

機構學講義

第一回

501100-1



社團法人 **考友社** 出版發行

第一講 概 論

◎ 命 題 重 點 ◎

一、運動學與動力學

機器在於能接受外來的能量，使機件間作確切運動。當然機件本身須有足夠的強度，以承受各種可能的外力，此常於材料科學、應用力學、材料力學等學門加以探討；但機件間的確切運動，則為機動學所研究的主題。

運動學（Kinematics）係研究機件間的相對運動，而不考慮影響或產生運動的方式或原因。因此運動學旨在以位置、位移、速度與加速度來描述機件間的運動特性。

動力學（Dynamics）係以牛頓第二運動定律為研究主題，考慮加速度與其所受外力間的關係。

二、機械與機構

機構（Mechanism）是多個機件的組合體，各機件之間作一特定且有規律的相對運動。如螺栓與螺帽，車床中的變換齒輪機構。

機械（Machinery）是多個機構的組合體，能傳達力量與運動而作功。如內燃機，發電機、車床。

結構（Structure）是多個機件的組合體，能承擔負荷，但機件間無相對運動，亦不作功。如屋架、橋樑。

三、自由度分析

一個機件在空間的自由度有六個，即 x 、 y 、 z 三個軸向平移運動加上三個軸向的轉動，如圖1-1所示。

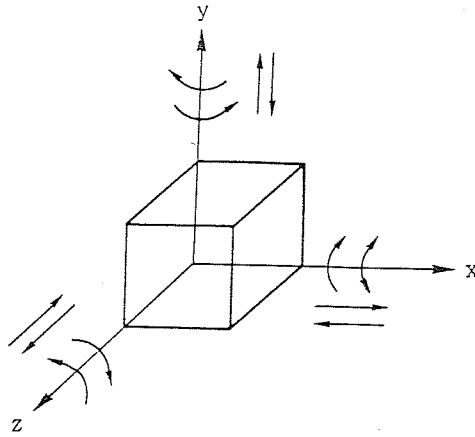


圖1-1 一剛體在空間的六個自由度

兩個機件彼此有相對運動，而成對偶，其自由度最多為五個，最少為一個。如圖1-2所示。

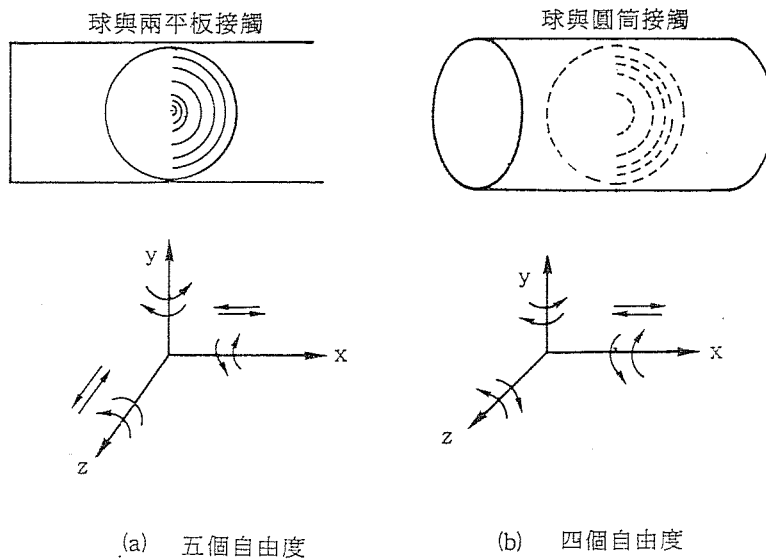
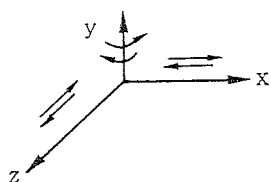
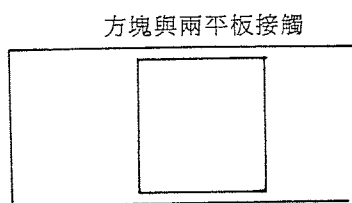
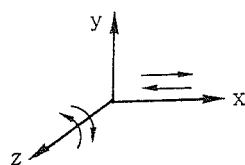
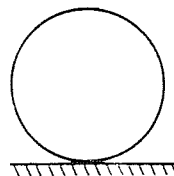


