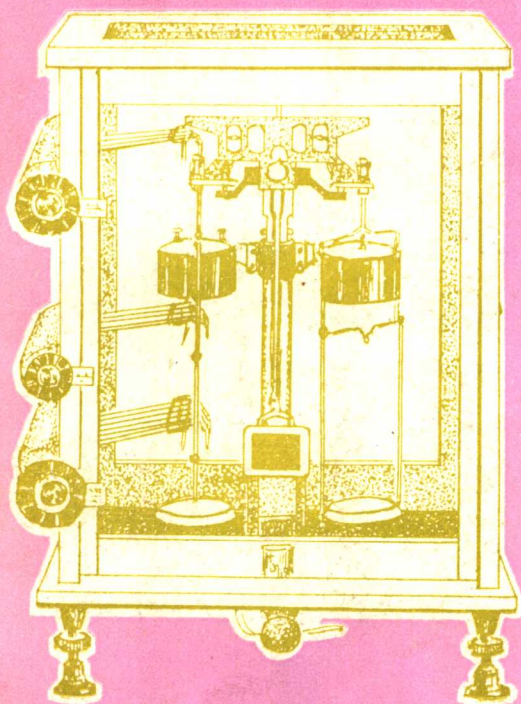


计量检验小丛书



尹克

# 分析天平的使用与调修

9. 823  
24

内蒙古人民出版社

# 分析天平的使用与调修

尹克 编著

\*

内蒙古人民出版社出版

(呼和浩特市新城西街82号)

内蒙古新华书店发行 内蒙古新华印刷厂印刷

开本: 787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印张: 8<sup>1</sup>/<sub>2</sub> 字数: 60 千

1980年11月第一版 1981年4月第1次印刷

印数: 1—7,500册

统一书号: 15089·41 每册: 0.28元

## 前 言

计量和检验工作是工农牧业生产中，为保证和提高产品质量的一项重要工作。随着工农牧业生产的蓬勃发展，计量和检验仪器的应用日益广泛，要求不断提高，工作人员的队伍不断扩大。为了帮助有关人员了解天平的使用与调修，我编写了这本小册子。

本书内容包括天平的构造、安装、使用、保养等基本知识，同时还介绍了质量计量基准的建立与传递系统，天平的调修方法等。书末附有天平与砝码的检定规程。内容通俗易懂，简单明了，可供使用天平与砝码的化验员、科技工作者、高等和中等院校教师、学生使用与参考。

本书在编写过程中，得到内蒙古自治区药品检验所陈启泰所长的指导与支持，初稿承呼和浩特市计量所王保登同志审阅，在此一并致谢。

编 者

一九八〇年九月

# 目 录

## 第一章 基本理论

- 一、绪言 ..... (1)
- 二、质量与重量 ..... (2)
- 三、杠杆天平的原理 ..... (3)
- 四、质量计量单位的建立及其传递系统 ..... (4)

## 第二章 天 平

- 一、天平的分级、型式及用途 ..... (7)
- 二、天平的构造 ..... (10)
- 三、天平主要部件技术要求 ..... (15)
- 四、天平的计量性能 ..... (19)
- 五、天平的安装与调试 ..... (23)
- 六、天平的使用与保养 ..... (27)
- 七、天平的检定 ..... (29)

## 第三章 砝 码

- 一、砝码的种类 ..... (31)
- 二、砝码的构造及技术要求 ..... (32)
- 三、砝码的检定 ..... (41)
- 四、关于砝码材料的统一名义密度 ..... (47)

## 第四章 分析天平的调修

- 一、调修天平的工具 ..... (49)
  - 二、调修天平的一般步骤 ..... (51)
  - 三、天平故障现象, 发生原因与调修方法 ..... (51)
- 附录一 天平检定规程JJG98-72
- 附录二 砝码检定规程JJG99-72

