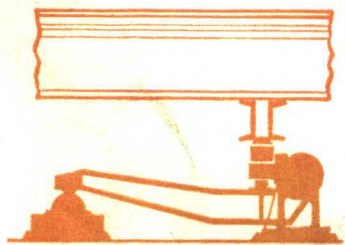


GUI DAO HENG



张 士 相 编著

轨道衡

人民铁道出版社



轨道衡

张士相 编著

人民铁道出版社

1980年·北京

内 容 提 要

本书叙述了轨道衡的主要衡量元件——杠杆和杠杆系的原理和性能，以及轨道衡的构造，同时对轨道衡计量误差的来源和消除方法、轨道衡的检定方法等都作了较全面的叙述。

本书可供轨道衡及其他衡器计量、检定、制造及修理部门的工人和技术人员学习和参考，也可供铁路运输专业的师生参考。

轨 道 衡

张 士 相 编著

人民铁道出版社出版

责任编辑 苏国镇

封面设计 赵敬宇

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本：850×1168 $\frac{3}{32}$ 印张：8.375 字数：202 千

1980年10月 第1版 1980年10月 第1次印刷

印数：0001—3,500 册 定价：1.05 元

前 言

一九七七年五月二十七日国务院以国发[1977]60号文颁发了《中华人民共和国计量管理条例（试行）》，条例中对我国计量工作的方针、政策，对进一步统一我国的计量制度、建立国家计量基准器和各级计量标准器的原则，以及对计量器具管理的原则、计量机构的性质和任务，都做了具体的规定，为整顿计量工作，加强计量管理，发展计量事业，提供了重要依据，指明了前进方向。这一条例的发布和正确贯彻执行，将对我国计量事业的发展起到推动作用。

准确、一致的计量器具，对于工农业生产和科学技术的发展以及国内外贸易，有着直接的影响。因此，条例中规定：“生产、修理的计量器具必须实行国家检定，不合格的产品不准出厂”。又规定：“使用中的计量器具，必须坚决实行定期检定制度，经常保持其准确性”。

轨道衡是一种设置在铁路站、段、工矿企业和港口码头等处，用来衡量各种铁路货车及其所装载的材料、设备，以及工农业产品重量的具有较高衡量准确性和衡量一致性的大型计量设备。其量值传递和精度管理一向由铁路部门负责。

如果轨道衡的设计不良、使用不当和保管上不加注意，以及其它原因都会造成失准，或同一车辆或货物在不同的轨道衡上衡量结果不一致，不仅会给计量工作带来很多麻烦，而且会造成经济上和贸易信誉上的损失。为了认真贯彻执行《中华人民共和国计量管理条例（试行）》，我们对于有关轨道衡方面的计量工作不能不加以适当的注意，不仅要加强对轨道衡的维护、修理和检定工作，使其经常保持应有的精度和良好状态，尤其对于轨道衡的构造原理、结构选择和精度管理等方面，均有加以研究和探

讨的必要。

作者鉴于目前这方面的书籍和资料非常缺乏，愿将多年来学习到的一些知识，结合在这方面工作中摸索到的一点经验，并参考国外有关资料，写成此书，以供专业工作者的参考，并满足广大工农兵群众和知识青年对于科学技术普及读物的需要。

本书对于作为轨道衡主要衡量元件的杠杆和杠杆系，从原理和性能等方面作了较详细的叙述，并以较多的篇幅阐述了轨道衡的构造原理，而且提供了正确选择轨道衡长度的理论根据，和有关技术资料。

本书还重点地叙述了计量技术方面的一些基本问题，如轨道衡计量误差的来源和消除方法，保持轨道衡进行衡量工作的一致性和可靠性的办法，质量量值的传递和轨道衡的检定方法等，都作了较全面的叙述。

本书所阐述的各项内容，对于轨道衡计量和检定方面的专业人员，制造和修理部门的工人和技术人员都是适用的，也可作为铁道运输专业和技术学校有关专业的课外参考材料。

本书在写作过程中，得到北方交通大学机械零件教研组薛慕贤同志和大连铁道学院物理教研组奚治邦同志、李春属同志的许多帮助，在此表示衷心感谢。

作 者

目 录

第一章 衡量和衡器的一般概念	1
第一节 物体的重量和质量.....	1
第二节 对物体的衡量.....	2
第三节 衡器.....	4
第二章 杠杆和杠杆系	5
第一节 杠杆.....	5
一、杠杆的种类.....	6
二、杠杆的平衡.....	8
三、杠杆的臂比及机械利益.....	15
四、杠杆的灵敏度及稳定度.....	17
五、杠杆在稳定平衡位置附近的微小振动.....	22
六、合体杠杆.....	23
七、利用非理想杠杆测量时的误差.....	26
第二节 杠杆系.....	38
一、并联杠杆系.....	38
二、顺联杠杆系.....	39
三、混合联结杠杆系.....	42
第三章 轨道衡的构造	44
第一节 承重装置.....	44
一、承重桥梁与承重杠杆.....	44
二、承重桥梁长度的选择.....	47
三、承重桥梁强度的校核.....	57
第二节 杠杆系.....	67
一、杠杆系的几种组成形式.....	67
二、杠杆的构造及其强度的校核.....	80

