

金属切削知识

陶 乾

科学普及出版社



金屬切削知識

陶 乾

科學普及出版社

1958年·北京

总号: 673

金屬切削知識

著 者: 陶

出版者: 科 学 普 及 出 版 社

(北京市西便門外柳樹溝)

北京市書刊出版業營業證出字第001號

發 行 者: 新 華 書 局

印 刷 者: 北 京 市 印 刷 廠

(北京市西便門南大街乙1號)

开 本: 850×1168 1/32

印 張: 5 1/2

1958年 7 月 第 1 版

字 数: 108,000

1958年7月第1次印刷

印 数: 14,400

統一書号: 15051·102

定 价: (9) 8 角

說 明

這本書主要是給具有高小畢業水平技術工人學習用的。希望通過廿几小時的講課和十多小時的討論，使他們掌握金屬切削原理方面的系統知識。對於下放和新參加金工工作的幹部，也能夠幫助他們更好地熟悉業務。

為了避免數學運算，尤其是三角、對數等較深的數學公式，作者試用了圖算法來解決切削力、切削速度的計算。前後曾經設計了四種方式的圖算法，最後選用了目前這種網絡圖，而把修正系數分為正負長度列在表旁。這種方法的優點是比較清晰、準確，圖紙也比較緊湊，使用起來不容易發生錯誤。只要在開始時化很短時間學習一下就可以了。此外我們正在編寫一本比較完整的切削用量圖算手冊，以供工人使用。

本書的內容只限於金屬切削原理方面的知識。有關機床、夾具、製造工藝、刀具設計等方面的知識，這裡不可能一一包括進去。

具體來說，這本書是以車、鑽、銑為主，來說明下列主要問題的：

1. 切削運動；
2. 如何選擇刀具材料和刀具角度；
3. 切削時的重要現象和規律，如切削力、刀具磨損等；
4. 工件質量；
5. 冷卻潤滑原理和冷卻潤滑液；
6. 切削用量的選擇原理和方法；
7. 提高生產率的途徑。

以上的內容雖然是以車、鑽、銑為主，但也是其他各種加工中所共有的規律。因此工人掌握了這些以後，就不難了解其他切削加工原理了。

这本书的主要目的，是在給工人打下系統學習理論知識的基礎，提高他們的技术水平，从而使他們在工作中能掌握切削規律，进行創造性劳动，提高产品質量和生产率。因此，这种系統性理論學習和个别先进經驗的介紹是有些区别的。前者虽然不一定像后者一样，能立竿見影，但是他們都可能給工人今后的提高，打开宽广的道路。

这本书在哈尔滨印刷过兩版，并收到各地工人及科普工作同志許多宝贵的意見。現在虽然又作了一次修改，但是由于作者科普工作經驗不够，水平有限，時間匆促，缺点仍然很多，希望大家指正，以便再次修改。

作者 1957.9.28

目 次

第一講 切削运动和切削刀具的介紹

一、切削运动	1
二、刀具切削部分名称	6
三、刀具工作时的真正角度	11
四、切削寬度、切削厚度和切削面积	14

第二講 切削过程

一、金屬的性質	21
二、切削是怎样被切下来的——切屑的形成	23
三、切削热	24
四、积屑瘤	25
五、表面冷硬	27
六、冷却潤滑液	28

第三講 切削力和动力消耗

一、切削力的概念和切削分力	36
二、影响切削力的因素	38
三、車削力的求法	41
四、鑽削力的求法	42
五、銑削力和力矩	43
六、切削动力	43

第四講 加工精确度和表面光潔度

一、精确度的含义	46
二、誤差的来源	47
三、表面質量	56

第五講 刀具材料

一、刀具材料的基本要求和种类	67
二、工具鋼	67
三、硬質合金	69
四、瓷質刀片	71
五、刀具材料的选择	72
六、刀具热处理	74
七、刀具切削部分的强化方法	77

第六講 刀具磨損和耐用度

一、刀具磨損的原因	80
二、刀具上什么地方容易磨損	81
三、刀具磨損限度	82
四、刀具耐用度	85

第七講 刀具的合理几何形狀

一、前刀面的形狀	103
二、前角的选择	105
三、后角的选择	107
四、导角的选择	109
五、离角的选择	111
六、刃倾角的选择	111
七、过渡刃	113
八、测量刀車角度的方法	116
九、测量鑽头角度的方法	120
十、测量銑刀角度的方法	120

