

21世纪高职高专专业课教材系列

# 计量学基础

主 编 李德明 王傲胜  
副主编 魏 波 常英丽 陆晓强

- 计量单位与计量单位制
- 概率论与数理统计基础知识
- 测量不确定度及数据处理
- 常用计量技术及仪器
- 计量器具的分类、制造与使用
- 计量测试的品质保证
- 传感器技术与计量发展
- 测量管理体系标准的理解、实施与评审
- 实验室管理
- 计量校准的管理体系

JILIANGXUE JICHU JILIANGXUE JICHU



同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS

21 世纪高职高专专业课教材系列

# 计量学基础

主 编 李德明 王傲胜  
副主编 魏 波 常英丽 陆晓强

 同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS

## 内 容 提 要

本书以计量的技术和计量管理为主线,阐述计量学的基本原理、常见计量项目及其主要应用、计量管理的主要手段等内容,共分11章,包括计量单位与计量单位制,概率论与数理统计基础知识,测量不确定度及数据处理,常用计量技术及仪器,计量器具的分类、制造与使用,计量测试的品质保证,传感器技术与计量发展,测量管理体系标准的理解、实施与评审,实验室管理,计量校准的管理体系等。附录还给出了部分相关法律法规与标准规范。本书具有内容编排起点低、进展平缓,教学突出重点、分散难点,注重与实际相结合等鲜明特色,可使学生较全面地了解计量学知识并掌握计量所必需的基本知识。

本书可作为高等专科学校、高等职业院校、成人高等学校检验类、仪器仪表及管理类专业教材,也可供相关专业的师生和工程技术人员学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

计量学基础/李德明,王傲胜 主编. —上海:同济大学出版社,  
2007.9

(21世纪高职高专专业课教材系列)

ISBN 978-7-5608-3613-3

I. 计… II. ①李…②王… III. 计量学—高等学校:  
技术学校—教材 IV. TB9

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第111995号

---

21世纪高职高专专业课教材系列

### 计量学基础

主 编 李德明 王傲胜

副主编 魏 波 常英丽 陆晓强

责任编辑 司徒妙龄 责任校对 谢惠云 封面设计 李志云 责任组稿 凌 岚

---

出版发行 同济大学出版社 [www.tongjipress.com.cn](http://www.tongjipress.com.cn)  
(地址:上海市四平路1239号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787mm×960mm 1/16

印 张 23.5

印 数 1—3100

字 数 470000

版 次 2007年9月第1版 2007年9月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-3613-3/TB·53

---

定 价 36.00元

---

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

# 前 言

随着经济和质量技术监督事业的迅速发展,社会迫切需要大量的质量技术监督高级专门技术人才与管理人才。高等职业教育是国民教育系列的主要组成部分,对提高质量技术在职人员的素质、改善队伍结构、培养新生力量具有重要的意义。

为了贯彻质量技术监督“以质量为中心、标准化、计量为基础”的方针,在各类高校中陆续开设了检测技术与应用、仪器仪表自动化及相关专业。但是,随着计量技术和计量管理方式的迅速改变,致使教材问题已成为这些高等专业教育迫切需要解决的问题,为此我们组织编写了《计量学基础》这本教材。

计量是质量管理的一项基本工作,是质量系统与管理科学的一个重要组成部分。它涉及到工农业生产、日常生活的各个方面,对人们的工作、生活影响非常大。本书主要介绍关于计量理论与实践的相关知识,以计量的技术和计量管理为主线,阐述计量学的基本原理以及常见计量项目及其主要应用、计量管理的主要手段等内容,使读者对计量这个学科有一个较全面的认识。近些年来,计量技术、计量管理的飞速发展,很难做到在有限的篇幅内全面系统地介绍计量学,所以,本书仅对计量所涉及的基本内容简述、概括,故名为基础。

本书可作为高等职业院校检验类、仪器仪表、管理类专业的专业课,旨在使读者对计量学有比较全面的了解,熟悉计量所必需的基本知识;也可以作为本科及以上学历相关专业的教材和参考书,对从事计量、质量、检测技术和自动化的工程技术人员也有一定的参考价值。

