

Chapter

1

概 論

- 1-1 引言
 - 1-2 機件
 - 1-3 機構
 - 1-4 機器
 - 1-5 機械
 - 1-6 原動件、從動件、及其傳動方式
 - 1-7 運動對
 - 1-8 運動對的轉換
 - 1-9 連桿、連桿組、運動鏈
 - 1-10 四連桿組
 - 1-11 機構簡圖及常用符號
- 練習問題



1-1 引言



人類在很早以前的石器時代就曉得利用簡單的物件來替代或增強人類肢體的力量；最早在使用這些器具時，只會使用，並不知道它能省力或發揮更大作用力的原理。

人類先前往往是先發現自然界所產生的現象，然後進一步利用自然產生的物質製造出另一種新的物質，或是利用它而發明新的方法；古代以石斧作為省力的器具，利用石錐來增強它的破壞力。

據說金字塔便是古人利用斜面把很重的石塊向上推動堆積而成；利用滑輪可以把很重的物體吊起，螺桿可把物體固定的很牢，也可透過螺桿把旋轉運動轉變為直線運動，進而演變成進給機構、測量儀器等。

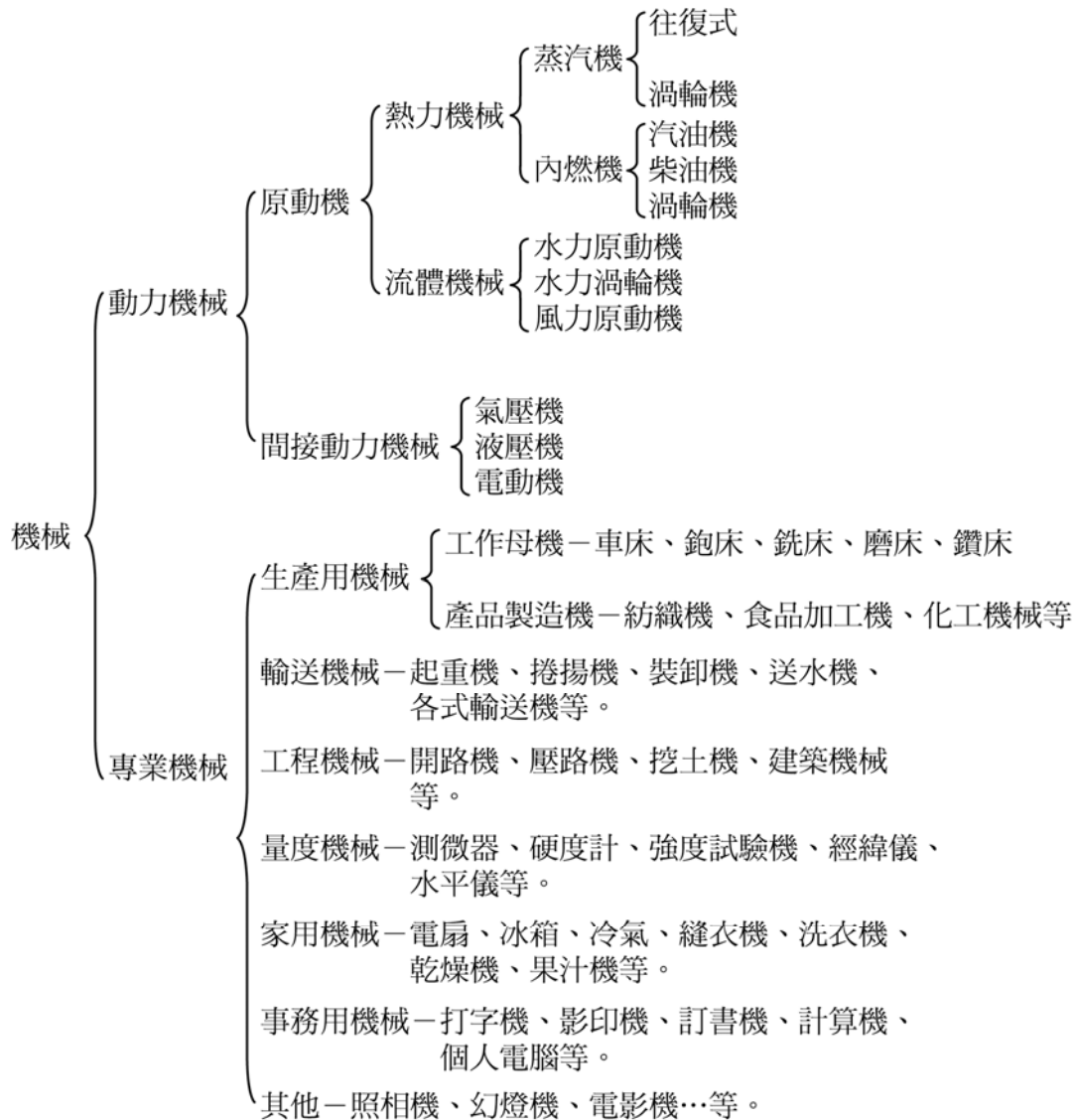
經過逐漸的演變及改良，由簡單的結構，進步到複雜的器具；或是由許多簡單的結構，組合成比較複雜或產生較多種作用的結構，應用到狩獵、漁牧、農耕、交通、運輸、戰爭等等方面。

現在人類日常所用的機器，就是應用這些簡單的槓桿、滑輪、斜面等加以組合、改良而成的，但是這些機器並不是一朝一夕就可以製造出來的，它是由許多先人日積月累的努力改良才達成的；同樣的，我們目前所用的各種機器也都須隨時加以改良，加以創新，以便獲得性能更優異的新機械。

大家稍微留意一下在我們日常生活的周遭，可發現許許多多的產品，都是利用各種不同的機械所生產出來的，例如腳踏車、摩托車、汽車，它可讓人類避免跋涉之勞，得到舒適便捷的生活。

