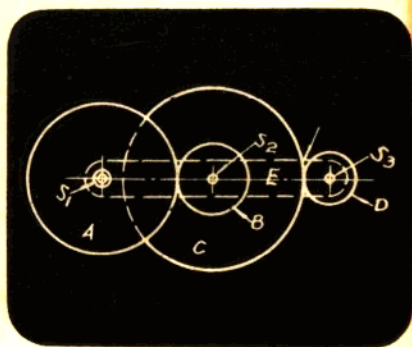


侯正志編著

周 轉 輪 系



機械工業出版社

編著者：侯正志

書號 01026 (工業技術)

1955年11月第一版 1955年11月第一版第一次印刷

787×1092¹/₃₂ 字數 28 千字 印張 1¹/₄ 0,001— 5,000 冊

機械工業出版社(北京東交民巷 27 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可證出字第 008 號 定價(7) 0.17 元

出版者的話

祖國正在進行着大規模的經濟建設，大量的新工人將要不斷地參加到工業建設中來，同時現有的技術工人，由於在舊社會沒有學習的機會，經驗雖豐富，但理論水平較低。爲了使新工人能夠很快地掌握技術的基本知識，並使現有工人也能把實際經驗提高到理論上來，因此，我們出版了「機械工人活葉學習材料」。

這套活葉學習材料是以機器工廠裏的鑄、鍛、車、鉗、銑、鉋、熱處理、鉗、鉗等工種的工人爲對象的。每一小冊只講一個具體的題目，根據八級工資制各工種各級工人所應知應會的技術知識範圍，分成程度不同的「活葉」出版。

周轉輪系在傳動機構中應用得很廣泛，各種機床的傳動機構和汽車、飛機的變速和分速機構中都要用周轉輪系。工人常把周轉輪系和一般的齒輪傳動混在一起，所以常發生計算錯誤或者算不出來的情况。本書首先介紹什麼是周轉輪系，然後着重說明決定周轉輪系的迴轉方向和計算迴轉速度的方法，最後分別敘述各種周轉輪系，並舉出周轉輪系的應用實例。本書可作三、四級機工讀物。

目 次

一 什麼叫做周轉輪系·····	4
二 怎樣決定周轉輪系中齒輪的迴轉方向和速度·····	6
三 絕對迴轉速度的逐步計算方法·····	8
1 怎樣看得出齒輪迴轉一周——2 齒輪裝置在系桿上跟隨着系桿 迴轉一周——3 簡單的計算例子——4 迴轉速度比——5 一個實 際計算的例子——6 逐步計算方法的簡單總結	
四 絕對迴轉速度的列表計算方法·····	16
五 絕對迴轉速度的應用公式計算方法·····	19
六 矛盾周轉輪系·····	21
七 太陽與行星周轉輪系·····	22
八 復原周轉輪系·····	23
九 內齒輪周轉輪系·····	25
十 多齒輪的內齒輪周轉輪系·····	27
十一 手搖起重機·····	29
十二 三級起重機·····	31
十三 斜齒輪周轉輪系·····	33
十四 汽車的分速傳動機構·····	34
十五 斜齒輪周轉輪系在無級變速機構中的應用·····	36
1 水輪調節器——2 金屬切削機床中所應用的摩擦與差動組合式 的無級變速機構	

周轉輪系在傳動機構裏普遍應用着，尤其是在比較準確、複雜和減速極大的傳動機構中，它的應用價值就更高了。在金屬切削機床中，有很多傳動機構是應用周轉輪系的，例如銑床、滾齒機、鏜床、磨床、多刀半自動機床，以及自動機床等等。在手動起重機、手握風動工具以及在汽車、飛機的變速和分速機構中，都應用了周轉輪系。由此，我們就可以知道周轉輪系的應用是非常廣泛的了。

