

现代企业计量工作基础丛书(1)

企业计量基本知识

■ 龙包庚 主编

QIYE JILIANG JIBEN ZHISHI



中国计量出版社
CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

现代企业计量工作基础丛书(1)

企业计量基本知识

中国计量出版社

图书在版编目(CIP)数据

企业计量基本知识/龙包庚主编. —北京:中国计量出版社, 2010. 1

(现代企业计量工作基础丛书)

ISBN 978-7-5026-3217-5

I. ①企… II. ①龙… III. ①企业管理—计量—基本知识 IV. ①F273.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 205433 号

内 容 提 要

本书系《现代企业计量工作基础丛书》之一,主要介绍企业计量技术与管理人员均应掌握和了解的一般计量知识。内容包括:计量工作的内容及计量专业的分类;企业计量工作的地位、作用与发展;计量及其相关的术语与定义;计量法规体系与法制计量管理;我国的法定计量单位;测量设备的管理;计量标准与量值传递、量值溯源;企业计量标准的管理;计量技术法规;计量器具的法制管理。

本书可作为企业计量工作者的工具书,也可供其他技术及管理人员学习参考。

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

<http://www.zgjl.com.cn>

北京市媛明印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787 mm×1092 mm 16 开本 印张 15.5 字数 351 千字

2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月第 1 次印刷

*

印数 1—2 000 定价: 35.00 元

《现代企业计量工作基础丛书》

编委会名单

顾 问 芦志成 黄家玲 陈允山 童贤保

主 编 龙包庚

副 主 编 李建强 陈 熔 晏上明 胡九根

编写人员 (以姓氏笔画为序)

王 军 龙 英 兰 海 阮 杰 朱伟鑫

孙江晖 李 荣 李真光 辛卫兵 陈 炼

陈一华 武 昌 胡光华 俞仁海 唐桂兰

徐晓光 黄文暄 黄丽琼 童中凯 蒋小平

曾广慧 蔡可可 熊丹阳

丛书前言

一、现代企业的管理体系

任何一个组织都存在自己的管理体系。在这个总的管理体系(可称之为“母体系”)之下,根据组织的需要和特点,又存在着各种“子体系”,如人事管理体系、财务管理体系、科研管理体系、经营管理体系、物流管理体系、能源管理体系、质量管理体系、测量管理体系、职业健康安全管理体系……这些“子体系”既具有其独立性,又具有相互支持、协调、配合的交融性、支持性,有的提供管理性支持,有的提供技术性支持,你中有我,我中有你。例如人事、财务管理等子体系往往为经营、科研、物流、质量、测量、环境、能源与职业健康安全等子体系提供管理性支持作用;而测量管理体系则为能源、经营、物流、环境、质量、职业健康安全等子体系提供技术支持和技术保障作用。

任何工作、所有的“子体系”运行都存在一个质量问题。从这个意义上说,质量管理体系在不断完善提高过程中形成的“质量管理八项原则”又是其他子体系的公共基础。而财务、人事、质量与测量管理体系之间也存在着相互支持的作用,特别是质量管理体系与测量管理体系更是互为基础,联系紧密。一个组织的各子体系与总的管理体系及其相互之间的关系可用图0-1表示。

