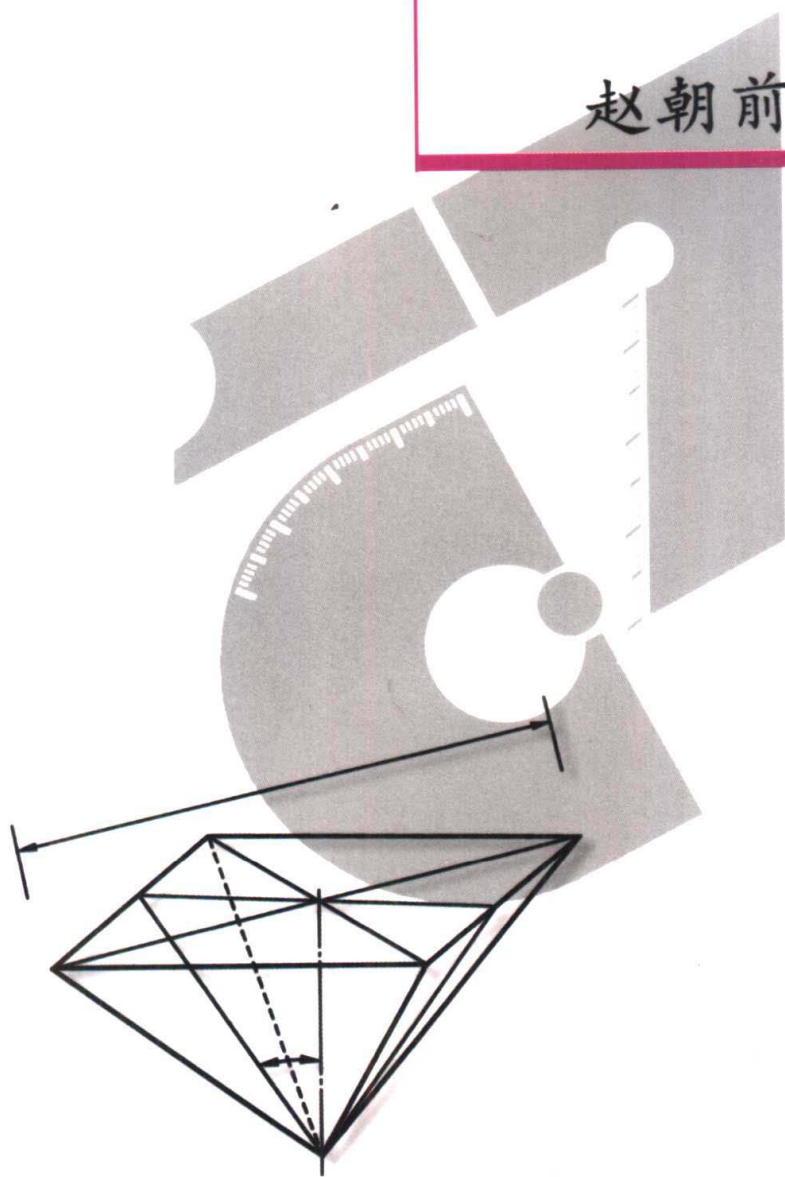


高等学校适用教材

力学计量

赵朝前 主编

中国计量出版社



高等学校适用教材

力学计量

赵朝前 主编

中国计量出版社

图书在版编目(CIP)数据

力学计量/赵朝前主编. —北京:中国计量出版社, 2003. 11

高等学校适用教材

ISBN 7-5026-1872-4

I. 力… II. 赵… III. 力学—计量—高等学校—教材 IV. TB93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 097893 号

内 容 提 要

本书共分七章,主要叙述质量计量、容量计量、密度计量、力值计量、硬度计量、转速计量、振动计量等的基本概念及常用的各种力学计量器具的结构、原理和检定方法。

本书可作为高等学校质量技术监督和测控技术与仪器专业力学计量方向的试用教材,高等职业技术学院、高等专科学校和中等职业技术学校相近专业也可选用,并可作为从事力学计量技术的科技人员的参考书。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话 (010)64275360

