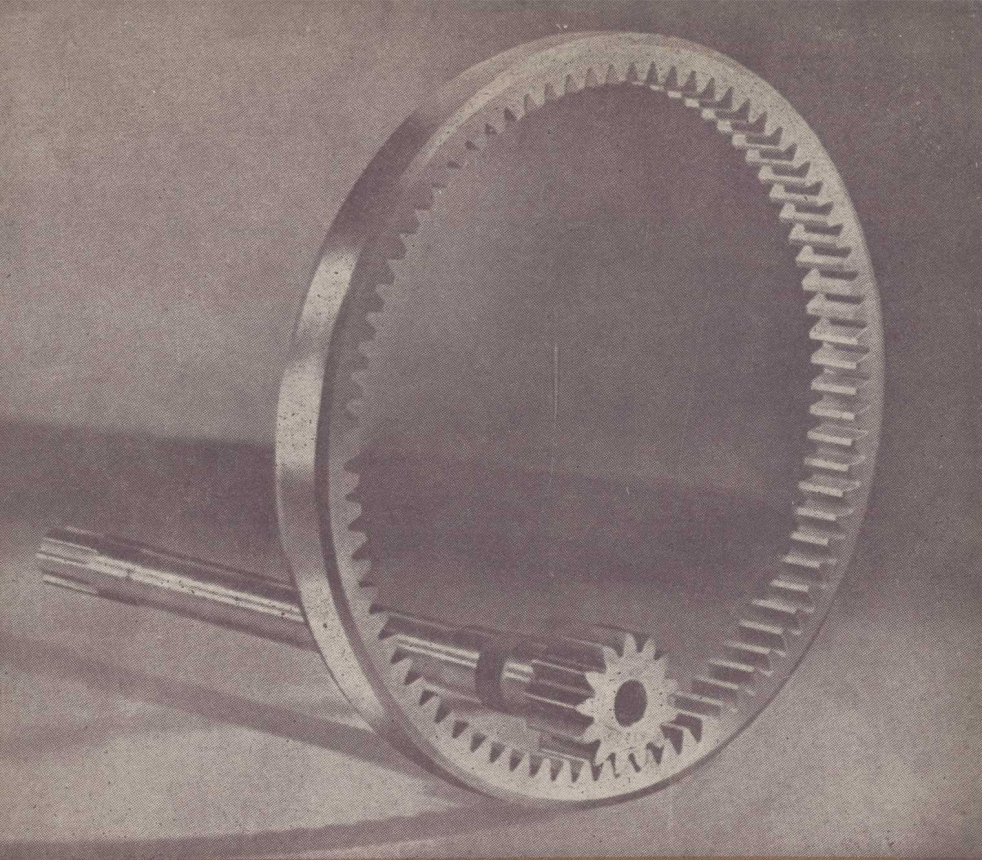




內齒輪

科技卫生出版社

輪 齒 內

譯 校
魏 振 蓀
姚 平

江苏工业学院图书馆
藏 书 章

科技卫生出版社

內 容 提 要

本書先將內齒輪的定義及其應用上的優點，如中心距較短、傳動時較為安全、齒面接觸度較長及齒面滑動量較少等作簡略之介紹；再進而就內齒輪設計要點分段敘述，如計算規則、刀具之選擇“刃切”及干擾問題等皆有比較詳盡的解釋。

在第三章中又將內齒輪與外齒輪嚙合時的齒部作用加以舉例分析，並以數字說明兩者的優缺點。對於內斜齒的設計要點、齒部強度的計算樑強度與負荷力的決定法等，分別在第四、第五章中加以討論。此外又將漸伸齒應用於內齒式離合器及花梢上的可能性與優缺點，特別分章詳述。最後再就漸伸綫齒形的漸展成形圖解法，逐步以圖片說明，使讀者對於漸伸綫齒形的構成有進步的了解。

