

图解

常用量具的使用方法和 测量实例

TU JIE CHANG YONG LIANG JU DE SHI YONG FANG FA HE CE LIANG SHI LI

才家刚 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

TG8

46

2007



解

常用量具的使用方法和 测量实例

才家刚 编著

机械工业出版社

本书以图文并茂的形式,介绍了机械测量中常用量具的名称、规格、使用参数以及使用方法和注意事项等。其中量具包括传统的品种,也包括近期出现的数字化产品;测量方面介绍了一整套普通电动机的零部件及整机机械尺寸和形位公差测量实例,用于进一步理解量具的使用方法,同时也为实际测量(特别是普通电动机的实际测量)提供了一套检测规范和参考资料;在附录中给出了一些测量方面的实用尺寸和形位公差数据,可供生产和检测时使用。

由于采用了大量的实物图片配合文字进行介绍,所以好读易记。特别适合初学机械测量的人员作为入门教材和工作手册;同时也可作为从事机械技术工作的教学人员和工程技术人员选用测量器具、编制测量规范和指导现场测量的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

图解常用量具的使用方法和测量实例/才家刚编著. —北京:机械工业出版社,2006.10
ISBN 7-111-20098-5

I. 图... II. 才... III. ①量具—使用—图解②量具—测量—图解 IV. TG8-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第124247号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
责任编辑:李振标 版式设计:冉晓华 责任校对:李汝庚
封面设计:马精明 责任印制:洪汉军
北京瑞德印刷有限公司印刷
2007年1月第1版第1次印刷
140mm×203mm·8.875印张·234千字
0001—4000册
定价:19.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话:(010)68326294
编辑热线电话:(010)88379768
封面无防伪标均为盗版

前 言

机械加工是加工行业中占比例最大的一项工作。要使加工出来的工件达到设计图样的要求，则必须对其进行检测，所以机械检测也是一项繁重而且要求严密的工作。

本书以图文并茂的形式，较详细地介绍了常用机械测量用的各种量具的名称、规格、使用参数以及使用方法和注意事项等，其中包括传统的品种，也包括近期出现的数字化产品；为了进一步理解量具的使用方法，同时也为实际测量提供一套检测规范和参考资料，在最后一章介绍了一整套普通电动机的零部件及整机机械尺寸和形位公差测量实例。由于采用了大量的实物图片配合文字进行介绍，所以好读易记。本书适合初学机械测量的人员作为入门教材和工作手册；同时也可作为从事机械测量技术工作的教学人员和工程技术人员参考。

本书计量器具部分主要参考了梁国明和张保勤先生编写的有关书籍和国家及行业标准，并引用了其中一些内容；在写作过程中，黄培飞、张新财、邵全全、王传柏、闻玉凤等多名多年从事检测技术和现场检验工作的同志在很多方面给与了大力的支持和帮助。在此一并表示衷心的感谢。

由于作者的学识和实践经验有限，书中难免有不妥甚至错误之处，望广大读者给予批评指正。

作 者

2006年2月

目 录

前言

第一章 测量和量具常识	1
第一节 计量器具的常用术语	1
一、刻度间距（刻度间隔）	1
二、分度值（刻度值）	1
三、示值范围（指示范围）	1
四、测量范围	1
五、示值误差	2
六、修正值（校正值）	2
七、示值变化（示值稳定性）	3
八、回程误差	3
九、测量力	3
十、放大比	3
十一、计量器具的不确定度允许值 u_1	3
十二、计量器具的不确定度 u_L	4
第二节 测量误差的来源和分类	5
一、测量误差的来源	5
二、测量误差的分类	6
第三节 光滑工件尺寸的验收极限和计量器具的选用	7
一、光滑工件尺寸的验收极限	7
二、安全裕度	7
三、光滑工件尺寸的验收极限计算举例	8
四、计量器具的选择	10
第四节 计量器具的使用和维护保养常识	12
一、量具的正确使用	13
二、量具的维护与保养	14

