

中等專業學校教學用書

金屬切削機床

第二冊

第一機械工業部教育局編

機械工業出版社

中等專業學校教學用書

金屬切削機床

第二冊

第一機械工業部教育局編



機械工業出版社

1959

出版者的話

本書是第一机械工業部教育局組織有关中等專業學校教師，根据教改前的中等專業學校金屬切削加工專業教學大綱編写的。該書編成后，曾經若干學校試用過。現根据各校反应的意見，加以修訂后，公开发行。如采用本書作为教材，尚希各校根据具体要求，自行增刪。

本書將分为四冊出書。

参加本書編写工作的有北京机器制造学校王超然、龔宗智、朱驥北、陈錫璞、張棣、秦严南；長春汽車制造学校江澤欣；沈陽机器制造学校赵英华；咸陽机器制造学校俞啓荣；上海机器制造学校何泉元、王紹哲等同志。

本冊为北京机器制造学校的上述教师修訂的。

№ 2321

1959年3月第一版

1959年3月第一版第一次印刷

850×1168 $\frac{1}{2}$ 字数 242千字 印張9 $\frac{1}{2}$ 00,001—13,200册

机械工業出版社(北京阜成門外百万庄)出版

北京市印刷一厂印刷

新华書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第008号

定价(10)1.30元

目 录

第七章 鏜背車床	5
1. 概述	5
2. C835(K96)型万能鏜背車床	12
第八章 平面車床和立式車床	22
1. 概述	22
2. C512(153)型立式車床	27
第九章 轉塔車床(六角車床)	34
1. 概述	34
2. 1 M36 型轉塔車床	36
3. C336(1336M) 型水平軸式的高速轉塔車床	44
4. 轉塔車床的調整	54
第十章 自动和半自动車床	57
1. 概述	57
2. C136K(1A136)型單軸自动轉塔車床	57
3. C136K(1A136)型單軸自动轉塔車床的电力傳动	74
4. C136K(1A136)型單軸自动轉塔車床凸輪調整和設計	77
5. 其他單軸自动車床	100
6. 多軸自动車床	102
7. C24-4(1240-4)型四軸自动車床	103
8. C24-4(1240-4)型四軸自动車床的調整設計	117
9. 148 型四軸自动切断車床	126
10. 半自动車床	128
11. C720F(116-2)型多刀半自动車床	129
12. C730(1730)型多刀半自动車床	137
13. 單軸多刀卡盤式半自动車床	142
14. 多軸半自动車床	143
第十一章 鑽床	151
1. 概述	151
2. Z535 型立式鑽床	156
3. Z35 型搖臂鑽床	165

4. 鑽床上的裝置和輔具	180
第十二章 鏜床	186
1. 鏜床的分类	186
2. 万能鏜床	186
3. T68 型臥式鏜床	188
4. T68K 型臥式鏜床	196
5. 精密鏜床	198
6. 座标鏜床	203
7. 2450 型座标鏜床	205
第十三章 銑床	211
1. 概述	211
2. 升降台式銑床	216
3. X62W(6H82)型万能銑床	218
4. X52(6H12)型立式銑床	243
5. X8119(678M)型万能工具銑床	245
6. 升降台式銑床标准夾具	249
7. 龍門銑床	253
8. X245(A662)型双軸龍門銑床	255
9. 靠模銑床	260
10. X420(6461)型靠模銑床	262
11. X460(6461A)型半自动电气靠模銑床	263
第十四章 分度头	267
1. 概述	267
2. 万能分度头	267
3. 新型分度头	277
4. 分度头的分类和概述	278

第七章 鏟背車床

1 概 述

鏟背車床的功用 鏟背車床主要是用于加工各种銑刀及螺紋刀具的齿背，使各齿背具有一定的后角，如盤形銑刀，各种圓柱型銑刀、槽銑刀、直槽及螺旋槽絲錐、滾刀，和其他需要鏟背的刀具，以及加工凸輪的表面等。

鏟背車床的分类 鏟背車床的类型大致可分为：

1) 簡單鏟背車床：这种类型的車床構造簡單，沒有进給箱和差动裝置。因此在这种車床上加工的工件只限于如盤形銑刀、直槽銑刀等。

2) 万能鏟背車床：这种类型的車床，結構完善。各种类型需要鏟背的工件，它都能加工。

3) 專用鏟背車床：这是屬於專門用于加工某一特定的工件，如鏟絲錐齿背車床即是屬於这一类型，一般說这种类型的車床結構簡單。

鏟背車床的構造特点，主要表现在結構特別坚固，这是由于它加工时的震动較大，另外由于加工的需要，机床傳动機構比普通車床多了一套差动裝置。在刀架的構造上比普通車床多一个可以作往复运动的溜板和靠模与鏟磨的附件等。

鏟背車床的工作原理 鏟背車床因为主要是用于加工各种刀具的齿背。由于各种刀具的結構不同，可根据工件結構的特点，大致分成四种不同类型如圖 7—1 所示。現分別进行叙述。