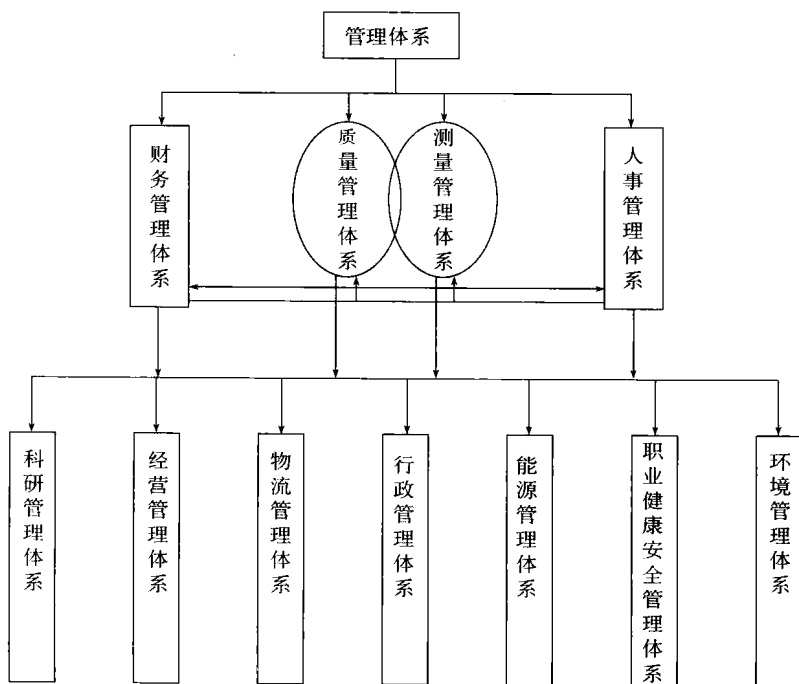


图 0-1 管理体系与“子体系”关系图

计量是物理学中一门重要的分支学科与实用学科。计量管理与计量技术则是支撑计量大厦的两大支柱。为了切实搞好现代企业计量工作,计量管理者有必要了解一些计量技术知识;同样,计量技术工作者也有必要了解掌握一些计量管理知识。这些都是从事计量工作的必备基础。

改革开放 30 年来,我国企业计量经历了从计量整顿、计量定级升级的“建章立制”,建立具有特色的企业计量工作考评体系,到加快与国际接轨,初建计量检测体系,进而建立完善测量管理体系的发展过程。我们既要与时俱进,不断引进、消化、吸收国际计量最新成果,又要在继承的基础上不断创新。而创新的基础在继承,没有继承何谈创新!

二、现代企业计量管理原则及管理内容

现代企业计量工作的管理原则,一是要遵循质量管理的八项原则和全面质量管理的原则及“PDCA 循环”工作方法,这些都是普遍适用的原则与方法,是管理工作者金科玉律。二是要遵循法制计量管理的相关规定。企业计量机构应根据相关的计量法律、法规、规章,坚持“依法自主管理、自律监督”。

根据质量管理原理,影响任何产品质量的原因都可归结为以下六个因素:人员(Man)、机器(Machine)、材料(Material)、方法(Method)、环境(Environment)和测量(Measure),简称为“5M1E”。

如果探析影响测量(计量可归之于测量,或直接理解为测量)工作质量(测量结果)的因素,由于分析考察对象为测量,则影响测量工作质量的因素为“人、机、料、法、环”(4M1E)。只要人、机、料、法、环五大因素全面有效受控,测量(计量)工作的质量就能有根本的保障。如图 0-2 所示。

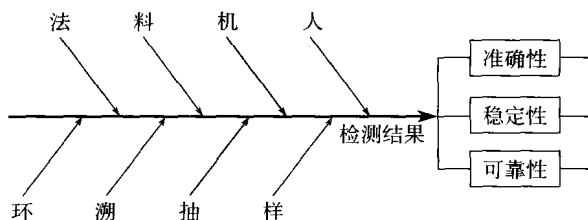


图 0-2 决定测量结果质量的因素

因素“人”的主要管理内容是:设置合适的计量管理机构,规定机构职能;合理配置计量人员(计量管理及计量技术人员),规定其职责;人员培训、考核、持证;建立人员技术业绩档案等。

因素“机”(测量仪器、器具)的主要管理内容是:测量设备从配置申购、入库验收、建账、发放使用、周期检定(校准)、标识、维护保养、期间核查、降级、报废等全过程的管理监督;计量标准的建立、运行与考核;强检计量器具管理、量值传递与量值溯源、测量数据的管理等。

因素“料”(材料、辅料)的主要管理内容是:与测量仪器、计量器具及检测设备相配套的材料、辅料,其选配不当或质量不佳将严重影响检测质量,应严格把好申购、验收、使用等环节的管理关。

因素“法”(方法)的主要管理内容是:计量管理和计量技术两方面都应严格执行国家有关的法律、法规和规章以及各种计量技术文件、检定规程、校准规范、测试方法及企业自行制定的作业指导书,如自校方法、操作规程、检测实施细则、期间核查方法等,按 GB/T 19022 idt ISO 10012 建立测量管理体系,并有效运行,实施严格监督管理。“法”还包括溯(源)、抽(样)及样(品)管理方法。

