

计量技术初级教材



长度计量

浙江省标准计量管理局 编 ● 计 量 出 版 社



浙江计量出版社

PDG

内 容 提 要

本书是《计量技术初级教材》中长度计量部分。全书十六章，按内容可分为两大部分，前五章是长度计量的基础部分，内容有：长度计量的基本概念、通用长度计量仪器介绍、测量误差及数据处理、测量方法选择的一般原则。第六至十六章为本书的主要部分，介绍各种几何量精密测试方法和长度计量器具的检定及量值传递。

本书可供具有中等文化程度和从事长度计量工作的初级人员做培训用教材，也可供中等专业学校师生及有关人员参考。

计量技术初级教材

长 度 计 量

浙江省标准计量管理局 编

责任编辑 陈 葵

计量出版社出版

(北京和平门内大街7号)

计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

开本 787×1092 1/16 印张 34 1/4

字数 852 千字 印数 1—10 000

1986年6月第一版 1986年6月第一次印刷

统一书号 15210·539

定价 6.30 元

新华书店

PDG

前 言

为了使计量队伍适应四化建设的需要，必须加强在职人员的教育培训工作，以提高他们的技术水平和管理水平，而初级计量技术人员的系统培训工作又是当务之急。为此，我们从1981年开始组织了一套“计量技术初级教材”，它包括长度计量、温度计量、力学计量、电学计量、无线电计量测试五种。

这套教材主要是供具有初中以上文化程度的、有一定实际工作经验的地、县和相应的厂矿企业计量人员短期训练班使用。其目的是使初级计量人员具有进行业务工作所必备的基础知识。并为他们进一步提高业务能力打下基础。这套教材也可作为具有相应程度的计量人员的自学用书。

我们希望这套教材的出版，对计量系统的职工培训工作，能起到推动作用。

国家计量局 教育处

1984年3月

本书编审者

主 编： 谢伟林

主 审： 费业泰

编 者： 谢伟林 王昌鑫

虞秀棠 顾韵雯

编 者 的 话

长度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、确定长度单位的定义；研究、建立、保存长度计量基准、标准；组织长度量值传递，开展长度计量器具的检定和修理，确保长度量值的准确一致；研究新的计量、测试方法和新的计量仪器，开展几何量的精密测试。按现代计量学的分类，长度计量包括端度、线纹、角度、平度、表面粗糙度和机械零件其它几何参数的精密测试等六个项目。随着现代科学技术的迅速发展，长度计量的项目还可能有了新的增加。

长度是七个基本物理量之一，长度计量与国民经济各个部门有着十分密切的联系。在日常生活中，人们离不开长度尺寸的测量；在工业生产中，凡是有尺寸和形状测量的地方更需要长度计量，它是保证加工零件的尺寸准确一致，保证零件的互换性能，从而保证产品质量的重要技术手段；在科学技术的各个领域，长度计量也占有十分重要的地位，这不仅仅是因为在这些领域中同样存在着几何形体的测量，更重要的是因为自然科学中许多物理量往往是通过观测几何量的变化而定标的，比如温度的测量，可以用某一已知线胀系数的材料，在规定的温度变化范围内，由其长度变化而测得，测量压力也可以是测量水银柱的高低，甚至磁场强度这一类参数，也是通过对有电流通过的悬浮体在磁场内的位移量来测定的。因此，长度计量一直受到人们的普遍重视。从计量的发展史来看，计量是从长度领域开始的，并首先在长度领域得到突破，例如1795年长度基本单位“米”的定义和国际米原器的建立，以及以后的“米制”作为国际计量单位制的确立，都表明长度计量在计量科学中的重要地位和作用。也正因为如此，在我国现代计量科学技术中，长度计量成为一个发展较早的并较为完备的专业。

