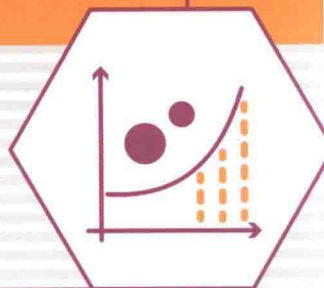
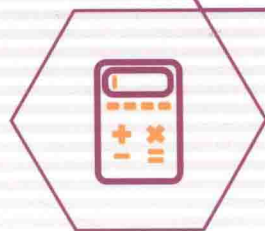
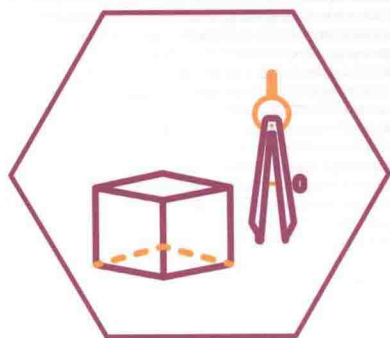


高等院校应用型特色规划教材

基础工程实训教程

JICHU GONGCHENG SHIXUN JIAOCHENG

倪海涛 朱江蒲 勇 主编



规划教材

基础工程实训教程

倪海涛 朱江 蒲勇 主 编



西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

基础工程实训教程 / 倪海涛, 朱江, 蒲勇主编. —
成都: 西南交通大学出版社, 2019.10
高等院校应用型特色规划教材
ISBN 978-7-5643-7179-1

I. ①基… II. ①倪… ②朱… ③蒲… III. ①基础 (工程) — 高等学校 — 教材 IV. ①TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 225968 号

高等院校应用型特色规划教材

Jichu Gongcheng Shixun Jiaocheng
基础工程实训教程

倪海涛 朱江 蒲勇 主编

责任编辑 张文越
封面设计 墨创文化

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号
西南交通大学创新大厦 21 楼)

邮政编码 610031
发行部电话 028-87600564 028-87600533
网址 <http://www.xnjdcbs.com>
印刷 四川森林印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm
印张 10.75
字数 265 千
版次 2019 年 10 月第 1 版
印次 2019 年 10 月第 1 次
书号 ISBN 978-7-5643-7179-1
定价 32.00 元

课件咨询电话: 028-81435775
图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

“基础工程实训”是一门十分重要的实践课，是学生步入大学后第一次受到的比较完整的工程基础教育的实践教学课程，对学生接触工程技术、建立工程意识起着极其重要的奠基和启蒙作用。基础工程对提高工科学生实践动手能力、创新能力及综合素质有重要的意义。

如何科学有序地进行基础工程训练一直是高等工科院校的重要课题。现代工业对工程师的工程综合实践能力提出了较过去更高的要求，基础工程训练已经成为培养高素质工科人才不可缺少的一个重要环节。随着社会发展与进步，学生实践技能无法满足工作需要的问题越来越突出。

本书主要根据应用型人才培养的教学要求进行编写。针对近机类、非机非电类工科专业教学需要，全书共分上、下两篇，分别为材料加工基础实训和电工电子基础实训。上篇材料加工基础实训主要包括机械制造中的一般加工方法和现代制造技术，以零件加工过程为主线，具体分为选材、划线、下料、传统加工、特种加工、热处理、连接与装配等；下篇电工电子基础实训主要包括常用电工仪器仪表、常用元器件的识别与选择、基本电子电路安装实训、电工基本操作、常用电气线路安装实训等。

由于作者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请读者批评指正。

编 者

2019年6月

目 录

上篇 材料加工基础实训	1
模块一 常用量具的使用	1
模块二 选材、划线与下料	16
模块三 传统机加工	41
模块四 特种加工	59
模块五 零件热处理	69
模块六 固定连接及装配	74
下篇 电工电子基础实训	90
模块七 常用电工仪表的使用	90
模块八 常用元器件的识别与检测	103
模块九 基本电子电路安装实训	117
模块十 常用低压电器的识别与检测	129
模块十一 电工基本操作	139
模块十二 常用电气线路安装实训	150
主要参考文献	165

上篇 材料加工基础实训

模块一 常用量具的使用

一、实训目的

- (1) 了解常用测量工具的种类。
- (2) 熟悉合理使用测量工具的注意事项。
- (3) 掌握常见测量工具的使用方法及保养方法。

二、实训预备知识

为了保证加工出符合要求的零件，在加工过程中常常要对工件进行测量，并且对已经加工完成的零件也要进行检验，这就要求根据测量的内容和精度要求选用合适的测量工具。用来测量、检验零件及产品形状的工具叫作量具。常用量具有游标卡尺、千分尺、百分表、直角尺、厚薄尺、万能游标量角器（又叫万能角度尺）等。

（一）万能量具

万能量具一般都有刻度，在其测量范围内可以直接测出零件和产品形状及尺寸的具体数值，例如游标卡尺、千分尺、百分表和万能游标量角器等。

1. 游标卡尺

1) 游标卡尺的结构

游标卡尺是工业上常用的测量长度的仪器。它通常由尺身以及能在尺身上滑动的游标组成，如图 1-1 所示。若从背面看，游标是一个整体。游标与尺身之间有一个弹簧片，利用弹簧片的弹力使游标与尺身靠紧。游标上部有一个紧固螺钉，可以将游标固定在尺身上的任意位置。尺身和游标都有量爪，利用内测量爪可以测量槽的宽度和管的内径，利用外测量爪可以测量零件的厚度和管的外径。深度尺与游标尺连在一起，可以测槽和筒的深度。

