

科學圖書大庫

齒輪簡易設計

譯者 郭 蘅

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

齒輪簡易設計

譯者 郭 衡

徐氏基金會出版

我們的工作目標

文明的進步，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力。在整個社會長期發展上，乃對人類未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，自應各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同將人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之收穫，已超越以往多年累積之成果。昔之認為若幻想者，今多已成爲事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，尤爲社會、國家的基本使命。培養人才，起自中學階段，此時學生對基礎科學，如物理、數學、生物、化學，已有接觸。及至大專院校專科教育開始後，則有賴於師資與圖書的指導啓發，始能爲蔚爲大器。而從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啓導後學，旨趣崇高，彌足欽佩！

本基金會係由徐銘信氏捐資創辦；旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利，民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，惜學成返國服務者十不得一。另曾贈送國內數所大學儀器設備，輔助教學，尙有微效；然審情度理，仍嫌未能普及，遂再邀請國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。以主任委員徐銘信氏爲監修人，編譯委員王洪鎧氏爲編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱工作。「科學圖書大庫」首期擬定二千種，凡四億言。門分類別，細大不捐；分爲叢書，合則大庫。爲欲達成此一目標，除編譯委員外，本會另聘從事

翻譯之學者五百餘位，於英、德、法、日文出版物中精選最近出版之基本或實用科技名著，譯成中文，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，內容嚴求深入淺出，圖文並茂。幸賴各學科之專家學者，於公私兩忙中，慨然撥冗贊助，譯著圖書，感人至深。其旅居國外者，亦有感於為國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬多寡，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，其報國熱忱，思源固本，至足欽仰！

今科學圖書大庫已出版一千餘種，都二億八千餘萬言；尚在排印中者，約數百種，本會自當依照原訂目標，廣續進行，以達成科學報國之宏願。

本會出版之書籍，除質量並重外，並致力於時效之爭取，舉凡國外科學名著，初版發行半年之內，本會即擬參酌國內需要，選擇一部份譯成中文本發行，惟欲實現此目標，端賴各方面之大力贊助，始克有濟。

茲特掬誠呼籲：

自由中國大專院校之教授，研究機構之專家、學者，與從事工業建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究之學人、留學生；

大專院校及研究機構退休之教授、專家、學者

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或就多年研究成果，分科撰著成書，公之於世。本基金會自當運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。尙祈各界專家學人，共襄盛舉是禱！

徐氏基金會 敬啓

中華民國六十四年九月

譯者序

本書的目的是希望提供工廠中非齒輪專業人員在遭遇齒輪設計問題時，能在較短的時間內將其解決。故採取的是一種速成方式，也是一種比較實用和直接的方式。因此在基本理論方面較少論及；僅在各章之首略予介紹，但皆深入淺出，言簡意賅。

本書在陳述設計和計算方面時，均一律使用先述法則，再列算式，繼之以一簡單例題的方式，顯得有點重複和呆板，不過假如不採用這種方式，就會「說來話長」無法達到「簡易」的目的了。

本書之另一特點為最末一章「齒輪圖樣之製作」。我們可能根據其他介紹齒輪的書籍和手冊算得很多齒輪的數據，但却不知道那些是製造齒輪所最需要的。本章對不同種類及不同要求的齒輪在圖樣上應提供那些數據才足夠讓工場中的製造者作出合乎規格的齒輪，均一一舉例說明。

