

进出口商品重量 鉴定学

进出口商品鉴定业务编写组



電子工業出版社

进出口商品重量鉴定学

进出口商品鉴定业务编写组

•

电子工业出版社出版（北京市万寿路）

北京仰山印刷厂印刷

•

开本：787×1092毫米 1/16 印张：18.5 字数467千字

1991年12月第1版 1991年12月第1次印刷

印数：3000册 定价：9.50元

书号：ISBN7-5053-1534-X/F·89

前 言

为适应我国对外经济贸易事业的发展,尽快培养商检鉴定业务的专业人材,我们于1987年国家商检局编写的《对外贸易公证鉴定》讲义的基础上,根据三年来的教学实践,结合各地近年的工作经验,重新编写了《进出口商品重量鉴定学》、《出口商品包装鉴定学》、《进口商品残损鉴定学》、《出口商品装载鉴定学》一套四册教材。

这套教材,已由有关方面专家审定通过,系国内首次出版,适合于经贸院校有关专业和商检系统干部培训之用,也可供外贸、运输、金融、保险等部门的各类人员参考。

这套教材是由国家商检局教育处和对外经济贸易大学商检专业共同组织编写的。由张鹤卿同志任主编,沈运泉同志任副主编。在编写过程中得到了国家商检局鉴定业务处等部门和各地商检局的大力支持。在此,表示衷心的感谢。

本书由汤宏兵、李明超、顾息林、石建国同志编写,于盛海、苏琪信、范巧生、刘耀威、杨士仁同志审定。

商检鉴定业务涉及面广,内容复杂多变,我们的理论水平有限,又因时间仓促,本书难免有错误和缺点,希望读者批评指正。

进出口商品鉴定业务编写组

1991年6月

目 录

第一章 衡器计量

第一节 衡器计重基础知识	(1)
一、有关定义与术语	(1)
二、质量与重量	(3)
三、弹簧秤与杠杆原理的应用	(9)
四、衡器的检定	(13)
第二节 衡器的种类及结构	(20)
一、天平	(20)
二、台秤	(25)
三、地中衡与轨道衡	(33)
四、电子秤	(39)
第三节 衡器计重	(59)
一、申请单证的审核	(59)
二、衡器的使用要求	(60)
三、计重方法	(61)
四、汇总计算处理	(63)
五、签发单证	(65)
六、衡器计重监督管理	(65)
第四节 误差	(65)
一、质量计量中的误差	(65)
二、有效数字运算问题	(70)
第五节 计算机在台案秤计重中的应用	(70)
一、程序依据	(70)
二、程序功能	(71)
三、主要技术指标与功能码作用	(73)
四、使用说明	(73)
五、打印结果的代表意义	(74)

第二章 水尺计重

第一节 水尺计重有关船舶知识	(80)
一、船舶尺度	(80)
二、水尺标记	(81)
三、载重线	(83)
四、船舶吨位	(87)
第二节 水尺计重的基本原理	(88)
一、船舶理论型线图	(89)
二、排水量	(90)

三、船型系数	(101)
四、浮心	(103)
五、漂心	(105)
六、稳心	(107)
七、纵倾力矩	(111)
第三节 水尺计重各项校正	(113)
一、船舶水尺校正	(113)
二、船舶拱陷校正	(117)
三、船舶纵倾排水量校正	(118)
四、港水密度校正	(126)
五、水油舱测深校正	(127)
六、水油密度校正	(131)
第四节 常用图表	(132)
一、总布置图与容积图	(132)
二、船首、尾水尺校正表或校正曲线图	(138)
三、排水量或载重量表	(139)
四、静水力曲线图	(142)
五、庞勒曲线图和菲尔索夫图谱	(144)
六、水油舱计量表及其纵倾校正图表	(147)
第五节 计重方法	(149)
一、水尺的测定、校正、计算	(149)
二、相应排水量或载重量计算	(152)
三、纵倾状态下排水量计算	(153)
四、港水密度测定、校正、计算	(157)
五、淡水、压舱水的测定、校正和计算	(158)
六、燃油的测定、校正和计算	(159)
七、污水的测算	(160)
八、核算船舶常数	(160)
九、其他货物重量的计算	(160)
十、载货重量的计算	(161)
十一、单证的签发	(162)
十二、计算机在水尺计重中的应用	(162)
第三章 容量计重	
第一节 概论	(166)
第二节 容量	(167)
一、容量的定义与单位	(167)
二、计量容器的检定与容量表的编制	(168)
三、容量的测定	(181)
四、容量的计算	(202)
第三节 密度	(207)
一、密度、比重和API重度	(207)
二、密度的测定	(210)

三、密度换算	(219)
第四节 温度	(221)
一、温标与温度	(221)
二、温度对密度与体积的影响	(223)
三、温度测量	(227)
四、温度的换算	(229)
第五节 重量计算	(229)
一、重量的计算方法	(229)
二、我国与国际石油、石油产品计量标准的差异	(234)
三、工作记录与单证签发	(236)
四、计算机在容量计重中的应用	(238)
五、具体问题的处理与注意事项	(239)
第六节 容量计重的操作安全要求	(240)
一、石油、石油产品和液体化工品的理化性质	(240)
二、安全注意事项	(242)
第四章 流量计计重	
第一节 流量计计重的基础知识	(243)
一、流体、流量与计量单位	(243)
二、流量计的种类、流量范围和代号	(244)
三、流量计的检定	(246)
第二节 流量计的工作原理、选择和使用	(256)
一、流量计的工作原理	(256)
二、流量计的选择和使用	(265)
第三节 流量参数的变化对容积式流量计性能的影响	(271)
一、容积式流量计的误差特性	(271)
二、压力损失特性	(273)
三、流体温度和压力的变化对体积流量计量的影响	(274)
四、流体粘度和误差的关系	(274)
五、流体密度和误差的关系	(275)
第四节 流量计计重	(276)
一、商检机构在出口原油计重工作中的作用	(276)
二、流量计计重的技术要求	(276)
三、原油密度和含水量的测定	(277)
四、商检机构对流量计计重的监督检查	(278)
五、油量计算	(280)
六、流量计计重注意事项	(283)

