



Chapter

13

凸輪

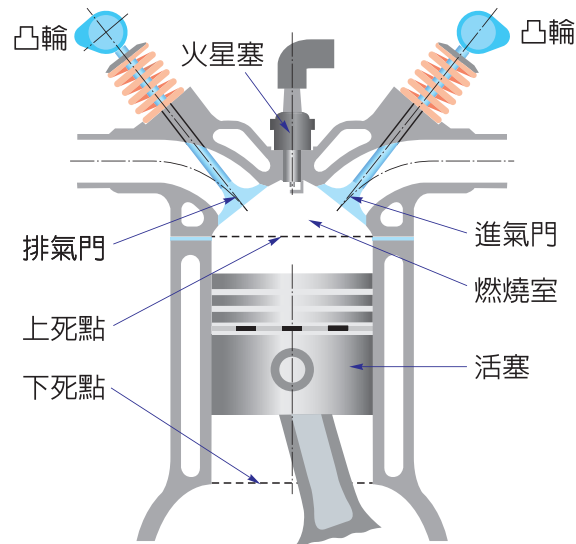
本章綱要

- 13-1 凸輪的用途
- 13-2 凸輪及從動件接觸方法
- 13-3 凸輪的種類
- 13-4 凸輪及從動件的運動
- 13-5 凸輪周緣設計

13-1 凸輪的用途

凡一平板、圓柱或其他物體之面上，具有曲線之周緣或曲線之凹槽，能藉其迴轉運動，使從動件產生可預期之連續或不連續的運動，此等機件稱為「凸輪」(cam)。

凸輪傳動是使從動件產生某種特定不規則運動之最簡捷而準確的方法。例如內燃機燃燒室之進、排氣閥門，需要一定的時間開啓或關閉，以供進氣或排氣，其閥門之開或關即是利用凸輪來控制。如圖 13-1 所示，為四行程內燃機，當活塞自上死點下行至下死點間，排氣門關、進氣門開，氣缸內產生部分真空，將汽油與空氣之混合氣體吸入氣缸內，此為「進氣行程」。進行「壓縮行程」時，進氣門與排氣門均關閉，活塞由下死點上行至上死點，將氣缸中之混合氣體壓縮。被壓縮之混合氣體經火星塞點火燃燒，產生爆炸壓力，將活塞自上死點推至下死點產生動力，此即「動力行程」，接著排氣門打開進行「排氣行程」。當混合氣體再度進入氣缸時即完成一循環，閥門的動作為上升及下降各一次，此種不等速、不連續的間歇運動可藉凸輪傳動來完成。



▲ 圖 13-1 凸輪用於控制進排氣閥門

在許多自動化或半自動化機械中，凸輪是不可缺少的機件。諸如自動車床、沖床、紡織機、印刷機、打字機、縫紉機等需要自動控制的部份，多係利用凸輪來傳動。

13-2 凸輪及從動件接觸方法

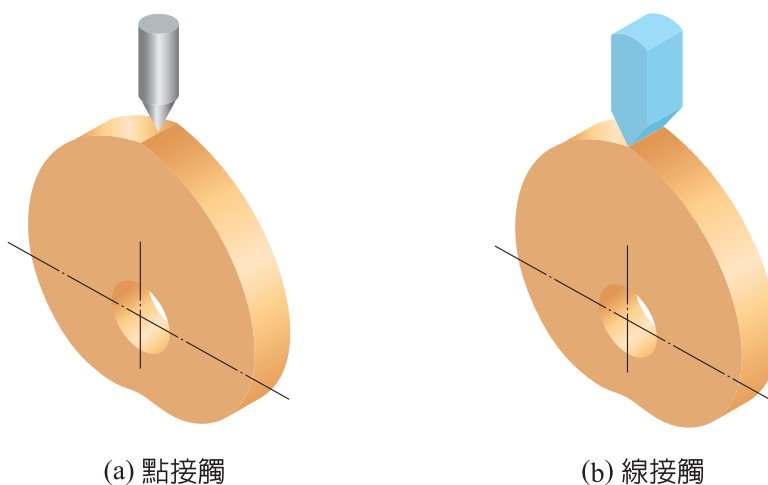
凸輪與從動件之接觸方法可分為滑動接觸與滾動接觸兩種。

1. 滑動接觸

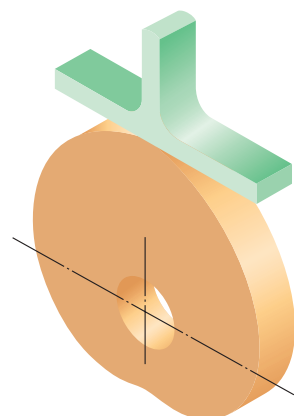
凸輪與從動件作滑動接觸時，其從動件通常為「尖端從動件」(pointed follower) 或「平板從動件」(flat flower)。如圖 13-2(a)(b) 所示為滑動接觸之尖端從動件，其摩擦阻力大，不適合高速傳動。圖 13-3 所示為平板從動件，從動件與凸輪之周緣曲線相切而成滑動接觸。此種接觸方式的凸輪，適用於從動件的升距小，且負載輕的傳動。

2. 滾動接觸

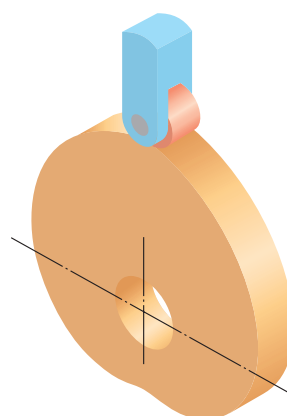
在從動件端裝上滾子 (roller)，成為「滾子從動件」(roller follower)，則凸輪與從動件之接觸為摩擦係數較小之滾動接觸，可減少磨損，適合較高速之傳動，如圖 13-4 所示。



▲ 圖 13-2 尖端從動件



▲ 圖 13-3 平板從動件



▲ 圖 13-4 滾子從動件

13-3 凸輪的種類

13-3-1 一般凸輪

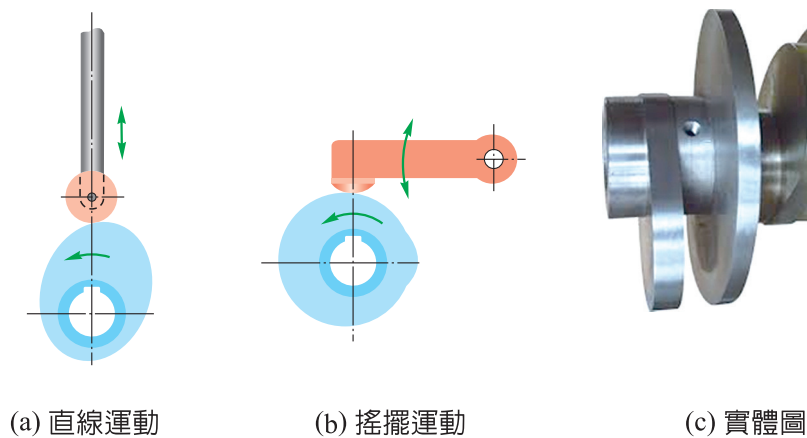
一般凸輪依形狀及構造不同，可分為「平面凸輪 (plane cam)」與「立體凸輪 (solid cam)」兩種。

