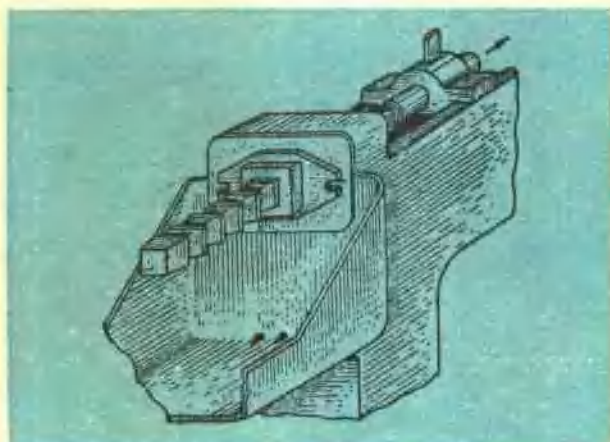


機床工人科學普及叢書

聶柴勃歐托夫斯基著

拉 削



機械工業出版社



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。這套叢書有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)。

用拉削方法加工弧面、內表面、外表面，以及形狀較複雜的表面，可以大大地提高生產率，而且能得到高度光潔度和精確度。

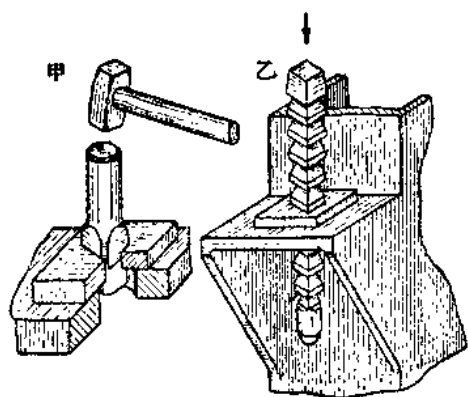
本書是介紹拉刀結構、~~拉削~~拉削過程、合理使用拉刀的基本原則和拉削工作中的一些知識，可作爲~~拉削~~拉削工的學習材料。

目 次

一	緒論	3
二	拉刀的結構	5
三	成形拉刀和展成式拉刀	7
四	分槽式拉刀	10
五	漸進式拉刀和輪切式拉刀	11
六	深孔拉刀	14
七	拉刀齒的排列	15
八	拉刀的生產率	17
九	切削力	20
十	作用在拉刀上的另一種力	24
十一	爲什麼要磨拉刀	27
十二	磨損有可能緩慢嗎?	29
十三	拉刀的切削用量和壽命	31
十四	冷卻和潤滑	33
十五	拉刀的合理運用	34
十六	拉製工作中的幾點實際經驗	38
十七	結論	42

一 緒 論

很早的時候，作坊和大工場裏已應用一種工具——沖頭。這種工具構造非常簡單，生產率很低，加工質量也不好。我們在本書



開始就提到沖頭，就是因為近代高生產率的刀具——推刀——跟改進後的沖頭沒有多大區別（圖1）。

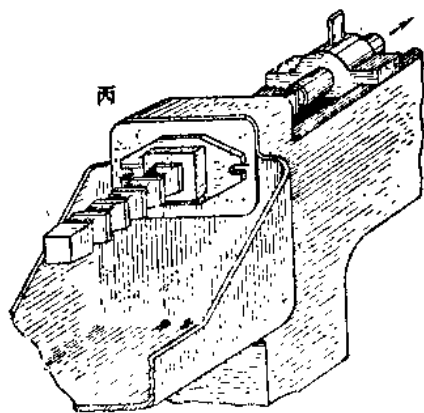


圖1 加工方孔的工具：
甲—沖頭；乙—推刀；丙—拉刀。

推刀在其本身用途上是有成績的，但也有缺點，如在必須從加工零件上削去很多金屬時它就不很適用。在這種情況下，推刀必須具有很多數量的牙齒，因此也有很長的長度。但是推刀不能太長，因為在推壓工作時將會發生彎曲和折斷。因此在拉刀上增加了一伸長的尾部，使它在工件上不是推過而是拉過。這就出現了新的改進的沖頭，由於力的作用方法，而