在编写过程中,作者参考了国内外的有关文献,在尊重有关文献原文的基础上进行了整理,理论与实践相结合,努力使本书内容条理清晰、循序渐进、简单易懂。同时,本书还增加了小节和复习思考题,便于读者学习。

本书由河南质量工程职业学院主持撰写,李德明、王傲胜任主编,参加本书编写的有魏波(绪论,第一、五章),常英丽(第二、三章),王傲胜(第四、六章,第七章一、二节),李德明(第八、九章,第七章三、四节),陆晓强(第十、十一章)。全书由李德明、王傲胜统一审定。

本书的编写虽然经过多方面的努力,但由于计量的技术和计量的管理日新月异,本书涉及的内容又比较多,编者学识有限,仍可能存在疏漏与不妥之处,在此恳请专家、同行和读者批评指正。

编 者

2007年8月

# 目 次

## 前言

绪论	(1)
小结	(9)
复习思考题	(9)
第一章 计量单位与计量单位制	(10)
第一节 计量单位与单位制	(10)
第二节 国际单位制	(12)
第三节 我国的法定计量单位	(20)
小结	(29)
复习思考题	(30)
第二章 概率论与数理统计基础知识	(31)
第一节 随机变量的基本概念	(31)
第二节 随机变量的数字特征	(35)
第三节 随机变量的基本定理	(39)
第四节 几种常见随机变量的概率分布及其数字特征	(41)
小结	(46)
复习思考题	(46)
第三章 测量不确定度及数据处理	(48)
第一节 计量的基本术语及概念	(48)
第二节 测量误差	(53)
第三节 数据处理	(58)
第四节 测量不确定度	(65)
小结	(87)
复习思考题	(88)

第四章 常用计量技术及仪器(一)	(90)
第一节 几何量计量	(90)
第二节 光学计量	(104)
第三节 电离辐射计量	(107)
第四节 声学计量	(110)
第五节 化学计量	(116)
小结	(128)
复习思考题	(128)
第五章 常用计量技术及仪器(二)	(129)
第一节 力学计量	(129)
第二节 热工计量	(137)
第三节 电磁、无线电计量	(144)
第四节 时间频率计量	(157)
小结	(161)
复习思考题	(162)
第六章 计量器具的分类、制造与使用	(163)
第一节 计量器具及其分类	(163)
第二节 计量器具的制造、销售、使用与维修	(171)
第三节 计量器具的选配	(180)
小结	(185)
复习思考题	(185)
第七章 计量测试的品质保证	(186)
第一节 量值传递与溯源	(186)
第二节 量值溯源与校准	(198)
第三节 计量测试品质保证与传统方式	(201)
第四节 新型量值传递或溯源方式——计量保证方案	(203)
小结	(212)
复习思考题	(213)
第八章 传感器技术与计量发展	(214)
第一节 监测系统的特性和传感器组成与工作原理	(214)

第二节 常用传感器原理.....	(220)
第三节 计量发展趋势.....	(225)
小结.....	(226)
复习思考题.....	(227)
<b>第九章 测量管理体系标准的理解、实施与评审 .....</b>	<b>(228)</b>
第一节 测量管理体系标准.....	(228)
第二节 测量管理体系文件的编制.....	(231)
第三节 审核与测量管理体系审核的分类与原则.....	(234)
第四节 计量检测体系的确认.....	(238)
第五节 测量管理体系内部审核流程.....	(241)
第六节 测量管理体系的实际应用与案例分析.....	(247)
小结.....	(256)
复习思考题.....	(257)
<b>第十章 实验室管理.....</b>	<b>(258)</b>
第一节 实验室管理、认可与运作概述 .....	(258)
第二节 实验室认可的计量、统计与标准部分常用术语和定义 .....	(261)
第三节 实验室认可《准则》的构成与要求.....	(269)
第四节 评审结果的形成和沟通与实验室认可的批准和维持、发展 .....	(278)
第五节 产品质量检验机构计量认证与审查认可(验收).....	(281)
小结.....	(294)
复习思考题.....	(295)
<b>第十一章 计量校准的管理体系.....</b>	<b>(296)</b>
第一节 计量行政管理体系.....	(297)
第二节 计量技术保障体系.....	(299)
第三节 计量中介服务体系.....	(303)
第四节 计量学术教育体系.....	(307)
第五节 计量校准专业人才的教育、培训和管理 .....	(310)
第六节 国际计量校准管理.....	(314)
小结.....	(317)
复习思考题.....	(318)