周轉輪系它除了能够將一根軸的迴轉運動，傳達到另一根軸上去以外，還有一般輪系所不能達到的特殊功用：

1. 我們要使從動輪和原動輪，能够達到準確的和複雜的迴轉速度比在一般輪系的傳動機構中，是不容易實現的，必須應用周轉輪系。

2. 我們要將原動輪的很快的迴轉速度，減低成為從動輪的很慢的迴轉速度，用一般輪系傳動機構，要用很多的齒輪，機構組織很複雜，所佔的地位也很大。用周轉輪系就可以很簡單的達到目的。

3. 在金屬切削機床中，或是在其他機械裝置中，有兩個電動機同時工作，或是順序工作，爲了能够得到慢速迴轉運動和快速迴轉運動，必須應用周轉輪系。

4. 在無級變速機構中，例如錐形皮帶輪傳動機構和摩擦盤傳動機構等。若是應用了周轉輪系，就能够擴大了無級變速機構的調整範圍。

機械工人在日常工作中，是常常看到、摸到、和使用到周轉輪系的。如果我們不特別注意的話，就會誤認為是一般齒輪的傳動機構了。我們若是拿一般輪系的計算方法，來計算周轉輪系中各個齒

輪的迴轉速度的話，那麼我們一定不是計算錯了，就是計算不出來。計算周轉輪系中各個齒輪的迴轉速度和弄清楚它們的迴轉方向，比較一般輪系的計算方法是要複雜一些。但是只要我們能够細心研究，弄明白計算的方法和步驟，我們就可以很快的掌握了周轉輪系的傳動規律，也就可以很快的計算出周轉輪系中任何一個齒輪的迴轉速度和決定它的迴轉方向了。

一 什麼叫做周轉輪系

兩個以上的齒輪，不管它們是什麼齒輪，它們一個接着一個的互相咬合着，一連串的裝置起來，把一根軸的迴轉運動，傳達到另一根軸上去。這種傳動機構，我們就叫做輪系。周轉輪系是輪系中的一種，它還可以分成很多種，例如正齒輪周轉輪系、內齒輪周轉輪系、斜齒輪周轉輪系等等。

一般輪系的裏面，每一個齒輪，都是可以單獨地繞着本身的軸作迴轉運動，而沒有繞着其他的軸產生第二種迴轉運動。但是在周轉輪系裏面，齒輪的迴轉運動就不是這樣的單純了。在周轉輪系中，有一部分齒輪的軸，用一根桿或者其他形式的機件，把它們聯合在一起。這一根桿或者其他形式的機件，我們叫做系桿（或者叫做轉臂）。在系桿上裝置着一個齒輪或者幾個齒輪，這些齒輪，我們叫做周轉齒輪（或者叫做行星齒輪）。這些周轉齒輪可以跟隨着系桿繞着一根中心軸和系桿一同作迴轉運動。周轉齒輪不但可以跟隨着系桿迴轉，而且自己還可以繞着本身的軸迴轉。在中心軸上裝置的齒輪，我們叫做中心齒輪（或者叫做太陽齒輪）。周轉齒輪和中心齒輪之間，是一個接着一個的互相咬合着，所以當系桿繞着中心軸迴轉運動的時候，周轉齒輪一方面跟隨着系桿繞着中心軸迴轉，另一方面，因為它和中心齒輪互相咬合着，所以受中心齒輪的作

用，又繞着自己本身的軸迴轉。因此，在周轉輪系中的周轉齒輪，發生雙重的迴轉運動。這就與一般輪系中的齒輪只繞着自己本身的軸作單純的迴轉運動，是不同的了。

圖 1 是一種最簡單的周轉輪系，由一根系桿 E ，一個中心齒輪

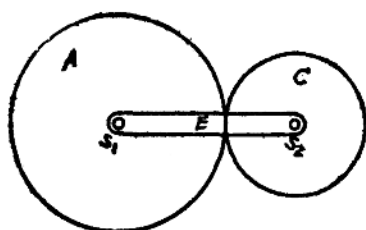


圖 1 簡單的周轉輪系。

A ，和一個周轉輪系所組合成功的。軸 S_1 是中心軸，中心齒輪 A 裝置在 S_1 上。軸 S_2 是周轉軸，它裝置在系桿 E 上。周轉齒輪 C 裝置在 S_2 上， C 和 A 互相咬合着。 C 不但可以跟隨着 E 繞着 S_1 一同作迴轉運動，而

