



职业操作技能实训系列教程

普通铣床 操作与加工实训

赵明久 编著



- ◆ 以市场为导向
- ◆ 以技能为核心
- ◆ 从认知到实践
- ◆ 迈向就业的阶梯



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

职业操作技能实训系列教程

普通铣床 操作与加工实训

赵明久 编著

郎敬喜 汤振宁

唐海波 罗景龙

参编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是高等职业技术教育实践性教材,旨在培训铣工岗位技能。本书采用项目教学法编写,把铣工岗位技能分解为若干项目,内容包括:铣工基础知识,铣削平面及连接面,铣台阶、沟槽及切断,用分度头铣角度面及刻线,铣花键轴、牙嵌离合器,在铣床上钻孔、铰孔及镗孔,以及复杂型面加工。

本书具有较强的实用性和职业性,适合高等职业技术教育教学选用,也可作为广大铣工爱好者的参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

普通铣床操作与加工实训 / 赵明久编著. —北京:电子工业出版社, 2009.1
(职业操作技能实训系列教程)

ISBN 978-7-121-07536-0

I. 普… II. 赵… III. 铣床—高等学校:技术学校—教材 IV. TG54

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 157463 号

策划编辑:李 洁

责任编辑:韩玲玲

印 刷:

装 订: 北京牛山世兴印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 9.25 字数: 236.8 千字

印 次: 2009 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 17.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

编 委 会

主 任	王 强		
副 主 任	邹 伟	李晓峰	
成 员	王 雷	赵明久	刘家枢
	李 超	周光宇	段晓旭
	李文杰	栾 敏	杨 海
	王新宇	汤振宁	赵玉伟
	郎敬喜	刘丽华	徐光远
	关崎炜	朱宇新	
主 审	徐 衡		

策 划

段晓旭

前 言

机械制造是技术密集型产业，对员工的职业素质要求高。本书从机械制造中的铣工岗位技能出发，讲授铣工应知应会的基本理论知识，着眼于培养铣工的岗位技能。本书以铣工操作技能为导向，介绍了铣工常用工具、量具、铣刀，铣床上工件的装夹等基本知识，指导操作实训铣平面及连接面，铣长方体，铣斜面，铣台阶，铣沟槽及切断，用分度头铣角度面及刻线，铣花键轴、牙嵌离合器，在铣床上钻孔、铰孔及镗孔，以及利用铣床铣模具型面、铣蜗轮等铣工技能。

本书精选生产中常用的铣工作业项目作为实训课教学内容，采用任务驱动的教学模式编写，即先提出铣削加工项目，阐述该项目中涉及的基本理论知识，然后让学生操作实施铣削项目，在铣削操作中进一步理解相关知识，并掌握该项铣削加工技能。这样的教学方式，既锻炼了学生的实践动手能力，又培养了技术工人的职业技能。

本书是高等职业技术教育实践性教材，教材的内容针对铣工技术岗位的需要，体现了较强的实用性和职业性。

本书由赵明久编著，以下老师参加了编写工作：郎敬喜（第1章和第2章），唐海波（第3章和第4章），罗景龙（第5章和第6章），汤振宁（第7章）。

本书的疏漏及错误之处，恳请读者指正。

编 者

目 录

第 1 章 铣工基础知识	(1)	2.3.1 相关工艺知识	(52)
1.1 铣工入门	(1)	2.3.2 实训项目——铣削长方体	(55)
1.1.1 切削运动与切削用量	(1)	2.4 铣削斜面	(57)
1.1.2 铣削基本工作内容	(3)	2.4.1 相关工艺知识	(57)
1.1.3 铣工常用工具	(4)	2.4.2 实训项目 1——倾斜 装夹工件铣斜面	(59)
1.1.4 铣工常用量具	(6)	2.4.3 实训项目 2—— 转动立铣头铣斜面	(60)
1.1.5 安全操作规程及文明生产	(12)	2.4.4 实训项目 3—— 用角度铣刀铣斜面	(62)
1.2 铣床操作	(14)	2.5 切削加工工艺守则	(63)
1.2.1 学习目标	(14)	2.5.1 切削加工工艺守则总则 ...	(63)
1.2.2 相关工艺知识	(14)	2.5.2 铣削加工工艺守则	(65)
1.2.3 实训项目——铣床操作 与日常维护	(16)	思考题 2	(66)
1.3 铣刀选用及拆装	(20)	第 3 章 铣台阶、沟槽及切断	(67)
1.3.1 学习目标	(20)	3.1 铣台阶面	(67)
1.3.2 相关工艺知识	(20)	3.1.1 相关工艺知识	(67)
1.3.3 实训项目——铣刀安装 ...	(27)	3.1.2 实训项目——铣台阶面 ...	(70)
1.4 铣床上工件的装夹	(32)	3.2 铣削直角沟槽	(71)
1.4.1 学习目标	(32)	3.2.1 相关工艺知识	(71)
1.4.2 相关工艺知识	(32)	3.2.2 实训项目—— 立铣刀加工槽	(72)
1.4.3 实训项目—— 装夹工件练习	(39)	3.3 铣键槽	(74)
思考题 1	(41)	3.3.1 相关工艺知识	(74)
第 2 章 铣削平面及连接面	(42)	3.3.2 实训项目——铣半圆键槽	(78)
2.1 铣削平面	(42)	3.4 铣 T 形槽、V 形槽、燕尾槽	(79)
2.1.1 相关工艺知识	(42)	3.4.1 相关工艺知识	(79)
2.1.2 实训项目——铣平面	(44)	3.4.2 实训项目——铣 V 形槽、 T 形槽、燕尾槽	(82)
2.2 铣削平行面和垂直面	(45)	3.5 切断的工艺方法及步骤	(83)
2.2.1 相关工艺知识	(46)	3.5.1 相关工艺知识	(83)
2.2.2 实训项目 1—— 铣削平行平面	(48)	3.5.2 实训项目——切割工件 ...	(84)
2.2.3 实训项目 2—— 铣削垂直平面	(50)	思考题 3	(86)
2.3 铣削长方体	(52)		

