

潘先知編著

怎樣銑凸輪盤



521.21

622

工 業 技 術

*

編著者：潘先知 文字編輯：楊溥泉 責任校對：周任南

1953年9月發排 1953年11月初版 00,001—14,000冊

書號 0357-8-104 $31 \times 43 \frac{1}{32}$ 33千字 24印刷頁 定價 2,100元(丙)

機械工業出版社(北京監甲廠17號)出版

機械工業出版社印刷廠(北京泡子河甲1號)印刷

中國圖書發行公司發行

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。

本書主要介紹凸輪盤的銑切原理、掛輪和銑刀軸及分度頭迴轉角度的計算法、操作步驟以及其他各種銑凸輪的方法，是四級到六級銑工所應學習的。

目 次

一	凸輪的用途和種類.....	1
二	凸輪盤各部分的名稱和作用.....	3
三	凸輪曲線導程的計算.....	5
四	凸輪盤的銑切原理.....	8
五	掛輪和銑刀軸及分度頭迴轉角度的計算公式.....	12
六	計算步驟.....	14
七	計算實例.....	15
八	怎樣用查表來計算掛輪和分度頭迴轉角度.....	29
九	操作步驟.....	32
十	其他各種銑凸輪的方法.....	33
附表	銑凸齒輪時交換齒輪迴轉角度	

一 凸輪的用途和種類

凸輪是機械組織機構中的一種作圓轉，擺動或往復滑行的循環週期性動作的機件。在機械的傳動機構上面，有時我們要求將均勻的迴轉運動，轉變成為間歇直線往復運動。比如，內燃機裏的進氣門和排氣門，它必須要有間歇的往復直線運動。當進氣的時候，我們需要氣門開着，到一定的時候，我們就需要氣門關閉，但是進氣門和排氣門的開閉運動，必須依靠內燃機曲軸的均勻迴轉運動來傳動。在這種情況下面，我們就必須利用凸輪這個機件來完成這個傳動的。圖1是一個內燃機氣門傳動機構圖，由圖上可以看到當曲軸迴轉時，由齒輪傳動凸輪迴轉，但是凸輪迴轉時，就能使氣門

產生間歇直線往復運動。

在圖上我們可以看到，氣門上升和下降的距離，和停止不動時間的長短完全是靠凸輪周緣曲線的形狀來決定的。

其他在自動螺絲車床、紡織機械和碎石機上，都需要把均勻迴轉運動，轉變成為間歇直線往復運動，所以就需要用到凸輪、凸輪的作用，就是把均勻

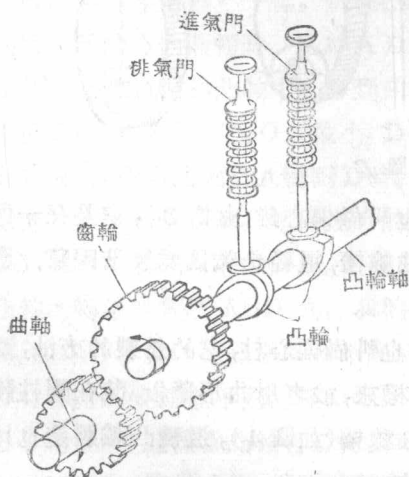


圖 1

的迴轉運動變成間歇的直線往復運動。

凸輪的種類很多，根據它的外形來分大概有三種：

1 平板形凸輪 這種凸輪也叫做凸輪盤，就是在一塊平板的周緣上銑出凸輪曲線來，有時銑出來的凸輪曲線像個桃子形，所以也叫做桃子輪。桃子形的凸輪在機械上應用最廣，同時製造也比較簡單，可以直接在銑床上銑製，上面所講內燃機進氣門和排氣門的凸輪就是用這種凸輪。圖 2 是幾種不同的凸輪盤：第一種從動部與凸輪盤接觸的是一條線；第二種是一點；第三種是一個滾子；第四種是一塊平板；在這四種方法中，第三、第四比較好。

