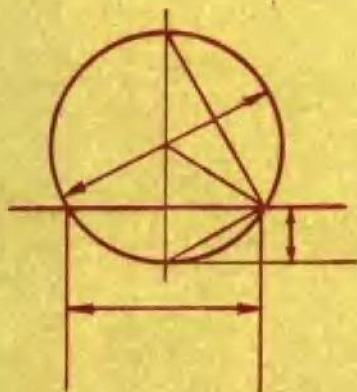


企业计量检定员资格考核参考丛书（3）

# 力学计量·化学计量

王安吉 刘成元 赵润涛 编



中国计量出版社

## 内 容 提 要

本书共分两篇。第一篇力学计量，介绍质量、容量（基本玻璃量器）、密度及力值计量；第二篇化学计量，介绍酸度计，滤光光电比色计及可见光光度计的检定。以问题解答形式，着重对物理概念、测试原理及检定方法进行阐述。可作为有关部门对计量检定员进行资格考核的题库，也可作从事力学、化学计量检定工作人员的自学参考书。

企业计量检定员资格考核参考丛书 (3)

### 力学计量·化学计量

王安吉 刘成元 赵润涛 编

责任编辑 孙维民

—\*

中国计量出版社出版

北京和平里晓霞甲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 5.75 字数 124 千字

1990年10月第1版 1990年10月第1次印刷

印数 1—10 000

ISBN 7-5026-0345-X/TE·283

定价 4.40 元

# 企业计量检定员资格考核参考丛书

## 编委会

主 编： 王建培

副主编： 倪伟清      王安吉      陈贵英

苏盛津      徐维洪

编 委：（按姓氏笔划为序）

王安吉      王建培      刘宝兰

陈必耀      陈贵英      陈宪国

李东炜      苏盛津      沈迪波

杨 旭      郑春湖      徐维洪

倪伟清



近几年来，我国计量工作得到了迅速发展，计量法的颁布和实施，使计量工作纳入了法制管理的轨道。根据计量法及其配套法规的规定，计量检定人员必须经过有关部门的考核合格，取得计量检定员证，方能从事规定的检定工作。

几年来，对计量检定员的管理实践证明，为提高检定人员的业务素质，确保理论考核工作的质量，解决迄今尚无统一理论考核试题的问题，迫切需要一套科学的、系统的、具有试题题库性质的检定专业丛书，以指导计量检定员自学，组织业务培训及考核之用。

为了满足广大读者的要求，我们参照《中华人民共和国计量工人技术等级标准（试行）》，依据现行国家计量器具检定规程，并紧密结合计量检定工作，尤其是工业企业计量检定工作的实际特点，编写了这套《企业计量检定员资格考核参考丛书》。

本丛书由《计量基础知识》(1)、《几何量计量》(2)、《力学计量·化学计量》(3)、《热工计量》(4)、《电学计量》(5)及《无线电计量》(6)六个分册组成。采用文、图、表并举，选择、填空、判断与问答多种题型，阐述了计量检定员应掌握的基础理论知识、专业理论知识、检定操作技能和检定数据处理等。本丛书涉及41个专业项目，共2千多道试题。

该套书既是计量检定员的自学丛书，又是培训计量检定员的参考教材，亦可作为理论考核的试题题库。

本丛书第一分册由徐维洪、王建培、张旭辉、苏盛津和陈必耀同志编写；第二分册由王建培、陈宪国、徐维洪、孙惠民和李洪芳同志编写；第三分册由王安吉、刘成元和赵润涛同志编写；第四分册由陈贵英、杨旭和郑春湖同志编写；第五分册由李东炜、苏盛津、孔雅姮、沈迪波和王新成同志编写；第六分册由苏盛津和陈必耀同志编写。中国计量出版社副总编辑倪伟清同志对全套书进行了审定，刘宝兰同志统阅了全套书稿。

王建培、苏盛津和徐维洪同志，对本丛书选材及表述等方面提出了具体的指导性意见。

本丛书在编写过程中，曾得到中国计量出版社的具体技术指导 and 热情帮助，并得到刘涛、孙起、徐辅源、徐锡文、王传发、杨克力、杨淑玉、陈景富和孙伟等同志的大力支持，谨此表示衷心的感谢。

