

汽車活葉學習材料

齒輪和齒輪的修理

金如震編

3



人民交通出版社出版

腳數：3

齒輪和齒輪的修理

人民交通出版社出版

北京北兵馬可一號

新華書店發行

全國各地

一九五五年四月上海第一版第一次印刷

1—5120 册

開本：787×1092 1/32

32000字

印張：1¼ 張

定價：二角二分

上海市書刊出版業營業許可證出零第陸號

將旋轉運動從一根軸傳至另一根軸可以用各種不同的方法，也就是說用各種不同的傳動裝置。在汽車上常見的傳動裝置有：皮帶輪和皮帶（例如，風扇和水泵的驅動裝置）、鏈輪和鏈條（例如，某些汽車發動機凸輪軸的驅動裝置）、傳動軸和萬向節（例如，用於變速器輸出軸和主傳動器間功率的傳遞），以及各種齒輪傳動裝置，其中以齒輪傳動裝置應用最多。齒輪傳動裝置在汽車上用於：發動機配氣機構，配電器和機油泵的驅動裝置、飛輪和始動機的啮合機構、變速器、分動器、以及主傳動器等等。齒輪傳動裝置在汽車上所以能獲得廣泛的應用，是由於它具有下列的特點：

1) 能夠保證主動軸和從動軸之間的速比恆定不變，這對汽車上某些機構的正常工作是很重要的。例如發動機配氣機構的正時齒輪傳動裝置，配電器的驅動裝置，必須保持一定的速比；

2) 能夠在主動軸和從動軸相距較近的條件下，可靠地工作。汽車上各種機構所佔的地位一般是很小的，有些傳動裝置在這裏就不適用。例如，在變速器中不可能應用皮帶輪和皮帶的傳動裝置，而必須應用齒輪；

3) 能夠傳遞相當大的功率，並且效率不低。例如，一對圓柱齒輪傳動，如果有適當的潤滑，效率一般不低於99%；

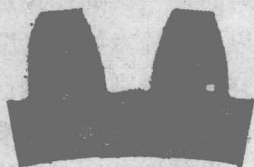
4) 使用壽命甚長。

汽車上所用的齒輪由於轉速較高和所承受的應力較大，一般都用優質鋼材製成，並且對機械加工和熱處理的要求也高。因此，在汽車運用中應注意保養，以延長其使用壽命；在發現損壞時及早設法修復，繼續使用。這裏，我們從齒輪的基礎知識談起，概要地介紹汽車上所用的各種齒輪、在保養上應注意的地方、以及修理的方法。

一 齒輪基礎知識

齒輪的齒形

圖一示齒輪牙齒的形狀。從圖上可以看到齒輪牙齒的側面，也就是和另一個相啮合齒輪牙齒接觸的面，是曲線形的。牙齒的側面為什麼要是曲線形的？這曲線是怎樣的一種曲線呢？我們先從傳動上對齒輪的基本要求談起。



圖一 齒輪牙齒的形狀

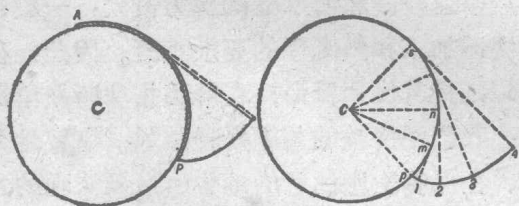
對於齒輪傳動的基本要求是下列諸點：

1) 勻順地傳動，也就是說，主動齒輪和從動齒輪之間的速比始終保持一致；

2) 傳遞扭矩須平穩，工作時無聲響。

要滿足這基本的要求，牙齒的側面必須是特殊的曲線形的，這種特殊的曲線有幾種，其中以漸開線最能滿足要求，一般齒輪的齒形大都是漸開線的，汽車上所用的齒輪也是如此。

所謂漸開線是怎樣的一種曲線呢？請參閱圖二。在左圖上， AP 是一根很細的線，繞在一圓筒 C 上，固定在 A 點，在 P 點上縛一支鉛筆。如果移動鉛筆，逐漸使線自圓筒放開，在這過程中保持線筆直，那末鉛筆在紙上劃出一條曲線來，這條曲線便稱為 C 圓的漸開線， C 圓稱為這條漸開線的基圓。右圖示畫漸開線的方法。如果要



