

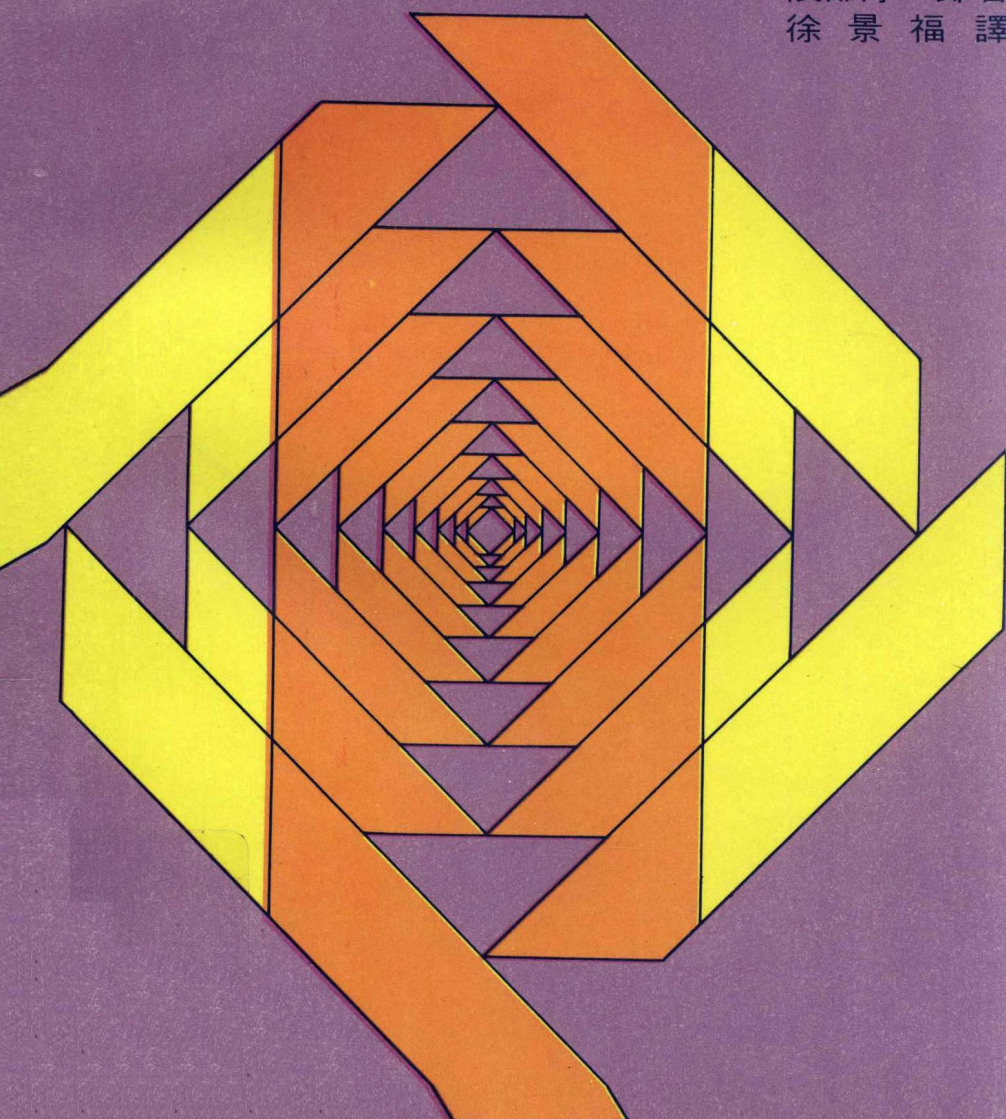
機械工作法

表面加工

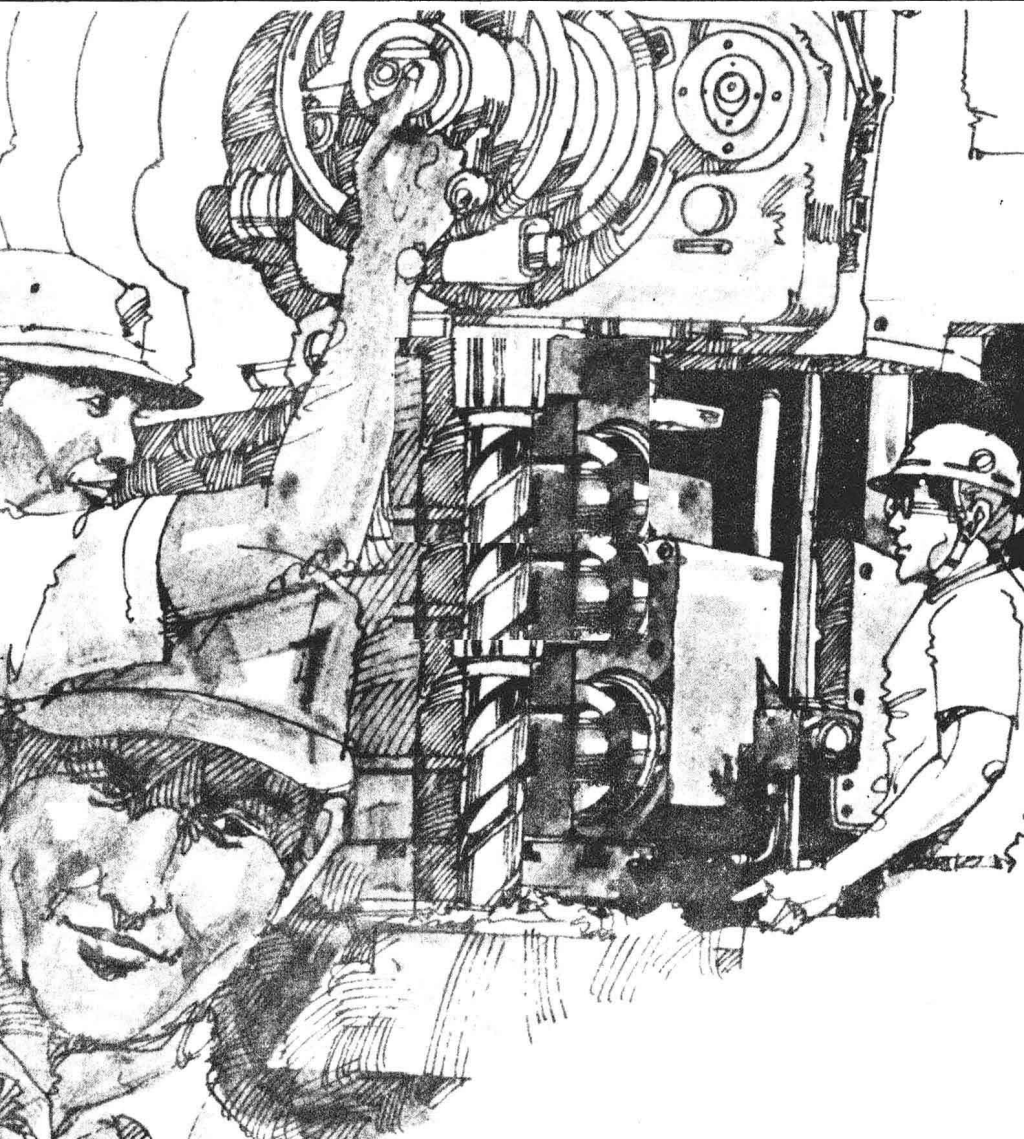
下冊

工學博士隈部淳一郎著

徐景福譯



表面加工



機械工作法表面加工 下冊

譯者：徐景福・C特價一三五元

出版者：正言出版社

發行者：正言出版社

臺南市衛民街三十一號

本社業經行政院新聞局核准登記登記字號局版台業第0407號

發行人：王 餘 安

印刷者：美光美術印刷廠

臺南市鹽埕7號

中華民國六十五年二月初版

序

筆者經20年之研究，從力學加工中體認出有較具本質性的加工方法，遂創案名為振動切削（振動推斥）加工。自從應用此加工法後，凡百年來吾人所繼承的傳統常識多不能想像者，如高速鋼用超硬合金精密切削，以及淬火鋼用金剛石工具的精密切削等；且由切削當中可發見許多新的事象。此新的事象所及，對於吾人所定的素材空間的手法，非將一向所用以研考之方法更新不可。職是之故，以筆者之新的研考方法為依據，對傳統的機械工作方法給予重新分野，將許多的加工方法以所欲加工工作物的形狀來分類；各種場合之加工方法從新的觀點來解析及詳述，對於加工所必要的機器、器具之研討方法均總括無遺。

