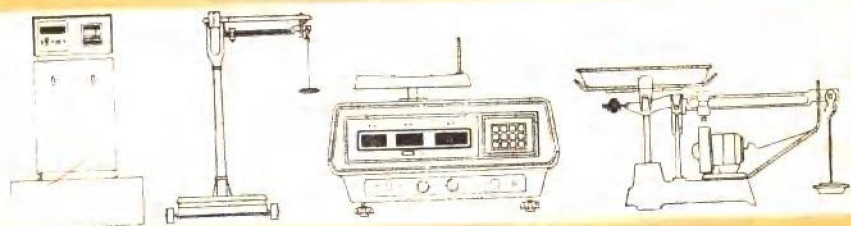


张 士 相

Yincheng  
Taicheng  
Dicheng



案秤  
台秤  
地秤

15.1

计 量 出 版 社

## 内 容 提 要

本书对作为案秤、台秤、地秤主要称量元件的杠杆、弹簧和测力传感器,在计量基础理论方面作了较为全面、系统的阐述。重点介绍了案秤、台秤、地秤的构造作用和结构设计原则,并列举了典型计算示例。还对检定、修理技术和使用注意事项作了必要介绍。

本书可供衡器计量专业人员和从事衡器设计、制造、教学、使用与维修人员参考。

英

## 案秤·台秤·地秤

张士相 著

\*

计量出版社出版

(北京和平里 11 区 7 号)

上海南翔印刷厂印刷

新华书店上海发行所发行 各地新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/32 印张 9 1/4

字数 208 千字 印数 1—15000

1982 年 5 月第一版 1982 年 5 月第一次印刷

统一书号 15210·120

定价 1.25 元

科技新书目: 21—148

## 出版前言

在国民经济各部门和人民生活中,广泛地使用着衡器。提高衡器的设计水平和制造质量,做好衡器的检定校准和正确使用、维护、修理,对于发展生产、促进交换和保障人民利益具有重要意义。正因为如此,不仅广大计量工作人员和衡器的设计生产人员,而且分布在各行各业的衡器使用者和管理者,都迫切需要学习掌握有关衡器的知识和技术。但是,目前有关衡器的知识读物太少,远远不能满足实际需要。根据广大读者的强烈要求,计量出版社决定组编出版一些衡器知识书籍,张士相工程师著的这本《案秤·台秤·地秤》就是其中之一。

案秤、台秤和地秤是常用的几种衡器。从我国当前的实际出发,本书着重介绍机械式和机电结合式的案秤、台秤和地秤,而对其他秤则只略加述及。

本书对于作为案秤、台秤和地秤主要称重元件的杠杆、弹簧和测力传感器,在计量理论方面的各种性能和特性,作了较全面的叙述;以较多的篇幅阐述了案秤、台秤和地秤的构造作用和结构设计原则,并列举了典型示例;还对检定、修理技术和使用注意事项做了必要介绍。

本书适用于设计、制造、检定、修理和使用案秤、台秤、地秤的有关人员;也可作为计量技术学校、衡器制造技术学校和有关短训班的教学用书,对于广大的衡器使用人员也有参考价值。

作者要求在此向中国计量科学研究院施汉谦工程师表示谢意,感谢他对书稿的审阅。

编辑部谨向读者表示:由于我们的水平所限,又对实际需要了解不够,在组编和出版此书时,一定存在不足之处,敬望读者不吝指教。

计量出版社编辑部

一九八一年五月

本书是根据《中华人民共和国计量法》和《中华人民共和国计量法实施细则》的有关规定,结合我国实际情况,参照国际单位制(SI)的有关规定,对《中华人民共和国计量法》和《中华人民共和国计量法实施细则》中有关计量的规定,进行了系统的整理和归纳,编成此书。本书共分两大部分:第一部分为《中华人民共和国计量法》,第二部分为《中华人民共和国计量法实施细则》。本书可作为从事计量工作的技术人员、管理人员、法律工作者、以及从事计量工作的学生、教师、研究人员等的参考书。本书在编写过程中,得到了有关方面的同志的大力支持,在此表示衷心的感谢。本书在编写过程中,参考了有关方面的资料,在此表示衷心的感谢。

