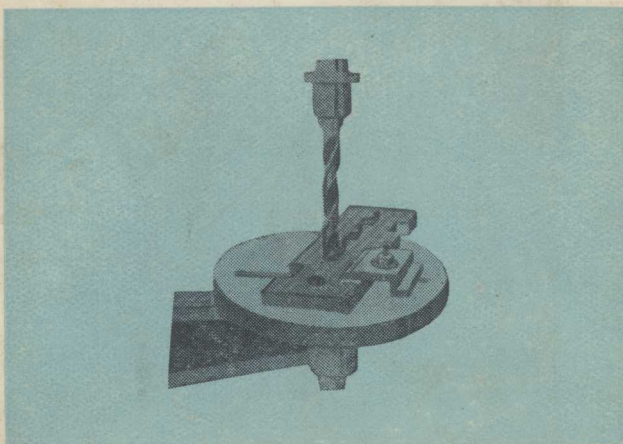


機床工人科學普及叢書

庫茲涅佐夫著

鑽 削



機械工業出版社

蘇聯 А. П. Кузнецов 著 ‘Сверление’ (Машгиз 1953 年
第一版)

* * * *

著者：庫茲涅佐夫 譯者：丁文華 書號 0866 (工業技術)

1955 年 8 月第一版 1955 年 8 月第一版第一次印刷

787×1092 $1\frac{1}{32}$ 字數 34 千字 印張 $1\frac{9}{16}$ 0,001— 3,000 冊

機械工業出版社(北京盛甲廠 17 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可證出字第 008 號 定價(7) 0.20 元

出版者的話

蘇聯國立機器製造書籍出版社出版「機床工人科學普及叢書」的目的是爲了幫助機床工人提高他們的理論知識和實際知識。這套叢書系統地講解了金屬切削加工的基本原理。每一小冊深入淺出地敘述一個問題，文字通俗易懂，插圖多用立體圖，很適合工人閱讀。我們認爲這套叢書對我國機床工人系統地提高理論水平有很大幫助，所以決定把它陸續翻譯出版。

這套叢書分成三組，共 26 輯。第一組敘述有關金屬切削的一般問題，共 10 輯(1~10)；第二組說明金屬加工的各種方法，共 10 輯(11~20)；最後一組介紹各種金屬切削機床，共 6 輯(21~26)。

鑽削是最常用的金屬機械加工方法之一。本書是這套叢書的第三輯，講解有關鑽削的基本知識。書中用通俗的形式講解了鑽削方法的特點、麻花鑽頭的構造和它的幾何形狀；敘述了鑽頭的刃磨和檢驗方法；介紹了深孔鑽削用的鑽頭的構造、冷卻液的供給和排屑方法。本書可供鑽工同志作爲學習材料。



目 次

一	前言	3
二	鑽頭的工作運動	7
三	鑽屑	11
四	鑽頭是怎樣改進的	14
五	麻花鑽頭	17
六	鑽頭的磨損和刃磨	28
七	鑽頭的測量	34
八	深孔鑽削	36
九	高速鑽削	43
十	作用在鑽頭上的力	46
十一	結語	49

一 前言

只要仔細地環視一下你周圍複雜的和最簡單的工業製品，就會發現，組成這些工業製品的某些零件，是由螺釘和鉚釘連接起來的。而這些螺釘和鉚釘都是穿到孔裏的。在複雜的現代機床上和普通的門鎖上，在你手錶的機構中和最簡單的小摺刀上，你都會發現這樣的孔。

