

天平修理

傅之错 编著

计量器具修理丛书



中国计量出版社

计量器具修理丛书

天平修理

主 编 潘承沅

副主编



中国计量出版社

新登（京）字024号

内 容 提 要

本书以国产天平为主，详细介绍了单杠等臂天平的修理步骤、方法及有关维护保养和使用等方面的知识。重点是天平的修理。

本书可供天平检修和使用人员阅读，也可作为培训教材和质量计量人员参考。

计量器具修理丛书

天 平 修 理

傅之锴 编著

*

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲2号

北京市朝阳区同兴印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

开本787×1092/32 印张4.375 字数96千字

1991年11月第1版 1991年11月第1次印刷

印数1—4500

ISBN 7-5026-0480-4/TB·374

定价：2.90元

❖❖❖❖ 出版前言 ❖❖❖❖

为满足广大基层计量工作者的实际需要，我社组编了以传授修理经验为特点的《计量器具修理丛书》。

本丛书主要针对使用面宽的各种工作计量器具（包括强制检定与非强制检定的工作计量器具）的修理技术，介绍该计量器具修理用的必备工具、检修步骤和方法、故障排除等。能为基层的计量检定修理人员、工矿企业计量人员提供指导。

哈尔滨市计量检定测试所对这套丛书给予了热忱支持，主动承担了一部分计量器具修理丛书的撰稿任务，他们组织所内技术骨干及有丰富实践经验的同志在总结经验的基础上进行编写。他们这种实事求是的风格和为后人传授知识、经验的精神，值得人们称道。

我社欢迎广大基层计量工作者对本丛书提出建议与意见，更欢迎把您们多年来的经验总结后也能撰写成稿，传授给广大计量工作者。

本社编辑部

❀❀❀❀ 编 者 的 话 ❀❀❀❀

天平是一种比较或衡量物体质量的计量器具。在生产建设和科学实验等领域中，经常需要精确地选取一定质量的物质，或对一定质量的物质进行精确的测定。天平就是这一用途的精密计量器具。因此，它被广泛用于工业、农业、国防建设、科学实验和医疗卫生等方面。它在我国强检计量器具目录中被列为第9项“强制检定的工作计量器具”。然而，有关人员对天平的使用、维修、保养，尤其是修理方面的知识常感缺乏。天平专业修理部门和计量人员也常感缺少这方面的书籍。为满足这方面的要求，特编写此书。

天平种类繁多，结构和修理技术都较复杂。但机械天平的结构原理和主要部件却大同小异。在本书中，以国产天平为主，只就目前使用最为广泛，修理难度较大的单杠杆等臂天平作系统介绍。根据我们的经验，掌握好这一部分内容，对其它机械天平的修理就不难掌握了。本书所述“天平”，即指机械天平。

本书总结了长期的检修经验，力求通俗简明、理论联系实际。对修理技术中的具体步骤，尽量在原理上给予说明。特别是对修理中容易出现和忽略的问题都在每一步骤中有所强调。书中的“定点调试法”是我们在70年代中期创造的一个方法。我们使用这个方法调修天平计量性能，比用一般的方

法减少了操作四分之三左右，提高工效 3 至 5 倍。实践证明，这是一个有效的方法。为简明其方法的叙述过程，将这个方法的证明和推导作为“附录”放在本书之后。但这并不影响对此方法的一般掌握和运用。初学者亦可不阅读这个附录。

本书有关章节中采用了《天平砝码与质量计量》（张楚衡、韩世杰主编）书中的部分插图。谨向该书编者致谢。

本书在哈尔滨市技术监督局王源灿局长的支持、关怀、领导下，经副局长王铁华高级工程师审阅指导，由潘承沆高级工程师任主编，程云志、马维伦、于殿林三位工程师任副主编。

由于经验不足，时间仓促，书中错误和不妥之处，敬请批评指正。

编 者

1990年元月

目 录

第一章 天平计量性能概述	(1)
第一节 天平灵敏度	(1)
第二节 天平稳定性	(3)
第三节 天平正确性	(4)
第四节 天平示值变动性	(5)
第二章 天平的结构	(7)
第一节 天平的组成	(7)
第二节 横梁系统	(7)
第三节 承重吊挂系统	(12)
第四节 立柱与隔离制动系统	(15)
第五节 底座与框罩	(18)
第六节 光学读数系统	(19)
第七节 机械加码装置	(20)
第八节 骑码及链条加码装置	(25)
第三章 天平修理的基本条件	(29)
第一节 天平修理室的要求	(29)
第二节 天平修理器具	(29)
第三节 常用材料和备件	(37)
第四章 天平常见故障原因和排除方法	(39)
第一节 碰、擦现象	(39)
第二节 跳针和带针	(44)
第三节 示值晃动	(46)

