



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。

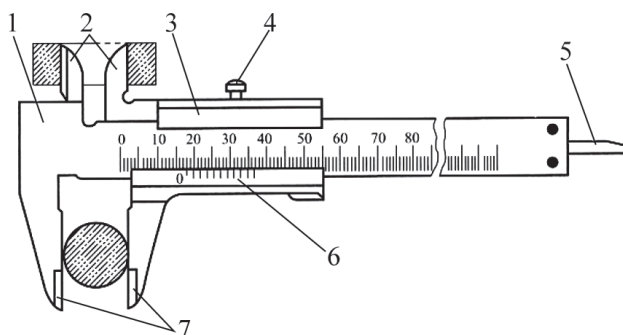


图2-1 游标卡尺的结构形式之一

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。

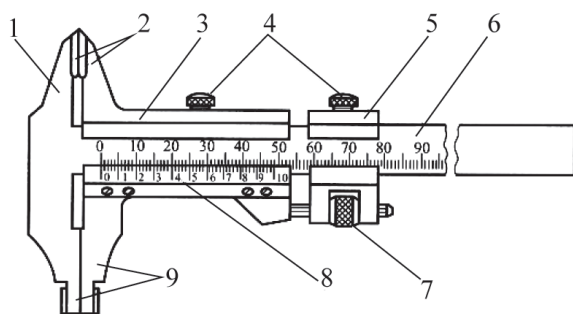


图2-2 游标卡尺的结构形式之二

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。

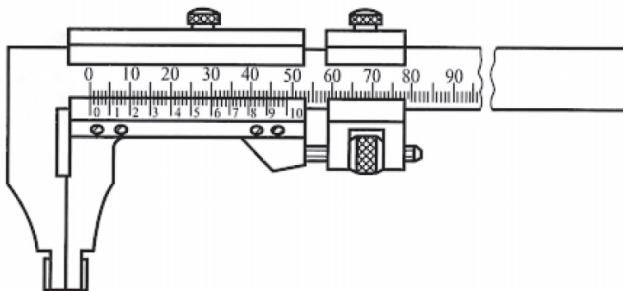


图2-3 游标卡尺的结构形式之三



（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)。

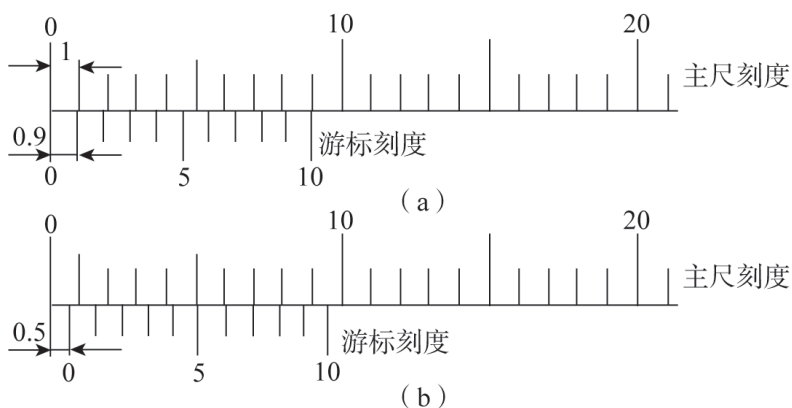


图2-4 游标读数原理

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）。

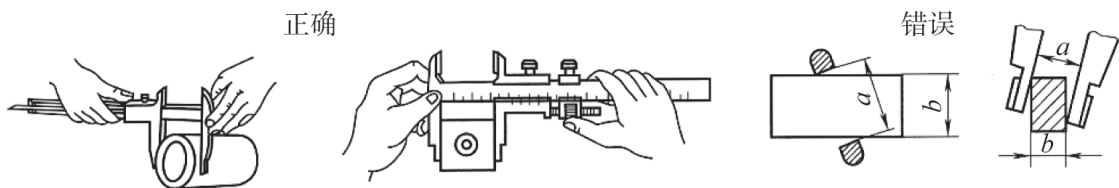


图2-6 测量外尺寸时正确与错误的位置



图2-7 测量沟槽时正确与错误的位置

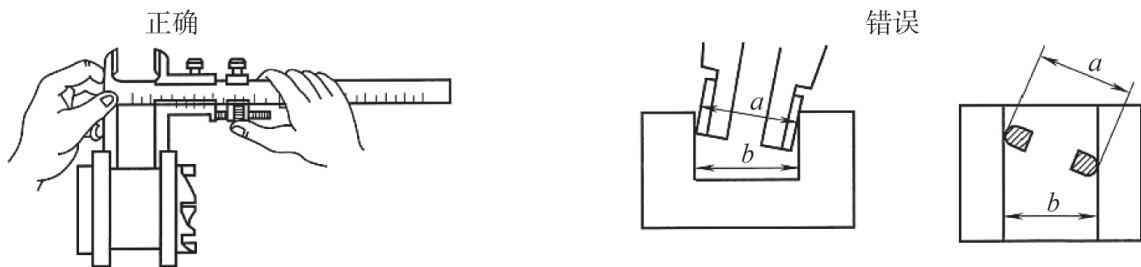


图2-8 测量沟槽宽度时正确与错误的位置

(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。

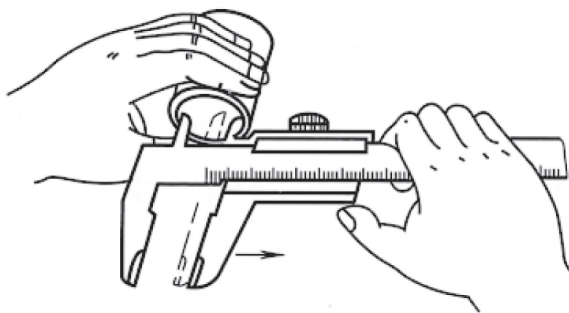


图2-9 内孔的测量方法

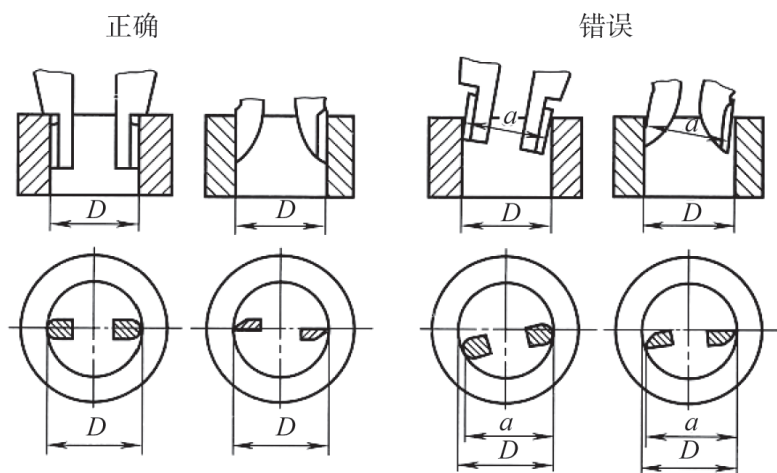


图2-10 测量内孔时正确与错误的位置

(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