尺身和游标尺上面都有刻度。以准确到 0.02 mm 的游标卡尺为例，尺身上的最小分度是 1 mm，游标尺上有 50 个小的等分刻度，总长 49 mm，每一分度为 0.98 mm，比主尺上的最小分度相差 0.02 mm。量爪并拢时尺身和游标的零刻度线对齐，它们的第 1 条刻度线相差 0.02 mm，第 2 条刻度线相差 0.04 mm，……第 50 条刻度线相差 1 mm，即游标的第 50 条刻度线恰好与

主尺的 49 mm 刻度线对齐，如图 1-2 所示。

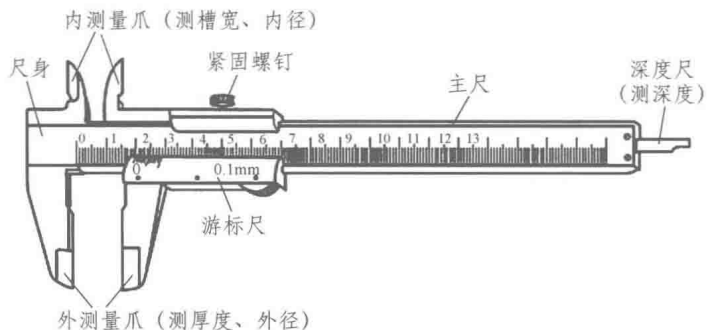


图 1-1 游标卡尺示意图

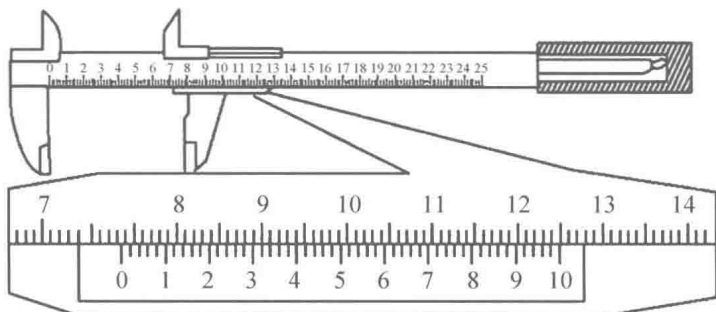


图 1-2 游标卡尺刻度

当量爪间所量物体的线度为 0.02 mm 时，游标尺向右应移动 0.02 mm。这时它的第一条刻度线恰好与尺身的 1 mm 刻度线对齐。同样当游标的第 5 条刻度线跟尺身的 5 mm 刻度线对齐时，说明两量爪之间有 0.1 mm 的宽度，……依此类推。

在测量大于 1 mm 的长度时，整的毫米数要从游标“0”线与尺身相对的刻度线读出。

2) 游标卡尺的使用及读数

用软布将量爪擦干净，使其并拢，查看游标和主尺身的零刻度线是否对齐（见图 1-3）。如果对齐就可以进行测量，如没有对齐则要记取零误差。游标的零刻度线在尺身零刻度线右侧的叫正零误差，在尺身零刻度线左侧的叫负零误差。此规定方法与数轴的规定一致，即原点以右为正，原点以左为负。

测量时，右手拿住尺身，大拇指移动游标，左手拿待测外径（或内径）的物体，使待测物位于外测量爪之间，当待测物与量爪紧紧相贴时，即可读数，如图 1-3 所示。

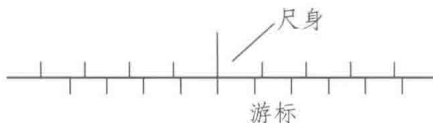


图 1-3 游标卡尺对准示意图

读数时首先以游标零刻度线为准在尺身上读取毫米整数，即以毫米为单位的整数部分。然后看游标上第几条刻度线与尺身的刻度线对齐，如第 6 条刻度线与尺身刻度线对齐，则小数部分即为 0.12 mm（若没有正好对齐的线，则取最接近对齐的线进行读数）。如有零误差，则一律用上述结果减去零误差（零误差为负，相当于加上相同大小的零误差），读数结果为

$$L = \text{整数部分} + \text{小数部分} - \text{零误差}$$

判断游标上哪条刻度线与尺身刻度线对准,可用下述方法:选定相邻的三条线,如左侧的线在尺身对应线之右,右侧的线在尺身对应线之左,中间那条线便可以认为是对准了,如图 1-3 所示。

如果需测量几次取平均值,不需每次都减去零误差,只要从最后结果中减去零误差即可。

3) 游标卡尺的保管及注意事项

游标卡尺使用完毕,用棉纱擦拭干净。长期不用时应将它擦上黄油或机油,两量爪合拢并拧紧紧固螺钉,放入卡尺盒内盖好。

※ 注意事项

(1) 游标卡尺是一种比较精密的测量工具。在取用时,务必要轻拿轻放,不得碰撞或跌落地下。此外,最好不要用来测量粗糙的物体,以免损坏量爪,不用时应置于干燥地方防止锈蚀。

