

HENGQIJICHU 上册

衡器 基础

张革 编著

轻工业出版社

内 容 简 介

本书为系统地阐述衡器生产的基本理论和基础知识的读物。书中对于各种类型的机械秤及机电结合秤的结构设计、主要参数计算、调整和测试,都作了比较详细的介绍。可供衡器设计、生产和使用单位的技术人员和工人阅读。

衡 器 基 础

(上 册)

张 革 编著

*

轻工业出版社出版

(北京阜成路3号)

张家口地区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

787×1092毫米 1/32 印张:8 4/32 插页:3 字数:177,千字

1980年7月 第一版第一次印刷

印数:1—11,000 定价:0.78元

统一书号:15042·1530

前 言

衡器在国防、工业、农业、交通运输、科研和商业等部门中,是不可缺少的计量设备。在加速实现四个现代化的进程中,随着国民经济的发展,对衡器的要求也不断提高。衡器的设计、生产和使用单位的职工迫切需要有关的生产技术书籍。为了满足这方面的需要,编者搜集了多年来衡器生产实践中的经验,进行了比较系统的总结和整理,编写了这本《衡器基础》。书中对于衡器生产的基本理论和基础知识,作了较为详细的阐述。

本书分上下两册编写。

上册阐述了有关衡器的基本理论,包括质量、重量和衡量的概念,杠杆原理,以及衡器的四性等,并按产品分别介绍了静态衡器的设计与计算。

下册介绍了传感器、定心装置、转换机构和仪表的设计、加工和调试,并按产品分别介绍了静态电子衡器的设计与计算。

本书在编写过程中,得到了轻工业部机械局有关同志的帮助和指导,在此表示衷心感谢。

张 革

目 录

第一章 概述	(1)
一、衡器的概念.....	(1)
二、我国衡器工业的发展.....	(2)
三、衡器的基本原理.....	(3)
四、衡器的四性.....	(13)
五、衡器的分类.....	(27)
第二章 静态衡器的设计与计算	(31)
第一节 地中衡.....	(31)
第二节 字盘秤.....	(110)
第三节 射流自动液化秤.....	(147)
第四节 自动售粮秤.....	(165)
第五节 自动定量秤.....	(189)
第六节 光学自动秤.....	(202)
第七节 自动配料秤.....	(206)
第八节 滚轮式皮带秤.....	(239)

第一章 概 述

一、衡器的概念

要了解什么是衡器，首先应该弄清楚什么是“度量衡”。

在日常生活中，当我们需要了解某一物体的长度、体积或重量时，就要使用相应的器具去进行测量，如测量物体的长短要用各种尺子（卷尺、钢板尺、皮尺、卡尺和千分尺等），通常称之为“度”；测量物体的体积要用各种容积量具（斗、升和量杯等），通常称之为“量”；测量物体的重量和质量，要用各种秤来衡量，通常称之为“衡”。由此可知，衡器就是衡量各种物体的器具或设备。

衡器在国民经济的发展中占有重要的地位。它广泛应用于国防、科学研究、工业、农业、商业、医疗卫生和运输等部门对各种物资、商品、原材料和收获物的计量。

大规模连续化的工业生产，不但要求称量原料的衡器应具有足够的负荷能力和高度精确性，同时在结构上还须与生产的工艺条件相适应。在现代化的大工业生产中，衡器已逐步成为自动化生产中自动控制线上的一个重要组成部分。如果没有自动计量的精密设备，就很难实现全自动化的生产。由于现代化工业发展的需要，又促进衡器本身向自动化（如远传遥控电子自控衡器）发展。因此，在一定程度上，衡器的生产技术水平，也反映了一个国家的工业生产技术水平。

二、我国衡器工业的发展

解放以前,我国的度量衡很不统一,有的采用市制(10两或16两1斤),有的采用公制,还有采用英制的,非常混乱。衡器的生产技术也很落后,只能制造木杆秤、台秤和修理一些简单的地中衡等。