且因為和 A 互相咬合着，受到 A 的作用，還可以繞着自己本身的軸 S_2 作迴轉運動。因此，我們很明顯的看得出， C 有雙重的迴轉運動了。

圖 2 是一根系桿 E ，一個中心齒輪 A ，和兩個周轉齒輪 B 和 C 組合成功的。軸 S_1 是中心軸，中心齒輪 A 和系桿 E 都是裝置在 S_1 上。軸 S_2 和軸 S_3 都是周轉軸，它們都是裝置在 E 上， B 和 C 不但可以跟隨着 E ，繞着 S_1

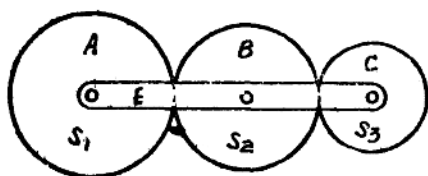


圖 2 有兩個周轉齒輪的周轉輪系。

和 E 一同作迴轉運動。而且還受到 A 的作用，使它們各繞着自己本身的軸 (S_2 及 S_3) 迴轉。我們也可以很明顯的看得出， B 和 C 是有雙重的迴轉運動。

圖 3 也是一種周轉輪系，是由一根系桿 E ，一個中心齒輪 A ，和三個周轉齒輪 B 、 C 及 D 所組合成功的。軸 S_1 是中心軸，中心齒

輪 A 和系桿 E 都是裝置在 S_1 上。軸 S_2 和軸 S_3 都是周轉軸，它們都是裝置在 E 上，而由 E 聯合在一起。 B 和 C 都是裝置在 S_2 上， D 裝置在 S_3 上。 B 和 A 互相咬合着， D 和 C 互相咬合着。如果 A 繞着 S_1 迴轉，它的迴轉速度是每分鐘 m 周。 E 也是繞着 S_1 迴轉，它的迴轉速度是每分鐘迴轉 α 周。 B 和 C 一同繞着 S_2 迴轉，它們的迴轉速度是相同的。 D 繞着 S_3 迴轉。當 E 繞着 S_1 迴轉的時候， B 一方面跟隨着 E ，繞着 S_1 迴轉，另一方面，受到 A 的作用，又繞着 S_2 迴轉，這就使 B 作雙重迴轉了。 C 和 B 一樣也作相同的雙重迴轉。 D 間接受到 A 的作用，繞着 S_3 迴轉。同時 D 跟着 E ，一同繞着 S_1 迴轉，所以 D 也是作一種雙重迴轉。這種雙重迴轉，使 D 的迴轉速度為每分鐘 n 周。假定 E 固定不轉的話，那麼圖 3 就成為一般輪系了。在這種輪系裏面， A 是

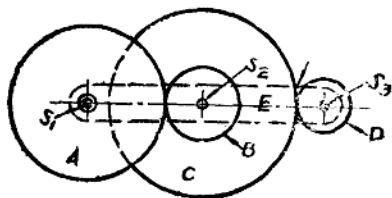


圖 3 有三個周轉齒輪的周轉輪系。

第一個齒輪， D 是最末一個齒輪， B 和 C 是一對中間齒輪（或者叫做惰輪）。在這個時候， D 對於 A 的迴轉速度比（有的時候，我

們叫做輪系的值）為 e 。我們要特別注意這一點，就是 m 、 α 、 e 和 n 這幾個數值的中間，一定有適當的數值關係的。我們仔細研究以下各節的內容，就會漸漸的明白它們中間的數值關係了。

二 怎樣決定周轉輪系中齒輪的迴轉方向和速度

我們常見的機械，最普通的有兩種運動。一種叫做直線運動，例如龍門鉋床的工作台（我們通常叫做床面子），牛頭鉋床的床頭，都是作一種往復的直線運動。另一種叫做迴轉運動，例如車床的卡