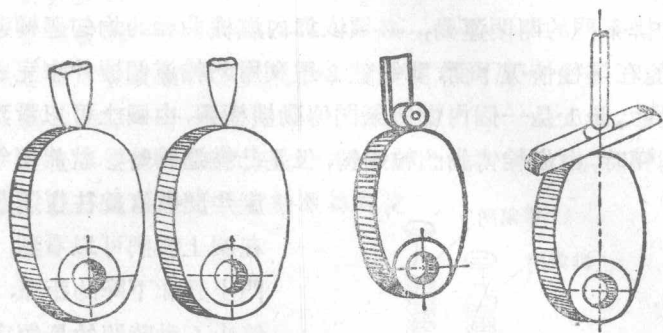


圖 2

2 錐形凸輪 錐形凸輪，也叫做偏心錐（如圖 3），它是在一個截頭的圓錐上，銑出一條凸輪曲線槽，這種凸輪因為製造困難，應用也很少。

3 圓柱形凸輪 這種凸輪也叫做偏心柱，它的銑製的方法；是在圓柱體上銑出一條凸輪曲線槽來，或者用曲形薄板，裝在圓柱體上，使得它彼此連成一條凸輪曲線槽（如圖 4），這種凸輪製造也比較困難，所以在應用上就比較少。

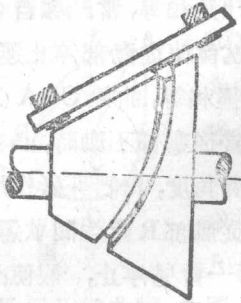


圖 3

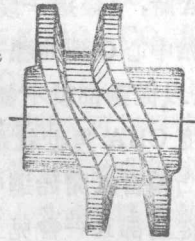


圖 4

二 凸輪盤各部分的名稱和作用

圖 5 是一個普通的凸輪盤，O 是凸輪盤的中心，曲線 ABCD 是整個凸輪盤周緣的形狀，這個凸輪周緣的曲線，是由 AD、DC 和圓弧 CBA 三條曲線組成的，每條曲線的每一位置所起的作用都不一樣。假使凸輪盤向箭頭所表示的方向迴轉時，曲線 AD 就會使從動部 R 上升，因為凸輪中心 O 到曲線 AD 的半徑不同，A 點的半徑 OA 最小，D 點的半徑 OD 最大，所以凸輪自 A 轉到 D 時，就會使從動部 R 上升一段距離，這段上升的距離等於 $OD - OA$ ，我們叫它做升距。從動部上升時，凸輪所轉過的角度 AOD 角，我們叫它做升角。



圖 5

曲線 DC 就會使從動部 R 下降，這是因為自凸輪中心 O 到曲線 DC 各處的半徑也不同，在 D 點的半徑 OD 為最大，C 點的半徑 OC 為最小，這樣當凸輪自 D 轉到 C 時，就會使從動部下降一段距離，這段距離等於 $OD - OC$ ，所下降的距離我們叫它為降距。升距

與降距往往是相等的，降角並不一定和升角相等，當凸輪自 C 經 B 又轉到 A 時，它經過一段曲線 CBA 時，就會使從動部停止運動。因為自凸輪中心 O 到曲線 CBA 各處的半徑相等，曲線 CBA 是一個圓弧，所以從動部就不會上升或下降。當從動部不動時，凸輪所轉過的角度 CBA 角也就是圓弧 CBA 所對角度，我們叫做作用角。因此當凸輪自 A 開始迴轉一週，就會使從動部 R 產生間歇運動，也就是說從動部 R 一會兒上升一會兒下降一會兒停止，假使凸輪順着圖 5 所指示的箭頭反方向迴轉時，那末升距就成了降距，升角就變成了降角；相反的降距也就變成了升距，降角變成了升角。

圖 6 所表示的凸輪盤，曲線 ABC 佔了整個圓周，A 處的半徑 OA 最小，C 處的半徑 OC 最大，從 C 到 A 是一條直線，整個凸輪的外形是由曲線 ABC 和直線 AC 連接成的，所以它的升角等於 360° ，而它的降角等於 0，作用角也等於 0，升距等於降距，也就是等於 $OC - OA = CA$ 。

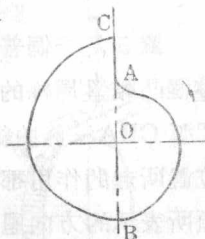


圖 6

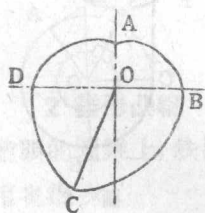
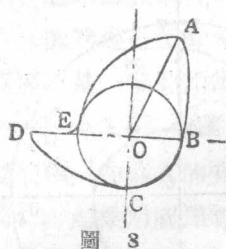