內 齒 輪

The Internal Gear

原出版者 The Fellows Gear Shaper Co.
1945 年版，第 5 版

譯 者 魏 振 猷

*

科技衛生出版社出版

(上海南京西路 2004 號)

上海市書刊出版業營業許可証出 093 號

上海市印刷五廠印刷 華新書店上海發行所總經售

*

統一書號：15119·373

(原大東版印 4,000 冊)

開本 850×1168 紙 1/32·印張 2 3/8·字數 53,000

1956 年 9 月新 1 版

1958 年 9 月第 2 次印刷·印數 1,001—2,500

定價：(10) 0.44 元

序 言

在機械傳動上，特別是減速器的設計上，地位的緊湊及重量的減輕是很重要的因素。內齒輪在這方面雖在實際應用時有相當限制，但有相當超絕的優越性。總之，目前在減速器的傳動機構上，內齒輪較外齒輪更為廣泛地被採用。

本書的目的，並不是討論任何速減器的設計或應用，而是以最淺近的語句，將內齒輪的優點及應用上的限制，作一般性的敘述，並儘可能避免高深的理論及數學，以適合我國目前一般技工同志的文化水平。此外，對於內齒輪的嚙合作用、齒部強度及與外齒輪的比較等，都在本書中作較為深入的分析。

內齒輪齒形通常亦應用於離合器及花肖的設計上，本書中對這方面包含相當豐富的資料，以供讀者的參考。希望這本薄薄的冊子能對各位在實際工作中有一些幫助。如有錯誤及不夠詳盡的地方，希望能隨時通知作者，以便及早進行修正及補充。

目 錄

序

第一章 內齒輪的定義及其功用.....	1
中心距較短.....	2
傳動時較為安全.....	2
齒面接觸度較長.....	2
齒面滑動減少.....	2
應用壽命較長，齒部強度較大.....	3
第二章 內齒輪的設計.....	4
齒部計算規則.....	4
內齒輪設計時應該注意的幾點.....	7
刀具的選擇.....	8
齒部的邊切.....	9
齒輪鏟刀可自動消除干擾.....	9
內徑的增加.....	10
干擾點的決定.....	11
齒輪鏟刀的標準尺寸.....	12
刀具的回程干擾.....	12
工件齒面的最大寬度.....	14
切削時刀具所需的最小空隙.....	14

第三章 齒部作用的圖解分析.....	17
12 牙比 20 牙外齒輪嚙合時的分析.....	17
12 牙比 20 牙內齒輪嚙合時的分析.....	21
決定內齒輪嚙合時的滑動量.....	22
12 牙比 48 牙外齒輪嚙合時的分析.....	23
12 牙比 48 牙內齒輪嚙合時的分析.....	25
第四章 內斜齒輪的設計.....	27
斜齒輪的原理.....	27
縱切面(旋轉面)及法切面.....	27
軸向推力與螺旋角的關係.....	28
人字齒輪的齒面寬度.....	32
人字齒輪的齒部作用.....	32
斜齒輪齒部主要寸法的計算.....	33
第五章 齒部的強度與耐久性.....	34
決定齒部強度及耐久性的主要因素.....	34
運轉條件.....	35
如何決定齒部的“ x ”數值.....	36
數學與圖解合用法.....	37
壓力角及齒部長度對齒部樑強度的關係.....	37
內正齒輪齒部樑強度的決定.....	38
內齒輪齒部最弱斷面的決定.....	41
內齒輪與外齒輪(小齒輪)齒部強度平衡的方法.....	43

