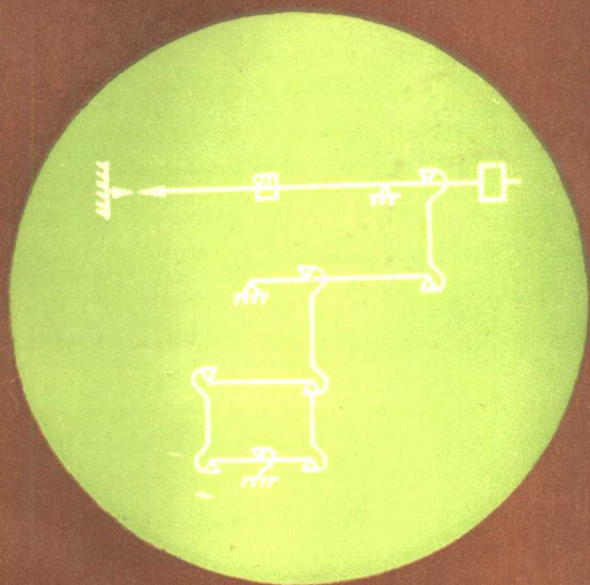


LIXUE JILIANG JISHU

力学计量技术

戴莲瑾 主编 蔡正平 主审



中国计量出版社

力学计量技术

戴莲瑾 主编

蔡正平 主审

中国计量出版社

(京)新登字024号

内 容 提 要

本书内主要叙述质量、称重、容量、密度、力值、扭矩、硬度、压力、真空、流量、转速、振动等力学计量概念和原理、计量基标准、计量仪器的原理、结构、性能和检定方法等。

本书适用于力学量计量专业大专院校学生、各级计量测试、计量检定和计量管理部门,以及厂矿企业计量工作人员和函授班学生。

大专院校试用教材

力学计量技术

戴莲瑾 主编

蔡正平 主审

责任编辑 李绍贵

—♦—

中国计量出版社出版

北京和平里国何里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 × 1092/16 印张 19.5 字数 454 千字

1992 年 8 月第 1 版 1996 年 7 月第 2 次印刷

印数 7 001—11 000

ISBN 7-5026-0533-9/TB·406

定价 19.50 元

编 者 的 话

力学计量技术是利用各种仪器、装置和各种测试方法,解决各种力学量的准确、可靠的测量和量值传递等的计量问题。

本书全面论述各种力学量的计量技术。在选材上,重点介绍各种力学量计量的基本概念、计量器具及检定系统,而仪器的结构从简。这是因为,计量测试专业主要是使用仪器仪表进行测量。另外,在介绍各种力学量计量器具的检定时,以其检定规程为依据,尽力把具有共性的问题阐述清楚,而不是介绍规程。力学量计量器具的规程很多,据1990年国家技术监督局量值传递处编的《国家计量技术法规目录》统计就有217种。规程中规定的条文很细,检定时,只要严格按照规定进行即可,关键是要理解为什么要这样规定,其科学依据是什么。

本书是为计量测试技术和计量管理专业的函授教学而编写的,但它同样适用于一般高等院校中的计量测试及计量管理专业,以及力学计量方面的职业教育和培训班。也可供从事力学计量的工程技术人员自学和参考。

本书由戴莲瑾主编。全书共分十一章,每一章分别介绍一个力学量的计量技术。其中第一章由蔡碧玉(概念、砝码、天平及机械秤部分)和黄铁群(电子天平和电子秤部分)编写;第二章、第三章、第四章、第五章、第六章、第七章、第八章、第九章和第十一章由戴莲瑾编写;第十章由侯宇编写。

全书由国家技术监督局蔡正平研究员主审,参加审稿的还有浙江大学谭祖根教授和杨世超教授及中国计量出版社李绍贵高级工程师。

本书在编写过程中参考了本校的有关讲义及一些计量部门的资料,并得到了国家技术监督局量值传递处何开茂和马彦斌及中国计量科学研究院费渭南、徐殷、廉育英、施汉谦、夏慧英、瞿秀贞、李庆忠、李福欣、曹凤梅,北京市计量科学研究所盛敏学等同志的大力帮助和关心,谨表衷心谢意。

