

電腦輔助機械製圖能力本位訓練教材 凸輪繪製及標示法

編號：PMT-CAD0711

編著者：黃泰翔

審稿者：康鳳梅、朱鳳傳

主辦單位：行政院勞工委員會職業訓練局

研製單位：中華民國職業訓練研究發展中心

印製日期：九十年十二月

單元 PMT-CAD0711 學習指引

當你學習本單元前，你必須對正投影原理、剖視圖、尺度標註、表面符號、公差配合、幾何公差、材料皆有足夠的了解，假如你能勝任上列單元，請翻到下一頁開始學習本單元，假如自認無法勝任，則接按下列之指示進行學習：

- (1) 你對上列技能全部無法了解，請將本教材放回原位，並取出編號 PMT-CAD0201 教材開始學習，或請教你的老師。
- (2) 你會正投影理，而不會其他的，則請從編號 PMT-CAD0401 教材開始學習，或請教你的老師。
- (3) 你會正投影原理、剖視圖、而不會其他的，則請從編號 PMT-CAD0602 教材開始學習，或請教你的老師。
- (4) 你會正投影原理、剖視圖、尺度標註，而不會其他，則請從編號 PMT-CAD0606 教材開始學習，或請教你的老師。
- (5) 你會正投影原理、剖視圖、尺度標註、表面符號，而不會其他的，則請從編號 PMT-CAD0607 教材開始學習，或請教你的老師。
- (6) 你會正投影原理、剖視圖、尺度標註、表面符號、公差配合，而不會其他的，則請從編號 PMT-CAD0608 教材開始學習，或請教你的老師。
- (7) 你會正投影原理、剖視圖、尺度標註、表面符號、公差配合、幾何公差，則請從編號 PMT-CAD0803 教材開始學習，或請教你的老師。

引言

在一般產業機械，如印刷機、紡織機、包裝機或自動化機械中，常需借助特別或不規則的機構運動，以達成特別的機構動作。因此需經由具有曲線周緣或凹槽之機件作等速旋轉或直線運動以帶動另一機件作直線或曲線的等速運動、變形等速運動、等加速運動或簡諧運動或不連續運動。該具有曲線周緣或凹槽的機件稱為凸輪。本教材將藉凸輪之繪製，詳細介紹凸輪的種類、應用及其表示法，期能對學習者能有良好的助益。

定義

凸輪：係指一平板或圓柱，具有不規則曲線或直線的周緣或曲線凹槽之機件。

從動件：與凸輪工作曲線保持接觸，並隨其曲線變化而作直線或曲線運動之機件。

工作曲線：凸輪與從動件對合接觸之曲線。

位移線圖：係指凸輪作等速連續運動時，表示從動件運行位置與凸輪旋轉角相互關係之圖。

學習目標

- 一、不使用參考資料或書籍，你能夠正確地說明凸輪的種類、功用、各部名稱及應用。
- 二、不使用參考資料或書籍，你能依據 CNS 規範正確繪製凸輪工作圖。

學習活動

本教材之學習活動分二部份：(1)相關知識，(2)實際繪製。首先，我們必須了解與學習凸輪之種類、功用、各部名稱及其分類與應用，然後實際繪製凸輪工作圖及位移線圖，你可以由下列之途徑選擇參考學習。

- 一、閱讀本教材第 5 頁至 39 頁。
- 二、閱讀相關國家標準或設計手冊。

本教材的第一個學習目標是

不使用參考資料或書籍，你能夠正確地說明凸輪的種類、功用、各部名稱及其應用。

凸輪傳動

將一平板、圓柱、圓錐或球，製成特定不規則曲線或直線之周緣或凹槽之機件，令其依固定中心軸線作旋轉或直線運動者，通稱為凸輪。凸輪之主要功用在於其在機構中作旋轉或直線運動時，使其從動件作特定方向之直線或曲線之連續或斷續之等速、等加速、或簡諧運動。凸輪與其從動件之運轉機構，稱為凸輪傳動機構，如圖 1 所示，常應用於印刷機、紡織機或自動化產業機械中。