外斜齒輪齒部樑強度的決定法.....	43
外斜齒輪齒部最大負荷作用點的決定.....	45
斜齒輪螺旋角對齒部樑強度的影響.....	46
內斜齒輪齒部樑強度的決定.....	48
外正齒輪負荷的計算.....	48
計算外斜齒輪的樑強度.....	48
斜齒輪代替正齒輪應用.....	50
壓力角對齒部負荷力的影響.....	51
第六章 內齒式離合器及漸伸線花肖.....	52
漸伸齒應用於離合器及花肖上的優點.....	52
有突出穀部的離合器齒輪的設計.....	53
離合器內齒輪的設計.....	54
第七章 漸伸線齒形“漸展成形”圖解法.....	62
漸伸線的展形法.....	63
鏟齒刀齒形畫法.....	64
齒腹及圓角漸展成形法.....	65

第一章 內齒輪的定義及其功用

內齒輪可以當作恰與外齒輪相反的一種齒輪；它的輪齒向着齒輪中心(外齒輪的輪齒是背對齒輪的中心)，並且齒頂與齒底恰成彼此相反的位置。因此，齒部作用亦與外齒輪畧有不同，在相同齒輪變速比時，內齒輪作用線的長度較為增加，啮合時齒面間的滑動量亦較少。

內齒輪如運用恰當，可有許多優點，特別應用在推動飛機引擎螺旋槳、卡車、拖拉機及其他

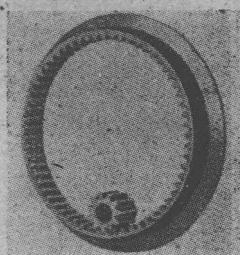


圖 1 內齒輪及小齒輪

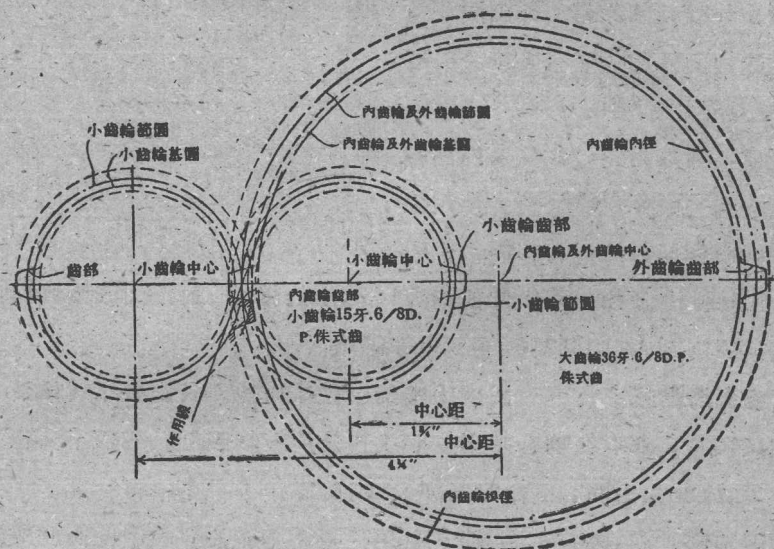


圖 2 表示內齒輪及外齒輪(同一節徑,徑節及齒數比)的中心距

類似的重型車輛的後軸。其他還可應用於減速器或加速器，及一般周轉式或行星式齒輪傳動結構上。內齒輪另有一種用途即作為離合器——應用於摩擦盤式、花宵式或滑動式。

中心距較短 內齒輪在嚙合時，兩中心間的距離較同樣大小的外齒輪為短，在設計上，地位較節省。圖 2 為一 15 牙小齒輪與 36 牙大齒輪內嚙及外嚙時的不同情況。外嚙中心距約較內嚙時大 2.4 倍。如兩平行軸須同方向轉動，則用內齒輪可免去中間惰輪的應用。

傳動時較為安全 齒輪傳動時的安全問題，極為重要。內齒輪在設計時（如圖 3）可自成一護罩，在鏟齒機上製出。

齒面接觸度較長 內齒輪的節圓與相嚙合外齒輪的節圓同一方向彎曲，而外齒輪嚙合時則反向彎曲，故其作用弧較長。圖 4 表示同一小齒輪與外齒輪，齒條及內齒輪嚙合時的不同作用線長度。作用線長短與兩輪齒數比亦有關係，圖中

