

内 容 简 介

本书采用中等复杂程度、用于生产实际的零部件作为测绘的对象,按照生产过程中现场测绘的工作过程进行编写。从基本知识的储备到各种测量工具的应用,从测绘各种零件的步骤到绘图方案的选择,从尺寸标注技巧到零件技术要求的编写,例举了一级齿轮减速器、齿轮油泵、机用虎钳、千斤顶、球阀的测绘过程,形成了一套完整的教学系统,使学生通过训练能够达到教学大纲的要求,也能更好地理解、掌握机械制图的知识。

本书可作为高职高专院校、中职技校的机械类、近机类专业的教材,也可用于课程设计和毕业设计的教学参考及工程技术人员和自学者的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制图测绘实训/单士睿编著. —北京:北京
邮电大学出版社,2014.5(2022.7重印)
ISBN 978-7-5635-3953-6

I. ①机… II. ①单… III. ①机械制图—测绘—职业
教育—教材 IV. ①TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 099361 号

书 名: 机械制图测绘实训
编 著: 单士睿
责任编辑: 边丽新
出版发行: 北京邮电大学出版社
社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)
E-mail: publish@bupt.edu.cn
经 销: 各地新华书店
印 刷: 大厂回族自治县聚鑫印刷有限责任公司
开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张: 6.25
字 数: 152 千字
版 次: 2014 年 5 月第 1 版 2022 年 7 月第 5 次印刷

ISBN 978-7-5635-3953-6

定 价: 26.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

服务电话:400-615-1233

零部件测绘就是依据实际零部件画出它的图形,测量出它的尺寸并制定出相应的技术要求。测绘时,首先要画出零部件草图,然后根据零部件草图画出零件图和装配图,根据零件图和装配图设计机器、修配零件和准备配件。

一、测绘的目的

机械制图课程是一门研究机械图样的绘制与识读规律的实践性很强的技术基础课,旨在培养学生基本绘制和阅读机械图样的能力。因此,教学过程中除了系统地讲授基本知识、基本原理和方法外,还应使学生接受较全面的技能训练,进行零部件测绘,这是理论联系实际的一个重要教学环节。通过对机械零件的测绘,使学生能深刻地理解机械制图在机械设计和机械制造中的重要作用,熟练地运用机械制图课程的基础知识、基本技能和国家标准等有关知识,并能较全面地巩固和提高。通过比较系统的制图测绘实践,使学生掌握机件测绘的工作程序及技能,熟悉装配图及零件图表达方案的选择,正确合理地标注尺寸,合理编写零件图、装配图的技术要求,培养学生基本的阅读和绘制机械图样的能力。

具体来说,机械制图测绘实训应达到以下目的。

- (1)熟练掌握零部件测绘的基本方法和步骤。
- (2)进一步提高零件图和装配图的表达方法和绘图的技能。
- (3)提高零件图的尺寸标注、公差配合及形位公差标注的能力,了解有关机械结构方面的知识。
- (4)正确使用参考资料、手册、标准及规范等。
- (5)培养独立分析和解决实际问题的能力,为后继课程的学习及今后工作打下基础。
- (6)培养严谨细致、一丝不苟的工作作风,这也是一名工程师的基本素质。

二、测绘的要求

在测绘过程中要注意培养独立分析问题和解决问题的能力,且保质、保量、按时完成零部件测绘任务。具体要求如下。

- (1)测绘前要认真阅读测绘指导书,明确测绘的目的、要求、内容、方法和步骤。
- (2)认真复习与测绘有关的内容,如视图表达、尺寸测量方法、标准件和常用件、零件图与装配图等。
- (3)做好准备工作,如准备好测量工具、绘图工具、资料、手册、仪器用品等。
- (4)应先对测绘对象的作用、结构、性能进行分析,考虑好拆卸和装配的方法和步骤。

(5)测绘零件时,除弄清每一个零件的形状、结构、大小外,还要弄清零件间的相互关系,以便确定技术要求。

(6)在测绘过程中,应将所学知识进行综合分析和应用,认真绘图,保证图纸质量。整个图面应符合《国家标准 机械制图》的有关规定。

①画出来的图样应投影正确,视图表达得当。

②尺寸标注应做到正确、完整、清晰、合理。

③注写必要的技术要求,包括表面粗糙度、尺寸公差、形位公差以及文字说明等。

④对于标准件、常用件及其有关的零件或部分,其尺寸及结构应查阅相关国家标准确定。

⑤图面清晰整洁。

(7)测绘时要独立思考,有错必改,不能不求甚解、照抄照搬。

(8)参照本书要求安排好进度,按预定计划认真完成各阶段任务。所画图样经指导教师审查后方可呈交。

三、测绘的内容

以一级圆柱齿轮减速器为例,说明测绘内容和进度计划,其他测绘项目可以参考此计划。

一级圆柱齿轮减速器零部件(或齿轮油泵零部件)测绘的具体内容及进度计划见表 1-1。

表 1-1 一级圆柱齿轮减速器(或齿轮油泵零部件)测绘的具体内容及进度计划

序 号	内 容	时间/天
1	布置任务,分发绘图仪器,学习注意事项,拆卸部件	0.5
2	画全部草图(标准件除外)	1
3	箱座、箱盖 A3 各一张,齿轮轴、齿轮 A4 各一张(泵体、泵盖及相关零件等)	2
4	减速器装配图(或齿轮油泵装配图)A2 一张	1.0
5	总结,验收,上交	0.5
总计		5

如果时间、条件允许,可以将所有零部件的测绘图及零件图画出。

一、钢直尺、卡钳及塞尺

1. 钢直尺

钢直尺是最简单的长度量具,它的长度有 150 mm、300 mm、500 mm 和 1 000 mm 四种规格。如图 2-1 所示为常用的 150 mm 钢直尺。



图 2-1 常用的 150 mm 钢直尺

钢直尺的使用方法如图 2-2 所示。钢直尺用于测量零件的长度尺寸时,它的测量结果不太准确。这是由于钢直尺的刻线间距为 1 mm,而刻线本身的宽度就有 0.1~0.2 mm,所以测量时读数误差比较大,只能读出毫米数,即它的最小读数值为 1 mm,比 1 mm 小的数值只能估计而得。

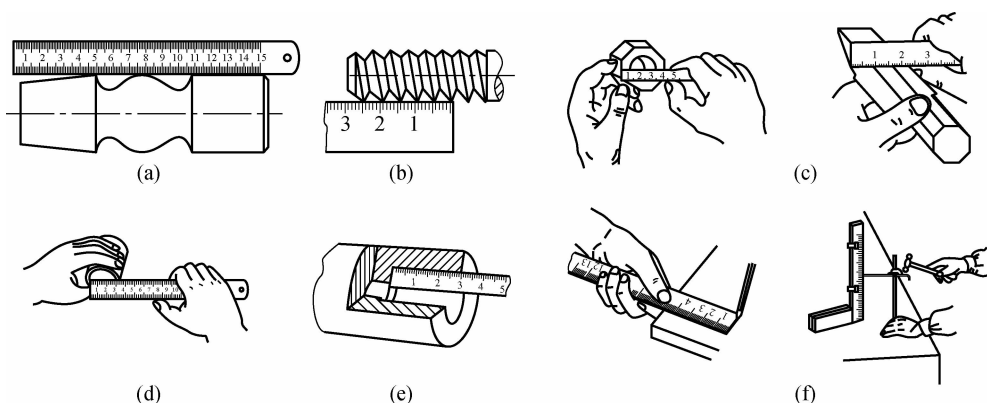


图 2-2 钢直尺的使用方法

如果用钢直尺直接去测量零件的直径尺寸(轴径或孔径),则测量精度更差。除了钢直尺本身的读数误差比较大以外,还由于钢直尺无法放在零件直径的正确位置。零件直径尺寸的测量可以利用钢直尺和内外卡钳配合起来进行。

2. 卡钳

卡钳是最简单的比较量具。外卡钳(如图 2-3 所示)用来测量外径和平面。内卡钳(如图 2-4 所示)用来测量内径和凹槽。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,或在钢直尺上先取下所需尺寸,再去检验零件的长度尺寸是否符合。

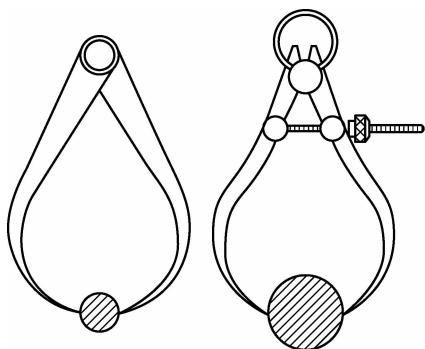


图 2-3 外卡钳

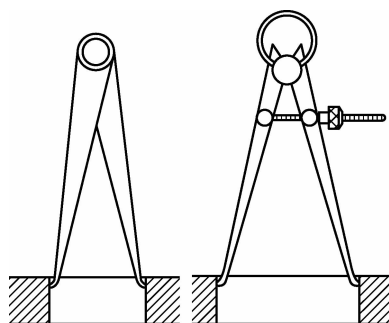


图 2-4 内卡钳

1) 卡钳开度的调节

首先检查钳口的形状,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,如图 2-5 所示为卡钳钳口形状好与不好的对比。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,敲击轻敲内侧可增大卡钳的开口。

