

万能量具检定与修理

上海市第一机电工业局科技组计量管理站

前 言

在举国上下热烈庆祝华国锋同志任中共中央主席、中央军委主席，热烈庆祝粉碎“四人帮”反党集团篡党夺权阴谋伟大胜利的大好形势下，一个工农业生产的新高潮已经到来。多年来，各条战线遵照伟大领袖和导师毛主席提出的“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”的总路线和“抓革命，促生产，促工作，促战备”的教导，充分发挥了我国社会主义制度的优越性和我国工人阶级、贫下中农、革命干部和革命知识分子的积极性，使我国的工农业生产和科学技术有了较快的进展。现在粉碎了“四人帮”篡党夺权的阴谋，在以华主席为首的党中央领导下，我国的工农业生产和科学技术将会飞速的发展。

随着生产和科技的快速发展，对计量工作提出了更高的要求。计量工作既是一项行政管理工作，又是一项技术基础工作。准确的计量能够保证生产的正常进行运转，提高劳动生产效率，保证产品质量，从而推动生产和科技的发展。为了加强计量工作，使广大计量战线上的新兵能迅速掌握万能量具检定和修理的技术，我局虽曾举办过多期“万能量具检定与修理”学习班，但还远远不能满足各厂计量工作的需要。为继续进一步办好学习班。我们在上海量具刃具厂，大隆机器厂、上海开关厂等单位的支持和有关同志的共同努力下，对原来的教材进行了修改和充实后，编印了本教材。但由于时间匆促，又加上我们缺乏实践经验，故一定有很多缺点和错误，希同志们提出批评指正，以便进一步充实提高。

上海市第一机电工业局科技组计量管理站

一九七六年十二月

目 录

第一章 长度计量基础知识

第一节	概述.....	(1)
第二节	长度基准器的发展和测量单位.....	(3)
第三节	测量基础.....	(8)
第四节	测量误差.....	(12)
第五节	量块.....	25)
第六节	平晶.....	(31)

第二章 游标量具检定和修理

第一节	概述.....	(35)
第二节	游标卡尺检定和修理.....	(41)
第三节	游标深度尺检定和修理.....	(69)
第四节	游标高度尺检定和修理.....	(72)
第五节	游标测齿尺检定和修理.....	(77)
第六节	游标量角器检定和修理.....	(83)

第三章 测微量具检定及修理

第一节	概述.....	(89)
第二节	测微量具分类.....	(91)
第三节	外径千分尺检定及修理.....	(95)

第四节	内径千分尺检定及修理	(117)
第五节	测深千分尺检定及修理	(119)
第六节	内测千分尺检定及修理	(127)
第七节	公法线千分尺检定及修理	(134)

第四章 表类量具的检定和修理

第一节	表类量具在机械加工中的意义	(142)
第二节	表类的种类和工作原理	(142)
第三节	钟表式百分表的检定和修理	(144)
第四节	杠杆式百分表的检定和修理	(162)
第五节	内径量表的检定和修理	(175)
第六节	使用和保养	(185)
第七节	量具的周期检定	(186)

第五章 量具修理与检定技术革新项目

(1)	游标卡尺研磨机	上海曙光机械厂	(190)
(2)	台式卡尺研磨机	上海振动机厂	(193)
(3)	台式游标卡尺磨块二用研磨机	上海阀门六厂	(195)
(4)	台式游标卡尺研磨机	上海沪江机械厂	(200)
(5)	简易量具研磨机	上海合金轴瓦厂	(205)
(6)	外径千分尺研磨机	上海沪江机械厂	(207)
(7)	半自动千分尺研磨机	上海沪江机械厂	(208)
(8)	公法线千分尺研磨机	上海汽车齿轮厂	(211)
(9)	外径千分尺示值磨研机	上海直流电机厂	(213)
(10)	外径千分尺示值检具	上海水泵厂	(216)