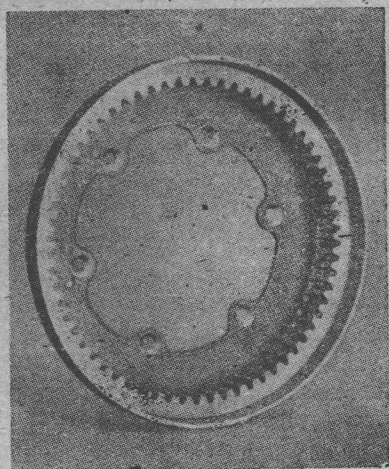


圖 3 自成一護罩的內齒輪

為 5:1（即 80 牙內齒輪或外齒輪與 16 牙小齒輪）。如小齒輪齒數與內齒輪齒數逐漸接近，則其接觸長度亦漸增。

齒面滑動減少 一對內齒輪與一對外齒輪，其齒數比與齒長相等相比較時，前者在嚙合時兩齒面工作長度較為接近，相差不像後者那樣多，故其齒面間相對滑動量亦較少，此點在第三章中再行解釋。內齒輪的這點長處，極為重要，使其應用範圍更為擴大。因齒面間的滑動，使產生摩擦力而增加耗損的速度。故上述的內齒輪優點為齒輪傳

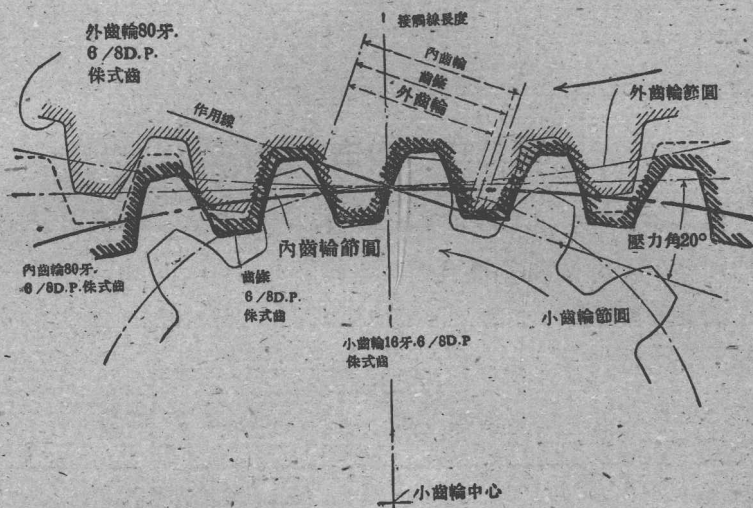


圖 4 相同徑節及壓力角的外齒輪與小齒輪；外齒輪與齒條及內齒輪與小齒輪啮合時接觸長度的比較。

動上相當重要的問題。

應用壽命較長，齒部強度較大 像上面幾節所提到的齒面接觸度較長，滑動較少等優點，都是使內齒輪的應用壽命增長。此外，內齒輪的齒部強度較大，亦為一重要的優點，在第五章中與外齒輪的齒部強度作一分析比較（包括 $14\frac{1}{2}^\circ$ 、 20° 壓力角的全深齒，及 20° 壓力角的侏式齒）。