限于编者水平,书中疏漏谬误之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

1991年12月

目 录

绪论	(1)
第一章 质量计量技术	(3)
第一节 质量计量的概念	(3)
一、质量的概念	(3)
二、质量的计量单位	(5)
三、质量计量器具检定系统	(5)
第二节 衡量	(5)
一、衡量原理	(5)
二、空气浮力对衡量的影响	(6)
三、折算质量	(7)
四、常用的几种衡量方法	(8)
第三节 砝码	(11)
一、砝码的名词解释	(11)
二、砝码的材料	(12)
三、砝码的结构	(12)
四、砝码的组合	(12)
第四节 天平	(12)
一、天平的结构	(13)
二、天平的运动方程	(14)
三、天平的计量性能	(17)
四、天平的分级	(21)
五、天平的检定	(21)
第五节 机械杠杆秤	(23)
一、杠杆与杠杆系	(23)
二、杠杆和组合杠杆的计量性能	(26)
三、案秤	(29)
四、台秤	(31)
五、秤的检定	(34)
第六节 电子天平	(36)
一、电子天平的工作原理	(36)
二、电磁力平衡式称重传感器	(37)

三、位移传感器.....	(37)
四、PID调节器.....	(38)
第七节 电子秤.....	(38)
一、电子秤概述.....	(38)
二、称重传感器.....	(40)
三、承重传力机构.....	(45)
四、称重传感器的供桥电源.....	(48)
五、测量显示装置.....	(51)
六、几种典型电子秤.....	(57)
七、电子秤的检定.....	(63)
习题.....	(65)
第二章 容量计量技术	(67)
第一节 容量计量的概念.....	(67)
一、容量的概念.....	(67)
二、容量的计量单位.....	(67)
三、容量与温度的关系.....	(67)
四、容器的分类.....	(68)
第二节 容量计量原理.....	(68)
一、衡量法.....	(68)
二、直接比较法.....	(70)
三、几何测量法.....	(71)
第三节 容量计量器具检定系统.....	(71)
第四节 小容量计量.....	(71)
一、小容量计量器具.....	(71)
二、小容量计量器具的检定.....	(74)
第五节 大容量计量.....	(78)
一、大容量计量器具.....	(78)
二、大容量计量器具的检定.....	(79)
习题.....	(84)
第三章 密度计量技术	(86)
第一节 密度计量的概念.....	(86)
一、密度的概念.....	(86)
二、密度的计量单位.....	(87)
三、密度与温度、压力的关系.....	(87)
第二节 密度测量方法.....	(92)
一、流体静力衡量法.....	(92)
二、密度瓶测量法.....	(94)
三、浮计测量法.....	(95)
四、间接测量法.....	(100)

第三节 密度计量器具检定系统	(104)
第四节 浮计的检定	(105)
一、检定用液及其配制	(105)
二、浮计的检定	(106)
习题	(106)
第四章 力值计量技术	(108)
第一节 力值计量的概念	(108)
一、力的概念	(108)
二、力的计量单位	(108)
三、测力的原理	(108)
第二节 力值计量仪器	(110)
一、电阻应变式力传感器	(110)
二、压磁式力传感器	(110)
三、电容式力传感器	(113)
四、材料试验机	(117)
第三节 力值计量器具检定系统	(123)
一、力值计量基准器具	(123)
二、力值计量标准器具	(128)
三、力值工作计量器具	(129)
第四节 力值计量器具的检定	(130)
一、力值国家基准的检定	(130)
二、力标准机的检定	(130)
三、标准测力仪的检定	(130)
四、材料试验机的检定	(131)
第五节 动态力值标准装置及力传感器的动态检定	(131)
一、标准电磁振动台	(131)
二、落锤式标准冲击台	(132)
三、标准激波管	(132)
四、力传感器的动态检定	(133)
习题	(135)
第五章 扭矩计量技术	(137)
第一节 扭矩计量的概念	(137)
一、扭矩的概念	(137)
二、扭矩的计量单位	(137)
第二节 扭矩计量仪器	(137)
一、千分表式扭矩仪	(138)
二、钢弦式扭矩传感器	(138)
三、磁电相位差式扭矩传感器	(139)
四、变压器式磁弹性扭矩传感器	(139)