得到「拉刀」這樣的名稱；由此，加工的方法也就叫做「拉削」。

拉削的優點，跟其他鋼料加工方式比較起來，是很明顯的，所以它的應用範圍一開始就很快推廣開了。可能發生這樣的疑問：是否不僅可以拉削零件的內表面（孔），而也可以拉削外表面呢？很明顯，可以的。這樣又產生了一種不同式樣的改良沖頭「外形拉刀」，它已經很明顯地逐漸失去了它原來沖頭的形狀。在外形拉削的發展過程中出現了圓片形拉刀。圓片形拉刀完全失去了跟沖頭相似的地方，倒跟圓片式銑刀比較相似。

現在，拉刀已廣泛地應用在大量連續生產中對各種式樣孔的加工，同樣也適用於外平面、弧形、或形狀較複雜的加工（圖2）。

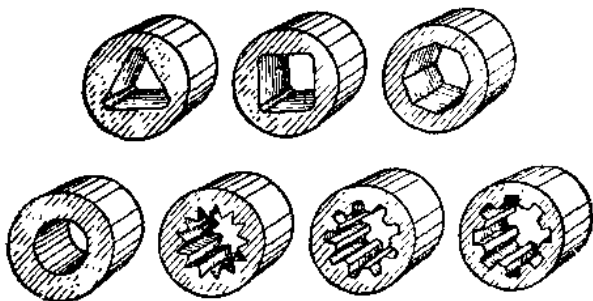


圖2 用拉削方法加工的表面形狀。

拉削的主要優點是：巨大的生產率，加工表面具有高度的光潔度和精確度。它的應用範圍日益擴大。

工作在許多方面進行：改進拉刀切削部分的式樣，勝利地掌握了拉削巨大的零件，它的孔徑達320公厘的。我們的機床製造工業所生產的拉床更趨完善，它們的動力也被提高，等等。

不久以前，拉削排斥了一些不很完善的加工方法。在自動連續生產線路上它起了巨大的作用。這裏，刀具的壽命具有決定性的作用。

在這本小冊子上我們向讀者介紹最常用的拉刀的結構，拉削的切削過程，合理使用拉刀的基本原則，以及在實際拉削工作中的某些知識。

二 拉刀的結構

現代機械製造業應用許多不同結構、用途、和大小的拉刀。拉刀的大小和種類非常多，即使用各種各式銑刀的樣子來比較也不及拉刀的複雜。比如用一把銑刀可以加工任意長度的平面，而在拉製時候，不論加工平面的長度增加多少都需要更換拉刀的尺寸。

拉製的成績大多決定於拉刀的結構。

小型的拉刀一般都用整塊的鋼料製成，而較大的拉刀有時由幾塊合成。常常可以看到拉刀上有用鑲齒的，用高速鋼牙齒由電鍍銲接的，或用硬質合金牙齒鑲上去的等等。

有時可以遇到一些拉刀，在搬運的時候需要吊車，因為不能由一個人或兩個人的力量把它舉起。有時也可以看見一些拉刀，可以用一隻手拿起若干支（圖3）。而且有些拉刀它們可以整個放在手掌裏。