盤、正在工作中的銑刀、鑽頭和砂輪，以及各種機床上所有的皮帶輪和齒輪等，都是迴轉運動。

在傳動機構中，絕大多數的機件，都是作迴轉運動的。在周轉輪系中的各個齒輪和系桿，也都是作迴轉運動的。因此，澈底了解迴轉運動是非常必要的了。首先我們要弄明白迴轉方向是怎樣決定的。迴轉方向有兩種，就是正轉和反轉。要想決定齒輪或者其他的機件，在迴轉運動中是正轉，或者是反轉，我們一定要拿出一個標準來。這個標準是以時針的迴轉方向為標準的，迴轉方向和時針的迴轉方向相同，我們就叫做正轉用 $(+)$ 號表示。若是和時針的迴轉方向相反，我們就叫做反轉用 $(-)$ 號表示。譬如說迴轉速度是 $(+5)$ ，那麼我們就知道迴轉方向，是和時針的迴轉方向相同，轉動了5周。又譬如說迴轉速度是 (-13) ，那麼我們就知道迴轉方向，是和時針的迴轉方向相反，轉動13周。平常我們在正轉的迴轉速度的數值前面，可以省去不必加註正號 $(+)$ ，但是在反轉的迴轉速度的數值前面，一定要加註一個負號 $(-)$ ，絕對不能省去不寫的。

迴轉速度就是在單位時間內，迴轉的周數。這裏所指的單位時間，是以1分鐘的時間為單位。迴轉速度等於 $(+5)$ ，就是和時針的迴轉方向相同，每分鐘的時間轉動5周。迴轉速度等於 (-13) ，就是和時針的迴轉方向相反，每分鐘的時間轉動13周。

前面已經說過，在周轉輪系當中，周轉齒輪有雙重的迴轉運動，所以它有雙重的迴轉速度。如果我們把周轉輪系中的中心軸，固定裝置在機架上。其中的任何一個齒輪，對於機架來說，所產生的迴轉速度，我們叫做「絕對迴轉速度」。若是單純的僅僅看繞着自己本身的軸，所產生的迴轉速度，也就是對於系桿來說，所產生的迴轉速度，我們叫做「相對迴轉速度」。我們需要特別注意：相對迴轉速度，不是一種迴轉速度的比值，而是一種迴轉速度的差值。

這裏我們舉一個簡單的例子來說明；例如圖 3 中的中心齒輪 A 的迴轉速度，為每分鐘 50 周，它的迴轉方向和時針的迴轉方向相同，同時系桿 E 的迴轉速度，為每分鐘 30 周，它的迴轉方向也和時針的迴轉方向相同。這樣看來， A 對於 E 的相對迴轉速度應當等於 $50 - 30 = 20$ 也就是 A 對於 E 的相對迴轉速度等於順着時針的迴轉方向每分鐘 20 周。如果系桿 E 的迴轉方向和時針的迴轉方向相反的話，那麼 A 對於 E 的相對迴轉速度，就應當等於 $50 - (-30) = 80$ ，也就是 A 對於 E 的相對迴轉速度等於順着時針的迴轉方向每分鐘迴轉運動 80 周了。

三 絕對迴轉速度的逐步計算方法

絕對迴轉速度的逐步計算方法，我們可以分為四個步驟：

第一個步驟，我們假定沒有中心齒輪。系桿繞着中心軸轉動，各個齒輪都一起跟隨着系桿，繞着中心軸轉動。在這種情況之下，各個周轉齒輪的迴轉速度，完全和系桿的迴轉速度相同。

第二個步驟，我們假定中心齒輪固定不轉動。各個周轉齒輪都一起跟隨着系桿，繞着中心軸轉動。因為所有的周轉齒輪，直接的或者間接的受到中心齒輪的作用，使它們各自產生一種迴轉速度。