长度计量在我国具有悠久的历史。早在我国商朝时期（至今约3100—3600年）已有象牙制成的尺。到秦朝我国已统一了度量衡制度。公元九年，已制成钢质的卡尺，它可以测车轮直径、板厚和槽深，其最小读数值为一分。但是由于我国长期的封建统治，科学技术发展十分缓慢，计量技术和计量仪器也一直处于十分落后的状态。解放前除了制造最简单的量具外，根本谈不上生产精密的量具、精密的仪器和确立全国统一的计量制度。

解放后，我国的计量事业蓬勃发展，1955年成立了国家计量局，1959年国务院颁布了统一计量制度的命令，正式确定采用国际米制作为我国的基本计量制度。以后，又制成标准具和摄谱仪，配合氪-86灯管，建立了具有国际水平的氪-86长度基准，长度计量领域内的主要基准、标准也相继建立起来了，各地区各部门都开展了量值传递工作，全国形成了统一的量值传递网，保证了我国的长度量值在国内和国际上的统一。在计量科学研究工作中，我们还先后研制成功了一批重要计量仪器，如光电光波比长仪，激光量块干涉仪，高稳定频率的氦氖激光器，精密丝杠动态测量仪，激光干涉两坐标测量机，双频激光干涉仪，多齿分度检定装置，小角度激光干涉仪及孔径干涉比较仪等，这些仪器的研制成功和投入使用，使我国的长度计量技术提高到了一个新的水平。

自采用光波波波长定义米的自然基准以来，特别是激光技术的推广和应用，长度计量正在

经历着重大的变革。以氪-86 光 波波长定义的米基准已逐渐适应不了科学技术的迅速发展和生产水平的不断提高，在1983年第十七届国际计量大会上已被以光速值定义长度基本单位“米”的新定义所替代，使长度基准的准确度从 10^{-8} 提高到了 10^{-11} ；在长度量值的传递方式上，已有可能精简不必要的中间环节，以尽可能短的传递链把基准所复现的量值直接传递给产品或零件；在计量仪器和测量方法上，激光、光栅和感应同步器等新技术的推广和应用，出现了各种类型的光、机、电相结合的新仪器，特别是近几年来长度计量仪器中计算装置和微处理机的应用，为长度计量的自动化、智能化展示了广阔的前景。

目前，由于计量事业的迅速发展，计量队伍的不断扩大，对计量人员特别是对基层计量人员的业务培训和技术指导，成了进一步发展计量事业的一个十分突出的问题。因为量值的准确传递和长度计量领域中的任何创新，从根本上说决定于计量人员扎实的计量基础理论和熟练的操作技能。在计量队伍的业务建设中，各地普遍反映缺乏系统的计量技术基础教材，本书正是应国家计量局为对在职人员进行技术培训编写的。

本书可供具有中等文化程度和从事计量检定测试工作的在职计量人员短训班学习之用。主要内容根据地、市级计量部门和相当于这一级的厂矿计量室开展的长度计量工作范围选择的。全书共十六章，可分为两大部分，前五章为本书的基础部分，内容包括长度计量的主要名词术语，常用长度计量仪器的结构原理及测量误差、测量方法选择的基础理论。本书的第二部分是长度量值的传递，也即长度计量器具检定和精密测试，这部分是全书的重点。为了体现本书的“基础”性，在叙述上侧重于检定、测试方法的介绍和原理分析。照顾到基层计量部门的实际分工和便于各专业计量人员的学习，编写层次原则上按各专业单章立章。

本书可供两种类型的学习班使用：

一种是学习时间大约三个月的系统性学习班，讲授本书的全部内容，总授课时数约为200学时，各章授课时数分配如下（供参考）：

章 序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
学 时 数	6	24	20	10	8	12	6	12	8	20	8	10	16	6	12	16

另一种是专题学习班，例如量块检定学习班、精密测试学习班等，学习时间约为一个半月（精密测试学习班可适当延长），讲授内容为本书的前五章和与学习班专题有关的章节。

长度计量技术涉及的知识面很广，掌握它不仅需要一定的数学、物理知识，而且还需要一定的机械、电子学方面的专业知识，为了避免内容庞杂，这些方面均未编入本书之中。因此，在使用本书时，教师可根据学员的具体情况，针对欠缺的文化基础知识作必要的补充，例如几何光学的成像原理、物理光学中的光的干涉以及机械基础知识等等，并且还可安排一定的实验。

