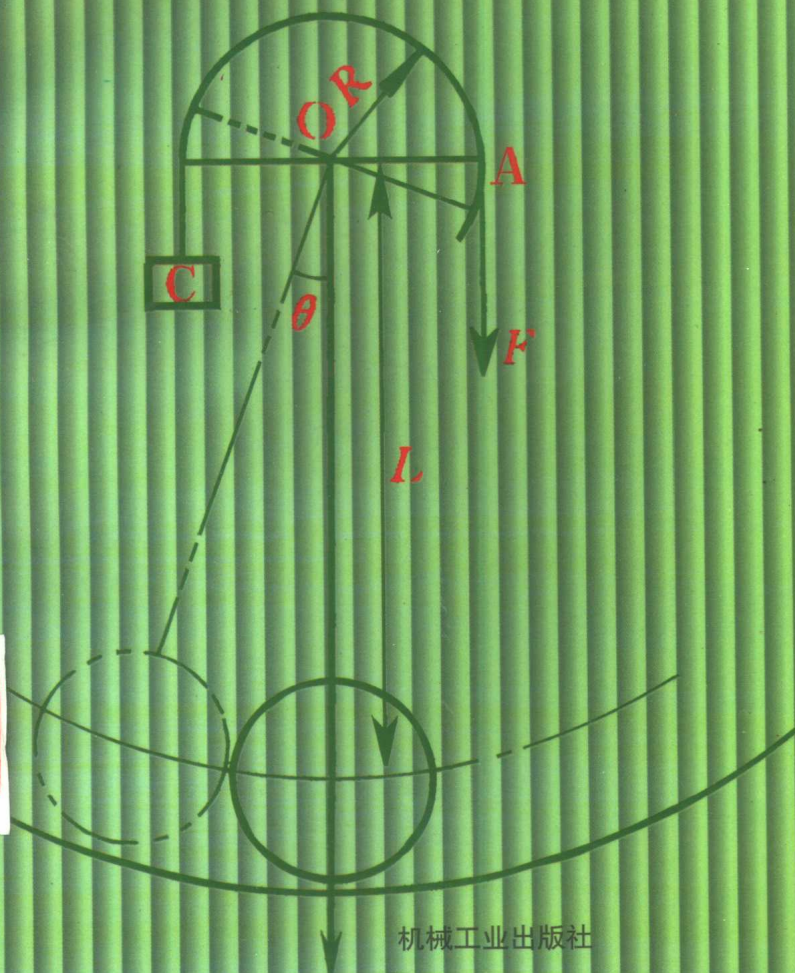


力学测量技术

李福安 胡寿康 张淑云 编



机械工业出版社

力学测量技术

李福安 胡寿康 张淑云 编



机械工业出版社

本书介绍了力学测量工作内容、测量术语及测量不确定度的评定；系统介绍了力值、硬度、振动测量设备及测量技术；简要介绍了测量设备及检测机构的管理工作。

本书可供从事力学试验的科技人员、管理人员、工人、大专院校有关专业师生阅读，也可作为培训用教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

力学测量技术/李福安等编. —北京: 机械工业出版社, 1997. 5

ISBN 7-111-05697-3

I. 力… II. 李… III. 力学测量 N. TB93

中国版本图书馆CIP数据核字 (97) 第 05661 号

出版人: 马九荣 (北京市百万庄南街1号 邮政编码 100037)
 责任编辑: 周性贤 版式设计: 霍永明 责任校对: 高文龙
 封面设计: 范如玉 责任印制: 张洪儒
 河北理工学院印刷厂印刷 · 新华书店北京发行所发行
 1997年5月第1版第1次印刷
 787mm×1092mm 1/32 · 9.125 印张 · 201 千字
 0 001-5 000 册
 定价: 12.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

前 言

随着社会主义市场经济的发展,科学技术已成为国民经济发展的重要手段,计量法、标准化法、产品质量监督法的实施为科技进步和现代化管理提供了重要的技术保证。我们编写本书的目的,在于普及和提高力值、振动、硬度的测量技术,从而进一步推动检测工作的科学化与法制化,提高检测人员的素质,为经济建设服务。