第4章 用分度头铣角度面及刻线	(87)	第6章 在铣床上钻孔、铰孔及镗孔	(113)
4.1 万能分度头	(87)	6.1 钻孔	(113)
4.1.1 相关工艺知识	(87)	6.1.1 相关工艺知识	(113)
4.1.2 实训项目——分度划线	(91)	6.1.2 实训项目——钻孔	(118)
4.2 铣削等分六面体	(92)	6.2 在模板上钻孔、铰孔	(119)
4.2.1 相关工艺知识	(92)	6.2.1 相关工艺知识	(119)
4.2.2 实训项目—— 加工六角螺母的六角面	(93)	6.2.2 实训项目—— 加工模板孔	(121)
4.3 刻线加工	(96)	6.3 镗孔	(122)
4.3.1 相关工艺知识	(97)	6.3.1 相关工艺知识	(122)
4.3.2 实训项目—— 刻等分圆周线	(100)	6.3.2 实训项目—— 镗孔	(126)
思考题4	(101)	思考题6	(127)
第5章 铣花键轴、牙嵌离合器	(102)	第7章 复杂型面加工	(128)
5.1 铣矩形齿花键轴	(102)	7.1 铣模具型面	(128)
5.1.1 相关工艺知识	(102)	7.1.1 相关工艺知识	(128)
5.1.2 实训项目—— 铣削花键轴	(106)	7.1.2 实训项目—— 铣削凹模型腔	(130)
5.2 铣牙嵌离合器	(108)	7.2 铣蜗轮	(132)
5.2.1 相关工艺知识	(108)	7.2.1 相关工艺知识	(132)
5.2.2 实训项目—— 铣削牙嵌离合器	(110)	7.2.2 实训项目——铣削蜗轮	(136)
思考题5	(112)	思考题7	(141)
		参考文献	(142)

第1章 铣工基础知识

铣削是基本的金属切削加工方法之一。铣削加工中，铣刀旋转作主运动，工件或铣刀作进给运动。铣刀是多刃刀具，与单刃刀具比较，旋转的多刃铣刀切削时能承担更大的切削载荷，采用更大的切削用量，所以铣削的加工精度和生产效率较高，加工范围广。



学习目标

- 了解铣床的工作内容、铣削加工的特点。
- 掌握安全操作、文明生产的操作规程。
- 掌握常用铣刀的种类及铣刀的拆装方法。
- 能正确选择、使用铣床夹具。
- 能正确使用量具测量工件。
- 掌握常用铣床的操纵方法。
- 掌握常用铣床的日常维护及保养。

1.1 铣工入门

1.1.1 切削运动与切削用量

1. 切削运动

在金属切削加工过程中，刀具和工件之间的相对运动称为切削运动。切削运动可分为主运动和进给运动。

① 主运动。切削运动中直接切除工件上的切削层，使之转变为切屑，以形成工件新表面的运动是主运动。主运动速度即为切削速度，用符号 v_c 表示（单位 m/min ）。一般来说，主运动是由机床主轴提供的，所以其运动速度高，消耗的切削功率大。铣削和钻削的主运动是刀具回转运动。

② 进给运动。把切削层不断地投入切削，以完成对一个表面的切削的运动是进给运动。进给运动的速度称为进给速度，用符号 v_f 表示（单位 mm/min ）。进给速度还可以用进给量 f 表示（单位 mm/r ）。如钻削加工中的钻头，铰刀的轴向移动，铣削时工件的纵向、横向移动等，都是进给运动。

