

552.11. 卷

007867

漸伸綫齒輪

魏振孫譯



上海科学技术出版社



数据加载失败，请稍后重试！

內 容 提 要

本書首先对齿輪之功用及漸伸綫之应用等問題加以扼要敘述，并对漸伸綫之圖法，漸伸綫之在齿輪上应用，及其对于齿形嚙合之各項关系等問題加以分析討論，特別对于干扰、滑动疊合作用及互換性等关系分段加以說明。在第三章中特別介紹漸伸綫齿形之漸展成形法。本書各章討論中避免应用高深之数学，以适应一般工人同志之文化水平。本書最后詳細列出齿輪各部分尺寸名称等以供参考。

漸 伸 綫 齒 輪 THE INVOLUTE GEAR

原出版者 The Fellows Gear Shaper Co.

1945年第五版

譯 者 魏 振 霖

上海科学技术出版社出版

(上海南京西路2004号)

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

大众文化印刷厂印刷 新华書店上海发行所总經售

开本 850 × 1168 1/32 印張 1 28/32 字數 45,000

(原大东 科技版共印 7,000 冊 1953年 4 月第 1 版)

1958年 11 月第 1 版 1959年 10 月第 2 次印刷

印數 2,001—4,000

統一書号: 15119 · 341

定价: (十二) 0.30 元

序 言

齒輪之製造方法，目前已幾乎全部由切削法代替以前所用的澆鑄法，其齒形亦逐漸改進，產生今日所一致普遍採用之齒形——漸伸線齒形。漸伸線齒形之主要優點為：一、可用漸展成形法切削高度精確之齒輪。二、兩漸伸線之齒輪嚙合時之中心距離，可加以適當之改變，而並不影響其嚙合作用。其他優點及應用上、設計上之要點將於本書中逐節討論。作者儘可能以最簡單的方式加以解釋，避免應用高深之數學及理論，以適合於一般從事機械工作同志之閱讀。

魏 振 藻

目 次

第一章 齒輪之功用及漸伸線之應用.....	1
齒輪之應用.....	1
漸伸線.....	3
漸伸線之畫法.....	4
漸伸線對於旋轉運動之傳動作用.....	5
漸伸線在齒輪上之應用.....	7
第二章 齒形與漸伸線齒輪	9
漸伸線齒條.....	9
節點與壓力角之關係.....	12
中心距離之關係.....	12
節徑與壓力角之關係.....	13
關於漸伸線基本性質之定律.....	14
漸伸線之長度問題.....	15
壓力角與漸伸線應用部份之關係.....	16
漸伸線齒形之干擾.....	19
齒輪傳動時之重合作用.....	20
漸伸線齒輪之滑動.....	21
壓力角與互換性之關係.....	23
壓力角干擾之關係.....	25
壓力角、齒頂、徑節等與接觸長度間之關係.....	27

節徑與中心距離之關係.....	30
嚙合齒間之齒隙.....	31
壓力角與負荷之關係.....	32
第三章 漸伸線齒形之展形法	34
齒輪嚙合時干擾之避免.....	37
漸伸線作用舉例.....	38
齒輪鑄刀之旁隙.....	38
同一刀具可切出不同壓力角之齒輪.....	40
第四章 齒輪各部分尺寸名稱定義	42
齒輪之主要尺寸.....	47
弦齒厚與弦齒頂.....	47

第一章 齒輪之功用及漸伸線之應用

我們一般機械工作者常會對齒輪發生二種錯覺，以為齒輪之理論極其深奧與複雜，非大學教授或專家、工程師等不易了解，或以為齒輪工作甚為簡單，即使在普通工具機上亦不難切削一隻實際可應用之齒輪。事實上，正確情況在此二極端之間。但我們必須承認各項機械製造中沒有一種工作像齒輪問題這樣需要我們深入鑽研。我們用以鑽研之工具除日常一般機械常識外，尚需相當程度之數學，但在下面各項問題之討論中，我們盡力避免高深數學之應用，以適合一般從事機械製造同志之閱讀。

