

量具与测量技术

C. H. 明琴, A. E. 沙茨合著



量具与測量技术

C.H. 明琴、A.E. 沙茨合著

李汉德、樊养柏、王会明译



机械工业出版社

1960

出版者的話

本书較系統地叙述了机械制造厂中所应用的各种測量工具和仪器，以及它們的构造、应用范围、选择方法和应用的基本原理，同时还闡述了它們的保养規則。

本书在叙述方法上簡單扼要，重点突出，可供机械制造厂中的工人，檢查員系統提高用。

苏联С. Н. Минчин, А. Е. Шац 著 'Измерительный инструмент и техника измерений' (Обorongиз 1957 年第一版)

* * *

NO. 3228

1960 年 4 月第一版 1960 年 4 月第一版第一次印刷

850×1168 $1/32$ 字数 167 千字 印張 6 $11/16$ 0,001— 9,150 册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

北京市书刊出版业营业許可証出字第 008 号 定价(10-5) 0.98 元

目 次

原序	5
第一章 测量技术的基础	7
1 公差的概念	7
2 互换性的概念	9
3 测量方法	9
4 基本的度量指标	11
5 测量工具的分类	13
6 测量误差	14
第二章 长度与角度的端面量具	16
1 平面平行长度端面量具(块规)	16
2 角度块规	20
第三章 万能测量工具	23
1 刻线量具	23
2 从零件上量取尺寸的工具	27
3 直线游标量具	33
4 测量与检验角度的工具	52
5 检验直线度和平面度的工具	59
6 千分量具	62
第四章 万能测量仪器	79
1 杠杆机械式仪器	79
2 杠杆式光学仪器	108
3 气动式仪器	118
4 电气式仪器	121
第五章 量规	125
1 量规的分类	125
2 量规的符号和标记	129
3 对量规的要求	130
4 验孔量规	131

5 驗軸量規	134
6 檢驗肩長、深度和高度的界限量規	138
7 螺紋量規	141
8 专用量規	147
9 量規的使用	152
第六章 特种測量	154
1 零件几何形狀的檢驗	154
2 平面度和直綫度的檢驗	159
3 螺紋的測量	166
4 花鍵零件的檢驗	171
5 齒輪的檢驗	174
6 表面光潔度的檢驗	184
第七章 量具的使用和保养規則	189
1 度量的統一	189
2 量具的保养	190
3 量具的使用	191
第八章 效率高的和自动化的檢驗設備	193
第九章 測量工具和測量方法的选择	202
附录	
1 檢驗量仪和量具时端面量具的选择	205
2 測量工具	206

原 序

在上古时代就产生了对度量的要求。建造茅舍，用兽皮裁剪衣裳，制造最简单的劳动工具都需要作简陋的度量。

在人类社会历史中，很早时期就试图制定度量标准。

作为最初长度标准的单位主要是人体的各部分，这样就可以理解：为什么长度的名称用人的肢体，例如：一肘（长度“从肘到中指前面关节”），一维尔少柯[●]（半个食指长），一久以姆[●]（一姆指宽），一奉特[●]（一脚掌长），一虎口（在手张开最大时，从大姆指尖到小指尖的距离）等来表示。显然，这些单位不能保证度量的结果精确不变，因为不同人的肢体的各部分长短是不一样的。

随着人类社会经济的发展，需要有统一的度量标准。

在十五世纪莫斯科公国成立后，为在全国范围内建立统一的度量衡作了初次的尝试。在1550年到1835年时期内，政府的一连串命令指出（规定）了整顿俄国度量标准的办法。

最后，1835年的法律首次规定俄丈为俄国长度的度量单位，而1842年的[度量衡条例]则规定了法定的俄国长度度量制度（俄丈、俄尺、呎）。

十八世纪在法国产生了米制度量标准。取经过巴黎的子午线的四千万分之一作为长度单位，称为一米。长度单位的标准是宽25毫米、厚3.5毫米的铂制顶端米尺（所谓[档案]米尺）。