譯者亦非齒輪專業人員，故譯文中辭不達意之處必多，尚祈讀者予以指正。又，本書發行雖已四版，但原著未附序文，譯者此舉旨在為讀者於購書時提供意見，無越俎代庖之意。

最後，願本書確能解決讀者的齒輪問題。

算式中使用之符號及字母

下列字母使用於本書之各種圖表及算式之中，適用於各種不同之齒輪裝置，其尺寸單位均為吋。

字母或符號代表之尺寸，角度或數量 (尺寸以吋為單位)	字母或符號代表之尺寸，角度或數量 (尺寸以吋為單位)
<p>A = 角度 (用以表示各種齒輪裝置之角度，由附圖及其定則和公式顯示之)</p> <p>a = 屬於小齒輪 (Pinion) 或兩相啮合齒輪中的較小者的角度</p> <p>B = 內孔直徑或軸孔直徑</p> <p>C = 中心距或任何相啮合齒輪間的最小距離</p> <p>D = 任一齒輪之節徑</p> <p>d = 任一小齒輪的節徑，或相啮合齒中的較小者的節徑——也表示蝸輪裝置中蝸桿的節徑</p> <p>E = 錐形高 (錐形距離，Cone distance)</p> <p>F = 齒面寬 (Face width)</p> <p>G = 蝸輪之喉徑</p> <p>H = 齒輪安全傳遞之馬力數或馬力定額 (Horsepower rating)</p> <p>I = 內齒輪的內徑</p> <p>J = 齒冠 (Addendum)</p> <p>j = 矮齒冠</p> <p>K = 齒根</p> <p>L = 蝸桿螺紋或螺旋齒輪齒之導程 (Lead)</p> <p>M = 模數 (Module)</p> <p>N = 齒數 (所有齒輪)</p>	<p>n = 小齒輪或啮合齒輪之較小者的齒數，或表示蝸輪裝置中蝸桿的螺紋數</p> <p>O = 任何齒輪的外徑</p> <p>o = 小齒輪或兩相啮合齒輪中較小齒輪之外徑，或表示蝸桿之外徑</p> <p>P = 在徑節體系中表示所有齒輪之節節</p> <p>P_v = 垂直徑節</p> <p>P_o = 週節 = 蝸桿螺紋的軸節</p> <p>R = 齒輪變速比 (Ratio of Gearing)</p> <p>S = 軸角，或傳動與從動軸間的夾角</p> <p>T = 齒之弦綫厚度，或以齒厚卡規測得之厚度</p> <p>t = 斜齒輪小端齒之弦綫厚度</p> <p>U = 蝸輪的喉半徑 (Throat Radius)</p> <p>V = 節線或節圓上之速度，單位為呎/分</p> <p>W = 任何齒輪之全或總齒深，或蝸桿螺紋之全齒深 = 斜齒輪大端之齒深</p> <p>X</p> <p>x</p> <p>Y 在個別之情況中代表各種不同之數字</p> <p>y</p> <p>Z</p> <p>z</p>

徐氏基金會科學圖書編譯委員會
監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國六十八年一月二十日再版

齒輪簡易設計

基本定價 2.00

譯者 郭 蘅 聯勤兵工廠研究發展室主任

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號
發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1 5 7 9 5 號
承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話 9719739

目 錄

算式中使用之符號及字母

標準齒輪輪齒之形式及尺寸

齒輪輪齒之製造程序	1
齒的曲率	1
齒條與輪齒曲線的關係	2
漸開線輪齒曲線之引出	2
作用線及壓力角	3
板條齒及其與啮合齒輪之齒的關係	3
漸開線齒條的直線邊的優點	4
齒高或進刀深度及標準之選擇	4
美國標準的 $14\frac{1}{2}$ 度全高輪齒	5
美國標準的 20 度全高輪齒	5
美國標準 $14\frac{1}{2}$ 度複合系統	5
美國標準 20 度短輪齒漸開線系統	6
費洛斯短輪齒系統	7
納脫短輪齒系統	7
輪齒各部尺寸表	7
模數系統作基本的齒之尺寸	7
齒輪設計圖表	8
正齒輪——全高輪齒	18
正齒輪——短輪齒	34
內齒輪——20 度全高輪齒	37

斜齒輪——直角驅動	42
斜齒輪——角驅動	49

葛理遜直齒斜齒輪系統

葛理遜系統的壓力角	52
輪齒軸承	53
齒冠及弧線齒厚	53
直齒斜齒輪——葛理遜系統	54

蝸線斜齒輪——葛理遜系統

壓力角及齒速比	63
面角	63
齒面寬	63
長或短齒冠	63
齒厚	63
徑節	64
蝸線斜齒輪——葛理遜系統	65
平行齒深式斜齒輪	74

螺旋或蝸線齒輪

用於平行軸的螺旋齒輪	78
用於車輛傳動的螺旋齒輪	78
用於兩軸不平行的螺旋齒輪	78
用於螺旋齒輪的滾齒刀和銑刀	79
角傳動中輪齒的螺旋角	79
蝸輪之取代	80

螺旋或蝸線齒輪…………… 81

人字或雙螺旋齒輪

- 有關設計人字齒輪的一般原則
…………… 91
- 三類人字齒輪問題…………… 92
- 一般設計程序…………… 92
- 若正齒輪為人字齒輪所取代… 93
- 製造人字齒輪的一般方法…… 93
- 切削螺旋齒輪時滾齒刀的位置
…………… 94
- 槽之寬度與深度…………… 94
- 人字或雙螺旋齒輪…………… 95

