



16809

技工學習叢書

金屬切削

哥列洛夫著



機械工業出版社

013

578

5/1013

K-1

技工學習叢書

金 屬 切 削

哥列洛夫著

陳 珍 念 譯



機械工業出版社

1955

出版者的話

本書通俗地解釋切削金屬時所看到的各種現象，敘述蘇聯現代金屬切削科學的成就和發明。以蘇聯科學家的研究工作，工業上的和機器製造先進工人的工作經驗作為基礎，來闡明設計刀具幾何形狀和合理使用刀具與機床的科學原理。

本書在蘇聯原作為工長和熟練工人提高切削理論知識之用。在我國今天尚缺乏這方面教材的時候，用它來作為二年制技工學校和技工訓練班的教材是很適宜的。

蘇聯 В. М. Горелов 著 ‘Резание металлов’

(Машгиз 1953年 第一版)

*

*

*

書號 0689

1955年2月第一版 1955年2月第一版第一次印刷

850×1143 $\frac{1}{32}$ 212 千字 8 $\frac{3}{8}$ 印張 0,001— 6,100 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 14,200 元(18)

目 次

原序	6
緒論	9
一 現代的金屬切削法和刀具	12
1 簡史(12)——2 切削時的幾個表面(13)——3 切削時的幾種運動(13)——4 車削(16)——5 鉋削(22)——6 鑽孔(23)——7 擴孔和鉸孔(26)——8 銑切(29)——9 螺紋切削(34)——10 拉削(38)——11 刀具切削部分的幾何形狀及其因素(41)	
二 切屑的形成和金屬切削時的物理現象	52
12 切屑是怎樣形成的(53)——13 車刀上切屑瘤的形成(55)——14 切屑的收縮(59)——15 硬化現象(62)——16 為什麼切削時會產生熱(64)——17 切削時的溫度(66)——18 溫度對切屑形成過程的影響(69)	
三 金屬的切削抗力	72
19 為什麼需要關於切削抗力的知識(72)——20 切削功(73)——21 切削時的力(74)——22 作用在刀具上的力和前角的關係(78)——23 刀具磨鈍對切削抗力的影響(80)——24 主偏角對切削抗力的影響(81)——25 潤滑液和切削抗力(82)——26 切削速度對切削力的影響(83)——27 切削力跟被切層的厚度和寬度的關係(84)——28 被加工金屬性質對切削抗力的影響(86)——29 切削力的度量(88)——30 計算車削時的切削力(90)——31 計算鑽孔時的作用力(93)——32 計算銑切時的切削力(96)——33 用絲錐工作時的扭力矩(98)	
四 刀具的磨損和壽命	101
34 刀具磨損快的原因(101)——35 磨損是怎樣發生的(102)——36 各種磨損形式(105)——37 溫度對磨損的影響(109)——38 車刀磨損的特點(113)——39 鑽頭和擴孔鑽磨損的特點(114)——40 鉸刀磨損的特點(115)——41 拉刀磨損的特點(116)——42 銑刀磨損的特點(116)——43 刀具切削部分表層的狀態和壽命(118)	

—44 提高刀具耐磨性的特殊方法(119)

五 刀具的合理幾何形狀..... 124

45 金屬切削和刀具的幾何形狀(124)—46 後角對刀具壽命的影響(125)—47 前角(133)—48 前面的形狀和它對刀具壽命的影響(139)—49 主偏角和刀具壽命(144)—50 兩個副角和它們對刀具壽命的影響(145)—51 連接刃(148)—52 主刀刃斜角(150)—53 改善鑽頭幾何形狀的特殊方法(152)

六 切削速度..... 155

54 切削速度和它的意義(155)—55 刀具壽命和切削速度(156)—56 被加工金屬和切削速度(158)—57 切削速度跟刀具材料的關係(161)—58 切削速度跟被切層斷面尺寸的關係(161)—59 車削時的切削速度(163)—60 冷卻和允許切削速度(170)—61 主偏角、副偏角和切削速度(172)—62 連接刃對切削速度的影響(173)—63 刀體橫斷面尺寸對切削速度的影響(174)—64 鑽孔時的切削速度(174)—65 銑切時的切削速度(179)

