

滾齒機工作法

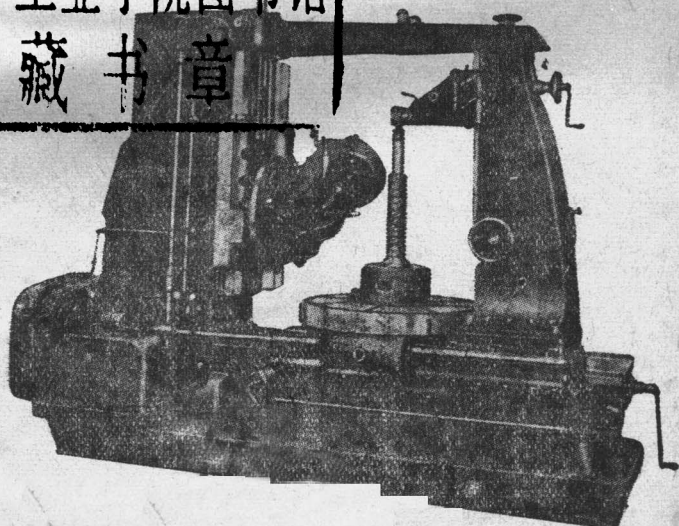


滾齒機工作法

增訂版

張德學編

江苏工业学院图书馆
藏书章



工學書店印行

出版者的話

滾齒機又名螺旋銑床，是一種專門銑製齒輪的機器。本書全面而深入地介紹了這種機床的原理和操作方法，其中對於齒型的種類及畫法，名稱和定義，齒數和轉數，差動裝置，銑齒工作，滾齒刀的選料及製作，三角法的應用等都作了詳細的敘述。

本書可供技工同志學習參考。

• 版權所有 •

編者 張德學

出版者 工學書店

北京西交民巷盤兒胡同 12 號 • 電話 0928 號

北京市人民政府新聞出版處書 出版營業許可證 字第 029 號

書號 1021 31 × 43 1/32

104 千字 定價：

人民幣壹萬貳千元整

1951 年 1 月 初 版

1951 年 5 月再版

1—4000 冊

1955 年 11 月增訂一版

4001—9000 冊

目 錄

第一編 概 論

第1章 齒 輪	1~23
1—1 齒形曲線	1
1—2 漸伸線齒形	1
1—3 漸伸線齒形的曲線畫法	1
1—4 漸伸線齒條的齒形	3
1—5 擺線齒形	3
1—6 齒各部的名稱和定義	3
1—7 節的表示法	5
1—8 節數和外徑的關係	8
1—9 周節，徑節及模數間的關係	10
1—10 正齒輪齒的計算公式	12
1—11 螺旋齒輪齒的計算公式	16
1—12 蝸桿和蝸輪齒的計算公式	21
第2章 齒數和轉數	24~41
2—1 正齒輪的齒數和轉數	24
2—2 螺旋齒輪的齒數和轉數	31
2—3 蝸桿和蝸輪的齒數和轉數	32
2—4 八字輪的齒數和轉數	33
2—5 差動齒輪的齒數和轉數	33

第二編 銑齒工作法

第3章 滾齒機	42~86
3—1 有差動裝置的滾齒機	43
3—2 無差動裝置的滾齒機	76
第4章 銑齒工作法	87~123
4—1 銑正齒輪	87
4—2 銑螺旋齒輪	100
4—3 銑蝸輪	122
第5章 滾齒刀	124~154
5—1 滾齒刀的製作步驟	124
5—2 滾齒刀材料的選擇	124
5—3 滾齒刀的分類	125
5—4 滾齒刀的車扣	125
5—5 用銑床銑槽	132
5—6 鏟齒工作	136
5—7 正齒輪滾齒刀的齒型	149
5—8 蝸桿滾齒刀的齒型	152
第6章 三角法	155~163
6—1 三角函數的定義	155
6—2 三角函數表	157
6—3 三角函數表的用法	157
6—4 直角三角形的解法	158
6—5 三角函數的簡單定理	162
附錄: 三角函數表	164~167

第一編 概 論

第一章 齒 輪

1—1 齒形曲線 形成齒輪齒形的曲線，種類很多，普通最常用的是漸伸線 (Involute) 和擺線 (Cycloid) 兩種。擺線齒形在過去很流行，但近來大多數都改用漸伸線了。