人類最先是使用簡單的工具，再配合人類本身的勞力或藉由獸力來製造各種器具或構件，而現在則是利用各種的機械設備來製造各種產品，而且為了提升效率、增加產量，使機器運轉得更快速、更精巧、更複雜，種類愈來愈多；過去由人工來操作機器，現在則利用各種自動化的裝置，使機器的運動都自動化了。

科技愈發達，機械種類就愈多，為了提升工業產品的產量、品質，就開發出能滿足這些需求的新機器，因此機械的種類非常多，約可簡單分類如下：



由上表可以看出機械的種類繁多，應用的範圍更是廣泛，使用目的不同，便設計出不同的機器，在人類的活動空間裡，隨時隨地都可看到各式各樣的機械。

機械的種類雖然繁雜，運動的形式及控制的方法也很多，但若以機構的原理來加以分析，便可發現，每一部複雜的機械裡，都是由集合許多簡單構件所組成的一種機器而已；因此，在了解各種機械的運動之前，要對各種簡單的

機械構件原理有所認識，「機動學」便是要將這些機構的運動原理作有系統的介紹與說明，使學習者能獲得在機械方面的基本知識。

1-2 機件 (Machine Parts, Machine Elements)



如果將一部機器拆解下來，仔細觀察它組成的零件，會發現除了基座、構架等僅為此部機器獨自使用外，還有許許多多的構件都會在其他的機器上經常使用。

僅為獨自使用的零件，則因不同的機器，而有不同的機型，每件都有每件的特點，甚至找不出相同的形狀特性，因此其形狀種類非常繁雜，缺乏作為機器零件所須具備的共同形態。

相反的，有些常用的基本零件，它的形態、功能、使用的目的均具有相同的共通性，諸如螺絲、齒輪、彈簧、鍵等等，而這些常成為構成各種機器的基本零件，我們即稱之為機件 (machine parts)，並進而成為機械設計的基礎。

一般常用的機件，由於使用目的不同，又可區分為：

- (1) 結合用機件。
- (2) 運動傳達用機件。
- (3) 控制用機件。
- (4) 輸送用機件。

1-3 機構 (Mechanism)



機器內機件的組合，由於適當的聯結與拘束，可使其中一個機件的運動，迫使其他機件隨之產生的定型運動者，這種機件的組合即稱之為機構 (Mechanism)。

機構並不一定要使用在機器上，例如在摺椅中達成摺疊動作的機構為一種摺疊機構，它並非用在機器上的機構，但仍有同樣的功能與價值，因此，凡是可單純用來傳送或變換運動方式的機件組合，即稱之為機構。



機構是以剛體、撓性物體、或流體之兩個或兩個以上的機件所組合而成的集合體；當其中的一個機件受到外界所施加的一定規則的運動與能量，便能依次傳遞經過所有組成的機件，到達最後一個機件能產生所預期且具有一定規則的運動與能量。

機械傳動的機構可分為傳達動力者，稱之為傳動機構；而屬於傳達運動者則稱之為機器，因此，機構亦可定義為機器的運動部分，或者是機器中運動部分且具有相關運動者，稱之為機構。

機構是由各種機件所組成，透過各種不同機構的傳遞與轉換，可作為「能」的形式的改變。

大部分的機械，構造都很繁雜，體積也很龐大，所涉及的動作很多，原理也很複雜，欲對整體作通盤的了解，並非易事；但機械是由機器所組成，而機器又是由機構所組成，複雜的機構又可分成性質相同之單位機構。因此，只要對各種機構的機件、功能、動作有所了解，便能了解各種不同形式的機械了。

1-4 機器 (Machine)



如果有人說現代人類的進步，係由機器之進步與發展所帶來的話，當不致於誇大其辭；人類之所以能完成工業革命而促使各種產品之生產技術的進步，實在是得利於人類懂得如何使用各種工具，這些工具發展成優異的生產用機器，來替代人類的各種工作，並且做得更快速、更精密，對產品的質與量作更進一步的提升。

工具本來是一件很簡單的物件，以現代的機器來講，它是各個簡單形狀及動作的機件，由許多機件組合而成機構，各機構或機構與機構間具有相互的運動，即形成機器，例如以手搓動而使鑽子轉動鑽孔的工具，利用動力取代人力，透過傳動機構便形成鑽孔的機器——鑽床。

由以上的說明可得知，機器是由許多機件組裝在一起，而這些機件間產生各種運動，並透過動力的傳遞，使這些機構產生工作來替代人類的動作，因此，機器它應該具備以下要件：

(1) 機器係由能輸出有用之功的機構所組成。

- (2) 機器內的各機構所形成的運動係受到限制的某一種運動，並非無拘束任意亂動。
- (3) 每一機件都具備足夠強度，亦即當它傳動時仍能保持剛性而不變形。
- (4) 由各機構的運動可以將所得到的能 (energy) 轉換成有效的工作。

由以上可知有些只能成為工具 (tool)、設備 (equipments)、或儀器 (instrument)。

例如我們釘鐵釘時所用的鐵錘，雖然可以作力，但它並沒有互相運動的部分，不能稱為機器，只能稱之為工具 (tool)。

可以產生熱的燃燒爐具，或者是產生蒸汽的鍋爐，或使各種化學元素間產生化合、分解等化學作用的化學反應槽 (chemical reaction tank) 等，也不能稱為機器，只能稱之為設備 (equipment)。

同樣的，各種時鐘、彈簧秤、量度器及其他作為測定數與量的計器，並沒有做出有效的能的工作，因此，也不能稱之為機器，只能稱之為儀器 (instrument)。

1-5 機械 (Machinery)