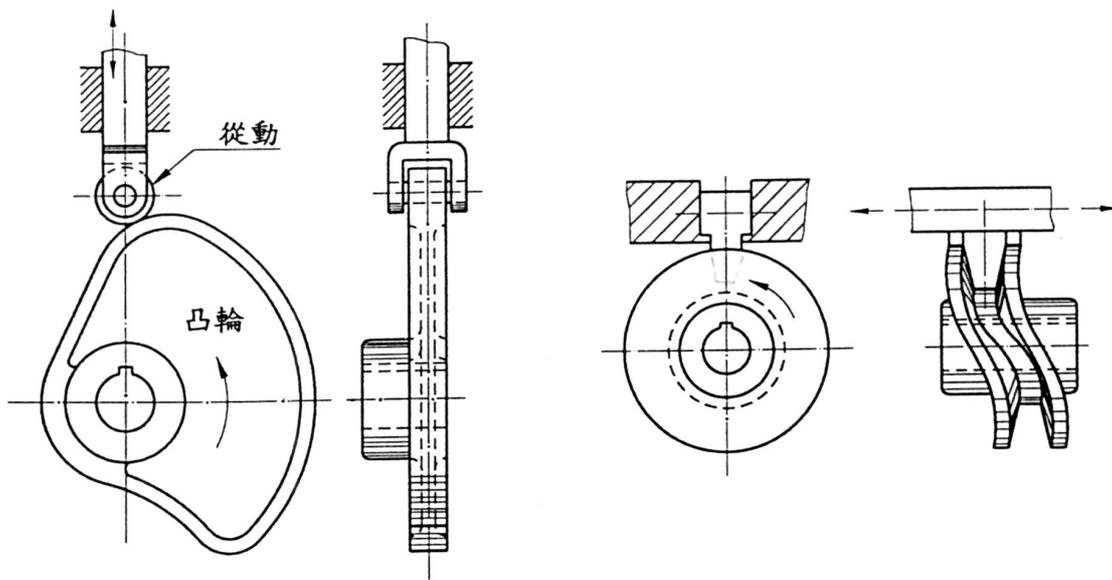


圖 1 凸輪機構

假如你能夠勝任這個目標，請翻至第 頁進行測驗。

假如你需要更多學習的話，請翻到第 頁。

一、凸輪之各部份名稱：

凸輪機構各部份名稱，如圖 2 所示。分別說明如下：

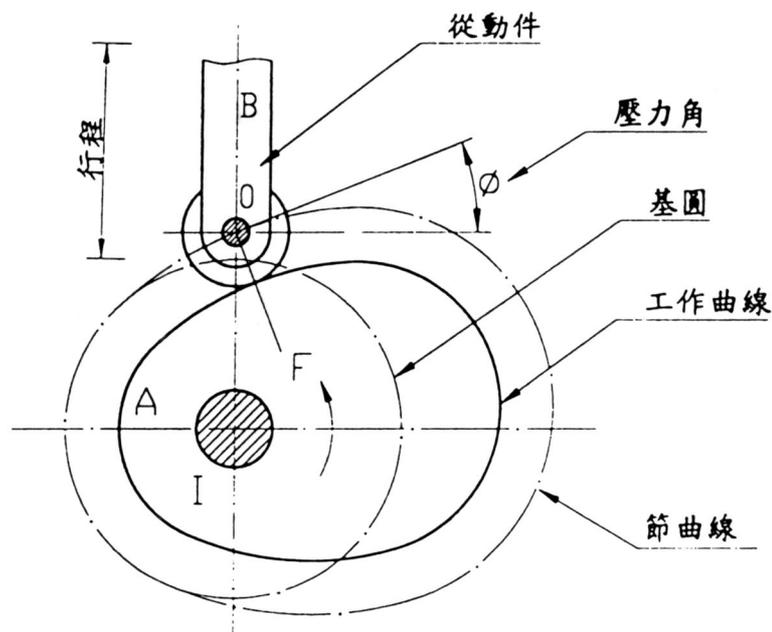


圖 2 凸輪機構各部份名詞

- (一) 節曲線：凸輪與從動件接觸時，使從動件產生運動之曲線。凸輪與從動件滾子接觸時（因滾子與凸輪之接觸點隨工作曲線曲率不同而變化），即指滾子中心產生運動之曲線。
- (二) 工作曲線：凸輪與滾子或平頭從動件接觸時，作動從動件之曲線，亦即指與從動件接觸之曲線。
- (三) 基圓：以凸輪軸心至節曲線之最短距離為半徑所作之圓。
- (四) 壓力角：節曲線與從動件軸線交點 O 上之切線，與從動件軸線之垂線所成之夾角 ϕ ，亦即相當於凸輪壓力 F 與從動件軸線所成之角。
- (五) 行程：從動件往復運動之最大距離。
- (六) 從動件：與凸輪工作曲線保持接觸，並隨曲線變化而作特定方向之直線或曲線，連續或斷續運動之機件，其與凸輪之接觸端為滾子，刃端或平面。

二、凸輪之種類與應用

凸輪之型式依凸輪軸線與從動件之關係，可區分為兩大類：

- (一) 板形凸輪：凡從動件之運動方向與凸輪軸線成垂直或斜角者均屬之，如圖 3 所示。凸輪以板料製成，利用其輪緣之曲線或板上之溝槽，使其從動件產生所需要之動作。
- (二) 圓柱凸輪或端凸輪：凡從動件之運動方向平行或約略平行於凸輪軸線者均屬之，如圖 4 所示，凸輪以圓柱料製成，利用柱面之溝槽或端面之曲線，使從動件產生所需要之動作。

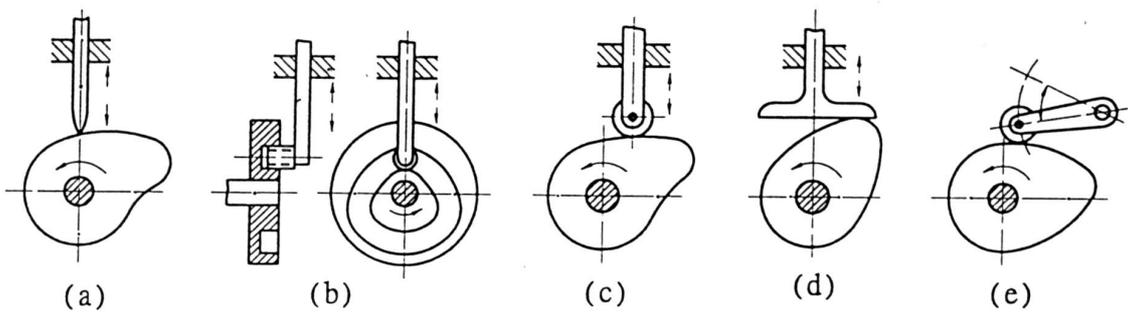


圖 3 板凸輪

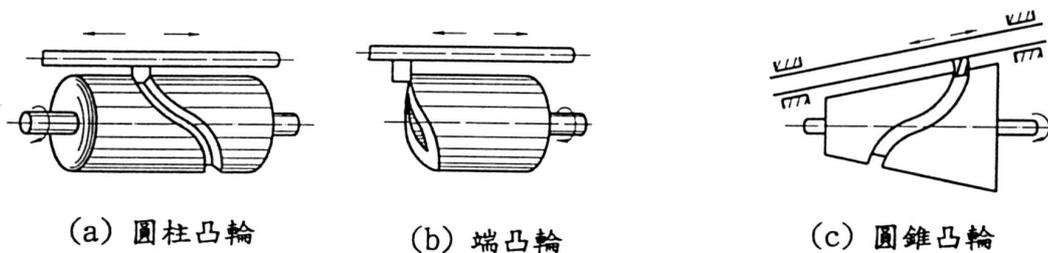


圖 4 圓柱凸輪與端凸輪

前述兩類凸輪機構之從動件運動狀況，在凸輪軸旋轉 360° 中，可作任意動作之設計。

(三) 特殊凸輪結構

1. 平移凸輪：如圖 5 所示，其凸輪只作等速往復直線運動（不旋轉），從動件則作不同方向之往復等速或不等速之連續或斷續直線或曲線運動。

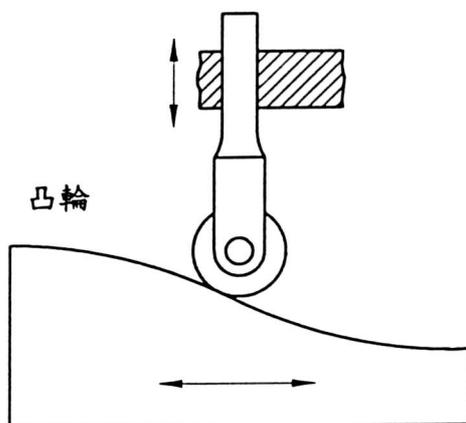


圖 5 平移凸輪

2. 等寬凸輪：如圖 6 所示之凸輪結構，其從動件與凸輪之接觸端為固定距離之兩個平行平面，分別與凸輪之工作曲線同時接觸而傳達運動，故只能在凸輪軸旋轉 180° 中設計從動件之運動狀況。另外之 180° 必須是回程。