鑽削是最常用的金屬機械加工方法之一。

用鑽削方法可以在實體材料中鑽出圓孔。經常用鑽削來加工鑄件和模鍛件上的孔，以便加大孔的尺寸和使孔得到更正確的形狀。

但是鑽削和其他加工孔的方法（鏜孔、擴孔、鉸孔）的區別，就在於無論是所加工孔的直徑，或是形狀，都不能得到高度的精度；同時使用鑽削方法也不可能獲得質量高的加工面。

鑽削的主要特點，就是它的生產效率最高、花費的勞動最小、並在短時間內能從所鑽的孔中切去金屬。

現今人類擁有高生產率的現代鑽床和鑽頭，用這種鑽床和鑽頭可以在許多零件上同時鑽出幾十個孔。在半自動和自動鑽床上完成這道工序的時候，是不需要人力的。

鑽削的歷史可以追溯到原始社會。現代的鑽削技術是人類用許多代的頑強勞動換得來的。

人類還在自己存在的初期，就已開始想要創造一種可以在石頭上鑽孔的工具。那時的人們已經用石頭做出了最初的生產工具和日常用品。

發掘原始人居住地方，從所發現的石頭工具和器具，可以斷定，那時就已有了最初的鑽頭。

如果你到過博物館的話，或許就會看到，原始人的石頭工具只是有近似的外形，例如後來的石斧。這僅是一種毛坯，在毛坯上要成孔的地方還可能發現凹坑。可是在博物館中你也可能發現有孔的石塊。這些孔做得非常好，它們都是圓的，並且幾乎沒有錐度。

難道原始人能够在石頭上做出這麼好的孔嗎？

的確。孔做的很光滑，甚至邊緣地方都沒有崩壞。因為石頭很脆，人要在石頭上打出這樣的孔是不可能的。這樣的孔，只能利用圓柱形的石頭做鑽頭，把它鑽出來。

可以推想，有一個對在石頭上加工孔非常關心的原始人，他圍着獸皮，低着頭慢慢地沿着多石的海邊走着。他所需要的是圓柱形石頭，而所碰到的大多數都是不規則的橢圓形或者是正圓形圓盤狀石頭。要想找到一塊圓柱形石頭是多麼的難。啊，他好像找到了一塊所需要的石頭。他急忙彎下身子去拾那塊石頭，並且往別的石頭上敲了幾下試驗它的硬度，於是又扔掉了，因為它太脆。在旁邊又發現了一塊相似的石頭，可是這塊却被扔到另一邊；它很硬，很快地就不能用了。

最後，這個人收集了一堆石頭帶回他的居住地方，去進行試驗，想從裏面選擇最合適的。

原始人是用兩個手掌使石鑽旋轉的。他並不是馬上就曉得鑽頭旋轉的功用。而是在用兩塊石頭摩擦取火時，他發現下面石頭上的凹坑地方，正是上面石頭所旋轉的地方。於是原始人就利用了這一點，爲了在石斧上得到孔，而開始在石斧上很快地旋轉石鑽。

這種鑽頭的材料是很多的。從各種石頭中經常可以選出所需要的石頭。這種石頭具有很好的質量，並且有粒狀的結構。它的任

何一小塊都能切削和磨削。石頭和其他材料的區別，就在於在它磨損的同時可以恢復自己的切削性能。磨鈍了的顆粒便從石塊上剝落下去，因連接顆粒的結合劑不能把這些鈍的顆粒保持住。用鈍了的顆粒切削是比較困難的，並且在它上面的壓力逐漸增大。在剝落顆粒的地方露出了新的、更銳利的顆粒。這些新的顆粒，就能夠重新切削和磨削。這種自動刃磨的性質為現代所使用的人造砂輪打下了基礎。

在現代刀具上所具有的切削刃，在最早的鑽頭上是沒有的。最早的鑽頭實際上只是一種磨削石頭。所得到的切屑是碎小的屑末。這些屑末就是石鑽頭顆粒和石斧毛坯的碎屑。

原始人為了製出一個孔，多半要預備好幾個鑽頭。因此他所製出的孔，不會有崩壞和凸出的地方。為了把孔做得既圓而光滑，又用另外的專用石鑽進行了擴磨。

這種鑽削的生產率是怎樣的呢？

如果在鑽頭具有高的硬度和適當的粒度時，一小時的緊張工作，鑽頭才能鑽深一公厘。

由於對生產工具、武器、傢俱的需要日益增加，因而人們也逐漸改善了鑽孔的工具和鑽孔的方法。

原始人們已經不再滿意用手掌旋轉鑽頭。於是開始了用弓子來旋轉鑽頭。利用獸力圍繞圓圈的迴轉做為拉動弓子的動力。

由於這種原始的機械化，使得鑽頭的旋轉速度減慢了。那時就產生了要創造傳動裝置來改善鑽頭轉速的念頭。起初出現的是極其簡陋的機器，以後才逐漸改進成為用輪子和槓桿旋轉的較為複雜的機器。

