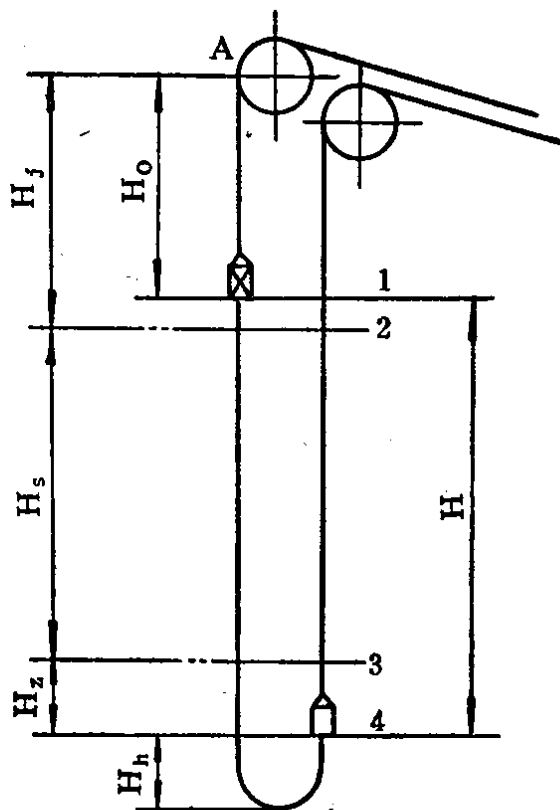


图 1-2 采用重尾绳时钢丝绳的计算示意图

1—卸载位置; 2—井口水平; 3—井底车场水平; 4—装载位置

$$F_{\max} = Q + Q_z + q(H + H_b) + pH_0 \quad (1-3)$$

式中 q ——尾绳每米重量 (kg/m);

H_0 ——由容器卸载位置至天轮中心的距离 (m);

H ——提升高度 (m);

H_b ——由容器装载水平至尾绳环底部的距离 (m)。

2. 斜井

如图1-3所示, 在A点处钢丝绳的静荷重最大, 其大小等于:

$$F_{\max} = n(Q + Q_z)(\sin\alpha + f_1\cos\alpha) + pL_c(\sin\alpha + f_2\cos\alpha) \quad (1-4)$$

式中 n ——一次提升容器数, 箕斗提升 $n=1$;

α ——井筒倾角 (坡度);

f_1 ——提升容器运动阻力系数。一般滚动轴承采用0.01~0.015; 滑动轴承采用0.018~0.03;

f_2 ——钢丝绳沿托滚和底板运动时的阻力系数, 一般采用0.1~0.2;

L_c ——钢丝绳最大倾斜长度(m)。

$$\text{箕斗提升时} \quad L_c = L_j + L_s + L_z \quad (1-5)$$

式中 L_j ——栈桥斜长 (井口至天轮中心的距离)(m);

L_s ——井筒斜长 (m);

L_z ——井底车场水平至容器装载位置的斜长(m), 对串车提升, $L_z=0$ 。

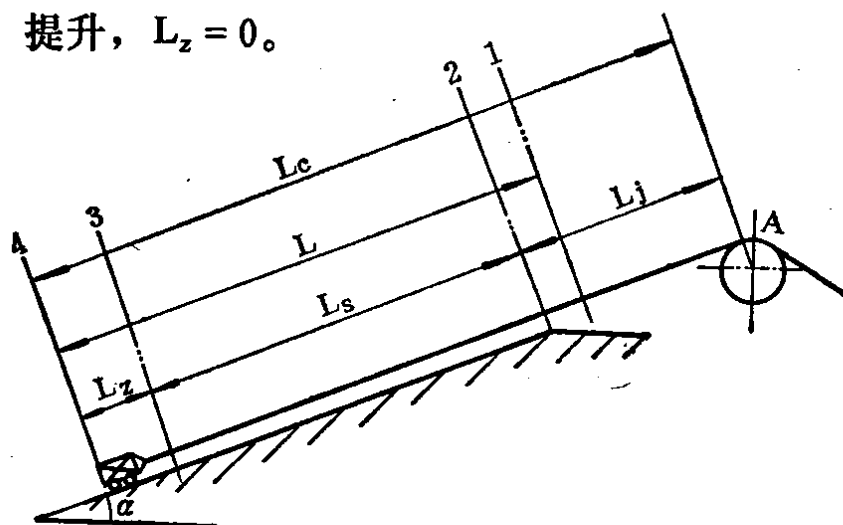


图 1-3 斜井提升时钢丝绳的计算示意图

1—卸载位置; 2—井口位置; 3—井底车场位置; 4—装载位置

当用 (1-4) 式计算斜井提升钢丝绳最大静荷重时, 容器载重 Q 应当根据现场实际按最重载荷来计算。同时, 要注意选取井筒倾角 α 的大小, 因为井筒倾角一般是有变化的。目前国内有三种选取 α 值的方法: 第一种方法是把容器的倾角和钢丝绳的倾角均按井筒的最大倾角进行计算, 这种算法不利于挖潜增产; 第二种方法是容器的倾角按井筒最大倾角来考虑, 而钢丝绳的倾角则按井筒的平均倾角来计算; 第三种方法是把井筒全长按其倾角大小分成几段, 分别计算容器和钢丝绳在各段上的 $F_{\max}$ 值, 然后从中选取最大的 $F_{\max}$ 值作为钢丝绳的最大静荷重。

