

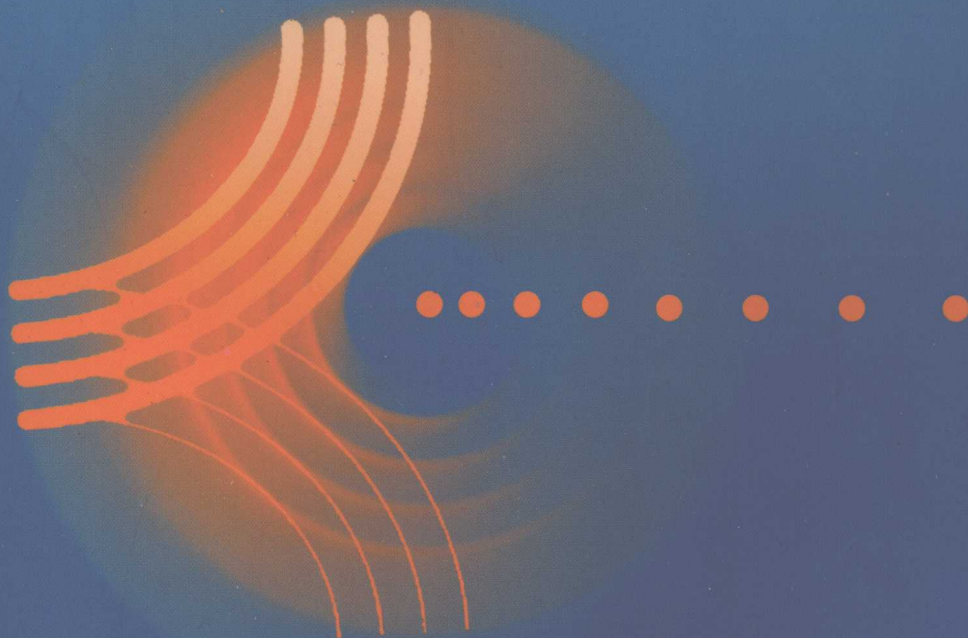
3

计量检测人员培训教材

长度计量

国家质量监督检验检疫总局计量司 组编

上海市计量测试技术研究院 编写



中国计量出版社
CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

计量检测人员培训教材

第 3 分册

长度计量

国家质量监督检验检疫总局计量司 组编

上海市计量测试技术研究院 编写

中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

长度计量. 第3分册/国家质量监督检验检疫总局计量司组编. —北京: 中国计量出版社, 2007. 6

计量检测人员培训教材

ISBN 978-7-5026-2646-4

I. 长… II. 国… III. 长度—计量—技术培训—教材 IV. TB921

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 067336 号

内 容 提 要

本书是《计量检测人员培训教材》的第3分册。针对长度计量专业仪器繁多, 专业交叉突出的特点, 本书从计量检测人员的工作实际出发, 系统地介绍了长度计量的基本概念、基础知识和基本技术。全书共14章, 依次是: 长度计量基础知识、量块、线纹、角度计量、平面度和直线度、表面粗糙度、万能量具、量仪、齿轮量仪、螺纹量仪、坐标测量、测绘仪器、轴承参数测量仪器、汽车检测仪器。

本书可供长度计量检定、校准和测试实验室以及企事业单位从事长度计量检测的人员, 作为岗位和职业培训教材或工作参考书。

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>

北京市密东印刷有限公司

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787mm×1092mm 16开本 印张34.5 字数822千字

2007年5月第1版 2007年5月第1次印刷

*

印数1—3 000 定价(平装): 76.00元

总 序

计量是关于测量的科学，是实现单位统一、量值准确可靠的活动。通过计量获得的测量结果是人们认识自然、利用自然和改造自然的重要信息工具。实际上，计量已渗透到各行各业，成为支持经济社会有序运行和可持续发展的必要条件，也是推动科技创新、提高综合国力、实现国民经济又好又快发展的重要手段。

21 世纪头 20 年是我国经济社会发展的重要战略机遇期。对计量工作而言，既有难得的发展机遇，也面临着巨大的挑战和考验。科学技术的迅猛发展，对作为技术创新基础的检测技术和计量保证能力产生了巨大的需求；经济结构的战略性调整和技术创新能力的明显增强，对现有的计量基标准和量值传递、量值溯源体系提出了一系列新的要求。目前，计量检测工作的内容和运作方式发生了较大的变化，计量仪器、测量手段、检测技术有了很大进步，出现了很多新型的、多参数的、多功能的测量设备和仪器；国家计量检定规程和国家计量技术规范有许多进行了修订；计量检测人员新老交替，国家对从事计量检定、校准、检验、测试等计量技术工作的专业技术人员已实行注册计量师制度。