本书由谢伟林主编，合肥工业大学费业泰副教授主审。各章的编者如下：第一、三、四、七章由谢伟林编写；第二章由顾韵雯、王昌鑫编写；第五章由谢伟林、虞秀棠编写；第六、十五章由顾韵雯编写；第八、十六章由王昌鑫编写；第九章由王昌鑫、虞秀棠编写；第十章由虞秀棠、顾韵雯编写；第十一、十二、十三、十四章由虞秀棠编写。

在本书编写过程中，得到合肥工业大学费业泰，国家计量局金华彰，中国计量科学研究院徐孝恩、沈家骞、王承钢，天津大学陈林才、罗南星，河北工学院顾励生，上海市计量测试研究所顾耀宗，浙江省计量测试技术研究所秦纪德，台州地区计量所林德舜，绍兴地区计量所蒋海明等同志的热情指导和帮助，还得到安徽省计量局、合肥市计量局、蚌埠市计量局、舟山地区计量所和宁波市计量所的支持，在此一并表示感谢。

由于编者知识欠缺和经验不足，本书一定存在不少问题，恳请帮助指正。

编 者

1985. 6 于浙江省计量测试技术研究所

目 录

第一章 计量器具基本概念	(1)
第一节 计量器具名词术语及定义	(1)
一、计量器具的定义及分类	(1)
二、计量器具的参数和特性	(2)
三、计量器具的检定	(4)
第二节 长度的基准和标准	(6)
一、长度基本单位——米的定义及复现	(6)
二、长度基准器	(7)
三、长度标准器	(8)
第三节 长度计量仪器的分类和特点	(8)
一、按仪器工作原理分类	(8)
二、按仪器用途分类	(9)
第二章 通用长度计量仪器	(11)
第一节 机械式仪器	(11)
一、游标类仪器	(11)
二、螺旋副仪器	(17)
三、表类仪器	(24)
四、水平仪	(37)
第二节 光学仪器	(41)
一、自准直式仪器	(41)
二、显微镜式仪器	(48)
三、光波干涉式仪器	(68)
四、投影式仪器	(71)
第三节 电动测微仪	(75)
一、概述	(75)
二、电感式电动测微仪	(76)
三、差动变压器式测微仪	(78)
四、电容测微仪	(78)
五、电动测微仪的主要精度指标	(79)
第四节 三坐标测量机简介	(80)
一、概述	(80)
二、三坐标测量机的组成和结构形式	(80)
三、测头	(81)
四、测量系统	(84)
第三章 测量误差	(86)
第一节 测量误差的基本概念	(86)
一、测量误差存在的普遍性及研究误差的意义	(86)

二、测量误差的定义.....	(86)
三、测量误差的分类.....	(88)
四、精度.....	(89)
第二节 随机误差.....	(89)
一、随机误差的来源.....	(89)
二、随机误差的性质及其分布规律.....	(90)
三、随机误差分布特征的评价.....	(92)
四、标准偏差的意义.....	(93)
五、算术平均值原理.....	(94)
六、测量精度的评定.....	(95)
七、权与不等精度测量.....	(100)
第三节 系统误差.....	(104)
一、系统误差的产生原因及其分类.....	(104)
二、系统误差对测量结果的影响.....	(105)
三、系统误差的发现.....	(107)
第四节 粗大误差.....	(110)
一、粗大误差的产生原因及其防止.....	(110)
二、粗大误差的判断准则和坏值的剔除.....	(110)
第五节 间接测量误差的合成.....	(114)
一、间接测量定值系统误差的合成.....	(115)
二、间接测量随机误差的合成.....	(119)
三、函数误差的分配.....	(124)
四、微小误差的取舍原则.....	(126)
五、最佳测量条件的确定.....	(127)
第六节 测量结果的有效数字处理.....	(129)
一、近似数和有效数字.....	(129)
二、数的凑整.....	(130)
三、有效数字的运算规则.....	(130)
四、测量数据的位数选择.....	(132)
第七节 测量结果的数据处理步骤.....	(132)
一、直接测量结果的数据处理.....	(132)
二、间接测量结果的数据处理.....	(134)
第四章 测量方法误差.....	(137)
第一节 测量的基本要素.....	(137)
一、测量对象.....	(137)
二、计量单位.....	(137)
三、测量方法.....	(138)
四、测量结果的准确度.....	(140)
第二节 测量方法误差的计算.....	(140)
一、测量方法总误差的基本计算公式.....	(140)
二、测量方法总误差的估算方法.....	(141)
第三节 测量方法主要误差因素的分析.....	(141)
一、器具误差.....	(142)