七 金屬的高速切削..... 186

66 刀具材料的性能和切削速度(186)—67 高速切削時刀具的前角(189)—68 雙重前面硬質合金刀具的幾何形狀(193)—69 曲線形前面硬質合金車刀的幾何形狀(196)—70 硬質合金刀具的後角(198)—71 硬質合金刀具的主偏角(200)—72 金屬高速切削的切削用量(200)—73 高速車削時的切削速度(201)—74 高速銑切時的切削速度(201)

八 機床和刀具的合理使用..... 208

75 機床的生產率(208)—76 合理的刀具壽命(212)—77 合理的刀具磨損量(217)—78 刀具材料(223)—79 各種牌號高速鋼的性能和用途(223)—80 硬質合金和熱鋼玉的牌號(224)—81 怎樣選擇合適的切削用量(227)—82 機床動力和切削用量(229)—83 切削深度的選擇(230)—84 合理走刀量的選擇(233)—85 最大允許切屑尺寸的計算(235)

九 已加工表面的質量..... 240

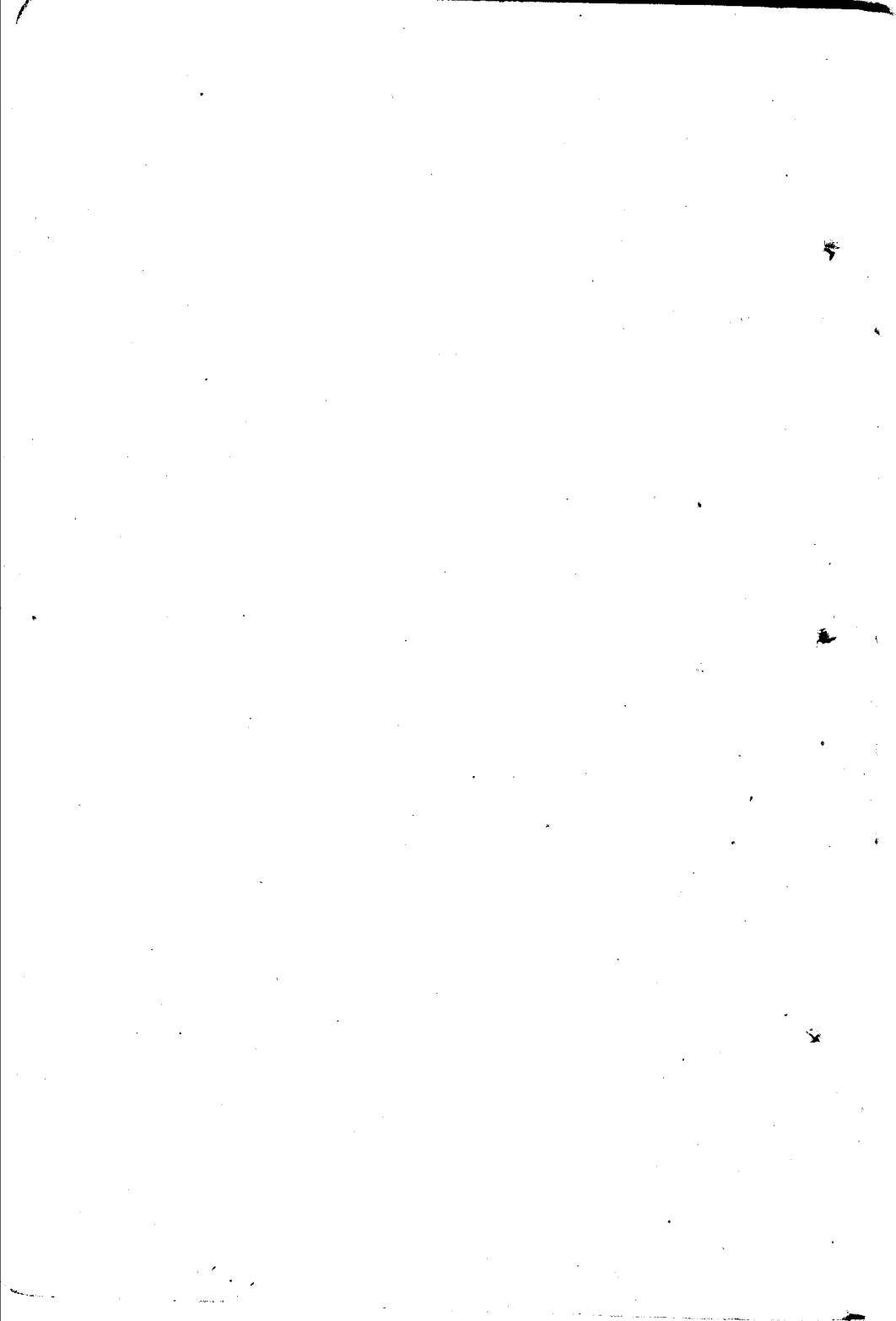
86 表面質量和它的意義(240)—87 已加工表面上不平度的產生(241)—88 已加工表面光潔度的國家標準(245)—89 檢驗表