E-mail jlbxb@263.net.cn

北京市迪鑫印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787 mm × 960 mm 16 开本 印张 34.5 字数 589 千字

2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月第 1 次印刷

*

印数 1—3 000 定价:54.00 元

质量技术监督高校教材

编 审 委 员 会

主 任 张玉宽

副主任 马纯良 孙秀媛

委 员 瞿兆宁 裴晓颖 黄 夏 何伟仁 李小亭
张 艺 宋明顺 杨建华 吴宁光 史菊英
赵玉禄 孙克强 周志明 张莉莉 王庆仁
许吉彬 刘宝荣 韦录强 张万岭 孙振江
陈小林 朱和平 李素琴 刘宝兰 刘文继
张桂琴

出版前言

随着我国加入世界贸易组织,社会主义市场经济和质量技术监督事业的迅速发展,迫切需要大量的质量技术监督专业人才。质量技术监督高等专业教育在质量技术监督教育事业中占有重要地位,对提高在职人员的素质、改善队伍结构、培养新生力量具有重要意义。大力发展质量技术监督高等专业教育,将对质量技术监督事业产生深远的影响。

近年来,全国各地质量技术监督院校办学条件不断改善,招生规模不断扩大,教学质量和水平不断提高。与此同时,在质量技术监督教育中,高等教育所占比重不断增大。为了适应这种形势,加快质量技术监督院校教材建设的步伐,根据质量技术监督院校对专业教材的实际需求,我们组织全国质量技术监督及相关院校和单位编写了有关标准化、计量、质量等方面的系列专业基础课和专业课教材。

这套教材主要是根据质量技术监督高等专业教育的需要编写的。在目前情况下,存在多种形式的质量技术监督高等和中等专业教育,因此,在编写过程中从内容选取、结构设计、深浅程度等方面考虑了适用的多样性。质量技术监督普通中等专业教育、职业教育和人员技术培训等,可参考本套教材的基本内容,适当调整使用。

原国家质量技术监督局政策法规宣传教育司进行了本套教材的前期组编工作。参加教材审定工作的院校和单位有:中国计量学院、河北大学质量技术监督学院、四川省技术监督学校、山东省质量工程学校、广西计量学校、河南省质量工程学校、天津市渤海

职业中等专业学校、吉林省技术监督职工中专学校、北京市质量技术监督培训中心等。在教材的编写、审定等工作中,中国计量出版社、河北大学质量技术监督学院等单位做了很多具体、细致的工作。

这套教材的编写工作是在时间紧、难度大的情况下进行的,虽然经过多方面的努力,但仍可能存在很多不足之处,甚至于错误,我们拟在使用过程中听取各方面意见,于适当时机组织修订。

国家质量监督检验检疫总局人事司

2003年4月

编者的话

本书是根据 2001 年 12 月在河北大学质量技术监督学院召开的“质量技术监督高校教材编写大纲审定会”审定的《力学计量》课程大纲组织编写的。它是高等学校质量技术监督和测控技术与仪器专业力学计量方向的一门重要的专业课。

本书在介绍各种力学量的基本概念的基础上,主要介绍各种力学量的基标准,所用测量仪器的工作原理、测量方法,重点介绍力学计量器具的检定。力学计量分支较多,而且每种力学量的计量器具有许多种,由于受学时数及篇幅的限制,书中不可能将所有的力学计量器具都一一加以介绍,只能介绍日常工作中常用的力学计量器具。具体教学时可根据实际课时(160 课时)及内容进行增减。全书依照现行国家计量检定规程和技术规范编写。鉴于《压力计量》、《流量计量》、《真空计量》在这次出版的系列教材中已有专门教材,为避免重复,本书不介绍这三部分内容。

编写本书的有河北大学质量技术监督学院的曹锁胜(第一章的五、六节,第三章,第七章),田晓(第二章);河北省计量科学院刘成祥(第六章);西华大学技术监督学院杨平(第四章),韩卫东(第五章),赵朝前(绪论,第一章的一、二、三、四节)。本书由西华大学技术监督学院赵朝前担任主编,河北大学质量技术监督学院曹锁胜任副主编。