圖 7

圖 7 所表示的凸輪盤，是由曲線 ABC 和 CDA 連接而成的。這凸輪盤 A 點半徑 OA 最小，C 點半徑 CO 最大，曲線 ABC 和曲線 ADC 每一點的半徑都不相等，所以它的作用角是 0。由圖 7 可以看出它的升角比降角大，升距 = 降距 = $OC - OA$ 。

圖 8 所表示的凸輪盤是由曲線 AB，圓弧 BC，曲線 CD，直線 DE，和曲線 EA 所連接成的。EA 曲線的升角是 EOA 角，升距是 $AO - EO$ ，AB 曲線的降角是 AOB 角，它的降距是 $AO - EO$ ，



BC 曲線各處的半徑相等，所以凸輪轉過 BOC 角時，從動部停止不動。曲線 CD 的升角是 COD 角，升距是 $DO - CO$ ，直線 DE 的降角是 O，降距是 $OD - OE$ 。

凸輪盤周緣的形狀，可以根據我們所要求達到目的，用幾條不同的曲線連接起來，凡是使從動部產生上升或下降運動的一段曲

線，叫做凸輪曲線，如圖 5 中 AD、CD，圖 6 中 ABC，圖 7 中 ABC，CDA，圖 8 中 AB、CD、EA 等。在一個凸輪盤裏，可以有幾條凸輪曲線。通常我們所用的凸輪盤裏，每條凸輪曲線的升距和升角是成正比例的，就是說假使升距是 20 公厘，升角是 40° ，那末升角每迴轉一度，從動部就上升 $\frac{20}{40} = \frac{1}{2}$ 公厘，升角迴轉 10° 時，從動部就上升 $\frac{1}{2} \times 10 = 5$ 公厘，下降時的情況跟它一樣，這種凸輪曲線的凸輪盤，叫做等速凸輪盤。一般所用的凸輪盤，都是這種等速凸輪盤。下面我們所要講的凸輪的銑法，就是指這種等速凸輪盤用萬能銑床銑製的方法。

三 凸輪曲線導程的計算

在萬能銑床上銑凸輪盤時，往往要先知道凸輪曲線的導程，然後才能計算出它的掛輪。凸輪曲線的導程，就是凸輪曲線的升角（或降角）假定是一整周（也就是等於 360° ）時凸輪盤的升距（或降距）。

例如圖 9 是一個凸輪盤，它的升角是 360° ，升距是 50 公厘，那末這個凸輪盤的導程就是 50 公厘。圖 10 的凸輪盤，它的升角是 300° ，升距是 50 公厘，那末假定升角為 360° 時的升距就應該是凸

輪曲線的導程了。因為等速凸輪的升角和升距是成正比例的，所以可以用比例來計算：

升角(或降角) : 360° = 升距(或降距) : 凸輪盤的導程，寫成公式就是：

$$\frac{\text{凸輪曲線的導程 (L)}}{\text{升角(或降角)}} = \frac{360^\circ \times \text{升距(或降距)}}{360^\circ} \quad (1)$$

現在已知升角是 300° ，升距是 50 公厘就可以求出凸輪曲線的導程 $L = \frac{360 \times 50}{300} = 60$ 公厘。

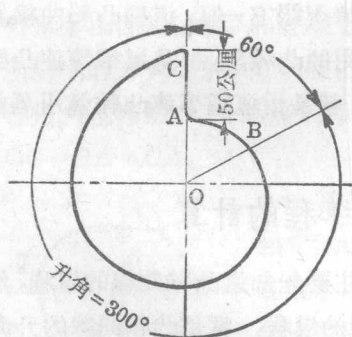


圖 10

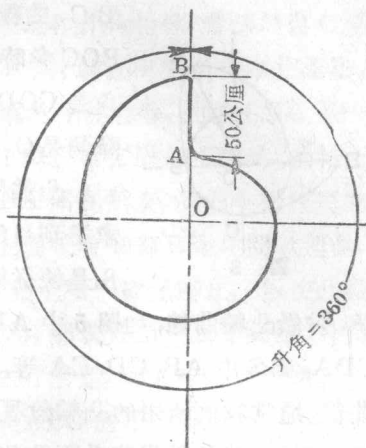


圖 9

圖 11 是一個有二條凸輪曲線的雙凸輪盤，凸輪曲線 A 的升角是 144° ，凸輪曲線 B 的升角是 126° ，凸輪曲線 A 的升距是 40 公厘，凸輪曲線 B 的升距是 50 公厘，那麼它的導程可以用公式(1)來計算：