第二章 內齒輪的設計

內齒輪的齒形，主要部份與外齒輪相同，僅多一內徑而已。外徑在內齒輪中不復有意義，而齒頂與齒底恰與外齒輪上相反。

齒部計算規則 第一表所列為計算內齒輪各部主要尺寸時的規則與公式（見圖 5）。

第一表 內正齒輪主要寸法的規則及公式（見圖 5）

號 數	寸 法	規 則	公 式
1	節 徑	齒數以徑節除之。	$PD = \frac{N}{DP}$
2	節 徑	齒數乘周節，再以 3.1416 除之	$PD = \frac{N \times CP}{3.1416}$
3	中 心 距	大齒輪與小齒輪齒數之差除以兩倍徑節。	$CDi = \frac{N_0 - N_p}{2 \times DP}$
4	中 心 距	將大齒輪與小齒輪齒數之差乘周節，再除以 6.2832。	$CDi = \frac{(N_0 - N_p) \cdot CP}{6.2832}$
5	中 心 距	將大齒輪節徑減小齒輪節徑，再除以 2。	$CDi = \frac{PD_0 - PD_p}{2}$
6	內 徑	節徑減兩倍齒頂。	$ID = PD - 2A$
7	內 徑	齒數除以徑節，再自其商，減去兩倍齒頂。	$ID = \frac{N}{DP} - 2A$
8	根 徑	兩倍全齒深加標準內徑。	$RD = 2 \times WD + ID$
9	根 徑	*節徑加 2.5 倍齒頂。	$RD = 2.5A + PD$
10	基 圓 徑	節徑乘壓力角之餘弦。	$BCD = PD \times \cos \phi$