二、标准件误差	(144)
三、瞄准误差	(145)
四、读数误差	(146)
五、定位误差	(147)
六、接触变形误差	(149)
七、温度误差	(152)
第四节 测量方法总误差计算示例	(155)
第五章 测量方法选择	(157)
第一节 长度测量的基本原则	(157)
一、阿贝原则	(157)
二、最小变形原则	(159)
三、最短测量链原则	(160)
四、封闭原则	(161)
第二节 测量方法的正确选择	(162)
一、测量方法选择的基本原则	(162)
二、计量器具的选择	(163)
三、测量力和接触形式的选择	(167)
四、标准件的正确选择	(168)
五、测量基面和定位方法的选择	(168)
六、测量环境的选择	(171)
第六章 量块	(174)
第一节 量块基本知识	(174)
一、概述	(174)
二、量块的基本特性	(176)
三、有关量块的名词术语和定义	(177)
四、量块的级和等	(178)
第二节 二等及二等以下量块的检定	(181)
一、外观	(181)
二、截面尺寸	(182)
三、非测量面与测量面、非测量面之间的垂直度和倒棱宽度	(182)
四、表面粗糙度	(184)
五、测量面的平面度	(184)
六、测量面的研合性	(186)
七、测量面的硬度	(187)
八、量块的线膨胀系数	(187)
九、量块的尺寸稳定性	(188)
十、量块中心长度及平面平行性	(188)
十一、检定结果的处理	(197)
第三节 量块中心长度测量误差的分析	(198)
一、相对法测量量块中心长度的误差分析	(198)
二、直接测量量块中心长度的误差分析	(204)
第四节 量块的正确使用与保养	(207)

一、正确选择量块的精度等级	(207)
二、量块的组合使用	(207)
三、量块的使用部位	(210)
四、量块的保养	(211)
第七章 线 纹	(212)
第一节 概 述	(212)
一、线纹计量的主要内容	(212)
二、线纹尺	(212)
第二节 线纹量值的传递	(215)
一、线纹量值的基准和标准	(215)
二、线纹量值传递系统	(217)
第三节 线纹尺的检定	(220)
一、线纹尺检定的基本内容	(220)
二、线纹尺长度量值的测量方法	(220)
第四节 线纹尺检定实例——钢直尺的检定	(227)
一、外观要求	(228)
二、硬度和弹性	(229)
三、工作边的直线度	(229)
四、尺面的平面度	(229)
五、尺的工作端边与尺的纵边的垂直度	(229)
六、线纹宽度	(230)
七、示值误差	(230)
八、检定结果的处理	(231)
第八章 角 度	(232)
第一节 角度的单位	(232)
一、角度单位制	(232)
二、角度单位制的换算	(233)
第二节 角度标准器和角度量具	(233)
一、角度标准器	(233)
二、角度量具	(238)
第三节 角度测量的基本方法	(244)
一、绝对测量法	(244)
二、在仪器上与标准件比较	(245)
三、全组合互比法	(245)
四、常角法	(247)
五、正弦法	(248)
第四节 角度量具的检定	(248)
一、多面棱体工作角的检定	(248)
二、角度块工作角的检定	(251)
三、直角尺外角的检定	(251)
四、圆锥量规的检定	(255)
第九章 表面粗糙度测量	(251)
第一节 表面粗糙度的基本概念	(251)