由于作者较多，叙述风格各异，难以强求划一，虽经多次修改，但疏漏和不妥之处在所难免，恳请读者予以指正。

编委会

1989年8月

# 目 录

## 第一篇 力学计量

第一章 质量 .....	( 1 )
基本要求 .....	( 1 )
第一节 基础知识 .....	( 1 )
第二节 砝码 .....	( 7 )
第三节 天平 .....	( 18 )
第四节 衡器 .....	( 33 )
第二章 容量 (基本玻璃量器) .....	( 49 )
基本要求 .....	( 49 )
第三章 密度 .....	( 67 )
基本要求 .....	( 67 )
第四章 力值 .....	( 80 )
基本要求 .....	( 80 )
参考文献 .....	( 108 )

## 第二篇 化学计量

第一章 pH (酸度) 计 .....	( 111 )
基本要求 .....	( 111 )
第二章 滤光光电比色计与可见分光光度计 .....	( 142 )
基本要求 .....	( 142 )
参考文献 .....	( 170 )

---

# 第一章 质 量

## 基本要求

- (1) 掌握有关计量法规、法定计量单位及误差理论等计量基础知识，做到概念清楚、准确；
- (2) 掌握质量计量有关原理和计算方法，做到计算准确；
- (3) 熟悉本专业计量标准器具的结构原理、技术性能，掌握检定装置的组成及误差分析；
- (4) 熟悉本专业被检计量器具的结构原理、技术性能及使用方法，基本掌握必要的调修技能；
- (5) 正确理解本专业的检定规程和检定系统表，熟悉并掌握检定方法和测量技术，正确处理检定数据；
- (6) 了解本专业计量检定工作的发展方向；
- (7) 掌握质量计量中有关衡量的基本原理；
- (8) 掌握各种精密衡量法，了解它们的公式来源和方法的特点；
- (9) 掌握有关天平、衡器的安装、保养和正确使用方法。

## 第一节 基础知识

1. 什么是力？力的三要素是什么？

答：力是物体间或粒子间的相互作用。作用的结果可以改变物体或粒子的机械运动状态，改变其原有的动量，还可以使物体产生变形。因而凡是能使物体或粒子动量发生改变

而获得加速度或者使物体发生变形的作用就称为力。

力是一个矢量，要全面描述一个力，应该确定它的大小（力值）、方向和作用点，这就是力的三要素。

力作用的效果是使受力物体运动状态发生改变和形状、体积发生变化。

## 2. 什么是重力、弹性力、力偶、摩擦力、浮力？

答：重力——表示地球对物体的万有引力与因地球自转而引起的作用在物体上的惯性离心力的合力值。物体的重力等于该物体的质量与重力加速度的乘积。

弹性力——指物体在发生弹性变形时，物体内部所产生的恢复原来形状的力，叫做弹性力。

力偶——作用于物体上的相互平行而不共线的两个大小相等而方向相反的力称力偶。

摩擦力——当一个物体在另一个物体表面上运动时，总要受到一个阻碍它运动的作用力，这个阻力叫作摩擦力。

浮力——浸在液体中的物体，液体对它上、下两个表面存在压力差，产生对物体的浮力，浮力的方向总是竖直向上的。

## 3. 什么是杠杆？什么是力臂、力矩？

答：杠杆是绕固定点转动的物体，如图 1-1 所示。

杠杆上有三个作用点，支持杠杆的定点  $O$  叫做支点；

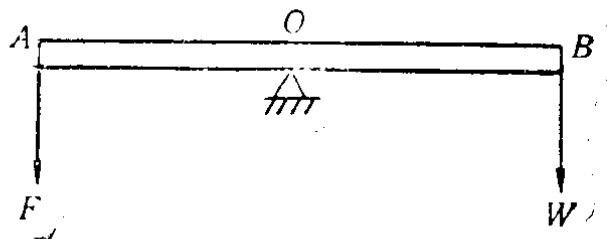


图 1-1



力 ( $F$ ) 的作用点  $A$  是力点；重物 ( $W$ ) 的作用点  $B$  叫做重点。

力臂 —— 从力 ( $F$ ) 的作用线到支点  $O$  的距离叫做支距 (力臂)，从重点力 ( $W$ ) 的作用线到支点  $O$  的距离叫做重支距 (重臂)。也就是说，力的作用线到转轴的垂直距离称为力臂。