(2) 测量时,应先拧松紧固螺钉,移动游标不能用力过猛。两量爪与待测物的接触不宜过紧。不能使被夹紧的物体在量爪内挪动。

(3) 读数时,视线与尺面垂直。如需固定读数,可用紧固螺钉将游标固定在尺身上,防止滑动。

(4) 实际测量时,对同一长度应多测量几次,取其平均值来消除偶然误差。

2. 千分尺

1) 千分尺结构及测量原理

千分尺又叫螺旋测微器、螺旋测微仪、分厘卡,是比游标卡尺更精密的一种测量长度的工具。用千分尺测长度时,可以准确到 0.01 mm,测量范围为几个厘米。千分尺的结构示意图如图 1-4 所示。

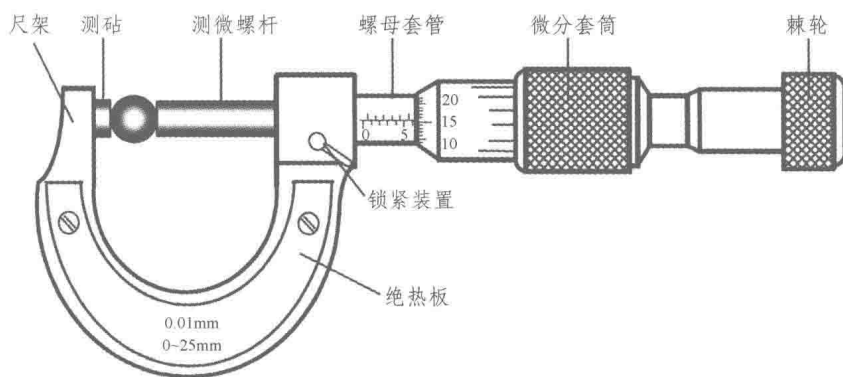


图 1-4 千分尺的结构示意图

千分尺是依据螺旋放大的原理制成的,即螺杆在螺母中旋转一周,螺杆便沿着旋转轴线方向前进或后退一个螺距的距离。因此,沿轴线方向移动的微小距离,就能用圆周上的读数表示出来。千分尺的精密螺纹的螺距是 0.5 mm,可动刻度有 50 个等分刻度,可动刻度旋转一周,测微螺杆可前进或后退 0.5 mm,因此旋转每个小分度,相当于测微螺杆前进或后退

$0.5/50 = 0.01 \text{ mm}$ 。可见，可动刻度每一小分度表示 0.01 mm ，因此千分尺可准确到 0.01 mm 。由于还能再估读一位，所以可读到毫米的千分位，此为千分尺名字的由来。

测量时，当测砧和测微螺杆并拢时，可动刻度的零点应与固定刻度的零点重合，旋出测微螺杆，并使测砧和测微螺杆的面正好接触待测长度的两端（注意不可用力旋转，否则测量不准确）。马上接触到测量面时慢慢旋转左右面的棘轮转柄直至发出咔咔的响声，此时测微螺杆向右移动的距离就是所测的长度。这个距离的整毫米数由固定刻度上读出，小数部分则由可动刻度读出。

2) 千分尺的使用

(1) 使用前的检查。

在使用千分尺前，应用棉丝将其各部位表面擦拭干净，并仔细地检查各部位是否有划伤、锈蚀和影响使用性能的缺陷。用绸子或白色柔软而干净的棉丝擦净测砧的测量面和测微螺杆的测量面。然后旋转棘轮（测力装置），看它能否轻快灵活地带动微分筒旋转，测微螺杆移动是否平稳，有无卡住现象，在全量程范围内，微分筒与固定套筒之间有无摩擦。当用手把微分筒固定住，或用锁紧装置把测微螺杆紧固住后，棘轮能带动微分筒灵活地旋转，测微螺杆移动平稳、无卡住现象，微分筒与固定套筒之间无摩擦，紧住测微螺杆后棘轮能发出咔咔声，满足上述要求时，说明被检查的千分尺各部位的相互作用符合要求。

(2) 校对和调整“0”位的方法。

① 直接校对“0”位的方法。

对于测量范围为 $0\sim 25 \text{ mm}$ 的外径千分尺，可直接校对“0”位。校对方法是：将两个测量面擦拭干净后，旋转微分筒，当两个测量面即将接触时，开始用轻轻旋转棘轮的方法使两个测量面相接触，待棘轮发出咔咔声后，即可进行读数。

此时，若微分筒上的“0”刻线与固定套筒的基线重合，微分筒端面也恰好与固定套筒的“0”刻线的右边缘相切（如果不是恰好相切，允许“离线”不大于 0.1 mm ，“压线”不大于 0.05 mm ），则认为“0”位准确。

② 用校对量杆或量块间接校对“0”位的方法。

对于测量范围大于 25 mm 的外径千分尺应用校对量杆或量块校对“0”位。校对方法如下：将校对量杆或量块当作被测工件，用要校对“0”位的外径千分尺来测量它们。若测量所得数值与校对量杆或量块的实际标定长度尺寸数值相同，则说明该千分尺的“0”位准确。

(3) 正确选择测量面的接触位置。

千分尺两个测量面与被测量面（或点、线）的接触位置是否得当，将对测量结果产生直接的影响，因此在使用时要格外注意。通常来说，具体应注意以下几个方面：

① 当千分尺的测量面将要接触被测量面时，要一边旋动测力装置，一边轻微晃动尺架，靠测量人员的手感来选择准确的接触位置，使千分尺两个测量面与被测量面接触良好、准确。

② 测量时，要使测微螺杆轴线与被测工件的被测尺寸方向一致，不得歪斜，否则将得出错误的结果。

③ 测量工件的外径尺寸时，为了选到准确的测量接触位置，要在测量面相接触的同时，小幅度地左右晃动尺架，找出垂直于轴线的测量面；小幅度地前后晃动尺架找出最大尺寸的部位。

