

工人技术培教材

量具

辽宁省工人技术培训教材编委会主编



辽宁科学技术出版社

目 录

第一章 总论.....	1
第一节 概述.....	1
第二节 计量器具和测量方法的分类.....	9
第三节 光滑工件尺寸的测量检验.....	16
第四节 量具的使用和维护保养.....	37
第二章 游标量具.....	45
第一节 游标卡尺.....	45
第二节 深度游标卡尺.....	69
第三节 高度游标卡尺.....	71
第四节 齿厚游标卡尺.....	75
第三章 测微量具.....	80
第一节 外径千分尺.....	80
第二节 内径千分尺.....	104
第三节 杠杆千分尺.....	111
第四节 其它类型测微量具.....	116
第四章 指示式量具.....	130
第一节 百分表和千分表.....	130
第二节 杠杆百分表和杠杆千分表.....	145
第三节 内径百分表.....	153

第四节	杠杆齿轮比较仪和扭簧比较仪	159
第五章	量块和角度量块	168
第一节	量块	168
第二节	角度量块	187
第六章	角度量具	192
第一节	90°角尺	192
第二节	万能角度尺	197
第三节	正弦规	205
第四节	水平仪	216
第七章	极限量规	233
第一节	光滑极限量规	234
第二节	直线尺寸量规	251
第三节	其它量规	257
第八章	其它量具	265
第一节	钢直尺	265
第二节	卡钳	268
第三节	检验平尺	275
第四节	塞尺和样板	278
第五节	量针	284
附录		
附录一	常用计量名词、术语定义	304
附录二	工件的标准公差数值	306
附录三	齿轮齿厚的计算	308
附录四	齿轮公法线长度的计算	311
附录五	国内量具商标	315

第一章 总 论

第一节 概 述

一、提高测量技术的意义

大家知道，一台机器是由许多不同零件组成的，机器质量的好坏，与这些零件的加工和装配有着直接关系。因此，在对机器制造的过程中，要严格地按照图纸规定的形状、尺寸和其它技术要求来加工零件；然后再把检验合格的零件装配成机器，检验合格后才允许出厂。

由此可见，对零件和产品随时进行测量或检验，是保证质量的重要条件之一。所以要不断提高每个工人的技术水平，能够正确合理地使用量具，在加工过程中得到精确的测量结果，才有可能避免或减少废品、次品的出现，这是保证产品质量和提高生产率的基本环节。

量具是机械工人不可缺少的一种工具，怎样合理地选择量具、正确地使用和保养量具，是每个机械工人都必须掌握的基本测量技术，也是衡量工人技术水平高低的一个重要方面。这就要求每个机械工人，特别是青年工人，应该认真学习、反复实践和不断总结经验，逐步提高自己的测量技术水平，这对于提高测量精确度、保证产品质量、减少测量时间和费用、提高生产率，以及保持量具精度、延长量具使用寿命等等，都有着重要的意义。

近年来，随着产品质量的不断提高，对精密量具的使用也越来越普遍，过去仅仅在计量室才能看到的一些精密量具，也逐渐投放到生产车间里使用了。这就给我们机械工人提出了新的要求，为了适应生产发展的需要，不仅要掌握常用的一般量具的使用方法，还要逐步掌握一些精密量具的使用方法。

二、长度单位

在机械制造过程中，使用量具对零件的尺寸进行测量时，首先必须了解采用的长度单位是什么，以便选用量具和记录测量出的数据。

世界各国使用的长度单位主要有两种：一种是国际单位制（现代米制），一种是英制（吋制）。目前多数国家采用国际单位制。1981年4月我国颁发了《中华人民共和国计量单位名称与符号方案（试行）》，提出我国的基本计量单位制是国际单位制^①，并规定了计量单位的中文名称和符号，要求在全国试行。

1. 国际单位制的长度单位

国际单位制的基本长度单位是“米”。但是在机械制造中，由于零件尺寸一般比较小，如果用“米”作为长度单位就显得太大，使用起来很不方便，所以常采用比“米”小的“毫米”作为长度单位，即1米=1000毫米；在精密测量中，有时觉得“毫米”作为长度单位还显得太大，为了使用方便，可