三、杠杆的支持零件及联结零件	99
第三节 读数装置	119
一、标尺游铰式读数装置	119
二、指针度盘式读数装置	129
三、数字显示式读数装置	146
第四节 坑基	176
一、坑基的一般构造	176
二、台面板	181
第五节 附加装置	181
一、脱离装置	181
二、复线装置	187
三、渐加荷重装置	188
第六节 多台式轨道衡	189
第七节 衡房	196
第四章 轨道衡衡量误差的来源及消除方法	197
第一节 杠杆系传力比不正确造成的误差	198
第二节 杠杆系各并联杠杆组传力比不一致造成的 误差	200
第三节 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	201
第四节 杠杆系灵敏性不够造成的误差	203
第五节 模拟-数字转换器和测力传感器精度不够高 造成的误差	204
第六节 衡面上钢轨与地面上钢轨不在同一水平面 上,在分头衡量时造成的误差	205
第七节 装设附件和附加装置造成的误差	212
第八节 外界因素的影响造成的误差	212
第五章 工作用轨道衡的检定	213
第一节 质量量值的传递系统	213
第二节 工作用轨道衡一般技术状态的检验	220

第三节	工作用轨道衡计量性能的检定	222
第四节	工作用轨道衡的检定周期	240
第六章	轨道衡的修理	241
第一节	衡量机构部分	241
一、	刀子与刀承	241
二、	挡刀板	244
三、	吊耳、吊环与联结杆	245
四、	杠杆	246
五、	读数装置上的各附件	247
六、	承重桥梁部分	250
第二节	坑基部分	251
第七章	轨道衡在使用中应注意的事项	257
参考文献		259

第一章 衡量和衡器的一般概念

第一节 物体的重量和质量

我们知道，在地球表面或空间的一切物体，都被地心所吸引，而受有沿地心方向固定不变的力的作用，这一力叫做重力。

所谓物体的重量，即是物体所受的重力。

由于重力是一个具有方向、着力点，并随所处地理位置及距地面高度的不同而改变的量，因此，一个物体的重量，也因所在地的地理纬度不同，以及在地面上所处的高度不同而有所差异。它的大小和各地的重力加速度成比例。

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：

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

式中 m —— 物体的质量；

W —— 物体的重量；

g —— 重力加速度。

物体的质量是物体固有的量，不因物体所在地的地理位置而改变。

在同一地理位置，重力加速度的值是一常数，故物体的重量和其质量成正比，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。

由于以重力单位表示的重量的量值和质量量的量值非常相似，故在米制计量制度中，重量单位采用与质量单位相同的名称。

在米制计量制度中，质量的主单位为“公斤”（“千克”），它是根据保存在法国巴黎国际计量局里的铂铱合金千克原器的质

量规定的。这一单位已被采纳为世界性通用标准。

重量的主单位也为“公斤”，它相当于在重力加速度 $g = 9.80665 \text{ 米/秒}^2$ 的地方，质量为 1 公斤的物体在真空中的重量。

第二节 对物体的衡量

根据物体所受的重力或物体的质量来判定物体的轻重，叫做对物体的衡量。

衡量物体的方法通常有两种：一种是利用弹性物质变形的方法来衡量物体的重量（即衡量物体所受的重力）；另一种则是利用已知的质量来比较被衡量物体的质量。

利用弹簧变形的办法衡量物体的重量时，是将被衡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，在弹簧的比例极限内，弹簧的伸长值与被衡量物体的重量成正比，即：

$$\Delta l = kW, \quad (1-2)$$

式中 Δl —— 弹簧的伸长值；

W —— 被衡量物体的重量；

k —— 比例常数，其值根据弹簧的材料、尺寸和形状而定。

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 —— 被衡量物体的质量；

g —— 重力加速度。

可以看出，利用弹簧变形方法衡量物体的重量，所得结果将因各

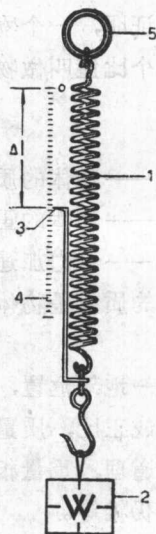


图 1—1 利用弹簧变形的办法衡量物体的重量

1 —— 弹簧； 2 —— 被衡量物体； 3 —— 指针； 4 —— 标尺； 5 —— 固定环。

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衡量物体的质量时，是将被衡量的物体和已知质量的物体（通常为砝码），分别装在杠杆的两端上。如图 1—2 所示，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