蝸輪組合

- 作動力傳輸的蝸輪組合…………102
- 單紋及多紋蝸輪的應用…………103
- 蝸輪螺紋的角度……………103
- 蝸輪組合傳輸動力的能量……104
- 蝸輪組合……………105
- 齒數比（齒輪比率）及速率…116
- 齒輪之動力傳輸能量…………129
- 如何決定馬力（動力）能量
……………137
- 一定馬力所需之節距……………138

齒輪名詞的定義

- 正齒輪之檢查——弦線測量法
……………145
- 用於正齒輪和螺線齒輪組合的
鋼料……………147
- 用於斜齒輪的鋼料……………148

齒輪圖樣之製作

- 圖樣上齒輪數據的種類…………149
- 齒輪規格中名詞的意義…………149
- 齒輪圖樣範例……………153
- 繪製齒輪的一般法則…………153
- 不需要公差的尺寸……………155
- 定位面……………156
- 齒輪作銷量的數據……………156
- 測量輪齒厚度的其他方法……157

細節距的正齒輪、斜齒輪、 螺旋齒輪及蝸輪

- 正齒輪及螺旋齒輪……………162
- 蝸輪組合……………162
- 斜齒輪組合……………162
- 其他參考書籍及標準…………163
- 索引……………164

標準齒輪輪齒之形式及尺寸

目前美國有四種標準的正齒輪齒形，這些基本的標準齒形也擴展應用於其他各種類型的齒輪設計。由於齒條是互換性正齒輪標準體系的基礎，故在制定齒輪的標準時，只須定出其齒條的大小就可以了。如果知道了製造齒輪的程序，就不難了解為什麼齒條要被標準化了。以下將對此作較詳說明。

齒輪輪齒之製造程序

圖1的上圖是一個齒輪的胚料及一個條狀的齒輪銑刀。如果此一銑刀或齒條（其尺寸按某一標準齒形製造者）水平移動，胚料亦即以相同的速率轉動；為便於解釋，假定胚料為很軟的塑膠類製成，則銑刀必在其上切削成齒形。如果此胚料是鑄鐵或鋼製成，而條狀的銑刀依齒輪軸的方向作往復的切削，並且假定在每一切削行程之後，齒輪胚料都向前略作轉動，就好像已是齒輪而與另一齒輪啮合轉動一樣，如此的情形，鋼鐵胚料上也可造成齒形。

圖一的下圖是顯示一直邊的條狀銑刀，在其連續的切削下如何的造成一正齒輪的齒形，假如將這一條狀銑刀製作不同直徑及不同齒數的齒輪，則這些齒輪均可互換。此處「互換」兩字的意義是：不同尺寸的齒輪都可與此一基本齒條啮合，並且也能互相啮合，當然，它們的節距都應相同。

齒的曲率 (Curvature)

由條狀直邊的銑刀所製造產生的齒輪（如圖一下圖所示），其齒形的曲率均為漸開綫，此一形狀為目前最普通的一種；雖然有很多經過修改的齒形仍舊稱為漸開綫齒輪，但僅是一部份的漸開綫，此點當在以後論及。在實際的齒輪製造上是很少使用條狀的銑刀的，通常是用一付由基本齒條所切削而成的滾齒刀（HOB）或齒輪形的銑刀來製造齒輪。如果銑齒輪的齒形是採取銑製方式來完成，其所用銑刀是根據節距來選擇，每節距為一組，每組有銑刀八件，此每件銑刀的號數與要銑齒輪的齒數相對應。這種銑刀銑製的齒形是正確的，或者極接近於正確。

2 齒輪簡易設計

因爲齒的曲綫或外廓是決定於其製造的方式上，故齒的曲率并非如一般學習齒輪設計者所認爲的那樣應載於齒輪的製造圖上，如果設計者列出了齒輪的標準及切削齒輪刀具的節距，則製造單位必須小心使其符合於曲率。此一曲率即決定在製造過程中刀具與胚料間的相互動作上，又假如齒輪是用銑製方式來完成的話，則是直接按照刀具的形狀複製出來的。