^① 二十世纪，世界上使用的主要是两大计量制度——米制和英制。国际单位制是在米制基础上发展起来的，可以说是现代米制，这是一种比较完善和科学的单位制。

采用比“毫米”小的“微米”作为长度单位，即1毫米=1000微米。我国长度单位的名称、符号及换算关系见表1—1。

表1—1 我国长度单位的名称及符号

单 位 名 称	米	分 米	厘 米	毫 米	微 米
单 位 符 号	m	dm	cm	mm	μm
对基本单位“米”的比	基本单位	1/10	1/100	1/1000	1/1000000
与毫米的关系	1000毫米	100毫米	10毫米		0.001毫米

2. 英制的长度单位

有少数国家使用“英制”，英制的基本长度单位是“码”。在机械制造中，常采用比“码”小的“英寸”（吋）作为长度单位，英制长度单位之间的换算关系是：

1 码 = 3 英尺（呎）； 1 英尺（代号1'）= 12 英寸（吋）；
1 英寸（代号1''）= 8 分。

在我国的机械制造业中，一般是不允许采用英制单位的。但是，有些零件如管接头，在我国的现行标准中，有的仍然规定要沿用英制单位。另外，随着对外贸易和技术交流工作的发展，需要制造出口设备或者修理进口设备，也会遇到英制的产品零件。那么，英制与国际单位制的长度单位是怎样换算的呢？它们之间的换算关系是：

1 英寸 = 25.4 毫米；

1 分 = 3.175 毫米；

1 毫米 = 0.03937 英寸。

如果知道了英制尺寸，就可以按照上面的关系式换算出国际单位制尺寸。为了使用方便，英寸换算成毫米还可以查表1—2。

表1-2 英寸(分数)换算毫米

英寸(分数)	毫米	英寸(分数)	毫米	英寸(分数)	毫米	英寸(分数)	毫米
1/64	0.397	17/64	6.747	33/64	13.097	49/64	19.447
1/32	0.794	9/32	7.141	17/32	13.494	25/32	19.844
3/64	1.191	19/64	7.541	35/64	13.891	51/64	20.241
1/16	1.588	5/16	7.938	9/16	14.288	13/16	20.638
5/64	1.984	21/64	8.334	37/64	14.684	53/64	21.034
3/32	2.381	11/32	8.731	19/32	15.081	27/32	21.431
7/64	2.778	23/64	9.128	39/64	15.478	55/64	21.828
1/8	3.175	3/8	9.525	5/8	15.875	7/8	22.225
9/64	3.572	25/64	9.922	41/64	16.272	57/64	22.622
5/32	3.969	13/32	10.319	21/32	16.669	29/32	23.019
11/64	4.366	27/64	10.716	43/64	17.066	59/64	23.416
3/16	4.763	7/16	11.113	11/16	17.463	15/16	23.813
13/64	5.159	29/64	11.509	45/64	17.859	61/64	24.209
7/32	5.556	15/32	11.906	23/32	18.256	31/32	24.605
15/64	5.953	31/64	12.303	47/64	18.653	63/64	25.003
1/4	6.350	1/2	12.700	3/4	19.050	1	25.400

例1 求 $7/64$ 英寸等于多少毫米?

解 ①计算法

因1英寸=25.4毫米, 所以 $7/64$ 英寸等于

$$25.4 \text{毫米} \times 7/64 = 2.778 \text{毫米}.$$

②查表法

由表1—2可查得, $7/64$ 英寸=2.778毫米。

例2 求 $1\frac{5}{8}$ 英寸等于多少毫米?

解 知1英寸=25.4毫米; 查表1—2可知, $5/8$ 英寸=15.875毫米, 因此得出

$$1\frac{5}{8} \text{英寸} = 25.4 + 15.875 = 41.275 \text{毫米}.$$

三、角度单位

为了测量零件的角度或锥度, 需要了解所采用的角度单位以及它们之间的换算关系。

目前采用若干种角度单位制, 在机械制造业中, 使用最多的还是六十分制和弧度制。

1. 六十分制

把整个圆周分为360等分, 每一等分弧所对的圆心角叫做1“度”, 记为 1° (见图1—1)。

1圆周所对的圆心角等于 360° (度); 直角等于 90° 。并规定

$$1^\circ (\text{度}) = 60' (\text{分});$$

$$1' (\text{分}) = 60'' (\text{秒}).$$

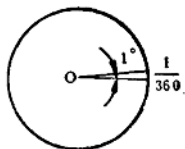


图1—1 1° 角

2. 弧度制

在一个圆周上，与半径等长的弧所对的圆心角，叫做 1 “弧度”（图 1—2）。

1 圆周所对的圆心角等于 2π

弧度；直角等于 $\frac{\pi}{2}$ 弧度。因此

$$\varphi = \frac{S}{R}$$

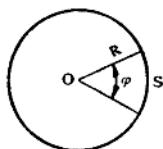


图1—2 1 弧度角

式中 φ ——弧度；

S——弧长；

R——圆的半径。

3. 度与弧度的换算

假如有一个角，采用六十分制时，用 α° 表示；采用弧度

表1—3 “秒、分、度”换算“弧度”