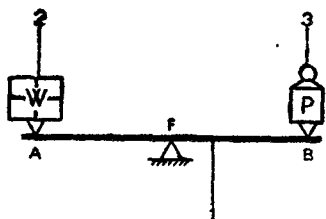


图 1—2 利用已知的质量比较被衡量物体的质量

1 —— 杠杆，2 —— 被衡量物体，
3 —— 已知的质量（砝码），
A、B、F —— 刀刃。

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。

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：

$$W \cdot \overline{FA} = P \cdot \overline{FB}。 \quad (1-3)$$

若杠杆的两臂相等 ($\overline{FA} = \overline{FB}$)，则被衡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 —— 被衡量物体的质量；

m_P —— 已知的质量（砝码的质量）；

g_A —— A 点处的重力加速度；

g_B —— B 点处的重力加速度。

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衡量物体质量的衡量方法，是根据它们的重量相等来确定它们的质量相等。这种衡量方

法与被衡量物体所在地的地理位置无关。因为将两个物体（被衡量的物体和砝码）同时移到地理位置不同的地方时，其重量是同样改变的。

利用弹簧变形的办法衡量物体重量的原理，通常被用来制成弹簧式衡器；利用已知质量，来比较被衡量物体质量的衡量原理，则被用来制成杠杆式衡器。

第三节 衡 器

衡量用的器具叫做衡器。衡器根据构造和用途的不同，分为许多类型。按其构造来区分，可分为弹簧式衡器；杠杆式衡器；电子式衡器和机电结合式衡器。按其用途来区分，则可分为普通衡器；工业用衡器和其他专用衡器。

轨道衡是利用杠杆原理并采用电子技术（当采用数字显示式读数装置时）制成的一种衡器，它属于工业用衡器。

第二章 杠杆和杠杆系

第一节 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。

杠杆是一种简单机械，它具有变换力的太小的作用。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，以利于工作的进行。

在日常生活中我们知道，要想把一个较重的物体挪开或撬起来，可以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，即将以它下面的支持物为支点转动，而可以比较省力地把重物撬起来。

也可以用另外一种方法，即是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，使木棒或铁棍以插在重物下面一端的头部为支点而转动，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。

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，在杠杆绕固定点转动处产生的反作用力。

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；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。

兹将杠杆这一简单机械的特性叙述如下：

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。

支点在两个外力作用点之间的杠杆，叫做双臂杠杆（图2—1），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。

支点在两个外力作用点之外的杠杆，叫做单臂杠杆（图2—2）。

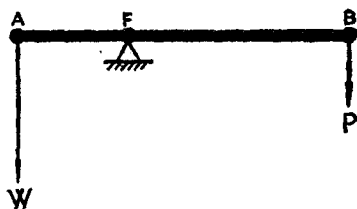


图2—1 双臂杠杆（第一种杠杆）
W、P——作用在杠杆上的两个外力；A、B——两个外力的作用点；
F——杠杆的支点。

其中重点（当杠杆为衡器用的杠杆时，受被衡量物体重量作用的点叫做重点）在中间的杠杆又叫做第二种杠杆（图2—2a）；力点（当杠杆为衡器用的杠杆时，受与被衡量物体重量相平衡的力作用的点叫做力点）在中间的杠杆又叫做第三种杠杆（图2—2b）。

作用在这种杠杆上两个外力的方向是相反的。

前面所讲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。

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

杠杆的特点则是：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衡器，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衡器，两者都必须和第一种杠杆联合使用。因此，在衡器中，第一种杠杆通常被用来制作衡量用的主杠杆；第二种杠杆和第三种杠杆则作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，在衡器中又有“辅助杠杆”之称。

衡器用的杠杆，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，根据衡量时所处的位置与衡量方法的不同，又分为水平杠杆与倾斜杠杆两种。

在空秤及衡量过程中保持水平状态，并根据本身的平衡来衡

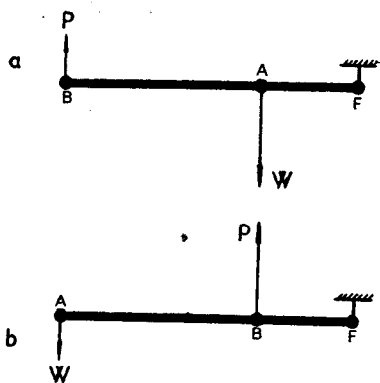


图 2—2 单臂杠杆

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
 （杠杆为衡器用的杠杆时， W 为被衡量物体的重量； P 为与被衡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。