<b>附录 A 部分相关法律法规与标准规范</b> .....	(319)
A1 中华人民共和国计量法 .....	(319)
A2 中华人民共和国计量法实施细则 .....	(323)
A3 中华人民共和国强制检定的工作计量器具检定管理办法 .....	(331)
A4 仲裁检定和计量调解办法 .....	(333)
A5 计量授权管理办法 .....	(336)
A6 计量违法行为处罚细则 .....	(339)
<b>附录 B ISO 10012:2003 测量管理体系测量过程和测量设备的要求</b> ...	(344)
<b>参考文献</b> .....	(365)



# 绪 论

## 一、计量的基本概念及特点

在我国,过去称计量为“度量衡”,其含义是关于长度、容积和质量等的测量,主要测量器具为尺、斗和秤。随着生产和科学技术的发展,现代计量已远远超出“度量衡”的范围。现有长度、热工、力学、电磁、无线电、时间频率、电离辐射、光学、声学、化学等计量专业,已形成了一门独立的学科——计量学。“计量”是“度量衡”的发展,“计量”是“现代度量衡”。涉及到工农业生产、国防建设、科学试验、国内外贸易、人民生活等各方面,是现代科学技术和国民经济的一项重要的技术基础。

自然界的一切事物都可以由“量”描述的,并且通过“量”来体现。或者说,“量”是一切现象、物体或物质可定性区别与定量确定的一种属性。要认识世界,除了对事物的理解,就必须对各种“量”进行分析和确认,同时,量又反映了事物的概念,分析和确认量,既要分清“量”的性质,又要确定其具体量值。达到这种目的的重要手段,即对“量”的定性分析和定量确认的过程,便是计量。

计量是以技术和法制手段保证量值准确可靠、单位统一的测量。它来源于测量,有如下特点:

### (1) 可信性

这是计量的基本特点。利用不确定度对被测量的真值所处范围进行估计。量值的统一,是指在一定不确定度范围内的统一。对于具体的量,只有量值,而无不确定度,不是计量结果。也就是说,计量既应明确给出被测量的量值,还应给出该量值的不确定度(或误差范围),即测量结果必须有可信性。更严格一些,计量结果还须注明对计量结果有影响的影响量的值或范围。否则,计量结果就失去了实际意义。

### (2) 一致性

量值一致的重要前提是计量单位的统一。无论在任何时间、任何地点、采用任何方法、使用任何器具以及任何人进行计量,只要符合有关计量的要求,所得结果就应在给定的不确定度(或误差范围)内一致。否则,计量将失去其统一性作用,从而失去社会意义。计量的一致性,不仅限于国内,而且也适用于国际。

### (3) 溯源性

由于目的和条件的不同,对计量结果的要求各不相同。为使计量结果精确

一致,所有的同种量值都必须由同一个计量基准(或原始标准)传递而来。即所有同种量值都必须来自同一个计量源,也就是说,任何一个计量结果,都能溯源到计量基准,这就是溯源性。“溯源性”是“可信性”和“一致性”的技术归宗。因为,任何可信、一致,都是相对的,是与当代科技水平和人们的认识能力密切相关的。“溯源”可以使计量结果在人们已经认识范围内相对统一,从而使计量的“可信”和“一致”得到技术保证。在一个国家内,所有的量值都应溯源于国家计量基准;对世界来说,则应溯源于国际计量基准或约定的计量标准。否则,如果量值出于多源,不仅难以精确一致,而且难免造成技术上和应用上的混乱,酿成严重的后果。在古典计量和经典计量时期,由于历史原因,无法在全世界甚至在某些国家内部范围进行溯源保证其量值统一性,带来计量单位及计量制度的混乱,影响了科技和经济的发展,特别是在国际贸易和科技交流上的反映更明显。

