

糧食秤量機械

蘇州糧院

粮食装卸输送机械

江苏工业学院图书馆  
藏书章

郑州粮食学院

1983·11

## 称重设备

### 第一节 称重设备的基本概念

#### 称重的一般概念

称重即称量物体的重量。称量物体重量的设备称为秤。

(一)物体的重量。它是地球对物体所施的吸引力。它随物体的地理位置而有改变。通常用  $W$  表示。它等于物体的质量与重力加速度的乘积。

(二)质量。它是物体固有的量。不随物体的空间位置而改变。通常用  $M$  表示。

(三)重量与质量的关系

实验证明：

$$W = mg。$$

在同一地理位置，重力加速度  $g$  是一个常量，故质量相同的物体重量也相同。

在国际公制中，重量单位采用千克（公斤），一千克重的物体相当于一千克质量的物体在重力加速度  $g = 9.80665 \text{ m/s}^2$  的空间位置的真空中所受到的地球吸引力。

(四)对物体的称量。称量物体的重量通常有两种方法：1. 弹簧变形法；2. 用已知重与未知重比较法。前种方法： $\Delta L = C W$

$\Delta L$  — 弹簧伸长值（米）

$W$  — 被称物体重量（公斤）

$C$  — 弹簧刚度因弹簧的材料、尺寸、形状不同而异。它所得结果因各地重力加速度不同而变化。另外弹簧常因使用超过弹性极限或常期使用疲劳而失去准确性。此种方法在我国粮食仓库中很

少使用。后种方法如图 1 所示

当杠杆平衡时， $W \cdot FA = P \cdot FB$ 。若已知  $FA = FB$ ，则  $W = P$ 。又称量时 A、B 点距离较近，故称量结果与地理位置无关。我国粮食仓库中多用此种方法。

### (五) 称重设备——秤

根据称重设备的原理不同，秤分多种型式：

如：利用弹性变形原理的弹簧秤

利用液体浮力原理的浮力秤

利用液压传递原理的液压秤

利用应力应变原理的应力秤

利用力电转换原理的电子秤

利用杠杆平衡原理的杠杆秤



图 1

### 二、粮库中称重的目的及意义

粮库的三大作业（接收、发放、内部）中都必须准确地称量粮食的重量，才能正确统计粮库的进、出、存、损的数量，以便作出经济上的核算。因此，称重是仓库中一项重要的作业。秤是仓库中一种重要的设备。

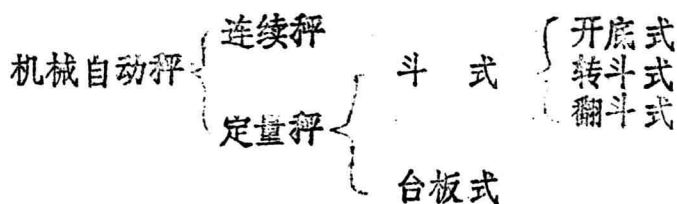
粮库中秤的分类，根据秤的结构，将秤分为：机械秤、电控机械秤和电子秤。

(一) 机械秤：系指应用机械原理并采用机械结构设计和制造的一种称重设备。此种设备中使用最多的是应用杠杆平衡原理设计的杠杆秤，如杆秤、台秤等。它们的特点是该种秤历史悠久、性能稳定、使用可靠，维护方便，价格低廉。此类秤多为手工操作，用于间断性的称重

作业中。在我国粮库中曾广泛使用。但由于粮库称重作业多。因此所需劳动量大。工人作业环境差。常时间频繁重复的操作。极易疲劳。致使称量和累计中出现许多人为误差。为了改善这种状况。使称重作业现代化。目前我国粮库的称重设备已向大称量的机械秤和机械自动秤方面改变。如地中衡（汽车秤）、轨道衡（火车秤）、机械自动秤等秤的使用。

机械自动秤是一种能自动完成称量并能自动累计称量结果的机械秤。它与缓冲仓配合可用于连续性生产作业线中。

机械自动秤又分定量秤和连续秤。其中连续秤是物料在输送过程中被连续计量并自动累计结果的秤。如皮带秤。定量秤是间断称量并能自动累计结果的秤。根据其盛载的形式不同又分斗式和台板式。其中台板式自动秤。以自动推送计量标尺上的游砣。来衡量台板上承载物的重量。斗式自动定量秤利用自动称量机构。自动而正确地把送来的物料分成若干个重量相同的单份。再送入作业线中的下一道工序。根据计数器的记录多次得出物料的重量。斗式定量秤按其构造又分翻斗式。转斗式和开底式三种。



