

高等學校教學用書

機器製造工藝學

下 冊

卡 西 林 著



機械工業出版社

高等学校教学用书



机器制造工艺学

下册

張 信、李立功合譯

苏联高等教育部审定为
高等机器制造学校教科書

江苏工业学院图书馆
藏书章



机械工业出版社

1956

出版者的話

本書係根據蘇聯國立機器製造書籍出版社(Машгиз)出版、卡西林(А. И. Каширин)著‘機器製造工藝學’(Технология машиностроения)一書1949年版譯出。原書係根據蘇聯高等教育部審定的‘機器製造工藝學’課程教學大綱編寫而成，並經該部審定作為高等機器製造學校的教科書。

本書共分三部分。第一部分講述設計加工過程的一般問題：關於毛坯、基面的選擇問題，關於夾具、加工精度和表面性質問題，關於加工過程、機床和工具的選擇問題，關於技術定額的制定和工藝文件的問題；第二部分講述關於各種機械加工的，設備和用具的選擇以及加工工藝問題；第三部分講述各種加工和裝配過程中的一般問題：關於工序間的加工餘量和公差，多機床管理，裝配過程的種類和編製法，連續生產方式，零件構造的工藝性，加工過程的經濟性和檢驗等。

本書除了供高等工業學校作教材外，也可供機器製造業工程技術人員擬訂及執行機械加工工藝過程時參考。因書中除理論上的材料外，在這方面尚有許多綜合性的實際材料，能幫助解決生產中發生的各種工藝問題。

本書中譯本分上下兩冊出版。本冊由大連工學院張信、李立功翻譯，並經清華大學金屬工學教研室校訂。

No. 0817

1956年5月第一版 1956年5月第一版第一次印刷

787×1092¹/₁₈ 字數504千字 印張22²/₉ 00,001—20,000冊

機械工業出版社(北京東交民巷27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(10)2.80元

目 次

第十章 車削加工	193
1 車床的分類	193
2 車削加工時工件的定位	195
3 車床的種類	199
4 車床上軸的加工過程的選擇	201
5 專門化車床和專門用途的車床上的加工	204
6 多刀車床上的加工	206
7 六角車床上的加工	215
8 自動車床上的加工	227
9 曲圓柱面的車削加工	272
10 偏心(不圓的)表面的加工	278
第十一章 孔的加工	280
1 按加工方式孔的分類	280
2 鑽深孔	283
3 在形狀複雜的大型工件上鑽多孔	286
4 鉋孔	286
5 鉋孔	288
6 鑽孔、鉋孔與鉋孔的夾具	290
7 鑽多邊孔	298
8 鏜孔	299
9 機座零件上孔的加工精度的檢驗方法	325
第十二章 鉋削加工和插削加工	329
第十三章 銑削加工	333
1 銑削方法和銑刀種類的選擇	333
2 特殊的銑削方式	350
3 成形銑削法	357
4 銑削工作作用的夾具	361
5 高速銑削	363
第十四章 拉削和推削加工	364
第十五章 磨削加工	374
1 磨削時的切削過程	374
2 砂輪的選擇	378

3 磨削用量的選擇·····	383
4 磨外圓·····	386
5 無心磨削·····	388
6 磨內圓·····	391
7 磨平面·····	395
第十六章 光整加工 ·····	402
1 精細(金剛石)鏜孔與精細高速車削·····	402
2 高速(精細)銑削·····	407
3 精磨·····	407
4 研磨·····	408
5 珩磨·····	414
6 極精加工·····	420
7 拋光·····	426
8 電化法光整表面·····	428
第十七章 螺紋的形成 ·····	429
1 內螺紋的切削·····	429
2 外螺紋的切削·····	435
3 銑外螺紋與內螺紋·····	441
4 外螺紋的滾壓·····	443
5 螺紋的檢驗·····	444
第十八章 齒輪各部的加工 ·····	445
1 圓柱齒輪的直齒和螺旋齒的切製·····	446
2 圓錐齒輪輪齒的加工·····	473
3 圓柱齒輪的檢驗·····	483
4 圓錐齒輪的檢驗·····	486
第十九章 蝸桿和蝸輪的切製 ·····	488
1 各類蝸桿的切製·····	489
2 蝸輪輪齒的切製·····	492
3 蝸輪副的檢驗·····	494
4 蝸桿的檢驗·····	494
5 蝸輪的檢驗·····	495
第二十章 花鍵軸和花鍵軸套各部的加工 ·····	497
1 按內徑定心時花鍵軸和軸套各部的加工·····	498
2 按外徑定心時花鍵連接各部的加工·····	500
3 按花鍵側面定心時花鍵連接各部的加工·····	500
4 花鍵軸和花鍵孔的檢驗·····	502