#### (4) 法制性计量

计量本身的社会性要求必须有一定的法制保障。量值的精确一致,不仅要有一定的技术手段,还要有相应的法律、法规和行政管理,对于那些对国计民生有明显影响的计量,更必须在法制保障下进行。否则,量值的精确一致便不能实现,造成的后果也是相当严重的。

计量与一般意义上的测量不同。计量是量值精确统一的测量。在某些非正式场合下,测量仅仅是为确定某量的量值而进行的操作,不一定严格具备以上特性。在实际工作或文献资料中,一般不严格区分“计量”与“测量”。在阅读或翻译外文资料时,英文 measurement,可译为“测量”,也可译为“计量”,视具体情况和惯例而定。而“测试”,则是具有一定试验(探索)性的测量。往往将不严格按照(或没有)约定规程或成熟方案进行的测量统称为测试,有时也可以将其理解为测量与试验的综合。

## 二、计量学及其分类

计量学是有关计量测试的理论与实践的知识领域。是一门研究测量理论与实践的综合性学科。就学科而论,计量学可分为:

(1) 通用计量学——研究计量的共性问题和计量理论而不针对具体的测量方法手段进行研究的计量学部分。例如,关于计量单位的一般知识(诸如单位制的结构、计量单位的换算等),测量误差与数据处理,测量不确定度、计量器具的基本特性等。

(2) 应用计量学——研究具体的量的计量方法、手段等的计量学部分。通用计量学是泛指,不针对具体的被测量;应用计量学则是关于特定的具体量的计量,如长度计量、力学计量等。

(3) 技术计量学——研究具体计量技术的实现与应用,包括工艺上的计量

问题。例如,自动测量、在线测量等。

(4) 理论计量学——研究计量理论前沿的计量学部分。如关于量和计量单位的理论、测量误差理论等。

(5) 品质计量学——研究计量品质管理的计量学部分。如原料、设备以及生产中用来检查和保证有关品质要求的计量器具、计量方法、计量结果的品质管理等。

(6) 管理计量学——研究计量管理的计量学部分。为了保证公众安全、国民经济和社会的发展,根据法律、技术和行政管理的需要而对计量单位、计量器具、计量方法和计量精确度(或不确定度)以及专业人员的技能等所进行的管理。

(7) 经济计量学——研究计量所产生的经济效益的计量学部分。即计量在社会生产体系中的经济作用和地位,科技发展、生产率的增长、产品品质的提高、医疗保健以及环境保护方面的作用等。

计量学的上述学科仅仅突出了某一方面的计量问题,各学科之间都有交叉。在实际工作中,不可能、也没有必要去严格区分计量的范围、内容。

### 三、计量的研究范围

在相当长的历史时期内,计量的研究范围主要是各种物理量的计量测试。随着科技的进步、经济和社会的发展,计量已突破了传统的物理量的范畴,扩展到化学量以及工程量的计量测试。近年来,计量的发展更加迅速,甚至包括生理量、心理量等一些量的计量测试。计量所涉及的科学领域,已从自然科学扩展到社会科学。

目前,比较成熟和普遍开展的计量科技领域有几何量(亦称长度)、热工、力学、电磁、无线电、时间频率、声学、光学、化学和电离辐射计量,即所谓的十大计量。随着现代科技的发展,一些新的计量领域,如生物工程、环保工程、宇航工程等计量测试,正在逐渐形成。

计量的内容主要包括计量理论、计量技术与计量管理,并主要体现于下列 6 个方面:

- (1) 计量单位与单位制;
- (2) 计量器具,包括复现计量单位的计量基准、标准器具以及普通(工作)计量器具;
- (3) 量值传递、溯源与检定测试;
- (4) 物理常数以及材料与物质特性的测定;
- (5) 测量误差、测量不确定度与数据处理以及计量人员的专业技能;
- (6) 计量管理。