1—2 漸伸線齒形 漸伸線形的齒是由一條曲線所形成的，所以又叫做單一曲線形。

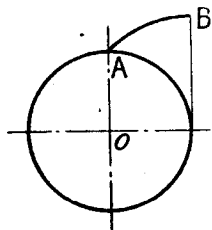


圖 1

在圖 1 的 O 圓圓周上纏上線，將線的末端 A 一面用力拉着，一面由圓周上離開或往圓周上纏，這時 A 點所走的路線也就是 A 點的軌跡 AB ，我們把它叫做漸伸線或漸開線，把這個圓就叫做基圓 (Base circle)，所以我們知道漸伸線

僅僅存在於基圓的外側。

1—3 漸伸線齒形的曲線畫法 圖 2 的 KL 及 MN 是兩個

齒輪的節圓 (pitch circle)，通過兩圓的切點 y 向中心線 O_1O_2 作垂線 VW ，再過 Y 點引直線 XU 和 VW 線交成 α 角，且使 α 與壓力角 (pressure angle) 相等，以 O_1 及 O_2 作圓心畫兩個圓 PQ 及 RE 各與 XU 線相切，於是就得出兩個基圓來。

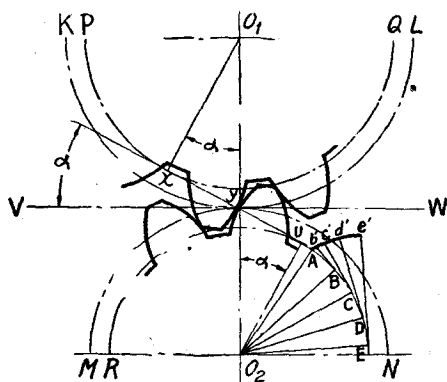


圖 3

所以我們知道，漸伸線齒輪的基圓直徑，常比其齒輪的節圓徑小。

其次再把弧 RE 分成幾個相等的部分即 $AB = BC = CD = DE$ ，由各分點作切線 Bb' ， Cc' ， Dd' ， Ee' ，在切線 Bb' 上截取 Bb' 使等於 AB 弧之長，於是 b' 就是以 A 作基點的漸伸線曲線上的一點。其次再在切線 Cc' 上截取 Cc' 使等於 AC 弧之長，則 c' 便是漸伸線曲線上的另外一點。將逐次按照此法所得的各點連結起來，就形成了一條曲線，這條曲線就是以 O_2 作中心的齒輪齒形的漸伸線曲線。線分 Bb' ， Cc' ， Dd' 及 Ee' 等

叫做漸伸線曲線上 b' , c' , d' 及 e' 各點的母線 (Generating line)。又這些線分又等於曲線上各該點的曲率半徑 (Radius of Curvature)。畫以 O_1 作中心的齒輪齒形曲線時，用基圓 PQ 作基礎按同樣方法做就行。

1—4 漸伸線齒條的齒形 齒條可以說是節圓徑變成無限大的一種變形齒輪。漸伸線齒條的齒形是一條直線，它所傾斜的角度正等於齒輪的壓力角。

圖 3 的 CD 就是齒條的節線 (pitch line)，和齒輪同樣通過節點 (pitch point) y 引直線 EF ，讓 EF 和 CD 所成的交角 α 正等

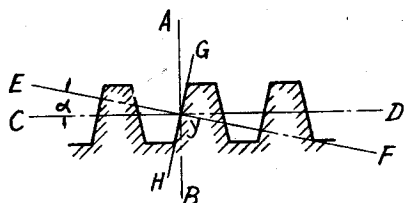


圖 3

於壓力角，再由 y 點引 EF 的垂線 GH ，那麼 GH 就是所要的齒條齒形。

1—5 擺線齒形 擺線形是由內擺線和外擺線的兩條曲線在節線上接觸所形成的一種齒形，所以也叫做二曲線形，它的形狀如圖 4 所示的。因這種齒形精密加工很困難，除特殊用途以外，幾乎不被採用了。所以本書裏不便多講。