力矩 —— 作用在杠杆某臂上的力与力臂的乘积为力矩。只有当杠杆上两力对于支点所构成的力矩和为零时，杠杆才能平衡。

#### 4. 试述杠杆的作用原理和分类。

答：杠杆的原理是利用两力对杠杆支点上所产生的力矩之间和为零的平衡原理。如图 1-1 所示。 $F \times OA = W \times OB$ 。

由于支点、力点、重点在杠杆上的相互位置不同，杠杆可分为三类。

第一类，支点位于力点和重点之间。如天平、木杆秤等，如图 1-2 所示。

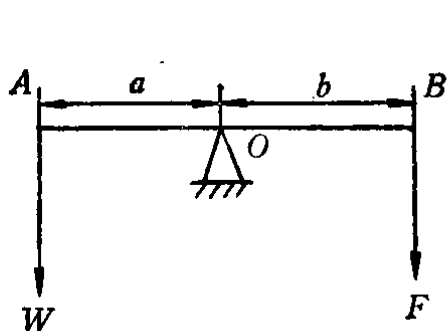


图 1-2

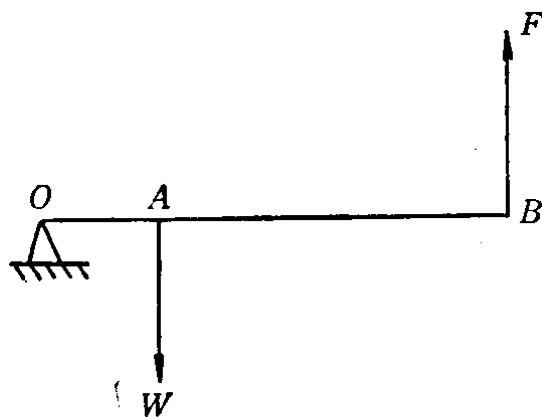


图 1-3

第二类，重点位于支点和力点之间，如台秤、地秤等，如图 1-3 所示。

第三类，力点位于支点和重点之间，如使用镊子等，如

图 1-4 所示。

5. 各类杠杆的特点及如何应用？

答：一类杠杆：根据杠杆臂比的变化，它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化。

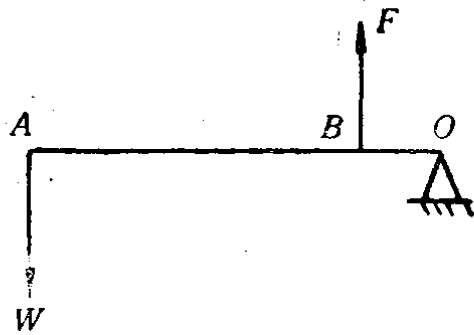


图 1-4

这种杠杆可以单独用来制秤。如天平，木杆秤，台、地秤的计量杠杆。

二类杠杆：它用较小的力可以得到较大的力。利用这类杠杆总是省力的，但不能用它单独制秤，在秤上通常用它来作承重杠杆。

如：台、地秤、轨道衡的承重杠杆均属二类杠杆。

三类杠杆：其特点是用较大的力只能得到较小的力。很少使用这种杠杆。

如“镊子”就是三类杠杆。

6. 什么是衡量？简述衡量的原理和应用。

答：被称物体的重量（质量）和已知物体的重量（质量）作用在支持物上进行比较叫衡量。经常使用的衡量原理有以下几种：

(1) 基于杠杆原理的衡量：

利用两力对于杠杆支点上所产生的力矩之和为零的平衡原理来衡量。这里包括经常使用的各种杠杆天平与杠杆秤。其中最简单的例子就是等臂天平。

(2) 基于弹性元件形变原理的衡量：

根据物理学的虎克定律，利用弹性元件在重力作用下的变形与力的对应关系，来判断作用力的大小。如弹簧秤、

扭力天平等都是这一原理。根据虎克定律：

$$a = k \cdot F \quad (1-1)$$

式中： $a$ ——弹簧形变大小；

$F$ ——加于弹簧上的外力；

$k$ ——该弹簧的弹性系数。

在衡量时该外力  $F$  等于被称物体的重量，记作  $P$ 。则由上式可知：

$$P = \frac{a}{k} \quad (1-2)$$

### (3) 基于液压原理的衡量：

利用液体传递压强的性质，根据液面平衡、压力相等的原理，在液压秤上得到的是质量的数值。

#### 7. 质量的法定单位是什么？

答：质量的法定单位有：千克（公斤）、吨、原子质量单位三个。

(1) 千克（公斤）定义为国家千克原器的质量。千克的国际符号是 kg。常用的还有它的分数单位和倍数单位。

(2) 吨的符号是 t。它是国家选定的法定计量单位，用于计量大质量物体。