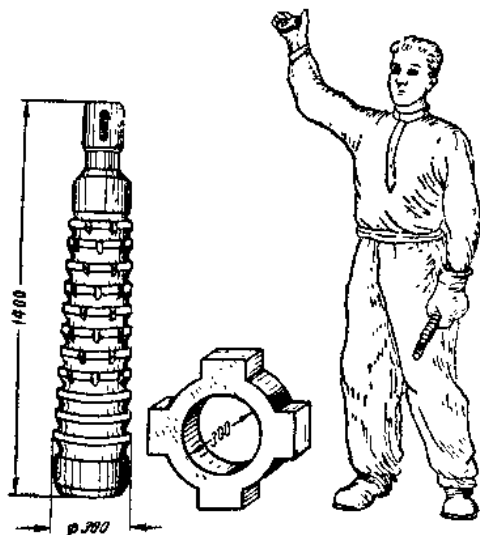


圖3 現代拉刀的尺寸。

由於產生了各種

式樣的拉刀和工作，結果拉削工作得到了發展和改進。

在大多數情況下，拉刀是一支鋼桿，這上面的一大部分製有切削牙齒。每一枚後面的切削齒比前面的切削齒高出百分之幾公厘。這樣，拉刀是一支多刃的刀具(圖4)。

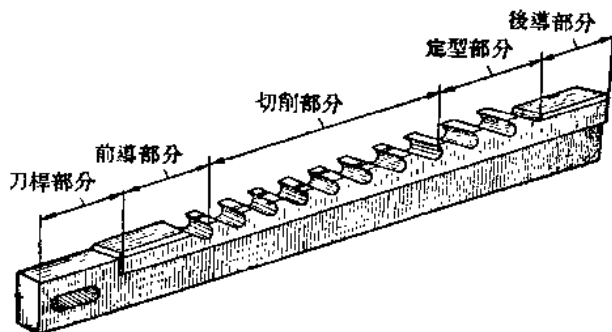


圖4 鑿槽拉刀及其各部名稱。

拉刀對加工表面做相對的移動(例如沿着加工孔的中心線)，可以切出很薄的屑片，而因此加工件可以得到所需要的光潔面和準確的尺寸。

普通多刃的切削刀具所有的牙齒，它們在切削過程中都起同樣的作用。以絞刀為例。每一切削齒在任何方面都沒有區別。絞刀上所有的牙齒所切削下來的屑片的樣子和大小完全一樣。在大多數的情況下，爲了要得到所要求的精密的和光潔的加工，開始時候先用粗加工，然後再精絞。

拉刀跟其他許多刀具所不同的地方，在於它同時可以產生粗加工和精加工。由於這個緣故，所以在拉刀上有切削部分和定型部分，它們的齒具有不同的用途。切削部分進行粗加工，切削近乎全部的加工餘量。定型部分僅切削千分之幾公厘，使加工表面得到所需要的光潔度和精確度。所以在拉刀上，至少是80%的切削齒是

屬於切削部分的，而只有 15~20% 是定型部分的。

大多數拉刀，除了切削部分和定型部分外，還有刀桿部分。刀桿的用途是把拉刀裝牢在機床主軸的軋頭上。同樣，前導部分是用來決定有關拉刀裝置的準確性。後導部分是用來決定拉刀的方向，並使所有的齒都刮過加工表面。

拉刀的第一個齒的形狀和尺寸，跟擬加工表面的形狀和尺寸準確地相符。

加工圓孔用的拉刀具有圓形的齒；加工方孔的具有方形齒，加工各種不同式樣的表面，就具有跟該表面形狀相同的齒。

這樣的拉刀近來已很普遍應用。現在它們被稱為成形拉刀。

三 成形拉刀和展成式拉刀

成形拉刀上的每一個牙齒按照加工表面的整個形狀切削金屬。被切下的金屬屑片的寬度等於加工面的寬度，而它的厚度等於後面一齒比前面一齒高出的高度。例如，圓拉刀在工作時切下的金屬屑片的寬度，等於加工圓孔的圓周，在平面拉刀加工時候，就等於加工平面的寬度等等（圖 5）。