1—6 齒各部的名稱和定義

(1) 節圓 當兩個齒輪相咬時，可以想像和兩個圓形摩擦輪在表面上相摩擦而轉動的情形相同，這裏所想像的摩擦輪，就叫做節圓。如圖 5 的 $P.C$ 圓。

(2) 節點 節圓上的各點統叫做節點。

(3) 頂圓 (Addendum circle) 通過各齒尖端的圓，就是齒輪的最大外徑。也可以叫做外圓，如圖 5 的 $A.C$ 圓。

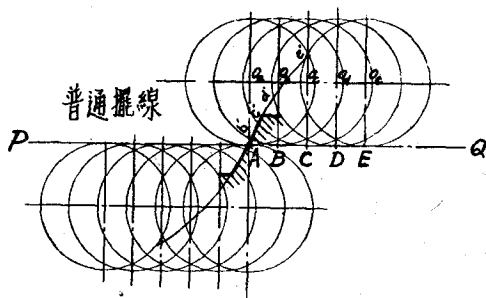


圖 4

(4) 根圓 (Dedendum circle) 通過各齒底部的圓，也可以叫做牙底圓，如圖 5 的 $D.C$ 圓。

(5) 齒頂 (Addendum) 節圓外側齒的高度，即頂圓和節圓的半徑差，如圖 5 的 A 。

(6) 齒根 (Dedendum) 節圓內側齒的高度，即節圓和根圓的半徑差，如圖 5 的 $A + f$ 。

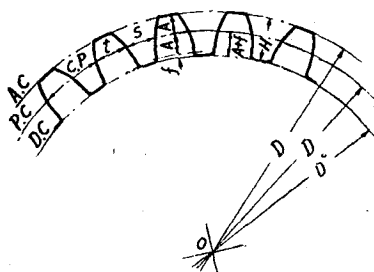


圖 5

(7) 齒全高 齒頂和齒根的和，即頂圓和根圓的半徑差，如圖 5 的 H 。

(8) 餘隙 齒根和齒頂的差，也可以叫做齒底餘隙或齒隙，如圖 5 的 f 。

(9) 有效齒高 一輪

上的齒咬進他輪裏去的最大深度，即等於齒頂的兩倍。

(10) 齒厚 沿節圓圓周所測出齒的厚度(弧長)，如圖 5 的 t 。

(11) 齒寬 在節圓上齒的寬度。

(12) 基圓 是形成漸伸線齒形的基本圓。

(13) 作用弧 是二齒由最初開始接觸之點至最後開始離開之點，在節圓周上所測的弧長。

(14) 作用線 向相咬的兩個齒輪的基圓上作一條公共切線，兩切點當中的部分，叫做作用線。

(15) 壓力角 兩個漸伸線齒輪的壓力角，是兩輪中心聯線的垂直線和作用線的交角。

爲了計算方便起見，把各部分的記號簡單的規定如下：

節圓直徑 = D 頂圓直徑(外徑) = D'

根圓直徑 = D^0 齒 頂 = A

齒 根 = $A + f$ 餘 隙 = f

齒 全 高 = H 有效齒高 = $2A$

中心距離 = C 齒厚(弧) = t

齒 寬 = W 齒 數 = N

壓 力 角 = α

1—7 節的表示法 節(pitch)有三種不同的表示方法，且都有它習慣上的用途，以下分別的來說明：

(1) 周節(circular pitch) $C.P$

在節圓圓周上，由一個齒上的任何一點，到它鄰齒上的同

一位置上的一點，在這兩點間所包括的節圓圓弧長，就叫做周節。換句話說，就是用齒數去除節圓圓周所得的商數。

這種表示法在公制及英制齒輪上都可以通用，普通都用 *C.P* 這個符號來代表，它的計算公式如下：

$$\text{節圓徑} = D \qquad \text{齒數} = N$$

則得公式

$$C.P = \frac{\pi D}{N} \dots\dots\dots (1)$$

根據周節的定義，知周節和螺絲牙距的意義差不多，不過牙距是直線的距離，而周節是弧的長度，故知周節愈大的齒形也愈大。

【例】齒數 50，節圓徑 10" 的正齒輪，周節是多少？

$$\text{(解)} \quad C.P = \frac{\pi D}{N} = \frac{3.14 \times 10}{50} = 0.628 \text{ 吋}$$