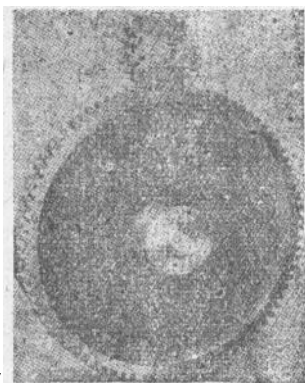


圖1 漸伸線正齒輪。

齒輪之應用 如兩平行軸需加以連接，使一軸推動另一軸，穩定地作反方向之旋轉，兩軸間保持一定之速比。舉例以明之，兩軸相距35吋，主動軸旋轉速度為100轉/分，被動軸希望其轉速為150轉/分，即較主動軸快 $1\frac{1}{2}$ 倍。欲達到以上之目的，而應用機械傳動之方法有三：

一. 皮帶輪傳動法 如將主動軸上之皮帶輪較被動軸上之皮帶輪大 $1\frac{1}{2}$ 倍，見圖2（主軸皮帶輪36吋直徑，副軸皮帶輪為24吋直徑），用交叉皮帶加以連接，假定皮帶與輪子間無“打滑”現象，則上述之要求即可實現。果然其他尺寸之皮帶輪亦可應用，只要在實際應用條件許可情況下，其直徑比例保持 $1:1\frac{1}{2}$ （如30吋及20吋；33吋及22吋等）。

二. 摩擦圓盤傳動法 主動盤之直徑須較被動盤大一倍半，以

保持一定之速比，而二盤當互相緊壓時半徑之和須恰等於中心距離。如上例中心距離為35吋，則二盤之直徑為42吋及28吋，見圖3。不如圖2，用皮帶輪傳動時，此處無其他尺寸可變換，並且直徑尺寸須保持相當準確，以保證組合時中心距離恰為35吋，而兩盤間傳動時無“打滑”現象產生。

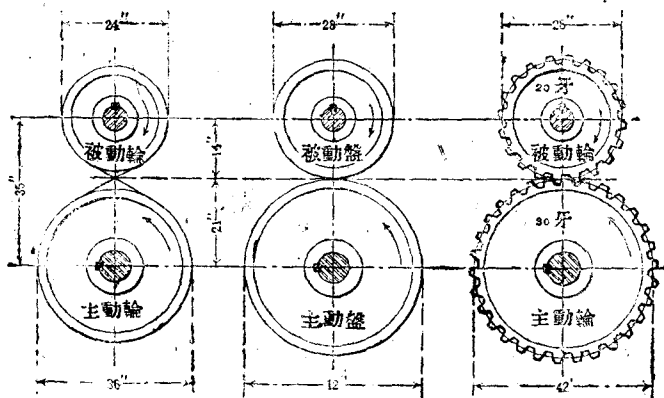


圖 2 兩軸用皮帶輪及交叉皮帶連接傳動。

圖 3 兩軸用摩擦盤傳動。

圖 4 兩軸用漸伸線正齒輪傳動。

但上述兩法事實上最精確之機工，亦無法使皮帶輪或摩擦盤之直徑在行走時保持高度之準確，而使兩軸間之速度維持一定之比例，即使上項要求能達到，當負荷略重時，便發生“打滑”現象，故此項摩擦傳動不能視為在一定速比下最可靠之等速傳動法。

三、齒輪傳動法 最理想之解決方法如圖 4，將摩擦盤代以齒輪，主動輪之齒數須較被動輪多一半。如前者為30牙，則後者須為20牙。用此法傳動時便無“打滑”之可能；但對齒面曲線應作適當之選擇，否則將產生另一種弊病，即行走時之平穩度不如前二種傳動法之穩順，而將有快慢現象發生。故齒輪傳動之主要問題為如何使齒面成一種形狀，能

將行動自主動軸平穩而均勻地傳至被動軸上。我們的目的，即為研究這一種特殊之齒面曲線——漸伸線。

漸伸線 甚麼叫漸伸線？見圖5，為要回答並證明這一問題，我們可做一模型，將硬紙剪成一圓片，釘於畫圖板上。圓片周邊上附着一線，繞在圓片上，另一端置一鉛筆尖，將線一面拉緊，一面自圓周上放開，如鉛筆尖緊靠在一白紙上行動，則可畫一漸伸線。