齒條與輪齒曲線的關係

有幾種製造齒輪的機器，其製造齒所用的切削工具都和齒條的齒相類似；至少以其刀口來說與之類似。例如滾齒機就是用一只具有齒條齒形的滾齒刀。一般製造錐齒輪的機器也是用複製法，其造齒刀具的刀口相當於冠狀齒輪，而錐齒輪與冠狀齒輪的關係就好像齒條與正齒輪的關係一樣。

爲了要了解各種不同的製造方式以及爲何齒條式的工具之常被採用，最好先了解齒條的齒形是如何導引出來的，以及它如何與啮合的齒輪齒的曲線相關連。還有爲何漸開式齒條的邊都是直的，爲何它們的傾斜度又與壓力角一致，這一些都在下面陳述。

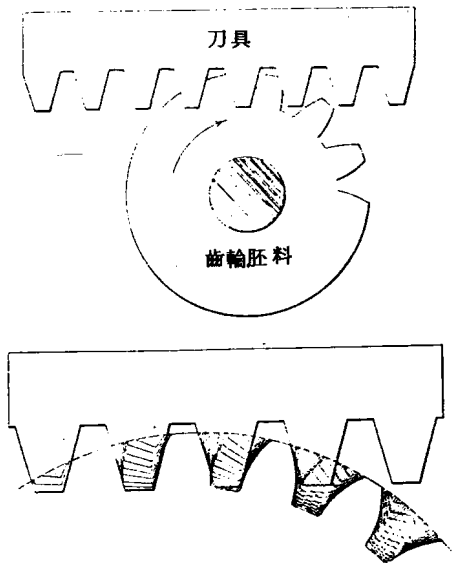


圖 1 正齒輪如何由胚料與代表一段齒條之刀具相對轉動而產生齒形。

漸開線輪齒曲線之引出

圖二中的A和A₁兩圓代表兩相互啮合齒輪的節圓 (Pitch Circle)。在此兩節圓之內是基圓 (Base Circle) B和B₁，齒輪的曲線即係自此引出。假定有一條線C像皮帶一樣，當兩基圓在轉動的時候從一個圓解開而繞向另一個圓，又在B₁基圓之外伸出一扇形面D并隨B₁而轉動；如果在C線上有一劃線器，則其畫針E將在D面上劃出一條漸開線F來。假使換成基圓B，在其上伸展出一扇形面的話，則另一條漸

開線（如附圖虛線G所示）同樣地將在E點被劃出來就如同劃F曲線一樣。此一方法雖然并不能應用到實際的齒輪的切削上，但已道出漸開線與其基圓之間的關係。

現在假定曲線F是接在 B_1 上的主動齒，而與曲線G相接觸（為被動齒），則祇要 B_1 和B兩齒輪一直嚙合，必有一等速運動從 B_1 轉達於B。這樣由準確的漸開線F和G所達成的等速運動，與由平圓盤 A_1 和A相接而滾動所產生的一樣；可是曲線的齒更提供一較確實的傳動。如果在 B_1 和B兩圓周上排了一列等距離的齒，而它們都有適當的高度且兩齒間的距離使在轉動時能保持至少一對齒相嚙合的話，很顯然地，它們就可以繼續不斷的轉動；更進一步說，如果兩圓周上齒的另一邊也是曲線，那它們就可以向另一個方向轉動了。

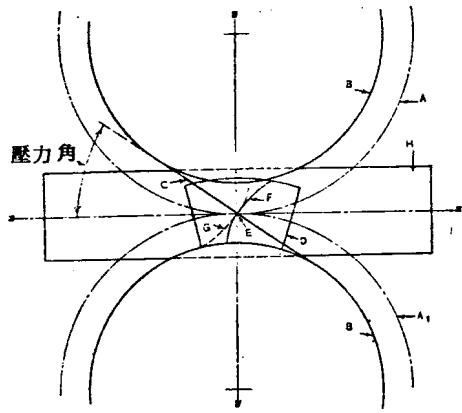


圖 2 漸開線輪齒曲線之引出。

作用線（Line of Action）及壓力角（Pressure Angle）

因為畫針E隨C線運動而劃出曲線F和G，所以兩齒相嚙合的所有接觸點必在C線上，因此C線就稱為作用線。而此作用線與兩齒輪中心線 $y-y$ 所成垂直線 $x-x$ 的夾角就稱為「壓力角」