第二章 通用量具	16
第一节 测量基准器具	16
一、平板	16
二、方箱	17
三、V形架	19
第二节 游标卡尺	19
一、游标卡尺的分类	19
二、游标卡尺使用方法和注意事项的通用内容	20
三、I型游标卡尺的结构、用途和使用方法	27
四、II型游标卡尺的结构、用途和使用方法	30
五、III型游标卡尺的结构、用途和使用方法	30
六、IV型游标卡尺的结构、用途和使用方法	32
七、带表游标卡尺	36
八、电子数显游标卡尺	39
九、特殊用途的游标卡尺	45
第三节 深度游标卡尺	50
一、深度游标卡尺的用途和种类	50
二、深度游标卡尺的结构、性能参数、使用方法和注意事项	50
三、弯头深度游标卡尺及使用的方法	53
第四节 高度游标卡尺	55
一、高度游标卡尺的用途、种类和结构	55
二、高度游标卡尺的性能参数、使用方法和注意事项	56
三、带表和双柱高度游标卡尺	60
第五节 外径千分尺	62
一、外径千分尺的用途、种类和结构	62
二、外径千分尺的性能参数	63
三、外径千分尺的使用方法和注意事项	66
四、大型外径千分尺	77
第六节 其他特殊结构和用途的外径千分尺	79
一、杠杆千分尺	79
二、尖头千分尺	83
三、壁厚千分尺	83
四、板厚千分尺	84

五、公法线千分尺	84
六、螺纹千分尺	86
第七节 深度千分尺	87
一、深度千分尺的结构和工作原理	87
二、深度千分尺的测量范围和示值误差	87
三、深度千分尺的使用方法和注意事项	87
第八节 内径千分尺	90
一、内径千分尺的结构和工作原理	90
二、内径千分尺的测量范围和示值误差	90
三、内径千分尺的使用方法和注意事项	92
四、三爪内径千分尺	96
第九节 内测千分尺	98
一、内测千分尺的结构和用途	98
二、内测千分尺的规格、分度值和示值误差	98
三、内测千分尺的使用方法和注意事项	99
第十节 指示表类量具	100
一、指示表类量具的分类和工作原理	100
二、机械式百分表	100
三、大量程百分表	112
四、机械式千分表	112
五、数显式百分表和千分表	113
六、内径百分表	115
七、杠杆百分表	118
八、其他特殊用途的百分表和千分表	123
九、各种专用表架和安装附件	129
第十一节 角度量具	129
一、直角尺	129
二、万能角度尺	131
第十二节 二维和三维坐标测量设备简介	137
一、非接触式二维坐标测量机	138
二、复合式三坐标测量机	139
三、接触式三坐标测量机	140
四、手动接触式三坐标测量机	141

第三章 专用量具	143
第一节 概述	143
一、专用量具的定义、分类和用途	143
二、专用量具“过端”和“止端”的定义和使用原则	143
三、专用检测工装	145
第二节 测量外尺寸的光滑量规——卡规（卡板）	145
一、卡规的用途和常用类型	145
二、卡规的使用方法	146
第三节 检查内尺寸的光滑量规——塞规	148
一、检查内尺寸光滑量规的分类	148
二、检查圆柱孔内径用的光滑塞规	150
三、检查圆锥孔内径和锥度用的光滑塞规	152
四、带百分表的圆锥塞规	153
五、检查圆锥轴直径和锥度用的光滑环规	154
六、检查键槽用的光滑塞规（键规）	155
第四节 检查螺纹的量规——螺纹规和螺纹样板	156
一、螺纹规的分类	156
二、螺纹塞规的使用方法	156
三、螺纹环规的使用方法	157
四、螺纹样板及使用方法	157
第五节 检查圆弧角的量规——半径样板（R规）	158
第六节 表面粗糙度样块（板）	160
一、粗糙度样块（板）的结构和相关标准	160
二、粗糙度样块（板）的使用方法	162
第七节 测量两个平面间隙的专用量具——塞尺	163
第八节 测量两个平行平面距离的专用量具	164
第九节 内卡钳和外卡钳的应用	166
第十节 测量转轴用的专用支架	170
第四章 机械检测实例——电机机械尺寸和形位公差	
的测量	172
第一节 说明	172
第二节 常用三相异步电动机零部件的名称	173

第三节 机座的检测方法和相关规定实例	173
一、机座的结构、主要尺寸和形位公差	173
二、止口尺寸和形位公差的测量	173
三、铁心档直径尺寸和圆度的测量	181
四、机座长度的测量	183
五、机座中心高的测量	183
六、底脚支撑面平面度的测量	186
七、机座止口公共基准轴线对底脚支撑面平行度的测量	187
八、机座底脚安装孔的孔径 K 、孔距 A 和 B 、 $A/2$ 的测量	187
九、机座底脚安装孔对轴线中心竖直平面距离 ($A/2$) 的测量和 计算方法	189
十、机座 C 尺寸的测量	196
十一、底脚螺栓通孔 (K 孔) 位置度的计算和考核方法	199
十二、机座端面螺孔的测量	204
十三、机座两端口、铁心档同轴度的检查	204
十四、机座吊环螺孔的检查	205
第四节 端盖机械尺寸和形位公差的检测方法和相关规定实例	207
一、端盖的类型、主要尺寸和形位公差	207
二、止口的检测	208
三、轴承室的检测	208
四、止口平面到轴承室底平面距离的测量	211
五、端盖轴承室内圆对止口基准轴线的径向圆跳动的测量	211
六、端盖止口端面对轴承室内圆基准轴线的端面圆跳动测量	214
七、端面孔的尺寸和形位公差的测量	215
八、凸缘端盖的检测及特有的项目	215
第五节 转轴尺寸和形位公差的检测方法	219
一、主要尺寸和形位公差	219
二、轴承档尺寸和形位公差的测量	219
三、轴伸尺寸和形位公差的测量	223
四、转轴铁心档的尺寸测量	231
第六节 转子尺寸和形位公差的检测方法	232
一、转子铁心外圆直径、长度和转子铁心轴向位置的测量	233
二、转子铁心外圆对基准轴线径向圆跳动的测量	233

