



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材  
普通高等教育测控信息技术规划教材

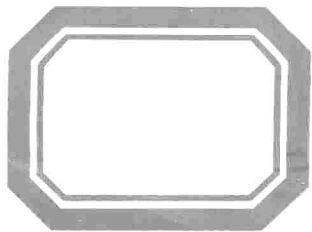
# 计量学基础

Basic metrology 第2版

李东升 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



“五”普通高等教育本科国家级规划教材  
普通高等教育测控信息技术规划教材

# 计量学基础

第 2 版

主 编 李东升  
副主编 郭天太 赵 军  
参 编 陶 容 沈小燕 姚 燕 尹招琴



机械工业出版社

本书系统介绍了有关计量学方面的基础知识。其主要内容包括：概论，量和单位，计量法规与法制管理，计量技术机构质量管理体系的建立与运行，测量数据处理，计量检定、校准和检测，计量标准的建立、考核及使用，比对、测量审核和期间核查，物理计量，化学计量，计量新领域等。各章均附有思考题与习题可供选用。

本书为高等学校测控技术与仪器专业的教材，也可作为信息类、管理类和其他有关专业的教材，同时可供新进入计量测试、质检、标准行业的科技人员使用。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

计量学基础/李东升主编. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2014. 7  
“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材  
ISBN 978-7-111-46500-3

I. ①计… II. ①李… III. ①计量学—高等学校—教材 IV. ①TB9  
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 082691 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)  
策划编辑: 贡克勤 责任编辑: 贡克勤 王小东  
版式设计: 霍永明 责任校对: 张玉琴  
封面设计: 张 静 责任印制: 刘 岚  
北京诚信伟业印刷有限公司印刷  
2014 年 7 月第 2 版第 1 次印刷  
184mm×260mm·16.75 印张·402 千字  
标准书号: ISBN 978-7-111-46500-3  
定价: 32.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

**普通高等教育**  
**测控信息技术规划教材编审委员会**

主任委员	陈光祚	电子科技大学
副主任委员	裘祖荣	天津大学
	蔡 萍	上海交通大学
	王 祁	哈尔滨工业大学
	梅杓春	南京邮电学院
	韩雪清	机械工业出版社
	童玲（兼秘书长）	电子科技大学
委 员	王寿荣	东南大学
	林 君	吉林大学
	潘英俊	重庆大学
	赵跃进	北京理工大学
	黄元庆	厦门大学
	吕乃光	北京信息科技大学
	石照耀	北京工业大学
	杨理践	沈阳工业大学
	何 涛	湖北工业大学
	梁清华	辽宁工业大学
	赵 建	西安电子科技大学
	刘 娜	北京石油化工学院
	王保家	机械工业出版社

## 第2版 前言

计量测试技术是支撑国家社会发展的重要基础。国家越发达,对计量测试技术的依赖程度就越高、投入也越大。高端的计量测试技术属于国家核心竞争力的内容,必须通过自主研发的途径解决。目前,国际计量单位制面临重大变革,将以量子物理学为基础的基本物理常数和原子的物理特性来重新定义新一代的国际计量单位。与此同时,国内传统产业的升级以及战略性新兴产业的发展都需要计量测试技术作为重要支撑,国家还从2011年开始了注册计量师执业资格考试。因此,有许多新的计量科学与技术方面的内容需要补充到教材中去。

本书的第1版由机械工业出版社于2006年7月出版,为“普通高等教育测控信息技术规划教材”。出版后,先后经全国50余所高校使用。在使用中对本教材提出了许多中肯的意见。本书在修订中广泛地听取了同行及读者的意见,对原书内容做了较大调整,增加了“计量法规与法制管理”“计量技术机构质量管理体系的建立与运行”“测量数据处理”“计量检定、校准和检测”“计量标准的建立、考核及使用”“比对、测量审核和期间核查”“计量新领域”等内容,突出了计量的法制管理和实际操作。2012年11月,本书入选第一批“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。

本书由中国计量学院李东升任主编,郭天太、赵军任副主编。本书各章的编写人员和分工为:李东升(第一章)、郭天太(第三章第一、三、四节、第十章第三~五节)、赵军(第七章第四节)、陶容(第二章、第七章第一~三节)、沈小燕(第三章第二节、第五章、第九章第一、四节、第十章第一节)、姚燕(第四章、第六章、第九章第二节、第十一章、第十二章第一节)、尹招琴(第八章、第九章第三节、第十章第二节、第十二章第二节)。

王月兵研究员对第十章的声学计量部分进行了审阅并提出了修改意见。硕士生吴俊杰、李敏、刘月瑶、周晓雪绘制了部分插图。中国计量学院计量测试工程学院对本书的编写工作给予了大力支持。在此一并表示感谢!

