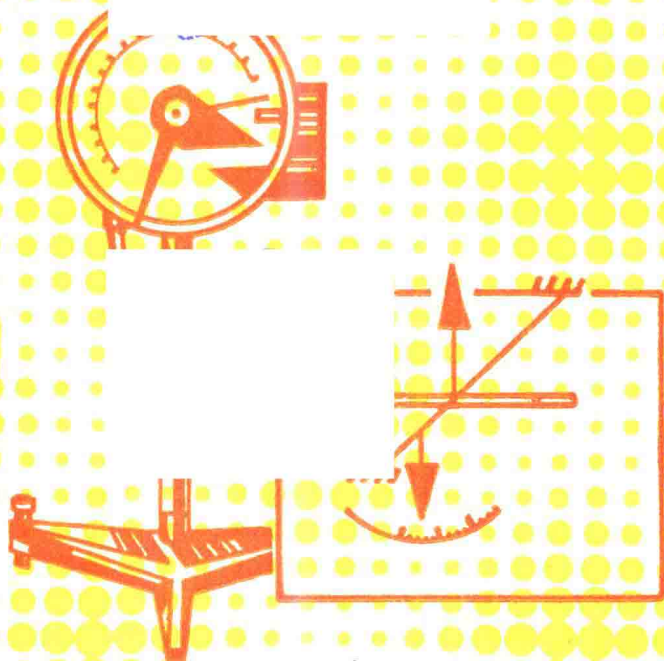


精密扭力天平的检修

陈庆盛 著



中国计量出版社

精密扭力天平的检修

陈庆盛 著

中国计量出版社

新登(京)字024号

内 容 提 要

精密扭力天平以使用简便、可测量微小物体质量为特点。本书介绍几种不同构造形式的扭力天平的正确使用、维护保养和计量性能检定操作方法,较详细介绍精密扭力天平常见故障的排除、调修方法和一些特殊损坏事例的解决。文内配有插图,并介绍专用工具的运用实例。本书适合具有中等文化水平的有关人员阅读。亦可作培训仪器操作者和计量检修人员的参考教材。

精密扭力天平的检修

陈庆盛 著

责任编辑 孙维民

—♦—

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲2号

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

—♦—

开本 787×1092/32 印张 3 字数 65 千字

1994年1月第1版 1994年1月第1次印刷

印数 :—3500

ISBN 7-5026-0651-3/TH·16

定价 2.80 元

序 言

精密扭力天平自 50 年代传入我国。因为它的构造比较简单，造价低，使用操作方法简便，不需要用砝码配衡，直接从天平刻度盘上快速读取被称物的质量，得到广泛的应用。开始是吊片游丝式扭力天平的引进和仿制，后来是引进轴尖游丝式和吊丝式两种价格较高的精密扭力天平。随着国民经济和科学技术的发展，精密扭力天平由质量计量型扩展为力值计量型。如用于纺织行业的“纤维卷曲弹性仪”和“纤维摩擦系数仪”等类型。

由于精密扭力天平的称量范围较小，单台称量可制成 2 mg 至 2.5 g，分度值单台可为 0.01~0.5 mg，因而内部构造零部件相对机械刀口式天平来说比较纤细。若运输保管不善或使用不慎，易出现影响使用的故障或损坏现象。作者长期从事计量检修工作，根据工作需要认真探索和实践，对于多种不同结构的国内外精密扭力天平进行大、中修，积累了一些经验和体会。为了让精密扭力天平更好发挥其特长继续服务于经济建设的需要，作者将亲身体验集沙成石，写出这本小册子奉献给更多期望了解和掌握它的同行们。希望广大实验室工作者和计量工作者通过参阅这本小册子在正确使用和维修精密扭力天平时获得最佳效益。

由于作者水平有限，文中不妥之处在所难免，请各方面

的专家给予批评指正。

作者

1993年6月于北京

目 录

第一章	结构原理及特点	(1)
一	吊丝式精密扭力天平	(2)
二	轴尖游丝式精密扭力天平	(4)
三	吊片游丝式精密扭力天平	(5)
第二章	正确使用	(7)
一	吊片游丝式精密扭力天平构造	(7)
二	轴尖式精密扭力天平构造	(9)
三	吊丝式精密扭力天平构造	(11)
四	使用操作方法	(12)
五	维护保养须知	(14)
第三章	扭力天平计量性能检定	(16)
一	准备工作	(16)
二	外观检查	(17)
三	计量性能检定	(18)
第四章	常见故障的排除和调修	(23)
一	吊片游丝式精密扭力天平	(23)
二	轴尖游丝式精密扭力天平	(33)
三	吊丝式精密扭力天平	(43)
四	检修专用小工具及其应用	(57)
第五章	特殊修理	(64)
一	吊片拆装	(64)
二	换装游丝	(65)