圖二 漸開線形成的方法

從 P 點畫 C 圓的漸開線，從 P 點開始，在圓周上劃分若干等分的弧段來，得 m 、 n 、 r 、和 s 等點。將每一點和圓心 C 相聯，得若干條半

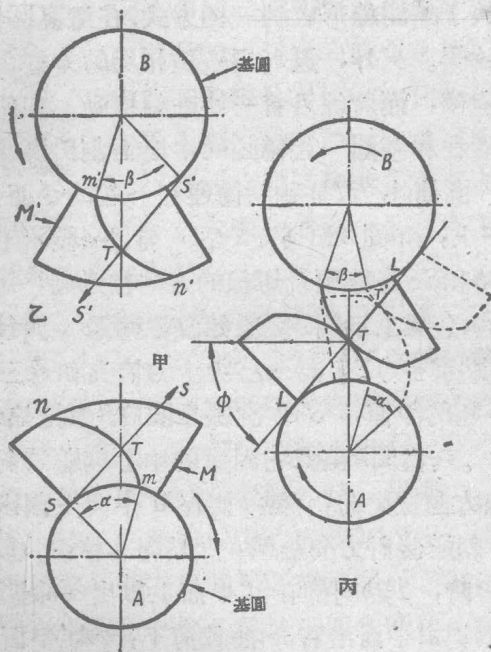
徑。再在這幾點上，劃若干條線垂直於這幾條半徑，這幾條線便是和圓周相切的。在 m 點的切線上取一段 m_1 等於 mp 的長度，在 n 點的切線上取一段 n_2 等於 mp 二倍的長度，以此類推，得到1、2、3和4等點。將這幾點連接起來，便得到一條漸開線。

現在，我們再來研究為什麼漸開線的齒形能滿足對於齒輪的基本要求。上面談了漸開線形成的一種方式，在這裏圓筒是固定的，線從圓筒上逐漸放開。另外，還可用一種相反的方式來形成漸開線，這就是讓圓筒旋轉，而將線沿着一條直線拉動。在第二種情況下，線頭上的鉛筆便在和基圓一起轉動的平面上劃出漸開線。

圖三甲示一圓筒 A ， M 是和圓筒連在一起的平面， SS 是一條直線，繞在圓筒 A 上，和圓 A 相切在 S 點。當圓 A 繞着它固定的中心朝順時針方向旋轉和 SS 直線順着切線的方向拉動時，點 T 便在 M 平面上劃出漸開線 mn （圖上示圓 A 從原始位置轉過 α 角後的情形，在未轉動時 m 點和 S 點重合）。圖三乙所示的情況和圖三甲相同， M' 是和圓筒 B 連在一起的平面， $S'S'$ 直線是圓筒 B 上繞線的一部份，和圓 B 相切在 S' 點。當圓 B 繞着它固定的中心朝順時針方向旋轉和直線 $S'S'$ 沿着切線方向拉動時，點 T 便在 M' 平面上劃出 $m'n'$ 漸開線。自然，如果圓 B 朝逆時針方向旋轉， T 點向右移，也就是 $S'S'$ 線退而繞到圓筒上去時， T 點同樣在 M' 平面上劃出 $m'n'$ 漸開線。

現在，我們把 M 平面沿着 mn 曲線剪下， M' 平面沿着 $m'n'$ 曲線剪下。然後把圓 A 和圓 B 移近，使兩個曲線形的面相接觸，就像圖三丙所示。 T 點是兩個曲線相接觸的一點。直線 LL 和圓 A 和圓 B 相切，它就是圖三甲和乙上的 SS 線和 $S'S'$ 線。這時候；如果圓 A 朝順時針方向旋轉，它便經過曲線面推動圓 B 朝逆時針方向旋轉。由於這兩圓相接觸的曲面是漸開線形的，所以接觸點 T 便沿着 LL 直線移動。虛線示圓 A 轉過 α 角和圓 B 轉過 β 角時的情況，這時接觸點在 T' 點，也位於 LL 直線上。由此看來，我們可以假想有一條線同時

繞在圓A上和圓B上，LL直線是這條線的一段。當圓A朝順時針方向均勻地旋轉時，這條線就自圓A均勻地放開，同時均勻地繞到圓B上去，使圓B均勻地朝逆時針方向旋轉（假定這條線能傳力）。這就是漸開線齒形能勻順地把轉動從一個齒輪傳給另一個齒輪的道理。