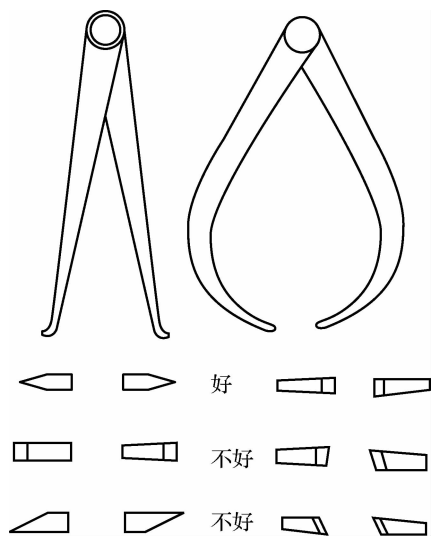


图 2-5 卡钳钳口形状好与不好的对比

2) 外卡钳的使用

外卡钳在钢直尺上取尺寸时,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,如图 2-6(a)所示。

用已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,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 2-6(b)中以卡钳的自重能刚好滑下为宜。当卡钳滑过外圆时,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,这样会导致误差的出现。

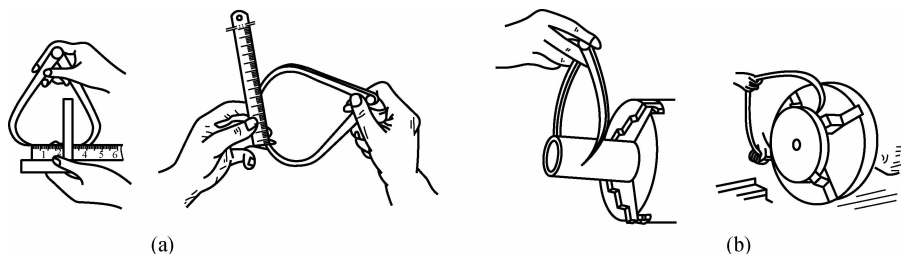


图 2-6 外卡钳在钢直尺上取尺寸和测量方法

3) 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,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,则表示内卡钳钳脚的两个测量面已处于内孔直径的两端点了,如图 2-7(a)所示。再将卡钳由外至里慢慢移动,可检验孔的圆度公差,如图 2-7(b)所示。

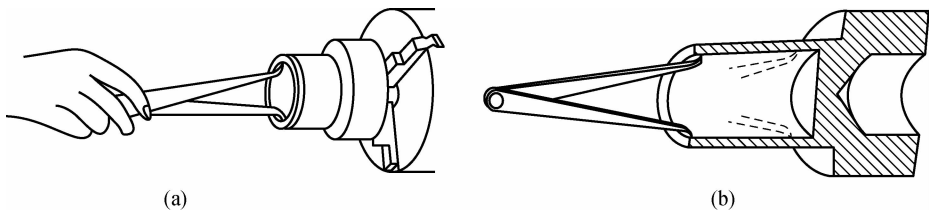


图 2-7 内卡钳测量方法

用已在钢直尺上或在外卡钳上好尺寸的内卡钳去测量内径。测量内径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小。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,否则难以凭手感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,如图 2-8 所示。

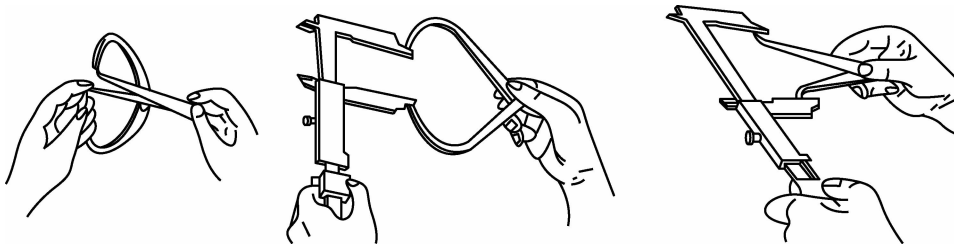


图 2-8 内卡钳取尺寸和测量方法

4) 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,广泛应用于精度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。

卡钳虽然是简单量具,但凭借熟练的测量技术和正确的操作方法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,有经验的测量者甚至能分辨得出轴径 0.01 mm 的尺寸差。又如用内卡钳与外径百分尺联合测量内孔尺寸,这种内径测量方法称为内卡钳搭外径百分尺,是利用内卡钳在外径百分尺上读取准确的尺寸,再去测量零件的内径;或内卡钳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,有经验的测量者可以用这种方法测量高精度的内孔。这种测量方法不仅在缺少精密的内径量具时能成为测量内径的好办法,而且在测量某些孔内有轴导致使用精密的内径量具有困难的零件的内径时,如图 2-9 所示,应用内卡钳搭外径百分尺测量内径方法就能解决问题。

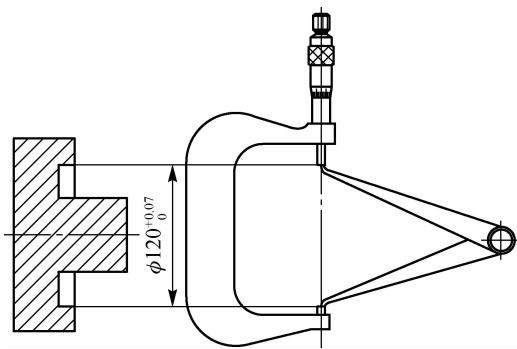


图 2-9 内卡钳搭外径百分尺测量内径

3. 塞尺

塞尺又称厚薄规或间隙片,主要用来检验机床特别紧固面和紧固面、活塞和气缸、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。塞尺(见图 2-10)由许多层厚薄不一的薄钢片组成,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。测量时,根据结合面间隙的大小,用一片或数片重叠在一起塞进间隙内。例如,用 0.03 mm 的一片能插入间隙,而 0.04 mm 的一片不能插入间隙,这说明间隙在 0.03~0.04 mm 之间,所以塞尺也是一种界限量规。塞尺的规格见表 2-1 和表 2-2。

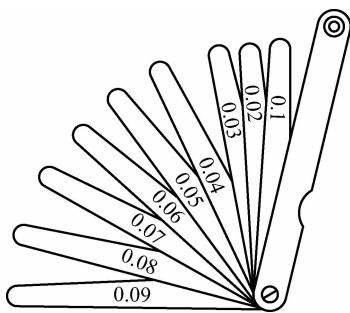


图 2-10 塞尺

表 2-1 塞尺的厚度尺寸系列

厚度尺寸系列/mm	间隔/mm	数 量
0.02, 0.03, 0.04, ..., 0.10	0.01	9
0.15, 0.20, 0.25, ..., 1.00	0.05	18

表 2-2 成组塞尺的片数、塞尺长度及组装顺序

成组塞尺的片数	塞尺的长度/mm	塞尺厚度尺寸及组装顺序/mm
13	100, 150, 200, 300	0.10, 0.02, 0.02, 0.03, 0.03, 0.04, 0.04, 0.05, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09
14		1.00, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.40, 0.50, 0.75
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
20		1.00, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50, 0.55, 0.60, 0.65, 0.70, 0.75, 0.80, 0.85, 0.90, 0.95
21		0.50, 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, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45

使用塞尺时必须注意:根据结合面的间隙情况选用塞尺片数,但片数愈少愈好;测量时不能用力太大,以免塞尺弯曲或折断;不能用来测量温度较高的工件。

二、游标读数量具

应用游标读数原理制成的量具包括游标卡尺、高度游标卡尺、深度游标卡尺和齿厚游标卡尺等,用以测量零件的外径、内径、长度、宽度、厚度、高度、深度、角度以及齿轮的齿厚等,应用范围非常广泛。

1. 游标卡尺

游标卡尺是一种常用的量具,具有结构简单、使用方便、精度中等和测量的尺寸范围大等特点,可以用它来测量零件的外径、内径、长度、宽度、厚度、深度和孔距等,应用范围很广。

1) 游标卡尺的三种结构形式

(1) 测量范围为 0~125 mm 的游标卡尺,制成带有刀口形的上、下量爪和带有深度尺的形式,如图 2-11 所示。

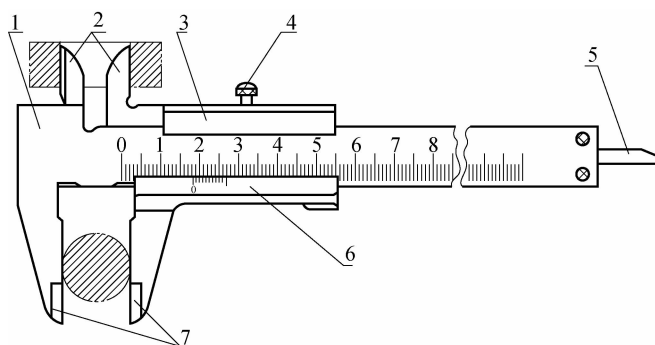


图 2-11 游标卡尺的结构形式之一

1—尺身；2—上量爪；3—尺框；4—紧固螺钉；5—深度尺；6—游标；7—下量爪

(2)测量范围为 0~200 mm 和 0~300 mm 的游标卡尺,可制成带有内、外测量面的下量爪和带有刀口形的上量爪的形式,如图 2-12 所示。

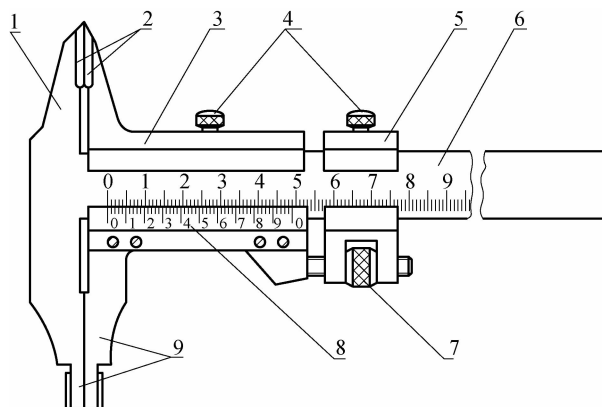


图 2-12 游标卡尺的结构形式之二

1—尺身；2—上量爪；3—尺框；4—紧固螺钉；5—微动装置；
6—主尺；7—微动螺母；8—游标；9—下量爪

(3)测量范围为 0~200 mm 和 0~300 mm 的游标卡尺,也可制成只带有内、外测量面的下量爪的形式,如图 2-13 所示。而测量范围大于 300 mm 的游标卡尺,只能制成图 2-13 中仅带有下量爪的形式。