$$\text{凸輪曲線 A 的導程} = \frac{360 \times 40}{144} = 100 \text{ 公厘}$$

$$\text{凸輪曲線 B 的導程} = \frac{360 \times 50}{126} = 143 \text{ 公厘}$$

但是在實際應用上，爲了計算掛輪方便起見，升角不用角度來計算，而是把圓周分成 100 等分，用所佔圓周的分數來計算的，這樣公式(1)就可以寫成下列的公式：

$$\text{凸輪曲線導程 } L = \frac{100 \times \text{升距(或降距)}}{\text{升角(或降角)所佔圓周的等分數}} \quad (2)$$

圓周等分數和角度的關係，是一個圓周等分等於 $\frac{360^\circ}{100} = 3.6^\circ$ ，如圖 11 的雙凸輪，曲線 A 的升角是 144° ，如果用圓周等分來計算時，它所佔圓周等分數是 $\frac{144^\circ}{3.6^\circ} = 40$ 等分，曲線 B 是 126° ，所佔圓周等分數應該是 $\frac{126^\circ}{3.6^\circ} = 35$ 等分，那末導程可以用公式 (2) 來計算出：

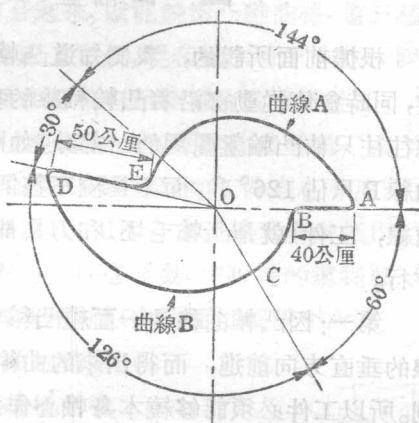


圖 11

$$\text{凸輪盤曲線 A 的導程} = \frac{100 \times 40}{40} = 100 \text{ 公厘}$$

$$\text{凸輪盤曲線 B 導程} = \frac{100 \times 50}{35} = 143 \text{ 公厘}$$

這樣計算出來的結果，是和所用公式 (1)，計算出來的結果是一樣的。

圖 12 也是一個凸輪盤，它的升角佔整個圓周的 91 分，它的升距是 0.178

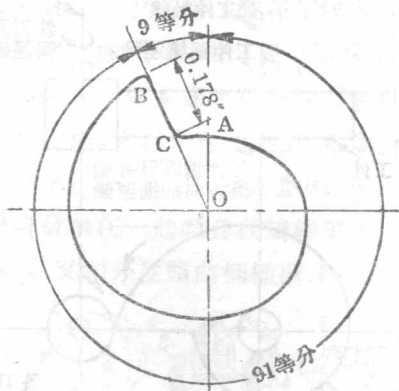


圖 12

吋，由公式 (2) 來計算它的導程：

$$\begin{aligned} \text{凸輪曲線的導程}(L) &= \frac{100 \times \text{升距(或降距)}}{\text{升角(或降角)所佔圓周等分數}} \\ &= \frac{100 \times 0.178}{91} = 0.1956 \text{ 吋。} \end{aligned}$$

四 凸輪盤的銑切原理

根據前面所說的，我們知道凸輪曲線繞着凸輪軸心迴轉的時候，同時會使從動部沿着凸輪軸線的垂直方向直線推進，而凸輪曲線往往只佔凸輪盤圓周的一部分，如圖 11 的曲線 A 只佔 144° 角，曲線 B 只佔 126° 角，而不是繞完整個圓周的。因此，要銑出這樣的曲線，工件（就是凸輪毛坯）和刀具都必須要有幾種運動聯合起來才行。