一、平面凸輪

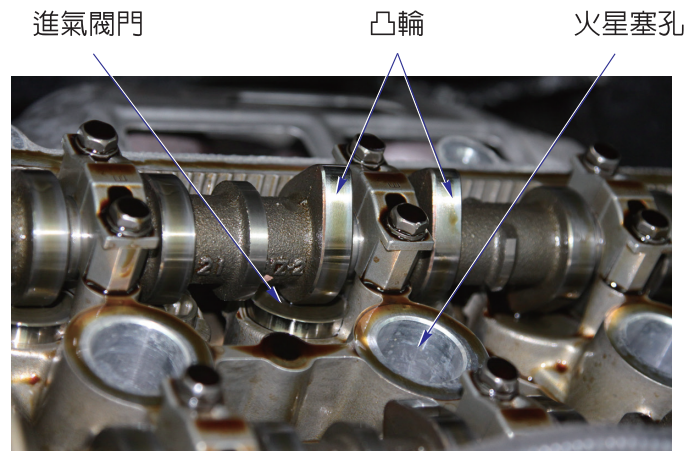
從動件上任一點相對於凸輪之動路 (path of motion) 為一平面曲線者。常見的平面凸輪有下列四種：

1. 平板凸輪 (plate cam)

或稱為「板形凸輪」，為具有周緣曲線之平板，當其繞固定軸旋轉時，能使從動件作直線往復運動或搖擺運動，如圖 13-5 所示。此種凸輪設計簡單，製造容易，其應用極為廣泛，例如內燃機引擎控制閥門啓閉的凸輪，即為平板凸輪，如圖 13-6 所示。

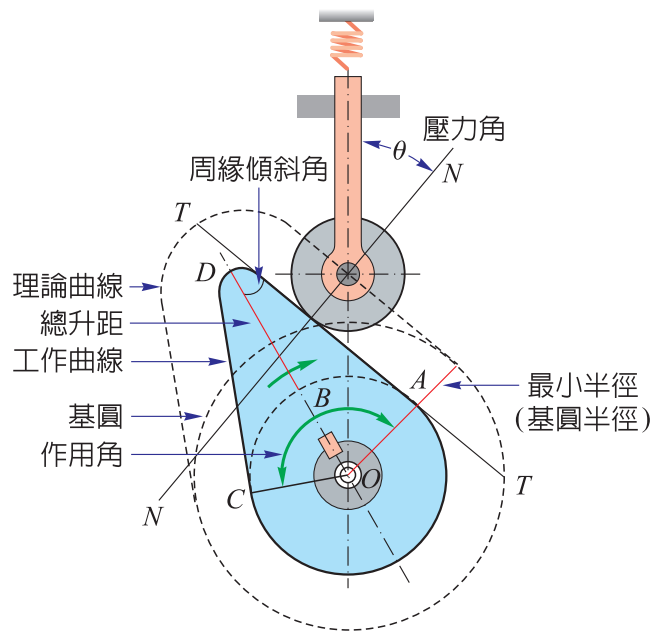


▲ 圖 13-5 平板凸輪



▲ 圖 13-6 平板凸輪的應用

如圖 13-7 所示為一板形凸輪，其各部名稱說明如下：



▲ 圖 13-7 板形凸輪

(1) 跡點 (trace point)

為凸輪從動件上的一點，其位置視從動件之型式而異。

- ① 尖端從動件：在尖端點。
- ② 滾子從動件：在滾子中心點。
- ③ 平板從動件：在平板底線與從動件運動方向線之交點。

(2) 基圓 (base circle)

以跡點距凸輪軸心之最短距離為半徑所畫得之圓，作為設計凸輪周緣的基礎，稱為「基圓」。

(3) 理論曲線 (theoretical curve)

從動件之跡點按照預期的運動，凸輪所應具有之假想曲線，又稱為「節曲線」(pitch curve)。滾子從動件之滾子中心或尖端從動件之尖端，沿凸輪周緣所畫出的路徑曲線，即為理論曲線，如圖 13-7 所示之環狀虛線部分。

(4) 工作曲線 (working curve)

即凸輪之實際外形曲線，又稱為「凸輪輪廓」(cam profile)，如圖 13-7 所示之曲線 ADCA。尖端從動件之凸輪，其工作曲線與理論曲線重合為一。

(5) 壓力角 (pressure angle)

凸輪與從動件接觸點之公法線與從動件運動方向間的夾角，稱為「壓力角」，如圖 13-7 所示之 θ 角。

(6) 作用角 (angle of action)

從動件自最低位置上升到最高位置，其間凸輪所轉過的角度，稱為「升角」，如圖 13-7 所示之 $\angle AOB$ ；反之，從動件自最高位置下降至最低位置，其間凸輪所轉過的角度，稱為「降角」，如圖 13-7 之 $\angle BOC$ 。升角與降角之和稱為「作用角」，即從動件上升和下降，其間凸輪所轉過的角度。

(7) 總升距 (total lift)

從動件最低位置與最高位置間之距離，稱為「總升距」。即凸輪最大半徑與最小半徑之差，如圖 13-7 所示之 \overline{BD} 。

(8) 急跳度 (jerk)

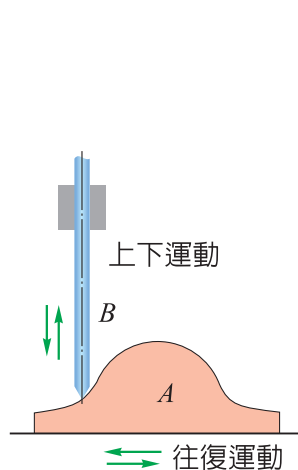
單位時間內加速度的變化量，稱為「急跳度」。急跳度是慣性力對時間變化的一種計量，可顯示負載衝擊特性。因此，急跳度大的凸輪，易使從動件產生振動、噪音及影響其使用壽命。

2. 平移凸輪 (translation cam)

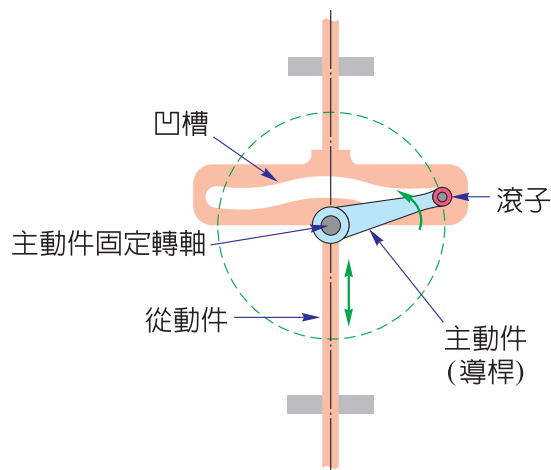
當平板凸輪的基圓半徑為無窮大時，稱為「平移凸輪」，如圖 13-8 所示。凸輪 A 左右移動，而從動件 B 則作上下往復運動。

3. 反凸輪 (inverse cam)

或稱為「倒置凸輪」，係將具有曲線周緣之凸輪作為從動件，而裝有滾子的導桿為主動件，滾子可在從動件之槽內運動，如圖 13-9 所示。此種凸輪應用於承受負載較輕之傳動。