因素“环”(检测环境条件)的主要管理内容是:为确保测量数据准确可靠,检测工作(包括计量检定、校准、测试、检验等)往往对环境条件(包括实验室文明卫生、安全等)提出严格要求。因此,应按相应计量技术规范要求提供满足要求的环境条件,并按“5S”管理要求对检定校准室、测试分析室、检验室等进行规范化管理。

只有 4M1E 全部影响因素全面严格受控,企业计量检测质量才能有根本保障。而影响因素全面受控的基础条件是要按 GB/T 19022 建立运行符合本企业实际的测量管理体系,这是保障现代企业计量工作持续有效运行的重要基础。

三、本丛书的基本内容

现代科技与管理的不断发展与进步对我国企业的计量工作起到了很大的推动作用,新的形势和环境对企业计量工作也提出了更高的要求。为了帮助企业计量工作者更加全面地了解 and 掌握现代计量技术基础和计量管理知识,以适应现代企业计量工作,我们专门组织企业计量工作一线的专家和骨干编写了《现代企业计量工作基础丛书》。

本丛书分为四个分册,较为全面地介绍了现代企业计量工作者应掌握的必备知识。四个分册的主要内容如下:

第一分册为《企业计量基本知识》。其内容包括:企业计量工作的地位、作用与发展;计量及其相关的术语与定义;计量法规体系与法制计量管理;我国的法定计量单位;测量设备的管理;企业计量标准的管理;计量标准与量值传递、量值溯源;计量技术法规;计量器具的法制管理等。

第二分册为《统计技术与测量不确定度的评定及应用》。其内容包括:统计技术基础;适用于数字数据及非数字数据的统计方法;测量误差;测量不确定度的表示与评定;测量不确定度在化学分析中的应用;计量保证方案(MAP)及其应用;测量质量工程技术等。

第三分册为《现代计量管理与测量管理体系》。其内容包括:管理与计量管理;计量管理与质量管理基本原则;企业计量管理机构;“5S”管理在计量检测环境条件保障中的应用;我国工业企业计量体系逐步建立的过程;测量管理体系中几个基本概念的理解;GB/T 19022—2003 标准条文简释;企业测量管理体系的建立运行与考核;企业计量服务于内部顾客与质量检验活动等。

第四分册为《特种计量管理》。内容包括：国际军工企业的计量管理；企业能源计量管理；计量器具制造生产单位的计量管理；定量包装商品生产企业计量保证能力评价；企业计量技术机构外延服务及委外校准检测的管理等。

在本丛书的编写过程中，除相关法规和标准，我们还参阅了许多书籍（主要参考资料列于书后）。在此，对这些书籍的编著者表示衷心的感谢！

限于时间和我们的水平，本丛书定有不成熟和错误之处，望读者不吝赐教，以利于我们今后修订完善。

《现代企业计量工作基础丛书》编委会

2010年1月

目 录

第一章 概 述	1
第一节 一门古老而年轻的科学	1
第二节 测量、计量与计量学	2
第三节 计量的内容 with 专业分类	5
第二章 企业计量工作的地位、作用与发展	12
第一节 企业计量工作的地位和作用	12
第二节 近 30 年企业计量工作发展简述	14
第三章 计量及其相关的术语与定义	16
第一节 质量及质量管理的术语与定义	16
第二节 测量结果、测量误差及测量不确定度的术语与定义	21
第三节 计量检定及校准相关的术语与定义	25
第四节 法制计量和计量管理的术语与定义	36
第五节 实验室认可、计量认证及审核的术语与定义	42
第四章 计量法规体系与法制计量管理	47
第一节 我国计量法制管理发展简述	47
第二节 计量法与计量法规体系	48
第三节 法制计量管理	51
第五章 我国的法定计量单位	53
第一节 国际单位制与国际制单位	53
第二节 我国的法定计量单位	54
第三节 计量器具的改制	64
第四节 法定计量单位的使用方法及规则	65
第六章 测量设备的管理	74
第一节 测量设备的定义与范围	74
第二节 测量设备的购置	75
第三节 周期检定与校准	86
第四节 测量器具的 ABC 分类管理	108
第五节 测量设备的标志管理	110
第六节 测量设备的封印管理	111
第七节 不合格测量设备的管理	112
第八节 测量设备的流转管理	114
第九节 计量器具的正确使用和维护保养	116
第十节 参考资料——计量网络图的设计绘制	120

