

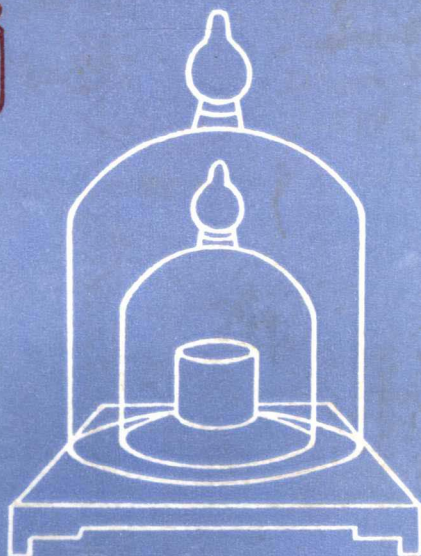
质量计量丛书

砝 码

孙瑞娴 编著

质量计量丛书编委会

审定



中国计量出版社

质量计量丛书

砒 码

孙瑞娴 编著

质量计量丛书编委会审定

中国计量出版社

新登(京)字024号

内 容 提 要

本书是质量计量丛书的一个分册,以砝码的计量检定为中心内容,系统地介绍质量的物理概念;质量单位、实物量具;衡量与衡量方法;砝码分级、分等;砝码检定、使用与保养;砝码调整;砝码材料密度、体积及其测量;质量计量准确度评定方法等。书末附录了几个有关砝码的国际建议。

本书可作为规程宣贯教材和质量计量专业培训教材,并可供质量计量测试人员以及质量计量器具的生产、修理、经销、使用者参考。

质量计量丛书

砝 码

孙瑞娴 编著

质量计量丛书编委会审定

责任编辑 陈艳春

—

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 10.875 字数 243千字

1992年9月第1版

1992年9月第1次印刷

印数 1—5 000

ISBN 7-5026-0521-5/TB·398

定价 6.50元

编委会前言

《质量计量丛书》是中国计量出版社关于专业学科建设的系列选题之一。在国家技术监督局和国家计量检定规程有关归口单位的高度重视和直接参与下，特设编审委员会，负责制定大纲、遴选作者、组织编写和审定。

根据质量计量的特性本套丛书的内容以计量检定为主线突出实用技术和监督管理，以一定数量的分册和篇幅，概述质量计量基本概念、基础理论、衡量原理和衡量方法等；以更多的分册和篇幅，详论质量计量器具的计量要求、技术要求和管理要求，准确阐释国家计量检定规程、管理规章和国际建议；介绍先进的技术和经验；尽量充分提供（或附录）实际工作中所必需的文件资料。主要目的是帮助在第一线的质量计量工作者提高业务水平，准确一致地理解和贯彻质量计量检定系统和检定规程，正确而有效地进行监督管理。

鉴于质量计量量值的国际统一性和国家统一性极强，其计量检定规程属于强制执行的技术法规，不准任意解释。因此，本丛书的作者基本是规程主要起草人，审订者主要是原国家检定规程审定委员会或所属质量专业委员会负责人。

本丛书的每一个分册论述一个专题，各具相对独立性和完整性，因而不编排分册的序列，只按成书的早晚陆续出版。正因如此，读者也可针对自己从事的具体专业选择置备相应的分册学用。

本丛书的读者对象是质量计量人员，特别是直接从事检定和监督管理的实际工作者。也可作为专业培训教材，质量

计量器具的制造者、经销者、使用者和修理者，以及市场管理人员和各行各业的质量检测人员，均可学用。

在本丛书着手筹划之时，就得到原国家计量局和国家计量检定规程审订委员会的完全肯定和大力支持；之后国家技术监督局不仅高度重视而且实际参与领导。全国许多省市地县的技术监督局（标准、计量、质量局）、中国计量科学研究所和铁道部、轻工业部等单位给予了很大支持和帮助，特别是作为我国非自动衡器归口单位的青岛市标准计量局，更为本套丛书的建设作出了重大贡献。谨此一并致谢。

