

情境二 零件的磨削加工

项目 2.1 磨床基本操作

项目描述

磨削是切削加工方法之一，是用高硬度的磨料或磨具对工件进行加工，磨削加工不仅广泛用于精加工，零件经过磨削加工可获得高精度（IT6~IT4）和很小的表面粗糙度（ $Ra0.8\sim0.02\mu\text{m}$ ），甚至更高；也可用于粗加工和毛皮去皮加工，并获得高的生产率和经济性。磨削可加工各种材料，包括一些高硬、超硬的金属材料和非金属材料，如淬火钢、高硬度合金、陶瓷材料、宝石等。

磨削加工应用范围很广，可以磨削外圆、内孔、圆锥、平面、齿轮、花键、螺纹，还可以磨削导轨面及复杂的成形表面。

本项目通过平面磨床、外圆磨床、内圆磨床的操作训练，掌握磨床的基本操作。

技能目标

- (1) 能正确操作平面磨床、外圆磨床、内圆磨床。
- (2) 能正确选择砂轮和安装。
- (3) 能正确调整切削用量。
- (4) 能安全操作常用磨床并进行日常维护与保养。

2.1.1 磨削知识准备

一、磨床种类及其工作范围

为了适应磨削各种表面、工件形状和生产批量的要求，磨床的种类很多，最常见的有：外圆磨床、内圆磨床、平面磨床等。此外还有无心磨床、螺纹磨床、齿轮磨床、工具磨床、花键磨床及曲线磨床等。

这里仅介绍平面磨床、外圆磨床、内圆磨床三种。

1. 平面磨床及其工作范围

平面磨床用于磨削各种工件的平面。根据砂轮工作面的不同，平面磨床可分为圆周磨削和端面磨削两种类型；根据工作台形状不同，平面磨床又可分为矩形

工作台和圆形工作台两类；根据砂轮轴线的位置和工作台的结构特点，可分为卧轴矩台平面磨床、卧轴圆台平面磨床、立轴矩台平面磨床、立轴圆台平面磨床等几种，其中卧轴矩台式和立轴圆台式平面磨床应用最广泛。这里以 M7120A 型卧轴矩台式平面磨床为例进行介绍，其外形图如图 2.1-1 所示。它利用砂轮圆周面作为工作面，磨削工件平面。

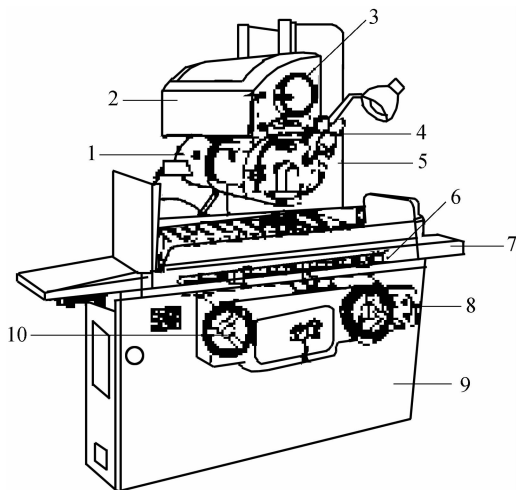


图 2.1-1 M7120A 型平面磨床

1—磨头；2—床鞍；3—横向手轮；4—砂轮修整器；5—立柱；
6—挡块；7—工作台；8—升降手轮；9—床身；10—纵向进给手轮

矩形工作台装在床身的水平纵向导轨上，由液压传动作纵向直线往复运动。工作台装有电磁盘，以便装夹工件。

砂轮架可沿滑座的导轨作横向运动，而砂轮架和滑座一起可沿立柱的垂直导轨上下移动，以调整磨头的高低位置及完成切入运动。

这种平面磨床的加工精度高，应用最广泛，但生产效率不如立轴圆台式平面磨床。

2. 外圆磨床及其工作范围

在外圆磨床组中，常见的有外圆磨床和万能外圆磨床两种。

外圆磨床可以磨削外圆柱面和外圆锥面。而万能外圆磨床的砂轮架、主轴箱可以在水平面内分别转动一定的角度，并带有内圆磨头等附件，所以不仅可以磨削外圆柱面和外圆锥面，还可以磨削内圆柱面、内圆锥面和端平面。

图 2.1-2 所示为 M1432A 型万能磨床的外观图，它由 7 大主要部件组成。

1) 床身

它是磨床的基础件，用来安装各个部件。

2) 主轴箱

主轴箱上装有专用电动机，经变速机构可以使主轴获得不同的转速。主轴上

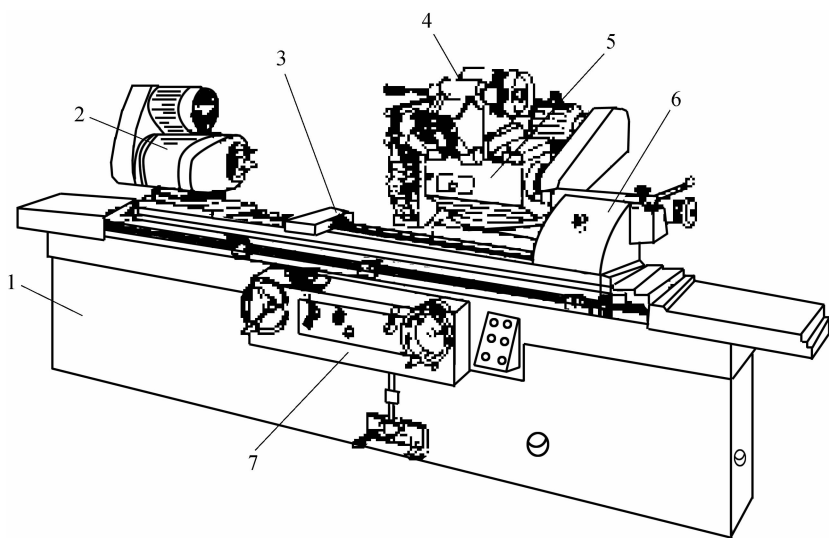


图 2.1-2 M1432A 型万能磨床

1—床身；2—主轴箱；3—工作台；4—砂轮架；5—砂轮支撑架；6—尾座；7—控制箱

安装卡盘或顶尖来夹持工件，并带动工件旋转。主轴箱在水平面内可以转动一定的角度，以适应磨削圆锥面的需要。

3) 工作台

工作台由上下两部分组成，上部相对下部可以在水平面内转动一定角度，以适应磨削锥度不大的长圆锥面的需要。工作台的顶面向着砂轮架方向向下倾斜 10° ，使主轴箱及尾座能因自重而贴紧工作台外侧的定位基准面。另外，倾斜的顶面还便于切削液带着磨屑和磨粒流走。

机床的液压传动装置分别驱动工作台和砂轮架作纵向、横向直线往返及尾座套筒的退回等运动。这种万能外圆磨床适用于工具车间、机修车间及单件生产车间。

4) 砂轮架

用来安装砂轮，并由单独的电动机带动砂轮高速旋转。砂轮架可以沿着床身后部的横向导轨前后移动，调整砂轮工作的径向位置，并完成横向进给运动。

砂轮架可以在水平面内转动一定角度，以适应磨削圆锥面的需要。砂轮架上装有内圆磨具，当磨削内孔时，将内圆磨具翻下，用内圆砂轮进行磨削。

5) 砂轮支撑架

用来安装砂轮轴，支撑砂轮架及电动机。

6) 尾座

尾座上装有顶尖，用以支撑工件。尾座可以沿工作台导轨左右移动，调整位置以适应不同长度工件的需要。

7) 控制箱

用于控制工作台移动。

3. 内圆磨床及其工作范围

内圆磨床用于磨削圆柱孔、圆锥孔及孔的端面。

图 2.1-3 所示为 M2120 型内圆磨床外形，它由床身、主轴箱、砂轮架、工作台及砂轮修整器等部件组成。主轴箱的主轴前端装有卡盘或其他夹具，用以夹持工件并带动工件旋转，完成圆周进给运动。主轴箱在水平面内还可以转动一定的角度，以便磨圆锥孔。砂轮架主轴上装有磨内孔的砂轮，电动机带动其高速旋转。砂轮架安装在工作台上，由液压传动机构控制其作往复直线运动，或通过手动操纵手柄完成进给运动。每当工作台纵向往复运动一个来回，砂轮架就横向进给一次。

普通内圆磨床自动化程度不高，通常用于单件或小批量生产。

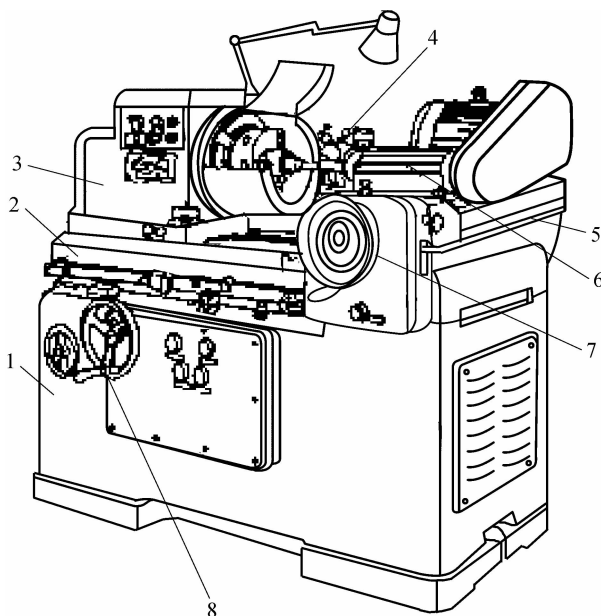


图 2.1-3 M2120 型内圆磨床

1—床身；2—工作台；3—主轴箱；4—砂轮修整器；5—横向工作台；
6—砂轮架；7—横向进给手轮；8—工作台移动手轮

二、磨床的运动

1. 主运动

砂轮的旋转运动是磨床的主运动，是磨床磨下切屑所必须的切削运动，单位为 r/min 。主运动通常是由电动机通过 V 带直接带动砂轮主轴旋转实现的。由于采用不同砂轮磨削不同材料的工件时，磨削速度变化范围不大，故主运动一般不变速。但砂轮直径因修整而减小较多时，为获得所需的磨削速度，可采用更换带

轮变速。目前,有些外圆磨床的砂轮主轴采用直流电动机驱动,可实现无级调速,以保证砂轮直径变小时始终保持合理的磨削速度,以实现恒速磨削。

2. 进给运动

1) 外圆磨削和内圆磨削的进给运动

外圆磨削和内圆磨削有 3 个进给运动:工件的旋转运动是圆周进给运动,单位为 r/min ,其转速较低,通常由单速或多速异步电动机经塔形齿轮变速机构实现传动,也有采用电气或机械无级调速装置实现传动。工件相对于砂轮的轴向直线往复运动是纵向进给运动,单位为 mm/min 。砂轮架的周期性横向直线运动是横向进给运动,通常采用液压传动,以保证运动的平稳性,并实现无级调速和往复运动循环的自动化。

2) 平面磨床的进给运动

工作台往复运动的平面磨床也有三个进给运动:工作台的纵向进给运动、砂轮架横向进给运动和滑座带动砂轮架一起沿立柱导轨的垂直进给运动。这三个运动都是直线运动,通常采用液压传动,以确保运动的平稳性。

3. 辅助运动

辅助运动的作用是实现磨床加工过程中所必需的各种辅助动作。例如砂轮架横向快速进退和尾座套筒缩回运动等。

三、砂轮

砂轮是磨削加工中使用的切削刀具,它是由磨料和结合剂适当混合并经压缩后烧结而成。磨料是构成砂轮的基本要素,结合剂把磨料黏结在一起,但它并没有填满磨料之间的所有空隙,所以砂轮是由磨料、结合剂和空隙三个要素组成。决定砂轮特性的有磨料、粒度、结合剂、硬度和组织 5 个参数。

1. 砂轮的特性及其选择

1) 磨料

磨料是砂轮的主要成分,它直接担负切削工作。因此,要求磨料必须有很高的硬度、耐磨性、耐热性和一定的韧性,且磨粒破碎时还可能形成尖锐的棱角。

磨料分天然磨料和人造磨料两种。天然磨料泛指金刚石,其硬度高,但价格昂贵。因此主要用人造磨料来制造砂轮。

常用的磨料有氧化物系、碳化物系、高硬磨料系三类。氧化物系磨料的主要成分是 Al_2O_3 ,由于其纯度不同和加入不同的化合物而分成不同的品种,目前常用的有棕刚玉、白刚玉两种。碳化物系磨料主要以碳化硅、碳化硼等为机体,根据材料的纯度不同而分为不同的品种。高硬磨料主要包括人造金刚石和立方氮化硼。常用磨料的代号、特性及应用范围见表 2.1-1 所列。

表 2.1-1 常见的砂轮粒度及其应用范围

磨料	种类	系列	磨料名称	代号	特性	适用磨削范围
		氧化物系	棕刚玉	A	棕褐色，硬度高， 韧性大，价格便宜	碳钢、合金钢、可锻 铸铁、硬青铜
			白刚玉	WA	白色，硬度比 A 高，韧性比 A 差	淬火钢，高速钢及薄 壁零件
		碳化物系	黑碳化硅	C	黑色，硬度比 WA 高，性脆而锋利，导 热性较好	铸铁、黄铜、铝、耐火 材料及非金属材料
			绿碳化硅	GC	绿色，硬度及脆性比 C 高，有良好的导热性	硬质合金钢、宝石、陶 瓷、玻璃等
		高硬磨料系	人造金刚石	D	无色透明、淡黄色、 黄色、黑色，硬度高	硬质合金钢、宝石、光 学玻璃等
			立方氮化硼	CBN	黑色或淡白色，硬 度仅次于 D，耐磨性 高、发热量小	高温合金钢、高钼钢、 高钒钢、高钴钢、不锈 钢等
	粒度	粒度号	颗粒尺寸 / μm	使用范围		
		12 #，14 #， 16 #	2 000 ~ 1 000	粗磨、荒磨、打磨毛刺		
		20 #，24 #， 30 #，36 #	1 000 ~ 400	磨钢锭，打磨锻铸件毛刺，切断钢坯等		
		46 #，60 #	400 ~ 250	内圆磨、外圆磨、平面磨、无心磨，工具磨等		
		70 #，80 #	250 ~ 160	内圆磨、外圆磨、平面磨、无心磨，工具磨等的半精磨与精磨		
		100 #， 120 #， 150 #， 180 #， 200 #	160 ~ 50	半精磨、精磨、衍磨或成形、工具刀具磨等		
		W40W28 W20	50 ~ 14	精磨、超精磨、衍磨、螺纹磨、镜面磨等		
		W14 ~ 更细	14 ~ 2.5	精磨、超精磨、镜面磨、研磨抛光等		

续表

结合剂	种类	名称	代号		性能				应用范围						
		陶瓷结合剂	V		耐热、耐水、耐油、耐酸碱、气孔率大、强度高，但韧性、弹性差				应用范围最广，除切断砂轮外，大多数都可采用						
		树脂结合剂	B		强度高、弹性差、耐冲击，有抛光作用，但耐热性、抗腐蚀性差				制造高速砂轮、薄砂轮						
		橡胶结合剂	R		强度和弹性好，有极好的抛光作用，但耐热性差，不耐酸、易堵塞				制造无心磨床、导轮、薄砂轮、抛光砂轮等						
		金属结合剂	J		强度高、成形性好，有一定韧性、但自脱性差				制造各种金刚石砂轮						
硬度	名称	超软	软 1	软 2	软 3	中软 1	中软 2	中 1	中 2	中硬 1		中硬 2			
	代号	DEF	G	H	J	K	L	M	N	P		Q			
	名称	中硬 3	硬 1			硬 2		超硬							
	代号	R	S			T		Y							
空隙	组织	类别	紧密			中等			疏松						
		组织号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		磨粒占砂轮的体积/%	62	60	58	56	54	52	50	48	46	44	42	40	38

情境二 零件的磨削加工

2) 粒度

粒度表示磨料颗粒尺寸的大小。磨粒直径大于 40μm 时，称为砂粒，其粒度号标见表 2.1-1；磨粒直径小于 40μm 时，称为微粉，如尺寸为 20μm 的微粉，其粒度号标为 W20。

粒度对磨削生产率及加工表面的粗糙度有很大的影响，选择时可参考以下原则。

- (1) 粗磨时，切削厚度较大，可选用号数小的粗磨粒砂轮；磨削软金属，以及砂轮与工件接触面积较大时，为避免堵塞砂轮，也应采用粗粒度的砂轮。
- (2) 精加工及磨削脆性材料时，应采用细粒度的砂轮。其中，中等粒度（30 粒度~70 粒度）的砂轮应用比较广泛。