# 第一章 基本理论

## 一、绪言

天平作为计量器具，远在公元前4000年就已经闻名于世了，不过那时的天平非常简单。天平的进步主要是中世纪末叶。其后的一段漫长时间里，天平的结构和精度都无多大进步。即使到了19世纪末叶，当时各个科学技术领域都在迅速发展，但是天平的结构、精度和性能仍然进步较慢。

直到近代，随着科学技术的迅猛发展，天平的结构才得到改进，在古老的杠杆原理的天平上进行技术革新，使天平的精度和性能均有很大提高。近代天平结构的革新表现在以下几个方面：

在摇摆式天平上加装阻尼器，使指针快速静止，读数迅速；

扩大标牌读数范围，提高读数精度；

天平的指针采用光学放大投影读数装置；

安装环砵码自动加减，操作方便；

天平外罩由以前的木制改为金属制，增加了耐久性能和稳定性能；

有的精密天平横梁材料使用钛合金，使计量性能有相当提高；

还有的采用了电子设备等先进技术。

虽然采用了上述种种革新措施,但作为衡量器具的天平,还没有从原理上突破。而目前的杠杆式机械天平,已接近极限灵敏度,由于其结构的限制,再提高已经十分困难了。与各部门科学技术的飞速发展相比,称量工具是大大落后了。因此开展新式衡量原理的研究是刻不容缓的任务。目前国外也在探索,有用石英压电原理,晶体振荡和磁悬原理等。虽有的已经制成产品,但精度尚有待提高。相信我国广大计量工作者和化学分析工作者,在为实现四化的新长征中,定能对称量器具的改进,作出新贡献。

天平与秤的种类繁多,结构形式各有特点,精度和性能也不断提高。但就其原理而言,绝大多数都是杠杆原理。至于利用元件弹性变形原理等制造的扭力天平和弹簧秤等,通常只做粗糙称量用。因此本书将主要介绍杠杆式分析天平。

## 二、质量与重量

在科学研究和化学分析工作中,称量物体重量的工具是天平。天平为什么能够称量出物体的重量,它的原理是什么?这就要从什么是重量、什么是质量谈起。

人们习惯上所说物体的重量,其实并不是重量,而是质量。首先谈谈什么是质量,根据牛顿第二定律( $F = ma$ ),当受到外力作用时,物体所获得的加速度大小与外力的大小成正比,并与物体的质量成反比,通常称物体这一属性为惯性质量。

根据万有引力定律 $F = K \frac{m_1 m_2}{r^2}$ 知道,任何两个物体之

间都存在着相互间的吸引力，吸引力的大小与各物体的质量成正比，而与它们之间距离平方成反比，通常称物体这一属性为引力质量。

所谓物体的重量就是物体所受地球引力而指向地心的力，物体自由时，它表现为物体向地心方向自由落下的运动。当物体不是自由状态时，它表现为物体对阻止其落下的支持物，所施加的压力或拉力，即重量（或称重力）。以万有引力的形式呈现出的物体重量与物体质量成正比，即 $P = mg$ 。

总之，物体的质量与重量是表示物质的一定性质的，两者有密切关系，然而又是两个根本不同的物理量。质量与重量是两个不同的概念，另外物体的质量是标量，并不随其所处的地理位置不同而改变，质量是物体本身固有的性质。重量是向量，即具有方向（指向地心）着力点（重心）和大小，并随物体所处地理位置的不同而异。重量是物体所受地球引力大小的量度，不是物体本身固有的性质，而是随着地球引力的大小来改变的，物体在不同的地方重量就不一样。

### 三、杠杆天平的原理

衡量时，将被秤物体的重量与另一已知物体（砝码）的重量进行比较来量度质量。

设砝码的重量 $Q$ 作用于杠杆的 $A$ 点上，而物体重量 $P$ 作用于 $C$ 点上，如杠杆达到平衡时则两边的力矩相等（见图1）。则 $Q \cdot a = P \cdot b$ 。