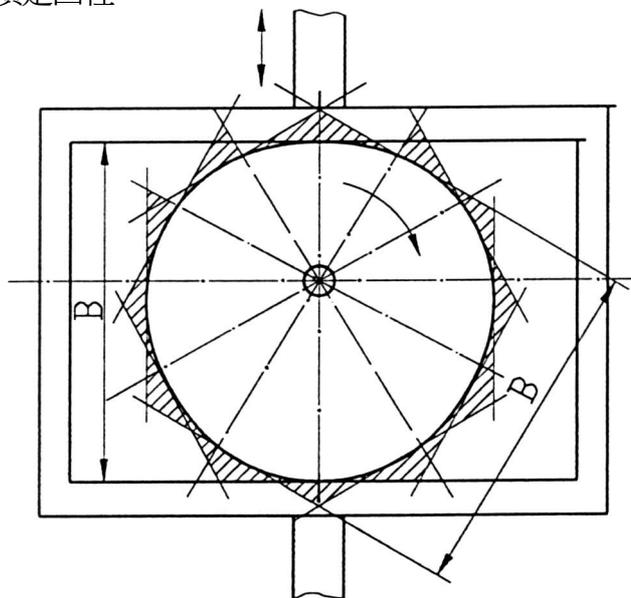


圖 6 等寬凸輪

3. 等徑凸輪：如圖 7 所示之凸輪結構，其從動件設有兩個維持一定中心距之滾子，於凸輪徑向線之兩端保持與工作曲線全面接觸而傳達運動，故只能在凸輪軸旋轉 180° 中設計從動件之運動狀況，另外之 180° 必須是回程。

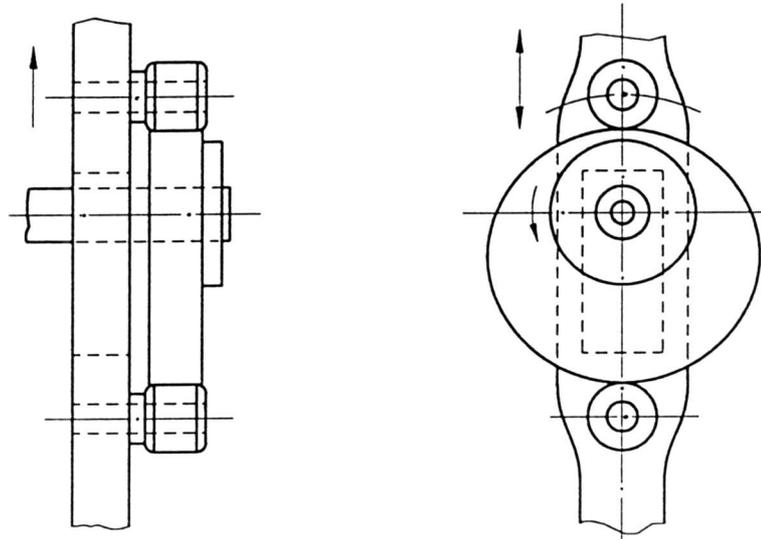


圖 6 等徑凸輪

4. 球形凸輪：如圖 7 所示，從動件旋轉曲線為球形凸輪之直徑方向，當球形凸輪轉動時，從動件作往復搖擺運動。

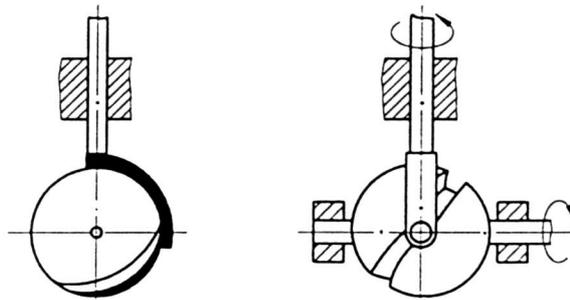


圖 7 球形凸輪

5. 回行凸輪：如圖 8 所示，在一軸上設兩個凸輪，稱為主凸輪與回行凸輪，從動件則於上下兩方設兩個接觸滾子，分別與兩個凸輪相接觸，兩接觸滾子沿凸輪徑向之中心距離維持一定。當凸輪運轉時，主凸輪推動上方接觸滾子，使從動件上升，而回行凸輪則推動下方輪滾子使從動件下降。

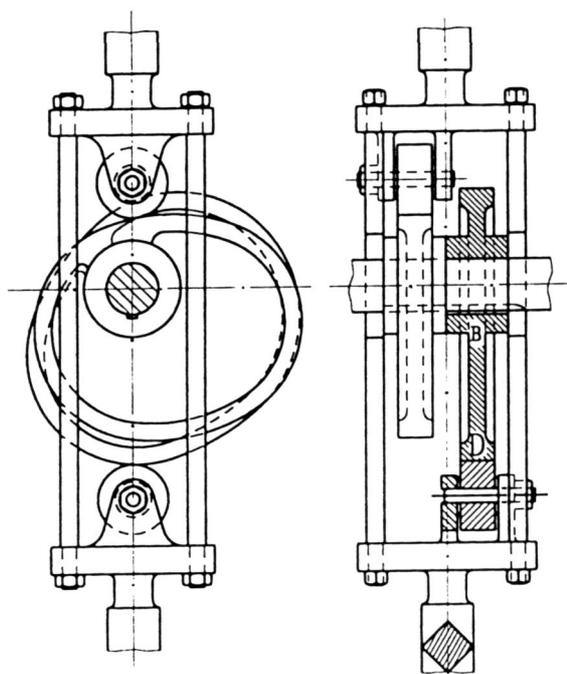


圖 8 回行凸輪

以上所述之凸輪結構，凡從動件之往復運動均由凸輪作動者，如圓柱凸輪、圓錐凸輪、板形溝槽凸輪（圖 3b）等寬凸輪、等徑凸輪等，又稱確動凸輪。非確動凸輪之從動件回程，通常係藉自身重力或另加彈性力作動。

三、從動件之型式

凸輪從動件之接觸端型式，常用者有刃端、滾子與平面三種。

(一) 刃端從動件：

刃端從動件之尖端直接與凸輪周緣（工作曲線）對合，成滑動接觸，如圖 9 所示。從動件之運動由凸輪工作曲線產生，相對運動確實，運轉磨損較嚴重。

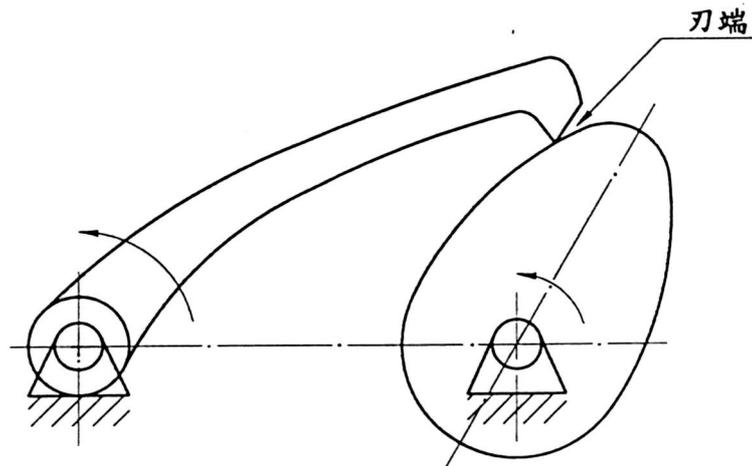


圖 9 刃端從動件

(二) 滾子從動件

滾子從動件係於從動件之接觸端設一滾子與凸輪周緣（工作曲線）對合，成滾動接觸，如圖 10 所示。從動件之運動係由滾子中心所形成節曲線（理論曲線）產生，運轉磨耗較少。

