



目 录

第一章 安全文明生产认知	1
第一节 严格执行实训车间管理制度	1
第二节 加强学生安全知识教育	2
第三节 实行安全实习责任制	3
第二章 常用量具及使用	4
第一节 游标卡尺	4
第二节 千分尺	14
第三节 百分表	19
第四节 塞尺	25
第五节 万能角度尺	26
第六节 条式水平仪笔记	27
第三章 金属材料与热处理实训	29
第一节 金属材料基础知识	29
第二节 铁碳合金	32
第三节 有色金属及其合金	40
第四节 热处理	44
第四章 铸造实训	48
第一节 铸造的基本知识	48
第二节 砂型铸造	50
第三节 特种铸造	58
第四节 铸造车间安全守则	64



第五章 锻压实训	65
第一节 锻压基本知识	65
第二节 自由锻	71
第三节 模锻	84
第六章 钳工实训	88
第一节 钳工基本知识	88
第二节 划线	90
第三节 钳工加工	96
第四节 装配	119
第七章 焊接实训	128
第一节 焊接基础知识	128
第二节 焊条电弧焊	131
第三节 气焊与气割	146
第四节 常见焊接缺陷与检验方法	153
第八章 车削实训	160
第一节 车削基础知识	160
第二节 普通车床	161
第三节 工件装夹方法	166
第四节 车刀及车刀安装	172
第五节 车床操作	177
第六节 基本车削加工	179
第七节 典型零件车削工艺	191
第九章 铣削、刨削和磨削实训	193
第一节 铣削加工	193
第二节 刨削加工	202
第三节 磨削加工	206
第十章 电火花成型加工	212
第一节 电火花加工概述	212



第二节 电火花成型机床	219
第三节 电火花成型机床的操作	221
第四节 电火花成型加工实习安全操作规程	230
 第十一章 电火花线切割加工	 232
第一节 概述	232
第二节 数控线切割加工设备	234
第三节 数控线切割机床编程方法	236
第四节 电火花数控线切割机床的操作	239
第五节 电火花线切割加工实习安全操作规程	246
 参考文献	 248



第一章

安全文明生产认知

金工实习通常包括铸造、锻压、钳工、焊接、车削、刨削、铣削、磨削等环节。它是一门传授机械制造基础、机械制造技术的知识和技能的技术型基础课。通过金工实习，可以让学生了解毛坯和零件的加工工艺过程，机械零件的主要加工方法和要领，并让学生进行实际操作，掌握基本的操作技能，为学习机械类的专业课程和今后的工作奠定必要的实践基础。但金工实习也存在一定的危险性，为了避免造成人员伤害和设备损坏的事故发生，确保金工实习有序进行，必须加强车间管理制度和各工种的安全知识教育。

第一节 严格执行实训车间管理制度

（1）车间要有专门的管理人员或实验员，负责日常文明生产的监督、检查工作，对金工实习的各个工种的设备及场地进行严格管理，确保设备能够正常运行。

（2）毛坯材料由专人管理，按时发放，易燃物品应由专人管理，车间使用时定量领取，用完后及时处理。

（3）车间内要有各种提醒注意的指示牌，如严禁明火、严禁吸烟、严禁攀爬等。

（4）电工应不定期地对动力线路电控柜等实施检查，发现老化或其他不安全因素时，报告负责实习管理的人员，并及时实施检修。电工应持资格证实施作业，无证人员不



得私自作业。

(5) 实习指导教师应具有各工种的高级从业资格证书和三年以上的工作经验。

(6) 实习指导教师和学生进入车间必须穿工作服戴工作帽。

(7) 实习现场应做到整洁，产品按区放置，工位器具放在指定区域。

(8) 学生在操作时，应集中注意力，严格按操作规程进行操作，若发现机器设备的运行状态不正常，应立即关闭电源，停止运转后，自己无法排除故障的，应立即报告指导教师，设备检修时在明显部位挂“检修”标志。

(9) 每次下课后各工位的学生应清洁设备及工作场所，处理垃圾，对设备做好日常保养工作。教师要对学生的安全文明实习实施检查，发现问题立即实施纠正。并结合日常发现的安全文明生产情况，每天进行汇总，填写《安全文明生产检查记录》，并将检查情况作为实习成绩的一部分。

(10) 车间发生安全事故，应及时对受伤的人员进行救治，并及时向领导进行报告，注意保护现场，调查事故原因，及时进行处理。

第二节 加强学生安全知识教育

生命对于每个人来说都是最宝贵的，没有任何人希望事故发生，生命只有一次，保护生命，人人有责！安全来自警惕，事故出自麻痹，如果实习过程中，实验员、实习指导教师、学生都有较高的警觉性，那么就可以减少事故的发生。如何提高每个人的警觉性呢？必须加强安全知识的教育。安全知识教育包括两个方面：一是提高学生的安全意识；二是加强各工种的专业操作规程知识的安全教育。对于安全意识教育，可拿以前安全事故案例进行教育。对于各工种的专业操作规程知识的安全教育，须将每个工种的操作步骤、操作注意事项详细列出，学生必须严格按照操作要求来执行。对于不按要求操作的学生要及时制止，并给予相应的惩罚。



第三节 实行安全实习责任制

为确保学生人身安全及学校设备安全，使得教育活动有序进行，明确教与学双方安全责任及教学要求，每个进入实习室的学生必须遵守以下守则，否则就要承担相应责任。

（1）实习指导教师实习前对所有学员进行相关安全培训，对易发事故进行分析讲述并使学生掌握相关的应急方法，预防和解决措施。学生做好笔记，并在培训后签名确认，才准予实习。

