

第三節 變速箱總成

2-3-1 齒輪原理

一、齒輪傳輸原理

我們可以利用槓桿的作用，可以用較小之力移動較大之重量，如圖 2-25，同時也知道扭力即是轉動的力量，為力量之作用點與轉動中心的距離與作用力的乘積，如圖 2-26 即為扭力之應用，故當以一力加於槓桿之一端，亦可以使槓桿平衡，如圖 2-27。

當若需較多的槓桿傳遞力量時，則因槓桿的數目增多，製成桿輪則易使扭力能繼續傳遞轉動如圖 2-28 所示，同時轉速也傳遞了，故可將桿輪加以改進成為齒輪，而形成的齒輪的傳動。

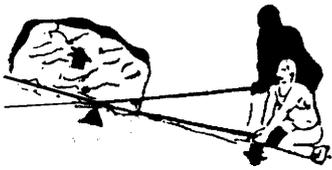


圖 2-25 槓桿作用

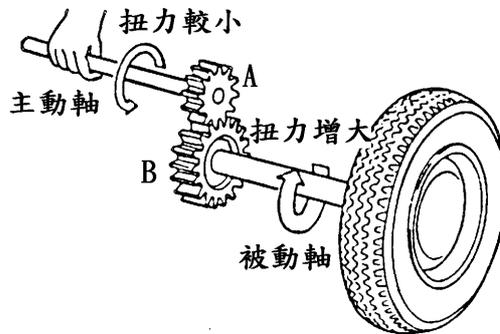


圖 2-26 扭力之效果

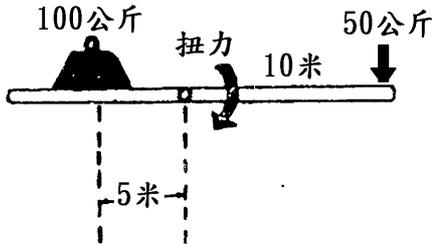


圖 2-27 扭力與力矩

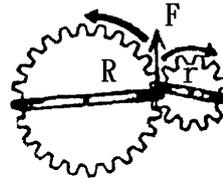


圖 2-28 桿輪

二、齒輪的減速比、扭力比和直徑比的關係：

於齒輪接觸點處，可知二齒輪所受的力量 F 相等，如圖 2-28。則大齒輪軸上的扭力大，小齒輪軸上的扭力較小，即 $FR > Fr$ ，由此得知與轉速的關係為二齒輪的轉數比，等於二齒輪齒數的反比，也同時是二齒輪的扭力、直徑、半徑大小的反比，即

$$\text{減速比} = \frac{\text{主動齒輪轉數}}{\text{被動齒輪轉數}} = \frac{\text{被動齒輪齒數}}{\text{主動齒輪齒數}} = \frac{\text{被動齒輪扭力}}{\text{主動齒輪扭力}} = \frac{\text{被動齒輪直徑}}{\text{主動齒輪直徑}}$$

兩齒輪若外接時轉動的方向會相反，但當二齒輪中心距離太遠時，可經由鏈條 (Chain) 傳動，其減速比及扭力比和二齒輪直接連結時的傳動情形相同，但兩齒輪旋轉方向會相同。

三、齒輪的種類：

1. 直齒輪，製造容易但磨損大，噪音大、扭力傳輸較不平均，易打壞，如圖 2-29。
2. 螺旋齒輪，磨損小，噪音小，扭力傳輸較為平穩，不容易打壞，但易發生軸向壓力如圖 2-30。



圖 2-29 直齒齒輪

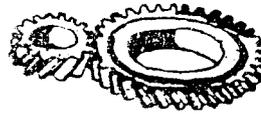


圖 2-30 螺旋齒輪

3. 人字形齒輪，斜齒輪改良，由兩個斜齒輪組成可消除軸向壓力。如圖 2-31。
4. 角齒輪，可以將轉動的方向和扭力的方向轉換改變 90 度或任何角度。圖 2-32。

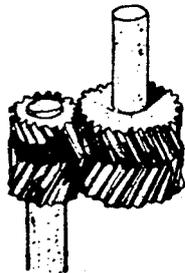


圖 2-31 人字形齒輪

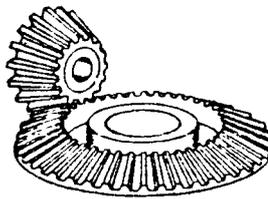


圖 2-32 角齒輪

5. 內齒輪，主動齒輪和被動齒輪的轉動方向相同。圖 2-33
6. 蝸齒輪，其作用與角齒輪相同，用於方向機、盆形齒輪，有單線蝸輪雙線蝸輪、重蝸輪及四重蝸輪數種。如汽車里程錶之驅動齒輪，如圖 2-34。
7. 行星形齒輪，於後介紹。