第一：因凸輪曲線是一面繞凸輪軸心迴轉，同時也沿着凸輪軸線的垂直方向前進，而得出來的曲線，它的升角和升距都成正比例。所以工件必須能夠繞本身軸心作迴轉運動，也能夠沿着本身軸線的垂直方向作直線推進運動，如圖 13 所示。同時工件迴轉一周它沿直線推進的距離，必須要等於凸輪曲線導程。

第二：銑刀軸必須和工件軸心平行，銑刀要沿着工件邊緣作迴轉銑切運動，才能跟着工件的迴轉和推進運動銑出凸輪曲線來。

第三：因為凸輪曲線的升角往往只佔圓周的一

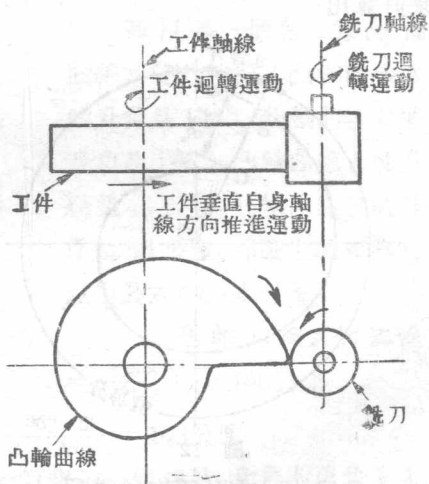


圖 13

部分，所以在銑切時，必須作分度運動才能銑切正確的升角或降角

來。

上面所說的三種運動聯合起來，就能銑出凸輪曲線，這三種運動，我們可以在一般的萬能銑床上完成，現在依次分別來談一談。

第一，先來談工件的迴轉和沿着它軸線垂直的推進運動：

大家都知道在萬能銑床上銑螺絲或者銑螺旋齒輪時，必須把分度頭和銑床工作台絲槓用齒輪聯接起來，把工件夾在分度頭上，這樣搖動絲槓搖柄H時（見圖14），工件一方面繞着自身軸作迴轉運動，一方面同時沿着軸心方向作推進運動，它推進的導程可以由四個掛輪的齒數來控制。這個道理可以由下面二個圖來說明：

圖 15 是萬能銑床分度頭的傳動機構，圖 14 是分度頭和銑床絲槓齒輪銜接的情形。當我們迴轉工作台絲槓搖把H時，就帶動了裝在工作台絲槓上的固定齒輪S，由S經G₂、G₁，帶動齒輪W，W是固定在分度頭蝸桿軸上的齒輪。當齒輪W轉動時，這個動作經過A₁、A₂、B₁、B₂而帶動B₃，B₃和分度盤Q聯在一起而套在蝸桿T上，蝸桿T又和分度頭曲柄插梢P聯成一

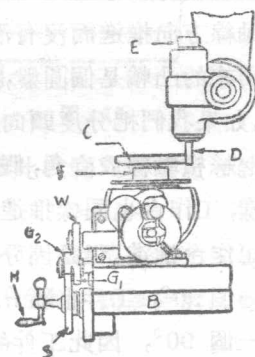


圖 14

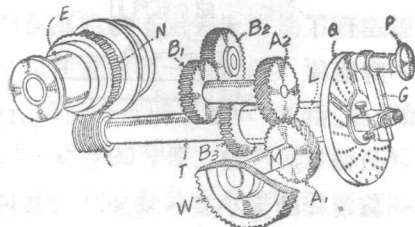


圖 15

起。在銑切進行時，插梢是插在分度盤Q的孔內的，所以當B₃轉動時，就帶動Q，經P而帶動T迴轉，T帶動蝸輪N迴轉，N帶動分度頭主軸E迴轉，這樣

工件也就隨着迴轉了。又因工件是裝在分度頭主軸上，分度頭又裝在工作台上，所以當絲槓搖把H轉動時，工作台就直線推進，工件也就沿它軸線方向直線推進了。這樣搖動工作台絲槓搖柄H，就會使工件迴轉同時沿它身的軸線方向推進了。工作迴轉一周，它沿軸心方向所推進的距離，叫做螺旋導程（因為銑螺絲用這導程計算），這個螺旋導程的多少，是由W、 G_1 、 G_2 和S四個齒輪改變齒數來決定。因為圖15中分度頭內各齒輪的齒數和工作台絲桿的螺距都是一定的。