④ 当测量两个平行的平面之间的距离时,要使千分尺的整个测量面与被测量面相接触,不要只用测量面的边缘进行测量。

⑤ 当被测量工件两端形状不同时,应考虑接触的方向问题。

(4) 测量方法。

① 正确选择千分尺的规格和精度。

先了解要测量的尺寸范围,并正确选择千分尺的规格。

② 手握千分尺的方法。

为防止握千分尺的手温影响测量准确度,要求握在千分尺的护板(又被称为“绝热板”)处。若直接用手握千分尺的金属尺架来进行测量,当该千分尺的检定温度为 20°C ,受检尺寸为 100 mm ,手与千分尺的接触时间为 10 min 时,会引起千分尺的尺寸变化量达到 0.006 mm 。

③ 操作方法。

旋转微分筒,使两测量面之间的距离(外尺寸)调整到略大于被测尺寸后,将千分尺的两个测量面送入到要测量的位置。旋动微分筒,使两测量面将要接触被测量点后,开始旋动棘轮(测力装置),使两测量面密切接触被测量点(此时棘轮将发出咔咔声)并读取测量值。旋动微分筒和棘轮时,速度不要过快,以防测量面与被测量面发生较强的碰撞而损坏测微螺杆。测量读数完毕之后退尺时,应旋转微分筒,而不要使用旋转棘轮的方法,以防拧松测力装置,影响“0”位。

※ 注意事项

(1) 使用较小测量范围的千分尺时,可一人用两只手同时操作,一只手握住尺架的护板,另一只手操作微分筒和棘轮。

(2) 对于较小并可拿起的工件,也可用一手拿住工件,用另一只手的无名指和小指夹住尺架压在掌心中,食指和拇指旋转微分筒(不用棘轮)进行测量。由于不是用测力装置,测量力的大小全凭手指的感觉来控制,所以要求使用人员要有一定的经验。

(3) 对于较小并可拿起的工件,当要测量的工件数目较多时,可将千分尺固定在专用的尺架上(固定时既要牢固又要防止因夹力过大而损伤千分尺的尺身),一手拿工件,一手操作千分尺,可提高工作效率,并且可避免因手的温度影响测量数据的准确性。

3. 万能游标量角器

万能游标量角器用于测量工件内、外角度值,其测量精度有 $2'$ 和 $5'$ 两种,测量范围为 $0^{\circ}\sim 320^{\circ}$,其结构如图 1-5 所示。尺身上刻线每格为 1° ,游标上的刻线共有 30 格,平分尺身的 29° ,则游标上每格为 $29^{\circ}/30$,尺身与游标每格的差值为 $2'$,即万能游标量角器的测量精度为 $2'$ 。

1) 读数方法

万能游标量角器的读数方法同游标卡尺相似,先读出游标上零线以左的整数度,再从游标上读出第 n 条刻线(游标零线除外)与尺身刻线对齐,则角度值的小数部分为 $(n\times 2')$,将两次数值相加,即为实际角度值。

2) 测量方法

测量时应该先校对万能游标量角器的零位,将角尺、直尺、主尺组装在一起,且角尺的底边及基尺均与直尺无间隙接触,此时主尺与游标的“0”线对准。调整好零位后,通过改变

主尺、角尺、直尺的相互位置，可测量 $0^{\circ}\sim 320^{\circ}$ 范围内的任意角度，具体组合见表 1-1。用万能游标量角器测量工件时，应根据所测角度范围组合量尺。万能游标量角器具体应用举例如图 1-6 所示。

表 1-1 万能游标量角器部件组合及测角范围

部件组合	角度范围
直尺 + 直角尺 + 尺身	$0^{\circ}\sim 50^{\circ}$
直尺 + 尺身	$50^{\circ}\sim 140^{\circ}$
角尺 + 尺身	$140^{\circ}\sim 230^{\circ}$
尺身	$230^{\circ}\sim 320^{\circ}$