力学测量包括质量、容积、密度、力值、硬度、转速、振动、冲击等内容。本书根据冶金、建材及建筑等行业的主要介绍了与力值、振动、硬度有关的检测设备的使用、维护、保养及检测工作的管理等知识。编写本书过程中执行了国家、行业现行的标准、规程,参考了一些作者的文章资料,同时部分内容总结了编者的实践工作经验。

唐山市技术监督局李福安编写了第一章和第二章,河北理工学院胡寿康编写了第三章和第五章,唐山市新城区建局张淑云编写了第四章。全书由唐山市技术监督局陈德荣主审。

本书编写过程中,曾得到唐山市技术监督局王景平同志的大力支持与帮助,在选择材料、标准时曾得到唐山市技术监督局郑金顶同志的帮助,河北理工学院的李国柱及院领导给予了支持与鼓励。在此,向为编写此书过程中给予帮助过的同志和部门表示衷心感谢。

由于编者知识和实践经验有限,必然有些不妥之处,敬请读者不吝指正。

编者

1997年4月

目 录

前言

第一章 力学测量基础	1
第一节 力学测量概述	1
第二节 测量术语	5
第三节 测量不确定度及其评定	16
第二章 力值测量	24
第一节 力值测量概述	24
第二节 标准测力计	35
第三节 负荷传感器的应用	43
第四节 材料试验机	57
第五节 材料试验机的检定	134
第三章 硬度测量	141
第一节 硬度测量概述	141
第二节 常用硬度计	158
第三节 布、洛、维硬度计的检定	186
第四章 振动测量	203
第一节 基本概念	203
第二节 振动测量用传感器	207
第三节 振动参数测量	211
第四节 水泥、混凝土试验用振动台	221
第五章 企业测量设备及产品检测机构的管理	236
第一节 企业测量设备管理	236
第二节 测量设备的计量确认方式	253
第三节 产品质量检验机构的工作管理制度	262
第四节 产品质量检验机构的计量认证工作	274
参考文献	287

第一章 力学测量基础

第一节 力学测量概述

一、力学测量内容简介

力学测量研究的对象是物质力学量的计量与测试,它包括质量、容积、密度、力值、硬度、转速、振动和冲击等项目。每个项目包括的内容都很丰富。

(一)质量测量

质量就是物体所含物质多少的量度。在物理学中一个物体的重力和各地的重力加速度的比值是不变的,这个比值就是物体的质量。所以质量是个不变数量,它不因地理位置改变而变化。

测量质量的方法有多种,有利用杠杆原理的天平或秤、利用弹性元件的扭力天平与弹簧秤以及利用液压原理制成的测量设备。我国最高质量标准是国家基准砝码,另外还建有一至五等标准及工作砝码,标准质量值就是通过上述各级砝码直接进行传递的。

(二)容积测量

容积是指容器内部所容纳体积的量,也可以说是容积内部所含空间的体积。容器具包括滴管、量杯、量筒、瓶、罐等。容积计量的方法有衡量法、比较法和几何测量法三种。

(三)密度测量

密度是指物体单位体积所含有物质的质量值,或者说是

物体质量与体积之比。有时还引入表面密度和线密度。液体密度测量多采用密度计。

(四)力值测量

力就是物体之间的相互作用,这种作用使物体产生加速度或变形。由于地球表面物体都受重力作用,因此重力对人类密切相关,人们把特制物体(砝码)的重力值作为基准、标准设计基础。力值计量就是要保证这些基准、标准设备所显现力值的准确可靠,并进行力值的量值传递和测量。

力值测量在工程和科学技术领域中广泛应用,如各种建筑材料的拉力、压力、交变力等等的测试,轧钢机的轧制力,火箭发动机或喷气式飞机的推力等都要通过力值的测量。

测力设备可分为基准测力机、一等标准测力计、二等标准测力机、三等标准测力计、各种材料试验机及工作测力计等。

(五)硬度测量

硬度是表示材料软硬程度的量。硬度不属于物理量,因为至今尚未发现用各种试验方法获得的硬度同材料的某种物理性质有确定的关系。材料软硬程度的定量表示或硬度值的大小,不仅取决于材料本身,而且取决于试验条件和试验方法。这就是说硬度值的获得,不仅与材料的弹性模量、比例极限、屈服强度、塑性、脆性以至结晶状态、分子结构及原子间的键结合力等因素有关,而且与人为规定的方法和条件有关。