解放以后,随着国民经济的发展,我国的衡器工业也有了很大发展,已能够自行设计和生产轨道衡、地中衡、地上衡、秤量车、配料秤、吊秤、定量秤、皮带秤、港口秤、射流液化秤,以及电子或机电结合式的自动秤等百余种产品。

我国的衡器工业虽然比解放前有了很大发展,但是与国际上衡器生产先进的国家比较,还存在着很大差距。这些国家衡器生产的共同特点是:品种多(有的多达千余种),精密度高(电子秤的精度,都在千分之一以上),自动化的比重大,发展速度快。目前他们已从五十年代的机械秤、六十年代的机电结合秤和七十年代的电子秤,向动态计量发展。今后的衡器,将以数字仪表、传感器和计算机为主体,更多地利用程序控制装置及数据处理系统,大量采用集成电路,向超小型发展;并利用改变物质的分子结构,压电效应,物质的磁力控制特性,以及辐射吸收作用(即无接触计量)和其它先进技术来改进衡器。我国的衡器工业也将在加速实现四个现代化的进程中,积极学习和引进国外的先进技术,加强科学研究,努力进行技术革新和技术改造,向微型信息处理装置、电传打印、电子计算机的全自动化衡器和动态计量发展。

三、衡器的基本原理

(一) 衡量

衡量就是用不同类型的衡器称量各种物体的重量和质量。

谈到衡量问题，首先要对重量和质量有明确的理解。重量与质量这两个概念，人们往往混淆不清，甚至把两者等同起来。

一般说来，物体的质量所表示的是这个物体中含有物质的多少，是该物体固有的量，不以其所在地理位置为转移，是一个恒量。质量和重量两者有密切的联系，但却是完全不同的两个物理量。在物理学及力学中，质量表示物体的惯量，因为物体的质量越大，它的惯量就越大，所以说物体的质量是物体惯量的量度。其关系式如下：

$$P = m \cdot g \quad (1-1)$$

式中 m —— 物体的质量(克)

g —— 自由落下加速度(厘米/秒²)

P —— 物体的重量达因(克重)

例如，当我们用手触动任一物体时，就可以使本来静止的物体发生运动，通常说我们对这个物体施加了力。又如，有大小和材料完全相同的两个桶都盛着水，一个是满桶的，另一个是半桶的，当用同样的速度把它们提起来的时候，我们就会感到所要用的力是不一样的，提起满桶水所用的力，要比提起半桶水所用的力大。很显然，这是因为满桶水的量比半桶水的量要多的缘故。

物体的重量是一个向量，即是具有着力点(重心)和方向

(向地心)的量(也叫矢量)。它是随物体在地球表面所处位置的不同而有所改变的。一切物体都受地球的吸引,这种吸引力叫做重力。物体所受重力的大小叫做物体的重量。据万有引力定律:离地心愈近,所受到的地心吸引力愈强;海拔愈高,离地心愈远,引力愈小。例如,由于地球是椭圆形的,从地心到赤道的长度大于从地心到两极的长度,因此在赤道上吸引物体的力要小于在两极上的力。又如,在纬度为 45° 的海平面上是 1 千克重的物体,拿到赤道去衡量,它的重量只有 0.9973 千克重,拿到北极却有 1.0026 千克重,拿到北京它的重量又变成 0.9995 千克重了。这就证明:物体的重量不是一个恒量,而是随其在地球表面所处位置的不同而改变的。同一物体,在地球上各个地方的重量是不一样的。

万有引力定律公式如下:

$$F = f \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad (1-2)$$

式中 m_1 ——物体₍₁₎的质量(克)

m_2 ——物体₍₂₎的质量(克)

r ——两个物体中心间的距离(厘米)

f ——万有引力的恒量(定值)

F ——相互作用的引力(达因)

综上所述,质量和重量是有区别的,主要区别是:

1. 物体的质量是一个恒量,把它放在任何地方,它的质量大小都是一样的。物体的重量却不是恒量,重量的大小,随物体所处的不同地理位置而改变。

2. 质量是没有方向性的物理量,是标量,重量是有方向的矢量。由于地心的吸引力,它的方向总是垂直向下的。

(二) 杠杆与杠杆的种类

1. 杠杆

在外力的作用下，能绕直杆或曲杆上的一个固定点转动的简单工具，就叫杠杆。

我们在工厂里常见到，工人想把很重的一个工件撬起来，就把一根铁棍或木棒插到工件的下面，然后在铁棍或木棒下面垫上个支承的物体，在棍或棒的一端用力往下压，另一端就把物体撬起来了。这就是杠杆所起的作用。

图 1-1 中铁棍受到力的作用绕 O 点旋转，棍的另一端就作用在工件上，把它撬起来。要想使铁棍旋转，撬起工件来，必须在棍的 B 端用力向下压。而工件在另一端却压着铁棍的 A 端阻止它旋转。如果所用的力超过工件作用在棍上的阻力，就可以把工件撬起来。支承点离物体愈近就愈省力，愈远就愈费力。

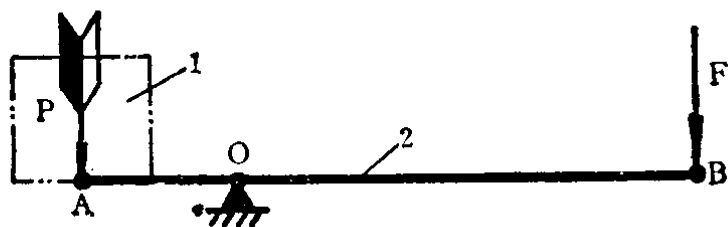


图 1-1 杠 杆 原 理

1—固体 2—杠杆

杠杆的受力点称力点，固定点称支点，克服阻力（荷重力）的点称重点。从支点到力点和重点的距离，叫做杠杆的臂，从支点到力点的距离叫做力臂，从支点到重点的距离叫做重臂。作用力与杠杆臂的乘积为力矩。

杠杆上力点受力 F ，重点荷重力 P ，两力对着支点 O 各有一个力矩。这两个力矩的方向是相反的，如果大小相等时，此杠杆就平衡了（见图 1-2）。



图 1-2 杠杆的平衡

2. 杠杆的原理

杠杆的原理就是杠杆的平衡条件，它的定律是：

$$\text{力} \times \text{力臂} = \text{重} \times \text{重臂}$$

其关系式如下：

$$F \cdot BO = P \cdot AO \quad (1-3)$$

$$\frac{P}{F} = \frac{BO}{AO} \quad \text{或} \quad \frac{F}{P} = \frac{AO}{BO}$$

由上式来看，倘若 $\frac{AO}{BO}$ 这个分数小于 1 时，即 $AO < BO$ 时， F 便小于 P ，支点靠近重点。也就是说，我们可以用较小的力作用在杠杆上，而由杠杆上却得到更大的力。如果 $\frac{AO}{BO} = 1$ 时，我们用的力便等于所得到的力。如果 $\frac{AO}{BO}$ 大于 1 时，我们用的力要大于所得到的力。

杠杆在衡器中的应用是非常广泛的，是不可缺少的部件。多数种类的衡器都是离不开杠杆的。有的衡器采用的杠杆组多些，有的采用得少些。杠杆在衡器中可有两个或两个以上的功用。在衡器的结构中，用杠杆来变更力的数量大小是最重要的一种。