- (11)表类量具检表仪.....上海第一石油机械厂 (217)
- (12)游标卡尺内外量爪校准器.....上海第一石油机械厂 (223)
- (13)游标卡尺内外量爪校准器.....上海沪江机械厂 (231)
- (14)研磨块研磨机.....上海冶金矿山机械厂 (235)
- (15)研磨块研磨机.....上海第一石油机械厂 (237)
- (16)JM 16—40型平板研磨机.....上海东风机器厂 (242)
- (17)平板研磨机.....5703厂 (245)
- (18)游标量具刻线机.....上海冶金矿山机械厂 (246)
- (19)光面塞规、研磨器、研磨机.....573厂 (248)
- (20)齿轮卡尺横尺量爪尖端面竖尺综合研磨机.....上海第二机床厂 (252)
- (21)凸形表面有机玻璃热压成型机.....上海第二机床厂 (254)
- (22)游标卡尺测深及千分尺R形钻座研磨机.....上海合金轴瓦厂 (255)
- (23)电火花加工小靠表测头装置.....上海航海仪器厂 (257)
- (24)片凸轮比较法自动测量仪.....上海导航仪器厂 (259)

第一章 长度计量基础知识

第一节 概 述

伟大领袖毛主席教导我们：“一切产品，不但求数量多，而且求质量好，耐穿耐用。”怎样来保证产品的质量呢？就必须借助于一种特殊的手段——计量。

什么是计量呢？计量就是使用计量器具（仪器、仪表及量具），对物体的长短、轻重、温度的高低、光的强弱……等物理量进行测量。而实质上计量也就是把一个暂时未知的量同另一个约定的已知量作比较的过程。这种比较在工业生产、农业生产、科学实验、国防建设、对外贸易以及人民日常生活中是大量进行着的。

当前，在毛主席革命路线指引下，我国的社会主义建设事业，正在欣欣向荣、蒸蒸日上，随着工农业和科学技术的迅速发展，对计量的准确性和精密度的要求不断提高，范围也不断扩大。目前，计量大致分为长度、力学、热学、电磁、无线电、时间频率、电离辐射、光学、声学 and 物理化学十个方面。

在计量技术中，所有的量值都是从基本量单位导出的，能够起着提纲挈领作用的单位，称之为基本单位，这些单位的定义，随着科学技术的发展，曾作过多次修改。目前世界上通用的并经国际计量局规定的国际单位制中有七个基本单位，一九七一年最新公布的定义如下：

（1）**长度单位——米**。是氪⁸⁶原子的 $2p_{10}$ 和 $5d_5$ 能极之间跃迁的辐射在真空中波长的 1650763.73 倍，单位符号m。

（2）**质量单位——公斤**。是国际计量局保存的铂铱合金，国际公斤原器的质

量，单位符号kg。

(3) **时间单位——秒**。是铯¹³³原子基态的两个超精细能极之间跃迁辐射周期的9192631770倍的持续时间，单位符号S。

(4) **热力学温度单位——开尔文**（简称“开”）。是水之相点热力学温度的 $1/273.16$ ，单位符号K。

(5) **电流强度单位——安培**。是在两根放于真空中相距1米的无限长而圆截面极小的平行直导线内，通以恒定的电流，使这两根导线之间每米长度上产生的力等于 2×10^{-7} 牛顿，这个恒定电流即为1安培，单位符号A。

(6) **发光强度单位——烛光**。是在101325牛顿/平方米压力和铂凝固点温度下，从绝对黑体的 $1/600000$ 平方米表面沿垂直方向幅射出来的光强度，单位符号Cd。

(7) **物质的量的单位——摩尔**。是构成物质的结构粒子数目和0.012公斤碳¹²中的原子数目相等，则这个系统的物质的量为1摩尔，单位符号mol。

在机械工业生产中，尤为长度计量应用最普遍，它是使工业产品达到优质、高产、低成本的一个重要措施。人们常说：“计量是工业生产的眼睛”，因为生产出来的机床，机械设备，交通工具等等，其中主要的零件如齿轮、螺纹、轴杆、机体等的几何形状、光洁度、平面性等几何参数，都必须用长度计量器具来进行测量，从而使它们达到设计要求，可靠地保证零件的互换性。