圖三 示漸開線齒形勻順傳遞轉動的原理

在齒輪的設計上，這條假想的直線LL稱為嚙合線，或稱接觸線，因為兩齒輪旋轉時，牙齒的接觸點都在這直線上。

齒輪各部份的名稱

圖四示兩個相嚙合的齒輪的一部份牙齒。O是小齒輪的中心，O'是大齒輪的中心。OO'是兩齒輪的中心距。M是兩齒輪牙齒在中

心線 OO' 上的接觸點。以 O 為中心劃一圓周通過 M 點，其半徑是 R_0 ，這圓便稱為小齒輪的節圓。同樣，以 O' 為中心劃一圓周通過 M 點，其半徑是 R'_0 ，這圓稱為大齒輪的節圓。兩齒輪的節圓在 M 點相切， M 點稱為節點。在節點時，兩相接觸牙齒之間沒有滑動。

節圓直徑是齒輪計算上最基本的數據。在圖上，小齒輪的節圓直徑 $D_p = 2R_0$ ，大齒輪的節圓直徑 $D'_p = 2R'_0$ 。

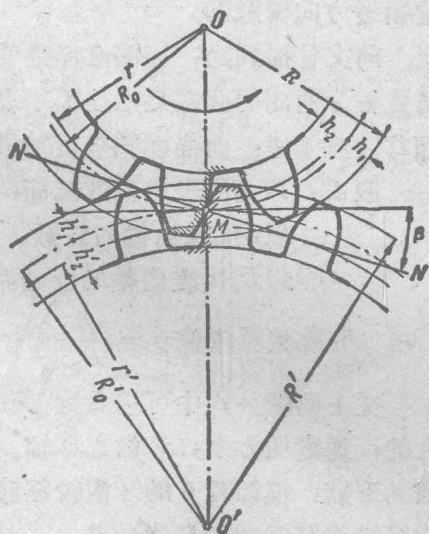
齒頂圓，也就是齒輪的外圓，是通過齒輪牙齒頂面的一個圓周。在圖上，小齒輪的頂圓直徑 $D_a = 2R$ ，大齒輪的頂圓直徑 $D'_a = 2R'$ 。

齒頂高（在小齒輪是 h_1 ，在大齒輪是 h'_1 ）是從節圓到頂圓的徑向距離。 $h_1 = R - R_0$ ， $h'_1 = R' - R'_0$ 。

齒根圓是通過牙齒底面的一個圓周。節圓和根圓之間的徑向距離稱為齒根高。小齒輪的齒根高是 h_2 ，大齒輪的齒根高是 h'_2 。

齒根圓的直徑小於基圓的直徑（在圖上，小齒輪的基圓直徑是 $2r$ ，大齒輪的基圓直徑是 $2r'$ ）。前面已經講到過，齒輪牙齒的形狀是一根繞在基圓外面的直線向外展開所形成的漸開線，在基圓之內是沒有漸開線的。因此，牙齒的側形在基圓到齒根圓中間的一般是徑向的直線，直線和根圓相連接處是圓角，以減少應力的集中。

NN 是齒輪的嚙合線，它和通過節點 M 而與中心線 OO' 垂直的一條直徑相交的角度 β 稱為嚙合角，或壓力角。齒輪牙齒之間的壓力



圖四 漸開線齒輪的簡圖

是順這方向傳遞的。

前文曾提到過，節圓直徑是齒輪計算上最基本的數據，這是因為齒輪牙齒間間隔是用徑節來表示的，牙齒各部份的尺寸也以徑節為計算基礎，而徑節就是齒輪齒數與節圓直徑的比值。

假設，以 p_d 代表齒輪的徑節，

以 Z 代表齒輪的齒數，

以 D_p 代表齒輪的節圓直徑，以英吋計，

$$\text{那末 徑節 } p_d = \frac{Z}{D_p} \dots \dots \dots (1)$$

從上面的公式中可以看到，在節圓直徑相同的齒輪中，徑節愈大的，齒數便愈多，牙齒也愈細。圖五示徑節為6、12和24的齒輪牙齒的形狀，徑節為6的牙齒較徑節為12的牙齒粗些，徑節為12的牙齒又較徑節為24的牙齒粗些。