第四节	横梁的自落和回力现象	(49)
第五节	开关失灵或失控	(50)
第六节	光读系统故障	(52)
第七节	机械加码装置故障	(55)
第五章	天平计量性能的修理	(61)
第一节	天平计量性能的单项测定	(61)
第二节	天平修理程序	(64)
第三节	刀口的检查、退取和镶装	(65)
第四节	天平刀口相互位置关系的初步调整	(68)
第五节	天平计量性能的一般调整方法	(80)
第六节	变动性产生的原因及排除方法	(87)
第七节	三刀平行性的精测和精调	(97)
第六章	天平计量性能的定点调试法	(100)
第一节	臂差定点调试法	(100)
第二节	灵敏度定点调试法	(104)
第三节	臂差和灵敏度的综合定点调试法	(106)
第七章	天平的装卸与搬运	(111)
第一节	天平的安装	(111)
第二节	天平的拆卸	(113)
第三节	天平的搬运	(114)
第八章	天平的维护保养与使用	(115)
第一节	环境的选择和天平室条件	(115)
第二节	天平的维护保养	(116)
第三节	天平的正确使用	(118)
附录		(126)
附录1	定点调试法公式的推导	(126)
附录2	天平修理流程	(132)

第一章 天平计量性能概述

第一节 天平灵敏度

天平灵敏度系指天平指针尖端在标牌上的线位移或指针的角位移与引起这一位移的增量之比。位移可用不同的方式表示，天平灵敏度也就有不同的名称。在天平的检定和修理中使用分度灵敏度这一名称。其定义式是

$$E_n = \frac{n}{r}$$

式中： E_n ——天平分度灵敏度；

n ——指针尖端在标牌上位移的分度数；

r ——引起指针位移的增量（测定天平灵敏度的砝码质量）。

同天平灵敏度密切相关的一个量是天平分度值。天平分度值是指天平标牌相邻两刻度所代表的质量值的差值，亦即天平平衡位置产生一个分度变化所需要的质量值。天平分度值(S)和分度灵敏度(E_n)互为倒数关系，即

$$S = \frac{1}{E_n} \quad \text{或} \quad E_n = \frac{1}{S}$$

因此，天平分度值也可表示天平的灵敏程度。分度值愈

小，灵敏度愈高；分度值愈大，灵敏度愈低。在天平的检定和修理中需要从天平的空载、全载、左边、右边这四个方面来测定和考查天平的灵敏度和分度值。测定时，对有些天平（如电光微分标牌天平）直接使用分度灵敏度来考查其分度值是否合格；对另一些天平（如普通标牌天平）则通过计算分度值来考查分度值是否合格。

天平灵敏度是由天平中有关的物理量几何量决定的，可用下式表示

$$E_n = \frac{al}{[(Q_0 + P_0 + Q + P)m + Rs]\lambda}$$

或

$$E_n = \frac{af}{(Q_0 + P_0 + Q + P)m + Rs} \quad (1-1)$$

式中： Q_0, P_0 ——天平两边吊挂系统的质量；

Q, P ——天平两盘中载物的质量；

l ——指针长度；

a ——臂长；

R ——横梁质量；

m ——横梁上两边刀刃联线到中刀刃（支点）距离；

s ——横梁质量中心（重心）到支点距离；

λ ——标牌一刻度的宽度；

f ——设计常数 ($f = l/\lambda$)。

在一台天平中， Q_0, P_0, R, l, a 这些量基本上是常量。当天平载荷一定时，天平灵敏度就取决于可调整的两个参数：一个是横梁质量中心（重心）到支点的距离 s ，另一个是两边刀刃联线到支点的距离 m 。

两边刀刃联线到支点的距离无非三种情况如图 (1-1)。

(1) 支点在联线上方，如图 (1-1) 之 (b) $m > 0$ ，

叫作“离线”。从公式 (1-1) 可知, 这时公式右端分式中分母的值随天平载荷—— P 和 Q 的增加而增大, 分式的值变小, 也就是说, 天平灵敏度 E , 随天平载荷增加而减小。测定

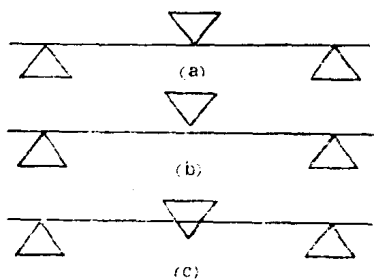


图 1-1

时, 天平的空载灵敏度比全载灵敏度高。

(2) 支点在联线下方, 如图 (1-1) 之 (c), $m < 0$, 叫作“吃线”。这时, 天平灵敏度 E , 随天平载荷增加而增大。测定时, 天平空载灵敏度比全载灵敏度低。

