

第十一章 輪系 學習目標

- 1.學生能瞭解輪系與輪系值之定義。
- 2.學生能熟練各種輪系之輪系值之計算。
- 3.學生能瞭解各種輪系的特性及用途。
- 4.學生能瞭解周轉輪系的定義及其輪系值的計算。
- 5.學生能應用各種輪系於常見的機械上。

11-1 輪系概述

- 凡藉著二個或二個以上的齒輪、鏈輪、帶輪、摩擦輪之組合，以傳達運動者稱為輪系(train)。輪系的功能為減速、增速或變向以合乎工作上的需要。輪系中，輪與輪間之聯動以齒輪居多，以皮帶或其他聯動者次之。
- 輪系中最先轉動者，稱為主動輪(driving wheel)，如圖11-1所示中之A輪，首先接受輪軸動力而迴轉。輪系中最後轉動者，稱為從動輪(driven wheel)，如圖11-1所示中之E輪，經過動力傳動而最後迴轉。

單式輪系

- 在一輪系中，每一軸上只有一個輪者，稱為單式輪系，如圖11-1所示。
- 單式輪系中介於主動輪與從動輪之間的齒輪，稱為惰輪(idle wheel)，如圖中之B、D齒輪，用以連接動力、變向。

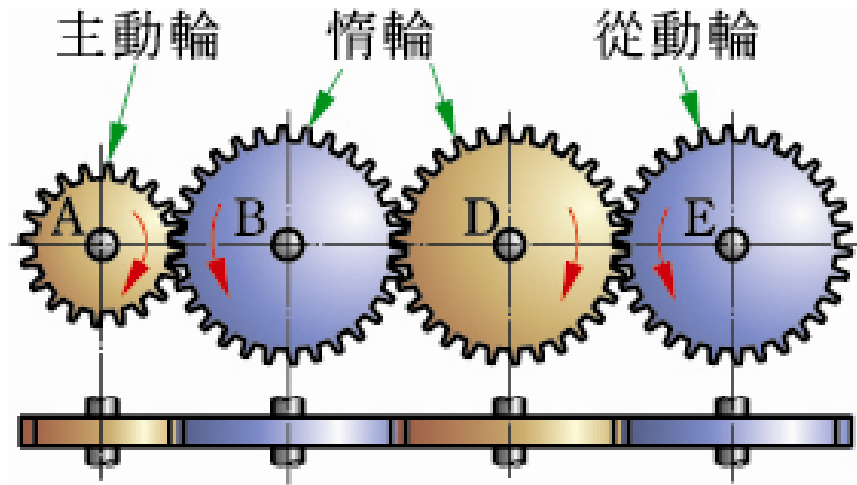


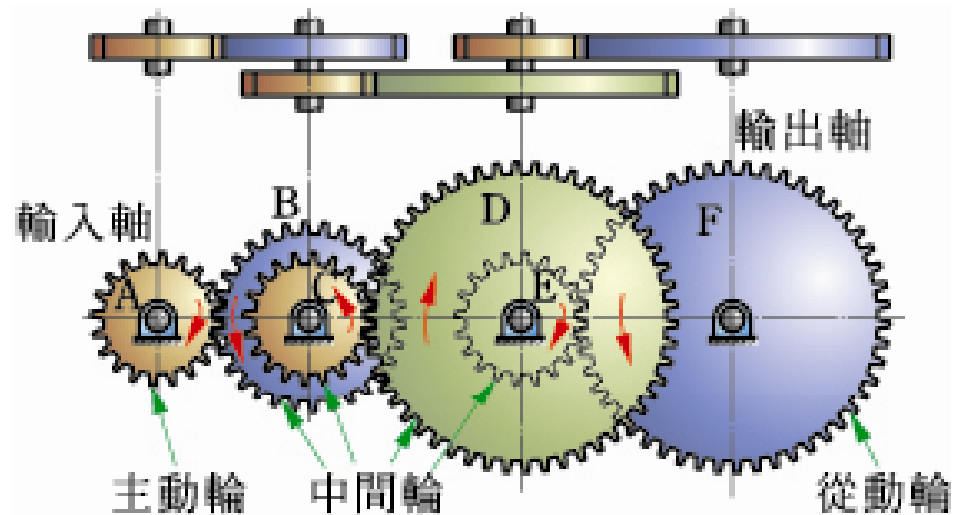
圖11-1單式輪系



動畫11-1

複式輪系

- 在一輪系中，任一中間軸上有兩個或兩個以上之輪者，稱為複式輪系，如圖11-2所示。
- 複式輪系中介於主動輪與從動輪之間的齒輪，稱為中間輪(intermediate wheel)，如圖中之B、C、D、E齒輪，用以連接動力、變速、變向。



動畫11-2

圖11-2複式輪系

11-2輪系值

- 在同一輪系中，末輪之轉速對首輪轉速之比值，稱爲輪系值(train value)，常用“e”字母表示之。爲了區別主動輪及從動輪迴轉方向之異同，可在輪系值前冠以正或負號，以正號代表迴轉方向相同，負號代表迴轉方向相反。

1. 單式輪系之輪系值

- 如圖11-1所示，設A、B、D、E輪之迴轉速各為 N_A 、 N_B 、 N_D 、 N_E ，齒數各為 T_A 、 T_B 、 T_D 、 T_E ，節圓直徑各為 D_A 、 D_B 、 D_D 、 D_E ，依齒輪的傳動原理，得：

- $$\frac{N_B}{N_A} = \frac{T_A}{T_B} = \frac{D_A}{D_B} \quad (1) \quad \frac{N_D}{N_B} = \frac{T_B}{T_D} = \frac{D_B}{D_D} \quad (2)$$

- $$\frac{N_E}{N_D} = \frac{T_D}{T_E} = \frac{D_D}{D_E} \quad (3)$$

- 由(1)×(2)×(3)式得：

- $$\frac{N_B \cdot N_D \cdot N_E}{N_A \cdot N_B \cdot N_D} = \frac{T_A \cdot T_B \cdot T_D}{T_B \cdot T_D \cdot T_E} = \frac{D_A \cdot D_B \cdot D_D}{D_B \cdot D_D \cdot D_E}$$

接上頁

- 即得輪系值 e

- $$e = \frac{\text{末輪的迴轉速}}{\text{首輪的迴轉速}} = (\pm) \frac{N_E}{N_A} = (\pm) \frac{T_A}{T_E} = (\pm) \frac{D_A}{D_E} \quad (11-1)$$

- 由(11-1)式可知單式輪系中，所有惰輪齒數(節徑)與輪系值大小無關，輪系值等於A、E兩輪直接接觸之值。但惰輪數對末輪之迴轉方向有影響。以外接輪系而言，凡惰輪(軸)之數目為奇數者，則首末兩輪之迴轉方向相同，即輪系值為正號；凡惰輪(軸)之數目為偶數者，則首末兩輪之迴轉方向相反，輪系值為負號。

[例1]

- 如圖11-3所示其輪系值為若干，末輪之輪系值及轉向為荷？

- [解]：由(11-1)式 $e = (\pm) \frac{T_2}{1 T_5}$ 得 $e = -\frac{20}{80} = -\frac{1}{4}$

- 得輪系值 $e = -\frac{1}{4}$ 轉向以逆時針方向轉動。

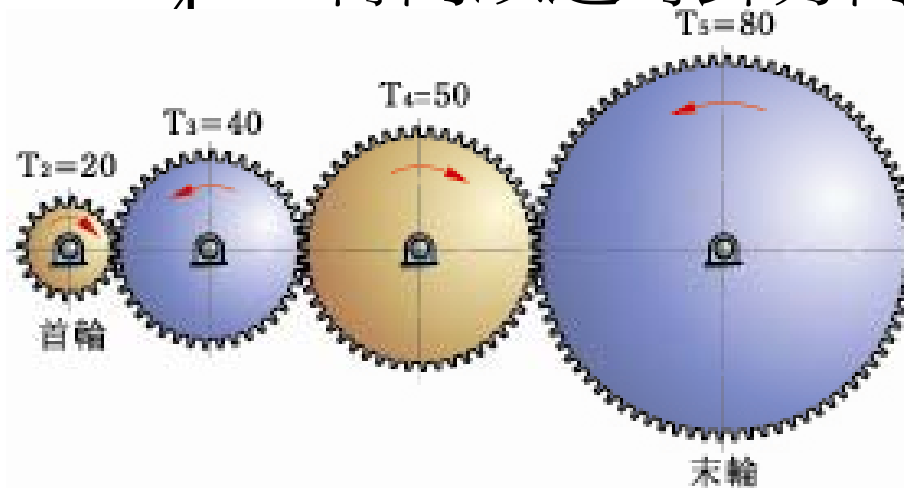


圖11-3 單式輪系例

2. 複式輪系之輪系值

- 複式輪系之輪系值的求法與單式輪系之求法相類
- 似，如圖11-2所示之複式輪系，是由A、B、C、
- D、E、F六輪所組成。A為主動輪，B、C、D、E
- 皆為中間輪，F為從動輪，轉速與齒數及節圓直徑
- 的符號與前述相同，依齒輪的傳動原理，得：

- $$\frac{N_B}{N_A} = \frac{T_A}{T_B} = \frac{D_A}{D_B} \quad (4)$$
- $$\frac{N_D}{N_C} = \frac{T_C}{T_D} = \frac{D_C}{D_D} \quad (5)$$

- $$\frac{N_F}{N_E} = \frac{T_E}{T_F} = \frac{D_E}{D_F} \quad (6)$$

接上頁

- 由(4)×(5)×(6)式得：

- $$\frac{N_B \cdot N_D \cdot N_F}{N_A \cdot N_C \cdot N_E} = \frac{T_A \cdot T_C \cdot T_E}{T_B \cdot T_D \cdot T_F} = \frac{D_A \cdot D_C \cdot D_E}{D_B \cdot D_D \cdot D_F}$$

- $$\frac{N_B \cdot N_D \cdot N_F}{N_A \cdot N_C \cdot N_E} = \frac{T_A \cdot T_C \cdot T_E}{T_B \cdot T_D \cdot T_F} = \frac{D_A \cdot D_C \cdot D_E}{D_B \cdot D_D \cdot D_F}$$

- $(N_B=N_C \quad N_D=N_E)$ 即得 輪系值 e

- $$e = \frac{N_f}{N_a} = \frac{T_a \cdot T_c \cdot T_e}{T_b \cdot T_d \cdot T_f} = \frac{D_a \cdot D_c \cdot D_e}{D_b \cdot D_d \cdot D_f} \quad (11-2)$$

$$\text{輪系值} = \frac{\text{末輪轉速}}{\text{首輪轉速}} = (\pm) \frac{\text{主動輪齒數(直徑)的連乘積}}{\text{從(被)動輪齒數(直徑)的連乘積}}$$

接上頁

- 使用複式輪系，不但可以變更方向、縮小機構體積，也可以調整中間輪齒數之多與少來改變輪系值，也就是設在主動輪與從動輪之間，聯接不同的中間輪，可得到不同的輪系值，此原理可應用於變速箱。
- 當輪系中皆以外接齒輪傳動時，複式輪系首末兩輪的迴轉方向，可由中間輪軸數來決定。若中間輪軸數為奇數者，則迴轉方向相同，輪系值取正值；而中間輪軸數為偶數者，則迴轉方向相反，輪系值取負值。

[例2]

- 求圖11-4之輪系的輪系值，輪系中各齒輪之齒數，如圖中所示。當A輪之轉速為240rpm時，F之轉速為何？

- [解]：由公式得

- $$e = \frac{N_f}{N_a} = \frac{T_a \times T_c \times T_e}{T_b \times T_d \times T_f} = (-) \frac{30 \times 25 \times 20}{60 \times 40 \times 30} = (-) \frac{5}{24}$$

- $$\begin{aligned} N_f &= N_a \times e \\ &= 240 \times \left(-\frac{5}{24}\right) \\ &= -50 \text{rpm (逆時針)} \end{aligned}$$

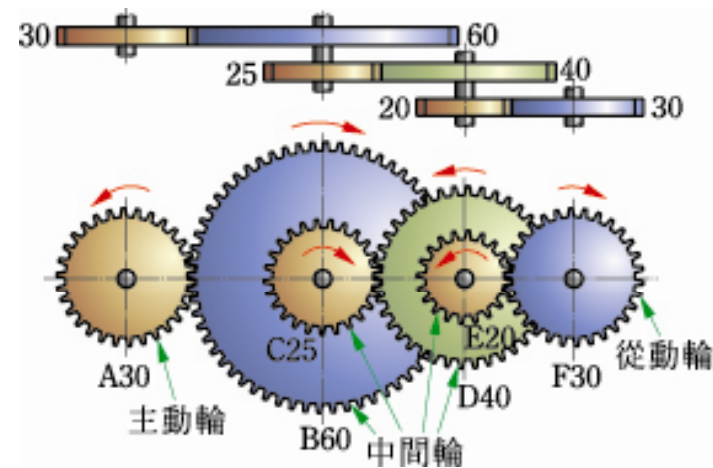


圖11-4 複式輪系例

[例3]

- 如圖11-5所示，A齒輪齒數為100，B齒輪為50，C帶輪直徑為60公分，D帶輪為20公分，設A輪之轉速為100rpm順時針方向，試求其輪系值及D帶輪之轉速與方向各為若干？

- [解]： $T_A=100$ 齒， $T_B=50$ 齒， $D_C=60\text{cm}$ ， $D_D=20\text{cm}$ ，

- $N_A=100\text{rpm}$

- $$e = \frac{N_D}{N_A} = \frac{T_A \times D_C}{T_B \times D_D} = -\frac{100 \times 60}{50 \times 20} = -6$$

- $$N_D = N_A \times e = 100 \times (-6) = -600\text{rpm} \text{ (逆時針方向)}$$

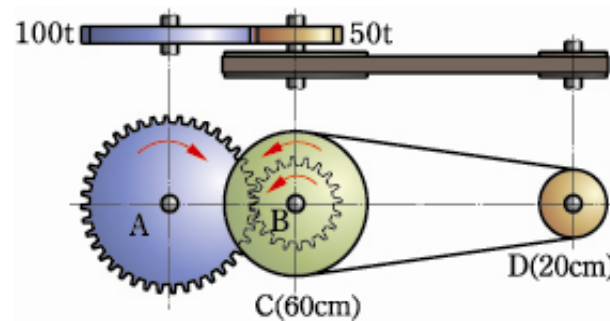


圖11-5 組合式輪系

[例4]

- 如圖11 -6所示一起重機之機構輪系，試求其輪系值。D筒為300mm，R等於300mm，若F為20N，問能拉起重物W為若干牛頓？

- [解]：由公式得
$$e = \frac{N_B}{N_A} = + \frac{21 \times 25}{100 \times 84} = + \frac{1}{16}$$

- $$\frac{\text{D圓筒之切線速度}}{\text{F作用點之切線速度}} = \frac{\pi \times 300 \times N_B}{2 \times \pi \times 300 \times N_A} = \frac{1}{2} \times e = \frac{1}{32}$$

- 由功的原理，得
- $F \times F\text{作用點之切線速度} = W \times D\text{圓筒之切線速度}$

接上頁

$$W = F \times \frac{F \text{作用點之切線速度}}{D \text{圓筒之切線速度}} = 20 \times \frac{32}{1} = 640 \quad (\text{牛頓})$$

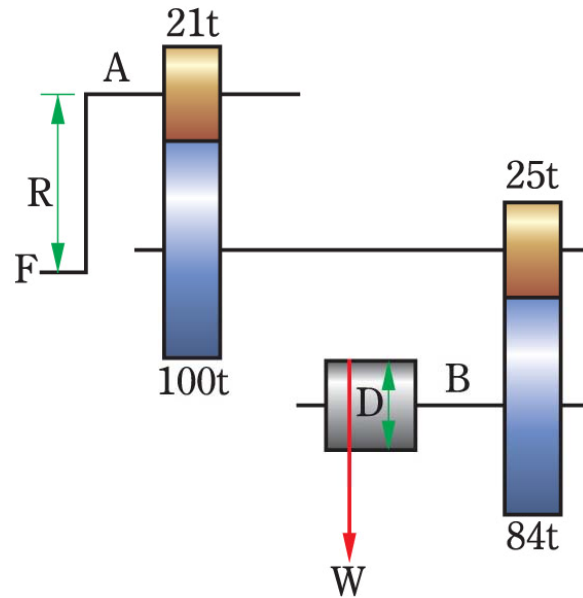


圖11-6 起重機輪系

11-3 輪系之應用

- 在機械方面，輪系之應用極為廣泛。輪系之應用欲達到預期之效率及速度比，則須考慮下列幾項要點：
 - 1. 避免選用太大的齒輪，以免佔據太多空間及增加製造成本。
 - 2. 一對齒輪之齒數比有一定範圍，不宜大於6
 - 或小於 $\frac{1}{6}$ 。

接上頁

- 3.若單式齒輪系不足以應用時，宜採用複式齒輪系，但配置齒輪個數不宜太多。
- 4.高減速比之場合，可考慮使用蝸桿與蝸輪裝置。其構造較簡單，惟效率不高。
- 5.如使用複式輪系，則各組之輪系值愈接近，愈有利於傳動，輪齒數儘量採用5的倍數或4的倍數。舉例說明如下。

[例5]

- 試設計應用一組齒輪，使其輪系值為+16，而此一組齒輪中，齒數不得少於12齒，最大不得多於60齒。
- [解]：
- (1)由於齒數介於12與60之間，如採用單式輪系，則最大的齒輪系值為 $60/12=5$ ，顯然不足16。必採複式齒輪系。
- (2)分輪系值(即每一對齒輪齒數比)不得超過5，否則齒輪的最大齒數會超過60齒，或齒輪的最小齒數，將會小於12齒。小於5，所以可考慮用兩段之複式齒輪系。
- (3)輪系值+16可分解為 1×16 ； 2×8 ； 4×4 等三組，以 4×4 這一組較合乎要點。

接上頁

- (4) $e = \frac{16}{1} = \frac{4}{1} \times \frac{4}{1}$ 倍數後 $\frac{52}{13} \times \frac{52}{13}$; $\frac{48}{12} \times \frac{48}{12}$ $\frac{56}{14} \times \frac{56}{14}$ $\frac{60}{15} \times \frac{60}{15}$
- 等四組複式齒輪組均可，惟取 $\frac{48}{12} \times \frac{48}{12}$ (4的倍數) 或 $\frac{60}{15} \times \frac{60}{15}$ (5的倍數) 較佳。如圖 11-7 所示若取 5 的倍數，則主動輪為兩個 60 齒，從動輪為兩個 15 齒。

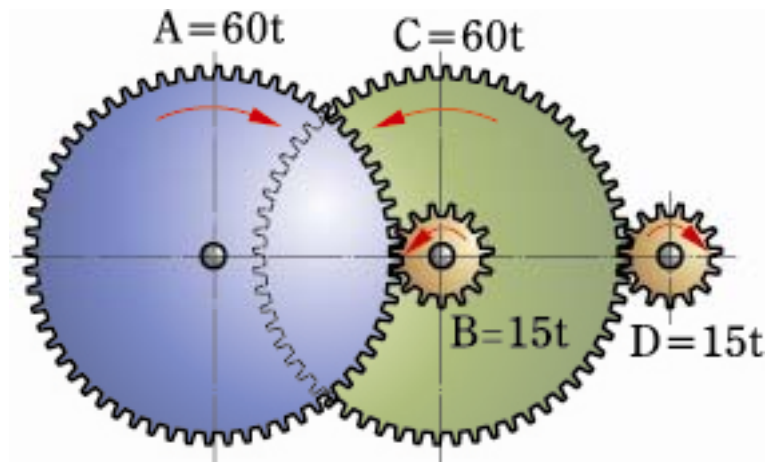


圖 11-7 複式輪系例

輪系之應用(列舉數種常見者如下)

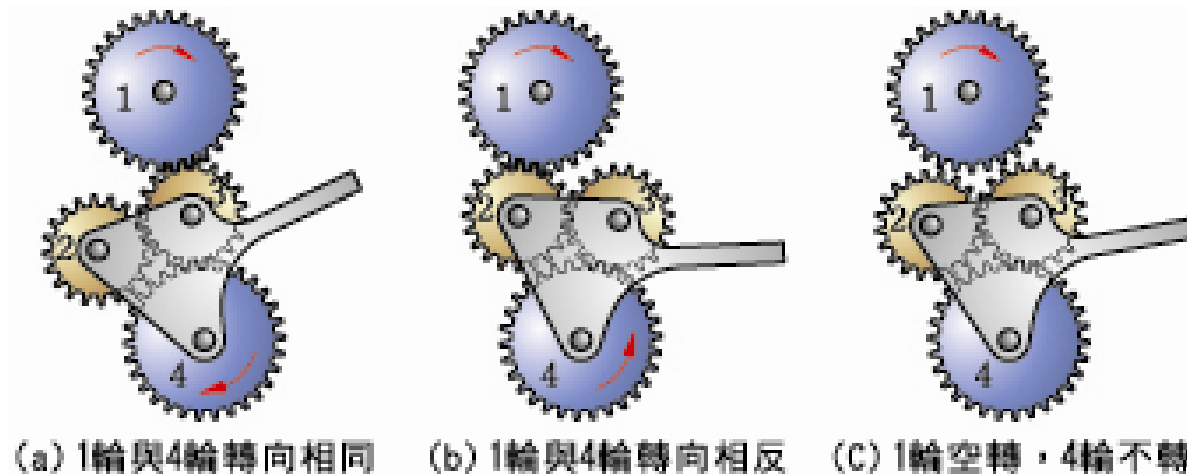
- 一、車床之換向機構
- 圖11 -8即是齒輪換向機構的示意圖，輪1是主動輪，輪4是從動輪，輪2、3是惰輪。圖示是齒輪換向機構的三種操作狀況，圖(a)中1、4兩輪轉向相同，可用來車削右螺紋或右向自動進刀。圖(b)中1、4兩輪轉向相逆，可用來車削左螺紋或左向自動進刀。圖(c)中則因惰輪與1輪未接觸，所以4輪靜止不動，造成1輪空轉，為車床沒有切削螺紋及自動進刀的功能。

接上頁

- 車床之換向機構，主軸齒輪1與柱形齒輪4，齒數相同，故輪系值為

$$e = \frac{N_4}{N_1} = \pm \frac{T_1}{T_4} = \pm 1$$

-



-
-

圖11-8 齒輪換向機構



動畫11-8a



動畫11-8b



動畫11-8

二、車床之螺紋切削機構

- 如圖11-9所示為一普通車床之螺紋切削機構。導螺桿(lead screw)旋轉，操作開口螺帽操作桿，使其與導螺桿嚙合，滑座組上之刀架即可左右移動。主軸1與短軸上之柱齒輪4與驅動齒輪(drive gear) 5的轉速相同。車螺紋時只要裝配齒輪5與齒輪7之速比即可。齒輪6之中間齒輪可以是單式或複式輪系。應用在公英制車床上說明如下：



接上頁

- 1.公制車床

- 若為單式輪系，則
- $$\frac{\text{工作物導程}}{\text{導螺桿導程}} = \frac{\text{主動齒輪齒數}}{\text{導螺桿齒輪齒數}} \quad (11-3)$$

- 若為複式輪系，則
- $$\frac{\text{工作物導程}}{\text{導螺桿導程}} = \frac{\text{主動輪齒數的連乘積}}{\text{從動輪齒數的連乘積}} \quad (11-4)$$
-

接上頁

- 2.英制車床

- 若為單式輪系，則

- $$\frac{\text{導螺桿每吋牙數}}{\text{工作物每吋牙數}} = \frac{\text{主動齒輪齒數}}{\text{導螺桿齒輪齒數}} \quad (11-5)$$

- 若為複式輪系，則

- $$\frac{\text{導螺桿每吋牙數}}{\text{工作物每吋牙數}} = \frac{\text{主動輪齒數的連乘積}}{\text{從動輪齒數的連乘積}} \quad (11-6)$$

接上頁

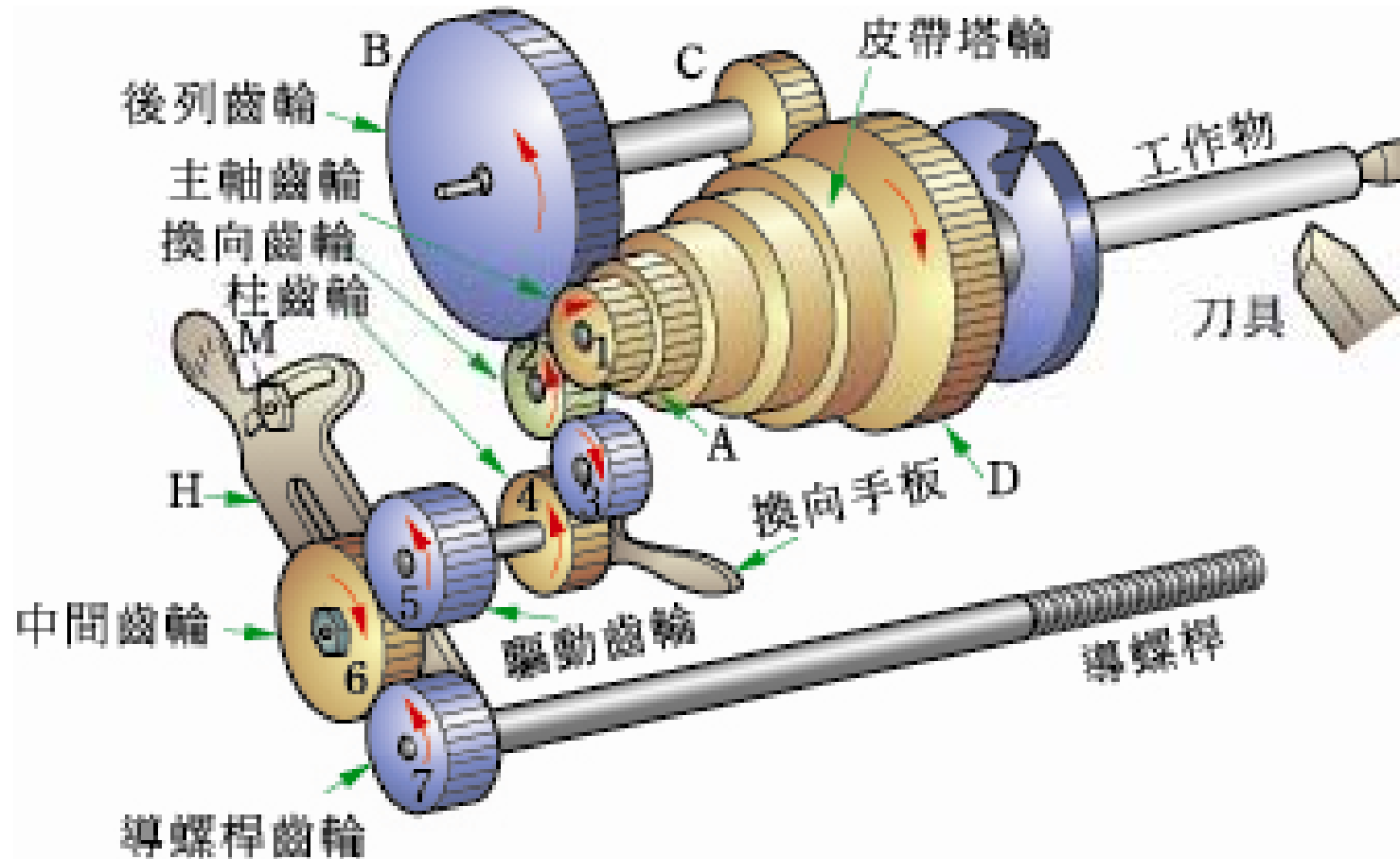


圖11-9 車床輪系



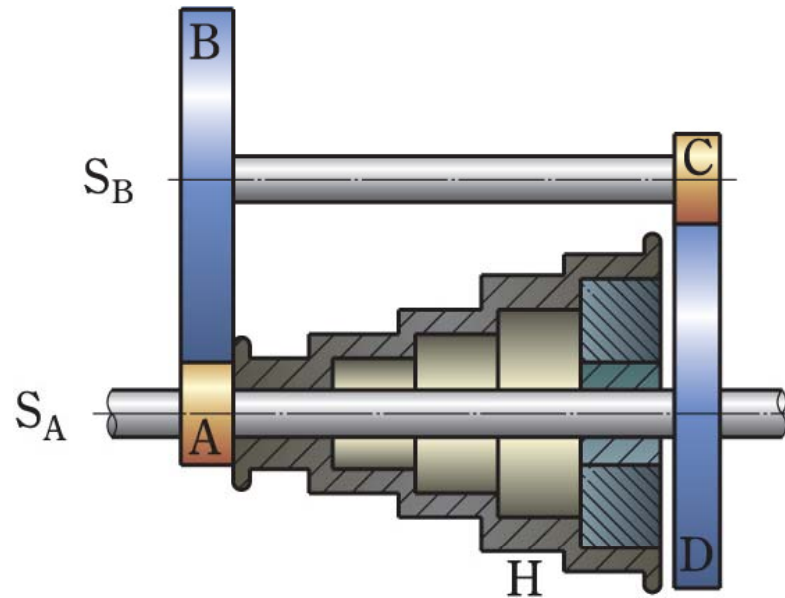
動畫11-9

三、回歸輪系

- 首末兩輪裝置在同一中心線上的複式輪系稱為回歸輪系。如圖11-10所示，首輪A與末輪D套裝在 S_A 軸線上，但並不同時轉動。此種回歸輪系，常用於車床之後列齒輪，又稱車床後列齒輪輪系。應用在車床上是一種減速裝置。當A、C齒輪採21齒，B、D齒輪採用84齒時，則減速為 $\frac{1}{16}$ 倍。回歸輪系之特性：
 - (1) S_A ， S_B 兩軸平行。
 - (2) 兩對齒輪之齒數和相等， $T_A + T_B = T_C + T_D$ 。
 - (3) 一般應用於減速裝置。

接上頁

$$e = \frac{\text{輸出軸迴轉速}}{\text{塔輪迴轉數速}} = \frac{T_A \times T_C}{T_B \times T_D} = \frac{21 \times 21}{84 \times 84} = + \frac{1}{16}$$



動畫11-10

圖11-10 回歸輪系

四、時鐘輪系

- 如圖11-11是一機械式傳動的時鐘輪系，圖中各輪所標示的數字加t，代表傳動機構的齒輪之齒數，例如30t代表該齒輪為30齒。當鐘擺P每秒擺動一次，去回擺動完成一周期為兩秒鐘。與擺P同軸之擒縱器(anchor escapement)O亦隨之擺動，同時傳動擒縱輪(escape wheel)O'，使其每二秒鐘傳動一齒。由於O'輪有30齒，因此A軸轉一周需時1分鐘，亦即與A軸聯動之秒針S，轉一圈亦是60秒。

接上頁

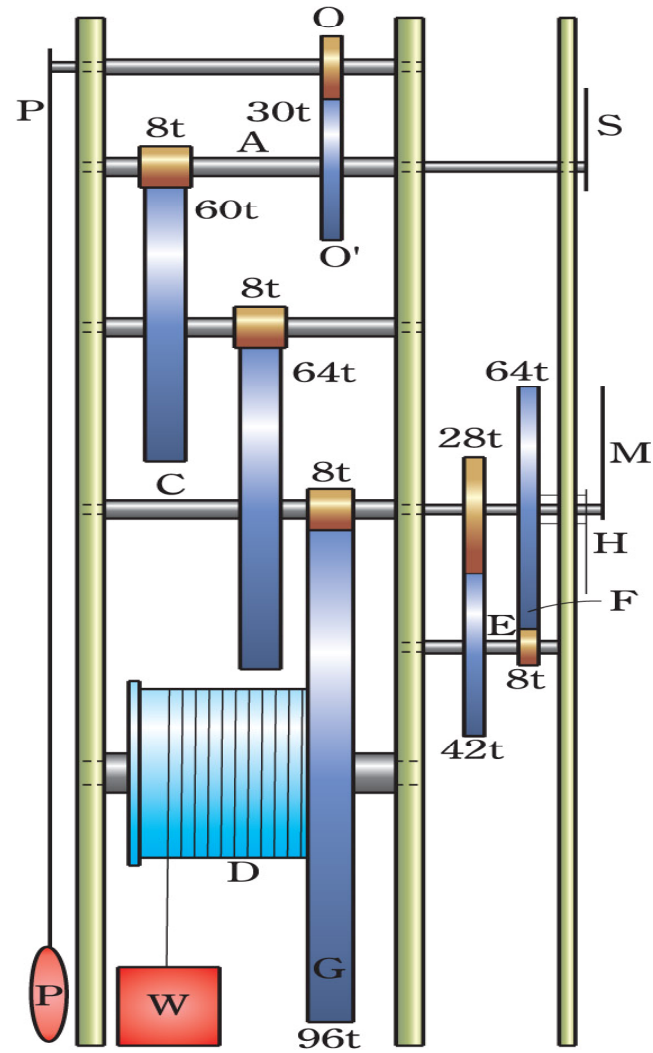


圖11-11時鐘輪系

接上頁

- A軸與C軸 (分針M之軸) 間的輪系值為：

$$e_M = \frac{N_C}{N_A} = \frac{8 \times 8}{60 \times 64} = \frac{1}{60}$$

- 即A軸旋轉60圈C軸轉1圈。因此與C軸聯動之分針M轉1圈需時60分鐘。時針H與F輪一體聯動，套接於C軸上與C軸不聯動可自由轉動，即分針M轉12圈，時針H轉一圈，共費時12小時。則H與M之間的輪系值為：

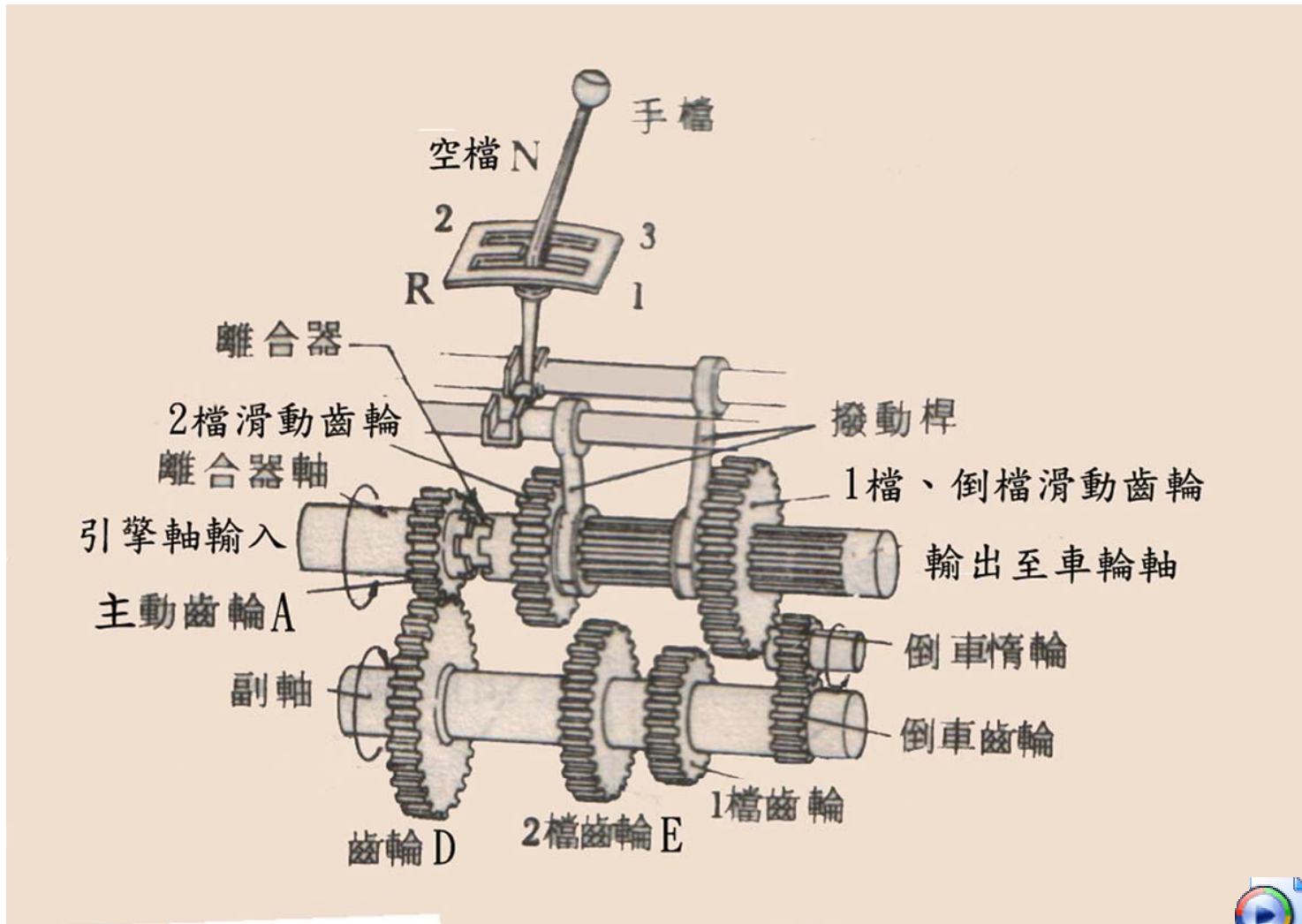
$$e_H = \frac{N_H}{N_M} = \frac{28 \times 8}{42 \times 64} = \frac{1}{12}$$

接上頁

- 鼓輪(drum)D上繞有14圈的繩子，繩子吊重物W，當時針H轉一圈(12小時)，鼓輪D亦轉一圈。因此鼓輪D每七天，上一次鍊即可。當D上鍊時，G輪由棘輪(Rachet)控制，G輪不產生轉動。一般時鐘都以蝸旋扭轉彈簧片代替重物W，作為動力的來源，該彈簧片俗稱發條與錶中之游絲。

五、汽車變速器輪系

- 如圖11-12所示的輪系是汽車四段變速傳動機構輪系，有三段前進速度與一段後退速度，現在圖中所示為空檔位置，即車輛不動，引擎軸空轉。引擎動力傳動齒輪A。齒輪D、E、F、及G皆固定於副軸上，與副軸一起旋轉。倒車惰輪H與倒車齒輪G嚙合。當引擎起動時，上述齒輪A、D、E、F、G、H即隨著轉動。齒輪B及C可沿齒輪軸作軸向滑動，移至適當位置與副軸上的齒輪嚙合，即達變速的目的。



動畫11-12(b)

圖11-12 汽車變速器

接上頁

- 在低速檔(1檔)時，齒輪C向左移與齒輪F嚙合。此時動力的傳遞路徑為：引擎軸輸入 → A → D → F → C → 輸出至車輪軸 其輪系值為：

$$e_F = \frac{T_A}{T_D} \times \frac{T_F}{T_C}$$

- 在中速檔(2檔)時，齒輪B向右移與齒輪E嚙合。此時動力的傳遞路徑為：引擎軸輸入 → A → D → E → B → 輸出至車輪軸其輪系值為：

$$e_E = \frac{T_A}{T_D} \times \frac{T_E}{T_B}$$

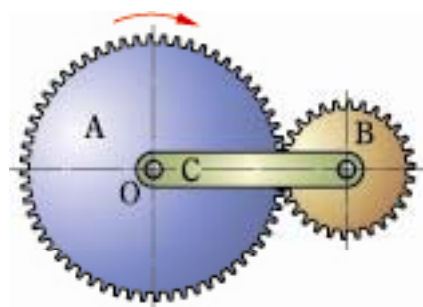
接上頁

- 在高速檔(3檔)時，引擎動力經由離合器直接由引擎軸(齒輪A軸)傳給車輪軸(齒輪B軸)。則提供一個速度比相等的直接驅動。
- 倒車(R檔)時，齒輪C右移與倒車惰輪H嚙合。此時動力的傳遞路徑為：引擎軸輸入 → A → D → G → H → C → 輸出至車輪軸其輪系值為：

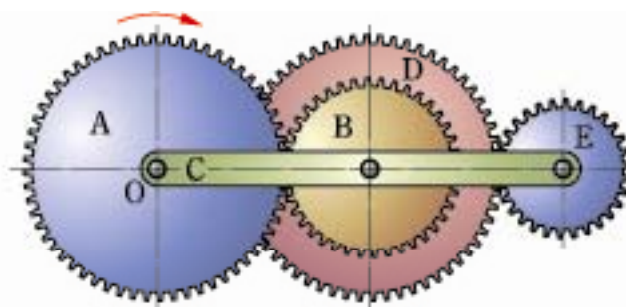
$$e = -\frac{T_A}{T_D} \times \frac{T_G}{T_H} \times \frac{T_H}{T_C}$$

11-4 周轉輪系

- 若在一輪系中有一軸固定，其他各軸都圍繞著此固定軸旋轉者，稱為周轉輪系(epicyclic train)。周轉輪系可分為單式周轉輪系及複式周轉輪系。如圖11-13 (a)所示，齒輪A之軸O為固定齒輪軸，旋臂(turning arm)C帶著齒輪B以O為軸心繞著轉動，稱為單式周轉輪系。如圖11-13(b)所示為複式周轉輪系。



(a)單式周轉輪系



(b)複式周轉輪系



動畫11-13(a)



動畫11-13(b)

圖11-13周轉輪系

接上頁

- 設： N_C ：為旋臂轉速， N_B ：為B齒輪轉速，
- N_{BC} 為B齒輪對C旋臂的相對轉速
- 如圖11-14所示，旋臂C樞接在固定中心O點上，齒輪B固定在旋臂C，當旋臂C繞樞軸O以順時鐘方向旋轉一圈時，雖然齒輪B相對於旋臂C不作旋轉，但齒輪B欲隨旋臂C順時鐘方向旋轉一圈(箭頭掃過 360°)。亦即
- $N_C = +1 \quad N_B = N_C = +1$
- $N_{BC} = N_B - N_C = 1 - 1 = 0$
- $N_{BC} = N_B - N_C \quad (11-7)$

接上頁

- N_B 及 N_C 之轉速為絕對轉速； N_{BC} 為相對轉速。絕對轉速乃指該輪對固定軸之迴轉速，相對轉速乃指該輪對旋臂之迴轉速，通常轉向是順時針方向者為正，以「+」表示。逆時針方向者為負，以「-」表示。

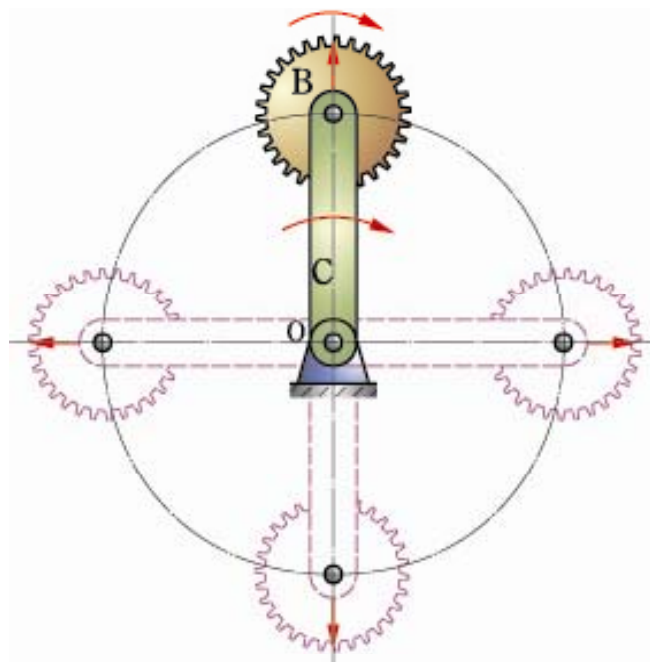


圖11-14周轉輪系

周轉輪系之輪系值

- 又如圖11-13(a)周轉輪系所示，齒輪B對旋臂C的相對轉速為： $N_{BC} = N_B - N_C$ ——(1)
- 齒輪A對旋臂C的相對轉速為：
- $N_{AC} = N_A - N_C$ ——(2)
- (1)式及(2)中之 N_{BC} 、 N_{AC} ，為齒輪B、A對旋臂C之相對轉速。如A齒輪為主動輪，B齒輪為從動輪，兩輪對旋臂C而言(視為定心輪系)之輪系值為，此即為周轉輪系之輪系值。
- 周轉輪系之輪系值
$$e = \frac{N_{BC}}{N_{AC}} = \frac{N_B - N_C}{N_A - N_C} \quad (11-8)$$
- (11-8)式中e為各輪系中之定心輪系值。

接上頁

- 周轉輪系之輪系值，一般以正負號表示首輪與末輪之轉向是否相同。當首、末輪之轉向相同時為正“+”號，相反時為負“-”號。

- 單式周轉輪系：

$$e = \frac{\text{末輪之絕對轉速} - \text{旋臂轉速}}{\text{首輪之絕對轉速} - \text{旋臂轉速}} = (\pm) \frac{\text{首輪齒數}}{\text{末輪齒數}}$$

- 複式周轉輪系：

$$e = \frac{\text{末輪之絕對轉速} - \text{旋臂轉速}}{\text{首輪之絕對轉速} - \text{旋臂轉速}} = (\pm) \frac{\text{各主動輪齒數連乘積}}{\text{各從動輪齒數連乘積}}$$

接上頁

- 解決周轉輪系問題的方法有計算法及列表法二種，舉例說明如下：
- [例7] 如圖11-15所示，若A齒輪為60齒，逆時針迴轉3圈($n_A = -3$)，B齒輪為30齒，旋臂C順時針迴轉2圈($n_C = +2$)，試求B輪之轉速為若干？
- [解]：(1)計算法 $T_A = 60$ $T_B = 30$ $N_A = -3$ $N_C = +2$
- $$e = \frac{N_B - N_C}{N_A - N_C} = -\frac{T_A}{T_B}$$
- 依12-8式
- $$e = \frac{N_B - (+2)}{-3 - (+2)} = -\frac{60}{30} = -2$$
- 得 (首、末輪之轉向相反)
- $$N_B = (-2)(-5) + 2 = +12$$

接上頁

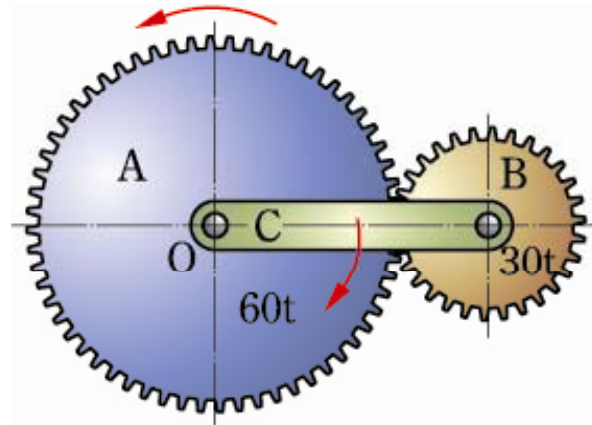


圖 11-15 周轉輪系例

機件轉速別 項目(2)圖表法	N_A	N_B	N_C
各輪固定於旋臂上	+2	+2	+2
旋臂固定不動	-5	$(-1)(-5) \times \frac{60}{30} = +10$	0
各機件之轉速	-3	+12	+2

接上頁

- 說明：
- (1)各輪固定於旋臂上，即各軸之轉速與旋臂之轉速相同。 $N_C = +2$ ，A、B兩輪與旋臂無相對運動， $N_A = +2$ 、 $N_B = +2$ 。
- (2)旋臂固定不動， $N_C = 0$ ，則各輪均設定為定心輪， $N_A = (-3) - (+2) = -5$ ，
- $$N_B = (-5) \times e = (-5) \times \left(-\frac{60}{30}\right) = +10$$
- (3)各機件之最終轉速等於(1)+(2)之代數和，也是各機件實際轉速 $N_B = +12$ 。

[例8]

- 如圖11-16所示，A齒輪軸為共轉中心，A齒輪為主動輪。 $N_A = +3$ 、 $N_C = -2$ ，A、B、D各齒輪的齒數分別為60、20、30齒，求B及D各齒輪之轉速為若干？

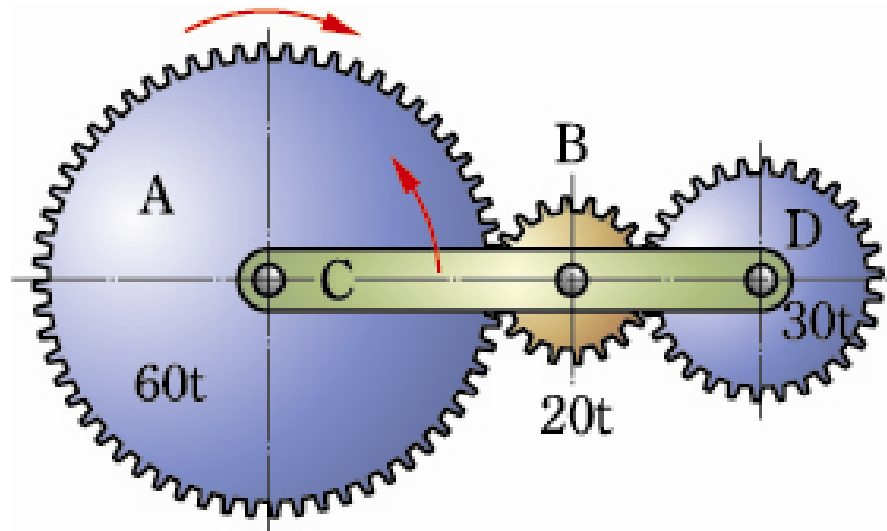


圖11-16周轉輪系例

接上頁

- [解]：(1)計算法

- $T_A = 60 \quad T_B = 20 \quad T_D = 30 \quad N_A = +3 \quad N_C = -2$

- 求 $N_B = ? \quad N_D = ?$

- 依11-8式 $e = \frac{N_B - N_C}{N_A - N_C}$

- 得 $e = \frac{N_B - (-2)}{(+3) - (-2)} = -\frac{60}{20} = -3 \quad N_B = -17$

- $e = \frac{N_D - (-2)}{(+3) - (-2)} = +\frac{60}{30} = +2 \quad N_D = +8$

-

接上頁

■ (2)圖表法

機件轉速別 項目	N_A	N_B	N_D	N_C
各輪固定於旋臂上	-2	-2	-2	-2
旋臂固定不動	+5	$(-1)(+5) \times \frac{60}{20} = -15$	$(-1)(-15) \times \frac{20}{30} = +10$	0
各機件之轉速	+3	-17	+8	-2

[例9]

- 如圖11-17所示，為含有內齒輪之複式周轉輪系，A齒輪為共轉中心，當主動A齒輪 $N_A = +200$ ，D齒輪 $N_D = -20$ ，問旋臂的轉速 N_C 及B齒輪之轉速 N_B 各為若干？(齒數 $T_A = 20t$ $T_B = 30t$ $T_D = 90t$ $T_E = 15t$)

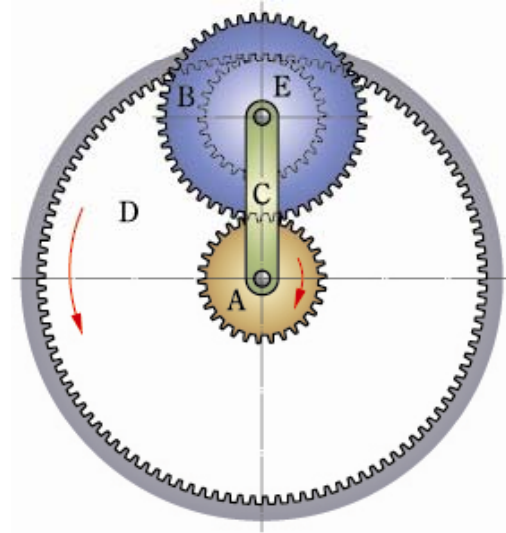


圖11-17周轉輪系例

接上頁

- [解]：(1)計算法

- $T_A = 20t$, $T_B = 30t$, $T_D = 90t$, $T_E = 15t$,
 $N_A = +200$, $N_D = -20$

- 依11-8式 $e = \frac{N_D - N_C}{N_A - N_C}$

- $$e = \frac{(-20) - N_C}{+200 - N_C} = -\frac{20 \times 15}{30 \times 90} = -\frac{1}{9} \quad N_C = +2$$

- $$e = \frac{N_B - N_C}{N_A - N_C} = \frac{N_B - 2}{+200 - 2} = -\frac{20}{30} = -\frac{2}{3}$$

$$N_B = N_E = -130$$

接上頁

■ (2)圖表法

機件轉速別	N_A	$N_B (N_E)$	N_D	N_C
項目				
各輪固定於旋臂上	X	X	X	X
旋臂固定不動	Y	$(-1)Y \times \frac{20}{30}$	$(-1)Y \times \frac{20}{30} \times \frac{15}{90}$	0
各機件之轉速	+200	?	-20	X

■ 說明：(1)在 N_A 下， $X + Y = +200$ (1)

■ (2)在 N_D 下， $X + (-Y \times \frac{20}{30} \times \frac{15}{90}) = -20$ (2)

接上頁

- 解(1)(2)兩式， $X - (200 - X) \times \frac{20}{30} \times \frac{15}{90} = -20$
- $X - \frac{200}{9} + \frac{X}{9} = -20$ 得 $X = +2$

■機件轉速別 項目	N_A	$N_B (N_E)$	N_D	N_C
各輪固定於旋臂 上	+2	+2	+2	+2
旋臂固定不動	+198	$(-1) \times 198 \times \frac{20}{30}$ = -132	$(-1) \times 198 \times \frac{20}{30} \times \frac{15}{90}$ = -22	0
各機件之最後轉 速	+200	-130	-20	+2

11-5、周轉輪系的應用

- 一、三重滑車組
- 如圖11-18所示為三重滑車組(triplex pulley block)的構造圖

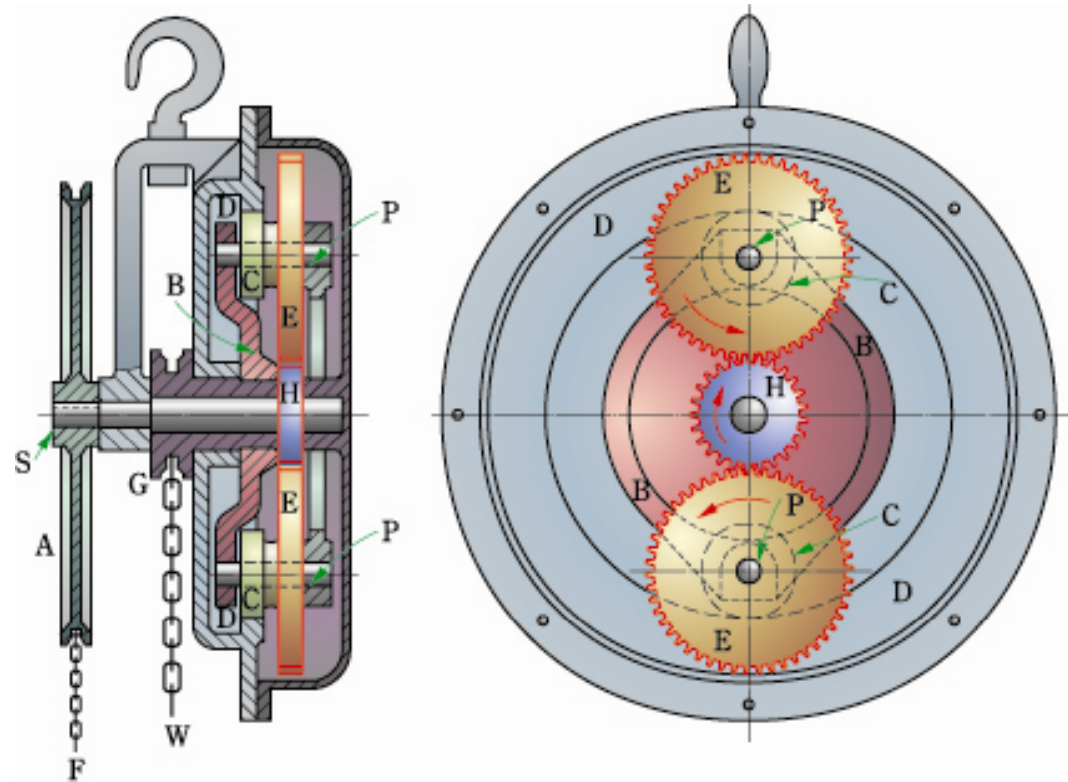


圖11-18三重滑車組

接上頁

- 圖中S為主軸，A為鏈輪鍵於S軸上，以F力可吊起重物W。主軸S上有一齒輪H，與齒輪E相互嚙合。齒輪E以軸銷P (旋臂B上)為中心旋轉。其傳動順序如下：起重鏈輪A → 主軸S → 齒輪H → 齒輪E (齒輪E與C為一體) 齒輪E → 齒輪C → 內齒輪D (內齒輪D為外殼固定不動)。齒輪C → 旋臂B → 鏈輪G → 吊起重物W。
- N_A 為主動鏈輪A的轉速 N_D 為內齒輪D的轉速
- N_G 鏈輪G的轉速 N_H 為齒輪H的轉速
- N_B 為旋臂B的轉速

接上頁

$$e = \frac{N_D - N_B}{N_H - N_B}$$

- T_H 、 T_C 、 T_E 、 T_D 分別為齒輪H、E、C、D的齒數。
因 $N_A = N_H$ ， $N_D = 0$ ， $N_B = N_G$

- $$e = \frac{N_D - N_B}{N_H - N_B}$$

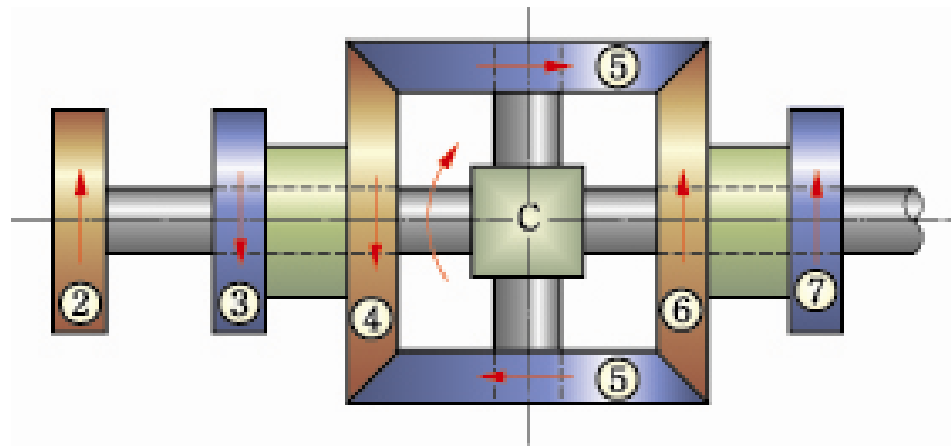
$$e = \frac{N_D - N_G}{N_A - N_G} = \frac{-N_G}{N_A - N_G}$$

- 即
$$e = -\frac{N_G}{N_A - N_G} = -\frac{T_H \times T_C}{T_E \times T_D}$$

(11-9)

二、斜齒輪周轉輪系

- 如圖11-19所示，周轉輪系中含有斜齒輪者，稱為斜齒輪周轉輪系。圖中所示輪4與輪6為大小相同的兩斜齒輪，輪5為大小相同的兩個惰輪(斜齒輪)，C為十字軸具有旋臂之功能。齒輪3與4為一體，6與7為一體，並分別繞著齒輪2之軸迴轉，同時齒輪3、4、5、6、7均可在十字軸上自由迴轉。



動畫11-19

圖11-19斜齒輪周轉輪系

接上頁

- 假如使齒輪2固定而使齒輪3迴轉，則斜齒輪4與斜齒輪6以相同迴轉數及相反的方向迴轉，如圖中齒輪3、7箭頭所示之方向。假如使齒輪2及3均可迴轉，則斜齒輪6的迴轉數會受齒輪2及齒輪3兩者之影響，即成爲周轉輪系。惰輪5一個已足夠傳動，但爲了運動平衡，通常均用兩個惰輪。
- 設齒輪2的迴轉方向箭頭向上爲正(+)，齒輪3的迴轉方向箭頭向下爲負(-)。通常斜齒輪4與斜齒輪6的齒數必相等，故其輪系值爲-1。

[例10]

- 如圖11-19所示之斜齒輪周轉輪系，設軸2的迴轉速為(+5)次，輪3的迴轉速為(-2)次，試求輪7的迴轉速為若干？

- [解]：(一)計算法

- $$N_c = N_2 = +5 \quad N_3 = -2 \quad e = -1$$

- $$e = \frac{N_7 - N_c}{N_3 - N_c} = -1 \quad \frac{N_7 - (+5)}{(-2) - (+5)} = -1 \quad \therefore N_7 = +12$$

接上頁

■ (二)圖表法

機件轉速別 項 目	$N_3 (N_4)$	$N_7 (N_6)$	$N_c (N_2)$
各輪固定於 旋臂上	+5	+5	+5
旋臂固定不 動	$(-2) - (+5) = -7$	$(-1)(-7) = +7$	0
各機件之轉 速	-2	+12	+5

三、汽車差速器輪系

- 如圖11-20所示為汽車差速器輪系，圖中斜齒輪4、6之大小相等。其輪系值為 -1 。當動力由驅動軸轉動時，經由斜齒輪帶動環齒輪，而固定於環齒輪上的臂亦隨之轉動，再由5斜齒輪帶動4與6兩個斜齒輪，再傳達至右軸及左軸。
- 汽車若直線前進，4、5、6斜齒輪成爲一體沒有相對運動，則動力均衡的輸入左軸及右軸，兩軸之轉速相同。汽車若向左轉，此時左軸減速，則右軸加速，即可左轉。同理可知，汽車向右轉，右軸減速，則左軸加速。如果左軸之速度爲0，即固定不轉時，右軸的轉速會增加至二倍，即輪系值爲 $+2$ ，即得快速左彎。如下表所示：

接上頁

件轉數別 項 目	N_4 (左軸)	N_6 (右軸)	N_5 (臂)
各輪固定於旋 臂上	+1	+1	+1
旋臂固定不動	-1	$(-1)(-1) = +1$	0
各機件之轉數	0	+2	+1

- 臂轉1圈：當 $N_4 = 0$ 時 $N_6 = +2$ 快速左彎。
- 當 $N_6 = 0$ 時 $N_4 = +2$ 快速右彎。
- $$N_4 + N_6 = 2 N_5 \quad (11-11)$$

接上頁

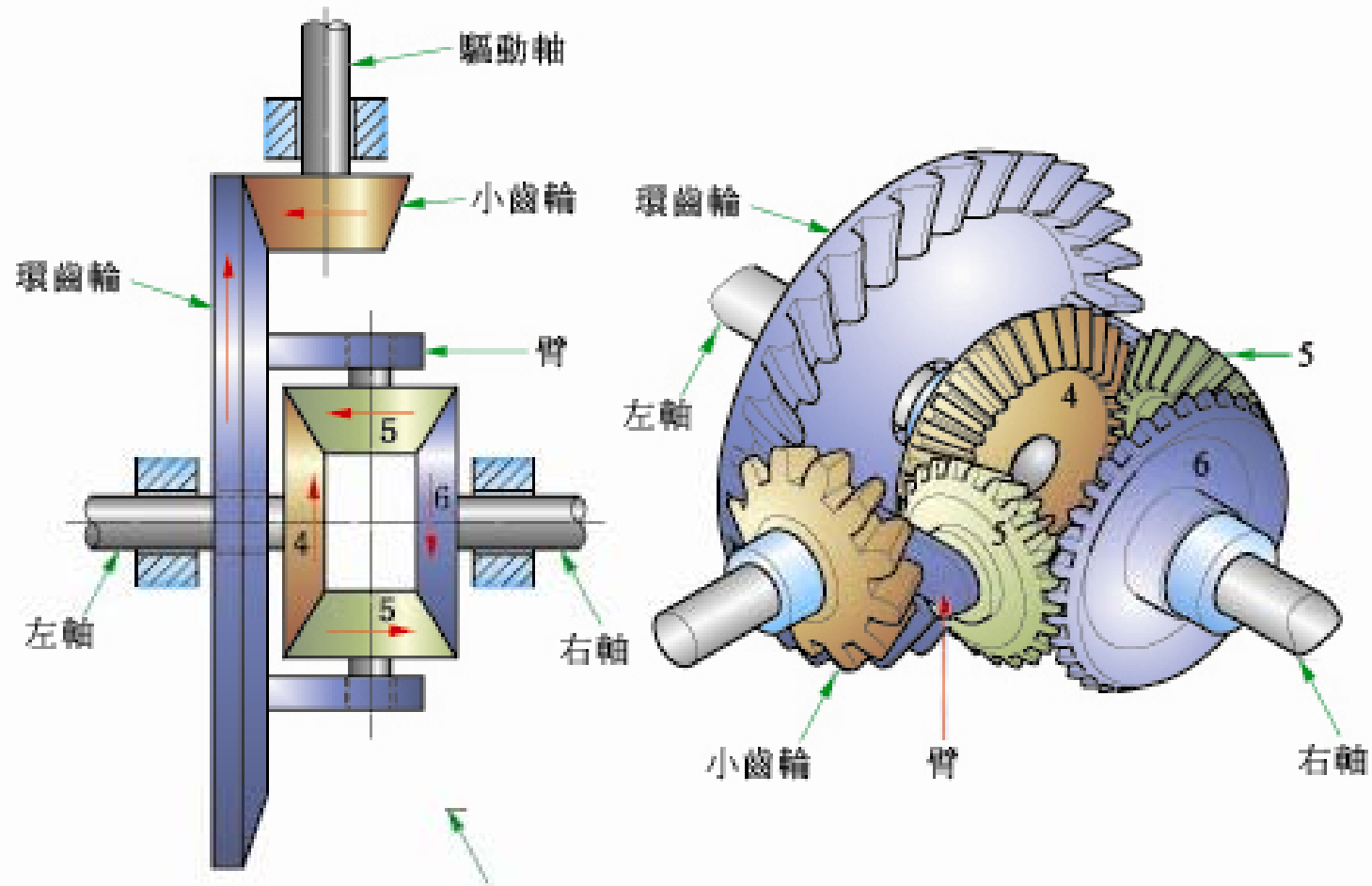


圖11-20差速器



動畫11-20

四、太陽行星輪系

- 如圖11-21所示為太陽行星輪系。B為引擎軸，齒輪2固定在引擎軸B上，一起旋轉。齒輪3固定在連桿4的一端，兩者視為一體。齒輪3之軸心在固定槽G內繞行。齒輪2與齒輪3之連心線BC，可視為旋臂m。設齒輪2與齒輪3之齒數相等，則其輪系值

- $e = -1$ 。

- 輪系值
$$e = \frac{N_3 - N_m}{N_2 - N_m} = -1 \quad (11-12)$$



接上頁

- 連桿4的另一端與活塞連接。當活塞往復一次時，連桿4帶動齒輪3在固定槽G內繞行一周，既 $N_m = 1$ 。齒輪3固定在連桿4上，齒輪3不轉動，故 $N_3 = 0$ 。代入(11-12)式，可求得 $N_2 = +2$ ，既齒輪2及引擎軸迴轉2次。

- $$N_4 = N_3 = 0 \quad N_m = 1 \quad e = -1$$
$$e = \frac{N_3 - N_m}{N_2 - N_m} = \frac{0 - 1}{N_2 - 1} = -1 \quad \therefore$$

- $$N_2 = +2$$

接上頁

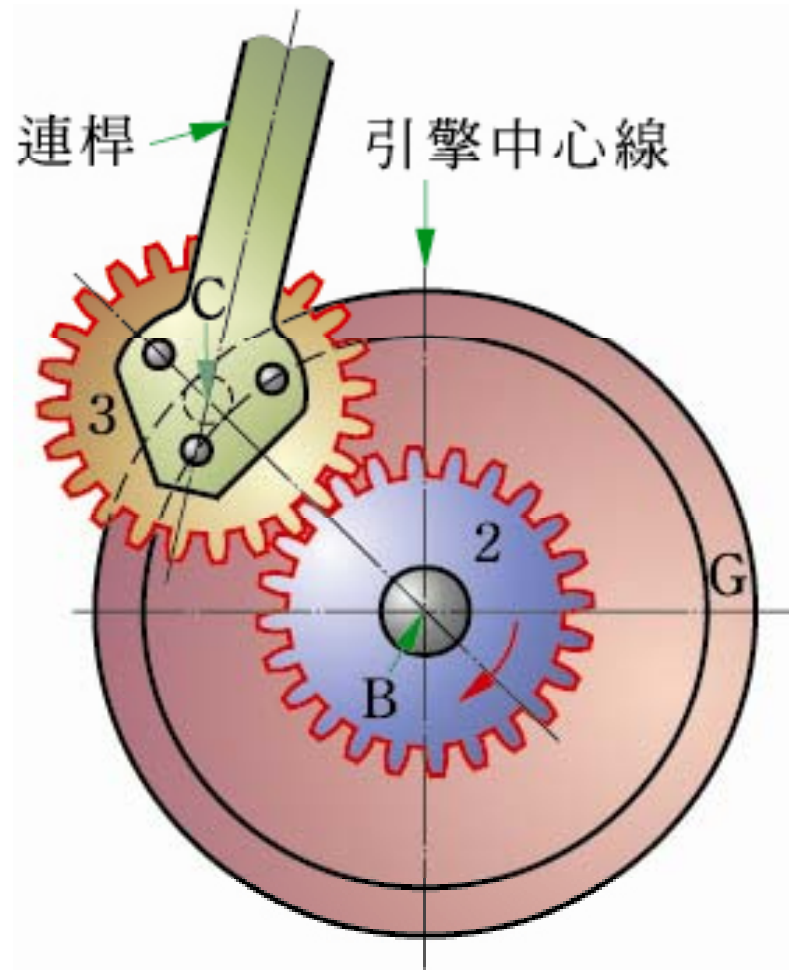


圖11-21 太陽行星輪系



動畫11-21