

机械式量仪修理

下

贾三泰 王永立 编著

计量出版社

机械式量仪修理

(下 册)

贾三泰 王永立 编著

计量出版社版

1983 北京

内 容 提 要

本书分为上下两册,比较全面地介绍了机械式量仪有关修理方面的知识和技术。下册包括刀口式测微计、杠杆百分表(杠杆千分表)、杠杆齿轮式比较仪、杠杆式卡规和杠杆千分尺等几种量仪。主要介绍它们的工作原理、构造、检定和修理方法,重点是修理,用典型实例分析常见故障,并从实际出发提出了排除故障的技术措施。

本书内容密切结合生产实际,可供具有初中以上文化程度的量仪检定和修理人员以及其它计量测试工作者参考。

机 械 式 量 仪 修 理

(下 册)

贾三泰 王永立 编著

责任编辑 刘瑞清

—

计量出版社出版

(北京和平里11区7号)

北京计量印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

—

开本 787×1092 1/32

印张 8 1/4

字数 188 千字

印数 1—30 000

1983年9月第一版

1983年9月第一次印刷

统一书号 15210·251

定价 1.10 元

序 言

自从 1907 年出现第一只刀口式测微计以来，机械式量仪作为形式千变万化、种类繁多的长度计量仪器中的一个重要分支，获得了迅速的发展。1937 年以后，由于扭簧比较仪的出现，克服了机械结构中的摩擦和间隙，使机械式量仪的精度大大提高。特别是近些年来，扭簧比较仪更臻完善，精度可达 ± 0.1 微米（分度值 0.1 微米）。

机械式量仪具有结构坚固、成本低廉、操作方便、非常适用于生产等优点，因而在机械制造业中得到了极为广泛的应用。

但是，由于应用广泛和使用频繁，也带来了大量的维修问题。解决这个问题在我国具有十分现实的意义。

1976 年我们曾编著了《万能量具的修理》一书，经机械工业出版社出版后，虽然受到国内有关人员的欢迎，但远远不能满足实际需要，许多读者来信说，该书虽然起到了一定作用，但仅限于“三大件”，还不能解决其它常用量具量仪的修理问题，希望我们再编写一本有关机械式量仪修理方面的书籍。读者的热情要求和迫切需要，使我们受到了很大的鼓舞和鞭策。近年来，我们进一步总结了工作中的体会，搜集和整理了有关资料，写成这本《机械式量仪修理》。

本书分上下两册，共八章。第一章中，概略地介绍了有关机械式量仪的基本知识。以后各章中，对各种常用的机械式量仪，从构造到检定、修理均作了比较全面的介绍。为了便于读者阅读和应用，书中配有大量插图，文字力求简明通顺。有关误差分析部分，尽量避免繁琐的公式推导和理论性

论证，做到从实际出发，扼要地讲明道理，灵活地运用于量仪的调修。

当然，书中介绍的几种量仪并没有包罗所有的机械式量仪，它们只是最常用的几种。关于百分表，也属于一种简单的机械式量仪，已在《万能量具的修理》一书中详细介绍，就不再赘述。有的量仪，如片弹簧式测微仪等，结构陈旧，已被淘汰，也没有必要再予介绍。

本书所涉及的检定规程，除千分表外，均为现行规程，其代号如下：

内径百分表	JJG36—77
内径千分表（试行）	JJG228—80
扭簧比较仪（试行）	JJG118—75
杠杆百分表	JJG35—80
杠杆千分表（试行）	JJG224—80
测微计（试行）	JJG40—75
杠杆齿轮式比较仪	JJG39—80
杠杆式卡规	JJG27—80
杠杆千分尺	JJG26—75