第七章 计量标准与量值传递、量值溯源	132
第一节 计量标准	132
第二节 量值传递与量值溯源体系	134
第三节 强制检定与非强制检定	138
第四节 量值传递与量值溯源的发展趋势	139
第八章 企业计量标准的管理	142
第一节 概 述	142
第二节 企业“建标”的决策	142
第三节 计量标准的命名	144
第四节 对计量标准的考核要求	146
第五节 《计量标准技术报告》的撰写	155
第六节 计量标准考核	164
第九章 计量技术法规	177
第一节 国家计量检定系统(表)与国防测量器具等级图	177
第二节 计量检定规程与校准规范	179
第三节 企业自编的计量技术文件	183
第四节 国际建议及其在我国的采用	185
第十章 计量器具的法制管理	187
第一节 计量器具新产品管理	187
第二节 制造、修理计量器具许可证的管理	188
第三节 标准物质许可证的管理	190
第四节 制造、修理计量器具的监督管理	193
第五节 进口计量器具监督管理	193
第六节 销售计量器具管理	194
第七节 计量器具产品质量的监督检查	195
第八节 计量器具 OIML 证书制度	195
附 录	198
附录 1 强制检定的工作计量器具强检形式及强检适用范围	198
附录 2 计量标准考核(复查)申请书格式	209
附录 3 计量标准技术报告格式	215
附录 4 计量标准履历书参考格式	224
参考文献	237

第一章 概 述

第一节 一门古老而年轻的科学

“人猿相揖别”。在古人类有目的地劳动、钻木取火、逐步进化的漫长过程中，原始人从打造石器，加工木棒，记录、分配与交易劳动果实过程中，逐步萌发并明确了长短、轻重、多少的概念。在出现专门的测量工具之前，要判断物体的多少、轻重、长短，只有依靠人体感觉器官，例如：用眼睛分辨大小，用手捧或肩扛以掂量轻重和多少，用身体和四肢来比较长短。正如据《史记·夏本纪》记载，“禹，声为律，身为度，称以出”。又如，古时候，人们以人手的大拇指和食指分开的距离定度为一尺，后来慢慢发展到采用实物量器。迄今我国所见到的最早度量衡器具——两支象牙尺，一支长 15.78 cm，另一支长 15.80 cm。其上均刻有 10 寸，每寸 10 分。这是古人“布手知尺”和我国长度单位上应用十进制的有力证据。再如，我国春秋战国时期发明了用黄铜管作为长度测量的定度标准，实现“以律定尺，以尺校律”。秦始皇兼并群雄统一中国后，推行郡县制，统一度量衡，实现“车同轨，书同文”，以后历代统治者基本上奉行“汉承秦制”原则，一直到解放前之旧中国，我国计量基本上停留在度量衡(尺斗秤)水平。

从计量发展史看，大致分为原始计量、经典计量和现代计量三个阶段。

从远古时代及随后相当长的历史时期(一直到 1875 年国际上签订《米制公约》前)是计量发展史上的“原始计量阶段”。被测对象主要局限于物质外在的长度、容量、重量(质量)以及土地面积等少数几个量。例如，我国 2000 多年来一直称谓的“度量衡”用作动词解释时，“度”是指长度测量；“量”是指容积测量；“衡”是指重量(质量)测量。对应使用的主要器具是“尺斗秤”。伴随着社会不断进步和科学技术不断发展，进入“工业文明”时代，计量由少数几个外在物理量的测量逐步发展到探索物质内在奥秘的科学测量，进而发展成一门独立的学科——计量学。其间经历了计量史上的“经典阶段”而进入“现代阶段”。

“经典计量阶段”的特点是以宏观现象与人工实物为科学基础，创建起以科学实验为基础，可在国际上通用的计量单位制——米制，并成为国际单位制的基础。主要成果是：根据地球子午线 $1/4$ 长度的一千万分之一建立了铂铱合金制的“米原器”；根据 1 立方米水在规定温度下的质量建立了铂铱合金制的“千克原器”；根据地球绕太阳公转周期确定了时间(“历书时”)单位秒等。以上这些建筑在宏观实物基准上的米制单位基准，其缺陷是随着时间的推移或地点的变动，其量值不可避免地受物理或化学性能缓慢变化的影响而产生漂移，影响这种米制单位的复现和保存，并限制了准确度的进一步提高。