（2）实习指导教师需确保所有设备完好，合理安排工位并对学生操作进行安全指导和监督，及时纠正学生的不当操作，若学生不改正，由此引发的事故由学生自己承担。

（3）学生实习前必须穿好工作服，女生戴好帽子并将长头发全部塞进帽子里，严禁佩戴首饰，不准穿短裤、七分裤、拖鞋、凉鞋、裙子进入实习场所。

（4）学生在工位上操作时必须精神集中，不准与他人闲谈，阅读书刊，玩手机，更不准在车间追逐、打闹、喧哗，否则由此引发的事故由学生本人承担。

（5）学生除在指定设备上实习外，未经指导教师同意不准动用其他设备与工具，各小组的工具、量具若损坏、遗失，由本小组或学生本人负责。

总之，实习要严格执行“安全第一，预防为主”的方针，全面树立安全实习人人有责的意识，确保学生都必须在各自岗位对安全实习负责，实行安全实习责任制。



第二章

常用量具及使用

常见的量具有游标读数量具、螺旋测微量具、指针式量具、角度量具、水平仪等。游标读数量具包括游标卡尺、高度游标卡尺、深度游标卡尺、游标量角尺、齿厚游标卡尺等。螺旋测微量具包括外径百分尺、内径百分尺、深度百分尺、螺纹千分尺等。指针式量具包括百分表和千分表等。角度量具有万能角度尺、游标量角器、中心规、正弦规等。针对金工实训的需要，本章着重介绍游标卡尺、千分尺和百分表。

第一节 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、测量尺寸范围大等特点，可以用它来测量零件的外径、内径、长度、宽度、厚度等，应用范围很广。

一、游标卡尺的结构形式

（一）游标卡尺的三种结构形式

游标卡尺根据它的量程大小、量爪和刀口的形状不同，分为以下三种结构形式。



(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2-1所示。

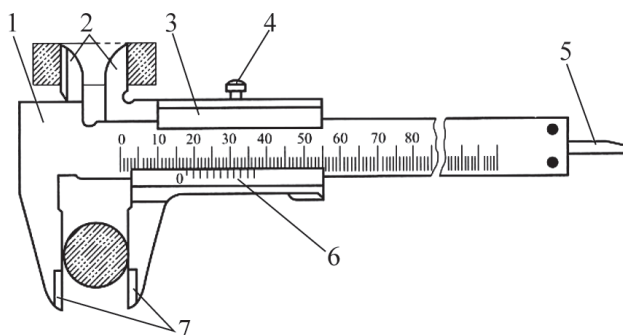


图2-1 游标卡尺的结构形式之一

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2-2所示。

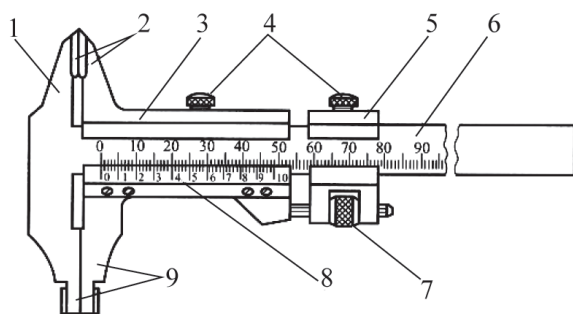


图2-2 游标卡尺的结构形式之二

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2-3所示。而测量范围大于300 mm 的游标卡尺, 只制成这种仅带有下量爪的形式。

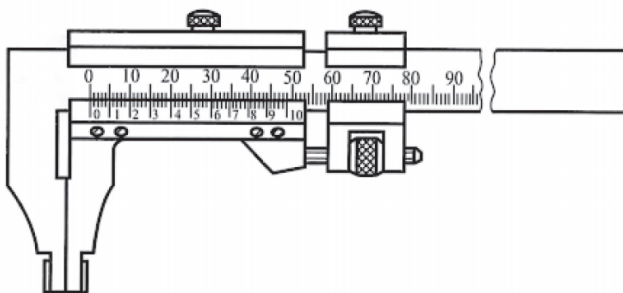


图2-3 游标卡尺的结构形式之三



（二）游标卡尺主要组成部分

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

（2）具有活动量爪的尺框，如图2-2中的3。尺框上有游标，如图2-2中的8，游标卡尺的游标读数可制成为0.1 mm、0.05 mm和0.02 mm的三种。游标读数，就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0~125 mm 的游标卡尺上，还带有测量深度的深度尺，如图2-1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）测量范围等于或大于200 mm 的游标卡尺，带有随尺框做微动调整的微动装置，如图2-2中的5。使用时，先用紧固螺钉4把微动装置5固定在尺身上，再转动微动螺母7，活动量爪就能随同尺框3作微小的前进或后退。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见表2-1。

表2-1 游标卡尺的测量范围和游标卡尺读数（单位：mm）

测量范围	游标读数	测量范围	游标读数
0~25	0.02; 0.05; 0.10	300~800	0.05; 0.10
0~200	0.02; 0.05; 0.10	400~1000	0.05; 0.10
0~300	0.02; 0.05; 0.10	600~1500	0.05; 0.10
0~500	0.05; 0.10	800~2000	0.10

二、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2-2中的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2-2。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2-1。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1mm小的小数部分，可借助游标读数机构来读出，现把三种游标卡尺的读数原理和读数方法介绍如下。

（一）游标读数值为0.1mm的游标卡尺

如图2-4（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刻线正好指向等于主尺上的9 mm，而游标上的其他刻线都不会与主尺上任何一条刻线对准。

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

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

0.1 mm即为此游标卡尺上游标所读出的最小数值，再也不能读出比0.1 mm小的数值。

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，依次类推。若游标向右移动0.5 mm，如图2-4（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，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读数值而读出其小数值。例如，图2-4（b）的尺寸即为： $5 \times 0.1 = 0.5$ （mm）。

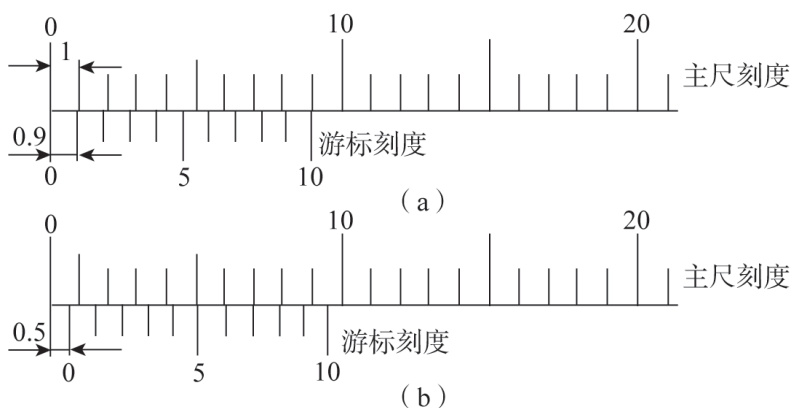


图2-4 游标读数原理

另有1种读数值为0.1 mm 的游标卡尺，图2-5（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格相差= $2 - 1.9 = 0.1\text{mm}$ 。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是多少毫米，其次是找出游标上第几根刻线与主尺刻线对准，该游标刻线的次序数乘其游标读数值，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。

在图2-5（b）中，游标零线在2 mm与3 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 $3 \times 0.1 = 0.3$ （mm），被测尺寸即为 $2 + 0.3 = 2.3$ （mm）。

(二) 游标读数值为0.05mm的游标卡尺

如图2-5 (c) 所示, 主尺每小格1 mm, 当两爪合并时, 游标上的20格刚好等于主尺的39 mm, 则

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

$$\text{主尺2格间距与游标1格间距相差} = 2 - 1.95 = 0.05 (\text{mm})$$

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, 其读数原理不变。

在图2-5 (d) 中, 游标零线在32 mm与33 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 $11 \times 0.05 = 0.55 (\text{mm})$, 被测尺寸为 $32 + 0.55 = 32.55 (\text{mm})$ 。

(三) 游标读数值为0.02mm的游标卡尺

如图2-5 (e) 所示, 主尺每小格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

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

$$\text{主尺每格间距与游标每格间距相差} = 1 - 0.98 = 0.02 (\text{mm})$$

0.02 mm即为此种游标卡尺的最小读数值。

游标零位	读数举例
(a)	(b)
(c)	(d)
(e)	(f)

图2-5 游标零位和读数举例

在图2-5 (f) 中, 游标零线在123 mm与124 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 $11 \times 0.02 = 0.22 (\text{mm})$, 被测尺寸为 $123 + 0.22 = 123.22 (\text{mm})$ 。



我们希望直接从游标尺上读出尺寸的小数部分，而不要通过上述的换算，为此，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，见图2-5，这样使读数就方便了。

三、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。用游标卡尺去测量锻铸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，因为量具都有一定的示值误差，游标卡尺的示值误差见表2-2。

表2-2 游标卡尺的示值误差（单位：mm）

测量范围	游标读数值	测量范围	游标读数值
0~25	0.02；0.05；0.10	300~800	0.05；0.10
0~200	0.02；0.05；0.10	400~1000	0.05；0.10
0~300	0.02；0.05；0.10	600~1500	0.05；0.10
0~500	0.05；0.10	800~2000	0.10

游标卡尺的示值误差，就是游标卡尺本身的制造精度，不论使用得怎样正确，卡尺本身就可能产生这些误差。用游标读数值为0.02 mm的0~125 mm的游标卡尺，示值误差 I 为 ± 0.02 mm。

四、游标卡尺的使用方法

如果游标卡尺使用不合理，不但影响量具本身的精度，而且直接影响零件尺寸的测量精度，甚至发生质量事故，造成不必要的损失。所以，必须重视量具的正确使用，对测量技术精益求精，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）测量前应把卡尺擦干净，检查卡尺的两个测量面和测量刃口是否平直无损，把两个量爪紧密贴合时，应无明显的间隙，同时游标和主尺的零位刻线要对齐。这个过程称为校对游标卡尺的零位。

（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。用固定螺钉

固定尺框时，卡尺的读数不应有所改变。在移动尺框时，不要忘记松开固定螺钉，但也不能过分松开螺钉，以免掉了。

(3) 当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2-6所示。否则，量爪若在如图2-6所示的错误位置上，将使测量结果 a 比实际尺寸 b 要大；先把卡尺的活动量爪张开，使量爪能自由地卡进工件，把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，此时可拧紧微动装置上的固定螺钉，再转动调节螺母，使量爪接触零件并读取尺寸。绝不可把卡尺的两个量爪调节到接近甚至小于所测尺寸，把卡尺强制卡到零件上去。这样做会使量爪变形，或使测量面过早磨损，使卡尺失去应有的精度。

测量沟槽时，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和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，不应当用平面形测量刃进行测量，如图2-7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。否则，量爪若在如图2-8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）。