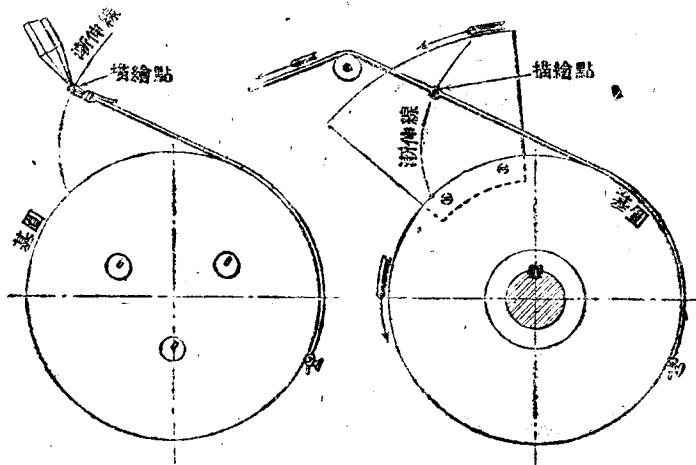


圖 5 用一紙圓盤，細線及鉛筆尖便可簡單地描出漸伸線。

圖 6 用同樣方法在一圓盤於轉動圓盤上紙板上描出漸伸線。

另一法，如圖6，將一圓盤裝於軸上，圓盤上釘一扇形紙板，然後將線一端如圖5，繫於圓盤周邊上，但另一端經過一導輪（線須有足夠之長度），加以拉緊。於線上適當位置處繫一鉛筆尖。拉動線時，圓盤及扇形紙板，便行旋轉，如將筆尖緊觸紙板，可畫出一漸伸線。如上述兩法所用之圓盤直徑相同，則所畫出之漸伸線亦必相似。這用以導出漸伸線之圓盤，在齒輪學上稱之為基圓。其直徑大小，決定漸伸線之形狀。自同樣大小基圓上展出之漸伸線，其形狀必相似。

漸伸線之畫法 學習齒輪者，為更明瞭漸伸線之性能，常將其形狀畫出，以便更作進一步之研究。幸運地，漸伸線為所有曲線中，除圓以外，最簡單且最易畫出之曲線。其大致步驟如圖7。

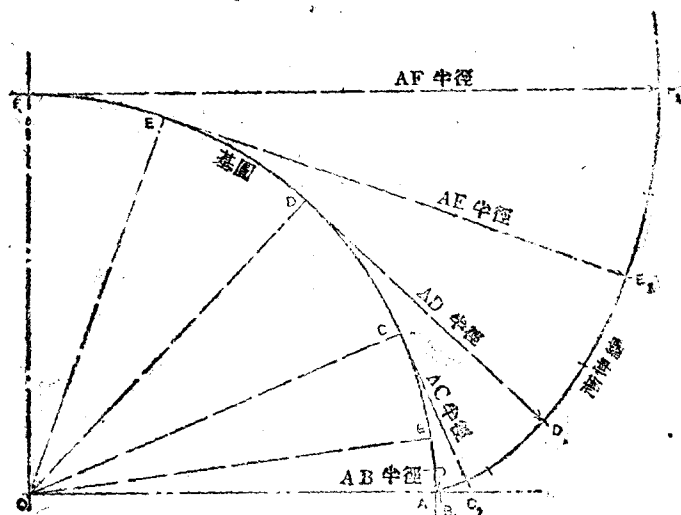


圖 7 繪畫漸伸線最簡單的方法

要求：自基圓上一點A，畫一漸伸線。

法則：1. 在基圓圓周上等分數段，如B, C, D, E, F等。

2. 在這些等分點上畫基圓之切線，方向須一致向A點。

3. 畫切線最簡單之方法為先連接中心與圓周切點（如D），即畫一半徑（OD）再自D點畫一垂直於OD之線DD₁。DD₁即所需之切線。

4. 自B點，以AB弦長（理論上該為AB弧長，但如將圓周等分得甚細，即AB甚短，則兩者相差無幾，還可取AB弧之近似，AB弦代之）作半徑，在B點切線上取一段BB₁等於AB，以