1) 第一类型：以盤形銑刀为代表，如圖 7—1a。

圖 7—2 表示盤形銑刀加工終了时的情况，这种刀具的加工要求主要表现在以下两个方面：

a) 工件圓周上分成若干等分。如 8 等分，10 等分，12 等分等……。这些等分是在鏟背之前在銑床上銑出的槽溝。

b) 盤形銑刀要能銑切工件，它的每个齿应有后角，这个刀具

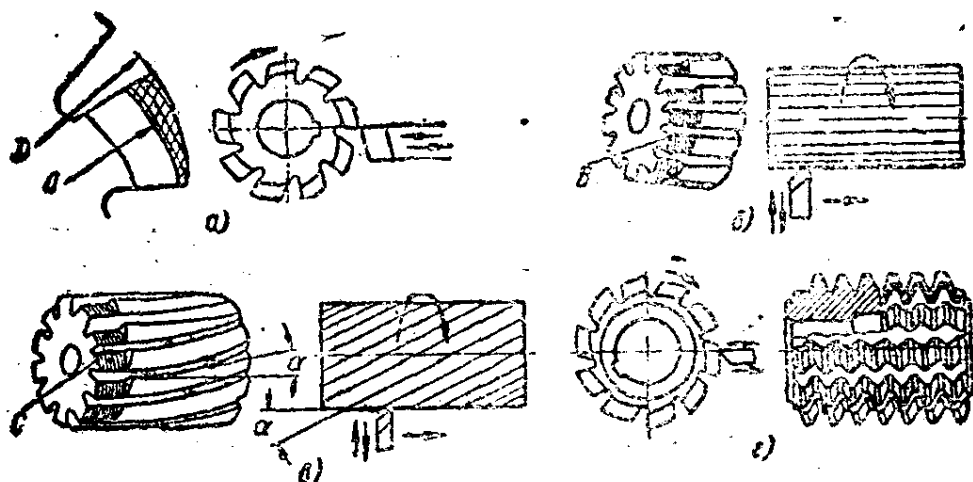


圖 7—1 鑿背工作原理圖

的后角就是經過鑿削來實現的。為了得到后角，刀具（即工件）齒的尾部比齒尖低 h 值。即 b 點應比 a 點在同心圓的半徑方向上短 h 公厘。如圖 7—2 所示， a 和 c 為在同一圓周上兩相鄰齒尖的二點 b 點應比 a 點或 c 點短 h 值。

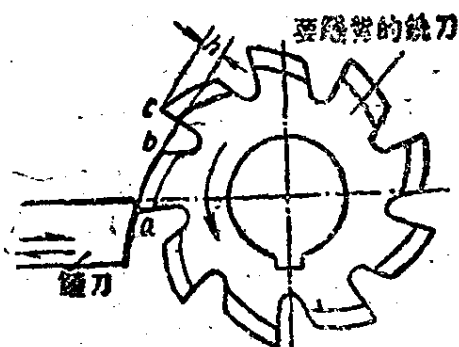


圖 7—2 鑿背原理

如上所述，盤形銑刀加工時，機床必須具備以下的運動：

(1) 工件作旋轉運動，以便切削掉多餘的金屬。

(2) 工件旋轉時，鑿刀在橫向上即在工件的半徑方向上，逐漸作進刀運動，在鑿刀于工件旋轉一定角度後（即從 a 點在水平位置旋轉到 b 點進入水平位置時），使刀具切入工件 b 深度為 h 。為了防止把下一個齒尖切掉，鑿齒工件在 b 點到達水平位置時，也就是將第一個牙的余量剛剛切完後，在二齒的空隙處，鑿刀立即作快速退出的運動，回到開始的位置，工件繼續轉動時。鑿刀由 c 點切入，重複前面的運動。

因此鑿刀必須有一個與工件齒后角相適應的水平方向的往復運動，刀具往復行程的最小極限值為 h 。往復運動還應與工件的轉動相配合，當工件（盤銑刀）每轉過一齒時，刀具作一次往復行程，工件如果有 z 個槽（或 z 個齒），則鑿刀應往復 z 次。

因此鑿刀必須有一個與工件齒后角相適應的水平方向的往復運動，刀具往復行程的最小極限值為 h 。往復運動還應與工件的轉動相配合，當工件（盤銑刀）每轉過一齒時，刀具作一次往復行程，工件如果有 z 個槽（或 z 個齒），則鑿刀應往復 z 次。

由于在錐削加工时多用成型刀，而且齿背加工余量相当的大，不可能一次加工完毕，须分数次走刀方能完成。如图7—3a中所示，工件转第一週后切去11的加工余量，第二週后切去22的余量，第三週后切去33加工余量，以下类推。一直加工到cc位置达到需要的形状为止。

