

计量培训教材

计量技术基础

国防科工委科技与质量司组织编写

原子能出版社

计 量 培 训 教 材

计量技术基础

国防科工委科技与质量司组织编写

原 子 能 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

计量技术基础 / 李宗扬主编. —北京: 原子能出版社, 2002.6

计量培训教材

ISBN 7-5022-2342-8

I. 计… II. …李 III. 计量学—技术培训—教材 IV. TB9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 027076 号

内 容 简 介

《计量技术基础》是计量培训教材的第 11 卷, 本书系统介绍计量技术基础知识。全书共分 7 篇, 内容包括: 计量技术概述, 通用计量术语, 物理量和计量单位, 数据处理与统计分析, 测量不确定度评定, 测量质量保证, 保证计量质量的相关知识。每章后附有思考题, 每篇后附有参考文献。

本书文字表达力求深入浅出, 公式表述尽可能简化。本书适合广大计量检定人员培训和自学之用, 也可供计量专业学生和工程技术人员学习参考之用。

原子能出版社出版 发行

责任编辑: 刘荣久

社址: 北京市海淀区阜成路 43 号 邮政编码: 100037

保定市印刷厂印刷 新华书店经销

开本: 787 mm × 1092 mm 1/16 印张 33.5 字数 830 千字

2002 年 9 月北京第 1 版 2002 年 9 月北京第 1 次印刷

印数: 1—6000

定价: 80.00 元

《计量培训教材》总编委会

总编审委员会

顾问：栾恩杰

主任：高志强

副主任：吴伟仁 马恒儒

委员：(按姓氏笔画排列)

白忠泉 朱春元 牟安成 孙忠慧 孙家辉 杨长利
宋森尧 庞海涛 柯 松 柴芙蓉 徐炳仑 韩 俊
傅 宽

总编辑委员会

总主编：马恒儒

副总主编：岳 峰 靳书元 宋素秀

委员：(按姓氏笔画排列)

王广顺 冯永祥 达道安 朱正辉 李淑敏 吴申贤
辛光和 张 辉 张东军 张铎清 陆治平 陈开来
金慧茹 赵守林 赵志祥 胡焕性 俞德飞 贾成武
徐建良 唐亮武 常文君 梁燕熙 童本敏 曾令儒
谢静谦 熊开国 潘陆原

总编委会办公室

主任：岳 峰

成员：(按姓氏笔画排列)

孔 玥 李宗扬 张 立 武晓雪 周 欣 常文君
游志红

第11卷《计量技术基础》编委会

编审委员会

主 任：宋素秀

副 主 任：李宗扬 洪宝林

委 员：(按姓氏笔画排列)

元天佑 叶宏生 刘卫军 刘燕虹 许陆文
杨春涛 沙定国 陈大为 赵守林 袁文俊
高良才 高泽民 游志红

编辑委员会

主 编：李宗扬

副 主 编：洪宝林 元天佑

编 辑：(按姓氏笔画排列)

王南光 李继东 沙定国 张 立 高良才
黄廷彪 梁丽红 彭 明 蒋方亮 游志红

责任编辑：刘荣久

责任校对：李建慧

版式设计：崔 彤

封面设计：李松林 吕 茜

总 序

计量是关于测量的科学，它涉及测量理论、测量技术和测量实践等多个领域。计量是科学技术的一个重要组成部分，是与人类社会进步和科学技术发展同步发展的。现代计量是国民经济建设和国防建设中一项重要的技术基础，是一个国家、一个地区和一个行业发展的探测器。计量技术是科技创新的基础技术，又是高技术产业化发展的一个重要条件。

老一辈无产阶级革命家聂荣臻元帅曾经指出“科技要发展，计量须先行”。半个世纪以来，国防科技工业计量工作者同全国计量同行一道，自力更生、艰苦奋斗、勇于创新、拼搏进取，形成了学科门类比较齐全的计量体系，创造了辉煌业绩，积累了宝贵经验，不断丰富和发展着现代计量。进入21世纪，产品测量数据的准确性、可靠性、可追溯性及国际互认性都对计量技术水平提出了更高的要求，我们要加强计量技术研究和计量人才的建设，为加入WTO后我国国家计量体系的建立作出应有的贡献。