板條齒及其與嚙合齒輪之齒的關係

現在再來解釋條狀齒的漸開線是如何導引出來的。在第二圖中，假如有一長方形的條板H順着其中心線 $x-x$ 而移動，其運動的速率與節圓A和 A_1 完全一致。又假定畫線器的畫針E是與H接觸。如此，則B和 B_1 的轉動將會使E在H上劃一條與作用線C垂直的直綫，其傾斜角對於 $y-y$ 軸來說，等於壓力角。由此可知，以漸開線方式嚙合的齒條，其齒形是直線形的。但我們也不要忘記，在H上劃直邊的畫針E如果能和B及 B_1 兩圓延伸的扇形面接觸的話，它也必會在其上分別劃出曲線F和G來。因此，如果H是依 $x-x$ 的方向自右向左作等速運動，而齒條直線形的邊如果與曲線齒形G相接觸，則它

4 齒輪簡易設計

就可以傳達一等速運動到B圖了；也就是說，一條代表條狀齒形面的直線，可以產生一漸開式齒形曲線，假定此兩者之間的相對運動和齒條與其啮合的齒輪的運動是相同的時候。

現在再來談條狀齒的原理如何實際的應用到複製式機器，它們怎樣作齒輪切削和齒輪磨製的工作。如上所述，畫針E可以用來描繪出曲線，但用此方法在鋼鐵上或鑄鐵等材料上作出曲線來則是不切實際的。但是，在切削齒輪的機器上，將條狀齒的直邊換成直線形的刀口，或者在磨製齒輪的機器上，將砂輪的側面作成直線形，則此種直線的刀口和平面的磨面，便可以有效的產生出漸開線的齒形曲線來，而這也是我們在實際中所應用的方法。

漸開線齒條的直線邊的優點

漸開線齒條齒具有直線形邊是極有實用價值的，一般以複製方式製造齒輪的各類型機器，其刀具都是這樣的。使用具有直線邊的工具，或以直線作基準來加工，其優點都是顯而易見的。舉例來說，如果一件齒輪刀具是單齒條齒的形狀或是短短的一段齒條，則製造起來較之於有特殊曲率的齒輪刀具要簡單多了，相同的，如果一件刀具不是齒條形狀而是齒輪形狀[如費洛氏(Fellows)鏟齒機所用的刀具]，其從直線邊齒條所獲的好處是這樣的，因為這種鏟齒刀具是利用一直線邊的砂輪磨製成其正確的曲率。在這種情形下，砂輪就成了齒條，而刀具的曲率就是複製方式的結果。

齒高(Length of Teeth)或進刀深度(Depth of Cut)及標準之選擇

齒輪的齒高(或齒間空間的深度)是隨節距的不同而變化，並且是與全高齒輪(Full Depth Tooth)標準或者是短輪齒(Stub-Tooth)標準一致的。其高度至少應該讓前一對齒在脫開之前後一對齒即已啮合，因為這樣才能確保啮合之連續。而且，事實上應有相當程度啮合的重疊，乃能獲得平穩的連續傳動。

齒輪設計者應依據使用上的要求來選擇齒輪的標準。由於各種標準之適用性有各種不同的說法，故設計者最好能依據其實用情形來決定，至少一個標準之選定是靠實際經驗，以之選用某種等級的齒輪組合。以下介紹幾種不同齒輪的標準。

美國標準的 $14\frac{1}{2}$ 度全高輪齒

標準齒形對於同一節距因齒高不同而不同，也因基本齒條角度或齒形不同而不同。第6頁表一最上的圖中是一付標準 $14\frac{1}{2}$ 度全高漸開式齒的齒條，其總高等於 2.157 除以節距，其他部份高度則列於基本齒條圖的下方表中。此總高學名為全高（Full-Depth），是用來區別此種齒高標準與所謂短輪齒（Stub-Tooth）標準的。相同的節距，短輪齒的齒較低。

齒條齒之兩側的角度 $14\frac{1}{2}$ 度等於壓力角，也是兩接合而轉動齒輪的作用綫與齒輪中心聯線間的夾角（假定其中心距離是合標準的）；所謂作用綫，如前述是兩漸開綫齒輪轉動時，其接觸點的軌跡。如果用滾齒刀來作齒輪，滾齒刀齒的邊（即代表基本齒條）對垂直於滾齒刀軸綫之面成一 $14\frac{1}{2}$ 度之傾斜，此即為其壓力角。當齒數超過避免齒輪之齒相互干涉所需之齒數時，此種 $14\frac{1}{2}$ 度全高的標準齒形是極為完善的。齒的干涉在齒數低於 32 時開始，而齒數小於 22 時將極嚴重。