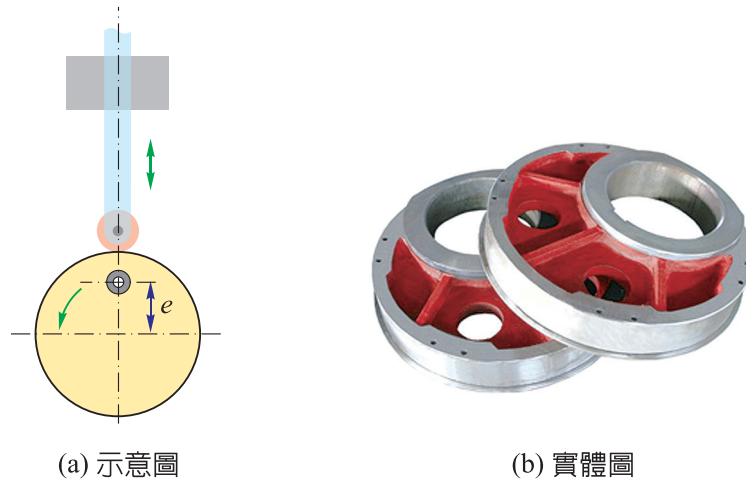
▲ 圖 13-8 平移凸輪



▲ 圖 13-9 反凸輪

4. 偏心凸輪 (eccentric cam)

此種凸輪的工作曲線為一圓，利用圓的偏心來達成凸輪的作用，如圖 13-10 所示。當凸輪等速迴轉時，從動件作簡諧運動，其總升距為凸輪偏心距的兩倍長。例如：偏心凸輪之偏心距為 5 cm，則總升距為 10 cm。



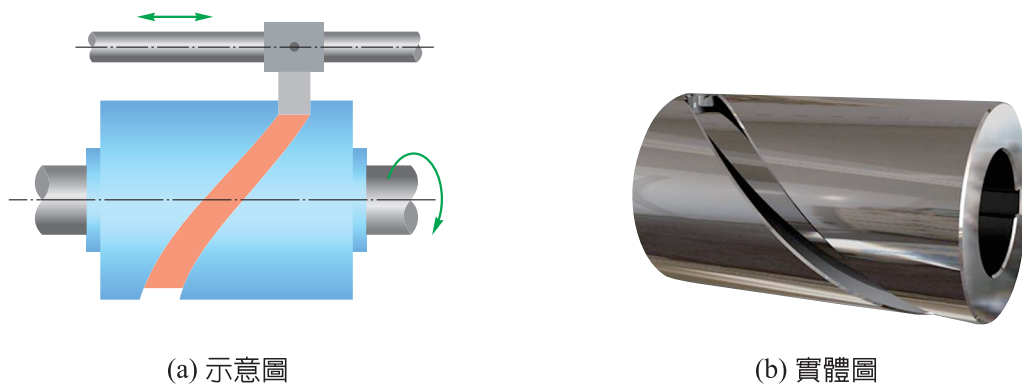
▲ 圖 13-10 偏心凸輪

二、立體凸輪

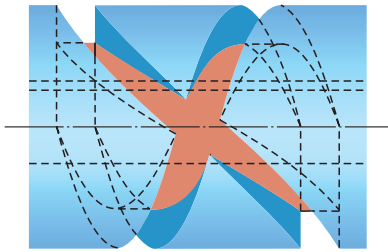
從動件上任一點相對於凸輪之動路為一空間曲線者。

1. 圓柱形凸輪 (cylindrical cam)

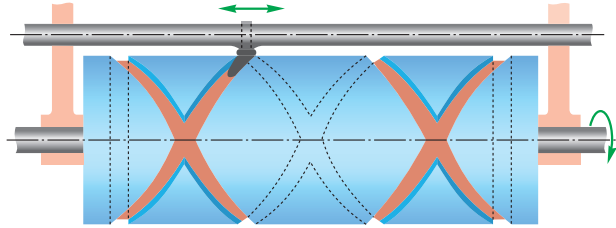
在圓柱體之表面製成曲線凹槽，從動件上有一凸出部份嵌入此凹槽內，當圓柱體迴轉時，從動件即沿軸線方向作往復運動，此即為「圓柱形凸輪」。若凸輪旋轉一圈，從動件即完成一運動循環者，稱為「單周圓柱形凸輪」(single-turn cylindrical cam)，如圖 13-11 所示；若凸輪旋轉兩圈，從動件始完成一運動循環者，稱為「雙周圓柱形凸輪」(double-turn cylindrical cam)，如圖 13-12 所示。通常雙周以上之凸輪，可稱為「多周圓柱形凸輪」(multiple-turn cylindrical cam)，圖 13-13 所示為「四周圓柱形凸輪」。



▲ 圖 13-11 單周圓柱形凸輪



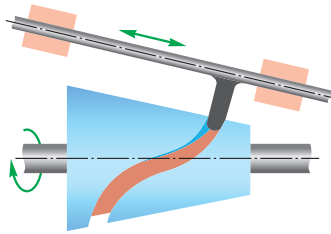
▲ 圖 13-12 雙周圓柱形凸輪



▲ 圖 13-13 四周圓柱形凸輪

2. 圓錐形凸輪 (conical cam)

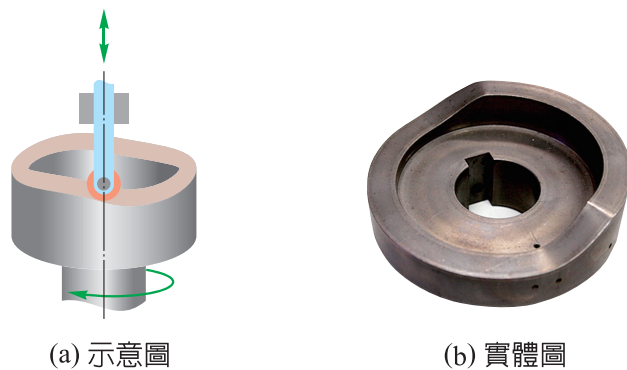
圓錐形凸輪如圖 13-14 所示。凸輪呈圓錐形，其從動件之運動方向與凸輪軸線相交成一角度。



▲ 圖 13-14 圓錐形凸輪

3. 端面凸輪 (end cam)

將圓柱體之一端製成特殊曲線形狀，當圓柱體旋轉時，從動件即作上下往復運動，如圖 13-15 所示。



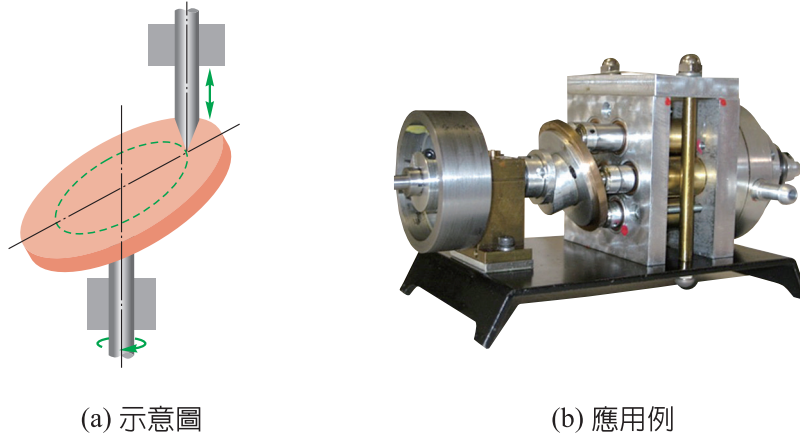
(a) 示意圖

(b) 實體圖

▲ 圖 13-15 端面凸輪

4. 斜盤凸輪 (swash plate cam)