曲線板連接 $A B_1$ 。

5. 再以 C 爲中心, AB 及 BC 弦長之和爲半徑, 在 C 點之切線上取一段 $C C_1$ 等於 (近似) AC 弧長。以曲線板連接 $B_1 C_1$ 。
6. 如此在 D, E, F , 各點重複進行便可連出一曲線, 近似所需之漸伸線。
7. 基圓周等分愈細, 即 AB, BC 等愈短, 則所得之曲線更與實際之漸伸線相近。
8. 在畫 $A_1 B_1, B_1 C_1, C_1 D_1$, 等曲線時儘可能使其彼此能連貫, 勿產生不連續之現象。實際工作時, 可將曲線畫過終點相當距離, 以便與下一曲線能自然地連接。圖7, 曲線上之記號處即爲前曲線之終止點及後曲線之開始點。

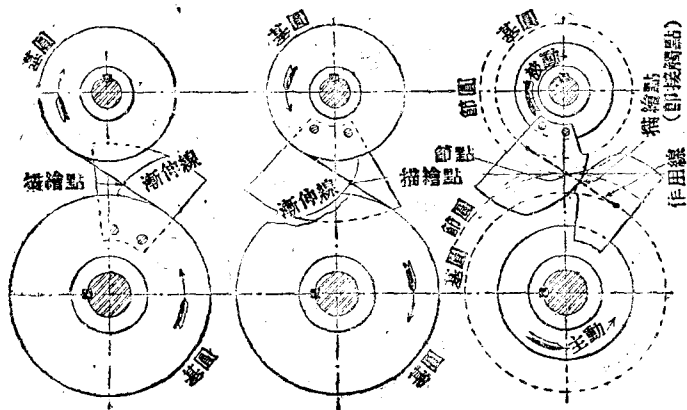


圖 8 在附着於下面圓盤之紙板上描繪一漸伸線 (兩圓盤用線連接)。

圖 9 在附着於上面圓盤之紙板上, 描繪一漸伸線。

圖 10 兩紙板互夾漸伸線切出, 使有動均勻地由下軸傳至上軸。

漸伸線對於旋轉運動之傳動作用 現在我們已能將漸伸線畫出, 可進一步討論, 如何將其應用至實際之齒輪問題上去。如將圖2中:

下皮帶輪上釘一扇形紙板，見圖8。在其圓周上繞一線，再將另一端固定於上皮帶輪之圓周上。在下皮帶輪上加輕度阻力，上皮帶輪轉動時。線便拉緊。兩皮帶如此平滑地轉動時，線上附着之筆尖便在下皮帶輪之紙板上畫出一漸伸線。又如以下皮帶輪之外圓爲其基圓，以同樣方法，釘一扇形紙板於上皮帶輪上，見圖8，兩皮帶輪像以前一樣旋轉（方向隨便），但線須保持適當緊度，筆尖便在上皮帶輪之紙板上畫出另一漸伸線。此漸伸線係以上皮帶輪之圓周爲基圓。再用一鋒利之刀子，沿上述兩漸伸線切下，作爲齒輪之樣板，仍釘着於兩皮帶輪上，見圖10。如兩皮帶輪仍像以前用線繫接，彼此相互旋轉，則描跡點（Tracing Pt.）（即筆尖之繫着點）將在兩紙板上同時沿兩漸伸線之樣板行進。此點即證明當皮帶輪旋轉時，兩漸伸線齒形樣板經常保持接觸，而平穩地彼此傳動。

在圖10上基圓及細線以虛線表示，即將繫接兩皮帶輪之細線及皮帶輪無形中取消而以主動齒形樣板將旋轉運動傳至被動齒形樣板，如皮帶輪傳動一般。注意：圖10上虛線之細線即圖2中交叉皮帶之一邊。由以上之討論可證明兩漸伸曲線可將行動自甲軸平穩地傳至乙軸，其速比與皮帶輪傳動者相同，惟此兩漸伸線之基圓直徑須與皮帶輪之外徑相同。

在圖10上，兩基圓間之直線部份稱爲作用線。因沿此線兩漸伸線表示保持其接觸。作用線與兩基圓中心連線之交點稱爲“節點”。經此節點，所畫與基圓同心之圓稱爲“節圓”。此節圓之直徑與圖3摩擦盤之外圓直徑相同。注意：圖中皮帶與中心線交叉點，即圖3中兩摩擦盤相切之點亦即圖10中漸伸線齒輪傳動時之所謂節點。