# 目 录

|                           |        |
|---------------------------|--------|
| 第一章 称量和秤的一般概念.....        | ( 1 )  |
| §1-1 物体的重量和质量 .....       | ( 1 )  |
| §1-2 对物体的称量 .....         | ( 2 )  |
| §1-3 秤 .....              | ( 4 )  |
| 第二章 杠杆和杠杆系.....           | ( 5 )  |
| §2-1 杠杆 .....             | ( 5 )  |
| 一、杠杆的种类.....              | ( 6 )  |
| 二、杠杆的平衡.....              | ( 9 )  |
| 三、杠杆的臂比及机械利益.....         | ( 16 ) |
| 四、杠杆的灵敏度及稳定度.....         | ( 19 ) |
| 五、杠杆在稳定平衡位置附近的微小振动.....   | ( 24 ) |
| 六、合体杠杆.....               | ( 25 ) |
| 七、利用非理想杠杆称量时的误差.....      | ( 29 ) |
| §2-2 杠杆系 .....            | ( 41 ) |
| 一、并联杠杆系.....              | ( 42 ) |
| 二、串联杠杆系.....              | ( 43 ) |
| 三、混合联结杠杆系.....            | ( 47 ) |
| 第三章 弹簧.....               | ( 48 ) |
| §3-1 弹簧变形与外力的关系 .....     | ( 48 ) |
| 一、弹性体的变形与外力的关系——虎克定律..... | ( 48 ) |
| 二、螺旋卷弹簧的变形与外力的关系.....     | ( 49 ) |
| 三、平卷弹簧的变形与外力的关系.....      | ( 51 ) |
| §3-2 弹簧元件的灵敏度和稳定度 .....   | ( 52 ) |

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| §3-3 弹簧元件的振动周期 .....        | (53)  |
| §3-4 弹簧元件误差的来源 .....        | (54)  |
| 第四章 测力传感器.....              | (56)  |
| §4-1 应变式测力传感器的构造 .....      | (56)  |
| §4-2 应变式测力传感器应变片的灵敏度 .....  | (59)  |
| §4-3 应变式测力传感器的励磁电压和输出电压 ... | (60)  |
| §4-4 应变式测力传感器的误差来源、精度和容量... | (61)  |
| 第五章 案秤、台秤和地秤的主要零部件构造及设计...  | (62)  |
| §5-1 承重装置 .....             | (62)  |
| §5-2 杠杆和杠杆系 .....           | (70)  |
| 一、杠杆.....                   | (71)  |
| 二、杠杆的支持零件及联结零件.....         | (89)  |
| §5-3 读数装置 .....             | (109) |
| 一、标尺游铊式读数装置.....            | (110) |
| 二、指针度盘式读数装置.....            | (122) |
| 三、数字显示式读数装置.....            | (140) |
| §5-4 秤座和坑基 .....            | (166) |
| §5-5 附加装置 .....             | (168) |
| 一、止动器和阻尼器.....              | (168) |
| 二、悬锤和水准器.....               | (170) |
| 三、隔离器.....                  | (171) |
| 四、秤房.....                   | (174) |
| 第六章 几种常用案秤、台秤和地秤的构造及性能 ...  | (175) |
| §6-1 案秤 .....               | (175) |
| 一、单标尺游铊增铊并用式案秤.....         | (175) |
| 二、双标尺游铊式案秤.....             | (177) |
| 三、指针度盘与砝码并用式案秤.....         | (178) |
| 四、弹簧式案秤.....                | (183) |