如圖 13-16 所示，將圓盤傾斜安裝在轉軸上的凸輪，稱為「斜盤凸輪」，當轉軸等速度旋轉時，從動件作簡諧運動，其接觸點之動路為一橢圓。



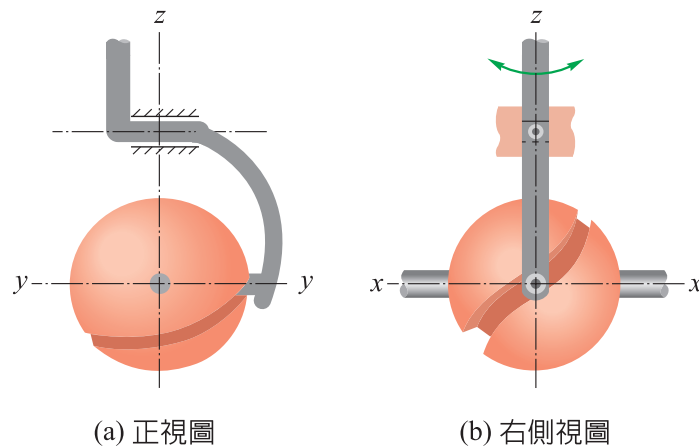
(a) 示意圖

(b) 應用例

▲ 圖 13-16 斜盤凸輪

5. 球形凸輪 (spherical cam)

在球體表面刻有曲線凹槽，從動件末端嵌入凹槽內，當凸輪迴轉時，從動件作搖擺運動，如圖 13-17 所示。



(a) 正視圖

(b) 右側視圖

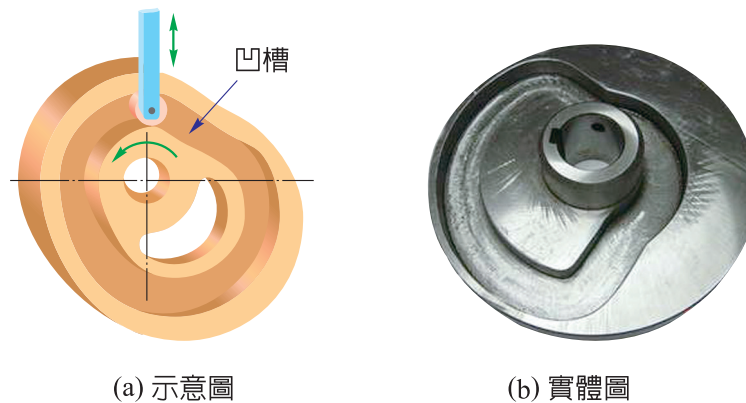
▲ 圖 13-17 球形凸輪

13-3-2 確動凸輪

凸輪在運轉時，不藉重力、彈簧力或其他外力作用，能使從動件回到其原來位置的凸輪，稱為「確動凸輪」(positive motion cam)。

1. 面凸輪 (face cam)

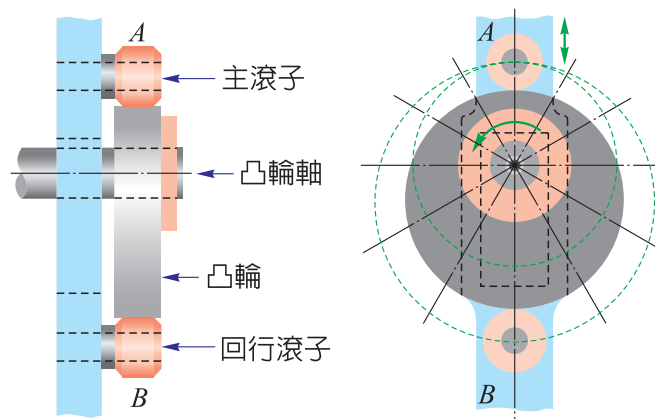
在平板之正面上，刻製曲線凹槽，槽寬與從動件之滾子直徑相同，滾子從動件嵌入槽溝內，與凸輪作相應之運動，如圖 13-18 所示。



▲ 圖 13-18 面凸輪

2. 等徑凸輪 (constant diameter cam)

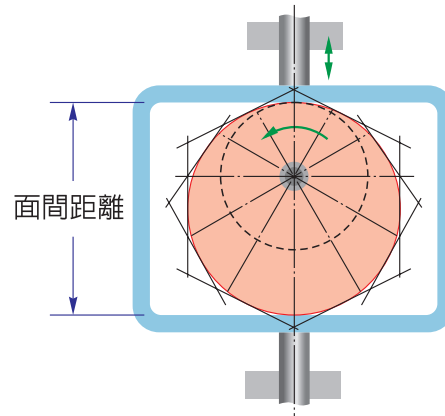
如圖 13-19 所示為一等徑凸輪，從動件上裝有兩個滾子，各在凸輪之上下端與凸輪周緣同時接觸，凸輪軸是穿過從動件的中空部分。當凸輪之作用及於滾子 *A* 時，從動件向上運動；當凸輪之作用及於滾子 *B* 時，從動件則向下運動。因通過凸輪軸心任意徑向線間之兩滾子中心距離恆為一定，故稱之為「等徑凸輪」。此種凸輪僅能設計 180° 之周緣曲線，另外 180° 之曲線必須由等徑的關係加以求得。



▲ 圖 13-19 等徑凸輪

3. 等寬凸輪 (constant breadth cam)

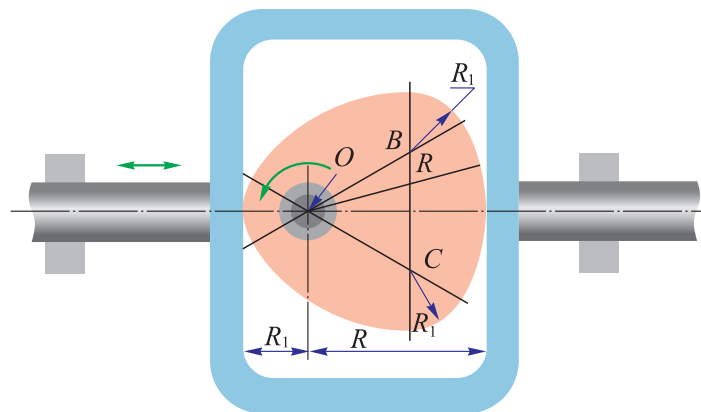
凸輪同時與兩個一體成形且相互平行的平板從動件接觸，如圖 13-20 所示，因凸輪工作曲線上任意兩平行切線間之距離皆相等，故稱之為「等寬凸輪」。此種凸輪之從動件的動作原理與等徑凸輪相同，其周緣曲線也只能設計 180° 的範圍。



▲ 圖 13-20 等寬凸輪

4. 三角凸輪 (triangular cam)