当今的时代是竞争的时代，而人才是竞争之本，以信息技术为代表的高新技术迅速发展，对计量人员的整体素质提出了更高的要求。因此，迫切需要培养一大批掌握高新计量技术的人才。《计量培训教材》的编撰和出版，将为培养和造就一支为国民经济和国防现代化建设服务的计量人才队伍作出应有的贡献。

《计量培训教材》是一部12卷共18册1280余万字的大型计量专业技术丛书，是我国第一部学科专业齐全的计量培训教材。前10卷涵盖现代计量学10大专业技术领域，后2卷介绍计量技术和计量管理的基础知识，不仅展现了国内外计量科研的最新成果，而且突出了我国计量工作的特色。它

的出版凝聚了国防科技工业众多专家和计量工作者多年的心血，是集体智慧的结晶。希望读者通过阅读这部丛书，能够熟悉计量基础知识，并在实践中掌握运用，在计量工作中取得更大的成绩。

社会在进步，科技在发展。我相信，随着高新技术应用研究的积极开展，新的技术和新的成果将会充实和丰富《计量培训教材》的内容；专家和读者对书中的不足提出的批评指正意见，将会补充和完善这部丛书的内容，使之成为广大计量工作者的良师益友。

A stylized handwritten signature in black ink, appearing to read '张立' (Zhang Li).

2002 年 8 月 18 日

前言

“计量”这一术语在我国成为专用术语最早是在新中国成立后 1953 年开始使用的，以取代我国使用古远的“度量衡”。1985 年《中华人民共和国计量法》公布后，“计量”一词得到法定确认，使用更加普遍。但是由于对其定义没有统一的、规范的表述，长期以来，在计量界，乃至教育、科技、工业、商业等社会各界，“计量”一词的用法严重混乱，并存在尖锐的分歧。1998 年由国家质量技术监督局发布的国家计量技术规范 JJF 1001—1998《通用计量术语及定义》，将“计量”的定义作了新的规范性表述。“计量”定义为实现单位统一、量值准确可靠的活动，其活动包括科学技术上的、法律法规上的和行政管理上的活动。这一新定义把“计量”同术语“测量”、“计量学”界分清楚，有利于计量工作科学而有序地开展，有利于为社会提供经济而有效的计量服务。本卷教材就是以“计量”新定义为指导，将计量工作相关的共用性、通用性的技术基础知识汇编成册。“共用性”是指各计量专业都需要学习、掌握、应用的技术基础知识，“通用性”是指各计量专业经常用、普遍用的基本的技术基础知识。

本卷教材共分七篇，每篇分若干章节。第一篇是计量技术概述，按章分别介绍了计量的起源和发展、计量的地位与作用、国防科技工业计量和计量技术专业等。第一篇根据我国计量工作者对我国计量史长期研究的成果，较详细和系统地综述了我国古代、近代和现代计量发展史，新中国成立后半世纪计量发展史，特别介绍了国防科技工业计量各时期的计量发展史，从中可领略我国五千年文明史中内含着的一部辉煌的计量史。第二篇是计量术语，该篇变革传统的术语介绍方法，采用概念体系的方法，全面地介绍了计量相关的量和单位、测量和测量结果、测量器具和测量标准、测量设备特性、量值传递与量值溯源、计量与质量、计量与实验室认同等术语概念体系，力求方便读者记忆和理解。该篇术语的介绍与最新修改发布的国家计量技术规范协调一致。第三篇是物理量和计量单位，按量和单位基础知识、量和单位的表述规则、量和单位的实际应用等内容分章，依据量和单位的国家标准 GB 3100~GB 3102—93，全面地介绍了国际单位制，我国的法定计量单位，量和单位的名称、符号、以及数值的表述规则，科研生产中量和单位的正确表示，计量单位的换算和换算因数等内容，并附

