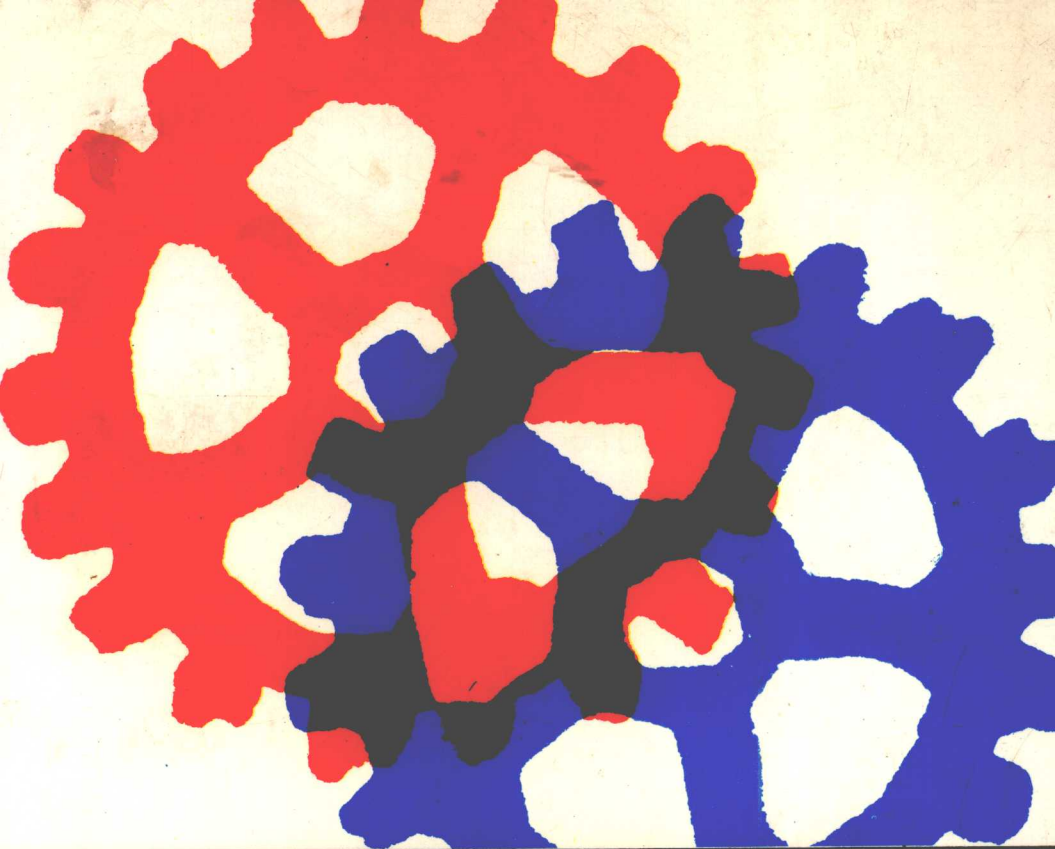




斜齒輪·蝸桿·蝸輪 設計及製造

近畿齒車懇話會編／徐景福譯



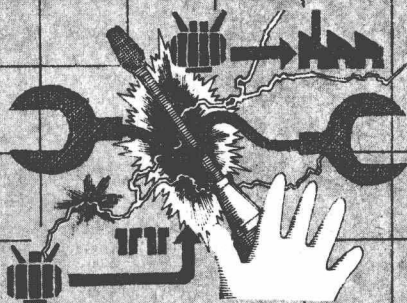
斜齒輪、蝸桿、蝸輪 設計及製造

江苏工业学院图书馆

藏

書景章

· 正言出版社印行





斜齒輪・蝸桿・蝸輪設計及製造

譯者：徐景福◇特價一四五元

出版者☐正言出版社☐台南市新和路六號☐發行者☐正言出版社☐發行人☐王餘安☐本社業經行政院新聞局核准登記☐發給出版事業登記證局版台業字第〇四〇七號☐印刷者☐大眾書局安平廠☐台南市新和路六號

總發行部☐台南市新和路六號

☐電話(06)261-3175

☐郵劃 0031614-7

美洲地區發行：大眾書局有限公司(美國)

INT'L POPULAR PUBLISHING(U.S.A.) INC.