錐刀的运动是用凸轮来控制的。凸轮的形状如图7—3a和6所示。a是用于当工件每转过去一个齿时，即转过 $1/z$ 週时，凸轮应转一週，使推动錐刀作一个往复运动。这种凸轮的前 270° 是用来使錐刀作前进行程，行程大小等于凸轮曲线上升的 h 值。在最后的 90° 中，即从第 270° 到第 360° 中间，凸轮上的曲线又下降到开始位置以便进行第二个齿的切削。

为了使刀具的横向錐背运动均匀，凸轮的上升曲线做成阿基米德螺旋线。

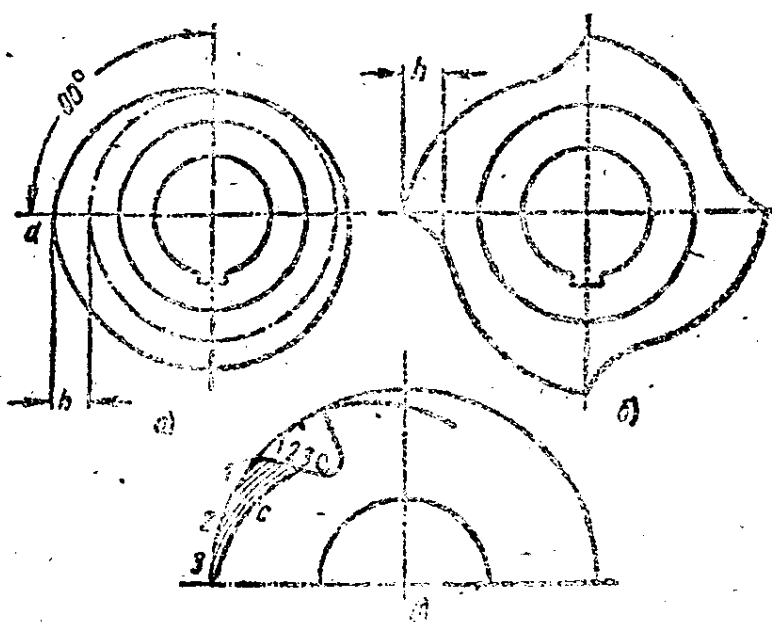


图 7—3 錐背车床的凸轮型式

图7—3中6所示为四个相同曲线所组成的凸轮。它的特性与a一样，其区别在于6图所示的凸轮，当工件每转 $1/z$ 週时，凸轮只转 $1/4$ 週就可以了。不过这种构造形式的凸轮，多半用于錐丝锥齿背。因为丝锥都是四槽的，所以当工件转一週时，凸轮转一週即可。

盘形模数齿轮铣刀齿的渐开线形状，是依靠具有渐开线形状

的成型鏟刀来保証的。

2) 第二种类型: 以直槽 (即平行于刀具軸綫的槽溝) 圓柱形銑刀为代表 (圖7—16)。

鏟制这种类型工件的方法与鏟制盤形銑刀是很近似的。加工时也同樣需要工件的等速旋轉运动和由凸輪控制的鏟刀的往復运动。

由圖7—16中知道, 工件比較寬, 使用样板刀, 是不很經濟的, 因此这种工件应由縱向送进法来鏟齿, 即鏟刀的运动必須是在作橫向直綫运动的同时, 还必须沿工件軸綫方向作縱向移动。即当工件轉1週时, 鏟刀縱向移动距离应等于工件的縱向送进量, 縱向送进量是很小的。

总起来講, 加工直槽圓柱形銑刀应有以下三种互相配合的运动 (如圖7-16所示):

a) 工件的等速旋轉运动, b) 鏟刀的橫向往复运动, c) 鏟刀的縱向进給运动。

3) 第三种类型: 以螺旋槽圓柱形銑刀为代表的工件。如圖7—16。

当鏟齿槽平行于銑刀軸綫的直槽时 (圖7—4)。鏟刀当工件每轉一圈时, 它往復 z 次 (z 为槽数), 同时沿1, 2, 3, 4, 5的基綫移动。当工件轉一圈, 沿基綫縱向移动一个 S 縱的距离, 即由1点移到2点。如此繼續下去, 將工件加工完畢。