由于时间仓促和编者的水平有限,书中难免有错漏等不足之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2003 年 11 月

绪 论

力学是研究物体在力的作用下运动状态发生变化和产生变形的规律的科学,计量学是研究测量的理论和实践方法,保证量值统一和准确的一门应用科学。力学计量是在力学研究的基础上加上计量学研究,研究的是各种力学量的计量与测试的理论与方法,以确定量值为目的,最终用一个数和一个合适的计量单位来表示出被测的力学量值。力学计量是十大计量中发展最早、最基本的学科之一。与其他计量相比,力学计量具有历史悠久、内容丰富、应用广泛等特点。

力学计量的内容非常丰富,主要包括质量、容量、密度、力值、硬度、转速、振动、压力、真空、流量等计量项目,其应用极为广泛,涉及到国民经济的各个领域。

质量是物体所含物质多少的量度,只要有物体存在就必定有质量,质量是物体的基本属性。我们要认识自然,就必须认识物体的这一重要属性,而质量计量就是借助天平或秤这一类专门测量仪器,采用衡量方法求出被测物体质量与国际千克原器具有的质量对应值而进行的一组工作。标准砝码、测量仪器和测量方法称为质量计量的三大要素。我国最高质量标准是国家公斤原器,另外还建有七个级别标准及工作砝码;测量仪器有天平 and 秤;测量方法有交换法、替代法、连续替代法和直接衡量法。到目前为止,质量基准即千克原器是国际上惟一以实物形式保存的基本单位基准器,人们一直在寻求如何用自然基准代替实物基准。质量计量在我国的历史最为悠久,发展到今天已较为完善和成熟,应用极为广泛,与国民经济各领域密切相关,无论是工农业生产、国内外贸易、交通运输、医疗卫生,还是科学技术的发展以及人们的日常生活等各个方面都离不开质量计量。质量计量在计量学中特别是在力学计量中处于主导地位,力值计量、压力计量、流量计量、容量计量、密度计量、硬度计量等均离不开质量计量,因此质量计量是力学计量中最基本的计量项目之一。

容量也称容积,它是指容器内可容纳物质(液体、气体或固体微粒)体积的量,亦即容器内部所含有的空间体积。我国古代的“量”所指的斗、升、合等都属于容量器具,现代的容量计量范围更广,如化验分析及医疗中所使用的滴管、吸管、量瓶、量杯、量筒等,还有石油化学工业中的加油机、上万立方米的贮油罐、人们日常生活中使用的各种瓶、杯、罐、桶等属于容量器具。容

量计量范围很宽,分为大容量和小容量两个计量范围。小容量一般为玻璃容器,可以小到千分之几毫升,大容量一般为金属容器,可达十万立方米以上。容量计量器具可分为一、二等标准量器和工作量器,根据使用精度的不同,容量计量方法一般有衡量法、比较法和几何测量法。

密度是指物体单位体积所含物质的质量值,或者说密度就是物体质量与体积之比,它表征了物质分子排列疏密的程度。密度计量还包括深度和相对密度(比重)、空气密度的直接测量,有助于质量的准确比对。气、液混合密度的测量,处于高压或低压、高温或低温下气体密度的测量,都具有现实的经济意义。固体密度的准确测量有助于建立固体与液体密度的统一基准。本书中密度计量的对象主要是指流体。密度计量涉及到石油、化工、冶金、建材、轻工、煤炭、医疗、贸易、国防以及科学研究等领域,应用十分广泛。它不仅关系到半成品和产品数量与质量的控制、检测及生产过程管理,而且关系到科学技术、国际贸易的促进与发展,因此不论从经济或技术观点来看,准确的计量测试是必不可少的。为测量密度,除在实验室里测试与分析使用各种类型密度计或装置外,在工业生产过程中,常用各种测量原理的密度计,在某些场合由于测量深度比测量密度更为直接,还要使用各种深度计,它们已成为工业生产过程中,用以控制与检测流体密度、深度、组分和质量流量等必不可少的一种工业过程用仪器仪表。