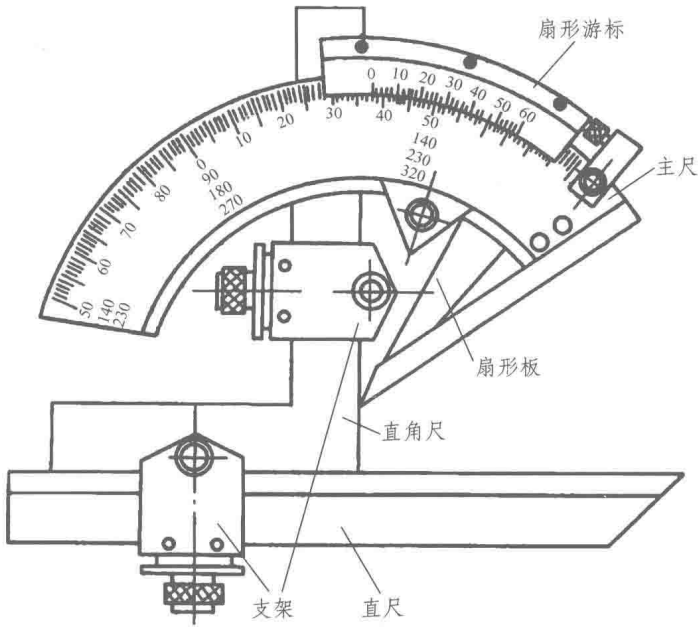


图 1-5 万能游标量角器结构示意图

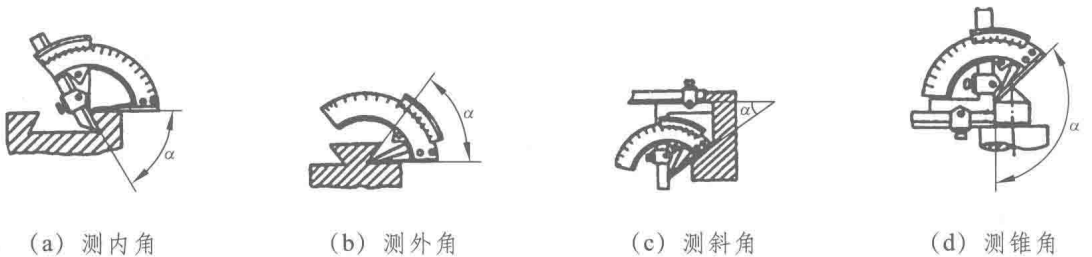


图 1-6 万能游标量角器应用举例

(二) 专用量具

专用量具或称非标量具，顾名思义就是指非标准的量具，是专门为检测工件某一技术参

数而设计制造的量具。这类量具不能测量出实际尺寸，只能测定零件和产品的形状、尺寸是否合格，如卡规、塞规等。

1. 塞尺

塞尺又称厚薄规或间隙片。塞尺由许多层厚薄不一的薄钢片组成（图 1-7），并按照塞尺的组别制成一把一把的塞尺，每把塞尺中的每片具有两个平行的测量平面，且都有厚度标记，以供组合使用。常用的塞尺规格如表 1-2 所示。

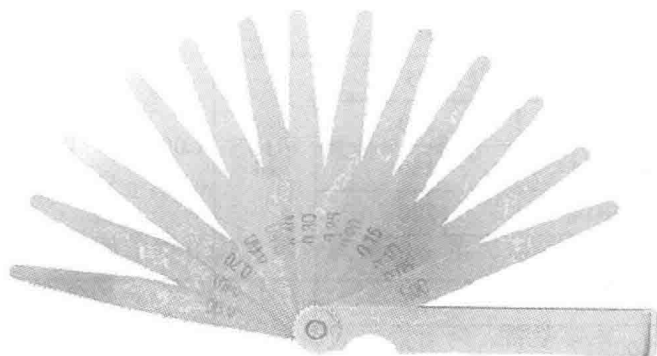


图 1-7 塞尺

塞尺主要用来检验机床特别紧固面和紧固面（图 1-8）、活塞与气缸、活塞环槽和活塞环、十字头滑板和导板、进排气阀顶端和摇臂、齿轮啮合间隙等两个结合面之间的间隙大小。其具体使用方法如下：

（1）先将要测量工件的表面清理干净，不能有油污或其他杂质，必要时用油石清理。

（2）形成间隙的两工件必须相对固定，以免因松动导致间隙变化而影响测量效果。

（3）根据目测的间隙大小选择适当规格的塞尺逐个塞入。例如，例如，用 0.03 mm 能塞入，而用 0.04 mm 不能塞入，说明所测量的间隙值在 0.03 mm~0.04 mm。

（4）当间隙较大或希望测量出更小的尺寸范围时，单片塞尺已无法满足测量要求，可以使用数片叠加在一起插入间隙中（在塞尺的最大规格满足使用间隙要求时，尽量避免多片叠加，以免造成累计误差）。

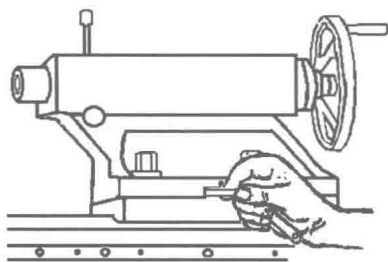


图 1-8 用塞尺检验车床尾座紧固面间隙 (<0.04 mm)

例 1：间隙片最大规格为 0.5 mm，间隙尺寸大约在 0.65 mm 时，就需要使用 0.5 mm 与 0.15 mm 叠加测量。

例 2：用 0.03 mm 能塞入，而用 0.04 mm 不能塞入，通过在 0.03 mm 上叠加 0.005 mm 也能塞入，则得到所测间隙值在 0.035 mm~0.04 mm。

表 1-2 塞尺的规格

组别标记		塞尺片长度/mm	片数	塞尺的厚度及组装顺序/mm
A 型	B 型			
75A13	75B13	75	13	0.02; 0.02; 0.03; 0.03; 0.04; 0.04; 0.05; 0.05; 0.06; 0.07; 0.08; 0.09; 0.10
100A13	100B13	100		
150A13	150B13	150		
200A13	200B13	200		
300A13	300B13	300		
75A14	75B14	75	14	1.00; 0.05; 0.06; 0.07; 0.08; 0.09; 0.19; 0.15; 0.20; 0.25; 0.30; 0.40; 0.50; 0.75
100A14	100B14	100		
150A14	150B14	150		
200A14	200B14	200		
300A14	300B14	300		
75A17	75B17	75	17	0.50; 0.02; 0.03; 0.04; 0.05; 0.06; 0.07; 0.08; 0.09; 0.10; 0.15; 0.20; 0.25; 0.30; 0.35; 0.40; 0.45
100A17	100B17	100		
150A17	150B17	150		
200A17	200B17	200		
300A17	300B17	300		

