

蘇聯机床制造工業部
全蘇工具科學研究院

滾切法切削过程的研究

技術科學博士 И. И. 謝銘欽柯教授主編

技術科學付博士 Ю. В. 茨維斯著

第一机械工業部第二机器工業管理局

金屬切削机床研究所

本書根据：苏联机床制造工业部全苏工具科学研究院 Ю. В. ЦВИСС
著 И. И. СЕМЕНЧЕКО 主編的 “ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТО-
ЧЕНИЯ ПО МЕТОДУ ОБКАТКИ” (ЦБТИ 1950年版一書) 譯出

譯者：史軼宗 戴 真 审者：周广誠 李云壁

編輯：邱鶴章

出版发行者：金屬切削机床研究所

1957年出版

目 录

第一篇 理論部分	1
序言	
I 切削过程的运动学	6
A 成形迴轉体的加工	6
B 螺旋面的加工	8
II 用滾切法可能加工定形工件的条件	20
III 刀具外形的設計	23
A 安裝在工件中心上的、用于加工成形迴轉体的 刀具外形	23
B 安裝得低于工件中心的, 用于加工成形迴轉体 的刀具外形	28
B 用圓弧来代替刀具外形曲綫	35
Г 加工螺旋面的刀具外形	38
IV 刀具后面的形成	41
A 安裝在工件中心上的, 用于加工成形迴轉体的 刀具后面	41
B 安裝得低于工件中心的, 用于加工成形迴轉体 的刀具后面	53
B 加工螺旋面的刀具后面	53
V 刀具的几何形状	54
A 加工成形迴轉体的, 具有錐形后面的刀具几何 形状	55
B 加工成形迴轉体的, 具有圓柱形后面的刀具几 何形状	63
B 加工螺旋面的刀具几何形状	75
VI 刀具外形的修正和工件外形由于刀具重磨而 产生的誤差的确定	98

A	加工成形迴轉体的、具有錐形后面的刀具	98
B	加工成形迴轉体的、具有圓柱形后面的刀具	101
B	加工軸向截面中具有直綫外形的螺旋面所用的 刀具	102
VII	过渡曲綫	102
VIII	刀具計算須知	112
A	加工成形迴轉体的、具有錐形后面的刀具的計 算須知	112
B	加工成形迴轉体的、具有圓柱形后面的刀具的 計算須知	119
B	加工軸向截面中外形为直綫的螺旋面所用的 刀具的計算須知	121
IX	切屑的形成	128
A	加工成形迴轉体时的切屑形成	128
B	加工螺旋面时的切屑形成	128
第二篇	实验部分	133
参考文献		162

第一篇 理論部分

序 言

加工迴轉體表面和螺旋面可以用各种不同的方法来实现。

加工迴轉體表面可以有下列方法：

1. 借外形符合于迴轉體表面形狀的靠模，以車刀进行加工。

这种方法的缺点是：

a) 不可能加工那些曲率半徑小于沿靠模滑动的滾子半徑的工件外形部份。

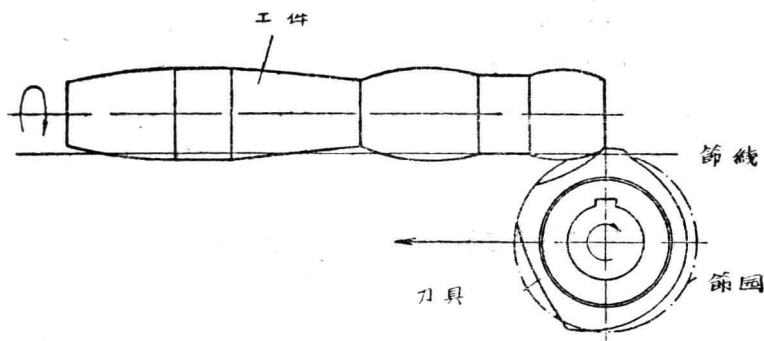


图 1

6) 不可能加工工件上昇角較大的外形部份。这是因为作用力对仿形機構很不利（靠模外形的昇角不应超过 45° ）。

2. 用成形寬車刀作徑向或切綫走刀。

这种方法的缺点主要是不能加工較長的工件。

3. 用碗形成形車刀以滾切法进行加工。

用这种車刀工作时，刀具外形的节圓沿着迴轉体外形的节綫进

行无滑动的滚动（图 1）。被加工的工件仅作旋轉运动，而刀具軸線則沿着工件的軸線作等速移动。

在这样的运动时，当工件节線沿着刀具节圓滚动时，則刀具外形应是工件外形線連續位置的包絡線。

加工螺旋面（例如絲槓，蝸桿，螺紋）可用下列方法进行：

1. 在螺絲車床上用車刀加工。

这种方法的缺点是：

a) 生产率低，因切削螺紋时，必須行程多次。

б) 加工多头螺紋时，切削一条螺旋線之后，必須进行精确分度。这就同样使生产率降低，並延長了輔助時間。

2. 用盤狀螺紋銑刀，或环形螺紋的組合螺紋銑刀进行加工。

用螺紋銑刀加工有下列缺点：

a) 不能在刀具一次行程后加工出多头螺紋。

б) 不能切削超过銑刀工作部份長度的螺紋（在用环形螺紋的組合螺紋銑刀加工时）。

3. 用螺絲切头进行加工。

这种方法的生产率很高，但是只能切削螺距不大的螺紋（3 公厘以下）。

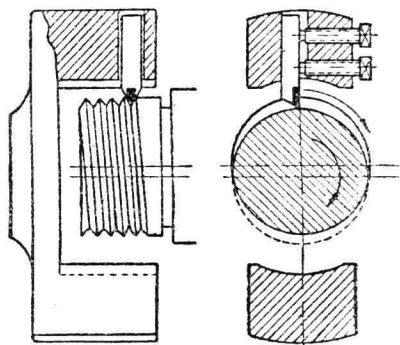


图 2

4. 用裝有硬質合金刀片的單齒螺紋銑刀进行加工（图 2）。这种切削方法，由于允許采用很高的切削速度，因而其生产率很高。但其缺点是当切削多头螺紋时，必須行程多次。

5. 用碗形成形車刀以滾切法进行加工（图 3）。

当蝸桿轉动时，蝸輪亦將随之同时轉动。若使蝸輪的軸線作平行于蝸桿的軸線移动，我們就可以看到，蝸輪的节圓將沿着蝸桿节

線作无滑滚动，正象柱形小齒輪在齒條上滚动一样。倘使蝸桿轉速为 ω_1 ，同时蝸輪軸線沿着蝸桿軸線移动，則蝸輪就應該具有三种运动：

- a) 由于蝸桿旋轉而使它繞本身軸線的旋轉运动(ω_2)；
- b) 沿着蝸桿軸線的前进运动(V)；
- B) 由于蝸輪節圓在蝸桿節線上滚动而产生的附加轉动(ω_3)。

如果將蝸輪作为刀具，蝸桿作为坯件（图 4），並給它們以上述运动，这样就得到用碗形成形車刀切削蝸桿螺紋的加工过程。

用滾切法来加工成形迴轉体和螺旋面，具有下列一些主要优点：

1. 能够对具有所需長度的成形迴轉体进行加工。

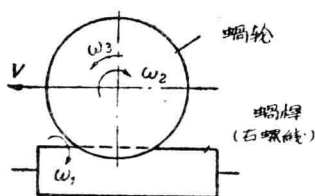


图 3

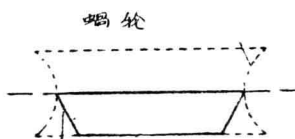


图 4

2. 对成形迴轉体和螺紋（包括多头螺紋）的加工可以在一次行程中完成。

3. 由于刀具切削刃的实际工作部份与工件接触時間很短，並由于相隣工作部份作連續不断的变更，所以造成了有利的切削条件。

4. 由于能够采用高速切削和本身切削过程的特点，因而生产率較高。

5. 使用这种方法，可以不受工件外形升角的限制。

6. 由于可以采用高速切削，就造成了加工时的良好条件，同

时由于能够在一次行程中完成整个工序，並能使操作过程完全自动化，因而这种方法的生产率很高。此时工件任何外形的得到，不是依靠机床的复杂化，而只是依靠所采用的刀具外形来保证。

这样，就保证了机床调整简单，並且有可能由技术熟练程度較低的工人操作。

滚切法的生产率可以与螺紋銑削法比較后大致地确定。

当銑削螺紋时，机动時間可按下式計算，

$$T_{\text{銑}} = \frac{\pi^2 \cdot D \cdot L \cdot D_{\Phi}}{1000 S_z \cdot Z \cdot V_p \cdot t \cdot \cos \omega},$$

式中：\$D\$——螺紋直徑，公厘；

\$L\$——螺紋長度，公厘；

\$\omega\$——螺紋中徑上的螺旋綫昇角；

\$t\$——螺紋的螺距，公厘；

\$D_{\Phi}\$——銑刀直徑，公厘；

\$S_z\$——銑刀每齿走刀量，公厘；

\$Z\$——銑刀齿数；

\$V_p\$——切削速度。

用滚切法加工螺紋时，其机动時間可按下式确定：

$$T_{\text{滚}} = \frac{L}{n \cdot S},$$

式中：\$n\$——工件的轉数；

\$S\$——工件每轉一轉，刀具沿工件軸綫的走刀量。

$$\text{因为 } n = \frac{1000 V_p}{\pi \cdot D} \quad \text{則 } T_{\text{滚}} = \frac{L \cdot \pi \cdot D}{1000 V_p \cdot S}$$

假設在上述兩種情况下的切削速度相等，

$$\text{則 } \frac{T_{\text{銑}}}{T_{\text{滚}}} = \frac{\pi \cdot D_{\Phi} \cdot S}{S_z \cdot Z \cdot t \cdot \cos \omega}$$

$$\text{令 } \frac{\pi \cdot S \cdot D_{\Phi}}{S_z \cdot Z} = A, \quad \text{則 } \frac{T_{\text{銑}}}{T_{\text{滾}}} = \frac{A}{t \cdot \cos \omega}$$

通常 $\cos \omega \approx 1$ ，故最后得：

$$\frac{T_{\text{銑}}}{T_{\text{滾}}} = \frac{A}{t}$$

A 值可根据經驗和定額資料計算。下表中列出的是各种不同工件的 $\frac{T_{\text{銑}}}{T_{\text{滾}}}$ 比值。

序 号	螺 紋 尺 寸	D_{Φ}	S_z	Z	S	A	$\frac{T_{\text{銑}}}{T_{\text{滾}}}$
1	螺 距 $t = 3$ 公厘	70	0.06	32	0.2	23	7.6
2	” $t = 5$ 公厘	70	0.06	32	0.3	35	7.0
3	” $t = 10$ 公厘	90	0.06	28	0.4	68	6.8
4	” $t = 15$ 公厘	90	0.06	28	0.4	68	4.8

实际上，滾切法的生产率比螺紋銑削法的生产率較表中所列数据要好几倍，因为上述所作比較，是在同样的切削速度下进行的，但是在用滾切法加工螺紋时，其切削速度应比銑削法高些。

用滾切法来加工成形廻轉体和螺旋面时，有以下的缺点：

1. 在刀具的設計和制造上，較为复杂。
2. 在与工件軸綫傾斜成不同斜角的外形各部分連接處（連接点），存在着过渡曲綫（图 5）。

故用滾切法来加工成形廻轉体和螺旋面，建議用于成批和大量生产中。因为在这种情况下，在生产上采用上述加工方法时，由

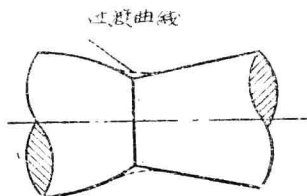


图 5

于刀具在制造上和計算上的复杂性，就不能佔有主要地位。在工件上常常是允許存在过渡曲綫的，但必要时，可以在工件上用相当于選擇节綫位置的方法，使它縮減到很小的数值，甚至为零。

由此可見，上面列举的缺点，並不阻碍上述方法在机械制造业中广泛使用的原因，而这种方法之所以較少推广，其原因可以解釋为：

1. 大部份生产工作人員不知道这种方法和使用这种方法的好处。
2. 缺乏專門的設備。
3. 缺乏設計和計算这种刀具的說明資料。
4. 缺乏在普通車床上借助于專用夾具，来使用这种方法的資料。

在本書中就是企图来弥补上述缺陷。为此，本書將談及下列几点：

- a) 叙述一些專用机床的原理图；
- б) 刀具的設計和計算方法；
- в) 在普通車床上采用这种方法所需夾具的原理簡图；
- г) 提供出全苏工具科学研究院对成形迴轉体及螺旋面进行加工的一些試驗記錄。

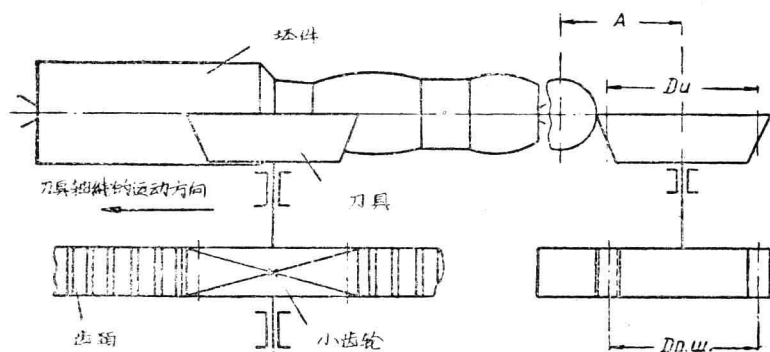
1. 切削过程的运动学

A. 成形迴轉体的加工

用滾切法加工成形迴轉体时，刀具的节圓是沿着工件节綫作无滑动的滾动（見图 1）。这样工件的外形將是刀具外形連續位置的包絡綫。

因此，为了使节圓能在节綫上作无滑动的滾动，只要在刀具的軸上裝上一个小齒輪，使該小齒輪的节圓直徑等于刀具的节圓直徑，並使二者的公共軸綫沿着工件軸綫作强制移动（图 6）。由

此，小齒輪應該與固定的齒條相嚙合。



D_n —刀具节圆直径

$D_{p.ш.}$ —小齒輪节圆直径

图 6

在上述情況下，倘使由于实际需要，要求能改变刀具和工件間的中心距离（ A ）及刀具节圆直径，則可以采用如图 7 所示的机构。

应用这种方法，齒条被固定在机床上，並与小齒輪相嚙合，小齒輪的軸則被安裝于夾具中，夾具上裝有刀具的軸和輪架 x 。

借助于輪架 x ，由小齒輪向刀具傳遞运动。

如果使夾具主体 x 沿着工件軸綫运动，小齒輪就將在齒条上滚动，同时通过輪架 x 向刀具傳遞迴轉运动。

显然，为了使刀具节圆在工件节綫上作无滑动的滚动，輪架 x 的傳动比必須按下列公式調整：

$$x = \frac{D_{p.ш.}}{D_n} \dots \dots \dots (1)$$

式中： $D_{p.ш.}$ ——小齒輪的节圆直径；

D_n ——刀具的节圆直径。

实际上，小齒輪旋轉一轉，則整个夾具連同刀具一起沿工件軸綫移动一个距离为 $L = \pi D_{p.ш.}$ 。当小齒輪每轉一轉时，刀具节圆沿

工件节线无滑动的滚动着。並滚过同样一个长度 L 。这时，刀具的

轉数应等于 $\frac{L}{\pi D_H}$ ，从而得：

$$x = \frac{L}{\pi D_H} \quad \text{或} \quad x = \frac{\pi D_{p \cdot III}}{\pi D_H}$$

上述簡图可以在車床上用滾切法加工成形迴轉体时作夾具設計用。

在这种情况下，齿条是固定在机床床身上，而夾具体連同小齒輪、輪架 x 和刀具一起，都是安裝在机床的刀架上的。

夾具沿着軸線的縱向移动，可以借能保証工件每轉后必須的走刀量的机床走刀箱来实现。

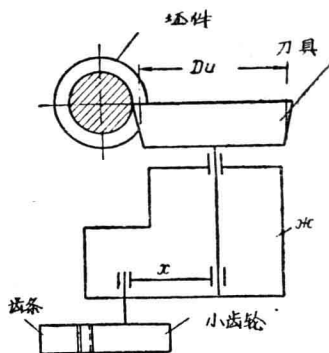


图 7

Б. 螺旋面的加工

上面已經提过，用滾切法加工螺旋面时，要有两种 成形 运动（見图 3）。

1. 蝸桿的傳动运动（刀具——蝸輪，坯件——蝸桿）；
2. 齿条的傳动运动（刀具——齿輪，坯件——齿条）。綜合这两种运动的結果，我們可以得到：

- ① 坯件的轉动 (ω_1)。
- ② 刀具軸線沿工件軸線的移动 (V)。
- ③ 刀具繞本身軸線的轉动 ($\omega_2 - \omega_3$)。

刀具繞本身軸線的迴轉，是下列两种形式运动的綜合結果：

1. 象蝸輪一样的刀具轉动，（工件每轉一轉，刀具 应 轉过

$\frac{K}{Z_H}$ 轉。式中： K ——蝸桿的螺紋头数， Z_H ——刀具的齿数）。

2. 刀具与工件象齒輪与齒条嚙合一样的轉动，（当刀具軸綫沿工件軸綫移动距离 L 时，刀具应轉过 $\frac{L}{\pi D_H}$ 轉）。

为了实现工件与刀具的上述运动，介紹下列如图 8 所示的原理簡图

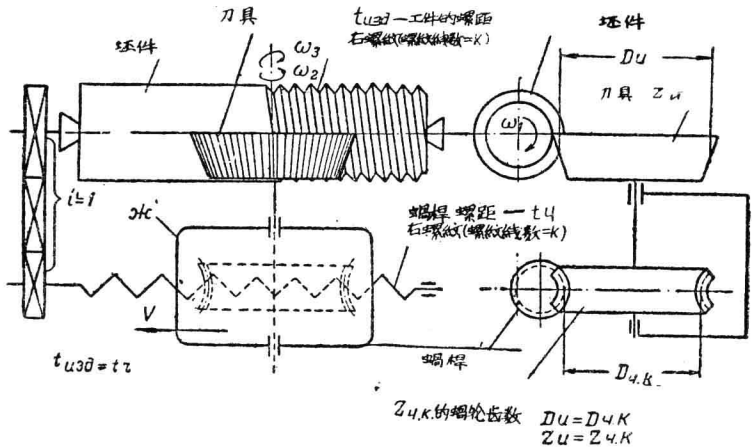


图 8

工件安裝于机床的两个頂尖上。运动由主軸借傳动速度比 $i=1$ 的傳动鍊傳遞到一長蝸桿上，該蝸桿的螺距等于所需加工的工件螺距。与蝸桿嚙合的有一个蝸輪，与該蝸輪同一軸上安裝着刀具（刀具和蝸輪的节圓直徑和齿数都相等）。

刀具和蝸輪二者的軸裝配在夾具主体 K 上，夾具可以沿着工件軸綫移动，（例如刀架）。由此可見，当主軸轉动与夾具主体 K 沿工件軸綫移动时，刀具可以完全做効出蝸輪的运动，因而在坯件上就复制出蝸桿的螺紋。

如果被加工螺紋的螺距不等于夾具中蝸桿的螺距，而刀具的节圓直徑亦不等于蝸輪的节圓直徑，在这种情况下，則建議应用图 9 所示的簡图进行。

图 9 与前述图 8 的区别，在于用掛輪架 y 来代替主軸与蝸桿間傳动比 $i = 1$ 的傳动鍊，而蝸輪和刀具之間則加入掛輪架 x 。

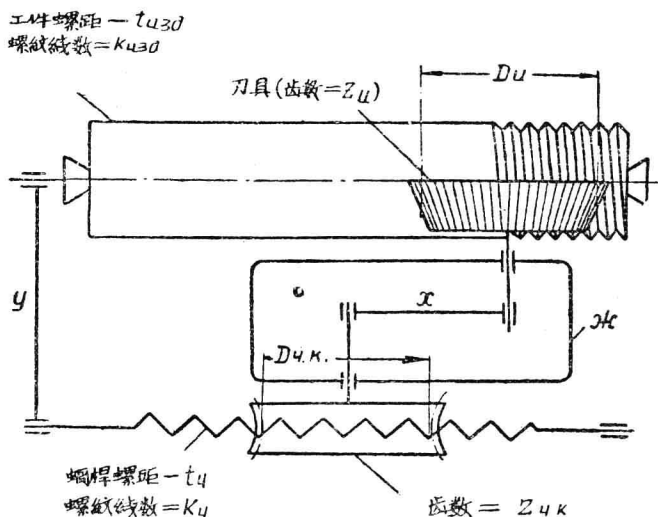


图 9

这种結構正象图 7 所示，掛輪架 X 应按照下列公式調整：

$$X = \frac{D_{q \cdot k}}{D_H} \dots \dots \dots (1)$$

(在上述情況下，蝸輪執行着小齒輪的任務)。

因此，為了在工作件和刀具之間實現蝸桿一樣的傳動，就必須有下列的相互關係：

坯件每轉一轉， 刀具應轉 $\frac{K_{H3Л}}{Z_H}$ 轉。

因之， $Y \cdot \frac{K_q}{Z_{q \cdot k}} \cdot X = \frac{K_{H3Л}}{Z_H}$ ， 由此

$$Y = \frac{K_{H3Л} \cdot Z_{q \cdot k}}{K_q Z_H \cdot X}, \text{ 但是 } Z_{q \cdot k} = \frac{\pi D_{q \cdot k}}{t_q};$$

$$Z_{\text{H}} = \frac{\pi D_{\text{H}}}{t_{\text{H3Л}}}; \quad X = \frac{D_{\text{Ч·К}}}{D_{\text{H}}}$$

將这些数值代入Y值中，即得：

$$Y = \frac{K_{\text{H3Л}} \cdot \pi D_{\text{Ч·К}} t_{\text{H3Л}} \cdot D_{\text{Ч}}}{K_{\text{Ч}} \cdot t_{\text{Ч}} \pi D_{\text{H}} D_{\text{Ч·К}}} \text{ 或是}$$

$$Y = \frac{K_{\text{H3Л}} \cdot t_{\text{H3Л}}}{K_{\text{Ч}} \cdot t_{\text{Ч}}} \dots \dots \dots (2)$$

如果夾具中是單頭蝸桿，則

$$Y = \frac{K_{\text{H3Л}} \cdot t_{\text{H3Л}}}{t_{\text{Ч}}} \dots \dots \dots (2a)$$

上述簡圖，在設計車床夾具用之，此夾具是當用滾切法加工螺旋面時用的。在這種情況下，借掛輪架Y使與機床主軸相聯接的並裝在軸承上的蝸桿，是裝在機床床身的後側。

蝸輪、掛輪架X和刀具一起被安裝在固定於刀架上的夾具中。倘使將掛輪架Y脫開，就能使蝸桿固定不轉動，所以上述簡圖能成功地利用於加工成形迴轉體中。

這時蝸桿即起着齒條的作用，而蝸輪是起着小齒輪的作用。由此，圖9所示的機構乃是一種通用機構，因為可使製造出來的夾具同時適用於螺旋面和成形迴轉體的加工。

圖10所示就是根據上述形式，用滾切法加工的仿形車床和螺絲車床的調正簡圖。

圖10中，沒有掛輪架X，因此在此種機床上只能使用節圓直徑等於蝸輪節圓直徑的刀具。

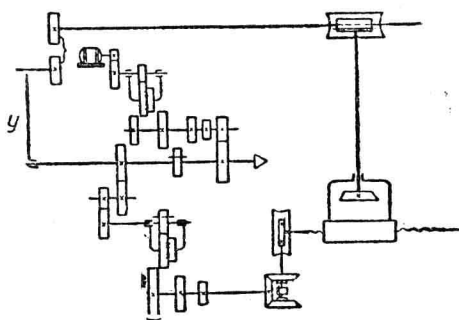


圖 10

在某些情況下，這一類機床亦有使用一些其它形式的原理簡圖（圖11）。

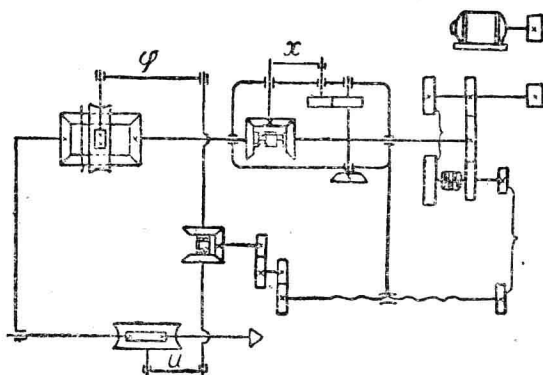


圖 11

為了闡明上述圖中的構成原理，首先應知道，刀具在工件每轉後的運動。

工件每轉一轉後，刀具軸綫沿工件軸綫移動量 $L = S$ ，式中 S 為工件每轉後的走刀量，以公厘計。

當工件每轉一轉後，刀具的轉數與蝸輪的轉數相同。即

$$n_2 = \frac{K_{\text{иЗД.}}}{Z_{\text{и}}} \text{轉}$$

當工件旋轉一轉後，由於刀具的節圓在工件節綫上滾動所引起的刀具附加轉數為：

$$n_3 = \frac{L}{\pi D_{\text{и}}} = \frac{L}{t_{\text{иЗД.}} \cdot Z_{\text{и}}} = \frac{S}{t_{\text{иЗД.}} \cdot Z_{\text{и}}} \text{轉}$$

這時刀具的總轉數為：

$$n_1 = n_3 \pm n_2 = \frac{S}{t_{\text{иЗД.}} \cdot Z_{\text{и}}} \pm \frac{K_{\text{иЗД.}}}{Z_{\text{и}}} \dots\dots\dots (3)$$

在公式（3）中，第二項前面的±號，是表明被加工蝸桿螺旋

綫的方向（右旋或是左旋）。

在上述机床簡图中，是依靠掛輪架 U 来調整所需要的走刀量的。

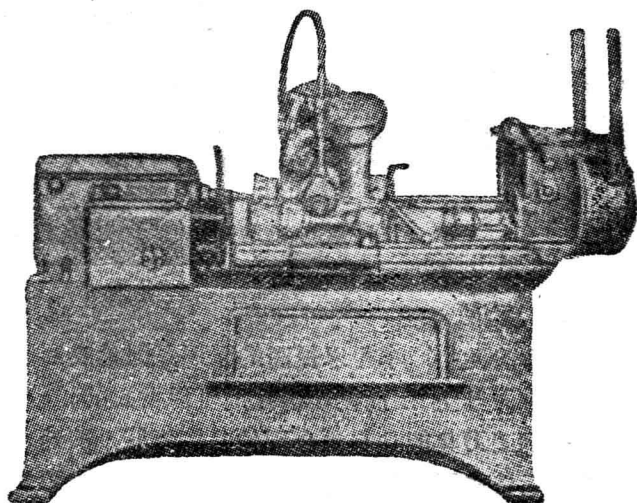


图 12

把刀具轉数調整到公式（3）所給出的数字时是借助于刀具傳动鍊，其中包含着掛輪架 U 和 X 。

图中由于有差动机构和差动掛輪架 φ ，因而使机床能够进行精确的調整。

图12所示为用滾切法加工的成形螺絲車床，图13、图14則表示加工成形廻轉体和蝸桿的切削过程。

图15所示为同时用兩把刀具进行滾切法加工的情况。

当同时以兩把刀具进行工作时，刀具可以有三种不同的佈置方案。

第一种方案，是以一把刀具用于粗加工，而另一把刀具进行精加工（图16）。