硬度的试验方法,按施加负荷的情况分为静负荷试验法和动负荷试验法两大类;按被试验材料的情况可分为金属硬度试验法和非金属硬度试验法两类。

(六)转速测量

物体在运动过程中,始终围绕一条静止不动直线作旋转运动,这种运动可用角速度来表示,转速是衡量物体旋转快慢

的物理量。转速测量设备可分为标准转速装置和各级转速表。

(七)振动测量

振动是物体在某一个位置作往复运动的物理现象。物体振动可用振幅、振动速度、振动加速度、振动频率等振动参数来描述。

振动测量往往把振动的机械量转换为电量来测量。振动测量设备可分为各级振动台和测振仪两大类。

(八)冲击测量

韧性是材料的重要力学性能之一,它是材料内在能量储存量的一个指标,冲击是对材料的一种动荷试验,目的是检查材料的内部结构、工艺质量,特别是材料性能随温度变化的情况,它在冶金、机械、塑料、造船等工业部门大量应用。

冲击过程是一种时间很短、力很大的物理现象,对于材料冲击韧度的测量通常是用冲击前后能量的变化来衡量的,一般用冲击试验机测量。

力学测量包括许多内容,本书根据冶金、建材及建筑等行业需要主要介绍了力值、硬度及振动测量等内容。

二、力学测量的作用和意义

力学测量与工业、农业、国防、贸易、人民生活各个领域密切相关。人们在生产活动和社会活动中,都在自觉或不自觉的从事力学测量工作。

力值、密度、容积、硬度等测量都离不开质量计量,历史上借助于质量测量方法的改进和准确度的提高,获得可靠的实验数据,从而发现了多种同位素。最近统计,由于港口和商检部门借助于电子秤把关,给国家挽回大量经济损失。

在容积方面,立式金属计量罐的大容量计量不确定度已达到 10^{-4} 量级。

在火箭点火试验期间要测量 1300 次以上,其中 200 次是力、应力、应变测量,675 次即半数以上是以不同形式涉及测力与称重。这些测力机和称重仪的准确度直接影响飞行器能否进入正确的预定轨道。通过我国研制 MN 标准测力机对锚链厂 5MN 试验机的检定,使其不确定度得到国际公认,结果锚链产品出口价格提高了 50%。轧钢的轧制力、各种车辆、飞机、驳船的牵引力以及新材料的检验都离不开力值测量。

硬度测量被广泛用来代替破坏性强度试验。如一块手表共 130 多个零件,其中 70 多个需要硬度测量,对于轴承、刀具、钢轨等几乎 100% 需要硬度测量,硬度测量往往以此作为产品是否合格的重要依据。除金属材料外,橡胶、塑料、木材、煤炭、皮革、玻璃钢、土壤、水果等都需要硬度测量。

力学测量的服务对象是多方面、多样化的,它作为一个技术基础而横贯于国民经济的各个领域。

三、力学测量发展动向

(一)量限向两端延伸

这是各类测量设备的共同发展动向。在力学测量方面,借助于电子衡器,大质量测量扩展到千吨级,而小质量可到微克级,两端之比为 10^{15} 量级。

在大力值方面,德国有 100MN 的巨型试验机,而在微小力值方面则可测量动物肌肉纤维拉力到 10nN 量级。两端之比为 10^{15} 量级。

(二)由静态向动态发展

在工程中经常遇到各种动态力的测量问题,如发动机试验、疲劳试验、冲击试验等。常用的平带秤、轨道衡、吊车秤等,实际上也是在动态情况下称重的,因而对于传感器和电子秤的特性,也要求由静态进入到动态。

对机械结构的动态特性进行测量、模拟和分析的方法,正在补充和取代以前常用而复杂的数学解析模拟方法。为了避免周期动态引起的金属疲劳破坏和有效地利用材料、机械结构的动态分析,需要用冲击锤或振动台产生激励,用加速度计和双通道快速傅立叶变换频率分析仪表来计量和采集结构的相应数据,用计算机和适当软件程序进行模态分析,然后进行修改与模拟。

(三)广泛采用传感技术和激光技术

传感器是获取力学量信息的触角。利用各种物理效应的新型传感器层出不穷,给力学提供了有力手段。

(四)适应多种对象和多种环境要求

同一种力学量,由于测量对象及其环境是多种多样的,测量方法和测量必须适应多样性变化的要求。如硬度测量,除金属硬度外,必须适应日益增多的塑料、橡胶等非金属硬度测量的需要。在力值计量方面,要适应对材料进行高温蠕变和低温冲击试验中提出的测量要求,还要适应日益增多的测功仪的检测要求等。

第二节 测量术语

一、测量

一个值的大小,用量表示,量值如何获得则要通过测量来实现。测量就是以确定被测对象的量值而进行的实验过程。

测量的目的是确定量值,测量对象是被测对象的量,测量本身是一个实验过程,它都是利用一个已知的单位量与被测的同类量进行比较的过程。结果可以在一定准确度内重复。

测量必须有一定的手段和方法,结果均由具有确定单位的量值所表达。如被测的不是一个量,也确定不了量值,这种

实验过程不能称为测量。如酒的评比,只能称为“品尝”,不能叫测量,因其结果还不能用量值来进行表达。

二、计量

随着生产的发展和商品的交换形成社会活动,客观上要求实现测量的统一,即在一定准确度内同一物体在不同地方,用不同测量手段测量所得的结果应达到一致。所以出现了公认的统一单位及体现单位的实物标准。用公认的标准来校准测量器具,并用法律形式将其固定下来形成了区别于测量的新概念即计量。

计量是要求在一定的准确度内实现测量统一这一基础上才出现的。计量的目的就是保证“测量统一”,保证量值的准确可靠和一致。

计量和测量的关系及区别:

没有测量就没有计量,没有计量则测量就失去价值,但计量不等于测量。

有了测量并要求测量统一,才出现计量概念。计量的目的是保证测量的统一和准确一致,统一首先在单位上,准确一致反映在量值上,因此把保证计量单位统一,量值准确一致的测量称为计量。体现了计量的统一、准确、法制三性的内在本质,又明确了计量和测量的关系与区别。

计量和测量的定义可从以下二个概念说明:

(1)狭义。计量是一种特殊形式的测量,是指目的在于保证测量统一和量值准确的测量。

(2)广义。定义中的“保证”包含了为达到统一和准确所进行的全部活动,如单位制的统一,基准、标准的建立,量值的传递,计量监督管理,测量方法及手段的研究等可以说包含了整个计量工作内容。

三、计量、测量、测试的区别

计量、测量、测试之间的关系是十分密切的。其共性都是解决“量”的问题,属于测量的领域。三者又不尽相同,有各自的特点。

测量:是通过相互比较的一个实验过程,目的是确定其量值大小,单位可以任意选定;

计量:是通过建立基准、标准,进行量值传递,旨在实现统一、准确的测量,目的是为了统一量值,单位是法定的。

测试:是试验性质的测量,目的是通过多参量的试验来确定其物体的特性或条件的最佳状态,单位也可以是任意选的。

三者相互关系:

计量与测量 测量是计量的依托,没有测量谈不到计量,计量的出现是测量发展的客观需要,发展成了一门研究如何实现测量统一、准确的科学——计量学,计量是使测量结果真正具有价值的基础,计量又促进了测量的发展。也可以讲计量是测量的一种特殊形式,是保证测量统一和量值准确的测量。

计量与测试 计量同样是使测试结果真正具有价值的基础,因此测试数据的准确可靠也必须以计量为技术基础予以保证。同时,测试一般都是通过计量手段和应用计量的科学原理进行的,对象都是“量”,所以测试又是保证统一的重要环节,是计量联系生产实践的重要途径,是计量领域进行探索的重要方面。

测量与测试 从本质上讲,两者是相同的,测试的实质就是测量,都是为了确定其量的数值。测试有别于测量,测量是一个实验过程,途径和方法一般都是已经确定的,其解决的问题是确定量值的大小;测试则包含着实验的过程,它具有很大程度的探索性,其解决的往往是科研生产中的具体实际问题。