秒	弧度	分	弧度	度	弧度	度	弧度
1	0.000005	1	0.000291	1	0.017453	60	1.047198
2	0.000010	2	0.000582	2	0.034907	70	1.221730
3	0.000015	3	0.000873	3	0.052360	80	1.396263
4	0.000019	4	0.001164	4	0.069813	90	1.570796
5	0.000024	5	0.001454	5	0.087266	100	1.745329
6	0.000029	6	0.001745	6	0.104720	120	2.094395
7	0.000034	7	0.002036	7	0.122173	150	2.617994
8	0.000039	8	0.002327	8	0.139626	180	3.141593
9	0.000044	9	0.002618	9	0.157080	200	3.490659
10	0.000048	10	0.002909	10	0.174533	250	4.363323
20	0.000097	20	0.005818	20	0.349066	270	4.712389
30	0.000145	30	0.008727	30	0.523599	300	5.235988
40	0.000194	40	0.011636	40	0.698132	360	6.283185
50	0.000242	50	0.014544	50	0.872665		

制时，又可以用 φ 弧度表示。那么，表示同一个角的两种角度单位应该怎样换算呢？它们之间的关系式是：

$$\frac{180^\circ}{\alpha^\circ} = \frac{\pi}{\varphi}$$

(1) 如果已知角的“度”，需要换算成“弧度”时，则

$$\varphi = \frac{\pi \alpha^\circ}{180^\circ} = 0.017453 \alpha^\circ$$

为了简化计算，可直接使用表 1—3，把“秒、分、度”换算成“弧度”。

例 1 利用表 1—3，把 $324^\circ 25' 13''$ 换算成弧度值。

解 $300^\circ = 5.235988$ 弧度

$20^\circ = 0.349066$

$4^\circ = 0.069813$

$20' = 0.005818$

$5' = 0.001454$

$10'' = 0.000048$

$\begin{array}{r} + \\ 3'' = 0.000015 \end{array}$

$\hline 324^\circ 25' 13'' = 5.662202$ 弧度

(2) 如果已知角的“弧度”，需要换算成“度”时，则

$$\alpha^\circ = \frac{180^\circ \varphi}{\pi} = 57.295764^\circ \varphi$$

为了简化计算，可直接使用表 1—4，把“弧度”换算成“度”。

例 2 利用表 1—4，把 1.3821 弧度换算成“度（分、秒）”。

表1-4 “弧度”换算“度”

弧度	度	弧度	度	弧度	度	弧度	度	弧度	度	弧度	度
0.0001	0°0'21"	0.001	0°3'26"	0.01	0°34'23"	0.1	5°43'46"	1	57°17'45"		
0.0002	0°0'41"	0.002	0°6'53"	0.02	1°8'45"	0.2	11°27'33"	2	114°35'30"		
0.0003	0°1'2"	0.003	0°10'19"	0.03	1°43'8"	0.3	17°11'19"	3	171°53'14"		
0.0004	0°1'23"	0.004	0°13'45"	0.04	2°17'31"	0.4	22°55'6"	4	229°10'59"		
0.0005	0°1'43"	0.005	0°17'11"	0.05	2°51'53"	0.5	28°38'52"	5	286°28'44"		
0.0006	0°2'4"	0.006	0°20'38"	0.06	3°26'16"	0.6	34°22'39"	6	343°46'29"		
0.0007	0°2'24"	0.007	0°24'4"	0.07	4°0'39"	0.7	40°6'25"	7	401°4'14"		
0.0008	0°2'45"	0.008	0°27'30"	0.08	4°35'1"	0.8	45°50'12"	8	458°21'58"		
0.0009	0°3'6"	0.009	0°30'56"	0.09	5°9'24"	0.9	51°33'58"	9	515°39'43"		
0.0010	0°3'26"	0.010	0°34'23"	0.10	5°43'46"	1.0	57°17'45"	10	572°57'28"		