第二十一章 機械加工的特殊情形	503
1 工件重量的修整.....	503
2 平衡.....	503
第二十二章 工序間的餘量和公差	507
第二十三章 減少工藝過程勞動量和提高工序生產率的方法	514
1 減少勞動量的一般方法.....	514
2 車床的生產鑑定.....	515
3 上述方法在其他機床上的應用.....	518
第二十四章 多機床管理	521
1 多機床管理的主要條件.....	521
2 多機床管理的基本關係.....	522
第二十五章 裝配工藝的主要問題	529
1 裝配工作的組織形式.....	530
2 裝配中的修配工作.....	531
3 選擇裝配法.....	533
4 部件裝配及總裝配中的基本工藝過程.....	534
第二十六章 加工和裝配的流水作業	540
1 流水生產的基本特徵和優點.....	540
2 生產規模較小時流水作業法的應用.....	542
3 流水作業線的基本線路及其所應用的運輸工具.....	544
4 自動作業線.....	548
第二十七章 對機器零件與部件構造的工藝要求	555
1 設計機器時的基本工藝要求.....	555
2 尺寸鏈.....	559
第二十八章 工藝過程的經濟性	564
1 確定工件加工成本的基本關係.....	564
2 工藝過程不同方案的比較.....	566
第二十九章 機械加工和裝配的檢驗	572
1 檢驗組織.....	572
2 檢驗的機械化和自動化.....	574
3 統計檢驗.....	576
附錄	580
參考文獻	582

第十章 車削加工

1 車床的分類

車削加工本來是指用車刀進行迴轉表面的加工，不過在車床上也可以用軸狀的工具(鑽、鉋鑽、鉸刀等等)進行加工。由於迴轉表面是機器零件中最普遍的被加工表面，因而在機械車間中加工工件時，車削加工佔重要地位之一。所以一般在機器製造工廠車間中車床佔了機床總數的很大部分(約25~50%)。

車削加工是在各種類型的車床上進行的。車床有下列(主要的)類型：

- 1)普通(一般用途的)車床 (ДП200, 1Д62, 162, 161, 1Д65 型等);
- 2)精密車床(503, К1612 型等);
- 3)高速車床(161Л 型等);
- 4)重型車床(巨型機器製造用);
- 5)落地車床(平面車床);
- 6)立式車床(152, 153 型等);
- 7)專門用途的車床(用來作曲軸或凸輪軸的加工、鐵路運輸車輛上大型工件的加工、方鋼錠的荒車、軋輥的車製、螺桿加工的車床、鏟齒車床、球面車床等);
- 8)多刀車床(МТ20, МТ30 型等);
- 9)六角車床 (136, 137, 1336 型等);
- 10)單軸半自動車床 (116, 117, 118, 1720, 1730 型等);
- 11)多軸夾盤半自動車床(127А, 1283, 1284, 1261П 型等);
- 12)單軸棒料自動車床(112, 1117, 1124, 1136型等);
- 13)多軸棒料自動車床 (1225-6, 123, 1261 型等);
- 14)專門用途的自動及半自動車床。

用在機械製造業中的車床類型是多種多樣的，可以說，早在第三個五年計劃中(根據 ЭНИМС 的資料)，國產車床的種類已經有 210 種(按類型與大小的不同)，這裏包括自動與半自動車床。

由於迴轉表面的多樣性、現有加工方法的不同及車床類型的不同，所以迴轉表面加工過程的選擇，是一個廣泛而相當複雜的問題。

應該指出，迴轉表面的加工，在個別情形並不僅限於在車床上，而在其他加工類型的機床上也可以進行，例如在銑床上，外圓磨床上等。

普通車床本身也是各種各樣的，例如小型高速車床，精密車床，粗加工車床，精加工高速車床，大型工件加工的重型車床等等。

下面就是作為使用普通車床數量上的例子：莫斯科 6.AMO 汽車工廠在重建並改名為 ЗИС 汽車工廠以前，在該廠的機械車間中普通車床約有 40%。同一工廠在重建和組織大量生產 ЗИС-5 型汽車以後，普通車床在機械車間中留下的已不到 1%，因為由於大量生產，車削加工幾乎都移到高生產率機床，專門用途機床等上加工了。

普通車床是單件和小批生產的典型機床，因為它具有很大的伸縮性，可以很快地把它改裝成另一種加工的機床，而且用這種車床可以進行多種不同的工作。

不過這種萬能性的車床，與多刀車床、六角車床、半自動和自動車床等相比，其生產率是較低的。

按工件安裝方法的不同，在車床上可完成下列幾種加工：

a) 頂針加工，就是說工件裝在頂針之間加工；

6) 夾盤加工，就是說工件裝在夾盤、花盤、角鐵或特殊的夾具中加工。

在車床上除車外圓、內圓和端面以外，還可以鑽孔、鏤孔、鉸孔等工作（這時刀具固定在尾架心軸上），也可用板牙、絲錐和螺紋切割頭等車製螺絲。

在大多數情形，普通車床上的工作，尤其是複雜的和精密的加工，要求比較熟練的工人，因為在這種機床上，工作質量主要決定於工作者的熟練程度。

很多車床都備有可調整的擋鐵，來確定刀具的縱向和橫向運動，以保持車削正確的長度和直徑，同時也備有可轉的方刀架，在其上可以裝四把不同的車刀，使得在工作時可轉動刀架，換刀甚為方便。

因為在頂針間加工時，工件的裝卸時間常比把車刀按工件直徑裝成規定尺寸所費的時間要少，所以在車削成批工件的許多場合，開始時要車出那些車刀現有位置能車出的直徑，然後取下工件，裝上第二個，就這樣地依次加工所有該批工件。然後再重裝車刀（如果有擋鐵時，也要重裝），以便加工下一尺寸的直徑，如此依次下去。