对于读者将要给予的指正和建议，谨预表欢迎和感谢。来信请寄北京和平里西街甲2号。邮政编码100013中国计量出版社转。质量计量丛书编委会。

一九九〇年元月

目 录

第一章 质量的基础知识	(1)
第一节 质量的物理概念	(1)
第二节 质量和重量	(5)
第三节 质量单位、国际公斤原器和国家公斤原器、质量单位的 分数和倍数单位	(9)
第四节 质量计量、国家质量计量检定系统、国家砝码检定规程、 质量计量信息网络	(12)
第五节 质量计量在国民经济中的作用	(32)
第二章 砝码及其材料、组合方式和使用规则	(34)
第一节 砝码及相关的概念	(34)
第二节 砝码材料	(41)
第三节 砝码的标称值和组合方式	(44)
第四节 砝码的使用规则	(48)
第三章 衡量的基础知识	(55)
第一节 衡量和衡量方法	(55)
第二节 粗糙衡量法	(55)
第三节 替代衡量法	(56)
第四节 门捷列夫衡量法	(57)
第五节 交换衡量法	(58)
第六节 关于影响衡量结果的若干因素	(60)
第四章 空气密度和空气浮力修正	(67)
第一节 空气密度	(67)
第二节 空气浮力修正	(70)
第五章 基准砝码及其比对、检定	(73)
第一节 基准砝码的分类	(73)

第二节	基准砝码的比对、检定	(75)
第六章	标准和工作用砝码及其检定	(113)
第一节	标准和工作用砝码的分类	(113)
第二节	标准和工作用砝码的有关技术要求	(115)
第三节	检定条件	(137)
第四节	检定项目及平衡位置读数方法	(140)
第五节	一等砝码的检定	(141)
第六节	二等砝码的检定	(193)
第七节	E_1 等至 M_{23} 等砝码的检定	(235)
第八节	E_1 级至 M_3 级砝码的检定	(262)
附录1	OIML国际建议No.1 1g至10kg圆柱形砝码	(272)
附录2	OIML国际建议No.2 5至50 kg的平行六面体 砝码	(280)
附录3	OIML国际建议 No.20 50kg至1mg的 E_1 、 E_2 、 F_1 、 F_2 和 M_1 准确度级砝码	(288)
附录4	OIML国际建议No.25 检定官员用标准砝码	(296)
附录5	OIML国际建议No.33 在空气中衡量的结果的约 定值	(305)
附录6	OIML国际建议No.47 试验大秤量衡器用的标准 砝码	(314)
附录7	OIML国际建议No.52 100g至50 kg的普通准确度 级六角形砝码	(325)

第一章 质量的基础知识

第一节 质量的物理概念

一、引力质量

世间任何物体，均有一种属性，这就是：物体都是引力场的源泉，都能产生引力场，也都受引力场的作用。

物体的这一属性，是通过著名的牛顿万有引力定律表现出来的。

万有引力定律的数学表达式是：

$$\vec{F}_{21} = -G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \vec{r}_0 \quad (1.1.1)$$

式中： $\vec{F}_{21}$ ——质点 1 对质点 2 的万有引力；

G ——万有引力常数，其大小由如何选择 $\vec{F}_{21}$ 、 $\vec{r}_0$ 、 m_1 、 m_2 的单位而定；

m_1 、 m_2 ——分别为质点 1 和质点 2 的引力质量，是两质点各自产生引力场和受引力场作用的本领的量度；

r ——两质点间的距离；

$\vec{r}_0$ ——方向为从质点 1 指向质点 2 的单位矢量。

式中负号（“-”）表示 $\vec{F}_{21}$ 的方向与 $\vec{r}_0$ 的方向相反，指向质点 1，也就是说，是表示质点 2 受到质点 1 的引力，其方向是指向质点 1 的。

万有引力定律可以这样叙述：任何两个质量之间都存在

着一种相互的吸引力，该力的方向沿着两质点联线的方向，该力的大小与两质点的引力质量的乘积成正比，而与它们之间的距离的平方成反比。

万有引力定律的标量数学表达式是：

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (1.1.2)$$

式中：F——质点间的万有引力大小，

G——万有引力常数；

m_1, m_2 ——分别为质点 1 和质点 2 的引力质量；

r——两质点间的距离。

公式 (1.1.1) 和 (1.1.2) 是对两个质点来讲的，如果两个物体不能看成质点，则必须把每个物体分成很多小部分，把每个小部分看成 1 个质点，然后根据公式 (1.1.1) 计算出所有这些质点间的相互的吸引力，最后求其合力。