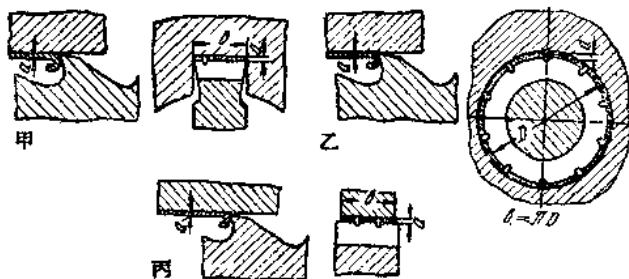


圖 5 切下屑片的形狀；

甲—用鍵槽拉刀加工；乙—用圓形拉刀加工；丙—用平面拉刀加工。

在我們的機械工業方面，對圓孔和多鍵孔的加工都應用成形拉刀。這些零件用的拉刀很容易製造。成形拉刀所需要的精確度可以藉磨工來得到。但有許多形狀的成形拉刀的製造過程相當困難，因為拉刀每枚牙齒的形狀都必須有高度的精確度，特別在刀刃的形狀突然改變很大的時候。

即使拉削比較簡單的弧形表面，也必須預製一拉刀，如圖 6 甲所示。這些拉刀的製造和磨礪都很困難。

因此，在過去的時候，拉刀未被採用來做成形表面的加工。只有在所謂成形表面的展成法發現以後，拉刀的製造手續方才顯著

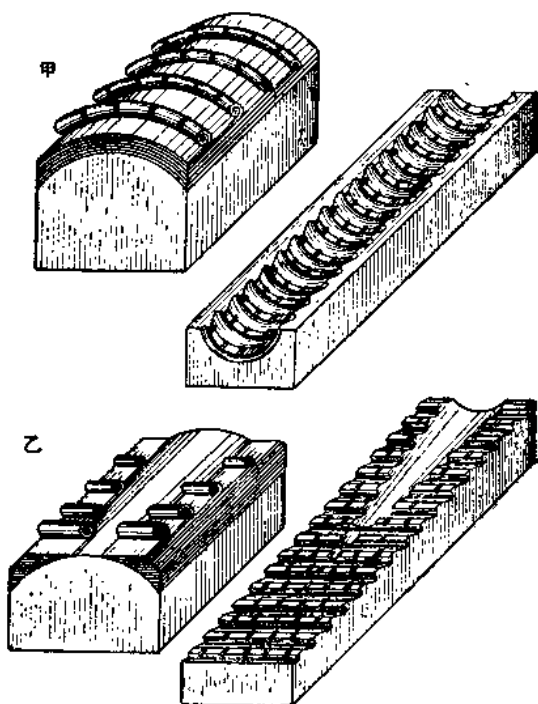


圖 6 曲面加工的成形拉刀。

地簡化,使鋼製拉刀被廣泛地採用。展成式拉刀也有牙齒,它的形狀跟所加工面的形狀不同,但卻逐漸形成該零件所需要的形狀。

圖 6 乙所示的是拉製弧形表面所用的展成式拉刀。這類拉刀的製造不會遇到任何困難。按製造手續的複雜性來講,它跟普通的鍵槽拉刀相差不遠,因為它的主要切削刀刃是成為直線形狀的。