计量、测量、测试三者可以转变：

当测量是为着实现统一，即旨在使量值溯源到标准、基准时，这种测量就是计量；

当测试已经具有了确定的方法和途径。那这种测试已转变为测量了；

当要求测试方法和量值进行统一并相应的建立标准，那这种测试就已经转变为计量了。

四、计量器具

计量器具是用来测量并能得到被测对象确切量值的一种技术工具或装置，其测量方法可以是直接测量，也可以是间接测量，即通过测量两个以上的量再用公式计算后得到另一个所需的量。所用的直接或间接测出被测对象量值的技术装置包括有计量装置、计量仪器仪表、量具和用于统一量值的标准物质，称为计量器具。

过去说“凡是表示计量单位和数值的量具和仪表统称为计量器具”，这种概念不够明确。任何物体和现象都可以表示量值，但不一定就是计量器具，如一个恒温槽或一个烘箱，它可以反映温度的量值，但这不是计量器具，它不用于测量也不能确定被测对象量值，它是一个恒温容器，而控制恒温槽或烘箱的温度计则是计量器具。因此所定义的计量器具，实质上是指所需要实现测量统一的测量器具和装置，包括计量基准、计量标准和需要进行量值溯源的工作用计量器具。国外一般统称为测量器具，在我国，把测量器具称为计量器具。

计量器具按计量学用途可分为：计量基准、计量标准、工作用计量器具。

计量基准一般又分为国家基准、副基准和工作基准。“用来复现和保存计量单位，具有现代科学技术所能达到的最高

准确度,经国家鉴定并批准,作为统一全国计量单位量值的最高依据的计量器具”称为国家基准。所谓复现就是把计量单位从定义变为实物。“通过直接或间接与国家基准比对来确定其量值,并经国家鉴定批准的计量器具”称为副基准。“经与国家基准或副基准校准或比对,并经国家鉴定,实际用以检定计量标准的计量器具”称为工作基准。国家计量基准是全国量值溯源的最终端,它是统一全国量值的最高依据。建立副基准的目的主要是代替国家基准的日常使用,也可用于验证国家基准的变化,工作基准主要用于一般量值传递,即检定计量标准,以防止国家基准或副基准由于使用频繁而丧失其应有的准确度或遭受损坏。

计量标准是“按国家规定的准确度等级,作为检定依据用的计量器具或物质”。计量标准的目的是将基准所复现的单位量值通过检定逐级传递到工作计量器具,从而确保工作用计量器具量值的准确和一致,以保证国民经济各部门中所进行的测量达到统一。计量标准又由计量标准器具和标准物质两部分组成。

五、标准物质

标准物质是指具有一种或多种足够好地确立了特性,用以校准计量器具、评价计量方法或给材料赋值的物质或材料。

目前,标准物质可分为三大类:化学成分标准物质,如金属材料、矿物岩石、建筑材料、环境保护及医药制品等;物理特性或物理化学特性标准物质,如标准溶液、粘度标准油、热量用苯甲酸等;工程技术特性标准物质,如纺织品色牢度、标准橡胶、粉末材料粒度、水泥浊度等。标准物质已逐步得到广泛的应用。

标准物质可作为标准校准仪器;作为比对标准仪器的测

量方法和操作是否正确;测定物质或材料的组成和性质;各实验室之间测量结果的准确度和一致性以及鉴定新试制的仪器或评定新测量方法;还可用于仲裁。因此标准物质是量值传递的一个重要手段,是统一全国量值的一种重要依据。

六、计量检定

计量器具只有在准确一致的基础上才有使用价值。因为使用不准确的计量器具,在生产上就要造成废品,浪费能源和原材料,影响零配件的互换,安全生产没有保障,造成事故,正常科研和生产秩序就要受到破坏,人民生活不能正常进行等等。如何使各种计量器具准确一致?如何达到全国量值的统一?就要对计量器具开展计量检定。“检定”是统一量值确保计量器具准确一致的重要措施,是进行量值传递或量值溯源的重要形式,是为工农业生产、科研、人民生活提供计量保证的重要条件,也是在全国计量实行国家监督的一种手段。