通常，切削加工的主运动只有一个，而进给运动可能有一个或几个。



2. 铣削用量

切削速度、进给量和吃刀量是切削用量的三要素，总称为切削用量。铣削加工中的切削用量称为铣削用量，铣削用量包括铣削速度、进给速度和吃刀量。

① 铣削速度 v_c ，即铣刀旋转（主运动）的线速度，如图 1-1 所示，单位为 m/min 。其计算公式为

$$v_c = \frac{\pi d_0 n}{1000} \quad (1-1)$$

式中 d_0 ——铣刀的直径（mm）；

n ——铣刀的转速（r/min）。

② 进给速度 v_f ，即单位时间内铣刀在进给运动方向上的相对工件的位移量，如图 1-1 所示，单位是 mm/min 。进给速度也称为每分钟进给量。铣刀是多刃刀具，所以铣削进给量还分为每转进给量 f 和每齿进给量 f_z ，其中：

- f 表示铣刀每转一转，铣刀相对工件在进给运动方向上移动的距离（mm/r）；

- f_z 表示铣刀每转一个刀齿，铣刀相对工件在进给运动方向上移动的距离（mm/z）。

每分钟进给量 v_f 与每转进给量 f 、每齿进给量 f_z 之间的关系是：

$$v_f = fn = f_z zn \quad (1-2)$$

式中 n ——铣刀主轴转速（r/min）；

z ——铣刀齿数。

③ 吃刀量，一般指工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离。吃刀量是刀具切入工件的深度，铣削中的吃刀量分为背吃刀量 a_p 和侧吃刀量 a_e 。

铣削背吃刀量 a_p 是通过切削刃基点并垂直于工作平面的方向上测量的吃刀量。它是平行于铣刀轴线方向测量的切削层尺寸，单位是 mm 。例如，周铣中铣刀端面（轴线方向）的吃刀量，如图 1-1（a）所示；端铣中铣刀端面（轴线方向）的吃刀量，如图 1-1（b）所示。

铣削侧吃刀量 a_e 是通过切削刃基点，平行于工作平面并垂直于进给运动方向上测量的吃刀量。它是垂直于铣刀轴线测量方向的切削层尺寸，单位是 mm 。例如，周铣中铣刀径向（垂直于轴线方向）的吃刀量，如图 1-1a 所示；端铣中铣刀径向（垂直于轴线方向）的吃刀量，如图 1-1（b）所示。

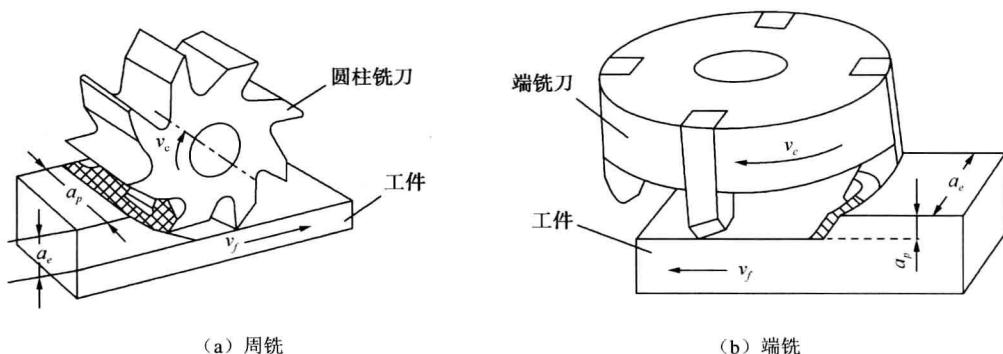


图 1-1 铣削运动及铣削用量

【例 1-1】 在 X6132 型卧式万能铣床上，铣刀直径 $d_0=100\text{mm}$ ，铣削速度 $v_c=28\text{m/min}$ 。



问铣床主轴转速 n 应调整为多少?

解 $d_0=100\text{mm}$, $v_c=28\text{m/min}$

$$n = \frac{1000v_c}{\pi d_0} = \frac{1000 \times 28}{3.14 \times 100} = 89(\text{r/min})$$

根据机床主轴转速表上的数值, 89r/min 与 95r/min 比较接近, 所以应把主轴转速调整为 95r/min.