由于本书上册脱稿时，千分表正式规程尚未颁布，因而有些规定与现行规程有出入，读者使用本书时，应以现行试行规程（JJG231—80）为准。

鉴于作者水平有限，如有不妥和谬误之处，欢迎读者批评指正。

编著者

1982年8月

目 录

第五章 杠杆百分表的修理	(1)
第一节 概 述.....	(1)
第二节 杠杆百分表的工作原理和构造.....	(2)
第三节 杠杆百分表的检定.....	(25)
第四节 杠杆百分表的拆装和修理顺序.....	(34)
第五节 杠杆百分表的外观修理.....	(36)
第六节 杠杆百分表各部分相互作用的修理.....	(40)
第七节 杠杆百分表的测力和测杆扭力的修理.....	(48)
第八节 杠杆百分表示值稳定性的修理.....	(52)
第九节 杠杆百分表示值误差的分析与调修.....	(61)
第六章 刀口式测微计的修理	(72)
第一节 概述.....	(72)
第二节 刀口式测微计的工作原理和构造.....	(73)
第三节 刀口式测微计的检定.....	(85)
第四节 刀口式测微计的拆装和修理顺序.....	(92)
第五节 刀口式测微计的外观修理.....	(95)
第六节 刀口式测微计各部分相互作用的修理.....	(96)
第七节 刀口式测微计测力的修理.....	(100)
第八节 刀口式测微计示值稳定性的修理.....	(101)
第九节 刀口式测微计示值误差的分析与调修.....	(109)
第七章 杠杆齿轮式测微表的修理	(120)
第一节 概述.....	(120)
第二节 杠杆齿轮式测微表的工作原理和构造.....	(121)
第三节 杠杆齿轮式测微表的检定.....	(141)
第四节 杠杆齿轮式测微表的拆装和修理顺序.....	(147)
第五节 杠杆齿轮式测微表的外观修理.....	(148)

第六节	杠杆齿轮式测微表各部分相互作用的修理·····	(150)
第七节	杠杆齿轮式测微表测力的修理·····	(157)
第八节	杠杆齿轮式测微表示值稳定性的修理·····	(158)
第九节	杠杆齿轮式测微表示值误差的分析与调修·····	(164)
第八章	杠杆卡规和杠杆千分尺的修理·····	(171)
第一节	概述·····	(171)
第二节	杠杆卡规和杠杆千分尺的工作原理与构造·····	(174)
第三节	杠杆卡规和杠杆千分尺的检定·····	(189)
第四节	杠杆卡规和杠杆千分尺的拆装和修理顺序·····	(201)
第五节	杠杆卡规和杠杆千分尺的外观修整和明显损坏部 分的修理·····	(203)
第六节	杠杆卡规和杠杆千分尺各部分相互作用的修理···	(206)
第七节	杠杆卡规和杠杆千分尺轴向窜动和径向摆动的修 理·····	(221)
第八节	杠杆卡规和杠杆千分尺测力的修理·····	(227)
第九节	杠杆卡规和杠杆千分尺平面度和平行度的修理···	(229)
第十节	杠杆卡规和杠杆千分尺示值变化的修理·····	(232)
第十一节	杠杆卡规和杠杆千分尺示值误差的调修·····	(239)
第十二节	杠杆千分尺调整量具的修理·····	(255)

第五章 杠杆百分表的修理

第一节 概 述

杠杆百分表是一种利用杠杆齿轮（或杠杆螺旋）作为传动和放大机构的机械式量仪。可用绝对法测量工件的几何形状和相互位置偏差，用相对法测量尺寸偏差。图 5-1 是我国哈尔滨量具刃具厂生产的杠杆百分表。分度值为 0.01 毫米，测量范围为 ± 0.4 毫米。

一般的杠杆齿轮传动式量仪，或纯齿轮传动式量仪，由于其测杆有导向机构，而且测杆的运动方向往往与指针的回转平面相平行，因此仪器的外形尺寸较大，使测量工作受到测量方向 and 被测工件位置的限制。杠杆百分表无此缺点，其外形尺寸较小，测量方向与测量端的轴线相垂直，而且测头可在各种不同的测量方向上工作，因此使用灵活，可以伸入小孔、凹槽中进行测量。