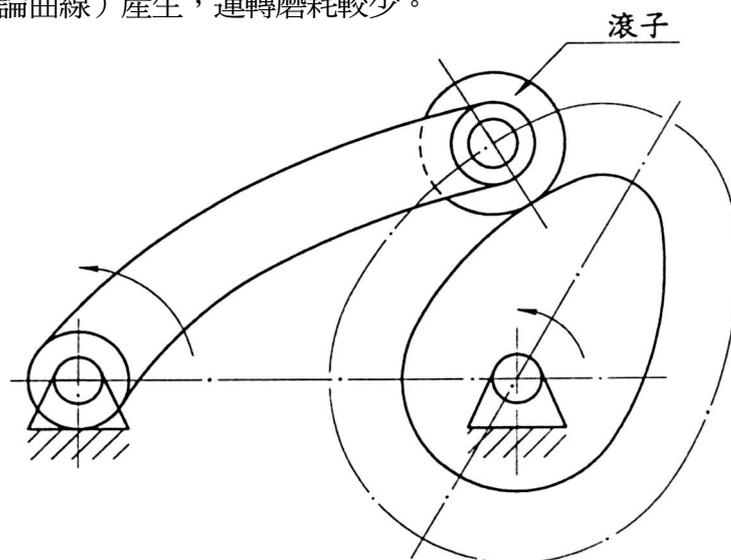


圖 10 滾子從動件

(三) 平面從動件

平面從動件之平面與凸輪周緣（工作曲線）對合，成滑動接觸，如圖 11 所示。從動件之運動由對合點（隨凸輪工作曲線之曲率不同而變）所形成之理論曲線產生，運轉磨耗較大。

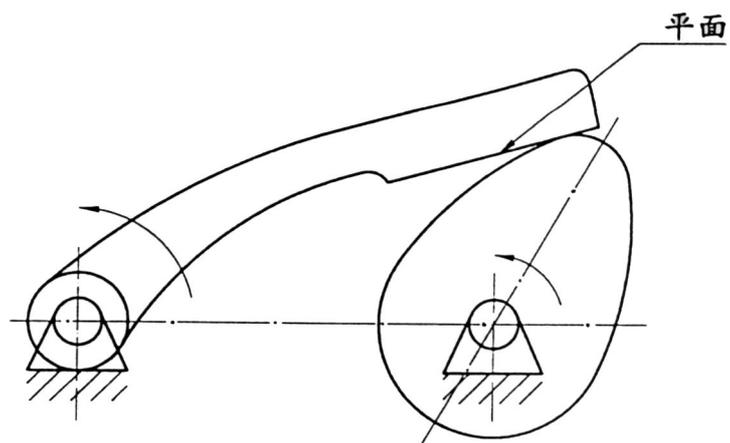


圖 11 平面從動件

四、凸輪之壓力角

凸輪傳動結構中，凸輪於對合點之壓力角隨凸輪周面（工作曲線）曲率不同而變動。

(一) 搖臂式從動件之板凸輪壓力角

搖臂式從動件凸輪機構中，如圖 12 所示，凸輪 b 作旋轉運動，從動件 d 作搖擺運動。於對合點 J_{bd} 顯示，力量 F_b 垂直於對合點 J_{bd} ，與凸輪旋轉中心 J_{ab} 連線 ρ 作用， F_b 分為 F_{ba} 對凸輪支點（軸承）作用分力及 F_{bd} 對從動件 d 之作用分力，則

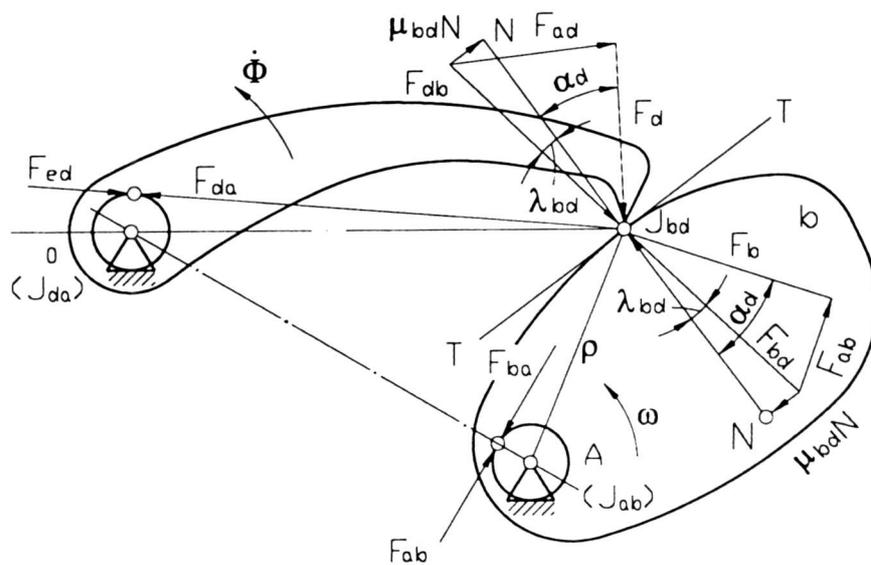


圖 12 凸輪壓力角(一)

$$F_b = F_{ba} + F_{bd}$$

$$= F_{ba} + N + \mu_{bd}N$$

式中 N 為凸輪工作曲線之法向分力， $\mu_{bd}N$ 為凸輪之工作曲線對合點切線 TT 方向作用於從動件之摩擦力。力 F_b 與 N 之交角 α_b 為凸輪之壓力角。從動件 d 作用於凸輪之反力 F_d 為：

$$F_d = F_{db} + F_{da} = N + \mu_{bd}N + F_{da}$$

式中 F_{db} 為從動件作用於凸輪之力，等於 $-F_{bd}$ ， F_{da} 為從動件 d 作用於支點之力， F_d 與 N 之交角 α_d 為從動件之壓力角。