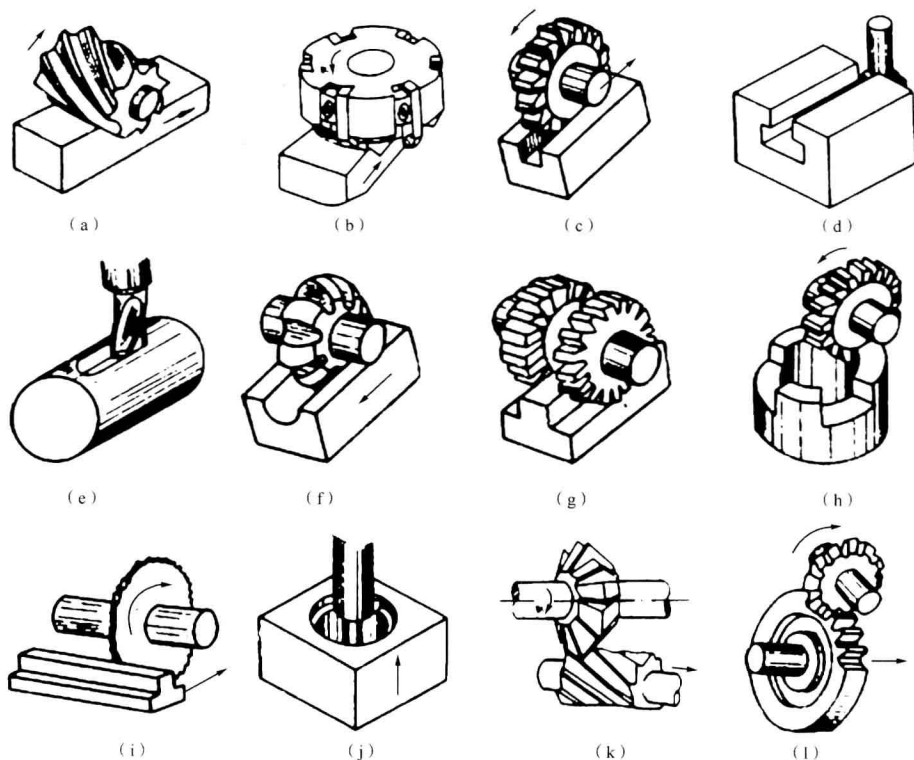
【例 1-2】 在 X6132 型万能铣床上, 铣刀直径 $d_0=100\text{mm}$, 齿数 $z=16$, 转速选用 $n=75\text{r/min}$, 每齿进给量 $f_z=0.08\text{mm/z}$. 问机床进给速度应调整到多少?

解 $v_f=f_z z n=0.08 \times 16 \times 75=96(\text{mm/min})$

根据机床进给量表上的数值, 96mm/min 与 95mm/min 接近, 所以应把机床的进给速度调整到 95mm/min.

1.1.2 铣削基本工作内容

铣削中的进给运动可以是直线运动, 也可以是曲线运动, 因此铣削的加工范围广. 铣削基本工作内容如图 1-2 所示.



(a) 一圆柱铣刀铣平面; (b) 一端铣刀铣平面; (c) 一三面刃铣刀铣直角通槽; (d) 一铣 T 形槽, 三面刃铣刀铣直角通槽;
(e) 一键槽铣刀铣键槽; (f) 一凸半圆铣刀铣凹圆弧面; (g) 一铣台阶; (h) 一铣离合器; (i) 一锯片铣刀切断;
(j) 一镗孔; (k) 一铣螺旋槽; (l) 一齿轮铣刀铣齿轮

图 1-2 铣削基本工作内容



1.1.3 铣工常用工具

铣床操作中找正工件、调整间隙及工件、刀具、夹具的装夹等，需使用下列工具。

1. 锤子

如图 1-3 所示，锤子用于装夹工件和拆卸刀具时的敲击。锤子分为钢锤和铜锤（或铜棒），铜锤用于敲击已加工面，钢锤用于清理毛坯、焊口毛刺、打样冲等。

2. 划线盘

如图 1-4 所示，划线盘主要用于找正工件或划线，划针位置可以按工作需要进行调整。

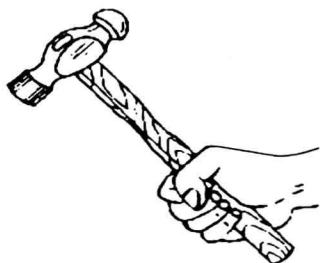


图 1-3 锤子

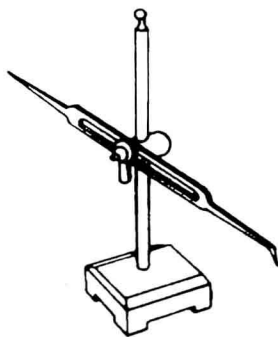


图 1-4 划线盘

3. 扳手

扳手主要用来扳紧或松开螺钉和螺母。常用的扳手有活扳手和呆扳手。

呆扳手一般作为专用附件，其开口尺寸与螺钉头的对边间距尺寸相适应，如图 1-5 所示。

活扳手的规格以扳手长度表示，常用的有 150mm (6in)、200mm (8in)、250mm (10in) 和 300mm (12in)。使用时，根据六角对边尺寸选用合适的活扳手。使用活扳手时应让固定钳口受主要作用力，如图 1-6 所示。