3. 杠杆的种类

根据杠杆的平衡条件和支、重、力三点的位置，杠杆可分为以下三种形式：

第一种是支点在中间，重点、力点在两边的杠杆（见图 1-3）。

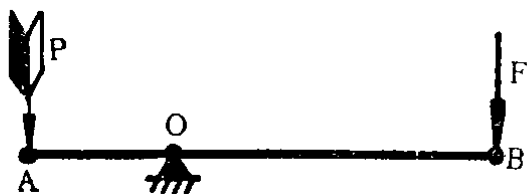


图 1-3 第一种杠杆

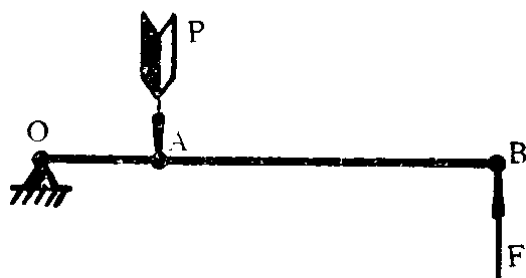


图 1-4 第二种杠杆

第二种是重点在中间，支点、力点在两边的杠杆（见图 1-4）。

第三种是力点在中间，重点、支点在两边的杠杆（见图 1-5）。

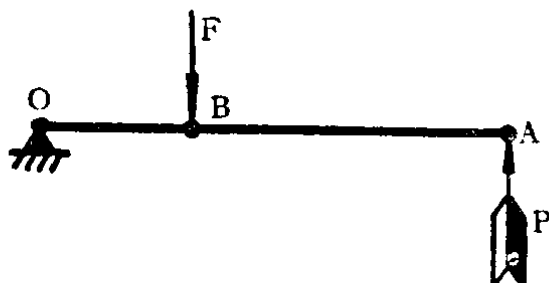


图 1-5 第三种杠杆

上述三种不同结构形式的杠杆，是当前衡器生产中，设计各种机械秤或机电结合秤时，经常采用的杠杆系统。

下面列举几种秤的杠杆系统，分析它们属于哪一种形式的杠杆。

(1) 台秤的承重杠杆为第二种杠杆，计量杠杆为第一种杠杆。

(2) 地中衡的承重杠杆、传力杠杆₁、传力杠杆₂为第二种杠杆，计量杠杆为第一种杠杆。

(3) 天平(架盘、工业、化学、分析、精密等)的杠杆为第一种杠杆。

(4) 轨道衡的承重杠杆、传力杠杆₁、传力杠杆₄为第二种杠杆，传力杠杆₂、传力杠杆₃为第一种杠杆。

(5) 木杆秤的杠杆为第一种杠杆。

(6) 定量秤的杠杆为第一种杠杆。

(7) 耐火土配料秤的承重杠杆、传力杠杆为第一种杠杆，计量杠杆为第三种杠杆。

(8) 12 公斤塑化自动秤、500 公斤称水自动秤、700 公斤水泥自动秤、1300 公斤砂石自动秤的承重杠杆、传力杠杆₁、传力杠杆₂为第一种杠杆，计量杠杆为第三种杠杆。

仅就上述几种秤的杠杆系统来看，就可以充分说明：第一、二种杠杆应用得较为广泛，第三种杠杆在秤上应用得比较少。因此，我们在科学研究和设计工作中，经常遇到的是第一、二两种杠杆。

4. 杠杆的倍率

杠杆的倍率原理是比较简单的，但对它必须有确切的了解。杠杆的倍率或比率，是指力臂的长度与重臂的长度之比。例如，力臂与重臂相等则杠杆的比率为 1:1，若力臂为重臂的 5 倍则杠杆的比率为 5:1，即倍率为 5。因此可得出如下的结论：任何杠杆，其倍率大于 1 时，即称为倍率杠杆。