※注意事项

- (1) 根据结合面的间隙情况选用塞尺片数，但片数愈少愈好。
- (2) 测量时不能用力太大，以免塞尺遭受弯曲和折断。
- (3) 使用塞尺时不能戴手套，并保持手的干净、干燥。
- (4) 观察塞尺有无弯折、生锈，以免影响测量的准确度。
- (5) 擦拭塞尺上的灰尘和油污，以免影响测量的准确度。
- (6) 测量时不能强行把塞尺塞入测量间隙，以免塞尺弯曲或折断。
- (7) 不能用于测量温度较高的工件，以免碳化。
- (8) 塞尺较薄较锋利，防止划伤手或其他身体部位。

2. 直角尺

1) 概述

直角尺是一种专业量具，简称为角尺，在有些场合还被称为靠尺，按材质它可分为铸铁直角尺、镁铝直角尺和花岗石直角尺，用于检测工件的垂直度及工件相对位置的垂直度，有时也用于划线（图 1-9），是机械行业中的重要测量工具。它的特点是精度高，稳定性好，便于维修。

直角尺规格（单位为毫米）有：750×40、1000×50、1200×50、1500×60、2000×80、2500×80、3000×100、3500×100、4000×100 等。铸铁平尺产品别名：方尺、铸铁方尺、检验方尺、矩形

角尺、方型角尺、平行方尺。等边方尺、角度平尺及专用平尺用于机床导轨、工作台的精度检查、几何精度测量，精密部件的测量，刮研工艺加工等，是精密测量的基准。

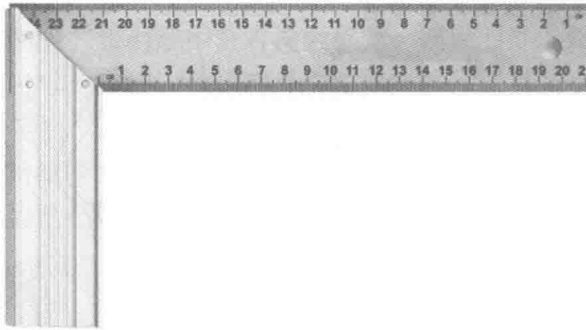


图 1-9 直角尺示意图

2) 使用方法

使用前，应先检查各工作面和边缘是否被碰伤。角尺的长边的左、右面和短边的上、下面都是工件面（即内外直角）。将直尺工作面和被检工作面擦净，使用时，将直角尺靠放在被测工件的工作面上，用光隙法鉴别工件的角度是否正确。注意轻拿、轻靠、轻放，防止变形。为求精确测量结果，可将直角尺翻转 180° 再测量一次，取二次读数算术平均值为其测量结果，可消除角尺本身的偏差。

3) 使用注意事项

(1) 直角尺是检验和划线工作中较常用的量具，一般有整体式、组合式和精密圆柱形等结构。直角尺的精度等级有圆柱角尺：00级和0级；铸铁角尺：0级和1级；刀口形角尺：00级和0级；宽座角尺：1级和2级；矩形角尺：0级和1级。00级和0级直角尺一般用于检验精密量具；1级直角尺用于检验精密工件；2级直角尺用于检验一般工件。

(2) 直角尺长边的左、右面和短边的上、下面都是工作面。长边的左面和短边的下面互相构成直（外角）。长边的右面和短边的上面互相构成直角（内角）。

(3) 使用前，应先检查各工作面和边缘是否被碰伤。将直角尺工作面和被检工作面擦净。

(4) 使用时，将直角尺放在被测工件的工作面上，用光隙法来鉴别被测工件的角度是否正确。检验工件外角时，须使直角尺的内边与被测工件接触。检验内角时，则使直角尺的外边与被测工件接触。

(5) 测量时，应注意角尺的安放位置，不能歪斜。

(6) 在使用和安放工作边较大的直角尺时，尤应注意防止其弯曲变形。

(7) 为求得精确的测量结果，可将直角尺翻转 180° 再测量一次，取二次读数的算术平均值作为其测量结果，这样，便可消除角尺本身的偏差。

3. 内、外卡钳

1) 内、外卡钳简介

内、外卡钳是测量长度的工具。外卡钳用于测量圆柱体的外径或物体的长度等。内卡钳用于测量圆柱孔的内径或槽宽等。

图 1-10 是常见的两种内、外卡钳。内、外卡钳是最简单的比较量具。外卡钳是用来测量

外径和平面的，内卡钳是用来测量内径和凹槽的。它们本身都不能直接读出测量结果，而是把测量得的长度尺寸（直径也属于长度尺寸），在钢直尺上进行读数，或在钢直尺上先取所需尺寸，再去检验零件的直径是否符合。