答 周節 = 0.628 吋

【例】節圓直徑 80^{mm}，齒數 50 的正齒輪，周節是多少？

$$\text{(解)} \quad C.P = \frac{\pi D}{N} = \frac{3.14 \times 80}{50} = 5.024 \text{ mm}$$

答 周節 = 5.024 mm

(2) 徑節 (Diametral pitch) *D.P*

徑節是英制齒輪專用的一種表示方法，意義就是齒數和節圓徑的比。換句話說，就是用節圓直徑除齒數所得的商數。但要注意一項，就是節圓直徑一定要用英吋來計算。

徑節普通都用 $D.P$ 或只用 P 來代表，計算公式如下：

$$D.P = \frac{N}{D} \dots\dots\dots (2)$$

根據這個定義，知徑節和齒數成正比、和節圓徑成反比。

如節圓徑 D 不變時，則齒數愈多而徑節也愈大，但節圓徑不變而齒數加多乃表示齒形縮小，所以說 $D.P$ 愈大而齒形反愈小。如 $12P$ 的比 $10P$ 或 $8P$ 的齒形都小。

【例】 齒數 45，節圓徑 3" 的正齒輪，徑節是多少？

(解)
$$D.P = \frac{N}{D} = \frac{45}{3} = 15$$

答 $15P$ 或 $D.P = 15$

(3) 模數 (Module) M

模數與徑節正相反，是公制齒輪的一種表示方法。意義是節圓徑和齒數的比，換句話說，就是用齒數除節圓徑所得的商數。但要注意的是節圓徑的尺寸一定要用 mm 來計算。模數普通都用 M 來代表，計算公式如下：

$$M = \frac{D}{N} \dots\dots\dots (3)$$

根據這個定義，知模數和節圓徑成正比，和齒數成反比。

即齒數不變時，模數愈大而節圓徑也愈大；齒數不變而節圓徑加大乃表示齒形增大，所以說模數愈大而齒形愈大。這一點是和徑節正相反的。

【例】 節圓徑 150 mm ，齒數 30 的正齒輪，模數是多少？

$$(解) \quad M = \frac{D}{N} = \frac{150}{30} = 5mm$$

答 $M = 5mm$

1—8 節數和外徑的關係 根據以上的定義，知道節數直接和齒數及節圓直徑發生關係。所以當我們在測繪某個齒輪的節數時，就一定先要量出節圓徑以及查出齒數來，根據這兩個數來計算節數。但齒數倒容易考查，唯有節圓直徑是很不容易測得很正確的，這時就可以利用比較容易測量的外徑來代替節圓徑去計算節數。

利用外徑計算的公式也很簡單，只是要把原來實際的齒數加上 2 個齒就行（指一般的齒輪）。即

$$\text{外徑} = D' \qquad \text{實齒數} = N$$

$$\text{則} \quad C.P = \frac{\pi D'}{N + 2} \dots\dots\dots (4)$$

$$D.P = \frac{N + 2}{D'} \dots\dots\dots (5)$$

$$M = \frac{D'}{N + 2} \dots\dots\dots (6)$$

下面再說明一下加 2 的道理是什麼？

普通的正齒輪標準齒形，大都是按照下面公式(10)的規格來作的，齒的各部尺寸都是根據節數來規定的，即和節數成比例。現在只拿齒頂 A 來說，

$$A = \frac{1}{D.P} \quad \text{或} \quad A = M$$

因 外徑 $D' = D + 2 \text{ 倍齒頂} = D + 2A$
 再把 D 用公式 (2) 及 (3) 代進去，得

$$\begin{aligned} D' &= \frac{N}{D.P} + 2A \quad \text{或} \quad D' = M \times N + 2A \\ &= \frac{N}{D.P} + \frac{2}{D.P} \quad \quad \quad = M \times N + 2M \\ &= \frac{N+2}{D.P} \quad \quad \quad = M(N+2) \end{aligned}$$

$$\text{故得} \quad D.P = \frac{N+2}{D'} \quad \text{或} \quad M = \frac{D'}{N+2}$$

這就是齒數加 2 的原因，用 $C.P$ 算時也是一樣。但在低齒時，就不是加 2 了，這一點需要注意。

【例】 齒數 30，外徑 4.5" 的正齒輪，周節是多少？

$$\text{(解)} \quad C.P = \frac{\pi D'}{N+2} = \frac{3.14 \times 4.5}{30+2} = 0.442 \text{ 吋}$$