受作者的水平和学识所限,本书肯定存在缺点和不足之处,恳请广大读者予以批评指正。

编者

# 第 1 版 前言

计量是保证单位统一和量值准确可靠的活动，是国民经济和社会发展的重要技术基础。计量学是研究测量的科学，是所有学科赖以发展的重要支柱之一，也是评价一个国家科学技术水平的重要标志之一。从人们日常的生活到国民经济各领域及国防军工、航空航天领域，都需要计量做保障，离开了计量，就寸步难行。科学要发展，计量需先行。计量学是一个不断挑战极限、追求卓越的学科领域，是一个先导性的学科，对我国经济建设具有重要支撑作用。

我国近年来测控信息类专业招生人数大幅度扩张，恰逢国家目前也大力发展计量测试事业，因此，将有相当数量人员毕业后要从事计量测试领域的工作。为此，许多高等学校都开设了计量学方面的课程，为学生进行入门性的教育，也为今后在本领域就业打下一些有益而必要的基础。但苦于缺少适用的教材，因此，为满足当前本科人才培养的需要而编写了此书。

本书系普通高等教育测控信息技术规划教材之一，由中国计量学院李东升教授任主编，赵军高级工程师、顾龙方副教授任副主编。由中国计量学院副校长侯宇教授担任本书主审。参加本书编写的人员有：李东升（第一章），赵军（第二章、第三章），顾龙方（第六章），朱维斌（第九章、第十一章、第十三章），陆艺（第四章、第五章、第七章），范伟军（第十二章、第十六章），尹招琴（第八章、第十章），徐立恒（第十五章、第十七章），刘文献（第十四章），硕士生王强绘制了部分插图。中国计量学院计测学院对本书的编写工作给予了大力的支持，在此表示衷心的感谢！

本书编写中参阅了施昌彦主编的《现代计量学概论》、王立吉编著的《计量学基础》以及国防科工委科技与质量司组织编写的计量系列丛书等 28 部著作和论文，在此向文献作者表示衷心感谢。

由于科学技术的不断发展和编者的水平有限，本书中肯定存在缺点和不足，恳请读者批评指正。

编 者

# 目 录

第2版前言	
第1版前言	
第一章 概论	1
第一节 计量学研究的意义	1
一、社会发展对计量的需求	1
二、有关计量、测量、测试的概念	1
三、计量学	2
四、计量学主要研究的内容	2
五、计量学研究的新领域——产业计量	3
第二节 我国计量体系的现状	4
一、我国计量事业的兴起	4
二、计量在我国的发展	5
第三节 国际计量体系的形成与发展	8
一、国际计量体系的形成	8
二、国际计量体系及组织机构	9
三、校准和测量证书的互认协议(MRA)	11
四、国际计量体系近期的重大变革	13
思考题与习题	14
第二章 量和单位	15
第一节 量和量值	15
一、量	15
二、量值	16
第二节 量制和量纲	17
一、量制	17
二、量纲	18
第三节 测量单位和单位制	19
一、测量单位	19
二、单位制	21
三、国际单位制	21
第四节 国际单位制基本单位简介	26
一、长度单位——米(m)	26
二、质量单位——千克(kg)	27
三、时间单位——秒(s)	28
四、电流单位——安培(A)	28
五、热力学温度单位——开尔文(K)	28
六、物质的量的单位——摩尔(mol)	29
七、发光强度单位——坎德拉(cd)	29
第五节 我国法定计量单位	30
一、我国法定计量单位的构成	30
二、我国法定计量单位的特点	31
三、我国法定计量单位和词头的使用	31
四、我国法定计量单位的适用范围	32
思考题与习题	33
第三章 计量法规与法制管理	34
第一节 我国的计量法规体系及法制管理	34
一、我国的计量法规体系	34
二、我国的计量监督管理体制	35
三、法定计量检定机构的监督管理	37
四、产品质量检验机构的计量认证	39
五、计量检定的法制管理	39
六、测量标准的建立及法制管理	41
七、计量器具产品的法制管理	43
第二节 商品量的计量监督管理	47
一、零售商品称重计量监督管理	47
二、定量包装商品计量监督管理	48

