

內容提要 这本小册子主要是講解孔加工的方法。首先从孔加工的基本概念、孔加工用的切削工具和机床談起，繼着叙述精確孔和錐形孔的加工方法，并着重指出加工时的要求。最后說明錐形套筒、自动校正中心夹头、快速掉換夹头的夹紧方法。此外，还扼要地分析了鑽孔时故障可能發生的原因和操作时應該加以注意的地方。

本書可作为三級以上机械工人学习孔加工方法的参考材料。

編著者：廖一鵬

NO. 0326

1955年6月第一版 1960年3月第一版第四次印刷

787×1092 $1/32$ 字数 21 千字 印張 1 19,501—22,000 册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

北京新华印刷厂印刷

新华書店發行

北京市書刊出版业营业
許可証出字第003号

統一書号T15033·178

定 价 (9) 0.10 元

談孔加工的方法

屠一驥編著

15.7
64/213



机械工业出版社

一、孔加工的基

在機械製造工業的產品裏，一切運轉作用的機器可以說都是以軸和孔的配合關係爲主要部件而組成的。在鋼鐵安裝結構工程中，一切的螺栓、螺孔、鉚釘、鉚孔也佔了很重要的地位。因此，孔加工質量的好壞就會直接影響着機械製造的產品質量，這是任何人所不能否認的。

現在我們再把機械工程上所用到的孔分析一下，可以得到下列的幾個類型：

1 安裝緊固用的孔 鋼鐵結構或機器上要把兩個部分連結起來，須先在它上面鑽孔，然後用螺釘或鉚釘穿過，再使兩者緊牢。這類孔看起來似乎容易製造，但在大量生產時也必須對切削工具及切削用量詳細地加以研究，才能得到經濟效果。如果緊固的機器零件受着變動負荷，因爲震動得很厲害，用來連接用的螺釘就必須同孔壁密切地貼合，例如連結軸承罩殼的螺釘孔、引擎上連桿的螺釘孔，這些孔必須同螺釘桿密切配合，才能承受負荷而不致發生危險。

2 作爲壓入配合用的孔 某些零件爲了材料的不同或製造檢修上的方便，所以兩個部件的結合常常要用壓入配合的方法，例如軸承的製造，很多是在鑄鐵體上鑽孔再壓入銅製軸襯。用來壓入配合的孔，要求它的孔壁須有較高的光潔度，以便同配合軸有最大的接觸面，更要有準確的圓度和公差，以便經過壓入配合後，連結體具有一定的緊密強度。

3 作爲旋轉配合用的孔 爲了減少摩擦生熱的影響，軸面

和孔壁都要求很高的光潔度。由於在旋轉速度的高低不同情況下，而對軸孔光潔度等級的要求也就不同。爲了旋轉的穩定和工作效率提高，那末不但孔壁要求光潔，孔軸的同心圓度和配合公差也要準確。

4 機床或工具安裝定位用的孔，像靠模夾具或是機床滑板等地方用的孔，它們看起來只起緊固作用，有時還不是重負荷或抗震動的，但是對它要求的關鍵不只在於每個獨立孔的質量，而是它們相互之間中心距離的準確。爲了使它們的中心準確，必須：第一，上下兩個零件的孔必須是只有一個同心點的圓孔；第二，孔壁必須十分光滑才能使孔同銷釘嚴密配合，保證它的中心作用，這樣就是說它們的質量條件是應當非常完整的，圓度、光潔度、尺寸公差都應當具有較高要求的條件。

上面所分析的四種類型的孔，除開第三種以外，其餘各種的孔，都可以有圓以外的各種幾何形狀的孔，如方孔、三角孔、六角孔、多邊形的孔……等等。但是，爲了很好地在部件上安置它的位置（中心位置）。因此，在製造這些孔的加工過程中，基本上都從圓的基孔上出發，就是先做出圓孔，然後再改變它的孔型（鑄孔和衝製孔不在此例）。