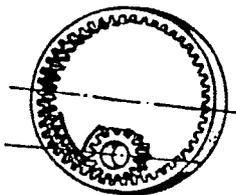


圖 2-33 內齒輪

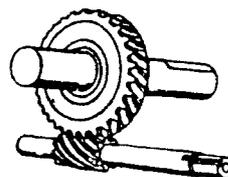


圖 2-34 蝸齒輪

2-3-2 變速箱的功能、種類與構造及工作情形

一、變速箱的功能：

變速箱的作用係利用齒輪與齒輪間的摩擦原理來達到作用的，且利用齒輪的功用：(1)增加轉速：以大齒輪帶動小齒輪時，可能增加轉速，但輸出扭力會減小、(2)增加扭力：以小齒輪帶動大齒輪時，可以增加扭矩，但轉速卻減小、(3)改變傳輸方向：兩齒輪採用內接，轉動方向相同；但採用外接相嚙合時，則轉動方向相反、(4)直接傳動，以上四種的功用來達到作用。

引擎的扭力值於製造時就已設計完成，若僅於引擎之扭力來驅動整部車輛是不足的，因此在傳動系統中必須有變速箱及最後傳動的構件方可。而變速箱功能有：(1)將引擎所產生的動力，經離合器、變速箱後，能以不同的速度及扭力經傳動線而到車輪使車輛能行駛、(2)於空檔時，可使引擎傳到傳動線的動力分離、(3)於倒檔時，則可將轉動方向改變，使車輛倒退。

二、變速箱的種類及構造：

手動變速箱可由最早期的滑動齒輪式變速箱、永嚙式變速箱及現今廣泛使用的同步式變速箱。茲將各變速箱的構造分述如下：

(一)、滑動齒輪式變速箱(Sliding-gear Transmission)：

1、構造：

滑動齒輪式變速箱的構造包括有離合器軸、副軸、主軸與倒檔軸四根軸，如圖 2-35 所示。

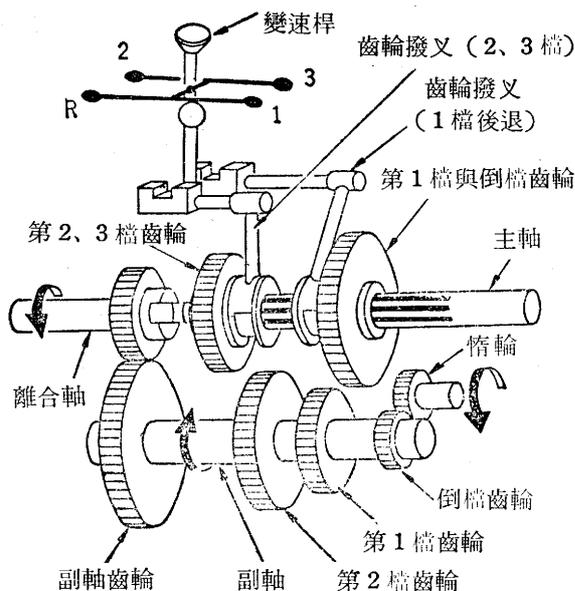


圖 2-35 滑動齒輪式變速箱的構造

離合器軸(Clutch Shaft)：係接受引擎動力經由離合器傳到變速箱，是一根主動軸，永遠隨離合器片而運轉。其軸上之齒輪稱

為離合器軸齒輪，軸上的齒輪比副軸齒輪小，以得減速的作用。

副軸(Counter Shaft)：用來變換速度和連接離合器軸與主軸以及改變傳輸方向。其軸上齒輪的排列是由大而小，且每只齒輪均與副軸製成一體或用銷子固定在軸上，因此每只齒輪的轉速均相同。

主軸(Main Shaft)：是一根被動軸，變速箱的動力是由此軸傳出。軸上齒輪的排列是由小而大，主軸上有齒槽容許主軸齒輪作左右移動，因此稱為變速軸。齒輪之外側有凹槽與變速撥叉配合作齒輪移動之用，以使與副軸上的齒輪相嚙合。

倒檔軸(Reverse Shaft)：軸上有倒檔齒輪，其作用等於惰齒輪，僅用來改變傳輸方向而不會改變減速比。

四根軸間的相互關係；離合器軸之齒輪永遠與副軸齒輪相嚙合，主軸與離合器軸同在一直線上，而與副軸成平行。因此主軸的旋轉作用是受副軸影響之。當離合器接合車輛作行駛時，離合器軸接受了引擎傳來的動力而開始旋轉，進而帶動副軸及副軸檔數齒輪，再帶動主軸的檔數齒輪，而由主軸將動力輸出。

滑動齒輪式變速箱所使用的齒輪均為直齒輪，其優點為構造簡單、重量與體積小、故障少、製造成本低；缺點為兩齒輪為點、線接觸，變速時易生齒輪碰撞，造成變速困難，且變速時需使用兩腳離合器(即作採放離合器兩次的動作才完成換檔)。使用兩腳離合器的目的是使兩嚙合齒輪的周邊線速度相同，使兩齒輪的嚙合作用能夠圓滑，減少換檔噪音。

2、滑動齒輪式變速箱的作用情形：(以三檔變速箱為例)