第七节 电机外形尺寸和形位公差的测量	235
一、常用电机外形结构分类	235
二、常用电机外形结构尺寸和代码	236
三、电机整机外形的形位公差	239
四、轴伸及键槽尺寸和形位公差的测量	242
五、轴中心高的测量	242
六、轴中心线对底脚支承面的平行度测量	243
七、轴伸肩至邻近的底脚孔轴线距离 (C 尺寸) 的测量	244
八、凸缘端盖安装孔孔径 (S 尺寸)、基圆直径 (M 尺寸)、 相邻孔的弦距、位置度以及止口直径 (N 尺寸) 的测量	246
九、凸缘端盖止口对电机轴线径向和端面圆跳动的测量	247
十、轴伸端面至凸缘端盖止口端面 (凸缘平面) 距离的测量	248
十一、转子轴向窜动量的测量	249
十二、底脚平面度的测量	249
十三、底脚安装孔的 K 、 B 、 A 及计算安装孔位置度 的相关数据测量及计算	250
十四、利用辅助工装测量 $A/2$ 的简易方法	252
十五、底脚安装孔位置度的计算	254
十六、总长的测量	254
十七、定、转子气隙的测量和气隙均匀值的计算	254
附录	256
附录 A 常见金属材料在 $20 \sim 100^{\circ}\text{C}$ 范围内时的线膨胀系数 α	256
附录 B 基本偏差系列	256
附录 C 一般公差中线性尺寸的极限偏差数值	257
附录 D 一般公差中倒圆半径与倒角高度尺寸的极限偏差数值	258
附录 E 数显量具上的功能键英文与中文对照表及其功能介绍	258
附录 F 现用表面粗糙度和原用表面光洁度标注符号的对照表	259
附录 G 表面粗糙度高度参数值的标注示例及意义	259
附录 H 形位公差项目	260
附录 I 形状公差带定义、标注和解释	260
附录 J 定向公差带定义、标注和解释	263
附录 K 定位公差带定义、标注和解释	265

附录 L	跳动公差带定义、标注和解释	267
附录 M	电机轴线对底脚支撑面的平行度公差	268
附录 N	电机底脚支撑面的平面度公差	268
附录 O	电机轴伸直径 D 、键槽宽 F 、 G 尺寸及其公差、键槽对称度、 轴伸长度一半处的径向圆跳动公差	269
附录 P	凸缘止口直径 N 、凸缘止口对电机轴线的径向圆跳动及凸缘 配合面对电机轴线的端面圆跳动公差	270
附录 Q	电机用普通球轴承径向游隙 δ	270
参考文献	271

第一章 测量和量具常识

第一节 计量器具的常用术语

一、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，刻度间距又称为刻度间隔。例如图 1-1a 所示的游标卡尺尺身上相邻两条刻线之间的距离为 1mm，则该尺身的刻度间距即为 1mm。

二、分度值（刻度值）

在计量器具的刻度标尺上，最小格所代表的被测尺寸的数值叫做分度值，分度值又称为刻度值。例如图 1-1a 所示的游标卡尺的游标每一小格刻度代表的被测尺寸是 0.02mm，则该卡尺的分度值即为 0.02mm；再如图 1-1b 所示的数显游标卡尺的最小显示值为 0.01mm，则该数显卡尺的分度值即为 0.01mm；在图 1-1c 所示的百分表的表盘上，每一小格刻度代表的被测尺寸是 0.01mm，则该百分表的分度值即为 0.01mm。

三、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，也叫做指示范围。例如图 1-1a 所示的游标卡尺的示值范围是 150mm；图 1-1d 所示的外径千分尺的示值范围是 25mm。