第一章 衡 器 计 量

一切商品的生产、运输、分配和消费，既要考虑它们的品质，又要考虑它们的数量，而且主要以产量、运量、消费量等数量指标作为编制计划、制订政策和计算各种费用的基础。对外贸易的计划、成交、报关纳税、运输、结汇等都是品质为条件，数量为基础的。其中90%以上又都是以商品的重量直接或间接表示商品数量的。

商品的计重就是根据其特点、批量、包装、运输和价值等因素，采用不同的计重方式来求得商品的重量。如部分大宗散装商品采用水尺计重方法；大宗液态商品采用容量计重方法；包装、裸装和部分散装商品采用衡器计重方法等。

衡器计重是进出口商品鉴定业务的主要项目之一。所谓“衡器计重”，就是使用准确的衡器，采用科学的方法，通过正确的操作，确认商品的准确重量。进出口商品的计重，应根据商品的不同包装及其特点，选用相应规格、性能的衡器进行。

第一节 衡器计重基础知识

一、有关定义与术语

测定和测定结果 为确定被测对象的量而进行的实验过程称为测定。由测定而得到的被测量的值称为测定结果。

量的真值和约定真值 被观测的量本身所具有的真实大小称为量的真值。为使用目的而采用的量的真值的近似值称为约定真值。

测定误差 测定结果与被测量的真值之间的差异称为测定误差。以测定结果减去被测量的真值所得的测定误差称为绝对误差；绝对误差与被测量的量值之比即相对误差。多次测定同一量，测定误差不变或有规律地变化，那么这个测定误差就称做系统误差；相反测定误差以不可预见的方式变化则叫随机误差。

算术平均值($\bar{X}$) 在相同条件下，对某一量进行几次测定，取其算术平均而得到的该量的值称为算术平均值。

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \cdots + X_n}{n} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (1-1)$$

一般情况下，在等精度测量中测定的算术平均值是测定结果的最佳值，是被测量的真值的近似值。

在测定过程中，测定列中各相应测定值的可靠程度不同，我们将某一测定值的可靠程度称为权（即权重的意思）。所以，权就是该测定值在整个测定列中出现的概率。

在算术平均值的计算中引入权的概念，这样就得到所测量值的加权算术平均值($\bar{X}_p$)。

$$\bar{X}_p = \frac{P_1 X_1 + P_2 X_2 + \cdots + P_n X_n}{P_1 + P_2 + \cdots + P_n} = \frac{\sum P_i X_i}{\sum P_i} \quad (1-2)$$

残差 (偏差)、标准差、标准误 测定列中测定结果与其算术平均值之间的代数差称为残差 (偏差)。有的教科书中也称为离差即偏离平均值的程度。

$$\text{即 } v_i = X_i - \bar{X}$$

其中 X_i 为各测定结果; v_i 为残差。

因为残差和在同一测定列中恒为零, 所以人们以残差平方和来表示测定列中总偏差。总偏差除该测定列中的自由度即为方差 (S^2), 将方差开方即得该测定列中单次测定的标准偏差 (S), 也叫标准差。

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (1-3)$$

$$\text{或} \quad S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum P_i (X_i - \bar{X}_0)^2}{\sum P_i - 1}} \quad (\text{其中 } \sum P_i = n)$$

同样可以得出, 方差除以测定次数再开方即为该测定列的算术平均值的标准偏差, 也叫标准误 (S_r)。

$$S_r = \frac{S}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n(n-1)}} \quad (1-4)$$

$$\text{或} \quad S_r = \sqrt{\frac{\sum P_i (X_i - \bar{X}_0)^2}{(\sum P_i - 1) \sum P_i}} \quad (\text{其中 } \sum P_i = n)$$

后一式是采用加权算术平均值的情况。

测定列中单次测定和算术平均值的极限误差 极限误差为一个限界, 测定列中任何一次测定或其算术平均值的误差不超过该限界的概率为 P , 超过该限界的概率可忽略。

一般来说, 单次测定的极限误差可用标准差和数 t (不限整数) 的乘积计算。

在误差为正态分布的情况下, 对于次数足够多的测定, 常用 $t=3$, 这相当于测定列中, 误差不超过 $e_1 = 3S$ 和 $e_2 = -3S$ 值的概率 $P = 99.73\%$ 。

测定中所有系统误差和极限偶然误差的总合叫测定的总合误差 (综合极限误差)。这种误差表示测定误差的极限。

精密度、正确度、准确度 精密度表示测量结果中随机误差大小的程度。正确度表示测量结果中的系统误差大小的程度。准确度表示测量结果中系统误差与随机误差的综合, 表示测量结果与真值的一致程度。

不确定度 表示由于测量误差的存在而被测量值不能肯定的程度。

计量器具的示值误差 量具的标称值和真值之间的差值。

计量器具的基本误差 计量器具在规定的正常工作条件下所具有的误差。

计量器具的允许误差 对计量器具所允许的误差界限。

计量器具的偏差 表示计量器具实际值对于标称值偏离的程度, 即偏差 = 实际值 - 标称值。

量程 测量范围上限值和下限值之差。

有关测定的其他概念 由于不正确的测定操作而引起的歪曲测定结果的误差是疏失误差，它常常是粗大的误差。在实际相同的测量条件下（如同一种方法，同一观测者，用同一种计量器具，在同一实验室内，于很短的时间间隔内）对同一被测量的量作多次测定时，其测量结果间一致的接近程度叫测量的重复性，而在不同测量条件下（如用不同的方法，不同的计量器具，由不同的观测者，在不同的实验室内，在比单次测定持续时间长得多的时间间隔后），对同一被测的量进行测量时，其测定结果相互间的一致程度叫测定的再现性。测定的重复性说明测定方法的可靠性，测定的再现性说明测定结果的可靠性。