(1)、空檔 (Neutral)：如圖 2-36 所示。

引擎發動後，變速桿位於中央位置不作換檔之動作，此時只有離合器軸與副軸轉動，主軸不轉，因此變速箱沒有傳輸動力的作用。

(2)、一檔 (One Speed)：如圖 2-36-(A) 所示。

撥動變速桿到一檔位置，則變速叉桿使主軸上的一檔齒輪移動與副軸上的一檔齒輪相嚙合，引擎的動力即可經由離合器片→離合器軸及其齒輪→副軸齒輪→副軸一檔齒輪→主軸一檔齒輪→主軸→傳動軸而輸出。

此時的減速比：假設離合器軸齒輪 12 齒，副軸齒輪 18 齒，副軸一檔齒輪 12 齒，主軸一檔齒輪 18 齒，則此時變速箱的減速比為：

$$\varepsilon (\text{速比}) = \frac{\text{被動齒輪的乘積}}{\text{主動齒輪的乘積}} = \frac{18 \times 18}{12 \times 12} = \frac{9}{4} = \frac{2.25}{1}$$

即引擎轉 2.25 轉，而主軸只轉 1 轉，也就是主軸的扭力是離合

器軸的 2.25 倍。

(3)、二檔 (Second Speed)：如圖 2-36-(B) 所示。

撥動變速桿到二檔位置，則變速叉桿使主軸上的二檔齒輪移動與副軸上的二檔齒輪相嚙合，引擎的動力即可經由離合器→離合器軸及其齒輪→副軸齒輪→副軸二檔齒輪→主軸二檔齒輪→主軸→傳動軸而輸出。

此時的減速比：假設離合器軸齒輪 12 齒，副軸齒輪 18 齒，副軸二檔齒輪 16 齒，主軸二檔齒輪 16 齒，則此時變速箱的減速比為：

$$\varepsilon (\text{速比}) = \frac{\text{被動齒輪的乘積}}{\text{主動齒輪的乘積}} = \frac{18 \times 16}{12 \times 16} = \frac{3}{2} = 1.5$$

即引擎轉 1.5 轉，而主軸只轉 1 轉，也就是主軸的扭力是離合器軸的 1.5 倍。

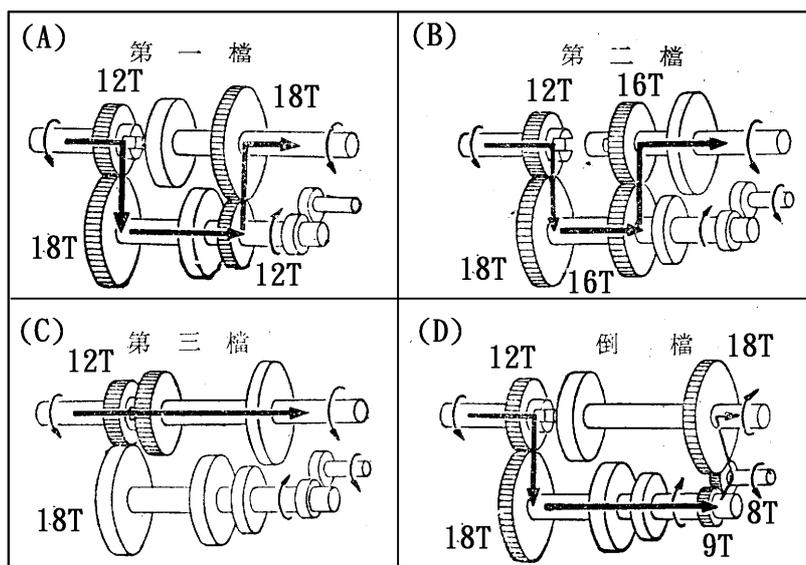


圖 2-36 滑動齒輪式變速箱的作用情形

(4)、三檔 (Third Speed or High Speed)：如圖 2-36-(C)所示。

排檔桿將二檔齒輪的外凸槽直接撥向離合器軸的內凹槽，如此便使離合器軸直接與主軸相連接，而成為直接傳動，動力便可由離合器軸直接傳到主軸上而成為直接傳動。此時之速比為 1：1。

(5)、倒檔 (Reverse Speed)：如圖 2-36-(D)所示。

撥動變速桿到倒檔位置，則變速叉桿使主軸上的倒檔齒輪移動與倒檔軸上的倒檔齒輪相嚙合(注意：平時副軸倒檔齒輪與倒檔軸上的倒檔齒輪是相嚙合的)，引擎的動力即可經由離合器片→離合器軸及其齒輪→副軸齒輪→副軸倒檔齒輪→倒檔軸倒檔齒輪→主

軸倒檔齒輪→主軸→傳動軸而輸出。

此時的減速比：假設離合器軸齒輪 12 齒，副軸齒輪 18 齒，副軸倒檔齒輪 9 齒，倒檔軸倒檔齒輪 8 齒，主軸倒檔齒輪 18 齒，則此時變速箱的減速比為：

$$\epsilon (\text{速比}) = \frac{\text{被動齒輪的乘積}}{\text{主動齒輪的乘積}} = \frac{18 \times 8 \times 18}{12 \times 9 \times 8} = \frac{3}{1}$$