157 W. Garvey Ave. Monterey Park. CA.91754

74.4 初版

目 錄

第 1 章 斜齒輪的設計與製造

1 · 1 斜齒輪的種類與特徵	1
1 · 1 · 1 直齒斜齒輪	1
1 · 1 · 2 蝸線斜齒輪	3
(1) 格里遜式斜齒輪	3
(2) Klingelnberg 式蝸線斜齒輪	4
1 · 1 · 3 零位斜齒輪	5
1 · 1 · 4 戟齒輪	5
1 · 2 斜齒輪的齒形	7
1 · 2 · 1 齒形	8
(1) 球面漸伸線齒形	8
(2) Octoid 齒形	8
1 · 2 · 2 齒稜曲線	10
1 · 3 斜齒輪的設計	10
1 · 3 · 1 斜齒輪的概略設計	10
(1) 設計傳達馬力	10
(2) 齒輪的大小	11
(3) 齒數	13
(4) 節距	13
(5) 齒寬	15
(6) 螺旋角與螺旋方向	15
1 · 3 · 2 斜齒輪的容許傳達馬力	20
(1) 對於齒面強度的容許傳達馬力	20

2 斜齒輪、蝸桿與蝸輪的設計及製造

(2) 對於節面強度的容許傳達馬力·····	23
(3) 對於點蝕的容許傳達馬力·····	31
1·3·3 斜齒輪的齒部尺寸·····	40
(1) 格里遜式直齒斜齒輪·····	40
(2) 格里遜式蝸線斜齒輪·····	40
(3) 零位斜齒輪·····	42
(4) 戟齒輪·····	47
1·3·4 安裝方法的設計·····	47
(1) 螺旋方向·····	47
(2) 螺旋角·····	48
(3) 切線負載·····	48
(4) 軸方向推力·····	50
(5) 徑向負載·····	50
1·3·5 斜齒輪胚件設計·····	53
1·3·6 機械加工的公差·····	57
(1) 齒部公差·····	58
(2) 齒輪胚件的安裝孔及軸徑的公差·····	62
(3) 齒輪胚件的外徑公差及從齒頂圓到背面距離的公差·····	62
(4) 齒頂胚件的齒頂圓錐角及背圓錐角的公差·····	62
(5) 齒面粗度·····	62
(6) 背隙·····	63
(7) 齒輪箱的公差·····	63
1·3·7 斜齒輪的材料·····	64
1·3·8 斜齒輪的製作圖面·····	72
1·4 斜齒輪的齒接觸·····	74
1·4·1 斜齒輪的齒接觸之分類·····	76
1·4·2 安裝距離的變化所引起的齒接觸變化·····	76
1·4·3 齒輪箱的偏心誤差或齒輪軸撓曲引起的齒接觸·····	76

1.4.4	由於熱處理引起的齒接觸變化	77
1.4.5	關於安裝試運轉的注意事項	77
1.5	斜齒輪的製造	77
1.5.1	斜齒輪的製造工程	77
1.5.2	直齒斜齒輪的成形切齒	81
(1)	利用銑刀的方法	81
(2)	利用模板靠模切齒	83
(3)	Revacycle 切齒法	85
1.5.3	直齒斜齒輪的創成切齒	87
(1)	創成切齒理論	87
(2)	Reinecker 式切齒機	89
(3)	格里遜式切齒機	92
1.5.4	蝸線斜齒輪的切齒	94
(1)	Klingelnberg 公司之利用圓錐滾齒刀切齒	97
(2)	Fiat 公司及 Oerlikon 公司之利用圓板銑刀切齒	100
(3)	Klingelnberg 公司之利用圓板銑刀切齒	102
1.5.5	格里遜式蝸線斜齒輪的切齒	103
(1)	格里遜式蝸線斜齒輪的創成切齒	104
(2)	大形蝸線斜齒輪的切齒	112
(3)	成形切齒	114
1.5.6	斜齒輪的精加工及齒接觸調整	120
(1)	研磨加工	120
(2)	研削加工	122
(3)	超硬切齒	125
(4)	齒接觸調整	126