美國標準的 20 度全高輪齒

以實用的眼光來看 20 度標準與 $14\frac{1}{2}$ 度標準的不同僅在於壓力角（參看表1的下圖），齒冠（Addendum），齒根（Dedendum）及總高都是與 $14\frac{1}{2}$ 度全高輪齒相同的。此種 20 度齒條之齒及以之複製出來的齒輪其根部較厚，因此較 $14\frac{1}{2}$ 度的齒為堅固，此可由其比較圖中顯示出來。壓力角的加大也可以減少干涉，此種齒的干涉開始於齒數小於 18 ，而齒數為 14 以下趨於嚴重。除了在根部的內圓角不同以外， $14\frac{1}{2}$ 度及 20 度兩全高標準齒形的計算公式都是一樣的。

美國標準 $14\frac{1}{2}$ 度複合系統

此一系統的基本齒條如第3圖所示（再參看表2）。這種標準與 $14\frac{1}{2}$ 度全高輪齒系統的不同之處乃在於基本齒條齒形之各異（與表1上圖相較）。兩系統的公稱壓力角是相同的，其決定齒高，齒冠，齒根等等的公式也是一樣的。不過齒條的直邊或漸開綫形式却有所修改，那是在節綫的下方改用擺綫形狀，為了嚙合上互換的要求，在節綫的上方也改用擺綫使其對稱。但在工廠中要按圖3製作一個具有擺綫形狀的齒條或者那樣一付準確的刀具是非常困難的，因此，表2下圖的一種近似曲綫乃被採用以符實際的需要。此一近似齒條的曲綫是由圓弧構成，其半徑等於 3.750 除以節距（Diameter

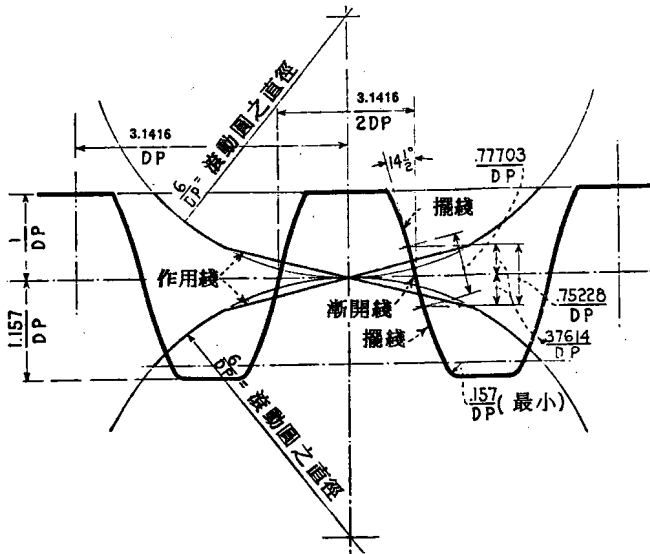


圖 3

Pitch)。此一圓弧非常接近理想中齒條的擺線。

這種 $14\frac{1}{2}$ 度複合齒形最初乃因使用型銑 (Form Milling) 製造法而發展出來，故凡遵循此一標準的齒輪一般都用型銑法製造而成。不過，若製作一滾齒刀或一基本齒條的刀具，這種齒形也可以由滾齒機或其他齒輪複製機上製造出來。如果是用滾齒方式，則滾齒刀具可以作成基本齒條輪齒形式。複合系統的作用線較完全為漸開線齒輪的為長。

美國標準 20 度短輪齒漸開線系統

此一標準 (表 3) 與表 1 下圖所示的 20 度標準形式不同之點乃在於齒的高度，這種標準的齒高為 1.8 除以徑節，而全高齒則多為 2.157 除以徑節。此一系統籍其 20 度的壓力角和齒比較短故增強了齒的強度，而且小齒輪 (Pinion) 在 12 或 13 個齒時才稍有刮槽現象。但由於兩啮合齒輪之接觸長度短了，故有削弱其增強個別齒強度優點的趨勢，也有增加齒輪轉動時噪音的趨勢，所以必需將齒製作得更精確，安裝得更精確。對於同一等級的齒輪接合來說，轉動時的噪音是否為一值得檢討的問題要看其使用場合 (或應

