

量具的修理

王永立 賈三泰

閻景文

編著

中國計量測試學會
科普與教育工作委員會

量 具 的 修 理

王永立 贾三泰 闫景文 编著

东工业学院图书馆
藏书章

测试学会
工作委员会

本书详细地介绍了游标卡尺、外径千分尺和百分表三种量具的工作原理、结构、检定和修理方法。书中采用了国内比较先进和行之有效的检修技术和工具，有必要的量具检修基本知识和误差分析。书末附有三大件现行检定规程。

本书文字通俗易懂，内容密切结合实际。本书的主要读者对象为量具检修工人，也可供计量检验人员参考。

量具的修理

王永立 贾三泰 闫景文 编著

*

中国计量测试学会 出版
科普与教育工作委员会

郑州嵩山印刷厂 印刷

郑州机械研究所电脑排版部 排版

*

开本 小32开·字数 300千字

1990年6月第一次印刷

前 言

量具的检定和修理，是保证量具准确和长度尺寸准确一致的重要手段。准确的量具对提高产品质量和降低成本有着明显效果。

我们根据自己工作中的体会，并收集了兄弟单位的丰富经验，针对工厂中用得最多的游标卡尺、外径千分尺和百分表三种通用量具，编写了这本以实际操作方法为主的《量具的修理》一书。希望通过此书能对提高广大量具检修工人的业务水平有所帮助。

此书 1976 年由北京机械工业出版社出版（原名《万能量具的修理》）。十余年来，重印四次，印数 13 万册，仍不能满足需要。根据广大读者的要求，鉴于出版社尚无再版计划，作者受中国计量测试学会的委托，对本书进行了修订，删节了部分过时内容，增加了一些新内容，并在书末增加了三大件现行检定规程，印行 10000 册，以满足各地举办量修培训班和广大量修人员之需。

本书在编写过程中，曾得到上海、北京等地许多单位的大力支持和协助。此次修订再版，又得到广大读者的支持和国家技术监督局东征司长的鼓励，在此，我们一并表示感谢，并望批评指正。

王永立

1990 年 3 月

目 次

前言

第一章 概述	1
第一节 量具检修在生产中的作用	1
第二节 量具失准的原因和检修要点	1
第三节 确定量具检修顺序的原则	3
第二章 量具检定和修理的基本知识	4
第一节 长度单位	4
第二节 长度尺寸的量值传递	5
第三节 误差、精度和准确度	6
第四节 温度对长度尺寸的影响	16
第五节 量具检修中常用的名词术语	19
第六节 量块	22
第七节 平晶和光波干涉量法	31
第八节 刀口尺和光隙量法	39
第九节 平板	43
第十节 研磨	48
第十一节 量具检修用的设备和材料	59
第三章 游标卡尺的修理	64
第一节 概述	64
第二节 游标卡尺的读数原理和构造	65
第三节 游标卡尺的检定	71
第四节 游标卡尺的修理顺序	82
第五节 游标卡尺外观修整和明显损坏部分的修理	82
第六节 游标卡尺各部分相互作用的修理	87
第七节 死游标改制活游标	101
第八节 获得游标卡尺测量面修磨余量的方法	105
第九节 游标卡尺测量面平面度和平行度的修理	122

第十节	游标卡尺示值误差的分析和修理	132
第十一节	游标卡尺内测量爪的修理	140
第十二节	游标卡尺测深部分的修理	146
第四章	千分尺的修理	149
第一节	概述	149
第二节	千分尺的构造和读数	150
第三节	千分尺的检定	157
第四节	千分尺的修理顺序	174
第五节	千分尺外观修整和明显损坏部分的修理	175
第六节	千分尺测力的修理	181
第七节	千分尺压线和离线的修理	186
第八节	千分尺套筒摩擦的修理	195
第九节	千分尺止动器的修理	197
第十节	千分尺轴向窜动的修理	204
第十一节	千分尺径向摆动的修理	209
第十二节	千分尺平面平行度的修理	219
第十三节	千分尺示值误差的分析和修理	256
第十四节	千分尺校对棒的修理	275
第五章	百分表的修理	283
第一节	概述	283
第二节	百分表的工作原理和构造	284
第三节	百分表的检定	303
第四节	百分表的拆装和修理顺序	313
第五节	百分表的外观修理	315
第六节	百分表各部分相互作用的修理	321
第七节	百分表测力的修理	339
第八节	百分表灵敏限的修理	341
第九节	百分表示值变动性的修理	344
第十节	百分表示值误差的分析和调整	357
附录	卡尺、千分尺、百分表检定规程	377