第 2 章 蝸桿與蝸輪的設計與製造

4 斜齒輪、蝸桿與蝸輪的設計及製造

2 · 1 蝸桿與蝸輪的特徵及種類	129
2 · 1 · 1 蝸桿與蝸輪的優點及缺點	130
(1) 優點	130
(2) 缺點	131
2 · 1 · 2 蝸桿與蝸輪的種類	132
(1) 圓筒蝸輪	132
(2) 鼓形蝸輪	133
2 · 1 · 3 蝸桿減速機的種類	135
2 · 2 蝸桿與蝸輪的設計	136
2 · 2 · 1 齒形	137
(1) JGMA 規格的齒形	137
(2) BS 規格的齒形	141
2 · 2 · 2 各部尺寸	141
(1) 周節及模數	143
(2) 直徑係數	146
(3) 條數與齒數	146
(4) 進角	147
(5) 壓力角	147
(6) 中心距離	147
(7) 其他的尺寸比率	148
(8) 背隙	155
(9) 標準尺寸	155
2 · 2 · 3 材質及熱處理	160
(1) 蝸桿的材質	160
(2) 蝸輪的材質	161
(3) 材質的組合	162
2 · 2 · 4 蝸桿與蝸輪的強度計算	162
(1) 依BS規格的計算	163

(2) 依AGMA規格的計算.....	170
2·2·5 蝸桿與蝸輪裝置的強度計算.....	177
(1) 回轉方向及嚙合力.....	177
(2) 加於軸承之力.....	179
(3) 軸端負載.....	180
(4) 軸承的計算.....	182
(5) 軸的計算.....	182
(6) 齒輪箱.....	183
2·2·6 效率.....	183
(1) 效率的計算.....	183
(2) 蝸桿減速機的熱容量.....	185
2·3 蝸桿與蝸輪的製造.....	187
2·3·1 製造工程.....	187
(1) 蝸桿的製造工程.....	189
(2) 蝸輪的製造工程.....	193
2·3·2 切齒法.....	197
(1) 蝸桿的一般切削法.....	198
(2) 蝸桿的特殊切削法.....	203
(3) 蝸桿的研削法.....	204
(4) 蝸輪的切齒法.....	208
2·4 蝸桿與蝸輪的檢查.....	216
2·4·1 各部的精度.....	216
(1) 蝸桿的尺寸精度.....	216
(2) 蝸輪的尺寸精度.....	218
2·4·2 齒接觸檢查.....	218
2·4·3 運轉檢查.....	220
(1) 無負載運轉.....	220
(2) 負載運轉.....	221

第3章 非切削加工齒輪的製造與特性

3·1 非切削加工齒輪的種類與特徵·····	223
3·2 鑄造齒輪的製造與特性·····	227
3·2·1 普通鑄造齒輪·····	227
3·2·2 精密鑄造齒輪·····	229
(1) 包模鑄造法·····	229
(2) 殼模鑄造法·····	229
(3) Shaw氏鑄造法·····	230
(4) 石膏模鑄造法·····	230
3·2·3 壓鑄齒輪·····	231
3·3 燒結金屬齒輪的製造與特性·····	232
3·4 鍛造齒輪的製造與特性·····	237
3·4·1 高溫精密鍛造法·····	237
3·4·2 常溫精密鍛造法·····	242
3·5 齒輪衝製與拉伸加工法·····	244
3·5·1 齒輪的衝製加工·····	244
3·5·2 齒輪的拉伸加工·····	246
3·6 軋製齒輪的製造與特性·····	247
3·6·1 齒輪軋製的概要·····	247
3·6·2 軋製方法·····	248
(1) 齒輪軋製方法的分類·····	248
(2) 軋製工具·····	250
(3) 齒輪胚件·····	250
(4) 自由驅動方式與強制驅動方式·····	252
(5) 常溫鍛造·····	252
(6) 高溫軋製·····	254

3 · 6 · 3 軋製齒輪的特性.....	256
(1) 齒面粗度.....	256
(2) 組織、硬度與強度.....	257
(3) 精度.....	258
3 · 7 塑膠成形齒輪的製造與特性	259
3 · 7 · 1 塑膠成形齒輪的製造.....	260
3 · 7 · 2 塑膠齒輪的特性與強度設計.....	262