第三节 计量技术法规 .....	51	与表示 .....	83
一、计量技术法规的发展和现状 .....	51	第三节 测量结果的处理和报告 .....	89
二、计量技术法规的分类 .....	51	一、有效位数及数字修约规则 .....	89
三、计量技术法规的应用 .....	53	二、测量结果的表示和报告 .....	90
第四节 国际计量技术文件 .....	54	思考题与习题 .....	92
一、OIML 国际建议和国际文件 .....	54	第六章 计量检定、校准和检测 .....	94
二、采用国际建议和国际文件的 原则 .....	55	第一节 检定、校准和检测概述 .....	94
思考题与习题 .....	57	一、检定 .....	94
第四章 计量技术机构质量管理体系 的建立与运行 .....	58	二、校准 .....	95
第一节 计量技术机构质量管理体系 的建立 .....	58	三、检测 .....	95
一、计量技术机构的基本要求 .....	58	四、检定、校准与检测的区别 与联系 .....	95
二、对计量技术机构检定、校准、 检测工作公正性的要求 .....	58	第二节 计量检定、校准、检测 的实施 .....	96
三、质量管理体系文件的建立 .....	59	一、计量器具检定的种类 .....	96
四、资源的配备和管理 .....	60	二、计量检定、校准、检测工作 的实施 .....	96
第二节 计量技术机构质量管理体系 的运行 .....	60	第三节 国家计量检定系统表、计量 检定规程及校准规范 .....	97
一、计量标准、测量设备量值溯源 的实施 .....	60	一、国家计量检定系统表 .....	97
二、检定、校准、检测的运行 .....	61	二、计量检定规程 .....	99
三、内部审核和预防措施制定 和实施 .....	64	三、计量校准规范 .....	101
四、管理体系的持续改进 .....	64	第四节 检定证书、校准证书和检测 报告 .....	103
思考题与习题 .....	64	一、证书、报告的类型 .....	103
第五章 测量数据处理 .....	66	二、证书、报告的管理 .....	104
第一节 测量误差的处理 .....	66	三、计量检定印、证 .....	104
一、测量误差的基本概念 .....	66	第五节 计量检定和校准实例 .....	105
二、测量误差的处理原则 .....	68	一、计量检定实例 .....	105
三、计量器具误差的表示与评定 .....	75	二、计量校准实例 .....	106
第二节 测量不确定度的评定 与表示 .....	78	思考题 .....	108
一、测量不确定度的基本概念 和分类 .....	78	第七章 计量标准的建立、考核及 使用 .....	109
二、统计技术的应用 .....	80	第一节 计量基准与计量标准 .....	109
三、评定不确定度的一般步骤 .....	82	一、计量基准 .....	109
四、测量不确定度的评定方法 与表示 .....	83	二、计量标准 .....	110
		三、标准物质 .....	111
		第二节 计量标准的建立 .....	113



一、建立计量标准的依据和条件	113	二、国际温标的规定	154
二、建立计量标准的准备工作	113	三、温度计量的基准原理	155
三、计量标准的命名规则	114	四、温度计量的传递和溯源	158
第三节 计量标准的考核	115	五、温度计量的发展	160
一、计量标准的考核要求及有关技术问题	116	第三节 力学计量	162
二、计量标准的考核程序和考评方法	121	一、力学计量的基本概念	162
第四节 计量标准的使用	124	二、力学计量的基准原理	163
一、计量标准的使用要求	124	三、力学计量的传递和溯源	166
二、计量标准的保存和维护	124	第四节 电磁学计量	166
三、计量标准器或主要配套设备的更换	125	一、电磁学计量的基本概念	166
四、计量标准的封存、撤销、恢复使用	126	二、电磁学计量单位的复现和实物计量基准	168
五、计量标准的技术监督	126	三、电磁学计量的传递和溯源	173
思考题与习题	126	思考题与习题	178
第八章 比对、测量审核和期间核查	128	第十章 物理计量(二)	180
第一节 比对	128	第一节 光学计量	180
一、比对的概念及作用	128	一、光学计量的基本概念	180
二、比对的实施	128	二、光学量计量基准	184
三、比对结果的评价	134	三、光学量的传递与溯源	185
四、比对结果举例	134	第二节 声学计量	190
第二节 测量审核	135	一、声学计量的基本概念	190
一、测量审核的概念及作用	135	二、空气声计量	191
二、测量审核的实施	135	三、超声计量	194
第三节 期间核查	137	四、水声计量	195
一、期间核查的概念及作用	137	第三节 电子学计量	197
二、期间核查的实施	138	一、电子学计量的基本概念	197
三、核查结果处理和标准保存	140	二、电子学计量标准	198
思考题与习题	141	三、电子学计量的量值传递	203
第九章 物理计量(一)	142	四、电子学计量动态	205
第一节 几何量计量	142	第四节 时间频率计量	206
一、几何量计量的基本概念	142	一、时间频率计量的基本概念	207
二、几何量计量的基准原理	143	二、时间频率基准	208
三、几何量计量的传递和溯源	145	三、时间频率计量技术	211
第二节 温度计量	151	四、时间频率量值的传递	214
一、温度计量的基本概念	151	五、时间频率计量的发展	217
		第五节 电离辐射计量	220
		一、电离辐射计量的基本概念	220
		二、电离辐射量计量技术	223
		三、电离辐射量的量值传递	228