力是物体之间的相互作用,这种作用使物体的运动状态发生变化(即产生加速度)和发生变形,因此力是使物体产生加速度或变形的原因。以力为主要内容的力值计量占有十分重要的地位。力值计量广泛应用于工程和科学技术领域,它在火箭和喷气式飞机发动机的推力、锚链的拉力、轧钢机的轧制力、机床的切削力、各种牵引力的测量中以及材料的拉、压、弯、剪等极限强度的测定中都是必不可少的。测力设备分为基标准测力机、标准测力仪、各种材料试验机及工作测力仪。力值计量范围很广,一般从 10N ~ 5MN 最为普遍,随着科学技术和生产的发展,10N 以下和 5MN 以上的力值计量逐步发展,目前世界上已出现了 50MN ~ 100MN 的材料试验机。世界上正在加快研制大的力值传感器,从发展趋势看,力标准将会由力传感器代替。

硬度是材料或工件软硬程度的定量表示,它表征了材料抵抗弹性变形、塑性变形和破坏的能力,是材料的主要机械性能之一。虽然它本身不是一个物理量,但由于硬度试验简便、迅速,不破坏零件的使用性能,在某些情况下可代替破坏性的强度试验,因此广泛应用于工业生产中。硬度分为金属硬度和非金属硬度,金属硬度常用的有布氏、洛氏、维氏、肖氏等硬度;非金属硬度有橡胶、塑料、木材、煤炭、皮革、土壤和水果硬度等。本书主要介绍金属硬度的试验方法和各种硬度计的检定。

转速是衡量物体旋转快慢的物理量,是放置物体单位时间的角位移即旋转运动的角速度,单位是转/分或转/秒。在飞机、舰船、内燃机、电动机及纺织机械中,转速的准确测量和控制,关系到运行速度和使用质量。转速计量就是要测试各种转速表的旋转速度,并保证它们准确一致,从而使旋转机械在高速运转的情况下可靠运行。

振动是物体机械运动的一种形式,是物体在某一位置作往复运动而其强度随时间变化的一种动态现象,其变化率和变化幅度往往分布在很宽的范围内。振动有其有害的一面如影响飞机、船舶的正常航行,也有其有利的一面如利用弦、膜、簧片的振动可演奏出悦耳动听的音乐。为了消除有害的振动,利用其有利的一面,就要研究振动的规律,并设法定量测出振动的大小。物体的振动可用振幅、振动的速度、振动加速度、振动频率等参数来描述,振动计量就是要建立这些振动参数的计量标准并提供测试这些振动参数的方法。振动传感器已广泛应用于测量和监控各种动力设备、精密机床、工业产品以及交通工具,以确保它们的安全和质量。

需要指出的是,根据国际标准化组织和我国标准关于“量和单位”的分类,压力、真空、流量应属于力学量,而在自动化仪表检测参量的分类中,压力、真空、流量如同温度、物位一样属于热工量。在本次编写的质量技术监督专业高等学校的系列教材中,也将压力计量、真空计量、流量计量划归到热工计量范畴,并编有专门教材,为避免重复,本书中不再介绍这三部分内容,如需要可参阅相关教材。

从以上讲述可知,在现代国民经济的各个领域以及人们的日常生活和社会生活中都需要对各种力学量进行测量,而要对各种力学量进行测量,就必然要使用各种相应的计量器具。例如用天平、砝码或秤测量物体的质量,用测力机或测力仪测量力值,用转速表测量转速……。用来进行测量的计量器具准确度的高低将直接影响测量结果,如果计量器具的准确度越高,所测得的量值就越准确,就有利于人们的日常生活和经济建设的发展以及科学技术的进步,反之就会出现相反的结果。为了保证产品质量、促进科学技术发展、提高服务质量、维护广大消费者的利益,要求全国计量器具所测的数据都要准确可靠,这是计量工作的目的。为了达到这个目的,就必须根据各种计量器具的准确度要求,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,制定各种力学量计量器具的检定系统,研究检定方法,编写并制定检定规程,依据检定规程对所有的计量器具进行检定,并判定其是否合格,不合格者不准使用,这便是力学计量的主要任务。