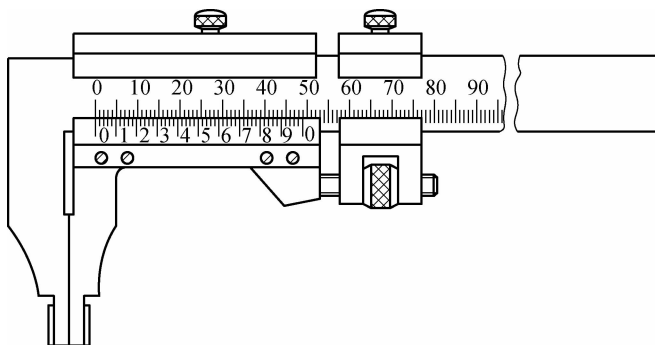


图 2-13 游标卡尺的结构形式之三

2) 游标卡尺主要组成

(1) 具有固定量爪的尺身,如图 2-12 中的 1。尺身上有类似钢尺一样的主尺刻度,如图 2-12 中的主尺 6。主尺上的刻线间距为 1 mm。主尺的长度决定游标卡尺的测量范围。

(2) 具有活动量爪的尺框,如图 2-12 中的 3。尺框上有游标,如图 2-12 中的 8,游标卡尺的游标读数可制成为 0.10 mm、0.05 mm 和 0.02 mm 三种形式。游标读数值是指使用这种游标卡尺测量零件尺寸时,卡尺上能够读出的最小数值。

(3) 在测量范围为 0~125 mm 的游标卡尺上,还带有测量深度的深度尺,如图 2-11 中的 5。深度尺固定在尺框的背面,能随着尺框在尺身的导向凹槽中移动。测量深度时,应把尺身尾部的端面靠紧在零件的测量基准平面上。

(4) 测量范围上限等于和大于 200 mm 的游标卡尺,带有随尺框做微动调整的微动装置,如图 2-12 中的 5。使用时,先用紧固螺钉把微动装置固定在尺身上,再转动微动螺母,活动量爪就能随同尺框做微小的前进或后退。微动装置的作用是使游标卡尺在测量时用力均匀,便于调整测量压力,减少测量误差。

目前我国生产的游标卡尺的测量范围及其游标读数值见表 2-3。

表 2-3 游标卡尺的测量范围及其游标读数值

单位: mm

测量范围	游标读数值	测量范围	游标读数值
0~125	0.02,0.05,0.10	300~800	0.05,0.10
0~200	0.02,0.05,0.10	400~1 000	0.05,0.10
0~300	0.02,0.05,0.10	600~1 500	0.05,0.10
0~500	0.05,0.10	800~2 000	0.10

3) 游标卡尺的读数原理和读数方法

游标卡尺的读数机构是由主尺和游标(如图 2-12 所示的 6 和 8)两部分组成。当活动量爪与固定量爪贴合时,游标上的“0”刻线(简称游标零线)对准主尺上的“0”刻线,此时量爪间的距离为 0,见图 2-12。当尺框向右移动到某一位置时,固定量爪与活动量爪之间的距离就是零件的测量尺寸,见图 2-11。此时零件尺寸的整数部分可在游标零线左边的主尺刻线上读出来,而比 1 mm 小的小数部分,可借助游标读数机构来读出。现介绍三种不同游标卡尺的读数原理和读数方法。

(1) 游标读数值为 0.1 mm 的游标卡尺。如图 2-14(a)所示,主尺刻线间距(每格)为 1 mm,当游标零线与主尺零线对准(两爪合并)时,游标上的第 10 刻线正好对准主尺上的 9 mm,而游标上的其他刻线都不与主尺上任何一条刻线对准。

$$\text{游标每格间距} = 9 \text{ mm} \div 10 = 0.9 \text{ mm}$$

$$\text{主尺每格间距与游标每格间距之差} = 1 \text{ mm} - 0.9 \text{ mm} = 0.1 \text{ mm}$$

0.1 mm 即游标卡尺上游标所读出的最小数值。

当游标向右移动 0.1 mm 时,则游标零线后的第 1 根刻线与主尺刻线对准。当游标向右移动 0.2 mm 时,则游标零线后的第 2 根刻线与主尺刻线对准,依此类推。若游标向右移动 0.5 mm,如图 2-14(b)所示,则游标上的第 5 根刻线与主尺刻线对准。由此可知,游标向右移动不足 1 mm 的距离时,虽不能直接从主尺读出,但可以由游标的某一根刻线与主尺刻线对准时,该游标刻线的次序数乘其分度值而读出其小数值。例如,图 2-14(b)的小数值即

为 $5 \times 0.1 \text{ mm} = 0.5 \text{ mm}$ 。

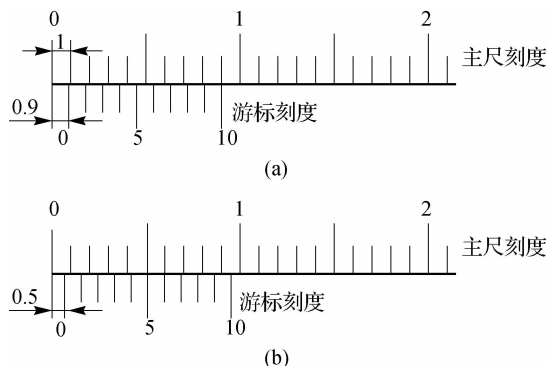


图 2-14 游标读数原理

另有一种读数值为 0.1 mm 的游标卡尺,如图 2-15(a)所示,是将游标上的 10 格对准主尺的 19 mm ,则游标每格 $= 19 \text{ mm} \div 10 = 1.9 \text{ mm}$,使主尺 2 格与游标 1 格间距相差 $= 2 \text{ mm} - 1.9 \text{ mm} = 0.1 \text{ mm}$ 。这种增大游标间距的方法其读数原理并未改变,但使游标线条清晰,更容易看准读数。

在游标卡尺上读数时,首先要看游标零线的左边,读出主尺上尺寸的整数,其次是找出游标与主尺对准的刻线,该游标刻线的次序数乘其游标分度值,读出尺寸的小数,整数和小数相加的总值就是被测零件尺寸的数值。

如图 2-15(b)所示,游标零线在 $2 \sim 3 \text{ mm}$ 之间,其左边的主尺刻线是 2 mm ,所以被测尺寸的整数部分是 2 mm ,再观察游标刻线,这时游标上的第 3 根刻线与主尺刻线对准。所以,被测尺寸的小数部分为 $3 \times 0.1 \text{ mm} = 0.3 \text{ mm}$,被测尺寸即为 $2 \text{ mm} + 0.3 \text{ mm} = 2.3 \text{ mm}$ 。

(2)游标读数值为 0.05 mm 的游标卡尺。如图 2-15(c)所示,主尺每小格为 1 mm ,当两爪合并时,游标上的 20 格刚好等于主尺的 39 mm ,则

$$\text{游标每格间距} = 39 \text{ mm} \div 20 = 1.95 \text{ mm}$$

$$\text{主尺 2 格间距与游标 1 格间距之差} = 2 \text{ mm} - 1.95 \text{ mm} = 0.05 \text{ mm}$$

0.05 mm 即为此种游标卡尺的最小读数值。同理,也有用游标上的 20 格刚好等于主尺上的 19 mm 的游标卡尺,其读数原理不变。

如图 2-15(d)所示,游标零线在 $32 \sim 33 \text{ mm}$ 之间,游标上的第 11 格刻线与主尺刻线对准。所以,被测尺寸的整数部分为 32 mm ,小数部分为 $11 \times 0.05 \text{ mm} = 0.55 \text{ mm}$,被测尺寸为 $32 \text{ mm} + 0.55 \text{ mm} = 32.55 \text{ mm}$ 。

(3)游标读数值为 0.02 mm 的游标卡尺。如图 2-15(e)所示,主尺每小格为 1 mm ,当两爪合并时,游标上的 50 格刚好等于主尺上的 49 mm ,则

$$\text{游标每格间距} = 49 \text{ mm} \div 50 = 0.98 \text{ mm}$$

$$\text{主尺每格间距与游标每格间距之差} = 1 \text{ mm} - 0.98 \text{ mm} = 0.02 \text{ mm}$$

0.02 mm 即为此种游标卡尺的最小读数值。

如图 2-15(f)所示,游标零线在 $123 \sim 124 \text{ mm}$ 之间,游标上的 11 格刻线与主尺刻线对准。所以,被测尺寸的整数部分为 123 mm ,小数部分为 $11 \times 0.02 \text{ mm} = 0.22 \text{ mm}$,被测尺寸