就孔的加工方法上來分類，可得如下的幾種方式：

1. 鑽孔：利用扁鑽或者麻花鑽在實心的工件上鑽削出來的孔——通孔或者是盲孔。一般可得 ∇ 的表面光潔度，如用鑽模並適當地控制切削用量也可得到 $\nabla\nabla$ 的表面光潔度的孔。

2. 擴孔：也叫做鉋孔，用鑽頭鑽出來的孔，孔壁比較粗糙，圓度不高，尺寸也不準確。如果要求得高一點，就先用鑽頭鑽出一個比規定尺寸稍微小一點的孔，然後再用擴孔鑽把孔擴大，這樣所得的孔，尺寸可以比較準確，孔壁也可以比較光潔。此外，一些鍛、鑄出來

的孔，有時就可以直接用擴孔鑽頭來得到所需要的孔。

經擴孔後的孔可以得到▽▽的表面光潔度，相當於車床或銑床上精加工工件的精度，所以要求中級光潔度的孔，可以採用擴孔方法來達到。粗擴孔所得的光潔度較差，只能得到▽。

3. 鉸孔：要求光潔度高而尺寸準確的孔、精密夾具、樣板或者機床的部件，都要在鑽孔後或者擴孔後再用鉸刀鉸過，以取得更高級的孔壁光潔度▽▽▽。

4. 鏜孔：凡鑄件已鑄好孔或工件上已鑽好孔，須加大它的直徑並得到較光潔的孔壁。如果孔徑的尺寸較大，那末就不適宜用擴孔方法，而用鏜孔方法了。鏜孔刀具狀如車刀，裝在鏜桿上，鏜桿橫穿過鑄好的孔或已鑽好的孔，把孔鏜到規定的尺寸，並可得到較光潔的孔壁，例如加工機床的齒輪箱、通軸的孔時（前後須同心），採用鏜孔方法是最相宜的。

以上所說的不論擴孔、鉸孔、和鏜孔，如果在實心的工件上加工的話，須先鑽孔，所以決定孔的加工質量的最重要關鍵，還是鑽孔的那一過程，它基本質量水平的高低，對於以後各級工序的施工效果是影響很大的。比方我們如果想用擴孔或者鉸孔的方法把已經鑽偏歪的基孔糾正過來是很困難的，有時甚至不可能。為此，談到孔加工，我們第一就要先討論究竟是什麼因素決定着鑽孔的質量。

要鑽孔鑽得好，必須是鑽出的孔，雖要圓又要直，那末怎樣才能達到這個目的呢？鑽頭不要旋轉得太快，如果太快，鑽頭容易磨耗，使鑽出的孔不圓；如果太慢則時間太久，很不經濟。鑽頭的進給如果太快，那末鑽頭可能受壓而彎曲，使鑽出的孔就會不直，所以對鑽頭所採用的切削用量須詳細地加以研究才好。

因此，在孔加工的過程中，除了合理地使用工具外，還須選擇

適當的切削用量。

什麼叫做切削用量呢？它就是切削工具的切削速度和進給量。

切削速度 就是切削工具的圓周速度，以 v 表示，單位為公尺/分，如鑽頭的直徑為 d ，單位為公厘，鑽頭每分鐘旋轉 n 次（即車頭的轉數）， π 為圓周率 $= 3.14$ ，那末

$$v = \frac{d \times n \times \pi}{1000} \text{ 公尺/分。}$$

進給量 就是切削工具每轉一轉沿軸的方向前進的距離，以 s_0 表示：

$$s_0 = \text{公厘/每轉。}$$

以上是孔加工的基本概念，在以下的各章節裏，我們將以它們為中心環節逐步介紹幾種具體的技術問題。

二 孔加工所用的切削工具

在整料上鑽孔的基本切削工具是鑽頭，它們主要類型分為扁鑽和麻花鑽，其中以麻花鑽應用最廣。擴孔時用的切削工具為擴孔鑽（普通叫做鉋鑽），鉸孔時的切削工具是各種鉸刀。現在逐一地敘述如下：