有详细的量和单位的介绍,可作为计量工具书参考。第四篇是数据处理与统计分析,按章重点介绍了测量误差、概率统计、数据处理方法、统计检验等内容。考虑到各计量专业的实际需要,材料取舍时注意到既有共同需要掌握的、又有特殊计量专业需要了解掌握的内容。第五篇是测量不确定度评定,依据测量不确定度表述和评定的国家技术规范和国军标,重点介绍了测量不确定度基本概念、标准不确定度的评定与合成、扩展不确定度的表示方式、测量结果的表示方式等。为便于读者理解,采用概念介绍和范例、示题相结合的方式介绍,在表述上特别注意到测量不确定度和误差不应混淆的基本原则。第六篇是测量质量保证,从计量技术保证测量质量的角度,重点介绍了计量器具和测量标准、建标报告的撰写与审核、测量质量保证方案和测量仪器防电磁干扰技术以及测量过程的控制。本篇内容适合计量技术人员学习,也适合计量管理人员学习。第七篇是保证计量质量的相关知识,结合新时期对计量技术人员的素质要求,选编了有关量值传递的法制管理、实验室认可、计算机网络与虚拟仪器、抽样检验技术、计量技术效益评估等方面的基础知识内容,这些内容不少是有关提高计量质量水平的新技术新知识,取材于新制定的国家标准和国家军用标准,以及国防科技工业计量工作者行之有效的研究成果,可供关心和注重不断用新技术改造和提高计量质量水平的读者参考。

本卷教材的主要对象是从事计量检定、校准和计量科研的人员,可作为计量人员考核取证上岗时的计量技术基础知识培训教材,也可作为计量人员工作时的参考资料,有关篇章还可供相关领域在校师生参考。需指出的是,本卷教材关注的是各计量专业的共同需要,内容介绍力求做到全面、系统,因此各计量专业培训考核时,应根据自身特点对教材内容进行取舍或增删。

本卷教材由本卷编辑委员会分工编撰,得到了朱宏忠、容超凡、周自力、王志田、郑克哲、杨宏海、廖理、杨清廉、岑运骅、曹淑琴和姜东伟、王静等同志的指导和帮助,在此表示感谢。编撰人员由于水平有限,在内容取舍和表述上肯定有不妥或差错之处,敬请批评指正。

第 11 卷《计量技术基础》编委会
2002 年 6 月

目 录

第一篇 计量技术概述

第一章 我国计量的起源与发展史	3
第一节 古代的度量衡	3
第二节 明代至新中国成立前的度量衡	7
第三节 新中国的计量工作	9
思考题	13
第二章 国防科技工业计量发展历程	14
第一节 国防工业计量时期	14
第二节 国防科技计量时期	16
第三节 国防计量时期	17
第四节 国防军工计量时期	18
思考题	20
第三章 计量的地位与作用	20
第一节 计量与计量学	20
第二节 计量的基本特性	23
第三节 计量的作用	25
思考题	29
第四章 计量技术专业	30
第一节 几何量计量	30
第二节 热学计量	34
第三节 力学计量	38
第四节 电磁学计量	41
第五节 无线电计量	43
第六节 时间频率计量	45
第七节 电离辐射计量	47
第八节 光学计量	49
第九节 声学计量	50
第十节 化学计量	54
思考题	55
参考文献	55

目 录

第二篇 通用计量术语

第一章 计量术语与概念体系	59
第一节 术语的定义	59
第二节 概念间的关系	60
第三节 术语数据库及其发展	61
思考题	62
第二章 有关量和单位的术语	63
第一节 量和量值	63
第二节 单位和单位制	65
思考题	68
第三章 有关测量和测量结果的术语	68
第一节 测量和测量结果	68
第二节 测量误差	70
第三节 测量不确定度	72
第四节 测量方法	74
思考题	76
第四章 有关测量设备的术语	76
第一节 测量设备	78
第二节 测量标准	79
思考题	81
第五章 有关测量设备特性的术语	81
第一节 幅值响应特性	82
第二节 频率响应特性	82
第三节 测量设备质量特性	83
思考题	84
第六章 有关量值传递与溯源的术语	85
第一节 量值传递	85
第二节 计量管理	87
思考题	89
参考文献	89

目 录

第三篇 物理量和计量单位

第一章 量和单位基础知识	93
第一节 量和单位的系列国家标准	93
第二节 量和单位	95
第三节 国际单位制	99
第四节 我国计量单位制	107
第五节 我国的法定计量单位	109
第六节 常用计量单位	113
思考题	115
第二章 量和单位的表述规则	115
第一节 表示量和单位的基本原则	115
第二节 量的符号表述规则	118
第三节 计量单位的名称	127
第四节 计量单位的符号	127
第五节 数值的表述规则	130
思考题	132
第三章 量和单位的实际应用	132
第一节 科研生产中量和单位的正确表示	132
第二节 计量单位的换算	138
第三节 计量单位的换算因数	142
第四节 图、表中数值的表示方法	147
第五节 量和单位使用中常见的错误	150
思考题	157
参考文献	157