若杠杆的臂长相等，即 $a = b$  则 $Q = P$



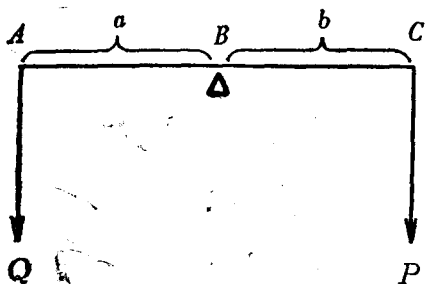


图1 杠杆天平的原理

如果以 $m_Q$ 和 $m_P$ 分别表示他们的质量时，由上节已知重量等于质量乘以重力加速度，则  
 $Q = m_Q \cdot g, p = m_P \cdot g$   
 式中  $g$ ——重力加速度。

当 $Q = P$ 时，即砝码与物体重量相等时

$$m_Q \cdot g = m_P \cdot g$$

因为衡量时是在地球表面同一位置，对一切物体重力加速度 $g$ 是同样的值，故 $m_Q = m_P$ 。

由此可见，在杠杆式原理天平上测定的不是物体的重量，而是它的质量。物体的质量是通过物体重量与砝码的重量比较而得到的。

#### 四、质量计量单位的建立及其传递系统

各国的计量单位，其中包括质量计量单位，原来都是互不统一的。后来法国于1795年颁布了“米突”制条例。法国人用通过巴黎的子午线，自地球的北极至赤道间的距离的千万分之一作为长度单位，称为米突(metre)简称米，即公尺。同时又规定一立特(Liter)或称为升的容量为一立方分米，再取一升的纯水在其密度最大时（即在 $4\text{ }^\circ\text{C}$ 及760毫米水银柱高压下）的质量为质量单位。（即Kilogramme千克或公斤）。根据这一定义用纯铂制成圆柱状的具体公斤标准，保存

于法国档案局内。后经1875年国际权度会议认定为国际质量单位的标准。

尽管在制造铂公斤标准时采取了一系列预防措施，但后来还是发现公斤标准的质量超过质量单位理论定义多达28毫克。同时根据理论定义来复制公斤基准，在事实上也存在难以克服的困难。后来在国际权度会议上决定抛弃理论定义。于1889年由国际权度局制成了铂铱合金（铂90%，铱10%）砝码40个。形状为圆柱体，高和直径均为39毫米。选出其中一个作为国际公斤原器，两个作为副原器。其余的分发给签订米突公约的各国，作为这些国家质量单位的国家基准器。

质量单位量值的传递，只有一个表示质量计量单位——公斤的砝码，显然是无法进行的。因此在实际工作中，人们用不同的质量和精度的砝码，作为质量标准器，来体现质量单位的倍数和分数，从而组成了质量量值的传递系统。

1965年，我国由国外引进了两个公斤铂铱合金（铂90%、铱10%）砝码，作为我国质量单位的基准器，我国质量单位传递系统见本书附录砝码检定规程中附录1，《全国质量量值传递系统表》。

由传递系统表可以看出，质量单位的量值是如何由高精度到低精度，逐步传递给各等砝码的。这个传递过程就是质量计量的传递过程。

解放以来，我国已在全国范围内建立了各级计量机构，这些机构承担了大量砝码以及天平的检定工作，组成了质量量值传递网。

为了保证质量计量器具和量值的准确，所有使用天平砝码的生产、科研单位，均应定期接受计量机关的检定。特别对

使用中的砝码要定期进行检定，即与高一级的砝码进行比较，发现变化值后进行修正，使砝码经常保持正确的量值。这是因为制造砝码的材料不可能是绝对稳定的，同时周围环境的影响（如氧化作用）、磨损等都会使砝码的量值产生变化。因此，一定要定期对砝码进行检定。

质量计量基准器是实物基准，各种物理的或化学的原因会使其质量发生变化，就是国际公斤原器本身的质量也要发生变化。而且实物基准的一个致命弱点是它可以由各种人为的或天然的事变遭毁灭。