为 $123 \text{ mm} + 0.22 \text{ mm} = 123.22 \text{ mm}$ 。

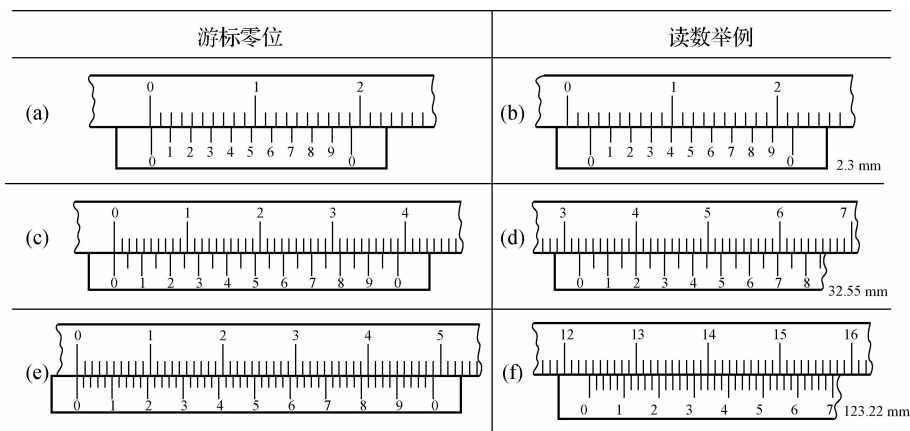


图 2-15 游标零位和读数举例

为了直接从游标尺上读出尺寸的小数部分,而无须通过上述换算,有时把游标的刻线次序数乘其读数值所得的数值标记在游标上方便读数。

4) 游标卡尺的测量精度

测量或检验零件尺寸时,要按照零件尺寸的精度要求选用相适应的量具。游标卡尺是一种中等精度的量具,它只适用于中等精度尺寸的测量和检验。用游标卡尺去测量铸锻件毛坯或精度要求很高的尺寸,都是不合理的,前者容易损坏量具,后者测量精度达不到要求。量具都有一定的示值误差,游标卡尺的示值误差见表 2-4。

表 2-4 游标卡尺的示值误差

单位: mm

游标读数值	示值误差
0.02	± 0.02
0.05	± 0.05
0.10	± 0.10

游标卡尺的示值误差就是游标卡尺本身的制造精度,也就是说不论使用者操作多么准确,卡尺本身就可能产生这些误差。例如,用游标读数值为 0.02 mm 的 $0 \sim 125 \text{ mm}$ 的游标卡尺(示值误差为 $\pm 0.02 \text{ mm}$)测量 $\phi 50 \text{ mm}$ 的轴时,若游标卡尺上的读数为 50.00 mm ,实际直径可能是 50.02 mm ,也可能是 49.98 mm 。这是游标卡尺本身制造精度所允许产生的误差。若该轴是 IT5 级精度的基准轴,则轴的制造公差为 0.025 mm ,而游标卡尺本身就有着 $\pm 0.02 \text{ mm}$ 的示值误差,选用这样的量具去测量显然无法保证轴径的精度要求。

如果受条件限制(如受测量位置限制),其他精密量具用不上,必须用游标卡尺测量较精密的零件尺寸时,可用游标卡尺先测量与被测尺寸相当的块规,消除游标卡尺的示值误差(即用块规校对游标卡尺)。例如,要测量上述 $\phi 50 \text{ mm}$ 的轴时,先测量 50 mm 的块规,看游标卡尺上的读数是不是正好 50 mm 。如果不是正好 50 mm ,则比 50 mm 大的或小的数

值,就是游标卡尺的实际示值误差,测量零件时,应把此误差作为修正值考虑进去。例如,测量 50 mm 块规时,游标卡尺上的读数为 49.98 mm,即游标卡尺的读数比实际尺寸小 0.02 mm,则测量轴时,应在游标卡尺的读数上加上 0.02 mm 才是轴的实际直径尺寸;若测量 50 mm 块规时的读数是 50.01 mm,则在测量轴时,应在读数上减去 0.01 mm 才是轴的实际直径尺寸。另外,游标卡尺测量时的松紧程度(即测量压力的大小)和读数误差(即看准是哪一根刻线对准)对测量精度影响也很大。因此,当必须用游标卡尺测量精度要求较高的尺寸时,最好采用和测量相等尺寸的块规相比较的办法。

5) 游标卡尺的使用方法

量具使用是否合理,不但影响量具本身的测量精度,且直接影响零件尺寸的测量精度,不正确使用量具甚至可能引发质量事故,造成不必要的损失。因此,必须重视量具的正确使用,对测量技术精益求精,保证获得正确的测量结果,确保产品质量。

使用游标卡尺测量零件尺寸时,必须注意下列几点。

(1) 校对游标卡尺的零位。测量前应把卡尺擦拭干净,检查卡尺的两个测量面和测量刃口是否平直无损,两个量爪紧密贴合时应无明显间隙,同时游标和主尺的零位刻线要相互对准。

(2) 移动尺框时,活动要自如,不应过松或过紧,更不能有晃动现象。用紧固螺钉固定尺框时,卡尺的读数不应有所改变。移动尺框时不要忘记松开紧固螺钉,但不宜过松以免掉落。

(3) 测量零件的外尺寸时,卡尺两测量面的连线应垂直于被测量表面,不能歪斜。测量时,可以轻轻摇动卡尺,放正垂直位置,如图 2-16(a)所示。量爪若在如图 2-16(b)所示的错误位置上,将使测量结果 a 比实际尺寸 b 要大。

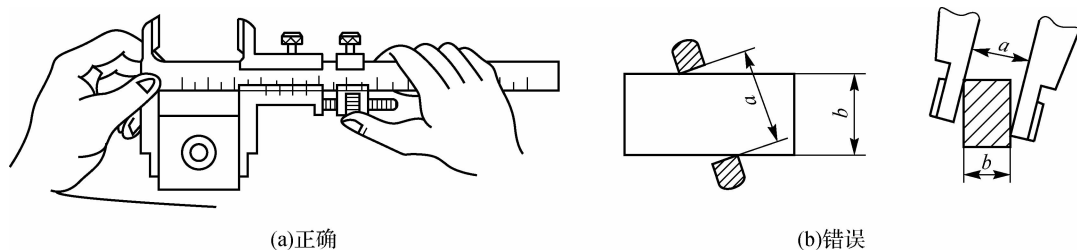


图 2-16 测量零件的外尺寸

先把卡尺的活动量爪张开,使量爪能自由地卡进工件,将零件贴靠在固定量爪上,然后移动尺框,用轻微的压力使活动量爪接触零件。如卡尺带有微动装置,可拧紧微动装置上的紧固螺钉,再转动微动螺母,使量爪接触零件并读取尺寸。不可把卡尺的两个量爪调节到接近甚至小于所测尺寸,将卡尺强行卡到零件上去。这种错误操作会导致量爪变形,或使测量面过早磨损,使卡尺失去应有的精度。

(4) 测量沟槽时游标卡尺的放置如图 2-17(a)所示,应当用量爪的平面测量刃进行测量,尽量避免用端部测量刃或刀口形量爪去测量外尺寸。而对于圆弧形沟槽尺寸,则应当用刀口形量爪进行测量,不应当用平面测量刃进行测量,如 2-17(b)所示。

测量沟槽宽度时也要放正游标卡尺的位置,应使卡尺两测量刃的连线垂直于沟槽,不能歪斜,如图 2-18(a)所示。否则,量爪若在如图 2-18(b)所示的错误的位置上,也将使测量结

果不准确(可能大也可能小)。

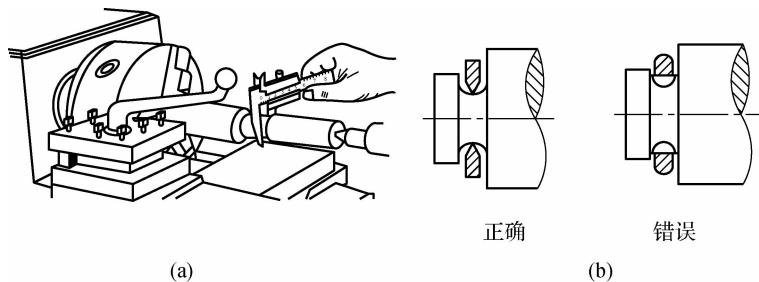


图 2-17 测量沟槽

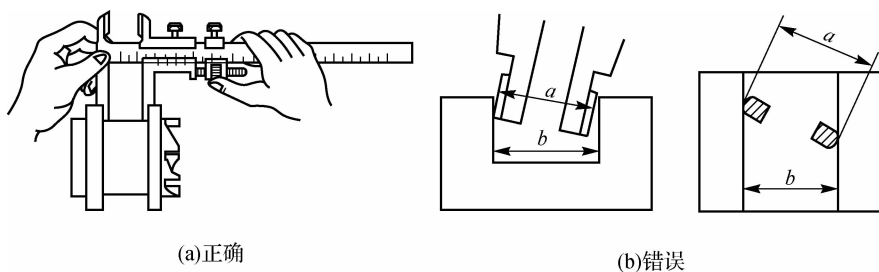


图 2-18 测量沟槽宽度

(5)测量零件的内尺寸如图 2-19 所示。要使量爪分开的距离小于所测内尺寸,进入零件内孔后,再慢慢张开并轻轻接触零件内表面,用紧固螺钉固定尺框后,轻轻取出卡尺来读数。取出量爪时,用力要均匀,并使卡尺沿着孔的中心线方向滑出,不可歪斜,避免使量爪扭伤、变形或受到不必要的磨损,避免尺框走动从而影响测量精度。

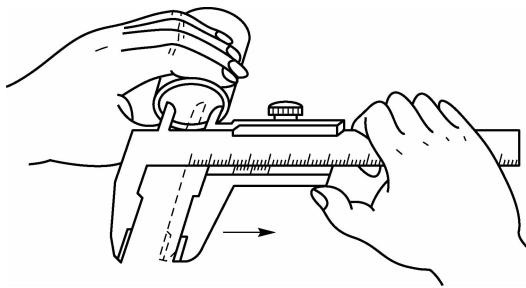


图 2-19 测量零件的内尺寸

卡尺两测量刃应在孔的直径上,不能偏歪。如图 2-20 所示为刀口形量爪和圆柱面形量爪的游标卡尺在测量内孔时正确的和错误的位置。当量爪在错误位置时,其测量结果将比实际孔径 D 要小。

用下量爪的外测量面测量内尺寸时,如用图 2-12 和图 2-13 所示的两种游标卡尺测量内尺寸,在读取测量结果时一定要把量爪的厚度加上。即游标卡尺上的读数加上量爪的厚度才是被测零件的内尺寸。测量范围在 500 mm 以下的游标卡尺,量爪厚度一般为 10 mm。但当量爪磨损和修理后,量爪厚度就要小于 10 mm,读数时这个修正值也要充分考虑。

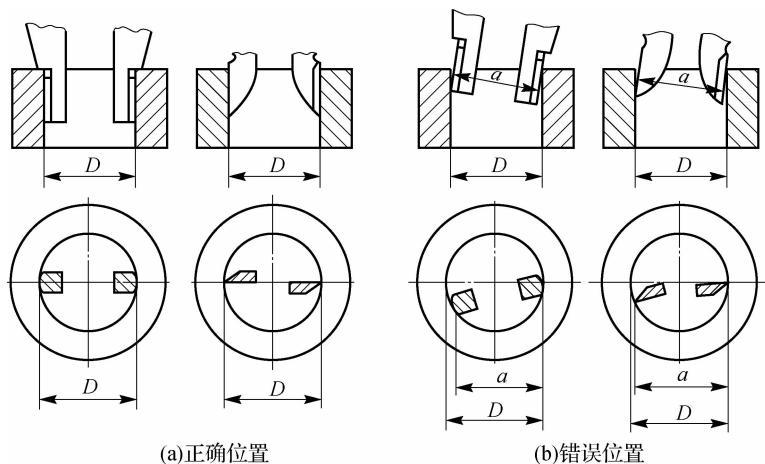


图 2-20 测量内孔时正确与错误的位置

(6)用游标卡尺测量零件时,不允许过分地施加压力,所用压力应使两个量爪刚好接触零件表面。如果测量压力过大,不但会使量爪弯曲或磨损,且量爪在压力作用下会产生弹性变形,导致测量得的尺寸不准确(外尺寸小于实际尺寸,内尺寸大于实际尺寸)。

在游标卡尺上读数时,应把卡尺水平地拿着,朝着亮光的方向,使人的视线尽可能和卡尺的刻线表面垂直,以免由于视线的歪斜造成读数误差。

(7)为了获得正确的测量结果,可以多测量几次,即在零件的同一截面上的不同方向进行多次测量。对于较长零件,则应当在全长的各个部位进行测量,务使获得一个比较正确的测量结果。

为了更好地掌握游标卡尺的使用方法,将上述提到的几个主要问题整理成顺口溜,供读者参考:“量爪贴合无间隙,主尺游标两对零。尺框活动能自如,不松不紧不摇晃。测力松紧细调整,不当卡规用力卡。量轴防歪斜,量孔防偏歪,测量内尺寸,爪厚勿忘加。面对光亮处,读数垂直看。”

6)游标卡尺应用举例

(1)用游标卡尺测量 T 形槽的宽度。如图 2-21 所示,测量时将量爪外缘端面的小平面贴在零件凹槽的平面上,用紧固螺钉将微动装置固定,转动微动螺母,使量爪的外测量面轻轻地与 T 形槽表面接触,并放正两量爪的位置(可以轻轻地摆动一个量爪,找到槽宽的垂直位置),读出游标卡尺的读数,图 2-21 中用 A 表示。但由于它是用量爪的外测量面测量内尺寸的,卡尺上所读出的读数 A 是量爪内测量面之间的距离,因此必须加上两个量爪的厚度 b 才是 T 形槽的宽度。所以,T 形槽的宽度 $L=A+b$ 。

(2)用游标卡尺测量孔中心线与侧平面之间的距离。用游标卡尺测量孔中心线与侧平面之间的距离 L 时,先要用游标卡尺测量出孔的直径 D ,再用刀口形量爪测量孔的壁面与零件侧面之间的最短距离,如图 2-22 所示。

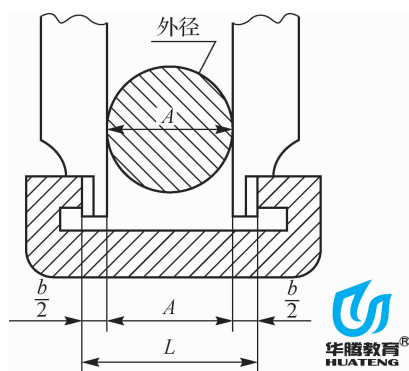


图 2-21 用游标卡尺测量 T 形槽的宽度

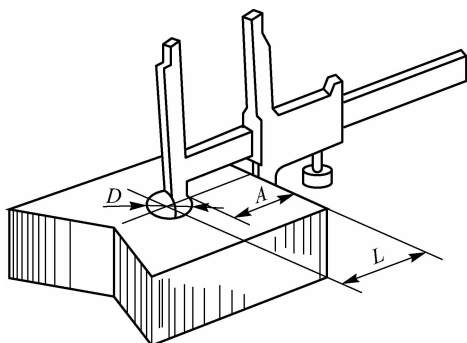


图 2-22 测量孔与测面距离

此时,卡尺应垂直于侧平面,且要找到它的最小尺寸,读出卡尺的读数 A ,则孔中心线与侧平面之间的距离:

$$L = A + \frac{D}{2}$$

(3)用游标卡尺测量两孔的中心距。用游标卡尺测量两孔的中心距有两种方法:一种是先用游标卡尺分别量出两孔的内径 D_1 和 D_2 ,再量出两孔内表面之间的最大距离 A ,如图 2-23 所示,则两孔的中心距

$$L = A - \frac{1}{2}(D_1 + D_2)$$

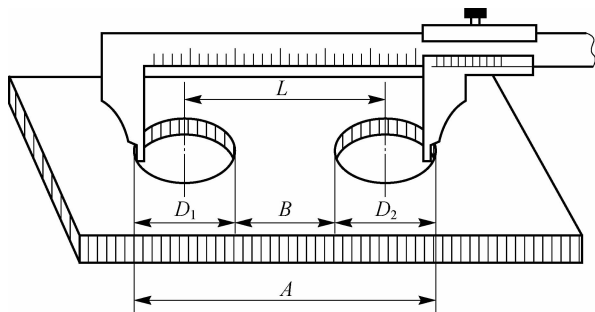


图 2-23 测量两孔的中心距

另一种测量方法,也是先分别量出两孔的内径 D_1 和 D_2 ,然后用刀口形量爪量出两孔内表面之间的最小距离 B ,则两孔的中心距

$$L = B + \frac{1}{2}(D_1 + D_2)$$

2. 高度游标卡尺

高度游标卡尺如图 2-24 所示,常用于测量零件的高度和精密划线。

它的结构特点是用质量较大的基座 4 代替固定量爪,而可移动的尺框 3 则通过横臂装有测量高度和划线用的量爪,量爪的测量面上镶有可以提高量爪使用寿命的硬质合金。高度游标卡尺的测量工作应在平台上进行。当量爪的测量面与基座的底平面位于同一平面(如在同一平台平面)时,主尺 1 与游标 6 的零线相互对准。测量高度时,量爪测量面的高度

就是被测量零件的高度尺寸。它的具体数值与游标卡尺一样可在主尺(整数部分)和游标(小数部分)上读出。应用高度游标卡尺划线时,调好划线高度,用紧固螺钉 2 把尺框锁紧后,在平台上进行先调整再划线。如图 2-25 所示为高度游标卡尺的划线应用。

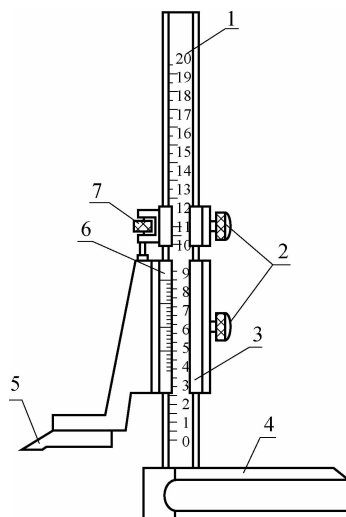


图 2-24 高度游标卡尺

1—主尺；2—紧固螺钉；3—尺框；4—基座；5—量爪；6—游标；7—微动装置

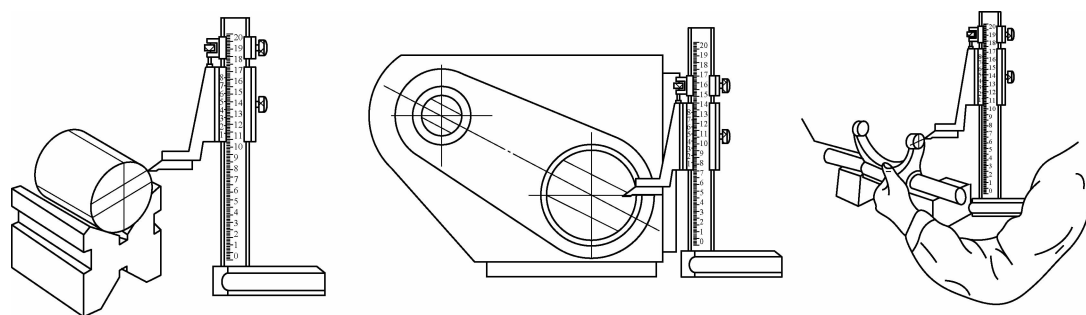


图 2-25 高度游标卡尺的划线应用

3. 深度游标卡尺

深度游标卡尺如图 2-26 所示,用于测量零件的深度尺寸、台阶高度和槽的深度。它的结构特点是尺框 3 和两个量爪连在一起作为一个带游标的测量基座,测量基座 1 的端面和尺身 4 的端面就是它的两个测量面。测量内孔深度时,应将基座的端面紧靠在被测孔的端面上,使尺身与被测孔的中心线平行,伸入尺身,则尺身端面与基座端面之间的距离就是被测零件的深度尺寸。深度游标卡尺的读数方法与游标卡尺完全一样。