|                                                              |       |
|--------------------------------------------------------------|-------|
| 五、电子式案秤.....                                                 | (184) |
| §6-2 台秤 .....                                                | (187) |
| 一、单标尺游铊增铊并用式台秤.....                                          | (187) |
| 二、指针度盘式台秤.....                                               | (194) |
| 三、数字显示式台秤.....                                               | (195) |
| §6-3 地秤 .....                                                | (200) |
| 第七章 案秤、台秤、地秤秤本身误差的来源及消除方法.....                               | (217) |
| §7-1 由于杠杆(单杠杆式秤)臂比不正确,或杠杆系(多杠杆式秤)传力比不正确造成的误差 ...             | (218) |
| §7-2 由于合体杠杆(单杠杆式秤)的相应臂比不一致,或并联杠杆组(多杠杆式秤)的相应传力比不一致造成的误差 ..... | (221) |
| §7-3 由于杠杆或杠杆系支持零件或联结零件接触位置或联结位置改变造成的误差 .....                 | (222) |
| §7-4 由于杠杆或杠杆系灵敏性不够造成的误差 ...                                  | (224) |
| §7-5 由于模数转换器和测力传感器精度不高造成的误差 .....                            | (226) |
| §7-6 由于弹簧(弹簧秤)的伸长值不正确造成的误差 .....                             | (227) |
| §7-7 由于附件或附加装置装设的不正确造成的误差 .....                              | (228) |
| §7-8 由于外界因素的影响造成的误差 .....                                    | (228) |
| 第八章 案秤、台秤和地秤的检定 .....                                        | (230) |
| §8-1 自质量的“国家基准器”到案秤、台秤和地秤之间的量值传递路线和传递方法 .....                | (230) |
| §8-2 案秤、台秤和地秤一般技术状态的检验.....                                  | (233) |
| §8-3 案秤、台秤和地秤的性能检定.....                                      | (235) |

|                    |       |
|--------------------|-------|
| 一、空秤检定             | (235) |
| 二、示值检定             | (239) |
| 三、感量检定             | (256) |
| 四、地秤计量主杆的检定        | (258) |
| 五、读数装置的检定          | (262) |
| 六、增铊的检定            | (263) |
| §8-4 案秤、台秤和地秤的检定周期 | (263) |
| 第九章 案秤、台秤和地秤的修理    | (265) |
| §9-1 刀子与刀承         | (265) |
| 一、修理               | (265) |
| 二、安装               | (268) |
| §9-2 挡刀板           | (270) |
| §9-3 吊耳、吊环与联结杆     | (271) |
| §9-4 杠杆            | (272) |
| §9-5 读数装置上的各附件     | (274) |
| 一、刻度板和刻度盘          | (274) |
| 二、游铊               | (275) |
| 三、增铊               | (279) |
| 四、增铊盘和平衡铊          | (279) |
| 五、调整铊              | (279) |
| 六、平衡指示标            | (280) |
| 七、支座               | (280) |
| 八、指针               | (281) |
| 九、玻璃               | (281) |
| 十、模数转换器            | (281) |
| §9-6 承重装置及其附件      | (282) |
| 一、秤盘和台板            | (282) |
| 二、球                | (282) |



|                            |       |
|----------------------------|-------|
| 三、拉带.....                  | (282) |
| §9-7 其他零件 .....            | (283) |
| 一、水准器和悬锤.....              | (283) |
| 二、阻尼器.....                 | (283) |
| 第十章 案秤、台秤和地秤在使用中应注意的事项 ... | (284) |

# 第一章 称量和秤的一般概念

## §1-1 物体的重量和质量

在地球引力场范围内的一切物体,都被地心所吸引,受恒定指向地心的力的作用,这一力叫做地心引力或重力。所谓物体的重量,即是地球对物体所施的吸引力。

由于重力是随着物体所在引力场的位置而改变的量,也就是说,它是空间的函数。因此,一个物体的重量,因所在的地理纬度不同,以及所处的高度而有所差异。

实验证明,一个物体的重量和各地的重力加速度的比值是不变的,这个比值叫做物体的质量。即

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

式中  $m$ ——物体的质量(千克);

$W$ ——物体的重量(千克);