第三個步驟，我們假定系桿固定不動，中心齒輪繞着中心軸迴轉運動。各個周轉齒輪也是因為直接的或者間接的受到中心齒輪的作用，使它們又各自產生一種迴轉速度。

第四個步驟，我們把以上三個步驟所求得的各個齒輪和系桿的迴轉速度，都相加起來。我們計算求得相加的和，就是我們所要求得的各個齒輪和系桿的迴轉速度。

1 怎樣看得出齒輪迴轉一周 圖 4 中的 C 是一個齒輪，它裝置在軸 S_2 上，可以繞着 S_2 轉動。我們首先經過齒輪 C 的中心點畫

出一條水平軸綫 XX 。又在 C 的上面，從它的中心點向右在水平方向上畫出一條帶有箭頭的直綫 S_2a ，這兩條直綫所交成的角度，我們假設為 θ 。當

C 沒有轉動的時候，直綫 S_2a 和水平軸綫 XX 是相重合的，也就是這兩條直綫所交

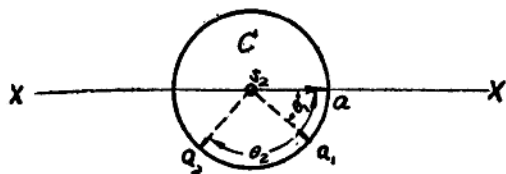


圖 4 齒輪轉動。

成的角度 θ 等於零。若是 C 順着時針的迴轉方向轉動，在它的上面所畫的直綫 S_2a ，一定要跟隨着它一同轉動了。那麼直綫 S_2a 和水平軸綫 XX 所交成的角度 θ ，就一定會漸漸的增大了。 C 繼續轉動，在它上面的 a 點，由原來的位置轉動到 a_1 點，又繼續轉動到 a_2 點。這樣也就使得直綫 S_2a 和水平軸綫 XX 所交成的角度 θ ，漸漸的增大為 θ_1 ，又繼續增大為 θ_2 。當 C 轉動一周的時候， θ 就增大為 360° ，直綫 S_2a 轉回到原來的位置，又和水平軸綫 XX 相重合了。照這樣看來，我們就可以知道，齒輪 C 迴轉一周，直綫 S_2a 也跟隨迴轉一周。它和水平軸綫 XX 所交成的角度 θ ，也是由 0° 漸漸增大為 θ_1 ，再繼續增大為 θ_2 ，最後也是增大為 360° ，那麼齒輪 C 一定也是迴轉一周了。

2 齒輪裝置在系桿上跟隨着系桿迴轉一周 圖 5 是把圖 4 中的軸 S_2 裝置在一根系桿 E 上，而且系桿 E 又裝置在中心軸 S_1 上。系桿 E 可以繞着中心軸 S_1 轉動。齒輪 C 不但可以繞着自己本身的軸 S_2 轉動，而且還可以跟隨着系桿 E 一同繞着 S_1 轉動。我們首先經過中心軸 S_1 畫出一條水平軸綫 XX ，然後又在齒輪 C 上，從 C 的中心點 S_2 ，向右在水平方向上畫一條帶有箭頭的直綫 S_2a 。當齒輪 C 沒有繞着自己本身的軸 S_2 迴轉運動的時候，直綫 S_2a 的延