向來，機械工作法所處理加工分野，可分類為造形加工（鑄造）、變形加工（塑性加工）、表面加工（切削、研削、放電加工等）、結合裝配等。即素材創造之際，從素材之一部分被除去之方法亦可區分為3類。質言之，素材之一部分被除去可大別為力學性加工（切削、研削）、熱加工（放電加工等）、電氣化學加工（電解加工等）。本書「表面加工」上、下冊即各於加工法研討之觀點而敘述者。

上、下冊第一章，對現行的加工方法之種類及其機構之特徵，以另外一個角度來觀望，並以新的研考方法說明。本章，就工作物的材質、形狀、加工精度選擇適當的加工方法，且對於將來新的加工方法之摸索作可信賴的指引。現在的機械工作法大部分為力學性加工，因此，隨着素材空間之逐漸獲得，工具刀尖當然也漸第損耗。第2章係敘述於力學加工中，所使用工具之種類、損耗之形態以及工具之選擇

基準，並解說損耗工具的修整方法。在力學加工中，由於力、速度而有加工熱發生。此有害之加工熱的對策，除使用適當之加工工具外，並使用適當的切削、研削油劑，於第3章有詳細的說明。第4章，乃說明加工工具給予所定之運動時，工作物最表面之幾何學性形狀（加工面粗度）及表面層所生與素材內部之機械性質之變化。

第5章，敘述在其他書籍未見述及的反轉加工切削、低溫切削、振動切削，解說其應用於精密加工，為本書之一大特色。振動切削簡言之，即以推斥狀之力作用於工作物，但實利用結合彈性體裝配而成的工作機械，實現力學性加工理想之本質性方法。

第6章至第8章為圓筒、平面、孔加工，乃加工之基本。大部分的加工，實係此類的複合及組合而成者。例如：陽螺紋加工乃在圓筒表面約與軸向成直角方向切製加工呈螺線狀槽溝，外齒正齒輪的加工，乃於軸向切製齒槽的加工。陰螺紋、內齒輪加工，乃在孔表面切製槽溝及齒槽。因此，依據圓筒、平面、孔加工之基本研考方法的展開、複合，利用現行加工方法的解析，以及改善對策，相信革新方法的創案當屬可能。第9章為螺紋、齒輪形狀之說明，並對其加工方法之基本性研考方法及具體性方法詳加說明。第10章為切斷加工，包括力學性加工、熱加工、電氣化學性加工等。

第11章，乃敘述利用表面微細凹凸，工具積極的自生作用而加工的方法，為從振動切削理論誘導微細槽自生作用，而最先發表於本書的一種新的研考方法。

筆者才淺學疏，全書內容雖經細心校正，但錯誤當所難免，伏望讀者諸賢不吝指正，俾能逐次訂正改善。

1973 年 5 月

目 錄

7. 平面加工

7-1 平面加工方法之種類	3
7-1-1 正面車削	3
7-1-2 平鉋削	6
7-1-3 牛頭鉋床	8
7-1-4 銑 削	9
7-1-5 表面拉削	11
7-1-6 平面研削	12
7-1-7 其 他	15
7-2 切削深度及進給	15
7-3 工 具	20
7-3-1 平鉋削、形鉋削用切削工具	20
7-3-2 銑 刀	22
7-3-3 表面拉刀	27
7-3-4 平面研削用磨輪	27
7-4 平面加工用主要機器之構造及特徵	27
7-4-1 主 軸	27
7-4-2 直線驅動機構	30
7-4-3 工作物之夾持方法	39
7-5 平面加工作業	55
7-5-1 形鉋削	55
7-5-2 平鉋削	59

7-5-3 銑 削.....	63
7-5-4 表面拉削.....	95
7-5-5 平面研削.....	103
7-6 加工精度.....	113
7-6-1 加工尺寸精度、加工面粗度之圖面表示.....	113
7-7 精密平面加工.....	116