當你到工廠去參觀時，你會發現不同性質的工廠，裡面的機械設備有很大的不同；例如在機械工廠裡會有車床、銑床、鑽床、鏜床、磨床、鋸床、鉋床等金屬加工的機械。在印刷廠裡有製版機、鑄字機、排版機、印刷機、裁紙機、裝訂機、打包機等印刷機械。而在紡織工廠會看到許多梳棉機、拼條機、精紡機、粗紡機、織布機、檢驗機、打包機等紡織機械。在食品加工廠會有清洗機、切割機、裝填機、封口機、貼標機、打包機等食品機械。由以上例子，可以明顯看出，機械是由多種機器組合而運轉的一系列設備，是由兩部或兩部以上的機器，再配合其他設備而組成的集合體。這種集合體可以改變能量的形式，或者是轉移能量。



例如：水力電廠的水力發電是由機械能改變為電能的動力機械；火力發電廠裡的鍋爐、汽輪機及發電機，是將熱能轉變為電能的蒸汽發電機械；而紡織機械則是把輸入的電能或機械能改變成各種不同運動的機械能，同樣的，印刷機械、金屬加工機械，都是將輸入的電能，改變為各種不同運動的機械能。

由以上的說明可以瞭解，機械必須具備下列幾個條件：

- (1) 機械是由兩部或兩部以上的機器所組成之集合體。
- (2) 構成機器之機件受外力時應為不變形之剛體。
- (3) 機器各部之機件間有一定之相對運動或拘束運動。
- (4) 具有將接受之能，轉變為功的效用。

機械是由許多不同的機器所組成，機器是由許多不同的機構所組成，而各種機構又由許多不同之單位機構與機件所組成。有的時候也可由少數種類的機件或單位機構組成多數種類的機構。因此，要對機械有所了解，其研究的對象，應該是機件與單位機構，而機件與機構即為機動學的主要內容。

1-6 原動件、從動件及其傳動方式



在任何一組的機構中，直接受到動力而運動的構件，稱之為原動件，或稱為主動件。而接受原動件所傳達的運動而運動的構件，稱之為從動件，又叫做被動件。

在一個單位機構裡，或者是在一部機器中，必定有一個機件是最先接受到外界給予它的運動及能量的機件，這個機件，就是原動件；原動件是將其所接收到的運動與能量再傳遞給互相連接的構件，而這些構件都屬於從動件。換言之，以運動及能量傳遞來說，第二機件為第一機件的從動件，第三機件為第二機件的從動件，也間接是第一機件的從動件。

若將自然界之吸引力（attraction）與排斥力（repulsion）不計算在內，則原動件與從動件之運動傳遞，必須透過某種方式進行，而這種運動傳遞的方式，可分為機件與機件間的直接接觸（direct contact），及透過中間媒體的間接接觸（indirect contact）兩種。

1. 直接接觸可分為兩種接觸形式：

- (1) 滑動接觸 (sliding contact)：如齒輪、凸輪的傳動。
- (2) 滾動接觸 (rolling contact)：如摩擦輪的傳動等。

2. 間接接觸也由中間媒體形式的不同又分為下列三種：

- (1) 剛性媒體 (rigid medium)：常用於較短距離傳動的連桿等。
- (2) 撓性媒體 (flexible medium)：常用於較大距離的傳動，如繩、皮帶、鋼索、鏈條等；撓性的傳動件，可消除一部分原有的機械振動，減少噪音、降低設備費用；但機件的控制較困難，可能影響傳動的效率與精度是其缺點。
- (3) 流質媒體 (fluid medium)：這種型式的傳動媒體機構簡單、變速、轉向的操作簡便，振動少、噪音小，可作無段變速，若有超負荷時可經由安全閥自動控制，保障設備的使用安全，傳達運動時的能量消耗極低；目前最常用的媒體為水、油、空氣等。

1-7 運動對



在一組的傳動機構裡，若有一機件受另一機件的直接拘束，而只能產生一定路線之運動者，則稱此兩機件藉由**配連 (pairing)**的關係而成為一**運動對**；成為運動對的兩機件必須經常保持接觸。

如圖1-1的機件A連續與機件B保持接觸，機件A的運動受到機件B形狀的限制，促使機件A必須在一定的通路之運動，則此A件與B件即稱之為**運動對**。

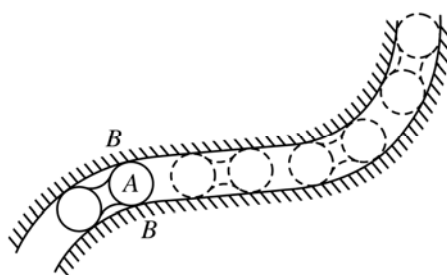


圖1-1



運動對之機件間的傳動接觸，不需藉由其他外力而自行接觸者，此種運動對稱之為合對 (closed pair)，又叫做自鎖對 (self-closed pair)。

運動對之機件間的傳動接觸，必須藉由其他的外力，才能維持接觸者，這種運動對稱為開對 (open pair)，又稱之為力鎖對 (force-closed pair)。

通常在傳動的機構裡，運動對有下列四種可能的配對狀況，換言之，運動對有四種形式：

1. 滑行對 (sliding pair)

如圖1-2所示，滑槽B裡嵌有滑塊A，兩者之間只作滑行運動，(a) 圖中的滑塊A只能作直線的滑行，(b) 圖中的滑塊A則為曲線滑行，這種只能作滑行運動的運動對，稱之為滑行對。

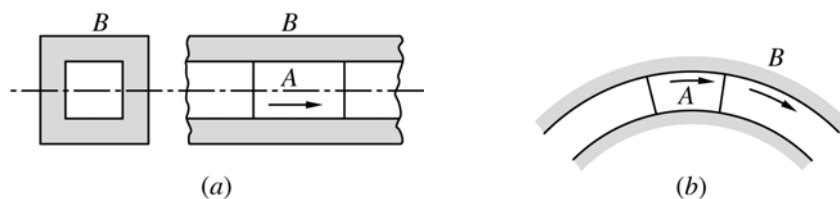


圖1-2

2. 旋轉對 (turning pair)