这种计算比较繁杂，这里不予详述。但计算表明，对于两个质量均匀分布的球体，可以直接用式 (1.1.1) 来计算他们之间的引力，此时，r 表示两球心之间的距离，而各球体则可以用一在各自球心并具有与该球等质量的质点来代替。

万有引力定律是自然界最普遍的定律之一。一切物体，无论它们是怎样小或怎样大，无论它们是元素或化合物，有生命或无生命，都遵从这个定律。

地球上物体所受到的重力就是万有引力的一个特例。

二、惯 性 质 量

物体的另一属性，就是物体的惯性，也就是物体抵抗外力改变其原有机运动的本领。它通过牛顿第二定律表现出来。

牛顿第二定律的数学表达式是：

$$\vec{F} = K \frac{d(M\vec{v})}{dt} \quad (1.1.3)$$

式中： $\vec{F}$ ——作用于物体上的合外力；

K ——比例系数。它的数值决定于 $\vec{F}$ 、 $M\vec{v}$ 的单位。如果选择厘米克秒单位制或国际单位制时， K 等于1。

$M\vec{v}$ ——物体的动量，等于物体的惯性质量与物体运动速度之积；

M ——物体的惯性质量，是物体惯性的量度；

$\vec{v}$ ——物体的运动速度；

t ——时间。

严格说来， M 的大小是随物体运动速度而变化的，即

$$M = \frac{M_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (1.1.4)$$

式中： M_0 ——物体的静止质量，它是物体相对惯性参照系静止时的质量；

c ——光速；

M ——又称为物体的运动质量，它是物体相对惯性参照系运动时的质量。

当 $v \ll c$ 时，可以认为 $\frac{dM}{dt} = 0$ ，则有：

$$\vec{F} = KM\vec{a} \quad (1.1.5)$$

式中： $\vec{a}$ ——物体的运动加速度。

牛顿第二定律可以这样叙述：物体动量的变化率与作用在物体上的合外力成正比，而物体的动量则是物体的惯性质

量与物体运动速度之积。当物体运动速度远远小于光速的时候，物体加速度的大小与作用在物体上的合外力成正比，与物体的惯性质量成反比，加速度的方向与所受的合外力方向相同。

三、引力质量与惯性质量的等效性

物体的引力质量和惯性质量都是在不同实验事实的基础上定义出来的，它们用来量度物体两种不同的性质：引力质量量度物体与其他物体相互吸引的能力，惯性质量量度物体的惯性。在经典力学中，它们是两个不同的物理量，是从不同的方面表示物体所具有的物理属性。实验证明：在现在所能达到的精度范围内，引力质量与惯性质量的数值成正比。因此，只要适当选取单位，比如选取厘米克秒单位制或国际单位制的单位，可使引力质量与惯性质量在数值上相等。因而，在此情况下，导致我们不必再区分哪是引力质量，哪是惯性质量，而统称之为质量。而且在广义相对论中，爱因斯坦也把它引力质量与惯性质量的等效性，作为研究引力特性的一个基本出发点。

在人们日常生活中经常所遇到的物体，其运动速度远远小于光速，因而该物体质量可认为是个恒量，它不随时间地点而变，而且与运动速度大小无关（当然在 $v \ll c$ 的情况下）。

人们利用质量的这一特性，由国际计量局利用国际公斤原器在原器天平上检定各国的国家公斤原器，并发给各国。各国根据自己的国家公斤原器再在基准天平上检定出国内使用的基标准砝码，发往国内各地计量机构，各地计量机构再根据自己的基标准砝码在相应的天平上检定传递本地区所使用的各级标准砝码或工作用砝码。这样，小则在本地区，大