四、测量范围

计量器具所能够测量的最小尺寸与最大尺寸之间的范围被称作该计量器具的测量范围。例如图 1-1a 所示的游标卡尺的测量范围是 0 ~ 150mm；图 1-1d 所示的外径千分尺的测量范围是 25 ~ 50mm。应注意的是，不要把测量范围与示值范围混为一谈，例如上述外径千分尺的测量范围是 25 ~ 50mm，但它的示值范围

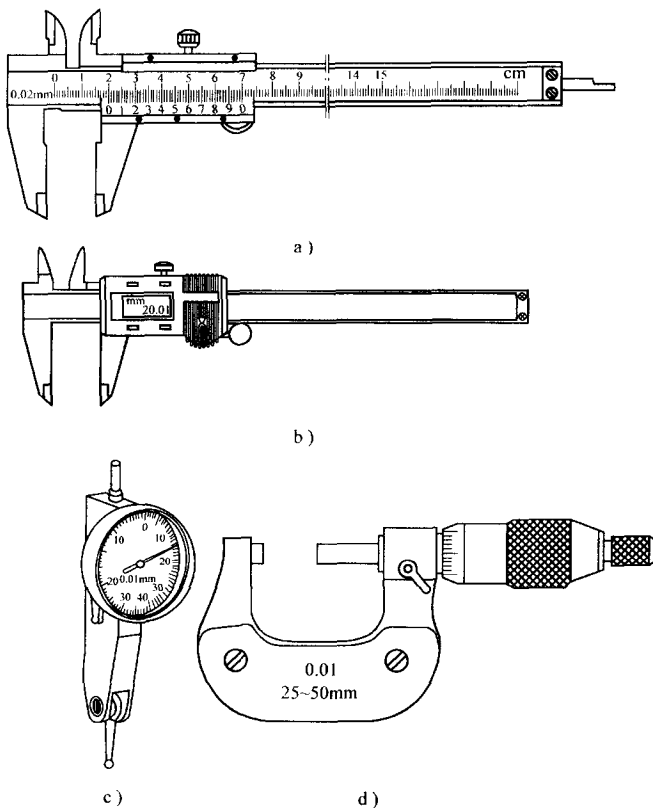


图 1-1 计量器具刻度间隔、分度值、示值范围和测量范围的概念

a) 游标卡尺 b) 数显游标卡尺 c) 百分表 d) 外径千分尺

是 25mm (同样, 若某外径千分尺的测量范围是 50 ~ 75mm, 它的示值范围仍是 25mm)。

五、示值误差

计量器具指示出来的测量值与被测量值的实际数值之差, 称为示值误差。它是由于计量器具本身的各种误差所引起的。该误差的大小可通过计量器具的检定来得到。

六、修正值 (校正值)

当计量器具的示值误差为已知后，则可以通过减去（当示值误差为正值时）或加上（当示值误差为负值时）该误差值，使测量值等于被测量的实际值。减去或加上的这个值即为修正值，它与示值误差在数值上相等，但符号相反。

例如，通过检定，某卡尺的示值误差为 $+0.02\text{mm}$ ，即修正值应为 -0.02mm 。用该卡尺测量某一部件的长度时，从卡尺上得到的测量示值为 100.02mm 。则被测长度实际值应为 $100.12\text{mm} - 0.02\text{mm} = 100.00\text{mm}$ 。

七、示值变化（示值稳定性）

在外界条件不变的情况下，用计量器具对同一个尺寸进行重复多次的测量时，计量器具的指示值不会每次都完全相同。把各次显示值的最小到最大值之间所包含的范围叫做示值变化。在计量器具的检定规程中，一般要给出示值变化的允许范围。

八、回程误差

计量器具对同一个尺寸进行正向和反向测量时，由于结构上的原因，其指示值不可能完全相同，这种误差被称作回程误差。

九、测量力

测量时，大部分计量器具的测量头都需要加一定的压力来和被测量面（或线、点）相接触才能进行测量，这个压力就叫做测量力。测量力应适当，小或大都会造成一定的测量误差，这一点对于精密测量尤为重要。当测量力过大时，还有可能造成计量器具的永久变形甚至损坏。

十、放大比

使用量仪进行测量时，被测尺寸的微小变动就会引起量仪指示元件（例如百分表的指针等）的较大移动量。该移动量与被测尺寸变化量之比叫做量仪的放大比。放大比越大，读数也就越精确。

十一、计量器具的不确定度允许值 u_1

计量器具的“不确定度”是表示计量器具误差的一个数值。在实际测量选用计量器具时，为了保证测量值的准确度达到一定

的规范值，则要求计量器具的“不确定度”在一个允许的范围之内，这就是计量器具的“不确定度”值 u_1 。它在数值上应该等于安全裕度的 90%，即 $u_1 = 0.9A$ （见本章第三节）。表 1-3 中给出了不同公差数值时计量器具的“不确定度”值 u_1 。