目 录

绪 论

第 1 章 质量计量	(1)
第一节 质量计量的基本概念	(1)
一、质量的概念	(1)
二、质量计量单位	(3)
三、质量计量基准	(3)
四、质量计量的原理和方法	(4)
五、质量计量的必要条件及设备	(6)
六、质量计量器具检定系统	(7)
第二节 砝码	(7)
一、砝码的基本概念	(7)
二、砝码的分类及技术要求	(8)
三、空气浮力对衡量的影响	(12)
四、砝码材料的统一约定密度和折算质量	(13)
五、砝码的检定	(14)
六、砝码检定中的误差问题	(24)
第三节 杠杆天平	(26)
一、杠杆天平的结构	(27)
二、杠杆天平的平衡方程	(28)
三、杠杆天平的计量性能	(30)
四、杠杆天平平衡位置的确定、摆动衰减比	(35)
五、杠杆天平的分级	(38)
六、杠杆天平的检定	(39)
第四节 电子天平	(50)
一、电子天平的基本构造及工作原理	(50)
二、电子天平的安全、适用性要求	(54)
三、电子天平的计量性能	(55)
四、电子天平的检定	(56)

第五节	机械杠杆秤	(61)
	一、杠杆与杠杆系	(61)
	二、机械杠杆式案秤	(65)
	三、机械杠杆式台秤	(68)
	四、机械杠杆式地秤	(72)
	五、机械杠杆秤的检定	(73)
第六节	电子秤	(77)
	一、电子秤的组成	(77)
	二、称重式传感器	(78)
	三、典型电子秤介绍	(83)
	四、电子秤的检定	(86)
	习题	(90)

第 2 章	容量计量	(92)
第一节	容量计量的概念	(92)
	一、容量的定义与容器的分类	(92)
	二、容量与温度的关系	(95)
	三、量入式与量出式量器	(96)
	四、容量计量器具检定系统	(97)
第二节	玻璃量器	(98)
	一、玻璃量器的等级及分类	(98)
	二、液面的定位方法	(103)
	三、衡量法计量原理	(104)
	四、衡量法计量的一般步骤	(106)
第三节	标准金属量器	(108)
	一、金属量器的特点与分类	(108)
	二、一等标准金属量器	(109)
	三、二等标准金属量器	(113)
第四节	电动计量加油机	(116)
	一、加油机的工作原理	(116)
	二、加油机示值检测原理	(117)
	三、加油机示值检定方法与步骤	(117)
	四、检定结果的处理	(119)
第五节	汽车罐车	(120)

一、容积检测原理与方法	(120)
二、容积检测结果的数据处理	(122)
第六节 其他金属罐	(125)
一、立式金属罐	(125)
二、卧式罐	(136)
三、球形罐	(138)
习 题	(138)

第 3 章 密度计量	(140)
第一节 基本概念	(140)
一、密度的概念	(140)
二、密度与温度、压力的关系	(142)
三、密度单位的换算	(144)
四、密度标准及其量值传递	(149)
第二节 常用的密度测量方法	(150)
一、流体静力衡量法	(151)
二、密度瓶测量法	(155)
三、浮计测量法	(157)
四、间接测量法	(167)
第三节 密度计简介	(172)
一、密度计制造原理	(172)
二、密度计的设计与构造	(173)
三、密度计分类	(176)
第四节 密度计的检定	(179)
一、检定用实验室条件	(179)
二、检定用仪器设备	(179)
三、检定液的配制	(180)
四、技术要求	(182)
五、浮计的检定	(184)
习 题	(187)

第 4 章 力值计量	(189)
第一节 概述	(189)