二、钢丝绳安全系数的验算

钢丝绳的安全系数是指钢丝绳钢丝拉断力的总和, 与钢丝绳的计算静荷重之比, 即

$$m = \frac{F_s}{F_{\max}} \quad (1-6)$$

式中 F_s ——钢丝绳中钢丝拉断力的总和 (kg);

m ——钢丝绳的实际安全系数;

$F_{\max}$ ——用公式 1-1、1-3、1-4 算出的实际最大静荷重。

用公式 1-6 计算的钢丝绳实际安全系数 m 值, 一定要大于或等于《煤矿安全规程》(以下简称《规程》) 中规定的钢丝绳安全系数值。

《规程》规定, 对缠绕式单绳提升新钢丝绳在悬挂时的安全系数:

专为升降人员用的不得低于 9;

升降人员和物料用的钢丝绳: 升降人员时不得低于 9; 提升物料时不得低于 7.5;

专为升降物料用的不得低于 6.5;

《规程》还规定, 使用中的钢丝绳作定期试验时如果安全系数低于下列数值时, 必须更换:

专为升降人员用的低于 7;

升降人员和物料用的钢丝绳：升降人员时低于7；升降物料时低于6；

专为升降物料用的和悬挂吊盘用的低于5。

第二节 提升机静张力及静张力差验算

一、最大静张力的验算

提升机滚筒上所受的实际最大静张力必须小于提升机额定最大静张力：

$$F_{j\max} \leq F_{je} \quad (1-7)$$

式中 $F_{j\max}$ ——提升机实际最大静张力 (kg)；

F_{je} ——提升机额定最大静张力 (kg)；

实际最大静张力 $F_{j\max}$ 的计算：

1. 立井

$$F_{j\max} = Q + Q_z + pH \quad (1-8)$$

式中 H ——提升高度 (m) (见图1-1)。

2. 斜井

$$F_{j\max} = n(Q + Q_z)(\sin\alpha + f_1\cos\alpha) + pL(\sin\alpha + f_2\cos\alpha) \quad (1-9)$$

式中 L ——提升斜长(m)(见图1-3)。

二、最大静张力差的验算

提升机滚筒上所受的实际最大静张力差必须小于提升机额定最大静张力差：

$$F_{c\max} \leq F_{ce} \quad (1-10)$$

式中 $F_{c\max}$ ——提升机实际最大静张力差 (kg)；

F_{ce} ——提升机额定最大静张力差 (kg)。

实际最大静张力差的计算：

1. 对于罐笼及底卸式箕斗的立井提升

$$\text{无尾绳时} \quad F_{c\max} = Q + pH \quad (1-11)$$

$$\text{有尾绳时} \quad F_{c\max} = Q + (q - p)H \quad (1-12)$$

当 $q = p$ 时, $F_{cmax} = Q_0$ 。

2. 斜井

$$F_{cmax} = nQ(\sin\alpha + f_1\cos\alpha) + 2nQ_2f_1\cos\alpha + pL(\sin\alpha + f_2\cos\alpha) \quad (1-13)$$

当计算斜井提升的 F_{cmax} 时, 如果井筒倾角 α 有明显变化, 对倾角 α 的选择方法与验算钢丝绳安全系数时所做的说明相同。

对斜井单钩提升, 最大静张力差等于最大静张力, 按 1-9 式计算。

第三节 运动学参数的确定

在验算提升速度图和力图时, 需要预先确定一些主要的运动学参数, 这样才有可能利用速度图和力图的有关计算公式, 验算给定提升系统的速度图和力图。

一、提升系统总变位质量的确定

提升系统总变位质量是指提升系统各运动部件变位到滚筒圆周上的变位质量的总和。提升系统总变位质量 Σm 可由现场实测或计算来确定。

1. 总变位质量的测定

立井无尾绳底卸式箕斗提升系统总变位质量的实测方法: 当两个容器在井筒中处在离交逢位置上下约 30~50 米时切断电源, 则此时电动机的拖动力为零, 重载容器向上, 提升系统开始自由滑行减速, 等到提升容器的速度明显降低时 (或者完全停车), 测出这时的减速度 a (测出减速前后的速度和减速时间即可算出), 则用动力方程式可算出提升系统的总变位质量。

动力方程式为 $F = KQ + p(H - 2x) - \Sigma m \cdot a$

因为此时 $F = 0$, 同时近似认为 $x = \frac{H}{2}$, 所以

$$KQ + p\left(H - 2 \cdot \frac{H}{2}\right) - \Sigma m \cdot a = 0$$

$$\Sigma m = \frac{KQ}{a} \quad (1-14)$$

式中 K —— 矿井阻力系数。

这种实测方法的缺点是没有消除矿井阻力对测定的影响，因此误差较大。为了消除矿井阻力对测定的影响，可采用另一种测定方法，如图 1-4 所示。

当提升系统运行当中切断主回路电源时，提升系统的外力（阻力）应等于系统变位置量乘以加速度。对同一个提升系统来说，在图 1-4 中所示的两种情况可以认为所受的系统的阻力是相同的。

图 1-4 a 两侧的载荷是平衡的。当这个系统以某一速度运行时，在交逢位置附近切断电源，则系统就在阻力作用下自由滑行减速。如果忽略钢丝绳重量变化的影响，

$$T = \left(m + \frac{Q}{g} \right) a_0 \quad (1-15)$$

式中 T —— 系统的阻力；

m —— 不包括载荷的系统的变位质量；

a_0 —— 载荷平衡时自由滑行的减速度。

图 1-4 (b) 两侧的载荷是不平衡的。用同样的方法，当系统以某一速度运行时，在交逢位置附近切断电源，则系统就在阻力和载荷 Q 的作用下自由滑行减速。

如忽略钢丝绳重量变化的影响：

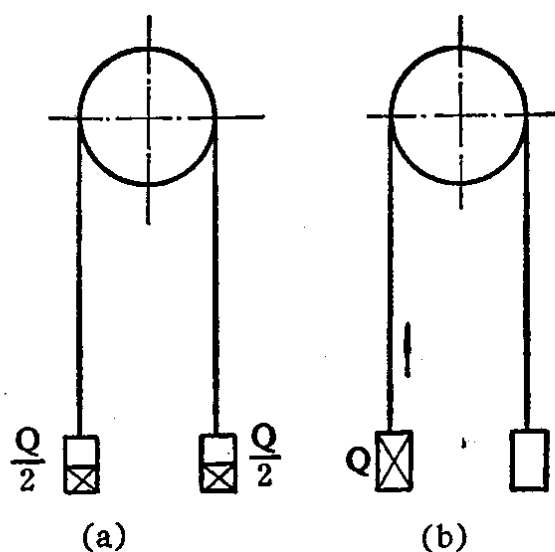


图 1-4 实测变位质量示意图

$$Q + T = \left(m + \frac{Q}{g} \right) a \quad (1-16)$$

式中 a —— 当载荷不平衡时自由滑行的减速度。

把 (1-17) 式代入 (1-18) 式，得

$$m = Q \cdot \frac{1 - \frac{a - a_0}{g}}{a - a_0} \quad (1-17)$$

当用上述方法测定变位质量时，只要准确地掌握装载重量，分别测出 a_0 和 a ，则可用1-17式计算出不包括载荷在内的系统的变位质量。实测工作要在两个容器交锋处附近进行较好，这样可以尽量减小钢丝绳重量变化的影响。实测时，可按不同的载荷做若干次，然后取平均值。

2. 总变位质量的计算

提升系统各运动部件的总变位质量 Σm 等于：

$$\Sigma m = \frac{\Sigma G}{g} \quad (1-18)$$

式中 Σm ——系统各运动部件对滚筒圆周的总变位质量 ($\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}$)；

ΣG ——系统各运动部件的总变位重量 (kg)；

g ——重力加速度， $g = 9.81 \text{ (m/s}^2\text{)}$ 。

下面以立井圆柱滚筒双容器提升为例，计算总变位重量：

$$\Sigma G = Q + 2Q_z + 2pL_p + qL_q + 2G_t + G_j + G_d \quad (1-19)$$

式中 Q ——一次提升量（载荷重量）(kg)；

Q_z ——提升容器自重（罐笼提升时包括矿车自重在内）(kg)；

L_p ——主绳的全长，(m)，可按下式计算，如果主绳的实际长度超过用下式计算的计算值，应按实际长度选取。

$$L_p = H_c + L_x + 3\pi D + L_B + L_S$$

L_x ——钢丝绳弦长(m)；

$3\pi D$ ——摩擦圈长度 (m) (D 为滚筒直径)；

L_B ——围抱天轮部分钢丝绳长度，为便于计算近似取

$$L_B = \frac{1}{2} \pi D_t$$