1 麻花鑽 這種工具應用最廣，它可以用工具鋼製造，但大都用鋒鋼製造的，近來還有用硬質合金製造的。

麻花鑽的用途有下列幾類：

1. 鑽一次鑽成的孔；2. 鑽擴孔前的孔；3. 鑽鉸孔前的孔；4. 在用螺絲攻攻螺紋前應先鑽一孔。

鑽孔的時候，由於鑽頭裝置得不正確或者鑽頭切削刀的不相等，以及機器的精度較差等原因，使鑽出來的孔比鑽頭直徑略大。

圖 1 表示在正常工作條件下，就是鑽頭磨得相當正確並且轉動得

很圓正時，所鑽出來孔的尺寸大於鑽頭直徑的超越尺寸。

麻花鑽的全形如圖2，在圖中的各項尺寸，以頂角 2φ 最為重要。變動頂角會引起鑽頭基本切削部分發生變化。鑽頭前角和後角的大小同頂角的大小有關。頂角的選擇，看所鑽的材料性質而不同，對於硬性或脆性的金屬，頂角大約是 $130^{\circ}\sim 150^{\circ}$ 。對於較軟較韌的金屬，頂角大約是 $80^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 。一般用來鑽各種不同金屬的鑽頭（標準鑽頭）。頂角可取 $116^{\circ}\sim 118^{\circ}$ 。此外，頂角越大，

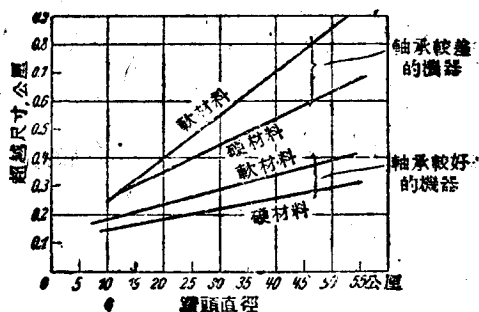


圖1 鑽頭直徑和超越尺寸的比較。

頭前角和後角的大小同頂角的大小有關。頂角的選擇，看所鑽的材料性質而不同，對於硬性或脆性的金屬，頂角大約是 $130^{\circ}\sim 150^{\circ}$ 。對於較軟較韌的金屬，頂角大約是 $80^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 。一般用來鑽各種不同金屬的鑽頭（標準鑽頭）。頂角可取 $116^{\circ}\sim 118^{\circ}$ 。此外，頂角越大，

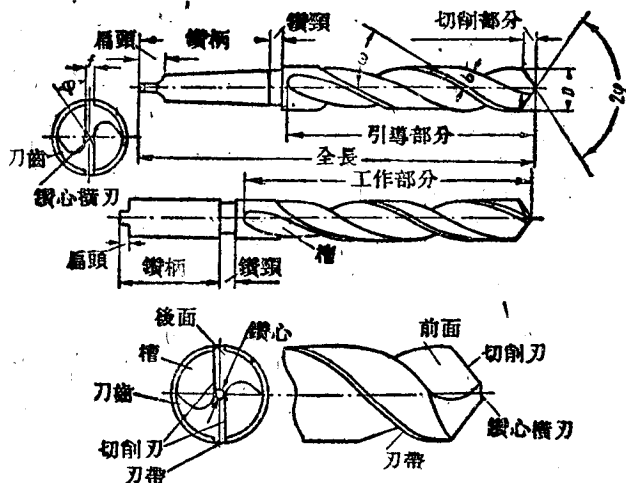


圖2 麻花鑽頭各部分名稱：

D—鑽頭直徑； 2φ —頂角； ω —螺旋槽的傾斜角； φ —橫刀斜角；b—鑽槽寬；f—弧邊寬。

鑽頭的橫刃就越半，所以在鑽較硬的金屬的時候， 2φ 角應該選擇得比較大些；但頂角越大，鑽頭所受的力（撓曲應力和壓應力）也越大，因此當鑽穿通孔，把鑽頭抽出的時候，鑽頭的折斷可能性也越大。如果採取較小的頂角，那末折斷的危險性便減少得很多。