一、力的概念和力值计量的内容及其意义	(189)
二、力的测量方法和分类	(190)
三、力值计量器具检定系统	(192)
第二节 力基准机和力标准机	(195)
一、力基准机	(195)
二、力标准机	(198)
第三节 标准测力仪	(203)
一、EY 显微镜式标准测力仪	(204)
二、ES 型百分表式标准测力仪	(208)
三、标准测力仪的检定	(210)
第四节 材料试验机	(213)
一、材料试验机概述	(214)
二、拉力、压力万能试验机(WE 型)	(219)
第五节 材料试验机的检定	(234)
一、材料试验机的主要技术要求	(234)
二、试验机的检定项目和检定方法	(236)
三、材料试验机的误差分析	(238)
四、材料试验机的一般故障及排除方法	(245)
第六节 测力传感器的原理及其校准	(250)
一、电阻应变式负荷传感器的工作原理	(250)
二、压磁式测力传感器的工作原理	(255)
三、电容式传感器的工作原理	(258)
四、测力传感器的校准	(264)
习 题	(267)

第 5 章 硬度计量

第一节 概述	(268)
一、硬度与硬度试验	(268)
二、硬度试验的特点、应用	(269)
三、硬度计量工作的现状与发展	(271)
四、硬度计量量值传递系统	(272)
习 题	(273)
第二节 布氏硬度	(273)
一、布氏硬度试验的基本原理及特点	(273)

二、布氏硬度试验的理论基础、影响因素及标准试验条件	(276)
三、布氏硬度试验的误差分析	(287)
四、布氏硬度计及其使用	(298)
五、工作布氏硬度计的检定	(307)
习 题	(310)
第三节 洛氏、表面洛氏硬度	(311)
一、洛氏、表面洛氏硬度试验的基本原理及特点	(311)
二、影响洛氏、表面洛氏硬度试验的因素和标准试验条件	(316)
三、洛氏、表面洛氏硬度试验误差分析	(318)
四、洛氏硬度计及其使用	(328)
五、工作洛氏、表面洛氏硬度计的检定	(335)
习 题	(340)
第四节 维氏硬度与显微硬度	(341)
一、维氏硬度、显微硬度试验基本原理及其特点	(341)
二、维氏硬度试验的影响因素和标准试验条件	(346)
三、维氏硬度试验误差分析	(347)
四、维氏与显微硬度计及其使用	(356)
五、维氏硬度计的检定	(364)
习 题	(366)
第五节 肖氏、里氏硬度	(366)
一、肖氏、里氏硬度试验的基本原理及其特点	(366)
二、肖氏、里氏硬度试验的标准条件和主要的误差分析	(370)
三、HS-19 型肖氏硬度计	(376)
四、里氏硬度计	(376)
习 题	(380)
第六节 其他硬度试验简介	(380)
一、超声波硬度试验	(380)
二、塑料洛氏硬度试验	(382)
三、塑料洛氏 α 硬度试验	(384)
四、塑料球压痕硬度试验	(384)
五、邵氏硬度试验	(385)
六、橡胶国际硬度试验	(385)
七、赵氏硬度试验	(386)
习 题	(386)

第 6 章 转速计量	(404)
第一节 基本概念	(404)
一、转速的物理量	(404)
二、转速表的分类与准确度等级	(407)
第二节 转速表	(409)
一、机械转速表	(409)
二、磁电式转速表	(421)
三、频闪式转速表	(426)
四、电子计数式转速表	(428)
五、车速里程表	(434)
六、出租车计价器	(440)
第三节 转速计量器具的检定	(447)
一、转速计量器具检定系统	(447)
二、转速表的检定	(450)
三、车速里程表的检定	(457)
四、出租汽车计价器的检定	(463)
习 题	(469)
第 7 章 振动计量	(470)
第一节 概述	(470)
一、振动的概念	(470)
二、振动的种类	(472)
三、振动计量测试仪器及量值传递	(479)
第二节 振动参数的测量	(480)
一、振动频率测量	(480)
二、振幅测量	(484)
三、振动速度和加速度的测量	(489)
第三节 振动测量仪器	(490)
一、振动传感器	(490)
二、测振放大器	(500)
第四节 振动试验台	(504)
一、机械式振动台	(504)
二、电动式振动台	(506)

三、压电式振动台	(507)
第五节 振动计量器具的检定	(507)
一、振动传感器的检定	(508)
二、振动试验台的检定	(513)
习 题	(525)
参考文献	(527)