(二) 直動式從動件之板凸輪壓力角

當搖臂式從動件之搖動半徑 l 為無限大時，其從動件之運動即成為直線式。則板凸輪之壓力角如圖 13 所示，理由同(一)。

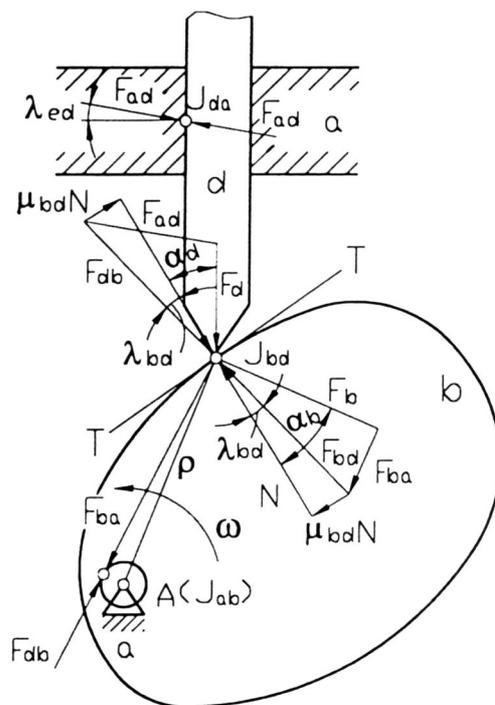


圖 13 板凸輪之壓力角(二)

五、凸輪與從動件之材料選擇

凸輪製作材料之選定，應考量凸輪面壓、運轉時之溫度上升、滑動摩擦之磨損及高速驅動時之噪音等。對於從動件而言，除上述各點外，尚須考量彎曲強度。

(一) 凸輪面壓

凸輪面壓係指凸輪面承受之壓力，當從動件接觸端與凸輪周面承受高壓力負荷時，易於引起疲勞破壞。若以 σ_d 表最大壓力(kg/cm²)，N表從動件與凸輪周面間之壓力(kg)，k表凸輪周面之曲率半徑(cm)， f_v 表速度係數，B表凸輪或滾子面寬，則凸輪面壓可用下式表示：

$$\sigma_d^2 = \frac{0.35N \left(\frac{1}{k} + \frac{1}{r} \right)}{f_v B \left(\frac{1}{E_b} + \frac{1}{E_a} \right)}$$

式中速度係數 f_v 可參閱表1。

最大容許壓力之決定，需考量長時間操作之疲勞現象，及材料之覆變壓縮次數。

表1 凸輪速度係數 f_v

輪數 r/m	1	1.5	2	3	4	5	6	7	8	9
速度係數 X	.65	.64	.63	.61	.60	.59	.58	.58	.57	.57
轉數 r/m	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90
速度係數 X	.56	.54	.52	.50	.48	.47	.46	.45	.44	.43
轉數 r/m	100	150	200	300	400	500	600	700	800	900
速度係數 X	.42	.39	.37	.34	.32	.31	.30	.29	.28	.27
轉數 r/m	1000	1500	2000	3000	4000	5000	6000			
速度係數 X	.26	.24	.22	.20	.18	.17	.16			

(二) 溫度上升

凸輪與從動件運轉傳送功率超過負荷時，導致摩擦生熱，於凸輪面及滾子內、外面均有燒毀之可能。因此，傳送功率（馬力）應予限制，如下式：

$$L < \frac{rB}{c}$$

式中 L 表傳遞馬力(PS)，r 表從動件接觸端圓弧或滾子半徑，B 表滾子或凸輪面寬，c 表潤滑係數，（完全潤滑時 c=10，不完全潤滑 c=20）。

(三) 凸輪面之磨損

凸輪面周因滑動摩擦所產生之磨損，須先檢討凸輪與從動件間之滑動率，再據以選定材料。

1. 使用刃端從動件者，凸輪面之磨損全面均勻分佈，通常採用鑄鐵製作，因其加工容易，製作費用低廉，例如自動車床或各式單能機使用之凸輪機構（依加工機件尺度、形狀之變動須經常更換凸輪）最常採用。其從動件刃端則應使用可淬火硬化之鋼料，其設計應使其容易更換。
2. 使用滾子從動件者，滾子本身繞滾子軸旋轉，外周與凸輪面作滾動接觸，對凸輪之磨損較少，但滾子與滾子軸間會有不均勻之磨損，因此滾子及滾子軸採用可淬火硬化之鋼料較佳，凸輪面亦因滑動率不均勻，其接觸面以滲碳硬化為宜。

(四) 高速運轉噪音

凸輪傳動機構，高速運轉易生振動，如有共振現象將使噪音加劇，應選用固有振動頻率及對數減衰率較低之材料。

1. 材料之固有振動頻率：可用下式計算而得，設 f_n 表固有振動頻率， W_n 表從動件之擺動率(rad/s)，則

$$f_n = \frac{W_n}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g(k_e + k_d)}{W}} \quad (c/s)$$

式中，g 為重力加速度，W 為從動件重量， k_e 為從動件彈簧之彈簧常數， k_d 為從動件本身之彈簧常數。

其中之彈簧常數 k 依材料之形狀及其彈性係數而定。

通常鋼料之彈性係數較鑄鐵為大。但鑄鐵之耐振動力極大（隨石墨含量之增大成正比），因此，強度要求不大之凸輪材料，使用鑄鐵為佳，其他如電木、尼龍等合成樹脂材料，其固有振動頻率為鋼料之二分之一至三分之一左右，均為優良之凸輪材料。

2. 材料之對數衰減率：通常對數衰減率愈大之材料，產生之噪音量愈低。例如銅之對數衰減率為鋼之五倍，尼龍則為鋼之六十倍，均為製作凸輪之好材料。

六、凸輪面之加工

凸輪外周面為工作曲線面，為使從動件之變位舉動正確符合理論曲線，須考量凸輪與從動件之對合點（接觸點）而設計變化。其加工方式須採用座標指示割削法，即將刀尖置於對合點位置，依凸輪旋轉角與徑向值，使車刀進行切削工作。或用與滾子外徑等大之端銑刀，將銑刀中心置於節曲線之位置，依前述方法作座標移動銑切凸輪。

七、從動件之運行與位移線圖

（一）從動件之運行

凸輪傳動機構中，凸輪通常均作等速旋轉運動。從動件則多為直線或曲線之往復運動，而其運動之速度則有靜止、等速、加等（減）速及簡諧運動等多種。分別說明如下：

1. 靜止：從動件之位移等於零，即凸輪作等速旋轉運動，而從動件靜止不動，與其接觸之凸輪工作曲線為圓弧曲線。如以橫座標表示凸輪之位移，縱座標表是從動件位移，兩者之關係如圖 14 所示。