测量时,先把测量基座轻轻压在工件的基准面上,两个端面必须接触工件的基准面,图 2-27(a)所示。测量轴类台阶时,测量基座的端面一定要压紧在基准面,如图 2-27(b)所示,再移动尺身,直到尺身的端面接触到工件的测量面(台阶面)上,然后用紧固螺钉固定尺框,提起卡尺,读出深度尺寸。多台阶小直径的内孔深度测量要注意尺身的端面是否要在要测

量的台阶上,如图 2-27(c)所示。当基准面是曲线时,如图 2-27(d)所示,测量基座的端面必须放在曲线的最高点上,此时测量出的深度尺寸才是工件的实际尺寸,否则会出现测量误差。

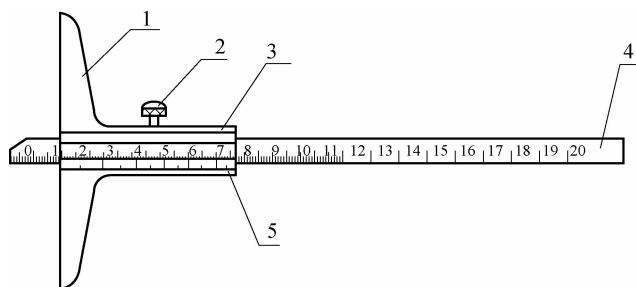


图 2-26 深度游标卡尺

1—测量基座; 2—紧固螺钉; 3—尺框; 4—尺身; 5—游标

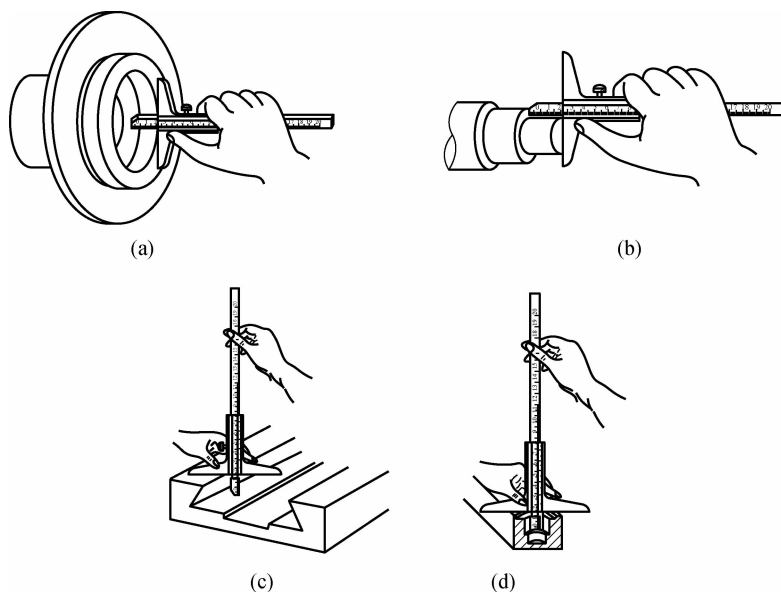


图 2-27 深度游标卡尺的使用方法

4. 齿厚游标卡尺

齿厚游标卡尺用来测量齿轮(或蜗杆)的弦齿厚和弦齿顶,如图 2-28 所示。这种游标卡尺由两互相垂直的主尺组成,因此它有两个游标。A 的尺寸由垂直主尺上的游标调整,B 的尺寸由水平主尺上的游标调整。刻线原理和读数方法与一般游标卡尺相同。

测量蜗杆时,把齿厚游标卡尺读数调整到等于齿顶高(蜗杆齿顶高等于模数 m_s),法向卡入齿廓,测得的读数是蜗杆中径 d_2 的法向齿厚。但图纸上一般注明的是轴向齿厚,必须进行换算。法向齿厚 S_n 的换算公式如下。

$$S_n = S_z \cos \tau = \frac{\pi m_s}{2} \cos \tau$$

式中, S_z 为轴向齿厚; τ 为分度圆导程角。

以上所介绍的各种游标卡尺都存在一个共同的问题,就是读数不很清晰,容易读错,有时不得不借助放大镜将读数部分放大。现有游标卡尺采用无视差结构,使游标刻线与主尺刻线处在同一平面上,消除了读数时因视线倾斜而产生的视差;有的卡尺装有测微表成为带表卡尺(如图 2-29 所示),便于读数准确,提高了测量精度;更有一种带有数字显示装置的数字显示游标卡尺(如图 2-30 所示),这种游标卡尺在零件表面上测量尺寸时,直接用数字显示出来,使用极为方便。

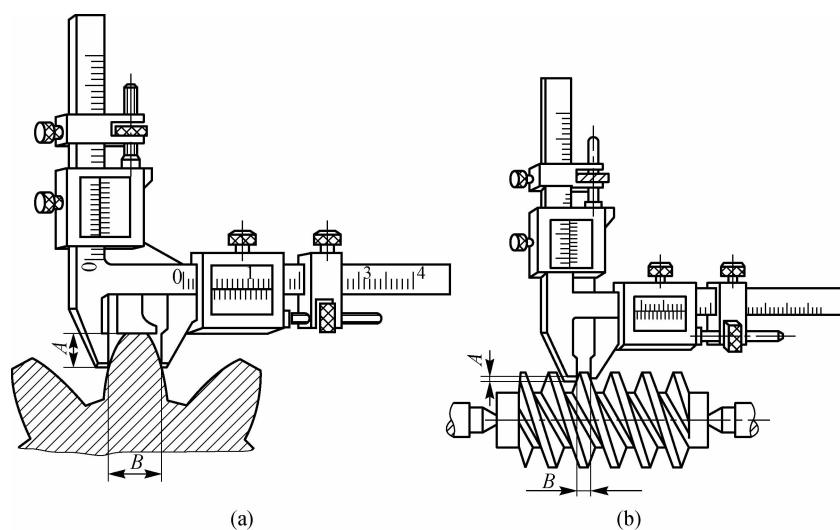


图 2-28 齿厚游标卡尺测量齿轮与蜗杆

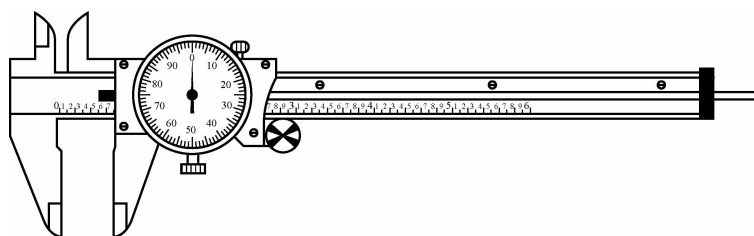


图 2-29 带表卡尺

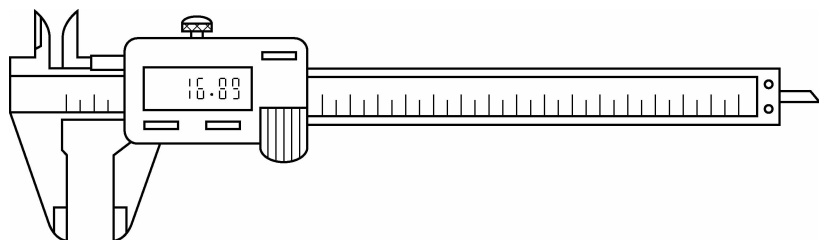


图 2-30 数字显示游标卡尺

带表卡尺的规格见表 2-5。

表 2-5 带表卡尺规格

单位: mm

测量范围	指示表读数	指示表示值误差范围
0~150	0.01	1
0~200	0.02	1,2
0~300	0.05	5

数字显示游标卡尺的规格见表 2-6。

表 2-6 数字显示游标卡尺

名称	数显游标卡尺/mm	数显高度尺/mm	数显深度尺/mm
测量范围/mm	0~150,0~200 0~300,0~500	0~300,0~500	0~200
分辨率/mm	0.01		
测量精度/mm	(0~200)0.03,(>200~300)0.04,(>300~500)0.05		
测量移动速度/ ms^{-1}	1.5		
使用温度/ $^{\circ}\text{C}$	0~+40		

三、角度量具

万能角度尺(如图 2-31 所示)是用来测量精密零件内外角度或进行角度划线的角度量具。

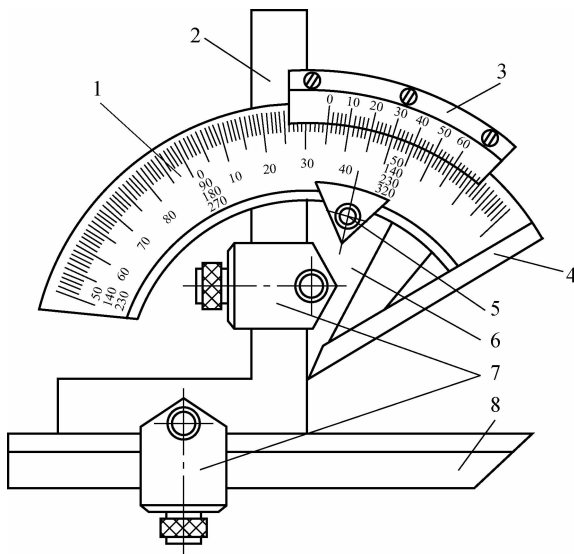


图 2-31 万能角度尺

1—尺座；2—角尺；3—游标；4—基尺；5—制动器；
6—扇形板；7—卡块；8—直尺

万能角度尺的读数机构是由刻有基本角度刻线的尺座 1 和固定在扇形板 6 上的游标 3 组成。扇形板可在尺座上回转移动(有制动器 5),形成了和游标卡尺相似的游标读数机构。万能角度尺尺座上的刻度线每格为 1° 。由于游标上刻有 30 格,所占的总角度为 29° ,因此,