三	断指针再接.....	(69)
四	横梁断臂再接.....	(73)
五	吊丝断头的修复.....	(77)
六	刻度盘的改制.....	(83)
第六章	展望.....	(88)

精密扭力天平的检修

精密扭力天平是在产品检验和科研实验工作中使用很广泛的计量仪器。

基于杠杆原理制造的天平，我国发明和使用当推为最早的国家之一。据史料记载，公元前五百多年就有多种结构的天平和秤在生产中运用。博物馆里就存有那时的天平和砝码的实物。

第一章 结构原理及特点

扭力天平是在杠杆原理基础上，利用线型材料（线状或片条状）的扭曲和弹性变形所产生的扭力矩与被称物的重力矩达到平衡来衡量物体的重量。

扭力天平在工作时，同样遵守虎克定律，即

$$F = K\alpha \quad (1)$$

式中 F 表示线型材料的扭转力矩， α 表示该材料变形的程度， K 表示材料的弹性系数。

从上式可知，扭转角度与扭力矩成正比例关系。因此，扭力天平的刻度标牌可以制成均匀的等分刻度，先用标准砝码进行定度，使用时，可以从刻度盘上直接读出被称物的重量。

原始的扭力天平亦称“扭秤”，是用一根金属丝拉直，作测量杠杆（横梁）的金属杆固定在丝上呈水平状态悬挂

着，利用金属吊丝的扭转所产生的力矩来平衡杠杆一端的重物。如图 1 所示。

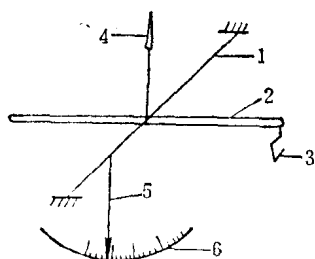


图 1 原理图

1. 单金属丝 2. 直杆形横梁
3. 秤钩 4. 平衡指针
5. 读数指针 6. 刻度盘

扭力天平可以做成分度值达 0.001 mg 的结构，最大称量仅为 $5 \sim 2 \text{ mg}$ 。

精密扭力天平也同其它计量器具一样，可以根据某些条件进行分类。按其横梁支承形式分为吊丝式、轴尖游丝式和吊片游丝式三类；按横梁臂比可分为等臂式和不等臂式两类。如果将被称物放在横梁支点上称量，这种结构就称

“托盘式”。不过它的分度值大得很多，精密程度较低，本文不予讨论。

下面分别介绍三种类型精密扭力天平的构造及其特点。

一 吊丝式精密扭力天平

吊丝式精密扭力天平的构造原理示于图 1。作为主要称量元件的吊丝，应严格仔细地挑选，其具体要求为：

(1) 材料的物理和化学性能要稳定，常温下不易氧化，不易磁化；

(2) 材料的分子结构呈紧密的纤维状，机械强度（抗张力）要求大；

(3) 截面为圆形并且直径要求均匀一致；

(4) 直线性好，不自然扭曲、褶皱；

(5) 温度线热胀系数小。

对横梁及其上所附部件的材料也要求与吊丝相仿，而且要质轻的材料，如铝合金等。

能作为吊丝的材料并不多。到目前，被选用作精密扭力天平吊丝的材料仅有钨、钼、不锈钢和石英。其中钨丝居多数。

吊丝式精密扭力天平的精确度，分度灵敏度 (S)，从理论上讲，一般与下式有关：

$$S = \frac{\Phi}{M} \quad (2)$$

或者可详细表达为：

$$S = \frac{32 i L g}{\pi d^4 G} \quad (3)$$

式中： Φ ——吊丝的扭转角度；

M ——加在横梁上的质量；

i ——吊丝的工作长度；

L ——横梁臂长；

g ——天平所在地的重力加速度；

π ——圆周率；

d ——吊丝的直径；

G ——吊丝的剪切弹性模量。

从图 1 可见，吊丝式精密扭力天平有它的独到之处，其特点如下：

(1) 没有支点机械摩擦损耗，因而灵敏度高，经久耐用，一般认为只要吊丝不断，其寿命是永久性的；

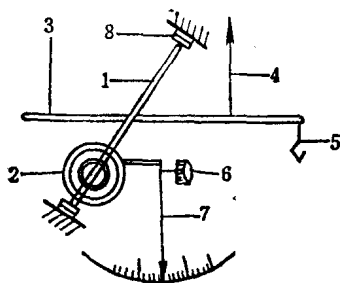
(2) 对环境气温影响不敏感，称量准确；

(3) 读数简便，称量迅速；

(4) 结构简单，材料易得，造价低；

这种吊丝式精密扭力天平，我国在80年代有产品问世。五十年代从国外进口的产品有英国、捷克和日本厂家生产的。

轴尖式精密扭力天平的横梁是由两端尖头的小轴支承起来的。这种天平的扭力矩是由与轴相连接的平面型螺旋弹簧圈（称为游丝）提供的。其构造示意图如图2。



1 是特别精制的轴尖，由轴承 8 支撑并自由转动；在轴尖的前端固定着游丝 2；与轴尖相连接的是横梁 3，其上有平衡指针 4 和秤钩 5，通过旋柄 6 与游丝外圈相连接的读数指针 7，可以在读数刻度盘上得到重量值。