五、电阻应变式扭矩传感器	(141)
六、光弹扭矩传感器	(142)
七、机械式扭矩仪	(142)
八、扭转试验机	(143)
第三节 扭矩计量器具检定系统	(144)
一、扭矩计量基准器具	(144)
二、扭矩计量标准器具	(146)
三、扭矩工作计量器具	(147)
第四节 扭矩计量器具的检定	(148)
一、扭矩国家基准的检定	(148)
二、扭矩计量标准器具的检定	(148)
三、扭矩工作计量器具的检定	(148)
习题	(149)
第六章 硬度计量技术	(150)
第一节 硬度的概念	(150)
第二节 金属硬度试验法	(150)
一、布氏硬度试验法	(150)
二、洛氏及表面洛氏硬度试验法	(153)
三、维氏及显微硬度试验法	(156)
四、超声波硬度试验法	(158)
五、静力压入法金属硬度试验的误差分析	(159)
六、肖氏硬度试验法	(160)
七、里氏硬度试验法	(162)
八、肖氏硬度试验法的误差分析	(162)
第三节 硬度计量器具检定系统	(163)
第四节 硬度计量器具的检定	(166)
一、硬度国家基准、国家副基准的检定	(166)
二、标准硬度块的检定	(167)
三、工作硬度计的检定	(167)
第五节 非金属硬度试验	(168)
一、塑料硬度试验	(168)
二、橡胶硬度试验	(170)
三、土壤硬度试验	(170)
四、果品硬度试验	(170)
习题	(171)
第七章 压力计量技术	(172)
第一节 压力计量的概念	(172)
一、压力的概念	(172)
二、压力的表示法	(172)

三、压力的计量单位	(173)
第二节 压力计量仪器	(174)
一、液体式压力计	(174)
二、弹性式压力计	(178)
三、活塞式压力计	(180)
四、电测式压力计——压力传感器	(183)
第三节 压力计量器具检定系统	(187)
一、压力计量基准器具	(189)
二、压力计量标准器具	(190)
三、压力工作计量器具	(190)
第四节 压力计量器具的检定	(190)
一、压力国家基准的检定	(190)
二、标准压力计和工作压力计的检定	(190)
第五节 动态压力标准装置及压力传感器的动态检定	(194)
一、正弦压力发生器	(194)
二、瞬态压力发生器	(195)
三、压力传感器的动态检定	(196)
习题	(197)
第八章 真空计量技术	(199)
第一节 真空计量的概念	(199)
一、真空的概念	(199)
二、真空区域的划分	(199)
三、真空度的计量单位	(199)
四、理想气体状态方程	(200)
第二节 真空获得	(201)
一、机械泵	(201)
二、扩散泵	(202)
三、分子泵	(203)
四、钛泵	(204)
第三节 真空检漏	(204)
一、高频火花检漏仪法	(204)
二、真空计检漏法	(205)
三、氦质谱探漏仪法	(206)
第四节 真空计量仪器——真空计	(206)
一、低真空计	(207)
二、中真空计	(208)
三、高真空计	(210)
四、超高真空计	(212)
第五节 真空计量器具检定系统	(214)