面光潔度的儀器(243)——90 切削用量和鋼的已加工表面的光潔度(252)——91 被加工金屬對表面光潔度的影響(256)——92 刀具幾何形狀怎樣影響表面的光潔度(257)——93 現代的精加工方法(260)

結論..... 262

附錄..... 264

參考書目..... 267



原 序

在我國工廠的機械車間裏，有不少的工作人員是沒有受過專門技術教育的。他們擔任工長、施工員、標定員、工具工、甚至車間領導的工作。他們都曾經當過工人，有很長的工齡，豐富的經驗。但在今天，由於技術發展異常迅速，他們就顯得缺乏技術訓練了。

現在，我們的工人光憑經驗和實際知識是不夠的了。生活大踏步地前進着。第一個自動機床作業線在蘇聯的機器製造業裏出現，還是不久的事，而今天我們已經親眼看見自動化工廠的工作了；工人在這個工廠裏祇須看管着機器和機床在工作，管理它們。但這並不是說，在這樣「聰明」的機器和機床上工作，不需要什麼知識；相反地，要調整和操縱現代的完備的機床，是需要非常多的知識的。這些機床所需要的已經不是體力，而是高度發展的智力、技術知識和大部分工作人員所缺乏的理論教育。

在我們的社會主義工業裏，不但領導者，並且連在複雜機床上工作的工人在內，都必須懂得機器和這些機器所完成的過程的物理性質。他們必須在生產過程中，遇必要時會進行修理工作。

因此，提高工人的文化技術水平到技術人員的水平，提高工作人員的理論教育，就有頭等重要的意義。任務就在於提高我們大多數工人的文化技術水平到工程技術人員的水平。斯大林教導說：「假如不是少數工人，而是大多數工人都把自己的文化技術水平提高到了工程技術人員的水平，結果會怎麼樣呢？那我國的工業就會提高到其他各國工業所不能達到的高度」[●]。要在我國完成這一任務，必須進行艱鉅的工作。而在有效地解決這個任務的工具方面，我們的科學技術參考書籍是佔有重要地位的。但專為這類讀者的

● 斯大林「蘇聯社會主義經濟問題」（人民出版社1952年版第25頁）。

特殊需要而編寫，和幫助他們擴大自己的理論知識的通俗教材差不多完全沒有，使這個任務的順利解決遇到了嚴重的困難。

金屬切削科學對機器製造具有重大的意義。每個斯大哈諾夫高速工作者實際上都和它發生關係。這是機器製造者廣大羣衆的科學。它所研究的範圍是許多人的實際活動。它的內容是科學地去解釋這一實際活動的現象和事實，我們的工作人員對它是不能不關心的，所以對金屬切削通俗教材的缺乏，感到特別敏銳。