一、表面粗糙度及其作用	(251)
二、表面粗糙度的常用术语	(258)
三、表面粗糙度的评定	(258)
第二节 光切测量法	(260)
一、光切显微镜	(260)
二、测量方法	(264)
第三节 干涉测量法	(267)
一、干涉显微镜工作原理	(267)
二、6J型干涉显微镜主要部件和作用	(268)
三、6JA型干涉显微镜简介	(268)
四、测量方法	(271)
第四节 触针测量法	(272)
一、触针测量法及其优点	(272)
二、影响测量精度的主要因素	(274)
第五节 印模测量法	(275)
一、印模法及其测量过程	(275)
二、印模材料的配制	(275)
附：表面粗糙度数值与GB1031—68表面光洁度级别对照表	(276)
第十章 形状和位置误差的测量	(277)
第一节 形位误差检测基础	(277)
一、形位误差概念	(277)
二、形位误差的评定	(278)
三、测量基准	(280)
四、检测原则	(281)
五、形位误差测量总误差的组成因素	(281)
第二节 直线度误差的测量	(281)
一、直线度误差的评定	(281)
二、直线度误差的测量方法	(283)
三、直线度误差的数据处理	(285)
第三节 平面度误差测量	(290)
一、平面度误差评定	(290)
二、平面度误差的测量方法	(291)
三、平面度误差测量的数据处理	(294)
第四节 圆度误差测量	(303)
一、圆度误差评定	(303)
二、圆度误差测量方法	(305)
第五节 圆柱度和轮廓度误差测量	(307)
一、圆柱度误差测量	(307)
二、轮廓度误差测量	(308)
第六节 定向误差测量	(310)
一、平行度误差测量	(310)
二、垂直度误差测量	(312)
三、倾斜度误差测量	(315)

第七节 定位误差测量	(317)
一、同轴度误差测量	(317)
二、对称度误差测量	(320)
三、位置度误差测量	(322)
第八节 跳动测量	(325)
一、圆跳动测量	(325)
二、全跳动测量	(326)
第十一章 长度尺寸测量	(328)
第一节 外尺寸测量	(328)
一、接触式测量	(328)
二、影像法测量	(329)
三、轴切法测量	(332)
四、测量示例	(333)
第二节 内尺寸测量	(336)
一、灵敏杠杆(光学接触器)测量	(337)
二、电眼法测量	(338)
三、测钩法测量	(339)
四、干涉法测量	(341)
五、反射法测量	(342)
六、气动法测量	(343)
第三节 圆弧尺寸测量	(344)
一、非整圆的圆弧半径测量	(344)
二、大圆弧直径测量	(348)
第四节 交点尺寸测量	(351)
一、影像法直接测量	(351)
二、坐标法测量	(352)
第十二章 圆柱螺纹测量	(354)
第一节 螺纹的基本概念	(354)
一、螺纹的基本参数及定义	(354)
二、螺纹公差	(356)
三、螺纹标记	(357)
第二节 螺纹参数误差及其对螺纹互换性影响	(359)
一、单一中径误差对互换性影响	(359)
二、螺距误差对互换性影响	(359)
三、牙型半角误差对互换性影响	(360)
四、作用中径	(361)
五、单一中径	(363)
第三节 圆柱螺纹的综合测量	(363)
一、螺纹量规的种类和使用	(365)
二、螺纹量规公差	(365)
第四节 圆柱螺纹参数的单项测量	(365)
一、外螺纹中径测量	(366)
二、内螺纹中径测量	(374)