思考题与习题 .....	229	二、化学计量面临的挑战和任务 ...	241
第十一章 化学计量 .....	230	思考题与习题 .....	242
第一节 化学计量及其任务 .....	230	第十二章 计量新领域 .....	243
一、化学计量的基本概念 .....	230	第一节 能源计量技术 .....	243
二、化学计量的特点与任务 .....	231	一、能源计量的定义 .....	243
第二节 化学计量的基本原理		二、能源计量的意义 .....	243
和方法 .....	231	三、能源计量单位 .....	244
一、物理化学计量 .....	231	四、能源计量器具 .....	246
二、分析化学计量 .....	232	五、新能源发展中的计量问题 .....	246
第三节 化学计量的传递与溯源 .....	237	第二节 食品及药品安全计量 .....	247
一、化学测量仪器的检定与校准		一、食品计量 .....	248
方法 .....	237	二、药品安全计量 .....	250
二、物理化学计量仪器的检定		思考题与习题 .....	252
与校准 .....	237	附录 部分相关计量法律法规	
三、分析化学计量仪器的检定		目录 .....	253
与校准 .....	238	参考文献 .....	254
第四节 化学计量的发展 .....	240		
一、新测量方法与技术 .....	240		

# 第一章 概 论

## 第一节 计量学的意义

### 一、社会发展对计量的需求

人类社会每天都进行大量的测量，测量已成为人类获取信息的最重要途径之一。如果这些信息不能够做到准确可靠，就会直接或间接影响到人们对事物的认识程度以及生活质量的提高。计量工作就是实现准确可靠测量的基本保证。

国际上把计量定义为“关于测量的科学”，它涵盖有关测量的理论与实践的各个方面。因而将测量定义为以确定量值为目的的一组操作。社会的进步和经济发展都需要大量繁杂多样的测量技术和方法提供支撑和保障。例如，随着汽车保有量的逐年增加，我国每年有约50%的石油及成品油要从国外进口，这类大宗商品的贸易中若测量不确定度在0.5%，就会给我国带来数十亿元的损失；若能使民用“四表”（电能表、水表、燃气表、热量表）的计量准确度从2%降低到1%，我国居民和有关能源部门每年就可以减少数百亿元的损失。由此可见，计量可为保障贸易公平提供重要支撑。受检测手段的制约，我国的许多军工产品还缺乏自动化的生产线，甚至要依靠人工的技术经验获得整机的技术和性能指标，严重地影响了产品的可靠性和互换性，同国外先进技术相比有较大差距。这表明计量的核心技术不能通过技术引进途径获得，必须走自主研发的道路。

一个国家对计量的需求规律是非均衡、非线性的。国力越低下，对计量的依赖就越弱。相反，国力越强盛，对计量的要求就越高。这些规律已经为发达国家及我国近年来的发展所证实。计量水平成为评价一个国家发达程度的重要标志。

### 二、有关计量、测量、测试的概念

#### 1. 计量

我国对计量的定义为：计量是实现单位统一、量值准确可靠的活动。该定义明确了计量的目的和任务是实现单位统一和量值准确可靠，其内容是为实现这一目的所进行的各项活动，这一活动具有十分的广泛性，它不仅包括科学技术和产业领域等各方面，还涉及法律法规、行政管理等内容，而且要通过仪器设备及测量环境控制等手段保证测量数据的准确可靠。通过计量所获得的测量结果已成为人类社会活动的重要信息源。

#### 2. 测量

按照JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》，测量的定义为：通过实验获得并可合理赋予某量一个或多个量值的过程。通常，测量意味着量的比较并包括实体的计数。测量的前提条件包括对与测量结果预期用途相适应的量进行描述、规定测量程序、所要用于操作的测量系统应经过校准且必须依据测量程序（包括测量条件）进行操作。操作的目的在于确定

被测量值的大小，而未对测量范围等加以限定。因此，该定义可用于所有可测的量。

### 3. 测试

测试是具有试验性质的测量。其过程具有探索性，主要涉及新出现的量的测量以及原有量需要对量程和分辨力进行拓展的测量。测量方法和测量仪器等都需通过实验逐步确定。可见，测试工作的最重要的意义在于将不可测的量转化为可测的量，然后再形成测量方法和测量仪器，最后才是将该量值的计量列入计量体系的量值传递与溯源链。