量物体重量的杠杆，叫做水平杠杆（图2—1、2—2）；在空秤及衡量时处于倾斜状态，并根据本身倾斜位置的改变来衡量物体重量的杠杆，叫做倾斜杠杆

（图2—3）。

水平杠杆多用于天平、木杆秤、一般台秤和轨道衡等衡器；倾斜杠杆则多用于自动衡量用的台秤和地秤等衡器。

衡器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。

单体杠杆（图2—1~2—7）是单独一根杠杆；合体杠杆（图2—11~2—13）则是两个（或两个以上）单体杠杆合在一起而起一根或两根杠杆作用的杠杆。

单体杠杆可以单独的制成衡器；合体杠杆则大部分是用来做为杠杆系的组成部分。

除以上各种杠杆外，尚有两臂不在一条直线上的弯曲杠杆（图2—4），和受外力作用的方向及支点方向与一般杠杆相反的反杠杆（图2—5）。

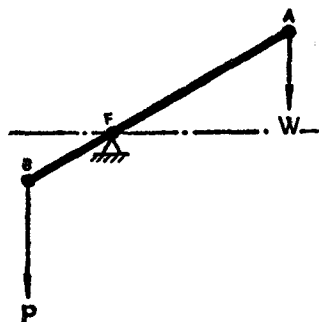


图2—3 倾斜杠杆
 W 、 P ——作用在杠杆上的两个外力； A 、 B ——两个外力的作用点； F ——杠杆的支点。

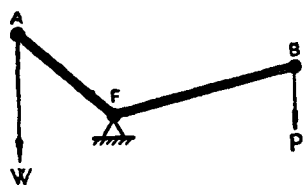


图2—4 弯曲杠杆
 W 、 P ——作用在杠杆上的两个外力； A 、 B ——两个外力的作用点； F ——杠杆的支点。

二、杠杆的平衡

衡器中的杠杆，绝大部分是根据本身达到平衡状态来测定物体质量的。因此，杠杆的平衡问题是关系着衡器衡量原理和衡器性能的一个重要问题。

所谓杆杠的平衡，是指杆杠在已知力系的作用下，相对于周

围物体处于静止状态。

现在我们来探讨关系到杠杆平衡的两个问题：

(一) 杠杆的平衡条件

杠杆的平衡条件，是指使杠杆处于平衡状态所必须满足的条件。

我们知道，作用在杠杆上的外力，能使杠杆绕其支点来转动。经验证明，这个作用力的效果不仅与力本身的大小成正比，而且与支点到该力作用线间的垂直距离（即力臂）成正比（例如当用扳手来旋动螺母时）。因此，作用力与力臂的乘积，可以作为作用力使杠杆绕支点转动效果的度量。

作用力与力臂的乘积，叫做力对于支点之矩，通常以符号 $m_{支}(F)$ 表示，即：

$$m_{支}(F) = \pm F \cdot a, \quad (2-1)$$

式中 F ——作用在杠杆上的力，
 a ——力臂的长度。

作用力使杠杆绕其支点转动时，可能有两种不同的转向，即顺时针方向的转向与反时针方向的转向。为了区别这两种转向，通常将力矩作为代数量，也就是用正负号来区别两种转向。一般规定转向是反时针方向时，力矩为“正”；转向是顺时针方向时，则力矩为“负”。

力矩的单位由力及力臂的单位决定，一般为“公斤·米”，

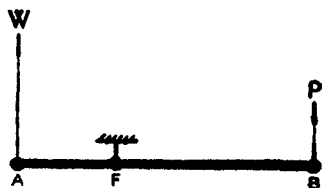


图 2-5 反杠杆

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。

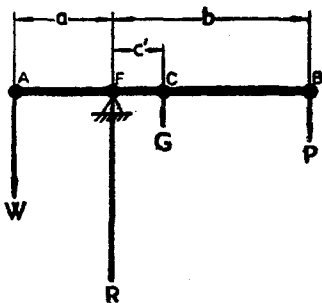


图 2-6 单体水平杠杆的平衡

W 、 P ——作用在杠杆上的两个外力； G ——作用在杠杆重心上的重力； R ——支点的反作用力； A ——杠杆的重点； B ——杠杆的力点； C ——杠杆的重心； F ——杠杆的支点； a 、 b ——杠杆两臂的长度； c' ——杠杆重心到支点间的距离。