## (二) 电控机械秤：

它是应用机械原理和电器原理相结合而设计的秤。多由杠杆系统和电子线路组成。利用电子元件控制杠杆秤的称量。简化了机械秤的机械结构。便于实现信息的远距离传送和控制。从而提高称重作业自

动化的程度。如微触开关控制秤、光电控制秤等。

### (三) 电子秤：

它主要由称重传感器和测量显示仪表组成。前者又称为一次变换元件，它将作用于其上的重量按一定的函数关系转换为电量（电流、电压、频率等）输出。后者又称为二次显示仪表，用于测量称重传感器输出的电信号值，并以指针或数码形式把重量值显示出来。电子秤的特点是，结构简单、体积小、自重轻，可远距离控制，称量速度快，使用维修方便。如电子斗槽秤、电子皮带秤等。

## 二 杠杆秤的工作原理

杠杆秤是利用杠杆平衡原理设计的最简单的机械秤。杆秤、案秤、台秤、地秤、机械自动秤等都属杠杆秤的范畴。

(一) 杠杆：凡受到外力作用后，能绕着一个垂直于受力面的固定轴转动的物体，称为杠杆。杠杆可以是直杆，也可以是曲杆或其它形状。杠杆是一种最简单的机械，它可以改变作用力的大小。通常杠杆受有三个平行的力，其中二个是外力，一个是反作用力。杠杆绕其转动的点称支点。重物重力的作用点称重点。维持杠杆一平衡的力的作用点称力点。杠杆重力作用线到支点的垂距称重臂。力点力作用线到支点的垂距称力臂。根据杠杆三点的位置以及杠杆的数量，杠杆可分以下几类：

1. 第一种杠杆：支点在重点与力点之间。杠杆秤中被经常使用。如天平的横梁、单杠杆秤的横梁、复式杠杆秤的计量杠杆等。

2. 第二种杠杆：重点在支点和力点之间，多在复式杠杆秤中用作基层杠杆。

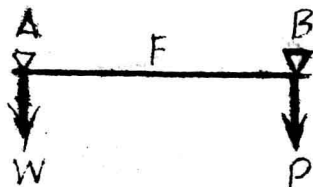
3. 第三种杠杆：力点在重点和支点之间。此种杠杆不起省力作用。

仅作辅助杠杆用。

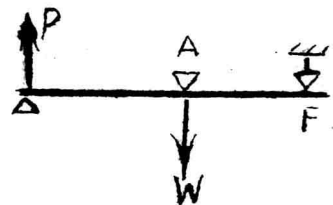
第一种杠杆可单独用来制作杠杆秤，如天平、杆秤等，因此又称为主杠杆或计量杠杆。第二、三种杠杆不能单独用作秤，必须与第一类杠杆联合使用。由一根杠杆组成的秤称单杠杆秤，由多根杠杆组成的秤称复式杠杆秤。由一根杠杆制成的秤对称量较重物体是不适用的，因为力臂太长，使用不便，重臂太短，又影响称量的准确，因此一般由二个或二个以上杠杆共同组成秤，即称复式杠杆秤。其中一根杠杆称为主杠杆或计量杠杆，又称横梁，它本身装有平衡指示器和读数装置。用它确定秤的平衡。这个杠杆一般都是第一类杠杆。复式杠杆秤中直接承受重物的杠杆称基层杠杆又叫承重杠杆。它一般为第二类杠杆。复式杠杆秤中用在承重杠杆和主杠杆之间传递荷重的过渡性杠杆称为传力杠杆。其作用是将承重杠杆承受的重力经过缩小依次传递到主杠杆上去。传力杠杆可以是第一类杠杆，也可以是第二类杠杆。基层杠杆和传力杠杆统称副杠杆，杠杆秤中为使附属机构进行工作的杠杆称辅助杠杆，它不直接参与称量。如差调零杠杆，关门手柄杠杆等。此类杠杆三类杠杆均有使用。