从事物的发展的时间过程来看，测试为最先开展的工作，之后是测量，最终是计量。

## 三、计量学

计量学是测量及其应用的科学，它是由物理学的一个分支而逐渐发展形成的一门研究测量理论和实践的综合性学科。计量学研究的对象包含有关测量的各个方面，如：可测的量；计量单位和单位制；计量基准和标准的建立、复现、保存和使用；测量理论和测量方法；测量仪器及其特性；量值传递和溯源；测量人员及其进行测量的能力；测量结果及其测量不确定度的评定；基本物理常数、标准物质及材料特性的准确测定；法制计量及计量管理。

计量学与其他理工类学科最显著的区别在于它同国家法律、法规和行政管理的结合程度非常密切。因此，计量是科学技术与管理的结合体，而且两者相互依存、相互渗透，即计量管理工作中具有较强的技术性，而计量科学与技术中又涉及较强的法制性。计量学有时也简称为计量，但要注意两者在概念上的区别。

## 四、计量学主要研究的内容

尽管被测量的对象种类繁多，但计量学的研究内容不外乎以下几个方面。

### （一）科学计量

科学计量是计量学的核心内容。它是指基础性、探索性、先行性的计量科学研究。通常是用最新的科技成果精确地定义与复现计量单位（尤其是国际基本计量单位），并为最新的科技发展提供可靠的测量基础。科学计量是国家计量技术机构的主要任务，省、地（市）级计量技术机构也在逐渐加强这方面的工作。科学计量包括计量单位与单位制的研究、计量基准与标准的研制、基本物理常数及其精密测量技术的研究、量值传递与溯源系统的研究、量值比对方法与测量不确定度的研究。还包括对测量原理、测量方法和测量仪器的研究，以及动态、在线、综合测量技术的研究。也涵盖计量新方法的探索及误差源的寻找等方面。科学计量的实质在于“追求卓越、挑战极限”。科学计量是实现量值统一准确可靠的重要保障，可以反映出一个国家的核心竞争力。

### （二）法制计量

法制计量是计量学的重要组成部分，是从计量对社会稳定所起作用的角度考虑的。在国民经济和社会生活中，利益的冲突问题是永恒存在的，如何通过法制计量手段化解这些利益冲突、形成共同遵守的法律准则是极其必要的。这是计量作为一门学科与其他学科的最根本的区别。因此，法制计量的目的是要解决由于不准确、不诚实、不完善测量所带来的危害，维护国家和公民的利益。当前国际社会公认的法制计量领域即为我国《计量法》所规定的贸易结算、安全防护、医疗卫生、环境监测等领域。近年来，各国将资源控制也纳入依法管理的范围。因此，法制计量的领域也随社会发展而变化。

法制计量研究的内容包括：计量立法、统一计量单位、测量方法、计量器具和测量结果的控制、法制计量检定机构及测量实验室管理等。计量立法包括国家计量法的制定、计量法律法规的制定以及各种计量技术法规的制定。统一计量单位要求强制推行法制计量单位。测量方法和测量器具的控制包括：计量器具的型式批准、许可制度、强制检定（首次检定和后续检定）、计量器具的检查等。测量结果和有关计量技术机构的管理包括：定量包装商品量的管理、对校准和检测实验室的要求。总而言之，法制计量是政府的行为和职责。

### （三）工业计量

工业计量也称工程计量。一般指工业、工程、生产企业中的实用计量，包括：有关能源和材料的消耗、监测和控制，生产过程和工艺流程的监控，生产环境的监测以及产品质量与性能的检测、企业的质量管理体系和测量管理体系的建立与完善，生产技术的开发和创新，企业的节能降耗与环保，统计数据的应用，劳动与生产安全的保障，生产效率的提高等。工业计量的含义具有广义性，并不是单纯指工业领域。所谓广义是指除科学计量、法制计量以外的其他计量测试活动，是涉及应用领域的统称。实际上，工业计量已成为国家工业竞争力的重要组成部分，具有广阔的应用前景。

## 五、计量学研究的新领域——产业计量

### 1. 产业计量的概念

多年来，计量工作基本围绕传统的“十大计量”进行，各级计量技术机构与用户间的业务联系以计量仪器设备等的量值服务为主，立足于计量器具的检定/校准及相应服务。而广大企业界用户最关心的是计量能为产品质量提供怎样的保障，能给他们带来怎样的经济效益，而不是直接关心一台台仪器设备的量值是否准确可靠。尽管仪器设备在保障产品质量方面起了至关重要的作用，但毕竟在产品链中仅是一个个点，而产品质量则属于线或面的问题。这当然是认识程度或者观念方面的问题，但已明确告诉我们一个事实：我们已长期徘徊于经济建设的外围地带，而未能有效地介入核心区域。这已经成为制约本领域发展的一个重要因素。