加工时还应根据具体情况加以选择，可参考表 2.1-1 进行选择。

3) 砂轮的硬度

砂轮的硬度是指砂轮表面在磨削力的作用下脱落的难易程度，砂轮的硬度主要取决于结合剂的黏结能力，并与其在砂轮中所占的比例大小有关，而与磨料本身的硬度无关。也就是说同一种磨料可以做出硬度不同的砂轮。磨粒容易脱落的

砂轮，其硬度就低，一般称为软砂轮；磨粒难脱落的砂轮，其硬度就高，一般称为硬砂轮。

砂轮硬度的选择是一项很重要的工作，因砂轮的硬度对磨削生产率和加工质量都有很大的影响。如果砂轮硬度选择得过硬，磨粒磨钝后仍不脱落，就会增加摩擦力和摩擦热，大大降低切削效率及工件的表面质量，甚至会使工件表面产生烧伤和裂纹；如果砂轮硬度选择得太软，磨粒尚未磨钝就从砂轮上脱落，增加砂轮的消耗，且砂轮的形状也不易保持，降低工件的加工精度。如果砂轮硬度选择得合适，磨钝的磨粒适时地自动脱落，使新的锋利的磨粒露出来继续担负磨削工作，这种现象称为砂轮的自锐性，这样不但磨削效率高，而且砂轮的消耗小，工件表面质量也好。

选择砂轮硬度的原则如下。

(1) 从工件材料的硬度考虑。磨削硬度较高的金属时，磨粒容易被磨钝，应选择软砂轮，以便使变钝的磨粒因切削力增大而自行脱落，使具有锋利棱角的新磨粒露出表面参加磨削；磨软金属时，磨粒不易被磨钝，应选择硬砂轮，以免磨粒过早脱落。

(2) 从工件材料的导热性考虑。导热性差的材料，如硬质合金，因不易散热，工件的被加工表面经常被烧蚀，因此选用较软的砂轮。

(3) 从其他因素考虑。砂轮与工件接触面积越大，磨粒参加切削的时间就越长，磨粒越容易磨损，因此应选择较软的砂轮。

成形磨削时，为了能长时间地保持砂轮的轮廓形状，应选择较硬的砂轮。

4) 砂轮的组织

砂轮的组织是指磨粒和结合剂结构的疏密程度。它反映了磨粒、结合剂、空隙三者之间的比例关系。磨粒在砂轮总体积中所占的比例越大，则组织越紧密，空隙越小；反之，磨粒在砂轮总体积中所占的比例越小，则组织越疏松，空隙越大。

砂轮组织的级别可分为紧密、中等、疏松三大类别，细分为 13 级，见表 2.1-1。

组织号越大，砂轮中的空隙越大，不易堵塞，磨削效率高，工件表面也不易烧伤。组织号越小，砂轮单位面积表面上的磨刃就越多，砂轮形状就越容易保持。因此，磨削韧性材料、软金属以及大面积磨削时，应选用组织疏松的砂轮，精磨、成形磨削时应选取组织紧密的砂轮。

2. 砂轮形状和尺寸

根据磨床结构及磨削的加工需要，砂轮有各种形状和不同的尺寸规格，为了便于区别，用代号做标记，如表 2.1-2 所列为常用砂轮的名称、代号、形状及用途。砂轮的各种特性以及代号标注在砂轮的端面上，其顺序是：磨料—粒度—硬度—结合剂—组织—形状—尺寸。

例如，代号 **GC 80 N V P 400×50×75** 的含义为

400×50×75—砂轮尺寸，外径为400 mm，厚度为50 mm，孔径为75 mm。

P—形状为平形

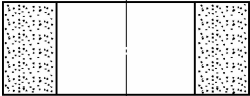
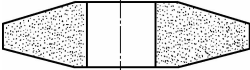
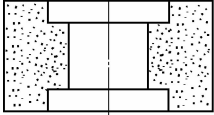
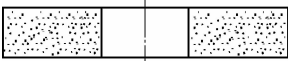
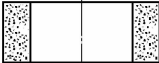
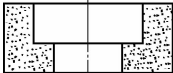
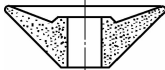
V—陶瓷结合剂

N—硬度为中2

80——粒度号为80号

GC—绿色碳化硅

表 2.1-2 常用砂轮形状代号及其用途

砂轮名称	代号	形状	基本用途
平行砂轮	P		根据不同尺寸，分别用于外圆磨、内圆磨、平面磨、无心磨、工具磨、螺纹磨和砂轮机
双斜边 1 号砂轮	PSX1		主要用于磨齿轮齿面和单线螺纹
双面凹砂轮	PSA		主要用于外圆磨削和刃磨刀具，还可用作无心磨的磨轮和导轮
薄片砂轮	PB		主要用于切断和车槽
筒形砂轮	N		用于立式平面磨床
杯形砂轮	B		主要用其端面刃磨刀具，亦可用其圆周磨平面和内孔
碗形砂轮	BW		常用于刃磨刀具，也可用于导轨磨床上磨机床导轨
碟形 1 号砂轮	D1		适用于铣刀、绞刀等，大尺寸的砂轮一般用于磨齿轮的齿面

四、磨削用量的选择

1. 磨削速度 v_0

磨削速度是指砂轮旋转的线速度，即砂轮外圆表面上某一磨粒在 1 s 时间内所通过的路程。

$$\text{即 } v_0 = \frac{\pi D_0 n_0}{1\,000 \times 60}$$

式中 v_0 ——磨削速度, m/s;

D_0 ——砂轮直径, mm;

n_0 ——砂轮转速, r/min。

一般磨床的砂轮主轴只有一种转速, 磨外圆和平面时, 磨削速度 v_0 一般为 30~35 m/s, 且随着砂轮直径变小而减小。磨内圆时由于砂轮直径较小, v_0 为 18~30 m/s。高速磨削时 v_0 可达 50 m/s 以上。

2. 背吃刀量 a_p

对于外圆磨削、内圆磨削、无心磨削而言, 背吃刀量又称横向进给量, 即工作台每次纵向往复行程终了时, 砂轮在横向移动的距离。背吃刀量大, 生产率高, 但对磨削精度和表面粗糙度不利。通常, 磨外圆时, 粗磨选择 $a_p = 0.01 \sim 0.025$ mm, 精磨选择 $a_p = 0.005 \sim 0.015$ mm; 磨内圆时, 粗磨选择 $a_p = 0.005 \sim 0.03$ mm, 精磨选择 $a_p = 0.002 \sim 0.01$ mm; 磨平面时, 粗磨选择 $a_p = 0.015 \sim 0.15$ mm, 精磨选择 $a_p = 0.005 \sim 0.015$ mm。

3. 纵向进给量 f

外圆磨削时, 纵向进给量是指工件每回转一周沿自身轴线方向相对砂轮位置移动的距离, f 的单位 mm/r。粗磨时, 选择进给量 $f = (0.3 \sim 0.85) T$; 精磨时, 选择 $f = (0.2 \sim 0.3) T$ (T 是砂轮的宽度)。

4. 工件圆周速度 v_w

工件圆周速度是指圆柱面磨削时待加工表面的线速度, 又称为工件圆周进给速度, 即

$$v_w = \frac{\pi D_w n_w}{1\,000}$$

式中 v_w ——工件圆周速度, m/min;

D_w ——工件直径, mm;

n_w ——工件转速, r/min。

粗磨时, 取 $v_w = 20 \sim 85$ m/min; 精磨时, 取 $v_w = 15 \sim 50$ m/min。

2.1.2 磨床基本操作

一、平面磨床的操作方法

1. M7120A 型平面磨床的运动机构

M7120A 型平面磨床的矩形工作台安装在床身的水平纵向导轨上, 由液压传动系统实现纵向直线往复移动, 利用挡块 6 控制换向。此外, 工作台也可以用纵向进给手轮 10 通过机械传动系统手动操纵往复移动或进行调整工作。工作台上装有电磁吸盘, 用于固定、装夹工件或夹具。

装有砂轮主轴的磨头可沿床鞍 2 上的水平燕尾导轨移动,磨削时的横向步进进给和调整时的横向移动,由液压传动系统实现,也可以用横向手轮 3 手动操纵。

磨头的高低位置调整或垂直进给运动,由升降手轮 8 操纵,通过床鞍沿立柱的垂直导轨移动来实现。

M7120A 型平面磨床的切削运动如下。

1) 主运动

磨头主轴上砂轮的回转运动。

2) 进给运动

(1) 工作台的纵向进给运动。由液压传动系统实现,移动速度为 $1 \sim 18 \text{ mm/min}$ 。

(2) 砂轮的横向进给运动。在工作台每一个往复行程终了时,由磨头沿床鞍的水平导轨横向步进实现。

(3) 砂轮的垂直进给运动。手动使床鞍沿立柱垂直导轨上下移动,用以调整磨头的高低位置和控制磨削深度。

2. 平面磨床的操作步骤

(1) 开机前必须穿好工作服,扣好衣、袖,留长发者,必须将长发盘入工作帽内;不得系围巾、戴手套操作机床。

(2) 开机前将工具、卡具、工件摆放整齐,清除任何妨碍设备运行和作业活动的杂物。

(3) 开机前,应检查传动部分安全护罩是否完整、固定,发现异常应及时处理。

(4) 开机前,检查机床传动部分及操作手柄是否正常和灵敏,按维护保养要求给各部分加足润滑油。

(5) 开机前,应按工件磨削长度,调整好换向挡块的位置,并固紧。

(6) 安装砂轮必须进行静平衡,修正后应再次平衡,砂轮修整器的金刚石必须尖锐,其尖点高度应与砂轮中心线的水平面一致,禁止用磨钝的金刚石修整砂轮,修整时,必须用冷却液。

(7) 开动砂轮前,应将液压传动调整手柄放在“低速”位置,砂轮快速移动手柄放在“后退”位置,以防碰撞。

(8) 启动磨床空转 $3 \sim 5 \text{ min}$,观察运转情况,应注意砂轮离开工件 $3 \sim 5 \text{ mm}$;确认润滑冷却系统畅通,各部运转正常无误后再进行磨削作业。

(9) 检查、装卸工件,处理机床故障要将砂轮脱离工件后停车进行。

(10) 不准在工作面、工件、电磁盘上放置非加工物品,禁止在工作面、电磁盘上敲击、校准工件。

(11) 电磁卡盘和整流器应在通电 5 min 后使用,卡盘吸附工件后,必须检

查其牢固后再磨削, 吸附较高或较小的工件时, 应另加适当高度的靠板, 防止工件倾倒, 造成事故。

(12) 砂轮接近工件时, 不准机动进给; 砂轮未离开工件时, 不准停止运转。

(13) 磨削进给量应由小渐大, 不得突然增大, 以防砂轮破裂。

(14) 磨削过程中, 应注意观察各运动部位温度、声响等是否正常。滤油器、排油管等应侵入油内, 防止油压系统内有空气进入, 油缸内进入空气, 应立即排除; 砂轮主轴箱内温度不应超过 60°C 。发现异常情况应停车检查或检修, 查明原因、恢复正常后才能继续作业。

(15) 操作时, 必须集中精力, 不得做与加工无关的事, 不得离开磨床。

(16) 不得容许他人擅自操作磨床或容留闲杂人员在机床周围。

(17) 作业完毕, 应先关闭冷却液, 将砂轮空转 2 min 以上后, 切断电源停止设备, 将各手柄放于非工作位置并切断电源。

(18) 下班前, 应清理工具、工件并摆放整齐, 作好机台及周边的清洁工作。连续工作一周后, 应清除冷却液箱内的磨屑。

3. 维护保养方法

(1) 按机器的润滑要求进行润滑保养。

(2) 床每工作 3~4 个月, 应将油液从床身油箱中放出清洗油箱, 重新注入的油液必须经过过滤。

(3) 油管上的滤油器网, 必须定期加以清理或洗涤, 冷却液泵每工作 2 000 h, 应用煤油进行清洗。

(4) 冷却液箱视工作情况, 每星期至少清理一次, 工作台油盘、床身排水管, 床身导轨的接油斗, 都应定期清除污垢。

(5) 电动机必须保持清洁, 磨头电动机的进风口网罩需保持良好的通风状态, 不可堵塞。

(6) 定期检查手柄、旋钮、按键是否损坏。

(7) 每天下班前 10 min, 对机床加油润滑及擦洗清洁机床。

(8) 严禁非操作人员操作该设备, 平时必须做到人离机停。

4. 砂轮的安装、平衡与修整

1) 砂轮的安装

砂轮工作时的转速很高, 安装前应仔细检查是否有裂纹。检查时, 可将砂轮用绳索穿过内孔, 吊起悬空, 用木锤轻轻敲击其侧面, 若声音清脆, 说明砂轮无裂纹; 若声音嘶哑, 说明砂轮有裂纹, 有裂纹的砂轮不允许使用。直径较大的砂轮均用法兰盘装夹, 法兰盘的底盘和压盘直径必须相同, 且不小于砂轮直径的 $1/3$ 。砂轮与法兰盘间应放置弹性材料 (如橡胶、毛毡等) 制成的衬垫, 紧固时螺母不能拧得过紧, 以保证砂轮受力均匀, 不致压裂。直径较小的砂轮则用黏结

剂紧固。

2) 砂轮的平衡

改变安装砂轮的法兰盘环槽内若干个平衡块的位置,使砂轮的重心与其回转中心重合的过程,称为平衡砂轮。

砂轮的重心与其回转中心不重合时会造成砂轮不平衡,产生的原因主要是砂轮制造的误差和在法兰盘上安装时所产生的安装误差。砂轮高速旋转时因不平衡而产生很大的惯性力,会使工艺系统产生振动,降低磨削质量,损坏主轴及轴承,严重时会导致砂轮破裂而发生事故。因此,砂轮安装后必须进行平衡试验。

安装新砂轮时,通常要进行两次平衡。第一次平衡要求低一些,称为粗平衡。粗平衡的目的是保护磨床,减少砂轮对修整工具的撞击。粗平衡后,把砂轮装上磨床,用金刚石笔把砂轮外圆修整圆,并将两端面修平。由于砂轮几何形状不正确以及安装偏心等原因,在砂轮各部位修去的质量是不均匀的,因此还会出现不平衡的现象。此时需要将砂轮从磨床上拆下,放在平衡架上在进行一次精平衡。第二次平衡的要求很高,必须仔细进行。

砂轮修好后,应空运转 10 min 左右,以检查砂轮运转的平稳性和装夹的可靠性。

3) 砂轮的修整

砂轮在磨削过程中,工作表面上的磨粒将逐渐变钝,磨粒所受的切削力也随之增大,因此会急剧且不均匀地脱落。部分磨粒脱落后,新露出的磨粒以锋利的棱角继续切削,而未脱落的磨粒继续变钝,使砂轮的磨削能力降低,外形也会产生变化,同时,砂轮与工件间的摩擦加剧,使工件表面产生烧伤和振动波纹,并产生刺耳的噪声。因此,磨钝的砂轮必须及时修整。

用砂轮修整工具将砂轮工作表面已磨钝的表层修去,以恢复砂轮的切削性能和正确几何形状的过程,称为砂轮的修整。修整一般用金刚石笔固定在磨床工作台上,工作台往复进给,这样,金刚石笔即可将砂轮表面薄薄(约 0.1 mm)地切去一层。

修整后的砂轮磨削工件时,如发出清脆的“嚓、嚓”声,并伴随着均匀的火花,则说明磨粒已经锋利,砂轮已恢复切削能力。

5. 平面磨床的磨削方法

在平面磨床上磨削平面有圆周磨削和端面磨削两种形式。卧轴矩台或圆台平面磨床的磨削属圆周磨削,砂轮与工件的接触面积小,生产效率低,但磨削区散热、排屑条件好,因此磨削精度高。

卧轴矩台平面磨床磨削平面的主要方法如下。

1) 横向磨削法

每当工作台纵向行程终了时,砂轮主轴作一次横向进给,待工件表面上第一层金属磨去后,砂轮再按预选磨削深度作一次垂直进给,以后按上述过程逐层磨

削，直至切除全部磨削余量。

横向磨削法是最常用的平面磨削方法，适用于长而宽的平面，也适用于相同小件按序排列，作集中磨削（见图 2.1-4）。

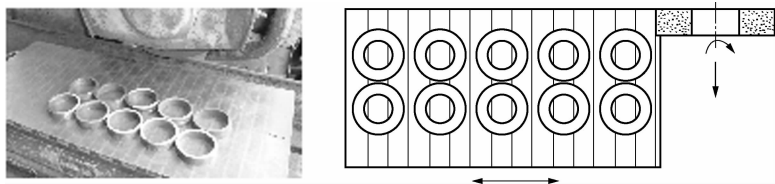


图 2.1-4 横向磨削平面

2) 深度磨削法

磨削时，采用较小的纵向进给量（ $1 \sim 2 \text{ mm/r}$ ）和较大的吃刀深度（ $0.2 \sim 0.6 \text{ mm}$ ）在一次走刀中磨去全部余量。为避免切削负荷集中和砂轮外圆棱角迅速磨钝，应将砂轮修整成锥形或台阶形，外径小的台阶起粗磨作用，可修粗些；外径大的起精磨作用，修细些。深磨法可获得较高精度和生产率，表面粗糙度值较小，适用于大批量生产中，加工刚性好的短轴。（如图 2.1-5 所示）