第八講 切削用量的选择

一、为什么要选择切削用量	122
二、限制切削用量的因素	123
三、选择切削用量的步驟	123

四、車削用量的選擇	125
五、影響車削速度的因素	127
六、鑽削用量的選擇	130
七、銑削用量的選擇	134

第九講 高生產率的切削方法

一、提高生產率的途徑	141
二、大走刀切削法	143
三、應用新刀具材料	149
四、改善刀具的幾何形狀	150
五、增加刀具抗磨性能和適當縮短刀具耐用度	153
六、消滅振動	154
七、改進冷卻潤滑方法	158
八、改善材料的加工性	159
九、創造新的加工方法	159

主要參考書目

第一講 切削运动和切削刀具的介紹

一、切削运动

1. 主运动和輔助运动 大家都知道，要把毛胚切制成工件，就必須讓刀具对工件做一定的运动。譬如拿小刀削鉛笔这件事來說，要把鉛笔削光，就必須讓刀子傾斜着，大致上沿着鉛笔往下削，同时，削了一刀之后，还要把鉛笔轉动一点，再繼續去削。所以削鉛笔至少要两个运动，一个是刀子往下削再收回来的往复运动，另一个是鉛笔的旋轉运动。切削的运动快，旋轉的运动慢。

机械加工中的切削运动和削鉛笔类似：也是由往复运动和旋轉运动組合成的。車間里的各种机床，虽然切削加工的种类很多，但是从最簡單的鉋削到最复杂的齒輪加工，沒有一种不是由簡單的往复运动和旋轉运动組合成的。例如：

拉削——一个直綫运动

鉋削、插削和弓鋸鋸料——二个直綫运动，其中一个运动快些；一个运动慢些。

車削、銑平面、鑽削——一个旋轉运动，一个直綫运动，其中旋轉运动的速度很快；直綫运动的速度很慢。

銑螺旋槽、磨外圓、用齒輪滾刀銑齒輪等——两个旋轉运动，一个直綫运动，其中一个旋轉运动快些（銑刀的）；另一个旋轉运动和直綫运动（都是工件的）都比較慢。

上面举出的各种切削加工中，速度比較快的运动，消耗的动力比較多，它是切下切屑的最基本运动，所以叫主运动。

但是，不論削鉛笔也好，做工件也好，假如只有主运动，那就只能在鉛笔或工件上的某一塊固定的地方，削下切屑来，这样就不能把鉛笔削好，也不能把整个工件加工好。所以切削加工除了主运动外，还要有輔助运动。每种切削加工中，極大多数只有一

个主运动，輔助运动却可能有几个。例如用銼刀銼螺旋槽时，除了銼刀的旋轉运动是主运动外，还有两个輔助运动：工作台的往复运动和工件的旋轉运动。

輔助运动在这本書里又叫走刀运动。

2. 研究切削运动的意义 要提高产品质量和加工生产率，首先就要研究切削运动。

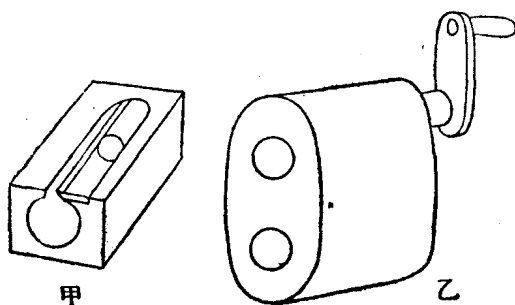


圖 1-1 兩種鉛筆刀

拿削鉛筆來說，用普通小刀削鉛筆，就不如用圖 1-1 中的兩種專門削鉛筆的刀削得快、削得好。因為用這些刀子削鉛筆時，主運動已經變成了旋轉運動，它

比原来的直綫運動來得快而且方便。這時的輔助運動是把鉛筆往刀子里送的动作。再研究一下圖 1-1 的刀子，就知道：刀子乙比刀子甲更好些。因為，刀子乙的主運動是靠手轉動刀子來完成的（里面的兩把刀片在旋轉），而刀子甲的主運動是靠手轉動鉛筆完成的，所以刀子甲不及刀子乙方便。