长度计量的主要内容：光波、端面长度、线纹、角度、光洁度、平直度以及各种机械几何量的精密测量等项目。

长度计量的主要任务：(1)保证量值统一；(2)研究测量方法，保证测量精度；(3)制定科学的计量管理制度；(4)现代的计量技术研究；(5)互换性的实施及标准化工作。

第二节 长度基准器的发展和测量单位

毛主席教导我们：“人民，只有人民，才是创造世界历史的动力。”我国的计量事业有着悠久的历史，计量的前称为度量衡，分别指的是长度、容量和重量三种物理量，从目前来讲，度量衡只不过是计量的重要一部分。早在几千年之前，人们在重视生产活动和日常生活中，产生了长短等的原始长度概念，并逐渐产生了简单的比较方法和比较标准，当时人们曾采用人的两个大姆指、一双脚、两个臂膀以及脚步来作为标准进行测量，由于人体的尺寸各不相同，伸掌为尺、迈步定亩等的原始计量根本无法取得尺寸上的一致。以后又曾改用一个部落酋长的身体长短来作为测量单位。

随着生产力的不断发展，私有制和阶级社会的出现，对“度”的需要也日益迫切，用人体的某些部分和某些自然物作为计量标准，已不能适应新的需要，逐渐产生了由简单到复杂；由粗糙到精密的各种“度”的器具。在春秋战国时期，生产的铁制农具和各种兵器，已有一定的尺寸规格要求，织布也有一定的阔度。毛主席说：“**卑贱者最聪明！高贵者最愚蠢**”。春秋末期的著名建筑工匠鲁班，总结了实践经验，制定了标准木工尺。战国时期，人们已经能够制造铜尺。事实雄辩的证明，劳动人民是推动历史前进，是发展科学的主人。

“马克思主义者认为人类社会的生产活动，是一步又一步地由低级向高级发展。”

直到十七世纪六十年代，世界上长度单位方面向前迈进了重要的一大步，选用了一种称为“呷”的测量单位，它具有精确的规定，并被分成6“呎”；每呎又分成12“吋”；每吋又分成12条“线”；而每线又分成12“点”，它和目前计量单位“米”之间的关系是：

$$1 \text{ “呷”} = 1.95 \text{ 米}$$

十八世纪末，人们规定新的长度单位是经过巴黎气象台的地球子午线的四千万分之一作为长度单位，定名为1米。但是人们无法使用地球子午线，所以必须另外用实物来体现。这一新的天然不变的长度单位是通过一根横截面为 25×4.05 毫米的铂杆（白金杆）来实现的，它被命名为“阿希夫尺”，又因它一直保存在巴黎档案馆内，故又叫“档案馆米尺”，它是一根既无刻线又无尺花的一根尺。这尺并存在二大缺点：（1）比较时很困难，同时端面易磨损；（2）端点的标志不明确，所以尺子的测量轴的概念也不明确。

随着近代工业的发展，对长度计量有了新的要求，长度标准也随之进一步提高，在生产过程中，为了保证产品零件的互换性，在国际上必须首先有一个统一的长度标准。在1888年的国际米尺会议上作出了两项主要协议：