三、螺距测量.....	(377)
四、牙型角测量.....	(380)
第五节 丝杠测量.....	(381)
一、概述.....	(381)
二、螺旋线误差测量.....	(382)
三、螺距误差测量.....	(384)
第六节 圆锥螺纹测量.....	(386)
一、概述.....	(386)
二、圆锥螺纹综合测量.....	(387)
三、圆锥螺纹单项测量.....	(389)
第十三章 圆柱齿轮测量.....	(391)
第一节 渐开线齿轮的概念.....	(391)
一、渐开线及其性质.....	(391)
二、渐开线啮合的基本概念.....	(392)
三、齿轮各部分名称及定义.....	(393)
四、正齿轮和变位齿轮.....	(394)
五、斜齿圆柱齿轮.....	(395)
第二节 齿轮传动的基本要求与公差组合.....	(396)
一、齿轮传动的基本要求.....	(396)
二、齿轮公差组.....	(397)
三、齿轮误差的检验组.....	(401)
四、齿轮精度等级的标注.....	(402)
第三节 齿轮参数的单项测量.....	(403)
一、周节的测量.....	(403)
二、公法线的测量.....	(412)
三、齿厚的测量.....	(419)
四、齿形的测量.....	(420)
五、基节的测量.....	(431)
六、齿向的测量.....	(433)
七、齿圈径向跳动测量.....	(435)
第四节 齿轮误差的综合测量.....	(435)
一、双面啮合综合测量.....	(436)
二、单面啮合综合测量.....	(436)
三、齿轮动态整体误差测量.....	(437)
第十四章 平台测量.....	(442)
第一节 平台测量的基本概念.....	(442)
一、平台测量的特点.....	(442)
二、平台测量的分类.....	(442)
第二节 测量的主要设备.....	(444)
一、钢平板.....	(444)
二、圆柱角尺.....	(445)
三、小方铁和小方箱.....	(445)
四、刀口直尺.....	(445)

五、平面直尺	(446)
第三节 长度尺寸测量	(446)
一、外尺寸测量	(446)
二、内尺寸测量	(446)
第四节 圆弧半径测量	(448)
第五节 角度及与角度有关尺寸测量	(449)
一、角度测量	(450)
二、与角度有关尺寸的测量	(452)
第六节 交点尺寸测量	(455)
一、直线与直线交点尺寸测量	(455)
二、直线与圆弧交点尺寸测量	(458)
三、圆弧与圆弧交点尺寸测量	(460)
第七节 相关尺寸测量	(461)
一、相关尺寸的概念	(461)
二、相关尺寸的测量	(462)
第十五章 通用机械式仪器的检定	(465)
第一节 读数装置的检定	(465)
一、刻线质量	(465)
二、指标线与刻度尺的刻线宽度及宽度差	(465)
三、指标线与刻度尺之间的距离	(466)
第二节 测量面的平面度和平行度检定	(466)
一、测量面的平面度、平行度对测量结果的影响	(466)
二、测量面平面度的检定方法	(467)
三、测量面平行度的检定方法	(468)
第三节 仪器零位误差的检定	(472)
一、游标类及螺旋副类仪器零位正确性的检定	(472)
二、水平仪零位的检定	(472)
第四节 测力的检定	(473)
第五节 示值误差的检定	(474)
一、示值误差的检定方法	(474)
二、示值变化的检定方法	(480)
三、示值误差专用检定仪的工作原理	(481)
四、影响机械式仪器示值误差的主要因素	(485)
第六节 调整量具的检定	(490)
第七节 仪器检定实例——外径千分尺的检定	(491)
一、外观	(492)
二、各部分相互作用	(492)
三、测力	(492)
四、微分筒锥面的端面与固定套管横刻线的距离	(493)
五、固定套管纵刻线表面至微分筒锥面棱边上边缘的距离	(493)
六、刻线宽度及宽度差	(493)
七、测量面的表面粗糙度及平面度	(493)
八、两测量面的平行度	(494)