設計刀子甲的人，首先把往復的主運動，變成旋轉的主運動。設計刀子乙的人進一步又把工件完成的主運動，改由刀子來完成。

金屬切削加工的切削運動既然也是由往復運動和直綫運動組合成的。當然同樣地也希望主運動是旋轉運動。實際上，車、銼、磨、鑽等等，只要其中有旋轉運動的加工，主運動也總是旋轉運動，而不是直綫運動。因為直綫運動有回程，所以速度受到了限制。假如速度太高，就會發生很大的沖擊，機床會受不了。並且這種回程往往是空程，使得運動變成間歇性的，因而一般說來，生產率會低些。

·現在的許多切削加工方法并不是已經很理想了，而是還有很多值得研究的地方，例如蘇聯的學者最近就提出把插齒刀的往復主運動改成工件的旋轉主運動，可以提高生產率3—5倍，這種方法叫車齒法。另外又有人把靜止的車刀改成旋轉的銑刀來銑外圓，也可以提高生產率。所以進一步來研究切削運動是很必要的。

3. 切削三要素 主運動的速度叫切削速度。它的單位是(米/分)。輔助運動的大小叫走刀量。走刀量的單位在車床上和鑽床上是米厘/轉；在銑床上是米厘/分。

切削速度、走刀量和吃刀深度稱為切削三要素。下面分別來談談車、鑽、銑的切削速度、走刀量和吃刀深度。

車削 圖1-2是車外圓的情形。

(1) 吃刀深度是沿半徑方向測量的。

吃刀深度 = 毛胚半徑 - 工件半徑

(2) 走刀量是指工件每轉一轉時，車刀沿走刀方向所移動的距離。車刀車外圓時，在工件表面會車出很細的螺紋綫來，螺紋之間的螺距就是走刀量(毫米/轉)。

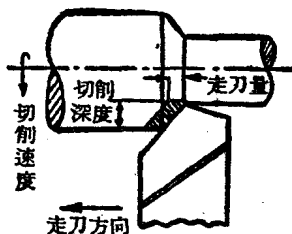


圖 1-2 車削時的切削要素

(3) 切削速度是指毛胚表面直徑最大處的速度。因為工件每轉一轉，這一點所轉過的路程是 $3.141 \times$ 毛胚直徑 (米厘)，而切削速度是這一點每分鐘所轉過的路程，所以：

$$\begin{aligned} \text{車削速度} &= 3.142 \times \text{毛胚直徑} \times \text{工件每分鐘轉數} \quad (\text{米厘/分}) \\ &= \frac{3.142 \times \text{毛胚直徑} \times \text{工件每分鐘轉數}}{1000} \quad (\text{公尺/分}) \end{aligned}$$

上式中，工件每分鐘轉數就是機床主軸的轉數。

實際工作時，切削速度不一定按上式去計算，而可以從圖1-3中很快地查出來。查的時候，先在橫座標即圖下面的橫綫上

[註] 米厘又叫毫米或公厘，等於 $\frac{1}{1000}$ 公尺(米)