圖10中兩節圓之直徑可由中心距離與速比加以決定，與圖3中兩摩擦盤直徑之決定法相同。已知中心距離及速比後，僅一組節圓直徑可得，

如摩擦盤直徑一樣。但在圖2中，皮帶輪直徑之組合，在一定應用條件下可適度地加以選擇，故漸伸線齒輪傳動中，雖節圓組合僅一種，而基圓直徑則可加以比例的改變。惟有一限制條件即兩基圓直徑比例不變，且不可超過節圓之直徑。不論基圓直徑如何改變，其在二基圓上共切之直線與中心線之交點應保持在節點不變，因節圓之切點亦未加以改變。

漸伸線在齒輪上之應用 由圖10我們知道用兩漸伸線樣板可平穩均勻地傳動旋轉，但僅可延續一極小之角度。如若繼續轉動，須有第二對漸伸線在前一對未脫離接觸前來代替它的工作，見圖11。齒輪兩面皆應用漸伸線，以便能反方向旋轉。圖11中主動齒輪旋轉速度為被動輪

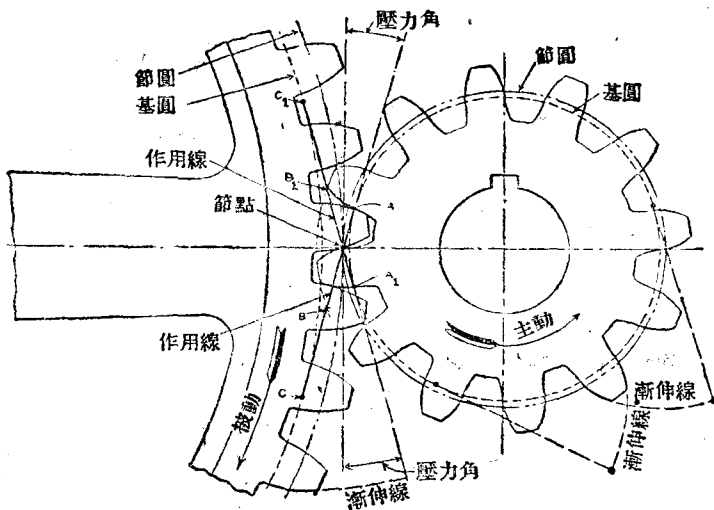


圖11 一對漸伸線齒輪，其齒面曲線，如圖8、9、10所示方法構成。

之三倍，故後者齒數亦應為前者之三倍。如主動齒輪有12齒，則被動齒輪之齒數當為36。節圓直徑之比例亦為3:1，而其半徑和須等於中心距離。基圓直徑之比亦為3:1。小齒輪之節圓平均分為24份——12牙齒及

12齒間。大齒輪亦等分爲72份——36牙齒及36齒間。因36牙齒輪之節徑及節圓周爲12牙齒輪之節徑及節圓周的三倍，故兩輪之牙齒與齒間恰巧嚙合。牙齒兩面之漸伸線皆仿圖7之法，經節圓上之等分點，向齒頂及齒底畫出。在基圓以下之齒形須與其嚙合之齒尖部份不起干擾，以免發生噪音。

基圓以下無漸伸線作用，故其齒面之接觸亦非真正之漸伸線性質。因此在基圓以下部份，齒面之接觸稱爲“干擾”，須儘可能加以避免。

作用線 漸伸線齒面之接觸作用，見圖11，爲沿一直線稱爲作用線。此線爲兩基圓之共切線，或即代表皮帶輪傳動時之交叉皮帶者（圖2）或兩圓盤間緊拉之細線（圖9）。如改變基圓之直徑，則作用線之角度將行改變，但仍通過同一節點，由不同基圓產生之漸伸線形狀各異，壓力角亦不同。

圖11中主動輪與被動輪之接觸沿AC線，旋轉方向如箭頭所示。接觸自A點（小齒輪漸伸線之起點）開始，至B點（小齒輪頂部與作用線之相割點）終止。如主動輪作反方向之轉動，接觸自A₁開始，B₁終止。