（1）建立一个国际权度局。

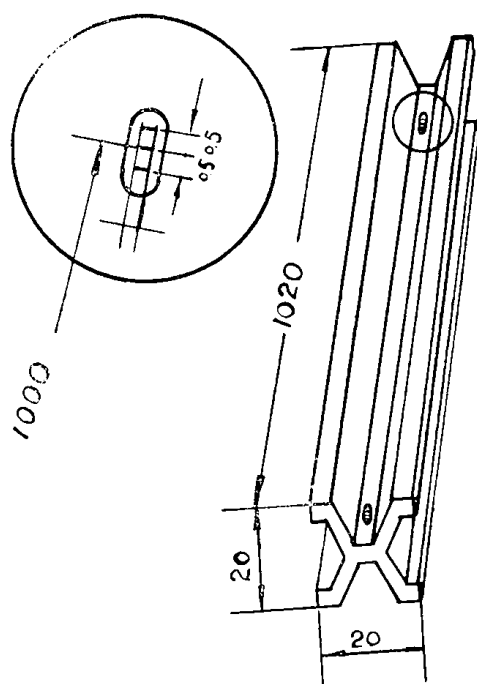
（2）制造具有刻线的基准米尺。

在1889年国际第一次权度大会中便规定了通过巴黎的地球子午线的四千万分之一为长度单位“米”。有了统一的长度单位还必须有一个实物来保证单位的不变性，并同时制造了三十一根横截面为 20×20 毫米，形状为X型的铂铱合金米原器（图1—1），来体现这个长度单位。通过与阿希夫尺的比较，其中No 6的长度最接近阿希夫尺，故被作为长度单位。其余的二十几根被分发给当时加入国际权度局的各会员国，作为各该国的最高基准尺。

长度单位“米”的定义为：在 0°C 时，米尺左右两端光滑面上，两中间分划线间沿米尺测量轴的距离。

这样国际公认的米已不是子午线全长的四千万分之一，因为在测量和计算地球子午线的过程中，是存在一定误差的，并由以后的测量表明：地球子午线的四千万分之一所包含的并不是一米，而是 1.0000856 米。当然即使后一数字也不能认为是最终的结果，因为往后更精确的测量可能得出其他的数值。

国际长度单位统一后，随着科学技术的发展，发现国际米原器和分发给各个



米原器
图 1-1

国家的副原器随着时间而发生变化，两端刻线的不稳定性妨碍了研究工作。即使作为没有误差的国际原器发生变化，各国的副原器也都必须跟着修正，米原器的材料变形、复制保存困难，测量精度不高（只能达到 0.1μ ）的缺点，远远不能满足现代计量的需要。人们希望确定自然的，稳定性更高，变化很小以及不可毁灭的基准器来作为长度单位。

二十世纪以来，随着物理学的发展，各国计量工作者都力致于研究用自然光波来代替“米原器”。

一九二七年，国际第七届权度会议初步决定，利用光波波长来复制米；将镭红线的光波波长，在含有 0.03% （体积） CO_2 的干燥空气内，在 15°C 及一个大气压下，同米原器比较，结果为一米等于这种光波波长的 1553164.13 倍，就以此作为米的新定义，这样就将米原器刻成距离（1 米）稳定在镭红线的波长上了（波长为 $\lambda_s = 0.64384696$ 微米，复制精度为 $\pm 1.5 \times 10^{-8} \lambda_s$ ）。

从此以后，各国不少计量工作者仍继续进行光波测定的研究工作，以求提高

进度。终于在一九六〇年十月在巴黎召开的第十一届国际权度大会上，废除了一八八九年以来施行的米的定义，决定“米”的长度等于氪⁸⁶ (kr⁸⁶) 原子， $2p_{1/2}$ 和 $5d_{5/2}$ 能极之间跃迁的幅射在真空中波长的1650763.73倍。也就是：

$$1 \text{ 米} = 1650763.73 \lambda \quad \lambda = 0.60578021 \text{ 微米}。$$

从此，国际上长度基准器被氪⁸⁶自然基准器所取代。自然基准器基本上克服了“米”原器的缺点，这个新标准具有 10^{-8} 精度（1米为0.01微米），各国只要具有氪⁸⁶同位素都可复制应用。

由于近代生产与科学技术的不断发展，近年来对长度计量基准提出了更高要求。由于氪⁸⁶的精度难于进一步提高，而且其干涉能力差；光的强度弱，一般在800毫米时，干涉带已看不清楚，不能满足工业和科学技术上的需要。自一九六〇年以后，各国计量工作者已在研究长度基准采用激光来代替氪⁸⁶，因为它具有单色性好；干涉能力强，能获得几十甚至几百米光程以上的干涉条纹，复现精度理论上可达 1×10^{14} ，所以用激光来取代氪⁸⁶作为长度基准是完全可能的。当然事物总是一分为二，激光的应用还必须有一套精密控制稳定频率的装置来控制其稳定性。