一、真空计量基准器具	(214)
二、真空计量标准器具	(215)
三、真空工作计量器具	(218)
第六节 真空计量器具的检定	(218)
一、真空国家基准的检定	(218)
二、标准真空计的检定	(218)
三、工作真空计的检定	(219)
习题	(219)
第九章 流量计量技术	(221)
第一节 流量计量的概念	(221)
一、流量的概念	(221)
二、流量的计量单位	(222)
三、流体力学基础	(222)
第二节 流量计量仪表——流量计	(224)
一、差压式流量计	(224)
二、转子流量计	(226)
三、涡轮流量计	(228)
四、涡街流量计	(229)
五、椭圆齿轮流量计	(231)
六、靶式流量计	(231)
七、电磁流量计	(233)
八、水表	(235)
第三节 流量计量器具检定系统	(238)
一、流量计量基准器具	(238)
二、流量计量标准器具	(239)
三、流量工作计量器具	(241)
第四节 流量计量器具的检定	(241)
一、流量基准的检定	(241)
二、流量标准的检定	(242)
三、工作流量计的检定	(245)
习题	(246)
第十章 转速计量技术	(247)
第一节 转速计量的概念	(247)
一、转速的概念	(247)
二、转速的计量单位	(248)
第二节 转速计量仪器——转速表	(249)
一、离心式转速表	(249)
二、磁电式转速表	(250)
三、频闪式转速表	(252)

四、电子计数式转速表	(254)
五、车速里程表和出租汽车计价器	(256)
第三节 转速计量器具检定系统	(257)
一、标准转速装置	(258)
二、开环式转速装置	(258)
三、出租汽车计价器检定装置	(259)
第四节 转速计量仪器的检定	(259)
一、转速表的检定	(259)
二、车速里程表和出租汽车计价器的检定	(260)
第五节 雷达测速仪	(260)
一、多普勒原理	(260)
二、雷达测速仪	(261)
三、手握式雷达测速仪检定装置	(262)
四、雷达测速仪的检定	(263)
习题	(264)
第十一章 振动计量技术	(265)
第一节 振动的概念	(265)
一、振动的概念	(265)
二、振动的分类	(265)
三、描述简谐振动的基本物理量	(267)
第二节 振动计量仪器——测振传感器	(270)
一、位移传感器	(270)
二、速度传感器	(272)
三、加速度传感器	(273)
四、压电式传感器的测量电路	(275)
第三节 振动试验台	(277)
一、机械式振动台	(277)
二、电动式振动台	(279)
三、压电式振动台	(279)
第四节 振动计量器具检定系统	(279)
一、振动计量基准器具	(279)
二、振动计量标准器具	(283)
三、振动工作计量器具	(283)
第五节 振动计量器具的检定	(283)
一、振动传感器的检定	(284)
二、振动试验台的检定	(287)
习题	(288)
参考文献	(290)

绪 论

力学计量技术是十大计量技术中发展最早、最基本的分支之一。它包括各种力学量的计量技术问题，如质量、容量、密度、力值、硬度、扭矩、压力、真空、流量、转速及振动等力学量的计量技术。从应用的角度出发，有的将压力、真空和流量划归为热工量，但从物理学角度考虑，它们应为力学量。

一、力学计量技术在国民经济中的地位和作用

力学计量的内容极为广泛，它涉及国民经济的各个领域。

在钢铁工业中，炼钢时所用的循环水和氧气（或空气）需保持一定的流量，否则将影响钢的质量；在轧制钢板时，为保证钢板的厚度均匀一致，需控制轧机的轧制力。

在机械工业中，一台机器往往由几百个、上千个零部件组成，不同部位的零部件对材料硬度的要求不一样，如，轴承要求硬度较高，才能耐磨，但硬度太高，容易脆裂；而太低，又容易磨损。只有硬度适中，才能延长其使用寿命。为此，需要测定各种材料的硬度。