即引擎轉 3 轉，而主軸只轉 1 轉，也就是主軸的扭力是離合器軸的 3 倍，故得知，倒檔時的轉速最慢，扭力卻最大。

(二)、永嚙式變速箱(Constant-mesh Transmission)

1、構造

如圖 2-30 所示，永嚙式變速箱與滑動齒輪式變速箱的構造同樣具有離合器軸、副軸、主軸及倒檔軸，所不同的是主軸的檔數齒輪除了倒檔使用直齒輪外，其它均採用螺旋齒輪，主軸上二檔以上的齒輪沒有齒槽，而是用銅套(或針型軸承)與主軸相連接，且隨副軸上的檔數齒輪成永嚙接合並一起旋轉。但齒輪側推力大，為其缺點。且一檔及倒檔齒輪上使用直齒輪，換檔須使用兩腳離合器，故現今車輛已淘汰不用。

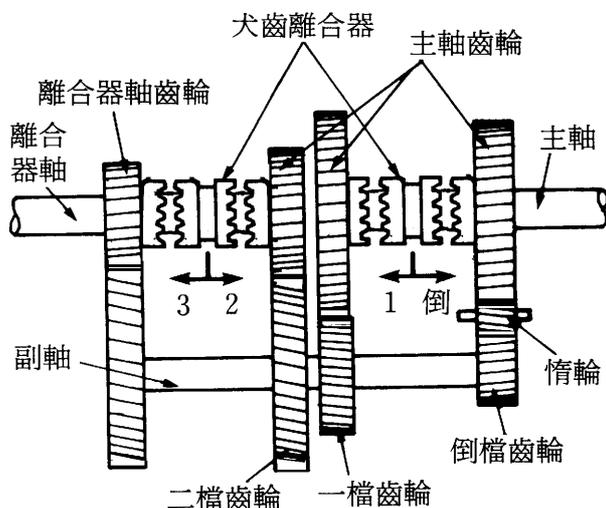


圖 2-37 永嚙式變速箱的構造

2、永嚙式變速箱的作用情形

永嚙式變速箱主軸上齒輪可以在軸上隨副軸上齒輪旋轉，而不需在軸上左右移動。犬齒接合器外側中央的叉槽與變速叉相配合，內齒槽則與主軸相連接可在主軸上左右移動。變速時變速叉撥動犬齒接合器與齒輪嚙合，動力便可傳導。動力之傳導順序：

(1)、二檔(Second Speed)

因主軸的二檔齒輪用針型軸承(或銅套)與主軸相配合，故可在主

軸自由旋轉，且與副軸的二檔齒輪永相嚙合，所以變速桿向二檔位撥動時，變速叉向右撥動，如圖 2-38-(A)所示。動力便可由：離合器軸齒輪→副軸齒輪→副軸二檔齒輪→主軸二檔齒輪→犬齒接合器→主軸→傳動軸。

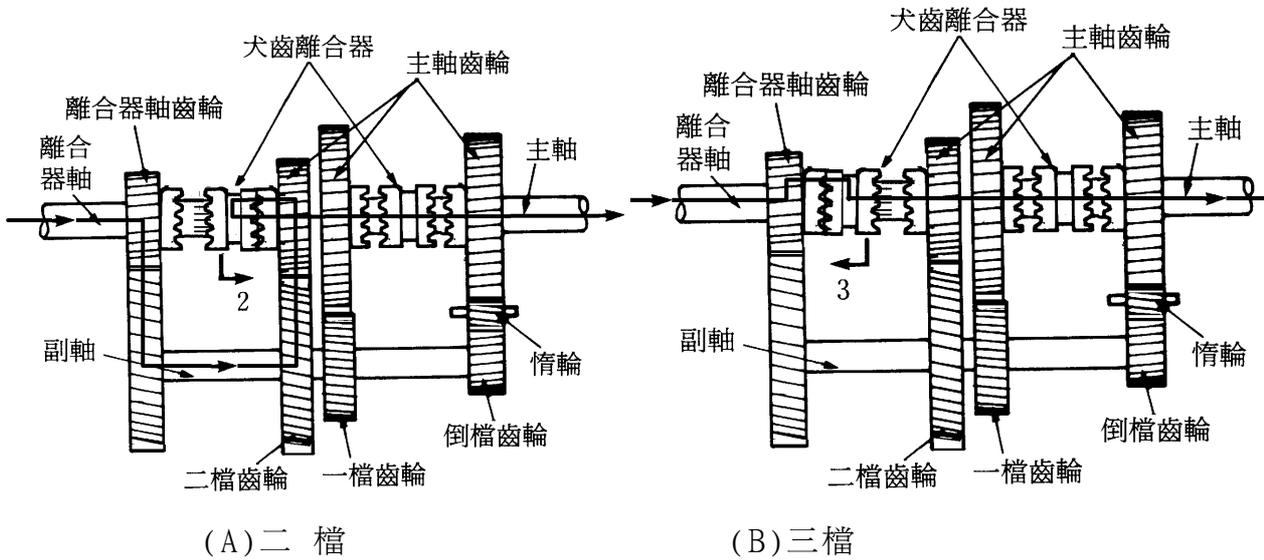


圖 2-38 永嚙式變速箱的作用情形

(2)、三檔(Third Speed)：

又稱直接傳動，變速桿向三檔位撥動時，變速叉向左撥動，如圖 2-38-(B)所示。動力便可由離合器軸直接傳到主軸而到傳動軸。

(三)、同步齒輪式變速箱 (Synchrony-mesh Transmission)

1、構造

以鍵式為例，其與永嚙式變速箱之不同，是在犬齒接合器與齒輪之間裝有同步調節裝置。與副軸嚙合的主軸檔數齒輪是用銅套(或針型軸承)與主軸相連接，變速箱未作用時(空檔)主軸齒輪在軸上是可以自由空轉旋轉的、摩擦齒與主軸檔數齒輪製成一體、主軸檔數齒輪上有錐體，在錐體面上裝有銅錐環、銅錐環在錐體面上可自由旋轉，且內側有溝槽以便與錐體面產生摩擦作用、中心齒殼內齒槽與主軸相連，外側齒槽則連於同步齒套，同步齒套內側之齒槽與中心齒殼相連，外側的凹槽則連於變速撥叉。如圖 2-39、圖 2-40 所示。

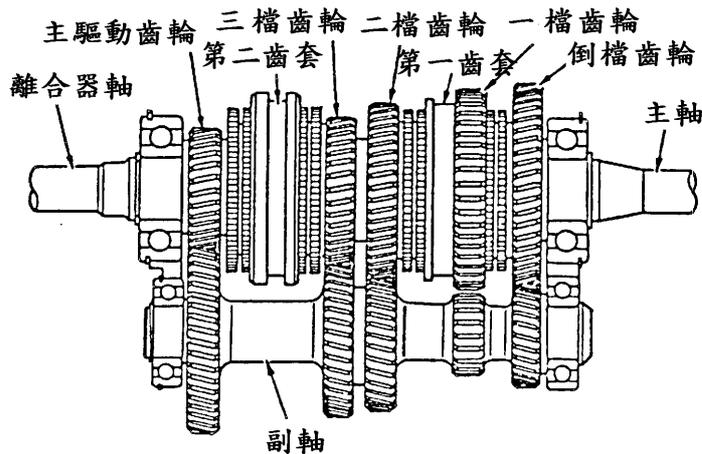


圖 2-39 前進四檔鍵式同步齒輪變速箱

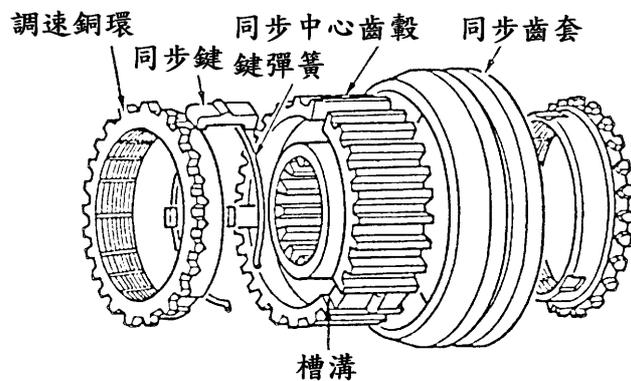


圖 2-40 鍵式同步變速器

(2)、同步齒輪式變速箱的作用情形(四前進檔)

在換檔時同步調整裝置能自動調節欲嚙合的二齒輪速度，在未嚙合前，先得到逐漸接近的轉速，使接合容易，且不致發生齒輪碰撞，亦不必使用兩腳離合器(倒檔例外)。

同步式齒輪作用原理:如圖 2-41 所示(以三檔及四檔為例)：

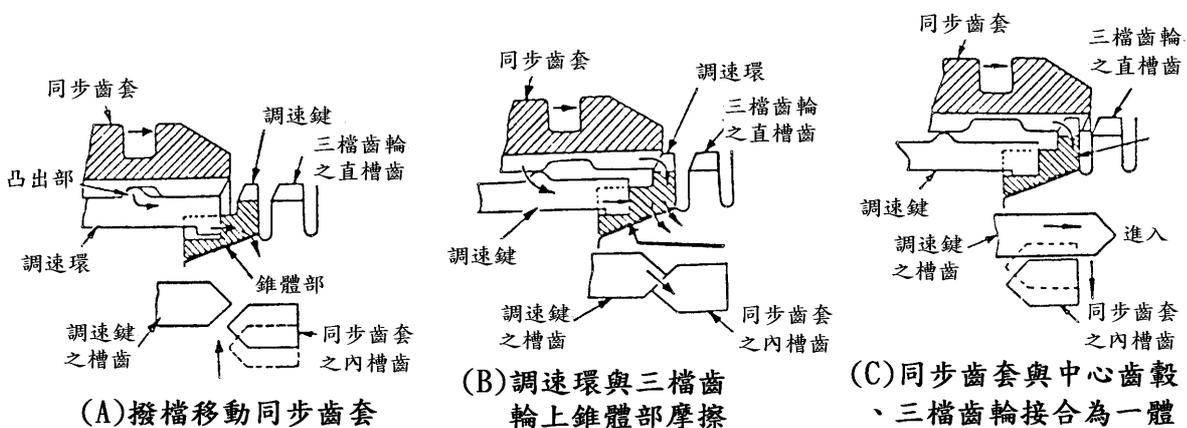


圖 2-41 同步式齒輪作用原理

中心齒殼與主軸之槽齒相連，故與主軸一起回轉。三檔齒輪可在主軸上空轉(因其用針型軸承相連)，且與副軸齒輪相嚙合。

(1)、三檔位：如圖 2-42-(A)所示。

當排檔桿換到三檔位時，先將同步齒套向左方撥動，使在嚙合齒輪上的銅錐環因摩擦作用的關係，慢慢的移動，逐漸使同步齒套的內齒槽與三檔齒輪上的直槽齒(與三檔齒輪製成一體)而完成動力的接合作用，而使中心齒殼與三檔齒輪透過同步齒套成一體。

動力傳遞順序為：離合器軸齒輪→副軸齒輪→副軸三檔齒輪→主軸三檔齒輪→三檔齒輪的直槽齒→同步齒套→中心齒殼→主軸→傳動軸。

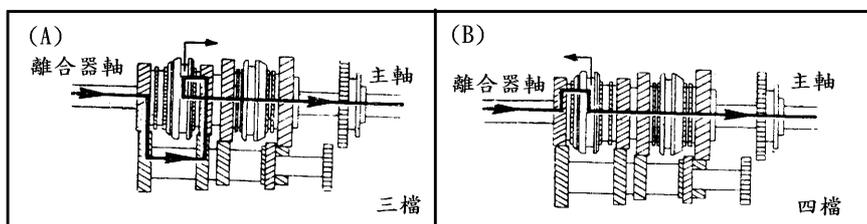


圖 2-42 鍵式同步齒輪變速箱的三、四檔作用情形

(2)、四檔位：如圖 2-42-(B)所示。

當排檔桿換到四檔位時，同步齒套向左方移，使同步齒套與離合器軸錐體面上的銅錐環及摩擦齒接合，其間因銅錐環摩擦作用的關係，使得同步齒套能透過銅錐環及摩擦齒得到圓滑的接觸，而完成一體換檔的動作。

此時的變速箱為直接傳動狀態，動力傳遞順序為離合器軸直接帶動主軸至傳動軸。亦即動力由離合器軸直接傳給主軸，速比為 1：1。

2-3-3 變速箱換檔機構的構造與工作情形

目前的車輛所使用的手動變速箱均為選擇式，亦即駕駛者可由空檔任意撥到所須要的檔位。而換檔操縱機構(Transmission Control Mechanism)的操縱部分以目前車輛所使用最多的可分為兩種型式：

一、直接操縱式(Direct Control Type)：

前置引擎後輪驅動型車輛，簡稱F.R(Front Engine Rear Drive)及前置引擎前輪驅動型車輛，簡稱F.F(Front Engine Front Drive)所使用的變速箱大都為直接操縱式。變速箱的變速桿(Change Lever or Shift Lever)裝置於駕駛室內，如圖 2-43 所示。駕駛員欲換檔，踩下離合器踏板後，可將變速桿左右及向前向後移動選擇所需要的

變速檔位，變速桿就可以撥動變速叉使齒輪移動得到嚙合作用。

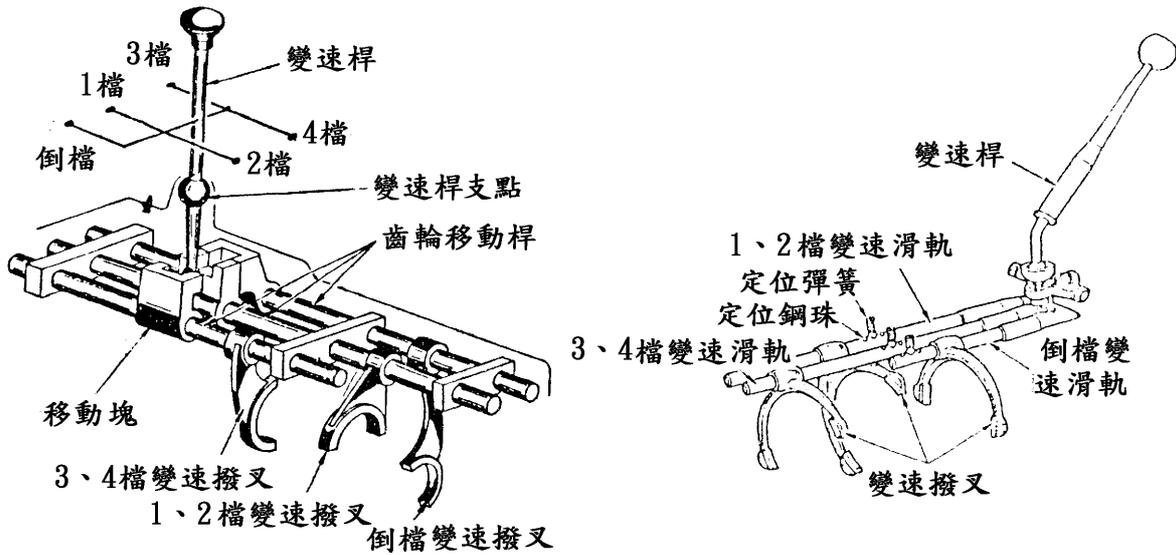


圖 2-43 變速箱直接操縱機構

為使變速箱排檔桿撥上後，該檔數齒輪能確實定位，以免發生亂檔或跳檔現象，因此變速箱內設有連鎖機構及定位機構：

1、連鎖機構(Inter Lock Mechanism)：

如圖 2-44 所示，構造中有變速滑軌、定位鋼珠及橫銷等所組成。變速箱內設連鎖機構目的是為了防止在換檔時兩組齒輪同時移動而兩嚙合的齒輪碰撞導致齒輪受損。主要的作用是利用橫銷的長度，在一組齒輪的變速滑軌移動後，另一組齒輪的變速滑軌無法移動。

2、定位機構

當變速滑軌移動到所須的檔位時，乃以定位鋼珠及定位彈簧來固定其位，以免因車輛行駛時所造成的震動，使變速滑軌及嚙合齒輪發生跳動而亂檔，如圖 2-45 所示。

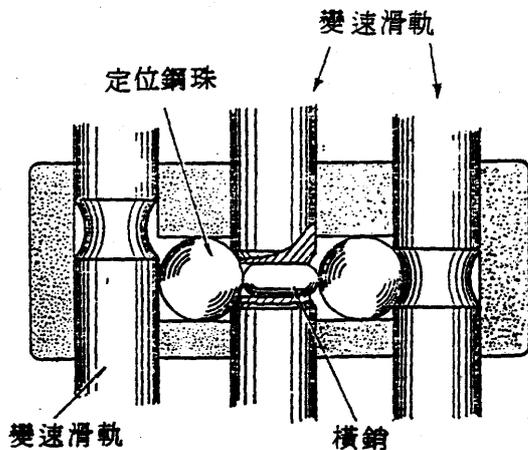


圖 2-44 連鎖機構

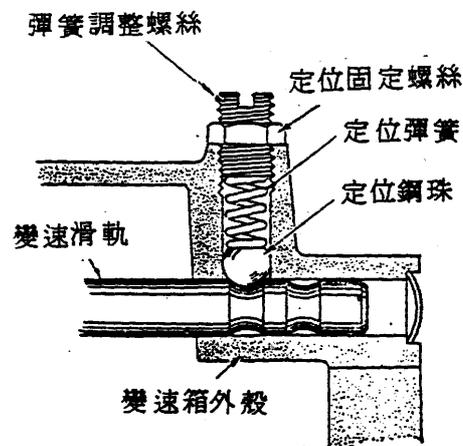


圖 2-45 定位機構

二、遙控操縱式(Remote Control Type)

後置引擎後輪驅動型車輛，簡稱R.R(Rear Engine Rear Drive)，因變速箱距離駕駛座較遠，使用直接操縱式是無法來達成換檔的作用的，所以使用遙控操縱式機構，其與直接操縱式不同之處是需要有一根長的操縱桿及變速護體，如圖 2-46 所示。

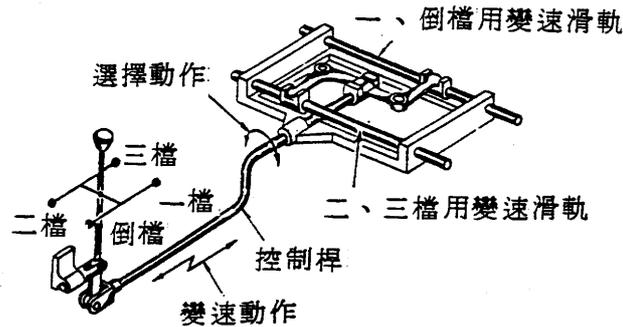


圖 2-46 後置引擎變速箱的遙控機構

習題 2-3

1. 簡述齒輪的傳輸原理。
2. 齒輪的種類有那些？
3. 手動變速箱共有那四根軸？其各軸的特性為何？
4. 變速箱在變速時，使用兩腳離合器的目的何在？
5. 以二檔為例，比較滑動齒輪式、永嚙式及同步式變速箱變速時的不同之處？
6. 以三檔為例，鍵式同步變速箱的動力傳輸順序為何？
7. 何謂手動變速箱的連鎖機構及定位機構？其功用各為何？

學後評量

- () 1. 手動變速箱之主動軸為 (A) 離合器軸 (B) 副軸 (C) 主軸 (D) 倒檔軸。
- () 2. 手動變速箱之離合器軸 (A) 在不踩離合器踏板下之情況下，其係隨著引擎而運轉之 (B) 其軸上之齒輪永較副軸齒輪為小 (C) 其轉速之大小，不受變速箱減速比之大小而影響 (D) 以上皆真。
- () 3. 下列有關手動變速箱之敘述何者有誤？ (A) 副軸齒輪之排列係由大而小 (B) 主軸齒輪之排列係由小而大 (C) 倒檔軸上之齒輪除改變傳輸方向外且能增加減速比 (D) 主軸為一被動軸亦為一根輸出軸。

- () 4. 下列有關手動變速箱之敘述何者有誤？ (A)能將引擎之動力經離合器傳至傳動線 (B)能增加引擎輸出馬力 (C)於空檔時,能將引擎之傳輸動力終止至傳動線 (D)使用倒檔時,可使車子倒退。
- () 5. 變速箱在直接傳動時 (A)主軸轉動而副軸不轉 (B)主軸不轉而副軸轉動 (C)主軸副軸均不轉動 (D)主軸副軸均轉動。
- () 6. 變速箱空檔而離合器接合時 (A)副軸轉動 (B)主軸空轉 (C)副軸不轉 (D)離合器片不轉。
- () 7. 離合器導軸是 (A)裝在變速箱主軸之前部 (B)裝在變速箱上與主軸同一中心線 (C)裝在變速箱上與副軸同一中心線 (D)裝在變速箱上不與任一軸同一中心線。
- () 8. 變速箱中離合器軸與副軸在車輛行駛中 (A)永遠等速旋轉 (B)離合器軸比副軸轉得慢 (C)離合器軸恆比副軸轉得快 (D)依檔數不同有快有慢。
- () 9. 汽車在倒車行駛時變速箱中之副軸 (A)不轉動 (B)轉動,且其方向與離合器軸之轉動方向相同 (C)轉動,但其轉動方向與離合器軸轉動方向相反 (D)轉動,但其與主軸之轉動方向相反。
- () 10. 在整體式變速箱操縱機構中,為使變速滑軌移動至所需位置時,不因振動造成振動現象,故變速箱中裝有 (A)定位機構 (B)連鎖機構 (C)同步機構 (D)等速銅錐環。
- () 11. 滑動齒輪式變速箱,排檔所撥動的是 (A)主軸上之齒輪 (B)副軸上之齒輪 (C)同步接合器 (D)離合器軸與主軸上之齒輪。
- () 12. ①表離合器軸、為主軸、是傳動軸、是副軸,則手動變速之動力傳遞順序為 (A)①②③④ (B)①②④③ (C)①④②③ (D)④①②③。
- () 13. 引擎必須具備變速器之原因為 (A)引擎之熱能變化範圍太小 (B)引擎之扭力變化太小 (C)引擎之扭力變換範圍太大 (D)引擎轉速太慢,車速無法加快。
- () 14. 下列有關手動變速箱之敘述何者有誤？ (A)離合器軸之齒輪永較副軸之齒輪為小 (B)離合器軸齒輪永與副軸齒輪嚙合在一起 (C)在車輛行駛時離合器軸齒輪之轉速較副軸齒輪的轉速慢 (D)車輛於倒車時,副軸之轉動方向與倒檔軸相反。
- () 15. 同步變速箱中的嚙合齒輪係為 (A)直齒輪 (B)斜齒輪 (C)螺旋齒輪 (D)蝸齒輪。
- () 16. 五檔(四前進檔一倒檔)之同步變速箱使用直齒輪者為 (A)一檔齒輪 (B)二檔齒輪 (C)倒檔齒輪 (D)一檔及倒檔齒輪。

- ()17. 同步齒輪變速箱中，各檔之嚙合作用主要是靠 (A)犬齒接合器 (B)摩擦與犬齒接合器 (C)行星齒輪之傳動作用 (D)離合器導軸齒輪之離合作用。
- ()18. 同步齒輪變速箱中，變速時排檔桿所撥動的是 (A)主軸上之齒輪 (B)同步齒套 (C)犬齒與摩擦齒 (D)副軸上之齒輪。
- ()19. 防止變速箱在變速時同時使用兩組齒輪嚙合而導致齒輪受損之機構為 (A)同步機構 (B)定位機構 (C)滑動機構 (D)連鎖機構。
- ()20. 設表離合器軸、主軸、主軸一檔齒輪、副軸、副軸齒輪、副軸一檔齒輪、傳動軸，則變速箱在一檔行駛時其動力傳遞順序為 (A)①⑤④⑥③②⑦ (B)①⑥⑤②④③⑦ (C)①③④②⑤⑥⑦ (D)①⑤④③⑥②⑦。
- ()21. ①表同步齒套、銅錐環、鍵、齒輪錐體面，則鍵式同步變速器之作用順序為 (A)①②③④ (B)①③②④ (C)①④②③ (D)①③④②。
- ()22. ①離合器軸齒輪、副軸齒輪、副軸檔數齒輪、主軸檔數(接合)齒輪、主軸，以上若同步變速箱在空檔時下列何者能轉動 (A)①②③④⑤ (B)①②③④ (C)①②③⑤ (D)①②④⑤。

答案：

01.(A)	02.(D)	03.(C)	04.(B)	05.(D)	06.(A)	07.(B)	08.(C)	09.(C)	10.(A)
11.(A)	12.(C)	13.(B)	14.(C)	15.(C)	16.(C)	17.(B)	18.(B)	19.(D)	20.(A)
21.(B)	22.(B)								