对于计量器具也有所允许的误差界限，叫做计量器具的允许误差，使用的计量器具还有一个灵敏度的问题，对被测量为给定数值的计量器具的灵敏度，是用被观测变量的增量 dl 与其相应的被测量的增量 dg 之商 R 。

$$R = \frac{dl}{dg} \quad (1-5)$$

二、质量与重量

（一）质量 质量是物体的根本属性，是物体中所含物质的总和。一切物体都具有两种重要的物理属性：产生引力场和具有惯性。因此物体的质量也具有两种属性，而且这两种属性是密切相关的。

1. 引力质量。物体都是引力场的源泉，都能产生引力场，也都受引力场的作用。因此，物体就具有了引力质量。物体的引力质量这一属性是通过著名的万有引力定律表现出来的。

万有引力的数学表达式是：

$$\vec{F}_{21} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \vec{r}_0 \quad (1-6)$$

式中 $\vec{F}_{21}$ —质点 1 对质点 2 的万有引力；

G —万有引力常数；

$m_1 m_2$ —分别为质点 1 和质点 2 的引力质量，代表两质点各自产生引力场和受引力作用的本领；

r —两质点间的距离；

$\vec{r}_0$ —方向为从质点 1 指向质点 2 的单位矢量。

式中负号表示 $\vec{F}_{21}$ 的方向与 $\vec{r}_0$ 的方向相反，指向质点 1，也就是表示质点 2 受到质点 1 的引力。

万有引力定律表明，任何两质点之间都存在着一种相互的吸引力，该力的方向沿着两质点联线的方向，大小与两质点引力质量的乘积成正比，与它们之间的距离的平方成反比。

万有引力定律是对两个质点的相互作用而言，所以应用时必须把物体作为质点来考察。对质量分布均匀的物体，可以直接用式（1-6）来计算它们之间的引力，此时的 r 为两物体质心间距离。对质量密度分别为 $\rho_1(\vec{r}_1)$ 及 $\rho_2(\vec{r}_2)$ 的两个物体，如果 $\vec{r}_1$ 、 $\vec{r}_2$ 分别表示两物体各质点的位置矢量， V_1 、 V_2 为两物体各质点所代表的体积，则该两物体间的万有引力为：

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} = -G \int_{V_2} \rho_2(\vec{r}_2) dV_2 \int_{V_1} \frac{\rho_1(\vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^2} (\vec{r}_2 - \vec{r}_1) dV_1 \quad (1-7)$$

2. 惯性质量。物体的惯性质量就是物体抵抗外力改变其原有的机械运动的本领，它通过牛顿第二定律表现出来。

牛顿第二定律的数学表达式是：

$$\vec{F} = KM \frac{d\vec{V}}{dt} = KM \vec{a} \quad (1-8)$$

式中 $\vec{F}$ —作用于物体上的合外力；

K —比例系数。它的数值决定于 $\vec{F}$ 、 M 、 $\vec{V}$ 、 $\vec{a}$ 的单位。如果选择 CGS 制或 SI 制则

$$K = 1;$$

M —物质的惯性质量，用来表示物体的惯性大小；

$\vec{V}$ —物体的运动速度；

$\vec{a}$ —物体运动的加速度。

牛顿第二定律说明，物体动量的变化率（即 $dK = M d\vec{V}$ ）与作用在物体上的合外力成正比，而物体的动量则是物体的惯性质量与物体运动速率之积（ $K = MV$ ）。或者说物体加速度的大小与作用在物体上的合外力成正比，与该物体的惯性质量成正比。

3. 引力质量和惯性质量的比较。首先，物体的引力质量和惯性质量是在不同实验事实的基础上定义出来的。它们用来量度物体两种不同的性质：引力质量用来量度物体和其他物体相互吸引的性质；惯性质量用来量度物体的惯性大小。

在实际衡量工作中，用天平和秤称量出来的是引力质量，用质谱仪测量出来的是惯性质量。以国际计量局中保存的国际千克原器作为引力质量的单位，称为一千克（kg）。其他物体的引力质量，通过与国际千克原器的引力质量进行逐步比较而确定。

其次，物体的引力质量和惯性质量之间存在密切的联系。迄今为止，许多高度精密的实验表明，在实验精度范围内，任何物体的引力质量同它的惯性质量成严格的正比关系。

假设所研究的物体只受一个引力场作用，不存在其他任何力的作用，在此引力场的唯一作用下，物体将得到一个加速度，这个加速度与物体的材料和物理状态都毫无关系。

按照牛顿第二定律，有

$$(\text{力}) = (\text{惯性质量}) \times (\text{加速度}) \quad (1-9)$$

根据万有引力定律，有

$$(\text{力}) = (\text{引力质量}) \times (\text{引力场强度}) \quad (1-10)$$

由式（1-9）和式（1-10）可得：

$$\frac{(\text{加速度})}{(\text{引力场强度})} = \frac{(\text{引力质量})}{(\text{惯性质量})} \quad (1-11)$$

所以引力质量和惯性质量成正比。如前假设，加速度仅由引力场产生，则该物体加速度与所受引力场强度在 SI 制或 CGS 制时是相等的，这时引力质量等于惯性质量。即 $m = M$ 所以平时计算时用到质量概念时，不再区分引力质量和惯性质量。