找出轉速，从这一点划条直綫（实际上不必画直綫，只要用直尺比划一下就行，和代表毛坯直徑的斜綫相交，再从交点画条橫綫到縱座标即圖右方的垂綫上，就得出切削速度来。

圖 1-3 中的例子是：已知主軸轉数是 180 轉/分，工件直徑是 180 毫米，按上法求出的切削速度是 100 米/分。

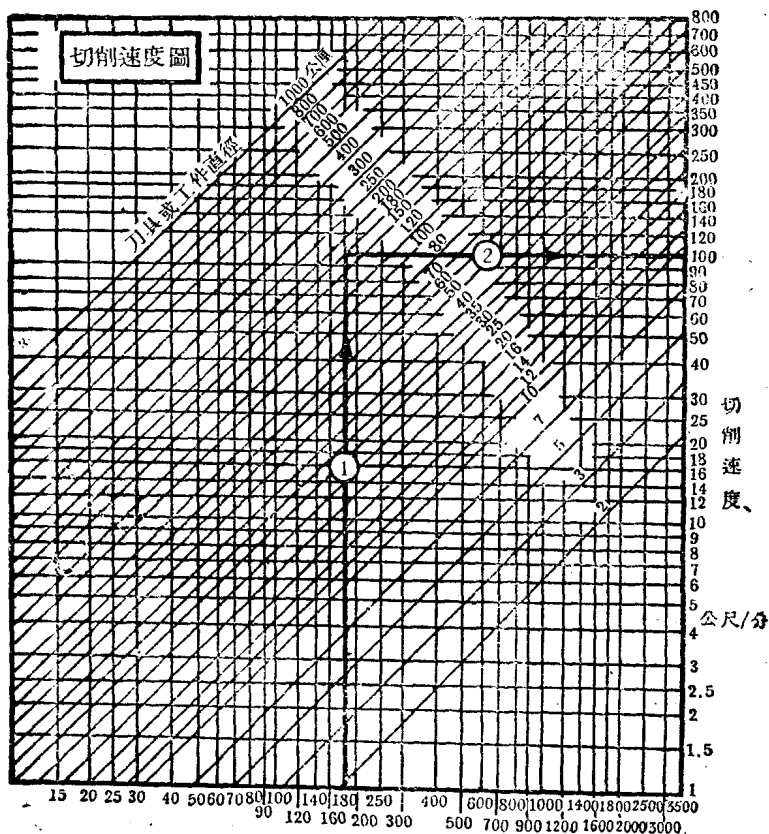


圖 1-3 切削速度及主軸轉速圖

鑽削 圖 1-4 是鑽孔、擴孔和鏜孔的比較圖。從圖中可以看出：一把鑽頭實質上相當於兩把鏜孔車刀。

鑽孔時，每個刃上的吃刀深度等於鑽頭的半徑。

扩孔时的吃刀深度 = 鑽头半径 - 孔的半径
 鑽削时的走刀量和車削时的一样。

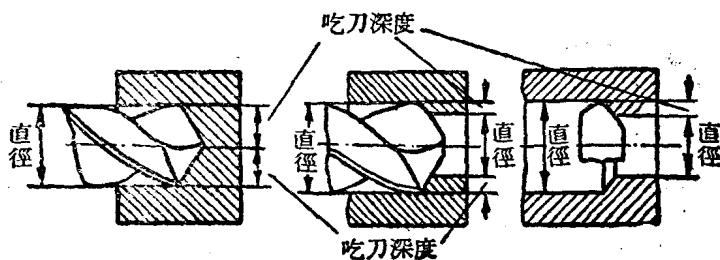


圖 1-4 鑽孔和鏜孔时的切削要素

$$\text{鑽削速度} = \frac{3.142 \times \text{鑽头直徑} \times \text{机床主軸每分鐘轉數}}{1000} \text{ 米/分}$$

已知鑽头直徑和主軸轉速后，鑽削速度也可以由圖 1-3 中查出来。

銑削 銑刀是多刃刀具，所以比較复杂些。圖 1-5 是銑削的立体圖。銑削深度是还没有加工过的毛坯表面和已经加工出来的表面之间的距离。

銑刀走刀量除了常用的每分鐘走刀量（米厘/分）外，还有每轉走刀量（米厘/轉）和每齿走刀量（毫米/齿）两种。每轉走刀量是指銑刀每轉一轉时，銑床工作台所走的距离。

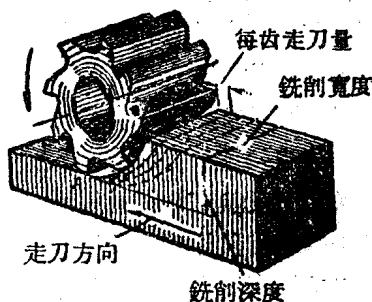


圖 1-5 銑削要素

$$\text{每轉走刀量} = \frac{\text{每分鐘走刀量}}{\text{每分鐘轉數}} \text{ 米厘/轉}$$

每齿走刀量（米厘/齿）是指銑刀每轉过一个齿时，工作台所走的距离。

$$\text{每齿走刀量} = \frac{\text{每轉走刀量}}{\text{銑刀齿数}} \text{ 米厘/齿} =$$

$$= \frac{\text{每分鐘走刀量}}{\text{每分鐘轉數} \times \text{銑刀齒數}} \text{米厘/齒}$$

銑削速度的計算公式和車削、鑽削的一樣。並且也可以由圖 1-3 中查出切削速度來。

從以上講的道理，我們可以知道：用轉速表示切削用量是不夠全面的。因為同一轉速，直徑不同時切削速度就不同。但是，却有人不考慮直徑的差別，就用轉速的高低來表示切削速度的高低，甚至在有些文章中也不提直徑的大小，就用轉速來代表切削速度，這都是不對的。