相比于传统的“十大计量”，产业计量是有很大创新的一个概念，由我国学者朱崇全提出。所谓产业计量是指服务于各产业经济的计量工作，包括计量器具的检定/校准、产品的终端检测、产品形成过程的量值检测服务、专用及特种检测设备的研究、测量管理体系的建立与有效运行等多方面，涵盖产品设计、制造、流通、使用、报废等全生命周期过程。由此可见，产业计量是传统计量的拓展，其特点有：

1) 实现观念的更新，定位在为产业经济发展服务的位置上，为产业排忧解难。这就可直接介入到产业的核心层，而不仅仅围绕着计量机构熟悉、但不是产业发展最急需的“量值的准确可靠”方面。

2) 源于长期计量工作实践经验、采用逆向思维方式、提出新理论，为计量技术机构开展创新工作提供巨大空间。例如，在设计阶段就嵌入计量，实现“可计量性设计”。

3) 针对我国产业发展中新出现的大量的量值的溯源路径问题，及时进行深入研究和探索，为我国传统产业升级、大力发展战略性新兴产业中的量值溯源问题提供新技术、新方法。

## 2. 新兴产业带来的计量问题

我国在最近一段时期将大力发展节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新材料、新能源、新能源汽车等七大战略性新兴产业。新兴产业的参数具有多样性和复杂性,有大量量值在现有的“十大计量”中找不到溯源的路径,必须进行补充与完善,否则将影响新兴产业的正常发展。以能源计量为例,输油管线贸易交接站对原油含水率的测量、天然气的能量(或热值)的测量、居民集中供暖的蒸汽能量的测量等都是急需解决量值溯源路径的难题。

## 3. 以工业产品为例看计量问题

大量的工作是产品形成过程的量值检测服务和产品的终端检测服务,若涉及贸易壁垒,则还要进行商贸检测服务。就以我们工作和生活中常用的设备为例,比如说电冰箱和空调的核心部件是压缩机,但压缩机还需通过各种阀门才能达到制冷的目的。其中的一种阀门称为电子膨胀阀,我国是全球该类产品的生产基地,因此,每年的产量非常大。其装配生产线主要的工序有:冷却剂的填充量自动控制(力学计量)、调整螺栓的自动拧紧(力学计量)、密封性自动检测(温度、压力计量)、性能指标综合测试(几何量、力学、时间频率)等。更重要的是还要求动态测量,传统的专业计量方法已无法满足要求,必须应用产业计量学的理论和方法解决这些日益增多又急需解决的问题。

# 第二节 我国计量体系的现状

## 一、我国计量事业的兴起

我国古代有许多令炎黄子孙骄傲自豪的计量文化,我们耳熟能详的就有:秦始皇统一度量衡,郭守敬研制成功浑天仪、日晷等,这些计量成就至今仍灿烂辉煌。但令人遗憾的是:近代和现代计量学却是在欧洲兴起的。这主要是因为我国古代封建农耕社会体制严重地制约了科学技术的发展,学堂里传授的也是以人文知识为主的知识体系,再加上连续不断的战乱以及闭关锁国的愚民政策,使我国的科学技术与国外相比形成天壤之别。直至新中国成立前,国家的生产力已处于极其低下的程度,计量则几乎处于空白的状态,公制、市制、英制、美制和各种旧制并存。

新中国成立后,1950年在中央财政经济委员会技术管理局设立了度量衡处(即今天国家质量监督检验检疫总局的前身)。1952年向前苏联订购了第一批计量标准仪器。1954年成立了国务院直属的国家计量局。1955年、1957年先后派遣技术人员分别到国外学习,还聘请有关计量专家来华指导计量工作,培养了我国第一批计量技术骨干。1956年,国家科学规划委员会制定了《1956—1957年国家最重要科学技术规划》,把“统一的计量系统、计量技术和国家标准的建立”列为国家重点发展的项目。1959年,国务院发布《关于统一计量制度的命令》和《统一公制计量单位名称方案》。20世纪60年代起,我国决定建立130项计量标准作为国家科研规划的重中之任务,并立即付诸实施。1961年,研制成功第一项国家计量基准——表面粗糙度基准装置。1965年7月,国家科委将中国计量科学研究院从国家科委计量局分出,独立设置,负责计量科研和量值传递工作,使我国计量科学研究进入高速发展时期。此后,经过十余年的努力,相继建立了191项国家计量基准和计量标

准，基本满足了全国量值传递与溯源的要求。

1985年6月，六届全国人民代表大会常委会第十二次会议审议通过了《计量法》，并于1986年7月1日起实施。政府计量部门全面进入商贸、安全、健康、环保等领域，建立起法制计量体系。《计量法》实施后，全国各行业数十万家企业通过认证升级活动，获得的一级计量合格证书有1025个，获得二级计量合格证书的企业有16000余个，获得三级计量合格证书的企业达6400余个。