8. 孔加工

8-1 孔加工方法之種類.....	132
8-1-1 利用鑽頭鑽孔之方法.....	132
8-1-2 絞刀絞孔之方法.....	140
8-1-3 搪孔刀具、搪桿刀具搪孔之方法.....	140
8-1-4 拉刀拉削之方法.....	147
8-1-5 衝孔之方法.....	148
8-1-6 內孔磨輪研削之方法.....	149
8-1-7 搪孔加工之方法.....	150
8-1-8 電子束、雷射線之加工方法.....	151
8-1-9 放電加工、電解加工之方法.....	151
8-1-10 超音波加工之方法.....	152
8-2 切削量及進給.....	153
8-3 工 具.....	158
8-3-1 鑽 頭.....	158
8-3-2 絞 刀.....	163
8-3-3 搪孔刀具.....	167
8-3-4 內孔拉刀.....	169
8-3-5 內孔研削用磨輪.....	169
8-4 孔加工用主要機器之構造及特徵.....	170

8-4-1 主 軸.....	170
8-4-2 孔加工工具之安裝方法.....	174
8-4-3 工作物之夾持及位置決定.....	181
8-5 開孔作業.....	191
8-5-1 麻花鑽頭開孔.....	191
8-5-2 槍管鑽頭、BTA方式之開孔.....	204
8-5-3 絞刀加工.....	209
8-5-4 搪 孔.....	215
8-5-5 拉削加工.....	220
8-5-6 內孔研削加工.....	230
8-6 孔加工法之選擇.....	230
8-7 專用機之大量生產加工.....	233
8-8 孔徑、深度之測定方法.....	238
8-9 孔位置、形狀之表示.....	243
8-10 對基準面孔形狀之評價.....	243
8-10-1 真圓度.....	246
8-10-2 圓筒度.....	247
8-10-3 垂直度.....	248
8-10-4 真直度.....	248
8-10-5 擴大裕度.....	249
8-11 精密孔加工.....	249
8-11-1 振動鑽頭之開孔方法.....	249
8-11-2 精密振動校削加工.....	266
8-11-3 精密振動搪孔.....	272
8-11-4 振動內孔研削.....	278
8-11-5 精密振動拉削.....	282

9. 螺紋及齒輪加工

9-1 螺紋加工之基本	285
9-2 螺紋形狀	288
9-3 螺紋槽之切削方法	290
9-4 螺紋加工法	294
9-4-1 刀具加工	294
9-4-2 鋼模、螺紋刀之加工	300
9-4-3 絲攻之加工	304
9-4-4 銑削加工	338
9-4-5 螺紋研削	341
9-4-6 陽螺紋之滾軋加工	344
9-4-7 陰螺紋之滾軋加工	350
9-5 精密螺紋加工	353
9-5-1 絲攻之振動攻削	353
9-5-2 振動切削車床之陽螺紋加工	363
9-6 齒輪加工	365
9-6-1 齒輪加工的基礎性研考方法	365
9-6-2 齒輪之種類以及各部名稱與相互關係	369
9-6-3 切齒方法	373
9-6-4 切齒工具及切齒機	379
9-6-5 齒輪的精密加工	402

10. 切斷加工

10-1 刀具切斷加工	410
10-2 割鋸銑刀以及圓鋸之切斷加工	415
10-3 鋸條及帶鋸之切斷加工	417

10-4 磨輪切斷加工	428
10-5 衝模切斷加工	430
10-6 超音波切斷加工	432
10-7 摩擦切斷加工	433
10-8 氧氣切斷加工	434
10-9 電弧切斷加工	437
10-10 雷射線及電子束切斷加工	440
10-11 放電切斷加工	441
10-12 化學腐蝕加工	443

11. 表面微細加工

11-1 磨粒之微細槽自生作用的低速加工	446
11-1-1 搪磨加工	449
11-1-2 超光加工	454
11-1-3 擦磨加工	458
11-1-4 擦光輪加工	468
11-1-5 液體搪磨加工	471
11-2 珠擊加工、噴砂加工、碎鋼粒噴擊加工	473
11-2-1 珠擊加工	473
11-2-2 噴砂加工、碎鋼粒噴擊加工	474
11-3 滾筒加工	475
11-4 壓光加工	477
11-5 化學研磨	479
11-6 電解研磨	480
11-7 電解加工	481
11-8 表面處理	482