圖1-2



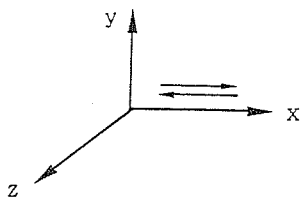
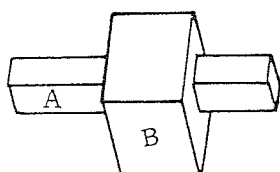
(c) 三個自由度

汽車輪子與地面接觸



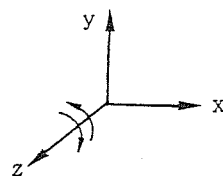
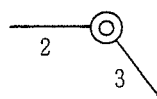
(d) 二個自由度 (包括滾動與滑動)

滑塊B與桿A的接觸



(e) 一個自由度

桿2與桿3利用銷接接觸



(f) 一個自由度

圖1-2 (續)

運動鏈的相對自由度；依運動鏈的對偶數及連桿數，利用寇茨巴氏（Kutzbach）提供下列判定式，來求出其相對自由度。

$$F = 3(N-1) - 2P_L - P_H$$

其中， F ：為運動鏈的相對自由度。

N ：為連桿數目。

P_L ：自由度為 1 的低對對偶數目。

P_H ：自由度為 2 的高對對偶數目。

注意：計算低對對偶數目 P_L 時，若接頭有兩根連桿，則對偶數目為 1；若接頭有三根連桿，則對偶數目為 2，其他依此類推，如圖 1-3。

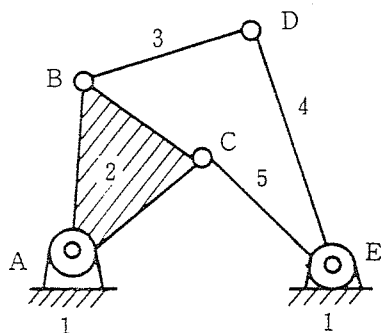


圖 1-3

接頭 A 的對偶數為 1，即 12

接頭 B 的對偶數為 1，即 23

接頭 C 的對偶數為 1，即 25

接頭 D 的對偶數為 1，即 34

接頭 E 的對偶數為 2，即 15 及 14

當運動鏈的相對自由度 F 為：

- (1) $F < 1$ 時，此運動鏈為呆鏈。
- (2) $F = 1$ 時，此運動鏈為拘束鏈。
- (3) $F > 1$ 時，此運動鏈為無拘束鏈。

運動鏈的 $F = 1$ 時，即表示將一根活動連桿作輸入，則可獲得它根活動連桿的確切輸出。運動鏈的 $F > 1$ 時，例如 $F = 2$ 即表示須將二根活動連桿作為輸入，才可獲得它根活動連桿的確切輸出。運動鏈的 $F < 1$ 時，即表示此為一結構，連桿間無法作相對運動。

平面運動機構，若僅由旋轉對組成，則 $F = 3(N-1) - 2P_L - P_H$ 式中， $P_H = 0$ （因為僅為旋轉對，其自由度為 1，屬於低對）。

$$\therefore F = 3(N-1) - 2P$$

當 $F < 1$ 時，即 $3(N-1) - 2P < 1$ ， $\therefore 3N - 3 - 1 < 2P$

$$\therefore P > \frac{3}{2}N - 2 \cdots \cdots \text{呆鏈（固定鏈）}$$

當 $F = 1$ 時，即 $3(N-1) - 2P = 1$ ， $\therefore 3N - 3 - 1 = 2P$

$$\therefore P = \frac{3}{2}N - 2 \cdots \cdots \text{拘束運動鏈}$$

當 $F > 1$ 時，即 $3(N-1) - 2P > 1$ ， $\therefore 3N - 3 - 1 > 2P$

$$\therefore P < \frac{3}{2}N - 2 \cdots \cdots \text{無拘束運動鏈}$$

此為另一常見的判定式，即葛式（Grubler）判定式。

（一）鏈的分類

鏈（Chain）：為三個以上的機件所組合而成的連桿裝置稱為鏈。有呆鏈、拘束運動鏈、無拘束運動鏈。

呆鏈（Locked chain or structure），由一些剛性物體組成，可以承受負載，但彼此間沒有任何相對運動，亦稱為結構或架構；圖1-4所示，連桿1、2、3間沒有任何相對運動，其自由度 $F < 1$ 。