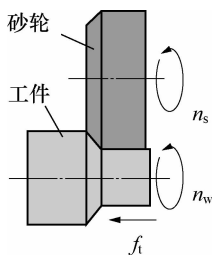


图 2.1-5 深度磨削法

二、外圆磨床的磨削方法

外圆磨床可磨削圆柱体和圆锥体。

1. 磨削圆柱体

1) 工件的装夹

在磨床上时，工件装夹是否迅速和方便，将直接影响生产率和劳动强度；工件装夹是否正确和牢固，将直接影响工件的加工精度和表面粗糙度，甚至发生事故。常用的装夹方法有以下几种。

（1）用前、后顶尖装夹。这种装夹方式装夹迅速、方便，定位精度高，但工件两端必须有中心孔。

中心孔是定位基准，它直接影响工件的加工精度，中心孔在磨削工件前，一般先要研磨。

为了避免顶尖转动时带来的误差，一般采用固定顶尖。目前最常用的固定顶尖是镶嵌有硬质合金的固定顶尖。带动工件旋转的夹头，常用的有三种：装夹直径较小的工件，一般用圆环夹头或鸡心爪，装夹直径较大的工件常用对开夹板。装夹已加工表面时，要在夹具与工件的接触处装上铜皮，以防夹伤工件表面。

使用前、后顶尖装夹工件时，必须将工件的中心孔及顶尖擦干净，并在中心孔内加注润滑脂。顶尖对工件的装夹松紧要合适，以免工件变形、中心孔损坏或

出现形位精度超差。采用两顶尖装夹工件磨削的装夹方法,定位精度较高,装夹工件方便,因此,目前应用最为普遍。

(2) 用芯轴安装。磨削套类零件的外圆时,常以内孔为定位基准,先把零件套在芯轴上,再将芯轴装到磨床的前、后顶尖上。常用的芯轴有以下几种。

①带台阶芯轴。这种芯轴的直径设计加工成零件孔的最小极限尺寸,一端有比工件外径小的台阶,另一段有螺纹,长度比工件长度稍短。

用这种方式装夹,由于工件的孔与芯轴的配合属于间隙配合,必定会产生同轴度误差,因此这种芯轴只适用于工件内孔与外圆同轴度要求不高的工件磨削。

②锥形芯轴。这种芯轴的锥度一般为 $1:5\,000 \sim 1:8\,000$,将工件从小端套上芯轴,用铜锤轻轻敲紧,再将芯轴装夹在磨床的前、后顶尖上。用这种方法装夹工件,可以将工件孔和外圆的同轴度误差控制在 0.005 mm 以内,但由于工件孔有公差,工件有可能在锥形芯轴的轴向位置产生窜动,因此在磨削时不易控制轴向尺寸。

③带台阶的可胀芯轴。为了既要控制套类零件安装在磨床上的轴向位置,又要保证内孔与外圆精确的同轴度要求,可采用带台肩的可胀芯轴。

(3) 用三爪自定心卡盘或四爪单动卡盘装夹。磨削端面不允许打中心孔的工件,可以用三爪自定心卡盘或四爪单动卡盘装夹。用三爪自定心卡盘装夹工件时,因卡盘安装精度的原因,主轴的回转中心与卡盘的中心会产生同轴度误差,卡盘本身的精度等各种误差,都将在被磨削的工件上反映出来。因此,采用三爪自定心卡盘装夹工件磨削时,其磨削精度要比两顶尖装夹工件磨削的加工精度低。采用四爪单动卡盘装夹工件时,因卡盘的四个卡爪是单动的,因此工件的回转精度可以调整,工件的磨削精度也比较高。但必须用百分表来找正,操作时比较费时。

2) 外圆的磨削方法。

(1) 纵向磨削法。磨削时,砂轮的高速回转为主运动,工件的低速回转作为圆周进给运动,工作台纵向往复进给运动,实现对工件整个外表的磨削。每当完成一次纵向往复行程,砂轮作周期性的横向进给运动,直至达到所需的磨削深度,如图 2.1-6 所示。

纵向磨削时,只有处于纵向进给方向一侧的磨粒担负主要切削工作,其余磨粒

只起到修光作用。因此,砂轮的每次横向进给量(背吃刀量)很小,生产效率低。纵向磨削的磨削力小,磨削热少,散热较快。最后几次往复行程采用无进给磨削,可获得较高的加工精度和较小的表面粗糙度值,但加工效率低。因此,在

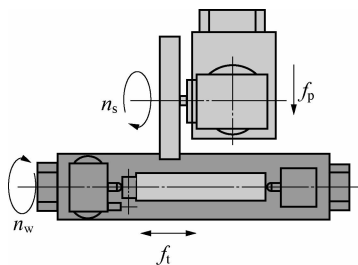


图 2.1-6 外圆的纵向磨削法

生产中广泛应用于单件、小批量生产及精磨等，特别适用于磨削细长轴等刚性差的工件。

(2) 横向磨削法。横向磨削法也称为切入磨削法。磨削时，由于砂轮厚度大于工件被磨削外圆的长度，工件无纵向进给运动。砂轮高速旋转作为主运动，同时，砂轮以很慢的速度连续或间断地向工件横向进给切入磨削，直至磨去全部余量，如图 2.1-7 所示。

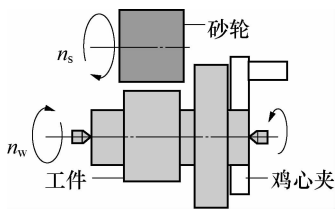


图 2.1-7 外圆的横向磨削法

横向磨削时，砂轮与工件接触长度内的工作情况相同，均起切削作用，因此，生产效率较高，但磨削力和磨削热大，工件容易产生变形，甚至会发生烧伤现象。此外，由于无纵向进给运动，砂轮表面修整的形态会反映到工件的表面上，使工件精度降低，表面粗糙度值增大。

受砂轮的厚度限制，横向磨削法只适合于磨削长度较短的外圆表面及不能采用纵向进给的场合，如磨削长度较短且有台阶的轴颈和成形磨削等。

(3) 综合磨削法。综合磨削法是横向磨削与纵向磨削的综合。磨削时，先采用横向磨削法分段粗磨外圆，并留 0.03~0.04 mm 的精磨余量，然后再用纵向磨削法精磨至要求尺寸。综合磨削法利用了横向磨削生产率高的特点对工件进行粗磨，又利用了纵向磨削精度高、表面粗糙度值小的特点对工件精磨，因此适用于磨削余量大、刚度大的工件，但磨削长度不宜太长，通常分成 2~4 段进行横向磨削为宜。

2. 圆锥体的磨削方法

在外圆磨床上磨削外圆锥面，根据工件的形状和锥度的大小，有以下 3 种方法。

1) 转动工作台磨削圆锥体的方法

将工件装夹在前、后两顶尖之间，圆锥大端在前顶尖侧，小端在后顶尖侧，将上工作台相对下工作台逆时针转动一个角度（等于圆锥半角 $\alpha/2$ ）。磨削时，采用纵向磨削法或综合磨削法，从圆锥小端开始试磨。转动工作法适用于锥度不大的长工件，如图 2.1-8 所示。

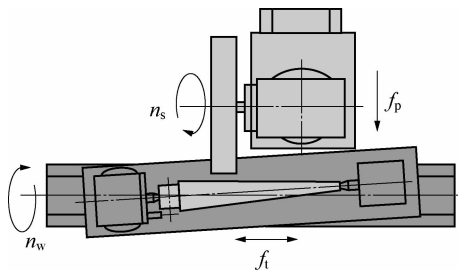


图 2.1-8 转动工作台磨削外圆锥

2) 转动头架磨削圆锥体的方法

适用于磨削锥度较大且长度较短的工件。将工件装夹在头架的卡盘中，头架逆时针转动 $\alpha/2$ 角度，磨削方法同转动

工作台法,如图 2.1-9 所示。

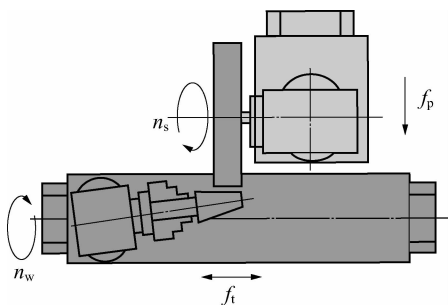


图 2.1-9 转动头架磨削外圆锥

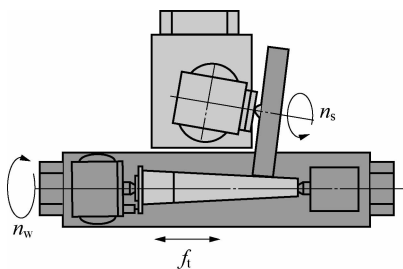


图 2.1-10 转动砂轮架磨削外圆锥

3) 转动砂轮架磨削圆锥体的方法

当工件较长且锥度较大时,只能用转动砂轮架来磨削外圆锥面。将砂轮架偏转 $\alpha/2$ 角度,用砂轮的横向进给进行圆锥面磨削,此时工作台不允许纵向进给,如果锥面素线长度大于砂轮厚度,则需要用分段接刀的方法进行磨削。如图 2.1-10 所示。

三、无心外圆磨削

无心外圆磨削需在无心外圆磨床上进行。磨削时,工件不需要顶尖或卡盘装夹,而是将工件放在磨床上的砂轮和导轮之间,由托板支持着。工件的待加工表面就是定位基准,砂轮磨削产生的磨削力将工件推向导轮,导轮是橡胶结合剂的胶轮,它的轴线略向后倾斜一些,靠导轮和工件之间的摩擦力,带动工件旋转并镶嵌推进,完成圆周进给运动和纵向进给运动。无心外圆磨削有贯穿法和切入法两种磨削方法。

四、内圆的磨削方法

1. 内圆柱表面的磨削

在万能磨床上用内圆磨头磨削内圆主要用于单件、小批量生产,在大批量生产时,一般采用内圆磨床磨削。内圆磨削是常用的内孔精加工方法,可以在工件上加工通孔、不通孔、台阶孔及端面等。常用的内圆磨削方法有纵向磨削法和横向磨削法两种。

1) 纵向磨削法

与外圆的纵向磨削法相同,砂轮的高速旋转为主运动,工件与砂轮旋转方向相反的低速旋转为圆周进给运动,工作台沿被加工孔的轴线方向作往复移动的即为纵向进给运动,在每个往复行程终了时,砂轮沿工件径向横向进给,直至达到所需的

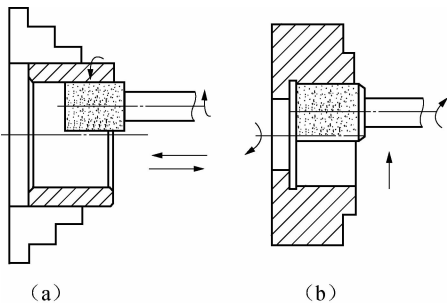


图 2.1-11 内圆的磨削

(a) 磨通孔; (b) 磨不通孔

直径, 如图 2.1-11 (a) 所示。

2) 横向磨削法

磨削时, 工件只作圆周进给运动, 砂轮回转为主运动, 同时以很慢的速度连续或断续地向工件作横向进给运动, 直至孔径磨到规定尺寸, 如图 2.1-11 (b) 所示。

2. 内圆锥面磨削方法

在万能磨床上磨削内圆锥面有以下两种方法。

1) 转动工作台磨削内圆锥

转动工作台磨削内圆锥, 磨削时, 工作台偏转 $\alpha/2$ 角度, 工作台带动工件作纵向往复运动, 砂轮作横向进给, 如图 2.1-12 所示。适用于磨削锥度不大的内圆锥面。

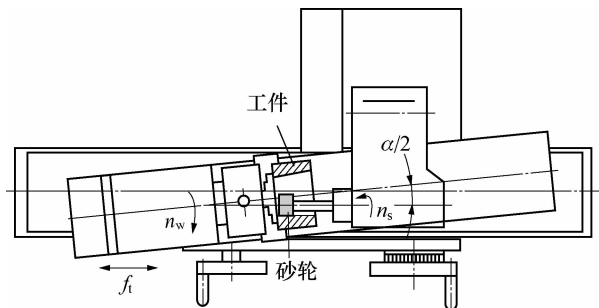


图 2.1-12 转动工作台磨削内圆锥

2) 转动头架磨削内圆锥

转动头架磨削内圆锥时, 将头架偏转 $\alpha/2$ 角度, 磨削时工作台作纵向往复运动, 砂轮作横向进给, 这种方法也可以在内圆磨床上磨削各种锥度的内圆锥面 (如图 2.1-13 所示)。适用于磨削锥度较大的内圆锥面。

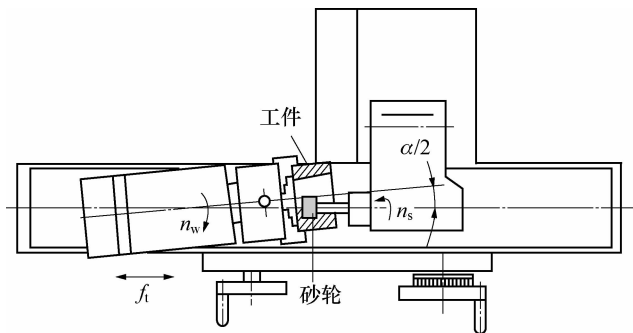


图 2.1-13 转动头架磨削内圆锥

3. 加工特点

与磨外圆相比，磨内圆有以下特点。

(1) 砂轮轴比较细，而悬伸出部分较长，刚性较差，容易产生弯曲变形和振动，加工精度及表面质量较低，磨削用量较低，因而磨削生产率也比较低。

(2) 内圆磨削的砂轮直径受到工件孔径的限制，尺寸较小，为了使砂轮达到一定的线速度，砂轮的转速要求比较高，因而砂轮上每粒磨粒在单位时间内的切削次数增多，导致砂轮的磨粒容易变钝。此外，因磨屑的排除比较困难，磨屑常聚集在孔中而使砂轮容易堵塞，所以，内圆磨削砂轮需要经常修整和更换。这样，就增加了辅助时间，降低了生产率。

(3) 因砂轮直径小，内圆磨削的线速度低，要获得较小的表面粗糙度值比较困难。

(4) 内圆磨削时，砂轮与工件之间的接触面积大，磨削力和磨削热增大，而切削液很难直接浇注到磨削区域，因此，磨削温度较高。

由于内圆磨削的生产效率和加工精度都比外圆磨削差，所以内圆磨削的应用远比外圆磨削普遍。目前，内圆磨削主要用于用镗削、铰削、滚压等方法无法加工或难以加工，以及有特殊要求的零件。

思考与练习

1. 在外圆磨床上磨削外圆的方法有哪几种？各有什么特点？如何选用？
2. 磨削内圆为什么比磨削外圆困难？
3. 在万能外圆磨床上磨外圆锥面有哪几种方法？各适用于什么场合？
4. 平面磨床有哪几种类型？
5. 在外圆磨床上进行磨削台阶轴练习。
6. 在内圆磨床上进行磨削通孔练习。
7. 在平面磨床上磨削平行平面工件。

项目 2.2

发动机盖板平面的磨削

项目描述

发动机盖板是发动机的主要零部件，如图 2.2-1 所示，盖板的两个平面的平面度、平行度、表面粗糙度等要求较高，需要粗磨后再加工各孔，最后还需校平、磨精。

本项目通过在平面磨床上磨削加工挡板，掌握磨床大平面的基本操作方法及

对薄型零件加工变形的校平方法。

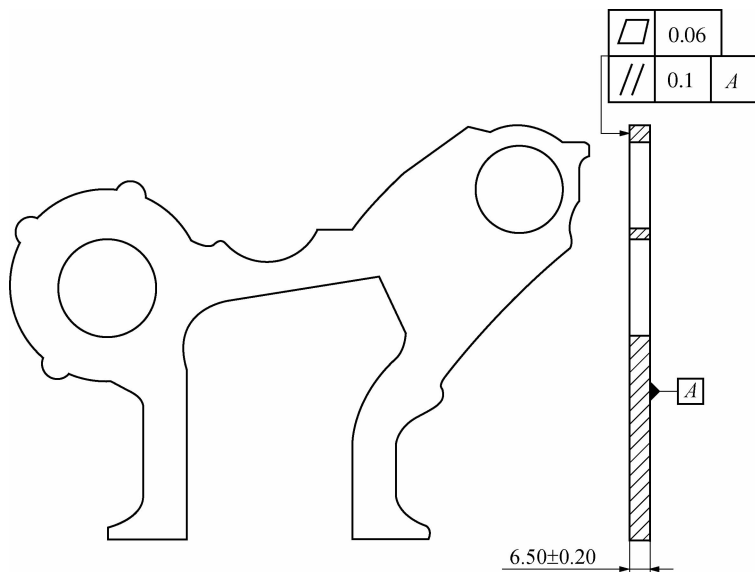


图 2.2-1 盖板

技能目标

- (1) 能正确操作平面磨床、外圆磨床、内孔磨床。
- (2) 能正确选择砂轮和安装。
- (3) 能正确调整切削用量。

在卧轴矩台平面磨床上磨发动机盖板

如图 2.2-1 所示的发动机盖板，毛坯选用厚度为 7.0 mm 的 Q235 板材切割成形。机械加工工序分：校平、粗磨平面、钻孔定位、绞定位孔、钻孔、镗孔、压孔、校平、精磨平面等，最后在三坐标测量仪上进行精度检测。本项目的加工任务是粗磨、精磨平面。