第一章 概 述

在机械制造中，量具的种类和形式很多，习惯上把构造简单的称为量具，如直尺、卡尺、千分尺、百分表等；把构造复杂的称为量仪，如千分比较仪等。

游标卡尺、千分尺和百分表三种量具，在工厂中用得最多、最普遍，俗称“三大件”。本书着重介绍上述三种量具的检定和修理方面的技术。

第一节 量具检修在生产中的作用

量具失准，会使机器零件达不到互换性的要求，影响装配工作的顺利进行，降低生产效率；还可能给生产带来更大的危害，例如把合格的零件当作不合格，或把不合格品当成合格品，以致造成浪费，降低产品质量。同时，由于量具是精密产品，经济价值较高，如果失准后就弃旧换新，必定增加生产成本。因此，对量具应经常进行检修，及时恢复其准确度，充分发挥使用效能，以保证生产的顺利进行。

量具的检定和修理，是计量工作的两个重要环节，是保证全国量值统一的重要手段，是提高产品质量的重要因素，是我国机械制造业发展的需要。

第二节 量具失准的原因和检修要点

量具失准的原因有两种，一种是使用过程中的正常磨损；另一种是由于使用和保管不当造成的损坏，如卡尺量爪折断，千分尺尺架变形和锈蚀等。

量具最容易磨损的地方，主要是测量面和经常活动的部位。造成磨损的因素大致有以下几种：

1) 工件材料和表面质量。当工件为铸铁时量具磨损较大；工件为铜铝等软金属时磨损较小。表面粗糙度高的工件对量具的磨损较小。

2) 量具测力大小和重量。量具测力和本身重量愈大，磨损愈大。

3) 量具测量面的硬度。硬度高的测量面不易划伤，使用周期较长。

4) 工作场所的状况。在灰尘多的地方使用量具时，极易磨损。

5) 不正确地使用量具。如用量具测量正在旋转的工件，测量面会很快磨损等。

量具检修的主要任务，就是准确地找出失准的原因，然后用先进的修理方法恢复其原有的准确度。在检修过程中，应遵循以调为主、修为辅、先粗后精、由表及里的原则，并合理安排检修顺序。

在量具结构中，通常设有调整部分，检修时往往只要稍加调整即可，而不要大拆大卸和随便更换零件。只有在调整后仍不能解决问题时才去修理。修理时先修外观和粗糙部分，为精细部分的调修打下基础和提供必要的条件。

为了修好量具，必需对量具及其磨损情况有深入细致的了解，研究和分析量具的磨损规律和产生误差的原因，通过实践、认识、再实践、再认识，在科学的基础上，不断改造和创新检修方法。工作量和劳动强度较大的工序，尽可能采用机械加工。为了适应科技发展的需要，要尽可能利用先进的电子技术，从而把检定和修理工作不断提高到新的高度。

第三节 确定量具检修顺序的原则

量具合理的检修顺序，对提高检修质量和工作效率有很大作用。它根据量具的结构特点以及各修理项目之间的关系确定。例如修卡尺时，应先修好主尺基面，再修磨测量面；修理千分尺时，先修测杆径向摆动才能修平行性；修理百分表时，先修示值变动性才能修示值误差。如果不考虑先后次序，就会造成返工现象，降低工作效率和修理质量。

合理安排修理顺序的原则如下：

- 1) 尽量使已修好的部位为下一步修理创造必要而有利的条件；
- 2) 受某一部分影响的项目应后修，使后修的部分不影响已修好部分的质量；
- 3) 与其它修理项目关系不大的部分，修理顺序不受限制，可根据具体情况而定。

在修理工作中，量具的检定和修理是分不开的。一般的顺序是检定——修理——检定。修理过程中，必要时还要进行检定。最初的检定，目的是全面了解量具的失准情况，分析失准的原因，找出其主要方面和次要方面，合理安排修理顺序，做到心中有数。中间检定或检查，是为了确定修理中某个项目是否达到要求。最后检定，是按照检定规程全面地确定量具是否合格，以及评定量具的准确度级别。