国际联系和科学交流的发展，科学和技术的进步要求度量衡统一和制定国际长度单位。1875年十七个国家（包括俄国在内）

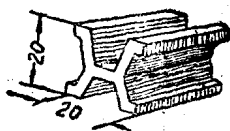
● 维尔少柯系由俄文字Вершок音译来，其现意为俄寸。——译者

● 久以姆系由俄文字Дюйм音译来，其现意为吋。——译者

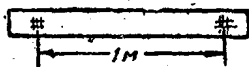
● 奉特系由俄文字Фут音译来，其现意为呎。——译者

在巴黎签订了协定，承认米制为国际公制。

当时制造了米原尺。这是一个用铂铱制成的棒，其断面为 X 形，长 1020 毫米。



在尺身中间面（中性面）上，两端刻有三条横向线和两条纵向线（图 1）。



两条正中横向线之间的距离在冰融温度时，假定为一米。为采用米制的国家制造了米原尺的副尺，并按抽签的结果分配给各国。

图 1 国际米原尺和国家米标准。

俄国抽到 28 号米尺（国家标准）和 11 号米尺（检验国家标准的标准凭证）。

国家标准是保持度量单位统一的基础●。

在苏联，成立了国家量具和量仪监察局。对全国量具与量仪的检验和校准由苏联部长会议所属量具和量仪标准委员会及其各级组织来进行。

● 长度的自然标准是光波波长。光波波长在任何时候都可以再现，而不依赖于可能被损坏和丢失的标准。镉的红光波长能够作为这样的标准。根据 OCT 7762 镉的红光波长等于 0.64385033 微米。

第一章 測量技术的基础

1 公差的概念

在任何机器或机构中两个互相組合的零件，在工作过程中彼此有一定的位置，或者作相对运动，或者保持完全静止。

图 2 表示裝在零件 2 孔內的軸 1。在这种情况下孔的表面为包容面，而軸的表面为被包容面。与此相应，軸的尺寸（直径）为被包容尺寸，而孔的尺寸（直径）则为包容尺寸。

当一个零件的包容尺寸大于另一个零件的被包容尺寸时，它們的結合形成公隙（图 2 a）。

反之，当一零件的包容尺寸小于另一零件的被包容尺寸时，它們的結合就形成公盈（图 2 b）；如果公盈过大时，只有給

其中一个零件施加强力（如用压力机）才能使軸和孔相結合。

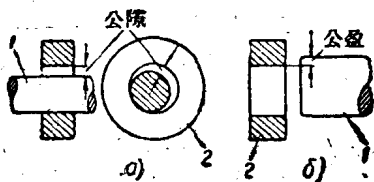


图 2 两結合件間公隙和公盈的形成：

a—公隙；b—公盈。

根据两結合零件的工作条件，設計師提出其結合的某种性质（公隙或公盈），也就是确定配合性质。然而，不管两零件結合的性质如何，被包容尺寸与包容尺寸都具有同一数值，称为名义尺寸。

因此，名义尺寸就是基本設計（計算）尺寸。这个尺寸要保証結合零件在适当的工作条件下具有足够的强度。名义尺寸的数值按照 OCT 6270 取正数（毫米），尺寸小时，取一位数（毫米）。