圖五 不同徑節的齒輪牙齒形狀的比較

齒輪牙齒間間隔用周節來表示更為明顯。周節是節圓上從一個牙齒的中心點到相鄰牙齒的中心點之間的距離。自然，從第一個牙齒上任何一點到第二個牙齒相應那一點之間沿節圓的距離都是和這距離，也就是周節，相等的。我們也可以這樣說，齒輪的周節等於其節圓的圓周長度被齒數除所得的商數。齒輪節圓的圓周長度等於 πD_p ， π 是一個常數等於 3.1416。用 Z 代表齒輪的齒數，那末周節

$$P_c = \frac{\pi D_p}{Z} \dots \dots \dots (2)$$

將公式(1)和公式(2)比較，我們得到下面的關係

$$P_c P_d = \pi \dots \dots \dots (3)$$

齒輪牙齒的厚度是牙齒在節圓上所佔圓弧的長度。在經過精確加工的齒輪上，相嚙合的牙齒間側面的間隙是極小的，所以在理論上可以當做齒輪牙齒的空檔在節圓上所佔圓弧的長度是和牙齒的厚度相等的。即齒厚

$$S = \frac{P_c}{2} = \frac{\pi D_p}{2Z} \dots \dots \dots (4)$$

在公制中，齒輪各部份的尺寸都以模數作為計算的基礎。所謂模數便是齒輪節圓直徑與齒輪齒數之間的比值，即模數

$$m = \frac{D_p}{Z} \dots \dots \dots (5)$$

式中， D_p 是以公厘為單位的。

和公式(1)比較，並考慮到在公式(1)中 D_p 是以英寸為單位的，我們得到下面的關係：

$$m = 25.4 \frac{1}{P_d} \dots \dots \dots (6)$$

周節，以公厘為單位，等於

$$t = \pi m \dots \dots \dots (7)$$

齒厚，以公厘為單位，等於

$$S = \frac{t}{2} = \frac{\pi m}{2} \dots \dots \dots (8)$$

按蘇聯標準OCT-1595所採用的模數中，在汽車和拖拉機上應用最廣的是：

- | | |
|------|-----|
| 2.5 | |
| 2.75 | 3.5 |
| 3.75 | 4.0 |

4.25	4.5	
5.0	5.5	
6.0	6.5	7.0
8.0	9.0	10.0
11.0	12.0	

例如，吉斯-150汽車變速器輸入軸上主動齒輪和中間軸上常啮齒輪的模數是3.75。輸出軸上三檔齒輪和中間軸上三檔齒輪的模數也是3.75。五檔和四檔滑動齒輪的模數是4.0。三檔齒輪啮合齒圈的模數也是4.0。

齒輪勻順啮合的條件

在沒有談到汽車上所用齒輪各部份的尺寸之前，我們先來簡單地討論一下齒輪勻順啮合的主要條件，因為這些條件對於齒輪各部份尺寸的確定有密切的關係。

一對齒輪相啮合的基本條件自然是它們的徑節必須相等，這是很明顯的。如果徑節不相等，齒輪牙齒的厚度以及牙齒間的空檔便各不相同，一個齒輪的牙齒便不能進入另一齒輪牙齒間的空檔。其次兩個齒輪的啮合角也應該相等。前面已經談到過，在漸開線形牙齒的齒輪，動力是沿着一條接觸的直線——啮合線——從一個齒輪傳到另一個齒輪的，祇有兩個齒輪的啮合角相同時，才能達到這一點。

漸開線形牙齒本身的形狀就保證了勻順的啮合，如果製造工藝很精確，不但保證正確的漸開線形狀，並且表面磨得非常光滑，那末齒輪的啮合是可以達到平穩無聲的。但是，除了這些條件之外，齒輪各部份的尺寸對啮合的勻順性也是有影響的，現在讓我們簡單地來討論一下。

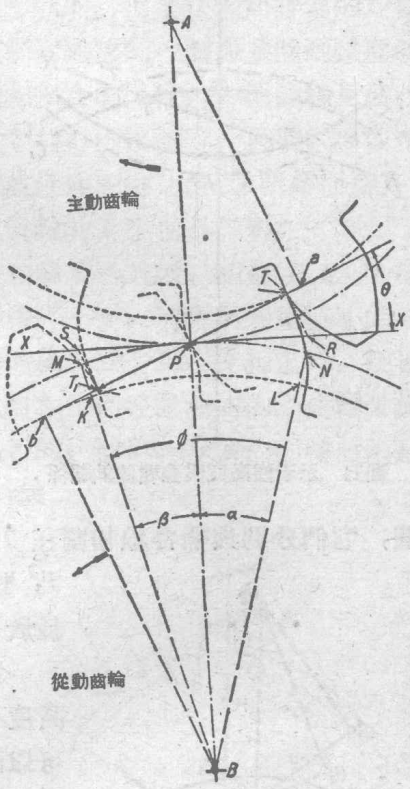
首先，我們來研究一下兩個齒輪的一對牙齒相啮合的情況。圖

六示齒輪 A 和齒輪 B 相嚙合， A 是主動齒輪， B 是從動齒輪。從圖上可以看到，當主動齒輪 A 的齒根和從動齒輪 B 齒頂右角上的 T 點接觸時，兩個牙齒便開始嚙合。 T 點是從動齒輪的頂圓和嚙合線相割的一點。主動齒輪推動着從動齒輪旋轉，當從動齒輪轉過 α 角時，兩個牙齒的接觸點便在節點 P 。主動齒輪繼續推動從動齒輪旋轉，當從動齒輪再轉過 β 角時，主動齒輪齒頂左角上的 T_1 點和從動齒輪的齒根接觸，這便到達了這一對牙齒嚙合的終點。主動齒輪再繼續旋轉，這對牙齒便脫出嚙合。 T_1 點是主動齒輪的頂圓和嚙合線相割的一點。

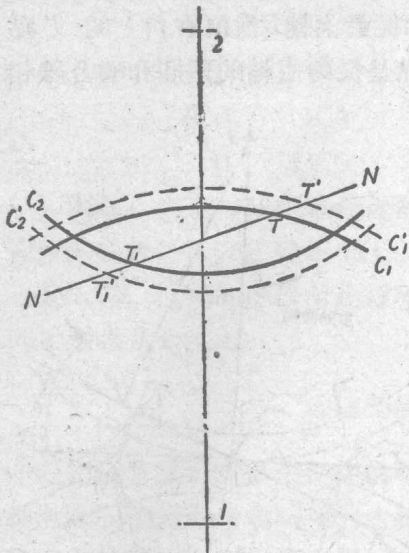
如果要使齒輪的轉動平穩，很明顯的，在一對牙齒未脫出嚙合之前，另一對牙齒必須已進入嚙合。否則當一對牙齒脫出嚙合以後，便沒有動力傳給從動齒輪。這時從動齒輪的轉速便慢下來，或者停止。等另一對牙齒進入嚙合以後，從動齒輪的轉速便又加快，和主動齒輪一起旋轉。

這樣，從動齒輪的轉速時快時慢，兩個齒輪的牙齒之間也常發生撞擊，齒輪的嚙合是不勻順的。

因此，決定齒輪嚙合勻順性的另一個因素是“疊嚙值”。所謂疊嚙值便是同時相嚙合牙齒的平均數。為了保證齒輪正常工作起見，

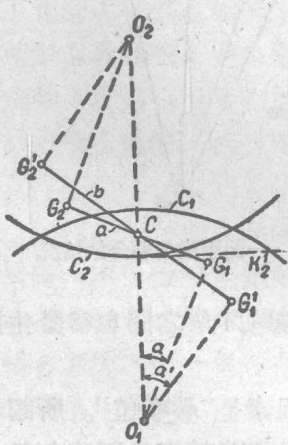


圖六 一對牙齒相嚙合的情況



圖七 示牙齒高度與疊齒值的關係

圖，它們分別與啮合線相割在 T 和 T_1 。 T' 點是新的啮合始點， T_1' 點是新的啮合終點。 $T'T_1'$ 這段直線長於 TT_1 ，自然，疊齒值也就增大了。



圖八 啮合角與疊齒值的關係

疊齒值不可小於1.25。

對於同一徑節的齒輪，如果啮合角不變的話，增加牙齒的高度便會使疊齒值增大；反之，縮短牙齒的高度，便會使疊齒值減小。

圖七示牙齒高度與疊齒值的關係。 C_2 和 C_1 各是主動齒輪 O_2 和從動齒輪 O_1 原來的齒頂圓，它們分別與啮合線 NN 相割在 T 和 T_1 。 T 點是啮合的始點， T_1 是啮合的終點， TT_1 這段直線的長度代表了啮合期間的長短。 C_2' 和 C_1' (虛線) 各是主動齒輪和從動齒輪牙齒高度增加以後的齒頂圓，

