

機械工作法叢書

工具機的圓轉傳動

勒格尼茨著 蔣式良譯



機械工業出版社·1953

出版者的話

本書譯自德國機械工廠叢書 (Werkstattbücher) '工具機的圓轉傳動' 一書。

書裏講解工具機的工作軸上各種速率和轉數的產生，各種傳動機構的組成和它的功用，以及如何來設計工具機的傳動機構等問題。凡是以旋轉為主要運動的工具機，它在傳動機構上應有的製造和理論方面的知識，本書都加以系統的和詳盡的敘述，並且還演算了許多例題，很可幫助讀者對於這些問題的認識。

工具機的圓轉傳動是工具機中的重要問題，所以本書對於要研究工具機的構造、運用、設計和改良的工人同志、技術人員以及工科學生來說，是一本很好的參考書。

本書根據德國 H. Rögaitz 著 'Die Getriebe der Werkzeugmaschinen' (Verlag von Julius Springer 1936 年版) 一書譯出

*

*

*

著者：勒格尼茨 譯者：蔣式真 文字編輯：蔣 樞 責任校對：俞治本

1952年11月發排 1953年9月初版 0001-7,000冊

書號 0192-1-10 31×43¹/₂₅ 79千字 46印刷頁 定價 6,000 元(乙)

北京印刷二廠排版 機械工業出版社印刷廠印刷

機械工業出版社(北京益甲廠17號)出版 中國圖書發行公司發行

目 次

一	引言	1
二	有一個末項轉數的傳動機構	4
1	牽引傳動	4
	1 皮帶傳動—2 鍊條傳動—3 連桿傳動	
2	位置固定的輪子傳動	7
	4 摩擦輪傳動—5 齒輪傳動—6 齒數的計算	
3	圓轉的齒輪傳動	14
	7 基本傳動—8 回行式圓轉傳動—9 差動傳動	
4	變向傳動機構	25
	10 皮帶變向傳動機構—11 齒輪變向傳動機構—12 摩擦輪變向傳動機構	
三	有許多末項轉數的傳動機構	28
	13 排級法—14 標準	
1	塔輪	32
	15 塔輪傳動—16 加裝聯動機關	
2	齒輪變換的傳動機構	41
	17 兩軸傳動—18 不聯接的三軸傳動—19 聯接的三軸傳動—20 多軸傳動	
	21 聯動機關的傳動—22 有彎曲級轉數的傳動—23 主動轉數可調整的齒輪傳動	
四	無級的調整範圍的傳動機構	67
	24 牽引傳動—25 摩擦傳動—26 液體變速的傳動	
五	例題	78
	中外名詞對照表	87

一 引 言

圓轉運動的方向，可以依照轉動的情形來表示，順時針方向的轉動當作正，用正號‘+’表示，逆時針方向的轉動當作負，用負號‘-’表示。

轉動的大小是以一分鐘轉過多少轉來計算的，所以轉數的單位應當以每分鐘的迴轉數或用 轉/分 來表示。假使 d_1 是輪 1 的直徑，單位是公厘，它用 n_1 轉/分的轉數來旋轉，則這輪的圓周速度是：

$$v_1 = \frac{d_1 \cdot \pi \cdot n_1}{1,000} \text{ 公尺/分} = \frac{d_1 \cdot \pi \cdot n_1}{1,000 \times 60} \text{ 公尺/秒} \quad (1)$$

如果直徑為 d_1 和 d_2 的兩輪 1、2 相互壓緊（圖 1），輪 1 的圓轉運動損失不計算，完全用來帶動輪 2 轉動，則在接觸點上的圓周速度應當相等，就是：

$$v_1 = v_2 = \frac{d_1 \cdot \pi \cdot n_1}{1,000} = \frac{d_2 \cdot \pi \cdot n_2}{1,000}$$

$$d_1 \cdot n_1 = d_2 \cdot n_2$$

移項得：

$$u = \frac{d_1}{d_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

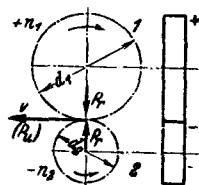


圖 1 摩擦輪

如果要顧到旋轉的方向則

$$u = \frac{d_1}{d_2} = \frac{(-n_2)}{n_1} \quad (2)$$

我們把這個分數用轉數比或傳動比 u 來表示，由是知道這是主動輪直徑和從動輪直徑的比率，也就是從動輪轉數和主動輪轉數的比率。

另外方法用角速度 ω 來量度圓轉運動，它是表示在單位時間內所轉過的角度（用弧度來量），角速度 ω 的單位是 度/秒。一個半徑 r 或直徑 d （單位公厘）的輪的圓周速度是：

$$v = \frac{r \cdot \omega}{1,000} = \frac{d \cdot \omega}{2,000} \text{ 公尺/秒} \quad (3)$$