麻花鑽上的螺旋角 ω ，一般是按照鑽頭的外徑來決定的，一般採用 30° 左右的角度。 ω 角的大小對鑽的工作很有影響， ω 角大前角也增加， ω 角小前角也隨着減小。前角大到切削變得輕鬆切屑容易排除，推進力也減小許多。但是 ω 角太大了，前角也就太大，會減弱了切削刀的強度，並且鑽孔時鑽頭愈小，這種現象也就愈顯著。所以一般說來，在其他條件相同的情況下，大鑽頭的 ω 角可選得大些，小鑽頭應當選擇得小些。

在機械製造車間裏，鑽頭從外面購來，那末 ω 角可因加工材料的不同來選擇。頂角 2φ 由我們自己來磨對度數。表1表示對各種材料加工時鑽頭的參考數字。

表1 加工各種材料時鑽頭的參考數字

加工金屬	螺旋槽斜角 ω (度)	頂角 2φ (度)
機械用鋼(抗拉強度 σ_b 在70公斤/公厘 ² 以內)	30	116~118
合金鋼和機械用鋼($\sigma_b=70\sim100$ 公斤/公厘 ²)	25	120
合金鋼和機械用鋼($\sigma_b=100\sim140$ 公斤/公厘 ²)	20	125
不銹鋼	25	120
生鐵	25~30	116~120
硬青銅和硬黃銅	15~20	135
韌黃銅，鎳黃銅	25~30	130
鋁和鋁矽合金	35~45	130~140

表1所列數字只適用於直徑大於10公厘的鑽頭，又這些數字，不適用於硬質合金的鑽頭。

用蘇花鑽切削金屬的時候，它的進給量見附表 1。如果加工材料是鑄鐵，那末大多不用冷卻液體，它的切削用量見表 2。

被加工材料是鋼的時候，大多用冷卻液體，常用的冷卻液體是礦物油及調水油等。調水油中油和水的比例，要看油的品質而定，自 1:10 到 1:60。附表 3 表示鑽鋼料時的切削用量。

鑽頭材料除鋒鋼及工具鋼外，也有用硬質合金做成。

硬質合金的鑽頭，它的用途是：適於加工硬度較高的材料，如鑄鐵，已淬硬的鋼，玻璃，大理石等等；適宜於高速切削，轉速高，進給量也大。

小型鑽頭（直徑在 8 公厘以下）可以用整體的硬質合金製成。大型鑽頭則以硬質合金刀片鑲在用碳鋼或合金鋼的圓桿上。

鑲硬質合金刀片的鑽頭，有下列幾種形式：

直槽鑽 多用於加工生鐵及脆性材料，孔的深度不應超過鑽直徑的 2~3 倍。因為直槽的關係，不容易把切屑排除，所以不宜鑽較深的孔。它的形式如圖 3。設鑽頭的直徑為 d ，工作部分的長度可以取 $4\sim 5.5d$ 。鑽頭心子的直徑可以取 $0.25\sim 0.27d$ ，並且向柄尾方向逐漸地增大，約每 100 公厘增加 1.4~1.8 公厘。鑽頭尖端在應用的時候，必須經過修磨，以減小橫刃的長度。

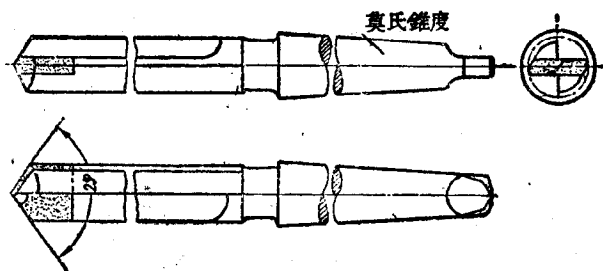


圖 3 直槽鑽。

斜槽鑽 見圖4, 由於導屑槽不長, 也只適用於鑽不深的孔。鑽頭的頂角 $2\varphi = 135^\circ$ 。鑽頭的圓柱形較準部分磨出 $3^\circ \sim 5^\circ$ 的後角, 並稍留狹邊, 約 $0.15 \sim 0.30$ 公厘。硬質合金的刀片磨成倒錐形式 (逐漸往柄尾方向減小直徑, 約 $0.04 \sim 0.05$ 公厘)。刀片的長度 l_1 約在 $1.5D$ 以內, 不可以太長。

螺旋槽鑽 這種鑽頭應用廣泛, 脆性材料韌性材料都可用來加工。它的構造如圖5。

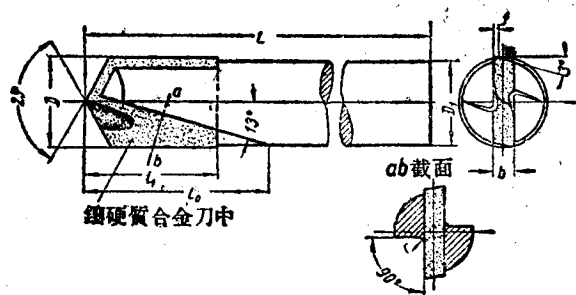


圖4 斜槽鑽。

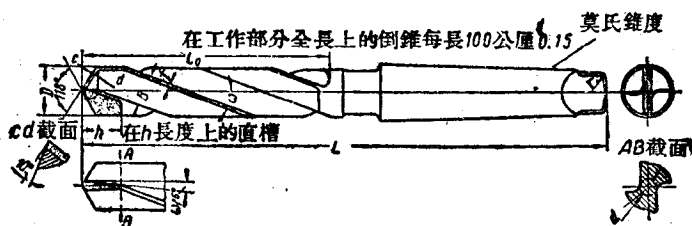


圖5 螺旋槽鑽。

1) 前端直槽的螺旋部分。 ω 角很微小, 約 $5^\circ \sim 6^\circ$, 這部分的長度是鑽頭直徑 d 的 $1.5 \sim 2$ 倍, 這樣鑽桿不致削弱。

2) 以後的螺旋槽斜角 $\omega = 15^\circ \sim 20^\circ$ 。

3) 鑽頭螺旋槽的長度大約是直徑的 4~5 倍。

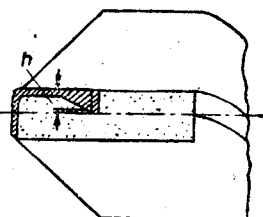
4) 鑽心可取鑽頭直徑的 0.027~0.3 倍，比普通的鑽頭要大。

5) 如果鑽的孔相當深，並且加工材料是脆性的話，那末，我們可以把螺旋斜角 ω 取得大些，可取成 $55^\circ \sim 60^\circ$ ，這樣便於排除切屑。硬質合金刀片的前角 α 可取 $4^\circ \sim 7^\circ$ 。

用硬質合金鑲成的鑽頭，如果速度過高及使用日久，角端也會有磨損。它的最大容許磨損尺寸見表 2，超過所規定的尺寸，就必須重加磨銳了。

表 2 硬質合金鑽頭的最大容許磨耗量

鑽頭直徑(公厘)	10~2	13~18	19~25	26~30
磨耗量 h (公厘)	0.4	0.6	1.0	1.3



2 扁鑽 這類鑽頭是最原始的鑽頭形式，構造簡單，在一片劍尖形的工具鋼（或鋒鋼）的前端，由工具本身的中心軸起始，向左右兩方面，各磨出相等的頂角 φ ，刃綫等長的反正刃口；在鑽頭的頂端製出一定角度的橫刃，把兩個切削刃連結起來，見圖 6。

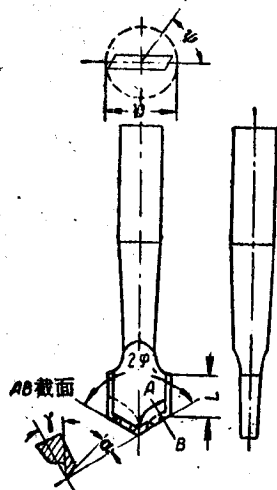


圖 6 扁鑽。

鑽頭左右兩切削刃所合成的鑽頭尖角 2φ ，角度的大小，因鑽頭和工件的材料而不同，一般可在 $116^\circ \sim 120^\circ$ 之間，常用的是 118° 。主切削刃的前角 γ 應小於 10° ，太大了會使鑽頭強度削弱，後角

α 可以在 $10^\circ \sim 20^\circ$ 之間，橫刃角 ψ 可成 55° 。(見圖 6)

爲了減除鑽頭送過後鑽頭稜邊和孔壁的摩擦起見，鑽頭的引導部分可磨成 $2^\circ \sim 4^\circ$ 的倒錐度。

這樣的鑽頭的工作強度、排屑等性能都很低，只適合在低速下，進行比較粗糙的穿孔工作。但是它製造簡便，尺寸規格又不受任何限制，在修理或改裝工作中使用，較爲便利，同時鑽硬性材料及鏜孔時也多應用它。

如果鑽頭的切削刃太長，可開上幾個分屑槽，便於切削。

新式的改進了扁鑽如圖 7，叫做複合扁鑽，它改用了圓桿鑽身，和附加了內接孔壁的引導滑塊，用來增強鑽頭工作的穩定準確性，並用安裝式的扁鑽來代替整體扁鑽，這樣同一鑽桿可以換用材料和刃角不同的鑽片，使材料的利用經濟性大大提高。

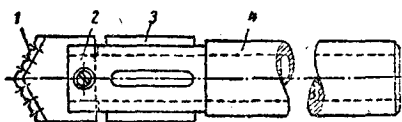


圖 7 複合扁鑽：

1—鑽片；2—螺釘；3—引導部分；4—鑽桿。

3 擴孔鑽 擴孔鑽的用途：

1) 把已鑽孔的工件，使它的直徑擴大；2) 做成安放埋頭螺釘的回孔；3) 做出圓錐面；4) 鉋出端面。

用擴孔鑽鑽出的孔通常較用麻花鑽等做出來的孔要光潔些，但比不上用鉋刀鉋出來的孔。

用擴孔鑽時應先鑽好孔，後再用擴孔鑽把直徑擴大。擴孔鑽可以用整料（工具鋼或鋒鋼）製造，也可用鋒鋼做成刀片或用鉚有硬質合金刀片作成刃口，裝在或鉚在工具鋼做的柄上。圖 8 是一個鑲有硬質合金刀片的擴孔鑽。普通擴孔鑽有三個或四個切削刃（也有兩個的），切削刃多所得到的孔更光潔，但不能過多，否則切屑空間不夠，切屑不容易排除出來。