杠杆百分表按其传动机构的形式可分为杠杆齿轮式和杠杆螺旋式两种。按其测量端的运动方向与指针回转平面间的

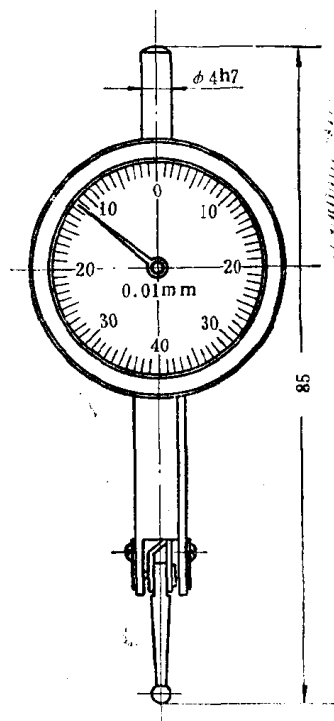


图5-1 杠杆百分表

关系，可分为侧面式、上面式和端面式三种形式。

由于被测尺寸的直线位移与杠杆的角位移之间存在着非线性的机构误差，²所以杠杆百分表的测量范围较小，一般不超过1毫米。

杠杆千分表也是利用杠杆齿轮作为传动和放大机构的机械式量仪。它与杠杆百分表的区别，仅在于结构较为复杂、精度较高，从表面上看，分度值为0.01毫米的为杠杆百分表，分度值为0.002毫米和0.001毫米的为杆千分表，而其外形、结构原理基本相同。因此本书对杠杆千分表不另立章节讨论，其工作原理、构造、检定方法和修理方法等，均在本章有关部分予以介绍。

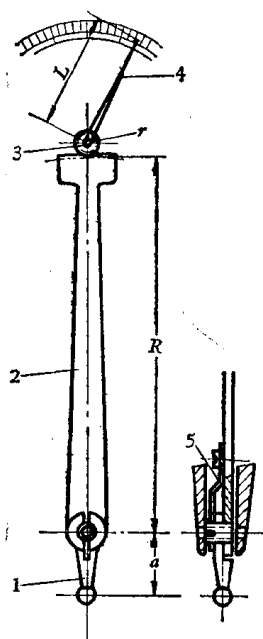


图5-2 杠杆齿轮式百分表工作原理图

1—测杆；2—扇形齿轮；3—小齿轮；
4—指针；5—平弹簧片

第二节 杠杆百分表 的工作原理和构造

一、杠杆百分表的工作原理

杠杆齿轮式百分表是借助于杠杆齿轮传动，把测杆的微小直线位移加以放大，最后由指针在刻度盘上指示出相应的示值。

图5-2是一种最简单的杠杆齿轮式百分表的工作原理图。测杆1（在测量链中作为杠杆短臂）与扇形齿轮2组成杠杆齿轮机构。当测杆具有位移时，杠杆齿轮即绕其枢轴摆动，同时，与扇形齿轮相啮合

的小齿轮 3 连同固定在其轴上的指针 4 一起回转，最后指针指示出刻度盘上相应的示值。

杠杆百分表的传动比按下式计算：

$$K = \frac{R}{a} \frac{L}{r} \quad (5-1)$$

式中 R ——扇形齿轮的节圆半径（或总齿数）；

r ——小齿轮的节圆半径（或总齿数）；

a ——杠杆短臂的长度；

L ——指针的长度。

作为杠杆短臂的测杆在平弹簧片 5 的作用下，与扇形齿轮间为摩擦结合。根据测量上的需要，可扳转测杆使之与扇形齿轮作相对转动，使测杆的轴线垂直于测量线（图 5-3）。有时由于测杆轴线不能与测量线相互垂直时（图 5-4），则将形成指示误差，此误差可通过

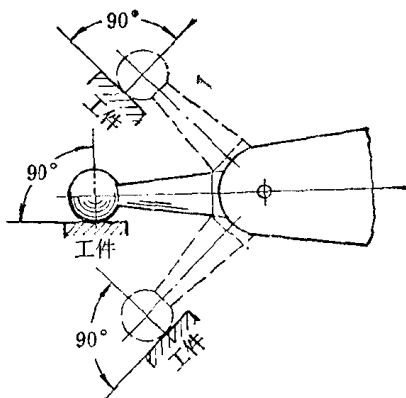


图5-3 测杆轴线与测量线之间的正确位置

下式予以修正：

$$A = a \sin \beta \quad (5-2)$$

即正确的测量结果 A 等于杠杆百分表上的读数 a 乘以 $\sin \beta$ 。

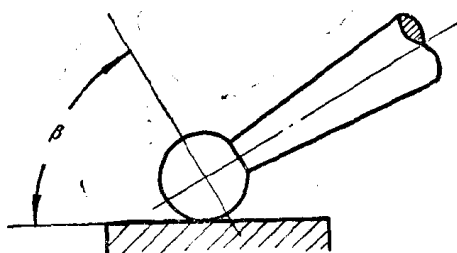


图5-4 测杆轴线与测量线不垂直的情况

图 5-5 为端面式杠杆百分表作用原理图。

图中，测杆 3 与端面齿轮 4 以摩擦结合的方式组成杠杆齿轮。当测杆摆动时，杠杆齿轮即绕其枢轴转动，同时带动中心齿轮 5 连同固定在其轴上的指针一起转动。传动比的计算公式与 (5-1) 式相同。

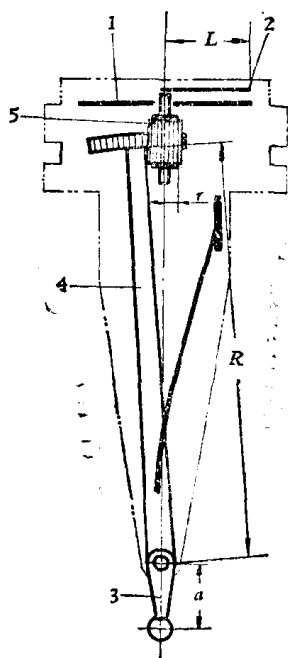


图5-5 端面式杠杆百分表
工作原理图

1—刻度盘；2—指针；3—测杆；
4—端面齿轮；5—中心齿轮

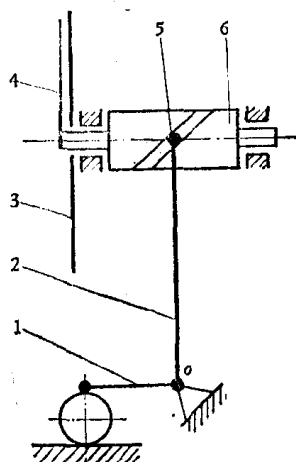


图5-6 杠杆螺旋式百分表
工作原理图

1—测杆；2—杠杆长臂；3—刻度盘；
4—指针；5—球形端；6—蜗杆

杠杆螺旋式百分表的传动机构是由杠杆和螺旋两种传动方式综合而成，图 5-6 为杠杆螺旋式百分表工作原理图。作为杠杆短臂的测杆 1 以摩擦结合的方式与杠杆长臂 2 连接，组成杠杆机构， O 为杠杆回转枢轴。杠杆长臂的球形（或柱形）端 5 嵌入于蜗杆 6 的螺旋槽内，与槽的一侧相接触。在

蜗杆的枢轴上固定着指针 4。当测杆的球形测头与被测工件相接触并引起位移时，通过杠杆机构的传递，使球形端 5 沿着蜗杆的螺旋槽移动，并导致蜗杆绕其自身的轴线转动，最后由指针指示出刻度盘 3 上的相应示值。

杠杆螺旋式百分表的传动比 K 可按下式计算：

$$K = \frac{2\pi R}{a} \frac{L}{s} \quad (5-3)$$

式中 R ——杠杆长臂的长度；

a ——杠杆短臂的长度；

L ——指针的长度；

s ——蜗杆的导程。

蜗杆螺旋槽的升角 β 可按下式计算：

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{s}{\pi d_{\Phi}} \quad (5-4)$$

式中 d_{Φ} ——蜗杆的中径。

图 5-7 为杠杆千分表的工作原理图。其分度值为 0.002 毫米，刻度盘的圆周上均匀分布着 100 个分度。

测杆 10、拨杆 9 和扇形齿轮 6 组成杠杆换向机构。当测杆向左摆动时，拨杆 9 推动扇形齿轮 6 上的圆柱销 8，使扇形齿轮绕其枢轴 7 逆时针方向转动，此时圆柱销 1 与拨杆脱开。当测杆向右摆动时，拨杆推动扇形齿轮上的圆柱销 1 也使扇形齿轮绕其枢轴逆时针方向转动，此时圆柱销 8 与拨杆脱开。这样无论测杆向左或向右摆动，扇形齿轮总是逆时针方向转动。

进一步的传动是：扇形齿轮 6 带动小齿轮 2 及与之同轴的端面齿轮 3。端面齿轮把运动传递给中心齿轮 5，最后由固定在中心齿轮轴上的指针 4 指示出刻度盘上的相应示值。

这里面包括两条传动链，由于只有一个刻度盘，因此两

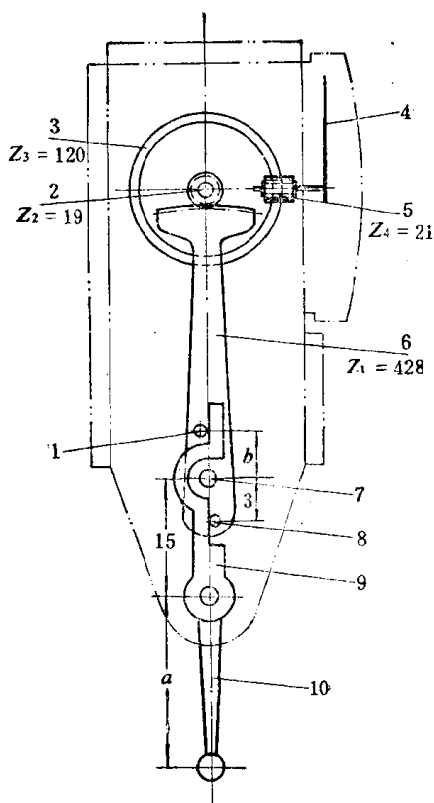


图5-7 杠杆千分表工作原理图

- 1—圆柱销；2—小齿轮；3—端面齿轮；4—指针；
5—中心齿轮；6—扇形齿轮；7—枢轴；8—圆柱销；
9—拨杆；10—测杆

者的传动比应当是一样的。由图中可以看出，杠杆千分表为四级传动，其传动公式可写为：

$$K_{\pm} = \frac{15-3}{a} \cdot \frac{Z_1}{3} \cdot \frac{Z_3}{Z_2} \cdot \frac{1}{Z_4} L \quad (5-5)$$

$$K_{\pm} = \frac{15+b}{a} \cdot \frac{Z_1}{b} \cdot \frac{Z_3}{Z_2} \cdot \frac{1}{Z_4} L \quad (5-6)$$

式中 L ——指针长度；

$a = 16.39$ 毫米； $b = 5$ 毫米。

二、杠杆百分表的构造

图 5-8 为西德卡尔马尔厂生产的杠杆百分表。其分度值为 0.01 毫米；相邻两刻线间的距离为 0.94 毫米；刻度范围为 ± 0.40 毫米；测量范围为 0.80 毫米。刻度盘部分的外壳直径为 28 毫米。

表壳系由外壳 26 和盖板 16 组成，并由三个螺钉 28 和销钉 27 固定在一起。表壳的一端装有一个夹持柄 13，以便在测量工作中能将杠杆百分表固定在夹具或测量支架上。在表壳另一端的枢轴 19 上，装有作为杠杆短臂的测杆 23，和作为杠杆长臂的扇形齿轮 17。为了使测杆能在转动的平面内改变位置（角度），使其轴线垂直于测量线，同时又为了使测杆在一定的测力范围内能与扇形齿轮保持牢固的连结，在测杆的尾部开有一个切口，使之产生一定的弹性作用，借摩擦结合的方法与枢轴紧紧地相配合。另外，又利用平弹簧片 25 的压紧作用，使测杆绕枢轴转动的力保持在 400—800 克力以内。只有在超过上述力（40—150 克力）的情况下，才能使测杆绕枢轴改变其角度位置。这种结合方法很容易由于轴和孔之间的磨损而产生间隙和松动。因此，有的杠杆百分表不再采用平弹簧片和带有切口的测杆，而是将测杆的尾部圆孔直接与枢轴压配。由于球形测头 22 和枢轴的轴承很容易磨损，所以测杆是一个需要经常更换的主要零件。

扇形齿轮 17 与中间小齿轮 14 相啮合，中间小齿轮与中间扇形齿轮（或称摆轮）35 同轴，中间扇形齿轮又与中心齿轮 34 相啮合。中间扇形齿轮和中心齿轮实质上是一对两轴线相交成直角的伞齿轮。指针 8 固定在中心齿轮的枢轴

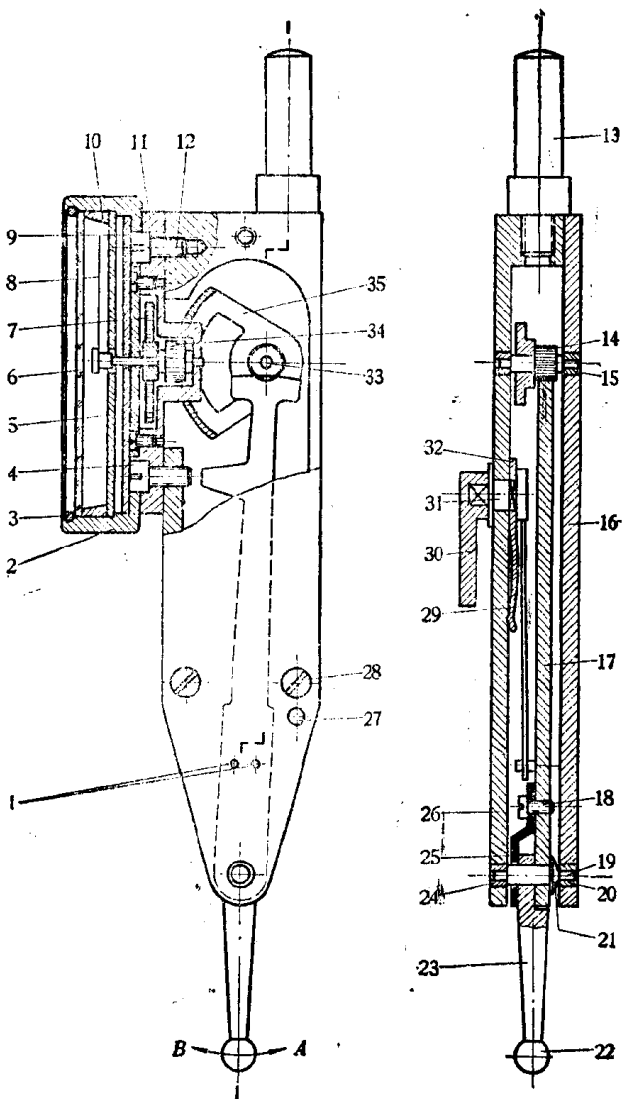


图5-8 杠杆百分表的构造

1—销钉；2—表圈；3—弹簧钢丝；4—螺钉；5—表盘；6—表蒙；7—游丝；8—指针；9—圆弹簧片；10—垫圈；11—托座；12—螺钉；13—夹持柄；14—中间小齿轮；15—轴承；16—盖板；17—扇形齿轮；18—螺钉；19—枢轴；20—轴承；21—枢轴球形支承面；22—球形测头；23—测杆；24—轴承；25—平弹簧片；26—外壳；27—销钉；28—螺钉；29—弹簧钢丝；30—换向器；31—拨销；32—定位弹簧片；33—齿轮轴；34—中心齿轮；35—中间扇形齿轮

上。以上机构就组成了整个的传动链。当测杆发生位移时，指针随即在表盘 5 上指示出相应的数值。游丝 7 的作用是使齿轮副之间经常保持单齿面啮合。

杠杆百分表的测力由弹簧钢丝 29 产生，这种测力机构的优点是小巧轻便。弹簧钢丝的一端固定在拨销 31 上，另一端嵌在扇形齿轮 17 的两个销钉 1 之间，当拨转固定在拨销上的换向器 30 时，杠杆百分表的测力方向改变 180° ，测杆即可在相反的方向上与被测工件相接触。定位弹簧片 32 固定在拨销上，作为测力换向器改变方向后定位之用。