但加工螺旋槽时, 鏟刀刀口的位置, 不在2点, 而应在2'点。又当工件轉 n 轉以后鏟刀的刀口应在4'点而不在4点。如此下

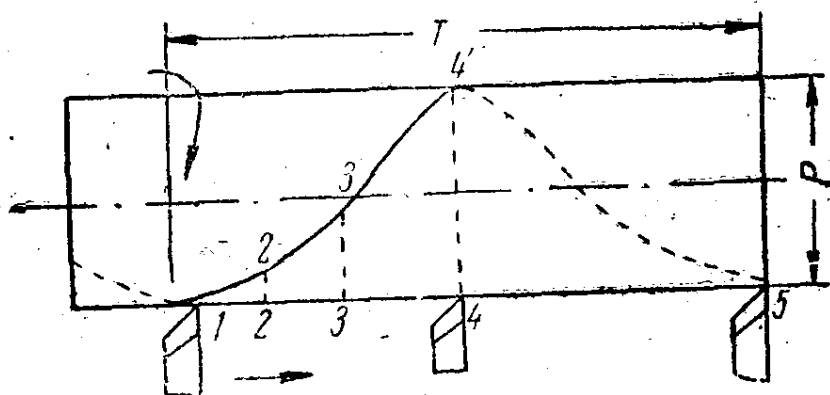


圖 7—4 螺旋槽形成圖

去当镗刀移动一个螺旋槽的螺距 T 时，镗刀的位置误差相当于工件的一整转。为了使镗刀在它的往复运动中，能沿螺旋槽来移动（如图所示为左旋），必须采用一种方法：或使工件的旋转加快一些，或使镗刀的往复运动减慢一些。具体运用到机床上，一般是采用减低镗刀的往复运动，亦即减少工件每转镗刀的往复次数。因为镗刀移动螺距 t 时，镗刀的位置误差，相当于工件一整转。因此，镗刀移动长度 t 时，其往复次数，应减少 z 次。

例：设 $t = 500$ 公厘，送进 $s = 0.5$ 公厘/转， $z = 10$ 齿。当镗刀移动 t 长度时，工件转动 $\frac{t}{s} = \frac{500}{0.5} = 1000$ 转。在同一时间内，如果是直槽，镗刀应往复 $z \cdot \frac{t}{s} = 10 \times 1000 = 10000$ 次。

假定如 7—4 图所示的工件，镗刀应往复 $z \cdot \frac{t}{s} - z = 10000 - 10 = 9990$ 次。

当圆柱形的螺旋槽铣刀是右旋时，镗刀的往复次数不是减少而是增加。如果纵向送进方向，不是从左向右（如图 7—4 所示）而是从右向左，那么右旋铣刀就应该减少刀具的往复次数。左旋铣刀就应加快刀具的往复次数。

总的来说，完成带螺旋槽的工件加工，必需具备下列运动：

a) 工件的等速旋转运动。

b) 镗刀的横向往复运动。

c) 镗刀的纵向送进运动。

d) 镗刀的附加运动。

4) 第四种类型：以滚刀为代表（如图 7—12）。

此种类型工件的加工与第三种类型相同，只是在调整机床时，把纵向送进量等于滚刀的轴向螺距 t 件即可。

为了更清楚的了解带螺旋槽工件的加工，我们再仔细的结合滚刀的情况讲一下。

图 7—5 所示为带螺旋槽的工件简图。刀具齿刃沿螺距为 t 工件的螺旋线均匀分布，用 1, 2, 3, ……及 z 代表 z 个沟槽的顺序分布，刀具的沟槽通过以上各点。轴向平行线 1~1, 2~2,

3~3'.....及 $z \sim z$ 为当工件为直槽时的溝槽，螺旋綫条1~1', 2~2', 3~3',及 $z \sim z'$ 为当工件为螺旋溝时的溝槽，其螺距为 T 为了易于叙述，使两种溝槽自工件一端的同一点出發，例如溝槽1~1与1~1'具有同一开始点1。