不過用夾盤加工精密零件時，就不能用這種工作程序，因為自動定心的夾頭每次的重裝都將引起某些不準確現象。

如果沒有特殊要求，車床要按下列基本特徵來選擇：車床的工作尺寸（頂針高度，頂針間距離），需要的功率，轉數和進給的配置間隔。

在頂針上加工工件，照例在車削加工以前，毛坯必須車端面和定中心，就是說毛坯端面必須加工，而且在端面上必須做出頂針眼。

必須注意，車削加工通常總是先把毛坯的端面加以預車或終車（如果在車床上安裝工件以前已預車過了的話）。這種工作是為了得到決定工件上各縱向尺寸的基面：階梯軸上各級的長度，至肩的長度，頸長和總長。此外，加工開始時正確地車出端面，也是為了用試切法把刀裝到所要求的直徑，試車一小段圓柱面後，測量直徑既方便又準確。車削裝在頂針間的工作件端面時，端面上帶頂針眼的中央部分有時並不車掉。這部分是當車削加工後（沒有頂針眼的必要了），或者在加工過程中需要重新做頂針眼的時候，才把它車掉。

在夾盤上車製工件時，為了保持沿工件軸向的尺寸起見，用工件的端面緊靠夾盤

上夾爪的端面或特殊的擋鐵來定位。

在佈置得很好的成批生產的機械車間裏，整個工件的端面預加工甚至粗加工，都是在這些車間的備料部進行的。

2 車削加工時工件的定位

車削加工時工件的定位，採用下列幾種方式：

- a) 在頂針間；
- б) 在自動定心夾盤和彈簧夾頭中；
- в) 在夾盤中，另一端仍用後頂針（用於長形工件）；
- г) 在頂針間的心軸上；
- д) 在帶獨立夾爪的夾盤中，在花盤或角鐵上；
- е) 在特殊的夾具中。

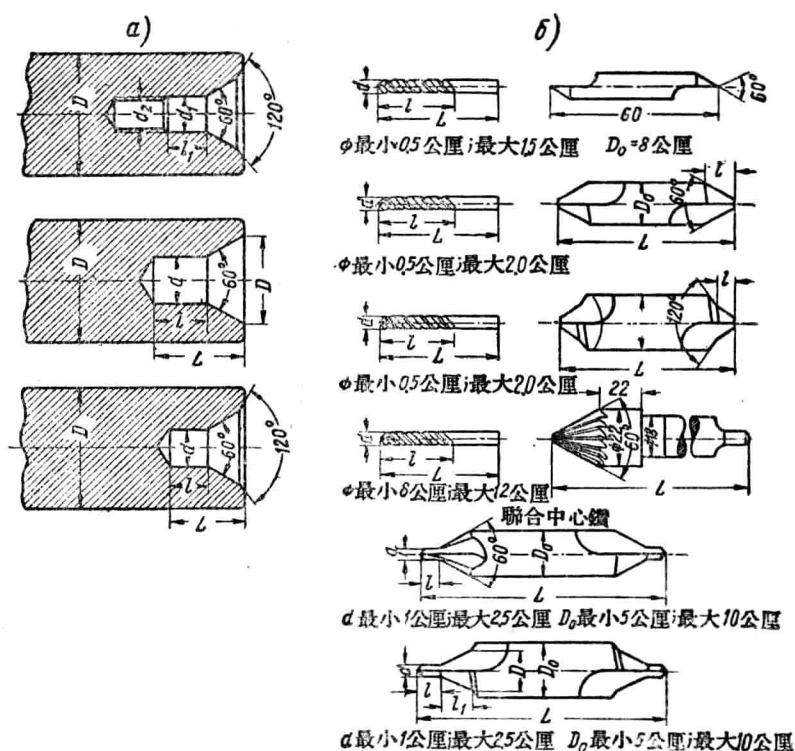


圖82 頂針眼及製頂針眼的刀具

頂針眼和頂針 製造頂針眼必須符合OCT 3725，並用OCT 3726中所示的刀具。
圖82a、б表示標準中心眼的主要型式和製這種眼所用的工具。

由於切削力和夾緊力作用的影響，將引起頂針跟錐面的變形和磨損，以及工件迴轉時工件將咬住機床的頂針，所以頂針眼中必須有小直徑圓孔才不致發生這種咬住。

製造頂針眼有兩個主要的方法：用鑽頭和錐形鏢鑽，或用聯合中心鑽來做。沒有合適的刀具或設備時，頂針眼有時先用中心銼和錐打出小眼，然後鑽出圓孔。不過這種方法不宜使用，因為它不能保證做出正確的頂針眼，而頂針眼正確與否對於加工精度有很大的影響，此外還會引起機床頂針過分的發熱和咬緊。

在單件或小批生產時，頂針眼的加工是在鑽床上按照劃好的線或用特殊的夾具（圖83）進行的。在成批生產尤其是大量生產的時候，是在專門的中心孔預製機床（圖84）上進行的。