20世纪90年代起，国家开始对质检机构进行“计量认证”，通过健全量值溯源（传递）体系和检测实验室计量认证体系，全面规范了近万个计量检定、校准和各类检测实验室的测量活动，并基本实现全国量值的准确一致。

值得说明的是，20世纪后半叶，特别是改革开放以来，我国还陆续加入了米制公约组织、国际法制计量组织（OIML）、国际计量技术委员会（CIPM）、国际标准物质信息库（COMAR）、国际原子能机构/世界卫生组织次级标准剂量实验室网（IAEA/WHO SSLs）、亚太地区计量规划组织（APMP）和亚太法制计量论坛（APLMF）等，形成国际交流与合作的新平台。

## 二、计量在我国的发展

### 1. 法规体系

目前，已形成以《计量法》为核心的计量法规体系。包括《计量法》、国务院计量行政法规8件、国务院计量行政管理部门规章26件、省（市）地方性计量规章4件。2005年对《计量法》进行修订，2006年国务院法制办就《计量法》送审稿征求地方政府和有关部门意见后，再次进行修改。

### 2. 管理体系

国家质量监督检验检疫总局（简称国家质检总局）作为国务院的行政主管部门，统一管理全国的计量工作。地方政府以省（直辖市）、地（市）、县三级质量技术监督局为主，负责组织《计量法》的实施。1999年地方质量技术监督系统实行了省以下垂直管理体制。

根据《计量法》的授权，国防计量工作由国务院和中央军委另行规定。1998年机构改革后，国防计量分为国防科技工业计量和军事计量，分别由国防科学工作委员会（简称国防科工委）和解放军总装备部负责管理。国防科工委于2000年发布了《国防科技工业计量监督管理暂行规定》，中央军委于2003年发布了《中国人民解放军计量条例》。在国防科技工业系统和军队内部分别建立了一批相关计量机构和国防计量标准，独立开展量值传递工作。最高国防计量标准的量值要溯源到国家计量基准。

### 3. 量值传递体系

量值传递体系主要包括计量基准、计量标准、标准物质、比对、计量技术法规等。

计量基准是为了定义、实现、保存、复现量的单位或者一个或多个量值而建立的测量系统，是国家统一量值的依据。目前，正式批准国家计量院等10个计量技术机构研制的178项高精密度测量系统作为国家计量基准，基本覆盖了十大计量专业技术领域的计量基准工作。还开展了一些新的量子计量基准的前沿研究工作。

计量标准分为社会公用计量标准、部门和企事业单位使用计量标准。社会公用计量标准由各级质量技术监督部门规划、批准，作为统一本地区量值的依据。社会公用计量标准以及



部门和企事业单位建立的计量标准要纳入计量管理体系,要对其进行考核和强制检定。计量标准考评员实行国家注册制度。

标准物质也属于计量标准范畴,由国家质检总局统一管理,对申报的国家标准物质进行定级鉴定审查和制造许可证考核,合格后颁发制造计量器具许可证和标准物质定级证书,统一规定标号,列入标准物质目录,向全国公布并向国际上通报。

近年来,由中国计量科学研究院代表国家共参加国际物理、化学量关键比对项目 132 项,参加其他相关双边、多边国际比对项目 30 项,绝大多数项目达到了国际等效要求。组织全国计量基、标准国内比对项目 23 项。

计量技术法规包括检定系统表、检定规程、技术规范。制定计量技术法规采用国际通行做法,即由专家组成专业技术委员会完成起草和审定工作,由国家质检总局批准发布。

#### 4. 保障体系

各级计量技术机构是计量保障体系的主体。计量技术机构包括依法设置和依法授权两类。国家制定了《法定计量检定机构考核规范》(JJF 1069),各级计量技术机构按照考核规范的要求编制质量手册、建立质量管理体系。日常管理和定期考核由国家质检总局和省级质量技术监督局负责。

计量检定人员是计量保障体系的重要组成部分。计量检定员是指经考试合格、持有计量检定证件、从事计量检定工作的人员。《计量法》规定,依法设置的计量技术机构的计量检定员由同级质量技术监督局组织考核发证,其他单位的计量检定员由其主管部门组织考核。2006 年,国家质检总局和人事部联合发布了《注册计量师资格暂行规定》《注册计量师资格考试实施办法》《注册计量师资格考核认定办法》,为计量技术人员的能力考核提供了社会平台。2011 年 6 月 18 日开展了全国首次注册计量师资格考试工作,标志着我国注册计量师的资格考试已正式开始并逐渐进入常态化。