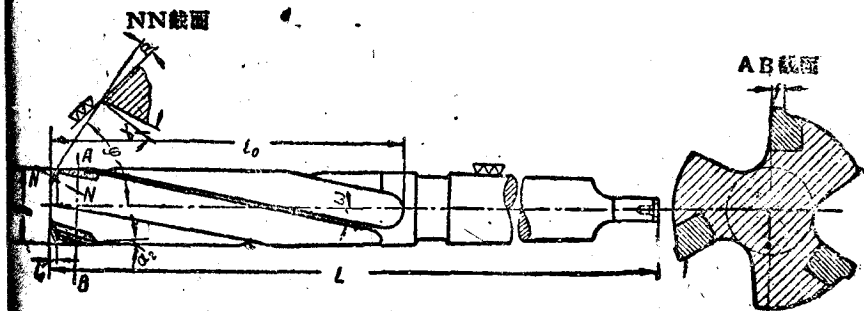


圖8 鑲硬質合金的擴孔鑽。

切削部分的錐角 2φ 是擴孔鑽的重要部分，一般的數值如下：

對鋼料加工

φ 角 = 60°

對生鐵加工

φ 角 = 45° 或 60°

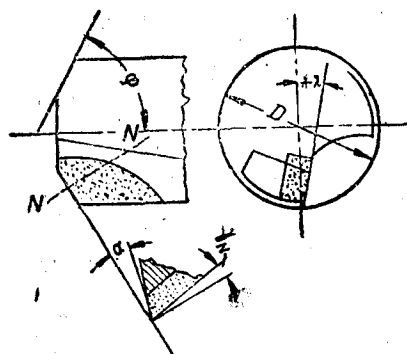


圖9 擴孔鑽的前角 γ 和後角 α 。

兩個切削刃(雙齒)擴孔
鑽 φ 角 = 75° 。

螺旋角 $\omega = 10^\circ \sim 25^\circ$ ，
如果材料愈硬，擴孔鑽直徑
愈小，那末 ω 角應該愈小，相
反的，材料愈軟，擴孔鑽直徑
愈大，那末 ω 角應該選得愈
大。

前角 γ 和後角 α (見圖
9)， γ_N 角的數值如下：

工件材料	r°_N	中號硬度的鋼鑄鋼	8~12
鋁，黃銅	25~30	中號硬度的生鐵	6~3
軟鋼	15~20	硬鋼硬生鐵	5~10

在某些情況，爲了不使切削刃太削弱起見，可以把 γ 角減小

些。

α 角在切削部分成 $8^{\circ} \sim 10^{\circ}$ ，在導引部分成 $5^{\circ} \sim 6^{\circ}$ ， λ 角最好是負角，但硬質合金的擴孔鑽， λ 角必須是正角，大約成 $12^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 。

圖 10 是鉋埋頭螺釘凹孔的擴孔鑽，前面的心軸引導部分可以做成活絡的，以便裝卸。圖 11 是鉋錐形孔的擴孔鑽，也可用鑲硬質合金的刀口。

機械方面，各種零件，如輪轂等有很多凸出部分需要加工，可用如圖 12 的擴孔鑽。

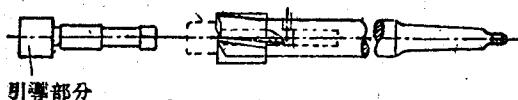


圖 10 鉋埋頭螺釘凹孔的擴孔鑽。

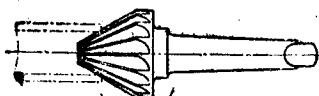


圖 11 鉋錐形孔的擴孔鑽。

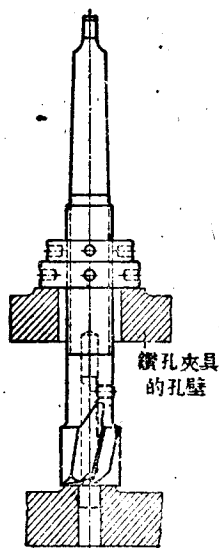


圖 12 加工輪轂凸面的擴孔鑽。

鋒鋼的擴孔鑽的切削用量見附表 4。

4 鉋刀 鉋刀的用途：主要是得到尺寸準確、孔壁光潔的孔。先在工件上用麻花鑽鑽好孔，再用鉋刀鉋光，直徑在 20 公厘以上的孔，應先用麻花鑽鑽孔，再用擴孔鑽擴孔，然後再鉋孔。鉋刀的種類：依據鉋刀的使用方式來分，可分手用鉋刀和機用鉋刀兩種；依據可否調整尺寸來分，可分固定鉋刀——它的尺寸不能調整和活絡鉋刀——尺寸可以調整兩種。