$$1 \text{ t} = 1 \text{ Mg} = 10^6 \text{ g} = 10^3 \text{ kg}$$

吨也可用词头构成倍数和分数单位。

(3) 原子质量单位符号为 u，常用于研究微观粒子。过去称为“统一的原子质量单位”。它的定义是：一个原子质量单位等于一个碳-12 原子量的 1/12。

$$1 \text{ u} \approx 1.660 \, 565 \, 5 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

#### 8. 质量的国际公斤基准是如何建立的？

答：1795年4月3日法国议会公布了米突制守则，其中规定了温度为 $4^{\circ}\text{C}$ 时，标准大气压下 $101.325\text{ kPa}$  ( $760\text{ mmHg}$ )的一立方分米的纯水所具有的质量，称为“公斤”。1799年6月22日公斤基准和米基准一同提交法国立法院，这就是“档案公斤”和“档案米”。在“档案公斤”制成后，很快就发现它与“理论公斤”存在着很大差别。“档案公斤”比一立方分米的纯水最大密度时的质量约大 $28\text{ mg}$ ，因此决定放弃公斤的理论定义，采用法国档案局所保存的“档案公斤”作为质量单位。

1878年国际米制委员会向英国定购了三个铂(90%)、铱(10%)各自纯度为99.99%的直径和高均等于 $39\text{ mm}$ 的圆柱体，分别用K I、K II、K III表示。1880年经与“档案公斤”比对后，K III与“档案公斤”的质量偏差最小，故1883年10月3日把K III确定为国际公斤原器，它的体积为 $46.3960\text{ cm}^3$  ( $20.15^{\circ}\text{C}$ 时)。它的精度是 $\pm 0.000002\text{ g}$ 即 $\pm 2 \times 10^{-9}\text{ kg}$ 。

9. 我国的质量公斤原器是怎样建立的？

答：为把国际公斤原器的质量传递给世界各国，复制了若干与国际公斤原器材料和形状相同的铂铱合金圆柱体，分发给世界各国。我国的国家公斤原器编号为No.60，是1965年从国外引进的，其体积为 $46.3867\text{ cm}^3$  ( $0^{\circ}\text{C}$ 时)质量为 $1\text{ kg} + 0.271\text{ mg}$ ，其精度为 $\pm 0.008\text{ mg}$ ，相对误差为 $8 \times 10^{-9}$ 。

10. 目前我国的副公斤原器、公斤工作基准、克工作基准的精度是多少？

答：目前我国的副公斤原器精度是 $4 \times 10^{-8}$ ；公斤工作基准的精度是 $1 \times 10^{-7}$ ；克工作基准精度为 $1 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-6}$ 。

11. 杠杆的平衡状态有几种？

答：几个力同时作用在一杠杆上，如果该杠杆的运动状态没有改变，这几个力就叫相互平衡的力，此时它们的合力矩为零，该杠杆处于平衡状态。由于杠杆的重心对支点的位置不同，所以又有三种平衡状态：