圖中 d ——工件（滾刀或絲錐）的节圓直徑，公厘，

α ——工件螺旋溝槽的螺旋角，

則 $t = \frac{\pi d}{\tan \alpha}$ 公厘。

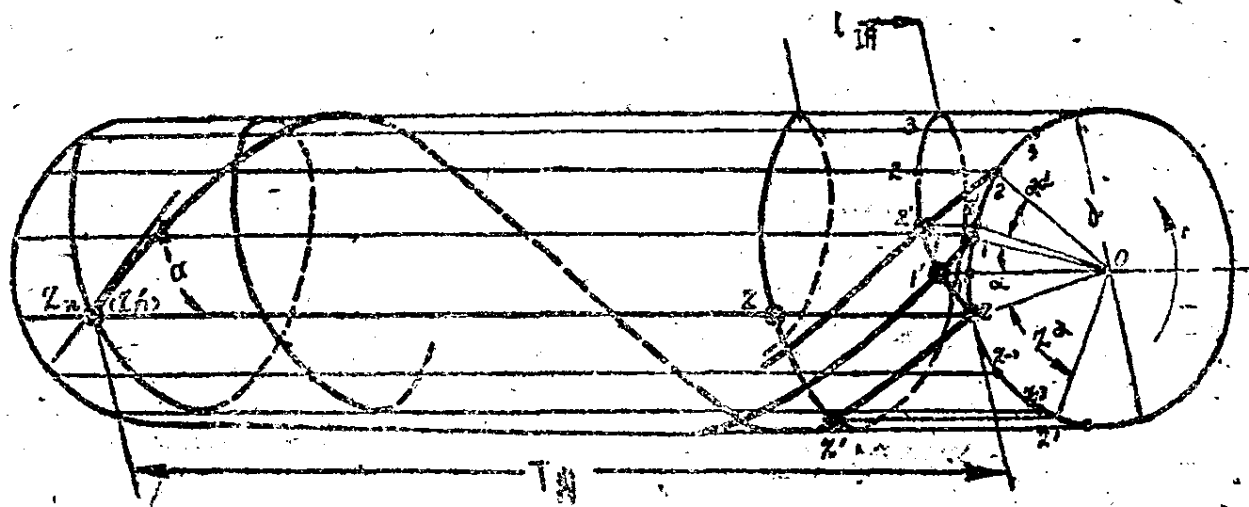


圖 7-5 帶螺旋槽工件簡圖

当鏟背的工件为直槽时，工件轉一週，刀具往復 z 次，同时并作縱向移动一个工件螺距 t 工件的距离。刀具鏟削沿螺旋綫进行。圖 7-5 所示当刀具由第 z 齿位置开始，工件轉过一个齿至点 z 时，鏟刀由 z 点順螺旋綫鏟削螺旋綫上的下一点1。工件再轉过一个齿至位置2时，鏟刀鏟削的齿为螺旋綫上的点2。当工件轉过一整轉时，鏟刀鏟螺旋綫上 z 位置的齿，此一齿与刀具开始位置处于同一水平綫上即 $z \sim z$ ，以下可以类推。

但目前所討論的是加工螺旋溝槽的工件，工件螺旋綫上的齿刃分布点为1', 2', 3'.....及 z' 。当刀具自 z 点开始順螺旋綫鏟削齿第1个齿时，工件并不需要轉到点1（工件端面上），而只要轉到点1'时就可以了，由圖中不难看出，实际上工件齿刃在螺旋綫上的分布間隔較工件为直溝时为密（ $z' - 1' < z - 1$ ），1'~1'綫

为轴向水平线。同样当镗刀镗削螺旋线上第2个齿时工件不需要转到点2只要转较小的角度至位置2'（工件端面上）就可以，镗刀镗削第 z 个齿时，工件并不需要转一周至 z 点的位置而只需要转到 z' 点）。

由上述可知，由于工件的齿刃在螺旋线上的分布，较工件为直槽时密，如果镗刀往复运动速度数保持和加工直槽刀具时一样，显然工件的转速就要减慢。

不难想象，当工件的螺旋槽与图示的方向相反时，工件齿刃在螺旋线上的分布就比工件为直槽时疏一些，这样，工件的转速就须要比在加工直槽时的转速加快。

工件减慢的程度已经很明显的表示在图7—5中，当刀具由 z 点开始镗削螺旋线上第一齿时，工件比在直槽时少转了一个 α 角；当加工第2个齿时，工件少转了两个 α 角；当加工第 z 个齿时，工件少转 z 个 α 角；其余类推。

从图上不难看出：当刀具顺螺旋纵向移动一个螺旋槽螺距 t 至 z_n 点时，工件将会减慢转1整转。换言之，如工件转速保持不变时，镗刀往复行程加快 z 次。

由此可得出结论，当镗刀加工具有螺旋槽的刀具，镗刀每纵向移动一个螺旋槽的螺距 t 值时，刀具在此期间往复行程的总次数比加工直槽刀具所需的总次数，要增加或减少与刀具的槽数相等的次数，即 $\pm z$ 次，正负号视螺旋槽的方向而定。如系左旋（如图7—4所示）螺旋槽，则为正，反之则为负。

[例] 设 $t = 500$ 公厘的左旋螺旋槽， $t_{\text{工件}} = 1$ 公厘， $z = 10$ 。

当镗刀纵向移动 500 公厘时，工件转数 $\frac{t}{t_{\text{工件}}} = \frac{500}{1} = 500$ 。在

同一时间内，如工件系直槽，则镗刀往复次数应为 $\frac{t}{t_{\text{工件}}} \times z = 500 \times 10 = 5000$ 次。工件现为左旋螺旋槽，因此镗刀的往复行程