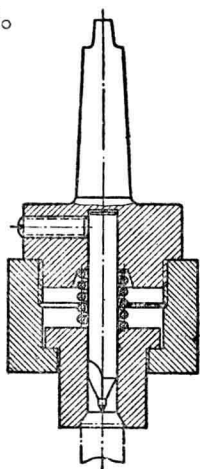


圖83 在鑽床上製頂針眼的夾具

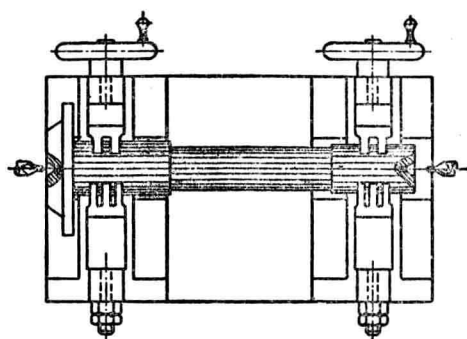


圖84 中心機床工作圖

這時，毛坯被夾緊在兩對自動定心的元寶鐵之間，並用兩個可移動的軸座來鑽頂針眼（如果機床用來鑽不同長度的工件的頂針眼時，則用一個軸座），軸座用來支承聯合中心鑽的主軸。

自動定心元寶鐵做成獨立的狹板形，因此它們可以在大範圍中夾持不同直徑的毛坯。在中心機床上的進給，通常都用手工進行，因為用機械進給往往會折斷細的中心鑽。

在雙面中心機床上打頂針眼時，為了保證兩個頂針眼的深度趨於一致，採用下列方法：工件放入元寶鐵中以後（但並不夾緊），把鑽頭靠近欲加工的工件，使鑽頭接觸工件的端面，這樣就把工件放到鑽頭沿軸心的中央位置^①。此後夾緊工件，並鑽頂針眼。在某種機床（多刀半自動車床等）上加工工件時，必須要有相同的頂針眼深度，尤其是當安裝工件僅利用頂針眼本身來軸向定位的情形時。頂針眼在安裝到機床上去以前，必須很好地加油，因為不然的話，它可能咬住頂針的。

潤滑用稠的油脂或礦物油與碾碎的滑石（最好是石墨）的混合物。然而頂針眼發熱是很常有的現象，這就把增加轉數和切削速度的可能性限制在一定範圍內，這範圍決定於工件的重量、切削力和夾緊力，但同時也決定於頂針眼的製造情況和機床頂針材料。所以當車削加工的轉速超過400~500轉/分時，要採用所謂活動頂針。

圖85 說明後頂針座用滾柱或滾珠軸承的萬能活動頂針，它可裝在機床尾架上代

① 在單面定心機上，要做同一深度的頂針孔，可由毛坯軸向抵住擋板定位。

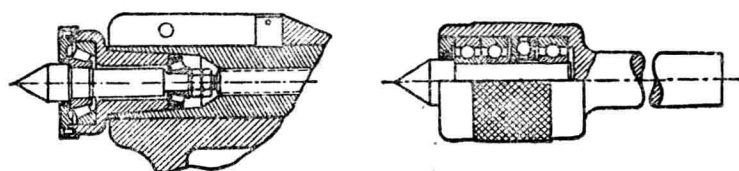


圖85 尾架的活動頂針

替一般的固定頂針。

現代車削加工用的高速機床，一般都在尾架上裝有活動頂針。

活動頂針的缺點是在切削時，尤其是當這種頂針使用了若干時期而軸承有了某種程度的磨損以後，有引起震動的傾向。在這方面，用索爾瑪依特(Сормайт)硬質合金堆鋸的或用硬質合金片鋸接的固定頂針的結果較好，不過這種頂針不允許有如活動頂針那麼高的轉速。

粗加工後對加工精度要求很高時，應重新製頂針眼，就是說改正磨壞了的頂針眼。新頂針眼常在車床上製成。這種工作通常是把工件的自由端支持在中心架上進行的(當工件很長時)，或仍在中心機床上進行。在工件熱處理(淬火)以後，頂針眼(為以後磨工件時用)的改正工作在特殊的機床上用磨桿進行，其尖端車整成適當的形狀。

在頂針上加工時，主軸到工件間轉矩的傳遞，一般都利用撥盤裝置或夾具進行。車床上應用得最普遍的撥盤裝置就是很有名的各種尺寸和形狀的桃子夾頭。當切屑截面大的車外皮工作，尤其是當幾把刀同時車外皮時，普通的桃子夾頭已經不合用，因為它不能傳遞大的轉矩，所以在這種情形下要用特殊的夾具(見以下‘多刀車床上的加工’一節)。

中間有孔的工件在車床上的加工，大都是在所謂心軸上進行的；切屑截面小時，從心軸到工件間轉矩的傳遞利用摩擦進行(普通用壓入配合的工件與心軸)，如在加工時切屑截面大，則用鍵來傳遞。

把心軸加工得特別精密是必須的，在這種加工以前，為了保證壓合的精密和堅固，工件孔應按OCT II級精度來製造。

有許多種構造的自緊心軸是用來加工不很準確孔的工件的。圖86是帶三個爪的心軸，爪對着工件的外表面上有齒。爪 D 經過月牙塊 F (用作爪的自位)抵住心軸體的蝸形表面上。當把可自由旋轉的套筒 C 對軸身 B 作順時針轉動時，爪就脹開，並把被加工工件脹緊。為了使爪不落到外面，用一根開口的彈簧圈 E 圍住它們。心軸利用中間套筒 A 裝在機床主軸上。