(3) 支点落在联线上, 如图 (1-1) 之 (a), $m = 0$, 叫作“平线”。这时公式 (1-1) 右端分母中含 m 项消失, 天平灵敏度与其载荷无关。

$$E_1 = \frac{af}{Rs}$$

这时, 天平灵敏度 E , 只由重心到支点的距离 s 决定。提高横梁重心, s 变小, 灵敏度增大, 反之灵敏度下降。

天平出现 (1), (2) 两种情况——灵敏度随天平载荷变化, 天平不能使用。因此, 在天平修理中, 调整灵敏度, 就是调整 m 和 s 这两个参数。第一, 调整 m 使之 $m = 0$; 第二, 调整横梁重心, 使之 s 适度。

第二节 天平稳定性

天平的稳定性系指天平受到扰动后能自动恢复到原来平

衡位置的能力。一台天平达若不能稳定平衡是不可想象的。天平能达到稳定平衡的条件是：

$$(Q_0 + P_0 + P + Q)m + Rs > 0 \quad (1-2)$$

式中各符号意义同公式 (1-1)。不等式左端的值愈大，天平愈稳定。如果天平“离线”， $m > 0$ ，同时 $s > 0$ ，天平稳定性良好。但 $m > 0$ 是不可取的。如果 $m < 0$ ，则会降低天平稳定性。且 $m < 0$ 也是不可取的。当天平三刀刃符合天平计量性能条件位于同一平面时 ($m = 0$)，不仅天平灵敏度决定于横梁重心到支点距离 s ，从不等式 (1-2) 可知，天平稳定性也决定于 s 。如果横梁重心在支点下方愈远 (重心愈低)， s 值愈大，天平愈稳定，但这又会降低天平的灵敏度。由此可见，在同一台天平上，天平灵敏度和稳定性是互相矛盾的。它们的乘积是一个常数。因此，在天平使用和修理中，不能随意提高一台天平固有的灵敏度指标。这个指标是天平设计时决定的。

第三节 天平正确性

天平的正确性系指天平两臂长度具有正确的比例关系。对于等臂天平即要求两臂相等，比值为 1。如果等臂天平的两臂不相等，在直接称量时，就会出现称量误差。习惯上称这个误差为“不等臂性误差”。这个误差在天平使用中是一个系统误差。它与天平载荷成正比例关系，如下式

$$\delta = -\frac{\alpha}{b} P \quad (1-3)$$

式中： δ ——不等臂性误差；

b ——天平较短一臂之长度；

α ——天平两臂长度之差；

P ——天平载物的质量。

为消除这一误差，在精密衡量中，采用精密衡量法（见第七章第三节）。

不等臂性误差又常简称“臂差”。在天平检定、修理和有关的资料中所讲的“臂差”，实际上是指天平最大称量时的不等臂性误差。

等臂天平要做到两臂完全相等是不可能的。在检定规程中，给了一定允差，但这个允差反应在两臂长度之差上仍是非常微小的。因此，在调整时往往需要多次反复才能调好，而且需要一个较长的时间才能稳定下来。

第四节 天平示值变动性

天平示值变动性系指天平在相同条件下对同一物体连续多次重复称量所得结果的一致性程度。在实际使用中，直接反映在相同载荷下天平平衡位置的改变。

当我们用同一个（组）砝码在同一台天平上衡量一物体时，自然希望每次都得到同样的结果，或每次衡量后，天平的空秤平衡位置（零点）不发生变化。事实上，这是很难办到的。虽然相差很小，但差异总是存在的。

天平的示值变动性表示了天平衡量结果的可靠程度。天平的精度不仅决定于灵敏度，还决定于天平的示值变动性。在不能保证天平示值变动性不超过一定范围的条件下，单纯提高天平灵敏度是没有意义的。两者在数值上应保持一定的比例关系。检定规程中规定两者的关系为1:1。即天平的示值变动性不得大于读数标牌的一个分度。若单纯提高天平灵敏度，必然降低天平的稳定性。稳定性愈差的天平，示值变动性也愈大。

当然，稳定性不等于变动性。稳定性只与横梁重心位置和三刀的吃、离线状态有关。而变动性还与环境条件、天平结构、调整状况和使用等因素有关。产生变动性的原因很复杂，是修理中较难掌握的一项内容。我们将在第五章第六节进行详细讨论。

第二章 天平的结构



第一节 天平的组成

天平系由杠杆原理制成，虽然种类繁多，但其主要部件和构成基本相同，作为例子图（2-1）为国产TG328B型天平总图。各部件名称如图所示。整个天平由下列各大部分组成。基本部分有：横梁系统（包括指针），承重吊挂系统，立柱与隔离制动系统，底座与框罩和平衡位置显示装置（标牌）。为了提高天平的精度和工作效能，精度较高的天平，一般都附设有其它部分。这些部分包括机械挂砝码（或骑码、链条加码）装置、微分标牌和光学读数系统阻尼装置等。在以下各节中详细介绍各部分的结构、功能、技术要求和相互配合关系。