7. 平面加工

於圖中 7-1 中，如果圓筒之半徑為無限大，則形成平面。吾人試從工作物沿中心軸之周圍回轉想起，當刀具於離開中心軸無限遠之處作縱進給運動，即成為平面加工。但是，一般言之，此種之考慮方法不能實現。不過，如圖 7-2 所示，在工作物之回轉中心軸與直角方向，使刀具刀尖橫進給以及創成圓板端面而言，某種程度之面積之平面，可以考慮使工作物回轉加工獲得。

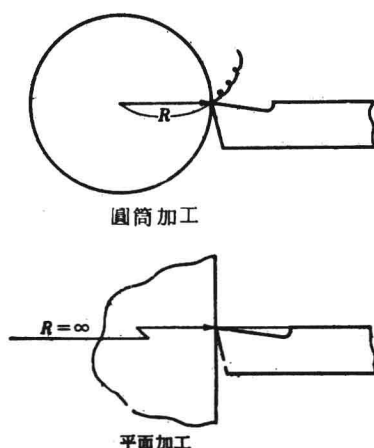


圖 7-1 看作 $R = \infty$ 的平面加工

但是，像電車之軌道類長件工作物以及包括槽溝的平面工作物，無論工作物或刀具運動，均需使沿長度方向作直線往復運動，且使刀具在運動方向及直角方向移動，如此所創成之平面，圖 7-3 所示，非用龍門鉋床或牛頭鉋床鉋削不可（譯者註：凡後用龍門鉋床鉋削，且

譯為平鉋削，用牛頭鉋削譯為形鉋削）。

平面加工之手段有正面車削、平鉋削、形鉋削、表面拉削、銑削、磨輪之平面研削、帶砂布（Belt sand）之平面細加工、擦磨加工等。

工作物之材質由石材、木材、塑膠材料等之非金屬，至軟質金屬之非鐵金屬、鑄鐵，一般構造用碳素鋼，熱處理過的硬質鐵鋼材，以及鑄合金、超硬合金等之燒結合金材；範圍至為廣汎。

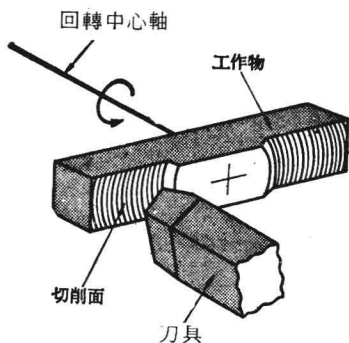


圖 7-2 正面車削之平面加工

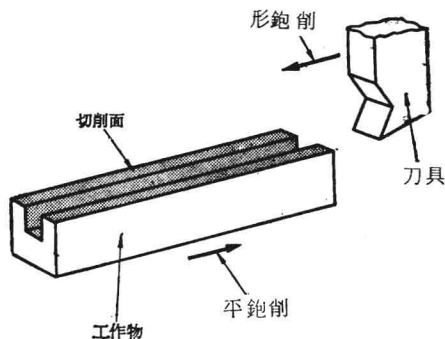


圖 7-3 平鉋削、形鉋削之平面加工

製作圖面時，應將需要加工之平面工作物材質與以基準面為準的稱呼尺寸記入，諸如其他公差、平行度、平面度、加工面粗度之數值均應指示清楚。根據此圖面，研究檢討加工所需要的工作機械，工具及夾具、加工條件以及製作工程等。在圖面上，如工作物全係直線所構成，看似容易獲得如所記數值之表面，事實不然；平面之加工，實際上遠比圓筒加工來得困難，此點凡有經驗者均可體會。平面加工之際，應對多種之平面加工方法詳予解析，理解其主要特徵，從中選擇適當之工具及夾具，分別使用各種工作機械。此外，應不時研究創造新的平面加工方法。