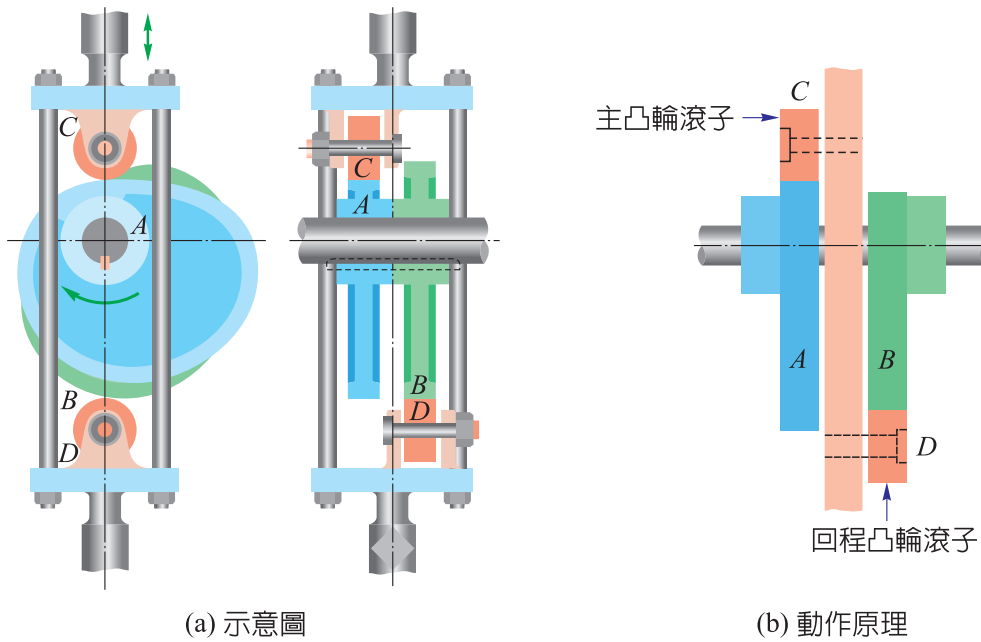
如圖 13-21 所示，分別以等邊三角形之三個頂點 O 、 B 、 C 為圓心，各以 R 與 R_1 為半徑，共畫出六段圓弧，即得三角凸輪之外形曲線。凸輪繞固定軸 O 旋轉時，從動件作往復運動。



▲ 圖 13-21 三角凸輪

5. 主凸輪與回凸輪 (main and return cam)

同一軸上裝有兩個凸輪，而從動件亦備有兩個滾子，分別與之接觸，此即為「主凸輪與回凸輪」，如圖 13-22(a) 所示。其動作原理如圖 13-22(b) 所示，主凸輪 *A* 與滾子 *C* 接觸，使從動件上升；回凸輪 *B* 與滾子 *D* 接觸，使從動件下降。如此從動件不藉外力作用，即能確實的作直線往復運動。



▲ 圖 13-22 主凸輪與回凸輪

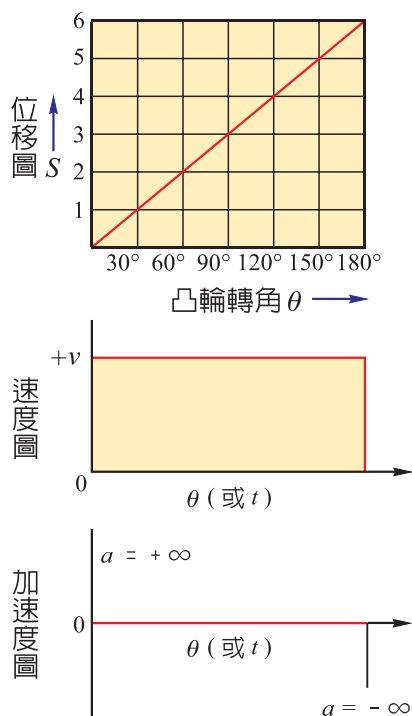
13-4 凸輪及從動件的運動

凸輪通常作等速圓周運動，而其從動件則因凸輪周緣形狀的不同，可得各種型態的運動方式，但一般常見的有「等速運動」、「修正等速運動」、「等加速及等減速運動」及「簡諧運動」等四種。

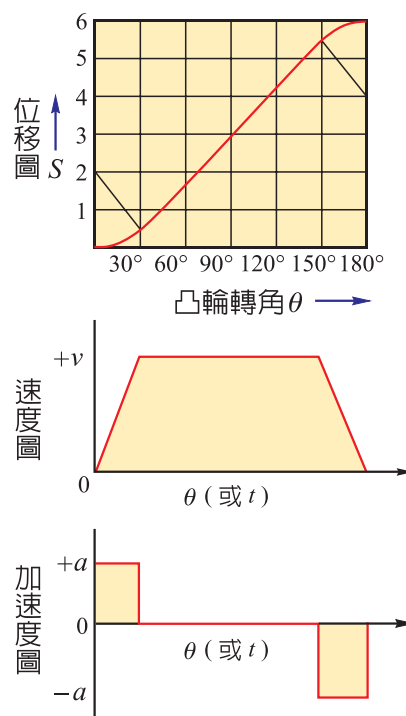
為便於瞭解上述四種運動之位移、速度及加速度對時間之關係變化，常繪製成位移圖、速度圖及加速度圖加以分析之。

1. 等速運動 (uniform motion)

所謂等速運動，是指當凸輪作等速迴轉時，其從動件在單位時間內上升或下降之位移皆相等。其位移圖呈斜直線，因速度為定值，故速度圖呈水平線，加速度則為零，如圖 13-23 所示。從動件在行程端點時，由於運動方向產生驟變，其瞬間加速度為無窮大，致使從動件產生陡震或衝擊，故僅適用於慢速傳動。



▲ 圖 13-23 等速運動



▲ 圖 13-24 修正等速運動

2. 修正等速運動 (modified uniform motion)

修正等速運動或稱為「變形等速運動」，其目的是為了改善等速運動在行程端點處所產生之急跳。如圖 13-24 所示，在行程開始後及終了前之一小段時間內，運動變為緩和，不致因慣性力過大而產生振動或衝擊。

3. 等加速及等減速運動 (uniform accelerated and retarded motion)

若 a 代表加速度， t 代表時間， V_0 代表初速，則等加速運動之位移方程式 S 為

$$S = V_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

設從動件初速為零，即 $V_0 = 0$ ，代入上式得

$$S = \frac{1}{2} a t^2$$

因加速度 a 為常數，故位移 (S) 與時間之平方 (t^2) 成正比，即

$$t = 1, S_1 = \frac{1}{2} a (1)^2 = \frac{1}{2} a$$

$$t = 2, S_2 = \frac{1}{2} a (2)^2 = \frac{4}{2} a$$

$$t = 3, S_3 = \frac{1}{2} a (3)^2 = \frac{9}{2} a$$

$$t = 4, S_4 = \frac{1}{2} a (4)^2 = \frac{16}{2} a$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots$$

由此可知，從動件每單位時間之位移 ΔS 分別為

$$\text{初始靜止狀態至第一單位時間：} \Delta S = \frac{1}{2} a$$

$$\text{第一單位時間至第二單位時間：} \Delta S = S_2 - S_1 = \frac{3}{2} a$$

$$\text{第二單位時間至第三單位時間：} \Delta S = S_3 - S_2 = \frac{5}{2} a$$

$$\text{第三單位時間至第四單位時間：} \Delta S = S_4 - S_3 = \frac{7}{2} a$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots$$