“现代计量阶段”的特点是以量子理论为基础，由宏观实物基准过渡到微观量子基准。第

二次世界大战后工业及科学技术(包括计量科学技术)迅速发展,20世纪五六十年代量子基准研究日趋成熟。这类量子定义于特定原子能级跃迁上,由于原子的能级非常稳定,跃迁时辐射信号的周期自然非常稳定,因此原子跃迁所对应的量值总是固定不变的。这类微观量子基准包括1960年用氪86原子的特定能级跃迁所定义的米;1967年用铯133原子特定能级跃迁所定义的秒以及随后定义的电压单位伏特基准和电阻单位欧姆基准。从而大大提高了国际单位制实现的准确性、稳定性和可靠性。但由于量子基准都与某种原子的特定量子跃迁过程有关,因而尚不具备普适性。经科学家不懈努力,终于拿出了提高普适性的解决方案——用基本物理量(普适量)来定义计量单位。例如第17届国际计量大会(CGPM)1983年决议将米定义为“光在真空中在 $1/299\,792\,458$ 秒时间间隔内所经路径的长度”(约30万公里/秒),从而使长度事实上成了时间(频率)的导出量。目前频率(时间)测量不确定度最小,为 10^{-15} 量级。除长度定义依赖于频率外,其他一些量如电压等的定义也将与频率相联系,成为其导出量。从而使国际单位制单位及其导出单位具有更高的准确性、稳定性、可靠性和普适性。

综上所述,现代计量学起源于原始、早期的测量。计量学快速发展,测量准确度大幅度提高,是在二战之后至今的60余年间。随着人类快速进入“后工业化”及信息化时代,国际交往和贸易快速增长。物理学、化学等各门科学快速发展,不仅使被测的量达到数以万计,而且量值范围不断扩大,向极大极小两头延伸,测量准确度及测量不确定度要求越来越高,并提出了实施动态测量、实时测量、综合测量及严酷环境下特殊测量的新需求。因此,从计量学发展的轨迹来看,它是一门古老而又年轻的科学,计量虽然历史悠久,但却是一门前途无量的“朝阳”产业。

第二节 测量、计量与计量学

测量、计量与计量学是计量工作领域中三个既有关联而又有区别的基本概念。

一、测量

第二版《国际通用计量学基本术语》(缩写VIM)和我国JJF 1001—1998《通用计量术语及定义》给出的“测量”定义完全一致,即“以确定量值为目的的一组操作”。迄今为止,被测量,包括物理量、化学量、工程量、生理量、心理量等达到数以万计。测量的方法手段也有多种多样,例如简单测量、复杂测量、自动测量、手动测量等。但不论何种测量,其目的都是为了“确定量值”。

测量是一个大的集合概念。它包括校准、测试和检验以及我国独有的称谓——“计量检定”。

二、计量

“计量”是我国特有的名词,可将国际上通称的“测量”理解为我国所称的“计量”,在VIM中,只有“测量”的定义,而没有“计量”的定义。英文单词“measurement”,我国翻译人员根据需要和习惯有时翻译为“测量”,有时翻译为“计量”。由于我国计量界一直习惯使用“计量”一

词,因而在我国几个版本的通用计量名词及定义中都专门给出了“计量”的定义。JJF1001—1998给出的计量定义为:“实现单位统一、量值准确可靠的活动”。上述定义中所指的“活动”,包括科学技术方面、法律法规方面和行政管理方面的活动。从技术要求和法制管理的要求上看,计量高于一般的测量,它是一种“以实现单位统一、量值准确可靠为目的的测量”,它的重要任务是对整个测量领域起指导、监督、保证和仲裁作用。

确定被测量的量值,并做到准确可靠,是测量(计量)的任务,其终极目的是为了社会需要。为此,要求在不同时间、地点由不同的操作者使用不同仪器所确定的同一个被测量的量值,必须具有可比性。而实现可比性的前提,一是应遵循计量单位统一的原则,二是应使所获得的量值具有必要的准确度和可靠性。显然,以上这些要求不可能自发地得到满足,必须由政府行为或社会上有关团体进行有组织的活动才能实现。这些有组织的活动包括计量科研、计量技术和计量法制。