在加工方孔的成形拉刀上具有帶着清角的方形牙齒,而在展成式拉刀上的牙齒同樣是方形的,但在近角處却有相當大的圓角

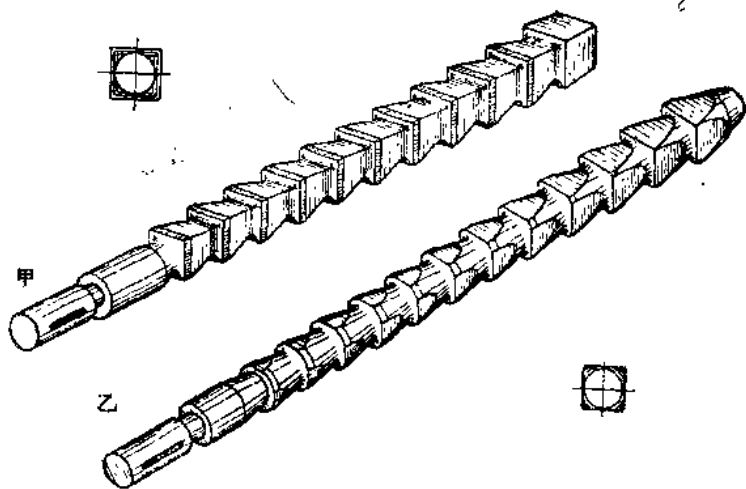


圖 7 加工方孔用的拉刀及其切削金屬的方式:
甲—成形拉刀; 乙—展成式拉刀。

(圖 7)。展成式拉刀上第一枚牙齒的形狀,圓形要比方形多。但是接近後面定型部分的牙齒就比較接近於方形。展成式拉刀上定型部分的齒跟成形拉刀上的齒沒有區別。

成形拉刀因所切下的屑片厚度自 0.016 至 0.04 公厘,所以拉刀的長度往往太長,並且所得到的加工面的光潔度不夠高。這情況促使蘇聯的工程師們找出新的,更完美的拉刀構造。

我們已經發明了新的用拉刀來加工圓孔的方法。這方法首先由斯太林格勒拖拉機廠的工程師尤金 (П. П. Юнkin) 所採用, 並且很快就傳佈到我們其他各廠, 後來再傳到國外。方法的原則是這樣: 拉刀的每齒並不完全切削圓孔的全部表面, 而只切削圓周的一部分。

這個成就是靠拉刀的特別構造, 它的粗拉部分牙齒的形狀和尺寸, 都跟成形拉刀不同。而它的精拉和定型部分的牙齒却跟成形拉刀上的一樣。這樣構造的拉刀 (按分次切削的原則加工的拉刀) 有幾種。最簡單的就是分槽式拉刀。

四 分槽式拉刀

分槽式拉刀上的第一枚牙齒的刀刃圓周上有幾個缺口, 跟多鍵拉刀牙齒的形狀一樣。當它穿過圓孔時候, 就在必須加工的表面上切成幾條 0.1 到 0.4 公厘深的槽子。第二枚牙齒具有不帶缺口的圓周切削刀刃, 它的直徑等於第一枚牙齒或者小上百分之幾公厘。所以當它拉過圓孔後, 就切去了第一枚牙齒留下來的凸出部分。第三枚牙齒的作用像第一枚, 第四枚像第二枚一樣。但是它們的直徑都大於前兩枚牙齒。如此第五六兩枚牙齒形狀和第三四兩枚一樣, 而直徑還要大些, 如此類推。

這樣, 拉圓孔的分槽式拉刀是由一槽形齒和一圓形齒相互交錯組合而成。槽形牙齒切出幾條槽, 而圓形齒是把遺留下來凸起的金屬切去。有時候, 有兩枚槽形牙齒而只配合一枚圓形齒的。第一枚槽形牙齒刻槽, 所留下凸起部分的寬度比槽子寬度大兩倍。第二枚槽形牙齒的直徑跟第一枚一樣, 而把槽子刻在凸起部分, 把凸起部分割成兩半。

加工面經第二牙齒切過以後, 所留下凸起部分的數目為原來

的兩倍，它的寬度比槽子的寬度小一倍。第三枚圓形牙齒直徑跟第一枚和第二枚相同，切去了這些凸起的金屬。這樣說來，這三枚齒中的每枚牙齒，具有相等的直徑，它們切下屑片寬度的總和等於加工圓孔圓周長度三分之一（圖 8）。

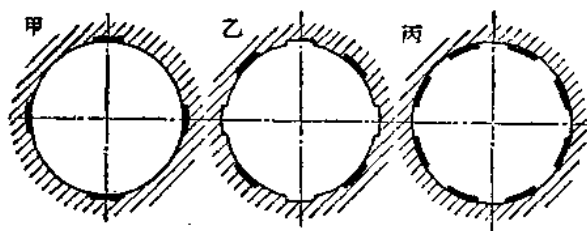


圖 8 用分槽式拉刀切削屑片的方式：

甲——經第一齒拉過後的圓孔；乙——經第二齒拉過後的圓孔；
丙——經第三齒拉過後的圓孔。

當每個牙齒所切下屑片的寬度減少時候，它的厚度可以增大，這樣可以減少切削牙齒的數目和拉刀的長度。

拉製技術的不斷發展，更創造了新式的按照分次切削方法加工的拉刀；如漸進式拉刀，輪切式拉刀，以及其他式樣的拉刀。

五 漸進式拉刀和輪切式拉刀

漸進式拉刀和輪切式拉刀的第一個牙齒在加工的圓孔面上切出槽子。這些槽子的深度自 0.1 到 0.4 公厘。漸進式拉刀上的後面幾個牙齒擴大這些槽子的寬度，而輪切式拉刀每一齒都把槽子數目加倍，直至整個圓周上不再有槽子為止（圖 9）。然後，後面一批相似的牙齒進入工作，但它們的直徑大於前面一批牙齒的直徑。

輪切式拉刀跟分槽式和漸進式拉刀的區別，是在齒頂和切削槽子的形狀（圖 10）。

從前，在拉製前，孔的表面必須預先加工：澆鑄或鍛製出來的

圓孔在拉製前必須鏜過或絞過；澆鑄或鍛製後的平面必須銑過。所有這種做法是爲了減少拉製時的加工餘量，以及主要的是去除鑄件和鍛件表面的硬皮。

鍛製和澆鑄的表皮很快就會把拉刀的刃口磨耗。切削薄片金屬的成形拉刀不能加工鑄造或鍛製的表面，就是一般所謂粗加工，

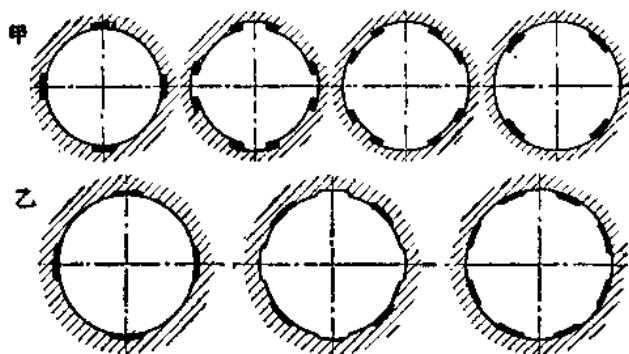


圖9 加工時金屬的切下：
甲—用漸進式拉刀； 乙—用輪切式拉刀。

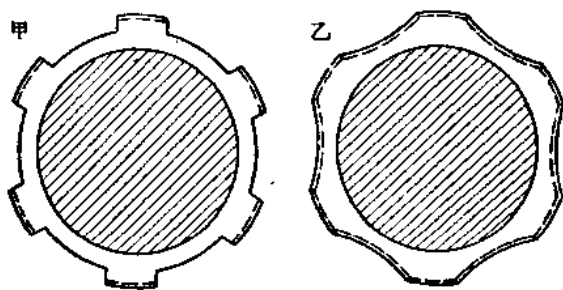


圖10 拉刀牙齒的形狀：
甲—漸進式切削； 乙—輪切式切削。

也就是不能加工毛坯的表面。成形拉刀上的第一齒，直接在硬表皮上工作，很快的就會變鈍。然而，機械零件的粗拉在工業上有很大

的價值。在拉製的時候，縮短技術運轉的時間，省去一些機床，減少預先加工手續所用刀具的費用，減低勞動力和加工成本。爲了粗加工，拉刀上每枚牙齒所切下的金屬屑片必須顯著地加厚，使刀刃在硬表皮以下切削。