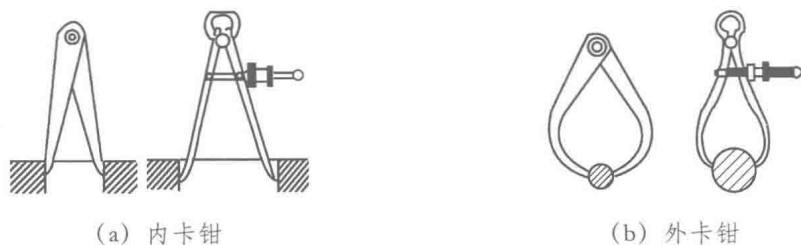


图 1-10 内、外卡钳示意图

2) 卡钳开度的调节

检查钳口的形状，钳口形状对测量精确性影响很大，应注意经常修整钳口的形状。图 1-11 所示为卡钳钳口形状好与坏的对比。调节卡钳的开度时，应轻轻敲击卡钳脚的两侧面，先用两手把卡钳调整到和工件尺寸相近的开口，然后轻敲卡钳的外侧来减小卡钳的开口，敲击卡钳内侧来增大卡钳的开口，如图 1-12 所示。但不能直接敲击钳口，更不能在机床的导轨上敲击卡钳，这会因卡钳的钳口损伤量面而引起测量误差。

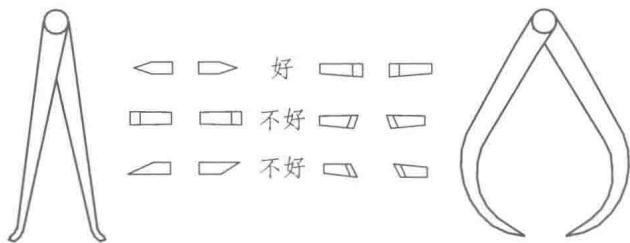


图 1-11 卡钳钳口形状好与坏的对比

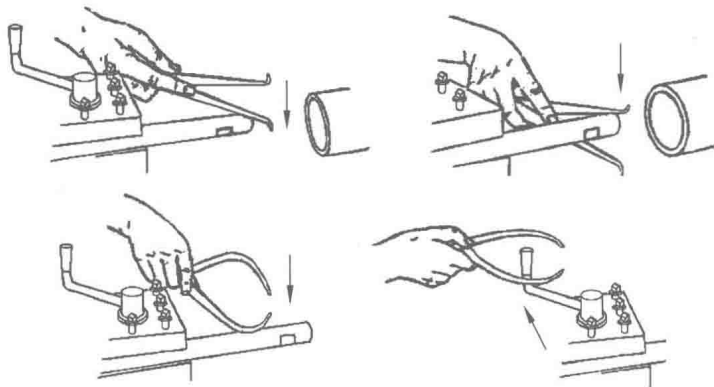


图 1-12 卡钳开度调节示意图

3) 外卡钳的使用

外卡钳在钢直尺上取下尺寸时，如图 1-13 (a)，一个钳脚的测量面靠在钢直尺的端面上，另一个钳脚的测量面对准所需尺寸刻线的中间，且两个测量面的连线应与钢直尺平行，人的视线要垂直于钢直尺。

用已经在钢直尺上上好尺寸的外卡钳去测量外径时，要使两个测量面的连线垂直于零件

的轴线，靠外卡钳的自重滑过零件外圆时，我们手中的感觉应该是外卡钳与零件外圆正好是点接触，此时外卡钳两个测量面之间的距离，就是被测零件的外径。所以，用外卡钳测量外径，就是比较外卡钳与零件外圆接触的松紧程度，如图 1-13 (b) 以卡钳的自重能刚好滑下为合适。如当卡钳滑过外圆时，我们手中没有接触感觉，就说明外卡钳比零件外径尺寸大，如靠外卡钳的自重不能滑过零件外圆，就说明外卡钳比零件外径尺寸小。切不可将卡钳歪斜地放上工件测量，这样有误差，如图 1-13 (c) 所示。由于卡钳有弹性，把外卡钳用力压过外圆是错误的，更不能把卡钳横着卡上去，如图 1-13 (d) 所示。对于大尺寸的外卡钳，靠它自重滑过零件外圆的测量压力已经太大了，此时应托住卡钳进行测量，如图 1-13 (e) 所示。

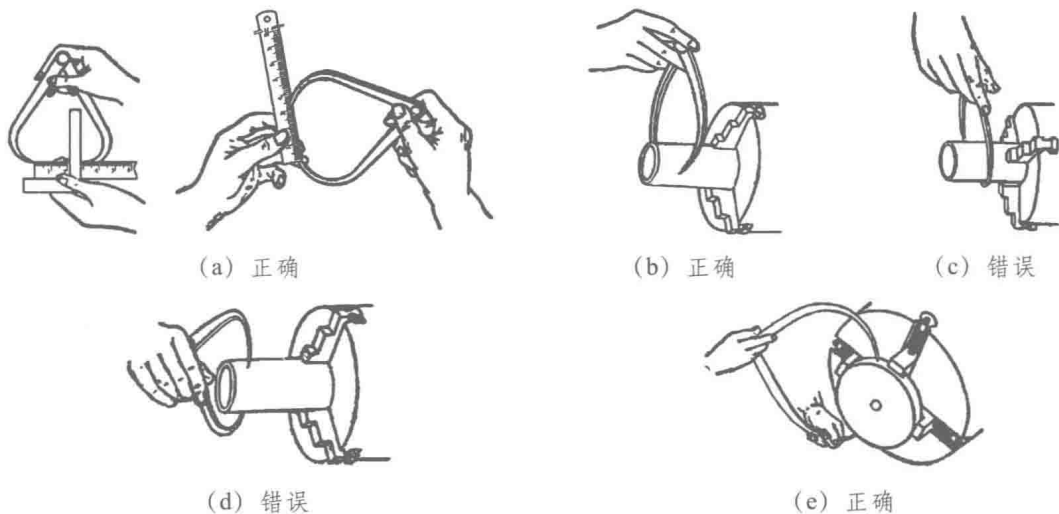


图 1-13 外卡钳在钢直尺上取尺寸和测量方法示意图

4) 内卡钳的使用

用内卡钳测量内径时，应使两个钳脚的测量面的连线正好垂直相交于内孔的轴线，即钳脚的两个测量面应是内孔直径的两端点。因此，测量时应将下面的钳脚的测量面停在孔壁上作为支点 [图 1-14 (a)]，上面的钳脚由孔口略往里面一些逐渐向外试探，并沿孔壁圆周方向摆动，当沿孔壁圆周方向能摆动的距离为最小时，表示内卡钳脚的两个测量面已处于内孔直径的两端点了。再将卡钳由外至里慢慢移动，可检验孔的圆度公差，如图 1-14 (b) 所示。