如圖1-3所示，在一圓形的軸環內套有一圓形軸，構件A與構件B之間只能作互相旋轉的運動，這種運動對即稱之為旋轉對；在機器構件中常見的軸與軸承，即為旋轉對的典型代表。

3. 螺旋對 (screw pair)

如圖1-4所示，螺帽將螺栓套住，當它一面旋轉時，另一方面則在軸的方向上產生前進或後退運動，這種同時會產生旋轉運動及直線運動的運動對，稱之為螺旋對。

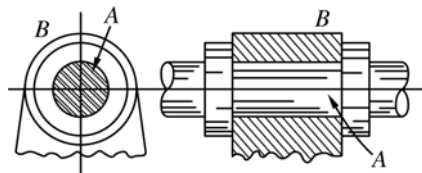


圖1-3

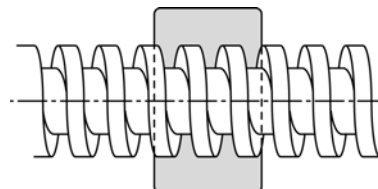


圖1-4

4. 球面對 (spherical pair)

如圖1-5所示，球形構件A與承窩構件B所形成的運動對即為球面對。這種球面對其中一構件靜止不動時，另一構件只能作球面的運動。

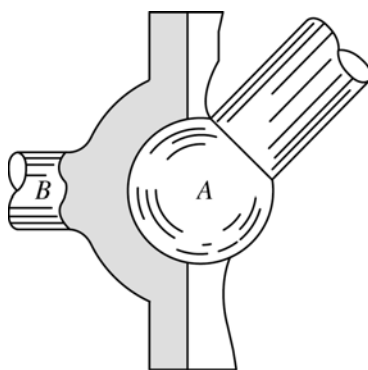


圖1-5

以上四種的運動對之構件與構件為面接觸、甚至是大面積的接觸，它在運動的傳遞中不易產生漏水或漏氣，特別適合較大力量的運動傳遞，而稱這些面接觸傳動的運動對為低對 (lower pair) 或稱為低副。

有些機件間之傳動是靠點的接觸或線的接觸傳遞運動或能量，它具有較輕巧的傳遞動作，適合於輕巧或較複雜運動之傳遞工作，像是滾珠與軸承的接觸、凸輪與其構件間的傳動、齒輪的嚙合傳動等皆屬點或線的接觸傳動，而這種運動對，稱之為高對 (higher pair)，或叫高副。

1-8 運動對的轉換



所謂運動對的轉換 (inversion)，是指在一運動對中將其固定件予以對換而言；低對與高對的運動對，在轉換前後所產生的運動情況並不相同。

1. 低對

如圖1-2及圖1-3所示者，若將運動對加以轉換時，並不會影響彼此之間的相對或絕對運動的性質。圖中之B件固定可拘束A件的運動，而當A件固定時則可拘束B件的運動；原來彼此之間的直線或曲線滑行、迴轉，或是螺旋運動，並不會因為運動對的轉換而改變其運動性質。



2. 高對

如圖1-6所示，在它的運動對轉換之後，雖然並不會影響彼此之間的相對運動，但兩者之間的轉換前與轉換後的絕對運動則不相同。圖中的實線代表圓筒A與平板B所組成之點接觸的高對運動對，其接觸點為P。

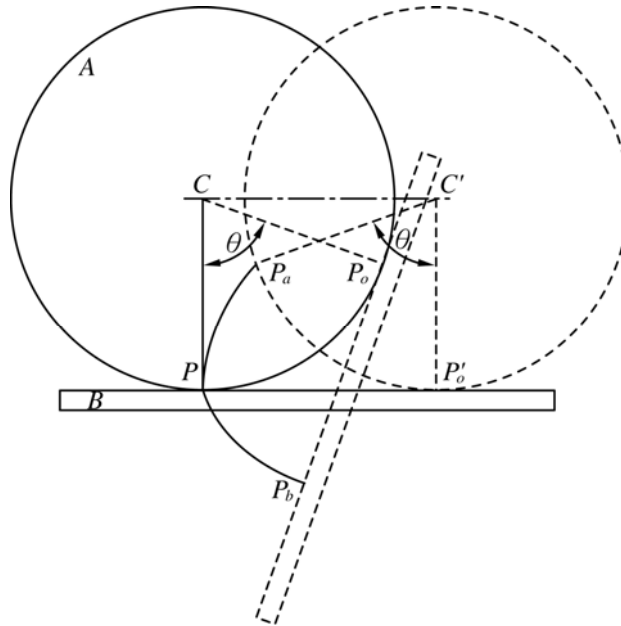


圖1-6

- (1) 若將平板B固定，將圓筒A向右作無滑動的滾動，到達虛線的位置，則圓筒上P點的運動軌跡為 $\widehat{PP_a}$ ，可以擺線的參數方程式表示之：

$$\begin{aligned} x &= R(\theta - \sin \theta) \\ y &= R(1 - \cos \theta) \dots\dots\dots (1-1) \end{aligned}$$

- (2) 若將運動對作轉換，把圓筒A固定，平板B沿著圓筒A作無滑動之轉動，同樣到達同一個相對的位置，如圖中之虛線所示者，則平板上P點的運動軌跡為 $\widehat{PP_b}$ ，是為圓之漸開線，可以漸開線之參數方程式表示之：

$$\begin{aligned} x &= R(\sin \theta - \theta \cos \theta) \\ y &= R(1 - \cos \theta - \theta \sin \theta) \dots\dots\dots (1-2) \end{aligned}$$

由以上可知，高對作運動對的轉換之前後，如圖中之實線平板與虛線圓筒，及實線圓筒與虛線平板所示之情形完全相同，亦即兩構件間之相對運動並未改變。但就絕對運動而言，圓筒上P點之絕對位置由(1-1)式所決定，而平板上P點之絕對位置則由(1-2)式所決定，兩者之曲線性質並不相同。