7-1 平面加工方法之種類

7-1-1 正面車削

使工作物回轉，刀具沿回轉中心軸及直角方向移動，創成平面的切削方法，普通稱為正面車削（facing）或端面車削（譯者註：即俗成車端面）。

由回轉中心軸與床座平行，或與床座垂直所實施的車削而分，有圖 7-4 之正面車床車削，及圖 7-5 之立式車床車削兩種。

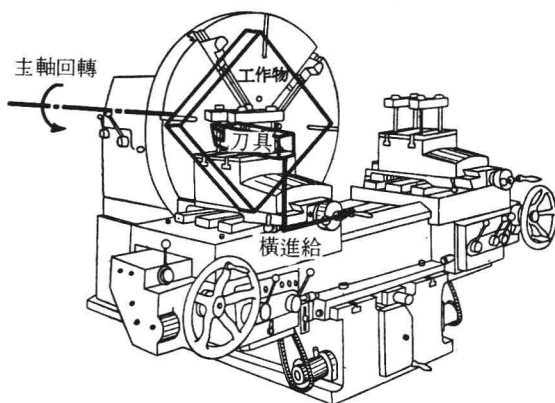


圖 7-4 正面車床之正面車削

圖 7-4 之正面車床 (face lathe)，吾人考其操作性能，可知回轉中心軸無法再與床座相差更高。作業者在容易操作範圍內，冀能儘量對大徑工作物加工起見，主軸側床台之一部份往往被切落。此類車床因不能車削長工作物，故無尾架。又，床台之長度短，足使刀具橫進給便可。大形之正面車床，從上面看起來恰似 T 字形，故又稱 T 形車床。

圖 7-5 為立式車床 (vertical lathe)，對於大重量、形狀複雜的工作物，利用普通車床夾持水平回轉有困難者非常適合。除可作正面車削之外，尚能實施圓筒、內孔車削。如果進一步裝置如圖所示之

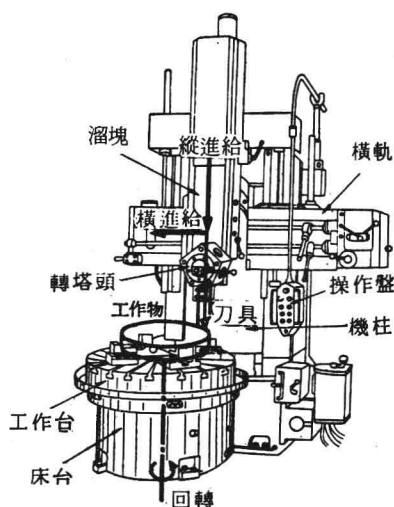


圖 7-5 立式車床之正面車削

轉塔頭 (Turret head)，其生產能率更為提高。此稱為立式轉塔車床 (vertical turret lathe)。除此之外，尚有附設模作裝置 (copy attachment) 的立式車床，NC 立式車床。

立式車床之大小表示法：

旋徑，工作台之直徑、工作台上與刀座之最大距離或以刀座之上下移動距離表示之，但其中以工作台直徑之大小為代表表示者最多。從直徑 500 mm 程度到 10 m 以上之大形工作物均能加工。如此大直徑的工作物不可使其轉速固定，因為切削進行中，切削速度從外周到中心有很大的變化，一般使用無段變速機，得以控制一定之切削速度。但於切削進行過程中，每至離軸心不同距離即需變換轉速保持一定之切削速度，實屬困難。回轉中心附近，如圖 7-6 所示，回轉數雖使增速，但有其限界，同時，用低切削速度亦不能切削。職是之故，於慣用切削，切削抵抗變大，刀尖容易逃讓，中心部分高出或突起。

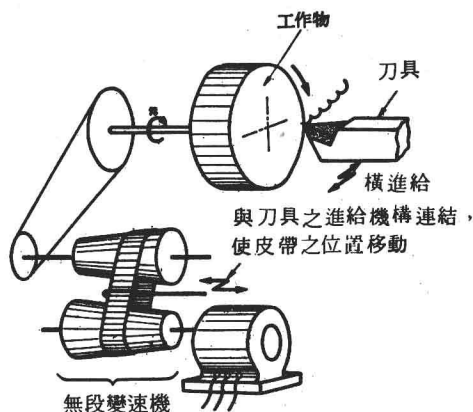


圖 7-6 主軸無段變速機驅動機構

若改用振動切削，那麼慣用切削裡所必然發生的回轉中心附近之切削性低下現象幾乎沒有，圖 5-41 所示者，乃利用 20 kHz 振動切削正面車床之正面車削。具有 $1/r$ 效果的振動切削，其中心附近之切削性反而提高，為平面度相當良好之正面切削。設有工作物自動着脫裝置，夾持拆卸非常方便省力化，生產能率極高的一種生產機械，圖 5-42 所示者，為 20 kHz 振動切削單軸自動正面車床。此種車床，在電動機驅動回轉之凸輪軸，裝有橫進給用及縱進給用 2 枚板凸輪，在此板凸

