

中央人民政府高等教育部推薦

中等技術學校教材試用本

# 刀具的計算與設計

上 冊

阿列克席也夫、阿爾申諾夫、斯莫利力科夫合著

王 存 鑫 譯



機械工業出版社

中央人民政府高等教育部推薦

中等技術學校教材試用本



# 刀具的計算與設計

上 冊

阿列克席也夫、阿爾申諾夫、斯莫利力科夫合著

王存鑫譯

機械工業出版社

1953



---

## 出版者的話

本書是原作者根據蘇聯各研究院、廠家、斯達哈諾夫革新工人及工具學方面的學者、專家們關於工具方面的資料而寫成的。內容比較偏重於實用，包括各種金屬切削刀具的敘述，計算與設計。此外，還有專門章節討論刀具的設計基礎、作刀具的材料、刀具的熱處理等。主要的刀具還舉有計算和設計的實例，以及其製造圖樣。

原書是中等技術學校的教材，在我國目前缺乏工具方面有系統的書籍的時候，本書也可作為大學及專科的教材和參考書，工廠裏設計刀具的參考書以及工具技術人員的學習資料。

本書分上、中、下三冊，先將上冊趕印出版，上冊是原書的第一章至第七章。

---

本書根據蘇聯 Г. А. Алексеев, В. А. Аршинов, Е. А. Смольников  
合著 'Расчет и Конструирование Режущего Инструмента'  
(Машгиз 1951 年第一版)一書譯出

\* \* \*

著者：阿列克席也夫，阿爾申諾夫，斯莫利力科夫

譯者：王存鑫 文字編輯：陳心錄，季培鎰 責任校對：俞治本

---

1953 年 8 月發排 1953 年 9 月初版 00,001—10,100 冊

書號 0353-10-43 31×43<sup>1</sup>/<sub>18</sub> 199 千字 81 印刷頁 定價 13,200 元(乙)

機械工業出版社(北京歷甲廠 17 號)出版

機械工業出版社印刷廠(北京泡子河甲 1 號)印刷

中國圖書發行公司發行

## 原 序

這門課程的內容，是分析金屬切削加工的刀具（主要指機床使用的刀具）設計的各种問題。刀具是甚麼呢？

卡爾·馬克思寫道：‘現有的各種機器，可分為三大類：發動機，傳動機構及工具機（工作機）’。<sup>①</sup>

‘若我們詳細觀察一下工具機（或工作機），大體說來它上面還是那些手工業者及手工工場工人所用的那些器械與工具，雖然這些工具的形狀已發生了非常顯著的變化；但這已不是用人力的工具了，而是機構的工具，機器的工具。我們可以看出，整個機器多多少少是舊有手工機械形式改變來的翻版（如像機器織布機），或配合於工作機上的工作器官，這些是我們原來就熟悉的東西（如紡紗機的紡錠，織襪機的編針，鋸木機的鋸子，截割機的刀等等）’。<sup>②</sup>

馬克思接着指出：

‘這樣一來，工作機不過是一種機構，這機構得到某種運動後，用它的工具，作出工人以前用相類似的工具作過的那些動作’。<sup>③</sup>

這種工作機的工具或作用器官，便叫做工具。我們將討論的，只是這些工具中的一小部門——加工金屬的刀具（切削工具）。

刀具創造與發展的歷史，與整個社會物質文明的歷史分不開。新式刀具的雛形，可以早在石器時代的勞動工具中發現出來。

在整個人類的歷史中，刀具會經過許多的改變。但某些刀具（如銼）到現在為止，它的變化却比較少。十一世紀所用的銼與現在用的銼有許多相同的地方。

從歷史上看，機用工具是由手用工具發展成的，這手用工具已變成了工具機上工作的機構。金屬切削加工的刀具的發展與機器製造，尤其是與機床製造的發展是不能分開的。

俄國學者、機械人員、天才技師在刀具發展方面起了很大的作用。例如俄國機械師安得利·康士坦丁諾維奇·納爾多夫（Андрей Константинович Нартов）早於1718年在世界上首先設計了裝有用螺旋的機械推動車刀（帶刀架）的車床，並設計了許多其他的金屬加工機床。一直過了70~80年後，在英國才出現了摩得士利（Модсли）的車床。

土爾（Тульский）的技師雅科夫·巴底雪夫（Яков Батищев）曾於十八世紀用多軸

① 卡爾·馬克思：‘資本論’（Капитал）第一卷，1949年版，第378~379頁。（上述書名及頁碼係根據原書譯出，以下同此）。——編者

② 同上，第379頁。

③ 同上，第379~380頁。

鑽床鑽槍孔。機床的創造者還是偉大的俄國學者密海爾·瓦舍爾也維奇·羅蒙諾索夫(Михаил Васильевич Ломоносов)，他發明了加工球面的機床。

詳細記載刀具發展史的文獻不多。但根據現在的資料<sup>①</sup>，就可證明早在十七世紀，在俄國土爾及卡西爾地方的工廠，就首先採用了同現代鑽、擴孔鑽及鉸刀相類似的有趣的刀具，來鑽製砲孔了。這事實是當時的手抄本流傳到現在的。手抄本上記載，用這鑽要鑽孔的工件是鑄成的沒有內孔的砲身，鑽本身是一條長的鐵棒：一端裝在齒輪上的螺母裏(齒輪由水輪帶動旋轉)，另一端有一較粗大的方頭，方頭上套以與現代平鑽相似的鑽片。砲身在鑽孔後用另一刀具擴鑽，這刀具有一卵形的銅頭，頭上插以鋼刀——鑽片。用現代術語來說，這種刀具可以稱做擴孔鑽。值得注意的，相類似的組合擴孔鑽在十七世紀還在使用。最後，用端頭(有銅壁的，柱形的)上插有鋼片(片數可為4~12，以直徑的大小為轉移)的刀具，對砲孔作光潔加工。這刀具便是現代裝製鉸刀的雛形。

上述事實足以證明，在刀具發展方面，十七世紀俄國機械師的先進思想，早已遠遠超過西方國家了。

當時用來切削金屬的各種刀具，還是極其狹窄地使用，主要是憑經驗進行，對切削過程並沒有加以研究。

但俄國教授季麥(И.А.Тиме)已在1868年研究過切削的過程了。他定出切削的分類，求出剪切面(плоскость сдвига)的方向。1893年日沃雷金(К.Л.Зворыкин)創製了水力測力計，作出作用在切刀上的力圖，用計算方法求出剪切面的位置。1913~1915年間伍沙契夫(Я.Г.Усачев)對金屬切削過程物理方面的問題，作過許多研究工作。他規定了冷鍛(наклёп)現象，設計了測量切刀上溫度的方法，發明了結節(нарост)形成的理論。契柳斯特金(А.Н.Челюсткин)及其他俄國學者曾繼續研究這方面的問題。

但在沙皇的條件下，切削過程研究的結果，不能付諸實用。當時的工業還很幼稚，刀具工業及機床製造工業簡直還沒有。

一直到偉大的社會主義十月革命後，蘇聯的刀具工業才具有應有的規模。在1921年古老的舍斯特羅列茲基(Сестрорецкий)兵工廠(即現在的沃斯科夫[Восков]工具廠)改成了生產刀具及量具的工廠。同時各機器製造廠裏也創設了許多工具車間。

在第一個斯大林五年計劃中建立了兩個工廠：加里寧‘銑刀’工廠(завод ‘Фрезер’ им.М.И.Калинина)及‘量規’工廠(завод ‘Калибр’)(製造量具的工廠)。後來除改造了和新批准了大量工具工廠外，並在許多機器製造工業裏創設了許多規模龐大的工

① 參考巴克萊諾夫(Н.В.Бакланов)、馬福諾金(В.В.Мавродин)、斯米爾諾夫(И.И.Смирнов)：‘十七世紀土爾及卡西爾地方的工廠’(Тульские и Каширские заводы в XVII веке)，‘國立物質文化歷史院彙報’(Известия Государственной академии истории материальной культуры)，第98期，1934年版。

具車間。現在沒有一件刀具不是自己工廠製造的了。工具的產量，已較 1913 年增加了數百倍。

爲了保證供應機床製造及工具工廠這方面專門的工程技術人員。在全國許多高等學校中成立了專門系。1930 年根據斯大林同志的指示，在莫斯科成立了斯坦丁機床工具專門學院（специальный станко-инструментальный институт 'СТАНКИН'）。二十年來這學校給工業方面訓練出大量高級工程人員。該校中又發展了機床與工具設計和製造方面的研究工作和教學研究工作。

靠工學博士謝明欽科教授（проф. И. И. Семенченко）的努力，成立了蘇聯工具學校。斯坦丁學院講座的同人們（阿契爾堪 [Н. С. Ачеркан]、哥羅傑茲基 [И. Е. Городецкий]、巴拉克新 [Б. С. Балакшин]、克利歐霍夫 [В. А. Кривоухов] 等教授）也有不少的貢獻。

爲使機床與工具方面能得到儘快的發展與科學方面的推進，成立了許多研究院（ЭНИМС, ВНИИ, НИБВ, ЦНИЛАШ, ЦНИИТМАШ 等）及工廠中的實驗室，以便研究設計和製造機床與工具的各種問題。在刀具方面，特別是伊格拉切夫（А. М. Игнатьев）、格蘭諾夫斯基（Г. И. Грановский）、拉林（М. Н. Ларин）、格魯賓（А. Н. Грубин）等幾位的努力，闡明了許多複雜而且困難的問題。開始時曾在伊格拉切夫實驗室從事於刀具的研究，在 1943 年底以這實驗爲基礎，成立了蘇聯刀具研究院（ВНИИ），該院的實驗室內從事着刀具的理論、設計及製造的研究工作，總結蘇聯工業的經驗，並把製造刀具的先進方法在工廠裏推行起來。

1936~1940 年蘇聯許多學院（莫斯科航空學院、基輔工藝學院、托姆斯克工藝學院等）及企業部門，在蘇聯機床製造部特設金屬切削委員會的統一領導下，就切削過程方面作過許多研究工作。

蘇聯學者們（古士列錯夫 [В. Д. Кузнецов]、克利沃歐霍夫 [В. А. Кривоухов]、羅森伯爾格 [А. М. Розенберг]、拉林 [М. Н. Ларин]、格魯多夫 [П. П. Грудов]、馬爾金 [А. Я. Малкин] 等）努力的結果，開闢了用裝有硬質合金的刀具，高速切削金屬的新途徑。靠蘇聯研究家的力量，成立了蘇聯切削學校，這與資本主義國家個別廠商與學院所作零散的研究工作，有本質上的區別。高速加工法得到了斯達哈諾夫高速工人的實際配合後，便愈加向前發展與推進。

榮獲斯大林獎金的車工波爾特客維奇（Г. С. Борткевич）、貝科夫（П. Б. Быков）、馬爾科夫（А. Марков）、伍果爾科夫（Н. Угольков）等指出，高速加工法，只有在社會主義工業裏，才能得到廣泛的發展。

榮獲斯大林獎金的工程師瓦舍里楚克（М. С. Васильчук）、沙哈洛夫（Г. Н. Сахаров）、伊里維爾（Г. Г. Ильвер）、庫什涅爾（З. Ю. Кушнер）、李別爾曼（А. И. Либерман）、卡爾切夫（С. П. Карцев）、傑格佳林柯（Н. С. Дегтяренко）、布爾什金（И. Е. Бурштейн）等，在蘇聯刀具科學的發展方面，有過很大的貢獻。他們設計了許多生產率高的新式

刀具。

刀具科學在蘇聯是直接為社會主義工業服務的。

改善刀具是加速發展機器製造工業的方法中的一種。而機器製造業哩，用人民領袖斯大林同志的話來說，是‘改造國民經濟的關鍵’<sup>①</sup>。

① 約·維·斯大林：‘列寧主義問題’第十版‘第十七次黨代表大會上的報告’，第556頁。

# 上 冊 目 次

## 原序

## 第一章 刀具設計基礎

|          |    |
|----------|----|
| 概論       | 1  |
| 刀具的分類    | 2  |
| 刀具的主要部分  | 4  |
| 刀具的設計原則  | 5  |
| 刀具的工作部分  | 6  |
| 刀具的連接部分  | 19 |
| 刀具製造的簡易性 | 23 |
| 刀具的製造圖樣  | 24 |
| 技術條件     | 25 |

## 第二章 製造刀具的材料

|          |    |
|----------|----|
| 碳工具鋼     | 27 |
| 合金工具鋼    | 28 |
| 高速鋼      | 29 |
| 工具鋼品質的檢定 | 31 |
| 構造鋼      | 32 |
| 硬質合金     | 33 |

## 第三章 刀具的熱處理

|                    |    |
|--------------------|----|
| 熱處理對製造優良刀具所起的作用    | 38 |
| 高速鋼的熱處理            | 39 |
| 各種刀具熱處理時的特點        | 41 |
| 合金工具鋼的熱處理          | 43 |
| 9XC號鋼製的幾種刀具熱處理時的特點 | 47 |
| 碳工具鋼的熱處理           | 47 |
| 幾種碳鋼刀具的熱處理         | 48 |
| 熱處理的補助操作           | 51 |
| 熱處理特點對刀具構造的影響      | 53 |

## 第四章 切刀的計算與設計

|           |    |
|-----------|----|
| 基本原理      | 55 |
| 切刀的主要角度   | 55 |
| 副角及偏角     | 56 |
| 切刀幾何參數的選擇 | 57 |
| 切刀在切削中的角度 | 62 |

|                  |     |
|------------------|-----|
| 切刀的類型·····       | 63  |
| 車刀的計算·····       | 82  |
| 切刀的刃磨·····       | 84  |
| 刀具的電磨法·····      | 87  |
| 刃磨後的檢驗·····      | 89  |
| 鉋刀·····          | 91  |
| 插刀·····          | 93  |
| <b>第五章 特形刀</b>   |     |
| 基本概念·····        | 95  |
| 特形刀的幾何參數·····    | 97  |
| 特形刀的構造·····      | 99  |
| 計算特形刀的截形·····    | 101 |
| 特形刀的刃磨·····      | 109 |
| <b>第六章 鑽</b>     |     |
| 基本概念·····        | 110 |
| 螺旋鑽·····         | 111 |
| 麻花鑽(扭板鑽)·····    | 124 |
| 平鑽·····          | 126 |
| 中心鑽·····         | 127 |
| 裝有硬質合金刀片的鑽·····  | 127 |
| 深孔鑽·····         | 130 |
| 計算與設計螺旋鑽的例題····· | 135 |
| <b>第七章 擴孔鑽</b>   |     |
| 基本概念·····        | 138 |
| 擴孔鑽的構造·····      | 138 |
| 擴大孔徑的擴孔鑽·····    | 142 |
| 裝製擴孔鑽·····       | 146 |
| 絲頭擴孔鑽·····       | 147 |
| 錐面擴孔鑽(擴孔錐)·····  | 147 |
| 端面擴孔鑽·····       | 147 |
| 擴孔鑽的刃磨·····      | 148 |

# 第一章 刀具設計基礎

## 概 論

近來作為金屬工件製造方法的金屬切削，發展得非常廣泛。有時金屬切削加工又叫做‘金屬冷作’。然而，‘金屬冷作’和‘金屬熱作’（鑄、鍛、衝壓等）之所以不同，僅指在冷作時，工件加工前不需事先加熱。和金屬的熱作不同，切削時金屬工件只是在被切削的一小部分形成及分離切屑的地方受熱，而且這熱不能很快地傳至整個工件。在切削中又常使用噴注冷卻液的人工冷卻。因此，切削部分所產生的熱，實際上並不向整個工件傳去。即使是高速切削（刀刀處於高熱狀態），工件的溫度也不會很高。這事非常重要，因為要這樣才能得到光潔而無氧化物的加工表面，才能得到任何規定的尺寸。這些特性，使金屬切削的加工方法在金屬加工及機械製造的工業中，獲得了廣泛的發展，當作主要的製造方法。由於工件的形狀及尺寸極其衆多，所以便產生了一系列的金屬加工刀具、及機床，以使用切削的方法進行金屬的加工。

刀具的類型及尺寸有這樣衆多，是因為對刀具的要求的不同，對加工工件的形狀與尺寸的不同，對機床的構造的不同，甚至是因為對生產性質的不同（單件生產、成批生產或大量生產）而引起的。對所有現有的刀具和機床，加以合理的使用，就能大大地提高勞動生產率。

斯達哈諾夫生產革新者的經驗及學者們的研究顯示出工業上多麼雄厚的潛力蘊藏在正確地使用刀具的方法中，多麼遠大的前途將會在使用先進的工作方法、採用新式的刀具及新式的機床下展開。

本書的任務，在於分析金屬切削加工的刀具設計的基本原理。

**刀具的用途** 各種刀具均須滿足下列兩大條件：

- 1) 切下一定厚度的一層材料；
- 2) 保證使工件獲得所需要的尺寸、形狀以及表面的光潔度。

當然上述兩條件，並不代表對刀具的全部要求，例如還有壽命、強度、剛性等。但這些是主要的條件。不論那種刀具，如切刀、銑刀、拉刀或鑽，都須從工件上切下一定厚度的一層材料，且須將工件表面加工到所需要的尺寸和光潔度。切下材料的厚度，可以不同。例如，在重型車床上用粗車刀時，所切下切屑的厚度可達 25 公厘，用鉸刀鉸製不大的孔時，切下材料的厚度僅為 0.1~0.15 公厘。被加工面的精確度與光潔度，也各有不同。用鑽鑽直徑 30 公厘的孔時，其公差約為 1.5 公厘。對這同樣大的孔，用拉刀來作，其公差僅為 0.027 公厘。用粗切刀加工後，工件的表面很粗糙，其表面不平度達 50 公微( $\mu$ )。用金剛刀車出的表面很光潔，其表面不平度不超過 0.2 公微。

由這些例子可以看出，刀具的工作條件及加工後其所獲得的結果是很不同的。但是，不論在那一種情形下，刀具的特徵都是切下一層材料來，將其變成切屑。切屑的大小可以極為不同。磨輪精磨時所磨下的切屑，用肉眼幾乎不能覺察出來，只有用放大鏡或顯微鏡，才能看見；而在粗車車床上，粗車大軸時的切屑它的尺寸却很大。但不管切下金屬材料多少，切刀和磨輪（雖然它們在外表、構造、材料和製造方法上完全不同）都算是刀具。

## 刀具的分類

所有的刀具，都可按照其構造及被加工面的種類而分類。按照構造的不同，刀具通常可以分為下列的主要各類：

**1 切刀** 圖1, a及б所示為直走刀及特形刀（箭頭V表示切削速度的方向，箭頭S表示進給方向）。

切刀本是單刃刀具，用於車床、轉塔車床、鉋床、插床以及其他機床。切刀可分為普通切刀和特形切刀。特形切刀切削刃的形狀和工件所要求的形狀一樣。齒輪梳刀也可屬於切刀這一類。

**2 銼**（圖1, в）銼是鋼桿製成的刀具，其形狀和截面種類很多。它的表面上，有許多切削用的細齒。銼是進行各種表面加工用的手工刀具。

**3 拉刀與壓刀**（圖1, г）拉刀與壓刀是一根多刃的具有橫齒的桿形刀具。因為拉刀上每一齒比其前面相鄰一齒高出某些數值，所以直向拉動時，拉刀上各齒便依次地切下切屑來。

**4 鑽**（圖1, д）鑽是用在整料上作孔的刀具。鑽孔時，有兩種運動相配合，即迴轉運動，繞刀具軸心線進行，及前進運動，順刀具軸心線進行。

**5 擴孔鑽**（圖1, е）擴孔鑽是用以擴大孔徑的刀具。它與鑽不同的地方，在於擴孔鑽只能擴大已有的小孔，而不能在整料上作孔。

**6 鉸刀**（圖1, ж）鉸刀同擴孔鑽一樣，是一種對孔加工的多刃刀具。它與擴孔鑽不同的地方，在於它切下的切屑非常薄，只用在留的加工餘量不多時，對孔作最後的精加工。

**7 銑刀**（圖1, з）大批多刃刀具都屬於銑刀這一類。它的形狀為轉體形。在轉體的轉面或端面上，具有許多刀齒，這是它的特徵。

**8 螺絲攻**（圖1, и）螺絲攻（絲錐）是在孔內切螺絲的刀具，呈螺桿形，桿上有幾條縱向的直槽或螺旋槽，形成切削刃。各種作陰螺絲的套筒，也屬這類。

**9 螺絲板牙**（圖1, к）螺絲板牙是在工件上作陽螺絲的刀具。它的形狀像一個完整的或截開的螺帽。它上面開有幾條槽，以作切削刃。搓輦螺紋的工具也可稱為板牙。屬於這類的還有自動開合的螺絲刀頭。

**10 齒輪插刀**（圖1, л）齒輪插刀是製造齒輪及其他複雜截形的刀具。

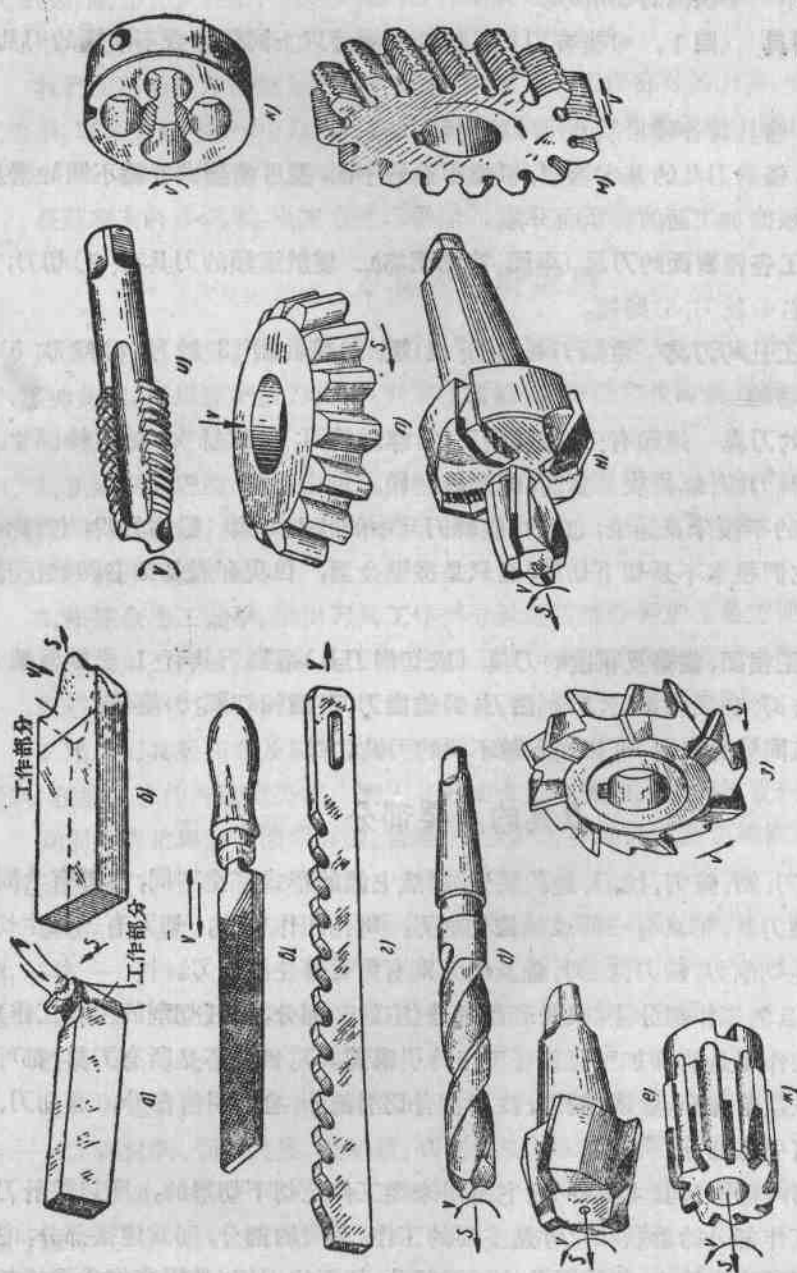


圖 1 刀具的主要種類：

a—直走刀；b—特形刀；c—拉刀；d—鑽刀；e—橫孔鑽；f—螺絲攻；g—螺絲板牙；h—齒輪通刀；i—剃齒刀；j—複合刀具。

**11 剃齒刀** (圖 1, 11) 剃齒刀是在齒輪的齒面上, 切下一層不多的金屬的刀具, 有齒輪、齒條、蝸桿等形式。剃齒刀在其表面上有小槽以作切削刃。剃齒刀與齒輪相對插動時即切下一層很薄的切屑來。

**12 複合刀具** (圖 1, 12) 複合刀具為兩件或兩件以上同類的或不同類的刀具組合而成。

**13 磨具** 磨具為各種形狀及尺寸的磨輪。

圖 1 所示, 僅為刀具的基本種類, 根據用途的不同, 還可演變成各種不同的構造。

刀具還可根據加工面的種類而分類。

**1 用於加工各種表面的刀具 (平面、旋轉面等)** 屬於這類的刀具有: 1) 切刀; 2) 表面拉刀; 3) 銼; 4) 銑刀; 5) 磨輪。

**2 用於加工孔的刀具** 這類刀具包括: 1) 鑽; 2) 擴孔鑽; 3) 鉸刀; 4) 鏜刀; 5) 內表面拉刀; 6) 磨輪。

**3 作螺絲的刀具** 這類有: 1) 螺絲切刀; 2) 螺絲銑刀; 3) 螺絲攻; 4) 螺絲板牙; 5) 自動開合的螺絲刀頭、螺絲攻及套筒; 6) 螺絲磨輪。

軋壓螺絲的平板牙及圓滾, 也算作螺絲刀具中的特別一類。嚴格的說, 它們不能算刀具, 因為它們根本不是切下切屑, 而只是搓壓金屬, 但現在還是把它們放在刀具學內研究。

**4 用於加工齒面、齒輪及花鍵的刀具 (或切齒刀具)** 這類刀具有: 1) 模數盤銑刀; 2) 指銑刀; 3) 滾刀; 4) 齒輪插刀; 5) 剃齒刀; 6) 鉋齒刀; 7) 齒輪切頭; 8) 磨輪。

這樣, 加工同樣的表面, 可以用各種不同的刀具。

## 刀具的主要部分

不論是切刀、鑽、鉸刀、拉刀、銼或銑刀, 雖然它們的形式完全不同, 但都有共同的組成部分。每種刀具, 都具有一條或幾條切削刃, 叫作工作部分; 切刀有一條主切削刃, 鑽有兩條主切削刃, 鉸刀、拉刀、銼及銑刀則有好幾條主切削刃。

大多數刀具的工作部分上, 又分切削部分 (它的一部分, 担任切削的主要工作) 和引導部分 (它的作用是清潔加工面 and 在工作時引導刀具)。但並不是所有刀具, 都可將工作部分, 分成這兩部分。如鑽、鉸刀、拉刀也有切削部分, 也有引導部分; 而切刀、銼及銑刀, 便沒有引導部分。

刀具的工作部分, 為其主要部分。它是用來從工件上切下切屑的, 所以設計刀具時, 決定刀具工作部分的形狀和尺寸是主要的工作。其次的部分, 則為連接部分, 它的用途, 是把機床所產生的力, 傳給刀具的工作部分。切刀的刀桿, 是用來作為連接部分的, 它夾於機床的刀架內。鑽及鉸刀的連接部分為錐形或柱形的尾部。拉刀的連接部分即為其尾部, 裝於拉床的套筒內。組合銑刀的連接部分則為其帶有鍵槽的中心孔。銑刀藉此裝於銑床的心軸上。

刀具的連接部分，也可以是各式各樣的，且不受工作部分的影響。工作部分完全相同的刀具，因為用於不同的機床上和在不同的情形下，也可以有構造不同的連接部分。例如，鑽如安裝於鑽床機軸的錐孔內，則其尾部可為錐形；如安裝於套筒內，則可為柱形；如安裝於手搖鑽的方孔內，則又可為四方錐形。

我們並不希望連接部分的形式太多，因為同一工作部分的刀具，若連接部分的形式愈多，則在大量生產中，刀具的供應和製造時的調配就愈困難。所以我們努力設法使機床上的機軸孔標準化以減少刀具連接部分的形式。

在蘇聯有許多標準。根據它可以選擇刀具連接部分的尺寸。

## 刀具的設計原則

刀具設計包括用計算與圖解的方法定出刀具的形式及尺寸，作出刀具的製造圖樣（根據此圖，可以製造該刀具）及制定技術條件。圖樣和技術條件稱為技術文件。設計者的任務如下：

1. 根據切削理論，求出作用於刀具切削面上的力；尋出刀具切削面上最有利的刃磨角度；選擇製造刀具工作部分最適合的材料；選擇在切削過程中，能使切屑順利分離的工作部分的樣式。

2. 根據金屬工藝學，求出刀具工作部分及連接部分對加工最方便的形式；依照工作條件及加工工件的精確度，定出工作部分及連接部分各重要尺寸的公差。

3. 根據材料力學，計算刀具工作部分及連接部分的強度同剛性。

4. 繪出刀具製造圖及制定技術條件，圖內定出有關刀具的形式及尺寸的所必須資料；在技術條件內定出公差，對刀具的要求及試驗刀具所需的資料等。

切削過程常與許多因素有關。實際上，設計者有時會碰到必須構成幾種形式的必要性，這時須將各種形式，都試驗一下，然後再選取最適當的形式。

通常，對於力、速度、工作中所發生的熱量及其他切削因素等，在設計時因太麻煩，不能一一計算。然而每個設計者都應知道所有影響刀具形式及尺寸的主要因素。這樣，設計者才能分析刀具的結構，並確定它主要的缺點和優點。

設計刀具時有兩個不同的方向：

1. 設計適合於一定工作條件下的刀具。在這種情形下，我們已完全確定了切削條件——工件材料、切削速度、進給量、切削深度及加工光潔度等。

2. 設計適合於工作條件不一定的刀具。不確定訂貨者時，可能遇到這種情形。這時可選擇某些一般的工作條件（材料、切削用量等）來設計。

現在我們來研究刀具設計時一般的原則。若我們所設計的刀具構造，能解決下列基本問題（這些問題決定刀具的工作能力和決定刀具是否適合一定的工作條件），那麼就算是滿意的。

1. 刀具類型、切削動力圖及負荷分配圖的選擇。

2. 刀具工作部分的材料的選擇(須和其所要求的壽命相稱)。
3. 切削部分的角度選擇(前角、後角、切削角、偏角等)。
4. 刃磨圖的決定及切削刃鈍了後,重磨時恢復其切削性能的可能性。
5. 計算切削刃的尺寸及形式,以保證使加工面獲得所需要的尺寸及形式。
6. 是否有足夠的空隙以排除切削中所產生的切屑。
7. 切削刃的導熱有無問題,及在某些情形下是否需要用特殊的裝置以便在切削時冷卻其工作部分。
8. 刀具工作部分及連接部分的強度和剛性是否足夠。
9. 連接部分安裝於機床(或心軸)上,是否方便、安全和迅速。
10. 昂貴的刀具材料(如高速鋼或硬質合金等)是否合理的使用。
11. 刀具工作部分及連接部分的形式,在製造上是否簡易。
12. 是否能用調節刀具尺寸的方法,以使其能多次使用。

所有這些問題,設計複雜刀具(例如拉刀、銑刀等)的工作部分或連接部分時,都須解決。設計簡單的刀具(例如普通直走刀)時,因其構造簡單,其中某些問題(例如截形等)就不存在而可以略而不計。某些要素(例如其強度及剛性等),由於缺乏充分可靠而簡單的計算方法,設計者可以近似地加以解決。但是所有提出的問題,不論用那種方法,設計者都須加以解決。

我們現在來研究這些主要原則如何應用到刀具的工作部分及連接部分的設計上去。

## 刀具的工作部分

未談到刀具工作部分設計以前,須知道切削動力圖。甚麼叫做切削動力圖呢?

任何刀具,只有在其切削刃對工件相對運動的情形下,才會切下切屑來。這運動可按照任一軌跡進行(金屬切削機床的傳動機構或用手作成的)。普通切削刃的相對運動,為工具與工件的絕對運動相加而成。例如在車床上,車製任一圓柱面,發生的運動有兩種:第一種——工件繞自己軸線轉動;第二種——車刀沿軸線的行進運動。在這種情形下,切削刃對工件相對運動

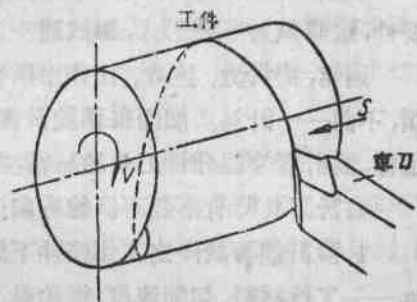


圖2 車刀的切削動力圖

的軌跡為一螺旋線(圖2)。若我們觀察一下,則我們可以發現所有金屬切削機床上的運動不外是由下面: 1) 直線行進運動, 2) 旋轉運動組合而成。

這些運動組合起來即得到所謂某種機床上的切削動力圖。格蘭諾夫斯基教授(проф. Г.И. Грановский), 將各種機床的運動, 分為下列各類<sup>①</sup>:

① 見 Г.И. 格蘭諾夫斯基著: '切削機動學', 'Кинематика резания', Машгиз, 1948 年出版。

- 第一類——一個直線運動；
- 第二類——兩個直線運動；
- 第三類——一個旋轉運動；
- 第四類——一個旋轉運動及一個直線運動；
- 第五類——兩個旋轉運動；
- 第六類——兩個直線運動及一個旋轉運動；
- 第七類——兩個旋轉運動及一個直線運動等。

上面每一類運動中，都可以有一種或幾種的組合形式。例如，第二類運動可為兩個互相垂直的直線運動，也可為兩個成任意夾角的直線運動等。

凡機床必定有一種組合運動。但須注意，這並不是說所有理論上可能的組合，機床上都有。我們可看看下述幾個常用的切削圖。

1. 一個直線運動。按照這種切削圖工作的機床有鉋床、插床、插齒機及拉床。
2. 一個旋轉運動和一個直線運動。這兩種相對的運動所造成的軌跡為螺旋線。按照這種切削圖工作的機床有車床、鑽床等。

為甚麼設計者知道切削圖和切削刀與工件相對運動所造成的軌跡是很重要的呢？

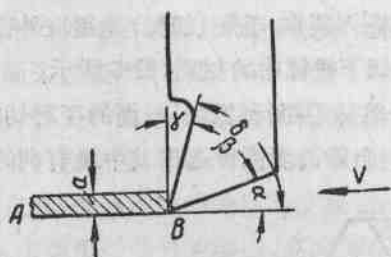


圖3 鉋刀的運動圖

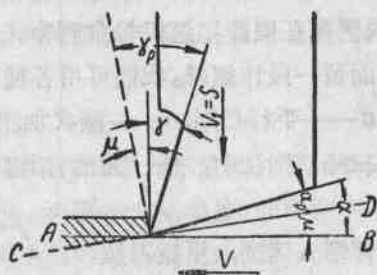


圖4 將軌跡傾斜 $\mu$ 角時， $\alpha$ 及 $\gamma$ 角的變化

要解釋這個，可先看看兩種用切刀的情形。安裝在鉋床上的鉋刀（圖3），用速度 $V$ 作直線運動而切削金屬。如圖所示： $\alpha$ 代表鉋刀的後角； $\gamma$ ——前角及 $\delta$ ——切削角。

當鉋刀開始切削時，它的角度發生了什麼變化，改變了呢或者沒有改變？肯定地講，它的角度並沒有變化，因為其運動軌跡為一直線且位於切削面 $AB$ 內。

圖4表示另一種切刀的運動。這時相對運動的軌跡與切削面（ $AB$ 線）斜交，因此時切刀除在水平方向以速度 $V$ 作直線運動外，還在垂直方向，以速度 $V_1$ 作進給運動。

運動時，切刀的角度變了嗎？當然變了的。在這種情形下，切削面傾斜成 $CD$ 位置，且後角 $\alpha_p = \alpha - \mu$ ，前角 $\gamma_p = \gamma + \mu$ ，而 $\mu$ 角可按 $V_1$ 及 $V$ 的關係用下列公式決定：

$$\tan \mu = \frac{V_1}{V}。$$

若 $\mu$ 角不大（例如在車削時）， $\alpha$ 與 $\gamma$ 角的變化也不大。但當 $\mu$ 角大時， $\alpha$ 及 $\gamma$ 角的變化也大。

所以，刀具設計者在規定所須的 $\alpha$ 及 $\gamma$ 角以前，一定須將刀具切削刃的相對運動的軌跡作出。

以後，我們將刀具的角度，分成靜止狀態的（當作幾何體），和工作狀態的（考慮到相對運動的軌跡）兩種。在工作狀態中的後角 $\alpha_p$ ，為相對運動軌跡切線與刀具後面切線所組成的夾角；而 $\gamma_p$ 角則為切削刃上經過該點軌跡的法線與刀具前面所組成的夾角。在大多數情形下，它與靜止狀態的角度，因軌跡斜角 $\mu$ 小而相差不大；但若軌跡的斜角大時，那麼工作狀態與靜止狀態間角度的差別也大。

下面敘述設計刀具的一般問題。

**選取刀具的類型及切削動力圖** 設計新的刀具時，須選擇最合理的類型和加工方法。今舉一例。

一軸軸端須作螺絲。用甚麼刀具呢？

由金屬工藝學，我們知道作螺絲可用螺絲車刀、螺絲銑刀，也可用圓螺絲板牙、螺絲切頭或螺絲滾子等。從這些刀具類型及加工方法中，選那一種呢？這只有在每種情形下，先決定了生產率、加工費用、加工精確度及加工面的光潔度等後，才能解決。通常加工方法與刀具類型，由技術員選定（他在零件製造的工藝規程上指定那一種刀具）。切削動力圖和刀具類型決定了後就提交設計者。但每種刀具，可能載荷分配不同。我們現在假設把這根軸拿到車床上利用螺絲梳刀製作。毛坯（即軸）先須按外徑加工，而留一段作螺絲。我們可用各種不同的方法切下絲紋中的材料。圖5所示：

$a$ ——平行切削； $\delta$ ——漸次加深切削； $\epsilon$ ——將絲刀平行於螺絲一面的平行切削。

三種切削法中，任一種都有其長處與短處，而設計者應會選擇其中最有利的一種。

再舉一個例，用拉刀拉孔的方法。

圖6表示兩種加工方法。 $a$ 為將整個工件上的加工餘量，分成幾個與孔同心的薄圈。拉刀上每一個齒，都在全圓周內切下一圈切屑。也可用 $\delta$ 所示的方法將同樣的加工餘量一次切下。但因太厚了難於切削，所以將拉刀作成齒狀。圖中標有數字1, 2, 3, 4, 5塗黑的部分，用拉刀前面的一齒切去。未塗黑的部分，用其次的齒切去。這樣切下的切屑，呈厚而窄的形狀。

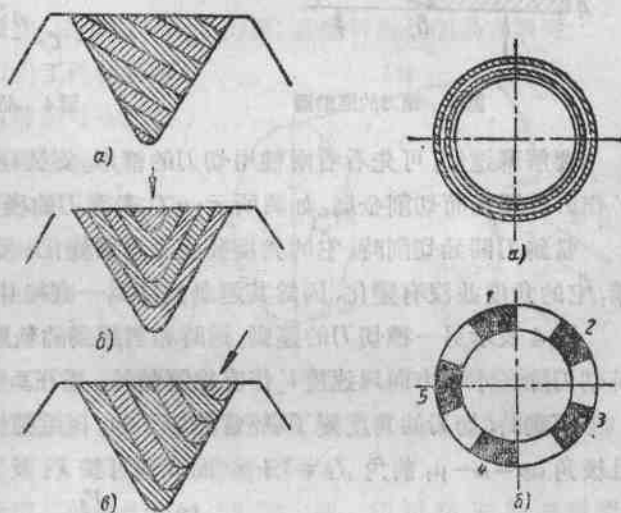


圖5 切螺絲時載荷分配圖

圖6 拉孔時切削圖