则在全国，甚至在全世界都保证了质量量值的准确一致，使任何地方的物体质量都能在规定的精确度范围内某一确定的比例严格与国际公斤原器相对应。

第二节 质量和重量

一、质 量

质量是物体所具有的物理属性，在某种情况下，它可以用来量度物体的惯性大小；在某种情况下，它又可以用来量度物体和其他物体相互吸引的能力。

二、重 量

重量表示物体所受重力的大小，是一个力——重力的值。也就是说，重量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的值。物体的重量等于该物体的质量与重力加速度值的乘积。即：

$$\vec{W} = m\vec{g} \quad (1.2.1)$$

式中： $\vec{W}$ ——物体的重力；

$\vec{g}$ ——物体的重力加速度；

m ——物体的质量。

其标量式为：

$$W = mg \quad (1.2.2)$$

式中： W ——物体的重量；

g ——物体的重力加速度值。

三、质量与重量的区别

1. 定义不同

定义见前。

2. 量的变化规程不同

在物体运动速度远远小于光速时, 物体的质量永远是个恒量, 不随时间、地点和环境条件而变。

而物体的重量, 都随着地球的地理纬度和海拔高度而变, 严格说来, 它是地球的重力场的位置和时间的函数。

3. 在同一单位制中, 若一个是基本单位, 则另一个必是导出单位

表 1.1 质量、重量单位制类别关系表

单 位 制	基本单位	导出单位
厘米·克·秒单位制	质 量 (克)	重 量 (达因)
米·公斤·秒单位制	质 量 (公斤)	重 量 (牛顿)
国际单位制	质 量 (公斤)	重 量 (牛顿)
米制重力单位制 (米制工程单位制)	重 量 (公斤重)	质 量 (米制工程质量单位)

注 1:

“公斤重”的定义: 将保存在国际计量局的国际公斤原器拿到北纬45°海平面上所受的重力的值定义为一“公斤重”。

注 2:

1901年第三届国际计量大会关于区分“质量”和“重量”的决议

“鉴于 1887 年 10 月 15 日国际计量委员会已规定公斤是质量单位, 因此, 必须结束重量或质量这个词的含混状

况。

会议声明如下。

①公斤是质量单位，它等于国际公斤原器的质量。

②重量这个词表示和力具有相同性质的一个物理量。而某物体的重量，等于那个物体的质量与地球重力加速度的乘积。特别是某物体的标准重量，是该物体的质量和标准重力加速度的乘积。

③国际计量检定业务中用的标准重力加速度的值是多数国家已经在法律上规定的 $980\ 665\ \text{cm/s}^2$ 。

由此可见，就国际计量局和国际计量大会而言，在国际上就早以正式区别了“重量”和“质量”，其中特别是正式规定了“重量”是和力具有相同性质的一个物理量。因而，在计量工作中，我们应严格按此次会议决议的规定区分这两个物理量，不应再混淆不清。

注 3:

关于“人民生活和贸易中，质量习惯称为重量”的问题

在中华人民共和国国务院1984年2月27日发布的关于在我国统一实行法定计量单位的命令中，公布了我国法定计量单位的基本单位，质量是这七个基本单位之一。在注7中，写到：“人民生活 and 贸易中，质量习惯称为重量。”之所以有此“习惯”，完全是由历史原因形成的，在以前，在人民生活 and 贸易中，常常存在米·公斤·秒制单位制或国际单位制与米制工程单位制混合使用的情况，在使用“质量”这一物理量时，人们常常喜欢采用米·公斤·秒制单位制或国际单位制的基本单位，因而在质量上出现了以“公斤”为质量计量单位，但在计量物体的“重量”时，人们又常常喜欢采用米制工程单位制的基本单位，因而在重量上出现了以“公