機器出現以後，對鑽削的需要也隨着增加，開始用好的材料製造鑽頭。並在 1822 年發明了蔴花鑽頭。

在本世紀初，出現了高速工具鋼，並開始用它來作為製造鑽頭的材料，鑽削速度達到了20~30公尺/分。鑽削的生產率比原始方法提高了一萬倍。

現今蔴花鑽頭被普遍地推廣。蔴花鑽頭比較容易切入被加工的材料，並能可靠地排屑。

可是，這種最完善的鑽頭也有缺點。它的構造還需要改進。

位於鑽唇上的，連接兩個主切削刀的橫刀，是處於很不利的條件下工作着，它並不切削金屬，而只是搓揉金屬。

因此，當橫刀磨鈍時，將發生大的切削阻力，以致使鑽頭折斷。可以肯定，橫刀切入金屬時所需的沿鑽頭的軸向力，要佔作用在鑽頭上總力的60%。

雙刀蔴花鑽頭的刀磨是很困難的，因為兩個切削刀的形狀和尺寸必須完全一樣。兩個不同的切削刀切削得不一樣，因而使鑽頭[偏移]，也就是在工件上所鑽出的孔位置不正確。在鑽深孔時，當排屑和冷卻液供給方面發生故障的情況下，這種現象，常會出現。

這就是為什麼現今和蔴花鑽頭的同時，出現了空心、單刀、砲筒、鎗管、鑲刀齒的鑽頭等。

但是，生產率最高的仍然是雙刀蔴花鑽頭。改善雙刀蔴花鑽頭的構造，已成了刀具設計者和研究者的重要任務。

在設計者面前還擺着另外一個重要任務：就是創造高速鑽削鋼料用的鑲有硬質合金的更好的鑽頭。

同樣地必須創造新的鑽頭形狀，因為硬質合金鑲在舊式構造的鑽頭上，在鑽削鋼料時，不會有好的效果。同時還需要更強力地排屑。

在蘇聯有數百個研究院和實驗室工作着。生產革新者們更加豐富了這些研究院和實驗室的成就。毫無疑問，蘇聯人會創造出更

完善的鑽頭來代替高速鋼麻花鑽頭，並在技術發展史上，寫出新的、光榮的一頁。

在這本小冊子中我們要講的，是鑽頭怎樣工作。

二 鑽頭的工作運動

爲了在實心材料上鑽出孔來，就得除去孔中的全部金屬，這些金屬在切削刀的作用下，應當變成鑽屑。

鑽頭工作時的運動組成如下：圍繞鑽頭中心線的旋轉運動，即主要運動；和鑽頭軸向的漸進運動，也叫做進給運動。

爲了使鑽頭切削刀在切入金屬的時候，切下全部的新金屬層，必須有這兩種運動。這兩種運動不間斷地同時進行，因此，切削刀和鑽頭上任何一點都是在作複雜的螺旋線運動。

在鑽削過程中，切削面，或者是被切削刀切去金屬時所形成的面，成螺旋面的形狀，就像是螺紋線的形狀。在用大進給量的工作條件下，如果把鑽頭退出去，在孔底上便可容易地看出螺旋形切削面。

圖 1 所示爲這種螺旋面，就像切削刀運動的軌跡一樣。很明顯，進給量越大，也就是鑽頭軸向移動得越快，則螺旋面的距離也就越大。

由於鑽頭有這兩種運動，兩個切削刀就可以不斷地切下薄的金屬層，切下的金屬層順着鑽槽滑動，而變成鑽屑。

鑽頭的旋轉和軸向移動越快，被鑽下的金屬變成鑽屑和結束鑽削過程也就越快。

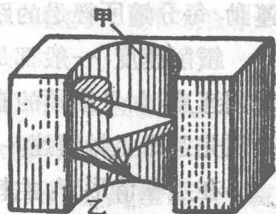


圖 1 螺旋形的切削面：
甲—已加工面；乙—切削面。

鑽削時鑽頭的旋轉運動，正和工件的旋轉運動一樣，用在切削

刃上離鑽頭中心線最遠的一點所移動的速度或鑽削速度來測量。

切削刃上離鑽頭中心線最遠的一點，每分鐘內所經過的距離，叫做鑽削速度。

鑽削速度用拉丁字母 v 表示，測量單位是公尺/分。

如果鑽頭轉速和鑽頭直徑已知，就不難確定鑽削速度。計算公式如下：

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \text{ 公尺/分；}$$

式中 v ——鑽削速度；

π ——常數，約等於3.14；

n ——鑽頭轉速；

D ——鑽頭在切削刃處的外徑。

當鑽頭在車床或六角車床上使用時，這種旋轉運動由工件來完成。但是鑽削速度的計算方法是一樣的。

按上述公式計算出來的鑽削速度，僅是位於鑽頭外圓周上的切削刃上的一點的速度。如果說，鑽削速度 $v = 30$ 公尺/分，這也就是說，上述的一點在1分鐘經過的距離是30公尺，而一小時將要經過上述距離的60倍——1800公尺，或約2公里。

在切削刃上距離鑽頭中心較近的其餘各點，以比較小的速度運動，每分鐘所經過的距離也比較小。

鑽削速度，一般都是根據表來選擇，同時在工藝卡片上也規定鑽削速度。如果鑽頭的直徑已知，爲了得到所規定的鑽削速度，就必須先選擇主軸轉速。

在這種情形下，主軸的轉速，可用下列公式計算：

$$n = \frac{v \times 1000}{\pi D} \text{ 轉/分。}$$

正如上面所說的，加工的生產率，也就是工人在鑽孔時所花的時間，以及在這道工序中機床的工作時間，是隨鑽削速度而定的。

因此，盡可能採用高的鑽削速度工作是比較有利的。

但是，從另一方面來說，如果鑽削速度越高，鑽頭的發熱程度也就越厲害，而鑽屑在孔中聚集得也越多。也就是鑽頭磨損得更快，鑽頭的壽命或不間斷工作的時間就更加縮短。因而會增加鑽頭的消耗和增加更換鑽頭的時間損失，在更換鑽頭的時間，機床是不能工作的。

正因為要使鑽頭有較長的壽命，而又使生產率儘量提高，所以鑽削速度就得要根據鑽削條件來選擇。

鑽頭軸向的漸進運動一般叫做進給運動。鑽頭旋轉一轉時，它的漸進運動的距離叫做[進給量]。這是在機器製造工藝中刀具或工件旋轉一轉時，切削刀移動距離的一般規定叫法。所謂進給量就是切削刀具在每旋轉一轉時所切下金屬的[量]。

要能採用大的進給量，當然，所切下的金屬量也大。

進給量用字母 S 表示。例如 $S = 0.25$ 公厘/轉，這個符號怎樣讀法呢？

這就是：鑽頭每旋轉一轉時，進給量是 0.25 公厘，或者是鑽頭每旋轉一轉，鑽入金屬 0.25 公厘。

進給量的大小可以決定切削層或鑽屑的厚度。進給量越大，切削層就越厚。因為進給量越大，完成孔的加工就越快，所以採用大的進給量工作是比較有利的。

但是加大進給量會使切削阻力增大。因而作用在鑽頭上的壓力也要增加，這個壓力是鑽頭鑽入被加工金屬所必需的。

如果進給量太大時，會使鑽頭彎曲，甚至折斷。這種情形在使用小直徑的鑽頭時最為常見。鑽頭的彎曲情形和蘆葦相似。如用蘆葦的下端支在硬的支點上，從上面往下壓它，就會彎曲，如果再增加壓力，它便會折斷。當加大進給量時，會發生同樣的現象，鑽頭的

下端頂在金屬上，而機床主軸壓在它的上端。當壓力很大時，鑽頭便彎曲，或者說是發生[縱向彎曲]。

金屬的切削阻力不僅會使鑽頭發生彎曲，而且還可以使鑽頭扭曲。被扭曲的程度也以進給量為轉移，並隨進給量的加大而增大。

鑽頭的負荷變動加大了彎曲和扭曲的破壞作用。所以當鑽頭鑽入金屬時，它就彎曲和扭曲；鑽削過程結束，它又從彎曲和扭曲狀態恢復原狀。我們都曉得，如果要想使鐵絲快些折斷的話，就得反覆地折曲它或是扭轉它。

正因為這樣，所以鑽頭進給量要受它的強度，或者說它的抗彎和抗扭能力的限制。加大鑽頭的直徑，可使它的強度增加，因而可以加大進給量。

是不是隨着鑽頭直徑的加大，就可以無限制地加大進給量呢？並不是這樣。問題在於金屬的切削阻力也隨着鑽頭直徑的加大而劇烈地增加。這時進給量就要受到機床機構強度和機床功率的限制。

當鑽頭有足够的強度和機床有足够的功率時，進給量也會受到鑽頭壽命的限制。由於進給量的增加，切削溫度也隨着增高，事實上，它要比加大鑽削速度時所增加的溫度多少低一些。

鑽削速度和進給量的改變彼此可以不發生關係，但是它們都跟刀具的壽命有很密切的關係。如要大大地加大進給量，我們就不能在其他完全相同的條件下，用同樣的鑽削速度工作，不然刀具的壽命就會縮短。

因此，鑽削的準備工作，要從選擇進給量開始。選擇儘可能大的進給量時，要考慮到鑽頭的強度和機床的條件。然後再選擇鑽削速度，要儘量地使在切削過程中有足夠長的鑽頭壽命。爲了提高鑽

削速度，而又不減小進給量，就得使用更耐磨的材料來製造刀具，並要改善切削刃的形狀和切削刃的加工質量。

鑽頭安裝在主軸上，由主軸帶動鑽頭做旋轉運動。鑽床主軸的旋轉運動是由鑽床的馬達經過齒輪鏈帶動的，這些齒輪可以改變主軸的轉速。最後一個齒輪就是圖2中所表示的齒輪1。這種齒輪鏈機構叫做主要（旋轉）運動機構。

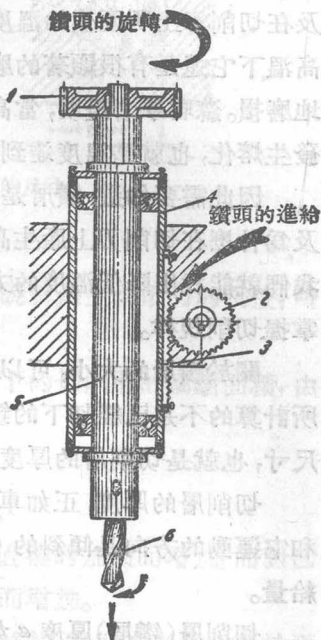
鑽頭的進給運動也是由主軸帶動的，主軸是經過齒輪和齒條機構（見圖2）的傳動而做漸進運動。安裝在鑽床外壳上的齒輪2，也是由帶動鑽床主軸做旋轉運動的傳動機構，就是主要運動機構來帶動旋轉的。由於齒輪2的旋轉，而迫使齒條3和跟齒條3相連接的套筒4移動。在套筒4中裝有主軸5，鑽頭即連接在主軸上。所有這些跟主要運動有關聯的齒輪機構叫做進給機構。

安裝這種機構，是爲了改變進給量用的。利用進給機構和主要運動機構的相互關係，就完全能確定主軸每轉的進給量。

進給機構中還有手動進給裝置。但是現代的鑽床能够很快地將鑽頭送進和退出，因此手動進給就逐漸沒有必要了。

三 鑽屑

在金屬切削過程中，被切下的鑽屑發熱得很厲害。根據蘇聯學



者的研究證明，這種發熱現象是由於刀具在切下鑽屑時所做的功而產生的，也就是因為在鑽屑被切下以前，切削刃劇烈地壓擠金屬所致。鑽屑在切下時變成又短又厚的碎屑。在研究鑽屑時，我們就可以判斷出在切削過程中所做的功，同時也可判斷出在鑽屑上以及在切削刃上所產生的溫度。無論工具鋼的耐磨性怎樣強，但是在高溫下它還是有很顯著的磨損。在高溫下就是硬質合金也會很快地磨損。蘇聯學者證明，當高速切削時靠近刀具切削刃的鑽屑薄層發生熔化，也就是溫度達到 $1400 \sim 1500^{\circ}\text{C}$ 。

