

计量培训教材

几何量计量

上册

国防科工委科技与质量司组织编写

原子能出版社

几何量计量

王 明

《中国数学史话》编辑部



2014.12.16
28
1

计 量 培 训 教 材

几何量计量

(上册)

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

几何量计量 / 朱正辉主编. — 北京: 原子能出版社, 2002.6

计量培训教材

ISBN 7-5022-2332-0

I. 几… II. 朱… III. 几何量—计量—技术培训—教材 IV. TB92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 039106 号

内 容 简 介

《几何量计量》是计量培训教材的第1卷。针对从事几何量计量考核项目的计量检定人员的有关需求,以及国内外高新技术计量应用的研究成果和技术展望,本卷编写了有关几何量计量的基本概念、基础知识与基本应用技术等内容。全卷共分12篇,篇名依次为:几何量计量基础知识、量块计量、线纹计量、表面粗糙度计量、角度计量、直线度和平面度计量、通用量具检定、工程测量、齿轮测量、坐标测量、几何量仪器检定、经纬仪类仪器计量。本卷相应的章之后列有思考题,相应的篇后列有参考文献,可供深入学习时参考。

本书可供从事几何量计量工作的有关科技人员、管理人员及在校师生参阅。

原子能出版社出版 发行

责任编辑: 武晓雪

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 48.5 字数 1176 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—3000

定价: 115.00 元 (全二册)

《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	柴芳蓉	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1卷《几何量计量》编委会

编审委员会

主 任：徐炳仑

副 主 任：贾成武 朱正辉 周自力

委 员：(按姓氏笔画排列)

牛立新 王裕新 孙方金 孙玉玖 李盈安

严家骅 张玉文 张蕴玉 陈晓梅 缪寅宵

编辑委员会

主 编：朱正辉

副 主 编：周自力 张蕴玉

编 辑：(按姓氏笔画排列)

方 芳 刘均松 孙方金 孙玉玖 孙淑玲

谷卫华 邵文龙 严家骅 张玉文 陈晓梅

周 谦 周维虎 赵 静 赵新丽 崔桂利

戴 洁

责任编辑：武晓雪

责任校对：徐淑惠

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。

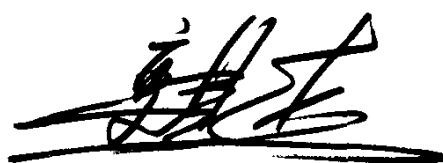
老一辈无产阶级革命家聂荣臻元帅曾经指出“科技要发展，计量须先行”。半个世纪以来，国防科技工业计量工作者同全国计量同行一道，自力更生、艰苦奋斗、勇于创新、拼搏进取，形成了学科门类比较齐全的计量体系，创造了辉煌业绩，积累了宝贵经验，不断丰富和发展着现代计量。进入21世纪，产品测量数据的准确性、可靠性、可追溯性及国际互认性都对计量技术水平提出了更高的要求，我们要加强计量技术研究和计量人才队伍建设，为加入WTO后我国国家计量体系的建立作出应有的贡献。

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

几何量是空间量，是由长度和角度组成的多维量，用来描述物体的几何特性。

几何量计量是现代计量科学技术的重要组成部分，它的主要任务是研究和确定长度单位的定义，建立、保存长度计量基准和标准，开展长度和角度检定、校准和测试进行量值传递，以确保量值的统一和正确。

几何量计量与国民经济各部门有着十分密切的关系，尤其在机械制造业、国防科技工业中应用广泛，在各级计量测试机构中几何量计量占有重要位置。

几何量计量有两大分支，即长度计量和角度计量，分别是直线段的长度和圆弧长度的相对值。所以，习惯上也统称为长度计量。长度的单位是米，是国际单位制七个基本单位之一。角度单位是弧度，是国际单位制两个辅助单位之一。除长度和角度以外，由于几何量的多维性质，为了表示物体的几何特性，还定义了许多工程参量。

我国已建立了量块、线纹、平面角、表面粗糙度、平面度、圆锥量规、齿轮渐开线和锥螺纹等国家几何量计量基准和计量器具检定系统。

本卷书是《计量培训教材》丛书的第1卷，涉及量块、线纹、角度、平直度、表面粗糙度、齿轮、通用量具、工程测量、坐标测量、经纬仪类、几何量仪器十一个专业项目和概述共十二篇。

第一篇概述介绍了几何量计量基本内容和计量基准的建立以及几何量计量未来发展的前景。第二篇量块计量，介绍了量块的定义以及重要性及如何实现以量块中心长度来复现量值，并与国家和国际的米定义基准器的长度联系起来，达到长度量值在国内和国际间的统一。该篇全面介绍了各等级量块的检定技术、所用仪器以及数据处理等。第三篇线纹计量，介绍了线纹尺的基本知识，重点介绍了激光干涉仪检定一、二等标准尺、标准钢卷尺的方法以及普通钢卷尺的检定技术。第四篇介绍表面粗糙度微观轮廓特征检定技术。第五篇角度计量，叙述正多面棱体、圆光栅、自准直仪等角度标准器，面角度、线角度及小角度的国家检定规程、计量检定系统、检定方法和数据处理。