## 四、计量的发展阶段

计量的发展,大体上可分为以下3个阶段。

### (一) 古典计量阶段

古典计量阶段,是以权力和经验为主的初级阶段,没有或者没有充分的科学依据。

在原始社会后期,社会分工带来了经常性的产品交换和以交换为目的的商品生产。我国古书《易·系辞》中所记载的“日中为市”,便反映了当时的产品交换情景。已在甘肃省秦安县大地湾出土各类文物8000余件,其中有我国已收录的年代最早的绘画、记事符号和彩陶珍品。遗址中的一些房址保存得相当完整,其中有的房屋设有主室、侧室、后室及门前附属建筑等,是我国已发现的年代最早的殿堂式建筑。室内地坪光洁平整,使用了人造轻骨料作集料的混凝土。经抗压试验,这种人工混凝土至今每平方厘米仍能抗压100kg。这些珍贵的文化遗产,都是原始计量的佐证。

奴隶社会时期,生产力进一步提高,原始计量已逐渐形成。相传当时大禹就使用了“准绳”和“规”、“矩”等计量器具。封建社会时期,计量有了较快的发展。秦商鞅于公元前344年监造的铜方升(现存上海博物馆),不仅做工精细,在其壁上刻有“爰积十六尊五分尊壹为升”的铭文,对升的容积作了明确的规定。公元前221年,秦始皇统一中国后,即颁布诏书,以最高法律的形式统一了全国的度量衡制度,使我国古代计量进入了一个新的历史时期,对封建社会的发展起了重要的作用,秦代的度量衡制度为:

度制  $1\text{引}=10\text{丈}=100\text{尺}=1000\text{寸}=10000\text{分}$ ;

量制  $1\text{角斗}=10\text{斗}=100\text{升}=1000\text{合}=2000\text{禽}$ ;

衡制  $1\text{石}=4\text{钧},1\text{钧}=30\text{斤},1\text{斤}=16\text{两},1\text{两}=24\text{铢}$ 。

其中的度制和量制的大部分采用了十进制,尤为突出。秦代不仅颁布了度量衡制度,而且还实行了定期检定等严格的法制管理,以保证度量衡的精确统一,规定各地使用的度量衡器具至少每年要校正一次,并将校正的时间定为每年的春分和秋分时节,因为届时的气温适宜,不冷不热,所谓“昼夜均而寒暑平”,对器具的影响较小,便于保证校正的精度。这种利用天然条件保持温度相对稳定的作法,是相当聪明而简易的,可以说是原始的“恒温”措施。还明文规定了各种度量衡器具的允许误差。如果所使用器具的误差,超过了所规定的允许范围,便要受到处治,罚以铠甲或盾牌等。计量已从原始的度量衡发展为比较完善的古典度量衡。直到19世纪中叶,清朝末期,米制正式传入我国为止,2000多年的历代封建王朝的度量衡制度,基本上都是沿用了秦制。

在计量的古典阶段,作为计量水平主要体现的计量基准均相当简陋,计量基

准来源与生活紧密相关,均以人体、自然物体作为基准,精度很低,很难统一。从来源上看,大体上可归纳如下。

#### 1. 以人体的某一部分作为基准

我国河南安阳出土的两支商代象牙尺,一支长为 15.78cm,另一支长为 15.80cm,每支上都刻有十寸,每寸又都刻有十分,相当精密,现分别藏于中国历史博物馆和上海博物馆,是我国最早的尺实物,与历史文献中所记载的“布手知尺”相符,便是珍贵的例证。另外,“十发为程,十程为分”(程是我国古代的一种长度单位)的记载,则是以人的头发为基准的见证。古代埃及的尺度是以人的胳膊肘到指尖的距离为依据的,称为“腕尺”,其长约 46cm。英国的“码”,是英国国王亨利一世将其手臂向前平伸,从其鼻尖到指尖的距离;英尺是英王查理曼大帝的脚长;英寸是英王埃德加的手姆指关节的长度。这些都是以人体的某部分为计量基准的典型事例。

#### 2. 以动物的丝毛或某些能力为基准

我国史书中关于“蚕所吐丝为忽”、“十忽为秒,十秒为豪,十豪为厘,十厘为分”,“豪,兔豪也,十豪为航秬”,以及“十马尾为一分”的记载等,都说明当时确曾以动物的丝毛等物作为计量基准。英亩为二牛同掘一日翻耕土地之面积,便是以牛的翻地能力(数量)为基准的。