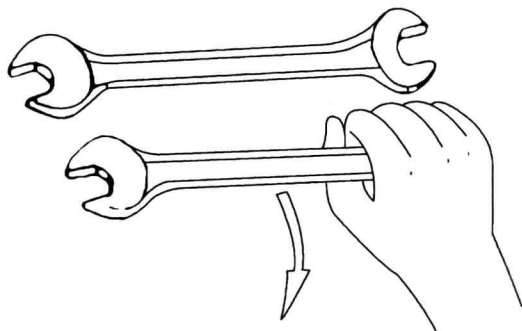


图 1-5 呆扳手及其使用

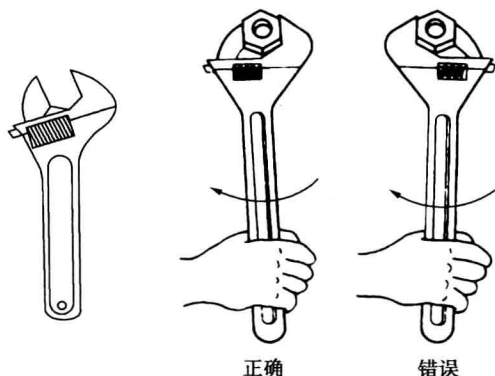


图 1-6 活扳手及其使用



4. 螺钉旋具

旋具主要用来旋紧或松开螺钉，其规格以刀体部分的长度表示，常用有 150mm、200mm 和 400mm 等。

螺钉旋具分为一字槽螺钉旋具和十字槽螺钉旋具两种，如图 1-7 所示，使用时可按螺钉沟槽形状选用。

5. 内六角扳手

内六角扳手用于扳紧或松开内六角螺钉，如图 1-8 所示。其常用规格是 6mm、8mm、10mm（六角的对边尺寸）。

6. 柱销钩形扳手

柱销钩形扳手用于紧固带槽或带孔圆螺母，如图 1-9 所示。其规格是以所紧固螺母直径表示的，使用时根据螺母直径选用。如螺母直径为 $\phi 100\text{mm}$ ，则选用 100~110mm 的柱销钩形扳手，然后手握住扳手柄部，将扳手的柱销勾入螺母的槽或孔中，扳手的内圆卡在螺母外圆上，用力将螺母扳紧或逆时针旋松。

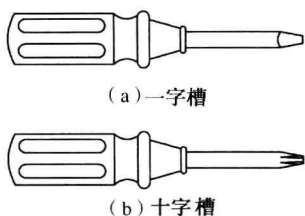


图 1-7 螺钉旋具

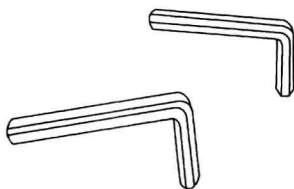


图 1-8 内六角扳手



图 1-9 柱销钩形扳手

7. 锉刀

扁锉（平锉）如图 1-10（a）所示，其规格根据锉刀的长度表示，有 150mm、200mm 和 250mm 等，又分粗齿、中齿和细齿三种。铣工一般使用 200mm 的中齿扁锉修去工件毛刺，如图 1-10（b）所示。

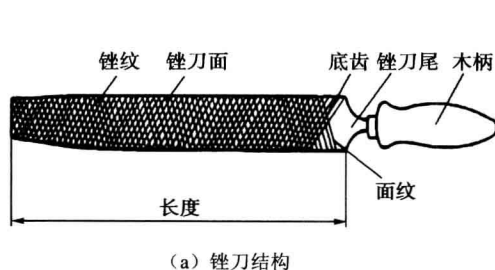


图 1-10 扁锉刀



1.1.4 铣工常用量具

1. 钢直尺

钢直尺是一种基本量具，其结构如图 1-11 (a) 所示，

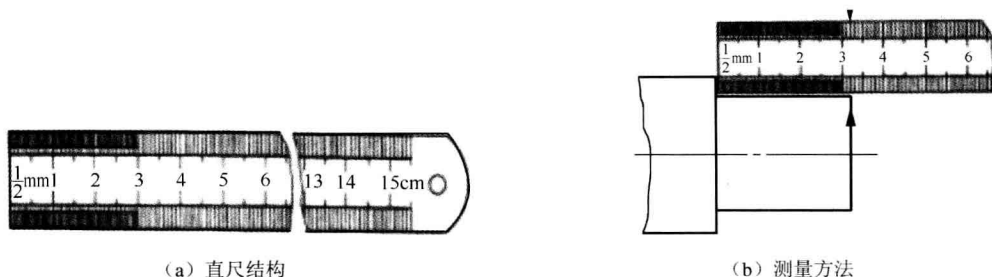


图 1-11 钢直尺

钢直尺主要用于测量工件的毛坯尺寸或精度要求不高的尺寸，使用方便，可以直接读数，大格为 1cm，小格为 1mm，1/2 小格为 0.5mm。测量时一般以钢直尺的平端面零位线为基准，与工件的测量基准对齐，钢直尺的侧面要紧靠工件台阶，然后目测被测表面所对准的刻度位，读出数值。如图 1-11 (b) 所示的读数为 32mm。