爲沒有受過充分普通教育的讀者去編寫金屬切削的教材，當然是有很大困難的。但另一方面，我們的讀者對象在金屬切削方面的豐富實際工作經驗，却使這個任務易於完成。因此，作者在本書裏就不限於敘述基本知識和概念，而是要設法說明一個更廣泛的關於物體的概念，和充分闡明現代蘇聯金屬切削科學的理論基礎。

本書的任務是以金屬切削的科學知識去武裝工作人員，使他們獲得瞭解他們在生產活動過程中所看到的現象的鎖鑰。缺乏這些知識是無法參與生產過程，和在現代機器製造廠裏有效地去管理生產過程的。

這個任務究竟完成了多少，將從本書讀者的反映看出來。

編者

緒 論

機器製造是國民經濟一切部門中强有力的技術發展的基礎。因此，在蘇聯共產黨第十九次代表大會關於蘇聯發展國民經濟第五個五年計劃的指示裏，規定了增加機器製造的產品到兩倍左右。

金屬切削加工是機器製造裏的一個最費力和最昂貴的加工方法之一。

最近 35~40 年來，在金屬切削加工的方法上，起了重大的變化，使機床工序的勞動生產率有了顯著的提高。雖然如此，但目前機床工作的勞動量還是依然成為機器製造總勞動量的一個相當大的部分（從 30 到 50%）。因此，技術思想繼續在以下的幾個方向，去尋求新的節省機床工作勞動量的途徑：

1. 改進準備車間的工作，以縮小加工餘量的尺寸，使機械車間的作用僅限於作精加工和光加工工序。

2. 使用新的加工方法，將手工操作機械化，用最新的高生產率夾具、多軸機床和綜合機床，利用機床操縱自動化等等來改變機床工作的施工程序。

3. 改進刀具的結構和幾何形狀，發明新的、生產力更高的刀具。

使用更完善的刀具不但對提高切削用量有影響，而且往往是引起產生新的金屬加工施工方法，和使用更完善的機床的原動力。

現代機器製造的成就，大半是由於在金屬切削科學方面所進行的研究和發現而成為可能的。切削過程合理化和製造新刀具的重大效果，祇有在充分而且準確地去研究在刀具切削刃上所發生的現象時才能達到，現在是更加明顯了。要知道，限制加速金屬加工的，往往不是機床，而是刀具的壽命。因此研究切削過程和在切削過程中所發生的一切物理現象，對於還在萌芽初期中的機器製

造工業，在實用上就具有重大的意義。現在金屬切削科學已經達到了高度的發展。這方面的功績是屬於俄國的科學家，特別是蘇聯的科學家的。

1868~1870年俄國的研究家伊萬·阿符古斯陀維奇·契美(Иван Августович Тиме)教授首先進行切削過程中所產生的抗力和切屑形成過程的深刻的科學研究。伊·阿·契美教授的研究工作是世界有名的，他在切屑形成過程中所發生的許多現象方面的研究，到現在還是有很大的理論上的和實用上的價值。因此大家公認契美教授為金屬切削科學的奠基者。

在以後的整個金屬切削科學發展史的時期內，俄國的科學家和研究家始終走在外國科學家的前面，發現了在金屬切削過程中所發生的一切新規律和現象。

在偉大的十月社會主義革命以後，金屬切削科學的發展，由於蘇聯科學家的努力，首先是在比思普羅斯萬納(И.М.Беспрозванный)教授指導下的莫斯科巴烏曼高等工業學校金屬切削和刀具製造教研室全體科學工作者的努力，和在羅申伯爾格(А.М.Розенберг)教授指導下的托姆斯克綜合工業學院全體科學工作者的努力，而達到了最大的進步。

10~15年以前，許多科學家、工程師和實際工作者都認為，用各種刀具切取切屑的複雜過程是不服從於一般的規律的，認為所有各種刀具的切削問題彼此無關。並且從刀具的磨損和壽命、切削力、允許的切削速度和切屑形成過程觀點來看，祇有用車刀的切削問題研究得比較充分。研究用別的刀具，如銑刀、拉刀、切齒刀等的切削過程，還是在萌芽時期。金屬切削理論是完全沒有的。