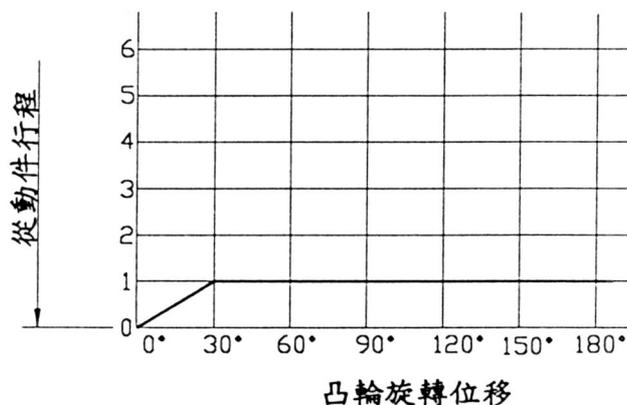


圖 14 從動件靜止

圖中水平線表示從動件在其行程中之該位置停止不動。

2. 等速度運動：從動件作等速上升或等速下降運動，即凸輪作等速旋轉運動時，從動件每單位時間之位移變化都相等，兩者之位置關係如圖 15 所示，當從動件等速上升至最高點後，立刻變成等速下降運動至最低點後又立刻反轉等速上升運動。在其行程之上下兩端點，瞬間加速度為無限大，運轉時易生震動。但可賦予一定速度之進給，常用為自動車床等工具機之高精度刀具進給機構凸輪之作業（進刀）曲線。在實際應用中，為減輕上下端點之震動，通常於直線兩端修正為圓弧曲線，減小加速度以為緩衝。如圖 16 所示，另稱為變形等速運動。通常用為較低速度的升降曲線，亦即應用於工具機進給機構凸輪之無作業（退刀）曲線。

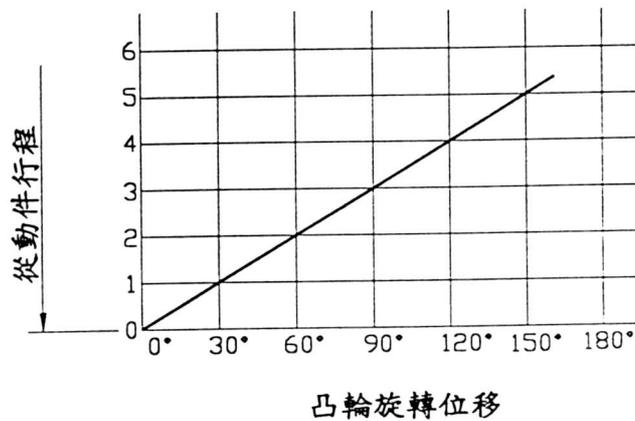


圖 15 等速運動

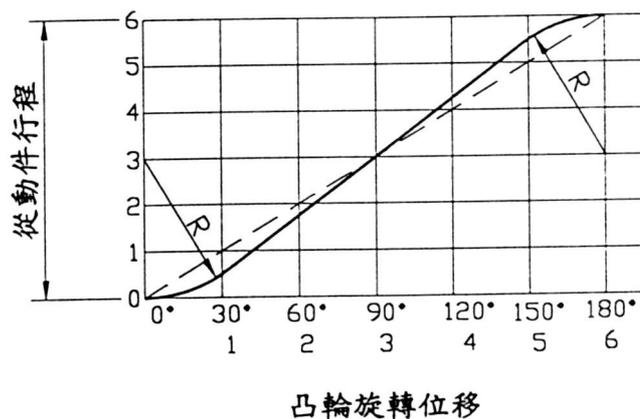


圖 16 變形等速運動

3. 等加(減)速度：凸輪作等速旋轉時，從動件所行距離與時間之平方成正比，即在 1, 2, 3, 4 等時間內之所行距離之比為 1, 4, 9, 16 單位，故凸輪旋轉各單位角度位移，從動件位移之增量成 1, 3, 5, 7, ……之比，而減量則為……7, 5, 3, 1 之比，兩者之位移關係如圖 17 所示，即從動件在最低位置依等加速度上升至行程之一半，再以等減速繼續上升至最高點速度為零。反轉作等加速度下降至行程中點，變為等減速度繼續下降至最低點，速度也是零。故可避免從動件在上下兩端時因加速度太大而來之振動。在從動件行程中點之處，位移、速度及加速度為曲線之連線，衝擊與震動情形較小，且磨耗狀態圓滑，應於用高速度凸輪上升降曲線。

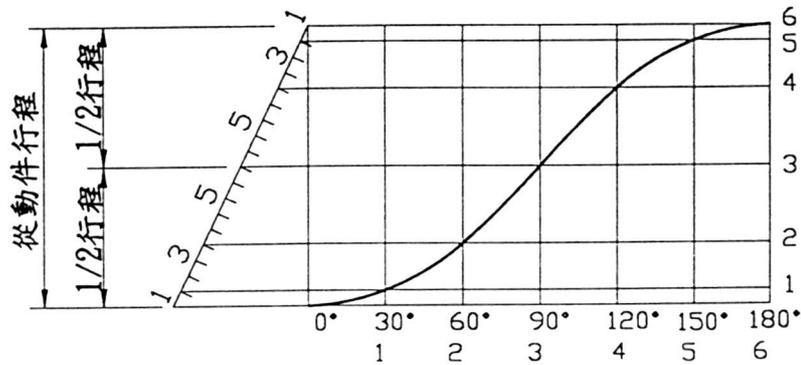


圖 17 等加等減速運動

4. 簡諧運動：凸輪作等速旋轉運動時，從動件與單位時間之位移隨其速度與加速而變，兩者之位置關係如圖 18 所示，其曲線近似於擺線，通常可由等速圓周運動之質點，投影至直徑上之投影點位置而求出。其特性為從動件行程之兩端點時，速度為零，加速度最大，可避免震動。在從動件行程中點處，從動件之運行最圓滑，且加速度適當，最適合高速凸輪及自動機械用凸輪之無作業曲線。凸輪衝擊與震動現象較小，磨耗狀態圓滑。

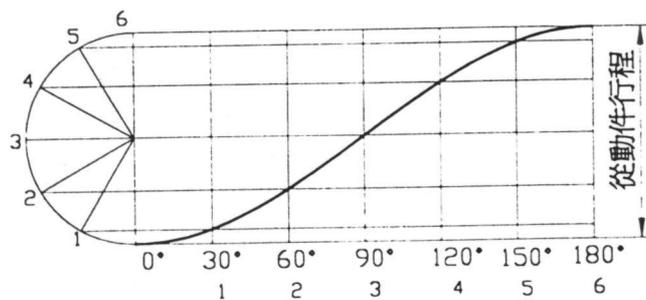


圖 18 簡諧運動

此外，凸輪之位置關係曲線亦有採用拋物線或正弦曲線者，尤以正弦曲線由於作圖容易，被稱為理想凸輪，亦具有簡諧運動及等加減速度運動之優點，其間之差異僅在從動件中上下端點及中點之速度、加速度之變動。

(二) 凸輪結構位移線圖：

凸輪從動件之運行方式雖有上述四種，但在實際應用中，從動件之運行通常由兩種以上之運行方式組成周期性的循環動作。

例如：一凸輪由 0° 開始等速旋轉，從動件以簡諧運動上升至 180° 時到最高點，然後陡降至行程中點，再以等速運動下降至凸輪 360° 時為最低點。全部行程之位移線圖如圖 19 所示。