2. 游标卡尺

由于钢直尺测量误差较大，所以如要求尺寸测量精度较高时可采用游标卡尺测量。常用的游标卡尺如图 1-12 所示，它能够测量外径，也能测量内径和长度尺寸。游标卡尺的读数精度分为 0.02mm、0.05mm、0.1mm 等。

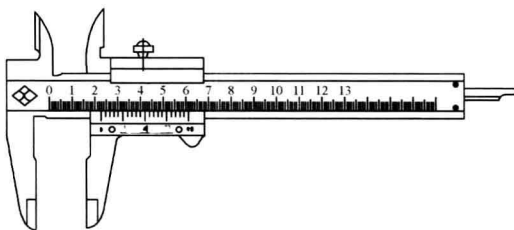


图 1-12 游标卡尺

(1) 游标卡尺的读数方法

应先读出游标“0”线左面尺身的整毫米数，然后再看游标和尺身的哪条线正好上下对齐，读出小数毫米，最后将两者相加即为实际测量的读数。

【例 1-3】 如图 1-13 (a) 所示，为读数精度为 0.05mm 的游标卡尺，“0”线左面为零，尺身与游标对齐位置在 0.4mm 处，故其读数为 0.4mm。

【例 1-4】 如图 1-13 (b) 所示，“0”线左面的整毫米数为 34mm，游标、尺身上下对齐位置在 0.35mm 处，所以读数是 $34\text{mm} + 0.35\text{mm} = 34.35\text{mm}$ 。

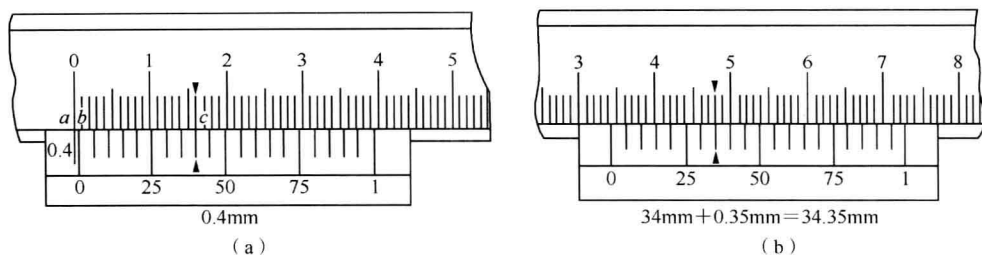


图 1-13 分度值为 0.05mm 游标卡尺的读数示例

同样道理, 如图 1-14 (a) 所示, 读数精度为 0.02mm 的游标卡尺的读数为 0.22mm; 图 1-14 (b) 所示读数值为 50.48mm。

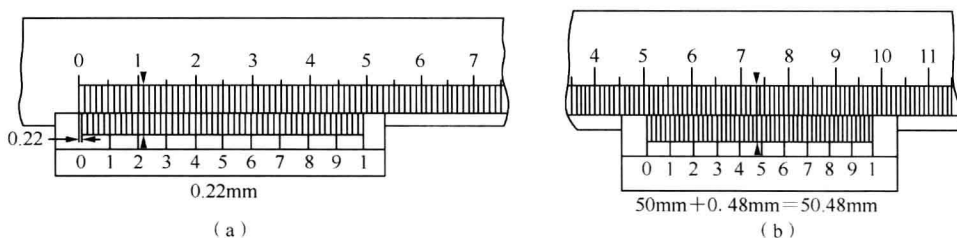


图 1-14 分度值为 0.02mm 游标卡尺的读数示例

(2) 游标卡尺的使用方法

① 检查零位。两测量面清洁后, 将侧面推合, 检查尺身和游标的零位线是否上下对齐, 如果有偏差就说明游标卡尺的测量面磨损, 使用这种游标卡尺去测量工件时误差较大, 应修复后再使用。