#### 3. 以植物果实为基准

我国古代曾以一黍为一分,十分为一寸等来定义长度;又曾将 1200 颗黍子所占的体积定为容量单位“禽”,将一百颗黍子的质量定为质量单位“株”,等等;在英国,曾以“自穗之中间部分取大麦 36 粒,头尾相接排列之长度”为英尺的定义。在古代还有以一颗麦粒的质量来定义质量单位的,称为“谷”,并有“一磅为七千谷”的说法。衡量宝石的质量单位“克拉”,是以生长在地中海沿岸的一种名叫“角豆树”的籽的质量为依据的,至今还是衡量宝石质量的主要单位等。

#### 4. 以乐器、物品为基准

以乐器、物品为基准最突出的例子是我国的黄钟律管。所谓“黄钟律管”,是能够发出黄钟音的一种简单的吹奏乐器。起初用天然竹节所制,后来又改用铜管制造,为取得一致的音律,当时曾规定,黄钟律管的管长是 90 颗黍子排列起来的长度,而管的容积则必须能正好容下 1200 颗黍子(该容量称为一禽),从而定出了管径。另外,当时还曾规定,一禽黍子的质量为 12 株。这样,实际上通过音律管就可获得长度、容量和质量 3 个单位基准。所以古人云:“黄钟者信,则度量权衡者得矣”。用现代声学的观点看,一根乐管能够发出声音,是由于管内空气的振动。当管长和管径固定时,振动的频率越高,声音就越高;频率越低,声音则越低。另一方面,由于频率与波长成反比,而波长又与管的几何尺寸密切相关。当声速不变时,改变管长或管径便可引起振动频率的变化,从而使音律改变。在

现代,世界上所采用的以光的波长作为长度基准的方案,就其基本原理而论,实际上就是我国早在几千年前就已采用的以音律管为基准定长度的方法。另外,在古代还曾将金属货币或玉器等制成一定的质量,作为质量基准。

## (二) 经典计量阶段

从世界范围来看,1875年《米制公约》的签订,认为是经典计量阶段的开始。随着社会生产力的发展、科学技术的进步,计量基准已开始摆脱人体、自然物体等的范畴,进入了以科学为基础的发展阶段。这个阶段的计量基准,都属于宏观器具。根据地球子午线的长度的四分之一的一千万分之一,用铂铱合金制造的米原器;根据 $1\text{dm}^3$ 的水在密度最大时的温度下的质量,用铂铱合金制造的千克原器;根据地球围绕太阳的转动周期而确定的秒;根据两通电导线之间产生的力来定义的安培;根据水三相点热力学温度确定的开尔文等,都是宏观实物基准。这类基准,随着时间的推移,由于物理的、化学的以及使用中的磨损等原因,难免发生微小的变化。另外,由于原理和技术的限制,该类基准的精度亦难以大幅度提高,以致不能满足日益发展的现代计量的需要。因此,便不可避免地出现了建立更加稳定、更加精确的新的计量基准的要求,从而使计量进入一个新的发展阶段。

## (三) 现代计量阶段

现代计量阶段的基本标志是由经典理论转向量子理论,由宏观实物基准转向微观量子基准。

建立在量子理论基础上的微观量子基准(又称自然基准),比宏观实物基准优越得多,更准确、更稳定可靠。同时量子基准摆脱了宏观实物基准的局限,不会因实物基准的损坏和变化而影响量值的复现,减小了量值在复现和传递过程中的精度损失。根据量子理论,微观世界的量,只能跳跃式地改变,而不能发生任意的微小变化;同一类物质的原子和分子都是严格一致的,不随时间和地点的变化而改变。这就是微观世界的所谓稳定性和齐一性。量子基准就是利用了微观世界所固有的这种稳定性和齐一性而建立的。国际上已正式确立的量子计量基准有长度单位米基准、时间单位秒基准、电压单位伏特基准和电阻单位欧姆基准。其他某些重要的计量基准,如质量基准、电流基准等,也正处于向量子基准过渡的积极探索之中。在日常的实际计量工作中,当前乃至将来,普遍应用的仍是宏观实物计量器具,但其计量性能由于溯源到基本量和主要导出量的量子计量基准而得到明显改进,从而使整体计量水平显著提高。