爪和月牙塊用淬火鋼製成。為了夾緊和放鬆工件，可以在套筒 C 的孔中插一根圓桿來轉動套筒 C 。當心軸在機床上轉動時(與時針相反的方向)，爪將更向外突，而且爪齒壓入工件內，傳遞所需的轉矩。轉矩愈大，爪齒壓入工件內愈深，所以這種心軸可以傳遞很大的轉矩。用這種心軸來加工，早先加工了的孔和工件外表面間，是不可能達到同心的，但這在壓入配合的心軸上是可能的。如果工件的孔和它的外表面以後還

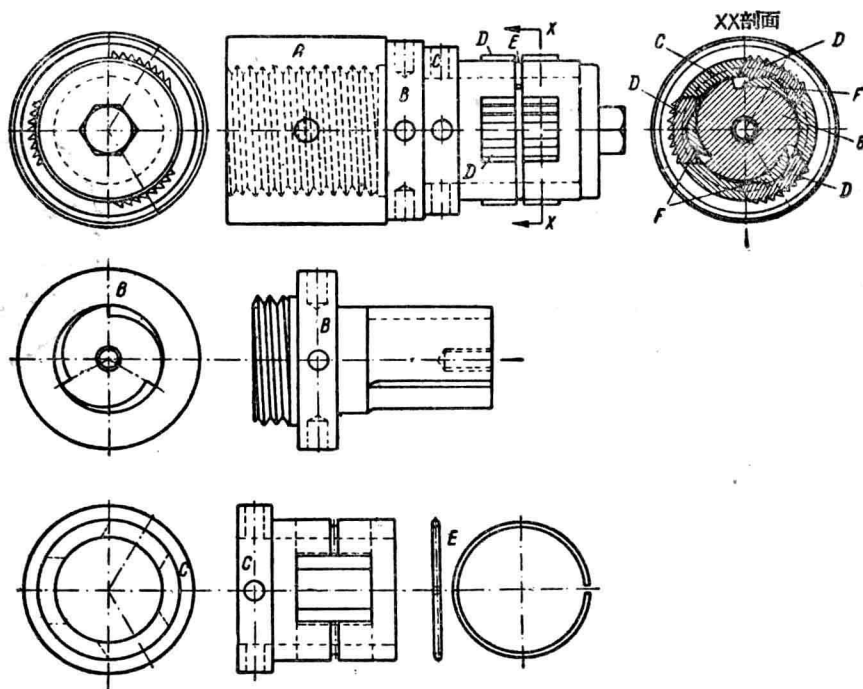


圖86 自緊心軸

要精密加工的話，那末上述情形就沒有什麼關係了。

最易於依靠平面安裝的工作(如薄板，連桿等)可應用花盤，在花盤上用壓板或特殊的夾具把工件夾緊。在花盤上裝好的工件上可以加工與軸心互相平行的孔。當被加工孔的軸線與工件定位面平行時，就把工件固緊在角鐵上，角鐵再固定在花盤上(圖87)。

夾盤 車床上應用得最廣泛的是三爪自動夾盤或四爪自動夾盤，統稱為萬能夾盤。

這種夾盤上所有夾爪的運動，都是靠一只蝸線平盤來傳動的，它是繞夾盤軸線利用圓錐齒輪轉動的。用搬手轉動三個小圓錐齒輪的任一個，就可以轉動平盤，平盤的一面是圓錐齒輪，另一面是蝸線，這蝸線與三個夾爪底面的蝸線相吻合。根據蝸線的轉動方向，三個夾爪同時等距離地走向中心或者自中心退出，以夾緊或鬆開工件。

自動定心夾盤的構造有很多種。

除自動夾盤外，也應用三個或四個獨立夾爪的夾盤來夾持形狀不對稱的工件，或加工不位於工件中心的孔。

橢圓形工件或有一對稱軸的工件，可應用二爪自動定心夾盤。

自動定心夾盤不論它的構造如何，使用起來都很方便(拆裝方便)，不過它有一個嚴重的缺點，即定心精度不高(0.06~0.15公厘)，而且在使用時逐漸變壞，尤其是在

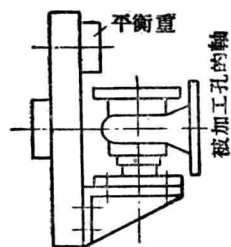


圖87 在角鐵和花盤上的工件安裝圖

切削力很大和夾得太緊的情況下。

爲了補償夾盤的定心精度，它的夾爪有時做成可更換的。在這種情形下，夾爪與蝸線吻合的部分和夾爪的夾軌部分是用螺釘接合起來的，而且可把每一夾爪調整至準確的定心位置。工件如需較準確地定心時，可以把帶缺口的環裝在夾爪之間，並把它車成被夾工件的直徑。因此如果帶缺口的環可以保證夾盤的夾緊力，夾爪的誤差可以不表現在工件的定心上。

工件在不够準確的自動夾盤中欲準確地定心，還可以用下面的方法達到：不把夾盤從機床上取下，而把它的夾爪磨至被夾工件的直徑，不過爲了在磨削時使夾爪處於與在加工時相同的情況下，故要把一個輔助工件夾在夾爪的其他階級之間。

車工件(軸)的外圓柱面時，如 $\frac{l}{d}$ (長度比直徑)的比大於10，或者車削剛度較低的工件和薄壁的工件時，由於切削力的影響，尤其是在切屑截面大的情況所發生的彈性變形，會使尺寸不準確。這種情形在車削時必須使用特殊的設備(中心架)來保持工件的位置。