(1) 稳定平衡：

杠杆的重心位于支点的下方时，当杠杆的平衡状态被扰动后，它在两个方向相反，作用相等的力所形成的力偶作用下，总是力图回到原来的位置。

(2) 不稳定平衡：

杠杆的重心位于支点的上方，当杠杆平衡状态被扰动后，它在两个方向相反作用相等的力偶作用下，将绕支点而转动，不能回到原来的位置。

(3) 随机平衡：

杠杆的重心与支点重合，杠杆的位置无论怎样改变，其重心不变，因此它可以在任何位置上静止下来。

## 第二节 砝 码

12. 什么是砝码？什么是砝码的标称质量、实际质量、检定精度、修正值和质量允差？

答：(1) 在天平或秤上复现一给定质量值的一种实物量具称砝码。

(2) 标称质量又叫名义质量，是制造或调修砝码时所要求的质量。

(3) 砝码经过检定后，所确定的质量值称为实际质量。

(4) 检定所得砝码的实际值，只是砝码真正质量的近似值，该近似程度的大小，称为检定精度。

(5) 砝码的实际质量与名义质量之差称修正值，它在数值上与误差相等，符号相反。

(6) 砝码在制造或调修时，允许偏离名义质量的制造最大之差，称质量允差。

13. 什么是砝码的组合原则和组合制？各有什么优点？

答：砝码的组合原则是以最少数量的砝码组成所需要的任何质量。

砝码的组合都采用十进制，有三种：

(1) (1; 2; 3; 5) 制；

(2) (1; 1; 2; 5) 制；

(3) (1; 2; 2; 5) 制。

(1; 2; 3; 5) 制：组合任意质量时，所用砝码个数最少，使用方便，但用料较多，组合精度低，组合 1 kg 砝码共重 1221 g。

(1; 1; 2; 5) 制：组合任意质量时，所用砝码个数最多，使用比较麻烦，用料比较少，比 (1; 2; 3; 5) 组合精度高，组合 1 kg 砝码共重 1 000 g。

(1; 2; 2; 5) 制：组合任意质量时，所用砝码个数及用料都是适中的，故一般用这种形式。组合 1 kg 砝码共重 1 110 g。

14. 砝码根据什么原则分等？分几等？各等之间的关系怎样？

答：砝码是按照使用中各种衡量的需要，根据检定精度和质量允差分等的。共分 5 (1~5) 等。

一等砝码检定精度由我国天平精度所定。最低精度的砝码要满足日常衡量的需要。各等之间一般为：

(1) 低一等砝码的检定精度为高一等砝码检定精

度数值的 3~5 倍。

(2) 各种砝码的制造允差，应不少于该等砝码检定精度的两倍。

15. 常用的精密衡量法有几种？并说明其优缺点。

答：(1) 交换衡量法：可以测出天平的不等臂性和砝码的实际质量，精度高、速度慢，在一般高精度衡量和检定基准砝码时采用。

(2) 替代衡量法：用单臂法检定砝码，可以消除天平的不等臂性误差，速度比交换法快，精度可满足一等砝码的要求，检定一等砝码时采用。

(3) 门捷列夫衡量法：速度快，但精度低，因为衡量时都是用天平最大载荷的砝码群，在衡量结果中不包含臂长的因素，故消除了不等臂误差对衡量结果的影响。另外，因天平始终是在某一固定载荷下衡量，不论被衡量物的质量大小，天平分度值不变。一般检定低等砝码采用此方法。

以上三种衡量方法都能消除天平不等臂性引起的系统误差，因此称为精密衡量法。

16. 简述砝码的真空质量和折算质量以及相互换算方法。

答：砝码的真空质量是该砝码在真空中所具有的引力质量值。砝码的折算质量是指一个实际的砝码与材料密度为  $80 \text{ g/cm}^3$  的假想砝码在空气密度为  $0.0012 \text{ g/cm}^3$  的条件下相互平衡，后者的真空质量值就称为前者的折算质量值。砝码的折算质量值  $m^*$  与真空质量之间的折算关系为：

$$m^* = m + (V^* - V)\rho_{1.2} = \frac{(1 - \rho_{1.2})}{0.99985} m$$

(1-3)

$$\text{或} \quad m = m^* + (V - V^*)\rho_{1.2} = \frac{0.99985}{\left(1 - \frac{\rho_{1.2}}{\rho}\right)} m^* \quad (1-4)$$