拘束運動鏈（Constrained kinematic chain），各連桿間具有確切的相對運動，即連桿的運動軌跡可預測。圖1-5四連桿組即為拘束鏈，若連桿2為輸入桿，當連桿2轉動到位置2'時，則連桿3及4就一定到達3'及4'的位置。

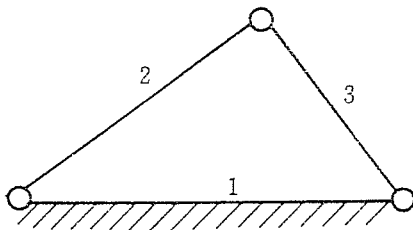


圖1-4 呆 鏈

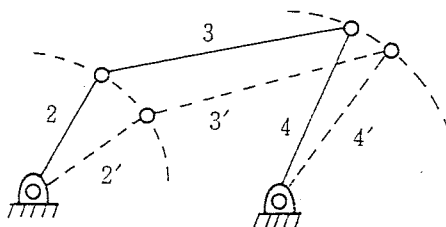


圖1-5 拘束鏈

無拘束鏈 (Unconstrained chain)，各連桿間傳動時，無確切的相對運動，即連桿的運動軌跡無法預測。如圖1-6五連桿組，若連桿2為輸入桿，當連桿2在所示的位置時，連桿3、4和5可在許多不同的位置，即無法預知其確切的位置。

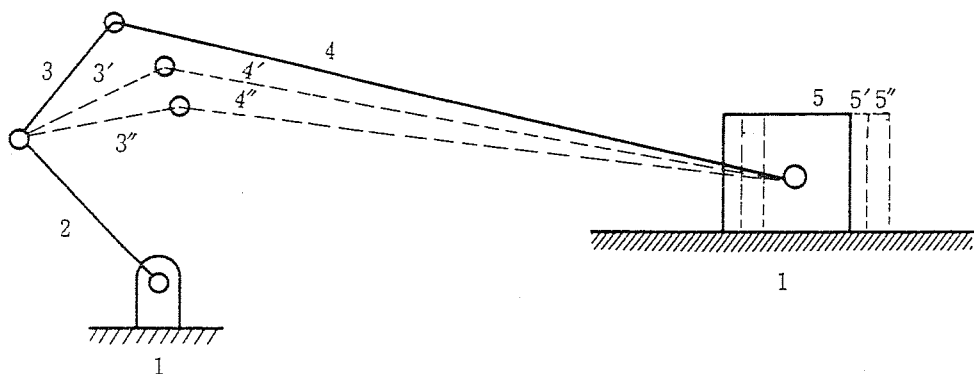


圖1-6 無拘束鏈

圖1-6中，自由度 $F = 2$ 表示若同時有二根連桿為輸入桿，就可獲得其它連桿的確切運動位置。

《注意》

因為寇茨巴氏提供的判定式 $F = 3(N - 1) - 2P_L - P_H$ ，該式在推導過程中，未考慮連桿長度與幾何關係，所以若遇到等長連桿、平行連桿或其他特殊幾何關係，會產生例外而導致自由度判定不正確。如圖1-7 (b) 實際該機構為拘束鏈，但確判定為呆鏈。圖1-7 (a) 實際為呆鏈，依判定式亦為呆鏈。