## 五、计量的作用与意义

随着科技和经济的发展、社会的进步,计量与科学技术、人民生活越来越紧

密,科学技术、人民生活离不开计量。

(一) 计量本身就是科学技术的一个重要组成部分,科学生产和技术革新都离不开计量

计量本身就是科学技术的一个重要组成部分,事物都是由一定的“量”组成,并通过“量”来体现,任何科学技术,都是为了探讨、分析、研究、掌握和利用事物的客观规律,只有通过计量,认识“量”并确切获得其量值,才能对事物的客观规律进行认识和掌握。从经典的牛顿力学到现代的量子力学,各种定律、定理,都是通过计量手段的进一步观察、分析、研究、推理和实际验证才被揭示、承认和确立。

历史上三次大的技术革命,都充分地依靠了计量,也促进了计量的发展。以蒸汽机的广泛应用为主要标志的第一次技术革命,是以经典力学和热力学为社会科技发展的重要理论基础。在蒸汽机的研制和应用的过程中,需要对蒸汽压力、热膨胀系数、燃料的燃烧效率、能量的转换等进行大量的计量测试。力学和热工计量,就是在这种情况下发展起来的。机械工业的兴起,使几何量的计量得到了进一步的发展。以电的产生和应用为基本标志的第二次技术革命,更加推动了社会生产的发展。欧姆定律、法拉第电磁感应定律以及麦克斯韦电磁波理论等理论,为电磁现象的深入研究和广泛应用、电磁计量和无线电计量的开展,提供了重要的理论基础。例如,爱因斯坦在普朗克假说的基础上,提出了光不仅具有波动性,而且还具有粒子性,即光是以太速度,上述理论成功地解释了光电效应,成了热辐射计量的基础,同时也使计量开始从宏观进入微观领域。随着量子力学、核物理学的创立和发展,电离辐射计量逐渐形成。核能及化工等的开发与应用,导致了第三次技术革命。原子能、化工、半导体、电子计算机、超导、激光、遥感、宇航等新技术的广泛应用,使计量日趋现代化,计量的宏观实物基准逐步向量子(自然)基准过渡。原子频率基准和米的新定义形成,频率和长度的精密测定,促进了现代科技的发展。比如,光速的测定,原子光谱的超精细结构的探测,航海、航天、遥感、激光、微电子等许多高科技领域,都是以频率和长度的精密测量为重要基础的。

所谓第四次技术革命,将引起科技、经济和社会的重大变革,人类将进入“超工业社会”或“信息社会”。这场技术革命的先导是微电子学和计算机,而集成电路又可以说是先导的核心。集成电路的研制,没有相应的计量保证是不可想象的。比如,硅单晶的物理特性、几何参数,超纯水、超纯气的纯度,化学试剂、光刻胶的性能,膜层厚度、层错位错,离子注入深度、浓度、均匀度以及工艺监控测试图形等均需精密计量与控制。

科学技术的发展,特别是物理学的成就,为计量的发展创造了重要的前提,同时也对计量提出了更高的要求;推动了计量的发展;而计量的成就,又促进了

科技的发展。正如门捷列夫所说,没有计量,就没有科学。聂荣臻同志也明确指出:科技要发展,计量须先行;没有计量,寸步难行。

社会化大生产的本身就要求有高度的计量保证。生产的发展,大体上可分为三个阶段,即以经验为主阶段,半经验、半科学阶段和科学阶段。计量是科学生产的技术基础。从原材料的筛选到定额投料,从工艺流程监控到产品的质量检验,都离不开计量。世界发达国家都把优质的原材料、先进的工艺装备和现代的计量检测手段,视为现代化生产的三大支柱。优质原材料的制取与筛选、先进工艺装备的配置与流程的监控,也都离不开计量。外国先进生产线的产品品质高,次、废品少或几乎没有,其重要的原因就是充分利用了在线测量与监控技术。