*由錐刀製出之空隙視徑節而定，見第十五表及第十六表。

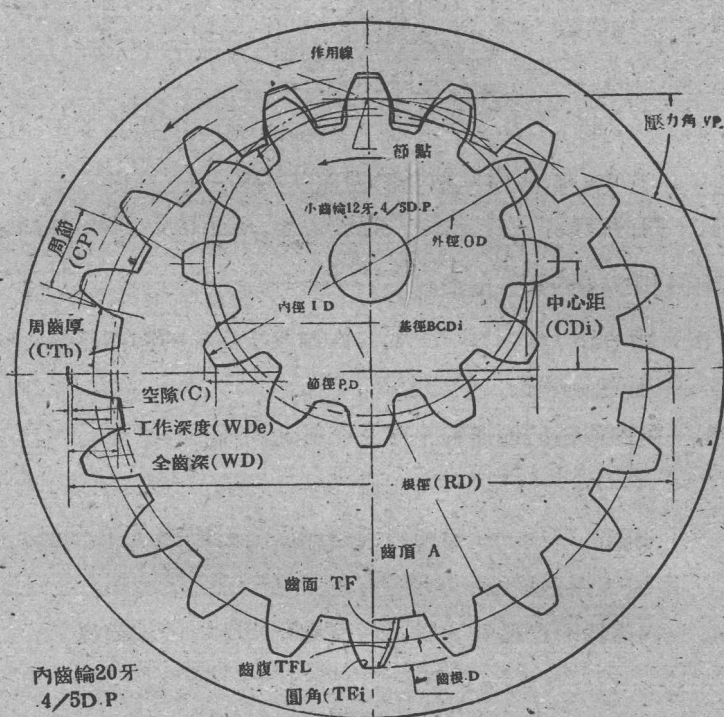


圖 5 內齒輪及小齒輪各主要部份的名稱。

規則一：節徑(PD)——如齒數及徑節已知，則節徑等於齒數以徑節除之。

例：24 牙 6 徑節。 內齒輪的節徑為 $PD = 24/6 = 4$ 吋

規則二：節徑(PD)——如齒數及周節已知，則節徑等於齒數乘周節以 3.1416 除之。

例：24 牙，周節為 0.5236 吋的內齒輪，其節徑為

$$PD = \frac{24 \times 0.5236}{3.1416} = 4 \text{ 吋}$$

規則三：中心距(CDi)——如兩嚙合齒輪的齒數及節徑已知，其中心距可由大齒輪齒數減小齒輪齒數除以兩倍徑節而得。

例：內齒輪齒數 24 牙，小齒輪齒數 12 牙，徑節為 6，則

$$CDi = \frac{24 - 12}{2 \times 6} = 1 \text{ 吋。}$$

規則四：中心距 (CDi) —— 如內齒輪及小齒輪的齒數及周節已知，其中心距為齒數的差乘周節除以 6.2832 即得。

例：一對內齒輪，齒數為 24 牙及 12 牙，周節為 0.5236 吋，則中心

$$\text{距 } CDi = \frac{(24 - 12) \times 0.5236}{6.2832} = 1 \text{ 吋。}$$

規則五：中心距 (CDi) —— 如內齒輪及小齒輪的節徑已知，則中心距等於兩節徑的差除 2。

例：一對內齒輪的節徑為 4 吋及 2 吋，中心距

$$CDi = \frac{4 - 2}{2} = 1 \text{ 吋。}$$

規則六：內徑 (ID) —— 如內齒輪的節徑及齒頂已知，內徑等於節徑減去兩倍齒頂。

例：一內齒輪的節徑為 4 吋，齒頂為 0.167 吋，則內徑

$$ID = 4 - 2 \times 0.167 = 3.666 \text{ 吋。}$$

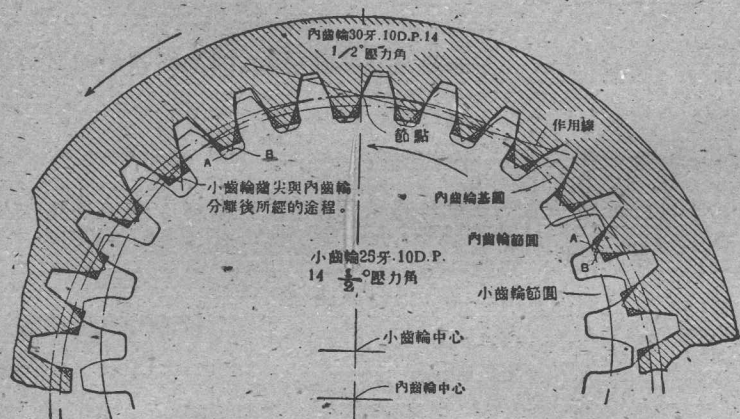


圖 6 當小齒輪與內齒輪齒數極為接近時所發生的碰撞現象。

規則七：內徑 (ID) —— 如齒數、徑節及齒頂已知，內徑可由齒數除以徑節，將其商減去兩倍齒頂即得。

例：一內齒輪的齒數為 24 牙 6 徑節，齒頂 0.167 吋，則

$$\text{內徑} (ID) = \frac{24}{6} - 2 \times 0.167 = 3.666 \text{ 吋}。$$

規則八：根徑 (RD) —— 如內徑及全齒深已知，則內齒輪的根徑為內徑加兩倍全齒深。

例：一內齒輪內徑為 3.666 吋，全齒深為 0.375 吋，則根徑

$$RD = 3.666 + 2 \times 0.375 = 4.416 \text{ 吋}。$$

規則九：根徑 (RD) —— 如節徑及齒頂已知，則根徑為節徑加 2.5 乘齒頂 (見第一表附註)。

例：一內齒輪節徑等於 4 吋，齒頂為 0.167 吋，則根徑

$$RD = 4 + 2.5 \times 0.167 = 4.417 \text{ 吋}。$$

規則十：基圓徑 (BCD) —— 如壓力角及節徑已知，則基圓徑等於節徑乘壓力角的餘弦。

例：一內齒輪壓力角為 20° ，節徑為 4 吋，($\cos 20^\circ = 0.9397$, $\cos 14\frac{1}{2}^\circ = 0.9682$)，其基圓徑

$$BCD = 4 \times 0.9397 = 3.7588 \text{ 吋}。$$

規則十一：齒隙 (C) —— 內齒輪齒底部的齒隙，如由鏟齒刀製出，隨徑節而不同，將在第十五表及第十六表中加以說明。

內齒輪設計時應該注意的幾點 內齒輪在設計時，僅有幾個次要點與外齒輪畧有不同，主要原因是受漸伸作用的限制，如 $14\frac{1}{2}^\circ$ 壓力角的漸伸線外齒輪，最少牙數為 12，較此數再少，則須增加壓力角或採用一種較特殊的齒形，以便嚙合運轉時較為適宜。內齒輪的齒數亦有限制，其原因：(1) 受本身漸伸作用的影響，(2) 受嚙合小齒輪的影響。