图2 轴尖式扭力天平结构原理

轴尖的顶端是一个半径很小的圆弧面，轴承内孔是底部呈球面的圆锥，其半径略大于轴尖的半径。两者配合应灵活自如，松紧适度。轴尖的材料要求坚硬而不脆，且易于加工。材料要耐氧化不生锈，才能保证其使用寿命，而对游丝的要求则十分严格，因为它是扭力天平的主要测量元件。所以，它必须满足下列要求：

- (1) 扭转力矩与扭转角之间应能严格保持 设 定的比例关系;
- (2) 游丝特性应不随时间改变;
- (3) 游丝的特性应不随温度的变化而改变;

(4) 游丝本身具有良好的抗磁性和抗腐蚀性；

(5) 游丝在制造完成后要有最小的残余变形。

轴尖游丝式精密扭力天平轴尖上有两个游丝，靠刻度盘一端（前）的称为测量游丝，另一端的称为接触游丝。

测量游丝的扭转力矩一般可由下式表达：

$$M = \frac{Ebh^3}{12i} \cdot \alpha \quad (4)$$

式中：M——扭转力矩；

E——游丝材料的弹性模量；

b——游丝平面的宽度；

h——游丝的厚度；

i——工作长度；

α ——游丝工作时的扭转角度（由测量范围和分度值限定）。

轴尖式精密扭力天平有以下特点：

(1) 游丝的扭转角度比吊丝相应小一些，一般在 $270^\circ \sim 300^\circ$ ，因而线性容易控制，准确度较高；

(2) 摩擦力矩较小，灵敏度比刀口式天平高；

(3) 称量范围可大于吊丝式扭力天平；

(4) 机械强度较大，容易维修。

这种轴尖游丝式精密扭力天平多见于国外产品，如独联体、匈牙利、日本等国。

三 吊片游丝式精密扭力天平

这种扭力天平的横梁是利用两根很薄的金属弹簧片支承并悬挂在空间，因此取名“吊片式”，两根弹簧片称为“吊片”，其结构如图3所示。图中(1)、(2)是两根互相垂直相交的金属弹簧片，一端与横梁(4)相连，另一端固定在

天平机架上。工作时，两吊片长度相等，交叉点在中心。

(3) 是测量游丝，其内圈与读数指针(7)相连接，外圈末端与横梁上部的平衡指针(5)连接；(6)是悬挂于横梁臂右端的秤钩。

吊片游丝式扭力天平的灵敏度也与轴尖游丝式相仿，可由式(3)表达。对游丝本身的要求也同于上述。实际上，吊片式结构，游丝的扭转角可达 360° 。这种扭力天平的特点如下：

(1) 无支点机械磨损，灵敏度较高，寿命较长；

(2) 由于游丝扭转角度较大($345^\circ \sim 360^\circ$)，刻度盘刻线间距较大，读数清晰；

(3) 结构简单，造价低廉；

(4) 操作简便，称量迅速。

由于精密扭力天平比刀口式杠杆天平有许多明显的优越性，所以在国民经济各领域得到广泛应用。尤其在微量称量方面它独领风骚近百年。

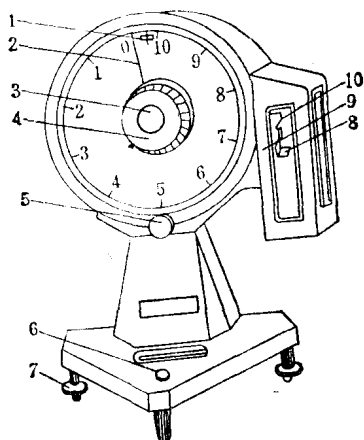


图4 JN-A型吊片式扭力天平外观

1. 平衡指针 2. 读数指针 3. 中轴盖
4. 读数旋钮 5. 开关旋钮 6. 水准器
7. 水平调节螺丝 8. 秤盘
9. 计量盒 10. 秤钩

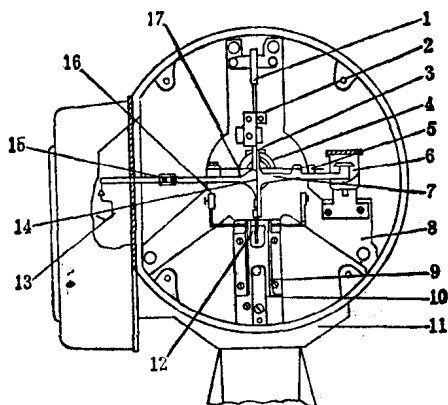


图5 JN-A吊片式扭力天平构造

1. 平衡指针 2. 限位玻璃棒 3. 横梁装头 4. 游珠
5. 平衡调节锤 6. 阻尼器 7. 横梁 8. 基架
9. 起升导板 10. 拉杆 11. 外壳 12. 感量锤
13. 秤盘 14. 垂直吊片 15. 调节臂螺线
16. 停针叉 17. 水平吊片