两者每格刻线的度数差是

$$1^{\circ} - \frac{29^{\circ}}{30} = \frac{1^{\circ}}{30} = 2'$$

即万能角度尺的精度为 $2'$ 。

万能角度尺的读数方法和游标卡尺相同,先读出游标零线前的角度是几度,再从游标上读出角度“分”的数值,两者相加就是被测零件的角度数值。

万能角度尺的基尺 4 是固定在尺座上的,角尺 2 是用卡块 7 固定在扇形板上,可移动直尺 8 是用卡块固定在角尺上。若把角尺 2 拆下,也可把直尺 8 固定在扇形板上。由于角尺 2 和直尺 8 可以移动和拆换,使万能角度尺可以测量 $0^{\circ} \sim 320^{\circ}$ 的任何角度,如图 2-32 所示。

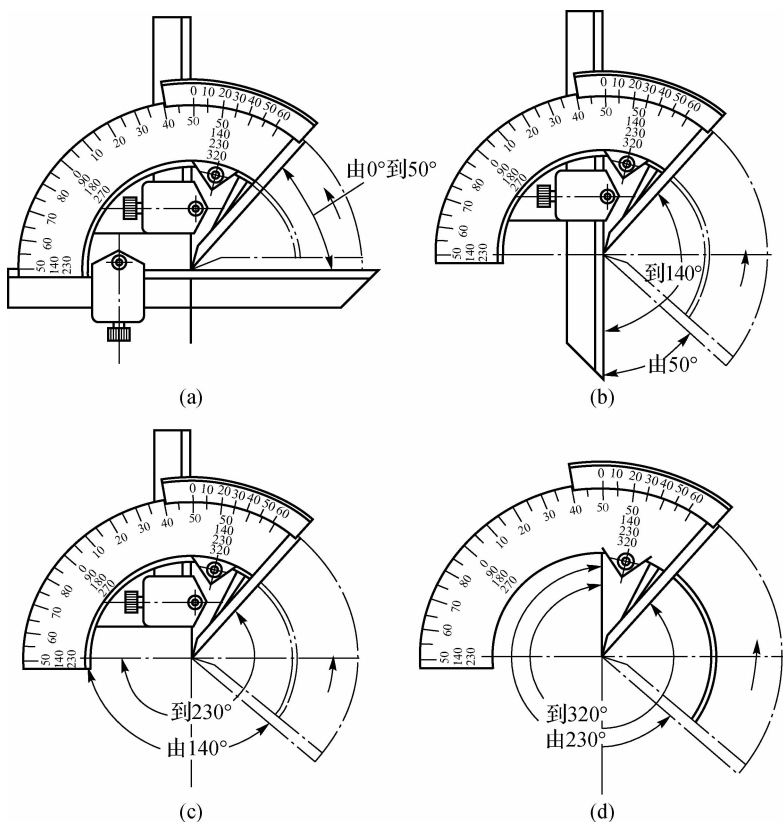


图 2-32 万能角度尺的应用

由图 2-32 可见,角尺和直尺全装上时,可测量 $0^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 的外角度;仅装上直尺时,可测量 $50^{\circ} \sim 140^{\circ}$ 的角度;仅装上角尺时,可测量 $140^{\circ} \sim 230^{\circ}$ 的角度;把角尺和直尺全拆下时,可测量 $230^{\circ} \sim 320^{\circ}$ 的角度(即可测量 $40^{\circ} \sim 130^{\circ}$ 的内角度)。

万能角度尺的尺座上,基本角度的刻线只有 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$,如果测量的零件角度大于 90° ,则在读数时,应加上一个基数(90° 、 180° 或 270°)。当零件角度为 $90^{\circ} \sim 180^{\circ}$,被测角度 = 90° + 量角尺读数;零件角度为 $180^{\circ} \sim 270^{\circ}$ 时,被测角度 = 180° + 量角尺读数;零件角度为 $270^{\circ} \sim 320^{\circ}$ 时,被测角度 = 270° + 量角尺读数。

用万能角度尺测量零件角度时,应使基尺与零件角度的母线方向一致,且零件应与量角

尺的两个测量面接触良好,以免产生测量误差,如图 2-33 所示。

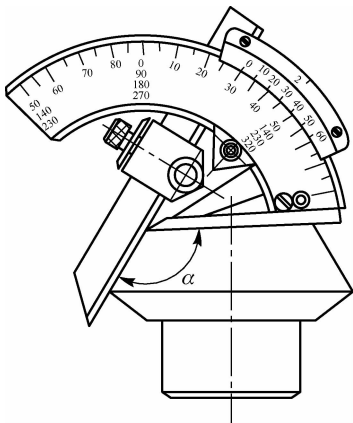


图 2-33 万能角度尺测量零件角度

四、常用的测量方法

1. 测量线性尺寸

线性尺寸一般可用直尺或游标卡尺直接量得,如图 2-34 所示。

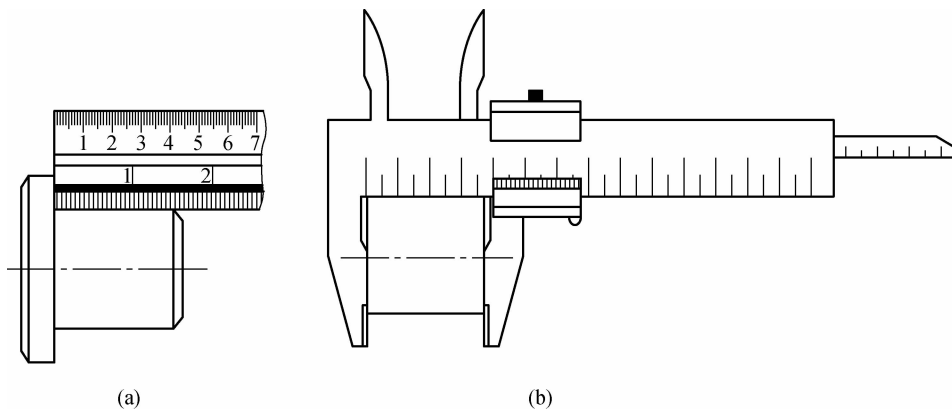


图 2-34 测量线性尺寸

2. 测量直径尺寸

测量直径尺寸一般可用游标卡尺或千分尺,如图 2-35 所示。

测量阶梯孔的直径时会遇到外面孔小、里面孔大的情况,用游标卡尺就无法测量大孔的直径。此时,可用内卡钳测量,如图 2-36(a)所示。也可用特殊量具(内外同值卡)测量,如图 2-36(b)所示。

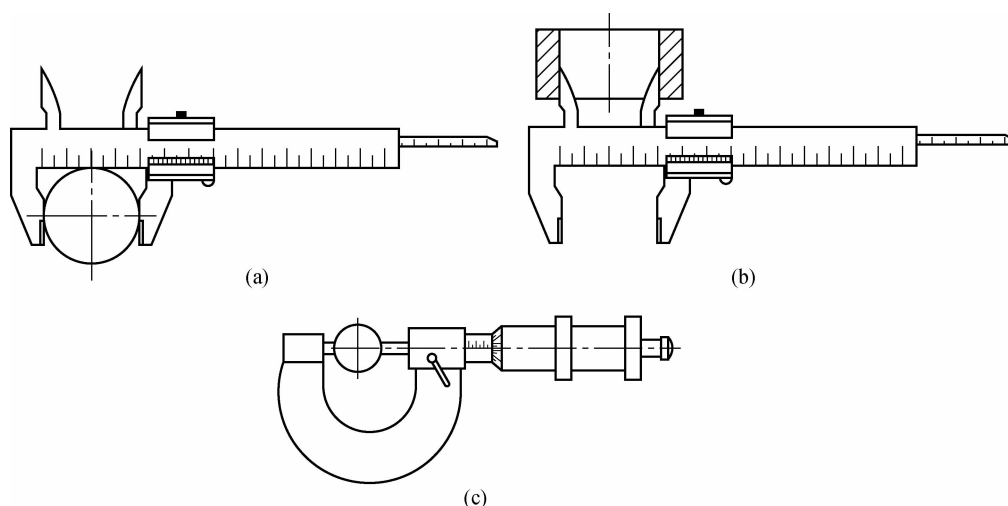


图 2-35 测量直径尺寸

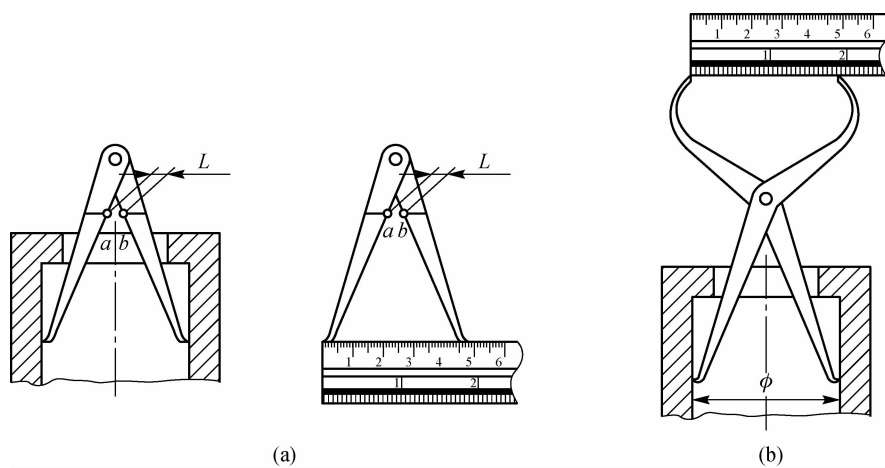


图 2-36 测量阶梯孔的直径

3. 测量壁厚

壁厚一般可用直尺测量,如图 2-37(a)所示。若孔径较小时,可用带测量深度的游标卡尺测量,如图 2-37(b)所示。有时也会遇到用直尺和游标卡尺都无法测量的壁厚,这时则需用卡钳来测量,如图 2-37(c)所示。