因此需要知道，鑽屑是如何變形，也就是它怎樣改變形狀，以及為什麼在切削刃上產生高的溫度。知道了溫度增高的原因以後，我們就能找出降低溫度的方法，也就是不至於盲從切削規律，而是掌握切削規律。

關於鑽屑的大小，可以根據它的橫斷面積的大小來判斷。這時所計算的不是已經切下的鑽屑的尺寸，而是應當切去的金屬層的尺寸，也就是切削層的厚度和寬度的乘積。

切削層的厚度，正如車削時一樣。隨進給量而定。因為切削刃和它運動的方向是傾斜的（即不成 90° ），所以厚度永遠是小於進給量。

切削層（鑽屑）厚度 a 如圖 3 甲所示。在圖上可以清楚地看到，切削層的厚度 a 是當鑽頭旋轉一轉時，在切削刃的兩個相繼位置之間，垂直於切削刃方向所量得的距離。

切削層（鑽屑）寬度 b ，正如車削時一樣，由切削深度決定。當鑽削實心材料的時候，由鑽頭中心線到被加工面的距離叫做切削深度 t 。

切削深度的尺寸，在鑽削實心材料時，應等於所鑽孔徑的一半（圖 3 甲）；在原有孔的基礎上擴孔時，應等於加工前後孔徑差的一

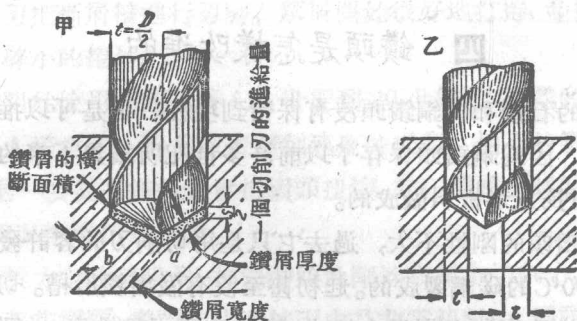


圖 3 鑽削時切削層的尺寸。

半(圖 3 乙)。

沿切削刃量得的距離，或者換句話說就是主切削刃的長度，叫做切削層寬度 b (圖 3 甲)。

鑽頭旋轉一轉時，一個切削刃所切下的切削層的橫斷面積，由切削層的厚度和寬度來決定。

橫斷面積：

$$F = ab \text{ 公厘}^2。$$

可見切削層的橫斷面積，是隨鑽頭直徑的加大而增加，而對已知直徑的鑽頭來說，則隨進給量的加大而增加。

切削層的橫斷面積也可用進給量和鑽頭直徑來表示：對於兩個切削刃的， $F_{雙} = \frac{Ds}{2}$ 公厘²；對於一個切削刃的， $F_{單} = \frac{Ds}{4}$ 公厘²。式中的計算方法和車削時一樣：

$$F = ts = \frac{D}{2} s，$$

而一個切削刃的進給量等於 $\frac{s}{2}$ ，所以：

$$F_{單} = t \frac{s}{2} = \frac{D}{2} \times \frac{s}{2} = \frac{Ds}{4} \text{ 公厘}^2。$$

四 鑽頭是怎樣改進的

原始的石鑽和青銅鑽頭沒有保留到現在。但是可以推想它們是扁平的，因為鋼鑽頭保存了以前許多世紀所積累下來的全部經驗，它是用長方形板料做成的。

扁平鑽頭的剛性不大，過去它只是用切削刀的容許發熱程度不高於 300°C 的碳鋼製成的。起初甚至沒有做出鑽屑槽。切下鑽屑時要比現代的鑽頭多用很大的力。鑽屑沿寬刀帶排出，並經常纏在一起，而把孔堵住。鑽頭切削刀的刀磨，是在用天然石頭做成的普通磨石上進行的。鑽削時只有手動進給，鑽削速度勉強可以達到 8 公尺/分。機床是塔輪和扁皮帶的，功率很小。