(1) 式代入 (3) 式 則得:

$$\frac{d \cdot \omega}{2,000} = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1,000 \times 60}$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \text{ 徑/秒} \quad \text{或} \quad n = \frac{30 \omega}{\pi} \text{ 轉/分} \quad (4)$$

因此轉數比

$$u = \frac{\omega_2}{\omega_1} \quad (5)$$

最後得每一迴轉所需的時間:

$$T = \frac{1}{n} \text{ 分 即 } \frac{60}{n} \text{ 秒 或 } \frac{\pi}{50 \cdot \omega} \text{ 分 即 } \frac{2\pi}{\omega} \text{ 秒} \quad (6)$$

例題 1 直徑 $d = 400$ 公厘的輪, 每分鐘的轉數 $n = 300$ 轉/分, 問它的角速度、圓周速度和每轉所須的時間各是多少?

解: 照公式 (4) 得 $\omega = \frac{\pi \times 300}{30} = 31.4$ 徑/秒

$$\text{照 (1) 式 } v = \frac{400 \times \pi \times 300}{1,000 \times 60} = 6.28 \text{ 公尺/秒}$$

$$\text{或照 (3) 式 } v = \frac{400}{2,000} \times 31.4 = 6.28 \text{ 公尺/秒}$$

$$\text{和照 (6) 式 } T = \frac{60}{300} = 0.2 \text{ 秒}$$

利用傳動機構可以輸送功率(功率的單位是馬力或仟瓦), 假使 N_1 是主動部的功率, N_2 是從動部的功率則:

$$N_2 = \eta N_1 \quad (7)$$

η 是傳動的效率, 它的值要比 1 小, 因為一部分功率經過傳動因摩擦而損失。

功率是力和速度(速度單位是公尺/秒)的乘積

$$N = \frac{P \cdot v}{75} \text{ (馬力) 或 } N = \frac{P \cdot v}{102} \text{ (仟瓦)} \quad (8)$$

因此 $P \cdot d_1 \cdot \pi \cdot n_1 = P \cdot d_2 \cdot \pi \cdot n_2$ 或 $P \cdot 2r_1 \cdot \pi \cdot n_1 = P \cdot 2r_2 \cdot \pi \cdot n_2$,
 $P \cdot r$ 是力矩 M (力乘距離), 把這數代入上式, 如不計算損失, 則得

$$M_1 \cdot n_1 = M_2 \cdot n_2$$

$$u = \frac{M_1}{M_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (9)$$

所以轉數比也是主動部分的力矩和從動部分的力矩間的比。在以後談到的力矩的單位多用公分·公斤表示。已知功率 N ，照公式 (8) 可求得力矩如下：

$$M = 71,620 \frac{N}{n} \quad (N \text{ 的單位是馬力}) \text{ 或}$$

$$M = 97,400 \frac{N}{n} \quad (N \text{ 的單位是仟瓦})。 \quad (10)$$

在傳動的計算中，公式 (10) 有很大的價值。這裏指出了同一的功率，可以從較大的轉數和較小的力矩來求得，或是反過來從較小的轉數和較大的力矩而獲得。例如有一輪，它的直徑 $d = 400$ 公厘，能輸出 4 馬力的功率，在圖 2 上可得到力矩和轉數間的關係。因為輪子的直徑不變，所以圓周力 P (皮帶牽引力或齒的壓力) 增加的倍數和力矩增加的一樣。由圖 2 知道我們在設計傳動機構時，爲了要能够得到小的尺寸和輕便的構造，應當使轉數儘量的在可能內增大。

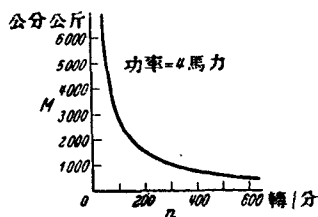


圖 2 力矩和轉數間的關係

二 有一個末項轉數的傳動機構

1 牽引傳動

牽引傳動所輸運的圓轉運動，是靠摩擦力（皮帶、三角皮帶）、牙齒的嚙合（鍊條）或用固定的連接物（連桿）。在這類傳動中，傳動的方向是不變更的。

1 皮帶傳動

裝置法——在簡單的皮帶傳動中適用公式 (2) $u = \frac{d_1}{d_2} = \frac{n_2}{n_1}$ ，這裏 u 可到 1:5。假如要使傳動的方向改變，可把皮帶交叉的裝在帶輪上，在普通情形下機器都是對軸拖動的，如圖 3 的兩組傳動機構，由軸 I 和 II 得 $n_2 = \frac{d_1}{d_2} \cdot n_1$ ，由軸 II 和 III 得 $n_4 = \frac{d_3}{d_4} \cdot n_3$ ，這裏 $n_3 = n_2$ 。代入上式得：