在建筑业中，建造房屋需打桩，桩基所能承受的力大，地基牢固，房屋才能盖得高，否则就容易倒塌。为此，需要测定桩基的承受力。

在材料工业中，为确定材料的机械性能，就需测定其拉、压、弯、扭、剪等极限强度和硬度。

在石油工业中，密度是很重要的一个控制参数，石油产品有汽油、煤油、柴油、石油醚等很多种，不同的石油产品有不同的密度，通过测定密度，可确定其种类及质量；又如用于计量石油产品体积（或质量）的各种计量罐，需要测定它们的容量。

在交通运输业中，飞机、船舶及各种车辆的牵引力需进行测量。

在国防工业中，运送卫星的火箭发动机的推力需准确测量，否则卫星就不能进入预定的轨道；潜水艇潜水深度也是通过测定它所受的压力来确定的。

在科学研究方面，力学参量测量的准确与否将关系到科学试验的成败，如，石墨晶体在一定的高压（ 10^9Pa ）下，可制成金刚石。

在食品工业中，食品的各种成分需按一定的比例进行配料。为此，需对每一种原料进行质量测量；又如，为了能使食品保存较长时间，往往采用真空包装。包装内真空度越高，食品保存期就越长，为此，需测其真空度。

在工业生产中，有些产品也需抽真空，如灯泡、显像管、热水瓶、杜瓦瓶等，否则灯泡内的灯丝就会被烧掉，热水瓶就不能保温。不同产品对真空度的要求不同，为此，需测其真空度。

在医疗卫生方面，酒精的需用量很大。根据不同的用途，对其浓度（密度的一种表示法）要求并不一样。一般医用酒精，要求浓度为95%，而用于消毒的酒精，则要求浓度为75%，为此，需测定其浓度；化验用的微量血液吸管、打针用的注射器需进行容量计量；人体的血压测量的准确与否，将影响诊断和治疗；在发达国家，常用人体秤来测量人在行走过程中，人体对地面产生的压力，以判断人的健康状况。

在对外贸易中，进出口物品都需进行质量计量；对于流体，则要进行流量计量。

在日常生活中，人们购买物品时，需称其质量；人们日常喝的牛奶及各种酒，需测定它们的浓度；每户人家所用的自来水、煤气等都需进行流量计量；售油器及售酱油、醋和酒所用的量提需进行容量计量。

可以列举的例子还很多，上面的例子已足以说明国民经济各部门都离不开力学计量技术。

二、力学计量的目的和主要任务

要测量各种力学量，必须使用各种各样的计量器具，例如，测质量可用天平、砝码或各种秤；测力值用测力仪；测密度用密度计；测硬度用硬度计……。用这些仪器测得的数据是否准确可靠是人们极为关心的问题。一般地说，不同的仪器测量同一个量，所得的结果往往不一致，说明有的仪器测得的数据准确，有的不准确。更确切地说，有的仪器准确度高，有的仪器准确度低。为了保证产品质量、促进科学技术发展、提高医疗水平、提高服务质量，维护消费者利益，要求全国计量器具所测的数据准确可靠，这就是计量工作的目的。欲达到这个目的，就必须对每台计量器具进行检定，并判定其是否合格，不合格者不准使用。为了检定计量器具，需要进行一系列的工作，其中包括：根据被检仪器的准确度要求，建立相应的基准和标准；根据基准、标准及工作计量器具的准确度等级，制定各力学量计量器具的检定系统；研究检定方法，并编写成检定规程等等。以上便是力学计量的主要内容。随着科学技术的发展，对各种力学量精密测量的要求越来越高，开展各种力学量的测试，也是力学计量的任务。

本课程根据力学计量的主要任务，在阐述各力学量计量基本概念的基础上，介绍各种力学量计量器具的原理、简要结构、为检定这些仪器而建立的检定系统、根据检定系统简要介绍基准、标准及工作计量器具的检定方法。

第一章 质量计量技术

质量计量是力学计量中最基础的计量项目之一。力值、压力、容量、密度、流量等计量均离不开质量计量。

第一节 质量计量的概念

一、质量的概念

质量是基本量。一切物体都有下面两种物理属性，它们之间存在着内在联系。

一种属性是：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万有引力定律表现出的。

其数学表达式为：

$$\vec{F}_{21} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \vec{r}_0 \quad (1-1)$$