分槽式——漸進式拉刀以及輪切式拉刀可以用作孔的粗加工。它們能夠切下相當厚的切屑。然而它們要求毛坯孔的加工餘量不超過 0.5 公厘。當加工餘量大於 0.5 公厘時候，可以採用另一種構造的漸進式拉刀——帶有凸出的梯形齒拉刀，來進行金屬的切削（圖 11）。

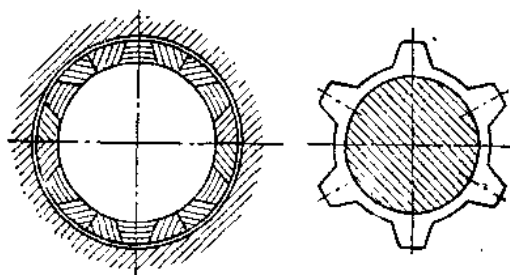


圖11 帶有梯形齒的漸進式拉刀的牙齒，和用這種拉刀加工孔的方式。

這種拉刀的第一組齒，所切削的屑片的厚度自 0.4 到 0.8 公厘，做成 6 個到 12 個槽子，最後留下不多的切削餘量讓精切和定型部分來完成。這樣，須要 5 ~ 6 齒。後面的粗切牙齒，用凸出口口的兩邊進行切削，使槽子向兩面擴大，一直到它們形成一個連續的圓周爲止。然後再用幾個環形的切削齒，使孔得到所要求的精度和光潔的表面。

應用這樣的拉刀做平面的切削加工，逐漸代替了成形拉刀的應用。它的生產率大大的高於任何我們已知的加工方法（圖 12）。實際結果告訴我們，用這樣拉刀來工作，所化的加工時間比在鉋床及

銑床上約省十倍。

六 深孔拉刀

在不久以前，人們還認為，拉刀應該比加工的孔長得多。沒有人

想到，用現代化的拉刀可以加工長度比拉刀大上好幾倍的孔。但是技術的發展是沒有止境的。幾年前，蘇聯工程師創造了幾種拉刀，它們可以拉製幾公尺長的孔（圖 13）。

現在有幾種拉刀，它們可以加工任何微小直徑和無限長度的孔。在拉製 5~20 公厘直徑的深孔時候，把拉刀做成螺旋線的牙齒。

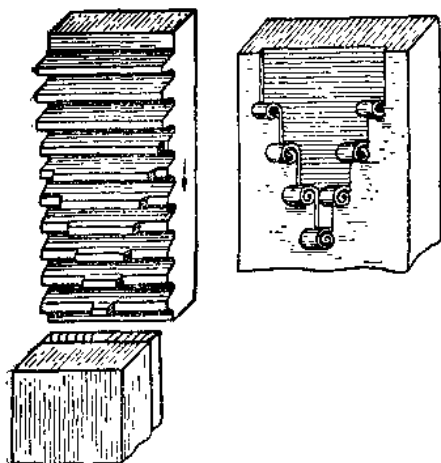


圖12 外平面加工的拉刀及其加工方式。

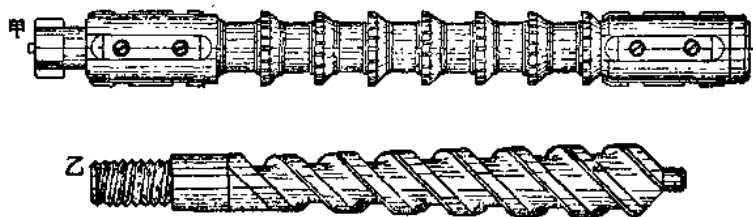


圖13 深孔拉刀：

甲—加工直徑75公厘，長4000公厘的深孔用；乙—加工小直徑的深孔用。

從前認為這種孔的拉製是不可能的；因為機械工業上還沒有這樣的拉刀，它能夠把切下來的切屑全部容納在二個齒間的槽內。

利用了螺旋線牙齒的拉刀，這個要求就解決了。在用螺旋齒拉刀時，切屑沿着螺旋線間的槽送出來。爲了便於切屑送出起見，使拉刀具有螺旋式的推進運動。猶如麻花鑽工作時候切屑引出的情況一樣。