第二章 量具检定和修理的基本知识

第一节 长度单位

我国的计量制度自 1984 年 2 月 27 日起采用法定计量单位。它的特点是十进位，计量单位的命名很有系统，使用和计算非常方便。

在法定单位中，长度的基本单位是“米”。除米之外，还有许多十进十退的辅助单位，名称及代号列于表 2-1。

表 2-1 我国长度单位的名称及代号

单位名称	代 号	对主单位“米”的比
微 米	μm	1 / 1000000
忽 米	cmm	1 / 100000
丝 米	dmm	1 / 10000
毫 米	mm	1 / 1000
厘 米	cm	1 / 100
分 米	dm	1 / 10
米	m	主 单 位
十 米	dam	10
百 米	hm	100
公里(千米)	km	1000

在长度计量中，使用最多的是毫米和微米两种。1 毫米等于千分之一米，1 微米等于千分之一毫米。

在国务院正式公布上述规定之前，我国各地对长度单位有一些习惯叫法，例如把米叫做公尺，分米叫做公寸，厘米

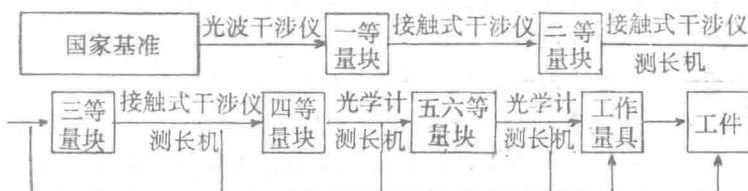
叫做公分，毫米叫做公厘，忽米叫做丝、公丝、道，微米叫做忽、公忽、公微等等。这些习惯叫法，容易造成混乱，都是错误的。

长度的基本单位米 (m)，其定义为：米是光在真空中于 $1/299\,792\,458$ 秒时间间隔内所经路程的长度。

第二节 长度尺寸的量值传递

把国家的长度基准，利用标准仪器和各级标准器（一至六等量块）逐级传递到工作量具和工件的过程，就是长度尺寸的量值传递。

量值传递，是由国家计量技术机构、省市计量机构、工厂计量室以及广大的量具使用者集体执行的。如中国计量院用国家基准，通过光波干涉仪检定一等量块；省计量测试所用一等量块，通过接触式干涉仪等检定二等量块；工厂根据产品的精度用二或三等量块，通过其它量仪检定四、五、六等量块，再用四、五、六等量块检定工作量具。下面就是长度尺寸的量值传递系统图。



由上图可以看出，工件的尺寸是由国家长度基准逐级传递下来的，这就保证了全国范围内长度尺寸的一致性。

量值传递是工业生产和国家建设的需要，也是群众性的技术工作，它既有严密的科学性，又有广泛的群众性。

由上述可知，长度的量值传递是通过低级量具与较高级量具的比较来实现的。这个比较的过程，就叫做检定。从某种意义上讲，检定就是测量，只不过对象不同而已。被测量的对象是工件时，叫测量；是量具时，叫检定。

为了保证量值的统一和量具的准确一致，必须使每一种量具的检定方法统一起来，并且要求这种检定方法能正确评价被检量具的技术特性（尤其对准确度）。为此，对各种量具的检定都由国家统一制定了一套规程，即检定规程。它详细规定了检定的设备、标准量具和仪器、所用的方法以及一切技术条件等。

检定规程是计量工作的基本技术文件，它们是计量工作者必须遵行的法规。

第三节 误差、精度和准确度

一、误差和偏差

在实际工作中，凡提到误差，都有一定的对象。如零件的制造误差、量具的误差、测量误差、读数误差和温度误差等等。概括地说，误差就是实际数值与真实值的差。所谓真实值，严格地讲，是无法测得的，这是因为测量仪器、测量方法、环境、人的观察力等都不能做到完美无缺的缘故，在实用中，只能用尽可能接近它的值来代替。误差的对象不同，真实值的代用值也不同，如在制造零件时，取零件的公称值；检定量具时，取标准量具（如量块）所确定的值；测量时，取多次测量结果的算术平均值作为真实值。