式中： $\rho$ ——砝码的材料密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )；

$\rho_{1.2}$ ——约定的标准空气密度，等于  $0.0012 \text{ g}/\text{cm}^3$ ；

$V$ ——砝码实际所具有的体积 ( $\text{cm}^3$ )；

$V^*$ ——砝码材料按统一约定密度时的体积 ( $\text{cm}^3$ )。

#### 17. 简述 2、3、4、5 等砝码的检定方法。

答：在衡量方面，各等砝码均根据具体情况，选择替代法，交换法或连续替代法任一种，测量其质量。4、5 等砝码还可用比例称量法测定其质量。2~5 等砝码可以与高一等标称质量相同的标准砝码进行单个直接比较检定。在天平读数方面，阻尼天平平衡位置的读数取两次静止点读数的算术平均值为天平的平衡位置，摆动式天平应采用连续四次回转点读数，但计算时可用 4 次或前 3 次回转点读数，按公式计算平衡位置。在误差控制方面，在检定过程中，应做到使所用已知质量的全部标准砝码的综合极限误差，连同所有的相应精度天平的综合极限误差的总和控制在下述范围内：

对 2、3 等砝码其总和不大于被检砝码检定精度的  $4/5$ ；  
对 4、5 等砝码其总和不大于被检砝码质量允差的  $4/5$ 。检定砝码时，由于空气浮力所引入的误差，应控制在下述范围内：对 2、3 等砝码不超过其检定精度的  $1/5$ ，对 4、5 等砝码不得超过其质量允差的  $1/5$ ；2 等砝码及用作标准的 3、4 等砝码一律由两人分别检定一次，其中 2、3 等砝码取两人相应检定结果的算术平均值为最终结果，两人检定结果之差不得大于相应被检砝码检定精度的  $4/5$ ，否则必须复检；4 等砝码的检定，只需控制测定误差的范围，要求两人各自的



检定结果都要落在相应砝码质量允差的 4/5 范围内，否则应复检。3、4 等工作用砝码及 5 等砝码由一人检定一次即可。

18. 简要说明砝码的正确使用和保养规则。

答：(1) 应按质量检定系统表所规定的精度等级和范围使用砝码。

(2) 砝码必须放置在干燥、洁净而无剧烈温度变动的房间内，1、2 等砝码应放置在专用的玻璃干燥器内。

(3) 不能用手直接接触砝码，使用镊子夹取时，注意不要损坏和跌落砝码，质量较大的砝码可用洁净柔软的麂皮、真丝绸布或戴上细丝手套拿取，要轻拿轻放，用完时要放回原巢中，几组砝码同时使用切记不要相互混杂。

(4) 使用砝码时，一般先用带“点”的，砝码表面不得有镀层脱落或生锈现象，否则应立即停止使用。

(5) 使用砝码时，待砝码温度与室温一致后方可使用，使用时不能对着砝码呼吸。

(6) 应保持砝码的清洁，清洗时应用无水乙醇或航空汽油，然后用纯净的蒸馏水清洗，最后用绸布拭干；对有调整腔的砝码，在清洗时，严防洗液进入腔内，涂漆的砝码不能用溶解这种漆的液体清洗。

(7) 砝码的调整腔不得随意拧开，只有调修时才可拧开。

(8) 寄运砝码时应逐个包以软纸，置于盒内的相应位置上，然后将砝码盒捆紧，放入坚固的包装箱内，箱内填充防震软料，箱外标有“小心轻放”字样。

19. 经检定的砝码如何处理？

答：各等砝码经检定合格后，发给砝码检定合格证书。证书中应标明砝码组的等级、器号、制造厂、使用单位名称