二、刀具切削部分的名稱

刀具除了要具有很高的硬度外，還要有一定的形狀。我們古代的祖先用來削木頭的石器就已經初步具備這些條件了。後來鋼鐵的發現和應用，就使刀具的硬度變得更高，並且人們還可以很方便地用鍛、鑄、研磨等方法，把刀具做成一定的形狀，做得更鋒利一些。現在已有着各種各樣的刀具：從只有幾分之一米厘厚的刮鬍子刀片，到直徑有兩米的銑削金屬的銑刀盤。它們雖然都是刀具，可是形狀上却有着非常大的差別。為什麼有這樣大的差別呢？這當然主要是因為它們所切削的東西不同、因而用途也不同的關係。雖然它們都是用較好的鋼料做成的，但是卻各有各的合理形狀。當然這些刀具的合理幾何形狀，都是人們經過了長期的勞動才摸索出來的。古時人們還不知道金屬切削刀具的切削部分究竟應該磨出那些表面和那些切削刃來，不像現在幾乎每個技工都知道車刀刀頭上必須有三個到四個表面（前刀面、後刀面，付後刀面，有時還有過渡後刀面見圖 1-6）；同時也知道刀頭形狀磨得對不對，對生產率和加工質量的影響是很大的。

怎樣才能把刀子磨好呢？首先要想出一些方法來表示刀頭上各表面和切削刃的位置，這就是說要用一些角度來表示這些表面和刀刃上下左右傾斜的程度。然後再看看這些表面和刀刃的位置變化時，對生產率和加工質量有那些影響。這樣，最後就可以找

到刀具的最合理的角度了。

以上三个步骤是本書要講的主要內容之一。在这一講里，我們先講第一个步骤——怎样表示刀刃和各表面的空間位置。其余两个步骤將放在以下各講中去講。

1. 車刀的切削部分

从圖 1-6 上，可以看出車刀刀头上有三个表面和三个切削刃。为什么要这些表面和切削刃呢？

这是因为我們用的是金屬的刀子来切金屬，所以不能像菜刀那样做得很薄，而应当把刀头做得很厚实，以便保証足够的强度。假如有一天能發明一种刀具材料，它的硬度和强度比工件材料大几十倍，那时自然也未常不可以把刀具做得更薄些、更鋒利些。

現在用金屬的刀具来切削金屬时，尤其是粗加工时，主要是靠前刀面把金屬推挤下来的（圖 1-7 就是鉋削和挤压的比較圖）。因此金屬切削

刀具必須具有前刀面。也就是說前刀面是刀具上推挤切屑的表面。

上面說过，刀头部分須要相当厚实才

能有足够的强度，所以就有后刀面和付后刀面。

这些面的交界綫就形成了刀刃。

主刃——前刀面和后刀面的交綫就是主刃，大部分金屬是沿着主刃切下来的。

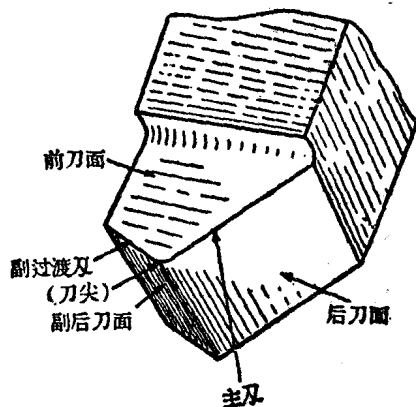


圖 1-6 車刀的切削部分

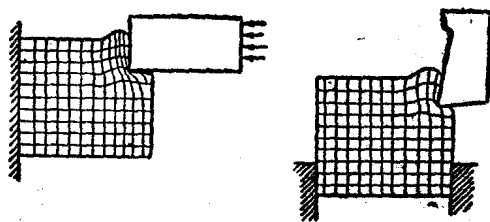


圖 1-7

付刃——前刀面和付后刀面的交界线就是付刃，它也有点切削作用，这可以从車螺紋的情况看出。車螺紋时，車刀兩边都在切削，都是主刃（圖 1-8）。車外圓时，实际上也車出極細的螺紋来。所以不难想到：副刃也在切削，不过只切到很少一点金屬罢了。