中心架可以固定地裝在車床的床面導軌上，或者裝在刀架拖板上隨同移動^①。

有時車床主軸孔可允許插入工件，那末提高工件的安裝剛度就很方便了。夾緊時只要把加工部分露出在夾盤和後頂針之間，用這種固緊方法就減少了工件的自由端，自然剛性就增加了。

長的工件先把它的一端加工，另一端放在主軸孔中，然後掉轉180°同樣地再加工原在主軸孔中的一端。

除在頂針之間的安裝法以外，車削軸或長工件時，常常一端夾在夾盤中，另一端用頂針頂住(如工件的形狀許可的話)或用中心架托住。當工件的自由端需車一個孔或車成肩的時候，就需要用中心架托住。

3 車床的種類

除普通用途的車床外，還有其他不同種類的車床。粗車工作有專門的粗車車床。這種車床造得特別堅固，而且備有強力的電動機，其功率爲10~25 仟瓦或更大。精車工作(很多情形是用硬質合金車刀進行的)以及車削有色金屬的工件時，都在快速車床上進行。這種車床的轉速很高，最新式的車床每分鐘轉數已達4000甚至6000，它用特殊的主軸軸承和驅動機構以保證旋轉均勻而沒有震動。

高精度的車削加工(例如製造量具、刀具和各種精密儀器和機械)是在所謂精密車床上進行的，這種車床的構造特別精細，製造精度很高。在這種車床上由技術熟練的車工工作，在經常加工中，可達到OCT II級精度，不過加工費用與普通車床相比要高得多。

這種精密車床很少用在機器製造業中，主要是用在工具車間，或者在精密儀器製

① 車床的中心架、花盤、普通夾盤、撥盤和其他附件在金屬工藝學中有所敘述。

造車間中，通常在此車床上個別地進行複雜而精密的工件的製造。對於固定的車削加工，製有結構簡單的所謂工序車床^①。

巨型機器製造（如船舶製造、冶金工廠設備製造、大型渦輪發動機製造等）業中，應用大尺寸的车床，其頂針尖高度達 2500 公厘，頂針間距離達 5000 公厘，電動機功率達 165 仟瓦。這種車床在蘇聯機床製造廠中造得很多。大尺寸曲軸的加工是在為這種工作而專門設計的特殊型式的大型車床上進行的。

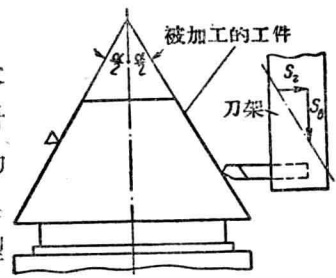


圖88 在立式車床上車圓錐面

車削大尺寸的盤狀或環狀工件時，要夾緊在機床的花盤上，照例不需要後頂針座，應用落地車床，這種車床好像大型車床的一個前頂針座。

這種車床可以車製直徑為 1000~5000 公厘的工件。

在落地車床上加工有幾種不方便，那就是：工件的安裝和卸下有困難，必須用起重機或其他裝置才能把工件放到花盤上去；很難接近工件的加工表面，以測量和校正它的位置。此外由於切削力和工件的重量會引起車床主軸的彎曲，而且主軸軸承所受的是單邊載荷，這樣就增加了軸承的磨損，並降低了加工精度。

立式車床基本上可以做落地車床同樣的工作，不過立式車床就構造上講，是一種更新式的車床，因此在很多情形下，這些車床已代替了落地車床的地位；後者只做一些簡單和粗糙的加工工作，同一工作尺寸的落地車床要比立式車床便宜得多。立式車床上安裝工件是很方便的，測量加工表面時容易觀察和接近，車床本身也很穩定。

立式車床按工件尺寸的不同有各種大小，花盤直徑為 750~3000 公厘，功率達 35 仟瓦。

此外，特重型立式車床的花盤直徑達 22000 公厘，電動機功率達 300 仟瓦。

立式車床有一個或兩個垂直刀架（一個刀架一般做成可轉的，這樣可車錐體），也有一個或兩個橫的水平刀架。刀架的空移（退刀和進刀）用快速驅動機構進行。

在立式車床的水平花盤上可以很方便地安裝和校正工件，然後用單獨的夾爪或壓板把工件夾緊。在這種機床上的車削工作和用卡盤的普通車床是一樣的。如果要在立式車床上車削錐形工件，可以把垂直刀架斜放，或者把任一刀架同時使用相當的縱橫進給傳動。

欲車出頂角為 α 的錐體表面，刀架同時以垂直進給 S_v 和水平進給 S_h 的傳動，但必須滿足下列條件（圖88）：

$$\frac{S_h}{S_v} = \operatorname{tg} \alpha。$$

圖 89 是立式車床上加工鑄鐵圓柱齒輪（在銑齒以前）的典型例子，在兩次安裝下有 8 個工步（孔的加工有 4 個工步）。

為了提高立式車床（尺寸不大的）的生產率，可以在垂直刀架上裝上轉塔。這樣可以縮短換置和校正刀具的時間，還可以節省試車和測量的時間，這種車床的工作性質

① 莫斯科斯大林機床工具研究院全體人員首先設計的 T-50, T-100 型車床即為工序車床的實例。

工序 I (不用轉塔的立式車床)