4. 杠杆系：多个杠杆的组合系统又称杠杆系。杠杆系根据各组成杠杆的联结方式的不同，又分为并联杠杆系、串联杠杆系和混合联结杠杆系等三种。

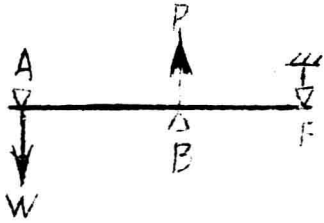
第一类杠杆



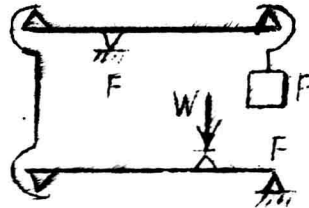
第二类杠杆



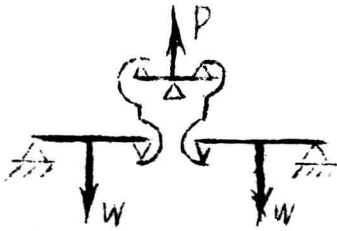
第三类杠杆:



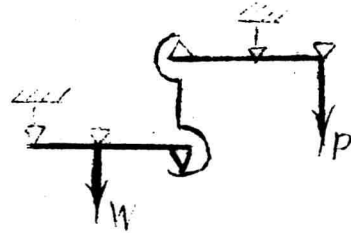
复式杠杆(杠杆系):



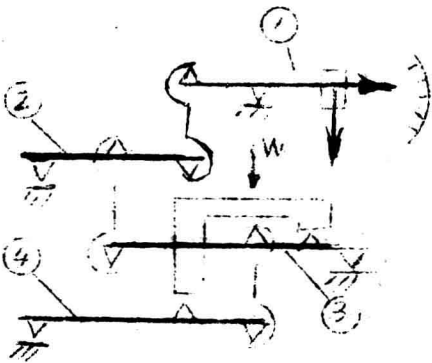
并联杠杆系:



串联杠杆系:



混合联杠杆系



- ① 主杠杆
- ② 传力杠杆
- ③、④ 基层杠杆
- 短杠杆
- 长杠杆



### 串联杠杆系

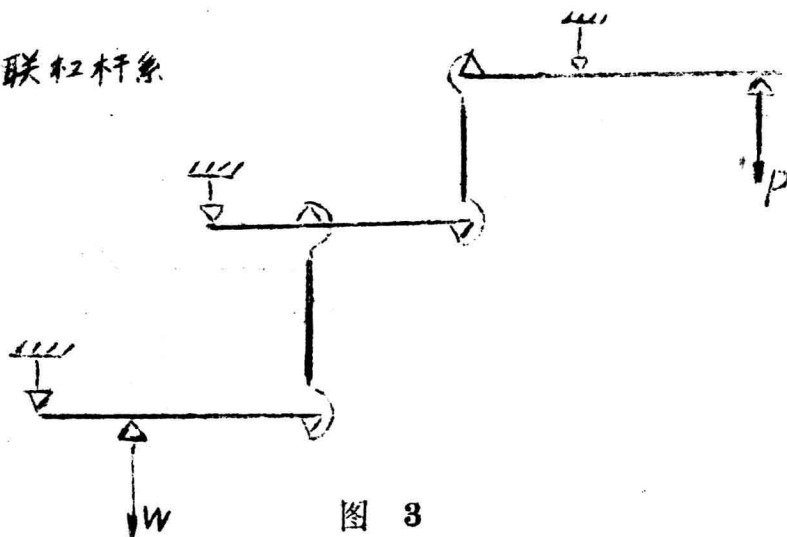


图 3

(1) 并联杠杆系：将两个或两个以上的杠杆的相同名称的点（如力点或重点）联结在一起，称并联杠杆系。并联杠杆系统大都是由两个或两个以上第二类杠杆连接而成。当然也有第一类杠杆并联。但是第一类与第二类绝不能并联。并联杠杆系在秤中的作用是扩大台面或称量体积较大的物体。