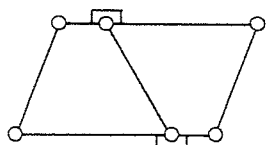


圖 1-7 (a)

$$N=5, P_L=6, P_H=0$$

$$F=0 \quad \therefore \text{此機構為呆鏈}$$

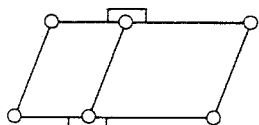


圖 1-7 (b)

$$N=5, P_L=6, P_H=0$$

$$\therefore F=0 \quad \text{此機構為呆鏈}$$

但此機構實際可確切運動，即該機構為拘束鏈

圖 1-7

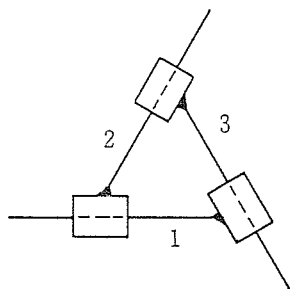
若遇到由滑行對所組成的封閉環如圖 1-8 (a)、(b)，則應改用下列寇氏的另一個自由度判定式：

$$F=2(N-1)-P_s$$

其中， F ：為封閉環滑行對的相對自由度

N ：為連桿數目

P_s ：為滑行對的數目

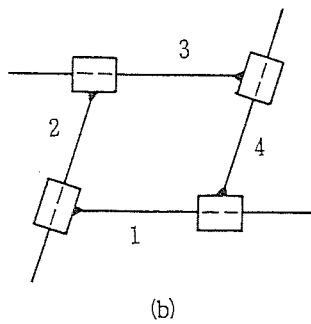


(a)

$$N=3$$

$$P_s=3$$

$$F=2 \times 2 - 3 = 1$$



$$N=4$$

$$P_s=4$$

$$F=2 \times 3 - 4 = 2$$

圖 1-8

四、拘束運動

凡連桿組中各桿間的運動有一確定的關係，即為拘束運動，如圖 1-9 (a)。若連桿 2 為輸入，當連桿 2 轉動到 2' 位置時，桿 3 必定在 3' 位置，且滑塊 4 亦必在 4' 位置。另圖 1-9 (b)，凸輪轉動到某個角度時，從動件的位置亦可確定，所以這種運動稱拘束運動。

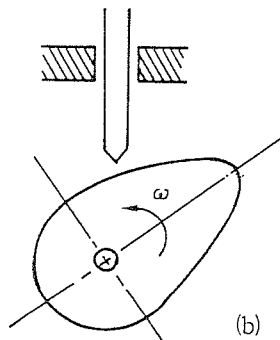
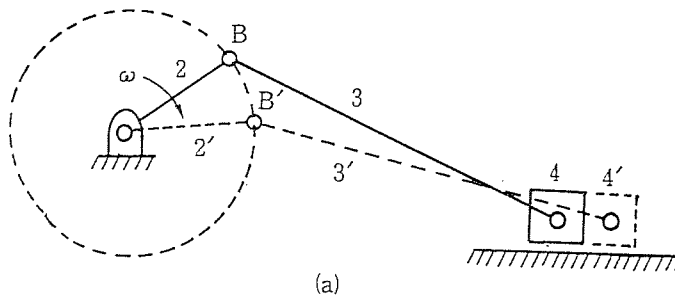


圖 1-9

五、機構運動圖

用圖 1-10(b) 的骨架圖來替代圖 1-10(a)，使機件運動的分析更為簡便，謂運動圖。圖 1-10(b) 所示，連桿 4 為活塞或叫滑塊其位移、速度、加速度與曲柄 2 和連桿 3 的長度與角度有關，而與桿之寬、厚皆無關，因此連桿的長度及角度須按比例繪出。