加工后用量具直接量得零件的尺寸，称为实际尺寸。

按照零件的用途在設計时規定出零件每个尺寸的极限值（界限尺寸）；实际尺寸应在其界限尺寸之間。

例如，任何一根軸，如果它的尺寸不超出界限尺寸的范围，

則它就能代替同樣另一根和軸套相配合的軸，並且不破壞機器或機構的正常工作状态。

通常界限尺寸用对名义尺寸的偏差数值表示。

最大界限尺寸与名义尺寸之差，称为上偏差。而最小界限尺寸与名义尺寸之差，称为下偏差。

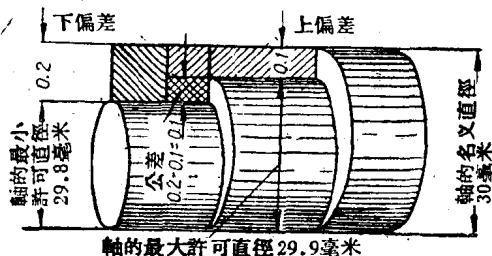


图 3 轴公差的示意图。

用偏差定出的尺寸如大于名义尺寸，则偏差为正；若小于名义尺寸，则偏差为负。

尺寸公差等于上界限偏差与下界限偏差之差，或等于界限尺寸之差（图 3）。这个差数（公差）愈小，则零件的精度愈高。

例 1 图上有一尺寸为 $30_{-0.1}^{+0.1}$ 毫米

那么：名义尺寸为 30 毫米

最大界限尺寸为 29.9 毫米

最小界限尺寸为 29.8 毫米

上界限偏差为 $30 - 29.9 = 0.1$ 毫米

下界限偏差为 $30 - 29.8 = 0.2$ 毫米

尺寸公差为 $29.9 - 29.8 = 0.1$ 毫米

例 2 假定图上有一尺寸为 $52_{-0.2}^{+0.1}$ 毫米

那么：名义尺寸为 52 毫米

上界限尺寸为 52.1 毫米

下界限尺寸为 51.8 毫米

上界限偏差为 0.1 毫米

下界限偏差为 0.2 毫米

尺寸公差为 0.3 毫米

2 互换性的概念

在現代科学技术高度发展的情况下，也很难制造出尺寸絕對相同的零件。几个同样的零件在完全相同的加工条件下，其中一个零件的尺寸与另一零件的尺寸总有少許的差別。然而，根据經驗或者通过計算都能确定出这些尺寸的偏差界限，在尺寸偏差界限以内的零件才可以进行互换。

零件的互换性就是指这样的一种特性：在装配或修理时，不需經過挑选、修正或补充加工就可使用，并能保証机器或机构达到規定的工作性能。

互换性提供了用不同車間或不同工厂制造的零件和各个部件进行装配的可能，所以互换性具有很大的国民經济意义。

互换性可保証机器的大批、大量生产和装配，提高劳动生产率与减低产品的成本。

互换性对机器的使用者具有重要的意义，因为它可以簡化机器在使用过程中的修理。

3 測量方法

測量任何一个数就是把它与假定作为单位的某种数值作比較。測量結果用被量数值与測量单位之比表示。

供被測量数值与測量单位作比較的装置，称为量仪或量具。

根据具体条件和所用的測量工具，測量可用各种不同的方式或方法来进行。測量有直接量法和間接量法两种。

用直接量法时，未知数值是由仪器（量具）上的指示数直接决定。使用直尺、游标卡尺，千分尺測量长度，用量角器来測量角度都屬於直接量法。

用間接量法时，未知数值是根据与它有一定关系的一个或几个数值直接量得的結果来决定（例如根据弦长之測量結果来决定弧长）。

直接量法比較簡單，并能馬上得到測量的結果，所以在機器制造业中，這種方法應用的極為廣泛。但是在許多情況下，往往不能用直接量法（例如用游標卡尺測量兩孔的中心間的距離），有時即使能用，但在精度上也不如間接量法。

每種測量都可以採用絕對量法或相對量法。用絕對量法時，全部被測量的尺寸都可由儀器的指示數直接決定，而用相對量法時，直接表示的僅是尺寸對定准量具[●]或標準件的偏差。絕對量法所用量具刻度的測量範圍必須超過被測量的數值。

相對量法所用的儀器（量具）不如絕對量法所用的儀器用起來方便，因為相對量法要預先調正到一定的尺寸。但在多數情況下相對量法所用的儀器可以得到較高的準確度。

除此以外，測量方法又可分為綜合量法和分別量法。

綜合量法是把物體的真實外形與界限外形相比較。綜合量法可用來檢驗物體外形相互關聯部分的尺寸的總合誤差，並且主要在檢驗零件時使用。用通過的螺紋塞規（按所給定尺寸作出的外形）來檢驗螺帽的外形（真實外形）就是綜合量法的實例。在這種情況下，其外形的相互關聯部分就是節徑、螺距和螺紋半角。

分別量法是分別進行每個部分的單獨檢驗。這種方法主要用來檢驗工具，同時也用於查明零件尺寸不正確而造成廢品的原因。

以上所列举的各种量法（直接的、間接的、相對的、絕對的、綜合的、分別的）中的每一種方法，都可用接觸量法和非接觸量法來進行。

接觸量法是用量具的測量表面與被測量物體的表面直接相接觸的方法來測量。

非接觸量法就是用光學儀器、氣動式儀器或其他儀器來進行測量。用這種方法時，量具與被測量的物體不發生接觸。

● 定准量具系俄文Установочная мера。——譯者

4 基本的度量指标

度量学是一门关于度量的科学。

它的基本任务是：规定测量单位并把它复制成具体的标准；制定把测量单位的大小从标准上转移到工作量具和测量仪器的方法；制定检验量具与测量仪器的方法。

基本的度量术语和定义在ГОСТ 3951-47中有说明。下面仅列举一些在后面叙述中所碰到的基本概念。

量具和量仪的基本度量指标包括刻线间隔、刻度值、刻度盘的测量范围、仪器的测量范围、传动比、读数准确度、指示误差、相对误差和指示的不稳定性（可变性）。

刻线间隔（或简称刻度）就是刻度盘上相邻两刻线之间的距离（图4）。大多数仪器上的刻线间隔，在全部刻度的长度内是常数，这种刻度称为均匀刻度。刻度不均匀的仪器，其刻线间隔在刻度盘上各不同的部分互不相等（例如气动式测量仪器）。