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 $\vec{F}_{21}$ 、 $\vec{r}_0$ 、 m_1 、 m_2 的单位决定。在国际单位制中
 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ ；

m_1 、 m_2 ——分别为质点 1 和质点 2 的引力质量，代表两质点各自产生的引力场受到引力作用的能力；

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。

任何两点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。

如果是两个物体则必须把每个物体分成很小部分看成一个质点，则两个物体的吸引力是两个物体各个部分之间相互吸引力的矢量和，它是个比较复杂的积分计算。计算表明，若对质量分布均匀的物体，我们可以将物体的质量看成集中在物体的几何形状中心，这样就可以直接用式 (1-1) 来计算它们之间的引力，而两物体的距离就是两个物体几何中心之间的距离。

从式 (1-1) 可见：当两物体间的距离不变时，物体质量越大，相互引力也就越大，反

之则越小。所以质量是物体之间相互引力的量度。

物体的另一种属性是：物体的惯性，也就是物体抵抗外力改变其原有的机械运动的能力，它通过牛顿第二定律来表达，其数学表达式是：

$$\vec{F} = \frac{d(mv)}{dt} \quad (1-2)$$

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

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (1-3)$$

式中 $\vec{F}$ ——作用于物体的合外力；

m ——物体的惯性质量，用来表示物体惯性的大小；

v ——物体的运动速度；

c ——光速；

$\vec{a}$ ——物体的运动加速度。

从式 (1-3) 可见，当物体运动速度远远小于光速时，物体加速度的大小与作用在物体上的合外力成正比，与该物体的惯性质量成反比，加速度的方向与所受合外力的方向相同。物体的质量越大，改变物体的运动状态就越困难，也就是说物体的惯性就越大。由此可见质量也可以看成物体惯性的量度。

虽然引力质量和惯性质量是物体两种不同的物理属性，从概念上讲是不同的，但它们之间存在着密切的联系，因为任何物体的引力质量和惯性质量均存在着严格的正比关系：引力质量大的物体其惯性质量必然大。同样，惯性质量小的物体，它的引力质量也必然小。在国际单位制中物体的引力质量等于它的惯性质量值。因此，我们平时不必再区分引力质量和惯性质量，而统称之为质量。

用不同的仪器测出物体的质量的数值虽然相同，但其概念并不相同。例如，用天平和秤称出的是引力质量，质谱仪测量出来的是物体的惯性质量。

物体的质量并不是个恒量，但当物体的运动速度与光速之比不能忽略时，物体的质量与其运动速度是有关的。从爱因斯坦相对论可知质量与速度的关系式为：

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (1-4)$$

式中 m ——物体的质量；

m_0 ——物体在静止 ($v = 0$) 时的质量；

v ——物体的运动速度；

c ——光速。

从式 (1-4) 可知，物体的质量是随运动速度增加而增加，当速度 v 很大时，物体的质量就可以是其静止质量的许多倍，但一般物体的运动速度远远小于光速，其运动速度对其质量的影响也很小。所以可以认为

$$m = m_0$$

由此可见,物体在其运动速度远远小于光速时,物体的质量是个恒量,它不随时间、地点及运动速度而变。

二、质量的计量单位

质量的计量单位是“千克”,又称“公斤”,其符号为“kg”。国际千克原器所具有的质量值为1千克。

我国的千克原器(又称为国家公斤基准),也是用铂(90%)铱(10%)合金制造的圆柱体(高和直径均为39 mm),编号N260。1966年国际计量局检定的质量为 $1\text{ kg} + 0.271\text{ mg}$ 准确度为 10^{-8} ,体积为 46.386 cm^3 。