但是我們所要求工件的運動，除了工件自身迴轉運動外，還要它沿着自身軸線做垂直方向推進。上面所說的情形，工件只是沿它的軸線方向推進而沒有沿和它自身軸線垂直方向推進，那末這樣銑出來的凸輪是個圓盤，凸輪曲線導程等於零，不能適合我們的需要。如果我們把分度頭向上迴轉 90° （如圖16），使分度頭主軸跟工作台絲槓軸線成直角，假使再搖動搖柄H時，工件的迴轉運動還是一樣，工作台也同樣推進，分度頭還是跟着工作台推進，工件也隨着工作台推進。但是因分度頭主軸，迴轉了一個 90° ，工件也隨分度頭主軸迴轉了一個 90° ，因此工件的軸線跟絲槓軸線成了直角，工件的推進方向就和它本身的軸線方向成了 90° 角。這樣就達到了工件一方面迴轉而同時又沿它本身軸線垂直方向推進的目的，銑出凸輪曲線。由於這樣銑出來凸輪曲線的導程（凸輪導程），

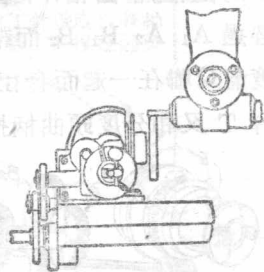


圖 16

它和同樣掛輪所算出來的螺旋導程的大小是一樣的，只是於方向不同而已，所以這個凸輪導程的多少，我們也可以按照圖14中

的 W 、 G_1 、 G_2 和 S 四個齒輪齒數的改變來決定。

假使我們把分度頭主軸迴轉一個小於 90° 大於 0° 的角度 α （如圖17），那末這樣銑出來凸輪曲線的導程，一定大於零而小於同樣掛輪而將分度頭主軸迴轉一個 90° 所銑出來的凸輪曲線導程。 α 在 0° 和 90° 之間變化。 α 愈大，所得出來的凸輪曲線的導程也愈大。當 $\alpha=0^\circ$ 時所銑出來凸輪曲線導程為0（如圖14）。 $\alpha=90^\circ$ 時所銑出來凸輪曲線導程的大小等於同樣掛輪所得的螺旋導程一樣（如圖16）。 α 我們叫做分度頭主軸迴轉角度。因此我們只要變更 α 的角度，也可以得出各種不同的凸輪導程。

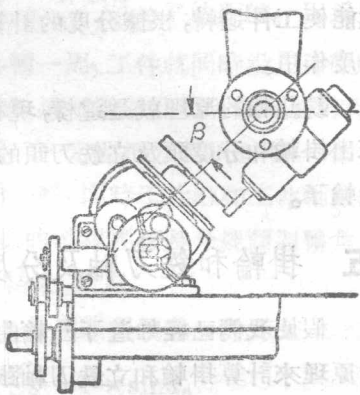


圖 17

所以我們可以用各組不同的齒輪來搭配，和用各種不同的分度頭主軸迴轉角度 α 來銑凸輪，就能銑出很多不同導程的凸輪曲線，這樣就容易得出我們所要的導程了。

第二，銑刀軸的迴轉運動：我們可以採用立銑刀頭來解決，我們在萬能銑床上裝上立銑刀頭，這個立銑刀頭同萬能分度頭一樣，可以任意迴轉一個角度，這樣就可以使銑刀軸經常和工件的軸並行。萬能分度頭迴轉 α° 角時（如圖17），立銑刀頭就迴轉 β° 角而使 $\beta^\circ + \alpha^\circ = 90^\circ$ ，使立銑刀軸和分度頭主軸互相平行。圖14中 $\alpha=0^\circ$ 時 $\beta=90^\circ$ ，當萬能分度頭迴轉度， $\alpha=90^\circ$ 時 $\beta=0^\circ$ 。 β 我們叫它做立銑刀頭的迴轉角度。

第三, 工件的分度運動: 這個可以應用分度頭的分度盤作用來完成 因為萬能分度頭可以把一個圓周分成任何角度(如圖15), 假使我們停止銑切, 從分度盤 Q 拔出曲柄梢 P, 並且迴轉它的時候, 就能使工件迴轉, 根據分度的計算方法, 就能得到各種不同角度的分度作用。