第四篇 数据处理与统计分析

第一章 测量误差	161
第一节 测量误差的基本概念	161
第二节 系统误差	163
第三节 随机误差	165
第四节 测量误差的传递	167
思考题	170

目 录

第二章 概率统计	170
第一节 随机事件和概率	170
第二节 随机变量及其数字特征量	173
第三节 样本和统计量	179
第四节 测量统计实例	181
思考题	187
第三章 数据处理方法	188
第一节 异常值的判定和剔除	188
第二节 数字位数与数据修约规则	192
第三节 权与加权数据处理	194
第四节 最小二乘法与组合测量	197
第五节 回归统计与数据拟合	201
思考题	206
第四章 统计检验	207
第一节 假设检验	207
第二节 分布检验	208
第三节 系统误差检验	215
第四节 方差检验	219
第五节 相关系数检验	221
思考题	222
参考文献	222

第五篇 测量不确定度评定

第一章 测量不确定度概述	239
第一节 测量不确定度的概念	239
第二节 测量不确定度与测量误差	245
思考题	246
第二章 标准不确定度的评定	247
第一节 标准不确定度的 A 类评定	247
第二节 标准不确定度的 B 类评定	250
第三节 两类评定的可靠性	253
思考题	255

目 录

第三章 标准不确定度的合成	256
第一节 合成标准不确定度	256
第二节 间接测量问题的合成标准不确定度	260
思考题	262
第四章 扩展不确定度	263
第一节 扩展不确定度的估计	264
第二节 测量结果的表示方式	268
第三节 测量不确定度在计量中的若干应用	270
思考题	278
参考文献	279

第六篇 测量质量保证

第一章 测量的器具和测量标准	283
第一节 测量的器具	283
第二节 测量标准	285
第三节 工作计量器具	287
第四节 法定的计量器具	289
思考题	291
第二章 建标报告的撰写与审核	291
第一节 撰写《建标报告》的必要性	291
第二节 撰写《建标报告》的要求	292
第三节 计量标准专业划分	295
第四节 计量标准命名	299
第五节 计量标准不确定度的评定	300
第六节 计量标准不确定度评定的检验	304
第七节 《建标报告》的审核	305
思考题	307
第三章 测量仪器防电磁干扰技术	307
第一节 电磁干扰和干扰源	307
第二节 接地	312
第三节 屏蔽技术	317
第四节 电测仪器的保护	319
第五节 实验室电源及使用	321

目 录

第六节	静电干扰	323
第七节	电网干扰的预防	328
思考题	.....	331
第四章	测量质量保证的实施	332
第一节	方案活动的实施阶段	332
第二节	测量质量保证的方案优越性	333
第三节	实验室的工作	335
第四节	测量质量保证的实施方案	336
思考题	.....	337
第五章	测量过程的控制	338
第一节	测量过程控制概念	338
第二节	测量控制体系要求	339
第三节	测量设备的计量确认	342
第四节	测量过程控制方法	344
思考题	.....	344
参考文献	.....	345

第七篇 保证计量质量的相关知识

第一章	量值传递的法制管理	349
第一节	量值传递与溯源	349
第二节	计量检定的法定技术文件	351
第三节	量值传递的基本方式	353
第四节	计量检定印证	355
第五节	计量考核	357
思考题	.....	358
第二章	实验室认可	358
第一节	实验室认可概述	359
第二节	实验室认可的标准	361
第三节	实验室认可的实施	365
第四节	实验室技术能力验证	367
思考题	.....	369
第三章	计算机网络与虚拟仪器	369
第一节	计算机网络概述	369

目 录

第二节	因特网	374
第三节	计量网络化的现实意义	378
第四节	网络在计量中的应用	380
第五节	虚拟仪器	382
思考题	.....	386
第四章	抽样检验技术	386
第一节	抽样的基本要求	386
第二节	抽样方式	387
第三节	抽样检验	390
第四节	抽样检验标准	397
思考题	.....	398
第五章	计量技术保证效益评估方法	399
第一节	概述	399
第二节	计量保证项目效益评估的指标体系	400
第三节	计量保证项目效益评估方法研究	403
第四节	典型实例分析	410
思考题	.....	418
参考文献	.....	418

附 录

附录 A	常用计量单位及符号	423
附录 B	SI 单位与其他计量单位的换算因数	513

第 **1** 篇



计量技术概述