解	1.0弧度	=	57°17'45"
	0.3	=	17°11'19"
	0.08	=	4°35' 1"
	0.002	=	0° 6'53"
+	0.0001	=	0° 0'21"
	1.3821弧度	=	78°69'139" = 79°11'19"

第二节 计量器具和测量方法的分类

一、计量器具的分类

计量器具^①是量具和计量仪器（简称量仪）的总称。通常是把具有放大功能的计量器具称为量仪，如杠杆齿轮比较仪、光学比较仪等；把没有放大功能的一般计量器具称为量具，如游标卡尺、千分尺等。量具的结构比较简单、便于操作，多用于生产车间；而量仪的结构一般比较复杂，可用于精确度较高的测量，因此量仪多用于计量室。

当前使用的计量器具名目繁多，类型也是多种多样的，各有不同的特点和用途。根据实际需要，可以从不同的角度对计量器具进行分类。

1. 按照用途的不同可以分为：

(1) 标准（基准）量具、量仪

能够代表某一个固定的尺寸或角度，作为标准来使用。用来校对和调整其它一些量具、量仪；或者在精密测量中，直接用来与被测工件进行尺寸或角度的比较。其中量具

^① 计量器具也可称为测量器具。

如量块、角度量块等；量仪如激光光波比长仪、光波干涉比较仪等。

(2) 专用量具、量仪

只能用来检验被测工件的尺寸和形状是不是合格，而不能测量出被测工件实际尺寸的数值。例如，螺纹塞规、螺纹环规等各种量规，以及轴承、汽车和拖拉机等零件检验用的专用量具、量仪等。

(3) 通用（万能）量具、量仪

在它们的测量范围以内，可以对被测工件进行任一尺寸的测量，一般都能得到具体的测量数值。因为具有通用性，在中、小批生产和单件生产中被广泛采用。

2. 按照通用量具、量仪结构特点和工作原理的不同，又可以分为：

(1) 通用量具有：①游标量具，如游标卡尺、高度游标卡尺等。②测微量具，如外径千分尺、内径千分尺等。

(2) 通用量仪有：①机械量仪，是利用机械传动机构把被测尺寸的变动量进行放大的一种量仪，如百分表、千分表、扭簧比较仪等。②光学量仪，是利用光学原理把被测参数进行放大的一种量仪，如测长仪、光较仪、投影仪等。③气动量仪，当压缩空气流过被测工件的表面时，间隙量的大小会引起空气的压力或流量发生变化，它是利用这个原理进行测量的一种量仪，如水银式、浮标式气动量仪等。④电动量仪，是把尺寸变化转变为电感或电容等电量变化的一种量仪，如电感式、电容式量仪等。

3. 按照被测工件结构形状和测量项目的不同，可以分为：

(1) 测量长度和直径的计量器具

量具，如游标卡尺、千分尺、光滑极限量规等；量仪，如杠杆齿轮比较仪、光学比较仪等。

(2) 测量角度和锥度的计量器具

量具，如万能角度尺、正弦规、圆锥量规等；量仪，如水平仪、测角仪等。

(3) 测量表面形状和位置误差的计量器具

量具，如检验平尺、平晶、孔位置量规等；量仪，如跳动测量仪、圆度仪等。

(4) 测量表面光洁度的计量器具

量具，如表面光洁度样板；量仪，如表面光洁度显微镜等。

(5) 测量螺纹的计量器具

量具，如螺纹千分尺、螺纹量规、螺纹样板等；量仪，如螺距测量仪、丝杠测量仪等。

(6) 测量齿轮的计量器具

量具，如公法线千分尺、齿厚游标卡尺等；量仪，如单面啮合检查仪、双面啮合检查仪等。

二、测量方法的分类

使用计量器具进行测量的方法也是各式各样的，根据测量要求和使用计量器具的不同，可以从不同角度对测量方法进行分类。

1. 直接测量与间接测量

(1) 直接测量

可以直接测出被测工件（简称被测件）的尺寸或实际偏差数值。这是目前普遍应用的一种基本测量方法。例如，用游标卡尺、外径千分尺或杠杆卡规等测量轴径；用万能角度

尺测量角度等。

(2) 间接测量

先测量被测件的其它有关尺寸，然后通过计算可以间接地获得被测件所需要的尺寸或实际偏差值。当被测尺寸不容易直接测量或直接测量达不到精度要求时，就采用间接测量，例如，用正弦规测量锥体的锥度；用三针测量外螺纹的中径等。如图 1—3 所示，为了得到圆弧直径，先测量弦长 L 和弓形高 H ，然后再用下式算出圆弧直径 D 。