用的類別)而定。比方說，在車輛變速系統中認為太大的噪音，也許對於其他的機器認為是不值得考慮的因素。

在需要較小齒輪的車輛變速系統中，20度的短輪齒使用得極多，因為在同一節距及同一材料之情形下，短輪齒系統可以輸送較大的動力，當然，在此種情況下應用的齒輪必須異常精密，其安裝也經非常精確的設計，俾使雜音減到最低。螺旋形的輪齒也常被採用，因為這種齒可以增益齒輪平穩及嚙合的連續性，美國標準20度短輪齒可以和其他的短輪齒系統互換，至於齒高的不同只是影響間隙(Clearance)而已。

費洛斯短輪齒系統 (Fellows Stub-Tooth System)

由費洛斯齒輪鉋製工廠所傳佈出來的這種短輪齒系統是以兩個徑節作為基礎。一個徑節，假定說為8，是用來計算齒冠根；另一個徑節，假定為6，是用來算出齒厚，齒數及節徑；按照此一系統這種齒就定名為6/8節距。同樣，有12/14節距……等等。此一分數式的分母就表示決定齒厚和齒數的節距，而分子就表示決定齒高的節距。其間隙較一般齒輪為大，等於0.25除以徑節。壓力角則為20度。(參看表4)。

納脫短輪齒系統 (Nuttall Stub-Tooth System)

肇始於納脫研究發展公司的一種短輪齒系統，其齒的各部尺寸直接以周節(Circular Pitch)作基本。齒冠等於 $0.250 \times$ 周節，齒根等於 $0.300 \times$ 周節。其壓力角亦為20度(參看表5)。

輪齒各部尺寸表

設計齒輪時，標準齒形的一般尺寸均可直接從“齒件”(Tooth Parts)或尺寸表中查出。此種表列於第11頁至第17頁——亦即表4至表10。這些表中列載各種輪齒標準的各種尺寸，並且都涵蓋通常所需用的徑節或周節的範圍。如果已知徑節，則可從表7的第1和第2欄查出其相對的周節。如果已知周節而欲求徑節，則可查閱表8的第1和第2欄。計算表4至表10標準齒各部尺寸所用的公式及法則載於表後的各頁次，但使用表更經濟時間，且更符合實際的齒輪設計的需要。

模數系統作基本的齒之尺寸

使用公制的國家，齒輪以模數(Module)作基本。有關模數系統的各

種法則及公式可參看第 31 至 33 各頁。德國標準 (DIN) 之模數系統的齒輪尺寸則見於第 17 頁之表 10。關於全高共有兩欄，其中一欄全高等於模數 $\times 2.157$ ，其間隙等於模數 $\times 0.157$ ，此種高度相當於美國標準實際應用之全高輪齒。另一欄其全高等於模數 $\times 2.167$ ，其間隙等於六分之一模數，此一高度在德國極多的齒輪製造中常被採用。不過，其間隙可在 0.1 至 0.3 模數間變動，多少需視採用的製作方法而定。當然，某種刀具所製作出來的齒輪的間隙必需知道，俾便決定齒高。美國的刀具製造業者一般都了解製造公制或模數系統的齒輪刀具，其間隙是等於模數 $\times 0.157$ 。依模數系統所計算出來的齒輪，其壓力角可為 $14\frac{1}{2}$ 度或 20 度。

齒輪設計圖表

本書主要由一系列之齒輪設計圖表所組成，處理下列齒輪之設計，即：正齒輪，直邊斜齒輪，蝸綫斜齒輪，平行軸傳動之螺旋齒輪，角傳動之螺旋齒輪，人字齒輪及蝸輪等。

每一種情況之齒輪設計問題都由一簡單的圖形來說明。在圖的另一邊就是解答——首先是一條法則，繼之以相當於該法則的一條公式，然後是一個詳細的實例，正好顯示該法則或公式如何運用。這些法則，公式和實例涵蓋了齒輪的各種尺寸：直徑、角度、速率比及動力傳輸能量等。如果一個問題有一個以上的解法，每一解法仍必給予一個例題。總之，本書以簡單的圖形明白展示了問題的要點，並協助讀者很容易地獲得所需要的法則及公式。