由于实物基准的种种缺点，目前在计量技术领域内一个突出的发展趋势，就是建立各个基本物理量的自然基准。所谓自然基准，就是利用自然界中的某种物理现象来体现计量单位量值的一种事物。它具有不会毁灭，容易复现和精度高的优点。现在，三个基本物理量中，有两个——长度和时间已经建立了自然基准。而且测量精度也大大提高了。与此相比，质量计量单位基准器仍是百年前制造的保存在国际权度局内的公斤原器——铂铱合金砝码，衡量原理也保持着原始的形式。显然是落后了。因此，质量计量工作的当务之急是开展新式衡量原理的研究，使质量计量工作赶上科学的发展。

## 第二章 天 平

### 一、天平的分级、型式及用途

1. 天平按全载荷时的分度值与最大载荷之比分为10级, 6级以上精度的天平称为精密天平, 分析天平多为6级以上的天平。天平的分级见表1。

表 1

|                       |                    |                    |                    |                    |                    |
|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 精度级别                  | 1                  | 2                  | 3                  | 4                  | 5                  |
| 名义分度值<br>与最大载荷<br>之比值 | $1 \times 10^{-7}$ | $2 \times 10^{-7}$ | $5 \times 10^{-7}$ | $1 \times 10^{-6}$ | $2 \times 10^{-6}$ |

|                       |                    |                    |                    |                    |                    |
|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 精度级别                  | 6                  | 7                  | 8                  | 9                  | 10                 |
| 名义分度值<br>与最大载荷<br>之比值 | $5 \times 10^{-6}$ | $1 \times 10^{-5}$ | $2 \times 10^{-5}$ | $5 \times 10^{-5}$ | $1 \times 10^{-4}$ |

例如: 天平最大载荷为200克, 分度值为0.1mg, 其精度为

$$\frac{0.0001}{200} = 5 \times 10^{-7} \text{ 即为 3 级天平。}$$

2.天平其结构可分为等臂天平,包括单盘和双盘。单盘与双盘又分为有微分标牌和无微分标牌、有阻尼器和无阻尼器、有机械加码和无机械加码、半机械加码装置三种型式。不等臂天平(单盘)分为有阻尼器和不具阻尼器,有微分标牌和不具微分标牌等型式。目前生产供应的天平常见的有不具阻尼器的等臂天平(摇摆式)、有带阻尼器的指针式摇摆天平,有具阻尼器、微分标牌、机械加码装置或半机械加码装置的等臂天平或不等臂天平。

精密天平还可以根据特殊要求附加真空、加热、遥控自动记录等装置。如计量学天平就是远距离操作;4米以外有观测台通过望远镜可以看见清晰的分度线。

3.各级天平的用途见表2。

表2k 各级天平的用途

| 精度级别  | 主要用途  |
|-------|---|
| 1—3级  | 1. 检定一等砝码及高精度专用砝码<br>2. 精密衡量矿物试样<br>3. 精密衡量微量、半微量化学分析试样 |
| 4—6级  | 1. 衡量贵金属、宝石及化学分析试样等<br>2. 检定二和三等砝码及相当精度的专用砝码            |
| 7—10级 | 1. 衡量药品、贵重材料和工业分析试样等<br>2. 检定三、四和五等砝码及相当精度的专用砝码         |