如计量监督部门或其授权的组织进行检定具有国家法制监督性质,检定证书在社会上具有法律效力,检定本身是国家对计量的一种监督。根据检定的这些特点,把检定定义为“为评定或证实计量性能(准确度、稳定度、灵敏度等)是否完全满足计量检定规程的要求,确定其是否合格所进行的全部工作”。其中准确度、稳定度、灵敏度只是对计量性能作一些举例说明,计量性能具有更广泛的含义。而以“是否合格”表示了检定的结论和计量器具具有的真正价值。

七、测量设备

根据 GB/T19022.1—1994《测量设备质量保证要求》第一部分测量设备的计量确认体系中给出的定义,所谓测量设备是指“所有的测量器具、测量标准、标准物质和辅助设备以及进行测量所必须的资料”。同时指出:“本术语既包括测试和

检验过程中使用的,也包括校准中使用的测量设备”。

本标准对测量设备的定义和过去传统的概念不同,采用了广义的定义,首先测量设备不仅包含一般的测量器具,而且包含了各个级别的测量标准(计量法中称为计量标准器),各类标准物质。其次测量设备的定义不仅包含过去理解的测量设备本身,而且包含和测量设备连接的各种辅助设备。再次,测量设备的定义不仅包括设备的硬件部分,而且还包括“进行测量所必须的资料”等软件。这里所述的资料可理解为有关的设备说明书、规程、规范以及适用的计算机软件。

从测量设备的最新定义,我们可以看出以下几个特点:

(1)测量设备的含义已从过去狭义的概念发展到广义的概念,表明计量工作,特别是工业计量管理已从过去只管理计量器具的“量值传递”发展到从产品设计一直到售后服务全生产过程控制的计量管理。因此采用这个标准对测量设备在观念上应有转变。

(2)测量设备的管理和控制不应只限于测量器具本身。在企业生产过程中,不仅测量器具而且其辅助设备对测量的准确、可靠都可能有一定的影响。在GB/T19001《质量体系—设计、开发、生产、安装和服务的质量保证模式》的第11节检验、测量和试验设备中规定,“当把夹具、定位器、样板、模(胎)具等试验硬件或试验软件用作检验手段时,使用前应加以校验”。GB/T19004《质量管理和质量体系要素》标准也规定,“对影响产品、过程和服务特性的夹具、工装、设备和工序检测仪器也应加以适当控制”。因此,作为测量设备的一个组成部分的辅助设备对保证测量的统一和准确也是很重要的。

(3)测量设备包括检验设备、试验设备。适用于产品检验(包括进货检验,工序检验和最终检验)和产品试验(包括产品

性能试验,寿命试验和环境试验)。检验设备、试验设备是通过测量器具与测量标准的量值溯源进行控制的。而且检验设备和试验设备也是属测量设备的范畴。

八、计量确认

计量确认是一个完全崭新的概念。按本标准的定义,所谓计量确认是指“为确保测量设备处于满足预期使用要求的状态所需要的一组操作”,“计量确认一般包括首先是校准,必要的调整或修理,随后的再校准,以及所要求的封印和标记”。

从以上定义可以看出,计量确认是包含校准、调整、修理、封印、标记等5种技术操作的一个综合概念。在这些操作中首要的是校准。因为测量设备必须经过校准,进行量值溯源,确定示值误差,才能有效地使用。所以,校准是计量确认的“核心”。计量确认所包含的校准、调整、修理、封印和标记是一组密切相关的技术操作。企业在准备和实施质量体系认证过程中应按规定的程序执行。

GB/T19022.1 国家标准要求供方建立和保持测量设备的计量确认体系,将计量确认有关的技术操作,看成是一个“系统工程”。要求计量确认体系按照 GB/T19000《质量管理体系和质量保证体系》进行设计,并在建立这个体系的过程中必须符合 GB/T19000《质量管理体系和质量保证体系》对质量体系总的要求。因此,测量设备的计量确认体系是整个质量体系的一个重要组成部分。计量确认体系的质量文件,包括计量确认体系专用质量手册、程序文件、作业指导书以及检测记录都应按照 GB/T19000 国家标准对质量体系文件的要求进行编制、审核和评审。

九、溯源性

GB/T19022.1 国家标准规定,所谓溯源性是指“通过连