② 测量操作方法。测量长度、槽宽、槽深的操作方法, 如图 1-15 所示。

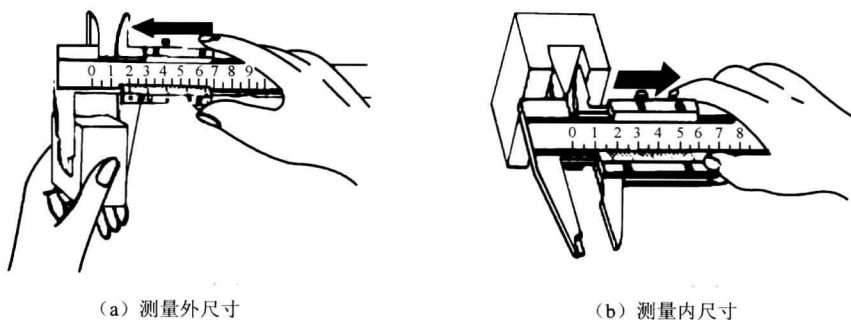


图 1-15 游标卡尺测量操作方法

3. 千分尺

如图 1-16 所示, 千分尺是一种精密量具, 测量分度值为 0.01 mm, 规格为 0~25mm、25~



50mm、50~75mm、75~100mm 等，每隔 25mm 为一挡。

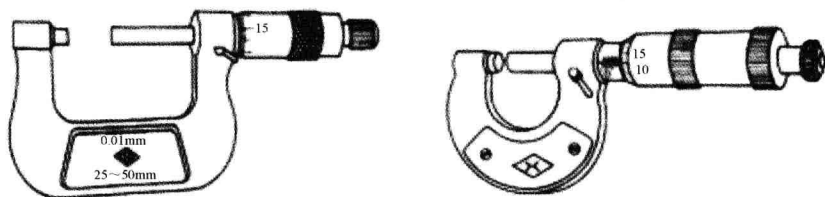


图 1-16 千分尺

(1) 千分尺的读数方法

首先读出活动微分筒斜面边缘处露出的固定套管上刻线的整毫米数；然后观察固定套管基准线下面的半毫米数刻线是否露出，如已露出，则读数加 0.5mm，如未露出则不加；最后读出活动微分筒上的刻线与固定套管上的基准线所对准的数值，即小数部分。将上述的三项数值相加即为被测工件的读数，如图 1-17 (a) 所示，读数是 $12\text{mm} + 0.04\text{mm} = 12.04\text{mm}$ ；图 1-17 (b) 所示读数为 $32\text{mm} + 0.5\text{mm} + 0.35\text{mm} = 32.85\text{mm}$ 。

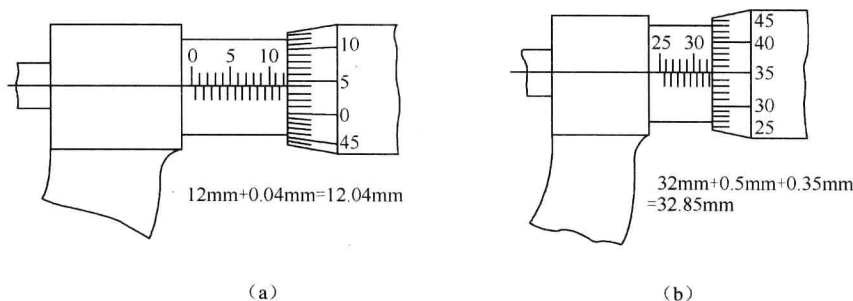


图 1-17 外径千分尺读数示例

(2) 千分尺的使用方法

① 按被测工件的直径（宽度、厚度）尺寸选择千分尺的规格。例如，被测厚度为 21mm，属 0~25mm 范围， $\phi 30\text{mm}$ 则属 25~50mm 范围。

② 零位前两测量面须擦干净。转动棘轮，当两测量面接触后发出“嗒嗒”的响声时，停止转动棘轮，检查零位线是否对准。若零位线有偏差，则应重新擦干净后再复核一次，若确系零位偏差则应送计量部门进行校准后方可使用。

③ 测量时千分尺两测量面和工件被测表面均应擦干净，然后转动棘轮，使两测量面之间的张开距离略大于被测工件尺寸。

④ 如图 1-18 (a) 所示，左手握住尺架，右手大拇指和食指握住棘轮并使两测量面与工件保持垂直，然后转动棘轮并作轻微的摆动以便千分尺测量面接触工件，如图 1-18 (b) 所示。测量时测量面与工件被测表面平行，最小读数值为工件的正确尺寸。厚度尺寸一般至少要测三点，以检查两端面是否平行。