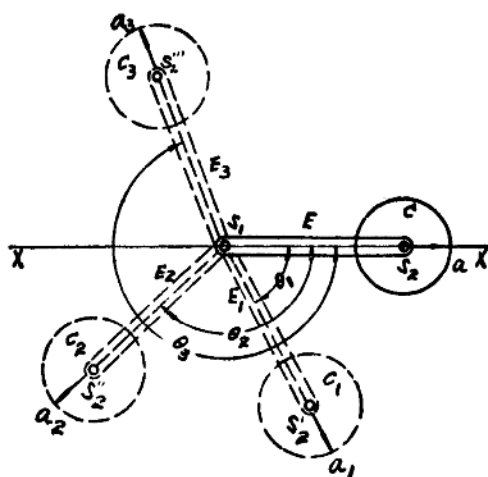


圖 5 齒輪隨系桿轉動。

長綫，和水平軸綫 XX 是重合的，這兩條直綫所交成的角度 θ 等於零。若是齒輪 C 隨着系桿 E ，繞着中心軸 S_1 順着時針的迴轉方向轉動。系桿 E 轉動到 E_1 的位置，齒輪 C 就轉動到 C_1 的位置。 S_2 和 a 點，也跟隨着轉動到 S_2' 和 a_1 的位置。在這個位置的時候，直綫 $S_2'a_1$ 的延長綫，和水平軸綫 XX 所交成的角度，就增大為 θ_1 。系桿 E 繼續迴轉到 E_2 和 E_3 的位置，齒輪 C 就繼續跟隨着 E 轉動到 C_2 和 C_3 的位置。 S_2 和 a 點，也繼續跟隨着轉動到 S_2'' 和 a_2, a_3 的位置。直綫 $S_2''a_2$ 及 $S_2''a_3$ 和水平軸綫 XX 所交成的角度，就繼續增大為 θ_2 和 θ_3 。照這樣的方法，繼續使系桿 E 順着時針的迴轉方向迴轉。齒輪 C 一定也跟隨着 E ，繼續迴轉到各個不同的位置。 S_2 和 a 點，也是跟隨着轉動到各個不同的位置。因此角度 θ ，還是繼續的增大。當系桿 E 旋轉一周，回到原來位置的時候。齒輪 C 也回到原來的位置。直綫 S_2a 的延長綫，也跟着回到原來的位置，又和水

平軸綫 XX 互相重合了。角度 θ ，由 0° 漸漸增大為 θ_1 , θ_2 及 θ_3 ，最後增大為 360° 照這樣看來，我們就知道在系桿 E 轉動一周的過程中，雖然齒輪 C 沒有繞着自己本身的軸 S_2 轉動。但是在齒輪 C 上所畫的直綫 $S_2\alpha$ 的延長綫，和水平軸綫 XX 所交成的角度 θ ，是由 0° 漸漸增大為 360° 。這種情形和上面一節所談到的情形是完全相同的。所以在圖 5 中，當系桿 E 繞着中心軸 S_1 轉動一周的時候，齒輪 C 亦是繞着中心軸 S_1 轉動一周。雖然從表面上看，齒輪 C 沒有作任何的轉動，但是實際上它是繞着中心軸 S_1 迴轉一周了。在周轉輪系裏面，我們應該特別注意這一種迴轉運動的特點。

3 簡單的計算例子 我們在圖 5 中，中心軸 S_1 上加添裝置一個中心齒輪 A ，它和齒輪 C 互相咬合着，這樣就成為圖 1 所表示的周轉輪系了。假定中心齒輪 A 固定不轉動，只有系桿 E 繞着中心軸 S_1 轉動。這個時候，周轉齒輪 C 不但跟隨着系桿 E 繞着中心軸 S_1 轉動，而且因為受到中心齒輪 A 的作用，又繞着自己本身的周轉軸 S_2 轉動。假定 A 的齒數是 C 的齒數的兩倍，當 E 順着時針的迴轉方向，轉動 1 周的時候，問 C 轉動多少周呢？

解：

第一個步驟，我們假定沒有 A ， C 跟隨着 E 順着時針的迴轉方向，繞着 S_1 轉動。因為 E 的迴轉速度為 $(+1)$ ，而且 C 的迴轉速度一定和 E 的迴轉速度相同，所以 C 的迴轉速度等於 $(+1)$ 。

第二個步驟，我們假定 A 固定不動， C 跟隨着 E 繞着 S_1 轉動。因為 A 的齒數是 C 的齒數的兩倍，又因為 E 是順着時針的迴轉方向轉動 1 周，所以我們很容易看出， C 是順着時針的迴轉方向迴轉兩周，也就是 C 的迴轉速度等於 $(+2)$ 。