銑凸輪的原理就是這樣, 現在我們只要根據凸輪曲線的導程, 算出掛輪和分度頭及立銑刀頭的迴轉角度, 就可以在萬能銑床銑凸輪了。

五 掛輪和銑刀軸及分度頭迴轉角度的計算公式

假使我們已經知道了凸輪曲線的導程, 就可以根據上面所講的原理來計算掛輪和立銑刀軸跟分度頭迴轉角度。

由圖 15 中我們可以看出分度頭主軸的迴轉數, 是根據齒輪 W 的迴轉數來決定的。因為在圖 15 中, A_1, A_2, B_1, B_2, B_3 的齒數都是相等。T 和 N 的齒數是一定的, T 迴轉一周, 分度頭主軸 E 就迴轉 $\frac{T}{N}$ 周; 反過來說, 就是分度頭主軸 E 迴轉一周 T 就迴轉 $\frac{N}{T}$ 周。但 T 是由 W 來傳動的, 因 A_1, A_2, B_1, B_2, B_3 的齒數相等, 所以 T 迴轉一周, W 也迴轉一周, T 迴轉 $\frac{N}{T}$ 周 W 也迴轉 $\frac{N}{T}$ 周。W 是和 G_1 相嚙合的, 同時 G_1 是跟 G_2 同軸, G_2 跟 S 又是嚙合(如圖 14), 所以當 W 轉過一周時, S 就轉過 $\frac{W \times G_2}{G_1 \times S}$ 周。當分度頭主軸迴轉過一周時, W 就轉過 $\frac{N}{T}$ 周, 所以分度頭主軸迴轉一周, S 要轉過 $\frac{N}{T} \times \frac{W \times G_2}{G_1 \times S}$ 周。因為 S 和 H 聯在一起, S 轉一轉, H 也轉一轉, H 轉一轉, 絲槓也轉一轉, 絲槓轉一轉, 工作台就前進一個絲槓螺距 P, 分度頭也就跟着工作台前進一個絲槓螺距 P。因為分度

頭主軸轉一轉， S 要轉 $\frac{N}{T} \times \frac{W \times G_2}{G_1 \times S}$ 周，但是 S 轉 $\frac{N}{T} \times \frac{M \times G_2}{G_1 \times S}$ 周，分度頭隨着工作台前進 $\frac{N}{T} \times \frac{W \times G_2}{G_1 \times S} \times P$ 的距離，所以分度頭主軸轉一周，分度頭就前進 $\frac{N}{T} \times \frac{W \times G_2}{G_1 \times S} \times P$ 的距離。因為工件是夾在分度頭主軸上，所以工件轉一周，工件就同時沿工件軸線方向推前 $\frac{N}{T} \times \frac{W \times G_2}{G_1 \times S_1} \times P$ 的距離，這個數值我們叫做螺旋導程。但是銑凸輪曲線的時候，前面講過，一定要把分度頭迴轉一個角度 α ，而凸輪曲線的導程是工件轉一轉，同時工件沿和工件軸線垂直方向推進的距離。因此凸輪曲線的導程應該是分度頭迴轉角 α 的正弦(就是 $\sin\alpha$)乘螺旋導程的結果。所以

凸輪曲線導程 L = 螺旋導程 $\times$ 分度頭迴轉角 α 的正弦

$$= \frac{N}{T} \times \frac{W \times G_2}{G_1 \times S} \times P \times \sin\alpha。$$

我們假設： R = 分度頭速比 = $\frac{N}{T}$ ；

Z = 掛輪傳動比 = $\frac{W \times G_2}{G_1 \times S}$ ；

P = 銑床工作台絲槓螺距；

α = 分度頭的迴轉角度。

那麼上式可以寫成

凸輪曲線導程 $L = R \times Z \times P \times \sin\alpha$ ，

也可以寫成 $\frac{\text{凸輪曲線導程 } L}{R \times P} = Z \times \sin\alpha。$ (3)

工廠裏一般所用吋制的萬能銑床，分度頭的速比 $R = 40$ ，絲槓螺距 $P = 1/4$ 吋（就是絲槓每吋 4 扣）把 $R = 40$ $P = 1/4$ 吋，代入上式，我們就可以得出下式：

$$\frac{\text{凸輪曲線導程 } L (\text{吋})}{40 \times 1/4} = Z \times \sin\alpha，$$