如內齒輪作減速之用，內齒輪較大而外齒輪較小，其齒形及嚙合作

用無多大問題。但如內齒輪與小齒輪的齒數極為接近時，須特別注意，預先畫出嚙合齒形圖，以觀其嚙合作用的情況而決定適宜與否。

一般應用時，內齒輪與小齒輪的齒數差不得小於下列數字：

20° 侏式齒—8 牙

20° 全深齒—10 牙

14½° 全深齒—12 牙

刀具的選擇 因齒輪鏟刀原則上即一小齒輪，內齒輪切削加工時，其情況與嚙合時大致相同。故刀具齒數與內齒輪齒數之差須加注意，使刀具能自由進深，並且轉動時不致將工作物邊切或碰撞，可由圖 6 及圖 7 加以說明。圖 6 中，一小齒輪 25 牙 10 徑節、14½° 壓力角與一內齒輪 30 牙 10 徑節相嚙合，其齒數之差僅 5 牙，故運轉時便產生困難，因小齒輪的齒頂碰撞內齒輪。其碰撞部份如方格線條所示。

A、B 兩線為小齒輪齒頂嚙合時進出所經的路線。爲了要消除碰撞，須採取下列方法中的一種。

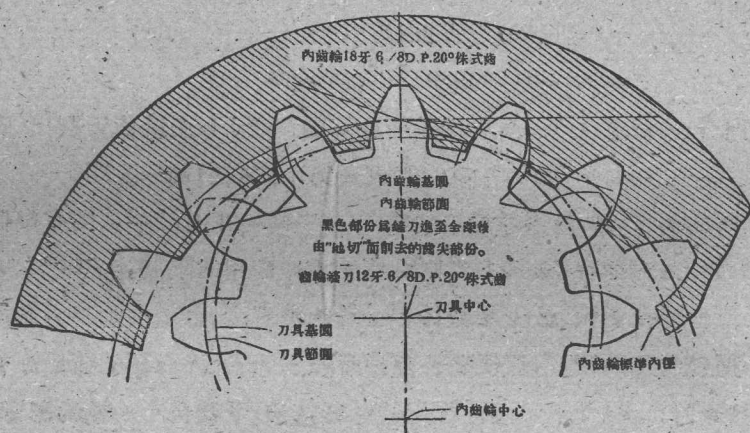


圖 7 齒輪鏟刀直徑過大時，使內齒輪尖“邊切”的情況。

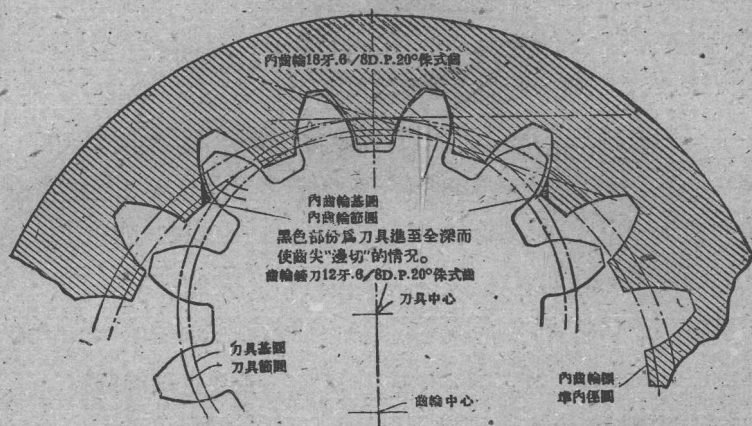


圖 8 與圖 7 相似，但刀具齒間與內齒輪齒部相對準，——注意：僅二齒“邊切”，但每一齒“邊切”量較大。

1. 壓力角加大。
2. 內徑加大。
3. 小齒輪齒數減少。

如用齒輪錐刀製出，則此項方格部份已由錐刀切去，並且因為錐刀齒部較啮合小齒輪為長，故切去部份較碰撞部份為多，如圖 6 所示。

