

金屬切削原理

(下 冊)

關廷棟 王熾鴻 編著

上海中外書局出版

金屬切削原理

(下 冊)

關廷棟 王熾鴻 編著

江苏工业学院图书馆
藏 书 章

上海中外書局出版

金屬切削原理 (下冊)

編 著 者 關 廷 棟 王 熾 鴻

出 版 者 中 外 書 局
發 行 者 上 海 中 山 東 一 路 18 號

印 刷 者 洪 興 印 刷 所
上 海 山 海 關 路 406 弄 20 號

版權所有★不可翻印

書號：0038—2 開本：787×1092, 1/25 印張：12 10/25

字數：241千字

定價：一元六角

1955年3月第一版第一次印刷

印數0001—2000冊

下 冊 目 錄

第六章 鑽工、擴孔工與鉸工切削原理

6-1	孔加工方法的分類	1
鑽工		
6-2	麻花鑽的幾何形狀	2
6-3	鑲有硬質合金刀片的鑽頭	7
6-4	鑽工的切削要素	10
6-5	鑽工的特性	13
6-6	鑽削時切削力、力矩與功率的理論分析	14
6-7	影響軸向力與切削力矩的因素	18
6-8	鑽削時軸向力與切削力矩的實驗公式	22
6-9	鑽頭的磨損、許可耐用時間與影響切削速度的因素	25
6-10	鑽工切削速度的公式	30
6-11	鑽工最有利切削用量的計算方法	32
擴孔工與鉸工		
6-12	擴孔鑽與鉸刀的幾何形狀	36
6-13	擴孔工與鉸工的切削要素	38
6-14	擴孔工與鉸工的軸向力及切削力矩	39
6-15	擴孔鑽及鉸刀的耐用時間與擴孔工及鉸工的切削速度	40
6-16	擴孔工與鉸工切削用量的計算	43

6-17 鑽工、擴孔工與鉸工切削用量的計算實例·····	48
------------------------------	----

第七章 銑工切削原理

銑工的基本概念與切削要素

7-1 銑工工作方法的種類·····	58
7-2 銑刀的要素·····	60
7-3 銑刀切削部份的幾何形狀·····	63
7-4 銑削作用的基本概念·····	73

周銑工

7-5 用圓柱銑刀周銑時的切削要素·····	77
7-6 周銑時的切削曲線·····	87
7-7 周銑的已加工表面的光潔度·····	89
7-8 銑削工作的均勻性·····	94
7-9 直齒銑刀在周銑時的切削力與力矩的理論分析·····	96
7-10 銑工的切削功、平均切向力與平均功率的理論分析·····	104
7-11 螺齒銑刀在周銑時的切削力、力矩與切削功的理論分析·····	103
7-12 周銑切削力的實驗方法·····	112

端銑工

7-13 端銑工的切削要素與已加工表面的光潔度·····	114
7-14 端銑工的切削力與力矩的分析·····	119
7-15 端銑工的平均功率·····	123

銑工切削力與有效功率的實驗公式

7-16 影響切削力與功率的因素·····	124
7-17 切削力與功率的實驗公式·····	125

銑刀的耐用時間與銑工的切削速度

7-18	銑刀的耐用時間	127
7-19	影響切削速度的因素	128
7-20	周銑工切削速度的實驗公式	135
7-21	端銑工切削速度的實驗公式	138
銑工最有利切削用量的計算		
7-22	銑工最有利切削用量的計算	141
7-23	銑工切削用量計算實例	153

第八章 齒輪加工切削原理

8-1	齒輪加工方法的分類	161
8-2	齒輪加工方法的選擇	162
8-3	形銑法切削過程的特性	163
8-4	展成法切削過程的特性與切削要素	166
8-5	形銑法的切削功率	172
8-6	展成法的切削力與切削功率	173
8-7	展成法所用刀具的磨損與合理的切削速度	175
8-8	齒輪加工的切削用量的選擇	179