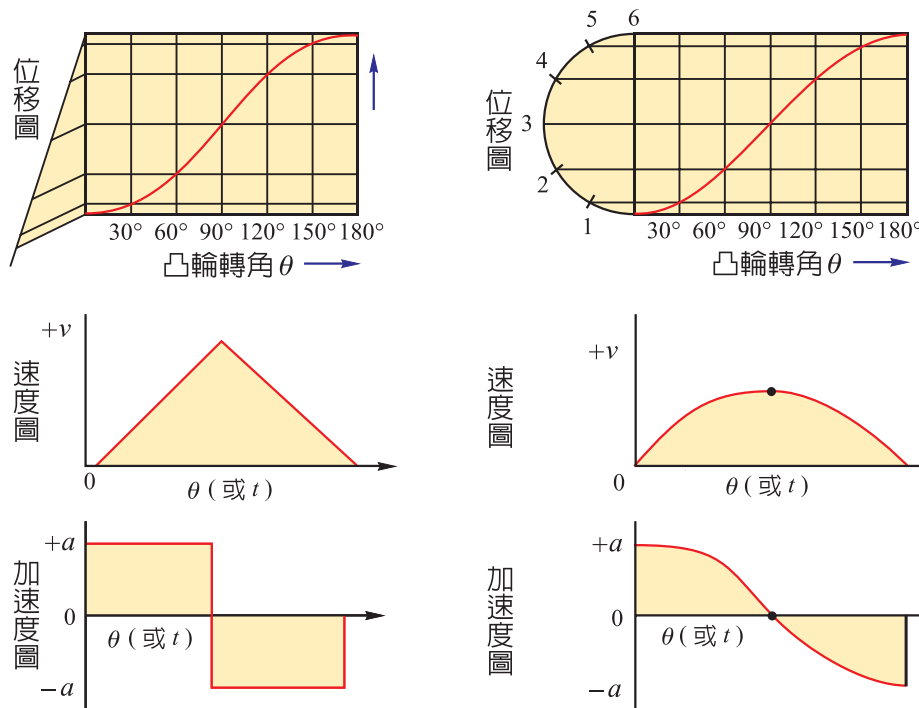
故從動件每單位時間內之位移比值為

$$\frac{1}{2} a : \frac{3}{2} a : \frac{5}{2} a : \frac{7}{2} a \cdots = 1 : 3 : 5 : 7 \cdots$$

因此，從動件作等加(減)速運動時，單位時間所行之位移成等差級數變化。其位移圖、速度圖與加速度圖如圖 13-25 所示，行程之前半段為等加速運動，後半段為等減速運動，其位移圖為一拋物線。速度圖則呈斜直線，開始運動後速度漸增，至中心點為最大後漸減，如此可減少慣性力，避免產生陡震。

4. 簡諧運動 (simple harmonic motion)

一動點作等速圓周運動，其投影在直徑上的往復直線運動，稱為「簡諧運動」。如圖 13-26，若以從動件的總升距為直徑畫一半圓，並將半圓弧分成若干等分，而橫座標也分成相同數之等分格(為方便說明起見，將位移圖上之半圓弧分為六等分，橫座標代表凸輪之轉角，亦分成六等分格，每格恰為 30°)，自半圓弧上之等分點作水平線與橫座標上的對應等分線相交，將交點連接而成圓滑曲線，即得簡諧運動之位移圖，為一餘弦函數曲線，若將位移圖之座標原點右移 90° ，則為正弦函數曲線，正弦曲線與餘弦曲線兩者波形相同，僅相位有差，其運動內容是一致的。由速度圖得知，在行程兩端點之速度最小，而在行程中心點之速度為最大。但加速度之絕對值在行程兩端點最大，在行程中心點則為最小。



▲ 圖 13-25 等加速及等減速運動

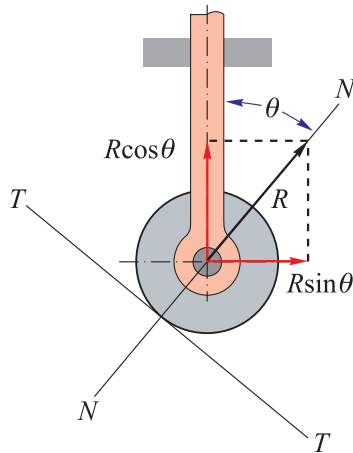
▲ 圖 13-26 簡諧運動

13-5 凸輪周緣設計

13-5-1 凸輪之周緣對側壓力與傳動速度的影響

凸輪之周緣形狀與從動件之總升距無關，但對側壓力及傳動速度則有很大的影響。

如圖 13-27 所示，當凸輪與從動件接觸時，凸輪沿接觸點之公法線 NN 方向施於從動件之力為 R ，此力可分解為垂直與水平方向之兩分力。垂直方向之分力為 $R \cos \theta$ (θ 為壓力角)，此為凸輪推動從動件上升之力；水平方向之分力為 $R \sin \theta$ ，此為凸輪對從動件之側壓力，即從動件與滑槽間之正壓力。當壓力角愈大時，則從動件之上升力變小，其側壓力反而愈大，如此會使從動件在滑槽內之摩擦阻力增加，更使接觸部份之磨耗加劇。故就側壓力而言，凸輪之壓力角以較小為宜。



▲ 圖 13-27 平板凸輪施力於從動件的情形

如圖 13-7 所示， AD 相對於 OD 的夾角，稱為「周緣傾斜角」。壓力角的大小，因周緣傾斜角而異，當周緣傾斜角增大時，則壓力角會變小，使側壓力減輕，故就側壓力而言，凸輪之周緣傾斜角以較大為宜。

若總升距與升角不變時，周緣傾斜角愈小的凸輪，其外形曲線愈陡直，在相同時間內與從動件所行之距離較大，故傳動速度較快；反之，周緣傾斜角愈大的凸輪，其傳動速度愈慢。故就傳動速度而言，凸輪之周緣傾斜角宜小不宜大。

在相同之總升距與升角情況下，若增大基圓半徑時，周緣傾斜角會變大。但基圓增大，凸輪的體積也會增加，製造變困難且嫌笨重。

13-5-2 凸輪之周緣設計

凸輪周緣的設計，必須包含下列條件：

- (1) 基圓大小
- (2) 從動件之總升距
- (3) 凸輪軸迴轉方向
- (4) 從動件運動型式
- (5) 從動件位置：偏心與否或偏心距離。
- (6) 從動件種類：若為滾子從動件，還需註明滾子直徑大小。

有關凸輪周緣設計的步驟及方法，舉例說明如下。

例題 13-1

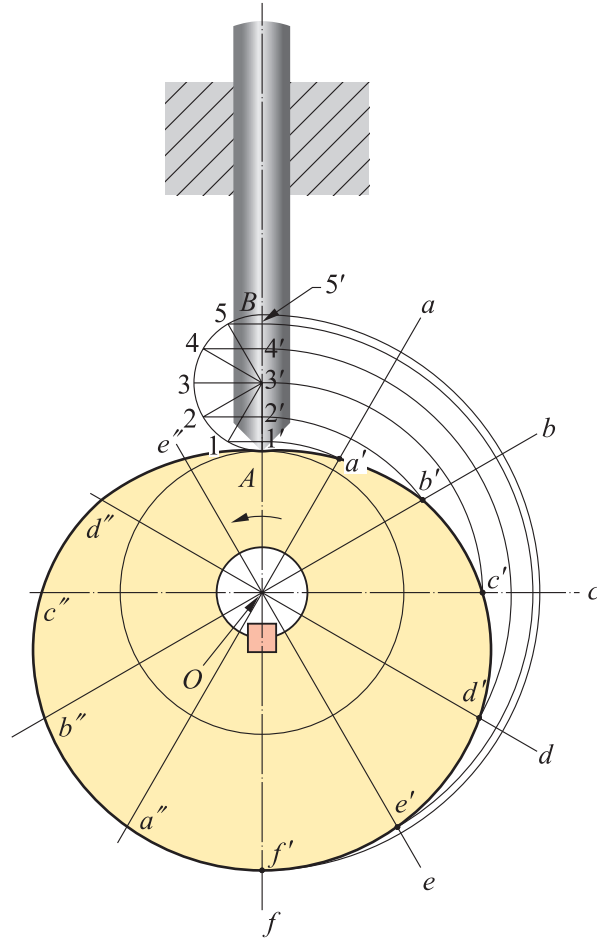
一板形凸輪，已知其從動件為尖端形，位於凸輪軸之正上方，基圓直徑為 30 mm，總升距為 20 mm，當凸輪反時針方向旋轉半周時，從動件以簡諧運動上升至最高位置，凸輪再轉半周時，從動件復作簡諧運動至最低點，試設計此凸輪之外形曲線。