齒部的邊切 圖 7、8、9 中表示邊切的情況。 刀具壓力角為 20° ，較內齒輪少 6 牙，故當刀具進深時（圖 7，刀具一齒部與內齒輪一齒間對準時），內齒輪的齒尖受邊切的影響。 圖 8 表示刀具的齒間與內齒輪的齒部對準時之情況。 此時僅兩齒受邊切影響，但所切部份較多。爲了要糾正上述的情況，可將內齒輪的內徑加大或用一外徑較小的錐刀。 通常如小齒輪的齒數接近內齒輪齒數時，將內徑加大至基圓相近或更大，以消除邊切或碰撞現象。

齒輪錐刀可自動消除干擾

圖 10 表示齒輪錐刀可自動消除內齒

輪上的干擾點。A 圖為一小齒輪共 18 牙，6 徑節， $14\frac{1}{2}^\circ$ 壓力角與 30 牙的內齒輪相嚙合，其齒數差為 12，恰為 $14\frac{1}{2}^\circ$ 全深齒所需的最低限度齒數差。雖然如此，內齒輪的內徑仍須加大與基圓直徑相等。爲了要說明此一對齒輪如不將內徑加大，可適當地嚙合，須參閱圖 10B、C 及 D。圖 B 表示齒輪鏟刀與齒輪嚙合時的情況。注意刀具齒腹部份將內齒輪的齒尖切去少許。此項切去部份，即圖 A 中嚙合時的干擾部份。但此鏟刀的齒腹部份爲輻射式，尙不能將所有干擾部份全部除去。如將鏟刀齒腹改成切線式，則如圖 C，可將內齒輪頂尖部份的所有干擾部份全部除去，故在圖 D 中兩齒輪可自由地嚙合而無干擾的危險。

內徑的增加 上面已經講過，爲要消除干擾，可將內徑加大與基徑相等，爲更明確起見，我們可這樣說，即將內齒輪在基圓以內的齒頂部份全部除去，如圖 10A 及 B 中的斜線部份，如此即等於將內徑加大至與基徑相等。將基圓內的齒頂部份除去，事實上並不影響齒輪的嚙合作用，反而使嚙合時所有干擾部份全部除去，不再有碰撞現象。

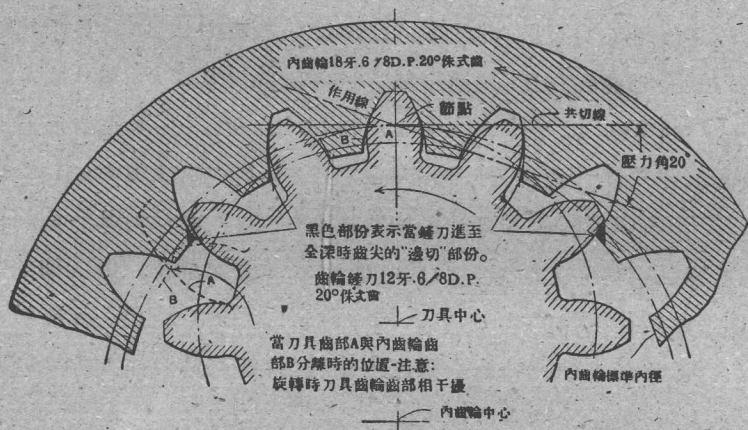


圖 9 20° 係式齒，如刀具齒數與內齒輪齒數相差在 6 牙以上，則並無“碰撞”現象。