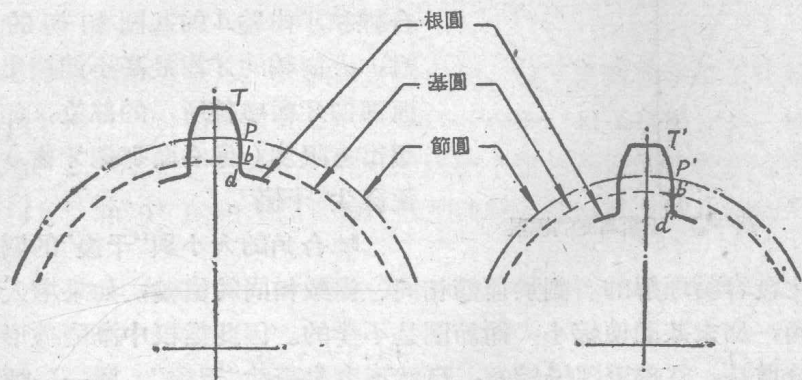
對於同一徑節的齒輪，如果牙齒的高度不變的話，改變啮合角的大小，也可以改變疊齒值。

圖八示啮合角與疊齒值的關係。 C_2 和 C_1 各是主動齒輪 O_2 和從動齒輪 O_1 的頂圓。 G_2G_1 是原來的啮合線， $G_2'G_1'$ 是啮合角增大以後的啮合線。從圖上可以見到 $G_2'G_1'$ 線和 C_2 及 C_1 圓相割兩點之間的距離小於 G_2G_1 線和 C_2 及 C_1 圓相割兩點

之間的距離。因此，我們得到這樣的結論：增大嚙合角會使疊嚙值減小。

一對齒輪要勻順地傳遞動力，它們的牙齒相接觸的表面必須是漸開線形的，或者是其他特種曲線形狀的。但是在漸開線形的牙齒上，祇有從基圓到齒頂圓的一段是漸開線形的，而從基圓到根圓的一段是直線形的。所以當兩個齒輪相嚙合的時候，一個齒輪牙齒的頂部不可和另一個齒輪牙齒基圓以下的部份接觸，否則就要發生“干擾”。在這種情況下，便要把牙齒近齒根處切薄（即所謂凹切），這樣大大地減低了它的強度，而且齒輪的工作也不勻順。

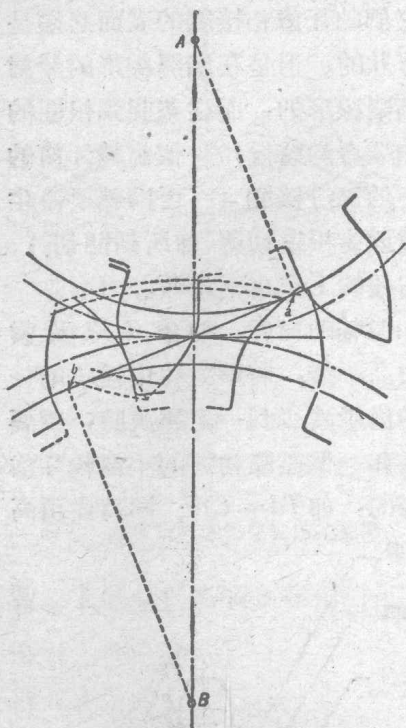
齒輪相嚙合是否發生“干擾”，和齒輪的齒數、嚙合角以及齒高都有關係。如果齒輪的嚙合角和齒高不變，將兩齒輪中較小的一個齒輪的齒數改變，那末當小齒輪的齒數減少到一定程度時，便要發生“干擾”。圖九示一個大齒輪牙齒和一個徑節相同的小齒輪牙齒的比較。這兩齒輪牙齒的總高是相等的，即 $Td = T'd'$ ；同時齒頂高



圖九 齒輪齒數的多少對齒根部份側形的影響

也是相等的，即 $TP = T'P'$ ；自然，齒根高也相等，即 $Pd = P'd'$ 。但是由於乙圖所示的齒輪齒數較少，因此，節圓和基圓之間的距離較短，即 $P'b'$ 小於 Pb 。很明顯的，小齒輪中基圓到根圓這一段的長度