中心齿轮 34 的枢轴安装在磷青铜制成的托座 11 的轴承孔中，托座由两个螺钉 4 和 12 固定在外壳上。螺钉 4 同时也用于限制扇形齿轮 17 的摆动范围。

玻璃表蒙 6 和表盘 5 用弹簧钢丝 3 和垫圈 10 固定在表圈 2 内。表圈由一个圆弹簧片 9 压紧在托座 11 上，这样就能使表圈连同表盘一起相对于指针回转，进行指针零位调整。当不转动表圈时，表圈即由弹簧片的摩擦作用而制动。圆弹簧片由三个螺钉固定在托座上。

杠杆百分表中，轴承 15 和 20 均用磷铜制成，为了提高仪器的灵敏度，将枢轴的一端制成球形支承面 21。

图 5-9 是苏联量规工厂生产的侧面式杠杆百分表。其分度值为 0.01 毫米；刻度范围为 ± 0.5 毫米；测量范围为 1 毫米；相邻两刻线间的距离约为 1 毫米；测力不大于 150 克。

图中，杠杆齿轮机构由作为杠杆短臂的测杆 9、杠杆长臂 6、扇形齿轮 12、平弹簧片 10 和枢轴 8 组成。其连结方式与图 5-8 所示杠杆百分表相同。扇形齿轮 12 与小齿轮 14 相啮合，指针 2 固定在小齿轮的枢轴上。当测杆具有位移时，将引起杠杆齿轮机构绕枢轴 8 转动，通过小齿轮，由指针指

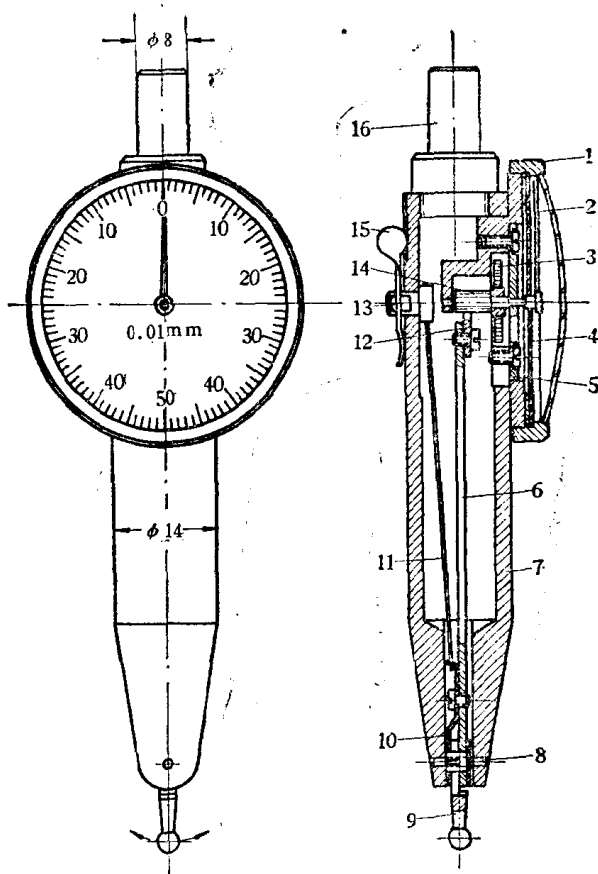


图5-9 侧面式杠杆百分表的构造

1—表圈；2—指针；3—游丝；4—表盘；5—座板；6—杠杆长臂
7—表体；8—枢轴；9—测杆；10—平弹簧片；11—弹簧钢丝；12—
扇形齿轮；13—换向器；14—小齿轮；15—手柄；16—夹持柄

示出表盘4上相应的示值。游丝3的作用是使齿轮始终保持单向齿廓接触，以补偿齿轮啮合中的间隙。

测力由弹簧钢丝11产生，其下端插入平弹簧片10上端的槽内，上端固定在换向器13上。当扳转手柄15时，弹簧钢丝的作用力改变方向，同时把扇形齿轮从一个极端位置