$g$ ——重力加速度(米/秒<sup>2</sup>)。

物体的质量是物体固有的量,它不因物体所在的空间位置而改变。而物体的重量则为:

$$W = mg \quad (1-1')$$

它的大小和各地的重力加速度成正比。但在同一地理位置,重力加速度的值是一常数,质量相等的,重量也相等。

同样道理,重量相等的两个物体,同时移到任何地方,它们的重量将仍相等。

由于在地球上各个地方的重力加速度值相差不超过0.5%,所以,以重力单位表示的重量的单位数,和质量单位数非常接近。故在米制(国际公制)计量制度中,重量单位采

用与质量单位相同的名称。质量的主单位为“千克”(公斤),它是根据保存在法国巴黎国际计量局里的国际千克原器的质量来规定的。重量的主单位也为“千克”(公斤),它相当于在重力加速度为  $g=9.80665$  米/秒<sup>2</sup>的地方,质量为 1 千克的物体,在真空中的重量。

在国际单位制(SI)中,仅规定了质量单位为“千克”(公斤),重量一词则被看作是质量的同义语,失去了原来重力的含义。

### §1-2 对 物 体 的 称 量

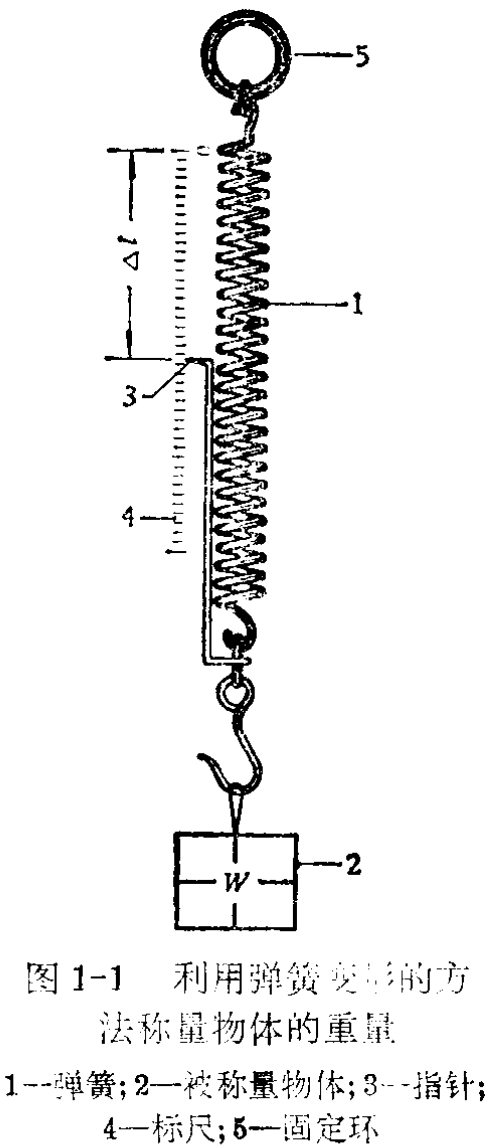
根据物体所受的重力或质量来判定物体的轻重,叫做对物体的称量。

称量物体的方法通常有两种:一种是利用弹簧变形的方法来称量物体的重量(即称量物体所受的重力);另一种则是利用已知的质量来比较被称量物体的质量。

利用弹簧变形的方​​法称量物体的重量时,是将被称量的物体挂在弹簧上(图 1-1),弹簧在物体所受的重力的作用下即被拉长。根据虎克定律,在弹簧的弹性极限内,弹簧的伸长值与被称量物体的重量成正比,即

$$\Delta l = k W \qquad (1-2)$$

式中  $\Delta l$ ——弹簧的伸长值(米);  
 $W$ ——被称量物体的重量(千克);



$k$ ——比例常数, 其值因弹簧的材料、尺寸和形状不同而异。

故物体的重量, 根据弹簧的伸长值即可判定。

如取比例常数  $k=1$ , 并将式(1-1)中  $W$  之值代入式(1-2), 则得

$$\Delta l = mg \quad (1-2')$$

式中  $m$ ——被称量物体的质量(千克);

$g$ ——重力加速度(米/秒<sup>2</sup>)。

可以看出, 利用弹簧变形的方法来称量物体的重量, 所得结果将因各地重力加速度的不同而有所差异。

利用已知的质量来比较被称量物体的质量时, 是将被称量的物体和已知的质量(通常为砝码)分别装在杠杆的两端上(图 1-2)。杠杆的两端和中央各有一个刀刃, 这时, 物体的重量  $W$  作用在杠杆的  $A$  点刀刃上; 砝码的重量  $P$  作用在杠杆的  $B$  点刀刃上,  $F$  点刀刃则向上支持着杠杆。

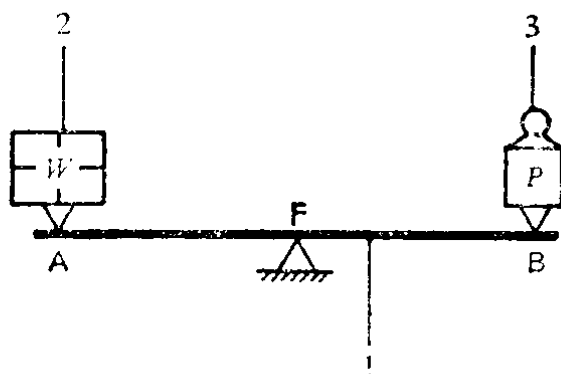


图 1-2 利用已知的质量比较被称量物体的质量

1—杠杆; 2—被称量物体; 3—已知的质量(砝码);  $A$ 、 $B$ 、 $F$ —刀刃

在这种情况下, 如果杠杆能处于平衡状态, 则两个作用力的力矩相等。即

$$WFA = PFB \quad (1-3)$$

若杠杆的两臂相等 ( $FA = FB$ ), 则被称量物体的重量等

于砝码的重量。即

$$W = P \quad (1-4)$$

按照式(1-1')将 $W$ 和 $P$ 化为质量和重力加速度,则得

$$m_W g_A = m_P g_B \quad (1-4')$$

式中  $m_W$ ——被称量物体的质量(千克);

$m_P$ ——已知的质量(砝码的质量)(千克);

$g_A$ —— $A$ 点处的重力加速度(米/秒<sup>2</sup>);

$g_B$ —— $B$ 点处的重力加速度(米/秒<sup>2</sup>)。

因  $A$ 、 $B$  两点之间的距离很近,  $g_A$  和  $g_B$  可以视为没有差别,故可写成

$$m_W = m_P \quad (1-4'')$$

这就是说,利用已知的质量来比较被称量物体质量的称量方法,是根据它们的重量相等来确定它们的质量相等。这种称量方法与被称量物体所在地的地理位置无关。因为将两个物体(被称量的物体和砝码)同时移到各个地理位置不同的地方时,其重量是同样改变的。

利用弹簧变形的方​​法称量物体重量的原理,通常被用来制成弹簧秤;利用已知的质量,来比较被称量物体质量的称量原理,则被用来制成杠杆秤。

### §1-3 秤

进行称量用的器具叫做秤。秤根据构造和用途的不同,分为弹簧秤:杠杆秤:浮力秤:液压秤:应力秤:电力秤和电子秤等多种类型,并有普通秤、工业用秤及其他专用秤等的区分。

案秤、台秤和地秤大都是利用杠杆原理制成的,其中一小部分是利用杠杆原理与弹簧原理共同制成的,还有一部分是利用力应变原理制成的。这些秤都属于普通秤的范围。

## 第二章 杠 杆 和 杠 杆 系

### §2-1 杠 杆

凡受到外力作用后，能绕着一个垂直于受力面的固定点转动的物体，都可以叫做杠杆。

杠杆是一种简单的机械，它具有变换力的大小的作用。用较小的力，通过杠杆的作用，可以得到较大的力，以使工作中省力；或将较大的力，通过杠杆的作用，变换成为较小的力，以便利于工作的进行。

在日常生活中体会到，要想把一个较重的物体挪开或撬起来，可用一根木棒或铁棍插到重物的下面，再在木棒或铁棍靠近重物一端的下面垫上一个支持物，然后在木棒或铁棍的另一端用力往下压，木棒或铁棍的这一端受到压力作用后，即将绕着在它下面的支持物来转动它插在重物下面的一端，从而可以比较省力地把这一重物撬起来。

也可以用另外一种方法：将木棒或铁棍的一端插到重物的下面，并使其头部支持在地面上（但不在木棒或铁棍下面加垫支持物），然后将木棒或铁棍的另一端向上抬，使木棒或铁棍绕着插在重物下面一端的头部转动，也同样可以把重物撬起来。

这根在力的作用下能够绕着一个固定点转动的木棒或铁棍，就是一种杠杆。利用它能比较省力地把较重的物体撬起来，就是杠杆具有的作用。日常生活中用的钳子、剪刀、镊子、起钉锤和独轮小车等工具，也都是杠杆原理的实际应用。

通常作用在杠杆上的力有三个，其中两个是自杠杆体外加于杠杆上的外力；另一个则是由于外力的作用，在杠杆绕其转动的固定点处产生的反作用力。

杠杆绕其转动的固定点叫做杠杆的支点；受外力作用的点则叫做受力点或作用点。

其中受物体重量作用的点叫做重点；受为使杠杆工作而加的力的作用点叫做力点。

杠杆的支点可以在两个外力的作用点之间，也可以在两个外力的作用点之外。

外力和支点反作用力指向所沿的直线，叫做力的作用线。

杠杆支点与外力作用线之间的垂直距离，则叫做杠杆臂。

其中支点与力点之间的垂直距离叫做力臂；支点与重点之间的垂直距离叫做重臂。

### 一、杠 杆 的 种 类

杠杆根据支点和受力点所在位置的不同，分为双臂杠杆与单臂杠杆两种(图 2-1 及图 2-2)。

支点在两个外力作用点之间的杠杆(图 2-1)，叫做双臂杠杆，也叫做第一种杠杆。作用在这种杠杆上两个外力的方向是相同的。

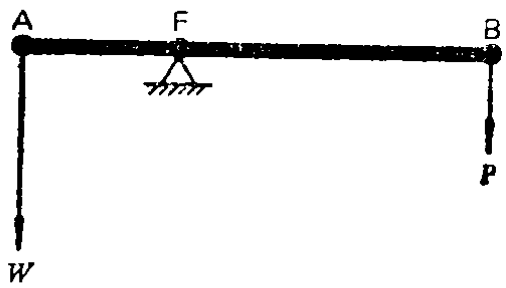


图 2-1 双臂杠杆（第一种杠杆）

$W$ 、 $P$ —作用在杠杆上的两个外力； $A$ 、 $B$ —两个外力的作用点；  
 $F$ —杠杆的支点

支点在两个外力作用点之外的杠杆，叫做单臂杠杆。其中重点(当杠杆为秤上用的杠杆时，受被称量物体重量作用的点叫做重点)在中间的杠杆叫做第二种杠杆〔图 2-2(a)〕；力点(当杠杆为秤上用的杠杆时，受与被称量物体重量相平衡的力作用的点叫做力点)在中间的杠杆叫做第三种杠杆〔图 2-2(b)〕。作用在这种杠杆上两个外力的方向是相反的。