次数为 $\frac{t}{t_{\text{工件}}} \times z + z = 5000 + 10 = 5010$ 次。如把工件的螺旋槽改

为右旋的，则镗刀往复行程次数为 $5000 - 10 = 4990$ 次。

但实际上为了保证所制造的刀具（工件）具有良好的切削性能，刀具的螺旋与其上所开的螺旋沟槽具有不同的螺旋方向，大多数齿轮滚刀的螺旋线与其所开的螺旋槽是相互垂直的。

2 C8955 (K96) 型万能镗背车床

机床的功用 这种机床用来镗削圆盘铣刀或圆柱形齿轮刀具之齿背，例如成型铣刀，滚齿刀具，花键轴滚刀，螺旋刀具等。它还可以用镗磨法给刀具齿背进行精加工。

机床的性能 图 7—6 所示为机床的外观图，其技术性能数据如下：

机床中心高 280 公厘

机床中心距离 800 公厘

可加工工件的齿数（或沟槽数）1~40

所加工工件的模数螺旋 $M=0.5\sim80$ 公厘

普通螺旋 $t=0.5\sim240$ 公厘

$$\text{径节螺旋 } d = \frac{1}{72} \sim 10 \text{ 吋}$$

机床主轴转速 12 级，4.5~205 转/分。

主体运动 由功率 $N=2.3$ 瓩， $n=750/1500$ 转/分的双速电

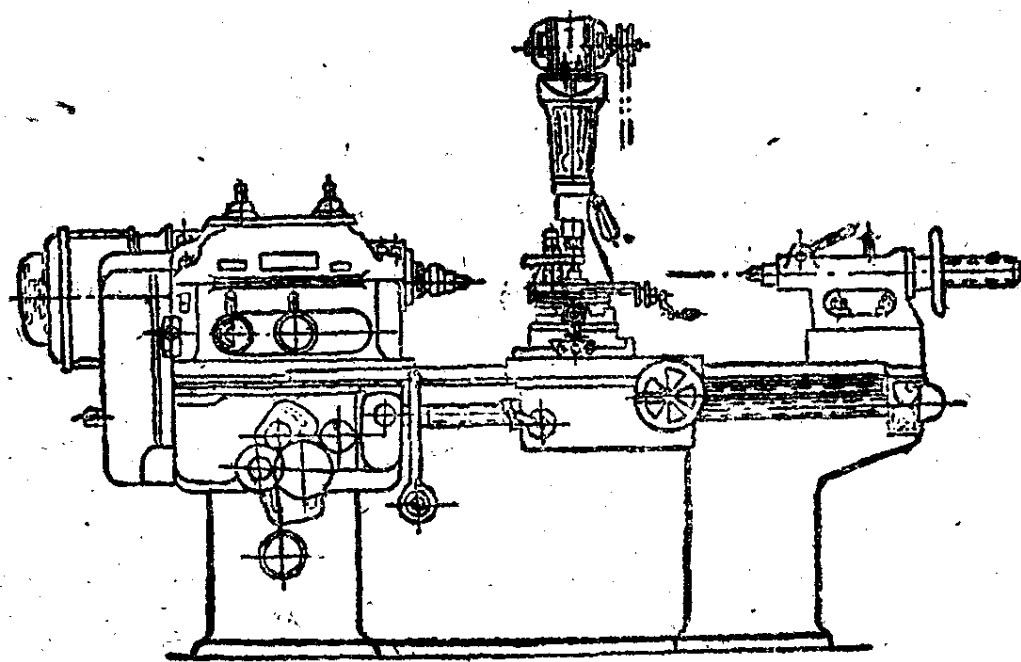


图 7—6 C8955 型镗背车床的外观图

动机带动(圖 7—7)經過直接裝在馬達軸上的 $Z=26$ 的齒輪帶動軸 II 上的 $Z=73$ 的齒輪旋轉。再經過軸 II 上的兩個二聯齒輪,到第 III 軸,這樣第 III 軸共有四種不同的轉速。再經過軸 III 上 $Z=50$ 的齒輪帶動 IV 軸 $Z=65$ 的齒輪帶動空套軸旋轉,如果將帶离合器齒的 $Z=80$ 的齒輪向左移動與套軸离合器結合,主軸可得四