七 拉刀齒的排列

各種各樣的拉刀不管它的尺寸、構造、和用途怎樣，它們彼此在牙齒排列方面都有許多相似的地方。拉刀上的牙齒，經細心研究後，可以發覺它跟任何其他拉刀的齒有很大相同的地方，而且拉刀切削刃部分的幾何形狀跟其他金屬切削刀具也很相像。

每把拉刀的齒都具有主切削刃、前面和後面、前角和後角（圖 14）。在鍵槽、花鍵槽、或某種其他的拉刀上，除了上述的因素之外，還可以看到副切削刃；因此還有副後面、副偏角 φ_1 和過渡切削刃。

如果主切削刃很寬，例如加工圓孔用的成形拉刀，在後面上必須做好斷屑的槽子。

所有這些形成拉刀齒幾何形狀的因素，都起着很重要的作用。從這上面可以決定勞動生產率，加工表面的精確度和光潔度，切削所消耗的能量，以及拉刀的磨耗和壽命。

有時，略爲變動這種角度就會嚴重的影響拉刀的工作。例如鍵槽和花鍵拉刀的副偏角一般都不超過 1° ，往往只有 30 分。這樣小的數目，如果沒有特殊的量具，有時很難察覺。如果試把這個角度不做成 30 分，拉刀的工作將顯著地惡化。所拉製槽子的側面會產生毛刺，拉刀拉過加工孔時候非常的緊，有時會折斷，它的壽命大爲縮短。

細心地研究拉刀上所有的切削部分，往往不容易看出它的齒

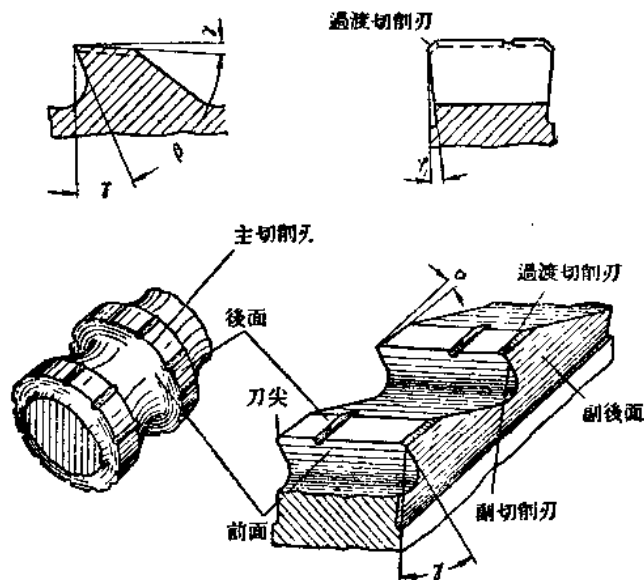


圖14 拉刀齒的幾何形狀。

在幾何形狀上的主要區別。測量指出，所有齒上的前角和後角完全一樣，定型部分的齒除外。定型部分的牙齒的後角要比切削部分牙齒小兩、三倍。除此之外，在定型牙齒的主後面上沒有斷屑槽，在其切削刃邊上有一條十分之幾公厘寬的狹條沒有後角（圖 15）。

前角是爲了減少所切下的切屑的變形。當加工的金屬材料很韌而前角的大小不够時候，切屑變形很厲害，會堵塞在牙齒間的槽內，而拉刀將被折斷。

拉刀上的後角做得不很大——通常不大於 3° ，而在定型齒部上就從 $30'$ 到 1° 。

當重行磨礪時候，拉刀的直徑將被磨小，如果後角較大，它的尺寸就會很快地變小而不能應用，不能達到沿齒寬完全自然地磨