现代化的农业生产,也必须有计量保证。为了科学种田,就必须通过计量来掌握土壤的酸碱度、盐分、水分、有机质和氮、磷、钾的含量以及温度等。电离辐射育种,是近年发展起来的一项重要增产措施。利用电离辐射照射,实现农产品和食物的防腐保鲜,都需要相应的计量保证,否则不仅达不到预期的效果,反而会造成不应有的损失。

**(二) 在国防建设中,计量测试是极其重要的技术基础,具有明显的技术保障作用**

国防尖端系统庞大复杂,涉及的科学技术领域广、技术难度高,要求计量的参数多、精度高、量程大、频带宽。从而对计量测试亦必然要提出相应的新的要求。军用通讯同步卫星距地面可达 25 800km,用无线电信号作为空间与地面的联络手段,就必须有大功率的发射机和高灵敏度的接收机。因而必须对大功率、低噪声、大衰减和小电压等主要参数进行计量。这不但要研究计量方法和设备,而且要建立相应的计量标准。为提高对飞行器的控制能力,对跟踪、定位、测速、测距、测角等的精度要求越来越高,不仅对电子参数,而且对设备加工和伺服控制元件也提出了更严格的要求。

对国防尖端技术系统来说,工作环境比较特殊,往往要在现场进行有效的计量测试,难度较大。由于计量测试提供了所需的数据,保证了各种部件、分系统和整个系统的可靠性;同时,还可以缩短研制周期、节约大量人力、物力和时间。在 1991 年的海湾战争中,“爱国者”导弹之所以能够成功地拦截“飞毛腿”导弹,精确的计量测试是重要的技术保证。可见国防建设中,计量测试不仅可以节约资金、争取时间,而且还能为指挥员的判断与决策提供可靠的依据。

**(三) 计量与人民生活息息相关**

人的一切活动都与计量有关,商品生产和交换,是当代社会的一个特点。日常买卖中的计量器具是否准确,公共交通的时刻是否准确,都直接关系到人们的切身利益。食品在生产加工过程中,所使用的农药、化肥、添加剂,都必须经过鉴定和计量,否则也会导致不良的后果,危害人们的健康。减小诸如大气、水质以



及噪声等的污染最有效的办法就是进行有效的计量监测。为减小噪声,一些国家对汽车的衰音程度作了明文规定,不合格者不准驾驶。现代医学对疾病的预防、诊断和治疗,都离不开计量测试。比如,计量体温、血压,作心电图、脑电图以及各种化验等,都是常见的计量测试。计量和化验的数据不准,将会带来严重的后果。

#### (四) 计量是保证产品品质、提高商品在市场上竞争力的重要措施

保证产品品质、提高商品在市场上竞争力,必须以计量作为保证,否则其结果是不可想象的。过去我国出口苹果,只凭观察外表或直接品尝,而没有采用计量手段。外商便借故刁难,随意削价。而实际上对苹果成熟度的计量很简单,只要定出与成熟度相应的硬度值,用普通硬度计测一下即可。按国际惯例和合同条款,一般货物皆以上岸的计量结果作为结账的依据。过去,我国出口原油,由于缺乏精确可靠的计量手段,往往采取多装油而避免索赔罚款的做法,但出现过多给了油,反而被船主以超重为由提出索赔的憾事。人们越来越认识到,计量是保证产品品质、提高商品在市场上竞争力的重要措施。计量更是消除国际贸易中技术壁垒的重要手段,中国加入关贸总协定后计量所扮演的角色更加重要。

计量是科学技术进步、经济和社会发展的的重要技术基础。社会发展对计量的要求越来越高,从而激励了计量本身的发展。任何科学、任何部门、任何行业乃至任何活动,都直接或间接地、有意或无意地需要计量。计量水平的高低,成为衡量一个国家的科技、经济和社会发展程度的重要标志之一。

### 小 结

本章介绍了计量的基本概念、计量的五个特点、计量学不同的分类方式,计量学研究的主要内容以及计量的作用与意义。

### 复习思考题

1. 什么是量、计量? 计量学研究什么内容?
2. 计量的特点有哪些?
3. 计量学研究的内容有哪些?
4. 计量可分为哪几个历史阶段?