1-9 連桿、連桿組、運動鏈



在傳動機構中可產生拘束運動的剛體，或無彈性之堅固構件可傳遞動力者，皆可稱之為**連桿** (link)。

動力由原動輪傳遞到從動輪，無論是鏈條或皮帶，或是引擎的連桿，以及液壓機裡流體（假設其為不可壓縮），通常不管是固定還是運動的剛體連接件，統稱為**連桿**。

一支連桿只與另一支連桿相聯接者，稱為**單件連桿** (singular link)；一支連桿與另外兩支連桿相聯接者，稱為**雙連桿** (binary Link)，其他三件、四件依此類推。

由許多連桿所聯結而成的運動組合，稱之為**連桿組** (linkage)；在連桿組中的連桿可以作出固定的相對運動，這種連桿組，便稱為**運動鏈** (kinematic chain)。而在運動鏈中有一支連桿是靜止的，則此運動鏈稱為**機構** (mechanism)。

在一個運動鏈中，每一支連桿至少與其他兩支連桿聯結，則稱此種運動鏈為**封閉型鏈** (closed chain)，否則便稱之為**開口型鏈** (open chain)。

運動鏈運動時，連桿上各部的運動軌跡呈平面曲線者，則此運動鏈稱為**平面鏈** (plane chain)；若連桿各點軌跡不為平面曲線者，稱之為**空間鏈** (space chain)。

若由三支連桿所組成之**三連桿組** (three-bar linkage)，如圖1-7所示者，為封閉型鏈；這種連桿組的連桿彼此之間無法做相對運動，只能做整體的運動，因此，常稱之為**呆鏈** (locked chain)。這種呆鏈不能應用於運動連桿機構，只能作為結構的一部分或支架使用。

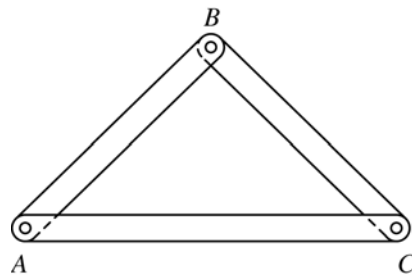


圖1-7

由四支連桿組成之四連桿組 (four-bar linkage), 如圖1-8所示。各連桿間只容許一定的拘束運動, 因此, 這種運動鏈, 稱之為拘束鏈 (constrained chain)。若將四連桿組其中之一連桿予以固定, 另一連桿運動, 則其餘連桿即隨之而動, 而且其各質點之運動軌跡恆為一定, 表示各件之運動受到完全約束, 而成為最簡單、也是最基本的機構。

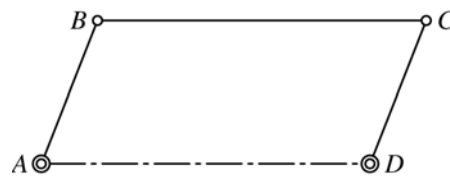


圖1-8

若由五支連桿組成之五連桿組 (five-bar linkage), 如圖1-9所示, 這種運動鏈之各連桿間的運動軌跡, 毫不受拘束, 因此, 無法分析或肯定其運動狀況, 稱之為無拘束鏈 (unconstrained chain), 這種連桿組無法組成一機構, 但若將其中加以適當拘束, 則可成為拘束鏈, 如圖1-9中以虛線的部分, 並於F點加以固定, 則成為兩組的四連桿裝置了。

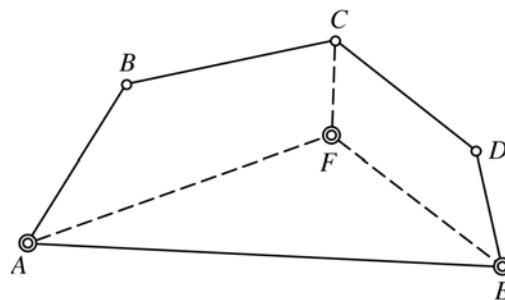


圖1-9

1-10 四連桿組 (Four-bar Linkage)



由上一節的說明可以知道，呆鏈是無法形成構件間的相對運動的，不能達到運動傳遞的效果，如二連桿組、三連桿組；而五連桿組或五構件以上所組成的運動鏈，雖然可以產生相對運動，但彼此構件間所產生的運動軌跡無法控制，沒有一定的規則可循，無法獲得預期的效果，更無法符合機構運動的要求；因此，在機動學裡所要探討的連桿組即為四連桿組了。

如圖1-10所示，連桿1為固定件，亦常為機台或構架，故可於 Q_2 、 Q_4 兩點以樞軸來代表，連桿2稱之為曲柄(Crank)，連桿3稱為連桿(Connecting Rod)，連桿4稱為搖桿(Rocker)； g_1 與 g_2 是固定在機台上的軸環， f_1 為裝於 g_1 上的樞軸，並以鍵與連桿2的曲柄連動， k_1 為曲柄2上端的軸環， f_2 為曲柄2與連桿3之間的轉軸，同樣的 k_2 為搖桿4上的軸環， h_2 則是搖桿4與連桿3之間的轉軸， h_1 則是軸環 g_2 上之樞軸，並以鍵與搖桿4連動。

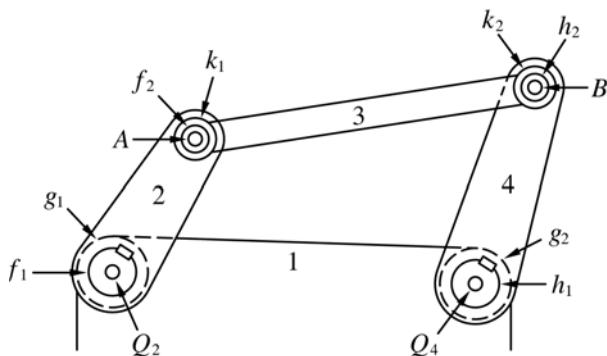


圖1-10

當四連桿組的某一構件做某一運動時，其他的構件必定產生相對應的固定運動，而形成一組機構。

四連桿組的每一構件都可個別相互固定，如曲柄2固定，其他的構件運動；或連桿3固定，其他的構件運動；或搖桿4固定，其他的構件運動。

四連桿組是傳動機構中最基本、最常用的運動機構，為了其運動分析方便起見，常將圖1-10改由圖1-11的簡圖來代表（其符號可參看下一節的說明），用阿拉伯數字1、2、3、4分別代表固定件、曲柄、連桿、及搖桿。以中心線代



表固定件1；固定件1與曲柄2之連接以 Q_2 代表；固定件1與搖桿4之連接以 Q_4 代表；曲柄2與連桿3之連接以A代表，搖桿4與連桿3之連接以B代表。

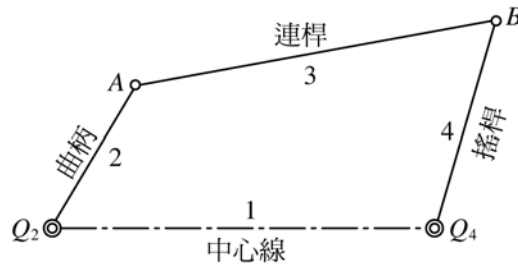


圖1-11

四連桿組在各種機械上應用得非常普遍，但它的形式，不是只有圖1-10一種而已，還有下列幾種形式會經常出現。

1. 圓弧形滑槽的四桿組

如圖1-12所示，在連桿的B端，是以活動銷連接一個弧狀的滑塊，當曲柄 Q_2A 繞著 Q_2 旋轉時，連桿上的滑塊只能沿著圓弧狀的槽內來回滑動，圓弧槽的曲率中心為 Q_4 ，因此，可以把 Q_4B 當作搖桿4，並以 Q_4 為圓心做圓周運動，而 Q_2Q_4 的中心線即代表固定件，而形成具有弧形槽之四連桿組。

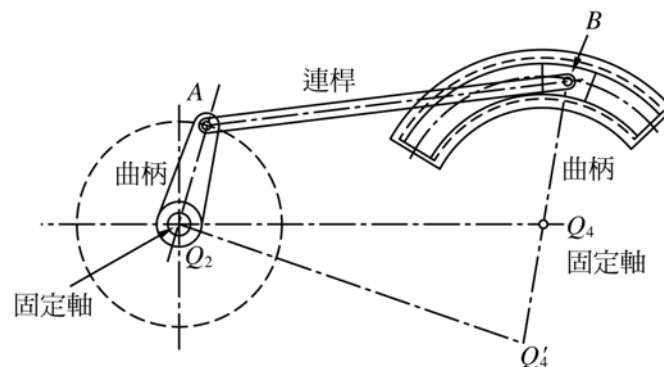


圖1-12

2. 直線滑槽式四連桿組

若將圖1-12之圓弧形槽的曲率減小，半徑加大至無限遠，則圓弧形滑槽變成一直線滑槽，如圖1-13所示。搖桿 Q_4B 的旋轉中心 Q_4 移至無限遠的 $Q_{4\infty}$ ，而與固定件之中心線 $Q_2Q_{4\infty}$ 平行，因此在直線滑槽式四連桿組中，將 Q_2A 稱為有限曲柄，而 $Q_{4\infty}B$ 稱為無限曲柄（搖桿）。