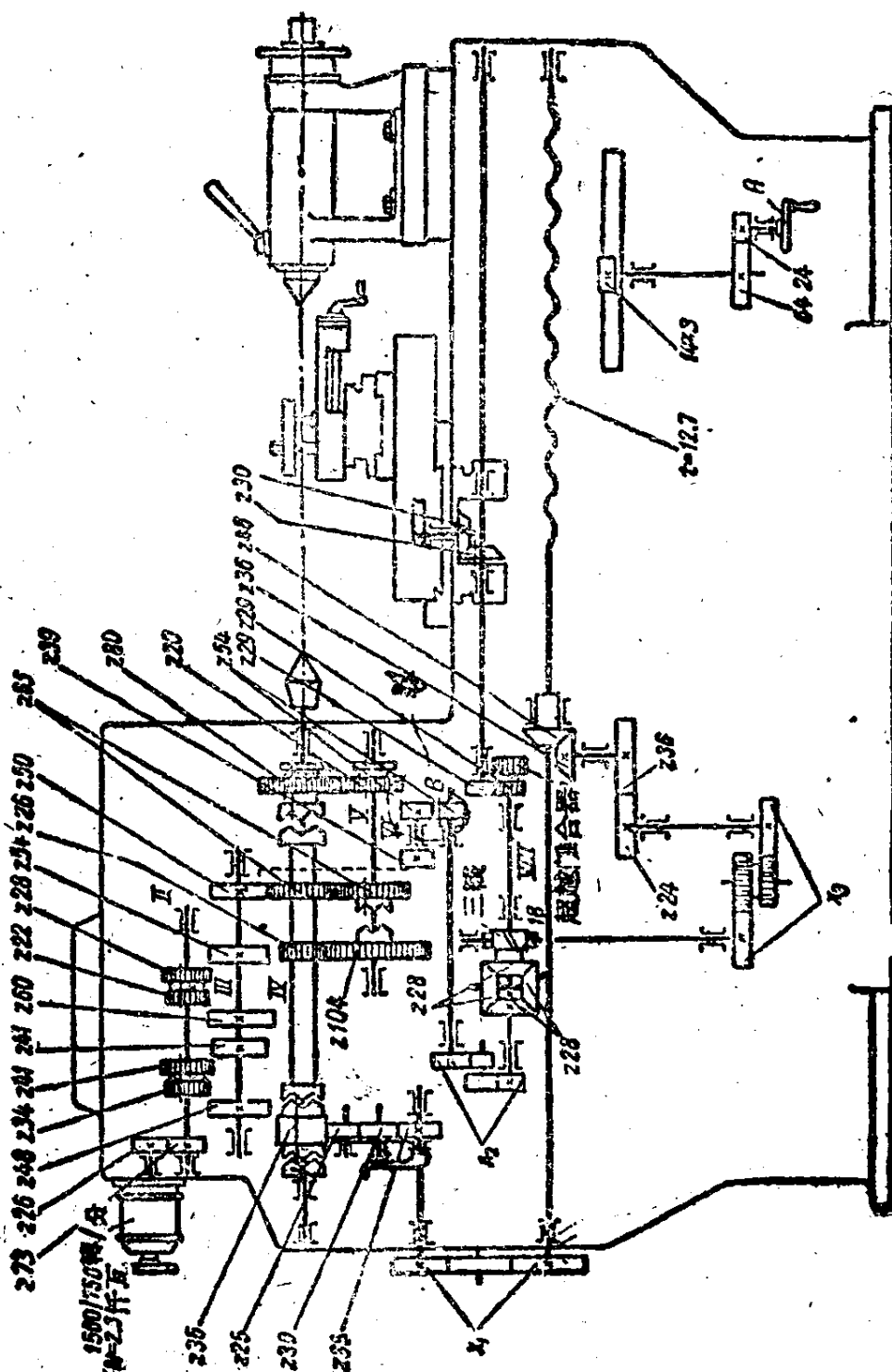


圖 7—7 C8955 型鑄齒車床傳動系統圖

种較高的轉速。傳動再經過背輪機構至主軸，又有兩種不同速比，即：

$$i_{背1} = \frac{65}{65} \times \frac{20}{80} = \frac{1}{4}; \quad i_{背2} = \frac{26}{104} \times \frac{20}{80} = \frac{1}{16};$$

所以主軸共有 $4 \times 3 = 12$ 種不同的轉速。

主軸旋轉運動的傳動鏈：

$$n_{电动机} \cdot \frac{26}{73} \cdot i_k \cdot \frac{50}{65} \cdot i_{背} = n_{轉/分}$$

式中 i_k = 二連齒輪的傳動比其值共有四個。

$i_{背}$ = 背輪機構的速比共有三個各為 1; $\frac{1}{4}$ 和 $\frac{1}{16}$ 。

主軸的最低轉數：

$$n_{最低} = 750 \times \frac{26}{73} \cdot \frac{22}{60} \cdot \frac{50}{65} \cdot \frac{26}{140} \cdot \frac{20}{80} = 4.5 \text{ 轉/分}$$

主軸的最高轉數：

$$n_{最高} = 750 \cdot \frac{26}{73} \cdot \frac{41}{41} \cdot \frac{50}{65} = 205 \text{ 轉/分}$$

當接通背輪機構中 $i_{背} = 1/16$ 的傳動比時，主軸共有四種轉數；在 4.5~12.8 轉/分的範圍內，當接通背輪 $i_{背} = 1/4$ 的傳動比時，主軸轉數共有四種轉數；自 18~51.2 轉/分，當不用背輪機構而直接用离合器連接，其傳動比為 1 時，主軸轉數由 72~205 轉/分，亦共四種轉數，

當電動機 $n = 1500$ 轉/分時，也有 12 種轉數，一般不是用作切削而是用作使主軸反轉以達到使刀架快速返回到原始位置。

決定主軸轉數是根據下式計算

$$n = \frac{1000 V}{\pi \cdot d}$$

式中 d —— 工件直徑，公厘； V —— 切削速度，公尺/分。

在普通車削時，我們只要根據上式的計算結果，適當選擇主軸轉數就可以調整機床然後進行切削。但是在鏜齒車床上根據上式計算的結果，並不能就根據這個計算的結果進行機床的調整工作，還需再進行一次驗算。

因为鏟齒車床在加工时,鏟刀要作往復的分齒运动。如齒为 z ,則工件每轉一週鏟刀往復 z 次。如工件轉速为 n 轉/分时,則鏟刀每分鐘往復次数 $n \cdot z$ 次/分。此数如果过大,由于鏟刀过分的震动的結果,將會引起机床机件寿命的縮短及加工的質量降低等一系列的問題。C8955型万能鏟齒車床允許的次数約为200次/分。如果 $n \cdot z = 200$ 次/分时,由于 z 是不变值,就必须减少 n 的值使 $n \cdot z < 200$ 次/分。这样才能保証机床的正常工作。