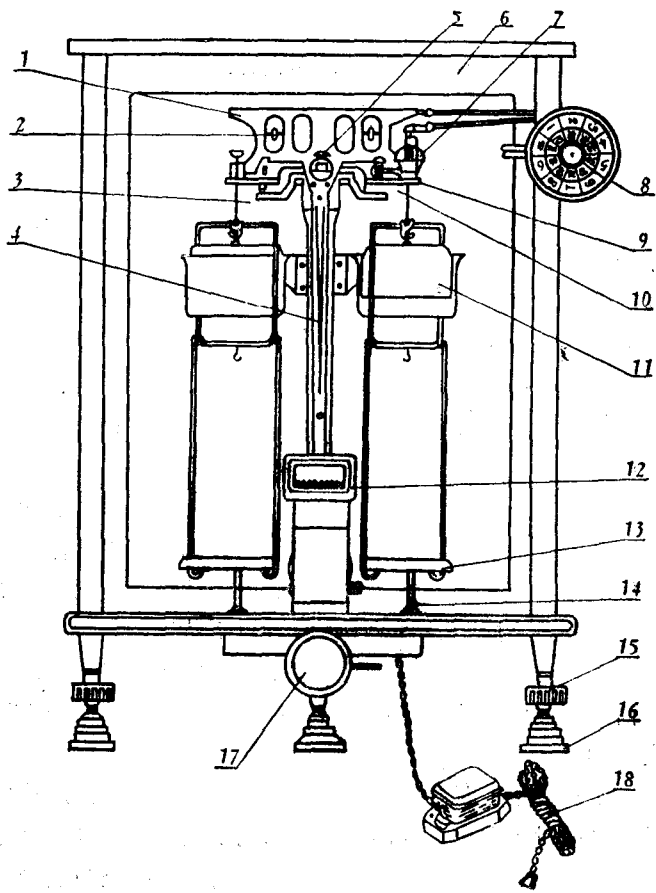


图2 常见等臂天平构造

- 1—横梁 2—平衡螺丝 3—吊耳 4—指针 5—支点刀
- 6—框罩 7—环形砝码 8—指数盘 9—支点销 10—折叶
- 11—阻尼筒 12—投影屏 13—秤盘 14—盘托 15—螺旋脚
- 16—垫脚 17—开关旋钮 18—电源变压器

## 二、天平的构造

### 1. 等臂天平

等臂分析天平的构造见图 2。

天平盘由横梁和吊耳相连接，而吊耳镶上刀垫挂在横梁两个边刀上，横梁中间有指针，指针朝下，指示标牌便于看分度。天平的底板一般用大理石或玻璃制，以重量大耐久不变形为宜。底板下面有制动系统，开天平时托盘下降，支点与刀承相接，吊耳的刀垫正挂在边刀上。在摆动情况下进行衡量。关天平时托盘上升，托盘接杆上的支柱将横梁托起，中刀离开刀承，吊耳支柱将吊耳支起，吊耳刀垫也离开边刀，使三个刀刃不与刀垫接触，保护刀子的锋刃灵敏。制动器的把手有装在前面的，也有装在侧面的。天平有水准器或悬锤。底板下有三个调整脚，以便正确的安放天平，调整水平位置。此外，不同型号的天平还具有以下装置。

(1) 分析天平应用木制的或金属制的摇架，装配玻璃，前部和侧面开门，形状成方形或圆形，以保护天平不受灰尘、潮湿、风和热的干扰。

(2) 横梁上有游码标尺，均匀地画出分度线。移动骑码时可以测量小重量。骑码标尺可以刻于横梁上，也可以另做成标尺装在横梁顶上或横梁前面。但位置必须与横梁平行，操纵标尺应运用自如、灵活。使用的骑码必须正骑骑码标尺分度的刻槽内。另有一种链码的天平已不常见。

(3) 机械加码设备，可以根据称量的需要旋转自动加码指数盘，这样不仅速度快，而且不必开启天平门，因此天

平的气流、温度都较为稳定。这个机械加码的设备有各种形式，所挂的砝码也不同，有半机械的、有全机械加码的。半机械加码就是只有毫克组，全机械加码是加上克组等于天平的全称量，使用时读数方便。