第二章 齒形與漸伸線齒輪

目前機械上應用之齒形種類甚多。一般比較標準化的有 $14\frac{1}{2}^\circ$ 全深漸伸線齒形， 20° 全深漸伸線齒形及 20° 侏形齒等。所謂 $14\frac{1}{2}^\circ$ 漸伸線齒形，即指其壓力角為 $14\frac{1}{2}^\circ$ ，故用此標準之齒條，其齒面與垂直線所成之角度為 $14\frac{1}{2}^\circ$ 或其兩齒面之夾角為 29° 。 20° 度全深標準齒之齒深與 $14\frac{1}{2}^\circ$ 全深標準齒同，但其壓力角為 20° 。侏形齒為上述兩種齒形標準之一種變化，因齒輪早期應用時不如現今之易於製造準確，為使製造較易，數量較多且品質及強度較佳，故採用此項侏形齒以代替全深齒，特別在汽車傳動齒輪上應用最廣，其他工具機及動力傳動上亦普遍採用。直至近十數年來用合金鋼齒輪後，其強度較大之優點始終為其普遍應用主要原因之一。

目前較為普遍應用之侏形齒標準有二：

1. 費氏標準 以兩種不同之徑節為其各項齒形尺寸計算之基礎；如齒厚、齒數及節徑以6徑節為計算基礎，而齒頂、齒底及全齒深之計算則以8徑節為標準，故通常用 $\frac{6}{8}$ 徑節來表示此種侏形齒，其齒深相等於8徑節之齒輪，而周節則與6徑節之齒輪相同。例：21牙費氏侏形齒，節徑為 $3\frac{1}{2}$ 吋，而外圓則為 $3\frac{3}{4}$ 吋。

2. AGMA 標準 此項標準之侏形齒，其齒頂按不同徑節成一定之比例。不像費氏標準之侏形齒，其 $\frac{4}{8}$ 徑節與 $\frac{6}{8}$ 節徑之齒頂不成比例。所有AGMA之侏形齒齒頂按基本徑節之 $\frac{8}{10}$ 計算，即1徑節之侏形齒，其齒頂為 $\frac{8}{10}$ 吋，其他徑節，按比例推算。

漸伸線齒條 最初用於齒形之曲線，種類頗多，後來漸伸線將其他曲線漸漸淘汰，而獨佔此位置，其主要原因之一為漸伸線齒條之形

想像此直線繞於一直徑無限大之基圓上。但我們目前擬從另一途徑，進行討論。假定此拉緊直線在右下角經過一如圖6中所示之導輪，先使F及G，接觸於J點（見圖中虛線）轉動F直至接觸點自J移至K，沿作用線，約移過一吋左右，如圖所示。則樣板G所經之距離為X。如再轉動F，使接觸點再沿作用線移過一吋左右，自K至L，則樣板G又將向右移過X。現在讓我們來看一看，每次F轉動之角度是否相等，即在作用線上移過等距離是否即表示樣板F轉過等角度？因作用線事實上即圖10中所用繞於基圓上之細線，故作用線上每移動一等距離能使圓盤轉過一等角度，同樣能使樣板G移過一等距離。故由此可說明垂直於齒輪作用線之漸伸線直形斜邊的齒條面，如圖13，為與漸伸線齒輪面啮合之正確形狀，彼此能平穩均勻地運轉、傳動。圖35、36為經過變化後之齒條形狀，以避免干擾，將於後節中詳述之。

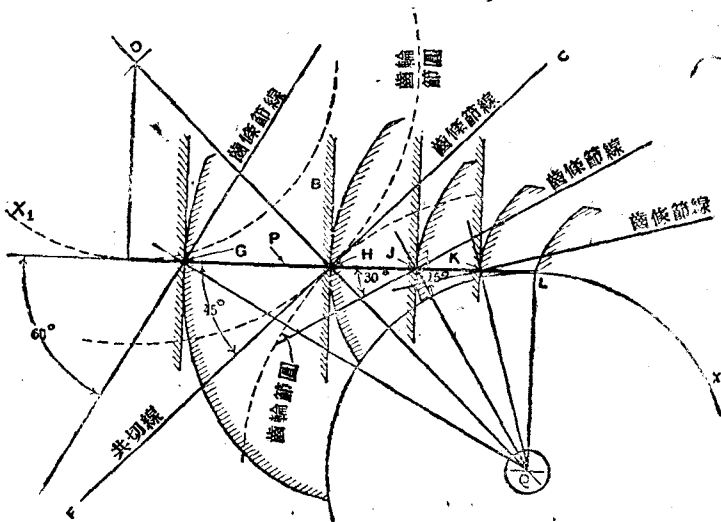


圖13 壓力角變化與節點地位之關係。