現在由於蘇聯科學家的研究工作，金屬切削科學已經因為一般切削過程的物理性質[葉里明(А.Н.Еремин)]與銑切[拉林(М.Н.Ларин)和羅申伯爾格(А.М.Розенберг)]、切齒[馬爾金(А.Я.Малкин)]和拉削[許契哥里夫(А.В.Щеголев)]等複雜切削過程，經過了深刻和全面的研究而更充實了。首先研究的是科學的、物理學上

有根據，而且把刀具切削部分的幾何因素和它的壽命，生產力聯系起來的原理，也就是奠定了設計刀具的理論基礎〔格蘭諾夫斯基（Г.И.Грановский）教授、拉林教授、比思普羅斯萬納教授等〕。

蘇聯科學家的研究工作，在理論研究的深度上大大地超過了外國的著名研究工作，而且遠遠的超過了以前在這方面所研究過的一切。

現代蘇聯的金屬切削科學是高生產率加工方法發展的基礎，而這一科學的成就在生產上的廣泛應用，則是完成第十九次黨代表大會關於機器製造中勞動生產率增長的決議的重要條件之一。

一 現代的金屬切削法和刀具

1 簡史

切削的起源史要回溯到很古的時代。古代文化發源地的發掘，證明人類使用燧石做成的刀子距我們這個時代已經有好幾萬年了，他們用這樣的刀子來切木頭、獸骨、獸角。那時候人類還不知道有金屬。

人類第一次認識金屬是相當晚的。大家知道，我們的祖先在五千年前已經認識了銅，他們用銅和青銅來製造各種器具，如斧頭、刀子、鋸、釘、鐮刀、魚鈎、鑿刀、劍等。以後就開始製造鐵的器具。這時候是用最簡陋的手工方法來切削金屬的。

用切削方法可以得到很高的製件表面質量和很高的尺寸精度。因此，還在機器製造業開始出現的時期，切削加工就在製成機器零件的形狀和尺寸方面，起了重要的作用。開始的時候，祇有很少的幾種切削加工方法（車削和鑽孔），使用着簡陋的工具和用人力來轉動的機床。

從十八世紀的初期，當俄國的工匠納爾托夫（А.К.Нартов）和巴契許且夫（Я.Батищев）製造了第一台自動機床的時候起，使工人不必再轉動機床的軸，不再用手來把住刀子。機器製造業經歷了從簡陋的車床到自動化工廠，從簡單的车刀到複雜的銑刀、拉刀、剃齒刀和其他的刀具，從碳鋼到硬質合金和熱鋼玉的巨大發展途程。

在現代機器製造廠的機械車間裏，金屬是用各種方法來加工的，如車削、鑽孔、鉋削、銑切、鉸削、磨削等等。在所有這些操作裏，都是從製件的表面上切下一些叫做加工餘量的金屬。切削金屬時使用各種機床和種類更多的刀具，如車刀、鑽頭、擴孔鑽、鉸刀、銑刀、絲板、拉刀、插齒刀、梳形刀等等。

各種金屬切削加工方法、機床和刀具，都是機器製造歷史發展和它的不斷改進的結果。

現代的各種金屬切削加工方法是彼此不同的，首先是所用的刀具不同。大部分加工方法的名稱本身就說明了它們是用什麼刀具來進行加工的，如銑切用銑刀，鑽孔用鑽頭，拉削用拉刀等等。這就是說，在金屬切削加工的發展史裏，主要的作用是在刀具，並且從新刀具出現的時候起，就有了新的切削方法，金屬切削加工也就得到了進一步的發展。