4. 现代质量观自从爱因斯坦发现相对论，经典的牛顿力学受到冲击，相对论理论认为

物体的质量与运动速度有关。

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \quad (1-12)$$

式中 m —物体的质量；

m_0 —物体的静止质量（即经典质量）；

V —物体运动的速率；

c —光速。

但是，在日常质量计量工作中，遇到的物体运动，其速率一般很小，与光速相比可以忽略不计， $\frac{V^2}{c^2} \approx 0$ ，所以 $\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}} = 1$ 可以忽略运动对质量的影响。

（二）重力和重量 地球上物体所受的重力是宇宙中所有其他物体作用在该物体上的万有引力的合力和因地球自转而引起的作用在物体上的惯性离心力的矢量和。与地球对物体的万有引力相比，来自宇宙的其他万有引力要小得多，可以忽略不计，所以物体所受的重力就是地球对该物体的万有引力与惯性离心力的矢量和。

根据牛顿第二定律，物体受力时必须产生沿该受力方向的加速度，所以受重力作用的物体也必定产生一个加速度，这个加速度就叫重力加速度。表达式：

$$\vec{W} = m\vec{g} \quad (1-13)$$

式中 $\vec{W}$ —物体所受的重力；

m —物体的质量；

$\vec{g}$ —重力加速度。

地球不是标准的圆球，而且还有高山盆地，重力与万有引力有关，所以不同海拔处同一物体所受重力不同；重力与物体受地球自转惯性离心力有关，所以不同纬度同一物体所受重力也不同。这就是地球上各点重力加速度不同的原因，因为从式（1-13）中可以看出重力与重力加速度成正比关系。

但是按一般计算精度，不需要我们求出每一点的重力加速度进行重力计算，而习惯用标准重力加速度值，即1901第三届国际计量大会通过的北纬45°海平面处的重力加速度值 $g = 9.80665 \text{ m/s}^2$ 。

物体受重力的大小叫物体的重量。所以物体的重量在地球上不同点的数值也是不同的。重力和重量的区别是：前者是矢量，后者是标量。

根据物体的质量和重力加速度值，我们可以方便地求出物体的重量（ $W = mg$ ）。

在CGS制和SI制中，重量的单位分别是达因和牛顿，即力的单位。1牛顿等于使1千克的质量产生1米每秒平方的加速度的力值。

几个换算关系：

1 牛顿 = 1×10^5 达因

1 牛顿 = 0.101972 千克力（千克重）

1 千克力（千克重）= 9.80665 牛顿

其中千克力（千克重）是习惯上为方便计算，把质量视为重量时定义的单位。日常生活

和贸易中提及某物体的重量并不说“某千克力”，而称“某千克”，这并不是把质量和重量概念混淆了，只是不严密的提法而已。

(三) 质量和重量的区别 质量和重量是有区别的：

1. 定义不同。质量是物体所具有的重要的物理属性。在某种情况下，它可以用来度量物体的惯性大小，在某种情况下，它又可以用来量度物体间相互吸引的性质。

重量则是用来表示重力的大小，是一个力——重力的值。也就是说，重量表示地球对物体的万有引力与因地球自转而引起的作用在物体上的惯性离心力的合力的值。物体的重量等于该物体的质量与重力加速度值的乘积。

2. 变化规律不同。在物体运动速度远远小于光速时，物体的质量永远是个恒量，不随时间、地点和环境条件的不同而变化。

物体的重量却随地球的地理纬度和海拔高度而定，是地球重力场的位置函数。

3. 单位不同。在CGS制或SI制中质量是基本单位，重量是导出单位。

(四) 质量单位和质量计量。

1. 质量的国际单位和质量计量。质量的国际单位是“千克”，它是用“国际千克原器”所具有的质量值来表示的。

质量计量就是借助天平与秤这一类专门测量仪器（有时还需添加质量值已知的标准砝码），采用直接测量法或闭环组合测量法等实验方法，为求出被检物体和国际千克原器所具有的质量的对应值而进行的一系列的实验工作。简言之，就是确定物体质量量值而进行的一组实验测量工作。

质量计量有三大要素：天平或秤、千克原器或砝码和衡量方法（实验方法）。

因为国际千克原器是目前世界上复现质量单位的唯一“实物”，所以质量计量在国际计量局是用国际千克原器检定的，而在各国则是用国际千克原器的复制品来检定的。所以，所谓质量计量的精密化问题，就在于如何使千克原器和砝码，砝码和被检物体各自更精密地相对应。

2. 国际千克原器。贸易的发展，迫切要求统一的计量单位。1799年，法国对温度为4℃时，标准大气压下的一立方分米的纯水的质量定义为质量单位，称为“千克”。根据测量结果，制造了一个千克基准，并存放在国家档案局。这个千克基准很快为各国所接受，这就是“档案局千克”。