解

作圖之方法與步驟如圖 13-28 所示。

- (1) 設凸輪軸心為 O ，從動件最低位置為 A ，最高位置為 B 。
- (2) 以 O 為圓心，取 $OA = 15 \text{ mm}$ 為半徑畫一基圓。
- (3) 將半個基圓分為六等分，為求精確可作更多之等分，等分線依次為 oa 、 ob 、 oc 、 od 、 oe 、 of 。
- (4) 以總升距 AB 為直徑畫一半圓，將半圓弧分成六等分，等分點依次為 1、2、3、4、5、 B 。再將各等分點水平投影至 AB 上，其交點分別為 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 、 $5'$ 、 B 。
- (5) 以 O 為圓心， $O1'$ 為半徑作圓弧，與等分線 oa 交於 a' 點。同法，以 O 為圓心，分別以 $O2'$ 、 $O3'$ 、 $O4'$ 、 $O5'$ 、 OB 為半徑作圓弧，各與等分線 ob 、 oc 、 od 、 oe 、 of 交於 b' 、 c' 、 d' 、 e' 、 f' 點。
- (6) 連接 A 、 a' 、 b' 、 c' 、 d' 、 e' 、 f' 諸點成一圓滑曲線，即為此凸輪前半周之外形曲線。

- (7) 後半周從動件作簡諧運動下降，運動情形與上半周恰好相反，故凸輪形狀為對稱。依同法，作出 a'' 、 b'' 、 c'' 、 d'' 、 e'' 、 A 各點，再連接成圓滑曲線，即得後半周之凸輪外形曲線。



▲ 圖 13-28

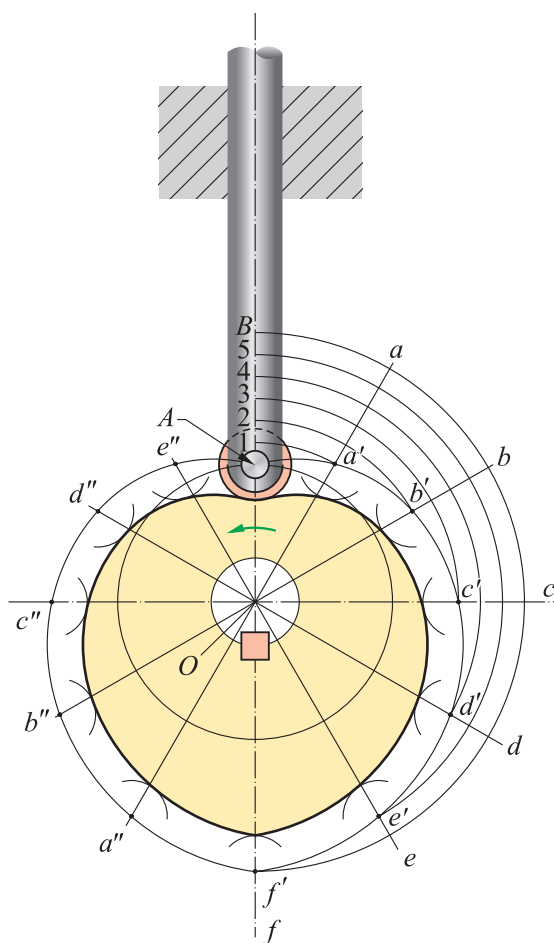
例題 13-2

試繪一板形凸輪之外形曲線，其從動件為滾子形，滾子中心在凸輪軸心之正上方，且滾子直徑為 10 mm，基圓直徑為 30 mm，總升距為 20 mm，當凸輪以反時針方向作等角速旋轉時，前半周從動件等速上升，後半周從動件等速下降。

解

作圖之方法與步驟如圖 13-29 所示。

- (1) 設凸輪軸心為 O ， AB 為總升距， A 為滾子中心。
- (2) 以 O 為圓心，取 $OA = 15\text{ mm}$ 為半徑畫一基圓。
- (3) 將半個基圓分為六等分，等分線依次為 oa 、 ob 、 oc 、 od 、 oe 、 of 。
- (4) 總升距 AB 之長度亦分為六等分，各分點依次為 1、2、3、4、5、 B 。



▲ 圖 13-29



110

- (5) 以 O 為圓心，分別以 O_1 、 O_2 、 O_3 、 O_4 、 O_5 、 OB 為半徑作圓弧，各與等分線 oa 、 ob 、 oc 、 od 、 oe 、 of 交於 a' 、 b' 、 c' 、 d' 、 e' 、 f' 點。
- (6) 連接 A 、 a' 、 b' 、 c' 、 d' 、 e' 、 f' 諸點成一圓滑曲線，此為凸輪前半周之理論曲線。後半周之理論曲線，可依上述方法求得。
- (7) 以理論曲線上各點為圓心及滾子的半徑為半徑畫圓弧。
- (8) 作一圓滑曲線與各小圓弧相切，即得凸輪之工作曲線，亦即凸輪之輪廓曲線。

一、凸輪及從動件接觸方法

1. 滑動接觸 (尖端從動件、平板從動件)
2. 滾動接觸 (滾子從動件)

二、凸輪的種類

1. 一般凸輪
 - (1) 平面凸輪
 - ① 平板凸輪：凸輪軸與從動件運動方向垂直 (例：內燃機控制進排氣閥門之凸輪)。
 - ② 平移凸輪：凸輪作往復運動。
 - ③ 反凸輪：倒置凸輪。
 - ④ 偏心凸輪：從動件作簡諧運動。
 - (2) 立體凸輪
 - ① 圓柱形凸輪：凸輪軸與從動件運動方向平行。
 - ② 圓錐形凸輪：凸輪軸與從動件運動方向成一夾角。
 - ③ 端面凸輪：凸輪軸與從動件運動方向平行。
 - ④ 斜盤凸輪：從動件作簡諧運動。
 - ⑤ 球形凸輪：從動件作搖擺運動。
2. 確動凸輪：從動件不藉外力即能回復原位的凸輪。
 - (1) 面凸輪。
 - (2) 等徑凸輪。
 - (3) 等寬凸輪。
 - (4) 三角凸輪。
 - (5) 主凸輪與回凸輪。

三、凸輪及從動件的運動

1. 等速運動
 - (1) 位移圖為一斜直線。
 - (2) 適用於慢速傳動。
 - (3) 行程端點振動不平穩。

重點整理

2. 修正 (變形) 等速運動
3. 等加 (減) 速運動
 - (1) 位移隨時間成等差級數增減。
 - (2) 位移圖為一拋物線。
 - (3) 速度圖為斜直線。
4. 簡諧運動
 - (1) 位移圖為一餘弦函數曲線 (或正弦函數曲線) 。
 - (2) 在行程中心點：速度最大，加速度最小。
 - (3) 在行程兩端點：加速度最大，速度最小。