4. 测量孔间距

孔间距可用游标卡尺、卡钳或直尺测量,如图 2-38 所示。

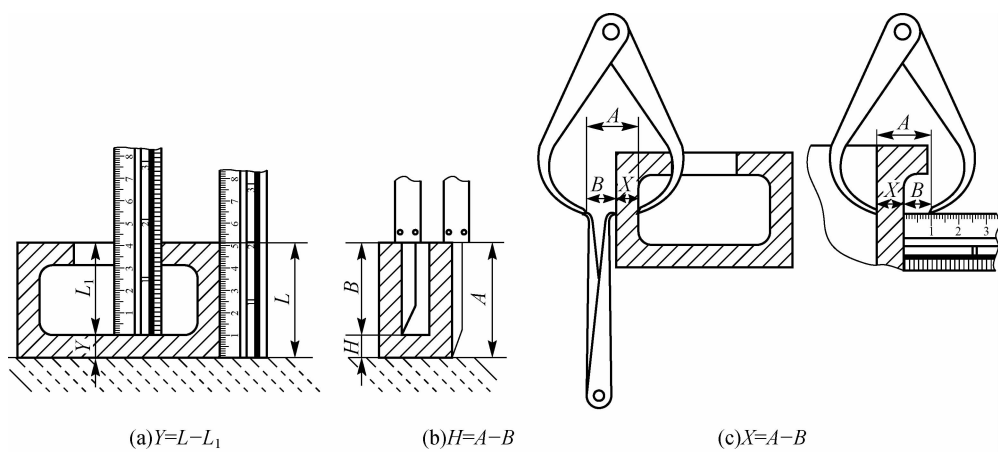


图 2-37 测量壁厚

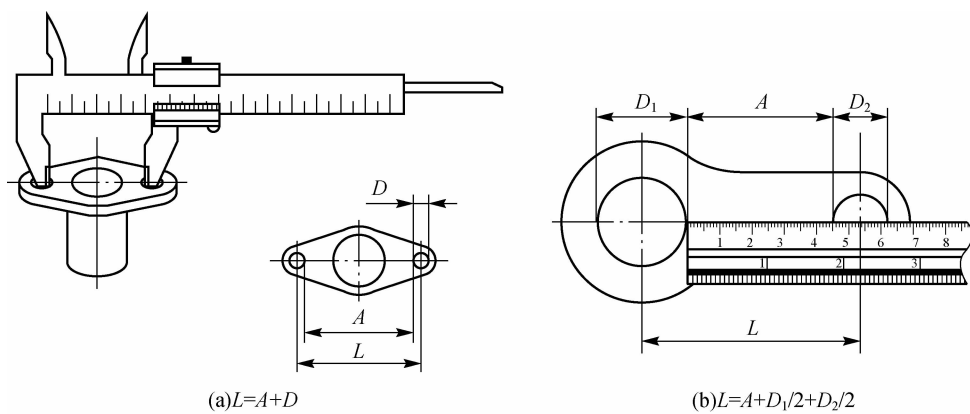


图 2-38 测量孔间距

5. 测量中心高

中心高一般可用卡钳、直尺或游标卡尺测量,如图 2-39 所示。

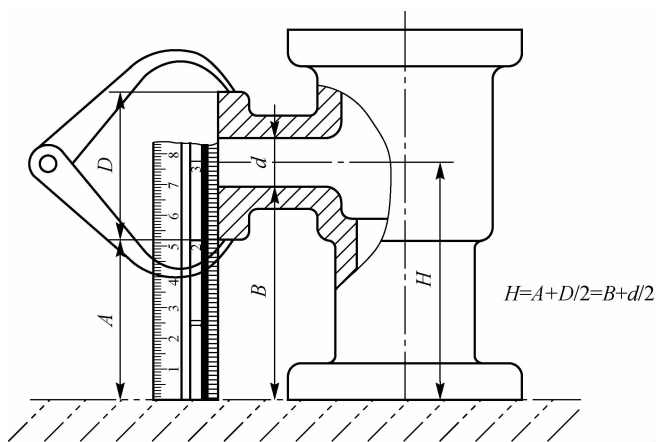


图 2-39 测量中心高

6. 测量圆角

圆角一般用圆角规测量。每套圆角规有很多片,一半测量外圆角,一半测量内圆角,每片都刻有圆角半径的大小。测量时,只要在圆角规中找到与被测部分完全吻合的一片,从该片上的数值可知圆角半径的大小,如图 2-40 所示。

7. 测量角度

角度可用量角规测量,如图 2-41 所示。

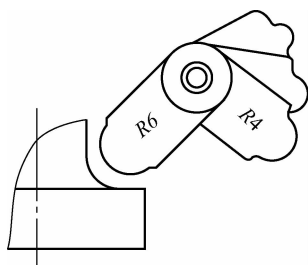


图 2-40 测量圆角

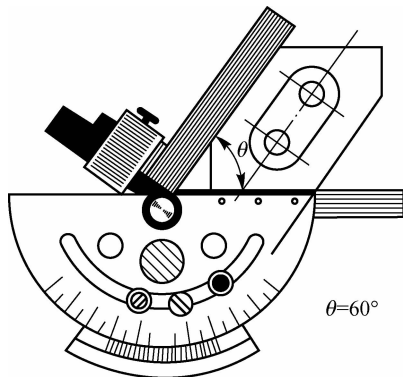


图 2-41 测量角度

8. 测量曲线或曲面

曲线和曲面要求测量很准确时,必须用专门的测量仪器进行测量。要求不太准确时,常采用下面三种方法测量。

1) 拓印法

对于柱面部分的曲率半径的测量,可在纸上拓印其轮廓,得到如实的平面曲线,然后判定该曲线的圆弧连接情况,测量其半径,如图 2-42(a)所示。

2) 铅丝法

对于曲线回转面零件的母线曲率半径的测量,可用铅丝弯成实形后,得到如实的平面曲线,然后判定曲线的圆弧连接情况,用中垂线法求得各段圆弧的中心,测量其半径,如图 2-42(b)所示。

3) 坐标法

一般的曲面可用直尺和三角板定出曲面上各点的坐标,在图上画出曲线或求出曲率半径,如图 2-42(c)所示。

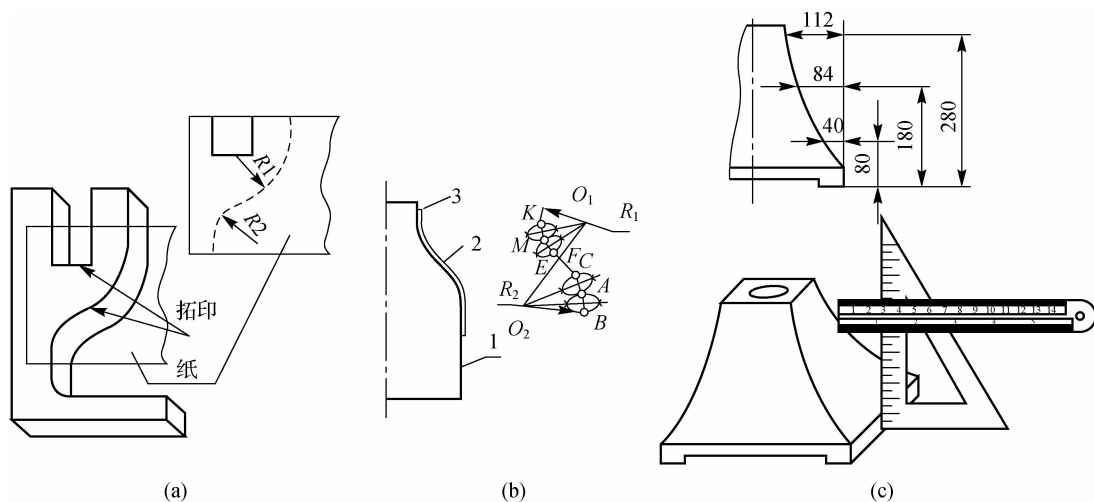


图 2-42 测量曲线和曲面

9. 测量螺纹螺距

螺纹螺距可用螺纹规或直尺测得。如图 2-43 中螺距 $P=1.5$ 。

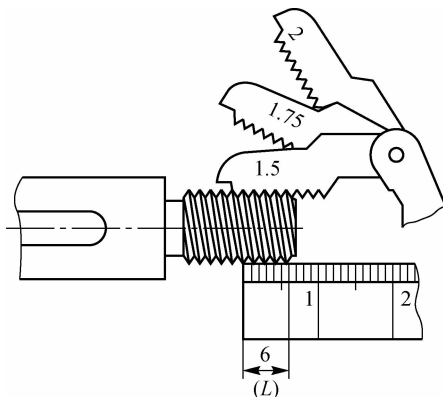


图 2-43 测量螺距

10. 测量齿轮

标准齿轮轮齿的模数可以先用游标卡尺测得 d_a ，再计算得到模数 $m=d_a/(z+2)$ ，奇数齿的顶圆直径 $d_a=2e+d$ ，如图 2-44 所示。

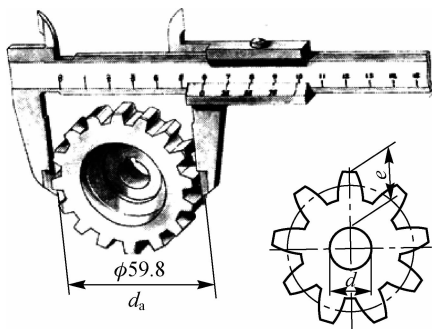


图 2-44 测量标准齿轮