过渡刃——这是主刃和副刃之間的一小段切削刃。外圓車刀上的过渡刃大都是 0.5—2 厘米厚的一小段圓弧。一般都把它忽略了。其实，过渡刃虽小，但却是不可缺少的部分。有了过渡刃，

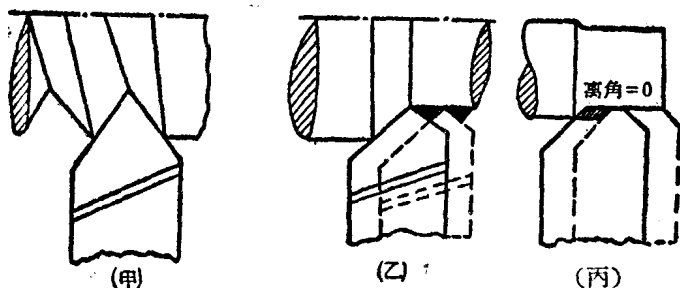


圖 1-8 副刃的切削作用和殘留面积

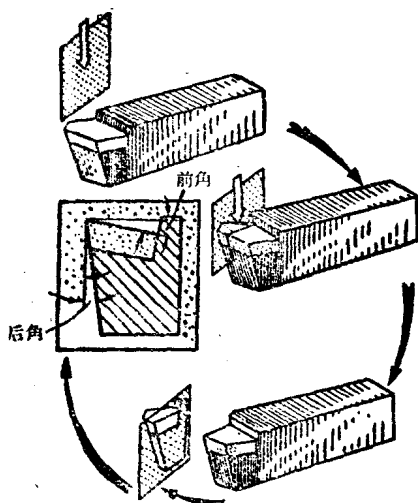


圖 1-9 車刀的前角和后角

刃尖就不致于磨損得太快。

上面我們已經談了刀头上各表面和刀刃的作用。現在我們再来研究一下，要用些什么角度才能表示出这些刀刃和表面的位置来。

表示前刀面傾斜程度的角叫前角。用一个平面垂直着主刃(和主刃成 90°)切下去（圖 1-9），在剖面中所看到的前刀面和水平线的夾角就是前角，这个剖面叫主剖面。为什么要在規定的剖面

中去量前角呢？这一方面是因为这样规定以后，对画图、磨刀、测量都方便，另一方面也是因为只有在统一规定的平面里去测量，才能比较不同刀具的角度。

前角愈大，就表示前刀面倾斜得愈利害，刀子就愈锋利，切起来也就愈省力。

表示后刀面倾斜程度的角叫后角。后角也是在主剖面中测量出来的。后角是用来减少后刀面和工件之间的摩擦的。

表示主刃倾斜程度的叫导角或刃倾角。在车刀上，导角是在水平面里测量出来的（图 1-10）。这是主刃和走刀方向之间的夹角。导角愈小，主刃上参加工作的一段长度就愈长，切下来的金属就愈薄，因此刀子也就愈不容易磨损。

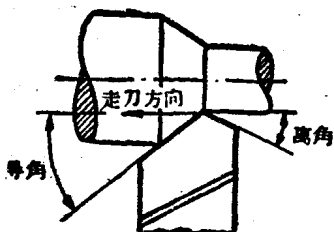


图 1-10 导角和离角

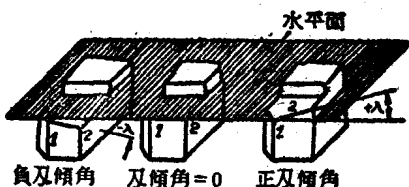


图 1-11 刃倾角

刃倾角是主刃和水平面之间的夹角。图 1-11 是刃倾角等于零、刃倾角等于正值或负值时的三把车刀。当刀尖是主刃上最高的一点时，刀头就比较弱，所以把这种刃倾角称为负刃倾角；当刀尖是主刃上最低一点时，刀头比较强，所以称为正刃倾角。当主刃是水平的时，刃倾角就是零。刃倾角除了影响刀头的强弱外，还会影响切屑流出的方向（见图 1-12）。

表示付刃位置的是离角。离角也是在水平面中测量出来的。它是付刃和走刀方向之间的夹角（图 1-10）。离角愈小，切出来的表面就愈光滑。科列索夫车刀上的离角是零度，所以走刀量增大后，表面光洁度仍然很好（图 1-9 丙）。离角大的车刀，走刀量大时，切出的工件表面，就会有明显的螺纹。