在粗加工及鏟槽数較少的工件时用較高的轉速,而精鏟和鏟槽数較多的工件时用較低的轉速。因此在此鏟床上,經過背輪机构,傳动比为 $1/16$ 的所有四种轉数和傳动比为 $1/4$ 的所有轉数是用作鏟齒用的。 $1/1$ 的傳动比只用作普通的车削。

电动机的軸上裝有手輪,这手輪在調整机床用手轉动变速箱齒輪和主軸时是不可缺少的。

分齒运动 鏟刀橫向往复运动,有时也叫做分齒运动,工件轉一轉时,鏟刀应作 z 次往復。其傳动系統应从主軸开始到鏟刀的刀架。

傳动由主軸經過背輪机构的傳动比: $i_{背} = 1/16$; $1/4$ 中的一个开始,然后經過Ⅲ軸上的 $z=50$ 的齒輪,傳到Ⅴ軸上 $z=39$ 的齒輪(在圖上用虛綫連結而实际上是相接触着)經過 $z=54:54$ 傳到分齒掛輪 $X_2(a_2, b_2, c_2, d_2)$ 上,經差动裝置(其傳动比 $i_{差} = 1/2$),再經 $z=29:29$,和 $30:30$ 的傘齒輪,然后帶动凸輪,在凸輪每轉一轉时,刀架作一次往復运动,其傳动鏈方程式为:

$$1 \cdot \frac{1}{i_{背}} \times \frac{65}{50} \times \frac{50}{39} \times \frac{54}{54} \cdot \left(\frac{a_2 \times c_2}{b_2 \times d_2} \right) \\ \times i_{差动} \times \frac{29}{29} \times \frac{30}{30} = z$$

式中 $i_{背}$ ——背輪机构傳动比

$$i_{差动} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{a_2 c_2}{b_2 d_2} = \frac{78}{65} i_{背} \cdot z = \frac{6}{5} \cdot i_{背} \cdot z,$$

$$\text{当 } i_{\text{背}} = \frac{1}{4} \text{ 时, } \frac{a_2 \times c_2}{b_2 \times d_2} = \frac{6}{5} \times \frac{1}{4} \times z = \frac{3}{10} z,$$

$$\text{当 } i_{\text{背}} = \frac{1}{16} \text{ 时, } \frac{a_2 \times c_2}{b_2 \times d_2} = \frac{6}{5} \times \frac{1}{16} \times z = \frac{3}{40} z。$$

在此传动系统中, $Z=54$, $Z=54$ 的一对齿轮中, 其中之一是滑移齿轮, 此滑移齿轮是从手柄 B 来控制的。此手柄 B 一方面是用来在不作镗削时, 将 $z=54$ 的齿轮滑开, 另一方面, 当调整机床时, 镗刀切入工件的位置, 不一定适当, 但镗刀必须调整到适当位置才可以进行加工, 要调整到此位置, 必须使主轴旋转的时候停止镗刀运动, 这样才可以改变原来的相互位置。所以在对刀时, 如果刀位置不适当, 就可以用手柄 B 将此传动系列断开而转动主轴以调整位置。

纵向进给运动 纵向进给运动的目的是为了在工件上镗制螺旋形的齿背。当工件转一转时, 镗刀纵向移动一个螺距 $t_{\text{工件}}$ 。刀架是由主轴传动到丝杠而获得运动的。

在主轴左端, 空套着带有双面离合器齿的齿轮 $z=35$, 将它向右与套轴接合时, 传动经背轮, 三星轮变向机构、挂轮 a, b, c 及 d , 而带动丝杠, 并经过固定在刀架上的螺母使刀架得到纵向移动。假如将带双面离合器齿的齿轮 $z=35$ 向左移动与主轴上固定离合器连接时, 又把左侧带离合器齿的 $z=80$ 的齿轮与套轴右端连接时, 传动就直接由主轴经过三星轮变向机构、挂轮 $X_1(a_1, b_1, c_1 \text{ 和 } d_1)$ 使丝杠旋转。

当采用上面的后一种传动时, 主轴至刀架的传动方程式如下:

$$1 \times \frac{35}{35} \times \frac{a_1 \times c_1}{b_1 \times d_1} \times 12.7 = t_{\text{工件}}$$

$$\text{上式化简后得 } \frac{a_1}{b_1} \times \frac{c_1}{d_1} = \frac{t_{\text{工件}}}{12.7}$$

当传动经过背轮机构时, 背轮机构原来的大的降速比, 在主轴与丝杠的传动链中变成大的增速化, 因而形成了螺距扩大机构。此时主轴至刀架的传动链方程式如下: