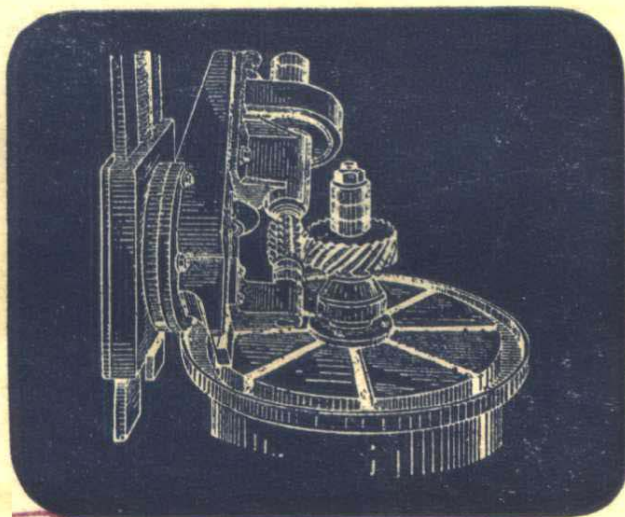


潘先知編著

怎樣在萬能銑床上銑螺旋線



機械工業出版社

博士學位論文

怎樣在實驗室中做試驗



機械工程學參考文獻

編著者：潘先知

書號 0907 (工業技術)

1955 年 10 月第一版 1955 年 10 月第一版第一次印刷

787×1092^{1/32} 字數 32 千字 印張 1⁵/₈ 0,001— 4,500 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(7) 0.21 元

出版者的話

祖國正在進行着大規模的經濟建設，大量的新工人將要不斷地參加到工業建設中來，同時現有的技術工人，由於在舊社會沒有學習的機會，經驗雖豐富，但理論水平較低。爲了使新工人能夠很快地掌握技術的基本知識，並使現有工人也能把實際經驗提高到理論上來，因此，我們出版了「機械工人活葉學習材料」。

這套活葉學習材料是以機器工廠裏的鑄、鍛、車、鉗、銑、鉋、熱處理、鉚、鉚等工種的工人爲對象的。每一小冊只講一個具體的題目，根據八級工資制各工種各級工人所應知應會的技術知識範圍，分成程度不同的「活葉」出版。

本書首先介紹螺旋線形成原理和應用，然後講到在萬能銑床上銑螺旋線時掛齒輪的計算、銑刀的選擇以及工作方法和步驟等。在計算問題方面，作者還列舉一些實際的例子加以解答，使讀者在閱讀時不會感到困難。本書是四、五級銑工所應該學習的。

目 次

一 螺旋線形成原理和應用.....	3
二 在萬能銑床上銑螺旋線的機構.....	6
三 在萬能銑床上銑螺旋線的各項計算.....	11
1 掛輪計算——2 分度計算——3 工作台或立銑頭軸擺動角度的計算 ——4 用查表方法代替計算法	
四 銑螺旋槽用的銑刀.....	22
1 銑螺旋槽的銑刀截面形狀——2 銑各種不同截面螺旋槽銑刀	
五 銑螺旋槽的切削用量.....	29
六 在萬能銑床上銑螺旋線的工作步驟.....	31
1 計算掛輪、分度和工作台或者立銑頭軸的擺動角度——2 安裝分度頭和 掛輪——3 安裝工件——4 安裝銑刀——5 銑刀和工件的定位——6 試 驗分度——7 調整吃刀深度——8 調整銑切速度——9 開車試銑—— 10 銑第一條螺旋槽——11 銑第二條螺旋槽——12 銑切其他各條螺旋 槽——13 第二次吃刀銑切	
七 銑切螺旋線的實例.....	37
1 銑四線花梢——2 銑三線蝸桿——3 尖齒背螺旋銑刀的開槽	
附表 銑螺旋槽的掛輪、導程、螺旋角對照表.....	47

一 螺旋線形成原理和應用

什麼叫做螺旋線呢？它是怎樣形成的呢？……等。底下我們就來談這些問題。

假設我們在一個圓柱體上繞上一條用紙張製成的直角三角形，就像圖 1 所表示的那樣。這張直角三角形的紙同圓柱基圓長度相等的，而直角邊 AB 是同這一圓周一致的，也就是 $AB = \pi \times D$ ，那末斜邊（ AC 邊）便在圓柱表面上形成曲線（ AEF ），這條曲線就是螺旋線。 BC 邊的長度就是螺旋線的導程（如圖 1），角 ACB 就是螺旋角。

從三角形 ABC 的關係裏，我們可以得出：

$$BC = AB \times \cot \beta,$$

$$\tan \beta = \frac{AB}{BC}。$$

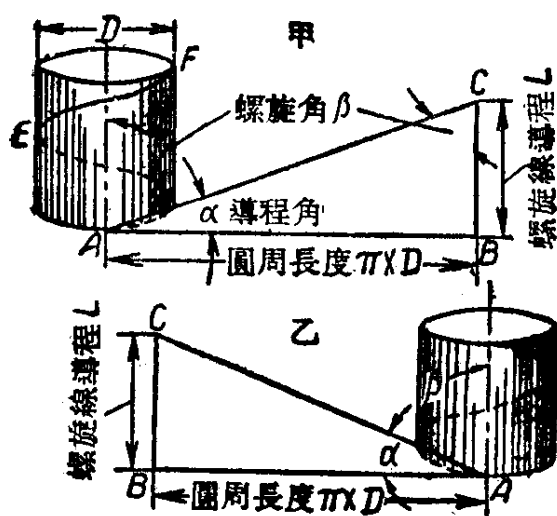


圖 1 螺旋線的形成：

甲—右螺旋線；乙—左螺旋線。

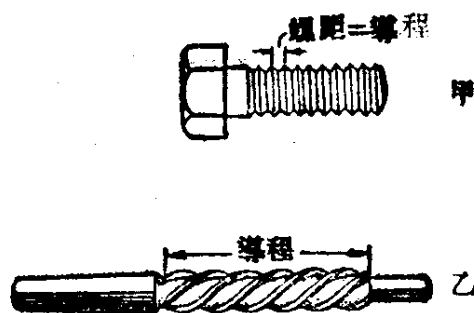


圖 2 螺釘和螺旋銑刀：

甲—螺釘；乙—螺旋銑刀。

因此，我們就可以得到求螺旋線導程和螺旋角的計算公式如下：

螺旋線的導程 $L = \text{圓周率 } \pi \times \text{圓柱直徑 } D \times \text{螺旋角的餘切 } \cot \beta$;

(1)

螺旋角的正切 $\tan \beta = \frac{\text{圓周率 } \pi \times \text{圓柱直徑 } D}{\text{螺旋線導程 } L}$ 。

(2)

如果把這張直角三角形的紙繞在圓柱上時，螺旋線從基線逐漸朝右上升，這種螺旋線叫做右螺旋線（如圖 1 中的甲）。若螺旋線從基線逐漸向左上升，這種螺旋線叫做左螺旋線（如圖 1 中的乙）。

在一個圓柱上面可以有許多條螺旋線，像多頭螺絲、多頭蝸桿、螺旋齒輪、螺旋銑刀、擴孔鑽等都是多螺旋線的工件。圖 2 是單線螺釘和四線螺旋銑刀。圖 3 是一把圓柱螺旋銑刀。在這把螺旋銑刀上有 12 個刀齒，因此在銑刀圓柱面上就有 12 條螺旋線。這些多螺旋線的工件，各條螺旋線大都是均勻分佈在圓柱的

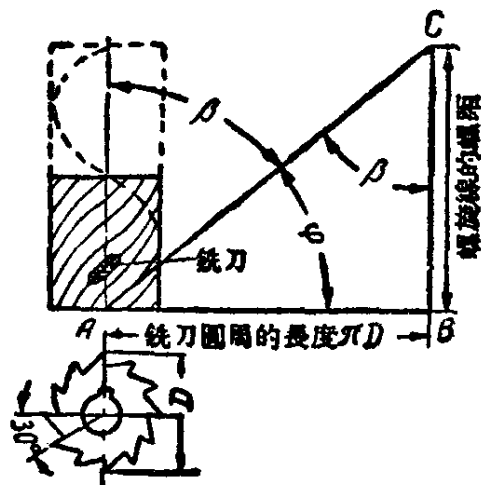


圖 3 多螺旋線。

圓周面上。圖 3 中兩相鄰螺旋線間距是 $\frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$ ，所以相鄰兩條螺旋線的圓周間距可以用下列公式求出：

相鄰兩螺旋線圓周間距角 $\theta^\circ = \frac{360^\circ}{\text{螺旋線數 } z}$ 。

(3)

公式 (1)、(2)、(3) 在銑螺旋線的計算中是經常要用到的。

螺旋線顯然是在圓柱面上繞着圓柱軸心線等速旋轉，同時又沿圓柱軸心線方向等速移動所成的曲線。這就是說螺旋線是要繞着圓柱軸線旋轉運動，並沿圓柱軸心線方向推進直線運動配合起來才能得到，所以我們要在圓柱面上切削出螺旋線來，切削刀具和要切削的圓柱形工件，至少要有繞工件軸心線的旋轉運動，和沿工

件軸心線方向推進運動兩個運動組合出來才行。根據這個原理，在切削螺旋線時，切削刀具和工件運動的組合，一般有兩種方法：一種是工件作旋轉運動，刀具沿着工件軸心線方向作推進的直線運動，這樣刀具就能在工件上切出螺旋線來，在車床上車螺絲就是用這種方法。另一種方法

是工件作旋轉運動，同時又沿着它自身軸心方向作直線推進運動，而刀具只在一個固定軸上沿着工件螺旋線方向作旋轉切削運動如圖 4 所示。也能在工件上切削

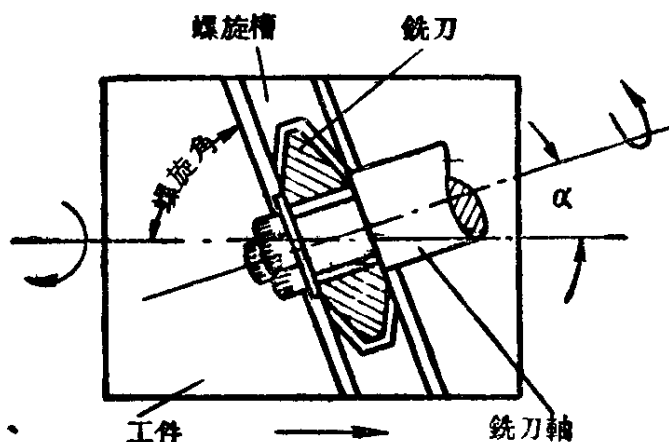


圖 4 銑螺旋線原理。

出螺旋線來，這種切削方法和原理也就是銑切螺旋線的基本原理。

但是，我們要銑切螺旋線的工件，不一定它的導程、螺旋角和螺旋線數都是一樣，因為工作有所需要不同，因此就有各種不同導程，螺旋角和螺旋線數，要符合於這點，刀具和工件就要作下面幾種運動才行：

一、銑刀要能繞着一根固定的軸作旋轉切削運動。

二、要使得工件能够繞着自身軸線作等速旋轉運動，並且還得沿着它的自身軸線方向作推進等速直線運動。同時也要求當工件旋轉一周的時候，沿着自身軸心線方向所推進的距離（即螺旋線的導程）也容易調整，這樣才能由銑刀銑出各種不同導程的螺旋線來。

三、工件或銑刀軸線要作左右擺動一個角度的運動，使銑刀能够沿着螺旋線方向（就是和工件軸線成一個螺旋角的方向）進行切削，這樣才能銑出不同螺旋角的左螺旋線或右螺旋線來。

四、工件要作圓周分度運動，這樣在銑多螺旋線工件的時候，每銑完一條螺旋槽後，使工件能够正確地轉過一個角度（所轉過的角度大小可由公式（3）求出），然後再銑另一條螺旋槽和其他螺旋槽，只有這樣才能銑出各種不同數目螺旋線。

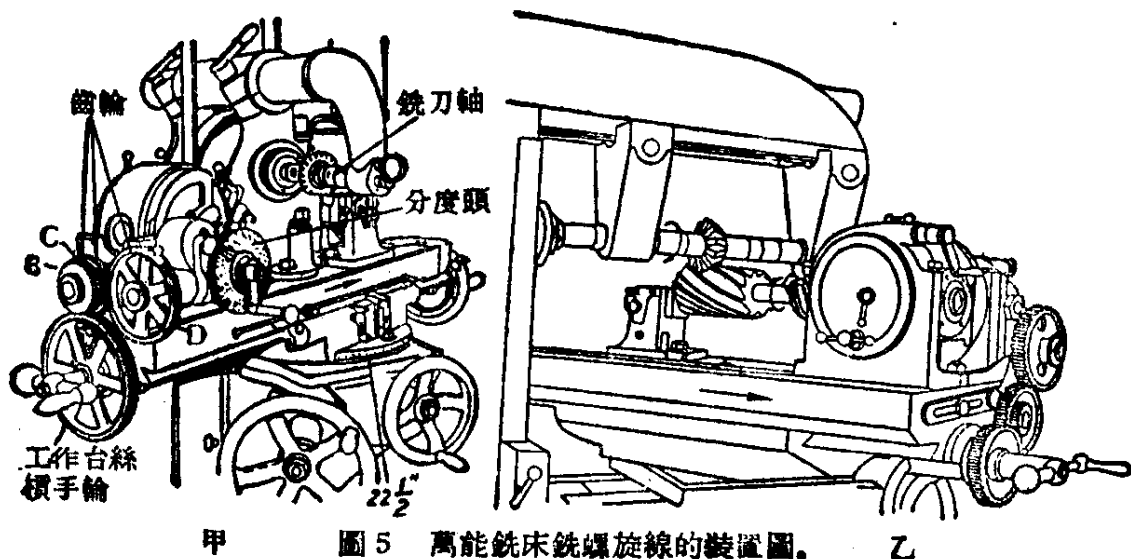
上面四種運動的配合，就是在實際應用上螺旋線銑切的方法。這四種運動在車床上是無法得到的，只有在萬能銑床上才有這樣的機構來得到這四種運動。

二 在萬能銑床上銑螺旋線的機構

圖 5 是萬能銑床銑螺旋線工件時的裝置圖，圖 5 甲是帶有布朗型萬能分度頭的萬能銑床，圖 5 乙是帶有蘇聯 ГЗΦС 型萬能分度頭的萬能銑床。目前我國各工廠裏都是用這兩種萬能銑床，但是爲什麼萬能銑床的機構能銑螺旋線呢？這是因爲：

第一、萬能銑床上有銑刀軸，銑刀裝在固定的銑刀軸上，迴轉銑刀軸，就能使銑刀得到旋轉運動來切削工件。

第二、在萬能銑床的工作台上還裝有萬能分度頭，工件就裝夾在萬能分度頭的心軸上，或者安裝在分度頭的兩頂尖上。通過掛



輪 A 、 B 、 C 、 D (見圖 5), 使分度頭和工作台絲槓間連接起來, 轉動工作台絲槓, 就使工件得到一面旋轉, 另一面又沿着它自身軸心線方向作推進的運動。工件旋轉一周沿着軸心線方向推進距離, 可以用可變換 A 、 B 、 C 、 D 掛輪齒數來調整, 這樣就能使銑刀在工件上銑出各種不同導程的螺旋線來。

轉動工作台絲槓, 就能使工件旋轉, 同時又沿着它自身軸心線方向推進的傳動機構和傳動順序如下:

圖 6 是布朗型萬能分度頭的傳動機構 (即圖 5 甲的萬能分度頭它是裝在銑床工作台上的左邊)。圖 7 是這種分度頭和工作台絲槓掛輪後來銑螺旋線的傳動系統簡圖。圖 6 中掛在分度頭短軸 M 上的 D 輪是通過 B 、 C 兩輪和工作台絲槓的 A 輪相連接的。 A_1 、 A_2 是一對齒數相同相交成直角的螺旋齒輪, B_1 、 B_2 、 B_3 三個正齒輪的齒數都是相等的。正齒輪 B_3 是和套筒 L 連成一起, L 是套裝在蝸桿軸上, 它可以在蝸桿軸上自由轉動。分度曲柄是跟蝸桿連成一體的。銑切螺旋線的時候, 曲柄插銷插到分度盤的小孔中, 使分度曲柄和分度盤固定在一塊。工件是安裝在分度頭心軸的夾盤上, 或者在分度頭兩頂尖間, 使得它能够隨着分度頭主軸一塊兒旋轉。分度

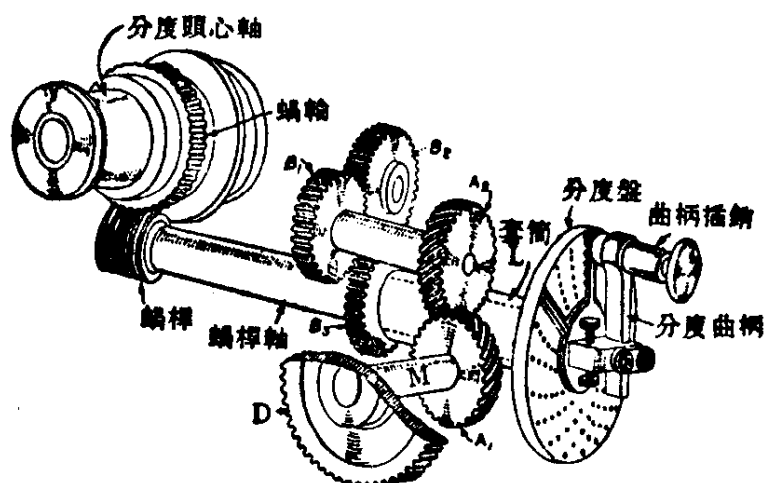


圖 6 布朗型萬能分度頭傳動機構。

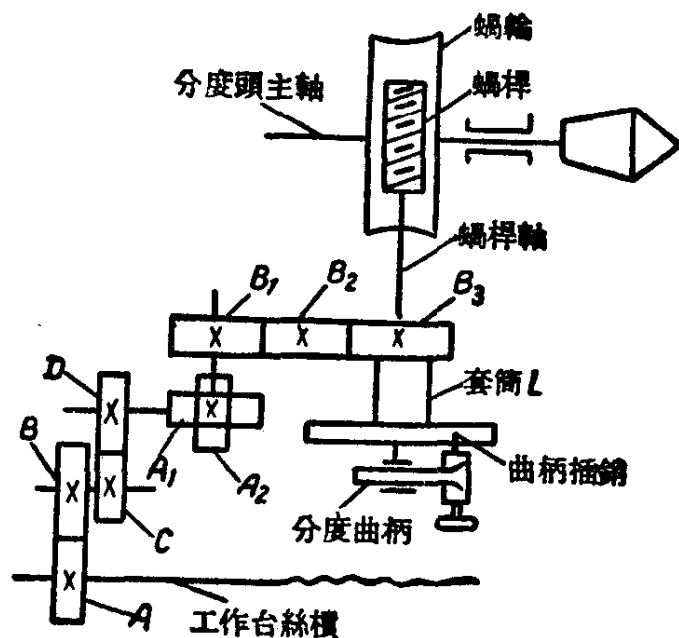


圖 7 布朗型分度頭銑螺旋線時的傳動系統圖。

頭是裝在工作台上，它的軸線和工作台絲槓的軸心線是平行的，所以也可以隨着工作台沿着它的軸心線方向移動。當轉動工作台絲槓的時候，就會使工件一方面旋轉，一方面沿着自身軸心線方向作推進運動。

如果把 A 、 B 、 C 、 D 四個齒輪的齒數變更一下，工作台絲槓和工件旋轉數的比例也就有變化。另外當工作台絲槓轉動的同時，也帶動工件作推進運動，所以變換齒輪 A 、 B 、 C 、 D 的齒數，就可以使工件旋轉一周同時沿它自身方向推進的距離，也就是要銑螺旋線導程的大小發生變化，因此就能夠銑出不同導程的螺旋線。

圖 8 是蘇聯 $\Gamma 3\Phi C$ 型萬能分度頭的外形。圖 9 是這種分度頭銑螺旋線掛輪的傳動系統簡圖。這種分度頭的主要機構和布朗型分度頭的機構差不多。圖 8、9 的 3 是分度頭主軸，15 是蝸輪，14 是蝸桿，13、4 和 5、6 是齒數相同的兩對正齒輪。齒輪 13 裝在蝸桿軸上，齒輪 5 和分度盤 10 是連在一起的，同時套裝在軸 21 上，可以繞軸 21 自由旋轉。分度曲柄 8 和軸 21 連成一體，分度

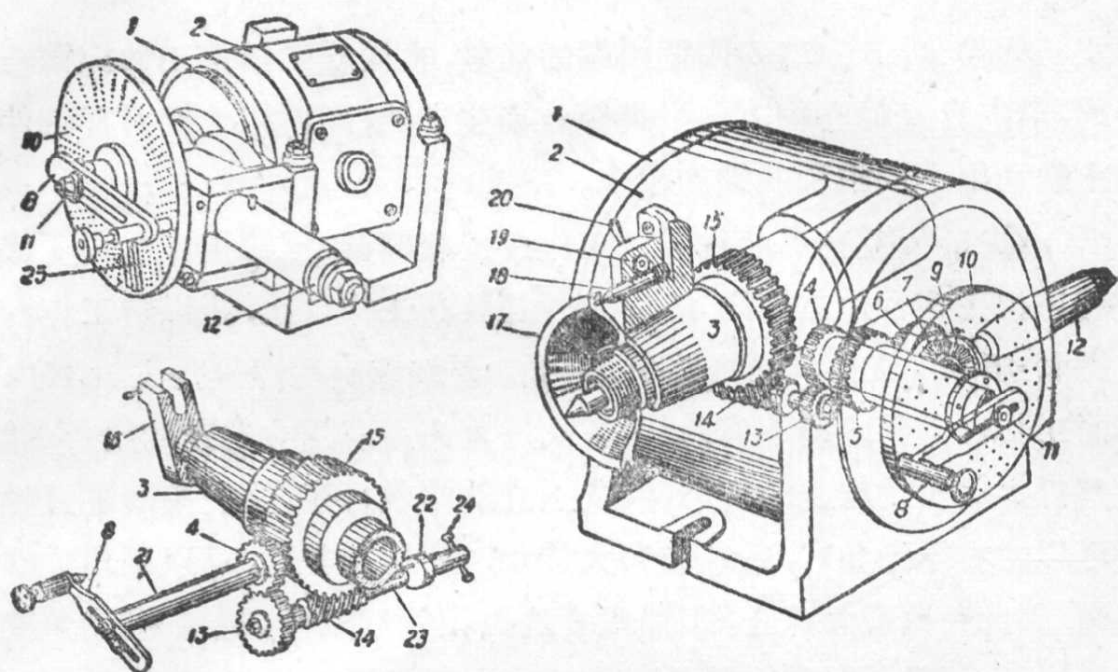


圖 8 蘇聯Γ3ΦC型萬能分度頭。

曲柄上有曲柄插銷，在銑切螺旋線的時候，插銷是插入在分度盤的孔中，使分度曲柄和分度盤連成一體。傘齒輪7和9的齒數是相等的，傘齒輪9是安裝在軸12上。工件是裝在分度頭主軸3的夾盤上，而分度頭是裝在工作台上。搖動工作台絲槓搖柄使工件產生旋轉，同時沿着它自身軸心線推進運動。底下是分度頭傳動順序。

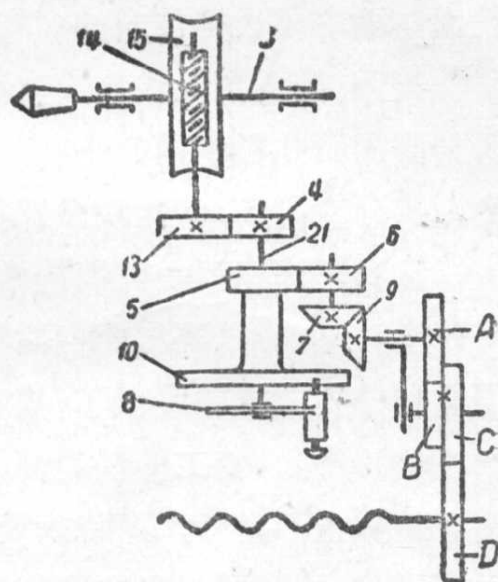


圖 9 蘇聯Γ3ΦC型萬能分度頭
銑螺旋線時傳動系統圖。

搖動工作台
絲槓搖柄

- A → B → C → D → 9 → 7 → 6 → 5 → 10 → 8 → 21
- 4 → 13 → 14 → 15 → 3 → 工件旋轉。
- 工作台絲槓 → 工作台面 → 工件沿它自身軸心線方向推進。

變換 A 、 B 、 C 、 D 四個掛輪的齒數，也同樣能够使工件旋轉一周，沿它自身軸心線方向推進距離發生變化，而可以使銑刀在工件上銑切出不同導程的螺旋線來。

第三、因為在萬能銑床的工作台上有轉盤，轉盤上刻有角度線可以把工作台左右擺動 45° 。工件是裝在工作台上，所以當工作台擺動 45° 時，工件也同時擺動 45° 角。要銑螺旋線螺旋角大於 45° ，而工作台擺動角度不夠的時候，萬能銑床還有用立銑頭的附件。就是拆去萬能銑床上的銑刀軸，安上立銑頭就行了。立銑頭的銑刀軸可以左右擺動 90° 。銑螺旋角大於 45° 的螺旋線時，可以應用立銑頭。因此在萬能銑床上，工件或者銑刀軸就可以得到左右擺動角度的運動，使銑刀軸線和要銑螺旋線方向垂直進行銑切，這時就可以銑出無論有多大螺旋角的左螺旋或右螺旋的螺旋槽。

第四、因為萬能銑床上有萬能分度頭，它的分度盤上有許多圈等分圓周而孔數不同的小孔。利用這些不同孔數的小孔來作工件的圓周分度運動，就能銑多螺旋線的工件。

當我們銑完第一條螺旋槽的時候，需要停車來進行工件的圓周分度。分度時只要把曲柄插銷從分度盤的小孔中拔出來，這樣分度盤和分度曲柄就脫離了。搖動分度曲柄的時候，就直接通過蝸桿和蝸輪的傳動，使工件也旋轉。可是當停車後，絲槓不動，所以分度盤也是靜止不動的，這時就要用手轉動分度曲柄。轉動分度曲柄時，要預先計算好每次分度曲柄所要轉過的圈數，然後再把曲柄插銷插進分度盤孔中，把工件轉過一個角度，轉到第二條螺旋槽的正確位置後，才達到分度的目的，它的傳動順序如下。

1) 在布朗型萬能分度頭傳動順序(當工作台絲槓不動時，見圖 6、7)：

從分度盤拔出曲柄插銷轉動分度曲柄→蝸桿→蝸輪→分

度頭心軸→工件旋轉。

2) 在蘇聯 $\Gamma 3\Phi C$ 型萬能分度頭傳動順序 (當工作台絲槓不動時參看圖 8 圖 9):

從分度盤 10 拔出曲柄插銷轉動分度曲柄 $8 \rightarrow 21 \rightarrow 4 \rightarrow 13$
 $\rightarrow 14 \rightarrow 15 \rightarrow 3 \rightarrow$ 工件旋轉。

由於萬能銑床上有萬能分度頭等機構, 所以它可以解決銑螺旋線時所需要的四種運動, 由於它具備這個優點, 因此銑各種螺旋線都在萬能銑床上銑。

三 在萬能銑床上銑螺旋線的各項計算

在萬能銑床上銑螺旋線的計算包括下面三個部分: 1) 掛輪計算; 2) 分度計算; 3) 工作台或立銑頭擺動角度的計算。

底下把這三種計算的原理和方法介紹一下。

1 掛輪計算

在萬能銑床上銑螺旋線計算掛輪的方法和原理跟在車床上車螺絲時掛輪的計算方法差不多。不過在車床上車螺絲的時候, 是根據車床進給絲槓的導程和要車的螺絲的導程來計算車頭掛輪的。但是在萬能銑床上銑螺旋線, 是根據銑床工作台的導程 (也叫做銑床標額), 和要銑的螺旋線的導程, 來計算圖 5 中 A 、 B 、 C 、 D 四個掛輪的齒數的, 這就是車螺絲和銑螺旋線的時候, 在掛輪計算上的一點區別。所謂銑床工作台導程, 就是在圖 7 和圖 9 銑螺旋線的傳動系統中, 使 A 、 B 、 C 、 D 四個掛輪的速比等於 1, 也就是使 A 輪和 D 輪的轉數相同的時候, 分度頭主軸旋轉一周, 工件也轉一周, 銑床工作台所推行距離, 這就叫做銑床工作台導程。

因為在蘇聯 $\Gamma 3\Phi C$ 型和布朗型萬能分度頭中, 它們傳動齒輪的齒數都是相同的, 例如圖 7 中的 A_1 、 A_2 、 B_1 、 B_2 、 B_3 的齒數都是

相同的。圖 9 中的 5、6、7、9、4、13 的齒數也相同，也就是說 D 輪的轉數和蝸桿的轉數相同。這樣當 A 輪和 D 輪轉數相同的時候，銑床工作台上的絲槓轉數和分度頭蝸桿轉數就相同（因為， A 輪是掛在銑床工作台絲槓上，同絲槓一塊兒轉動），因此在分度頭主軸轉一周的時候，工作台絲槓轉過的周數，是分度頭蝸輪和蝸桿的速比，即等於 $\frac{\text{蝸輪齒數}}{\text{蝸桿的頭數}}$ 。但工作台絲槓轉動一周工作台移動的距離等於絲槓的導程，所以當分度頭主軸旋轉一周的時候，銑床工作台所移動的距離就是銑床工作台導程，所以計算銑床工作台導程可以用公式來計算。

$$\text{銑床工作台導程} = \frac{\text{分度頭蝸輪齒數}}{\text{分度頭蝸桿齒數}} \times \text{工作台絲槓導程}。 \quad (4)$$

在蘇聯 ГЗФС 型和布朗型萬能分度頭裏，蝸輪的齒輪都是 40 齒，蝸桿也都是單頭的，所以

$$\text{銑床工作台導程} = 40 \times \text{工作台絲槓導程}。 \quad (5)$$

比如工作台絲槓導程是 6 公厘，工作台導程就等於 $40 \times 6 = 240$ 公厘。

當我們要銑螺旋線的導程和銑床工作台導程一樣的時候，圖 5 中 A 、 B 、 C 、 D 四個掛輪的速比是 1。但是當要銑螺旋線的導程和銑床工作台導程不相等的時候， A 、 B 、 C 、 D 四個掛輪的速比就應該等於要銑螺旋線的導程和銑床工作台導程的比。因此，可以用下面公式來計算掛輪：

$$\text{掛輪速比} = \frac{\text{銑床工作台導程}}{\text{要銑螺旋線導程}} = \frac{\text{原動輪齒數乘積 } A \times C}{\text{從動輪齒數乘積 } B \times D}。 \quad (6)$$

計算銑床工作台導程，可以用公式 (4)。要銑螺旋線導程可以用公式 (1) 來計算，得出了銑床工作台導程和要銑螺旋線導程的數值後，就可以用公式 (6) 求出 A 、 B 、 C 、 D 四輪的齒數了。圖 5 中的 A 是原動輪，掛在工作台絲槓上； B 是從動輪，掛在中間軸上，由 A 來傳動。原動輪 A 和從動輪 B 是掛在同一軸上的。 D 也是

從動輪，它是掛在分度頭伸出來的短軸上，由 C 來傳動。從公式 (6) 算出掛輪齒數，要使 $A + B$ 大過 C 15 齒， $C + D$ 大過 B 15 齒才行，不然就不容易掛上。

一般的萬能分度頭，像蘇聯 $\Gamma 3\Phi C$ 型和布朗型萬能分度頭，都備有 12 個交換齒輪，它們的齒數是 24, 24, 28, 32, 40, 44, 48, 56, 64, 72, 86, 100。取 12 個交換齒輪中的四個齒輪互相配合，就可以得出多種不同的掛輪速比。這樣就可以銑出許多不同導程的螺旋線。

例如我們要銑螺旋線的導程是 100 公厘，萬能銑床工作台絲槓導程是 6 公厘，所用的是蘇聯 $\Gamma 3\Phi C$ 型萬能分度頭，因此工作台導程由公式 (5) 算得 $= 40 \times 6 = 240$ 公厘再由公式 (6) 計算掛輪。

$$\begin{aligned}\text{掛輪速比} &= \frac{240}{100} = \frac{24}{10} = \frac{4}{2} \times \frac{6}{5} = \frac{4 \times 12}{2 \times 12} \times \frac{6 \times 8}{5 \times 8} \\ &= \frac{48}{24} \times \frac{48}{40} = \frac{A}{B} \times \frac{C}{D}.\end{aligned}$$

這也就是 A 輪是 48 齒， B 輪 24 齒， C 輪 48 齒， D 輪 40 齒。 $\Gamma 3\Phi C$ 型的分度頭上只有 12 個齒輪，在這 12 個齒輪中，48 齒的齒輪只有一個。可是目前我們要兩個 48 齒齒輪怎麼辦呢？只能重新算過。

$$\begin{aligned}\text{掛輪速比} &= \frac{240}{100} = \frac{24}{10} = \frac{4}{2} \times \frac{6}{5} = \frac{4 \times 16}{2 \times 16} \times \frac{6 \times 8}{5 \times 8} \\ &= \frac{64}{32} \times \frac{48}{40} = \frac{A}{B} \times \frac{C}{D}.\end{aligned}$$

計算出來得 A 輪 64 齒， B 輪 32 齒， C 輪 48 齒， D 輪 40 齒，這四個齒輪的齒數在 $\Gamma 3\Phi C$ 型分度頭所附的 12 個交換齒輪中都有，而且 $A + B = 96$ 大過 C 輪 15 齒以上， $D + C = 88$ 也大過 B 輪 15 齒以上，因此選用這四個齒輪是合適的。

除了計算掛輪的齒數以外，我們還要考慮到掛輪的個數。這是

因為我們要銑螺旋線有左螺旋線和右螺旋線的區別。因此，就需要增加或減少掛輪時的齒輪個數，來改變工件旋轉的方向。掛輪時，所用的幾個齒輪，是不是跟要銑的左或右螺旋線相符合可以用下面方法來決定：

我們在裝上 A 、 B 、 C 、 D 四個齒輪以後，轉動工作台絲槓，如果掛輪的數目和要銑螺旋線的左或右相符合時，分度頭主軸的旋轉方向和工作台推進方向應該是：

銑右螺旋線時，分度頭主軸應該朝着人的懷裏方向旋轉；同時工作台向右推進，或者分度頭主軸離開人的懷裏方向旋轉，同時工作台向左推進，像圖 10 所表示的那樣。

銑左螺旋線時，分度頭主軸應該離開人的懷裏方向旋轉，工作台同時向右推進，或者分度頭主軸朝着人的懷裏方向旋轉工作台同時向左推進如圖 11 所示。

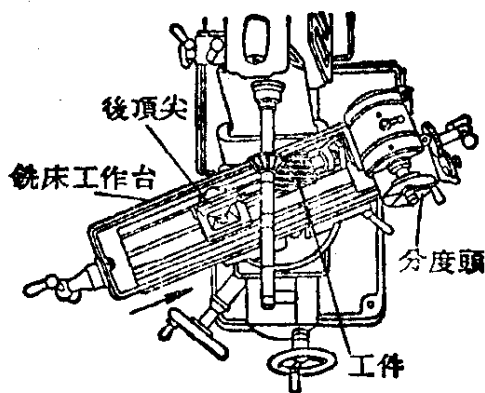


圖10 銑右螺旋線時情形。

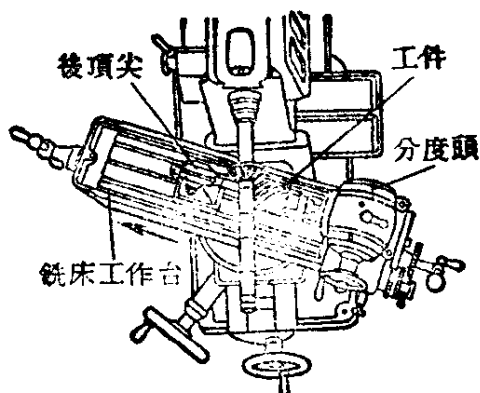


圖11 銑左螺旋線時情形。

如果發現分度頭旋轉方向和要銑螺旋線應該旋轉方向不同的時候，就必須在 A 、 B 、 C 、 D 四個齒輪中間加上一個中間齒輪 E ，像圖 12 所表示的那樣，來改變分度頭的旋轉方向，才能銑出我們所要求的螺旋線來。但是跟所加掛中間輪 E 的齒數多少是沒有關