工序 II (不用轉塔的立式車床)

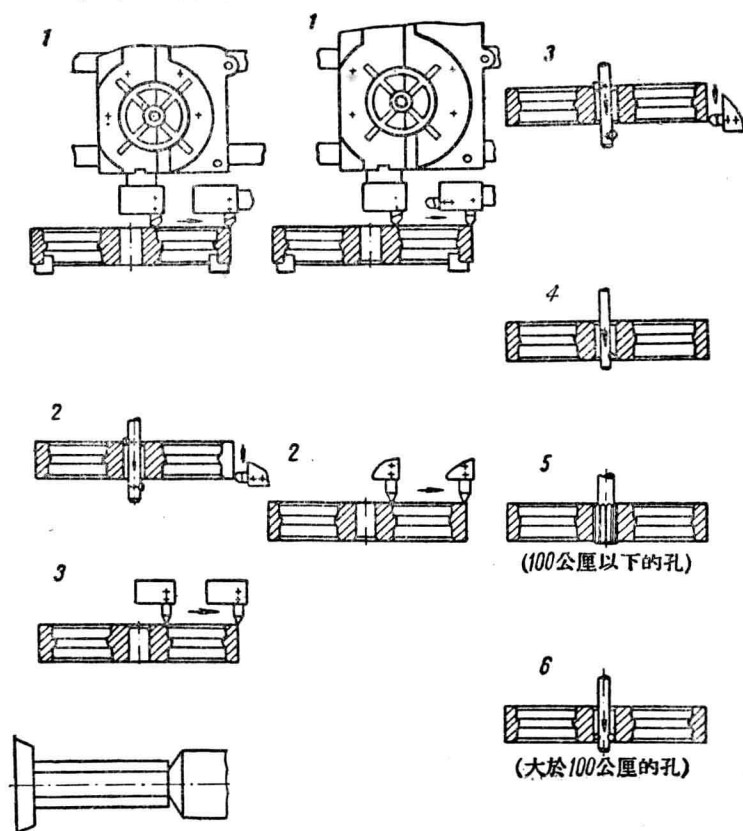


圖89 在立式車床上加工鑄鐵齒輪

和大的六角車床完全相似。

4 車床上軸的加工過程的選擇

根據軸的外圓柱面的精度，它的全部加工（與前述加工精度的經濟性相適應）可以由一個或幾個車削工序（或工步）組成，或者由幾個車削工序和磨削加工和其他加工所組成。

根據加工精度的不同，下表（表33）列出了軸的外圓柱面典型加工過程的例子。

我們可就刀具（車削工作時的車刀）的選擇，作一基本的說明。為了增加刀具的耐用度，主偏角 φ 必須盡可能地選得小。這個角一般取 45° 。

在加工剛度較差的工件（長軸等）時，必須盡量使徑向切削分力很小，為此，刀具的主偏角必須盡量取得大。這時 φ 角取 60° 、 75° 甚至於 90° 來代替最常採用的角 $\varphi = 45^\circ$ 。

φ 角增大表示工件和刀具在半徑方向的彈形變形減小，所以對加工精度也有好的影響，此外，對防止震動方面也有好的影響。但是不要忘記， φ 角增加（大於 45° ）後

表 33

軸的精度 (根據OCT)	軸圓柱面加工的典型方法	附 註
Ⅶ級	粗車	1. 對表面光潔度有很高的要求時，須加光整工序：拋光、研磨、外鏡磨或極精加工（見以後） 2. 當加工開始時餘量過多時，要進行車外皮工序，工序的工步數目決定於餘量的大小和容許的切削深度
Ⅵ級	半精車	
Ⅴ級	長軸的粗車和精車（及短軸一次車）	
Ⅳ級	粗車和提高精度（1 或 2 道工步）的精車或磨削	
Ⅲ級	粗車、精車和磨削	
Ⅰ級	粗車、精車、預磨和終磨。可以應用金剛石車削代替磨削	

切屑厚度同時也增加（同時軸向切削力也增加），而且降低了刀具的耐用度，所以如無特別的必要，不宜應用主偏角很大的刀具。

對於切屑截面小的精車工作，應採用主偏角為 30° 或更小角度的刀具，副偏角也要小。這樣車製出來的表面就很光潔，同時也提高了刀具的耐用度。

精車階梯形工件或者加工狹窄地方的時候，不允許應用小的主偏角。在這種情形下，必須用主偏角大的精車車刀來工作，而且刀尖的圓弧半徑要大。當車刀的磨損是發生在後面的情形下，即當以薄切屑車製脆性和韌性材料，以及當用低的切削速度工作及當使用冷卻液時，後角 α 必須大些（ $12^\circ \sim 15^\circ$ ）。工作時後面的磨損不利害時，即切屑截面大，切削速度高時，後角就應該小些（ 6° ）。

車削機器鋼（ $\sigma_b = 70 \sim 90$ 公斤/公厘²）時，前角應取 $12^\circ \sim 18^\circ$ 。切屑厚度減少時，前角應放大（精車車刀較之粗車車刀應加大 $5^\circ \sim 8^\circ$ ）。

應該記住，車削強度極限高的韌性材料時，必須減小刀具的前角。

車削 $\sigma_b = 120 \sim 130$ 公斤/公厘²的硬鋼（鉻鎳鋼，鉬鋼等）時，比小前角（ $+5^\circ \sim +7^\circ$ ）的高速鋼車刀有較好的結果，而車 $\sigma_b > 140$ 公斤/公厘²的特別硬鋼料時，用負前角（ $0^\circ \sim -10^\circ$ ）的硬質合金車刀。

加工硬度小的韌性材料（低碳鋼和韌性的有色合金等，延伸率 $\delta \geq 25\%$ ）時，應使用前角大的（ $25^\circ \sim 35^\circ$ ）車刀，但要記住，前角太大（超過 35° ）可能造成危險，因為在這種情形下，水平切削分力就逐漸減小，且可能小到比自最大至最小間的誤差範圍還小，而改變了它的符號（或者它的方向轉了 180° ）。

這種情形可能引起所謂‘咬刀’現象。這現象敘述如下，當水平分力的符號變更時，刀架可能在它本身的彈性變形和工件變形的範圍內抖動，也可能在水平方向的總間隙之間抖動。由於這種現象，可能驟然地增加切屑截面，發生很利害的震動，甚至劇烈的衝擊，結果把刀咬住，或震斷刀頭。

必須注意，在切削用量的選擇，只受刀具切削性能的限制時，常以最大切屑截面，即以最大切削深度和進給量來工作。

如果從刀具的尺寸和強度以及工件安裝在機床上的可能剛性的觀點來看是容許的話，則切削深度必須盡可能這樣選擇，即使所有的加工餘量（普通為 $3 \sim 6$ 公厘，有時最多 10 公厘）能一次被車去。

應用功率小的機床正好是相反的情形。這時所留的大餘量不是一次而是兩次車掉。當採取一次走刀車掉餘量，切削速度受機床上電動機功率的限制時，這種切削方式尤其合適，而當用兩次走刀車去餘量時，切削速度就可以根據車刀的切削性能來選擇。

事實上，若用一次走刀車掉餘量，而速度等於 v_N （由機床功率所限制的），那麼機動時間 T'_M 應如下：

$$T'_M = \frac{L}{v_N S} = \frac{L \pi d}{1000 v_N S} = \frac{L \pi d C_p t}{1000 \times 4500 N_e S^{1-\lambda}} = \left(\frac{L \pi d C_p}{1000 \times 4500} \right) \frac{t}{N_e S^{1-\lambda}},$$

式中

$$v_N = \frac{1000 v_N}{\pi d}; \quad v_N = \frac{4500 N_e}{C_p t S^{\lambda}} \quad (\text{從公式 } N_e = \frac{F_z v_N}{60 \times 75} = \frac{C_p t S^{\lambda} v_N}{4500} \text{ 導出})。$$

同一餘量如果分兩次走刀車掉，而且是在適應於刀具耐用度為一小時的切削速度 (v_{60}) 下進行時，那末兩次走刀的機動時間是：

$$2T'_M = \frac{2L}{v_N S} = \frac{2L \pi d}{1000 v_{60} S} = \frac{2L \pi d \left(\frac{t}{2} \right)^x}{1000 C_v S^{1-y}} = \left(\frac{2^{(1-x)} L \pi d}{1000 C_p} \right) \frac{t^x}{S^{1-y}},$$

式中

$$v_N = \frac{1000 v_{60}}{\pi d}; \quad v_{60} = \left(\frac{C_v}{\left(\frac{t}{2} \right)^x S^y} \right)^{\frac{1}{1-y}}$$

這兩種情形的最大時間比將為：

$$\frac{T'_M}{2T'_M} = \left(\frac{C_p C_v}{4500 \times 2^{1-x}} \right) \frac{t^{1-x} S^{\lambda-y}}{N_e} = \text{常數} \times \frac{t^{1-x} S^{\lambda-y}}{N_e};$$

對於中等硬度的 $\sigma_b = 55$ 公斤/公厘² 的鋼， $C_p = 165$ ； $C_v = 45$ ； $x = 0.28$ ； $y = 0.60$ ； $\lambda = 0.75$ ，而

$$\frac{T'_M}{2T'_M} \approx 1 \frac{t^{0.72} S^{0.15}}{N_e}。$$

由此可知，當減小機床上電動機的功率時，這個比值可能等於 1，即採取一次或兩次走刀車掉餘量時，它們的機動時間可能相同（輔助時間這裏並未考慮）。

增加切削深度和進給量時，上述比例將大於 1，甚至大於 2……，這就是說取二次走刀車掉餘量比用一次走刀車掉有利得多。

必須記住，車削工作中選擇切削用量時，必須從決定切削深度開始，然後按技術條件調整最大的容許進給量，其後按照切削深度和進給量決定切削速度和按工件直徑和機床決定轉數。使用高速車刀粗車時，最大的容許進給量普通限於下列條件：工件在機床上夾得是否牢固，刀具和機床的進給機構是否堅固，有無震動，而在精車工作時，主要是在加工表面的光潔度如何。

根據機床進給機構的強度，最大的容許進給量應該在機床說明書中列出，或者用驗算機床進給機構的薄弱環節（一般是驗算車床溜板內和齒條啮接的小齒輪）來確定。當進給為安裝在機床上的工件或工具的剛性所限制時，最大進給量一般是由試車來決定的。