四、凸輪周緣設計

1. 重要術語
 - (1) 工作曲線：輪廓曲線。
 - (2) 理論曲線：滾子中心繞行凸輪周緣之軌跡線。
 - (3) 基圓：跡點距凸輪中心之最短距離為半徑所畫得的圓。
 - (4) 壓力角：接觸點之公法線與從動件運動方向間之夾角。
 - (5) 急跳度：單位時間內加速度之改變量。
2. 凸輪周緣設計的條件
 - (1) 基圓大小
 - (2) 總升距
 - (3) 凸輪軸迴轉方向
 - (4) 從動件運動型式
 - (5) 從動件位置
 - (6) 從動件種類

一、選擇題

- 13-1 () 1. 下列有關凸輪機構之敘述，何者錯誤？ (A) 凸輪機構中，凸輪大多為主動件，並以直接接觸方式驅動從動件產生預期之週期性運動 (B) 凸輪之節曲線為一假想的理論曲線 (C) 反凸輪是一種具有曲線外形，且作為從動件之機件 (D) 對往復直線運動之滾子從動件的平板凸輪，其壓力角越大則作用在從動件之有效推力越大。
- () 2. 使從動件產生預期的不規則運動，最簡捷的方法為使用 (A) 連桿 (B) 斜齒輪 (C) 凸輪 (D) 摩擦輪。
- 13-2 () 3. 下列何種從動件的磨耗最大？ (A) 尖端從動件 (B) 平板從動件 (C) 滾子從動件 (D) 特種從動件。
- 13-3 () 4. 圓形凸輪，若軸心恰為圓心時，則其從動件 (A) 作變速運動 (B) 作變加速運動 (C) 作簡諧運動 (D) 靜止不動。
- () 5. 以跡點距凸輪中心之最短距離為半徑所畫得的圓，通常作為設計凸輪周緣的基礎是 (A) 基圓 (B) 節圓 (C) 工作曲線 (D) 理論曲線。
- () 6. 凸輪從動件總升距等於 (A) 凸輪最大半徑與最小半徑之差 (B) 凸輪最大半徑與最小半徑之和 (C) 凸輪最大半徑與最小半徑之相乘積 (D) 凸輪最大半徑與最小半徑之平均值。
- () 7. 以從動件滾子中心，沿凸輪周緣所畫出的路徑曲線，叫作 (A) 理論曲線 (B) 工作曲線 (C) 漸開線 (D) 擺線。
- () 8. 凸輪與從動件接觸點之公法線與從動件運動方向間之夾角，稱為 (A) 壓力角 (B) 作用角 (C) 傾斜角 (D) 摩擦角。
- () 9. 一偏心凸輪之偏心距為 10 cm，則從動件之總升距為多少 cm？ (A) 20 (B) 10 (C) 5 (D) 40。
- () 10. 不借重力、彈簧力或其他外力作用而使從動件回原位的凸輪，稱為 (A) 反凸輪 (B) 圓柱形凸輪 (C) 圓錐形凸輪 (D) 確動凸輪。
- () 11. 若從動件之動向與凸輪軸線垂直，則此凸輪為 (A) 平移凸輪 (B) 圓錐形凸輪 (C) 圓柱形凸輪 (D) 板形凸輪。
- () 12. 凸輪之急跳度定義為單位時間內何者之變化量？ (A) 升角 (B) 速度 (C) 加速度 (D) 位移。

學後評量

- () 13. 一個偏心輪，會使從動件作 (A) 等速運動 (B) 等加速運動 (C) 簡諧運動 (D) 靜止不動。
- () 14. 下列何者屬於確動凸輪？ (A) 平板凸輪 (B) 平移凸輪 (C) 斜盤凸輪 (D) 等徑凸輪。
- () 15. 下列有關凸輪機構之敘述，何者不正確？ (A) 球形凸輪會使從動件作搖擺運動 (B) 尖端從動件之凸輪其工作曲線與理論曲線合而為一 (C) 若凸輪從動件之位移為 S ，時間為 t ，則 $S = 5t$ 表示作等加速運動 (D) 等寬凸輪設計時只能設定半周的工作曲線，而另半周之工作曲線，必須由前者決定。
- 13-4 () 16. 凸輪之從動件作簡諧運動時 (A) 在行程兩端的速度最大 (B) 在行程的中心點加速度最大 (C) 在行程的兩端點會振動不平穩 (D) 在行程的中心點速度最大。
- () 17. 若凸輪之位移圖為一餘弦曲線，則從動件作 (A) 等速運動 (B) 等加速度運動 (C) 簡諧運動 (D) 修正等速運動。
- () 18. 凸輪之從動件作等加速運動，其位移與時間成 (A) 等差級數 (B) 等比級數 (C) 調和級數 (D) 比例中項。
- 13-5 () 19. 凸輪之基圓愈大則 (A) 壓力角愈大 (B) 摩擦損失愈小 (C) 周緣傾斜角變小 (D) 傳動速率愈大。
- () 20. 一平面凸輪驅動滾子從動件作直線運動，若壓力角變小，則從動件下列敘述何者正確？ (A) 直線運動方向推力變小，摩擦力變小 (B) 直線運動方向推力變小，摩擦力變大 (C) 直線運動方向推力變大，摩擦力變小 (D) 直線運動方向推力變大，摩擦力變大。

二、填充題

- 13-2 1. 常用的凸輪從動件有_____、_____與平板從動件。
- 13-3 2. 一般汽車引擎上控制氣閥啓閉的凸輪是_____。
3. 所謂平移凸輪是指凸輪作_____運動。
4. 當斜盤凸輪的轉軸作等速旋轉時，其從動件作_____運動。
5. 常用的確動凸輪有面凸輪、_____、_____、_____、_____等。

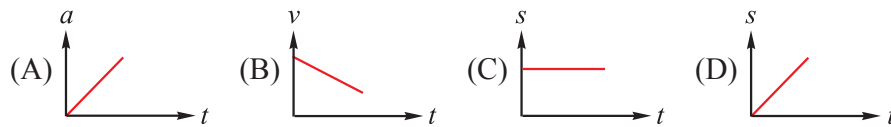
6. 滾子從動件之滾子中心或尖端從動件之尖端，沿凸輪周緣所畫出的路徑曲線，稱為_____。
7. 凸輪之升角與降角之和，稱為_____。
- 13-4 8. 凸輪從動件之位移圖為斜直線時，從動件作_____運動；為拋物線時，從動件作_____運動；若為水平線時，則從動件_____。
9. 一動點作等速圓周運動，其投影在直徑上的往復直線運動，稱為_____。
- 13-5 10. 若 R 為凸輪沿接觸點公法線方向施於從動件之作用力， θ 為壓力角，則從動件之上升力為_____，側壓力為_____。

三、問答題

- 13-2 1. 凸輪與從動件的接觸方法有哪些？
- 13-3 2. 何謂確動凸輪？何謂反凸輪？
- 13-5 3. 凸輪的周緣對側壓力與傳動速度的影響如何？
4. 凸輪周緣的設計，必須包括哪些條件？

四、情境題

1. 下列有4種圖形，若 a 軸代表加速度， v 軸代表速度， s 軸代表位移， t 軸代表時間，則
- (1) 何者屬於等速運動？
- (2) 何者屬於等加速運動？



2. 以下有 10 種凸輪：
- (A) 平板凸輪 (B) 等寬凸輪 (C) 球形凸輪 (D) 圓柱形凸輪 (E) 等徑凸輪
 (F) 平移凸輪 (G) 三角凸輪 (H) 斜盤凸輪 (I) 偏心凸輪 (J) 圓錐形凸輪
- (1) 何者屬於確動凸輪？
- (2) 何者屬於平面凸輪？
- (3) 何者屬於立體凸輪？