$$n_4 = \frac{d_1}{d_2} \cdot \frac{d_3}{d_4} \cdot n_1 \quad (11)$$

如果兩軸不平行，還是可用皮帶傳動的，假使兩軸相交成 90° ，我們可得半交叉的傳動，如圖 4 所表示的，這裏應該使 $e_1 = 0.1 \sim 0.2 b$ 和 $e_2 = 0.5 \sim 0.6 b$ ；帶輪應當是圓柱形，輪寬 b ，必須有足夠的寬大，約為 $1.4b + 1$ 公分。依靠導輪幫助的曳動裝置如圖 5 所示。

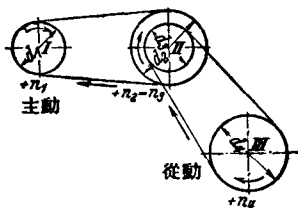


圖 3 兩組皮帶傳動

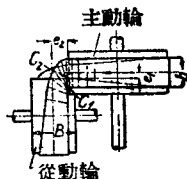


圖 4 半交叉的皮帶傳動

在開口皮帶的傳動上，緊邊需放在下面，從動輪是凸緣的，主動輪是平緣的，互相垂直放置的帶輪，應當避免使用。

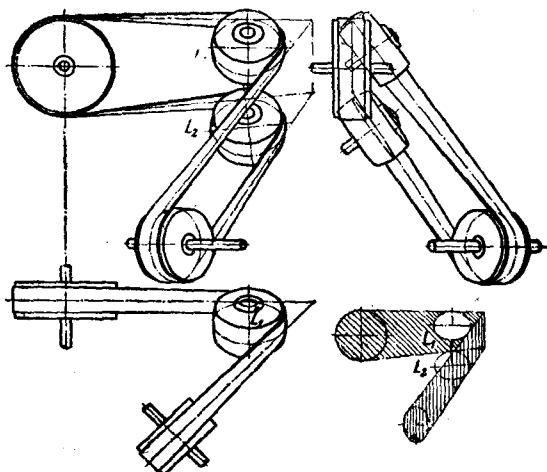


圖 5 有導輪的皮帶傳動

如大帶輪的直徑是 d_g ，小帶輪直徑是 d_k ，當用開口皮帶時，兩軸間的距離 A 至少應該是 $\geq 10\sqrt{b \cdot d_g} \geq 4d_g$ ，才可以使皮帶在小帶輪上的接觸角可以相當的大（不小於 120° ）。若用交叉皮帶則軸間距離需要 $A_{\min} \geq 20 \cdot b$ 。

在開口皮帶傳動上皮帶長度 L 可由下式計算之：

$$L = 2A + \pi \left(\frac{d_g + d_k}{2} \right) + \frac{\left(\frac{d_g - d_k}{2} \right)^2}{A} \quad (12)$$

在交叉皮帶傳動上則：

$$L = 2A + \pi \left(\frac{d_g + d_k}{2} \right) + \frac{\left(\frac{d_g + d_k}{2} \right)^2}{A} \quad (13)$$

一組傳動機構的總效率（包括皮帶和軸承的損失）平均約為 $0.9 \sim 0.95$ 。由於皮帶的伸長和滑走在足夠的初張力下，速度的損失約為 $0.5 \sim 1.5\%$ 。

當皮帶的接觸角或軸間的距離太小時，可以使用惰輪（如圖 6），它是裝在鬆邊的帶上，可以有平衡皮帶的伸長的作用，我們選用的惰輪的直徑須要相當的大，而且不要把這個圓柱形的惰輪裝得離帶輪太近。在小距離 $a_1 \approx a_2$ 時，距離 $a_1 \geq \frac{d_k + d_g}{2}$ 。如要計算皮帶的長度和角度等，最簡單的方法是把有惰輪的皮帶傳動按比例尺畫出來。