便較大齒輪為大，即 $b'd'$ 大於 bd 。這說明了，齒輪的齒數減少，容易發生“干擾”。

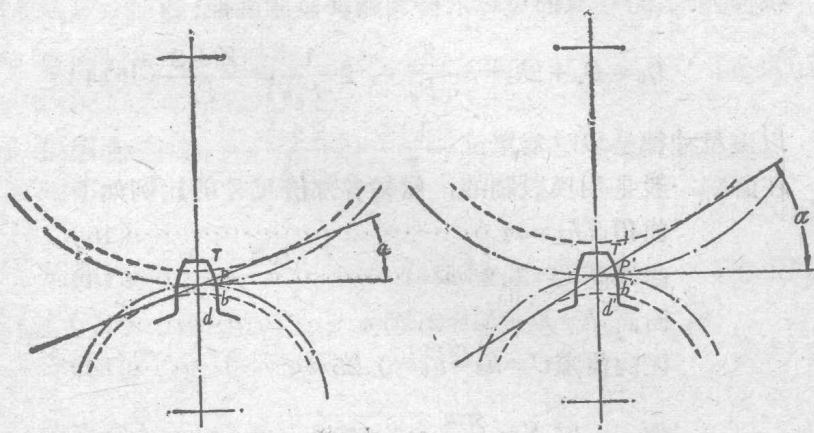


圖一〇 牙齒高度的極限

決定齒輪嚙合的始點和終點的各是從動齒輪的頂圓和嚙合線相割的一點以及主動齒輪頂圓和嚙合線相割的一點。從這裏就可以知道，牙齒的高度是和“干擾”有關係的。由於在基圓以內沒有漸開線，所以限制齒高的一點就是嚙合線和基圓相切的一點，如果嚙合線和齒頂圓相割的一點，也就是嚙合的始點或終點，出了這一點的範圍，那末牙齒就要在基圓以下的部份接觸，這便發生“干擾”。圖一〇中 a 點是嚙合線和小齒輪 A 的基圓相切的一點，大齒輪的牙齒最高不能超出左面那個牙齒虛線所示的部位，如果超出這限度（像右面那個牙齒），便發生“干擾”。

嚙合角的大小與“干擾”的關係是比較容易理解的。對於徑節相同、齒數相同的齒輪，如果增大嚙合角，那末基圓便縮小，而節圓是不變的。因此齒根中漸開線形的部份增長，直線形部份縮短，自然不容易發生“干擾”。圖一一便解釋了這種情況。在圖中， $Td = T'd'$ ， $TP = T'P'$ ， $Pd = P'd'$ 。由於 α' 大於 α ，所以 $P'b'$ 大於 Pb ， $b'd'$ 小於 bd 。這一點從圖一〇中也可以看到，如果把嚙合角加大， a 點便提高些，牙齒不容易發生“干擾”。在嚙合角為 $14\frac{1}{2}^\circ$ 的齒輪中，不會發生“干擾”的最小齒數是32（如

果不把切削刀具略加修正的話)，而在嚙合角為 20° 的齒輪中（齒高是標準的），不會發生“干擾”的最小齒數便是17。



圖一 嚙合角對齒根部份側形的影響

齒輪各部份的尺寸

從上面的敘述中，我們可以體會到，為了使齒輪正常工作並且可以互換（圓柱齒輪）起見，齒輪的各參數，也就是嚙合角、齒高等等，必須要加以標準化。在一般機械中應用最廣的齒輪是嚙合角為 $14\frac{1}{2}^\circ$ 和 20° 的漸開線齒輪，這種齒輪各部份尺寸的比例如下：

$$\text{齒頂高 } h_1 = \frac{1}{P_d} \dots \dots \dots (9)$$

$$\text{齒根高 } h_2 = \frac{1.157}{P_d} \dots \dots \dots (10)$$

$$\text{齒高 } h = h_1 + h_2 = \frac{2.157}{P_d} \dots \dots \dots (11)$$

$$\text{徑向齒隙 } C = h_2 - h_1 = \frac{0.157}{P_d} \dots \dots \dots (12)$$

$$\text{齒 厚 } S = \frac{1.571}{P_d} \dots\dots\dots(13)$$

根據公式(9)，我們可以求得齒輪的頂圓直徑：

$$D_0 = D_p + 2h_1 = \frac{Z}{P_d} + 2 \frac{1}{P_d} = \frac{Z+2}{P_d} \dots\dots(14)$$