2 切削時的幾個表面

切屑切除後，在製件上作出了一個新的表面（圖1），這個新的表面叫做已加工表面。製件在加工前的表面，即要從它上面切下切屑的表面，叫做被加工表面。除了這兩個表面以外，還有在了解切削過程中起着重要作用的一個表面，這個表面是由刀具的刃口直接在製件上作成的，它叫做切削表面。

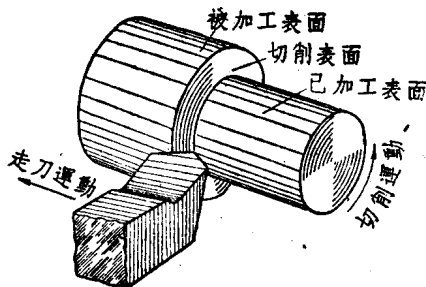


圖1 切削表面。

3 切削時的幾種運動

切削時必須使製件對刀具作相對運動，或者反過來使刀具對製件作相對運動。這個運動的性質決定於所用的刀具和加工表面的幾何形狀。

假定要用鉋刀加工 L 公厘長、 B 公厘寬的一個平面（圖2），同時又要從被加工平面上切去一個等於 BLt 乘積的金屬體積。顯然，要切下切屑，鉋刀必須順着被加工表面移動。但是要鉋刀一下子一次切掉這樣大的金屬體積是做不到的，鉋刀只能切下寬度不超過

30~40 公厘的切屑，而且厚度也不能超過 3~4 公厘。至於被加工

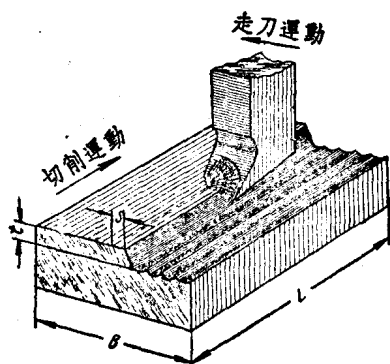


圖 2 鉋削加工。

表面的寬度和被切層的厚度，可能是很大的。所以上面所講的金屬體積只能用切成狹條的方法，逐步地把它切掉。因此必須周期地使鉋刀有橫着被加工表面移動的第二個運動，這個運動叫做走刀，用字母 s 來表示。加工時，鉋刀順着整個被加工表面切下金屬狹條後，再回到原來的位置。然後橫着被加工

表面移動 s 公厘，又重新順着這個表面運動，在下一個行程內切下第二條狹條，然後切下第三條，一直到切完這個表面為止。要切掉全部加工餘量，鉋刀必須順着被加工表面移動 $\frac{B}{s}$ 次，橫着被加工表面也要移動同樣的次數。

如果不是加工平面，而是圓柱面（圖 3），那就必須拿製件繞它本身軸線的旋轉運動，或車刀繞製件軸線的旋轉運動來代替鉋刀的往復運動，而拿車刀順着製件軸線的連續運動（走刀）來代替鉋