金工曾有過很多的煩惱時間：鑽頭向深裏鑽得非常慢，並且在鑽孔當中鑽頭常要向一邊偏。如果切削刀的位置不對稱，並且長度不同，這怎麼能使鑽頭不向一邊偏呢。現實要求改善鑽頭。

但是從哪裏能夠得到有關改善鑽頭所需要的知識呢？切削科學在當時還不存在。在金屬內部會發生哪些現象呢？作用在刀具上的是什麼樣的力呢？這些問題，在當時誰都不知道。古老的技工們，由於他們在自己的年代裏對金屬的性能進行了很多的觀察，積累了加工的經驗。他們把這些經驗用口授的方式留傳下來。

蘇聯的工廠和高等學校完成了最初的金屬切削的科學研究工作。夾具創造出來了，同時切削刀也開始做成位置對稱的，隨之，又出現了刀磨用的自動機床。

但是鑽頭還沒有足夠的剛性。把圓柱毛坯的一端打成錐體而鍛造成的扁鑽，多少增加了一些剛性。可是因為鑽孔時孔和鑽頭間的空隙是向上縮小，所以從孔中排屑還是很困難。在切削刀上切斷了幾處，這樣做了斷屑槽後，就比較好些。此外，在鑽頭的前面，再

沿切削刃把斷屑槽進行刃磨。鑽屑開始很好地打捲，並折斷，於是就成了碎小的捲屑。

當開始使用高速鋼時（19 世紀到 20 世紀），這樣的排屑已不能再令人滿意了，因為隨着鑽削速度的提高，切下的鑽屑大量地增加。進一步提高進給量會把鑽頭扭壞。曾在鑽頭上試做出銑削的直槽，但是排屑仍然困難。

由於力求改善排屑，加強鑽頭的剛性和減小切削力，而創造了現代的麻花鑽頭。鑽頭在生產情況中是非常複雜的。鑽頭的切削部分最近鑲上了硬質合金。圖 4 所示就是由扁平鑽頭發展到鑲有硬質合金的麻花鑽頭的情形。爲了改善鑽頭往鑽床主軸上的連接方法，也做了很多工作。圖 5 所示便是鑽頭構造部分發展的階段。

曾試過用螺栓來連接鑽頭。但在旋轉的主軸上突出的螺栓常把工人打傷。後來又在鑽頭上銼出倒稜，做出鍵銷，這樣做起來不

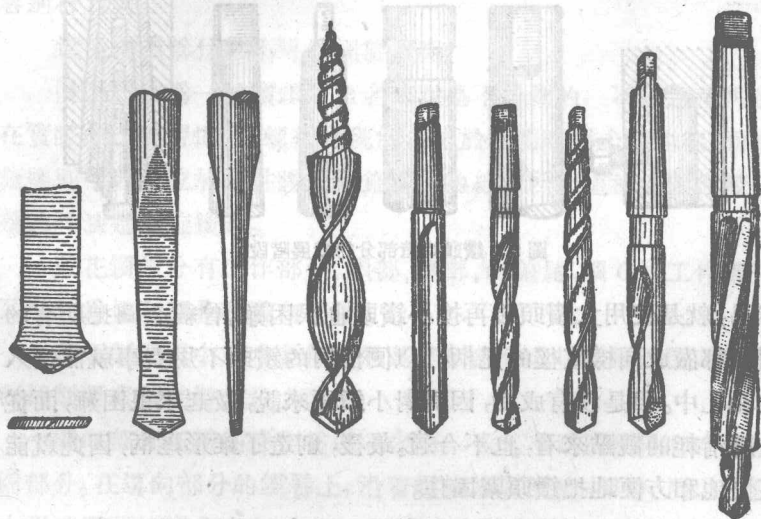


圖 4 甲 從扁平鑽頭發展到鑲有硬質合金的麻花鑽頭。