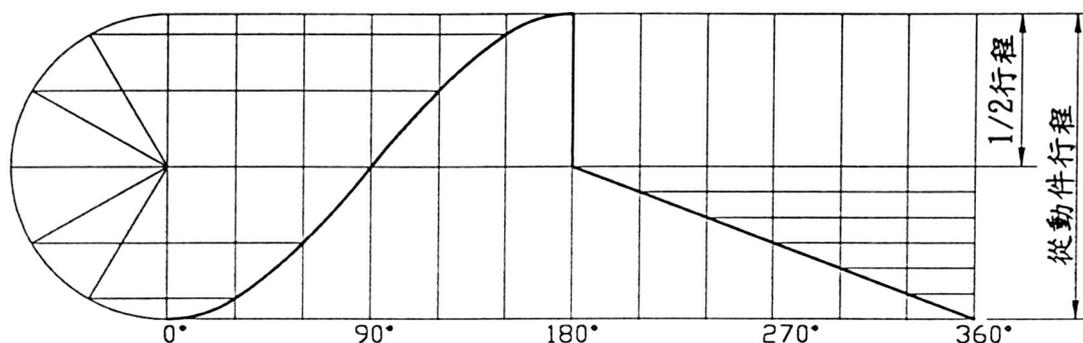


圖 19 凸輪位移線圖

在同一機器上用二個或二個以上之凸輪，而其作用又彼此相關時，則可將各凸輪組之位移線圖同繪於一個圖中，以研究各凸輪之「時態」及「相對運動」，如圖 20 所示，稱為定時位移線圖。

定時線圖中各曲線可以重疊畫出，但通常大多分開畫出。

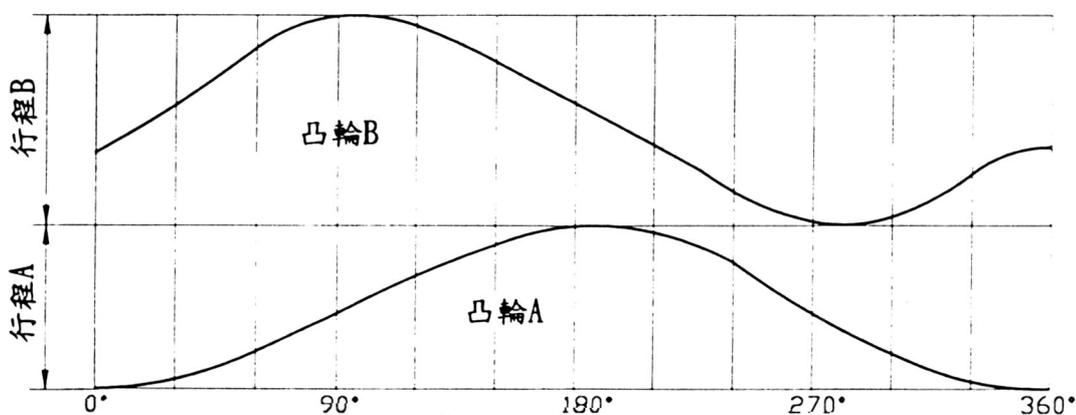


圖 20 定時位移線圖

學習評量一

請不要使用參考資料或書籍，回答下列問題。

- 一、何謂板凸輪？
- 二、從動件與凸輪接觸對合之端部有那些型式？
- 三、凸輪製作材料應考量那些因素？
- 四、從動件之運行方式，較常用者有那些？

學習評量一答案

一、何謂板凸輪？

答：從動件之運動方向與凸輪軸線成垂直或傾斜，並用板料製成之凸輪，稱為板凸輪。

二、從動件與凸輪接觸對合之端部有那些型式？

答：從動作之接觸對合端部有：刃端，滾子與平面三種型式。

三、凸輪製作材料應考量那些因素？

答：選用凸輪材料，應考量：

- (一) 凸輪承受之面壓
- (二) 運轉時之溫度
- (三) 摩擦磨損
- (四) 噪音

四、從動件之運行方式，較常用者有那些？

答：常用之從動件運行方式有：

- (一) 等速運動
- (二) 變形等速運動
- (三) 等加減速運動
- (四) 簡諧運動

本教材的第二個學習目標是

不使用參考資料或書籍，你能依據 CNS 規範正確繪製凸輪工作圖。

凸輪繪製與標稱方法

一、凸輪繪製

凸輪工作圖之繪製，在 CNS 並無習用表示法之規定。因此繪製凸輪工作圖時，必須依照正投影法繪製投影視圖，並詳細標註其尺度、精度以及物理性規範。

(一) 繪製凸輪工作曲線

繪製凸輪工作曲線須先瞭解欲繪製之凸輪種類、從動件型式、基圓大小、凸輪旋轉方向及從動件運動方式、方向及其與凸輪軸之相對位置等。

1. 滾子從動件板凸輪工作曲線畫法：

設一板凸輪之基圓直徑為 60mm，從動件之中心軸線垂直通過凸輪中心，在第一個 120° 內，從動件以等速度運動上升 30mm，在第二個 120° 內，以等速下降 30mm，在第三個 120° 內，則靜止不動，且該凸輪係反時針方向旋轉，滾子直徑為 12mm，其畫法如圖 21 所示，說明如下：

- (1) 畫凸輪位移線圖，如(a)所示。
- (2) 設 I 為凸輪中心，B 點與凸輪中心 I 相距 36mm（基圓半徑與滾子半徑和）為滾子從動件中心行程之最低位置，A 點為最高位置，如(b)所示。
- (3) 畫基圖 oab，並三等分之，即每隔 120° 等分，如(c)圖所示。
- (4) 將圓心角 oIa 與行程作相同之等分數，如圖示為四等分。
- (5) 畫凸輪各等分點連心線，並延長之使與行程等分點之同圓弧分別相交得點 1'、2'、3' 及 4'，即得凸輪之第一段節曲線，如圖(d)所示。