测量仪器刻度盘上的刻线间隔可在1~2.5毫米的范围内选择。若采用这种刻线间隔，则当仪器指针（指示器）位于两刻线之间而用目测估计刻度盘上刻线间隔的小数部分时，能保证得到最好的结果。

相当于刻度盘上一个刻度的被量数值的大小，称为

刻度值。相当于仪器刻度盘上的整个刻度的被量数值的大小，称为刻度盘的测量范围。而用仪器所能测量的最大与最小数值，称为仪器的测量范围。

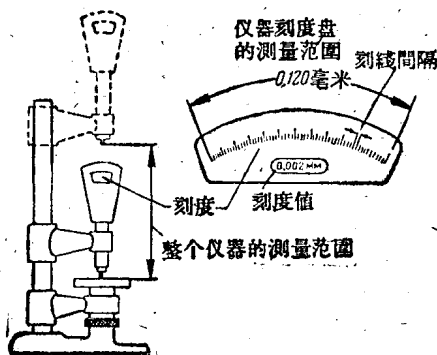


图 4

例如，測量範圍為 50~75 毫米的千分尺，其刻度尺的測量範圍為 25 毫米。但該儀器可能測量的最大和最小數值則為 50 毫米和 75 毫米^②。

裝在帶有工作台的支柱上用作相對測量的儀器（千分表、千分比較儀），其儀器的測量範圍是由支柱的高度和固定儀器的支架的伸出部分來決定。

在許多儀器中，量杆的移動量是通過放大的傳動機構傳到指針的。

儀器的傳動比就是指針（指示器）的移動量對尺寸變化之比（指針的移動量是由尺寸的變化所引起的）。它等於刻線間隔與刻度值之比。

能使儀器的指示數發生最小變化的被量尺寸的最小變動量，稱為儀器的靈敏度。

要選擇用來連續測量很小尺寸的量具時，應該特別考慮到儀器的靈敏度。

準確測量時，如果儀器指針停留在刻度盤上的兩條刻線之間，則讀數時就要用目力（用目測）來估計指針擺過刻線的小數部分。

讀數準確度就是在儀器的刻度盤上讀數時所能達到的準確程度。讀數準確度取決於刻度盤上的刻線質量、指針（指示器）的厚度、指針與刻度盤間的距離、刻度盤上的照明度和測量者的技術熟練程度。

為了減小讀數時的偏視誤差，指針和刻度盤之間的距離應尽可能地縮小（參看下面）。

儀器的指示誤差就是儀器的指示數與被量尺寸實際數值之差。在

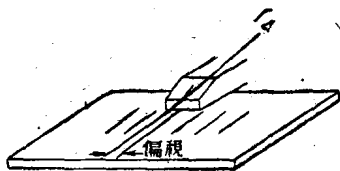


圖 5 偏視對讀數準確度的影響。

蘇聯部長會議所屬的量具與量儀標準委員會的標準和指令中規定了儀器的許可誤差。在此誤差的範圍內才許可使用這個儀器。

② 不要把儀器的測量範圍同儀器刻度盤的測量範圍相混淆。

仪器的誤差也可以用被量数值大小的分数或百分数来表示。在这种情况下，仪器的誤差就叫做相对誤差。

当用仪器对同一尺寸进行多次测量时，由于仪器机构的不完善（机构中存在空隙、发生摩擦和变形），每次仪器的指示数可能不完全一样。在外界条件不变时，对同一被量数值进行多次测量，仪器指示器的最大差数，称为指示的不稳定性（指示变动）。

当在与刻度盘平面不垂直的方向上观察时，指示器相对于刻度盘上刻线的似是而非的移动叫做偏視（图5）。为了减少偏視誤差，进行讀数时应该从垂直于刻度盘平面的方向来观察。偏視誤差是引起測量誤差的很多原因之一。