答 周節 = 0.442 吋

【例】 齒數 38，外徑 5" 的正齒輪，徑節是多少？

$$\text{(解)} \quad D.P = \frac{N+2}{D'} = \frac{38+2}{5} = \frac{40}{5} = 8$$

答 徑節 = 8 (即 8 P)

【例】 齒數 68，外徑 350^{mm} 的正齒輪，模數是多少？

$$(解) \quad M = \frac{D'}{N+2} = \frac{350}{68+2} = \frac{350}{70} = 5 \text{ mm}$$

答 $M = 5 \text{ mm}$

1—9 周節、徑節及模數間的關係 周節、徑節及模數雖然各個的計算公式不同，但都是根據齒數及節圓徑兩個因素計算出的，所以它們彼此之間就存在着一個簡單的關係，以下再來說明一下它們彼此之間的關係是什麼。

(1) 周節和徑節的關係

$$\text{因} \quad C.P = \frac{\pi D}{N} = \pi \times \frac{D}{N}$$

$$\text{又} \quad D.P = \frac{N}{D} \quad \therefore \quad \frac{D}{N} = \frac{1}{D.P}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{代入上式得} \quad C.P = \frac{\pi}{D.P} \\ \text{或} \quad D.P = \frac{\pi}{C.P} \\ \text{或} \quad D.P \times C.P = \pi \end{array} \right\} \dots\dots\dots (7)$$

(2) 徑節和模數的關係

$$\begin{aligned} \text{因} \quad D.P &= \frac{N}{D(\text{吋})} = \frac{N}{\frac{D(\text{mm})}{25.4}} = \frac{25.4 \times N}{D(\text{mm})} \\ &= 25.4 \times \frac{N}{D(\text{mm})} \end{aligned}$$

又因 $M = \frac{D^{mm}}{N} \therefore \frac{1}{M} = \frac{N}{D^{mm}}$

$$\left. \begin{array}{l} \text{代入上式得 } D.P = \frac{25.4}{M} \\ \text{或 } M = \frac{25.4}{D.P} \\ \text{或 } M \times D.P = 25.4 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

(3) 周節和模數的關係

因 $C.P = \frac{\pi D}{N} = \pi \times \frac{D}{N}$

又 $M = \frac{D}{N}$

$$\left. \begin{array}{l} \text{故得 } C.P = \pi M \\ \text{或 } M = \frac{C.P}{\pi} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

【例】10 P 的齒輪，周節合多少？

(解) $C.P = \frac{\pi}{D.P} = \frac{3.14}{10} = 0.314''$

答 周節 = 0.314''

【例】周節 9.42mm 的齒輪，模數是多少？

(解) $M = \frac{C.P}{\pi} = \frac{9.42}{3.14} = 3^{mm}$

答 $M = 3^{mm}$

【例】 12 P 的齒輪，模數是多少？

$$(解) \quad M = \frac{25.4}{D.P} = \frac{25.4}{12} = 2.116mm$$

答 $M = 2.116mm$

【例】 齒數 100，節圓徑 20" 的齒輪，徑節是多少？並把它換算成模數？

$$(解) \quad D.P = \frac{N}{D} = \frac{100}{20} = 5$$

答 徑節 = 5

$$M = \frac{25.4}{5} = 5.08mm$$

模數 = 5.08mm

1—10 正齒輪齒的計算公式 正齒輪 (Spur gear) 因製造廠的不同，在齒高及壓力角方面多少有些差別，我們現在所最常用的都是拿下面的 $14\frac{1}{2}^{\circ}$ 壓力角的高齒齒形作標準的。它各部的計算尺寸如下：

$$\left. \begin{aligned} \text{齒頂} \quad A &= 0.3183 C.P = \frac{1}{D.P} \\ \text{齒隙} \quad f &= 0.05 \quad C.P = \frac{0.157}{D.P} \\ \text{齒根} \quad A+f &= 0.3683 C.P = \frac{1.157}{D.P} \\ \text{齒全高} \quad H &= 0.6866 C.P = \frac{2.157}{D.P} \\ \text{齒厚(弧)} \quad t &= 0.5 \quad C.P = \frac{1.5708}{D.P} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (10)$$