为了加强计量专业技术人员的培训，提高计量专业技术人员素质，推动注册计量师制度的实施，我们组织有关专家编写了《计量检测人员培训教材》。这套教材涵盖了长度、热工、力学、电磁、电子学、时间频率、光学、电离辐射、声学、化学等十大计量，并介绍了计量管理和计量技术基础知识，内容丰富，知识新颖。我相信，《计量检测人员培训教材》的编撰和出版，对提高计量专业技术人员的素质，推动注册计量师制度的实施，必将起到积极的作用。

国家质量监督检验检疫总局副局长



2007 年 4 月

《计量检测人员培训教材》编审委员会

主 任：宣 湘

副 主 任：童光球 刘新民 宋 伟 马纯良

委 员：（按姓氏笔画排序）

马凤鸣 马肃林 于 靖 王建平 王顺安

邓媛芳 刘国普 艾明泽 邵 力 陈 红

陆志方 陆祖良 张益群 周伦彬 钟新明

郭洪涛 黄 涛 程新选 蔡新泉 薛润秋

第3分册《长度计量》编审委员会

主 任：邵 力

副 主 任：薛润秋 沈志泽

主 编：顾耀宗

主 审：王为农 蔡明钢

计量检测人员培训教材

- | | |
|---------|----------|
| 第 1 分册 | 《计量管理基础》 |
| 第 2 分册 | 《计量技术基础》 |
| 第 3 分册 | 《长度计量》 |
| 第 4 分册 | 《温度计量》 |
| 第 5 分册 | 《力学计量》 |
| 第 6 分册 | 《电磁计量》 |
| 第 7 分册 | 《无线电计量》 |
| 第 8 分册 | 《光学计量》 |
| 第 9 分册 | 《电离辐射计量》 |
| 第 10 分册 | 《声学计量》 |
| 第 11 分册 | 《时间频率计量》 |
| 第 12 分册 | 《化学计量》 |

前 言

计量是随着人类的生活、生产和交换活动发展起来的。长度计量是其中发展最早的之一，在我国具有悠久的历史。早在三千多年前的商朝已有象牙制成的尺。公元前 221 年秦始皇统一度量衡制度，便建立了包括长度在内的计量基准。公元 9 年，已有金属制成的卡尺，用于测量车轮直径、板厚和槽深。随着生产力的发展，尤其是制造业的发展，长度计量得到迅速的发展。长度是七个基本物理量之一。长度计量又是其他物理量计量的基础，许多物理量计量是通过长度测量来实现的。长度计量涉及国民经济各部门，应用极为广泛。

本书是《计量检测人员培训教材》第 3 分册，共分 14 章。内容侧重于长度计量检定、校准人员上岗培训工作应知应会的基础知识和检定、校准的相关知识，可供计量检定、校准人员培训和学习使用。

本分册由上海市计量测试技术研究院组织编写，在编写过程中得到了中国计量科学研究院等有关专家的指导和帮助，参考了不少的文献和著作，在此谨致感谢。本书由顾耀宗主编，参加编写的有祝逸庆、蔡明钢以及于亮、马建敏、王健、王昕歌、许景阳、陈惠敏、何超琼、李建文、张鸿顺、郑寅、殷德华、蒋秀兰、鲍国华、傅云霞、廖寅等同志。由于编者的水平及经验所限，差错和不当之处在所难免，敬请读者和专家指正。

编者

2006 年 5 月

目 录

第一章 长度计量基础知识	(1)
第一节 米的定义及其发展	(1)
一、米定义的演变	(1)
二、现行米的定义	(2)
三、米定义的复现方法	(2)
第二节 长度计量的基本原则	(3)
一、阿贝原则	(3)
二、最小变形原则	(4)
三、最短测量链原则	(5)
四、封闭原则	(5)
五、基准统一原则	(5)
第三节 影响长度测量准确度的主要因素	(5)
一、接触测量时接触定位方式的选择	(5)
二、温度对测量结果的影响	(6)
三、正确选择测量基面	(6)
四、计量器具的正确选择	(7)
第四节 常用的几种测量方法	(7)
一、光隙法	(8)
二、技术光波干涉法	(9)
三、配对法	(10)
四、排列互比法	(11)
第五节 几何光学基础知识	(12)
一、几何光学的四个基本定律	(12)
二、量仪的光学系统	(13)
第六节 电动测量仪器基本原理	(15)
第七节 气动测量仪器基本原理	(16)
第八节 新技术在长度计量中的应用	(17)
一、激光在长度计量中的应用	(17)
二、光栅在长度计量中的应用	(19)
三、感应同步器在长度计量中的应用	(22)

第二章 量 块	(24)
第一节 量块基础知识	(24)
一、定义与术语	(24)
二、概述	(25)
三、量块的尺寸分布	(25)
四、量块的级和等	(26)
第二节 量块的主要技术要求及检定方法	(27)
一、标准条件	(27)
二、标准姿态	(28)
三、量块的检定项目和主要检定设备	(28)
四、量块的平面度	(29)
五、量块的研合性	(31)
第三节 检定量块长度用的主要仪器	(32)
一、柯氏干涉仪	(32)
二、接触式干涉仪	(34)
三、测长机	(35)
第四节 量块的长度和长度变动量检定	(37)
一、量块的中心长度测量	(37)
二、量块的长度变动量测量	(44)
三、长度稳定度	(45)
第五节 量块检定结果的处理	(45)
一、各级量块的技术要求	(45)
二、各等量块的技术要求	(46)
三、量块的定等和定级	(47)
四、检定结果的有效小数位数以及修约原则	(48)
五、检定证书	(48)
六、历史记录	(48)
七、检定周期	(48)
第三章 线 纹	(49)
第一节 线纹的基础知识	(49)
一、线纹计量器具	(49)
二、标准线纹尺的形状、材料和影响其长度的因素	(50)
三、线纹尺的检定方法	(51)
第二节 1、2 等标准线纹尺	(51)
一、1、2 等标准线纹尺的概述	(51)

二、1、2 等标准线纹尺的检定	(53)
第三节 3 等标准金属线纹尺	(58)
一、3 等标准金属线纹尺概述	(58)
二、3 等标准金属线纹尺长度的检定	(59)
第四节 24 米因瓦基线尺	(62)
一、24 米因瓦基线尺概述	(62)
二、基线尺长度的检定	(62)
第五节 标准钢卷尺和钢卷尺	(64)
一、标准钢卷尺	(64)
二、钢卷尺	(65)
第六节 工作用线纹尺	(67)
一、钢直尺	(67)
二、纤维卷尺、测绳	(69)
 第四章 角度计量	 (70)
第一节 角度计量概述	(70)
一、角度计量的单位	(70)
二、平面角计量器具检定系统	(71)
第二节 多齿分度台	(73)
一、多齿分度台的工作原理和应用	(73)
二、多齿分度台主要技术要求	(73)
三、多齿分度台主要项目的检定	(74)
四、检定时应注意的事项	(77)
第三节 正多面棱体	(77)
一、概述	(77)
二、棱体的主要技术要求	(77)
三、棱体主要项目的检定方法	(78)
第四节 测角仪	(79)
一、测角仪的基本结构和工作原理	(79)
二、测角仪主要技术要求	(81)
三、测角仪主要项目的检定	(81)
四、测角仪检定时应注意的事项	(89)
第五节 角度块	(90)
一、概述	(90)
二、角度块的主要技术要求	(90)
三、角度块主要项目的检定	(91)

第六节 光学、数显分度头和光学分度台	(92)
一、光学、数显分度头	(92)
二、光学分度台	(99)
第七节 光学角规	(106)
一、概述	(106)
二、光学角规的规格和主要技术要求	(106)
三、光学角规的主要技术要求和检定方法	(106)
第八节 自准直仪	(109)
一、自准直仪概述	(109)
二、自准直仪示值误差的检定	(111)
 第五章 平面度和直线度	 (113)
第一节 平直度基础知识	(113)
一、概述	(113)
二、有关术语及定义	(115)
三、评定方法	(117)
第二节 平晶	(121)
一、概述	(121)
二、平晶主要检定项目及检定方法	(123)
三、检定时应注意的事项	(128)
第三节 平面干涉仪	(128)
一、平面等倾干涉仪	(128)
二、平面等厚干涉仪	(131)
第四节 研磨面平尺	(133)
一、主要项目的检定方法	(133)
二、检定时应注意的事项	(137)
第五节 平板、平尺和刀口形直尺	(137)
一、概述	(137)
二、主要技术要求和检定或校准方法	(137)
 第六章 表面粗糙度	 (146)
第一节 表面粗糙度基础知识	(146)
一、概述	(146)
二、几何形状的分类	(147)
三、表面粗糙度的主要评定参数及定义	(148)
四、表面结构的一般术语	(151)

五、表面粗糙度符号、代号及标注方法	(153)
第二节 触针式表面粗糙度测量仪	(154)
一、基本结构	(154)
二、工作原理和技术特征	(154)
三、触针式表面粗糙度测量仪的种类	(155)
四、触针式表面粗糙度测量仪的校准	(155)
第三节 光切显微镜	(157)
一、基本结构	(157)
二、工作原理和种类	(157)
三、光切显微镜的校准	(158)
第四节 干涉显微镜	(162)
一、基本结构	(162)
二、工作原理和种类	(163)
三、干涉显微镜的检定	(164)
第五节 表面粗糙度比较样块	(166)
一、表面粗糙度比较样块的使用和种类	(166)
二、表面粗糙度比较样块的校准	(167)
三、特殊加工方法比较样块的检测	(169)
四、非金属表面粗糙度比较样块的检测	(171)
第六节 表面粗糙度的测量	(172)
一、表面粗糙度测量的基本原则	(172)
二、取样长度 l_r 与评定长度 l_n	(173)
三、表面粗糙度测量方法	(174)

第七章 万能量具

第一节 卡尺类量具	(183)
一、概述	(183)
二、主要项目的检定方法	(190)
第二节 千分尺类量具	(192)
一、概述	(192)
二、主要项目的检定或校准方法	(198)
第三节 指示表类量具	(205)
一、概述	(205)
二、主要项目的检定或校准方法	(210)
第四节 直角尺	(221)
一、概述	(221)
二、直角尺的结构和主要技术要求	(221)

三、直角尺主要项目的检定	(224)
第五节 框式水平仪和条式水平仪	(227)
一、概述	(227)
二、水平仪的结构和工作原理	(227)
三、水平仪主要项目的检定	(229)
第六节 合像水平仪	(232)
一、概述	(232)
二、合像水平仪的结构和工作原理	(232)
三、合像水平仪主要项目的检定	(233)
第七节 电子水平仪	(235)
一、概述	(235)
二、电子水平仪的结构和工作原理	(236)
三、电子水平仪主要项目的检定	(237)
第八节 万能角度尺	(240)
一、概述	(240)
二、万能角度尺的结构和工作原理	(240)
三、万能角度尺主要项目的检定	(241)
第九节 塞尺	(242)
一、概述	(242)
二、塞尺的结构和技术要求	(242)
三、塞尺尺片厚度的检定	(243)
第十节 正弦规	(244)
一、概述	(244)
二、正弦规的结构、工作原理和使用方法	(245)
三、正弦规主要项目的检定	(247)
第十一节 刮板细度计	(249)
一、概述	(249)
二、刮板细度计的结构、工作原理和使用方法	(249)
三、刮板细度计主要项目的检定	(251)
第十二节 光滑极限量规	(252)
一、概述	(252)
二、光滑极限量规的工作原理、结构和使用方法	(252)
三、光滑极限量规主要项目的检定	(257)
第十三节 半径样板	(261)
一、概述	(261)
二、半径样板的结构和使用方法	(261)
三、半径样板半径尺寸的检定	(264)

第十四节 套管尺	(265)
一、概述	(265)
二、套管尺的结构、工作原理和使用方法	(265)
三、套管尺主要项目的检定	(267)
第十五节 方箱	(268)
一、概述	(268)
二、方箱的结构和主要技术要求	(268)
三、方箱主要项目的检定	(269)
第十六节 圆锥量规	(272)
一、概述	(272)
二、圆锥量规的工作原理、结构和使用方法	(272)
三、圆锥量规主要项目的检定	(277)
 第八章 量 仪	 (280)
第一节 概述	(280)
一、量仪及其分类	(280)
二、量仪的基本组成部分	(281)
第二节 光学计	(282)
一、概述	(282)
二、光学计工作原理	(285)
三、主要项目的技术要求和检定方法	(286)
第三节 接触式干涉仪	(289)
一、概述	(289)
二、检定条件和主要项目的检定方法	(290)
第四节 测长机	(292)
一、概述	(292)
二、校准条件和主要项目的校准	(292)
第五节 测长仪	(296)
一、概述	(296)
二、仪器工作原理和结构	(296)
三、主要项目的技术要求和检定方法	(297)
第六节 立式激光测长仪	(300)
一、概述	(300)
二、主要项目的技术要求和检定方法	(302)
第七节 工具显微镜	(303)
一、概述	(303)
二、万工显的结构	(304)

三、主要项目的技术要求和检定方法	(305)
第八节 投影仪	(309)
一、概述	(309)
二、主要项目的技术要求和校准方法	(311)
第九节 200 型万能比较仪	(314)
一、概述	(314)
二、主要项目的技术要求和检定方法	(314)
第十节 指示类量具检定仪	(318)
一、概述	(318)
二、主要技术要求和检定方法	(321)
第十一节 水平仪检定器	(323)
一、概述	(323)
二、水平仪检定器主要项目的检定	(324)
第十二节 数显测高仪	(326)
一、概述	(326)
二、数显测高仪主要项目的检定	(327)
第十三节 超声波测厚仪	(329)
一、概述	(329)
二、超声波测厚仪主要项目的检定	(330)
第十四节 磁性、电涡流式覆层厚度测量仪	(332)
一、概述	(332)
二、磁性、电涡流式覆层厚度测量仪主要项目的检定	(332)
第十五节 气动测量仪	(333)
一、概述	(333)
二、检定条件和主要项目的检定	(336)
第十六节 圆度、圆柱度测量仪	(339)
一、概述	(339)
二、主要项目的检定方法和顺序	(341)

第九章 齿轮量仪

第一节 齿轮测量的基础知识	(347)
一、渐开线齿轮的分类	(347)
二、渐开线的形成原理	(348)
三、有关定义和术语	(348)
四、圆柱齿轮的基本参数	(349)
五、齿轮螺旋线计量检定系统	(351)

第二节 齿轮渐开线样板	(352)
一、齿轮渐开线样板概述	(352)
二、渐开线样板主要技术要求	(353)
三、渐开线样板主要项目的检定	(354)
第三节 齿轮螺旋线样板	(356)
一、齿轮螺旋线样板概述	(356)
二、螺旋线样板的主要技术要求	(357)
三、螺旋线样板主要项目的检定	(359)
第四节 齿轮渐开线测量仪	(364)
一、齿轮渐开线测量仪器概述	(364)
二、齿轮渐开线测量仪器校准项目和计量标准器具	(364)
三、校准方法和校准顺序	(365)
第五节 齿轮螺旋线测量仪	(367)
一、齿轮螺旋线测量仪概述	(367)
二、齿轮螺旋线测量仪校准项目和计量标准器具	(367)
三、校准方法和校准顺序	(369)
第六节 基圆齿距比较仪	(371)
一、基圆齿距比较仪概述	(371)
二、主要校准项目和计量标准器具	(372)
三、校准方法和校准顺序	(372)
第七节 滚刀检查仪	(373)
一、滚刀检查仪概述	(373)
二、主要校准项目和计量标准器具	(375)
三、校准方法和校准顺序	(375)
 第十章 螺纹量仪	 (381)
第一节 螺纹基础知识	(381)
第二节 螺纹量规	(387)
一、螺纹量规和泰勒原则	(387)
二、螺纹量规的公差	(389)
第三节 圆柱螺纹量规	(392)
一、圆柱螺纹量规的检定项目和检定工具	(392)
二、检定的技术要求和方法	(392)
第四节 螺纹千分尺	(401)
一、测杆和调零装置上的测头安装孔的孔径	(401)
二、锥形测头和 V 形测头的尺寸	(401)

三、锥形测头和 V 形测头的工作面对其柄部轴线的对称度及半角偏差	(401)
四、测杆和调零装置上的测头安装孔的同轴度	(402)
五、测微头的示值误差	(402)
六、校对用量杆工作面角度	(402)
七、校对用量杆工作尺寸	(403)
八、测头对示值的影响	(403)
九、示值误差	(404)
第五节 螺纹样板	(404)
第六节 丝杠动态测量仪	(406)

第十一章 坐标测量 (411)

第一节 坐标测量的基础知识	(411)
一、坐标测量的基本概念	(411)
二、坐标测量机功能及术语	(413)
三、坐标系的建立	(414)
四、坐标测量机的功能软件	(414)
五、评价三坐标测量机的基本术语	(415)
第二节 坐标测量机的校准项目及方法	(417)
一、测量尺寸的坐标测量机的校准项目及方法	(417)
二、旋转工作台作为第四轴的坐标测量机的校准项目及方法	(420)
三、使用多探针系统的坐标测量机的校准项目及方法	(421)
四、在扫描模式下使用的坐标测量机的校准项目及方法	(423)
第三节 坐标测量机的误差来源及校准结果的不确定度分析	(424)
一、坐标测量机的主要误差来源	(424)
二、坐标测量机示值误差校准结果的不确定度分析	(426)

第十二章 测绘仪器 (432)

第一节 测绘基础知识	(432)
一、测绘工作的概述	(432)
二、测量工作与测量仪器	(435)
第二节 光学经纬仪	(437)
一、概述	(437)
二、光学经纬仪主要项目的检定	(441)
第三节 水准仪	(449)
一、概述	(449)
二、检定的条件和主要检定项目以及检定方法	(451)