輪上，從動件藉彈簧之力使其能與板凸輪保持接觸，板凸輪之輪廓若縮小 $1/3 \sim 1/5$ 之程度，可為刀座自動橫進給或縱進給之用。螺桿進給之場合，刀座欲回到原來之點時，需將螺桿軸逆轉，但利用回轉板凸輪進給機構則無此需要，凸輪軸以一定方向，一定速度回轉，每一回轉反復刀座之循環運動、板凸輪之形狀因係縮小之構造，其誤差相對地縮小，因此刀具刀尖之運動誤差也少。適宜需具備某程度精度的小工作物之大量生產用。

圖 7-7，為 2 台之自動正面車床接近在一起之形式，同一床台上設有 2 個主軸台及刀座，成為二軸自動正面車床之正面車削。凸輪板形狀可藉更換之便，除了正面車削之途外，尚可對長度短的工作物沿其軸方向實施圓筒外周車削，以及內孔車削，倒角等加工。

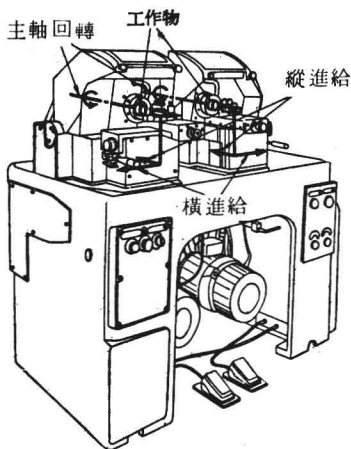


圖 7-7 二軸自動正面車床之正面車削

7-1-2 平鉋削

利用 NC 控制，可自由驅動各種機械的今天，對於使刀具沿工作物回轉方向搖動，同時作橫進給運動，乃至為簡單不過，但是為了速度關係以及刀具間隙面形狀之故，那麼如圖 7-3 所示之具有垂直邊之

深槽，無法獲得絕對地垂直加工，對於如此之槽加工，除了依據槽方向之工作物，或工具之直線運動以外，別無良法。即，利用圖 7-8 所示之龍門鉋床之工作台之直線往復運動，刀具沿垂直方向進給加工爲其中一例。刀具固定，工作物作直線往復運動，進行平面加工之作業。吾人稱爲平鉋削（planing）。

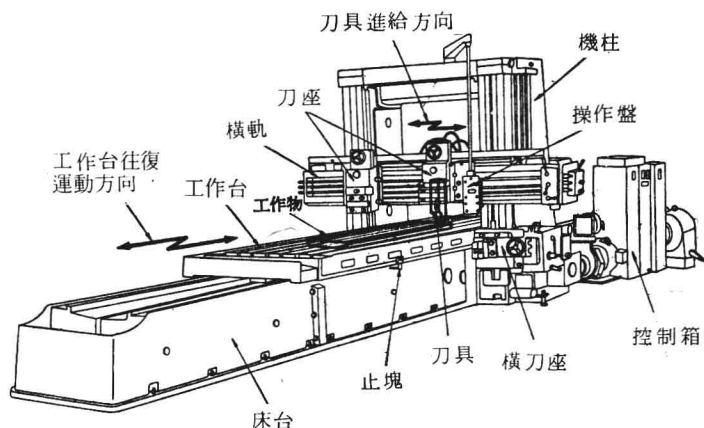


圖 7-8 龍門鉋床之鉋削（平鉋削）

龍門鉋床之大小；以

工作台之大小（長度×寬度）、工作台面至刀座之最大距離表示之。夾持工作物時，刀座應移至最上端，只要工作物短於工作台面，那麼可加工至所要求之長度、寬度及高度。此機械用於比較大之工作物的平面加工用。

在工作台之每一次循環，刀具間歇性移動。一般言之，平面之切削加工係在刀具前進之半循環內完成，但爲改善生產能率之故，亦有於工作台之回歸行程內，使之有切屑生成，此即成爲往復平鉋削及多刀平鉋削。

此種之慣用切削，不同於車削及銑削；由工作台之往復，切削方爲開始，因此刀具之振動狀態不安定，刀尖之損傷至爲顯著，殊難獲