千克是质量的基本单位,在日常的称量中还必须有比它小或比它大的分数单位或倍数单位。分数单位有:克(g)、毫克(mg)、微克(μg)。

$$1\text{ kg} = 1\,000\text{ g}$$

$$1\text{ g} = 1\,000\text{ mg}$$

$$1\text{ mg} = 1\,000\text{ }\mu\text{g}$$

倍数单位有:吨(t)。

$$1\text{ t} = 1\,000\text{ kg}$$

由于质量的基准是个实物,一旦受到损伤就会引起质量单位量值的变化。所以如何保存好基准(即千克原器),避免外界环境对其污染就成为一个十分重要的问题。世界各国都采用自己研究的最好保护措施,防止基准的污染和减少基准的磨损,以保证基准的量值稳定不变。

三、质量计量器具检定系统

质量计量,就是借助天平或秤、千克原器或砝码(量具)等计量器具,采用直接测量或组合测量等方法,求出被测物体的质量值而进行的一系列测量工作。

质量计量器具检定系统规定了质量的国家基准通过各级质量计量标准向质量工作计量器具传递质量单位量值的程序,并指明其不确定度和基本检定方法。我国的质量计量器具检定系统框图,如图1-1。

第二节 衡 量

被称物体的重力与已知质量的标准砝码的重力,在衡器上进行比较的过程称为衡量。

一、衡 量 原 理

衡量原理一般有杠杆原理、弹性元件变形原理、液压原理、力——电转换原理等。

(一) 杠 杆 原 理

利用两力对杠杆支点所产生的力矩之和为零的平衡原理来衡量。如杠杆、天平、台秤、

案秤等均是利用这一原理。衡量所得的是质量的多少。

(二) 弹性元件变形原理

根据虎克定律, 利用弹性元件在重力作用下的变形与力的关系, 来确定作用力的大小。如, 弹簧秤、扭力天平。衡量所得的是重力的大小。

(三) 液 压 原 理

利用液体传递压强的性质, 根据液面平衡、压强相等原理。衡量所得的是质量的多少。

(四) 力 —— 电转换原理

力——电转换元件将作用于其上的重力按一定的函数关系转换为电量(电压、电流、频率等)输出。然后用测量显示仪表显示出来。力——电转换元件有光栅、码盘、电磁力发生器、同步感应器、称重传感器等。称量所得的是重力的大小, 所以需用标准砝码校正。

二、空气浮力对衡量的影响

因为一般的物体都是在空气中衡量的, 因而会受到空气浮力的作用。根据阿基米德定律, 这个浮力的大小正好等于物体排开同体积的空气中的重力。所以在一般的衡器上衡量物体时空气浮力对衡量结果的影响是:

$$\Delta m = V \rho_k \quad (1-5)$$

式中 Δm ——空气浮力;

V ——被称物体的体积;

ρ_k ——测定现场的空气密度。

而在杠杆天平或秤上测定砝码时空气浮力对衡量的影响为:

$$a(m_1 - V_1 \rho_k)g = b(m_2 - V_2 \rho_k)g \quad (1-6)$$

式中 a 、 b ——天平横梁左臂和右臂的长度;

m_1 、 m_2 ——砝码 1 和砝码 2 在真空中的质量;

V_1 、 V_2 ——砝码 1 和砝码 2 的体积;

ρ_k ——测定现场的空气密度;

g ——天平所在处的重力加速度。

当 $a = b$ 时, 式 (1-6) 为

$$m_1 - V_1 \rho_k = m_2 - V_2 \rho_k \quad (1-7)$$

或

$$m_1 - \frac{m_1}{\rho_{m_1}} \rho_k = m_2 - \frac{m_2}{\rho_{m_2}} \rho_k \quad (1-8)$$

式中 ρ_{m_1} 、 ρ_{m_2} ——分别为砝码 1 和砝码 2 的材料密度。

简化为:

$$m_1 \left(1 - \frac{\rho_k}{\rho_{m_1}} \right) = m_2 \left(1 - \frac{\rho_k}{\rho_{m_2}} \right)$$