第六、七、八、九篇是工程参量计量，工程参量计量是几何量计量的

重要组成部分。工程参量标准复现几何量的多维参量。每一种多维参量都规定了评定要素。在该部分主要介绍直线度、平面度、圆度、圆柱度、线轮廓度和面轮廓度等形状要素和平行度、垂直度、倾斜度、同轴度、对称度、位置度、圆跳动和全跳动等位置要素的检定或测量技术。第七篇万能量具计量。在第八篇中还重点介绍了螺纹参量的定义、检定与校准技术以及专用计量仪器的操作。第十篇坐标测量主要介绍了三坐标测量在计量校准、测试中的应用，重点介绍了三坐标测量机的校准技术。第十一篇几何量仪器检定。第十二篇经纬仪类计量。这几篇全面介绍了标准计量器具和工作用计量器具结构、原理、应用、检定技术和检定用标准等内容。

本教材侧重于几何量检定人员培训上岗工作应知应会的基础知识和计量检定的相关知识。可供具有中专文化程度的计量检定人员学习和培训之用。为了适应各工作岗位的特殊需求，教材内容取舍上除考虑几何计量的普遍性外，某些章节不仅包括许多成熟的技术和方法，还参考一些文献和著作，介绍了一些高新技术和在研的方法。

本教材由本卷编辑委员会成员分工编撰，并参考了国内外相关的著作和文献。在本教材编写中，得到了徐毅、杨自本等同志的指导和帮助，得到了有关单位和原子能出版社的支持和帮助，还有许多同志为本书的编辑、绘图、打印、出版、资料整理付出了辛勤劳动，在此谨致谢意。由于编写者的水平及经验有限，差错或不当之处敬请读者和专家批评指正。

第1卷《几何量计量》编委会
2002年6月

目 录

第一篇 几何量计量基础知识

第一章 几何量计量概述	3
第一节 几何量计量简介	3
第二节 几何量计量基准及其演变	6
思考题	9
第二章 几何量计量发展概况及基础知识	9
第一节 我国几何量计量测试概况	10
第二节 测量的基础知识	10
思考题	14
参考文献	14

第二篇 量块计量

第一章 量块计量基础知识	17
第一节 量块概述	17
第二节 量块的主要计量特性	18
第三节 量块计量检定系统	26
第四节 量块计量检定规程	26
思考题	27
第二章 量块的检定	27
第一节 量块检定的基本要求	27
第二节 量块的外观、平面度和研合性的检查	29
第三节 量块中心长度的测量	33
第四节 量块长度变动量的测量	39
第五节 量块长度稳定度的测量	39
第六节 线膨胀系数的测量	41
第七节 测量不确定度分析	42
第八节 量块测量中的温度控制	47
思考题	50

II 录

第三章 量块检定的常用仪器	51
第一节 接触式干涉仪	51
第二节 立式光学计	55
第三节 0.2 μm 光学计	56
第四节 测长机	57
第五节 绝对光波干涉仪	59
第六节 现代测量仪器	60
思考题	65
第四章 量块检定制度和检定结果的处理	65
第一节 量块的检定制度	66
第二节 量块检定结果的处理	70
思考题	73
参考文献	73

第三篇

线纹计量

第一章 线纹计量基础知识	77
第一节 线纹概述	77
第二节 线纹尺的分类	83
第三节 线纹量值传递	85
思考题	87
第二章 标准玻璃（金属）线纹尺的检定	87
第一节 标准线纹尺的概述	87
第二节 线纹检定仪测量原理	91
第三节 一、二等标准玻璃（金属）线纹尺的检定方法	93
第四节 一、二等标准玻璃（金属）线纹尺检定中的注意事项	96
第五节 测量不确定度分析	97
思考题	101
第三章 三等标准金属线纹尺的检定	102
第一节 三等标准金属线纹尺的概述	102
第二节 三等标准金属线纹尺的检定方法	104
思考题	109
第四章 标准钢卷尺的检定	109
第一节 标准钢卷尺概述	110

第二节	标准钢卷尺的检定方法	111
思考题		114
第五章	工作用钢卷尺的检定	114
第一节	钢卷尺概述	115
第二节	工作用钢卷尺检定方法	116
思考题		119
参考文献		119

第四篇 表面粗糙度计量

第一章	表面粗糙度的基本概念	123
第一节	零件表面的几何形状误差	123
第二节	表面粗糙度的评定基准和参数	124
第三节	表面粗糙度的测量方法和测量注意事项	133
第四节	表面粗糙度参数值的量值传递	135
思考题		143
第二章	比较法评定表面粗糙度	144
第一节	比较样块	144
第二节	视觉比较法评定表面粗糙度	146
思考题		147
第三章	光切法测量表面粗糙度	148
第一节	微观不平度的光切测量原理	148
第二节	光切显微镜的定度	149
第三节	光切显微镜测量表面粗糙度	151
思考题		157
第四章	光干涉法测量表面粗糙度	157
第一节	微观不平度的光干涉测量原理	157
第二节	干涉显微镜	158
第三节	干涉显微镜测量前的调整	160
第四节	干涉显微镜测量表面粗糙度	163
思考题		164
第五章	针描法测量表面粗糙度	164
第一节	针描法测量原理和特点	164
第二节	粗糙度参数的测量及处理方法	169