由温度、工件形状误差及测量力造成的压陷效应等因素引起的“不确定度”值 $u_2 = 0.45A$ 。

$$A = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \approx \sqrt{(0.9A)^2 + (0.45A)^2}$$

十二、计量器具的不确定度 u_L

计量器具的不确定度的数值 u_L 包括计量器具本身的不确定度和调整器（如千分尺用的校对量杆）的不确定度。不同的计量器具具有不同的不确定度数值。常用游标卡尺、千分尺和千分表、百分表等的不确定度的数值 u_L 见表 1-1 和表 1-2。

表 1-1 常用游标卡尺、千分尺的不确定度数值 u_L (mm)

尺寸范围	不确定度数值 u_L			
	分度值 0.01 外径千分尺	分度值 0.01 内径千分尺	分度值 0.02 游标卡尺	分度值 0.05 游标卡尺
> 0 ~ 50	0.004	0.008	0.020	0.050
> 50 ~ 100	0.005			
> 100 ~ 150	0.006			
> 150 ~ 200	0.007	0.013		0.100
> 200 ~ 250	0.008			
> 250 ~ 300	0.009			
> 300 ~ 350	0.010	0.020	0.100	
> 350 ~ 400	0.011			
> 400 ~ 450	0.012			
> 450 ~ 500	0.013	0.025		0.150
> 500 ~ 600	—	0.030		
> 600 ~ 700	—			
> 700 ~ 1000	—			

表 1-2 常用千分表、百分表的不确定度数值 u_L (mm)

尺寸范围	不确定度数值 u_L				
	分度值 0.001 的千分表(0级在全量程范围内,1级在0.2mm内); 分度值 0.002 的千分表(在1转范围内)	分度值 0.001 (1级)、0.002、0.005 的千分表(在全量程范围内)	分度值 0.01 的百分表(0级在1转范围内)	分度值 0.01 的百分表(0级在全量程范围内,1级在1转范围内)	分度值 0.01 的百分表(1级在全量程范围内)
>0 ~ 25	0.005	0.10	0.10	0.018	0.030
>25 ~ 40					
>40 ~ 65					
>65 ~ 90					
>90 ~ 115	0.006	0.10	0.10	0.018	0.030
>115 ~ 165					
>165 ~ 215					
>215 ~ 265					
>265 ~ 315					

第二节 测量误差的来源和分类

一、测量误差的来源

测量误差的来源是多方面的,其主要的来源有如下5个方面。

(一) 标准件误差

对于长度测量器具来讲,校准用的量块等器具即为标准件。它们本身的误差将影响被校量具的准确度。

(二) 测量方法误差

由于测量方法和被测工件安装方式的不同所引起的误差,或者因量具或被测工件的位置不正确而产生的误差,叫做测量方法

误差。为了减小因定位造成的测量方法误差，在测量中应遵守基准面统一的原则。

（三）计量器具误差

影响计量器具误差的因素较多，主要有计量器具的工作原理、结构、制造和调整的水平以及测量时操作人员的调整及操作技术水平等；在接触测量时，测量力的大小都会造成一定的误差。为此，一方面要保持适当的测量力，另一方面要求在事先对“0”位和测量时所施加的测量力尽可能相同。

（四）环境条件引起的误差

测量时的环境条件，例如环境温度、湿度、大气压力、空气的清洁度、振动等因素引起的测量误差即为环境条件引起的误差。在一般测量中，温度变化所引起的误差是主要的。

（五）测量人员引起的误差

测量人员引起的误差主要来自于责任心和技术水平、熟练程度，其次是操作人员的眼睛调节能力、分辨能力以及操作习惯等。

二、测量误差的分类

测量误差主要分如下三大类：

（一）系统误差

系统误差又叫规律误差。它是在一定的测量条件下，对同一个被测量尺寸和进行多次重复测量时，误差值的大小和符号（正值或负值）保持不变；或者在条件变化时，按一定规律变化的误差。

这种误差可以通过实验分析或计算加以确定，若能在测量结果中加以相应的修正，该误差还能减小甚至消除。

（二）随机误差

随机误差又叫偶然误差。它是在相同的测量条件下，对同一个被测量尺寸进行多次重复测量时，误差值的大小和符号要发生变化，但变化没有一定规律的误差。随机误差不能像系统误差那样通过实验分析或计算加以确定，当然也就不能用修正的方法加