$$D = \frac{L^2}{4H} + H$$

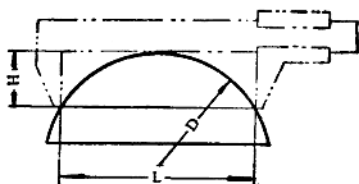


图 1—3 间接测量

2. 绝对测量与相对测量

(1) 绝对测量

能够直接读出被测件的尺寸数值。例如，用游标卡尺测量轴径，可以直接读出轴径尺寸的大小。

(2) 相对测量 (比较测量)

只能读出被测尺寸与标准尺寸的偏差值，所以在测量工作中也称比较法或微差法。一般情况下，相对测量的精确度较高。如图 1—4

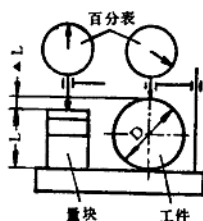


图 1—4 相对测量

所示，对轴径进行相对测量，先用标准件（量块）调整好百分表，然后把轴（工件）放入进行比较，测出的数值就是轴径 D 相对于量块实际尺寸 L 的偏差值 ΔL ，从而可以判断轴径尺寸是否合格。当然，如果需要也可以换算出轴径的尺寸数值，即 $D = L + \Delta L$ 。

3. 接触测量与非接触测量

（1）接触测量

测量时，量具或量仪的测头需要接触被测件表面。这是常见的一种测量方法，如用游标量具、测微量具等进行测量，接触时所产生的压力对测量结果要有一定影响。

（2）非接触测量

测量时，测头不需要接触被测件表面，而是通过其它介质（如光、气流等）与被测件发生关系，如光学、气动量仪的测量，这就避免了接触压力所引起的不良影响。

4. 单项测量与综合测量

一些几何形状比较复杂的工件，如螺纹、齿轮等，需要对几个参数进行测量。对这些参数逐个地分别进行测量，就叫单项测量，如分别测量螺纹中径、螺距和半角等。若同时测出几个参数的综合作用时，就叫综合测量，如用螺纹量规检验螺纹等。

从评定工件合格性的要求来看，综合测量简单明显、效率也高；但在分析工件的误差来源时，就需要进行单项测量。

5. 主动测量与被动测量

在加工工件的过程中进行测量，叫做主动测量，由于测量与加工过程同时进行，就能及时地预防废品。当工件加工完了再进行测量，叫做被动测量，这只能鉴别工件是否合格，

而不能防止废品的发生。

各种测量方法具有不同的特点，适用范围和使用的计量器具也不相同，应根据生产需要和实际条件来选定适用的测量方法。

三、计量器具的常用术语

在技术测量工作中，经常会遇到一些名词术语，了解一点计量器具的术语含义，对我们学习和掌握计量器具的使用是有帮助的。

1. 刻度间距（刻度间隔）

在计量器具的刻度标尺上，相邻两条刻线之间的距离，叫做刻度间距。例如，游标卡尺在尺身上相邻两条刻线之间的距离是1毫米，那么它的刻度间距就是1毫米。

2. 分度值（刻度值）

在计量器具的刻度标尺上，最小一格所代表的被测尺寸的数值，叫做分度值。例如，百分表的表盘上，每一小格刻度代表的被测尺寸是0.01毫米，它的分度值就是0.01毫米。再如游标卡尺，若游标每一小格刻度代表的被测尺寸是0.05毫米时，它的分度值就是0.05毫米。

3. 示值范围（指示范围）

计量器具所指示的起始值到终值的范围，叫做示值范围。例如，外径千分尺的示值范围一般是25毫米。

4. 测量范围

计量器具能够测量尺寸的最小值与最大值，叫做测量范围。应该注意不要把计量器具的测量范围和示值范围混为一谈，比如，外径千分尺的测量范围可以分为0~25、25~50、50~75毫米等几种，但它们的示值范围都是25毫米。