在阶级社会里，计量制度作为上层建筑的一部分，直接为一定阶级的经济基础服务。在封建社会里，统治阶级和一切剥削者总是利用计量制度和器具来巧取豪夺剥削广大劳动人民，处处都看到深深的阶级烙印，有一个最突出的现象，就是单位量越变越大，以长度为例，封建统治者既要增加对劳动人民的剥削，又不愿公开地增加税率，刺激阶级矛盾，因此假借统一单位为名，扩大单位量。从周初到清末的三千年间，我国的尺由每尺长19.91厘米增为32厘米，即增长了60%。以达到加重剥削为实。

随着帝国主义入侵，我国的计量又被打上了半封建、半殖民地的烙印。鸦片战争后，帝国主义大肆对我国进行经济侵略，借口中国的计量单位不一，纷纷把他们本国的单位强加我国，这样就把我们本来已经很繁复的计量单位搞得更加混

乱。单位量在地区之间、行业之间相差竟达十几倍，劳动人民在中外纷杂的制度下，遭受三座大山的剥削和压榨。当时就以尺为例：包括律尺、营造尺、木尺、鲁班尺、工尺、石匠尺、造船尺、裁尺、织布尺等等。长度最短的如福州旧木尺，每尺仅有0.598市尺；而最长的吉林旧裁尺，每尺长达3.741市尺，相差达5倍多。造成这种繁杂混乱的根本原因，是由于历代统治者、封建地主、资产阶级和帝国主义等各种剥削阶级争相利用度量衡器作为剥削工具的结果。

“一唱雄鸡天下白”。解放后，在党和毛主席领导下，使我国取得了社会主义革命和社会主义建设的伟大胜利，优越的社会主义制度，促进了计量事业的蓬勃发展。一九五五年成立了国家计量局，负责全国计量管理工作。各省、市、自治区、地、县，也陆续在政府机构中设立了相应的计量管理部门。一九五九年国务院颁发了《关于统一计量制度的命令》，废除了多种旧杂制，结束了旧社会遗留下来的计量制度的混乱局面，并确定了以国际公制为我国的基本计量制度和统一了公制计量单位的中文名称。（表1—1）从此，我国的计量工作在社会主义建设为三大革命服务的新阶段。

现在国际上有两种计量制度，即国际公制和英制两种。公制单位中“米”(m)是基本长度单位。

(表 1—1)

单位名称	千米 (公里)	百米	十米	米	分米	厘米	毫米	丝米	忽米	微米
代 号	km	nm	dam	m	dm	cm	mm	dmm	cm m	u

上述单位是按十进制折算的。

即： $1\text{ km}=10\text{ nm}=100\text{ dam}=\cdots=1,000,000,000\text{ }\mu$

忽米通常也叫做“丝”，也叫做“道”的。如1忽米叫“1丝”或叫“1道”。

英制单位中“码”是基本长度单位。

1 码 = 3 英尺 = 3 呎 = 3' (注: 英尺的符号“'”)。

1 英尺 = 12 英寸 = 12 吋 = 12" (注: 英寸的符号“””)。

1 英吋以下又细分: $\frac{7}{8}$ " , $\frac{3}{4}$ " , $\frac{5}{8}$ " , $\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{8}$ " , $\frac{1}{4}$ " , $\frac{1}{8}$ " , $\frac{1}{16}$ " $\frac{1}{32}$ " , $\frac{1}{64}$ " 。

公制和英制的换算:

$$\frac{1}{8}" = 3.175 \text{ 毫米}$$

$$1" = 25.4 \text{ 毫米}$$

$$1" = 304.8 \text{ 毫米}$$

$$1 \text{ 码} = 914.4 \text{ 毫米}$$

在角度测量中是以度, 分, 秒为单位。它们的符号分别为: “°”、 “'”、 “”” 。

它们的相互折算为: $1^\circ = 60'$, $1' = 60''$ 。

第三节 测量基础

1. 基本概念:

“有比较, 才有鉴别”。任何测量都是一种同类量的比较。所谓测量, 就是把一个被测的量和同类已知的量进行数值上的比较, 而求出比值。写出下式:

$$\theta = q \mu$$

式中: θ 为被测的物理量, μ 和 θ 是同类的单位量, q 为比值。

在长度测量中, 测量单位就是作为比较各种零部件几何参数的客观标准。但除此外, 还有两者是怎样进行比较和比较中的精度问题, 即测量方法和选用测量器具以保证测量精度的问题。

2. 测量方法:

在长度计量中，根据被测对象的特点从而来确定测量方法。被测对象的特点主要是指它的精度要求，形状、尺寸大小、材料性质以及数量等等。

测量的方法主要有以下几种：

(1)按获得测量结果的不同方法可分为直接测量和间接测量。

直接测量——被测量与标准量直接比较或预先用标准量定好了的量仪直接测得被测量的数值。例如用卡尺测量孔径等等。

间接测量——被测量不是直接测得的，而是通过测得有关间接的量，按一定的关系计算出被测量的大小。例如用正弦尺测量角度，三针法测量外螺纹中径等等。

(2)按量仪不同的测量读数方法可分为绝对测量和相对测量。

绝对测量——被测量直接由量仪上读出其绝对值。它的特点是任意的被测量可以全部地和量仪的标准单位进行比较，便能得到其绝对值。

相对测量——先用标准量调整量仪，然后测得被测量对标准量的偏差，求得被测量的绝对值。它在实际测量工作中也称比较法或微差法。例如用杠杆卡规、测微计、光学计的测量，它的基本形式是：

$$L = L_{\text{标}} + \Delta L$$

式中：L——被测量， $L_{\text{标}}$ ——标准量， ΔL ——被测量相对于标准量的偏差。

(3)按被测量表面与量仪的测端接触与否，可分接触测量和非接触测量。

接触测量——量仪测端与被测量表面相互接触。该方法，表面间存在一定的测量力。

在接触测量中，按接触形式又可分为以下三种情况：

点接触——量仪测端与被测件呈点状接触。如用球形测帽检定量块，平面测帽测量钢球等等。

线接触：量仪测端与被测件呈线状接触。如用平面测帽测量圆柱体等等。

面接触；量仪测端与被测件呈面状接触。如用平晶检定千分尺平面性等等。

非接触测量——量仪测端与被测量表面不接触。该方法，表面间无测量力存在。如投影法测量等等。

(4)按同时对被测件的某一参数或几个参数的测量又可分为单项测量及综合测量。

单项测量——对被测件的某一参数进行单独测量。它能测得其绝对值。如测量齿轮公法线长度、螺纹中径等等。

综合测量——是同时对影响被测件质量的几个参数的测量。这种测量不能测得各个参数的绝对值，只能全面地评定各个参数的综合性误差。各个参数的综合性误差并不等于各个参数的单项误差的总和，因为单项误差会产生相互补偿。如用齿轮单、双面啮合检查仪来评定齿轮质量等等。

总之，正确的选择量仪及决定测量方法的依据是：

1. 按被测对象的精度要求来确定采用量仪的精度。
2. 按被测对象的形状、重量、尺寸大小来确定测量方法。
3. 按被测对象的材料，确定接触形式。

3. 测量器具：

在长度计量中，计量器具主要是用作测量物体的几何量，如直线尺寸、角度等等。

计量器具根据其结构及用途主要分以下四大类：

(1)标准量具——复制测量单位的物体。标准量具主要用来传递测量单位，保证量值统一，标准量具主要有以下两种：

定值量具：也可称为单值量具，复制测量单位的固定倍数或分数的量具。如块规、角度块规等。

变值量具，也可称为多值量具，复制在一定测量范围内测量单位的倍数或分数的量具。如刻线米尺、标尺等。

(2) 仪器:

机械仪器: 是由杠杆、齿轮、扭簧等元件, 利用机械结构将被测尺寸的微小变化通过放大的读数装置表示出来的一种仪器。如测微计等。

光学仪器: 利用光学原理, 将读数机构及被测件进行放大的一种仪器, 如立式光学计、投影仪等。

气动仪器: 利用测量头中流出的压缩空气与被测表面的间隙大小, 来改变压缩空气的压力及流量, 产生了读数机构指示的变化的一种仪器。如水柱式、浮标式等气动仪器。

电学仪器: 是将长度尺寸的变化转换为电感或电容等电量变化的仪器。如电感比较仪等。

(3) 万能量具:

测微量具: 是利用螺旋体传动的角位移, 而产生测量轴的直线位移的量具。如外径千分尺、测深千分尺等。

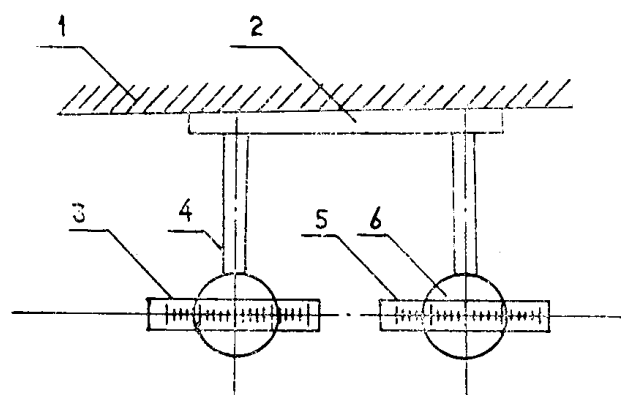
游标量具: 是利用游标及主尺的刻度值差, 通过游标的移动, 来读出主尺刻度的小数部分的量具。如游标卡尺、万能角度尺等。

表类量具: 是利用齿轮的传动, 把测量杆的微小变动, 放大转换为指针在刻度盘上的旋转运动的量具, 如百分表、杠杆千分表等。

(4) 专用量具: 是一种无读数机构的综合测量的量具。它只能控制被测量的范围, 确定被测量的合格与否, 不能测得其绝对值, 因此在大量生产中被广泛采用。如孔轴用量规、直角尺等。

4. 测量原则:

在一八九〇年的一次自然科学工作者会议上, 爱斯脱·阿贝(Ernst Ahbe)把劳动人民在长期生产实践中总结起来的测量经验加以总结, 提出了关于长度计量仪器的设计原则, 即“测量轴线只有在基准轴线的移长线上, 才能获得精确的测量结果”(图 1—2)这是为了消除基准轴线与测量轴线倾斜而产生的误差。

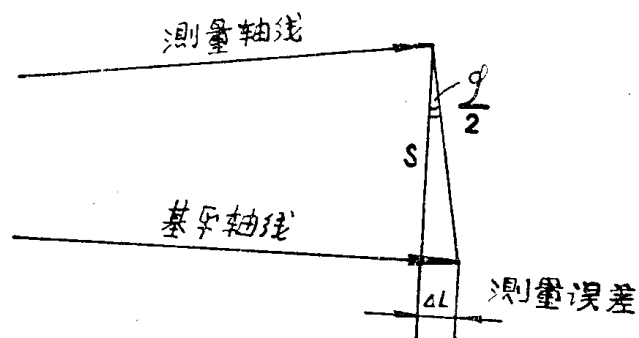


1. 导轨 2. 量仪滑架 3. 标准尺
4. 量仪臂 5. 测头 6. 读数显微镜

阿贝原则示意图 图 1-2

下面分二种情况叙述：

第一种情况：（图 1—3）当基准轴线与测量轴线倾斜时



一次方误差示意图 图 1-3

基准轴线与测量轴线不在同一轴线上，即产生一次方误差。