一、工艺分析

零件的厚度尺寸公差为 (6.5 ± 0.2) mm；平面的平面度为误差为 0.06 mm，且 100 mm 误差小于等于 0.025 mm；平面的平行度为 0.10 mm；平面的表面粗糙度值 $Ra \leq 1.6 \mu\text{m}$ 。为了保证加工质量，满足零件的技术要求。必须采取合理的工艺措施与加工方法。

二、决策

- (1) 设备选用。根据现有设备选择，如选用 M7150 卧轴矩台平面磨床。
- (2) 分粗磨、精磨工序加工。

(3) 磨削加工前对工件进行平面校平。

三、计划

1. 机床、砂轮及进给量的选用

(1) 用一台磨床粗加工, 根据零件的材料选用 60 粒白色的氧化铝砂轮。 n_0 已定, $a_p \leq 0.05 \text{ mm}$; 间歇量每次 $\leq 10 \sim 20 \text{ mm}$ 。

(2) 用一台磨床精加工, 根据零件的材料选用 80 粒白色的氧化铝砂轮。 n_0 已定, $a_p \leq 0.03 \text{ mm}$; 间歇量每次 $\leq 5 \sim 10 \text{ mm}$ 。

四、实施

1. 切削加工工作准备

(1) 工具准备。准备平板、砂轮专用的扳手、木锤、砂轮笔及笔座、清洗剂、棉纱、擦布、橡胶块等。

(2) 量具准备。准备 0~25 千分尺、直角尺、框式水平仪各一把。

2. 砂轮安装及检查

(1) 安装砂轮之前检查砂轮是否有裂缝: 用木棒轻轻四处敲打悬在空中的砂轮, 听声音, 清脆声音为好, 沉闷声音有问题。如有问题再仔细查找, 如发现有裂缝不要使用, 否则砂轮在使用过程中容易爆裂, 造成机床或人身事故。

(2) 砂轮安装后要经过两次重力平衡砂轮笔的修整, 否则因砂轮各处重力不平衡, 在旋转砂轮离心力的作用下, 导致切削不平稳。

(3) 砂轮笔修整好砂轮后, 如工作台刮伤、碰伤痕迹, 必须修整工作台面, 磨平即可。

3. 粗磨

(1) 工件安装。先用橡胶块刮掉集水, 然后用棉纱或抹布把工作台擦拭干净; 检查工件是否有毛刺, 用锉刀锉掉工件毛刺, 再把工件定位面擦干净后放到工作台合适的位置, 如图 2.2-2 所示。

(2) 按粗磨工序要求磨至尺寸 (留余量)。

4. 精磨

(1) 精磨前的工件平面应校平, 如图 2.2-3 所示。

(2) 工件安装。注意工件基准面与工作台面的清洁。

(3) 按精磨要求磨削至尺寸。

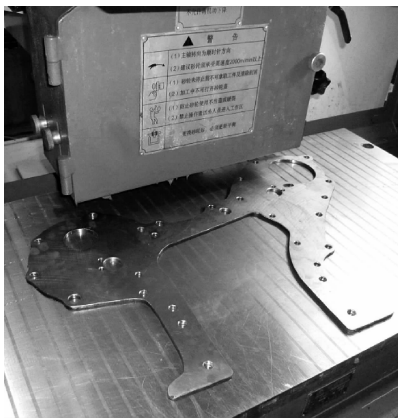


图 2.2-2 工件安装

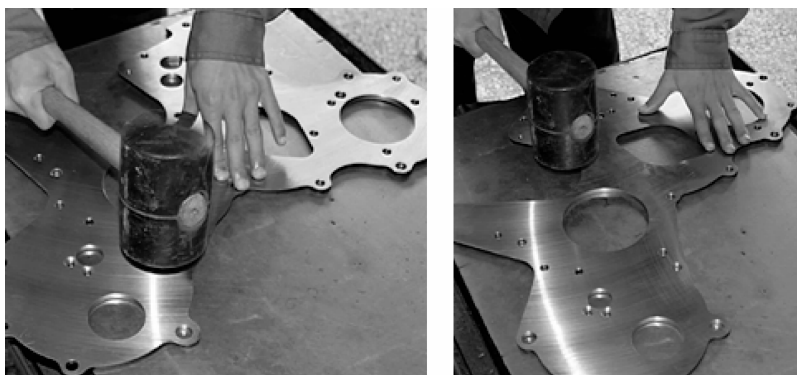


图 2.2-3 工件平面校平

5. 磨削过程应注意以下事项

- (1) 磨削时注意工作台摆动是否有爬行，应及时消除液压油油路的空气。
- (2) 磨削时发现砂轮不锋利，应及时修整砂轮。
- (3) 粗磨完毕，零件要用清洗剂冲洗干净，工作台用橡胶刮干净。
- (4) 精磨前应进行平面度校平，确保平面度与平行度。

五、检查

(1) 加工完毕，对工件进行质量检查。应检查厚度尺寸、平面度、平行度等，并进行最终精度检测。图 2.2-4 所示是用三坐标测量仪检测零件的厚度、平面度与平行度；图 2.2-5 所示是用三坐标测量仪检测零件的侧面精度；图 2.2-6 所示是三坐标测量仪检测零件的孔位置精度。

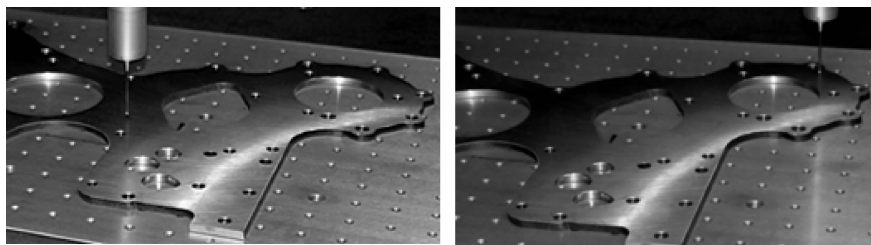


图 2.2-4 三坐标测量仪检测厚度、平面度与平行度



图 2.2-5 三坐标测量仪检测零件侧面精度

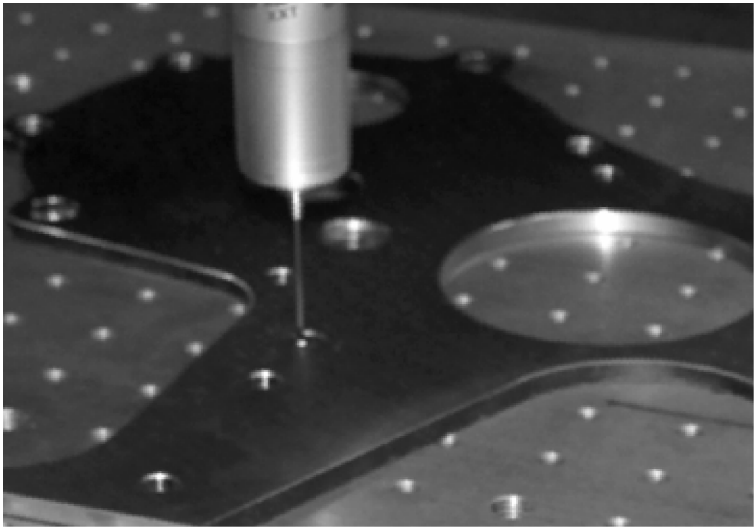


图 2.2-6 三坐标测量仪检测孔的位置精度

- (2) 对设备进行清扫维护，检查各手柄所处位置是否正确。
- (3) 关闭机床电源。

六、评价

- (1) 对盖板加工质量评价。
- (2) 对加工过程操作规范程度进行评价。
- (3) 对使用设备的保养、工作环境、整理状况进行评价。
- (4) 分析加工过程可能出现的各种质量问题及预防措施，见表 2.2-1 所列。

表 2.2-1 加工质量问题的原因与预防

质量问题	产生原因	预防措施
厚度尺寸超差	1. 尺寸控制不准。 2. 测量不准。 3. 砂轮导轨间隙过大。	1. 考虑砂轮的磨损量。 2. 不能单一测量一点，应多点测量。 3. 调整砂轮导轨间隙。
平面度超差	1. 间歇量过大，工件变形。 2. 吃刀深度过大。 3. 砂轮磨损或不锋利。 4. 未充分浇注冷却液。	1. 间歇量调整适当。 2. 吃刀深度适当。 3. 重新修磨平整砂轮。 4. 充分浇注冷却液。
平行度超差	1. 工件毛刺锉得不干净。 2. 工作台擦不干净。 3. 砂轮不锋利。 4. 砂轮导轨间隙过大。	1. 检查并锉干净毛刺。 2. 检查并擦干净工作台。 3. 重新修磨平整砂轮。 4. 调整砂轮导轨间隙。

思考与练习

1. 在平面磨床上磨削平行平面应注意那些问题？
2. 在粗磨与精磨发动机盖板前，为什么要对工件进行校平。
3. 影响磨削平面度与平行度的因素有哪些？
4. 训练发动机盖板的校平，完成批量磨削加工任务。

情境三

零件钳工制作

项目 3.1

角度样板的钳工制作

项目描述

角度样板是刃磨麻花钻头的检查量具，用来检查刃磨后麻花钻的顶角角度大小及两主切削刃是否等长，样板形状与尺寸如图 3.1-1 所示。通过样板的制作，要求必须掌握钳工的基本操作，即钳工划线、手工锯割、锉削、錾等，以及钳工常用量具的正确使用。

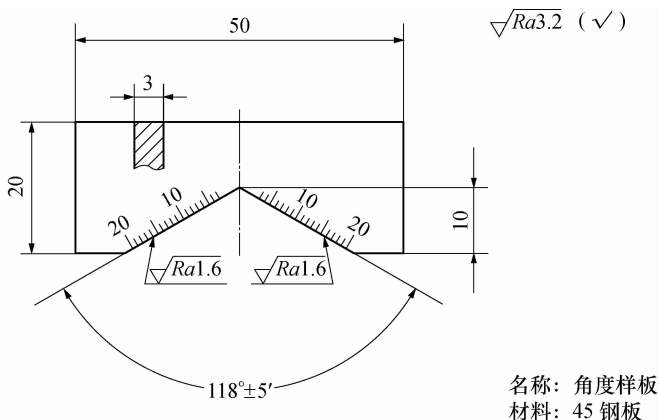


图 3.1-1 角度样板

技能目标

- (1) 能根据零件图正确使用划线工具、量具，在板坯上正确画出角度样板的加工基准线。
- (2) 能正确使用锯弓、錾子进行角度样板的粗加工。
- (3) 能正确使用锉刀、直角尺、角度尺对角度样板进行精细测量加工。
- (4) 能在规定时间内按图样完成零件的加工。

3.1.1 钳工基础操作

一、钳工操作知识准备

1. 钳工的主要工作内容

钳工是以手工操作为主的工种，大体可分普通钳工、机修钳工、工具钳工、装配钳工等。诸多钳工工作中，钳工基本操作，是钳工必须掌握的技能。

机械制造业中，一台机器的绝大多数零件要进行金属切削加工。通常是经过铸造、锻造、焊接等加工方法先制成毛坯，然后经过车、铣、刨、磨、钳、热处理等加工制成零件，最后将零件装配成机器。一般的机械制造厂都有铸工、锻工、焊工、车工、铣工、刨工、磨工、钳工、热理工等多个工种。

钳工工种，主要是用手工工具在台虎钳进行手工操作或使用钻床及其他设备辅助完成加工。钳工的主要工作大致如下。

1) 加工零件

一些采用机械方法不适宜或不能解决的加工，都可由钳工来完成。如零件加工过程中的划线、精密加工（如刮削、研磨、锉削样板和制作模具等）以及检验和修配等。

2) 装配

把零件按机械设备的各项技术要求进行组件、部件装配和总装配，并经过调整、检验和试车等，使之成为合格的机械设备。

3) 设备维修

当机械设备在使用过程中产生故障，出现损坏或长期使用后精度降低，影响使用时，也要通过钳工进行维护和修理。

4) 工具的制造和修理

制造和修理各种工具、夹具、量具、模具及各种专用设备。

因此，钳工是机械制造工业中不可缺少的工种。随着机械工业的日益发展，钳工的工作范围愈来愈广泛，需要掌握的技术理论知识和操作技能也愈来愈复杂。于是产生了专业性的分工，以适应不同工作的需要。有的钳工主要从事机器或部件的装配、调整工作和一些零件的钳加工工作；有的钳工主要从事模具、夹具、工具、量具及样板的制作和修理工作，有的钳工则主要从事各种机械设备的维护和修理工作。

钳工尽管专业分工不同，但他们都必须掌握钳工的各项基本操作技能，基本内容有：划线、锯切、锯割、锉削、钻孔、扩孔、铰孔、绞孔、攻丝和套丝、矫正和弯曲、铆接、黏结、刮削、研磨、装配和调试、测量和简单的热处理等。

2. 钳工的工作场地

钳工的工作场地是一人或多人工作的固定地点。在工作场地内有常用的设

备，并配备相应的各种辅助工具。

1) 钳工常用设备

钳工常用设备有钳台、台虎钳、砂轮机、台钻和立钻等。

(1) 钳台。钳台也称钳桌（如图 3.1-2 所示），钳台用木料或钢材制成，台面上可铺上铁皮或橡胶垫，以保护台面。上面装有台虎钳，钳口高度恰好齐人的手肘为宜，长度和宽度可随工作需要而定，钳台一般有几个抽屉，用来收藏工具。图 3.1-2 (a) 所示是单工位钳桌，图 3.1-2 (b) 所示是多工位钳桌。

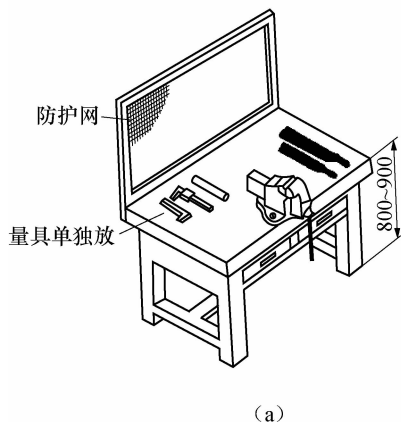


图 3.1-2 钳工工作台

(2) 台虎钳。台虎钳是钳工工作的主要设备，用来夹持工件。其规格以钳口的宽度表示，有 100 mm、125 mm 和 150 mm 等。

台虎钳有固定式和回转式两种，图 3.1-3 所示为固定式台虎钳，图 3.1-4 所示为回转式台虎钳。回转式台虎钳的钳身可在转盘座上绕轴心线转动。当操作需要时，把锁紧手柄逆时针转动松开，转盘座连同钳身转动，转到所需的角度的后，再顺时针扳紧锁紧手柄，使转盘座夹紧即可。回转式台虎钳由于使用方便，故应用较广。

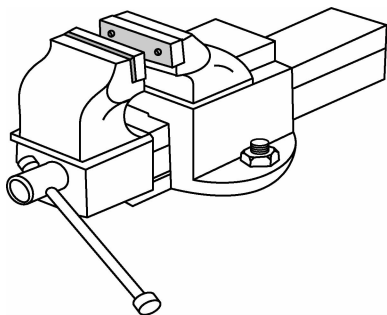


图 3.1-3 固定式台虎钳

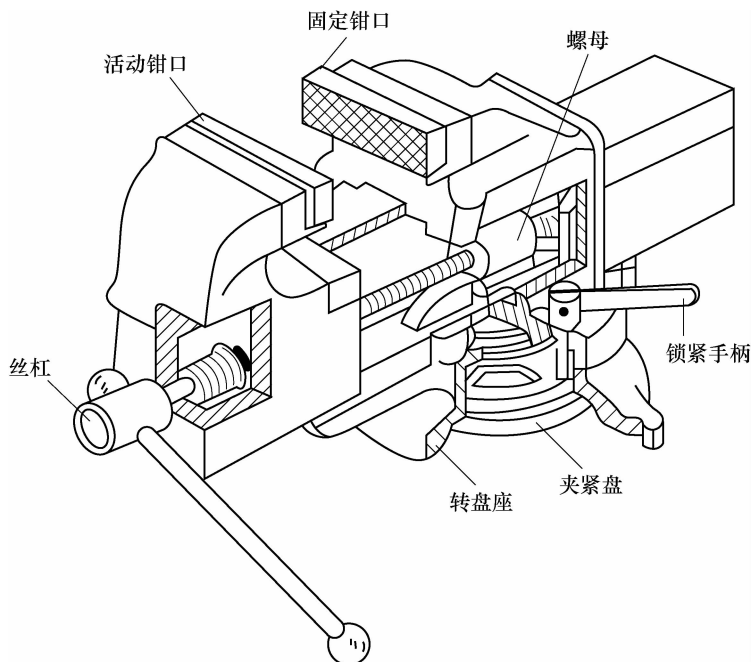


图 3.1-4 回转式台虎钳

(3) 台虎钳的正确使用和维护。①台虎钳安装在钳台上时，必须使固定钳身的钳口工作面处于钳台边缘之外，以保证夹持长条形工件时，工件的下端不受钳台边缘的阻碍。

②台虎钳必须牢固地固定在钳台上，两个夹紧螺钉必须扳紧，使工作时钳身没有松动现象。否则容易损坏台虎钳和影响工作质量。

③夹紧工件时只允许依靠手的力量来扳动手柄，绝不能用手锤敲击手柄或随意套上长管子来扳手柄，以免丝杠、螺母或钳身损坏。

④在进行强力作业时，应尽量使力量朝向固定钳身，否则将额外增加丝杠和螺母的受力，以致造成螺纹的损坏。

⑤不要在活动钳身的光滑平面上进行敲击工作，以免降低它与固定钳身的配合性能。

⑥丝杠、螺母和其他活动表面上都要经常加油并保持清洁，以利于润滑和防止生锈。

(4) 砂轮机。砂轮机结构如图 3.1-5 所示，用来刃磨銼子（凿子）、钻头和刮刀等刀具或其他工具，

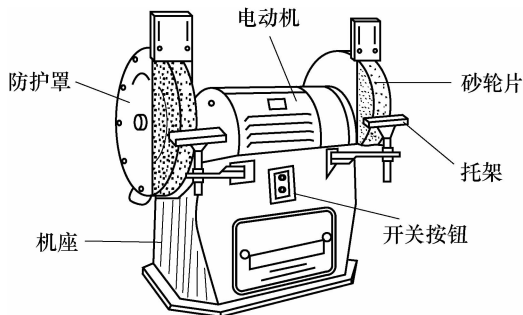


图 3.1-5 砂轮机

也可用来磨去工件或材料的表面硬层等。用于刃磨刀具的砂轮机主轴直径较小、转速较高、砂轮粒度较细；用于打磨工件毛坯或材料的砂轮机主轴直径较大、转速较低、砂轮粒度较粗。因此不能用刃磨刀具的砂轮机来打磨毛坯等不规整的材料。使用砂轮机时应遵守安全操作规程，严防产生砂轮碎裂和人身事故，安全操作知识请参看情境一的项目 1.2 中的刀具刃磨内容。

(5) 钻床。钻床是钳工用于机械加工的主要设备，将在后面的项目 3.2 中详细介绍。

2) 工作场地的安全文明生产要求

合理组织好钳工的工作场地及安全文明生产，是提高劳动生产率和产品质量的一项重要措施。为此，必须做到以下几点。

(1) 主要设备的布置要合理。如钳台要放在便于工作和光线适宜的地方；两对面使用的钳台中间要装安全网；砂轮机和钻床一般安装在工作场地的边沿，以保证安全。

(2) 毛坯和工件要有规则地存放，并整齐摆放在货架上。货架在工作场地的位置及工件的存放要考虑到便于操作。

(3) 使用的机床、工具（如钻床、砂轮机、手电钻等）要经常检查，发现损坏应及时上报修理，在未修复前不得使用。

(4) 使用电动工具时，要有绝缘防护和安全接地措施。使用砂轮时，要戴好防护眼镜。在钳台上进行錾削时，要有防护网。清除切屑要用刷子，不要直接用手清除或用嘴吹。

(5) 量具、工具或工件应归类分开，整齐合理摆放，不能混放在一起。应把使用的量具拿出量具盒，并把盒子关闭，量具整齐放在既安全又便于操作的位置。工作完毕，先把量具擦拭干净再放回量具盒内。

(6) 在工作过程中，应养成合理使用工量具的习惯，做到：常用的工具要放在工作位置附近；精密工具要轻放；工具要放在清洁的地方；不要随地乱丢。工具的收藏要做到：摆放整齐，不得混乱堆放，以防损坏和取用不便。

(7) 工作场地应经常保持整洁。工作完毕后，所用过的设备和工具都要按要求进行清理和涂油，并放回原来位置；工作场地要清扫干净，铁屑等污物要送往指定的堆放地点。

3. 钳工基本操作中常用的工量具

钳工常用工具有划线用的划针、划针盘、划规（圆规）、中心冲（样冲）和平板，錾削用的手锤和各种錾子，锉削时用的各种锉刀，锯割用的锯弓和锯条，孔加工用的麻花钻、各种铰钻和铰刀，攻丝、套丝用的各种丝锥、板牙和绞杠（绞手），刮削用的平面刮刀和曲面刮刀，装配用的各种扳手和起子。

常用的量具有钢尺、刀口直尺、内外卡钳、游标卡尺、千分尺、直角尺、量角器（万能游标量角器）、厚薄规、量块、百分表等。

常用的工量具使用与保养将在后面的操作训练中逐步介绍, 钢尺、刀口直尺、游标卡尺、千分尺、直角尺、深度尺、高度尺等量具的使用已在铣工操作中介绍, 这里介绍其他几种量具的使用与维护方法。

1) 千分尺

千分尺是一种精密量具, 它的测量精度比游标卡尺高, 而且比较灵敏。因此, 对于加工精度要求较高的工件尺寸, 要用千分尺来测量。

千分尺的结构如图 3.1-6 (b) 所示。图中 1 是尺架, 尺架的左端有砧座 2, 右端是表面有刻线的固定套管 3, 里面是带有内螺纹 (螺距 0.5 mm) 的衬套 6, 测微螺杆 8 右面的螺纹可沿此内螺纹回转, 并用轴套 4 定心。在固定套管 3 的外面是有刻线的微分筒 7, 它用锥孔与衬套 6 右端的锥体相连。测微螺杆 8 转动时的松紧程度可用 4 上的螺母调节。转动锁紧手柄 5, 可使测微螺杆 8 固定不动。松开罩壳 9, 可使螺杆 8 与微分筒 7 分离, 以便调整零线位置。棘轮盘 12 用螺钉 13 与罩壳 9 连接, 转动棘轮盘 12, 螺杆 8 就会移动。当测微螺杆 8 的左端面接触工件时, 棘轮盘 12 在棘爪销 11 的斜面上打滑, 螺杆 8 就停止前进。由于弹簧 10 的作用, 使棘轮盘 12 在棘爪销斜面滑动时发生吱吱声。如果棘轮盘 12 反方向转动, 则拨动棘爪销 11、微分筒 7 转动, 使螺杆 8 向右移动。

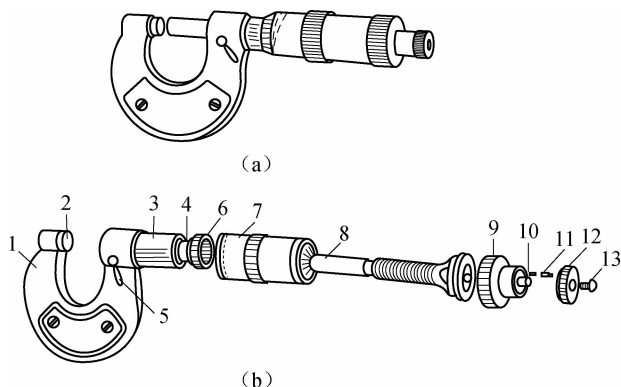


图 3.1-6 千分尺的结构

1—尺架; 2—砧座; 3—固定套管; 4—轴套; 5—锁紧手柄; 6—衬套;
7—微分筒; 8—螺杆; 9—罩壳; 10—弹簧; 11—棘爪销; 12—棘轮盘; 13—螺钉

2) 百分表

百分表可用来检验机床精度和测量工件的尺寸、形状和位置误差。

百分表的结构如图 3.1-7 所示。图中 1 是淬硬的触头, 2 是测量杆的下端, 测量杆中部有齿条。当测量杆上升时, 带动齿数为 16 的小齿轮 3。与小齿轮 3 同轴装有齿数为 100 的大齿轮 4, 由这个齿轮带动中间齿数为 10 的小齿轮 11。与小齿轮 11 同轴装有长指针 7, 因此长指针就随着小齿轮 11 一起转动。在小齿轮 11 的另一边装有大齿轮 10, 在其轴下端装有游丝, 用来消除齿轮间的间隙, 以保证其精度。该轴的上端装有短指针 9, 用来记录长指针的转数 (长指针转一周

时短指针转一格)。拉簧 12 的作用是使测量杆 2 能回到原位。在表盘 5 上刻有线条,共分 100 格。转动表圈 6,可调整表盘刻线与长指针的相对位置。端盖 8 用于测量杆的下移极限限位,防止测量杆下移超出量程而损坏齿轮、齿条或拉簧。固定套 13,用于测量杆的导向,其安装在表架上的夹持部位。

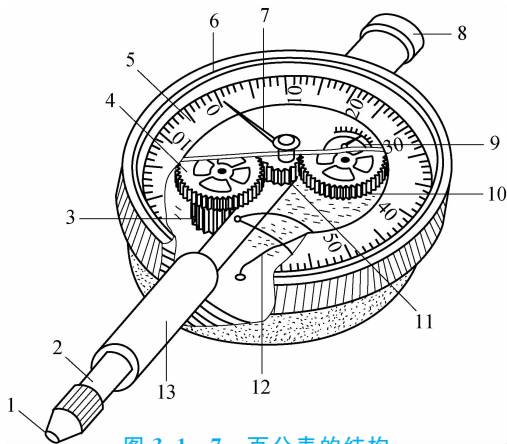


图 3.1-7 百分表的结构

1—触头；2—测量杆；3—小齿轮；4—大齿轮；5—表盘；6—表圈；7—长指针；
8—端盖；9—短指针；10—大齿轮；11—小齿轮；12—拉簧；13—固定套

3) 万能游标量角器

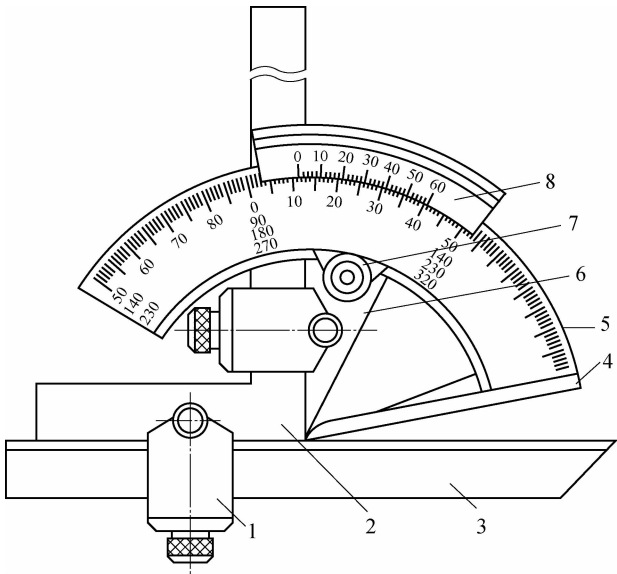


图 3.1-8 万能游标量角器

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

万能游标量角器是用来测量工件内外角度的量具。游标的测量精度一般分为 $2'$ ，其示值误差分别为 $\pm 2'$ ，万能游标量角器的结构如图 3.1-8 所示，万能游标量角器由

刻有角度刻线的尺身和固定在扇形板 6 上的游标 8 组成。扇形板可以在尺身上回转移动，形成与游标卡尺相似的结构。角尺 2 可用支架固定在扇形板 6 上，直尺 3 用支架固定在角尺 2 上。如果拆下角尺 2，也可将直尺 3 固定在扇形板上。

万能游标量角器的测量范围：由于直尺和直角尺可以移动和拆换，因此万能游标量角器可以测量 $0^{\circ} \sim 320^{\circ}$ 的任何角度，如图 3.1-9 所示。

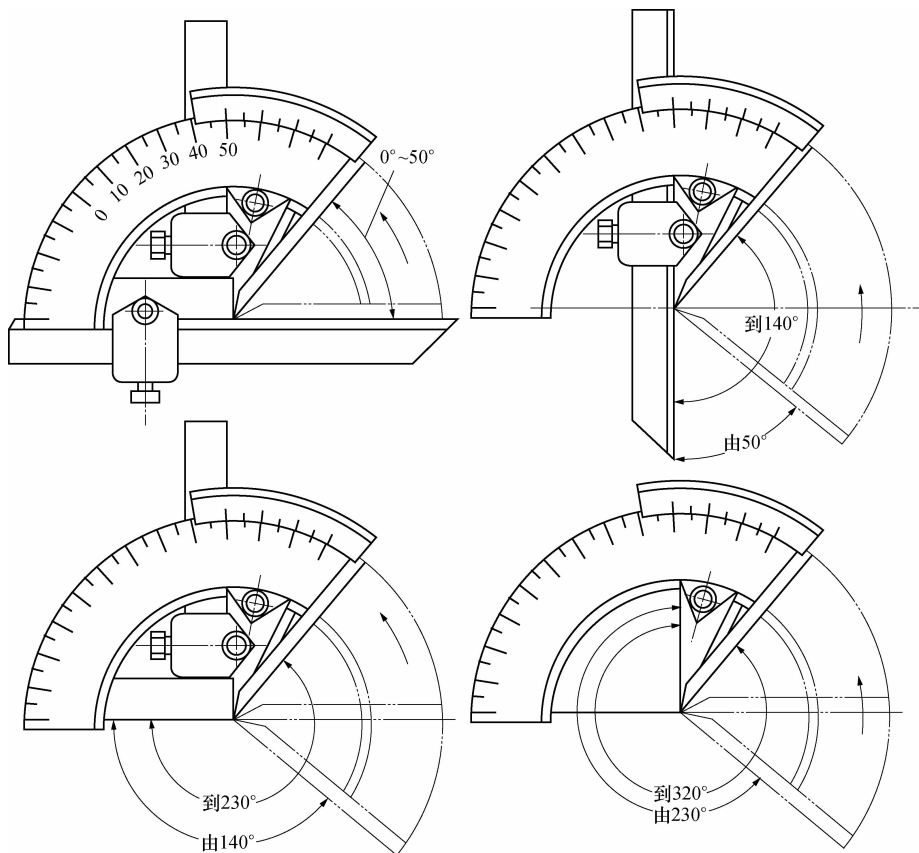
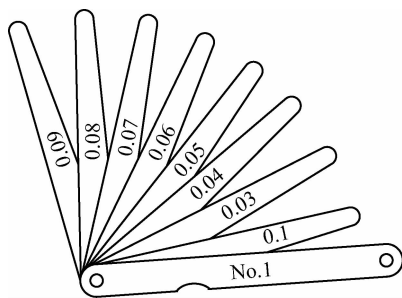


图 3.1-9 万能游标量角器的测量范围

4) 塞尺

塞尺又叫厚薄规，如图 3.1-10 所示，是用来检验两个结合面之间间隙大小的片状量规。

塞尺由若干测量片叠合在夹板里，测量片是两个平行的测量平面，按厚度分 $0.02 \sim 0.1$ mm 组（中间每片相隔 0.01 mm）和 $0.1 \sim 1$ mm 组（中间每片相隔 0.05 mm）。



3.1-10 塞尺

使用塞尺时，根据间隙的大小，可用一片或数片重叠在一起插入间隙内。例如用 0.1 mm 的塞尺可以插入工件的间隙，而用 0.12 mm 的塞尺插不进去时，说明工件的间隙在 0.1~0.12 mm 之间。

塞尺的测量片有的很薄，容易弯曲和折断，测量时不能用力太大，还应注意不能测量温度较高的工件。用完后要擦拭干净，涂上防锈油后及时合到夹板中。

4. 量具的维护和保养

为了保持量具的精度，延长其使用寿命，对量具的维护保养必须十分注意。为此，应做到以下几点。

- (1) 测量前应将量具的测量面和工件被测量面擦净，以免脏物影响测量精度和加快量具磨损。
- (2) 量具在使用过程中，不要和工具、刀具放在一起，以免碰坏。
- (3) 机床开动时，不要用量具测量工件，否则会加快量具磨损，而且容易发生事故。
- (4) 温度对量具精度影响很大，因此，量具不应放在热源（电炉、暖气片等）附近，以免受热变形。
- (5) 量具用完后，应及时擦净、涂油，放在专用盒中，保存在干燥处，以免生锈。
- (6) 精密量具应实行定期鉴定和保养，发现精密量具有不正常现象时，应及时送交计量室检修。

二、平面划线

划线是根据图样或实物的尺寸，用划线工具准确地在毛坯或工件表面上划出待加工部位的轮廓线，或作为基准的点、线。

划线分平面划线和立体划线两种。只需在一个平面上划线，即能明确表示出工件的加工界线的，称为平面划线；要在工件上几个互成不同角度（通常是互相垂直）的表面上划线，才能明确表示出工件的加工界线，称为立体划线，如图 3.1-11、图 3.1-12 所示。

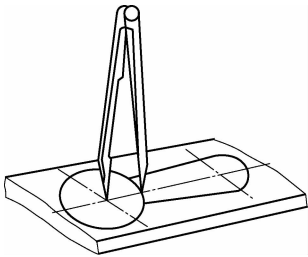


图 3.1-11 平面划线

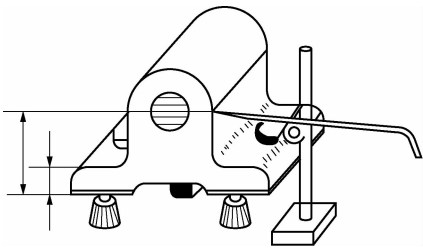


图 3.1-12 立体划线

1. 划线的的作用

- (1) 确定工件上各加工面的加工位置和加工余量。
- (2) 可检查毛坯的形状和尺寸是否符合图样，能否满足加工要求。当在坯料上出现某些缺陷的情况下，可通过划线时的“借料”方法，尽可能地补救。
- (3) 便于复杂工件在机床上安装，可以按划线找正定位。
- (4) 在板料上下料时，通过划线，可做到正确排料，合理使用材料。

2. 常用划线工具及其使用方法

(1) 钢直尺。钢直尺是一种简单的尺寸量具。在尺面上刻有尺寸刻线，最小刻线距为 0.5 mm，它的长度规格有 150 mm、300 mm、1 000 mm 等多种。主要用来量取尺寸、测量工件、也可作划直线时的导向工具，如图 3.1-13 所示。

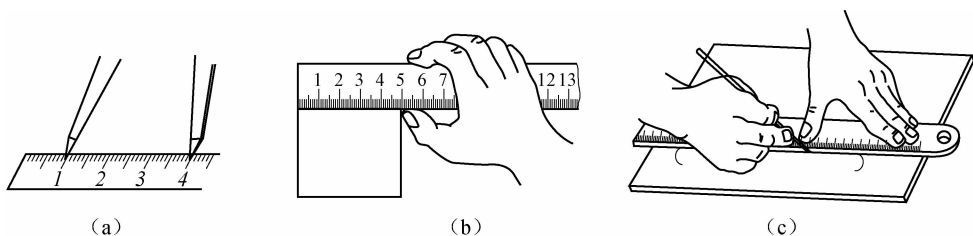


图 3.1-13 钢直尺的使用

(a) 量取尺寸；(b) 测量工件；(c) 划直线

(2) 划线平台。划线平台又称划线平板，如图 3.1-14 所示，由铸铁制成，工作表面经过精刨或刮削加工，作为划线时的基准平面。划线平台一般用木架搁置，放置时应使平台工作表面处于水平状态。

使用注意要点：平台工作表面应经常保持清洁，工件和工具在平台上都要轻拿、轻放，不可损伤其工作面，用后要擦拭干净，并涂上机油防锈。

(3) 划针。划针如图 3.1-15 所示，用来在工件上划线条，是用弹簧钢丝或高速钢制成的，直径一般为 $\phi 3 \sim 5$ mm，尖端磨成 $15^\circ \sim 20^\circ$ 的尖角，并经热处理淬火使之硬化。有的划针在尖端部位焊有硬质合金，耐磨性更好。

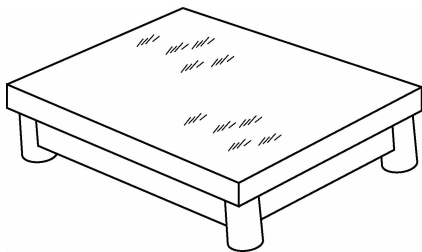


图 3.1-14 划线平台

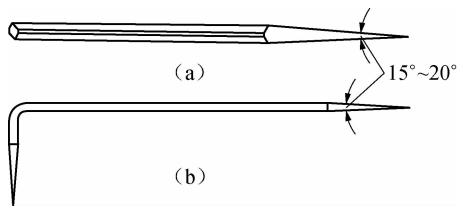


图 3.1-15 划针

(a) 高速钢直划针；(b) 钢丝弯头划针

使用注意要点：在用钢尺和划针划连接两点的直线时，应先用划针和钢尺定好后一点的划线位置，然后调整钢尺使与前一点的划线位置对准，再开始划出两点的连接直线，划线时针尖要紧靠导向工具的边缘，上部向外侧倾 $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$ ，向划线移动方向倾斜约 $45^{\circ} \sim 75^{\circ}$ ，如图 3.1-16 所示，针尖要保持尖锐，划线要尽量做到一次划成，使划出的线条既清晰又准确，不用时，划针不能插在衣袋中，最好套上塑料管不使针尖外露。

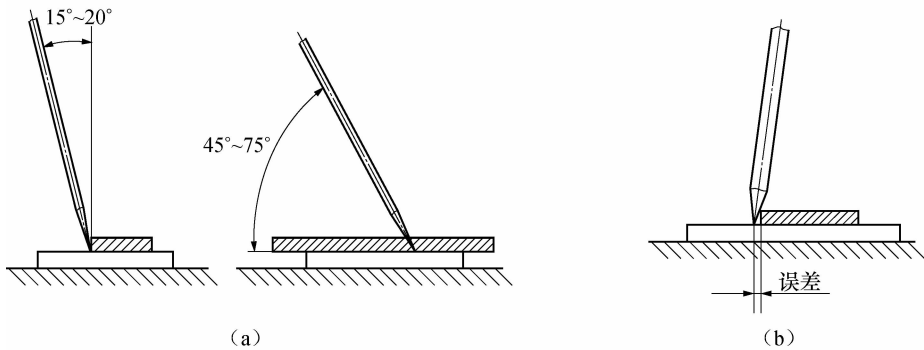


图 3.1-16 划针的用法

(a) 正确；(b) 错误

(4) 高度游标尺。高度游标尺如图 3.1-17 所示，高度游标尺在情境一项目 1.2 中已有使用，它附有划针脚，并能直接表示出高度尺寸，其读数精度一般为 0.02 mm ，可作为精密划线工具。

(5) 划规。图 3.1-18 所示是钳工划线用划规，是划圆和圆弧、等分线段、等分角度以及量取尺寸等常用的工具。划规两脚的长短要磨得稍有不同，而且两脚合拢时脚尖能靠紧，这样才可划出尺寸较小的圆弧；划规的脚尖应保持尖锐，以保证划出的线条清晰；用划规划圆时，作为旋转中心的一脚应加以较大的压力，另一脚则以较轻的压力在工件表面上划出圆或圆弧，这样可使中心不致滑动。

(6) 样冲。样冲用在工件所划加工线条上冲点，加强界限标志（称检验样冲点）或作划圆弧或钻孔定中心（称中心样冲点）。它一般用工具钢制成，尖端处淬硬，其顶尖角度在用于加强界限标记时大约为 40° ，用于钻孔定中心时约取 60° 。

冲点方法：先将样冲外倾使尖端对准线的正中，然后再将样冲立直冲点，如图 3.1-19 所示。

冲点要求：位置要准确，中点不可偏离线条（如图 3.1-20 所示）；在曲线上冲点距离要小些，如直径小于 20 mm 的圆周线上应有 4 个冲点，而直径大于 20 mm 的圆周线上应有 8 个以上冲点，在直线上冲点距离可大些，但短直线至少

有 3 个冲点；在线条的交叉转折处则必须冲点；冲点的深浅要掌握适当，在薄壁上或光滑表面上冲点要浅，粗糙表面上要深些。

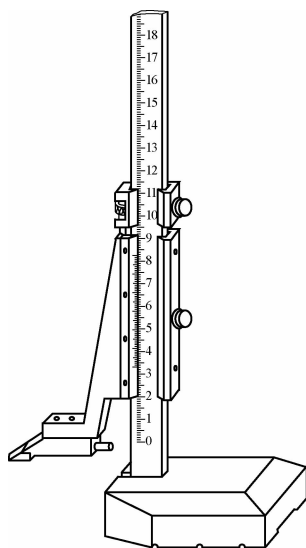
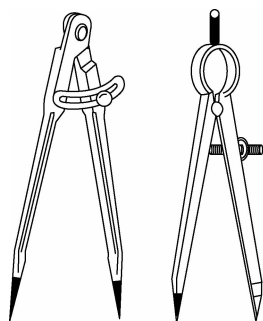
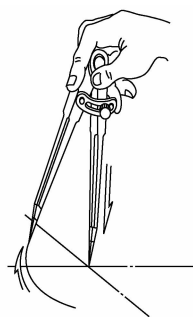


图 3-17 高度尺



(a)



(b)

图 3-18 划规及其使用

(a) 划规；(b) 划规画圆

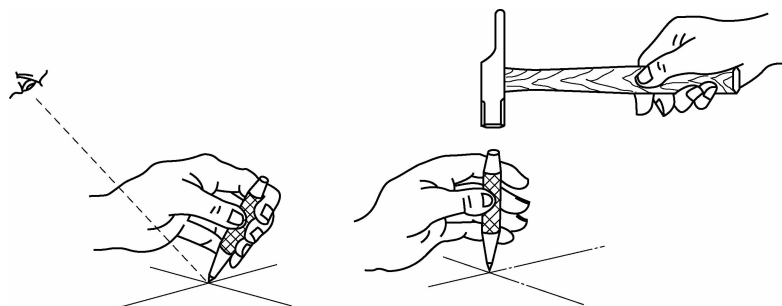
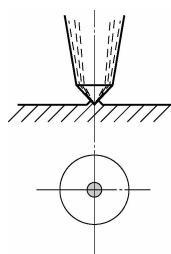
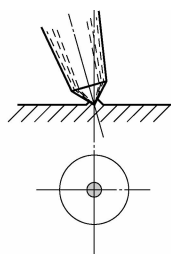


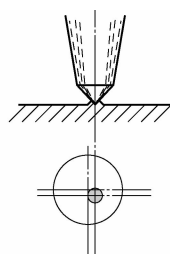
图 3.1-19 样冲的使用方法



(a)



(b)



(c)

图 3-20 样冲点

(a) 正确；(b) 不垂直；(c) 偏心

(7) 90°角尺。90°角尺简称角尺，如图 3.1-21 (a) 所示，其两条边互成 90°角。划线时常用作划平行线 [见图 3.1-21 (b)] 和垂直线 [见图 3.1-21 (c)] 的导向工具，也可用来找正工件平面在划线平台上的垂直位置。

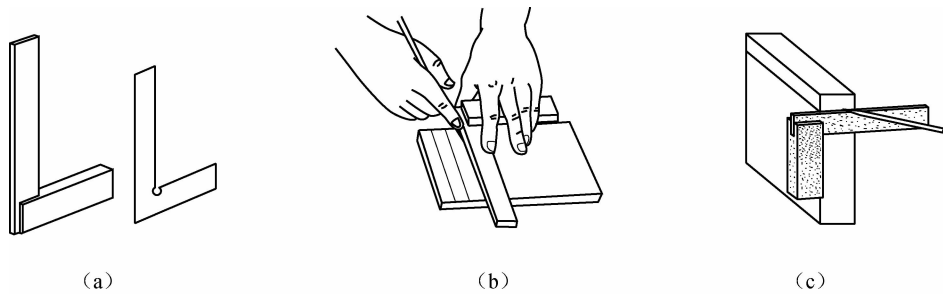


图 3.1-21 90°角尺及其使用

(8) 角度规。角度规如图 3.1-22 (a) 所示，常用于划角度线 [见图 3.1-22 (b)]。

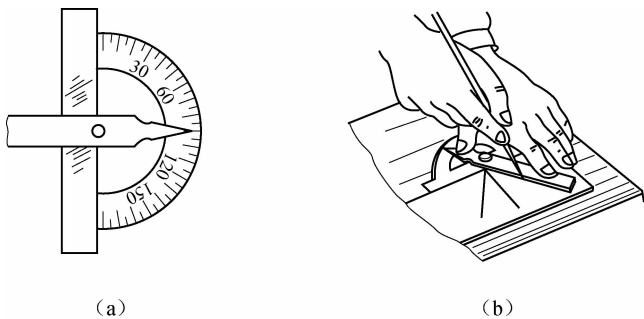


图 3.1-22 角度规及其使用

划线用量具的维护和保养与其他钳工常用量具的维护和保养方法相同。

3. 划线用涂料

为了使划出的线条清楚，一般都要在工件的划线部位涂上一层薄而均匀的涂料。常用的有石灰水，并在其中加入适量的牛皮胶来增加附着力，一般用于表面粗糙的铸、锻件毛坯上的划线；酒精色溶液（在酒精中加漆片和紫蓝颜料配成）和硫酸铜溶液，用于已加工表面上的划线。

4. 划线的要求

划线除要求划出的线条清晰均匀外，最重要的是保证尺寸准确。在立体划线中还应注意使长、宽、高三个方向的线条互相垂直。当划线发生错误或准确度太低时，就有可能造成工件报废。由于划出的线条总有一定的宽度，以及在使用划线工具和测量调整尺寸时难免产生误差，所以不可能绝对准确。一般的划线精度

能达到 $0.25 \sim 0.5 \text{ mm}$ 。因此,通常不能依靠划线直接确定加工时的最后尺寸,而必须在加工过程中,通过测量来保证尺寸的准确度。

5. 划线基准的选择

1) 基准的概念

在零件图上用来确定其他点、线、面位置的基准,称为设计基准;划线时选择工件上的某个点、线、面作为依据,用它来确定工件的各部分尺寸、几何形状及工件上各要素的相对位置,称划线基准。

2) 划线基准选择

划线时,应从划线基准开始,先确定好基准线的位置,然后再依次划其他形面的位置线及形状线。在选择划线基准时,应先分析图样,找出设计基准,使划线基准与设计基准尽量一致,这样能够直接量取划线尺寸,简化尺寸换算过程,使划线方便、准确。

划线基准一般可根据以下三种类型选择。

(1) 以两个互相垂直的平面(或线)为基准。如图 3.1-23 所示,从零件上互相垂直的两个方向的尺寸可以看出,每一方向的许多尺寸都是依照它们的外平面(在图样上是一条线)来确定的。此时,这两个平面就分别是每一方向的划线基准。

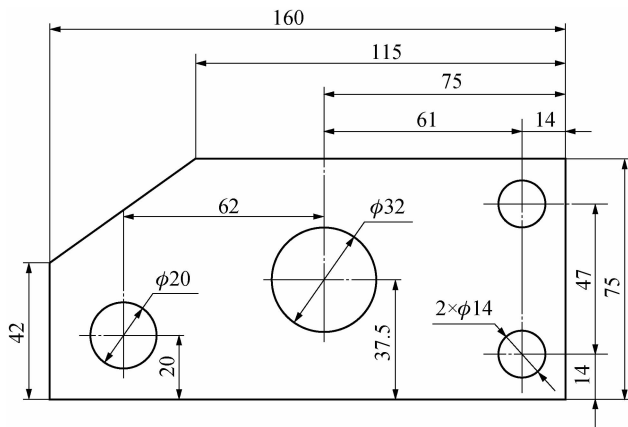


图 3.1-23 以两个互相垂直的平面为基准

(2) 以两条中心线为基准。如图 3.1-24 所示,该件上两个方向的尺寸与其中心线具有对称性,并且其他尺寸也从中心线起始标注。此时,这两条中心线就分别是这两个方向的划线基准。

(3) 以一个平面和一条中心线为基准。如图 3.1-25 所示,该工件上高度方向的尺寸是以底面为依据的,此底面就是高度方向的划线基准。而宽度方向的尺寸对称于中心线,所以中心线就是宽度方向的划线基准。

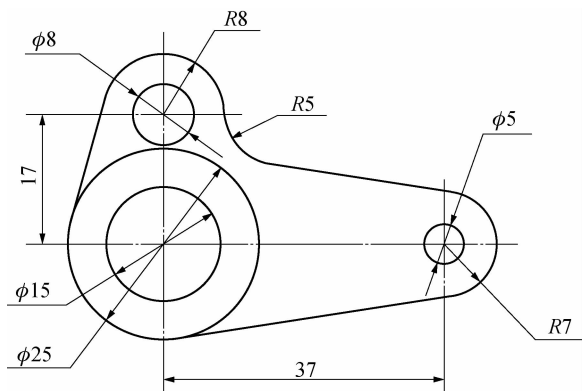


图 3.1-24 以两条中心线为基准

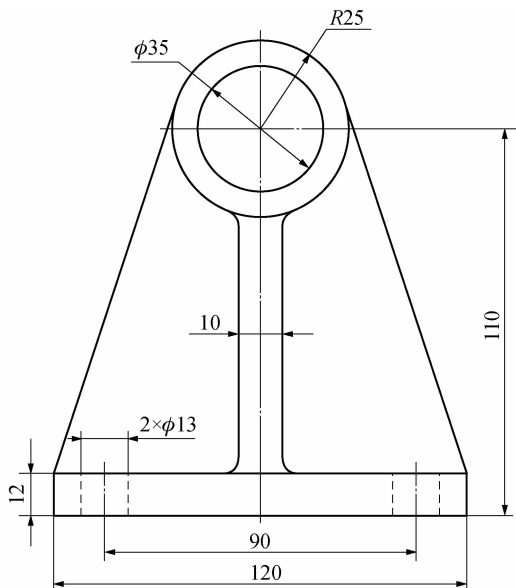


图 3.1-25 以一个平面和一条中心线为基准

划线时在零件的每一个方向都需要选择一个基准，因此，平面划线时一般要选择两个划线基准，而立体划线时一般要选择 3 个划线基准。

6. 划线练习

在薄板上按图 3.1-26 所示零件进行划线。

划线操作步骤如下。

- (1) 准备好所用的划线工具，习作工件为 $200\text{ mm} \times 300\text{ mm} \times 2\text{ mm}$ 薄板，并对实习 2 件进行清理和划线表面涂色。
- (2) 熟悉图形并按图选取的划线基准及最大轮廓尺寸安排好图中基准线在实

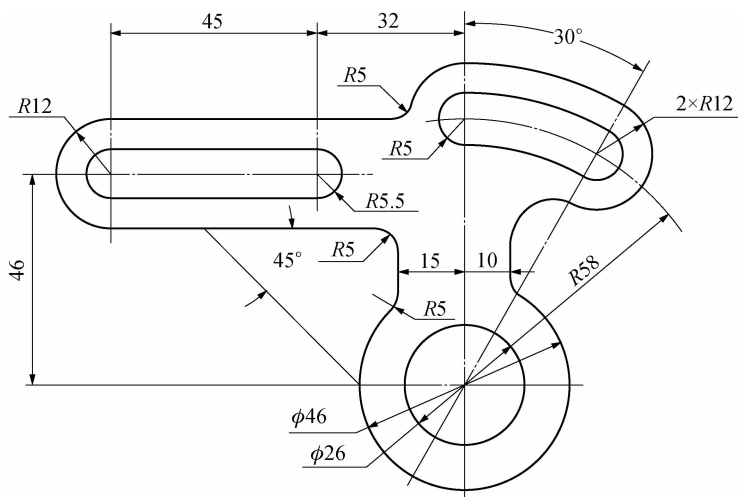


图 3.1-26 划线练习零件

习件上的合理位置。

(3) 按图中所标注的尺寸，依次完成划线（图中不注尺寸，作图线可保留），对图形、尺寸复检校对，确认无误后，在图中的 $\phi 26$ 孔、尺寸为 45 的长形腰孔及 30° 的弧形腰孔的线条上，敲上检验冲眼。

三、锯割

用手锯对工件材料进行切断或切槽等的加工方法，称为锯割。锯割的应用如图 3.1-27 所示，它可以锯断各种原材料、半成品，锯掉工件上多余部分，在工件上锯槽等。

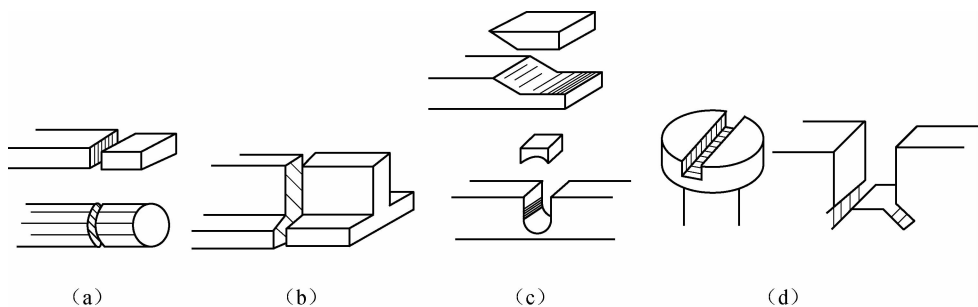


图 3.1-27 锯割的应用

(a) 锯割原材料；(b) 锯割半成品；(c) 锯割零件多余部分；(d) 锯槽

钳工锯割用的工具称手锯，手锯由锯弓和锯条两部分组成。

1. 锯弓

锯弓用于安装和张紧锯条，有固定和可调节式两种，如图 3.1-28 所示。

固定式锯弓只能安装一种长度的锯条；可调节式锯弓的安装距离可以调节，能安装几种长度的锯条。

锯弓两端都装有夹头，一端是固定的，一端为活动的。当锯条装在两端夹头的销子上后，旋紧活动夹头上的翼形螺母就可以把锯条拉紧。

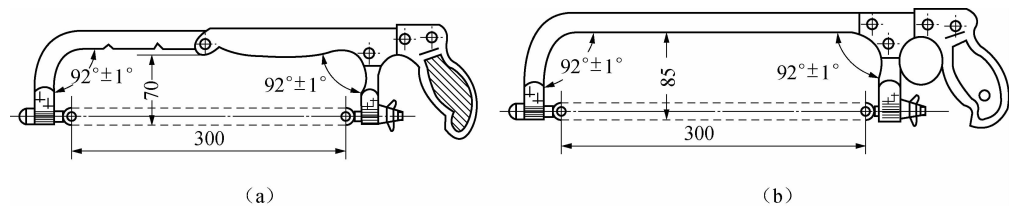


图 3.1-28 锯弓的形式

(a) 可调节式；(b) 固定式

2. 锯条

锯条一般用渗碳软钢冷轧而成，经热处理淬硬。锯条的长度以两端安装孔中心距来表示，常用的为 300 mm。

1) 锯齿的切削角度

锯条单面有齿，相当于一排同样形状的刀刃，每个齿都有切削作用。锯齿的切削角度如图 3.1-29 所示。其前角 $\gamma_0 = 0^\circ$ ，后角 $\alpha_0 = 40^\circ$ ，楔角 $\beta_0 = 50^\circ$ 。

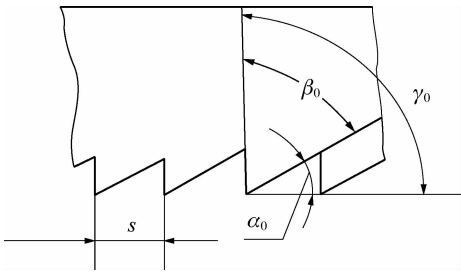


图 3.1-29 锯齿的切削角度

为了减少锯条的内应力，充分利用锯条材料，目前已出现双面有齿的锯条。两边锯齿淬硬，中间保持较好韧性，不易折断，可延长使用寿命。

2) 锯齿的粗细与锯条的正确选用

锯齿的粗细是以锯条每 25 mm 长度内的齿数来表示的。一般分粗、中、细三种，如表 3.1-1 所列。锯齿的牙距包括细齿（1.1 mm）、中齿（1.4 mm）和粗齿（1.8 mm）三种。

表 3.1-1 锯齿的粗细规格及应用

规格	每 25 mm 长度内齿数	应用
粗	14~18	锯割软钢、铝、铸铁、紫铜、人造胶质材料
中	22~24	锯割中等硬度钢、厚壁的钢管
细	32	锯割薄片金属、薄壁管子

一般说来，粗齿锯条的容屑槽较大，适用于锯割软材料或较大的切面，因为这种工况每锯一次的切屑较多，只有大容屑槽才不致发生堵塞而影响锯削效率。

锯割硬材料或切面较小的工件应该用细齿锯条，因硬材料不易锯入，每锯一次切屑较少，不易堵塞容屑槽，同时，细齿锯参加切削的齿数增多，可使每齿担负的锯削量小，锯削阻力小，材料易于切除，推锯省力，锯齿也不易磨损。

锯割管子和薄板时，必须用细齿锯条。否则会因齿距大于板厚，使锯齿被钩住而崩断。因此，锯割薄工件时，截面上至少要有两个以上的锯齿同时参加锯削，才能避免锯齿被钩住而崩断。

3) 锯路

为了减少锯缝两侧面对锯条的摩擦阻力，避免锯条被夹住或折断，锯条在制造时，使锯齿按一定的规律左右错开，排列成一定形状，称为锯路。锯路有交叉形和波浪形等（如图 3.1-30 所示）。锯路使工件上的锯缝宽度大于锯条背部的厚度，从而防止了“夹锯”和锯条过热，减少了锯条磨损。

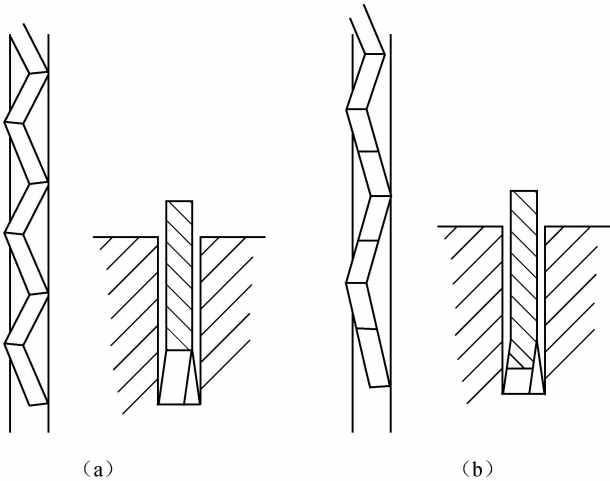


图 3.1-30 锯齿的排列

(a) 交叉形；(b) 波浪形

3. 手锯握法、锯割姿势、压力及速度

1) 手锯握法

右手满握锯柄，左手轻扶在锯弓前端，如图 3.1-31 所示。

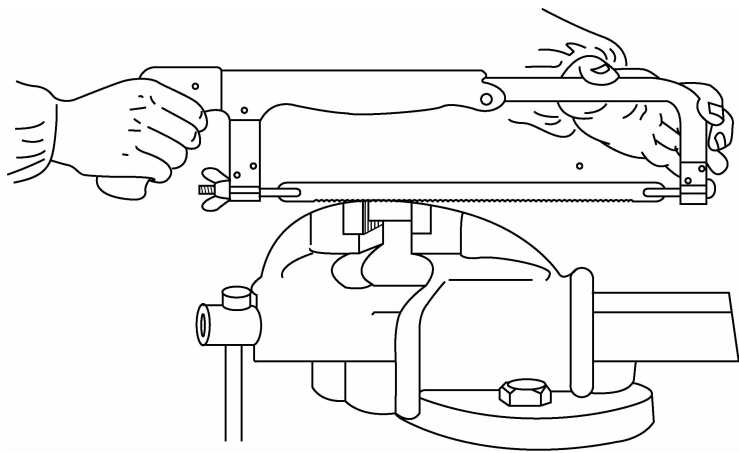


图 3.1-31 手锯的握法

2) 锯割姿势

锯割时的站立位置和身体摆动姿势如图 3.1-32 所示，摆动要自然。每次锯割动作从起始到终点的摆动弧度为 $10^{\circ} \sim 18^{\circ}$ 。

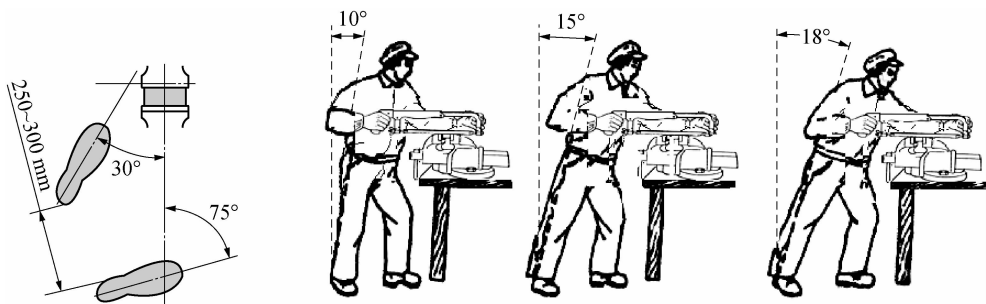


图 3.1-32 锯割动作姿势

3) 锯割压力

锯割运动时，推力和压力由右手控制，左手主要配合右手扶正锯弓，压力不要过大。手锯推出时为切削行程，应施加压力，返回行程不切削不加压力，做自然拉回，工件将断时压力要小。

4) 锯割运动和速度

锯割运动一般采用小幅度的上下摆动式运动。手锯推进时，身体略向前倾，双手随着压向手锯的同时，左手上翘、右手下压；回程时右手上抬、左手自然跟回。对锯缝底面要求平直的锯割，必须采用直线运动。锯割运动的速度一般约为 40 次/min，锯割硬材料慢些，锯割软材料快些，同时，锯割行程应保持均匀，返回行程的速度应相对快些。

4. 锯割操作方法

1) 工件的夹持

工件一般应夹在台虎钳的左面,以便操作;工件伸出钳口不应过长,应使锯缝离开钳口侧面约 20 mm 左右,防止工件在锯割时产生振动;锯缝线要与钳口侧面需保持平行(使锯缝线与铅垂线方向一致),便于控制锯缝不偏离划线线条;夹紧要牢靠,同时要避免将工件夹变形和夹坏已加工面。

2) 锯条的安装

手锯是在前推时才起切削作用,因此锯条安装应使齿尖的方向朝前[如图 3.1-33 (a)],如果装反了[如图 3.1-33 (b)],则锯齿前角为负值,不能正常锯割。在调节锯条松紧时,蝶形螺母不宜旋得太紧或太松,太紧时锯条受力太大,在锯割中用力稍有不当,就会折断;太松则锯割时锯条容易扭曲,也易折断,而且锯出的锯缝容易歪斜。其松紧程度可用手扳动锯条,以感觉硬实即可。锯条安装后,要保证锯条平面与锯弓中心平面平行,不得倾斜和扭曲,否则,锯割时锯缝极易歪斜。

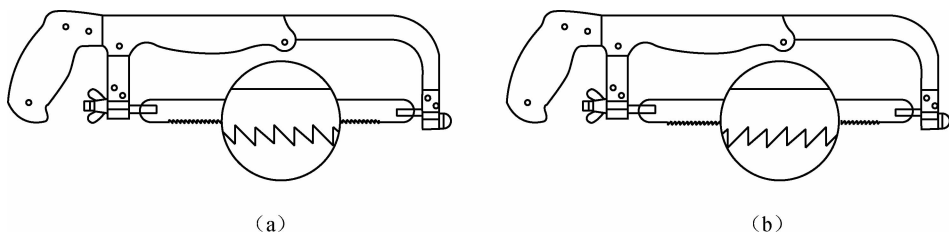


图 3.1-33 锯条安装

(a) 正确; (b) 不正确

3) 起锯方法

起锯是锯割工作的开始。起锯质量的好坏,直接影响锯割质量,如果起锯不正确,会使锯条跳出锯缝将工件拉毛或者引起锯齿崩裂。起锯有远起锯和近起锯两种,如图 3.1-34 (a) 所示为远起锯,如图 3.1-34 (b) 所示为近起锯。起锯时,左手拇指靠住锯条,使锯条能正确地锯在所需要的位置上,行程要短,压力要小,速度要慢。起锯角 θ 约为 15° 。如果起锯角太大,则起锯不易平稳,尤其是近起锯时锯齿会被工件棱边卡住引起崩裂,如图 3.1-34 (c) 所示。但起锯角也不宜太小,否则,由于锯齿与工件同时接触的齿数较多,不易切入材料,多次起锯往往容易发生偏离,使工件表面锯出许多锯痕,影响表面质量。

一般情况下采用远起锯较好,因为远起锯锯齿是逐步切入材料,锯齿不易卡住,起锯也较方便。如果用近起锯而掌握不好,锯齿会被工件的棱边卡住,此时也可采用向后拉手锯作倒向起锯,使起锯时接触的齿数增加,再推进起锯就不会被棱边卡住。起锯锯到槽深为 2~3 mm 时,锯条已不会滑出槽外,左手拇指可

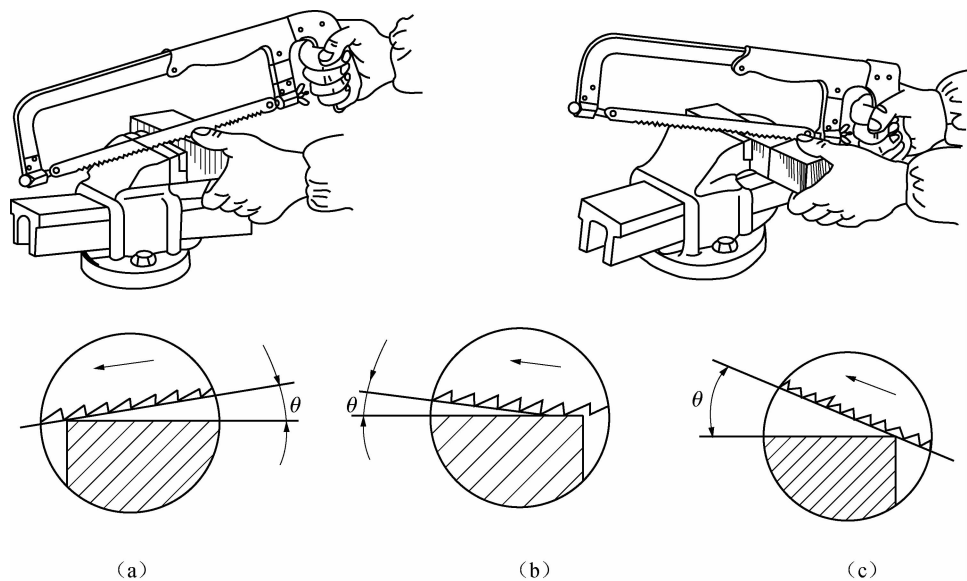


图 3.1-34 起锯方法

(a) 远起锯；(b) 近起锯；(c) 起锯角太大

离开锯条，扶正锯弓逐渐使锯痕向后（向前）成为水平，然后往下正常锯割。正常锯割时应使锯条的全部有效齿在每次行程中都参加锯割。

5. 各种材料的锯割方法

1) 棒料的锯割

如果锯割的断面要求平整，则应从开始连续锯到结束。若锯出的断面要求不高，可分几个方向锯下。这样，由于锯割面变小而容易锯入，可提高工作效率。

2) 管子的锯割

锯割管子前，可划出垂直于轴线的锯割线，由于锯割时对划线的精度要求不高，最简单的方法可用矩形纸条按锯割尺寸绕住工件外圆 [如图 3.1-35 (a) 所示]，然后用滑石划线。锯割时必须把管子夹正。对于薄壁管子和精加工过的管子，应夹在有 V 形槽的两木衬垫之间 [如图 3.1-35 (b) 所示]，以防夹扁管子和夹坏表面。

锯割薄壁管子时不可在一个方向从开始连续锯到结束，否则锯齿易被管壁钩住而崩裂。正确的方法应是先在一个方向锯到管子内壁处，然后把管子向推锯的方向转过一定角度，并连接原锯缝再锯到管子的内壁处，如此逐渐改变方向不断转锯，直到锯断为止 [如图 3.1-35 (c) 所示]。

3) 薄材料的锯割

锯割时尽可能从宽面上锯下去。当只能在板料的狭面上锯下去时，可用两块木板夹持，连木块一起锯下，避免锯齿被钩住，同时也增加了板料的刚度，使锯

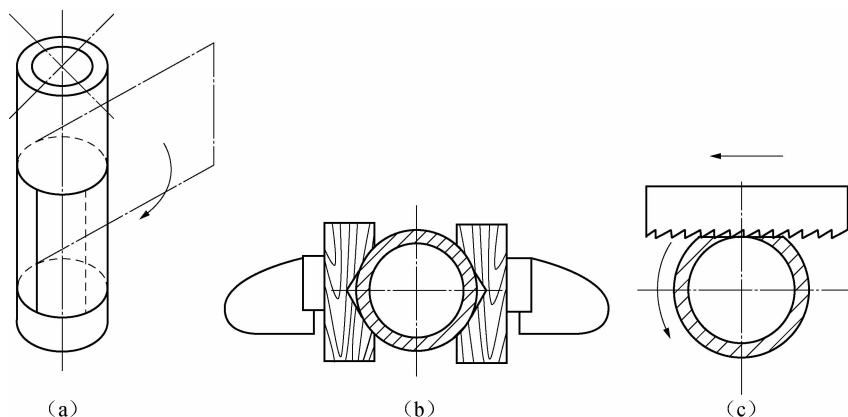


图 3.1-35 管子锯割

(a) 纸条绕住外圆；(b) 管子的夹持；(c) 转位锯割

割时不会颤动 [见图 3.1-36 (a)]。也可以把薄板料直接夹在台虎钳上，用手锯作横向斜推锯，使锯齿与薄板接触的齿数增加，避免锯齿崩裂 [见图 3.1-36 (b)]。

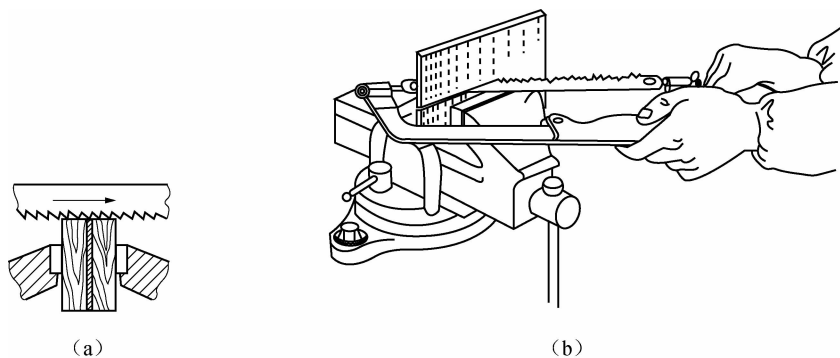


图 3.1-36 薄板料锯割方法

4) 深缝锯割

当锯缝的深度超过锯弓的高度时 [见图 3.1-37 (a)]，应将锯条转过 90° 重新安装，使锯弓转到工件的旁边 [见图 3.1-37 (b)]，当锯弓横下来其高度仍不够时，也可把锯条安装成使锯齿在锯内进行锯割 [见图 3.1-37 (c)]。

6. 锯条折断原因

- (1) 工件未夹紧，锯割时工件有松动。
- (2) 锯条装得过松或过紧。
- (3) 锯割压力过大或锯割用力突然偏离锯缝方向。
- (4) 强行纠正歪斜的锯缝，或调换新锯条后仍在原锯缝过猛地锯下。

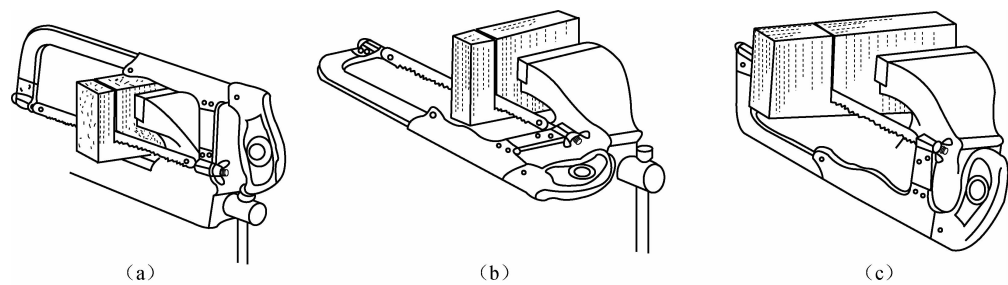


图 3.1-37 深缝的锯割方法

- (5) 锯割时锯条从中间局部磨损，当拉长锯割时易被卡住引起折断。
- (6) 中途停止使用时，手锯未从工件中取出而被碰断。

7. 锯齿崩裂的原因

- (1) 锯条选择不当，如锯薄板料、管子时用粗齿。
- (2) 起锯时起锯角太大。
- (3) 锯割运动突然摆动过大以及锯齿有过猛的撞击。

当锯条局部几个齿崩裂后，应及时在砂轮机上进行修整，即将相邻的 2~3 齿磨低成凹圆弧（如图 3.1-38 所示），并把已断的齿部磨光。如不及时处理，会使崩裂齿的后面各齿相继崩裂。

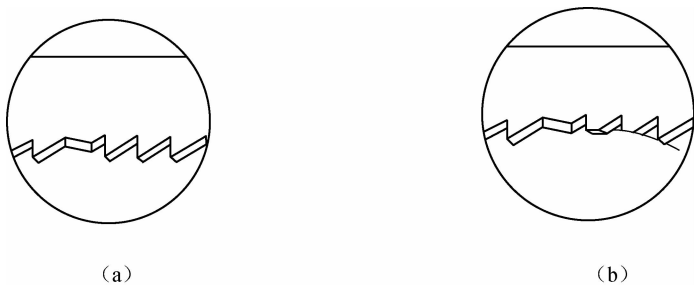


图 3.1-38 锯缝崩裂后修整

8. 锯缝产生歪斜的原因

- (1) 工件安装时，锯缝线未能与铅垂线方向一致。
- (2) 锯条安装太松或与锯弓平面扭曲。
- (3) 使用锯齿两面磨损不均的锯条。
- (4) 锯割压力过大使锯条左右偏摆。

(5) 锯弓未扶正或用力歪斜，使锯条背偏离锯缝中心平面而斜靠在锯割断面的一侧。

热处理和刃磨而成。钳工常用錾子主要有阔錾（又称扁錾）、狭錾（又称尖錾），形状如图 3.1-40 所示。錾口部分需经过淬火处理，才能使用。

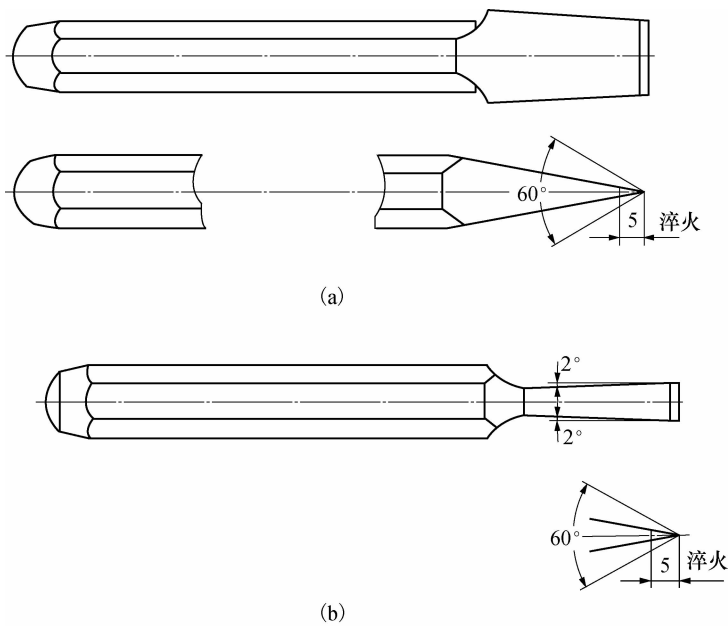


图 3.1-40 錾子

(a) 阔錾；(b) 狭錾

阔錾用于錾切平面、切割和去毛刺，狭錾用于开槽。錾子的楔角主要根据加工材料的硬软决定。柄部一般做成八棱形，便于控制握錾方向。头部做成圆锥形，顶端略带球面，使锤击时的作用力方向便于朝着刃的錾切方向。

2) 手锤

手锤是钳工常用的敲击工具，由锤头、木柄和楔子组成，如图 3.1-41 所示。手锤的规格以锤头的重量来表示，有 0.25 kg，0.5 kg 和 1 kg 等。锤头用 T7 钢制成，并经热处理淬硬。木柄用比较坚韧的木材制成，常用的 1 kg 手锤柄长约 350 mm。木柄装入锤孔后用楔子楔紧，以防锤头脱落。

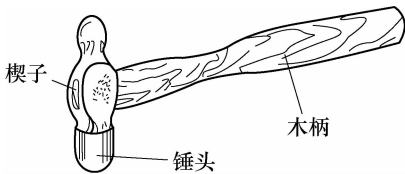


图 3.1-41 手锤

2. 錾子、手锤的握法和錾削操作方法

1) 手锤的握法

五指紧握锤柄，大拇指合在食指上，虎口对准锤头方向（木柄椭圆的长轴方向），木柄尾端露出约 15~30 mm，如图 3.1-42 所示。

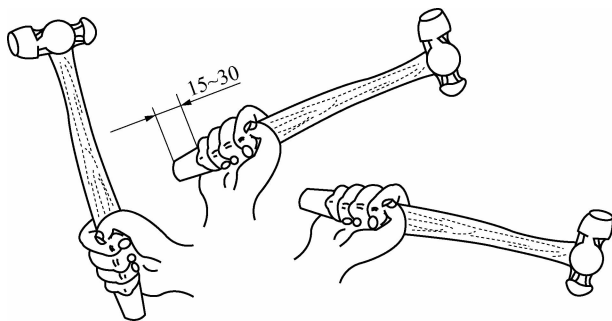


图 3.1-42 手锤握法

2) 錾子的握法

(1) 正握法。手心向下，腕部伸直，用中指、无名指握住錾子，小指自然合拢，食指和拇指作自然伸直地松靠，錾子头部伸出约 20 mm，如图 3.1-43 (a) 所示。

(2) 反握法。手心向上，手指自然捏住錾子，手掌悬空，如图 3.1-43 (b) 所示。

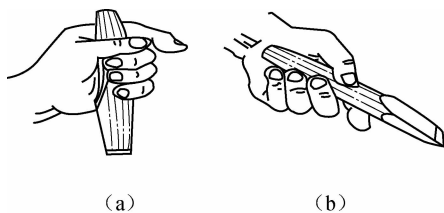


图 3.1-43 錾子握法

(a) 正握法；(b) 反握法

3) 錾削操作

錾削的站立姿势与锯割站立姿势相同，挥锤敲击根据实际情况有腕挥、肘挥和臂挥 3 种方法，见图 3.1-44。锤击速度一般为 40~50 次/min。

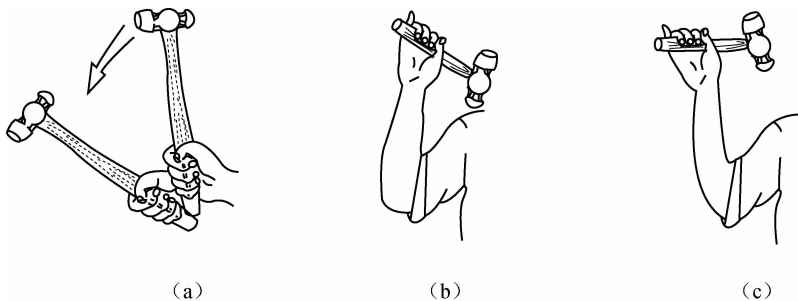


图 3.1-44 挥锤方法

(a) 腕挥；(b) 肘挥；(c) 臂挥

3. 各种錾削方法

1) 錾削平面

起錾时从工件的边缘尖角处着手，如图 3.1-45 所示，起錾完成后，即可按正常的方法錾削，每次錾削余量为 0.5~2 mm。当錾削快到尽头时，要防止工件边缘材料的崩裂，尤其是錾铸铁、青铜等脆性材料。一般情况下，当錾到离尽头 10 mm 左右时，必须调头再錾去余下的部分，如图 3.1-46 (a) 所示。否则，容易使工件的边缘崩裂，如图 3.1-46 (b) 所示。此时可转到与原方向成 90°再錾削，且减小力度。

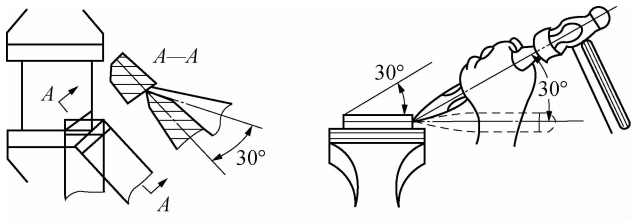


图 3.1-45 起錾方法

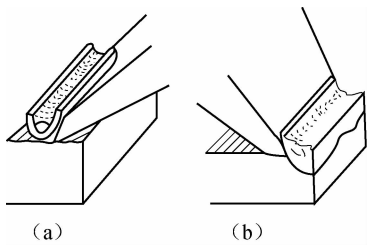


图 3.1-46 錾到尽头时的方法

(a) 正确；(b) 错误

2) 錾削薄板

有时要依靠錾子来切断板料或分割出形状较复杂的薄板工件，切断板料的常用方法如图 3.1-47 (a) 所示，将板料夹在台虎钳上进行切断。用扁錾沿着钳口并斜对着板面（约 45°）自右向左錾切。工件的切断线与钳口平齐，夹持要足够牢固，以防切断过程中板料松动使切断线歪斜。图 3.1-47 (b) 中錾子切削刃平对着板面，錾切时不仅费力，而且由于板料弹动和变形，使切断处产生不平整或撕裂现象。