目 录

第三节	触针式轮廓仪的校准	171
第四节	其他型号的电感式轮廓仪	173
思考题	.....	174
第六章	表面粗糙度的其他测量方法	174
第一节	激光散斑法	174
第二节	三维表面形貌测量	176
第三节	其他新的测量方法	178
思考题	.....	182
第七章	表面波纹度的评定和测量	182
第一节	表面波纹度的评定	183
第二节	表面波纹度的测量方法	186
思考题	.....	187
参考文献	.....	187

第五篇 角度计量

第一章	角度单位与国家检定系统	191
第一节	角度单位	191
第二节	平面角计量器具国家计量检定系统	195
第三节	角度计量测试技术简况	196
思考题	.....	197
第二章	线角度计量器具	197
第一节	线角度国家基准	198
第二节	感应同步器	199
第三节	光学度盘	202
思考题	.....	204
第三章	面角度计量器具	204
第一节	多齿分度台	204
第二节	正多面棱体	208
第三节	角度块	210
第四节	测角仪	211
第五节	分度头	214
第六节	空间角度的测量	216
思考题	.....	218

目 录

第四章 小角度计量器具	219
第一节 小角度国家基准	219
第二节 光学角规	221
第三节 小角度测量仪	223
第四节 自准直仪	226
第五节 水平仪	232
第六节 自准直仪与反光面准直时的注意事项	237
思考题	240
第五章 排列互比法	240
第一节 消差原理	241
第二节 数据处理	243
第三节 符号判别	246
第四节 不确定度分析	246
思考题	248
第六章 惯性技术测试设备的测量	248
第一节 轴系回转误差的测量	248
第二节 回转轴线垂直度的测量	250
第三节 角位置误差的测量	253
第四节 角速率的测量	254
第五节 动态指标的测量	256
思考题	257
参考文献	257

第六篇 直线度和平面度计量

第一章 概述	261
第一节 平直度基础知识	261
第二节 传递系统图	263
思考题	263
第二章 直线度	263
第一节 直线度误差评定方法简述	266
第二节 直线度误差的测量方法	268
第三节 平尺的检定	275
第四节 直线度误差的计算方法	277

目 录

第五节	刀口形直尺	284
思考题	.....	285
第三章	平板平面度的检定	286
第一节	平面度的评定方法	286
第二节	平面度误差的测量方法	287
第三节	平板的检定	290
第四节	平面度数据的处理方法	292
思考题	.....	307
第四章	平面干涉仪	307
第一节	干涉仪原理	308
第二节	平面等厚干涉仪的检定	312
第三节	平面等倾干涉仪的检定	313
第四节	平面度测量最新技术应用	315
思考题	.....	316
第五章	平晶的检定与数据处理	317
第一节	概述	317
第二节	平晶检定方法	318
第三节	四面法检定的数据处理	321
第四节	长平晶检定	323
思考题	.....	325
第六章	平面度的测量不确定度分析	325
第一节	等厚干涉仪检定平晶的不确定度分析	325
第二节	等倾干涉仪检定平晶的不确定度分析	327
第三节	用跨距法测量平尺、平板的不确定度分析	331
思考题	.....	333
参考文献	.....	333

第七篇 通用量具检定

第一章	游标类量具的检定	337
第一节	概述	337
第二节	游标卡尺的检定	341
第三节	深度游标卡尺的检定	346
第四节	高度游标卡尺的检定	348

目 录

思考题	352
第二章 微分类量具的检定	353
第一节 外径千分尺的检定	353
第二节 公法线千分尺的检定	359
第三节 杠杆千分尺的检定	361
第四节 其他微分类量具的检定	364
思考题	370
第三章 指示表类量具的检定	371
第一节 百分表和千分表的检定	371
第二节 杠杆百分表和千分表的检定	377
第三节 内径百分表的检定	379
第四节 其他表类量具的检定	381
思考题	382
第四章 角度量具的检定	382
第一节 直角尺	383
第二节 角度规的检定	386
思考题	389
第五章 平直量具的检定	389
第一节 框式和条式水平仪的结构	389
第二节 框式和条式水平仪的检定	390
思考题	393
参考文献	393

第八篇 工程测量

第一章 形位误差测量	397
第一节 形位误差检测基础知识	397
第二节 圆度和圆柱度测量	404
第三节 定向位置误差的测量	413
第四节 定位位置误差的测量	419
第五节 跳动误差的测量	425
思考题	428
第二章 螺纹测量	429
第一节 螺纹的几何参数	429