第三個步驟，我們假定 E 固定不動，只有 A 繞着 S_1 轉動。但是 A 原來就是固定不動的， C 受到 A 的作用所產生的結果，也是固定

不動的，也就是 C 的迴轉速度等於零。

第四個步驟，我們把以上三個步驟所求得 C 的迴轉速度相加起來。

$$C \text{ 的絕對迴轉速度} = (1) + (2) + 0 = 3。$$

也就是當系桿 E 順着時針的迴轉方向轉動 1 周的時候，齒輪 C 也是順着時針的迴轉方向轉動 3 周。

在第二個步驟中，我們要特別注意一點，就是在一般輪系中，如果齒輪 A 繞着軸 S_1 轉動，齒輪 C 受到 A 的作用所產生的迴轉方向，一定和 A 的迴轉方向相反。但是在周轉輪系中就不能這樣的推算了，周轉齒輪 C 跟隨着系桿 E ，繞着中心軸 S_1 轉動的時候， C 受到 A 的作用所產生的迴轉方向，總是和系桿 E 的迴轉方向相同的。

我們再看圖 1，假定 A 有 80 個齒，它反着時針的迴轉方向轉動兩周。在同一時間內， E 順着時針的迴轉方向轉動 3 周。 C 有 40 個齒，問 C 轉動幾周？

解：

第一個步驟，我們假定沒有 A ， C 跟隨着 E 迴轉運動，所以 C 的迴轉速度 $= +3$ 。

第二個步驟，我們假定 A 固定不動， C 跟隨着 E 轉動。因為 C 受到 A 的作用，使 C 發生轉動。這個時候， C 的迴轉速度，等於 E 的迴轉速度乘以 A 的齒數與 C 的齒數的比值。我們已經知道， E 的迴轉速度等於 $(+3)$ ， A 的齒數是 80， C 的齒數是 40，所以：

$$C \text{ 的迴轉速度} = (+3) \times \frac{80}{40} = +6。$$

第三個步驟，我們假定 E 固定不動，只有 A 轉動。因為 C 受到 A 的作用，使 C 的迴轉速度，等於 A 的迴轉速度乘以 A 的齒數與 C 的齒數的負比值。因為 A 的迴轉速度等於 (-2) ，所以

$$C \text{ 的迴轉速度} = (-2) \times \left(-\frac{80}{40}\right) = +4。$$

第四個步驟，我們把上面三個步驟所求得 C 的迴轉速度相加起來，得到：

$$C \text{ 的絕對迴轉速度} = (+3) + (+6) + (+4) = +13。$$

4 迴轉速度比 在一般輪系中，同一個時間以內，最末一個從動輪的絕對迴轉數，對於第一個原動輪的絕對迴轉數的比值，叫做「迴轉速度比」。我們要想求得迴轉速度比，首先要分別清楚這個輪系是單式的或者是複式的。在輪系當中，所有的各個軸上祇裝置有一個齒輪，互相咬合着傳動，叫做單式輪系，例如圖 1 和圖 2 所表示的。凡是在輪系當中，除了第一根軸和最後一根軸以外，所有的中間軸上，裝置着兩個齒輪，它們一連串的互相咬合着傳動，叫做複式輪系。例如圖 3 所表示的，如果把系桿 E 固定起來，就成為複式輪系了。

單式輪系的迴轉速度比，等於第一個原動輪的齒數，對於最末一個從動輪的齒數的比值，我們可以寫成下面的公式

$$\text{迴轉速度比} = \frac{\text{第一個原動輪的齒數}}{\text{最末一個從動輪的齒數}} \quad (1)$$

公式 (1) 在單式輪系中應用的時候，不管在第一個齒輪和最末一個齒輪的中間有多少個中間齒輪，都是按照這個公式計算的，和中間齒輪的數目沒有關係。但是迴轉速度比是正值或者是負值，就與中間齒輪的數目大有關係了。如果中間齒輪的數目是單數時，迴轉速度比是正值，我們就在比值的前面加一個正號 (+)，也就是表明最末一個齒輪的迴轉方向，和第一個齒輪的迴轉方向相同。如果中間齒輪的數目是零或者是雙數時，迴轉速度比是負值，我們就在比值的前面加一個負號 (-)，也就是表明最末一個齒輪的迴轉方向和第一個齒輪的迴轉方向相反。