图 1-14 内卡钳测量方法示意图

用已在钢直尺上或在外卡钳上取好尺寸的内卡钳去测量内径，如图 1-15 (a) 所示。就是比较内卡钳在零件孔内的松紧程度。如内卡钳在孔内有较大的自由摆动时，就表示卡钳尺寸比孔径内小了，如内卡钳放不进，或放进孔内后紧得不能自由摆动，就表示内卡钳尺寸比孔径大了，如内卡钳放入孔内，按照上述的测量方法能有 1~2 mm 的自由摆动距离，这时孔径与内卡钳尺寸正好相等。测量时不要用手抓住卡钳测量，如图 1-15 (b) 所示，这样手感就没

有了，难以比较内卡钳在零件孔内的松紧程度，并使卡钳变形而产生测量误差。

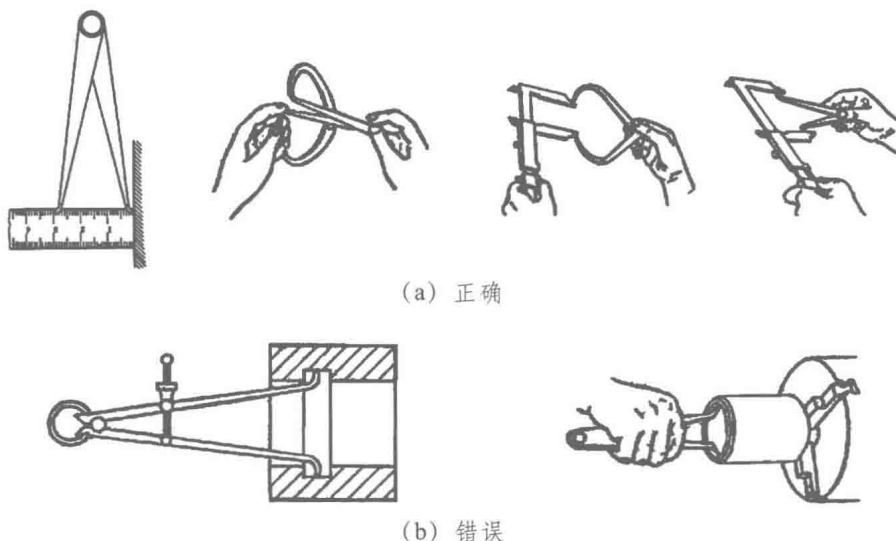


图 1-15 卡钳取尺寸和测量方法示意图

5) 卡钳的适用范围

卡钳是一种简单的量具，由于它具有结构简单、制造方便、价格低廉、维护和使用方便等特点，广泛应用于要求不高的零件尺寸的测量和检验，尤其是对锻铸件毛坯尺寸的测量和检验，卡钳是最合适的测量工具。

卡钳虽然是简单量具，只要我们掌握得好，也可获得较高的测量精度。例如用外卡钳比较两根轴的直径大小时，就是轴径相差只有 0.01 mm，有经验的老师傅也能分辨得出。又如用内卡钳与外径百分尺联合测量内孔尺寸时，有经验的老师傅完全有把握用这种方法测量高精度的内孔。这种内径测量方法，称为“内卡搭百分尺法”，是利用内卡钳在外径百分尺上读取准确的尺寸（见图 1-16），再去测量零件的内径，或内卡在孔内调整好与孔接触的松紧程度，再在外径百分尺上读出具体的尺寸。这种测量方法，不仅在缺少精密的内径量具时，是测量内径的好办法；而且，对于某零件的内径，由于它的孔内有轴而使用精密的内径量具有困难时，应用内卡钳搭外径百分尺测量内径方法，就能解决问题。

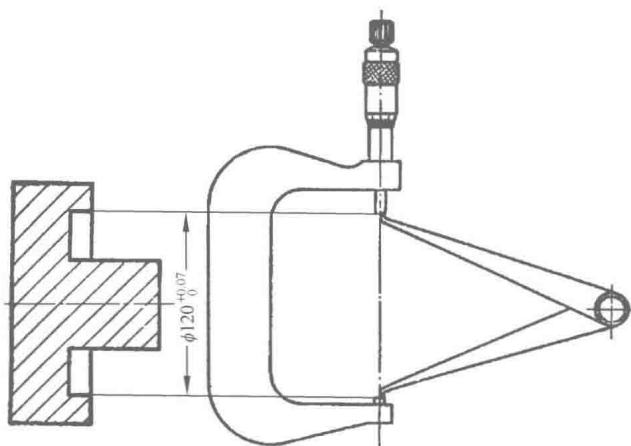


图 1-16 内卡钳搭外径百分尺测量内径