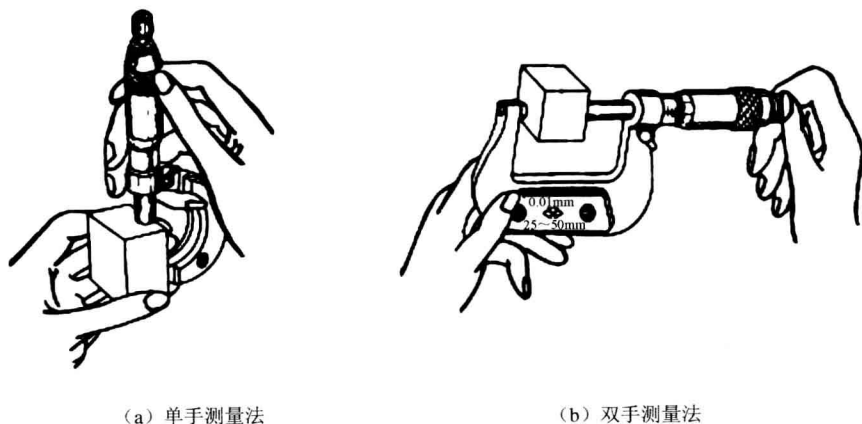


图 1-18 千分尺使用方法

4. 百分表

百分表分为钟面式百分表（如图 1-19 (a) 所示）和杠杆式百分表（如图 1-19 (b) 所示）。百分表主要用于校正夹具和找正工件，也可用来测量工件。

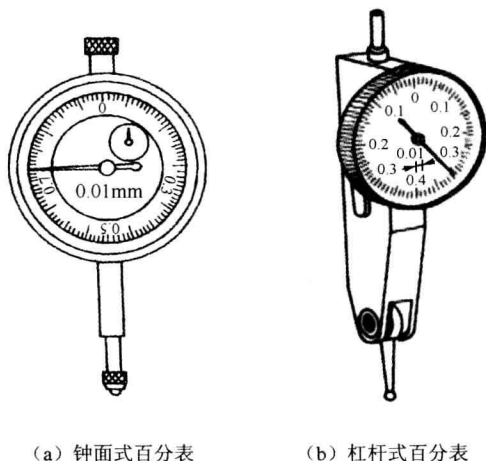


图 1-19 百分表种类

(1) 钟面式百分表使用方法

钟面式百分表一般与磁性表座配合使用，如图 1-20 (b) 所示。其操作步骤如下。

- ① 根据使用需要可将表座吸在机床导轨面或工作台上。
- ② 将百分表安装在表座接杆上，使测杆轴线与测量面垂直，紧固表座上各螺母。
- ③ 使百分表测头与测量面接触后，指针转动约 0.5mm，然后转动表盘使指针对准“0”位。

(2) 杠杆式百分表使用方法

杠杆式百分表体积小，使用灵活，杠杆测头能改变方向。杠杆式百分表一般与磁性表座



配合使用。其操作步骤如下。

- ① 在磁性表座上装上百分表的夹脚。
- ② 根据校正需要将表座吸在机床导轨面上。
- ③ 将百分表安装在夹脚上,调整杠杆测头轴线与测量面一个 α 角(约小于 15° 的夹角),如图 1-20 (c)、(d) 所示。
- ④ 使百分表测头与测量面接触后,指针转动约 0.2mm,然后转动表盘使指针对准“0”位。
- ⑤ 百分表安装在高度游标尺上使用,如图 1-20 (a) 所示。首先将高度尺划线量爪卸下,旋转 180° 安装,然后再装上弹性夹头、百分表。使用时,根据测量需要调节高度尺即可。

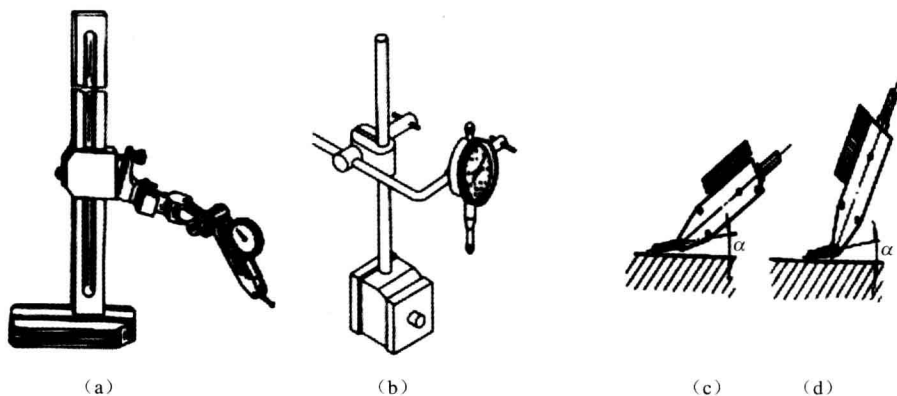


图 1-20 百分表使用方法

(3) 百分表的保养

- ① 使用百分表时要轻拿轻放,吸在导轨面上要牢靠,以防摔坏或造成测量误差。
- ② 不要使测量杆作过多的无效工作,更不得玩弄。
- ③ 不能对测量杆进行冲击。
- ④ 不能用百分表测量粗糙不平的表面。
- ⑤ 防止切削液渗入表中。
- ⑥ 百分表不要与其他工具放在一起,应单独放在盒内,不使用时在杠杆测头处涂上防锈油。

5. 游标万能角度尺

游标万能角度尺是一种采用游标读数,可测任意角度的量规,测量范围为 $0^\circ \sim 320^\circ$,如图 1-21 所示。游标万能角度尺由尺身、直角尺、游标、制动器、基尺、直尺和卡块组成。基尺随尺身可沿游标转动,转到所需角度时,再用制动器锁紧。卡块将直角尺和直尺固定在所需的位置上。