三、计量学

(一) 计量学定义及研究领域

我国 JJF1001—1998《通用计量术语及定义》给出的“计量学”定义为:“关于测量的科学。”在我国,计量学曾称之为:“度量衡学”和“权度学”。

从学科发展历史来看,计量学是物理学的一部分,是随着物理学领域和内容的扩展形成的一门综合性应用科学。它包括测量理论和测量实践。计量学研究领域包括:

- 量与单位;
- 测量原理与方法;
- 测量标准的建立与溯源;
- 测量器具及其特性;
- 测量结果的表示方法及数据处理;
- 物理常量研究;
- 标准物质和材料特性的测量;
- 与测量相关的法制、技术和行政的管理等。

计量学同国家法律、法规和行政管理紧密结合的程度与质量管理学更为显著,这在其他学科中是极为少见的,这是计量学一个极为显著的特点。

(二) 计量学分类

计量是技术与管理的结合体。计量技术是基础,计量管理是手段,它们互为支持,相互依存,是支撑计量大厦的两大支柱。计量学从其探索研究的不同角度可进行不同的分类。例如:

——把涉及计量单位换算、计量器具基本特性、测量数据分析处理等共性问题的,称为“通用计量学”;

- 把涉及量的定义和单位的实现、复现等测量理论的称为“理论计量学”；
- 把涉及自动测量、在线测量、动态测量等测量技术和测量方法研究的称为“技术计量学”；
- 把涉及长度、温度、硬度等特定量具体应用的，称为“应用计量学”；
- 把涉及计量工作中法律、法规和规章要求与法制管理的，称为“法制计量学”；
- 把涉及计量在国民经济中的作用、地位和效益评估的，称为“经济计量学”或“效益计量学”等。

以上分类，过于繁琐，且互有交叉。当前，国际上趋向于把计量学按其主要侧重点分为科学计量、工业计量(工程计量)和法制计量三大类，分别代表计量的基础、应用和政府起主导作用的社会事业三个方面。此时，计量学通常简称为“计量”。需要指出的是，这三大类计量之间仍然是你中有我，我中有你的相互依存关系，仅是研究角度和侧重点不同而已。例如，工业计量既需要科学计量作为技术支撑，又需要法制计量的保障支持；又如法制计量，它既涉及科学计量，又涉及工业计量，而后两个领域都需要法制计量手段的支持。

1. 科学计量

科学计量是指一个国家开展的基础性、探索性、先行性的计量科学研究。其任务是用最新的科技成果来精确地定义与实现计量单位，并为最新的科技发展提供可靠的测量基础，为拟定的国家大型科技攻关项目研究解决急需的测试手段，发挥“计量先行”作用。科学计量是国家计量研究的主要任务，具体包括：计量单位与单位制的研究；计量基准与标准的研制，物量常量与精密测量技术的研究；量值传递与量值溯源系统的研究；量值比对方法与测量不确定度的研究等。

2. 工业计量

工业计量又称“工程计量”，系指各种工业、工程、企业中的实用测量。它包括工业、企业、工程中有关能源及材料消耗、材质分析、生产工艺流程监控及产品质量与性能等多种计量测试。工业计量涉及面广，随着产品技术含量提高，复杂性增大，为保证产品在经济贸易全球化中所必需的一致性和互换性，工业计量显然是生产过程控制中十分关键的环节。

当今世界竞争日趋激烈，一个国家的工程计量测试能力，是彰显其工业竞争力的重要窗口，尤其是在以高新技术为基础的经济构架中更显其重要性。例如，“纳米计量”是当今热门话题之一，谁能抢占“纳米计量”高地，谁就能在迅速发展的微电子工业等新兴领域抢得先机。现在人类利用最新的纳米技术可以操纵单个原子，从而为制造量子器件或单电子器件以及原子密度的数据存储器提供可能，使之在物质潜在信息和结构方面的开发，可将“单位体积物质”储存和处理信息的能力增加百万倍。纳米技术的发展，可实现对 $1\text{ nm} \sim 1\text{ }\mu\text{m}$ 范围内间隔或位移进行测量，如超大规模集成芯片结构的线宽、台阶、膜厚的测试等。在这里，计量型原子力显微镜和具有扫描隧道及原子探头的扫描探针显微镜将为评定纳米测量不确定度的影响因素及统一纳米量值的方法提供有力手段。由此可见，高科技的迅速发展，推动并要求有与之相适应、相配套的高科技计量技术提供“先行”服务和计量保障。