误差按其性质分为三大类：

1) 系统误差 是大小与方向不变，或按一定规律变化的误差。它是由于量具的误差、标准件误差、读数误差、测

力误差以及温度误差等引起的误差。量具的误差主要包括量具零件的制造偏差、量具装配误差和设计上不合理或采用了某些假定引起的误差。系统误差一般可通过一定的方法加以修正或消除。

2) 偶然误差 是一种大小和方向都不定的误差。量具本身引起的偶然误差是由于量具零件的磨损、量具机构有间隙和摩擦、测力的变化,以及油层带来的停滞现象等原因引起的。偶然误差是不可避免的,不可能一一掌握,但是在进行多次测量时,用统计的方法,也可找出它的变化规律和变动范围。其变化规律是:在多次重复测量中,正负偶然误差出现的次数相等;绝对值相等,符号相反的偶然误差出现的次数相等;绝对值小的偶然误差比绝对值大的偶然误差出现的可能性大,并且偶然误差的绝对值不会超过一定的极限。

3) 过失误差 是由于测量和计算时的疏忽和错误造成的粗大误差。如读数读错、记错、听错、算错、量块组合错、偶然的碰撞、振动、温度的改变、工件安装错等原因造成的误差。

量具检定中,常常碰到偏差这一概念。偏差又有极限偏差和实际偏差之分。极限偏差是规定的;实际偏差是实际测得的。例如尺寸为 25 毫米的 1 级千分尺校对棒,其尺寸极限偏差规定为 ± 2 微米。如果校对棒尺寸超差,可按实际测得的尺寸使用。这个实际尺寸与公称尺寸 25 毫米之差,就是实际偏差。

偏差和误差有时没有明显的区别,在数值上也往往是相同的。

允差是允许误差或允许偏差的简称。“允许”有时写作“容许”,表示规定一个范围。

公差这一词常见于机器制造中，是指零件最大与最小极限尺寸之差。它是根据设计要求人为规定的。

误差和偏差均有正负之分；允差和公差有数值范围，不分正负。

二、精度和准确度的区别及表示方法

精度和准确度^①是两个含义根本不同的基本概念。为了说明这两个概念和它们之间的关系，我们举一个打靶的例子。有三位民兵在同样的外界条件下，并排向三个靶子各射击若干发子弹。射击结果如图 2-1 所示。由图可看出，第一位民兵发射子弹射击点最集中（图 2-1a），散布范围最小，第二位散布范围较大（图 2-1b）。我们就可以说，第一位的射击精度比第二位高。第三位的射击点也很集中（图 2-1c），但是离靶心很远。我们说，第三位与第一位的射击精度相近，但第三位比第一位的射击准确度低。

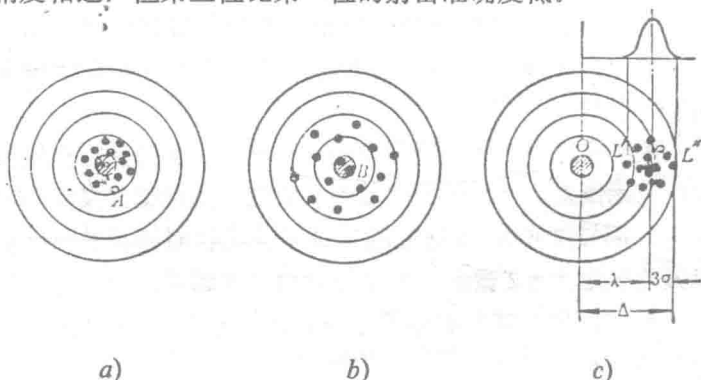


图 2-1 以打靶为例说明精度和准确度的概念

^①精度又称精密度；准确度又称精确度。

就打靶来说，精度就是各个子弹射击点相接近的程度；准确度就是射击点与靶心接近的程度。

由此可知，只有多次射击才谈得上精度，它是对一批数值说的。精度反映了误差的散布范围。因此，它不是用误差大小表示，而是用误差的散布范围大小来表示。下面用一例子来说明：有两把同类量具，精度分别为零级和1级（零级比1级精度高），用零级量具测得的值中，可能有些值比用1级量具测得的某些值误差更大。如果简单地用误差大小表示精度，那就会得出零级精度比1级精度低的矛盾结论来。若用每个量具的误差散布范围表示精度，就比较合理了。这就好比图2-1a中，有某些射击点（如A点）比图2-1b中某些点（如B点）距离靶心较远，但不能说前一种情况的射击精度比第二种低。