九、示值误差	(496)
十、校对用量杆的检定	(498)
第十六章 光学计量仪器的检定	(500)
第一节 仪器光学系统的检定	(500)
一、光学系统的成像质量	(500)
二、物镜放大倍数	(500)
第二节 直线度的检定	(503)
一、仪器运动部件移动直线度误差的表现形式	(503)
二、仪器运动部件移动直线度误差对测量结果的影响	(504)
三、仪器运动部件移动直线度的检定方法	(504)
第三节 垂直度的检定	(505)
一、用宽面直角尺检定	(505)
二、用刀口直角尺以影像法检定	(505)
三、用平行平晶升像法检定	(506)
四、用其它方法检定	(507)
第四节 仪器定位部件的检定	(508)
一、工作台的检定	(508)
二、顶针部件的检定	(510)
第五节 仪器示值误差的检定	(513)
一、以量块尺寸为标准检定	(513)
二、以量块尺寸差为标准检定	(515)
三、用标准线纹尺检定	(518)
四、以多面棱体为标准检定	(519)
五、用标准单刻线样板检定	(520)
第六节 仪器检定实例——立式光学计的检定	(521)
一、检定条件	(523)
二、检定项目和主要检定工具	(523)
三、检定要求和检定方法	(523)
四、检定结果的处理	(529)
参考资料	(530)

第一章 计量器具基本概念

第一节 计量器具名词术语及定义

一、计量器具的定义及分类

测量是人们认识客观世界的一个重要手段，从本质上说，测量就是将被测的量和一个作为计量单位的标准量进行比较，以获得被测量值的实验过程。因此，要确定被测量值，不仅需要建立计量单位，而且需要具体体现计量单位的器具，比如说，确定某一物体的长度需要直尺、圈尺或游标卡尺，测量钢珠的直径需要千分尺或量块、立式光学计等。凡能用来实现被测的量与计量单位进行比较，并能直接或间接测出被测对象量值的量具、计量仪器和计量装置统称为计量器具。上面所提到的直尺、圈尺、量块、游标卡尺、千分尺和立式光学计等均为计量器具。计量器具可分为以下几类：

1. 量 具

量具是以固定形式复现量值的计量器具。量具的特点一般为没有指示器和测量过程中运动着的测量元件。量具可单独使用，或同其它计量器具一起进行测量工作，例如，量块只复现量的单个值，用它进行测量时必须同其它计量器具一起用，这类量具称为从属量具；另一些量具具有两种并存的功能，即复现量值可以不用其它计量器具一起进行测量，如线纹米尺、钢直尺、竹木直尺等，这类量具称为独立量具。

量具所复现的量值，一般标注在量具上，称为量具的标称值，又称为名义值。在长度计量中的量具主要包括以下两类：

(1) 单值量具——用来复现计量单位或者复现计量单位的倍数或分数值的量具，例如量块、角度块等。为了适合在一定范围内进行测量的需要，往往把若干单独的量具组合成一体，以便复现更多的量值。这种量具的组合体称为量具组或成套量具，如各种不同规格的量块组、角度块组、平行平晶组等。量具组并不是任意值的量具的组合，而是值的系列经适当选择的量具的组合。选择的一般原则是能利用最少的量具达到最大的组合数。对量块组而言，组合原则是在给定范围内任何长度值应该用不多于4—5块量块来实现；

(2) 多值量具——用来复现在一定范围内计量单位某些倍数或分数值的量具，如毫米刻度尺、多面棱体就是这种量具的典型实例。

在机械业中还有一种用得相当广泛的技术检验工具——量规。这是一种用来综合检验产品尺寸或形状正确性，以及检验产品各部件相互位置正确性的量具，实际上它也是一定长度或角度大小的复现。因此，量规也是一种单值量具或多值量具。

2. 计量仪器

将被测的量转换成可直接观测的指示值或等效信息的计量器具称为计量仪器。计量仪器主要由感受部件、传动放大机构和读数装置三大部分组成。感受部件的作用是感受被测的量