第 1 章 斜齒輪的設計與製造

斜齒輪 (bevel gears) 係於相交的兩軸間傳達運動用的圓錐形齒輪。依其齒稜的形狀及方向，分爲直齒斜齒輪 (Staright bevel gears)，歪斜齒輪 (skew bevel gears)，零件斜齒輪 (zerol bevel gears)，蝸線斜齒輪 (spiral bevel gears) 等類，於偏心的 2 軸間傳達運動的圓錐形齒輪之一種，而稱爲戟齒輪 (hypoid gears) 者是不屬於斜齒輪類的。但在設計製造上其雷同之處頗多，故也包含在斜齒輪類論之。

斜齒輪的設計及切齒方式有數種，但今日使用最廣的方式，厥爲美國的格里遜公司 (Gleason Works) 的方式。該公司具備從設計到切齒、熱處理、研磨 (lapping)，研削 (grinding)、檢查等一貫作業系統，而且其切齒機及切齒方法，也能適應其用途、生產量的規模，爲聞名於世齒輪製造公司。本書以此方式爲中心，並於必要時將其他方式配合說明之。

1 · 1 斜齒輪的種類與特徵

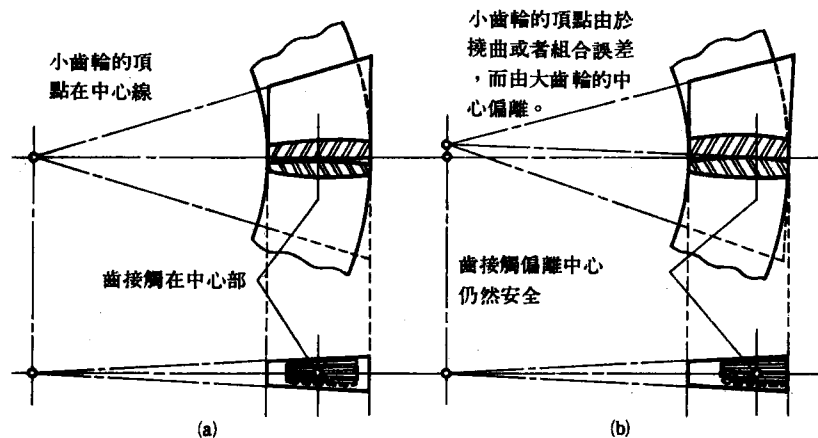
1 · 1 · 1 直齒斜齒輪

直齒斜齒輪係最簡單形狀的斜齒輪，其齒稜如果向內側延長，必然相交於軸心上的一點，具有平直的齒。

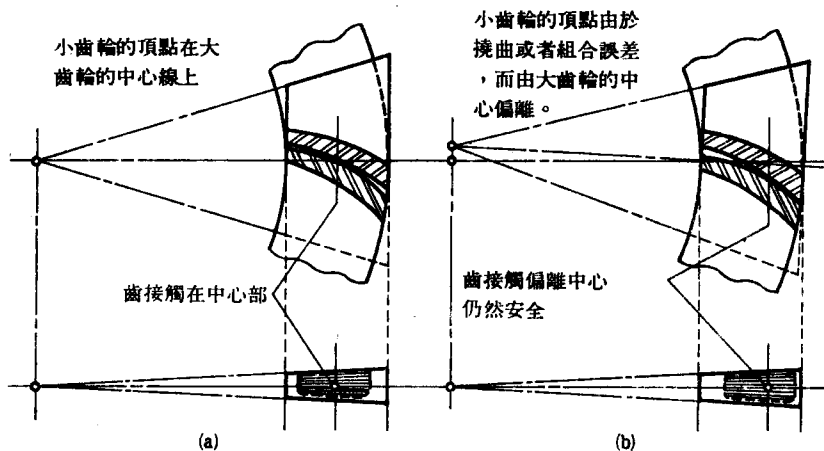
此種直齒斜齒輪，一般在速度比較低 (2m/s) 的場合使用。

2 斜齒輪、蝸桿與蝸輪的設計及製造

新斜齒輪創成機或用斜齒輪研削機（磨床）所創成的直齒斜齒輪，由隆面（crowning）的方法可以自由控制齒接觸的位置。此種斜齒輪，格里遜公司稱其為 coniflex 齒輪，coniflex 齒輪的優點如圖 1.1 (A) 所示，雖然在組合時有些誤差，或者因為荷重的關係而產生變位，但齒的端部卻不會發生應力集中現象，對破損而言至為安全。