又(16)组成。当用开关旋钮向“关”旋动后,停针又把横梁托住使其不能下摆,天平即处于“关闭”状态。

5. 阻尼器(6):为了使摆动的横梁静止下来,在横梁的一端装有阻尼片,在天平机架的相应位置装设阻尼筒。阻尼片在阻尼筒内受到空气阻力作用使横梁摆动若干(一般3~5)个周期后静止,以便读数。

6. 基架(机架):扭力天平的横梁、制动器、刻度盘、阻尼筒等部件装在基架(8)上。基架装在外壳(11)里。

7. 为了保护平衡指针的活动位置,在基架上部装有两根限位玻璃棒(2),限制指针在一定的范围内摆动。

8. 为了调节横梁空载时的平衡位置(零点),在横梁的一端设置有平衡调节器。主要有平衡铊(5)和调节杆组成,调节好后可以用螺丝将平衡铊定位。

9. 称盘(14)供放被称物或校验砝码用。

二 轴尖式精密扭力天平构造

轴尖游丝式精密扭力天平的构造,不同生产厂家略有不同,前苏联(略)、匈牙利及日本的产品国内都有。现以匈牙利布达佩斯产MT 2型为例(如图6所示)介绍其构造。轴尖(1)上固定着横梁(2),横梁右端装有挂放被称物的秤钩(5),平衡指针(4)铆接在横梁的测量臂上居横梁轴线并与横梁垂直,呈水平位置。测量游丝(3)的内圈装在轴尖的前端,游丝外圈尾端与读数指针(8)相接。读数指针通过连接机构由缆绳(10)带动,可作旋转移动。在轴尖后端还装有一个调零游丝(6),其旋转方向与测量游丝相反,用调零旋钮(7)可以旋转调零游丝,使天平横梁空载达到平衡位置(零位)。在横梁的左端部装有阻尼片(13)。横梁左侧臂有平衡铊(11),它兼有调节灵敏度的作用。

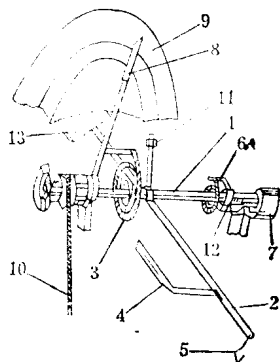


图6 匈牙利产MT 2型轴尖
游丝式扭力天平构造

- | | |
|---------|----------|
| 1. 轴尖 | 2. 横梁 |
| 3. 测量游丝 | 4. 平衡指针 |
| 5. 秤钩 | 6. 调零游丝 |
| 7. 调零旋钮 | 8. 读数指针 |
| 9. 刻度盘 | 10. 传动缆绳 |
| 11. 平衡锤 | 12. 轴承 |
| 13. 阻尼片 | |

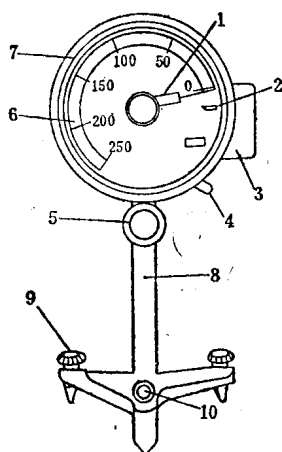


图7 MT 2型扭力天平外观

- | | | |
|---------|-----------|---------|
| 1. 读数指针 | 2. 平衡指针 | 3. 计量盒 |
| 4. 制动开关 | 5. 读数旋钮 | 6. 刻度盘 |
| 7. 外壳 | 8. 立柱 | 9. 底脚螺丝 |
| | 10. 水平指示器 | |

在外观图上，计量盒（3）向上为开，可挂被称物于秤钩上。刻度盘右下侧有一个小窗口，当将制动把（4）向上抬起时，小窗口内显出字符“OPEN”，表示天平横梁被制动器释放为“开”；制动把拨向下方时，小窗口显示“CLOSED”字符，表示横梁被“关”住。读数旋钮（5）通过内部缆绳带动读数指针移动。这种调节读数指针的方法比JN-A型要灵活、可靠，不易卡住。通过底脚螺丝（9）可将天平水平指示器（10）调到水平位置。