

轻工业技工学校统编试用教材

手表零件钻 铣磨加工工艺

《手表零件钻铣磨加工工艺》编写组 编

14.903

轻工业出版社

前 言

为加速培养轻工业后备技术工人，建设一支以在职中级技术工人为主体的，技术结构比较合理，具有较高政治、文化、技术素质的工人队伍，以适应轻工业生产建设发展的需要，我们根据轻工业部颁发的有关行业《工人技术等级标准》中级工人应知应会要求，组织编写了轻工业技工学校专业教材。

手表专业教材由我部委托天津市钟表工业公司为主编单位，书稿经手表行业技工教材审稿会审议。编写组同志根据审稿会议意见，对原稿内容作了增删。

本教材由王亚舟同志任总编和主审，编委有王芝荣、王鹏等同志。

本教材由刘连仲、裴一蜚同志主编，尚景五、马志远、岳文萍、裴一蜚、刘中慧、侯士忠、王慧、高晨光等同志编写。

本教材适用于技工学校手表专业教学和在职工人中级技术培训使用，也可作为具有初中毕业文化程度和初级技术水平的工人的自学教材。

本教材在编写过程中得到了北京手表厂陈达渊同志、烟台手表厂毕文华同志的大力协助并提供了宝贵的资料，谨此表示感谢。

由于我们组织编审工作缺乏经验，疏漏之处，敬请读者批评指正，以便今后修订。

轻工业部技工教材编审小组

一九八六年三月

目 录

第一章 钻削的基本知识	(1)
第一节 钻削的基本概念.....	(1)
第二节 钻削工具.....	(2)
第三节 钻削用量.....	(9)
第二章 钻床	(12)
第一节 台式立钻床和攻丝机.....	(12)
第二节 多工位钻孔攻丝机床.....	(14)
第三节 三轴四工位钻床.....	(21)
第四节 钻床的使用与维护保养.....	(23)
第三章 孔加工	(25)
第一节 夹板孔.....	(25)
第二节 常用孔加工方法.....	(28)
第三节 夹板各类孔加工方法的选择.....	(31)
第四章 铰削的基本知识	(36)
第一节 铰削的基本概念.....	(36)
第二节 铰刀.....	(40)
第三节 铰削用量.....	(49)
第五章 夹板铰床	(51)
第一节 铰床的种类.....	(51)
第二节 多工位铰床.....	(55)
第三节 双轴仿形铰床.....	(61)
第四节 铰床的润滑与维护保养.....	(62)
第六章 夹板平面及槽形加工	(65)
第一节 夹板的平面和槽.....	(65)
第二节 平面的加工方法.....	(67)

第三节	槽形的加工方法	(70)
第七章	齿轮加工	(72)
第一节	概述	(72)
第二节	手表齿轮参数	(73)
第三节	齿轮加工方法	(76)
第四节	齿轮加工设备	(86)
第五节	齿轮加工用刀具	(94)
第六节	齿轮加工用夹具	(96)
第七节	齿轮加工中常见疵病及产生原因	(100)
第八节	齿轮的检测	(105)
第八章	磨削的基本知识	(107)
第一节	磨削的基本概念	(107)
第二节	磨削用量	(110)
第三节	砂轮的选择和使用	(113)
第九章	平面的磨削加工	(121)
第一节	夹板的平面磨削	(121)
第二节	夹板双面磨床	(122)
第十章	轴颈的磨削加工	(128)
第一节	轴颈磨削概述	(128)
第二节	轴颈磨削机床	(130)
第三节	摆轴的磨削加工	(132)
第十一章	擒纵轮齿的磨削加工	(141)
第一节	减轻面的磨削加工	(141)
第二节	冲面的磨削加工	(144)
第三节	联合磨削减轻面及冲面	(147)
第四节	锁面的加工	(148)
第十二章	其他磨削加工	(150)
第一节	滚抛	(150)
第二节	串光	(156)

第三节	平面研磨.....	(158)
第四节	磨射线.....	(162)
第十三章	手表零件典型加工工艺的制定.....	(164)
第一节	条夹板加工的工艺规程.....	(164)
第二节	中心齿轴加工的工艺规程.....	(168)
第三节	擒纵轮片加工的工艺规程.....	(172)

第一章 钻削的基本知识

第一节 钻削的基本概念

用钻头在实心材料上加工出孔,称为钻孔,这种切削加工过程叫做钻削。在手表零件加工过程中,钻孔是最常用的孔加工方法之一。例如,手表机心的基本零件——主夹板上,一般都有30~40个小孔。由于这些孔的孔径和坐标精度要求很高,而且用途不同,往往要经过钻孔、粗修、精修、攻丝等各道工序才能完成。在夹板孔的加工中,钻孔多用于加工精度低的孔(螺纹预钻孔、减轻孔)和需要精修正孔的粗加工。为了保证孔的位置精度,钻孔以前要有准备工序——压样冲工序。用样冲模在工件表面需钻孔的位置上压出样冲坑,以便在钻孔时对钻头进行导向,避免钻孔偏斜。在夹板零件加工中,利用样冲导向钻出的孔,孔系的位置度一般可以达到 $\phi 0.06$ 毫米。图1-1是在夹板零件上压样冲坑及钻孔的示意图。

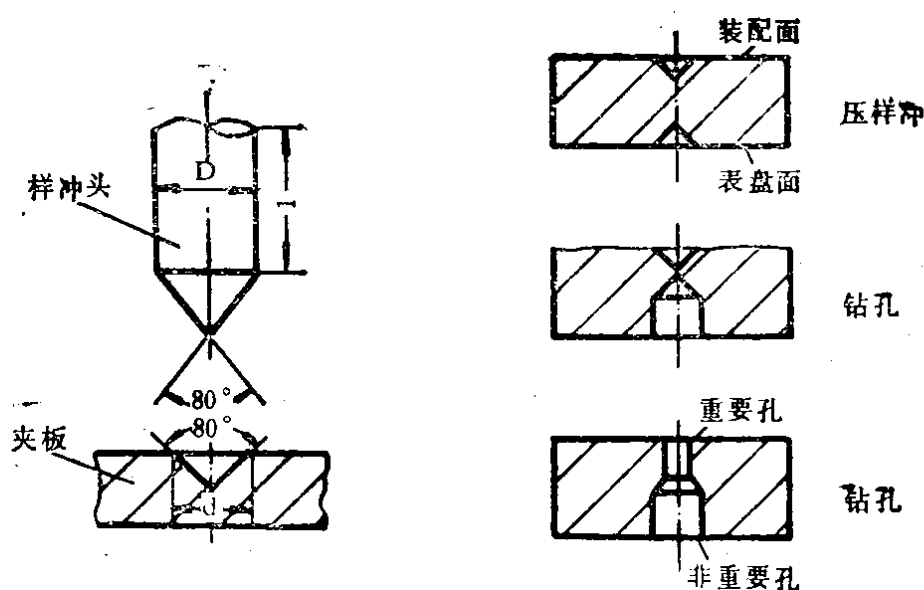


图 1-1 压样冲和钻孔

钻孔工作是在钻床上进行的。钻孔时，工件一般固定不动。钻头装在钻床主轴的弹簧夹头内，一面高速旋转，一面又沿钻头轴线方向切入工件，排出钻屑。因此，钻头的运动是由以下两种运动合成的（见图 1—2）。

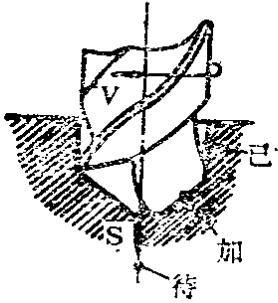


图 1-2 钻头的运动

切削运动（主运动） v 。切削运动是钻头绕自身轴线旋转的运动。钻头沿着圆周进行切削。

进给运动（进刀运动） s 。进给运动是钻头沿轴线方向的前进运动，它使钻头切入工件，并连续地进行切削。

由于两种运动同时连续地进行，因此除钻头轴心线以外，钻头上每一点的运动轨迹都是螺旋线，钻屑也成螺旋形。

第二节 钻 削 工 具

一、钻头的分类

钻头是钻孔用的主要切削工具，种类很多。根据不同的结构形式和用途，钻头可分为麻花钻、扁钻、复合阶梯钻等。

麻花钻是目前使用最广泛的一种钻头，如图 1-3 所示。它的特点是排屑快，效率高，在手表零件生产中，常用其钻削 $\phi 3$ 毫米以下的小孔。

扁钻是使用得很早，结构最简单的一种钻头，如图 1-3 所示。它的主要优点是制造简单，刚度较大，很适宜于钻孔径很小的孔（0.1~1 毫米），而且可钻较深的孔。扁钻的主要缺点是没有麻花钻那样的螺旋槽，负前角较大，这使切削力和扭矩都增加，切屑排出较困难，钻头在孔中导向也不好。

小尺寸扁钻和麻花钻通常分为直柄和粗柄两种。直柄钻头的柄部直径和钻头工作部分直径相同，粗柄钻头的柄部直径大于工

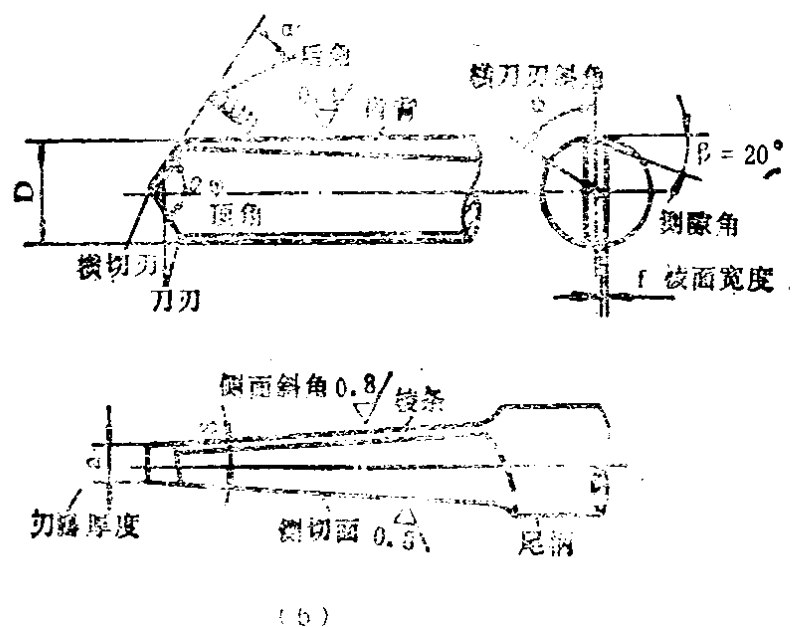
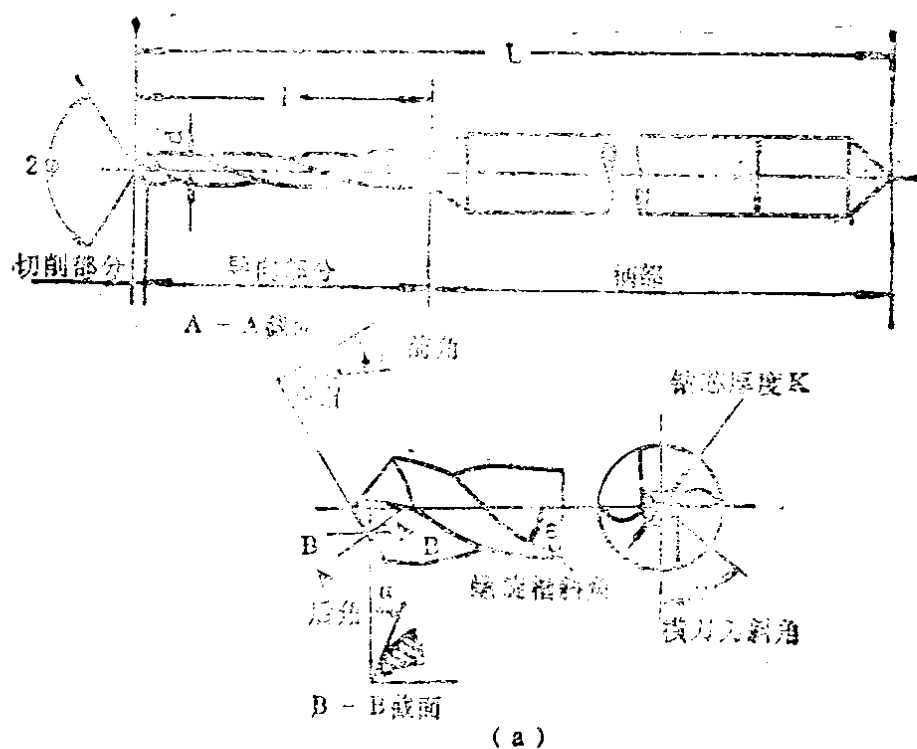


图 1-3 右旋粗柄麻花钻和扁钻

作部分直径。粗柄钻头用得比较普遍，因为它可以使用标准弹簧夹头，工作时比较平稳可靠。

复合阶梯麻花钻及扁钻是用来钻削阶梯孔的。在手表零件的大量或成批生产中，采用这种复合钻头可以提高加工精度和生产效率。

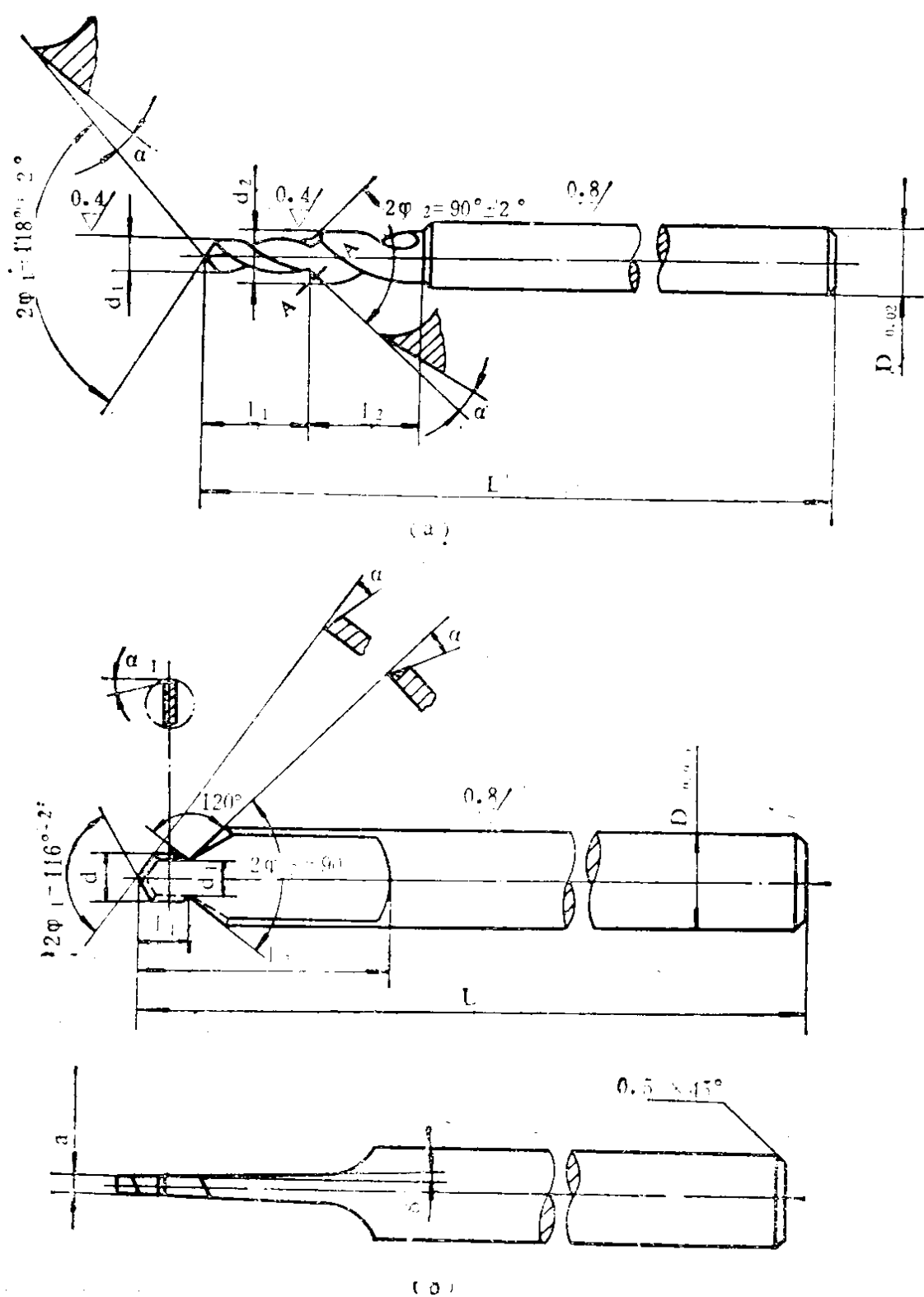


图 1-4 阶梯式麻花钻和阶梯式扁钻
(a)阶梯式麻花钻 (b)阶梯式扁钻

二、钻头的材料

目前制造钻头最常用的材料是高速钢和硬质合金。钻削过程

中，钻头是在较大的切削力和扭矩、较高的切削温度和剧烈的摩擦条件下进行工作的。另外，由于钻头几何形状的偏差，钻削时容易产生振动，因而钻头的材料必须具有以下性能：

1. 高的硬度和耐磨性（冷硬性）。高速钢经过热处理后，其常温硬度为HRC62~65，耐磨性好。硬质合金常温硬度为HRA89~93（相当于HRC74~81），其耐磨性更好。

2. 足够的强度和韧性。具有足够的强度和韧性，才能防止钻头的断裂与崩刃，这一点对刚性较差的钻头更为重要。高速钢的抗弯强度和冲击韧性较高，而硬质合金的抗弯强度和冲击韧性比高速钢要低得多。YG类硬质合金的韧性要比YT类好，所以一般用YG类硬质合金作为钻头的材料。

3. 高的耐热性（热硬性，通常叫红硬性）。所谓耐热性是指在高温下保持上述各种性能的能力。高温下硬度越高，则耐热性越好。这一点是评价刀具材料切削性能优劣的主要标志。高速钢的红硬性可达600℃。硬质合金的红硬性较高，YG类为800~900℃，YT类可达900~1000℃。因而可用硬质合金钻头来钻削一些较难加工的金属材料如高锰钢、不锈钢等。

常用一般性能高速钢的牌号有W18Cr4V和W9Cr4V2两种。目前列入冶金部标准的还有高碳高速钢、高钒高速钢、超硬高速钢等几种高性能高速钢，切削性能大大高于一般性能高速钢，还能胜任难加工金属材料如耐热钢、不锈钢等的加工。

常用硬质合金材料主要是钨钴合金（YG）和钨钴钛合金（YT）。YG类常用牌号有YG3，YG6，YG8等，字母后面的数字表示钴的含量，余量为碳化钨。钴的含量愈高，则合金的抗弯强度及韧性愈好。YT类常用牌号有YT5，YT15和YT30等，字母后面数字为碳化钛含量，余量为钴及碳化钨。碳化钛的含量愈高，其硬度和耐磨性越高，但抗弯强度及韧性越低。

钻头在切削过程中承受冲击振动负荷，容易引起断裂与崩刃，应尽量选用YG类硬质合金或YT类中含TiC少的牌号。

三、钻头的结构和几何角度

(一) 麻花钻

1. 麻花钻的结构。麻花钻由切削部分、导向部分和钻柄部分组成，如图 1-3 所示。

①切削部分。麻花钻的切削部分见图 1-5，它包括两条主切削刃和顶端一条横刃。两切削刃在钻孔过程中起着主要的切削作用。其各几何要素的名称和作用如下：

前刀面——形成切削刃的钻头螺旋槽表面，其作用是排屑；

后刀面——钻头顶端的两个曲面（圆锥螺旋面）；

切削刃——前刀面和后刀面的交线；

横刃——两个后刀面之间的交线，对工件起挤压刮削作用。

横刃太长时，轴向力大，钻头的定心作用不良。

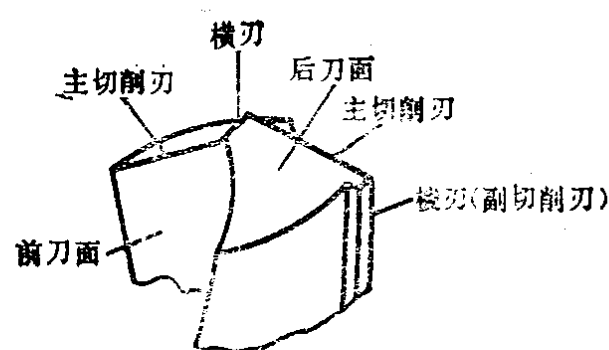


图 1-5 麻花钻头的切削部分

②导向部分。导向部分在切削过程中起引导钻头和修光孔壁的作用。同时又是钻头的备用部分。它由以下要素组成：

螺旋槽——钻头上有两条形状相同的螺旋槽，其作用是形成两条切削刃的前角，并有排屑和输送冷却液的作用。

棱边——为减少钻头和孔壁间的摩擦，将钻头的两外圆柱导向面铣得很窄，形成两条沿螺旋槽边分布的突起的窄边，称为棱边。手表零件加工中使用的小尺寸麻花钻，通常不做出棱边。为了进一步减少摩擦，又将钻头的直径磨成倒锥。对于手表零件加工常用的 $\phi 3$ 毫米以下的钻头，倒锥的减小量为沿钻头轴线每100毫米直径减小0.03~0.05毫米。

钻芯与刃瓣——钻芯是钻头两螺旋形刃瓣中间的实心部分。

钻芯连接两个螺旋形刃瓣共同保持钻头的强度和刚度。麻花钻的钻芯厚度可用下式来计算：

$$K = 0.24D^{0.8}$$

式中 D ——麻花钻直径。

③钻柄部分。它是供钻床主轴装夹用的部分，作用是传递机床动力，进行切削加工，并使钻头的轴心线保持正确的位置。通常有直柄与粗柄两种类型。

2. 麻花钻的主要几何角度。麻花钻是几何形状比较复杂的刀具。它的主要角度有：

①螺旋角 ω 。螺旋角是螺旋槽上最外缘的螺旋线展开成直线后与钻头轴心线的夹角。一般 $\omega = 18^\circ \sim 30^\circ$ ，小钻头取小值，以保证钻头有足够的强度。在钻头不同半径处，螺旋角的大小是不相等的，自外缘向中心逐渐减小（如图 1-6）。通常图纸上所表示的螺旋角是指钻头最大直径处的螺旋角。

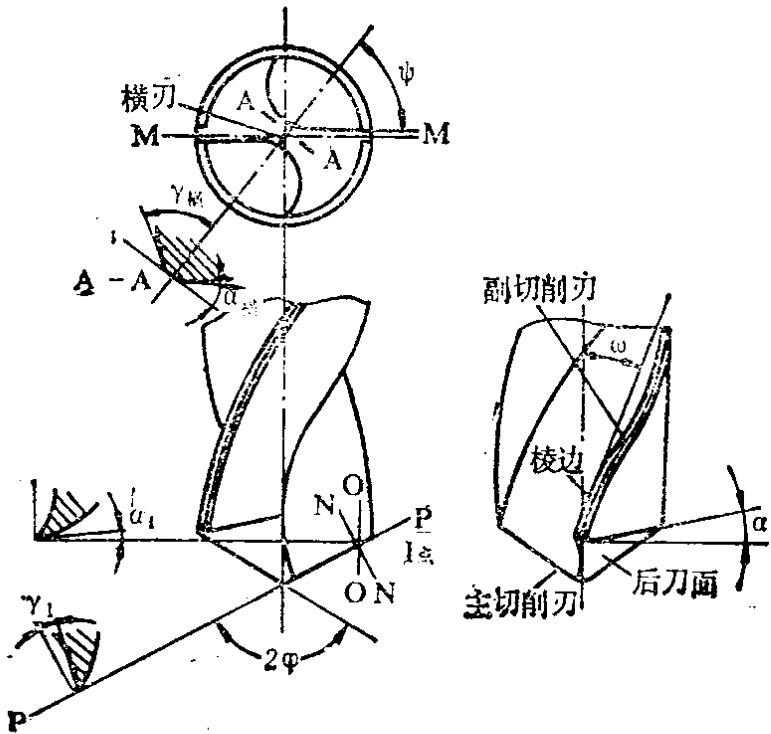


图 1-6 麻花钻的几何角度

②顶角 2φ 。顶角也称锋角，为两个主切削刃之间的夹角，即钻头顶锥的锥角。

有了合适的顶角，钻头才容易钻入工件，并保持良好的定心，钻孔不易扩大。顶角的大小与所钻材料的性质有关，一般钻硬的材料所选的顶角要比钻软的材料大一些，常用的钻头顶角为 $116\sim 118^\circ$ 。手表加工用小直径麻花钻由于对引起钻头纵向弯曲的进给力比较敏感，所以顶角取小一些为好，通常取 $2\varphi = 110^\circ \pm 3^\circ$ 。

③前角 γ 。主刀刃上任意一点的前角是过该点所作主截面N—N内，前刀面和基面之间的夹角，见图1-6。 γ 角是由容屑槽结构形成的。

钻头的前角在外缘处最大，约 30° 左右。自外缘向中心逐渐减小，在中心 $D/3$ 范围内为负值。如接近横刃处的 $\gamma = -30^\circ$ ，在横刃上的 $\gamma_{\text{横}} = -54\sim -60^\circ$ （图中的A—A截面）。在外缘处的前角与螺旋角数值相近。前角的大小决定着切除材料的难易程度和切屑在前面上的摩擦阻力。前角愈大，切削愈省力。

④后角 α 。主刀刃上任意一点的后角是过该点所作圆柱截面O—O内，后刀面和切削平面之间的夹角，见图1-6。

⑤横刃斜角 ψ 。横刃与主切削刀的平行轴向平面M—M之间的夹角称为横刃斜角 ψ ，见图1-6。当钻头磨出两个后刀面以后，横刃斜角就自然形成了。当 $2\varphi = 118^\circ$ 时， $\psi = 50\sim 55^\circ$ 。

（二）扁钻

扁钻的工作原理及切削部分的基本要素和麻花钻都是一样的，扁钻可以看作是螺旋角等于零的麻花钻。对于扁钻的结构和几何参数，这里只简要介绍一下（如图1-3）。

1. 刃瓣厚度 a 。厚度 a 即扁钻切削刃处的厚度，扁钻的工作情况和使用寿命与 a 值有关。 a 值较大，钻头强度较好。但 a 值越大，刀具的前面M离被加工孔的中心越远，使负前角 γ_2 增加，钻头工作情况恶化。当刃瓣厚度与钻头直径成一定比例时，钻头的工作情况与使用寿命最好。合理的刃瓣厚度可参照下式计算：

$$a = 0.24D^{0.8}$$

式中 D ——扁钻直径。

2. 顶角 2φ 。顶角的大小对钻头的使用情况和寿命有很大的影响。加工铅黄铜时，一般取 $2\varphi = 95 \sim 110^\circ$ ；加工钢、铸铁材料时，取 $2\varphi = 116 \sim 120^\circ$ 。

3. 前角 γ 。在不工作状态下，前角 $\gamma = 0$ 。需要明确的是在工作状态下前角 γ 是变化的。

4. 后角 α 。后角 α 也是影响扁钻切削性能的一个主要参数。一般加工铅黄铜，取 $\alpha = 15^\circ$ ；加工钢、铸铁，取 $\alpha = 20^\circ$ 。

5. 侧切面。扁钻上的侧切面和麻花钻上的螺旋槽起着同样的作用。由于有侧切面，使扁钻有了切削性能；切屑沿着侧切面向上兴起，并向外排出。为了加强扁钻工作部分的强度，侧切面做成和钻头轴线成 $30' \sim 1^\circ 30'$ 的角度。

6. 稜条和锥度。为了减少钻头体和孔壁间的摩擦，沿着钻头整个侧切面的齿背都要切去一些而留下一条不大的稜面。稜面宽度一般取 $f = 0.1D$ ，切齿背时的侧隙角为 $\beta = 20^\circ$ 。

基于同样的作用，在钻头的工作部分上做有倒锥（直径向柄一边减小）。通常对于 $\phi 3$ 毫米以下的小尺寸扁钻，倒锥的直径减小量为每100毫米长度上减小 $0.03 \sim 0.05$ 毫米。

第三节 钻 削 用 量

钻削用量是钻头的切削速度、进给量和吃刀深度的总称。钻削用量选择得正确与否，对生产率的提高、钻头的使用寿命和加工表面的质量，有着重要的影响。

一、切削速度 (v)

钻孔时钻头切削刃上最外一点直径处的线速度即钻头的切削速度。

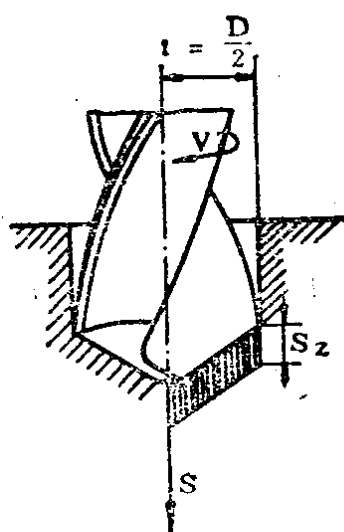


图 1-7 钻削用量

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \text{ (米/分)}$$

式中 D ——钻头直径，毫米；

n ——钻头的转速，转/分。

例：钻头直径为1.2毫米，以6000转/分的转速钻孔时的切削速度为：

$$v = \frac{3.14 \times 1.2 \times 6000}{1000} \approx 22.6 \text{ (米/分)}$$

二、进给量 (s)

钻孔时，钻头每转一周沿走刀方向移动的距离即钻头进给量，单位是毫米/转。钻头属于多齿刀具，齿数 $Z = 2$ 。为了表明每齿的工作量，规定钻头每转 $\frac{1}{2}$ 转，沿走刀方向移动的距离为

每齿走刀量 ($s_{\text{齿}}$)。因钻头 $Z = 2$ ，故 $s_{\text{齿}} = \frac{1}{2}s$ (毫米/齿)。

三、吃刀深度 (t)

吃刀深度 t 是指每次走刀切入的深度，亦即工件已加工表面

和待加工表面间的垂直距离。在实心材料上钻孔时， $t = D/2$ 毫米， D 为钻孔直径。

当转速为6000转/分时，对铅黄铜HPb63- 3 进行 钻 孔 时的切削用量见表 1- 1。

表1-1 对Hpb63-3材料钻孔的切削速度*v*及进给量*s*

D/毫米	s/毫米· 转 ⁻¹	v/米· 分 ⁻¹	D/毫米	s/毫米· 转 ⁻¹	v/米· 分 ⁻¹	D/毫米	s/毫米· 转 ⁻¹	v/米· 分 ⁻¹
0.2	36	3.75	0.7	186	13.20	1.2	330	22.60
0.3	48	5.65	0.8	227	15.10	1.3	350	24.50
0.4	78	7.54	0.9	250	17.10	1.4	385	26.40
0.5	114	9.40	1.0	280	18.84	1.5	395	28.40
0.6	150	11.30	1.1	310	20.70			

第二章 钻 床

钻床是进行钻孔、铰孔、扩孔、铰孔、攻螺纹、孔倒角等加工的金属切削机床。钻床的主要运动为钻头的旋转和轴向进给(也可以是工件的轴向送进)。手表生产中使用的钻床是适应手表零件尺寸小,精度要求高,大量生产等特点的专用钻床。

钻床按其主轴位置的不同可分为立式钻床和卧式钻床,按其主轴数量的不同可分为单轴钻床和多轴钻床。多工位钻床则是多轴钻床中高效能的专用钻床。

第一节 台式立钻床和攻丝机

台式立钻床是一种加工小孔的钻床,其体积小,可以放在工作台上使用。

图2-1为Z401型台式立钻床。这种钻床可以用来钻0.2~1.5毫米直径的孔。主轴行程为16毫米,主轴转速可由塔轮换置四档,最高转速为8100转/分。

主轴6是由电动机16通过塔轮及皮带14驱动的,送进是由手柄3通过杠杆系统8来实现。主轴可在弹簧13的作用下回到原始位置。件9和10是定程装置,用来限定进给深度。工作台5可沿床身立柱4上下移动和旋转,以调整与钻头的相对位置。

图2-2为台式攻丝机结构示意图。其攻丝直径为M1.4毫米以下,也可用来钻 $\phi 1.5$ 毫米以下的孔。

攻丝机的切削刀具——丝锥被夹持在主轴上的弹簧夹头内。切削右旋螺纹时丝锥作正转(右旋,工作行程),在退出时倒转(左旋,空转行程)并快速退刀;切削左旋螺纹则相反。这种攻丝机的结构和攻丝过程是这样的:主轴7装在立柱的上下轴承中。