此外,国家加强了计量信息化及宣传工作。国家建立了计量法规、计量基准、国家质检总局考核的计量标准、计量技术法规、省级以上计量技术机构的数据库,组织建立国家计量基、标准体系信息共享平台。每年都举办“5·20 世界计量日”宣传系列活动,有计划地在世界计量日开展各种形式的计量宣传。

#### 5. 法制计量工作

我国国务院于 1984 年颁布《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》。目前,除电离辐射正在改制外,已基本采用法定计量单位。我国的法定计量单位包括:国际计量单位的基本单位、辅助单位、导出单位、国家选定的非国际单位制单位、由以上单位构成的组合形式的单位、由词头和以上单位构成的十进倍数和分数单位。

依据《计量法》对计量器具新产品进行管理是法制计量的重要工作。《计量法》规定,凡制造计量器具新产品,必须申请办理计量器具型式批准或样机试验。新近修订的《计量器具新产品管理办法》则按国际通行做法将计量器具的型式批准和定型鉴定、样机试验统一为型式批准和型式评价。《计量法》对制造、修理计量器具的企业、事业单位规定了许可证制度。许可证由县级以上质量技术监督局考核发放,只有取得许可证者方可从业,否则工商行政部门将不予办理营业执照。实行许可证的范围由计量器具定义和《依法管理的计量器具目录》(468 类)确定。

对进口仪器的型式批准要按照《进口计量器具监督管理办法》的要求进行。凡进口或



在境内销售列入《进口计量器具型式审查目录》内的 18 类计量器具，应申请办理型式批准。办理型式批准的程序与国内计量器具型式批准的程序相同。未经型式批准的，不得进口或销售。

2005 年修订了《依法管理的计量器具目录》和《进口计量器具型式审查目录》，2006 年开始实施。目录共列入计量器具 75 类，适用于国内计量器具型式批准、计量器具许可证的颁发和进口计量器具的检定。

计量检定是法制计量的重要手段。计量检定分为强制检定和非强制检定两种形式。强制检定由指定的计量技术机构定点定期进行，范围包括社会公用计量标准、部门和企事业单位使用的最高计量标准，也包括用于贸易结算、安全防护、医疗卫生、环境监测方面并列入强制检定目录的工作计量器具。此外，凡列入《依法管理的计量器具目录》内的各类进口计量器具，在海关验收后，订货单位必须向所在地的省级质量技术监督局申请检定，检定合格后方可销售。强制检定分为首次检定和周期检定两种方式，检定周期依照相应的检定规程确定。

除对计量器具进行强制检定外，《计量法》还规定了要对计量器具产品质量进行监督检查。对涉及贸易公平、安全防护、医疗卫生等方面的计量器具每季度都安排对产品质量的国家级监督抽查。主要对象有水表、电能表、燃气表、加油机、血压计等 24 种重点管理计量器具和医用强检计量器具，对与百姓生活密切相关的计量器具进行了跟踪抽查。

定量包装商品、非定量包装商品和散装商品称为商品量，我们在超市或市场经常能够见到这些商品，当然，也就与民生密切相关。为此，国家开展了对商品量进行计量监督，就是对商品的计量结果的准确性进行强制性管理。

市场的计量专项整治也属于法制计量的内容，国务院发布了关于整顿市场经济秩序的决定，各级计量管理部门已将计量专项整治作为常态化工作。

## 6. 工程计量工作

由国家各级计量管理部门开展的工程计量工作大概可分为企业计量、C 标志和能源计量等方面。当然，这只是工程计量的顶层部分，而量大面广的工程计量技术方面工作在我国还处于起步状态，应成为我们计量工作者近期和未来一段时期的重点工作任务。

国家各级计量管理部门开展了帮助企业完善计量体系的工作。ISO10012 公布后，完善计量体系工作过渡到 GB/T 19022—2003《测量管理体系 测量过程和测量设备的要求》（等同采用 ISO10012），国家质检总局组织起草了《计量检测体系确认规范》。2005 年发布了《测量管理体系认证管理办法》，在政府推动、企业自愿的原则下，对测量管理体系实行统一的认证制度。

为从源头上加强对商品量的管理，推行了 C 标志制度。国家下发了“定量包装商品生产企业计量保证能力评价规定”，遵循企业自愿的原则，在定量包装生产企业中推行计量保证能力合格标志（即 C 标志）。

为加强能源计量及管理工作，2005 年国家质检总局与国家发展和改革委员会联合发布了《关于加强重点用能单位计量工作的意见》，起草了《重点用能单位能源计量评价规范》，2006 年又与国家发展和改革委员会等 5 部门联合下发了《千家企业节能行动实施方案》，组织实施 1008 家重点耗能企业开展节能降耗活动。此外，国家质检总局还组织修订了强制性国家标准《用能单位能源计量器具配备和管理通则》，2007 年 1 月 1 日起开始实施。