假定有三种长度相等的杠杆，其臂长如图 1-6、1-7、1-8 所示。

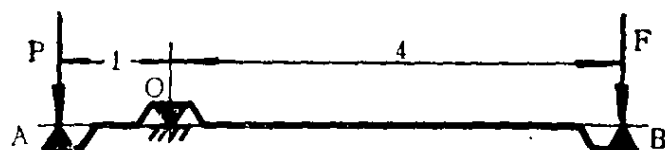


图 1-6 支点在中间的杠杆

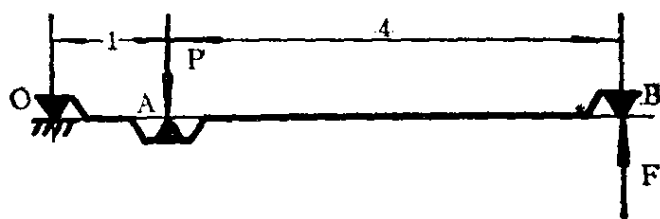


图 1-7 重点在中间的杠杆

图 1-6 中的杠杆比率为 4:1 或倍率为 4。图 1-7 中的杠杆比率为 5:1 或倍率为 5。图 1-8 中的杠杆比率为

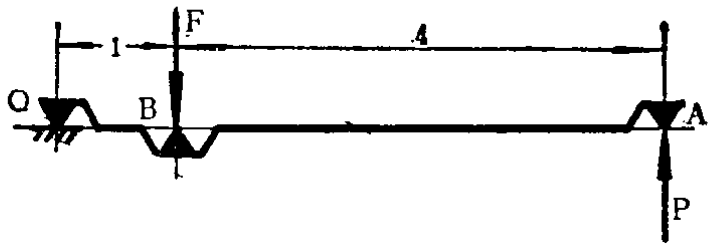


图 1-8 力点在中间的杠杆

1:5 或倍率 $1/5=0.2$ 。若摩擦力与杠杆本身的重量不计在内,则以 4 公斤重物放在图 1-6 中杠杆的重点(A)上,以 1 公斤力作用在力点(B)上,杠杆即可平衡。同样以 5 公斤重物放在

在图 1-7 中杠杆的重点 (A) 上,以 1 公斤力作用在力点(B)上,杠杆即平衡。若以 1 公斤重物放在图 1-8 中杠杆的重点 (A)上,则力点(B)将要用 5 公斤的力,杠杆才能平衡,所以第三种杠杆在衡器中很少采用,因费力较大,一般用在特殊的杠杆系统中。

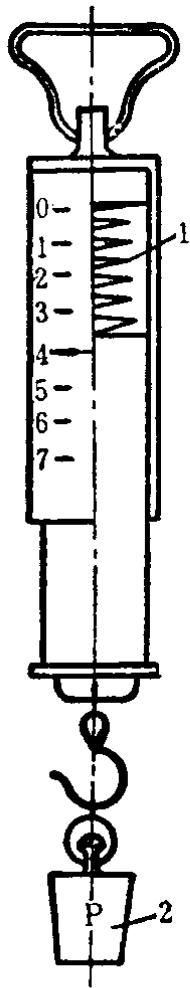


图 1-9 弹簧秤
1—弹簧 2—砝码

(三) 衡量方法

根据上述的杠杆作用和平 衡 原 理,衡量的方法基本上有弹簧式、杠杆式、电子式和液压式四种。现分述如下:

1. 利用弹簧秤衡量

将被衡量的物体挂在弹簧上,弹簧在物体重力的作用之下即被拉长。弹簧伸长的变形值与作用外力成正比 (见图 1-9)。

弹簧受外力作用后产生变形的关系式如下:

$$L = K \cdot P \quad (1-4)$$

式中 K ——比例系数
 P ——作用力(克重)
 L ——弹簧的伸长(厘米)

如果弹簧变形和被称物体所取得的比例系数为 $K=1$, 并按照公式(1-1)将 P 值代入上式中, 则:

$$L = m_P \cdot g \quad (1-5)$$

式中 m_P ——物体的质量
 g ——自由落下加速度

上述情况说明, 在弹簧秤上可以测定物体的重量。

2. 利用杠杆秤衡量

在杠杆秤上衡量时, 杠杆的一端为物体的重量, 另一端为

标准砝码的重量。这是利用直接与重量砝码进行比较的方法来测定的(见图 1-10)。

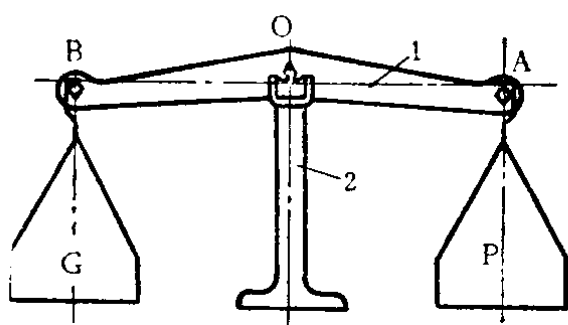


图 1-10 杠杆天平

1—杠杆 2—支架

令: A ——为重点
 O ——为支点
 B ——为力点

设: 砝码的重量 G 作

用在杠杆 B 点的刀子上,

而物体的重量 P 作用在 A 点的刀子上。当杠杆在平衡状态时, 则两端作用力的力矩相等。根据杠杆平衡原理重力乘重臂等于力乘力臂, 其关系式如下:

$$P \cdot AO = G \cdot BO \quad (1-6)$$

式中 P ——作用力(克重)
 G ——砝码重量(克重)

AO——重臂(厘米)

BO——力臂(厘米)

若 $AO = BO$ 时, 则物体的重量等于砝码的重量 $P = G$ 。

按照公式(1-1)将 P 和 G 都化为质量和自由落下加速度, 则:

$$\text{因为: } P = m_P \cdot g_A \quad G = m_G \cdot g_B$$

$$\text{所以: } m_P \cdot g_A = m_G \cdot g_B \quad (1-7)$$

式中 m_P ——物体的质量(克)

m_G ——砝码的质量(克)

g_B ——在 B 点上自由落下加速度

g_A ——在 A 点上自由落下加速度

因为 A 点和 B 点之间的距离很近, 所以 g_A 与 g_B 自由落下加速度之间的差极小, 实际上是可以忽略不计的。

$$\text{故: } m_P = m_G \quad (1-8)$$

因而在杠杆上衡量时, 可将物体重量与砝码的重量作比较, 并根据它们的重量相等来确定它们的质量相等。

将两个重量相等的物体放在杠杆秤上衡量, 不管它们所处的地理纬度和距地球表面的高度如何, 杠杆秤总能保持平衡, 这是因为将两个物体移动到各个地方时其重量是同样改变的。

3. 利用电子秤衡量

在电子秤上衡量时, 通过秤的台板或吊钩, 将物体压在或吊挂在传感器上。弹性元件由于外力的作用产生了变形, 这就使贴在弹性元件上的应变电阻片的阻值发生了变化, 并使原来处于平衡的电桥失去了平衡而输出了一个电压讯号, 此讯号可供两种仪表显示:

(1) 讯号传至输入网络和放大器, 将放大的直流电压变

换为与它成正比的频率,然后对此频率进行计数显示,从而测出被称量物体的重量(见图 1-11)。

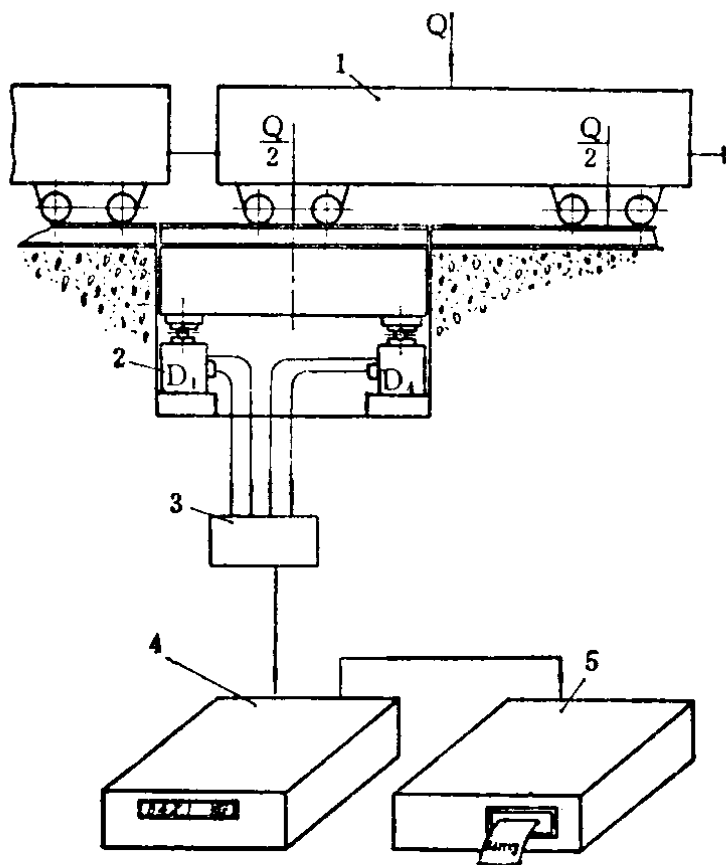


图 1-11 数字式电子秤

1—货车箱 2—传感器 3—转换器 4—数字显示仪表 5—打字机

(2) 讯号传至滤波器加于测量桥路时,即产生一微弱不平衡电压,此电压经放大器放大后,驱动 ND 型可逆电动机,可逆电动机通过一套传动齿轮系统带动了指示机构及测量桥路中滑线电阻滑臂的滚子,从而改变了滑线电阻接触位置,直至桥式线路达到平衡为止。此时放大器便无功率输出,可逆电机不再转动,而使全部线路处于平衡状态。从而测出被称量物体的重量(见图 1-12)。

4. 利用液压秤衡量

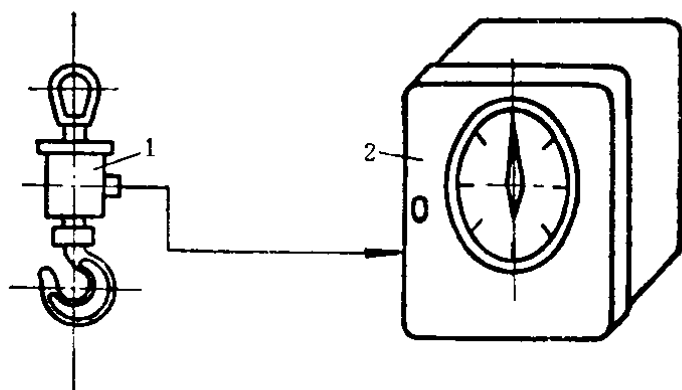


图 1-12 指针式电子吊秤

1—传感器 2—指示仪表

在液压秤上衡量时,是通过吊钩或立柱传递活塞。由于外力的作用使活塞产生位移,排出液体传递到标准压力表内,使标准压力表的弹簧管产生变形,从而带动压力表的心轴齿轮与指针转动,指示出被称物体的重量。作用的外力愈大,活塞的位移量就愈大,传送到压力表的压力就增大,因此表内弹簧管所产生的变形也随之增大,表针转动的弧度也越大。反之则小(见图 1-13)。

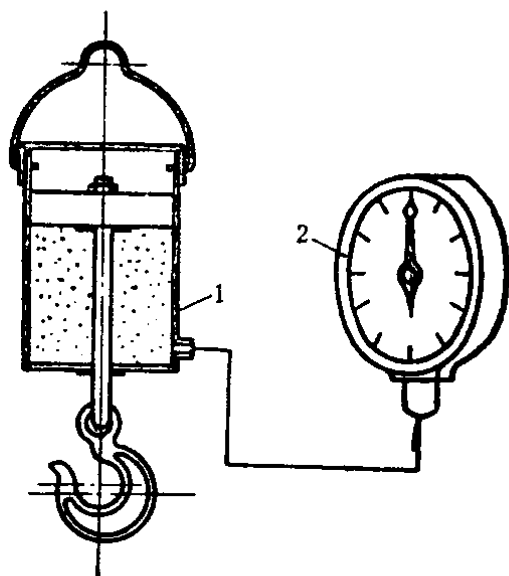


图 1-13 液压自动吊秤

1—液体传感器 2—压力表

四、衡器的四性

(一) 稳定性

稳定性就是指秤的示值部分(如计量杠杆、横梁、摆锤、指针等)的静止平衡位置被破坏以后,经过几次的摆动仍能恢