5 測量工具的分类

机器制造业中所使用的測量工具可以分为三大类：量具，量規，万能量具和量仪。

用来具体（物质的）代表測量单位的物体，称为量具。它通常带有定值（如长度端面量具，角度块規）或者变值（如长度刻线量具）。

能够确定某些部分与已知尺寸、形状和相互位置的偏差，而不确定此偏差大小的工具，称为量規（参看第五章）。

万能量具和量仪是用来决定被量数值大小的。

按构造上的特征和作用原理，万能量具和量仪可以分为：

- （1）具有直线游标的刻线量具（游标量具和万能量角器）；
- （2）以千分螺旋副为基础的千分量具（千分尺，内徑千分尺，深度千分尺等）；

（3）杠杆机械式仪器，可以分为下列几种：

- 一、純杠杆式仪器（千分比較仪）；
- 二、齿輪式仪器（钟表式千分表）；
- 三、特殊杠杆式仪器（杠杆式卡規，杠杆式千分尺，内徑千分表等）；

(4) 杠杆式光学仪器 (光较仪, 投影仪);

(5) 气动式仪器;

(6) 电气式仪器。

在测量工具的新型构造中, 普遍应用上述构造原理的结合形式。

按照同时所检验部分 (尺寸) 的数目, 测量工具又可以分成单尺寸的和多尺寸的两类。

最简单的测量工具 (量规、直尺、游标量具、千分量具) 通称为量具, 而复杂的测量工具 (千分表, 千分比较仪, 光较仪等) 则称为量仪。

苏联测量工具现在生产情况的特点, 首先表现在高度准确的 (精密的) 量具、量仪和自动检验尺寸仪器的产量显著增加。

苏联还创造并生产出最好的表面光洁度检验仪器、结构新颖的气动式量仪、电气式量仪和光学量仪, 其中有自动工厂用的自动检验仪器。

6 测量误差

一个零件的测量数值和它的实际值之差, 叫做测量误差。在任何测量中, 测量误差总是不可避免的。它是由下列因素引起的: 测量仪器本身的误差; 测量仪器的安置的不准确度; 被测量物体对于测量仪器安置的不准确度; 测量仪器和物体的温度对于标准温度 (20°C) 的偏差; 读数的不准确度; 测量力的偏差。

在任何测量中, 不可避免的误差通常分为三种: 系统误差, 偶然误差和过失误差。

在所有重复测量同一物体时, 保持不变的或按照一定规律而变化的误差, 称为系统误差。它是由测量工具构造上的缺陷, 测量所采用方法的错误等而引起的。系统误差一般在计算或修正时从测量结果中剔除掉。

在连续测量同一物体时, 误差使测量结果有时向一方面变化,

而有时則向另一方面变化，沒有一定的規律，这种誤差称为偶然誤差。它的产生有許多細微的原因。由于偶然誤差，測量的各个結果有时大于被量数值的实际值，有时則小于它。随着对同一数值測量次数的增加，偶然誤差的算术平均值趋尽于零。

測量結果被显著歪曲了的誤差，称为过失誤差（疏忽）。产生过失誤差的原因可能是由于偶然的碰撞，溫度的改变和仪器刻度盘讀数不准确。

第二章 长度与角度的端面量具

1 平面平行长度端面量具(块规)

平面平行长度端面量具(块规)是机器制造业中检验尺寸所使用的原始量具。它也是把尺寸从长度标准传递到制件的工具。

块规用于量具和量仪的检验(校准)和刻度,在采用相对量法时,利用它把仪器调整到零位,也可供各种校验工作的直接测量之用。

块规是断面为长方形的钢块,具有两个相互平行的测量面。块规的尺寸就是由这两个测量面来决定的(图6)。

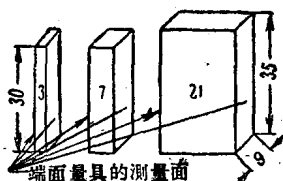


图6 平面平行长度端面量具(块规)。

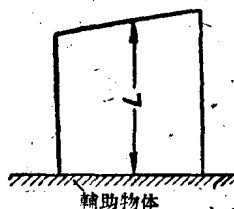


图7 块规的中间长度(假定块规的上表面具有很大的斜度)。

尺寸 L 是块规的中间长度,它是从上自由测量面的中点到辅助物体平面(平板)之垂线长度,块规完全贴合在这个辅助物体平面上(图7)。

块规的非工作尺寸(外形尺寸)为 9×30 毫米(名义尺寸在10毫米以下的块规)和 9×35 毫米(名义尺寸大于10毫米的块规)。块规的边缘打磨成半径约为0.5毫米的圆角。

块规的工作尺寸规定在0.3至1000毫米范围内,其尺寸间隔如下: