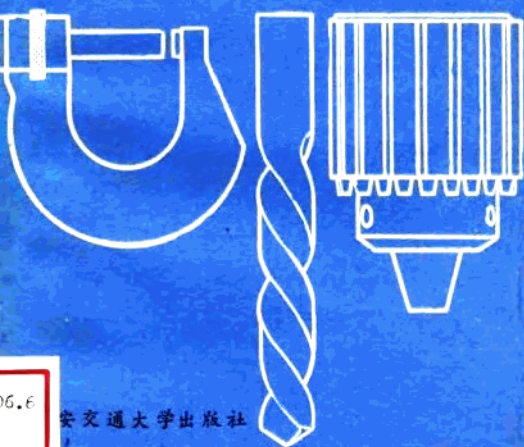


孔的切削加工

(孔的钻削)

石建军



06.6

安交通大学出版社

内 容 简 介

本套书共分三册，第一册“孔的钻削”，第二册“铰孔、扩孔和铰孔”，第三册“镗孔、磨孔、孔加工精度检测”。

本册主要介绍普通孔的钻削加工及有关知识，对麻花钻、中心钻、扁钻等钻头的结构，几何参数及其对钻削性能的影响作了较全面的叙述；列举了必要的实验数据；推荐了50多种不同的先进钻型，并介绍了各种钻型的钻削特点和使用范围；对钻孔质量、生产效率、刀具耐用度、冷却润滑的合理选用等均作了较详细的介绍。

本书可供各类从事机械加工的人员阅读，特别适于作为孔切削加工的钻工、车工、镗工、钳工、磨工等工种工人的工作、自学、进修的指南。

孔 的 切 削 加 工（第一册）

（孔 的 钻 削）

石 建 军 编

责任编辑 赵孝和

西安交通大学出版社出版

（西安市咸宁路28号）

陕西蓝田印刷厂印装

陕西省新华书店发行 各地新华书店经售

开本787×1092 1/32 印张 5.5 字数：115千字

1988年 8月第1版 1988年 9月第1次印刷

印数1—1700

统一书号：15340·088 定价：1.25元

前 言

外圆柱面、平面和孔等是组成一个零件的基本表面，孔加工在机械加工中占有很大比重，大约有三分之二以上的机器零件上都需要加工孔，因此，孔加工技术已成为机械加工行业中的一个重要分支，日益被人们所重视。

编者收集并参考了国内外有关孔切削加工的先进技术和资料，结合自己多年从事孔切削加工的经验，总结编写了这套“孔的切削加工”丛书。全套共分三册：第一册《孔的钻削》；第二册《铰孔、扩孔和铰孔》；第三册《镗孔、磨孔、孔加工精度检测》。

本册主要介绍孔的钻削加工及其有关知识，其中，第一章介绍标准麻花钻及其钻孔；第二章介绍群钻及其钻孔；第三章介绍麻花钻的各种先进钻型及其钻孔；第四章介绍中心钻、扁钻及其钻孔；第五章介绍钻孔时的冷却与润滑等。

在编写过程中曾得到原西北工业大学副校长彭炎午教授的帮助，彭教授对书稿进行了审阅。参加本书审阅的还有：国营昆仑机械厂总工程师张洪钧高级工程师和李天骥工程师，在此谨向他们表示感谢，并对为本书出版、发行默默工作的领导和同志们表示感谢。

由于编者水平所限，加之孔加工方面的参考资料较少，书中必然有不妥及漏误之处，热情欢迎广大读者批评指正。

编 者

一九八五年九月

目 录

第一章 标准麻花钻及其钻孔	(1)
§ 1—1 标准麻花钻介绍.....	(1)
(一) 麻花钻的组成.....	(1)
(二) 麻花钻的几何角度.....	(3)
§ 1—2 标准麻花钻切削力及力矩.....	(23)
§ 1—3 标准麻花钻的耐用度及影响耐用度的 因素.....	(26)
(一) 影响钻头耐用度的诸因素.....	(26)
(二) 判断钻头磨钝的标准.....	(33)
§ 1—4 标准麻花钻头的直径分级及其用途.....	(37)
§ 1—5 钻孔质量分析.....	(50)
(一) 孔径扩张量分析.....	(50)
(二) 钻孔倾斜度分析.....	(54)
第二章 群钻及其钻孔	(56)
§ 2—1 麻花钻的改进和群钻.....	(56)
§ 2—2 标准群钻切削部分的几何参数.....	(57)
§ 2—3 标准群钻与标准麻花钻的比较.....	(58)
§ 2—4 铸铁群钻及其钻孔的特点.....	(67)
§ 2—5 难切削材料钻孔及其群钻.....	(71)
(一) 不锈钢群钻及其钻孔.....	(71)
(二) 高锰钢群钻及其钻孔.....	(81)
(三) 钛合金群钻及其钻孔.....	(86)
§ 2—6 有色金属钻孔及其群钻.....	(89)

(一)	紫铜群钻及其钻孔	(89)
(二)	铝合金群钻及其钻孔	(90)
(三)	黄铜群钻及其钻孔	(91)
§ 2—7	非金属材料钻孔及其群钻	(98)
(一)	橡胶群钻及其钻孔	(98)
(二)	有机玻璃群钻及其钻孔	(99)
§ 2—8	薄板群钻及其钻孔	(99)
§ 2—9	小孔群钻及其钻孔	(99)
§ 2—10	群钻刃磨及检验	(105)
(一)	群钻的手工刃磨	(105)
(二)	群钻刃磨中的检验	(109)
(三)	刃磨疵病及其因果分析	(113)
§ 2—11	群钻的合理使用	(113)
§ 2—12	群钻的磨钝标准	(121)
第三章	部分先进麻花钻型介绍	(123)
§ 3—1	钻钢和钻铸铁的钻型	(123)
(一)	分屑槽钻头	(123)
(二)	圆弧刃钻头	(124)
(三)	前面修磨成平面的钻头	(127)
(四)	多重锋角钻头	(128)
(五)	无横刃钻头	(128)
(六)	小孔径凹心钻	(129)
(七)	高效率钻头	(131)
(八)	大后角钻头	(133)
(九)	60° 锋角钻头	(134)
§ 3—2	钻削不锈钢的钻型	(135)

(一)	奥氏体不锈钢小深孔钻头	(135)
(二)	不锈钢分屑横钻头	(136)
(三)	复合刃钻头	(138)
§ 3-3	硬质合金钻头	(139)
§ 3-4	钻削有色金属的钻型	(142)
(一)	铝及巴氏合金钻头	(142)
(二)	青铜钻头	(142)
(三)	铝合金钻头	(143)
(四)	紫铜钻头	(143)
§ 3-5	钻削非金属材料的钻型	(144)
(一)	软塑料、硬橡皮钻头	(144)
(二)	加工电木的钻头	(144)
(三)	硬塑料钻头	(145)
§ 3-6	钻削薄板类工件的钻型	(146)
(一)	槽钢钻头	(146)
(二)	钻薄铝板钻头	(146)
(三)	钻薄铁皮钻头	(147)
(四)	钻薄紫铜皮钻头	(147)
(五)	钻薄胶木板钻头	(147)
§ 3-7	斜面、半孔、球面钻型	(148)
(一)	斜面钻	(148)
(二)	半孔钻	(149)
(三)	球面万向钻	(149)
第四章	中心钻和扁钻	(151)
§ 4-1	中心钻及其钻孔	(151)
(一)	中心钻的用途及结构	(151)

(二) 中心钻的刃磨和正确使用.....	(151)
§ 4—2 扁钻及其钻孔.....	(156)
(一) 扁钻的结构及其工作原理.....	(153)
(二) 扁钻的使用条件.....	(157)
(三) 扁钻几何参数及其选择.....	(157)
第五章 钻孔时的冷却与润滑	(160)
§ 5—1 钻削热与钻头耐用度的关系.....	(160)
§ 5—2 冷却润滑液的输入方式.....	(162)
(一) 溅入式.....	(162)
(二) 注入式.....	(162)
参考文献	(167)

第一章 标准麻花钻及其钻孔

钻孔的基本刀具是钻头。钻头的种类很多，一般常见的有麻花钻、扁钻、中心钻等。其中以麻花钻用得最多，本章将主要讨论标准麻花钻及其钻孔。

§ 1—1 标准麻花钻介绍

(一) 麻花钻的组成

麻花钻主要由三部分组成，即柄部、颈部和工作部分，如图1-1所示。

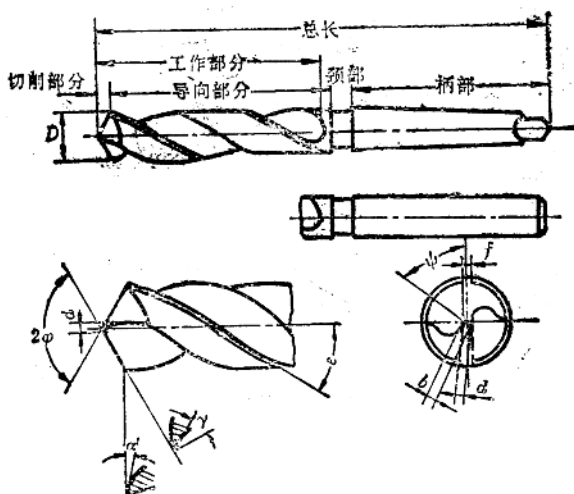


图1-1 标准麻花钻头各部分名称和角度

1. 柄部：即钻头的尾部，它是钻头上供货夹用的部分，用来传递扭矩及轴向送进力。柄部按形状分为直柄（柱柄）和莫氏锥柄两种。直柄钻头的直径一般在0.3~16毫米范围内；莫氏锥柄的钻头，直径和柄号的对应关系见表1-1。

表 1-1 莫氏锥柄麻花钻头直径

莫氏锥柄号	1	2	3	4	5	6
钻头直径 (毫米)	6~ 15.5	15.6~ 23.5	23.6~ 32.5	32.6~ 49.5	49.6~ 65	65.1~ 80

直柄钻头工作时用钻夹头夹持，如图1-2(a)所示；锥柄钻头工作时通过过渡套筒直接装入机床主轴中，如图1-2(c)所示。

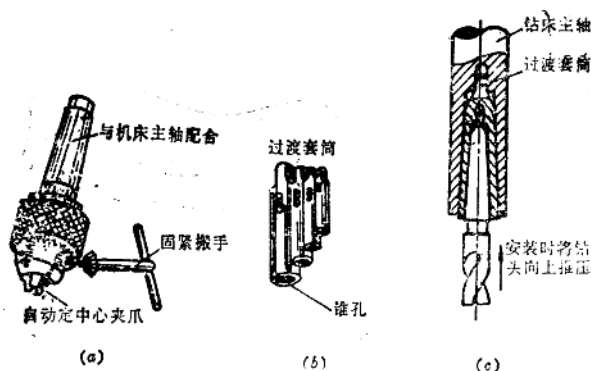


图1-2 用夹头及过渡套筒安装钻头

2. 颈部：位于工作部分与柄部之间。通常是标注商标、

规格大小及磨削柄部时供砂轮退刀之用。

3. 工作部分：由导向部分和切削部分组成，导向部分在切削过程中能保持钻削方向，修光孔壁和作为切削的后备部分。在切削过程中，为了减少钻头和孔壁之间的摩擦及其产生的热量，特地制作出很窄的两条并带有倒锥形（又称副偏角）的刃带，以保证切削顺利进行。倒锥的大小见表1-2。

表 1-2 麻花钻头的倒锥

钻头直径（毫米）	1~6	6~18	18~80
每100毫米直径减少量 （毫米）	0.03~0.08	0.04~0.10	0.05~0.12

（二）麻花钻的几何角度

为了能讲清问题，我们以外圆车刀为例，叙述金属切削刀具静态几何参数的有关定义、位置和作用等。

外圆车刀切削部分基本上由三个表面构成，即前面、主后面和副后面，见图1-3。

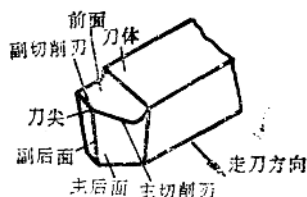


图1-3 外圆车刀切削部分各表面

前面——切屑被切下后，从刀具切削部分流出时与之相接触的表面。

主后面——在切削过程中，刀具上与工件的加工表面相对的表面，可简称后面。所谓加工表面，是指介于工件上待

加工表面与已加工表面之间，切削刀正在进行切削的表面，见图1-5。

副后面——在切削过程中，刀具上与工件的已加工表面相对的表面。

主切削刃——主后面与前面的交线，担负主要的切削工作。

副切削刃——副后面与前面的交线，担负辅助的切削工作。

刀尖——主切削刃与副切削刃的相交点。

一般刀尖不是绝对尖锐的，而是有一段过渡圆弧，刀尖圆弧半径常用 r 表示。

为了确定刀具的几何角度，人为的假设了几个参考基准面，即基面、切削平面和主截面，见图1-4。

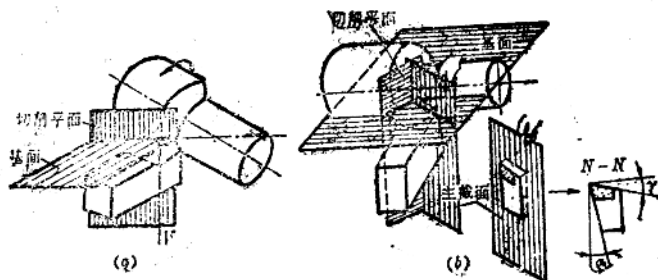


图1-4 外圆车刀的基面和切削平面

基面——通过切削刀上某一点，而又垂直于该点切削速度方向的平面。

切削平面——通过切削刀上任一点而又与工件加工表面

相切的平面，也就是由该点切削运动方向和切削刃所构成的平面。切削平面与基面互相垂直，见图1-4。

主截面 ($N-N$)——与主切削刃在基面上的投影相垂直的平面，见图1-4。如主切削刃刚好在基面上，则主截面与切削刃相垂直。

前角 (γ)——在主截面内前面与基面间的夹角。较大的前角，切削时可使金属屑变形减小，降低切削力和切削热，从而减轻刀具的磨损；但前角如过分加大，则削弱了切削刃，降低了传热能力，反而会使磨损加剧。故前角的大小要选择适当，一般高速钢车刀， $\gamma=10^\circ\sim30^\circ$ ；硬质合金车刀， $\gamma=5^\circ\sim20^\circ$ 。若工件材料的强度、硬度低，前角应尽量取大一些，反之则应取小一些。硬质合金性脆，故其前角应小于高速钢刀具的前角。

后角 (α)——在主截面内主后面与切削平面间的夹角。后角的作用主要是减小刀具后面与工件之间的摩擦，并影响着切削刃的强度。一般精加工取 $\alpha=6\sim12^\circ$ ，粗加工取 $\alpha=4\sim8^\circ$ 。

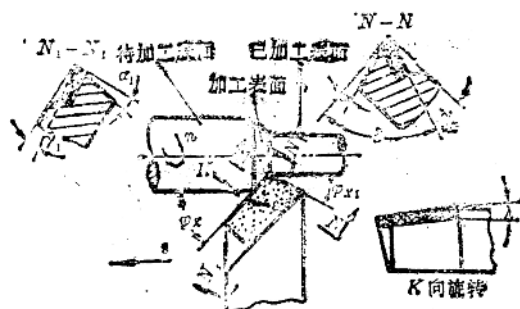


图1-5 外圆车刀的几何角度

以上是主切削刃上的前角和后角。在副切削刃上也可以有相应的基面、切削平面和副截面 (N_1-N_1)。在副截面中, 还有副前角 (γ_1) 和副后角 α_1 等, 见图1-5。

主偏角 (φ_x) ——主切削刃在基面上的投影与走刀方向之间的夹角。主偏角小时, 可使切削刃接触长度加大, 改善散热条件; 同时会使径向切削力 (P_y) 加大, 导致工件变形或产生振动。当机床—工件—刀具系统刚性较好时, 可取 $\varphi_x = 45^\circ$; 加工细长轴时, 则取 $\varphi_x = 75^\circ \sim 90^\circ$ 。

副偏角 (φ_{x_1}) ——副切削刃在基面上的投影与走刀方向之间的夹角。副偏角的作用是减小刀具副后面与工件已加工表面间的摩擦。一般 $\varphi_{x_1} = 5 \sim 10^\circ$ 。

刃倾角 (λ) ——主切削刃与基面间的夹角。它应在 K 向视图中标注。当主切削刃位于水平位置即与基面重合时, $\lambda = 0$, 见图1-6(c); 当主切削刃位于倾斜位置, 而刀尖在主切削刃的最低点时, 则 λ 为正值, 见图1-6(b); 反之, 刀

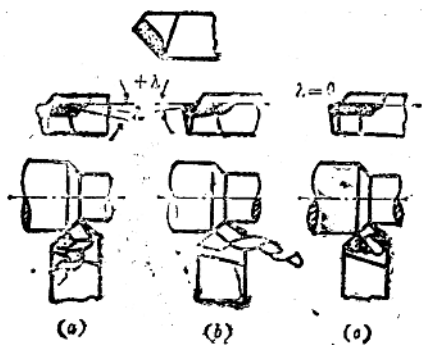


图1-6 外圆车刀的刃倾角

尖在主切削刀的最高点时，则 λ 为负值，见图1-6(a)。刃倾角影响着刀尖的强度和切屑流动方向，见图1-6。当 λ 为正值时，刀尖强度高，切屑向已加工表面方向流出；当 λ 为负值时，刀尖较弱，切屑向待加工表面方向流出。后一种情况对加工表面质量有利。一般粗加工时，取 $\lambda = +5 \sim +10^\circ$ ，精车时，取 $\lambda = -4 \sim -6^\circ$ 。

以上七个角度规定了外圆车刀的几何形状。它们的定义对于其它各种刀具基本上也是适用的。

麻花钻头的几何形状较外圆车刀略为复杂。然而，只要我们牢牢抓住三个参考基准面和七个角度的基本含义和定义，灵活地加以运用，问题也是不难解决的。要分析钻头的几何角度，关键的问题是确定切削平面和基面。为了分析问题方便，略去送进运动时，则钻头主刃上任一点的切削速度方向是以该点到钻头中心为半径、钻头中心为圆心所做圆的切线方向，也就是该点到钻头中心连线的垂线方向。如图1-7(a)所

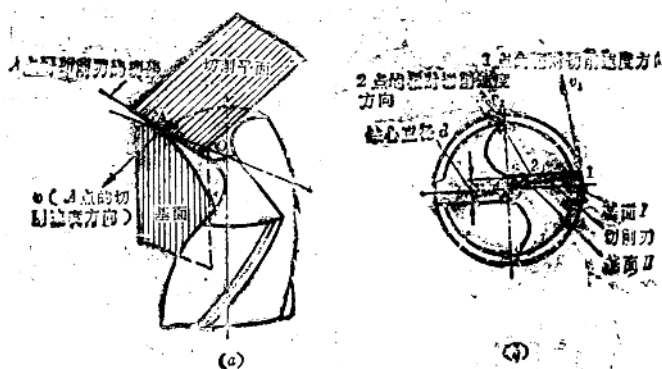


图1-7 钻头的理论系

示的平面，就是钻头外缘刀尖（ A ）这一点的切削平面；基面与切削平面垂直，且通过钻心，但是，由于钻头两个刃不通过中心，所以各点的切削平面和基面是不同的，见图 1-7（ b ）

在弄清楚了钻头的切削平面和基面后，我们就可以分析它的几何角度了。

前角（ γ ）——切削刃上任一点的前角，是该点的基面与前面（或前面的切平面）的夹角。

钻头的前角在主截面内测量。由于钻头主刃上各点的基面不同，见图 1-7，所以主刃上各点的前角也不一样，见图 1-8。在靠近外缘点（ A ）处的前角（ γ_A ）为正值；在靠近钻心 B 点处的前角（ γ_B ）为负值。从图 1-8（ b ）中可以看

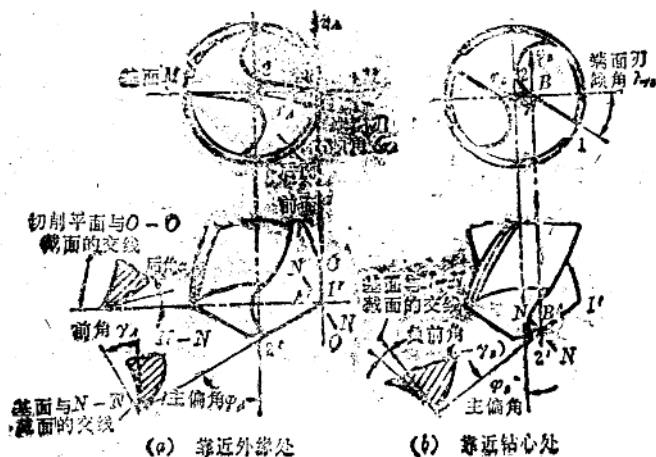


图 1-8 钻头的前角和后角

出， B 点的前角是负值，这是因为 B 点的前面超出基面之故。这一点也可以从图1-9(a)中看出。

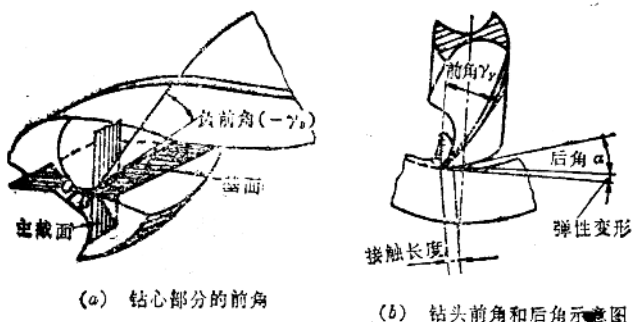


图1-9

所以钻头主刃上各点的前角是不相同的，越靠钻心处前角越小。钻头切削刃上任一点的前角(γ)可用式1-1计算。

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \frac{\operatorname{tg} \omega}{\sin \varphi_x} - \operatorname{tg} \lambda_{rx} \cdot \cos \varphi_x, \quad (\text{式1-1})$$

$$\operatorname{tg} \varphi_x = \operatorname{tg} \varphi \cos \lambda_{\gamma x_0} \quad (\text{式1-2})$$

式中： ω ——切削刃上任一点的螺旋角；

φ ——切削刃在这一点的主偏角；

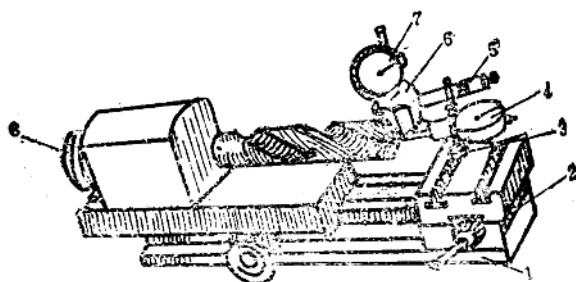
λ_{rx} ——切削刃在这一点的前面刃倾角；

φ ——钻头切削刃锋角 2φ 的一半。

切削刃上各点的前角也可以在专门测量仪器上测量，如图1-10所示。测量的步骤是：先用后表座3上的水平指示表4来定出切削刃上所需测量的点，它的半径位置(r_x)可从测向标尺2读出。然后转动装有钻头的手轮8，使刃口与表头针尖平齐，因为针尖与钻头轴线已预先调整固定在同一水

平面上，因此这个水平面就是刃口上这一点的基面。再转动侧表座6的转盘刻度到这一点的主偏角(φ_s)上，使侧表座的移动方向符合主截面方向，并调整垂直指示表7的表头指针尖与刃口上这一点重合。最后利用微动螺杆5推动表座移动一段行程 L ，这样从垂直指示表上读数(K)就可以算出前角(γ_s)了。

$$\operatorname{tg} \gamma_s = \frac{K}{L} \quad (\text{式1-3})$$



1—表座；2—侧向标尺；3—后表座；4—水平指示表；
5—微动螺杆；6—侧表座；7—垂直指示表；8—手轮

图1-10 在测量仪上测量前角

前角大小决定着切削难易程度和切屑在前面的摩擦情况，前角越大切屑与钻头前刀面的摩擦越小，钻削越省力，反之钻削力就大。

后角(α)——切削刃上任一点的后角是该点的切削平面与后面(或后面的相切平面)之间的夹角，见图1-8及图1-9(b)所示。钻头的后角是在以钻轴为轴线的圆柱截面内测量(见图1-11)，或在与该圆柱面相切的平面(如图1-8中的O-O