前面所讲的两种撬起重物的方法中，前一种方法是利用了第一种杠杆；后一种方法则是利用了第二种杠杆。

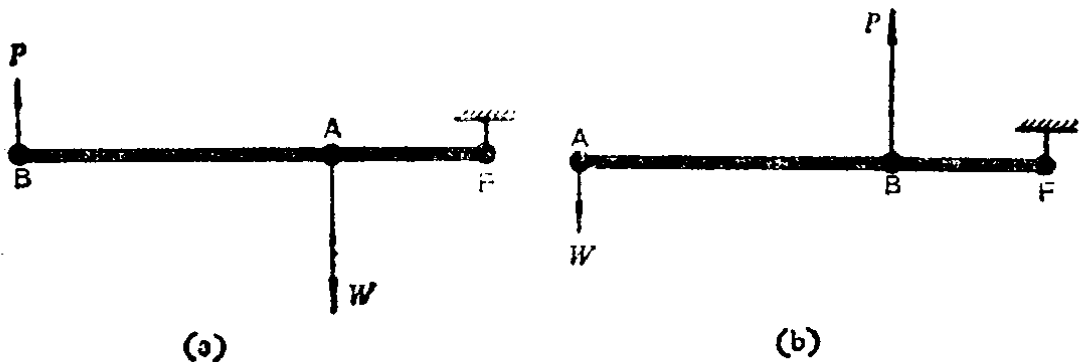


图 2-2 单臂杠杆

(a) — 第二种杠杆；(b) — 第三种杠杆。 $W$ 、 $P$  — 作用在杠杆上的两个外力(杠杆为秤上使用的杠杆时， $W$  为被称量物体的重量； $P$  为与被称量物体重量相平衡的力)； $A$ 、 $B$  — 两个外力的作用点； $F$  — 杠杆的支点

日常生活中使用的各种剪刀和钳子等，都是第一种杠杆；铡刀和独轮小车等是第二种杠杆；而指甲刀、镊子和筷子等，则是第三种杠杆。

第一种杠杆的特点是：可以用较小的力得到较大的力，也可以用较大的力得到较小的力，或者使力不发生变换，所以，利用这种杠杆工作，是省力还是费力，或者是不省力也不费力，要根据杠杆的具体构造才能确定；第二种杠杆的特点是：用较小的力可以得到较大的力，所以，利用这种杠杆工作总是省力的；第三种杠杆的特点是：用较大的力只能得到较小的力，所以，利用这种杠杆工作总是费力的。因此，应用这种杠



杆的目的往往不在于省力，而在于得到较大的行程使工作方便。

第一种杠杆可以单独地被用来制成为秤，如天平和日常生活中使用的木杆秤等；第二种杠杆和第三种杠杆则不能单独地制成为秤，两者都必须和第一种杠杆联合使用。因此，在各种秤中，第一种杠杆通常被用来制作称量用的主杠杆；第二种杠杆和第三种杠杆则做为主杠杆的辅助杠杆来使用。所以，第二种杠杆和第三种杠杆在秤中又有“辅助杠杆”之称。

秤上用的杠杆，除根据支点和受力点所在位置的不同，分为第一、二、三种杠杆外，根据称量时位置状态与称量方法的不同，又分为水平杠杆与倾斜杠杆两种(图 2-1、图 2-2 及图 2-3)。

在空秤及称量过程中保持水平状态，并根据本身的平衡来称量物体重量的杠杆，叫做水平杠杆(图 2-1、图 2-2)；在空秤及称量时处于倾斜状态，并根据本身倾斜位置的改变来称量物体重量的杠杆，叫做倾斜杠杆(图 2-3)。

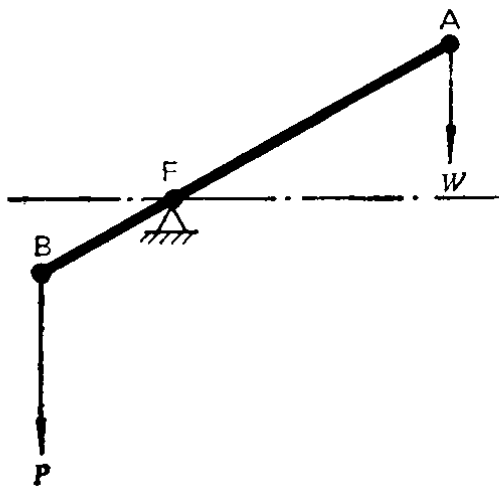


图 2-3 倾斜杠杆

$W$ 、 $P$ —作用在杠杆上的两个外力；  
 $A$ 、 $B$ —两个外力的作用点； $F$ —杠杆的支点

水平杠杆多用于天平、木杆秤、案秤、台秤和地秤等秤上；倾斜杠杆则多用于自动称量用的各种秤上。

秤上用的杠杆根据杆体组成的不同，又分为单体杠杆与合体杠杆两种(图 2-1~图 2-7 及图 2-11~图 2-13)。

单体杠杆是单独一根杠杆；合体杠杆则是两个或两个以上的单体杠杆合在一起而起到一根杠杆或两根杠杆作用的杠杆。