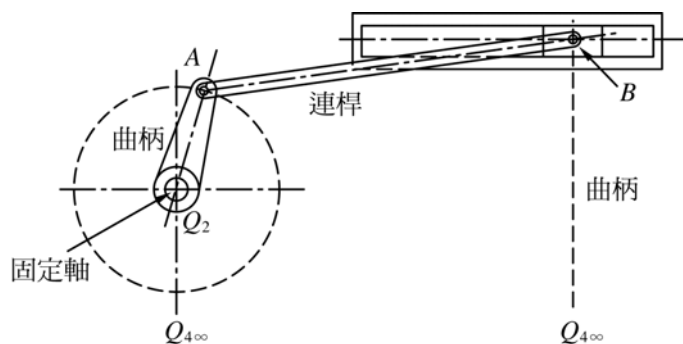


圖1-13

3. 滑槽中心線通過曲柄軸心之四連桿組

如圖1-14所示，這種四連桿組常用於各形的機械，如往復式蒸汽機、往復式的泵，往復式空壓機等，它是由曲柄軸、曲柄、連桿、十字接頭、活塞、汽缸、導槽等所組成的機構。

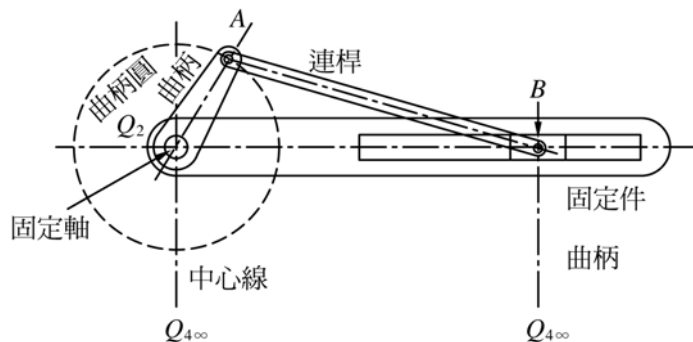


圖1-14

以上三種的四連桿組之搖桿運動，受到滑槽限制的滑塊運動，因此，常稱之為滑塊連桿組 (slider-crank mechanism)。

滑塊連桿組的機構線圖如圖1-15所示，它與圖1-11之四連桿組的線圖相似，只是把搖桿 Q_4B 的實線改為虛線或中心線，並且把 Q_2B 用中心線連接起來即可。

在機動學的課程裡各種機件的動作分析時，並不需要把整部的機械畫出來，只要用適當的線條圖代表其運動部分即可。

圖1-16為一部垂直式之三缸柱塞式泵的線圖，除了活門外，其他重要的部分都以線條簡略地畫出。若要分析泵的運動，亦可以圖1-15的方式，用滑塊連



桿組來表示，只是柱塞（滑塊）的動路為垂直方向，而非水平，而且只需分析一個柱塞，其他的只是相差 120° 的差別而已，形式都是相同的。

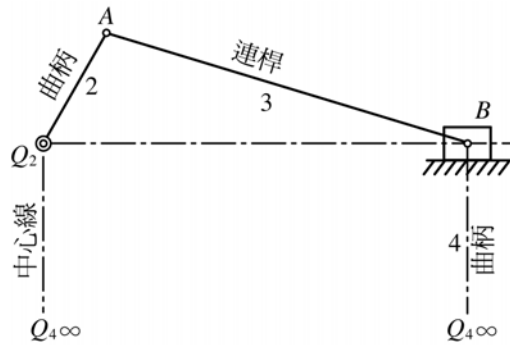


圖1-15

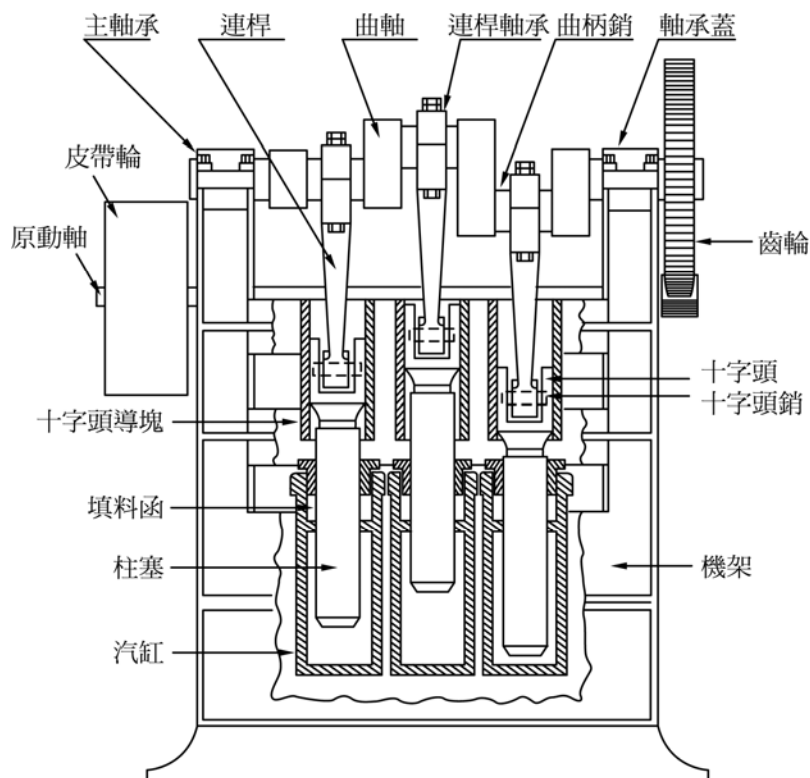


圖1-16

在各種往復式的機器中，柱塞（活塞）上、下死點的距離，亦即活塞的位移，稱為衝程（stroke）。汽缸的內徑為孔徑，因此，往復式機器的大小規格，常由衝程及孔徑的大小來表示。

例如有一50mm×80mm的汽油機，表示其汽缸之內徑為50mm，活塞之衝程為80mm，而其容積($\frac{\pi}{4}D^2 \times L$)即為排氣(水)量，或是c.c.數的代表。

另外連桿與曲柄的長度也經常以比值來表示，例如連桿曲柄的比值為3.5，設曲柄長度為40mm時，則連桿的長度即為40mm×3.5=140mm。

而衝程即為曲柄旋轉一周所形成之圓的直徑，換言之，曲柄長度的兩倍，就是衝程。

1-11 機構簡圖及常用符號



在機動學的課程裡分析各種機械之構件時，無論機件的大小、精細、粗糙、厚薄，也不管構件的斷面為方形、圓形、或矩形、工字形，統統都用線條的符號來代表，如此，則可在運動分析上方便得多。

在機動學作構件分析時，常用的各種符號如圖1-17及圖1-18所示。簡要說明如下：

圖1-17(a)是代表兩個機件以樞軸相連接時之樞接(pivoting)的符號，中間的小圓代表樞軸(pivot)，兩根短線代表兩支(構件)桿，兩支桿可以樞軸為中心各自擺動。

圖1-17(b)是代表一個軸及套於樞軸上的連桿構件，連桿可在樞軸上搖擺或轉動，圖中的小圓代表樞軸，外邊較大的圓及直線，代表可搖擺或轉動的桿。

圖1-17(c)則是一根粗短線代表一桿或一軸，或桿或軸為彎曲者，亦可將此線畫成曲線來代表。

圖1-17(d)是代表直的或彎曲的固定面或固定桿，它是在粗短線或曲線的一側畫上細的斜線來代表。

圖1-17(e)是代表一個固定導路(guide)，不管導路是方形、圓形或槽狀，在導路裡的小方塊，則是代表在導路裡滑動的滑塊。

圖1-17(f)是代表三根桿(構件)同時在一個樞軸上可作擺動或旋轉，三根桿亦可能不在同一平面上，其搖擺或旋轉的速度亦不盡相同。

圖1-17(g)是代表一根桿f上有一樞軸，而另一樞軸h則套在f的樞軸上，樞軸h可以圍繞著樞軸f做搖擺或旋轉運動。



圖1-17 (h) 是代表三根軸相交於一點，並且固定在一起而形成整體性的剛體，它們的運動是一致性的，與一根桿或一剛體的作用相同。

圖1-17 (i) 是代表由四支連桿組合成一個無相對運動的整件剛體，其運動也是一致性的，與四連桿組的線圖不同者，是在四連桿所形成之範圍內畫上細斜線。

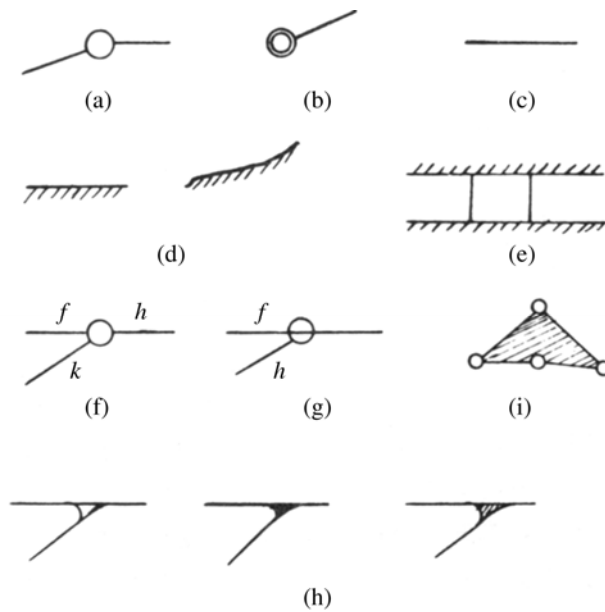


圖1-17

圖1-18是在許多機械的傳動上經常採用之齒輪與軸、齒輪與齒輪，或蝸桿與蝸輪的代表符號。

圖1-18 (a) 是代表直齒的平齒輪 (spur gear)、斜齒輪 (bevel gear)、內齒輪 (internal gear)、蝸輪 (worm gear) 及皮帶輪與軸的裝配成連動時的狀態。

圖1-18 (b) 是代表 (a) 圖之各輪在軸上鬆裝，能自由旋轉，但不能在軸向上移動。

圖1-18 (c) 是代表螺旋齒輪 (helical gear)、人字齒輪 (herringbone gear)、及螺旋斜齒輪 (helical bevel gear) 與軸裝定成連動時的狀態。

圖1-18 (d) 是代表 (c) 圖之各齒輪在軸上鬆裝的情形。

圖1-18 (e) 是代表各種齒輪鬆裝在軸上，可自由旋轉，而且可在軸向上移動。

圖1-18 (f) 是代表各種齒輪鬆裝在軸上，軸與輪間裝有滑鍵，透過滑鍵，輪可與軸同轉。

圖1-18 (g) 是代表塔輪與軸的組裝情形，由左至右分別代表固定、鬆裝、可左右滑動，及透過滑鍵輪與軸同轉。

圖1-18 (h) 由左至右分別代表互相鬆套的兩套管軸（左圖）裝有滑鍵的套管軸（中圖）、插入牆板的鬆裝軸，以及插入牆板的可擺動手把（右圖）。

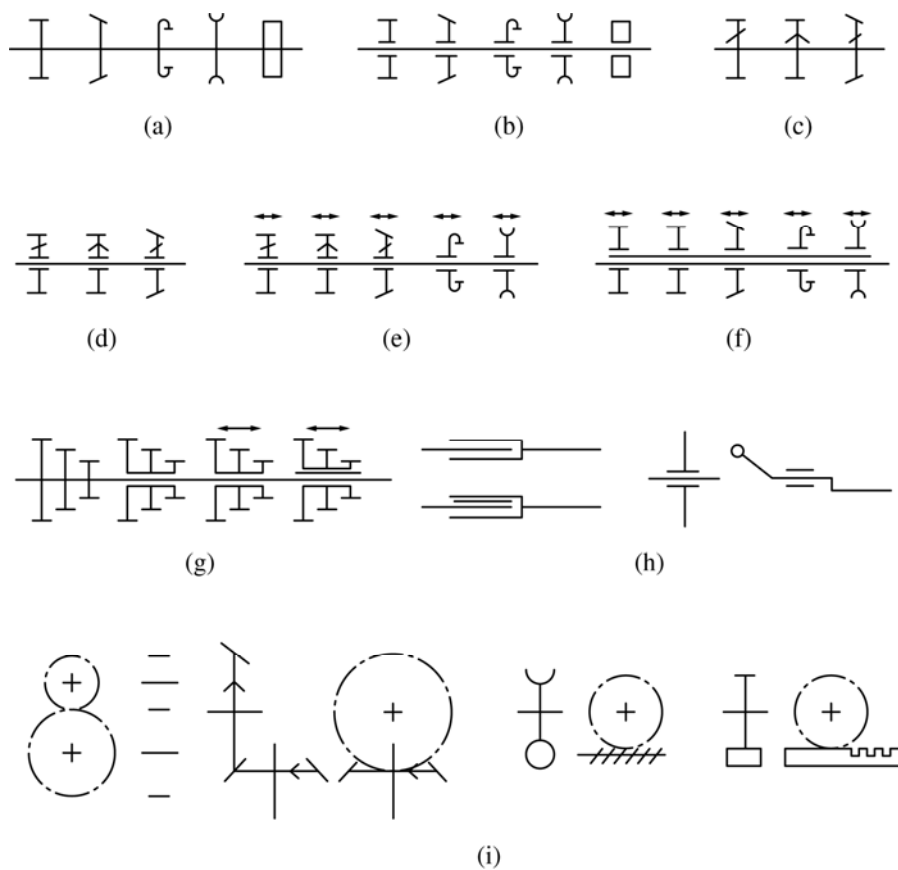


圖1-18

圖1-18 (i) 由左至右依次代表平齒輪的嚙合、斜齒輪的嚙合、蝸桿蝸輪的嚙合、齒條與小齒輪嚙合傳動的正視圖及側視圖符號。