鉋刀的選擇和處理：圖 13 表示鉋刀的一般式樣，手用的刀口較長，機用的刀口較短。鉋刀的齒數最好為偶數，這樣用分厘卡（千

分卡) 測量起來方便一些。齒的數目應比鑽孔鑽還要多些, 約 6~14 個齒, 看它的直徑大小

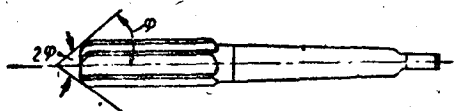


圖13 鉸刀的一般形式。

而定。齒的分佈, 最好不等分地分佈在圓周上。就是齒的中心角不

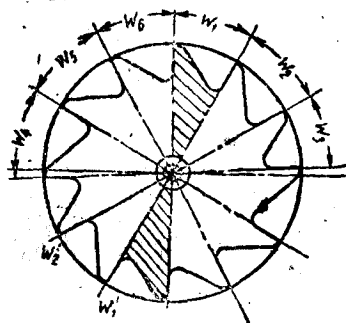


圖14 鉸刀齒的不等分式樣。

相等, 但並不是每個齒所對的中心角不相等, 而相對的一對齒的中心角是相同的。即過了鉸刀圓周的一半, 齒的中心角的大小又再重複, 這樣相對的兩個齒在同一中心線上, 用分厘卡來測量尺寸來得方便。鉸刀齒的不等分式樣如圖 14。

其中中心角 $W_1 = W_1'$; $W_2 = W_2'$ ……, W_1, W_2, W_3 , 等各不相等。表3 表示不等齒的鉸刀的各個中心角度數。

表 3. 鉸刀齒不均匀分佈的情形

齒 數	鉸 刀 各 齒 的 中 心 角 W					
	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6
4	87°55'	92°05'	—	—	—	—
6	58°07'	59°53'	62°5'	—	—	—
8	42°	44°	46°	48°	—	—
10	33°	24°30'	36°	27°30'	39°	—
12	27°30'	28°30'	29°30'	36°30'	31°30'	32°30'

切削部分的角度 2ϕ 。手用鉸刀的 $2\phi = 1^\circ \sim 5^\circ$, 機用鉸刀對脆性金屬成 10° , 對韌性金屬成 $30^\circ \sim 90^\circ$ 。

前角及後角: 鉸刀的前角可成 0° , 這樣可以得到光潔的孔壁;

用硬質合金鑲裝的鉸刀，前角最好取負角 $-3^{\circ}\sim-5^{\circ}$ ，對軟性金屬加工就應該取正角。後角可取 $6^{\circ}\sim12^{\circ}$ ，手用鉸刀的後角可取 $3^{\circ}\sim5^{\circ}$ 。

鉸刀做好之後，須經過磨。磨的時候，最好在萬能工具磨床磨齒的前面再在外圓磨床上磨好外圓，然後再磨齒背，以後再用磨塊（油石），以手動來研磨齒背，使銑刀得到鋒利而光潔的刀面。不用磨塊，也可用細粒的綠色碳化矽砂輪，或研磨生鐵盤來研磨，上面塗着磨膏，裝在工具磨床上來研磨刀口。

鉸刀的加工餘量：工件上的孔用鑽頭或擴孔鑽鑽好後，應當比完成尺寸要小一些（有一些放頭），然後再用鉸刀鉸孔，這樣一來，孔的尺寸和孔壁就能準確和光潔了。應該放多少尺寸，同孔的直徑有關見表4。

表4 待鉸孔應留的尺寸（公厘）

工 具	薙花鑽	三刃銑的鉋鑽	鉋桿或四刃銑的鉋鑽	鑽 桿
應用的鉸刀	粗 鉸 刀 和 細 鉸 刀			細 鉸 刀
1.6~3	0.15			
3~6	0.2			
6~10	0.3			
10~18	0.3	0.3		0.2
18~30	0.4	0.4	0.3	0.2
30~50	0.5	0.5	0.4	0.2
50~80	0.5	0.5	0.4	0.2
80~100	0.5	0.5	0.6	0.2

鉸刀的切削速度和進給量見表5。