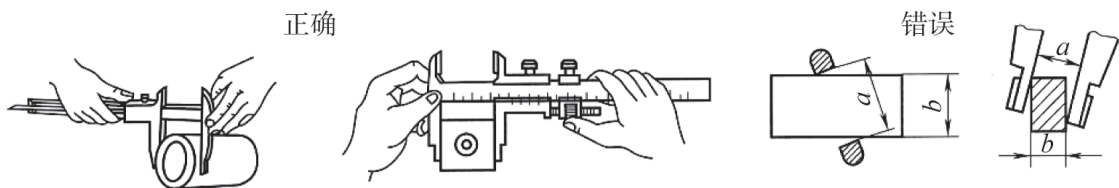


图2-6 测量外尺寸时正确与错误的位置



图2-7 测量沟槽时正确与错误的位置

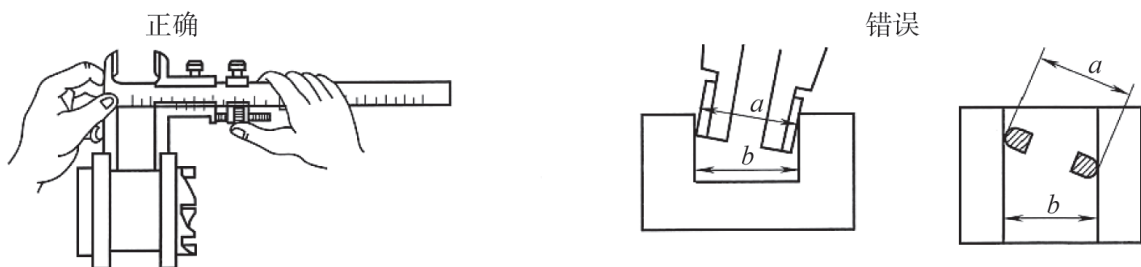


图2-8 测量沟槽宽度时正确与错误的位置

(4) 当测量零件的内尺寸时, 如图2-9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, 用固定螺钉固定尺框后, 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, 以免使量爪扭伤、变形和受到不必要的磨损, 同时会使尺框走动, 影响测量精度。

卡尺两测量刃应在孔的直径上, 不能偏歪。图2-10为带有刀口形量爪和带有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, 将比实际孔径要小。

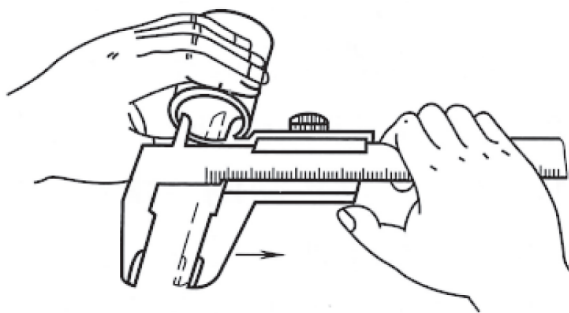


图2-9 内孔的测量方法

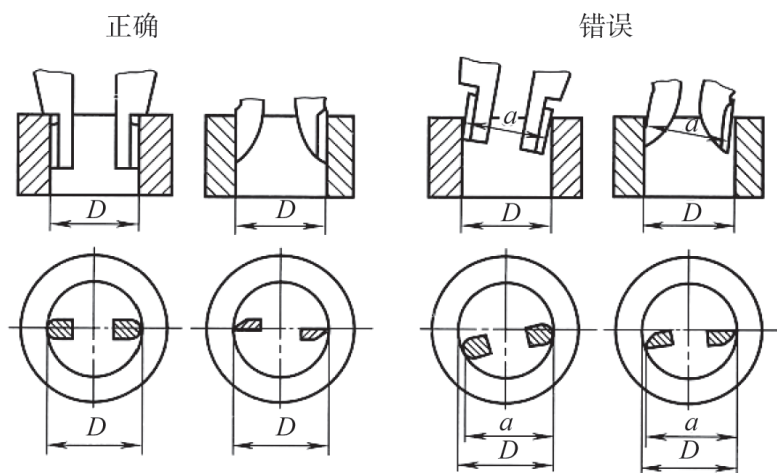


图2-10 测量内孔时正确与错误的位置

(5) 用下量爪的外测量面测量内尺寸时如用图2-2和图2-3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去。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, 见图2-11。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考虑进去。

(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产生



弹性变形,使测量的尺寸不准确(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测量。对于较长零件,则应当在全长的各个部位进行测量,以获得一个比较正确的测量结果。

五、游标卡尺应用举例

(一) 用游标卡尺测量T形槽的宽度

用游标卡尺测量T形槽的宽度,如图2-11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,用固定螺钉把微动装置固定,转动调节螺母,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2-11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 $L=A+b$ 。

(二) 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,要先用游标卡尺测量出孔的直径D,再用刃口形量爪测量孔的壁面与零件侧面之间的最短距离,如图2-12所示。

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为:

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

(三) 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和,再量出两孔内表面之间的最大距离A,如图2-13所示,则两孔的中心距:

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

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:



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

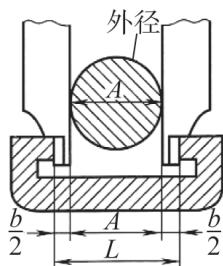


图2-11 测量T形槽的宽度

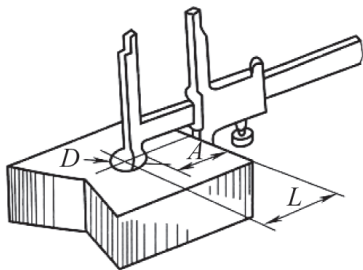


图2-12 测量孔与测面距离

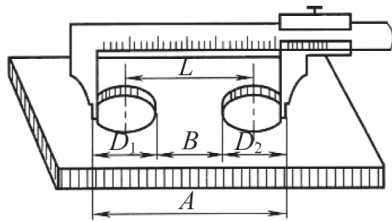


图2-13 测量两孔的中心距

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，消除了在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（图2-14），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游标卡尺（图2-15），这种游标卡尺在零件表面上量得尺寸时，就直接用数字显示出来，其使用极为方便。

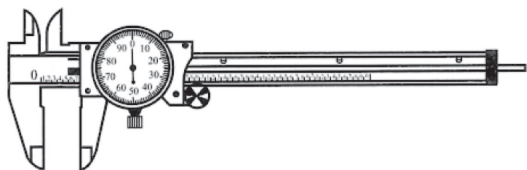


图2-14 带表卡尺

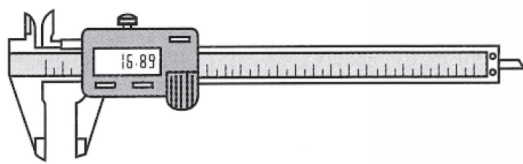


图2-15 数字显示游标卡尺

带表卡尺的规格见表2-3。数字显示游标卡尺的规格见表2-4。

表2-3 带表卡尺的规格

(单位: mm)

测量范围	指示表读数值	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

表2-4 数字显示游标卡尺

名称	数显游标卡尺	数显高度尺	数显深度尺
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		



续表

名称	数显游标卡尺	数显高度尺	数显深度尺
测量精度/mm	(0~200) 0.03; (>200~300) 0.04; (>300~500) 0.05		
测量移动速度/(mm/s)	1.5		
使用温度/℃	0~40		

第二节 千分尺

千分尺是一种精密测量工具，常见的千分尺有外径千分尺、三爪内径千分尺、壁厚千分尺、公法线长度千分尺、尖头千分尺等。

一、外径千分尺

(一) 外径千分尺的结构

千分尺是比游标卡尺更精密的长度测量仪器，常见的外径千分尺如图2-16所示。它的量程为0~25 mm，分度值是0.01 mm。由固定的尺架、测砧、测微螺杆、固定套管、微分筒、测力装置、锁紧装置等组成。

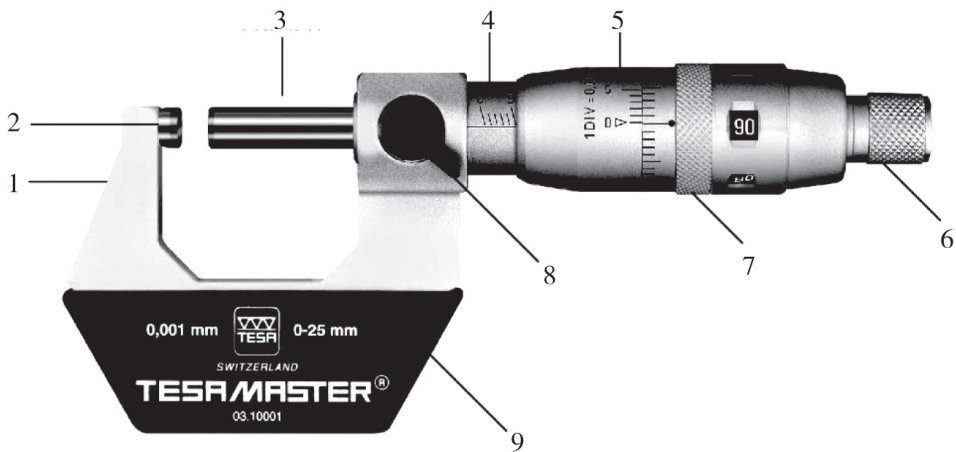


图2-16 外径千分尺的结构

1—尺架；2—测砧；3—测微螺杆；4—固定套管；5—微分筒；6—旋钮；
7—测力装置；8—锁紧装置；9—隔热装置



（二）外径千分尺刻度及分度值说明

（1）固定套管上的水平线上、下各有一列间距为1 mm的刻度线，上侧刻度线在下侧二相邻刻度线中间。

（2）微分筒上的刻度线是将圆周进行50等分的水平线，它是作旋转运动的。

（3）根据螺旋运动原理，当微分筒旋转一周时，测微螺杆前进或后退一个螺距。即，当微分筒旋转一个分度后，它转过了 $1/50$ 周，这时螺杆沿轴线移动了 $1/50 \times 0.5\text{mm}=0.01\text{mm}$ ，因此，使用千分尺可以准确读出0.01 mm 的数值。

（三）外径千分尺的测量方法

（1）将被测物擦干净，千分尺使用时轻拿轻放；

（2）松开千分尺锁紧装置，校准零位，转动旋钮，使测砧与测微螺杆之间的距离略大于被测物体

（3）一只手拿千分尺的尺架，将待测物置于测砧与测微螺杆的端面之间，另一只手转动旋钮，当螺杆要接近物体时，改旋测力装置直至听到喀喀声后再轻轻转动0.5~1圈；

（4）旋紧锁紧装置（防止移动千分尺时螺杆转动），即可读数。

（四）外径千分尺的读数

（1）先以微分筒的端面为准线，读出固定套管下刻度线的分度值；

（2）再以固定套管上的水平横线作为读数准线，读出可动刻度上的分度值，读数时应估读到最小度的十分之一，即0.001 mm

（3）如微分筒的端面与固定刻度的下刻度线之间无上刻度线，测量结果即为下刻度线的数值加可动刻度的值；

（4）如微分筒端面与下刻度线之间有一条上刻度线，测量结果应为下刻度线的数值加上0.5 mm，再加上可动刻度的值，如图2-17所示。

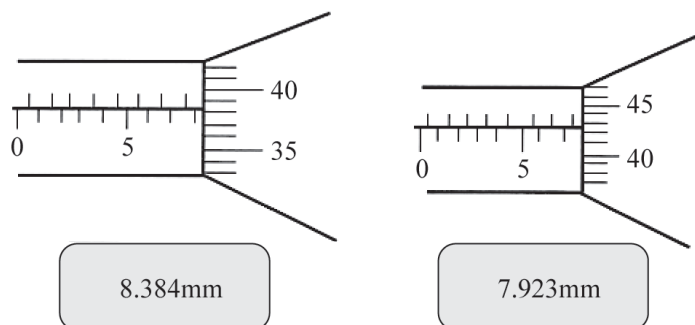


图2-17 外径千分尺的读数



（五）使用千分尺测量零件尺寸时注意事项

（1）调整零位：0~25 mm的直接用后面的棘轮转动对零，25 mm 以上的，用调节棒调节零位；

（2）测量外径时，在最后应该活动一下千分尺，不要偏斜；

（3）在对零位和测量的时候，都要使用棘轮，这样才能保持千分尺使用的拧紧力；

（4）测量前应把千分尺擦干净，检查千分尺的测杆是否有磨损，测杆紧密贴合时，应无明显的间隙；

（5）测量时，零件必须在千分尺的测量面中心测量；

（6）测量时，用力要均匀，轻轻旋转棘轮，以响三声为旋转限度，零件保持要掉不掉的状态；

（7）用千分尺测量零件时，最好在零件上进行读数，放松后取出千分尺，这样可以减少对砧面的磨损；如果必须取下读数时，应用制动器锁紧测微螺杆后，再轻轻滑出零件，把千分尺当卡规使用是错误的，因这样做会使测量面过早磨损，甚至会使测微螺杆或尺架发生变形而失去精度；

（8）为了获得正确的测量结果，可在同一位置上再测量一次，尤其是测量圆柱形工件时，应在同一圆周的不同方向测量几次，检查工件有没有圆度误差，再在全长的各个部位测量几次，检查工件有没有圆柱度的误差等

（9）测量零件时，零件上不能有异物，并在常温下测量；

（10）使用时，必须轻拿轻放，不可掉到地上。

（六）外径千分尺的保养及保管

（1）轻拿轻放。

（2）将测砧、微分筒擦拭干净，避免切屑粉末、灰尘影响。

（3）将测砧分开，拧紧固定螺丝，以免长间接接触而造成生锈。

（4）不得放在潮湿、温度变化大的地方。

（5）禁止用千分尺测量运转或高温物件。

（6）严禁用千分尺当卡钳用或当锤子用敲击他物。

二、三爪内径千分尺

三爪内径千分尺，适用于测量中小直径的精密内孔，尤其适于测量深孔的直径。测

量范围 (mm) : 6~8, 8~10, 10~12, 11~14, 14~17, 17~20, 20~25, 25~30, 35~40, 40~50, 50~60, 60~70, 70~80, 80~90, 90~100。三爪内径千分尺的零位, 必须在标准孔内进行校对。

三爪内径千分尺的工作原理: 图2-18为测量范围11~14mm的三爪内径千分尺, 当顺时针旋转测力装置旋钮6时, 就带动测微螺杆3旋转, 并使它沿着螺纹轴套4的螺旋线方向移动, 于是测微螺杆端部的方形圆锥螺纹就推动三个测量爪1作径向移动。扭簧2的弹力使测量爪紧紧地贴合在方形圆锥螺纹上, 并随着测微螺杆的进退而伸缩。

三爪内径千分尺的方形圆锥螺纹的径向螺距为0.25 mm。即当测力装置顺时针旋转一周时测量爪1就向外移动(半径方向)0.25 mm, 三个测量爪组成的圆周直径就要增加0.5 mm。即微分筒旋转一周时, 测量直径增大0.5 mm而微分筒的圆周上刻着100个等分格, 所以它的读数值为 $0.5\text{mm} \div 100 = 0.005\text{mm}$ 。

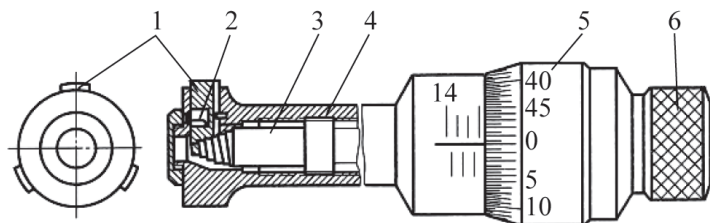


图2-18 三爪内径千分尺

1—测量爪; 2—扭簧; 3—测微螺杆; 4—螺纹轴套;
5—微分筒; 6—旋钮

三、壁厚千分尺

壁厚千分尺如图2-19所示。主要用于测量精密管形零件的壁厚。壁厚千分尺的测量面镶有硬质合金, 以提高使用寿命。

测量范围 (mm) : 0~10, 0~15, 0~25, 25~50, 50~75, 75~100。

读数值 (mm) : 0.01。

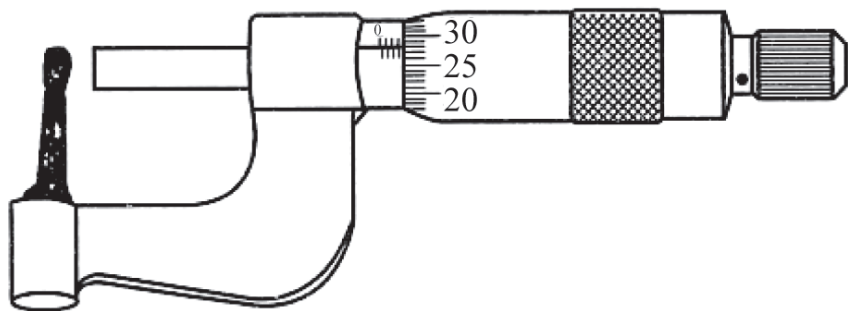


图2-19 壁厚千分尺

四、公法线长度千分尺

公法线长度千分尺如图2-20所示。主要用于测量外啮合圆柱齿轮的两个不同齿面公法线长度，也可以在检验切齿机床精度时，按被切齿轮的公法线检查其原始外形尺寸。它的结构与外径百分尺相同，所不同的是在测量面上装有两个带精确平面的量钳（测量面）来代替原来的测砧面。

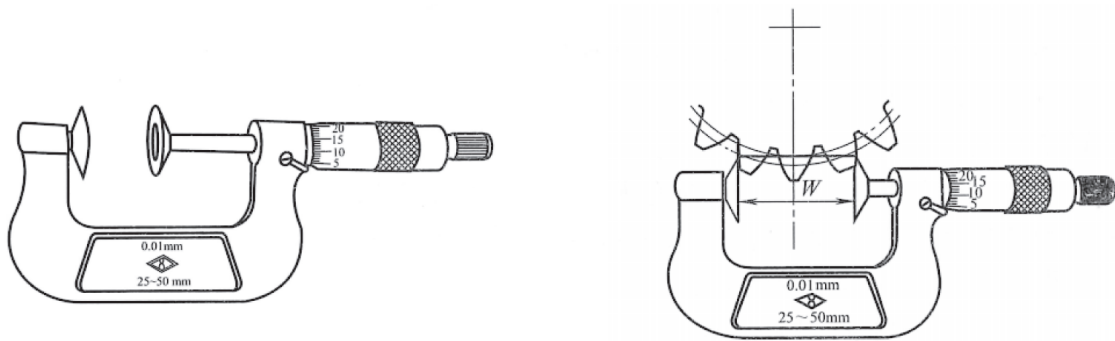


图2-20 公法线长度测量

测量范围（mm）：0~25，25~50，50~75，75~100，100~125，125~150。

读数值（mm）：0.01。

测量模数（mm） ≥ 1 。

五、尖头千分尺

尖头千分尺如图2-21所示，主要用来测量零件的厚度、长度、直径及小沟槽。如钻头和偶数槽丝锥的沟槽直径等。

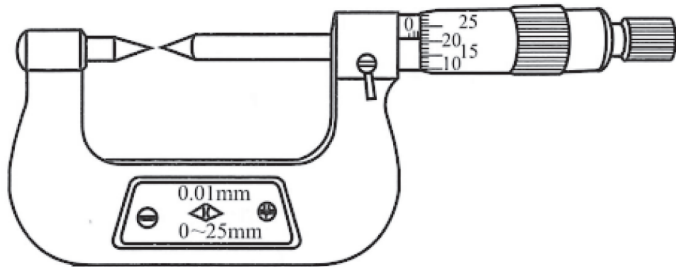


图2-21 尖头千分尺

测量范围（mm）：0~25，25~50，50~75，75~100。

读数值（mm）：0.01。



六、螺纹千分尺

螺纹千分尺如图2-22所示。主要用于测量普通螺纹的中径。

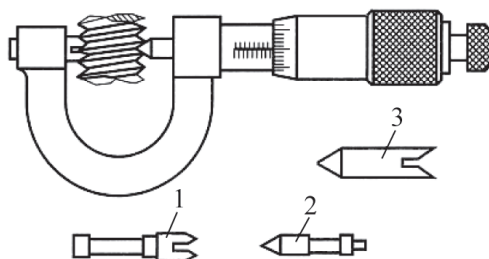


图2-22 螺纹千分尺

1, 2—量头; 3—校正规

螺纹千分尺的结构与外径百分尺相似, 所不同的是它有两个特殊的可调换的量头1和2, 其角度与螺纹牙型角相同。

测量范围与测量螺距的范围见表2-5。

表2-5 普通螺纹中径测量范围

测量范围/mm	测头数量/副	测头测量螺距的范围/mm
0~25	5	0.4~0.5; 0.6~0.8; 1~1.25; 1.5~2; 2.5~3.5
25~50	5	0.6~0.8; 1~1.25; 1.5~2; 2.5~3.5; 4~6
50~75 75~100	4	1~1.25; 1.5~2; 2.5~3.5; 4~6
100~125 125~150	3	1.5~2; 2.5~3.5; 4~6

第三节 百分表

百分表用来校正零件或夹具的安装位置, 检验零件的形状精度或相互位置精度。百分表的读数值为0.01 mm。车间里经常使用到百分表。

一、百分表的结构

百分表的外形如图2-23所示。7为测量杆，5为指针，表盘2上刻有100个等分格，其刻度值（即读数值）为0.01 mm。当指针转一圈时，小指针即转动一小格，转数指示盘4的刻度值为1 mm。用手转动表圈3时，表盘2也跟着转动，可使指针对准任一刻线。测量杆7是沿着套筒6上下移动的，套筒6可作为安装百分表用。8是测量头，1是手提测量杆用的圆头。

图2-24是百分表内部机构的示意图。带有齿条的测量杆1的直线移动，通过齿轮传动（ Z_1 、 Z_2 、 Z_3 ），转变为指针2的回转运动。齿轮 Z_4 和弹簧3使齿轮传动的间隙始终在一个方向，起着稳定指针位置的作用。弹簧4是控制百分表的测量压力的。百分表内的齿轮传动机构，使测量杆直线移动1mm时，指针正好回转一圈。

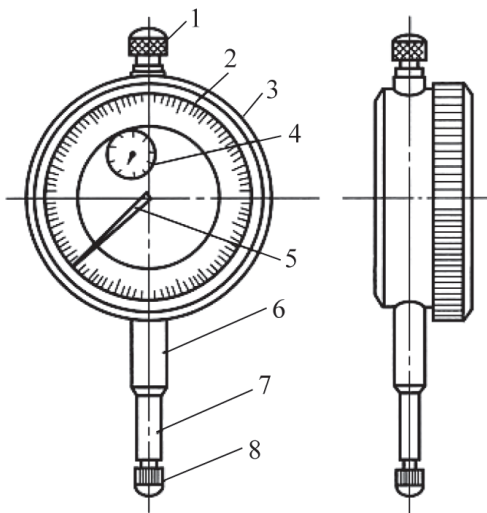


图2-23 百分表

1—圆头；2—表盘；3—表圈；4—转数指示盘；
5—指针；6—套筒；7—测量杆；8—测量头

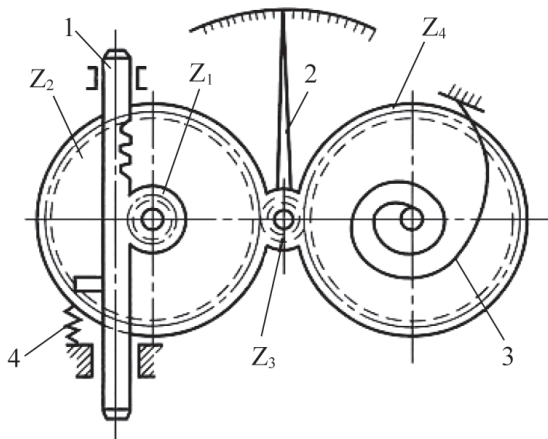


图2-24 百分表的内部结构

1—测量杆；2—指针；3，4—弹簧



由于百分表是作直线移动的,可用来测量长度尺寸,所以也是长度测量工具。目前,国产百分表的测量范围(即测量杆的最大移动量),有0~3 mm; 0~5 mm; 0~10 mm的三种。

二、百分表的使用方法

百分表适用于尺寸精度为IT6~IT8级零件的校正和检验。百分表按其制造精度,可分为0、1和2级三种,0级精度较高。使用时,应按照零件的形状和精度要求,选用合适的百分表的精度等级和测量范围。

使用百分表时,必须注意以下几点:

(1) 使用前,应检查测量杆活动的灵活性。即轻轻推动测量杆时,测量杆在套筒内的移动要灵活,没有任何轧卡现象,且每次放松后,指针能回复到原来的刻度位置。

(2) 使用百分表时,必须把它固定在可靠的夹持架上(如固定在万能表架或磁性表座上,如图2-25所示),夹持架要安放平稳,以免使测量结果不准确或摔坏百分表。

用夹持百分表的套筒来固定百分表时,夹紧力不要过大,以免因套筒变形而使测量杆活动不灵活。

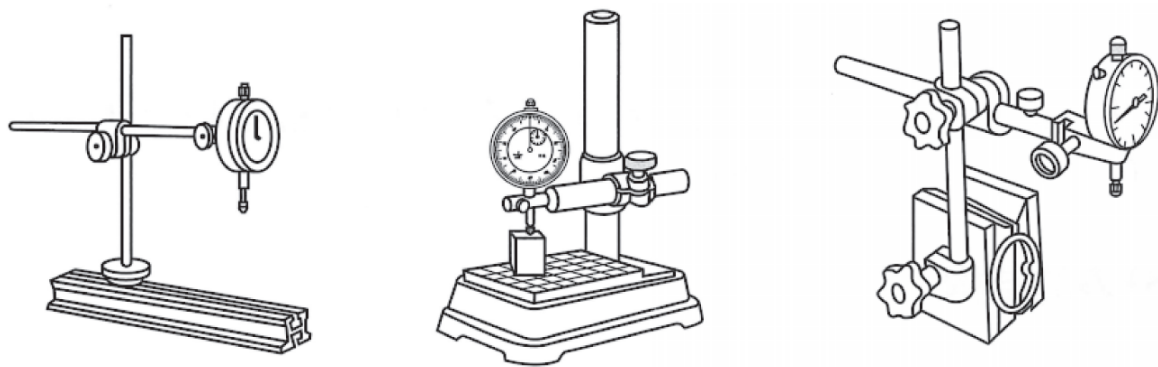


图2-25 安装在专用夹持架上的百分表

(3) 用百分表测量零件时,测量杆必须垂直于被测量表面。如图2-26所示。即使测量杆的轴线与被测量尺寸的方向一致,否则将使测量杆活动不灵活或使测量结果不准确。

(4) 测量时,不要使测量杆的行程超过它的测量范围;不要使测量头突然撞在零件上;不要使百分表受到剧烈的振动和撞击,亦不要把零件强迫推入测量头下,免得损坏百分表的机件而失去精度。因此,用百分表测量表面粗糙或有显著凹凸不平的零件是错误的。