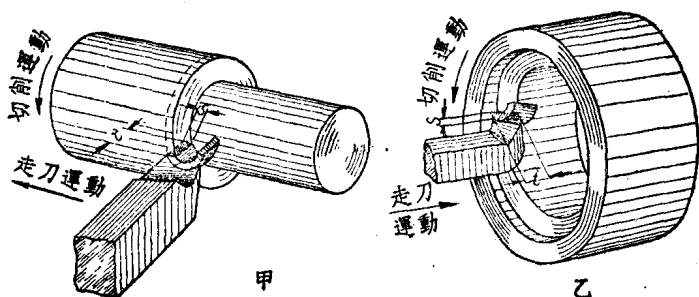


圖 3 用車刀加工圓柱面：

甲—外圓柱面；乙—內圓柱面。

刀橫着被加工表面的周期移動。因此，任何加工方法都必須有兩個運動。鑽孔時（圖 4 甲），鑽頭旋轉，同時又順着孔的軸線移動。鉋

切時，銑刀旋轉，製件向銑刀移動，不斷地把製件上面需要切去的金屬放到銑刀齒下面（圖 4 乙）。

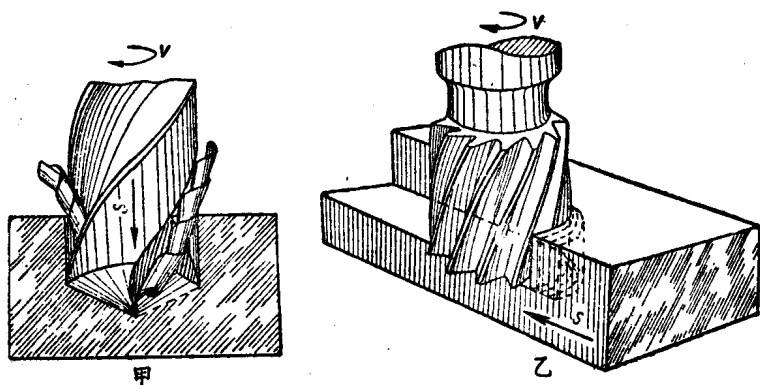


圖 4 切削圖（ v —切削運動； s —走刀運動）：

甲—鑽孔時；乙—銑切時。

所有的切削加工方法，都是建立在結合刀具刀口對製件的兩個工作運動的基礎上的。其中的一個運動決定切削速度，另一個（走刀）運動決定被切層的厚度。

在鉋床上加工時，鉋刀順着平面移動得愈快，或在車床上加工時，製件轉得愈快，或鑽床上的鑽頭、銑床上的銑刀轉得愈快，那麼製件表面的新的部分就愈快地進入切削區域，金屬也切得愈快，切屑也移動得愈快，因而**切削速度**也就愈高。但製件轉一轉時，車刀順着製件的被加工表面移動得愈多，或鑽頭順着孔的軸線移動得愈多，或銑刀轉一轉時，製件移動得愈多，也就是說，製件、鑽頭、銑刀轉一轉時走刀量愈大，那麼切下來的切屑也就愈厚。

因此，切削速度和走刀量都同樣決定着勞動生產率。例如，切削速度或走刀量增加一倍時，都同樣能縮短加工製件的機動時間一半。

這兩個運動可以用兩種方式作出：第一種方式是兩個運動都由刀具作出，第二種方式是刀具作一個運動，而製件作另一個運動。

也有某些加工方法，只有一個切削運動。這時候走刀運動就由

刀具的結構本身作出。屬於這些加工方法的，有拉削和用絲錐、絲板鉸螺紋等。切削運動，除了某些例外，一般是由製件或刀具的旋轉作出。只有在鉋削、插削和拉削時，切削運動是由於製件或刀具作直線運動而得到的。

在旋轉切削運動時，製件或刀具的直徑和轉數愈大，那末它的速度，即切削速度，也就愈高。切削速度跟直徑和轉數的關係可以用下面的公式表示：

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \text{ 公尺/分。} \quad (1)$$

式中 v —切削速度，以公尺/分計；

D —在製件旋轉作切削運動時，為製件的直徑，在刀具旋轉作切削運動時，為刀具的直徑，以公厘計；

n —每分鐘的轉數；

π —3.14。

如果切削運動是直線往復運動時，例如在鉋床上，切削速度就跟行程長度和每分鐘的行程次數有關。這個關係可以用另一個公式來表示，即：

$$v = \frac{L n (m+1)}{m \cdot 1000} \text{ 公尺/分。} \quad (2)$$

式中 v —切削速度，以公尺/分計；

L —行程長度，以公厘計；

n —每分鐘的行程次數；

m —表示空行程速度為工作行程速度的多少倍的數字。

在直線往復運動時，每個行程長度上的切削速度都是變動的。行程開始時切削速度逐漸增加，在行程終點上又逐漸降低。按公式(2)計算出來的切削速度，只是一個平均值，比實際切削速度要低一些。

4 車 削

現代機器裏的零件，大半是圓柱形的迴轉表面，錐形或其他形狀的迴轉表面要少得多。這種零件的幾何形狀可以用車削的方法