(2) 串联杠杆系：将两个或两个以上的杠杆的不同名称的点联接在一起称串联杠杆系。串联杠杆系统不能用两个或两个以上第一类杠杆组成。但一个第一类杠杆和一个以上第二类杠杆或两个以上第二类杠杆都可以串联。串联杠杆系构成的复式杠杆秤中，最上面一根杠杆通常是主杠杆（横梁或计量杠杆）。串联杠杆系在秤中的作用是得到较大的臂比，以便称量较重的物体。

(3) 混合杠杆系 混合杠杆系中，既有串联杠杆又有并联杠杆，由它构成的秤兼有两种杠杆系的优点，它适合于在既要求有较大的杠杆比可以称量较重的物体，又要求有较宽台面，以作放置外形尺寸较大的被称物体的秤上使用。例如地中衡、轨道衡就是采用混联杠杆系来设计制造的。

总之，杠杆秤分单一杠杆秤和复式杠杆秤。

单一杠杆秤由一根杠杆组成。此杠杆多是第一类杠杆，它是主杠杆（横梁、计量杠杆）也是承重杠杆。

复式杠杆秤由二根以上杠杆组成。多根杠杆用联接件联在一起的杠杆系统称杠杆系，联结方式不同又分并联、串联、混联杠杆系。复式杠杆秤中至少有一根第一类杠杆作主杠杆，用来作计量杠杆。另外杠杆则分别担任承重杠杆和传力杠杆。称为付杠杆。凡参与传递重物重力的杠杆称为称量用杠杆；不参与传递重物重力，但也是秤的一个组成部份的杠杆称为辅助杠杆。

串联结复式杠杆

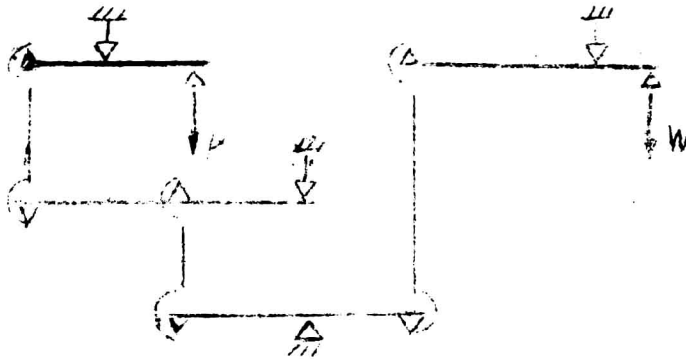


图 4

5. 合体杠杆：由两个或两个以上的单杠杆合在一起，形成一个不可分离的杠杆，称合体杠杆。合体杠杆通常起着一根或两根杠杆的作用。合体杠杆又可分为：

(1) 寄合合体杠杆（又称寓合合体杠杆）：

它由两个或两个以上的单体杠杆合成一体后，仍起着两个单体杠杆或两个以上单体杠杆的作用，需用两个或两个以上的单独平衡力来分别平衡重物重力的合体杠杆。称寄合合体杠杆，即看起来是合体杠

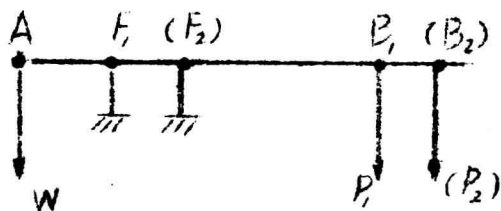
杆，实质上仍分别起单体杠杆的作用。木杆秤就是一种寄合合体杠杆。它由一个重点，二个支点和一个力点所组成。使用时两个支点分别使用。

(2)合力合体杠杆（又称协力合体杠杆）：它由两个或两个以上单体杠杆合成一体后起一个杠杆的作用，用一个力或用两个互相配合的力来平衡。它又分三种：

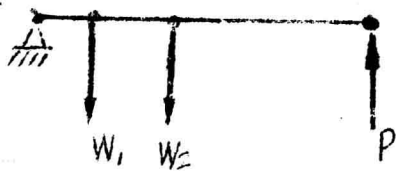
- a、两个重点的合体杠杆。如沿着台板横向方向放置的传力杠杆；
- b、两个力点的合体杠杆。如游砣、增砣并用的计量杠杆。
- c、两个支点的合体杠杆。如台秤的短承重杠杆。

(3)复合合体杠杆（又称重复合体杠杆）：

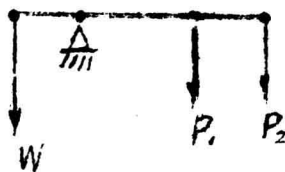
由两个或两个以上合体杠杆组合而成的合体杠杆称复合合体杠杆。如台秤的长承重杠杆。



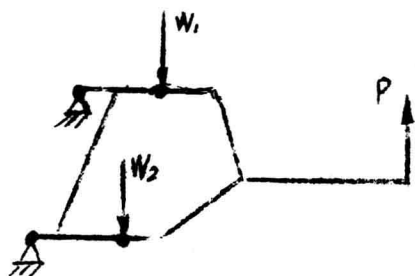
寄合合体杠杆



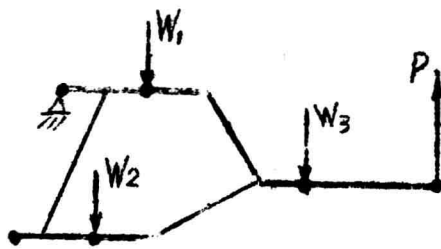
两个重点的合体杠杆



两个力点的合体杠杆



两个支点的合体杠杆



复合合体杠杆

图 6

### (二) 杠杆的平衡

秤中的杠杆绝大部分是根据本身达到平衡状态来测得物体重量的。因此杠杆平衡问题是秤的称量原理和秤的计量性能的一个重要问题。

所谓杠杆的平衡是指杠杆在已知力系的作用下，相对于周围物体处于静止状态。

#### 1. 杠杆的平衡条件：

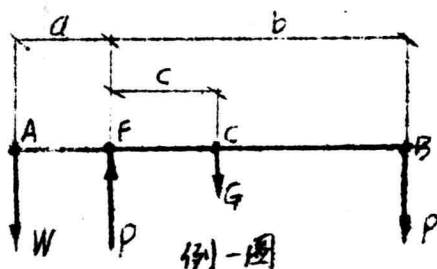
由静力学知，作用在杠杆上的各外力的合力必须与支点的反作用力大小相等，方向相反，并作用在同一条直线上。或者说：“作用在杠杆上各力的合力对于支点的力距等于零”，即“各力对支点的力矩代数数和等于零”，写作：

$$\sum M_F = 0$$

例一。单一水平杠杆的平衡

已知：外力  $W$  与  $P$  分别作用

在杠杆的重点  $A$  与力点  $P$  处



例一图

图 7

G 是杠杆的自身重力作用在杠杆的重心 C 处；R 是杠杆支点 F 处的反作用力。a 为重臂，b 为力臂。c 为杠杆重心到支点 F 的距离。已知假设条件：(1) 杠杆是一刚体，在外力作用下不产生形变；(2) 作用外力的矢向均垂直于杠杆轴线；(3) 杠杆受力点均为一几何点；(4) A、B、C、F 各点均在一条直线上，该线与杠杆的中轴线相重合；(5) 杠杆的运动不受任何阻力。这样，根据杠杆平衡条件得：

$$Wa - pb - Gc = 0$$

或  $Wa = pb + Gc$

因此得出重物的重量 W 为

$$W = \frac{pb + Gc}{a}$$

由上式看到被称量物体的重量，不仅与平衡重和杠杆比的大小有关，还与杠杆的自身重量和重心位置有关。为了消除 Gc 项值的影响，实际称量物体重量时，是将重物和平衡重同时加放在一个已经平衡了的杠杆上。(称量前将杠杆调成平衡状态的工作叫做“调零”。) 这样，即可得出被称物体的重量。

设调零时，重点力为  $W_0$ ，平衡重力为 P。得平衡方程

$$W_0 = \frac{P_0 b + Gc}{a}$$

加放被称重物 W 后，得到新的平衡方程式

$$W_0 + W = \frac{(P_0 + P) b + Gc}{a}$$

两式相减，得

$$W = \frac{b}{a} P = i P$$

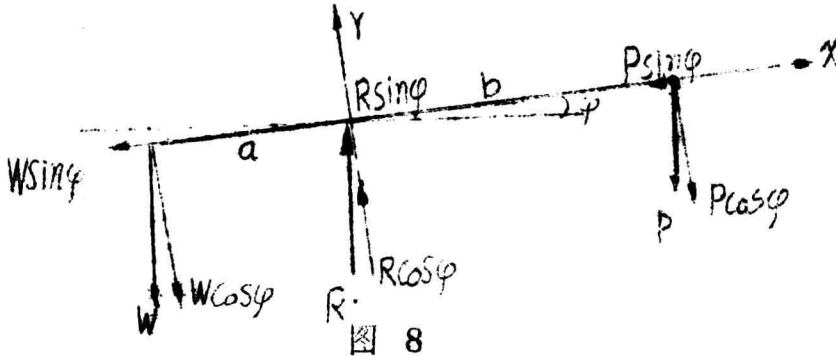
或

$$P = \frac{a}{b} W = m W$$

即物体的重量  $W$  等于杠杆的传力比  $i$  与平衡重  $P$  的乘积。与杠杆自身重量无关。

例二：单一倾斜杠杆的平衡

杠杆自身重量不再考虑。杠杆在倾斜位置平衡。图中  $\varphi$  为杠杆对



水平位置的倾角。根据平面一般力系的平衡条件是

$$\begin{cases} \sum F_x = 0 \\ \sum F_y = 0 \\ \sum M_F = 0 \end{cases} \text{ 即 } \begin{cases} R \cos \varphi = W \cos \varphi + P \cos \varphi & \text{--- ①} \\ R \sin \varphi = P \sin \varphi + W \sin \varphi & \text{--- ②} \\ P \cos \varphi \cdot b = W \cos \varphi \cdot a & \text{--- ③} \end{cases}$$

由①②式得  $R = W + P$

由③式得 
$$W = \frac{b \cos \varphi}{a \cos \varphi} \cdot P = \frac{b}{a} P = i P$$

或 
$$P = \frac{a}{b} W = m W$$

式中  $\frac{b}{a}$  为力臂与重臂之比，称为该杠杆的传力比。通常用  $i$  表示；

$a/b$  为重臂与力臂的比，称为臂比或杠杆比，通常用  $m$  表示。

对于臂比为 1 : 2 的杠杆秤，平衡重物所需的砝码重量  $P$  等于所称重物重量  $W$  的一半。在复式杠杆秤中，如果杠杆系处于平衡状态，那么其中任一称量用杠杆上受的力也都是平衡的。因此串联杠杆系的重臂的乘积与力臂的乘积之比，称为该杠杆系的杠杆比。它就是复式杠杆

秤的总臂比，用  $M$  表示。证明如下：图 9 为由串联杠杆系制成的复式杠杆秤。设连杆  $B_1 A_2$  的拉力为  $R$ ，则基层杠杆  $F_1 A_1 B_1$  上，

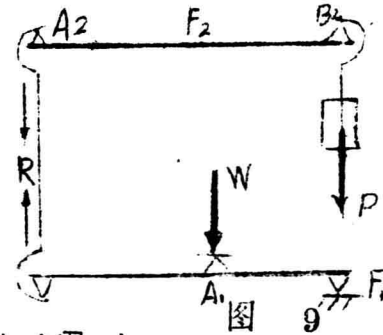
$A_1 B_1$  上，

$$W \times F_1 A_1 = R \times F_1 B_1$$

$$\text{则 } R = \frac{W \times F_1 A_1}{F_1 B_1}$$

主杠杆  $A_2 F_2 B_2$  上

$$P \times F_2 B_2 = R \times F_2 A_2$$



$$\therefore \frac{R \times F_2 A_2}{F_2 B_2} = W \frac{F_1 A_1 \times F_2 A_2}{F_1 B_1 \times F_2 B_2}$$

其中  $F_1 A_1$ 、 $F_2 A_2$  和  $F_1 B_1$ 、 $F_2 B_2$  分别是基层杠杆与主杠杆的重臂与力臂

$$\therefore P = W \frac{\text{重臂的乘积}}{\text{力臂的乘积}} = W \cdot M$$

即平衡重物所需砝码重量等于所称重物的重量和该秤总臂比之乘积。若总臂比为  $1/50$  的复式杠杆秤，在称量 300 公斤重物时，增砵盘上应放置  $300 \times \frac{1}{50} = 6$  (公斤) 重的增砵。

对称布置的并联杠杆系的总臂比，等于其中一根杠杆的臂。即  $M=m$

总臂比为 1 的杠杆称等臂杠杆，由它制成的秤称等臂杠杆秤；总臂比不为 1 的杠杆，称不等臂杠杆，由它组成的秤称不等臂杠杆秤。我国粮库中常用秤的总臂比有  $1/1$ 、 $1/2$ 、 $1/50$ 、 $1/100$  等几种。

## 2. 杠杆平衡的稳定性

杠杆平衡时，在受到外力干扰后，杠杆仍能恢复原有平衡状态的能力，称杠杆平衡的稳定性。

如果对已经平衡的杠杆稍加外力，使其离开原有平衡位置，当外力取消后，杠杆状态可能发生三种变化：

(1)外力取消后，经过几次摆动，自行恢复到原有平衡位置。这样原平衡状态称稳定平衡。

(2)外力取消后，失去平衡，也不能再回到原有平衡位置。这样原有平衡状态称不稳定平衡。

(3)外力取消后，杠杆可在任一新位置上平衡。这样原平衡状态称随遇平衡。

产生三种杠杆平衡状态的原因是：在实际使用中的杠杆并非一根笔直的直线，而是有一定的体积和形状。杠杆所受诸外力（重物重力、平衡重重力、杠杆自身重力等）的合力作用点与杠杆支点的相对位置，决定了杠杆平衡的状态。如果支点在杠杆合力作用点的上方，这种杠杆的平衡即为稳定平衡。如果支点在杠杆合力作用点的下方，则这种杠杆的平衡为不稳定平衡。如果两点重合，则这种杠杆的平衡为随遇平衡。如图 10

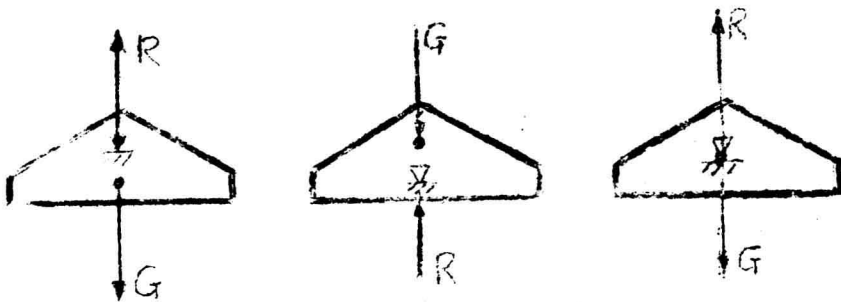


图 10



处于平衡状态的杠杆加一外力矩使杠杆偏斜，杠杆上合力作用点将向一侧产生位移，合力  $G$  对支点形成新的力矩。当外力矩消失后，合力作用点回到杠杆上的原位，在倾斜的杠杆形上又成新的力矩，若此力矩与外加力矩方向相反，则此力矩企图恢复杠杆的原有平衡。若方向相同，则此力矩将加剧杠杆的偏斜，直至倾倒。

由于稳定平衡状态的杠杆只有一个平衡位置，并具有企图恢复原有平衡状态的能力，因此只有利用这种杠杆制秤，才能得到满意的称量结果。不稳定平衡杠杆和随遇平衡杠杆一般不用来制作秤的称量用的杠杆。

为使杠杆具有稳定平衡，通常将杠杆的重点、力点和支点设在一条直线上，而将杠杆自身的重心置于该条线的下方。

杠杆的稳定程度，由合外力作用点在支下方距离的大小来决定。合外力作用点越低，杠杆越稳定。杠杆各力作用点均在一条直线上的杠杆是随遇平衡杠杆，杠杆平衡的举例，均是此种平衡。

### 三 杠杆秤的计量性能

一台合格的秤，应具有稳定性、正确性、灵敏性和不变性。通常把上述四个性能称为秤的计量性能。为研究方便起见，假设整个杠杆秤放在真空中。

#### (一) 稳定性 (平衡稳定性) :

无载荷杠杆的平衡状态受到干扰后，经过若干次摆动，能回到和始平衡位置的能力，称为杠杆的稳定性。稳定的条件是杠杆的重心位于支点的下方，稳定的程度取决于重心在支点下方的垂直距离的大小，重心越低，则稳定性越好，其抗干扰能力也越高。