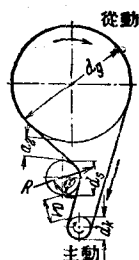


圖 6 惰輪的傳動

三角皮帶的邊緣靠在帶輪的槽壁上如圖 7 所示，用公式(2)計算轉數比時，應使用帶輪的公稱直徑。使用三角皮帶時，可使轉數比增大到 1:10，槽輪間的距離最好是 $A_{\min} \geq d_g$ ，這樣才能使小輪上的接觸角至少是 120° 。最適合的圓周速度是 5~15 公尺/秒，最高可到 20 公尺/秒，計算皮帶的長度也可以用公式 (12)，為要套上皮帶和平衡皮帶的伸長應當可把其中一根軸向兩邊移動。

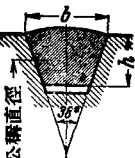


圖 7 三角皮帶在槽中

2 鍊條傳動 計算鍊條傳動的轉數比時，可用公式 (2) 以齒數來代替直徑。

$$u = \frac{z_1}{z_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (14)$$

齒數在 15 以下的應當避免使用，最大的傳動比是 1:7。在鍊條傳動上可以用轉子鍊（韃子鍊）（如圖 8）或無聲鍊（牙齒鍊）（如圖 9）。轉子鍊多用在工具機的推進傳動和聯絡傳動處，它的圓周速度可到 4~5 公尺/秒，無聲鍊適用在沒有嘈雜聲音的傳動上，並且適宜於輸送較大的力和較高的圓周速度，鍊輪間的最小距離是 $A_{\min} \geq d_g + \frac{1}{2} d_k$ 。這裏應當注意，鍊條的長度是周節（節距）的整倍數（周節 t 等於如圖 8 上的轉子 A 和 B 的中心距），鍊條的尺寸，也是根據周節來決定的。在圖 8 中節圓直徑是：

$$d_0 = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z}} \quad (15)$$

而 $R_1 = t - \frac{d_R}{2}$; $R_2 = 2t - \frac{d_R}{2}$, d_R 是轉子直徑。公式 (15) 也適用於無聲鍊。如軸距離為 A 時, 鍊條的節數將是:

$$Z = 2 \frac{A}{t} + \frac{z_g + z_k}{2} + \left(\frac{z_g - z_k}{2\pi} \right)^2 \cdot \frac{t}{A} \quad (16)$$

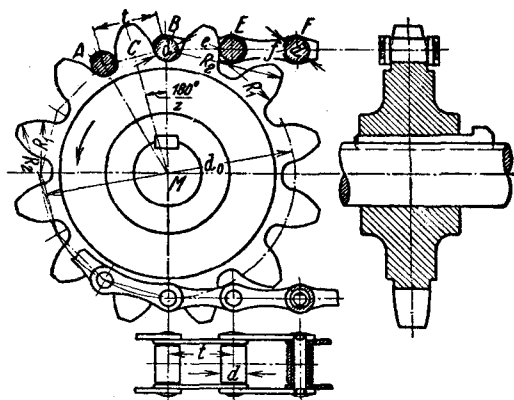


圖 8 轉子鍊

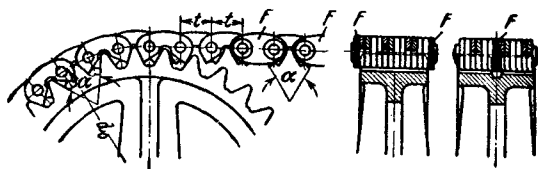


圖 9 無聲鍊

為要平衡鍊條的伸長, 鍊輪應當在大約 $2t$ 的範圍內可以調整, 鍊輪的裝置不能夠有互相垂直的, 必須完全平行。

3 連桿傳動 不變更旋轉方向的輸送功率方法還有連桿傳動, 在這裏是兩個平行的曲拐如圖 10 所示, 主動軸和從動軸的旋轉方向相同, 轉數相等。

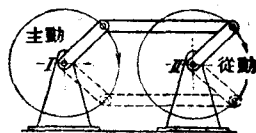


圖 10 平行曲拐

2 位置固定的輪子傳動

4 摩擦輪傳動 在摩擦輪傳動上, 完全靠摩擦作用把一輪的運動

傳遞到另一輪上去的，設 P_u 是圓周力， μ 是摩阻係數和 P_r 是沿半徑方向的緊壓力，則：

$$P_u = \mu \cdot P_r \quad (17)$$

在舊式的構造中，我們曾經不斷設法使摩阻係數提高，選用了合適的材料如皮革、紙等。但在新式的構造中用較大的壓緊力和較小的摩阻係數可以得到較好的效率（最高可達 95%）。

5 齒輪傳動 裝置和轉數比同時轉動的兩軸是用正齒輪來聯結的，如圖 11 所示，我們把一齒的中心到另一齒的中心的距離 t 叫做齒距，量齒距所在的圓周的直徑 d_0 叫做節圓直徑，如果假設輪 1 的齒數為 z_1 ，就得算式：

$$d_{01} \cdot \pi = z_1 \cdot t \quad \text{或} \quad d_{01} = \frac{t}{\pi} \cdot z_1.$$

我們把模數 $m = \frac{t}{\pi}$ 代入算式得：

$$d_{01} = m \cdot z \quad (18)$$

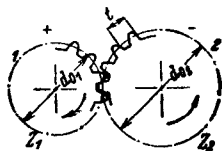


圖 11 正齒輪 1 帶動正齒輪 2

計算兩個嚙合齒輪的轉數比時（這兩輪的模數必須相同），用公式 (2) 得：

$$u = \left(\frac{-n_2}{n_1} \right) = \frac{d_{01}}{d_{02}} = \frac{z_1}{z_2} \quad (19)$$

這裏指出了齒數或節圓直徑是和轉數成反比的。

用正齒輪傳遞圓周運動上的旋轉方向是被改變了的。假使要旋轉方向不改變，可以多加一隻中間輪，如圖 12 所示，主動輪 1 和從動輪 3 間的轉數比仍和以前一樣，因為在軸 I 和軸 II 間 $u_1 = \frac{z_1}{z_2}$ ，在軸 II 和軸 III 間 $u_2 = \frac{z_2}{z_3}$ ，因此轉數比

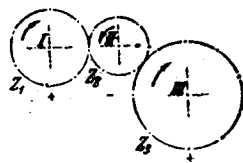


圖 12 有中間輪的正齒輪傳動

$$u = u_1 \cdot u_2 = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_2}{z_3} = \frac{z_1}{z_3}$$

假使在軸 II 上裝兩個齒輪 2 和 3，如圖 13，

則在軸 I 和軸 II 間得 $u_1 = \frac{z_1}{z_2}$ ，在軸 II 和軸 III 間得 $u_2 = \frac{z_3}{z_4}$ ，因之總的轉數比：

$$u = u_1 \cdot u_2 = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4} = \frac{n_{III}}{n_I} \quad (20)$$

主動軸的旋轉方向沒有被改變的這種傳動裝置，叫做二組傳動，車床的變速齒輪和銑床中分度頭上的變速齒輪，大多是使用這種傳動設備的。

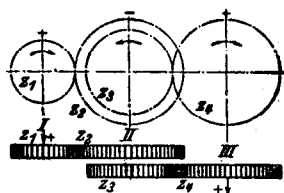


圖 15 二組正齒輪的傳動

車床上的主軸是和導桿聯結起來的，如果調換不同的變速齒輪，我們在車製螺

絲時就可以得到許多不同的走刀量，這裏也適用公式 $u = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4} = \frac{n_I}{n_a}$ (n_I 是導桿的轉數， n_a 是主軸的轉數)，導桿的螺距是 St_l ，它在主軸的每一轉中，必須完成 $\frac{St_g}{St_l}$ 迴轉，這樣才能夠獲得需要的走刀量（等於工件的螺距 St_g ）因此可得：

$$u = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4} = \frac{St_g}{St_l}$$

在分度頭上當差動分度時是需要用這類齒輪的，差動分度時因為除用手來搖轉分度軸外，還有一種附加的轉動，銑製螺旋槽時也是需用這類齒輪的。（詳細情形請參閱本社出版的‘螺絲車製法與車床交換齒輪計算’和‘分度頭工作法’）。

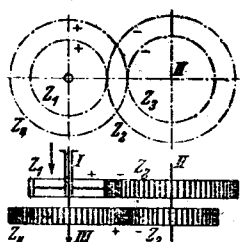


圖 14 同行式的正齒輪傳動

齒輪 $z_1 \sim z_4$ 的裝置，也可以做成回行式的如圖 14，這個裝置軸 I 是滑裝在軸 III 上的套筒，這種回行式的齒輪組或叫做聯動機關，也適用下列公式：

$$u = u_1 \cdot u_2 = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4}$$

我們選用這種四輪的裝置，是為了要得到大的轉數比，它的旋轉方向並沒有改變。

如果用斜齒輪（如圖 15）或人字齒輪（如圖 16），在轉數比的關係上也沒有什麼改變的。

用正齒輪的轉數比的範圍應該在 1:4 和 2:1 之間，最小齒數約

爲 16 齒。這些規定在製造齒輪箱中的齒輪時特別適用。但在轉動慢的齒輪上，還是可以超過這限度的，一組齒輪的效率約爲 97%。



圖 15 斜齒輪

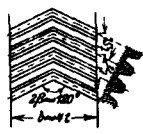


圖 16 人字齒輪

正齒輪兩軸間的距離 A 的計算如下：

$$A = \frac{m}{2}(z_1 + z_2) = \frac{1}{2}(d_{01} + d_{02}) \quad (21)$$

此外在製造齒輪時，齒頂直徑 d_k 和齒根直徑 d_f 也很重要，它是

$$d_k = m(z + 2) \quad \text{和} \quad d_f = m(z - 2.5) \quad (22)$$

內接觸齒輪（如圖 17）普通使用比較少一點，它的轉數比也是 $u = \frac{z_1}{z_2}$ ，旋轉的方向沒有改變，軸 I 和軸 II 間的距離是：

$$A = \frac{m}{2}(z_1 - z_2) = \frac{1}{2}(d_{01} - d_{02}) \quad (23)$$

傘齒輪是用來輸送交角爲 δ 的兩軸間的運動（如圖 18）。設 δ_1 和 δ_2 是代表兩輪錐角的半角，即 $\delta = \delta_1 + \delta_2$ 。則得轉數比：

$$u = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1}{z_2}$$

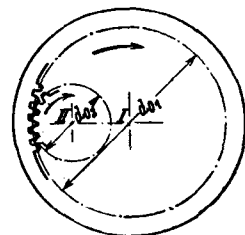


圖 17 內接觸的正齒輪傳動

$$= \frac{d_{01}}{d_{02}} = \frac{\sin \delta_1}{\sin \delta_2}$$

(24)

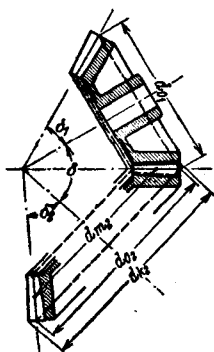


圖 18 傘齒輪的傳動

大都是交角 δ 和轉數比 u 是已知的，則求一角的公式：

$$\tan \delta_1 = \frac{u \cdot \sin \delta}{1 + u \cdot \cos \delta} \quad \text{和另一角是} \quad \delta_2 = \delta - \delta_1 \quad (25)$$

假使 $\delta = 90^\circ$ ，則 (25) 式可化簡爲

$$\tan \delta_1 = u \quad (26)$$

齒頂圓直徑是 $d_{k1} = d_{01} + 2m \cdot \cos \delta_1$

假使兩軸不相交，我們可以用螺旋輪來聯結如圖 19，設兩輪的交角

$\alpha = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2)$, 這裏已知 β_1 和 β_2 是代表螺旋輪 1 和螺旋輪 2 的傾斜角, 則轉數比:

$$u = \frac{z_1}{z_2} = \frac{d_{01} \cdot \sin \beta_1}{d_{02} \cdot \sin \beta_2} = \left(\frac{-n_2}{n_1} \right) \quad (27)$$

轉數比不只和直徑有關並且和傾斜角也有關, 在計算時應當先選定 d_{01} , d_{02} 和 β_1 , β_2 的大小, 這裏可以使 $d_{01} = d_{02}$ 或 $\beta_1 = \beta_2$, 並且直徑常是被軸間距離所限制的, 大都是兩軸相交在 90° 下, 如圖 20 則轉數比:

$$u = \frac{d_{01}}{d_{02}} \cdot \tan \beta_1$$

如在這裏選用 $\beta_1 = \beta_2 = 45^\circ$ 則 $u = \frac{d_{01}}{d_{02}}$, 或者我們把直徑做成相等, 即 $d_{01} = d_{02}$, 則 $u = \tan \beta_1$, 效率 $\eta \approx 0.8$, 轉數如果變慢, u 可到 1:4。

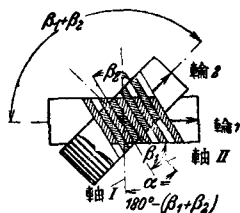


圖 19 螺旋輪傳動

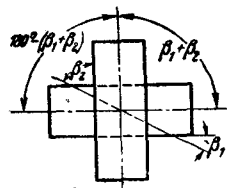


圖 20 90° 相交的螺旋輪傳動

蝸輪傳動這個設備特別適用在相交的兩軸須有大的轉數比上, 它是由螺旋形的蝸桿和蝸輪所組成, 假使蝸桿是單線螺旋紋, 則當蝸桿每一迴轉時, 蝸輪轉過一齒, 假使蝸桿是雙線螺旋紋, 則蝸輪轉過兩齒。轉數比的通用公式是:

$$u = \frac{g}{z_s} \quad (28)$$

這裏 g 代表蝸桿螺旋紋的線數和 z_s 是代表蝸輪的齒數, 通常的轉數比是在 1:10 到 1:30 之間, 但也時常超過這數, 蝸桿傳動的效率約為 $\eta = 0.5 \sim 0.85$ 。

在畫齒輪傳動機構的構造圖中, 依照 AWF^① 的規定畫正齒輪和傘齒輪時都用下面的幾種簡明畫法, 畫固定在軸上的齒輪, 如圖 21; 畫滑裝在軸上的齒輪, 如圖 22; 畫推移齒輪 (隨着軸轉動, 同時可以沿軸向移動) 如圖 23; 此外畫爪狀聯軸器如圖 24; 畫摩擦聯軸器如圖 25, 但

① AWF. 是德國經濟製造委員會。——譯者

畫摩擦聯軸器時，對於它的構造，到底用錐體摩擦聯軸器或是薄片聯軸器這裏不表明出來。

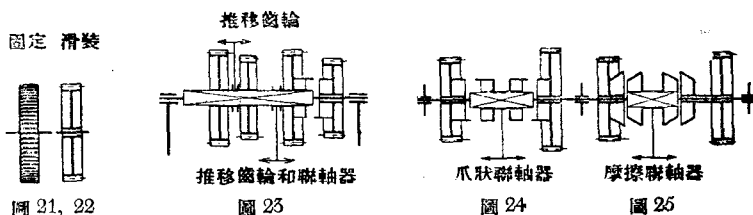


圖 21~25 照 AWF 規定的齒輪的簡明畫法

6 齒數的計算 在回行式齒輪組和在以後要討論到的變速齒輪傳動中，都是由好幾對齒輪偶來聯結兩軸的。計算齒輪偶需要先知軸間距離，所以在計算齒數時，必須要能滿足下面的條件：

$$\frac{z_a}{z_b} = u \quad \text{和} \quad \frac{m}{2}(z_a + z_b) = A$$

假使各對齒輪偶有同一的模數或者有不同的模數，則齒數的計算方法就不相同。下面的幾個例子是說明計算的步驟：

1) 模數相同——四對外接的齒輪偶的轉數比為： $\frac{1}{1}, \frac{1}{1.5}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}$ ，求出它的齒數，可用下面典型例子的最簡單的計算方法求得：

		$\frac{z_1}{z_2}$	$\frac{z_3}{z_4}$	$\frac{z_5}{z_6}$	$\frac{z_7}{z_8}$	
轉數比 $u = \frac{a}{b}$		$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1.5}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	
和數 s		2	2.5	3	4	分子和分母相加
齒數和 S		120				由 $2 \times 2.5 \times 3 \times 4 = 60$ 求得，因太小故選用 120
單位 e		60	48	40	50	$e = \frac{S}{s}$
齒數比 $\frac{z_a}{z_b}$		$\frac{60}{60}$	$\frac{48}{72}$	$\frac{40}{80}$	$\frac{50}{90}$	由 $a \cdot e$ 和 $b \cdot e$ 求得

假使轉數比是任意的中間值，則由 s 來除齒數和 S 的這個 S 就求不到，但可以像下面的幾個舉例在計算尺上去求得一個最為接近的數值。如使分子或分母等於 1，把轉數比寫成分數也是很有利的。

假使在兩軸間的齒輪偶是內接的，它們的轉數比是 $\frac{4}{1}$ 和 $\frac{1}{6}$ ，有同一的模數，則齒數的計算方法如下左表。

	$\frac{z_1}{z_2}$	$\frac{z_3}{z_4}$		$\frac{z_1}{z_2}$	$\frac{z_3}{z_4}$	$\frac{z_5}{z_6}$	$\frac{z_7}{z_8}$
轉數比 $u = \frac{a}{b}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{1}{6}$		$\frac{1}{1.4}$	$\frac{1}{2.5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$
差數 d	3	5		2.4	5.5	4	4
齒數差 D	90			72	72	72	72
單位 $e = \frac{D}{d}$	30	18		30	22*	18	18
齒數 $\frac{e \cdot a}{e \cdot b}$	$\frac{120}{30}$	$\frac{18}{108}$		$\frac{30}{42}$	$\frac{22}{50}$	$\frac{18}{54}$	$\frac{18}{90}$

* 準確數是 21.8

假使一部分是外接齒輪，一部分是內接齒輪，並且在三對外接齒輪上的轉數比 $u = \frac{1}{1.4}$ 、 $\frac{1}{2.5}$ 、 $\frac{1}{3}$ 和一對內接齒輪上的 $u = \frac{1}{5}$ ，則它的計算方法如上右表。

2) 模數不同——計算模數不同的齒數時，必須從計算軸間距離出發；因為齒數和是不同的。假使兩對外接的齒輪偶的轉數比是 $\frac{1}{2.5}$ 和 $\frac{1}{3}$ ，第一對齒輪偶的模數 $m = 3$ ；第二對 $m = 4$ 。

	$\frac{z_1}{z_2}$	$\frac{z_3}{z_4}$	
轉數比 u	$\frac{1}{2.5}$	$\frac{1}{3}$	
和數 s	3.5	4	
模數 m	3	4	
選定的最小齒數 Z_{min}		20	需放入有最大 s 的行內
則 Z_4		60	
最小的軸間距離 A_{min}		160	
選定的軸間距離 A		168	$= \frac{m}{2}(z_3 + z_4)$ $A = 3.5 \times 3 \times 4 \times 4 (s_1 \cdot m_1 \cdot s_2 \cdot m_2),$ 這裏 $A \geq A_{min}$
齒數和 S	112	84	$S = \frac{2 \times A}{m}$
單位 e	32	21	$\frac{S}{s}$
齒數 $\frac{z_a}{z_b}$	$\frac{32}{80}$	$\frac{21}{63}$	

3 圓轉的齒輪傳動

7 基本傳動 在上面所講到的齒輪傳動機構中的軸都是裝置在靜止的機架中的,但在圓轉齒輪系中,一個輪可以圍繞他輪轉動,例如圖

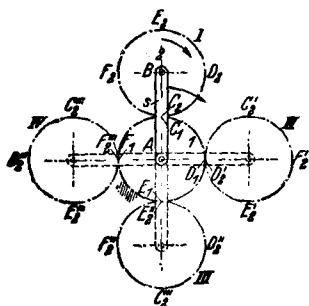


圖 26 輪 2 繞輪 1 轉動

26, 輪 1 裝在軸 A 上, 轉臂 s 能圍繞這軸轉動。在轉臂 s 的 B 點上裝有輪 2, 當轉臂順時針方向旋轉時, 輪 1 固定不動, 而輪 2 必定在輪 1 上滾動, 假使兩輪大小相等, 則在輪 1 上的弧長 $C_1 D_1$ 和輪 2 上的弧長 $C_2 D_2$ 相等, 當轉臂 s 轉動到位置 II 時, 則 D_2 就和 D_1 重合; 如再把轉臂 s 轉到 III 時, 則 E_2 和 E_1 重合; 把位置 III 和位置 I 的情形加以比較, 就知道輪 2 在 III 時

的位置恰和在 I 時的位置相同, 這就是說, 當轉臂轉了半周, 輪 2 已旋轉一周了。我們把轉臂 s 繼續旋轉, 使經過位置 IV 而至位置 I , 這時轉臂只轉一周而輪 2 轉了兩周, 輪 2 是自轉了一次, 又繞軸 A 公轉了一次。這兩個同時旋轉的運動, 我們可以把它分開來看, 就是把轉臂 s 和輪 2 繞軸 A 轉動一周, 然後輪 2 在靜止的轉臂上自己再旋轉一周, 我們可以把轉臂對於靜止輪 1 而作的第一個運動叫 n_{s1} , 輪 2 的相對於旋轉的轉臂而作的第二個運動叫 n_{2s} , 於是照我們的觀察得到輪 2 的相對於靜止的輪 1 的軸 A 所作的運動的公式如下:

$$n_{21} = n_{2s} + n_{s1} \quad (29)$$

這個定理是否可以適合於一般情形呢? 在圖 27 上輪 1 和輪 2 不是一樣大的, 輪 1 仍使它固定, 光把轉臂轉過一個 α 角, 於是 B 點轉到 B_1 , 此後我們要想像 AB 線是和輪 2 固定聯結的, 則在轉過 α 角的同時, AB 線應至 $A_1 B_1$ 的位置, 就是它轉過了 β 角, AB 和 $A_1 B_1$ 相交在節圓上的切點 C 。轉臂 s 轉過的 α 角 (照上面的寫法是 n_{s1}) 和輪 2 轉過的 β 角

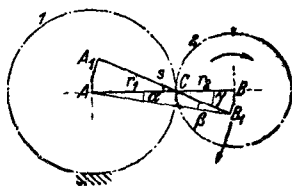


圖 27