(4) 分析天平的标牌有两种：①普通标牌，用目力观察指针所指的标牌分度线。②微分标牌，用电光放大投影读数，天平装有普通标牌，又在指针末端装有固定的微分标牌。将标牌分度线映入放大镜筒，经过反射镜达到光屏上，微分标牌的一个分度值可以调整到某一个正数，使用时便于计算。标牌的分度线应先检定正确性，因为经过光学放大光屏上特别清晰，天平性能实现的更正确些。一般情况下，普通标牌的一个分度相当于微分标牌十个分度的重量。

(5) 为了减少天平的摆动时间和提高工作效率，天平装有阻尼器，使天平起到速停作用，利用空气、或电磁的力量阻滞横梁摆动，使它快速停止。

上海天平仪器厂生产的TG-328A型全部机械加码电光分析天平（见图3），和北京光学仪器厂生产的GT 2A型半机械加码电光分析天平（见图2），都是目前广泛使用的等臂天平。这两种天平均属三级天平，唯一的区别是前者为全部自动加减砝码，而后者10~990毫克砝码是自动加减，克组以上砝码则用镊子夹取。

## 2. 不等臂天平（单盘天平）

不等臂单盘天平是双盘等臂天平的革新产物，实际上和双盘天平区别不大。天平横梁刀子有两个，用短臂挂秤盘和砝码，用长臂连接平衡重物和空气阻尼器，有支点刀和短臂刀子，长臂没有刀子，它的横梁稍呈弓形，平衡重物在阻尼



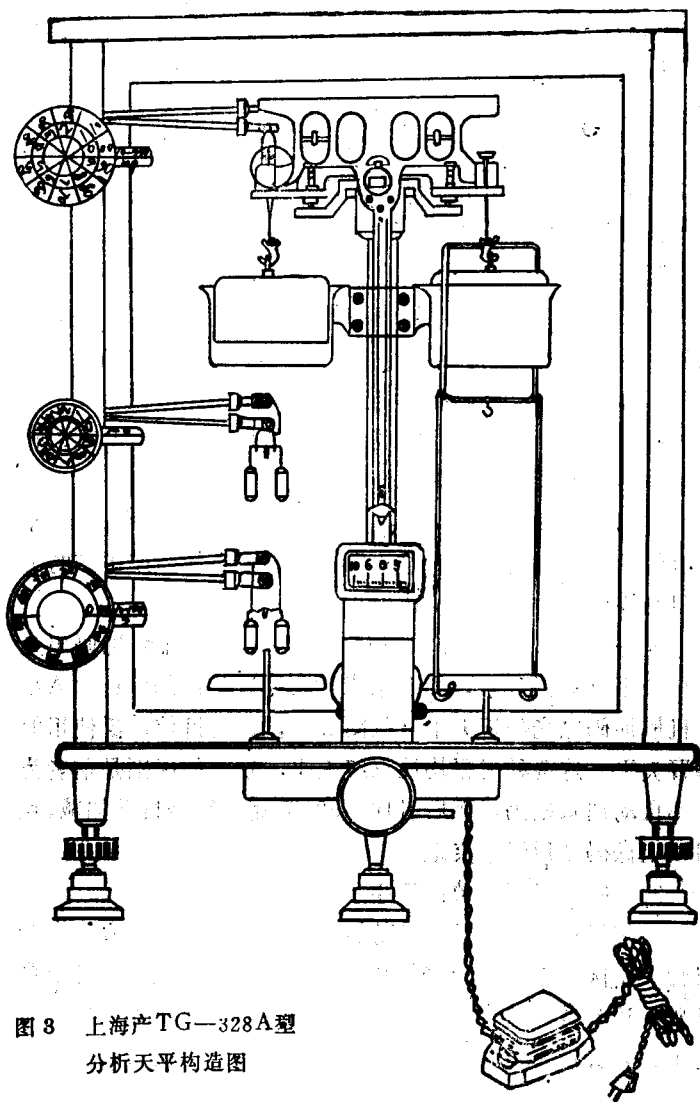


图 8 上海产TG—328A型  
分析天平构造图