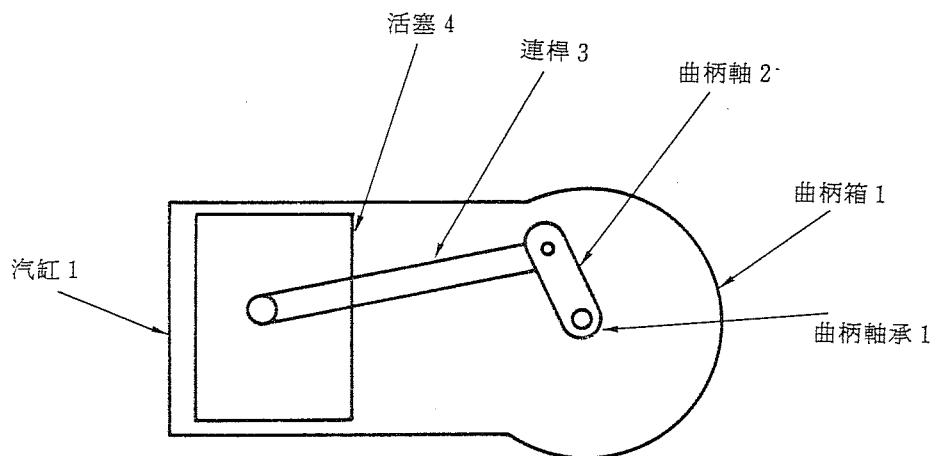


圖 1-10 (a) 內燃機簡圖

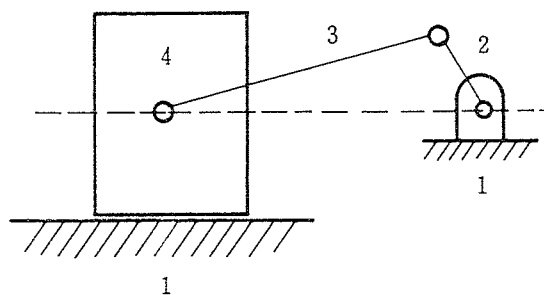


圖 1-11 (b) 運動圖

連桿 1 表示固定部份，如機架 (Frame)、曲柄軸承、汽缸壁等。連桿 2 表示曲柄 (Crank) 和曲柄軸 (Crank shaft)；連桿 3 表示聯結桿 (Connecting rod)；連桿 4 表示活塞 (Piston) 或滑塊 (Slider)。

為了易於分析，連桿均忽略其變形量，即視連桿為剛體。此外，圖 1-11 撓性傳動之皮帶輪或鏈條等在傳達張力時，亦將其視為剛性傳遞。圖 1-12 液壓機內的液體則視為不可壓縮。

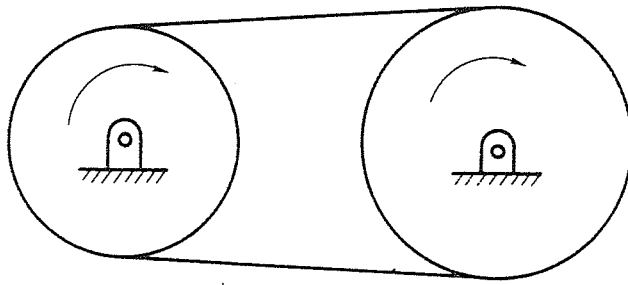


圖 1-11 皮帶輪

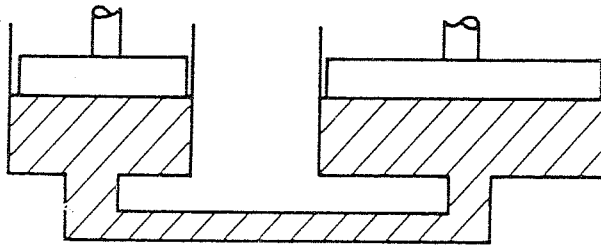


圖 1-12 液壓傳遞

六、對偶

兩機件相互接觸，彼此拘束，且沿一定的運動路徑運動者，即構成一對偶（Pairing），亦稱為運動對，可分為高對與低對。

高對：兩機件的傳動係以點或線接觸者，如摩擦輪、凸輪。

低對：兩機件的傳動係以面接觸者，如活塞與汽缸。

兩機件若面接觸，且自由度等於 1 者，才為低對，若面接觸，但自由度大於 1 者，亦為高對，如圖 1-13 所示。圖 1-13(a) 只有旋轉對，自由度是 1 為低對。圖 1-13(b) 有旋轉及滑動，故自由度是 2 為高對。