以上尺寸都是以吋為單位。

在蘇聯一般是用模數制的，齒輪各部份尺寸的比例如下：

$$\text{齒頂高 } h_1 = m \dots\dots\dots(15)$$

$$\text{齒根高 } h_2 = 1.25m \dots\dots\dots(16)$$

$$\text{齒高 } h = h_1 + h_2 = 2.25m \dots\dots\dots(17)$$

$$\text{徑向齒隙 } C = h_2 - h_1 = 0.25m \dots\dots\dots(18)$$

$$\text{齒 厚 } S = \frac{\pi m}{2} = 1.571m \dots\dots\dots(19)$$

同樣，齒輪的頂圓直徑。

$$D_0 = D_p + 2h_1 = Zm + 2m = m(Z+2) \dots\dots(20)$$

以上尺寸都是以公厘為單位。

但是，這種齒輪在汽車上應用不多，這是因為汽車上各傳動機構的體積是比較小的，齒輪的尺寸也就不能大，為了得到較大的傳動比，小齒輪的齒數和尺寸可能甚小。如果採用上述這種齒輪，小的齒輪根部就要凹切很多，牙齒便不能具有足夠的強度，齒輪的嚙合也不勻順。為了保證牙齒的強度和嚙合的勻順性起見，汽車上所用的齒輪大都是改形的。齒輪牙齒的改形有各種不同的方法，最普通的是所謂角度的改形和高度的改形。

所謂角度的改形，就是採用和標準不同的嚙合角。前面我們曾提到過，增大嚙合角可以減輕“干擾”的傾向，也就是說可以把極限的齒數減少。例如，把嚙合角從 $14\frac{1}{2}^\circ$ 改為 20° ，可以使極限齒數自32減到17，而齒高仍維持標準。因之，增大嚙合角，可以不增加

齒輪的直徑而有較大的傳動比；缺點是疊啮值減小。

舉例，格斯-51汽車變速器的輸入軸主動齒輪是直齒圓柱齒輪，齒數是17，徑節是7，啮合角是 $22\frac{1}{2}^\circ$ 。其各部份的尺寸如下：

$$\text{節圓直徑 } D_p = \frac{2}{P_d} = \frac{17}{7} = 2.4285'' \quad [\text{公式(1)}]$$

$$\text{頂圓直徑 } D_o = \frac{Z+2}{P_d} = \frac{17+2}{7} = 2.7143'' = 68.94 \text{公厘} \quad [\text{公式(14)}]$$

$$\text{周節 } P_c = \frac{\pi}{P_d} = \frac{3.1416}{7} = 0.4488'' = 11.39 \text{公厘} \quad [\text{公式(3)}]$$

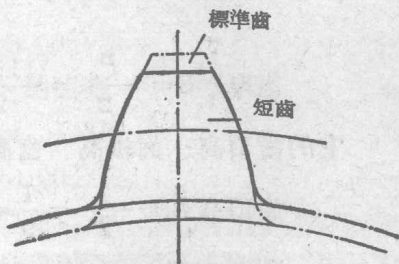
$$\text{齒厚 } S = \frac{P_c}{2} = \frac{11.39}{2} = 5.695 \text{公厘}。 \quad [\text{公式(4)}]$$

$$\text{齒頂高 } h_1 = \frac{1}{P_d} = \frac{1}{7} = 0.143'' \\ = 3.628 \text{公厘 (即等於 } m) \quad [\text{公式(9)}]$$

$$\text{齒根高} = 1.25m = 1.25 \times 3.628 = 4.522 \text{公厘} \quad [\text{公式(16)}]$$

$$\text{齒高} = 2.25m = 2.25 \times 3.628 = 8.15 \text{公厘} \quad [\text{公式(17)}]$$

所謂高度的改形，就是改變牙齒的高度或者改變齒頂高與齒根高間的比值。圖一二示一個標準齒高的牙齒和一個高度改形的短齒形狀的不同。把齒高縮短以後，相啮合的牙齒便不容易發生“干擾”，因此，齒輪的齒數可以少些，尺寸因之縮小。



圖一二 短齒

汽車上，短齒的採用是很普遍的。具有短齒的齒輪往往用兩個模數（或徑節）。其中一個模數是齒輪的基本模數，也就是周節模數；另一個模數是齒高模數。汽車和拖拉機上齒輪最常用的雙模數