斤重”为单位的重量计量单位，这两个单位物理概念和含义是根本不同的，但是在相对精度只要求在三百分之一的条件下，这两个不同的物理量在数值上是相等的，而在人民日常生活中和一般贸易中，所要求的计量的相对精度也不高，一般控制在千分之三左右，所以，对同一物体而言，其质量的数值和重量的数值是相同的，因而，人们为了方便起见，习惯上不对物体的“质量”还是“重量”进行区分，从而出现了“质量”与“重量”相互混淆的情况。对于精度不高的情况下，这种混淆还是可以容忍的。因而，也可以尊重人们的日常习惯，对很低精度的计量不予干涉，叫“质量”也行，叫“重量”也行。但是，当计量的相对精度要求优于千分之三时，这种对同一物体混用不同单位制的基本单位的缺点就显现出来了，这时，由于物体的“重量”是随物体的使用地点的纬度和海拔高度而变，而物体的“质量”是个恒量（在 $v \ll c$ 的条件下），所以，同一物体在不同的使用地点，就会发现“质量”不变，而“重量”却要随使用地点而变化，因而有必要对“质量”和“重量”这两个物理量加以区别，不使其相混淆。从而在客观上、历史上就有必要通过正式会议，对这两个物理量的概念和定义加以澄清，结束在使用中所遇到的混乱局面。我们认为1901年第三届国际计量大会对“质量”和“重量”两个物理量所做的决议就是在这种历史背景下形成的。遵照国际计量大会的决议，我国在计量工作中，应该对“质量”和“重量”这两个物理量加以区分，而不应该把它们看成“同义语”或什么不必加以区别的名词术语。我们认为作为一个合格的质量计量工作人员，应明确“质量”与“重量”的区别，而且在自己的计量工作中，能严格区分这两个不同的物理量。

第三节 质量单位、国际公斤原器和国家公斤 原器、质量单位的分数和倍数单位

一、质 量 单 位

质量是一个很重要的物理量，无论国防、民用，也无论工交、财贸、文教、科技，都要用到这个物理量。质量的单位在米·公斤·秒制单位制、国际单位制、厘米·克·秒制单位制、米·吨·秒制单位制中是基本单位，在米制工程单位制（即米·公斤重·秒制单位制）中是导出单位。

二、质量的主单位

质量在不同的单位制中，质量的主单位是不同的。

在米·公斤·秒制单位制或国际单位制中，质量的主单位是“公斤”，它是“国际公斤原器”所具有的质量。这也是我国质量的法定计量单位。根据我国国务院发布的关于在我国统一实行法定计量单位的命令，质量的单位名称为：千克（公斤）。“（ ）”号内的字“公斤”是前面的字“千克”的同义语。为了避免“千克”在读音上和写法上与厘米·克·秒制单位制中的主单位“克”相混淆，或误认为“4克”，在本书中，用“公斤”表示米·公斤·秒制单位制或国际单位制中的质量主单位。如不加以特殊指出，以后讲的质量主单位均指“公斤”。

在厘米·克·秒制单位制中，质量的主单位是“克”，在数值上等于“国际公斤原器”的质量值的千分之一。

在米·吨·秒制单位制中，质量的主单位是“吨”，在数值上等于“国际公斤原器”的质量值的一千倍。

在原子物理学及核工业中所使用的单位还有是“统一的”“原子质量单位”，在数值上约等于“国际公斤原器”的质量值的 $1.660\,565\,5 \times 10^{-27}$ 倍。

在珠宝钻石的专业中，质量的主单位是“米制克拉”，在数值上等于“国际公斤原器”的质量值的 2×10^{-4} 倍。

在英美制单位制中，质量的主单位是“磅”，在数值上等于“国际公斤原器”的质量值的 $0.453\,592\,338$ 倍（指英磅），或 $0.453\,592\,37$ 倍（指美磅）。

在米制工程单位制中，质量的主单位是“工程质量单位”，在数值上等于“国际公斤原器”的质量值的 $9.806\,65$ 倍。

三、质量单位的分数和倍数单位

在与公斤原器比较时，必须使用测定天平分度值的标准小砝码。这种小砝码是将公斤原器的质量依次地分割，并按所需要的质量组合起来的。因为在这个过程中所建立的小于 1 公斤的以 1、2、5 或 1、3、5 等方式组合成的十进系列的各种质量的砝码，可以作为各级基标准砝码。所以，这种分割就叫做分数单位的建立。

对于建立分数单位来说，首先要进行的公斤原器进行直接比较的绝对测量，但在组合比较时，如仍进行这种方式的测量，则原器的使用次数就要变多了。所以，为了使公斤原器免受不必要的磨损，各国公斤原器都是和公斤副基准进行比对的，然后由公斤副基准直接和公斤工作基准砝码及克组工作基准砝码进行组合比较。然后，再由克工作基准传递给毫克工作基准组，当然，对于首次检定时，首先假设一个测分度值的小砝码的值，然后对方程求解，从而得到测分度值的小砝码的第一次近似值，再把第一次近似值做为第二次假