3. 法制计量

国际上把立法管理范围内的计量工作统称为“法制计量”。它包括法制计量管理和法制计

量监督。内容涉及对计量单位、计量器具、测量方法及实验室等法定要求。当今世界任何一个国家通常都会把涉及公众利益和国家可持续发展战略的计量纳入法制计量范围,通常由政府或授权机构根据法制、技术和行政的需要进行强制管理,用法规或合同方式来规定并保证与贸易结算、安全防护、医疗卫生、环境监测、社会管理等有关的测量工作的公正性和可靠性。减少商贸、医疗、安全等领域的纠纷,维护消费者利益,促进社会和谐发展。法制计量的显著特征,一是政府起主导作用,由授权机构实施法制管理监督;二是监督领域是那些有利益冲突而需要保护或干预、以及测量结果需要予以特别关注或予以特殊信任者,如测量结果不正确导致违背公众利益的领域。以“医疗计量”为例,鉴于现代文明社会人们对健康日趋关心,各种先进医疗设备发展迅速,愈来愈多的测量方法和计量器具广泛应用于诊断、医疗、保健。涉及温度、压力、质量、超声、电离辐射、生物力学、脑电流、血液成分等有关参量(参数)的测量、分析和监控。以上这些参量(参数)测量不准而导致的医疗事故直接危及人体健康甚至生命。例如:血液等化验分析结果错误或误差偏大,直接造成误诊;用眼球激光治疗仪治疗白内障,因吸收功率超差严重而灼伤视网膜导致失明;用伽玛刀放射治疗肿瘤,因聚焦偏差过大导致正常组织受到高剂量照射而坏死等等。

科学计量是工业计量和法制计量的基础,一方面它为法制计量提供技术保障,是政府和授权机构进行行政执法的技术基础,另一方面又为工业计量和新技术发展提供技术支持。现代科学发展日新月异,这就要求科学计量在为科学技术发展当好“先行”的同时,又必须随时用最新的科技成果及时发展自己,提高水平,只有这样才能始终保持其“先行”位置。

第三节 计量的内容与专业分类

一、计量工作内容

计量管理和计量技术是支撑计量大厦的两大支柱。

计量技术通常包括以下 5 方面内容:

- 1) 计量单位与单位制。
- 2) 计量器具(测量设备),包括实现或复现计量单位的计量基准(副基准)、各级计量标准及工作计量器具。
- 3) 量值传递与溯源,包括检定、校准、测试、检验与检测。
- 4) 物理常量(常数)、材料与物质特性的测定。
- 5) 不确定度、数据处理与测量原理及其方法。

计量管理,包括计量保证与计量监督。计量管理既包括各单位依据计量法律法规实行依法自主管理、自律监督,也包括政府或授权机构依法实施的计量监督检查。

二、计量(学)专业分类

随着科技、经济和社会的发展进步,现代计量(学)的内容不断扩展和充实,从原始计量、经典计量阶段的“度量衡”少数专业发展到目前通称的十大类计量专业,每一大类计量专业,

又可分为若干小项(分专业)。现将各类计量专业内容简要介绍如下:

(一)几何量计量

包含复现、测量、表征物体的大小、长短、形状和位置的测量标准。

包括量块、角度、圆度、线纹、齿轮、平直尺、粗糙度、波长、测距仪、经纬仪、光学仪器等分专业。

基本参量是长度和角度。长度单位米(m),是7个国际基本单位之一;角度分为平面角和立体角,其单位分别为“弧度”和“球面度”。

1791年国际米原器的不确定度为0.1微米,即 1×10^{-7} m;1961年“米”定义为氪-86原子的 $2p_{10}$ 和 $5d_5$ 能级之间跃迁所对应辐射在真空中波长的 $1\,650\,763.73$ 倍,其不确定度约为 4×10^{-9} m;1975年新定义的“米”,其不确定度约为 1×10^{-10} m。