複式輪系的迴轉速度比，等於各個原動齒輪齒數的連乘積，對於各個從動齒輪齒數的連乘積的比值，和它們中間所有的中間齒

輪的數目沒有關係。我們可以寫成下面的公式

$$\text{迴轉速度比} = \frac{\text{各個原動齒輪齒數的連乘積}}{\text{各個從動齒輪齒數的連乘積}} \quad (2)$$

決定複式輪系的迴轉速度比是正值或者是負值，就要看在第一個齒輪和最末一個齒輪中間的軸的根數是單數或者是複數。如果中間軸的根數是單數時，迴轉速度比是正值，如果中間軸的根數是雙數時，迴轉速度比是負值。

關於迴轉速度比是正值或者是負值，在有內齒輪的輪系中，就不能像以上所說的那樣來決定了。如果有內齒輪的話，在內齒輪和最末一個齒輪中間的軸的根數，是單數，迴轉速度比是負值。是零或者是複數呢，迴轉速度比是正值。

5 一個實際計算的例子 我們再看圖 3，假定中心齒輪 A 繞着中心軸 S_1 ，順着時針的迴轉方向每分鐘轉動 50 周。同時系桿 B 也繞着中心軸 S_1 ，反着時針的迴轉方向每分鐘轉動 30 周。 A 有 60 個齒， B 有 30 個齒， C 有 60 個齒， D 有 15 個齒，問 B 、 C 、 D 的絕對迴轉速度是多少？

解：

第一個步驟，假定沒有 A 、 E 繞着 S_1 迴轉運動。假設 B 、 C 、 D 的迴轉速度各為 B_1 、 C_1 、 D_1 。

因為 E 的迴轉速度 = -30，

所以 $B_1 = C_1 = D_1 = -30$ 。

第二個步驟，假定 A 固定不動， E 繞着 S_1 轉動。假設 B 、 C 、 D 的迴轉速度各為 B_2 、 C_2 、 D_2 。

我們已經知道， E 的迴轉速度 = -30，

應用公式 (1)，我們求得，

$$\begin{aligned} B \text{ 對於 } A \text{ 的迴轉速度比} &= -\frac{A \text{ 的齒數}}{B \text{ 的齒數}} \\ &= -\frac{60}{30} = -2, \end{aligned}$$

所以 $B_2 = -(-30) \times (-2) = -60$;

因為 C 和 B 一同裝置在 S_2 上,

所以 $C_2 = B_2 = -60$;

應用公式(2), 求得

$$\begin{aligned} D \text{ 對於 } A \text{ 的迴轉速度比} &= + \frac{A \text{ 的齒數} \times C \text{ 的齒數}}{B \text{ 的齒數} \times D \text{ 的齒數}} \\ &= + \frac{60 \times 60}{30 \times 15} = +8。 \end{aligned}$$

所以 $D_2 = -(+8) \times (-30) = +240$ 。

第三個步驟, 假定 E 固定不動, A 繞着 S_1 轉動。假設 B, C, D 的迴轉速度各為 B_3, C_3, D_3 。

因為 A 的迴轉速度 $= +50$,

所以 $B_3 = (+50) \times (-2) = -100$,

$C_3 = (+50) \times (-2) = -100$,

$D_3 = (+50) \times (+8) = +400$ 。

第四個步驟, 我們把以上三個步驟所求得的 B, C 及 D 的迴轉速度相加起來, 得到

$$\begin{aligned} B \text{ 的絕對迴轉速度} &= B_1 + B_2 + B_3 \\ &= (-30) + (-60) + (-100) = -190; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C \text{ 的絕對迴轉速度} &= C_1 + C_2 + C_3 \\ &= (-30) + (-60) + (-100) = -190; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D \text{ 的絕對迴轉速度} &= D_1 + D_2 + D_3 \\ &= (-30) + (+240) + (+400) = +610。 \end{aligned}$$

6 逐步計算方法的簡單總結 由於以上各節的說明和實例的計算, 我們可以把絕對迴轉速度的逐步計算方法, 簡單的總結一下。寫成簡單的公式, 以便利我們容易記憶和應用。

我們假定中心齒輪的絕對迴轉速度為 m , 系桿的絕對迴轉速