第九章 螺紋加工切削原理

9-1	螺紋加工方法的分類	180
用絲錐切削螺紋法		
9-2	絲錐的幾何形狀與切削要素	182
9-3	用絲錐切削螺紋時的切削力矩與功率	188
9-4	絲錐的磨損與切削速度的公式	192
銑削螺紋法		
9-5	銑刀的幾何形狀與切削要素	194

9-6	銑削螺紋的表面光潔度.....	198
9-7	銑削螺紋時的功率與平均切向力.....	200
9-8	螺紋銑刀的磨損、耐用時間與切削速度.....	201
9-9	銑削螺紋的切削用量的選擇.....	203

螺紋的高速切削法

9-10	旋風式切削螺紋法.....	205
9-11	旋風式切削螺紋法的刀具幾何形狀與切削要素.....	207
9-12	刀具的磨損.....	209
9-13	切削速度與切削功率.....	211
9-14	切削用量的選擇.....	212

第十章 磨工切削原理

10-1	磨工工作方法的分類.....	214
10-2	砂輪.....	216
10-3	磨工切屑的形成過程.....	227
10-4	磨工的特性.....	228
10-5	磨削過程中的熱現象.....	229
10-6	外圓磨工的切削要素.....	231
10-7	內圓磨工的切削要素.....	237
10-8	無心磨工的切削要素.....	239
10-9	平面磨工的切削要素.....	242
10-10	磨工中切屑的幾何形狀.....	243
10-11	磨工的切削力與功率.....	252
10-12	砂輪的磨損、耐用時間與工件的速度.....	257
10-13	磨工合理切削用量的選擇.....	260
10-14	磨工切削用量計算實例.....	262

第十一章 金屬材料的切削性能

11-1	切削性能的意義	267
11-2	切削性能的實驗方法	268
11-3	鋼的切削性能	276
11-4	改進鋼的切削性能的方法	279
11-5	鑄鐵的切削性能	282

附錄一

表8	用高速鋼麻花鑽鑽孔或擴孔時，工件材料性質影響切削力矩與軸向力的修正係數 K_{MM} 與 K_{PM} 的數值	1
表9	用高速鋼麻花鑽、擴孔鑽、鉸刀切削鋼料時工件的機械性質影響切削速度的修正係數 K_{Mv}	2
表10	用高速鋼麻花鑽、擴孔鑽、鉸刀切削鑄鐵時工件的機械性質影響切削速度的修正係數 K_{Mv}	2
表11	高速鋼刀具鑽孔、擴孔、鉸孔時的切削速度的修正係數 K_{cv} 、 K_{uv} 、 K_{lv} 的數值	3
表12	硬質合金麻花鑽的磨損程度影響切削速度的修正係數 $K_{\Delta v}$ 的數值	3
表13	硬質合金擴孔鑽的磨損程度影響切削速度的修正係數 $K_{\Delta v}$ 的數值	3
表14	用高速鋼銑刀銑削時影響切削力與有效功率的修正係數	4
表15	用硬質合金端銑刀銑削時的有效功率的修正係數	4
表16	用高速鋼圓柱銑刀銑削時鋼質工件熱處理情況影響切削速度的修正係數的數值	4
表17	用高速鋼圓柱銑刀銑削時工件表面狀態影響切削速度	

的修正係數的數值.....	5
表18 用高速鋼圓柱銑刀銑削時工件的機械性質影響切削速度的修正係數的數值.....	5
表19 用工具鋼圓柱銑刀銑削刀具材料及加工性質影響切削速度的修正係數的數值.....	6
表20 用高速鋼絲錐切削螺紋時影響切削速度的修正係數.....	6
表21 用梳形銑刀銑削螺紋時影響切削速度的修正係數.....	7
附錄二	
$\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^m$ 的數值計算表.....	8
附錄三	
(1) 表面光潔度的標準.....	11
(2) 各種加工方法所能達到的表面光潔度.....	12

第六章 鑽工、擴孔工與鉸工切削原理

6-1. 孔加工方法的分類

鑽工、擴孔工與鉸工都是圓孔加工的工作方法，但其目的與要求各有不同。在實體材料上如需製孔，則必須利用鑽孔，若在實體材料上所鑽孔徑大於 25 公厘時，為提高工作效率可以分為二次鑽削，第一次所鑽孔的直徑約為所要求孔徑的一半左右，第二次加大已鑽孔直徑的工作，則為擴鑽或擴孔工，如將已鑽孔的直徑略微加大以得準確的尺寸與光潔的已加工表面，則需利用鉸工。鑽工中所用的刀具為鑽頭，所用的切削機床為鑽床或車床。使用鑽床時，工件固定在鑽床的工作台上，鑽頭有旋轉及送進兩種運動，使用車床時，鑽頭利用車床的尾架作送進運動與工件的旋轉運動而完成鑽削工作。

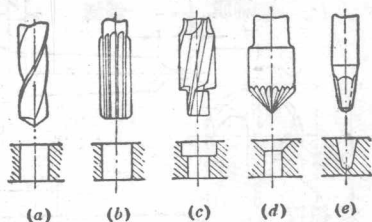


圖 6-1

擴鑽孔所用的刀具亦為鑽頭，擴孔工

所用的刀具為擴孔鑽，鉸工所用的刀具為鉸刀。圖 6-1 為圓孔加工方法的主要分類，(a) 為用麻花鑽鑽孔，(b) 為鉸孔，(c) 為用平頭擴孔鑽擴大上部孔徑，(d) 為用錐形擴孔鑽擴大上部孔徑，(e) 是鑽斜孔。

用高速鋼鑽頭鑽孔後工件能達到 4—5 級精度，已加工表面有 $\nabla\nabla 3$ — $\nabla\nabla 4$ 級的光潔度，用硬質合金鑽頭鑽孔時，工件能達到 3—4 級精度，已加工表面有 $\nabla\nabla 4$ — $\nabla\nabla 5$ 級的光潔度，擴孔鑽工能使工件達到 3—4 級精度，已加工表面達 $\nabla\nabla 6$ 級的光潔度。鉸工一般均使工件能達 2—3 級

的精度，已加工表面能達到 $\nabla\nabla 7 - \nabla\nabla 8$ 級光潔度，但有時在個別情況下，工件能達到 1 級精度，已加工表面達 $\nabla\nabla 9$ 級光潔度。

普通的圓孔加工工作中以 (a) 類為最重要，其切削原理為鑽孔工與鉸工的基礎。

鑽 工

6-2. 麻花鑽的幾何形狀

一、麻花鑽的構成部份 鑽頭是圓孔加工中最常用的工具，種類很多，按其構造分為平板鑽、直槽鑽、螺槽鑽（俗稱麻花鑽）、深孔鑽、中心鑽與複合鑽等，但在實用上以麻花鑽的用途最廣。麻花鑽的形狀正如圖 6-2，其主要的構成部份有鑽柄、鑽身與鑽頂三部分。鑽身原係

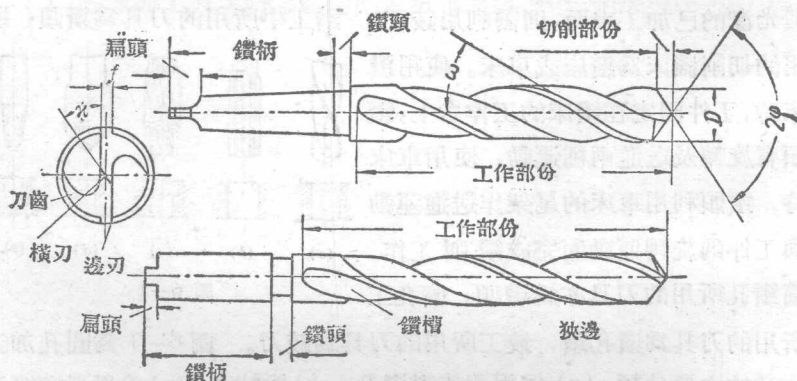


圖 6-2

一圓柱體，但為減少它與孔壁的摩擦起見，一般均將鑽身製成為斜度很小的倒錐形。鑽身的周圍銑成或燃成兩條螺旋槽以供排除切屑及導注切削劑。圓柱體的頂端磨成圓錐形，圓錐角 2φ 稱為鑽頭的頂角，約為 90° 至 140° ，常用的為 118° 。鑽槽面與圓錐面的交線為鑽刃，兩鑽槽之間所留下的材料構成為刀齒，頂尖成為橫刃，其與鑽刃所成的 α 角稱為橫刃斜角。鑽槽螺旋線與鑽身中心軸線所成的角度 ω 稱為

螺旋槽斜角，其大小決定於所鑽削的材料，平常為 20° 至 30° 。圖中 f 稱為狹邊，其與鑽槽相交的曲線稱為狹邊刀，簡稱為邊刀。

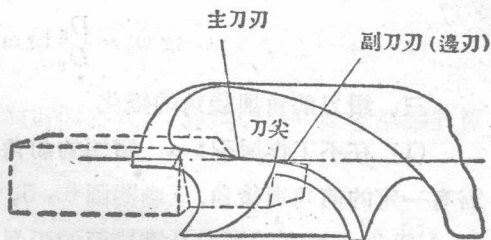


圖 6-3

由麻花鑽的構造，可知其切削部份與車刀刀頭的作用基本相同，參閱圖 6-3 可知，鑽刃相當於車刀的主刀刃，邊刃相當於車刀的副刀刃，鑽刃與邊刃的交點相當於車刀的刀尖。

二、螺旋槽斜角的變化 麻花鑽的螺旋槽斜角就是展開的螺旋線與鑽頭的軸線所成的角度，如圖 6-4 所示。由圖可知螺旋槽斜角的數值可用下式求得：

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{\pi D}{H} \quad (6-1)$$

式中 D = 鑽頭的直徑；
 H = 螺旋槽的螺距。

決定 ω 角時須根據鑽頭的外徑計算，但鑽槽面可視為由若干條螺距相等的螺旋線所組成，各螺旋線的斜角均依其距鑽頭軸線的距離而改變；距軸線愈近者，其斜角亦愈小。由圖 6-4 知

$$\operatorname{tg} \omega_1 = \frac{\pi D_1}{H},$$

$$\operatorname{tg} \omega_2 = \frac{\pi D_2}{H}.$$

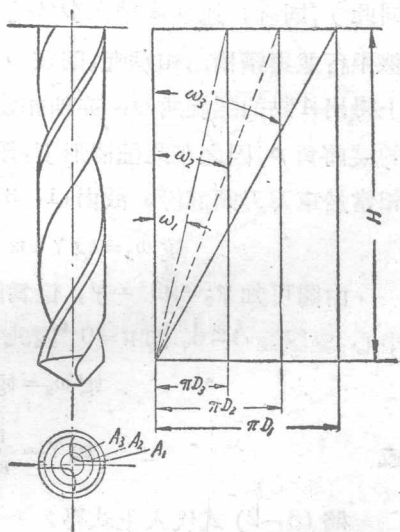


圖 6-4

將上二式合併，得

$$\operatorname{tg} \omega_2 = \frac{D_2}{D_1} \operatorname{tg} \omega_1 \quad (6-2)$$

三、鑽刀前角與後角的變化

(1) 在不工作情況：a) 鑽頭的前角——鑽刀與車刀刀刀相似，亦需有一定的前角與後角。參閱圖 6-5，設 A 點為鑽刀上的任一點，通過 A 點作一垂直於鑽刀及鑽槽面的平面，得出 $N-N$ 斷面。另通過鑽刀再作一平面與鑽刀圍繞軸線旋轉所成的錐面相切，在 $N-N$ 斷面圖上得出 $A_2 V$ 線，又從 A_2 點作一直線 $A_2 B_2$ 與鑽槽面相切，一直線 $A_2 N_2$ 與 $A_2 V$ 線垂直，則 $A_2 B_2$ 與 $A_2 N_2$ 之間的夾角為在 A 點的鑽刀前角 γ （平常所謂鑽刀上某一點的前角均指在 $N-N$ 斷面上量出的前角而言，以後無特別註明時均同此），同理，通過 A 點作 $O-O$ 斷面與軸線平行並與鑽槽面相垂直，則在 $O-O$ 斷面上得出 A 點的螺旋角 ω_2 ，亦即相當於車刀的縱前角 ρ ，因之在此種情形下，鑽刀部份相當於車刀刀頭部份，故由 (1-3) 式得 (1)：

$$\operatorname{tg} \omega_2 = \operatorname{tg} \gamma \cos \varphi_2 - \operatorname{tg} \mu \sin \varphi_2.$$

由圖可知 $\varphi_2 = 90^\circ - \varphi$ ，但為簡化起見，可先假定兩鑽刀通過鑽的中心，參閱圖 6-6，即 $\mu = 0$ ，因此

$$\operatorname{tg} \omega_2 = \operatorname{tg} \gamma \sin \varphi,$$

或

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\operatorname{tg} \omega_2}{\sin \varphi} \quad (6-3)$$

將 (6-2) 式代入上式得：

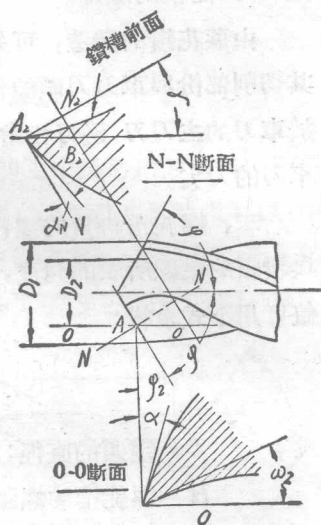


圖 6-5

(1) 見 И. М. Веспрозванный: Основы Теории металлов, Машгиз, 1943.

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\operatorname{tg} \omega_1}{\sin \varphi} \cdot \frac{D_2}{D_1} \quad (6-4)$$

(6-4) 式為一般最常用的近似公式。參閱圖 6-6, 若準確計算刀刃上各點的前角, 則應利用下列公式(1):

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{D_2 \operatorname{tg} \omega_1 \cdot \cos \mu}{D_1 (\sin \varphi - \frac{D_2}{D_1} \operatorname{tg} \omega_1 \cdot \cos \varphi \sin \mu)} \quad (6-5)$$

實際上橫刀長度很小, μ 的數值亦很小, 故用(6-4)式已有足夠的準確性。由(6-4)與(6-5)二式可知, 在麻花鑽的鑽刃上各點的前角均不相同, 其大小決定於各點距鑽頭中心的距離; 距鑽頭中心愈近, 各點的鑽刃前角愈小。

b) 鑽頭的後角——同理, 亦可由圖 6-5 得出鑽刃上各點在 $N-N$ 斷面上的後角 α_N 與 $O-O$ 斷面上的後角 α (平常所謂鑽頭的後角, 指在 $O-O$ 斷面上量出的 α 而言, 以下無特別註明時均同此) 的關係為

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \varphi.$$

(2) 在工作情況——鑽頭在工作過程中除旋轉運動外尚有送進運動, 因之鑽刃上每一點的軌跡必為一螺旋線, 鑽刃所描繪成的切削表面為一螺旋表面。

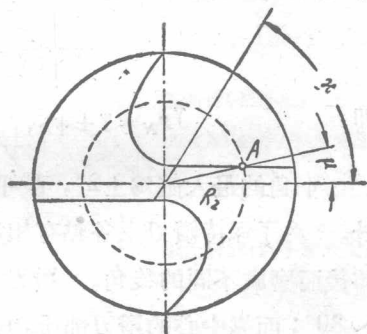


圖 6-6

若將鑽刃上任一點的切削軌跡的螺旋線展開, 則為與水平線成 ψ 角的斜線, 如圖 6-7。

切削軌跡的斜角 ψ 可用下式計算:

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{s}{\pi D} \quad (6-6)$$

(1) 見蘇聯機械百科全書第七卷。

式中 s = 送進率, 公厘/轉。

由圖 6-7 可知, 在工作情況中的軸向前角 γ_p 爲

$$\gamma_p = \gamma_0 + \psi \quad (6-7)$$

式中 γ_0 = 不工作時鑽刀的軸向前角, 即螺旋槽斜角。

在工作情況時的後角 α_p

$$\alpha_p = \alpha - \psi \quad (6-8)$$

式中 α = 不工作時鑽刀的後角,

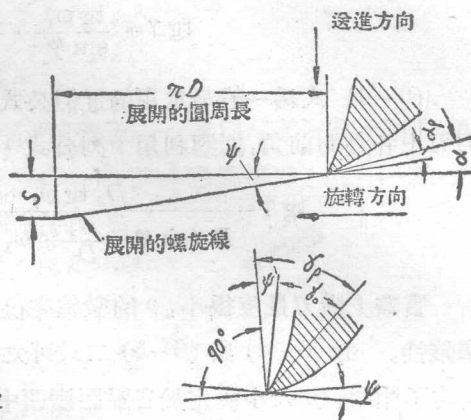


圖 6-7

(6-6) 式爲鑽頭的軸向斷面 ($O-O$ 斷面) 上 ψ 角與 s , D 的關係。若計算前角與主斷面 $N-N$ 上後角的改變, 則應換算爲下式:

$$\operatorname{tg} \psi_N = \operatorname{tg} \psi \cdot \cos \varphi,$$

即

$$\gamma_{pN} = \gamma + \psi_N,$$

$$\alpha_{pN} = \alpha_N - \psi_N.$$

ψ 角的最大值爲 $\pm 2^\circ$, 故平常 s 對於 α 與 γ 角的影響可以略去不計。爲了保持鑽刀上各點有相近的楔角及橫刃上有較小的負前角, 需將後面磨成不同的後角。鑽刀最外點的後角爲 $8^\circ \sim 14^\circ$, 前角爲 $25^\circ \sim 30^\circ$; 而靠中心的鑽刀部份, 其後角約爲 $20^\circ \sim 27^\circ$, 前角爲 $2^\circ \sim 4^\circ$ 。

四、高速鋼麻花鑽的合理幾何形狀 由於切削條件、工件材料、鑽頭直徑等的不同, $D > 12$ 公厘的麻花鑽的切削部份需修磨成合理的幾何形狀。麻花鑽的切削部份除各種角度外, 其橫刃與狹邊等亦需有正確的尺寸, 直徑大的鑽頭其橫刃尚需磨成弧面, 鑽頭應磨成雙重頂角, 其作用將於節 6-7 敘述。高速鋼麻花鑽的切削部份的修磨形狀與合理幾何形狀, 分別於表 6-1, 6-2。另外尚有磨成三重頂角⁽¹⁾的鑽

(1) 見“Станки и инструмент” 1954 年 2 月。

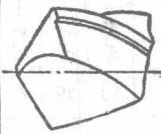
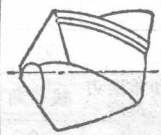
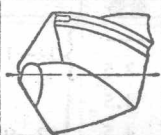
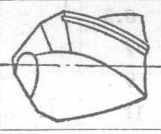
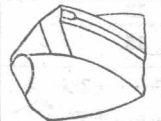
頭，其耐用時間可以延長許多倍。

6-3. 鑲有硬質合金刀片的鑽頭

爲了提高切削速度，延長刀具的耐用時間，以提高生產效率，降低生產成本，鑽頭可用炭素工具鋼製成鑽身後在其切削部份鑲裝硬質合金的刀片。常用的硬質合金鑽頭有下列四種，其構造示如圖6-8。

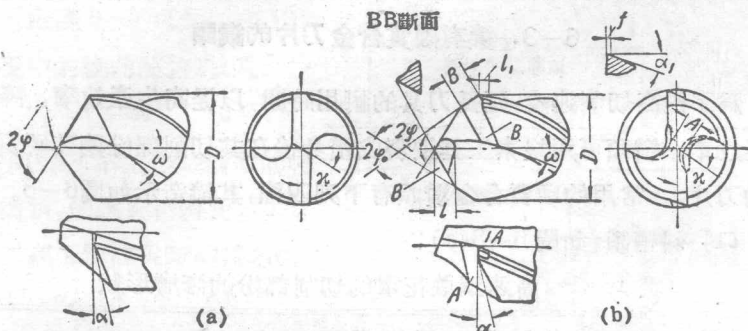
(1) 斜槽鑽，如圖6-8(a)；

表 6-1 高速鋼麻花鑽的切削部份的修磨形狀

鑽頭直徑 D , 公厘	修 磨 形 狀			工 件 材 料
	名 稱	符 號	草 圖	
0.25~12*	普 通 形	H		鋼、鋼鑄件、鑄鐵
12~80	普通形，帶橫刃弧面	HH		鋼鑄件(帶外皮)， $\sigma_b < 50$ 公斤/平方公厘
	普通形，帶橫刃弧面 與狹邊	HHH		鋼及鋼鑄件(不帶外皮)， $\sigma_b < 50$ 公斤/平方公厘
	雙重頂角，帶橫刃弧 面與狹邊	ДH		鋼鑄件(帶外皮)， $\sigma_b > 50$ 公斤/平方公厘， 鑄鐵(帶外皮)
	雙重頂角，帶橫刃弧 面與狹邊	ДHH		鋼及鋼鑄件(不帶外皮)， $\sigma_b > 50$ 公斤/平方公厘， 鑄鐵(不帶外皮)

*用同一鑽頭來加工多種帶外皮及不帶外皮的材料時，尤其當小批生產時，大於12公厘的鑽頭亦可將其切削部份修磨成普通形。

表 6-2 高速鋼麻花鑽的切削部份的形狀



鑽頭直徑, 公厘	0.25—0.35	0.4—0.45	0.5—0.7	0.75—0.95	1.0—1.9	2.0—2.9	3.0—3.4	3.5—4.4	4.5—6.4	6.5—8.4	8.5—9.9	10—80
螺旋槽斜角	13	19	20	21	22	23	24	25	25	27	28	30

ω 角的極限偏差為 -2°

鑽頭直徑， 公厘	鑽 刃				橫刃弧面		狹 邊			
	頂 角		雙重鑽刃 的長度	後 角	橫刃 斜角	帶弧面的 橫刃長度	弧面 長度	狹邊 長度	倒稜寬度	後角
	$2\varphi^{\circ}$	$2\varphi_0^{\circ}$	B 公厘	α°	$\varphi^{\circ} \approx$	A 公厘	l 公厘	l_1 公厘	f ，公厘	α_1°
0.25—12	118	70	—	14—11	50	—	—	—	0.2—0.4	6—8
12—15			2.5			1.5	3	1.5		
15—20			3.5			2	4	1.5		
20—25			4.5			2.5	5	2		
25—30			5.5	12—9	55	3	6	2		
30—40			7			3.5	7	3		
40—50			9			4	9	3		
50—60			11			11 8	5.5	11		
60—70			13	6.5			13	4		
70—80			15	7.5			15	4		

極限偏差: 2φ $\pm 2^\circ$

$2\varphi_0$ $\pm 5^\circ$

B, A, l 與 l_1 ± 0.5 公厘