(A) coniflex齒輪



(B) 蝸線斜齒輪

圖 1.1 對於經過隆齒處理的 coniflex 齒輪及蝸線斜齒輪，稍許變位時齒接觸的修正作用

1.1.2 蝸線斜齒輪

蝸線斜齒輪〔圖1.1(B), 圖1.2〕在節圓錐上具有曲線的齒稜，嚙合時慢慢的開始，從齒的一端至另一端圓滑而連續的進行。各齒的嚙合與直齒斜齒輪一樣，在節圓錐面行滾動接觸，因為齒的重合作用，所以蝸線斜齒輪的運動較直齒斜齒輪及零位斜齒輪圓滑遠甚。職是之故，於高速運轉（ 10 m/s 以上）時，可以顯著的減少噪音及振動。

依其齒稜曲線的形狀及切齒方法，分為Gleason式，Klingenberg式及Fiat式等。再者，齒稜曲線變成直線時即為直齒斜齒輪，其切齒方式有Reinecker及Builgram式等（圖1.3）。最近，世界各國採用Gleason方式切齒者占絕大多數，但德國除外，目前為止仍採用Klingenberg方式。

(1) 格里遜式蝸線斜齒輪 (Gleason spiral bevel gears)

Gleason方式又分為：使用圓弧狀銑刀之中小型用〔圖1.3(C)〕

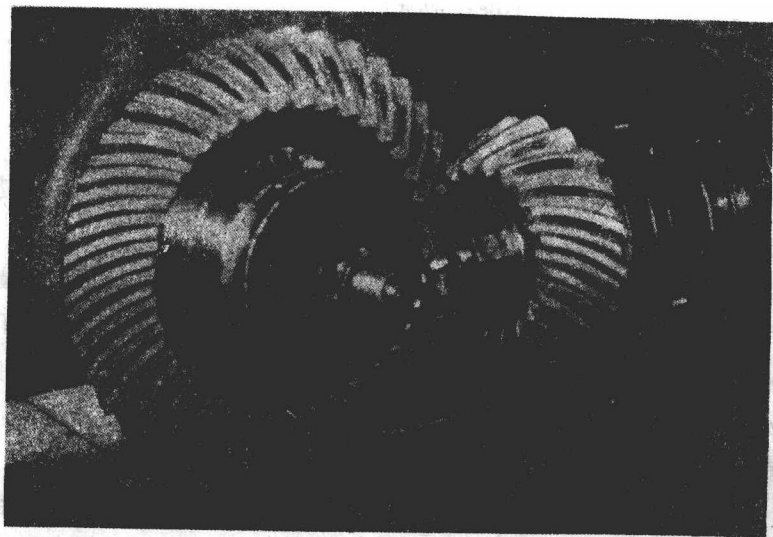
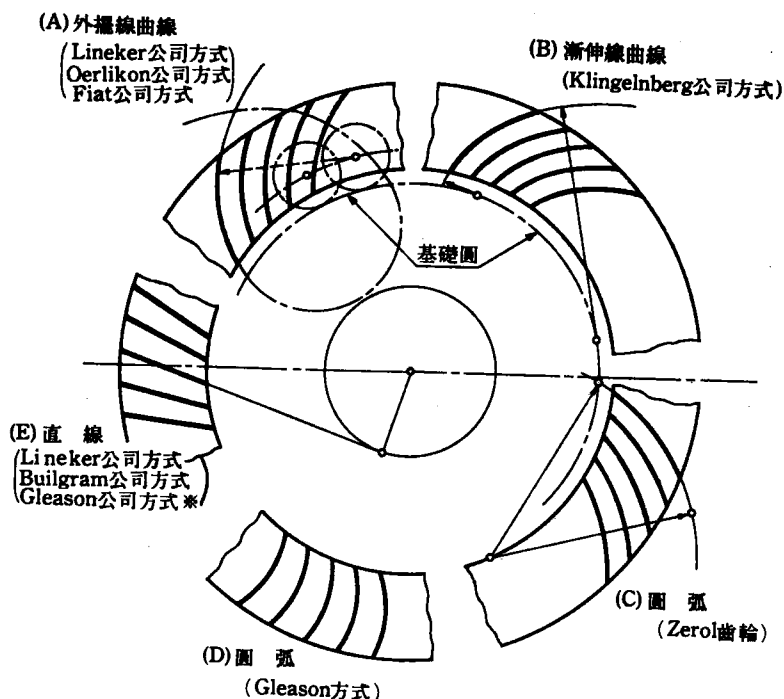


圖1.2 蝸線斜齒輪

4 斜齒輪、蝸桿與蝸輪的設計及製造



* Gleason式大型蝸線斜齒輪近乎直線齒，但經修正滾製後變成稍近蝸線的齒稜。

圖1.3 蝸線斜齒輪的種類(冠齒輪的齒稜曲線)

〕、以及車刀之往復平鉋削運動與搖台的修正搖動運動之合成屬於大型用的特殊蝸線斜齒輪〔圖1.3(E)〕2方式。

Gleason式蝸線斜齒輪的主要特徵，為齒接觸的位置及面積可以自由控制(Localized tooth bearing)。此情形與coniflex齒輪相同。不但有利於圓滑度、肅靜度等之運轉特性的改善，同時也可以避免因為裝配的誤差及荷重引起的撓曲、變位等而在齒的端面及齒頂或齒根的附近發生荷重集中的危險。

(2) Klingelberg式蝸線斜齒輪(Klingelberg spiral bevel gears)

係利用圓錐滾齒刀(hob)所創成的蝸線斜齒輪，其齒形曲線及

齒稜曲線切由漸伸線曲線形成〔圖 1.3 (B)〕，齒的深度無論外端及內端皆相同，即所謂等高齒是也。

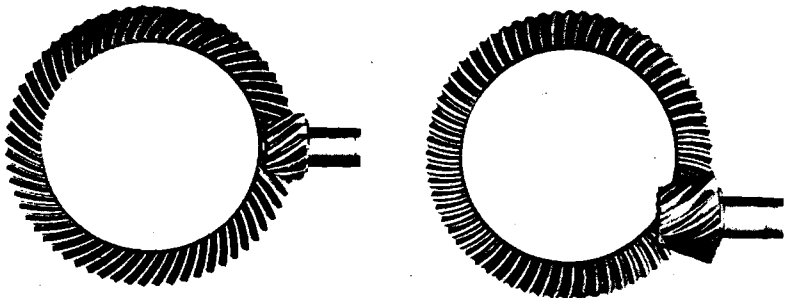
1. 1. 3 零位斜齒輪 (erol bevel gears)

零位斜齒輪是指扭角為 0 的蝸線斜齒輪。其特徵為軸承所產生的推力荷重與直齒斜齒輪的情況相同，所以可以採取與直齒斜齒輪一樣的安裝狀態、軸承構造、更換方式等。而且，經過隆齒處理具有蝸線斜齒輪的優點，能期待圓滑肅靜的運轉。

1. 1. 4 戟齒輪 (hypoid geass)

所謂戟齒輪，其小齒輪軸如圖 1.4 所示，除了對大齒輪軸偏心 (offset) 外，尚有許多方面類似蝸線斜齒輪之處。由於給予適當的偏心量，小齒輪軸與大齒輪無相互干涉，可以各自貫通採取兩側支持的確實安裝方法。

蝸線斜齒輪如圖 1.5 所示，大小齒輪的正反兩齒面均具有相等的壓力角及對稱的齒形曲線，而戟齒輪的場合，為了正確地與正反兩齒面具有等壓力角及對稱的齒形曲線之大齒輪嚙合起見，非給予小齒輪非對稱的齒形曲線不可。又，戟齒輪的設計的時候，欲使齒的兩面可

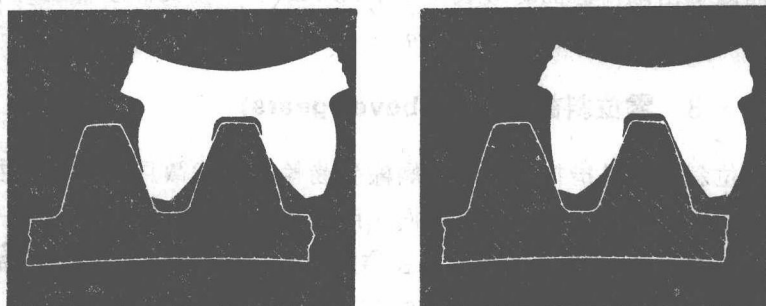


(a) 蝸線斜齒輪

(b) 戟齒輪

圖 1.4 蝸線斜齒輪與戟齒輪

6 斜齒輪、蝸桿與蝸輪的設計及製造



(a) 端線斜齒輪

(b) 戟齒輪

圖1.5 端線斜齒與戟齒輪的正面齒形

得等接觸弧起見，需採用不同的壓力角。

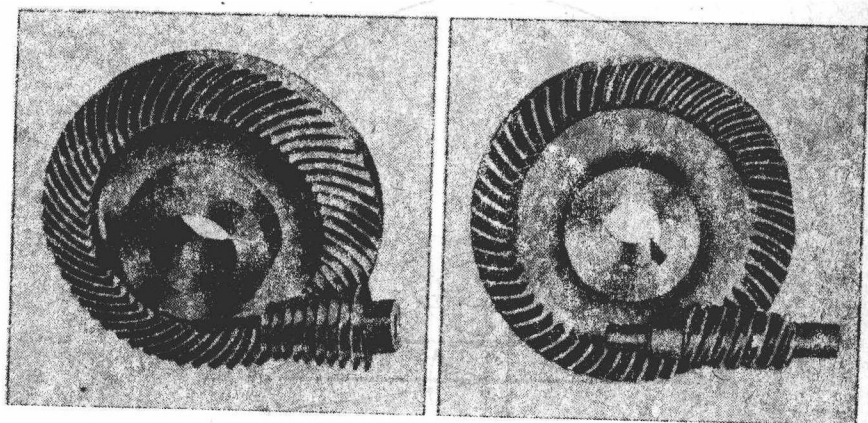
斜齒輪及戟齒輪中的扭角，係齒稜與節圓錐母線所成的角；但通常用在齒寬的中央（平均圓錐距離）之扭角即中央扭角表示之。於斜齒輪，大小齒輪的扭角，其方向相反且大小相等；而於戟齒輪，其大小不同，通常小齒輪的扭角設計較大齒輪為大。

於嚙合的一對齒輪，其齒直角法線周節非相等不可，而由於小齒輪的扭角取較大之值，因此正面周節，小齒輪也較大齒輪為大。據此，小齒輪的直徑可以較相當的蝸線斜齒輪的直徑為大，強度無異變大，再者，對小齒輪而言，軸部附孔的時候，其軸部的尺寸有充分的考慮裕度，且可以獲得較高的齒數比。

戟齒輪的特徵，為沿其齒稜方向具有滑動作用，但其滑動量的決定，在於小齒輪與大齒輪的扭角之差。

普通的戟齒輪之齒數比約為 10 : 1 ；但為了適應需要，高達 100 : 1 ~ 400 : 1 的齒數比者，仍能設計製造，在需要精密齒輪的工作機械不時使用之。園地製造公司與美國 Illinois Tool 公司技術合作造的 spiroid 齒輪及 hellicone 齒輪（圖 1.6）乃屬於戟齒輪的一種，小齒輪的錐度角有 10° 及 0° 兩種。此種齒輪的大小兩齒輪均用具有耐磨耗性的滲碳淬硬鋼製成，利用專用機研削齒面，無論就精度

、耐久性而言，悉屬最高級。



(a) spiroid齒輪

(b) hellicone齒輪

圖1.6 spiroid齒輪及 hellicone 齒輪

1.2 斜齒輪的齒形

以一定的角速比 ω_2/ω_1 而回轉的一對斜齒輪，可以假想為一對無相互滑動而以滾動接觸行回轉的一對圓錐面。此圓錐面即為斜齒輪的節圓錐面。於圖1.7，設軸角為 Σ ，節圓錐角為 δ_1 ， δ_2 ，由畫圖示的補助線，則可成立下列諸式。

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{\sin \delta_1}{\sin \delta_2} \quad \text{-----} (1.1)$$

$$\tan \delta_1 = \frac{\sin \Sigma}{\frac{z_2}{z_1} + \cos \Sigma}, \quad \tan \delta_2 = \frac{\sin \Sigma}{\frac{z_1}{z_2} + \cos \Sigma} \quad \text{-----} (1.2)$$

軸角 $\Sigma = 90^\circ$ 的時候，則

$$\tan \delta_1 = \frac{z_1}{z_2}, \quad \tan \delta_2 = \frac{z_2}{z_1} \quad \text{-----} (1.3)$$