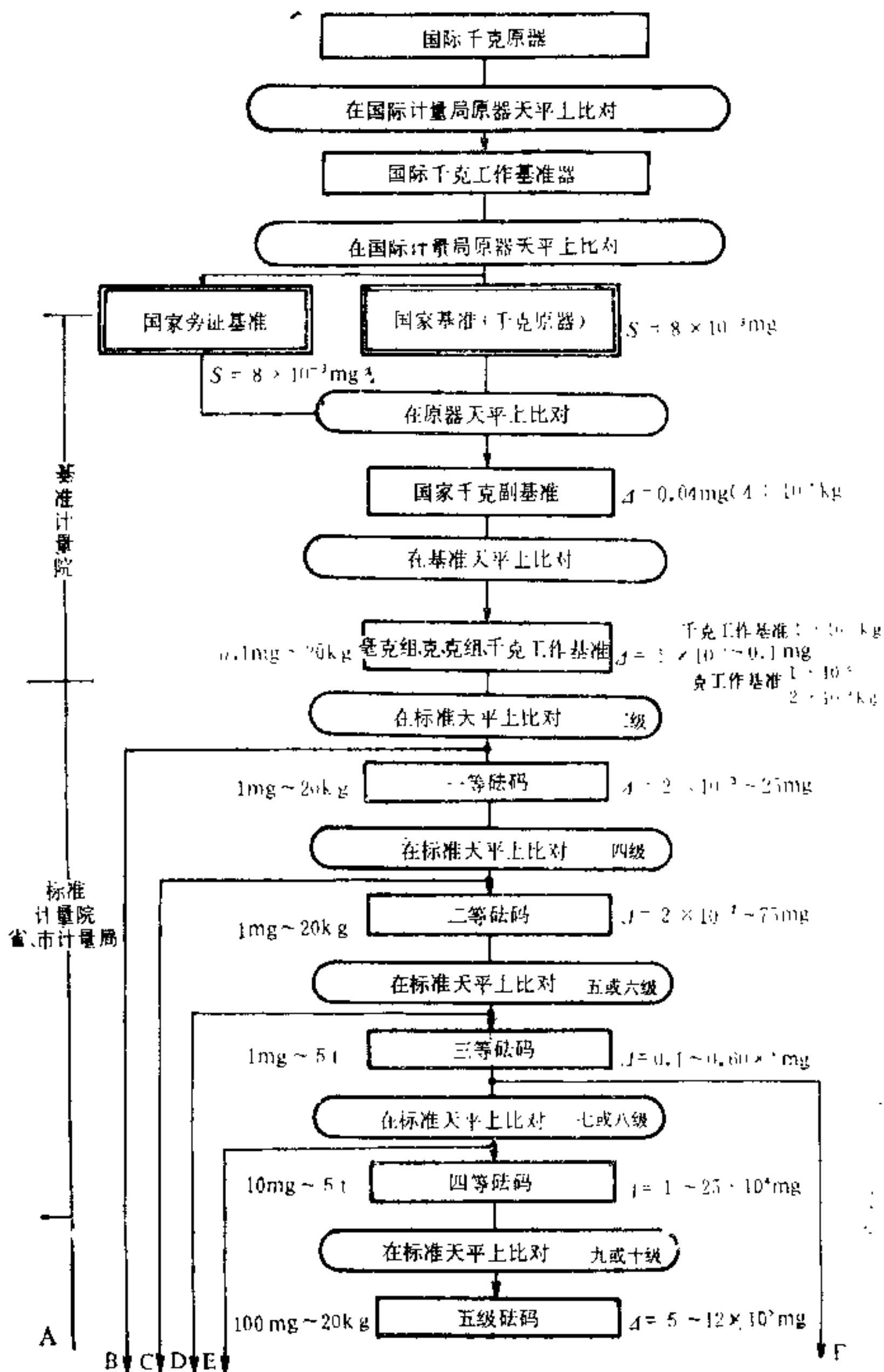
后经精密的测量发现，档案局千克与理论千克存在差别，档案局千克等于1.000028立方分米最大密度的纯水的质量，而不是精确等于一立方分米的水的质量。当时的学者认为：基于物质标准器的单位要比基于“自然”的单位可靠得多，因为“自然”单位的复制，不能象根据物质基准器制造副原器时及确定副原器大小时所能达到的那种精密度。因此，1975年5月在巴黎举行的米制会议决定放弃千克的理论定义，采用法国档案局所保存的“档案局千克”作为国际质量单位。按“档案局千克”制作一批复制品，取其中最接近“档案局千克”质量的一个复制品作为国际千克原器，把千克定义为“等于国际千克原器的质量”。

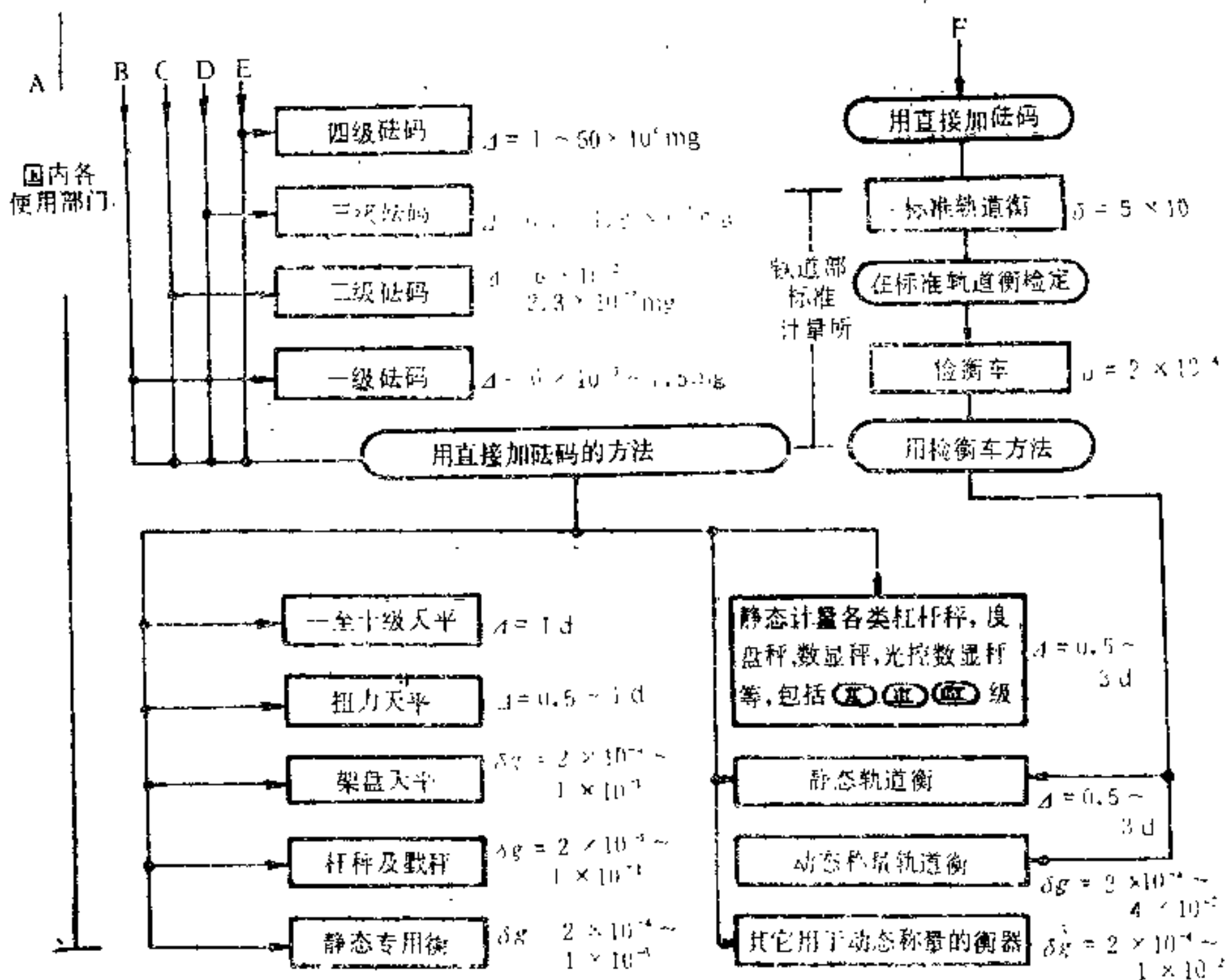
现在的国际千克原器是铂铱合金圆柱体（铂占90%，铱占10%），直径和高都是39毫米。各国的千克原器则是同样材料的复制品。

3. 质量单位的分量和倍量。国际千克原器只规定了千克质量，如果小于或大于千克时，就显得不够用了，因此又确立了克组工作基准砝码和毫克组工作基准砝码。将千克原器

同样，采用累计的办法，可以求出质量单位的倍量。

(五) 国家质量量值传递 一个国家所建立的千克原器及其分量和倍量, 只有经过若干级传递环节才能把质量量值传递到具体的工作砝码上去。这里所说的“若干级传递环节”就是“质量的传递系统”。详见图1-1“我国的质量量值传递系统简图”。





1-1 我国的质量量值传递系统简图

s —算术平均值的标准偏差;

Δ —综合极限绝对误差 (置信概率99.73%);

δ —综合极限相对误差 (置信概率99.73%), 下角加 g 时表示相对于全称量;

d —分度值;

→ 上级标准向下一级传递路线, 如果逆箭头方向使用时, 再将其质量量值的溯源路线。

(六) 砊码

1. 砊码。砊码是一种以固定形式复现给定质量值的一种实物量具。对于一个砊码, 它可以单独复现某一固定了的质量值; 对于砊码组, 不仅可以单独使用, 而且也可以在不同的组合下使用, 用以复现若干个大小不同的一组质量值。

砊码的标称值, 又称名义值, 它是在砊码上所指明的质量值。

真实砊码的实际质量, 简称为砊码的实际质量, 在不会引起混淆的情况下可进一步简称为砊码的质量, 它是客观真实存在的这个砊码在真空中质量的约定真值。也就是说, 它是用已知质量值而精度在规定范围内的上一级基准砊码在天平或秤上测定这个砊码时所复现的真空中的引力质量的实际值。

砊码的检定精度, 是指对砊码的测定结果与砊码的真值 (或约定真值) 之间的符合程度。在通常情况下, 往往以砊码质量测定的总合误差 (即综合极限误差) 来表示砊码的检定精度。此时,

砝码的检定精度 = 测定结果的系统误差 + 测定结果的极限偶然误差

砝码值的修正值, 是指为了得到砝码的实际质量而加到砝码标称值上的相应质量值。也就是说:

砝码值的修正值 = 砝码的实际质量 - 砝码的标称值

砝码的示值误差, 又称为砝码的器差, 它是指砝码的标称值和它的实际质量之间的差值。也就是说:

砝码的器差 = 砝码的标称值 - 砝码的实际质量

砝码的质量允差, 或称砝码的质量容许误差, 或简称为砝码允差, 它是指砝码检定规程中所容许的误差极限值 (正的或负的)。

砝码的表现质量, 是指砝码在真空中的实际质量减去砝码的体积与衡量时的空气密度之积, 亦即:

砝码的表现质量 = 砝码在真空中的实际质量 - 砝码体积 × 空气密度

2. 砝码的组合方式。为了使用方便, 砝码都配套成组。砝码的组合原则是: 满足使用要求, 便利检定。在这一前提下, 选用最少数量的砝码组成所需的任何质量。

砝码组的组合方式按十进制, 用 5、3、2、1; 5、2、2、1 和 5、2、1、1 的方式进行。

同一砝码组内相同的标称值的砝码, 应依次于第二、第三砝码上在阿拉伯数字上方冠以单点与双点标记, 以利区别。

用 5、3、2、1 的组合方式时, 所用的砝码个数最小, 使用方便, 但耗材料最多, 组合精度低。用 5、2、1、1 的组合方式时, 所用砝码个数最多, 使用麻烦, 但用料最少, 组合精度高。用 5、2、2、1 的组合方式时, 所用砝码个数及用料都适中, 能充分利用天平的精度。目前国内外广泛采用这种组合方式。

三、弹簧秤与杠杆原理的应用

质量计量使用的器具统称为衡器 (或秤)。按其工作原理分类可归纳为: 弹性元件变形原理, 杠杆平衡原理与液压平衡原理三种。我们仅对应用较广的杠杆秤及弹簧秤的原理做一介绍。

(一) 弹簧秤的衡重原理 弹簧秤是利用弹簧的变形直接测量物体的重量。弹簧在弹性限度内, 利用弹簧的弹性变形所产生的弹性力和被测物体的重量相平衡, 由变形量的大小而测得被测物体的重量大小。

设: 外力 W 作用在圆柱螺旋弹簧的轴线上, 使弹簧沿轴向产生一个线位移 Δl , 当弹簧丝的断面为圆截面时, 则

$$\Delta l = \frac{8D^3n}{Gd^4}W \quad (1-14)$$

式中 D —圆柱弹簧直径;
 n —螺旋弹簧的有效圈数;
 G —剪切弹性模量;
 d —弹簧丝圆形横截面直径;
 W —外力值。

如果外力就是重量的话, 则 W 可以写成: $W = mg$, 则(1-14)式可写成

$$\Delta l = -\frac{8D^3n}{Gd^4}mg \quad (1-15)$$

如果在不同地方用同一弹簧秤和同一质量的砝码, 由于各地重力加速度 g 不同, 而使得弹簧秤的示值有所不同。弹簧秤的灵敏度为:

$$E_1 = \frac{\Delta l}{W} = -\frac{8D^3n}{Gd^4} \quad (1-16)$$

上式表明弹簧秤的灵敏度为一常数, 但在称量过程中, 由于弹性变形产生的滞后效应, 而使得测量值离散度变大, 因而这种秤一般不能获得较高的测量精度。其结构示意图如图1-2。

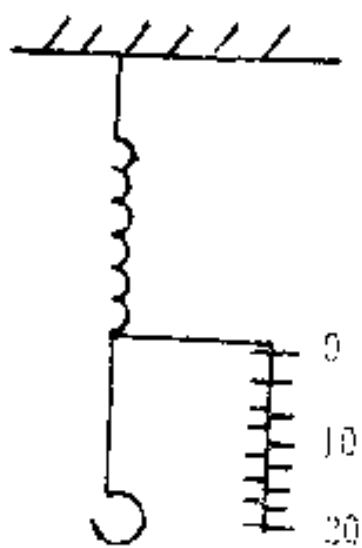


图1-2 弹簧秤结构示意图

(二) 机械杠杆秤的基础知识

1. 一般概念

(1) 力及力的三要素。任何能使物体改变其静止状态和改变其运动状态的, 都是力的作用。力作用在物体上, 即作用在物体的某一点上, 这个点称作力的作用点。力作用在物体上是有方向的, 从而物体沿着该力方向运动。同时力作用在物体上有大小之分, 施力愈大, 该物体沿作用力方向运动距离愈远, 反之则小。综上所述, 力的三要素为: 力的作用点、力的

方向与力的大小。

(2) 杠杆的力臂、力矩和平衡原理。

① 力臂: 支点到外力作用线的距离。力臂是标量, 只有大小而无方向。

② 力矩: 力和力臂的乘积。力矩是一个矢量, 有大小, 也有方向。

③ 杠杆平衡原理: 杠杆是一种在外力作用下, 能绕某一固定点(轴)转动的物体。一般来说, 这物体可以是一只直杆, 也可以是曲杆或其他形状。杠杆上固定不动的支持点称为“支点”, 主动力作用点称为“力点”, 被动力(通常是被测重量)的作用点称“重点”; 支点到主动力作用线的距离称“力臂”, 支点到被动力作用线的距离称“重臂”; 力点至支点的距离称“支力距”, 重点至支点的距离称“支重距”。

当作用于杠杆上的所有外力对支持点(轴)力矩之和为零时, 杠杆处于平衡状态, 这就是杠杆的平衡原理。

④ 杠杆的平衡状态可分为以下三种:

稳定平衡: 处于平衡状态的杠杆, 在受到外力的作用后, 能自动恢复到原来的平衡位置, 这种平衡状态称为稳定平衡。

不稳定平衡: 处于平衡状态的杠杆, 在受到外力的作用后, 不能恢复到原来的平衡位置, 这种平衡状态称为不稳定平衡。

随遇平衡: 处于平衡状态的杠杆, 在受到外力的作用后, 能在任何位置保持平衡, 这种平衡状态称随遇平衡。

2. 杠杆和组合杠杆的分类。根据支点、重点和力点在杠杆中的位置不同, 可把杠杆分为三类。支点位于重点和力点之间的杠杆, 称为“第一类杠杆”, 它可以是等臂的(如天平的横梁), 也可以是不等臂的(如各种衡器的计量杠杆或标尺), 第二类杠杆是重点位于力点和支

点之间，它永远是不等臂杠杆，它的力臂总是大于重臂，各种衡器的承重杠杆多采用这种类别的单臂杠杆。力点位于重点和支点之间，称为“第三类杠杆”。虽然第三类杠杆属于不等臂的单臂杠杆，但它的力臂总是小于重臂，例如我们日常用的镊子、起重机的长臂等都属于第三类。

从杠杆平衡状态来对杠杆分类，可分水平杠杆与倾斜杠杆。水平杠杆是指在任何允许的载荷作用下，都能经常保持水平状态的杠杆，例如天平、木杠杆及各种静态手动衡器。倾斜杠杆就是倾斜角随着外界载荷增减而变化的杠杆，例如字盘秤及部分自动显示的衡器就使用这类杠杆。

从使用角度来看，如被测质量不大，使用一个杠杆就够了（如木杆秤）。但是当被测质量较大时，只使用一个杠杆就不适宜了，因为为了适应较大质量的测量就必须选用一个既笨又重的杠杆，用起来很不方便。所以，往往使用二个、三个或更多个杠杆所组成的秤来测量物体的重量。这种由二个或二个以上杠杆所组成的传力及称量系统，一般称为杠杆系。在杠杆系中，有一个做计量杠杆，由它确定秤的平衡；其余有的用来承受由承重装置传来的荷重（一般称承重杠杆），有的用来将承重杠杆传递的力再传递给计量杠杆，称为传力杠杆。

所以，按杠杆的使用方式来分，可分为单一杠杆和组合杠杆两大类。

根据杠杆体组成的不同，可分为单位杠杆和合体杠杆两种。单体杠杆是单独一根杠杆，合体杠杆则是两个（或两个以上）单体杠杆组合在一起，形成一个不可变的弹性体，起着一根或两根杠杆的作用。

合体杠杆中还可细分为寄合（或离合）合体杠杆、协力（或合力）合体杠杆和复合（或重复）合体杠杆三类。两个或两个以上的单体杠杆合成一体后，仍起两个单体杠杆作用或两个以上的单体杠杆的作用，需用两个或两个以上的单独的力来分别平衡的合体杠杆，叫寄合（或离合）合体杠杆。木杠杆就是一种寄合合体杠杆，两个单体杠杆分别相对 180° 角排列在木杆秤的秤杆轴线上，其中重点为共用的一点。

两个或两个以上的单体杠杆合成一体后，起一个杠杆作用，用一个力或用两个互相配合的力来平衡，叫协力（或合力）合体杠杆。协力合体杠杆多用于台秤、地秤和轨道衡等衡器上。

由两个或两个以上合体杠杆组合而成的合体杠杆叫复合（或重复）合体杠杆。复合合体杠杆多用于具有宽大台板的衡器上。

将两个或两个以上杠杆的相同受力点联结在一起（如几个重点或几个力点联结在一起），称为杠杆的并联（或叫并列联结）。这种组合杠杆称并联杠杆系或并列杠杆系。如图1-3。

图中 $g(P_0 + P)$ 是平衡力， $g(Q_0 + Q)$ 是作用在秤上的货物重量， A' 、 A'' 为杠杆的重点， B' 、 B'' 为杠杆的力点， F' 、 F'' 为杠杆的支点，

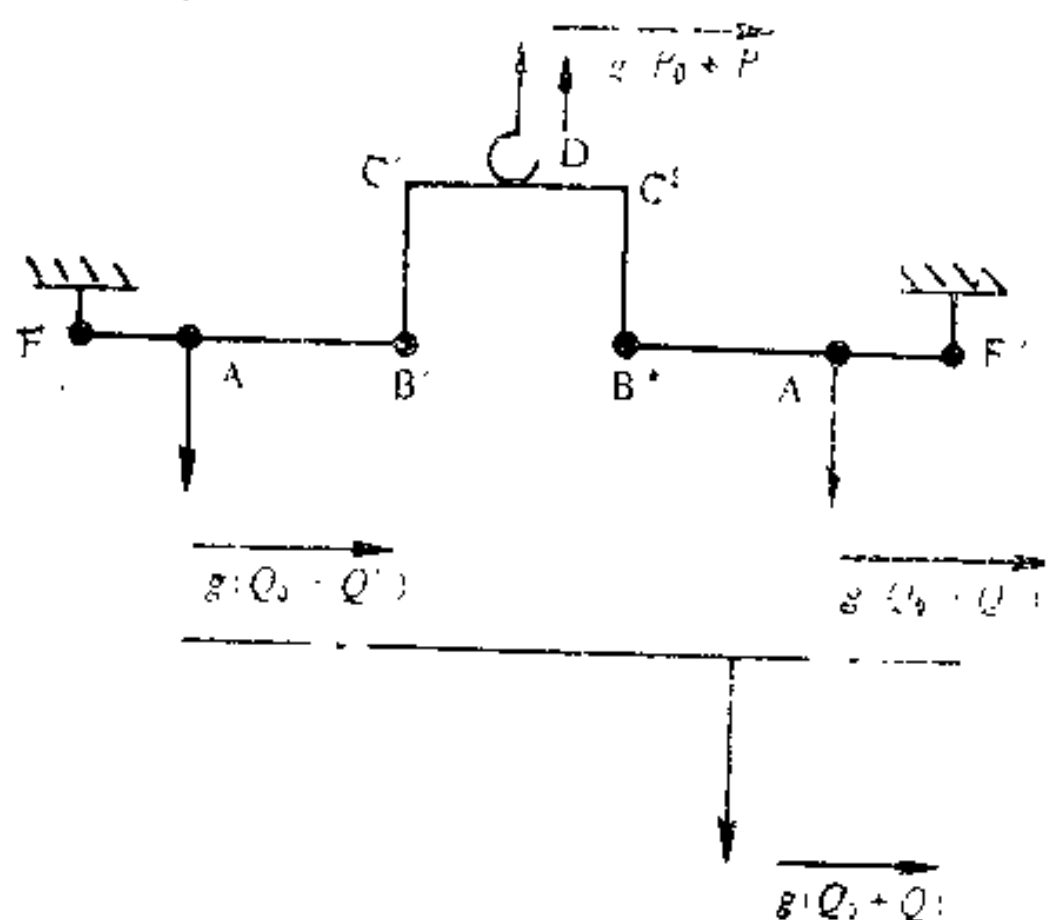


图1-3 杠杆并联方式