第二节 横梁系统

横梁为天平中最主要的部分。由横梁主体及其附加部件组成，如图（2-2）。它在天平中起杠杆作用。横梁结构，材质的选择，制造工艺及物理性能的处理，决定着天平的质量和精度。横梁的主体应是整体的材料加工而成。

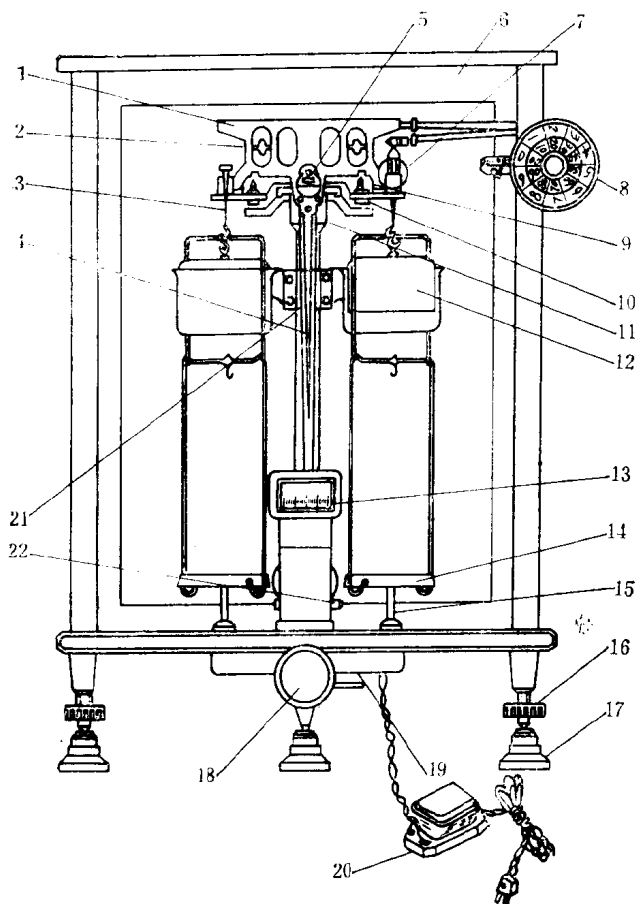


图 2-1 TG328B型天平总图

1—横梁(主体); 2—平衡铊; 3—吊耳; 4—指针; 5—中刀; 6—框罩; 7—挂砝码; 8—机械加码读数盘; 9—支力梢; 10—托叶架; 11—立柱; 12—阻尼器; 13—投影屏; 14—秤盘; 15—托盘器; 16—底脚螺丝; 17—脚垫; 18—开关旋钮; 19—制动装置; 20—变压器; 21—阻尼架; 22—第一反射镜旋钮

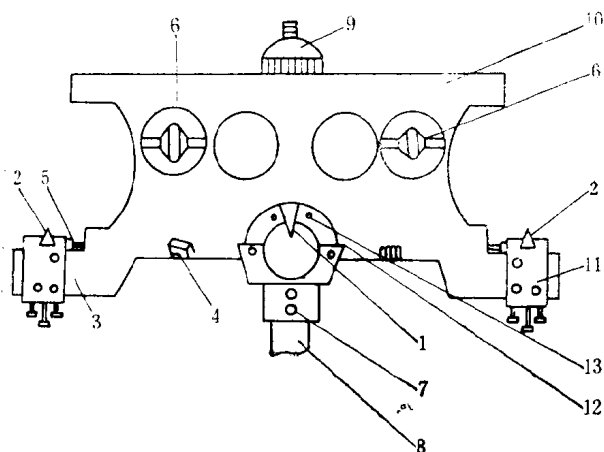


图 2-2 横梁结构图

1—中刀；2—边刀；3—刀套；4—水平板；5—刀距螺钉；6—平衡螺母；7—指针固定螺钉；8—指针；9—感量砣；10—横梁主体；11—托刀架；12—中刀座；13—中刀座固定螺钉

天平的横梁，虽然形式多样，也各有其优缺点，但其结构都大同小异。除了作为杠杆本身的主体外，一些为了提高天平精度和提高使用效能的附件，也装置在横梁上，与之紧密结合为一体。这些附件（除刀口外）包括固定螺钉应与横梁主体为同一材料制成，使之物理性能一致，以减少变动性。

一 刀子和刀套

等臂天平的横梁上，都准确地装置着三支精密的刀子（单臂天平只有两支刀子）。中央刀子（中刀）作支点，如图（2-2）的1；两边刀子（边刀）作重（力）点，如图（2-2）的2。较粗糙的天平，中刀或边刀有的直接固定在