为了说明精度和准确度与误差的关系，以及怎样用数量来表示它们，就要用到偶然误差和系统误差这两个词。我们仍然用打靶为例，精度的高低（射击点的散布范围大小）是由于偶然的因素决定的，如射击者呼吸不均匀、手发生颤动等。准确度的高低（射击点偏离靶心的距离）是由于固定的因素和偶然的因素共同决定的，如枪的准星校正不好、射击者的眼睛有问题，以及上述的偶然因素等。所以，精度与偶然误差有关，而准确度既与偶然误差有关，也与系统误差有关。它们在数量上的关系可用图2-2表示。

图中曲线为偶然误差的分布曲线，横轴表示射击点对靶心的误差，纵轴表示误差相同的射击次数；O相当于靶心（误差为零）； λ 为射击结果含有的系统误差； L' 、 L'' 表示射击点离靶心最近和最远的误差； $L'L''$ 间的距离表示射击结果不确定的程度，即精度，也就是偶然误差的极限，数值

上等于 6σ ①； Δ 称为最大可能误差，表示准确度，数值上等于 $|\lambda|+3\sigma$ 。如果将此图与图 2-1c 比较一下，就更加清楚了。

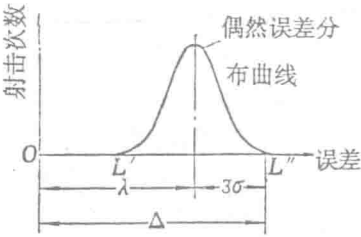


图 2-2 精度和准确度数量上的关系

由 $\Delta=|\lambda|+3\sigma$ 可知，一个精度很高的射击结果，可能是不准确的（系统误差 λ 可能很大），正如图 2-1c 所示的情况；也可能是准确的（ λ 可能很小，甚至为零），正如图 2-1a 所示的情况。反过来讲，如果准确度高（当 $\lambda=0$ 时， 3σ 即表示准确度），则精度（ $\pm 3\sigma$ ）也高。所以，准确度才能全面地衡量射击成绩的好坏。

三、量具的精度和准确度

上面所讲的是精度和准确度的一般概念。在实用上，凡提到精度和准确度时，都是对某一个具体对象来说的。例如量具的精度和准确度是对量具而言；测量精度和准确度是对测量而言；加工精度和准确度是对加工而言；读数精度和准

①在误差理论中， σ 称为标准误差或均方根误差，它是一组测量中各个观测值的函数，用来表示精度。其定义为 $\sqrt{\sum d_i^2/n}$ ，其中 n 为观测次数； d_i 为观测值与平均值的偏差。

确度是对读数而言。由于它们的对象不同，使用中也有区别，注意不可混淆。下面再着重谈谈与我们关系较密切的量具的精度和准确度的问题。

量具的精度，就是在规定的工作条件下，用此量具对同一真实值进行多次独立测量，各次测量结果间的接近程度。在此，所谓在规定的工作条件下和独立的测量，意思就是不受外界条件影响，并除去与量具质量无关的因素。

量具的准确度，就是在规定的条件下，测量值与真实值的接近程度。

当我们用一量具测量某一尺寸，几次测量结果的差值极小，但每次的测得值与真实值的差别很大时，说明该量具的精度很高，但准确度很低，因为这里包含有较大的系统误差。例如零位不准的卡尺（零位不准是系统误差），用它对同一尺寸进行多次测量时，虽然测量结果的差值很小，但各次的测得值与真实值差别却很大。这就说明这把卡尺的精度较高，但准确度很低。所以说，一个量具可能具有很高的精度，而同时又可能由于某些因素的影响准确度很低。但是反过来讲，如果一个量具的准确度高，则其精度一定也高。

量具的准确度，是全面评定量具质量的唯一参数。它用量具刻度范围内的最大示值误差（即最大可能误差）来表示。

量具的示值误差，是量具的指示值与被测尺寸真实值之差。它是由于量具本身的缺陷引起的。一般有下列三种原因：1) 设计上的不完善，例如设计中进行了某些简化；2) 量具零件制造不精确；3) 量具零件在使用中的磨损。这里包含了系统误差和偶然误差。

在量具的检定规程中，所说的精度和精度级别，是一批