目前国际上热选研究有“532 nm 稳频激光器”和“飞秒梳状激光”等激光类项目。后者可以更方便地实现长度和时间标准的比对。

几何量计量中使用的测量器具有:量块、游标卡尺、千分尺、线纹尺、角度块、多面棱体、光栅尺、平晶、激光测长仪、准直仪、干涉仪、平板、测量显微镜、轮廓仪、表面粗糙度测量仪、齿轮测量仪、坐标测量仪、投影仪等。

(二)热学(温度)计量

包含复现、测量、表征物体冷热程度与物体系统平衡状态等热学量测量标准。

包括热电偶、温度灯、温度计、温度二次仪表、温度等分专业。

温度的测量单位开尔文(K),是7个国际基本单位之一。“温标”是温度的量值的表示法。现行的国际实用温标是1990年国际温标(ITS-90)。

温度的分区划分范围为:

超低温: $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至接近于绝对零度;

低温: $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim -270\text{ }^{\circ}\text{C}$;

中温: $630\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 0\text{ }^{\circ}\text{C}$;

高温: $6\,000\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 630\text{ }^{\circ}\text{C}$;

超高温: 超过 $6\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

测量温度的方法通常分为直接测量法和间接测量法两大类,所用的测量仪器分别为:

直接测量法所用的仪器有:金属电阻温度计、玻璃温度计、石英频率温度计、噪声温度计等。

间接测量法(通过辐射等原理进行非直接接触)所用的仪器有:光学高温计、光电高温计、红外高温计、比色高温计和全辐射高温计等。

目前,国际上正开展低温温标、高温固定点及热力学温度测量等前沿研究(我国尚未开展,落后很多)。

几十年来辐射测温学取得了飞速发展,高温计经过几代的演变已由目视光学高温计发展到以硅光二极管为探测器且配有计算机和处理系统的辐射测温仪(测温下限已拓展到 $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$

甚至更低)。

(三)力学计量

包含复现、测量、表征物体的重量、体积、容积、机械性能、运动状态、运动特性、相互作用的测量标准。

包括质量、力值、压力、真空、硬度、密度、流量、容量、冲击、振动、扭矩、转速等分专业。

基本单位千克(kg),是7个国际基本单位之一。千克原器是目前国际上惟一以实物形式保存的基本单位基准。

过去的100多年中,估计千克原器的质量变化约为50 mg,即 5×10^{-5} 量级。

我国国家千克原器1989年第3次国际比对结果为 $1 \text{ kg} + 0.295 \text{ mg}$,不确定度为 $2.3 \mu\text{g}$ ($k=1$)。

目前国际上正在进行以某种量子计量基准来代替实物基准,并提出了若干解决方案。如:方法之一是用高度提纯的硅晶体中的硅原子质量来作为新的量子质量基准,经多年研究,准确度已达到 10^{-8} 量级;方法之二利用“功率天平”确定质量的新定义,目前,准确度已达 10^{-10} 量级。

力学计量包括以下分专业:

1. 质量计量(人们常常习惯把“质量”称之为“重量”)

质量是物体的固有属性,在牛顿力学范围内是恒定不变的,从数学表达上看,质量是标量;

重量是因受到地球引力不同而不同的,它等于物体的质量与重力加速度的乘积,从数学表达上看它是矢量。

常用的质量计量器具有:各种天平、砝码和秤。

2. 密度计量

对均匀物质而言,密度为物质的质量(m)与其体积(V)之比,在一定条件(温度,压力)下是一个常数。表征物质分子排列疏密的程度,称之为密度。

密度的国际单位制单位是 kg/m^3 ,也可用 g/ml 作为密度单位。

密度计量器具主要有:酒精计、糖量计、密度计、海水密度计等。

3. 力值计量

力是物体之间的相互作用,这种相互作用可产生两种效应:一是使物体的运动状态发生改变——动力效应或外效应;二是使物体发生变形或在其内产生应力——静力效应或内效应。

一般情况下,一个物体受到另一个物体作用时,加速度和变形往往是同时产生的。

在国际单位制中,力的计量单位是牛顿(N)。1 N就是使1 kg质量的物体产生 $1 \text{ m}/\text{s}^2$ 加速度的力。

4. 容量计量

容量是指容器内可容纳物质(液体、气体或固体微粒)体积的量,即容量内部所包含的空间体积或容积。