假如你能夠勝任這個目標，請翻至第 34 頁進行測驗。

假如你需要更多學習的話，請翻到第 頁。

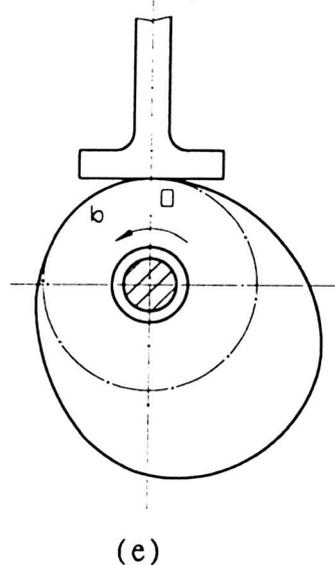
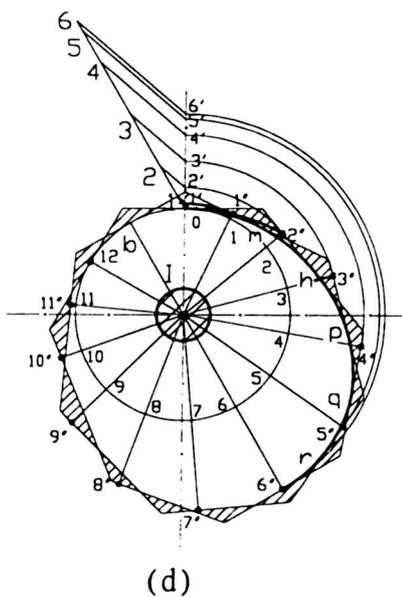
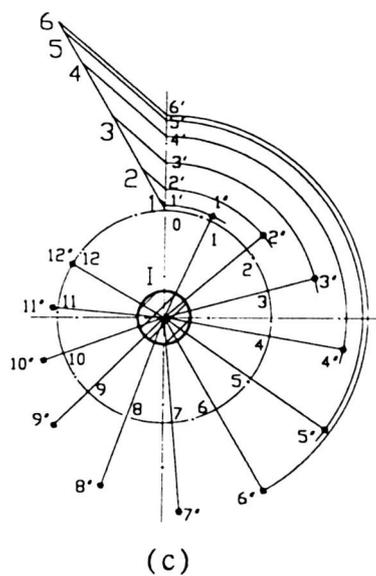
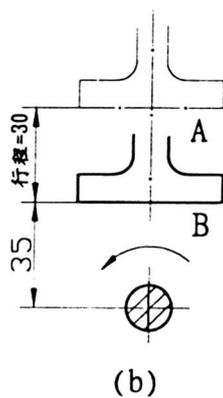
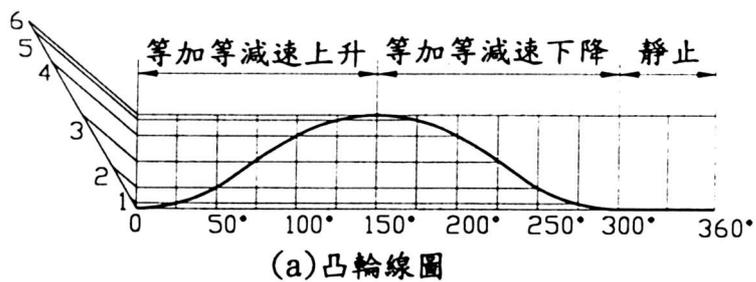


圖 21 滾子從動件板凸輪畫法

- (6) 在第二個 120° 圓心角 aIb 內從動件作等速下降，畫法與(4)相同，完成第二段節曲線。
- (7) 在最後 120° 內，從動件靜止，故以 Ib 或 I_o 為半徑畫圓弧即得第三段節曲線，完成全部節曲線如(d)圖所示。
- (8) 以滾子半徑為半徑及以節曲線為中心畫諸小圓，如圖(e)所示。
- (9) 畫圓滑曲線與諸小圓相切，即得板凸輪之工作曲線，如(e)圖及(f)圖所示。
- (10) 消除作圖線即得板凸輪圖。

2. 圓柱凸輪工作曲線畫法

圓柱凸輪可在不止一轉之時間內傳達運動，在從動件回到開始點以前，凸輪可能旋轉一週以上。圓柱凸輪之節曲線若展開，則與凸輪位移線圖相同。

一圓柱凸輪之直徑為 55mm ，長 55mm ，從動件之運動方向自下向上，行程長 30mm 。在 180° 內從動件以等加速度上升 30mm ，於次 120° 內，則以等加速度運動下降 30mm ，最後 60° 內從動件靜止不動。若該凸輪依反時針方向旋轉，錐形滾子之大徑 12mm ，高 7mm ，錐度 $1/5$ ，凸輪溝槽寬 10mm ，深 7mm ，錐度 $1/5$ ，則該凸輪之畫法如圖 22 所示，說明如下：

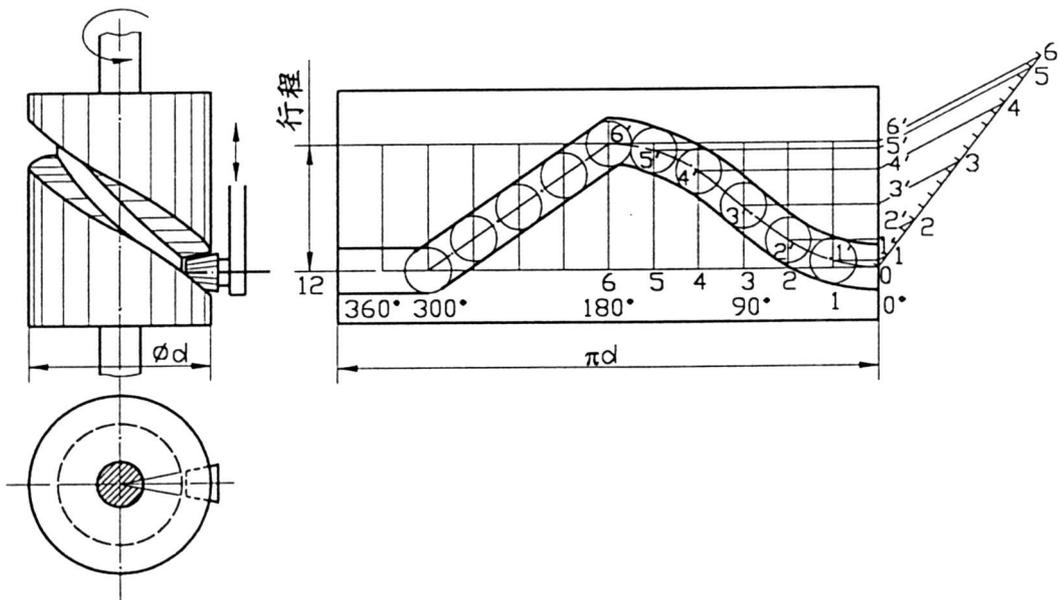


圖 22 圓柱凸輪畫法

- (1) 畫凸輪位移線圖，即圓柱面之展開圖。
- (2) 在展開圖上畫凸輪位移線圖，注意展開圖之畫法與凸輪之旋轉方向相反。
- (3) 以節曲線為中心畫代表諸滾子之小圓。

(4) 畫圓滑曲線切諸小圓，完成凸輪之工作曲線。

(5) 凸輪之前視圖，由仰（或俯）視圖及展開圖之對應投影而求出。

3. 刃端從動件板凸輪工作曲線畫法

設一刃端從動件板凸輪基圓直徑 50mm，從動件由 $0^\circ \sim 120^\circ$ 以簡諧運動上升 30mm， $120^\circ \sim 240^\circ$ 靜止不動， $240^\circ \sim 360^\circ$ 等加速度下降至原位，凸輪以反時針方向旋轉者，其繪製方法如圖 23 所示，說明如下：

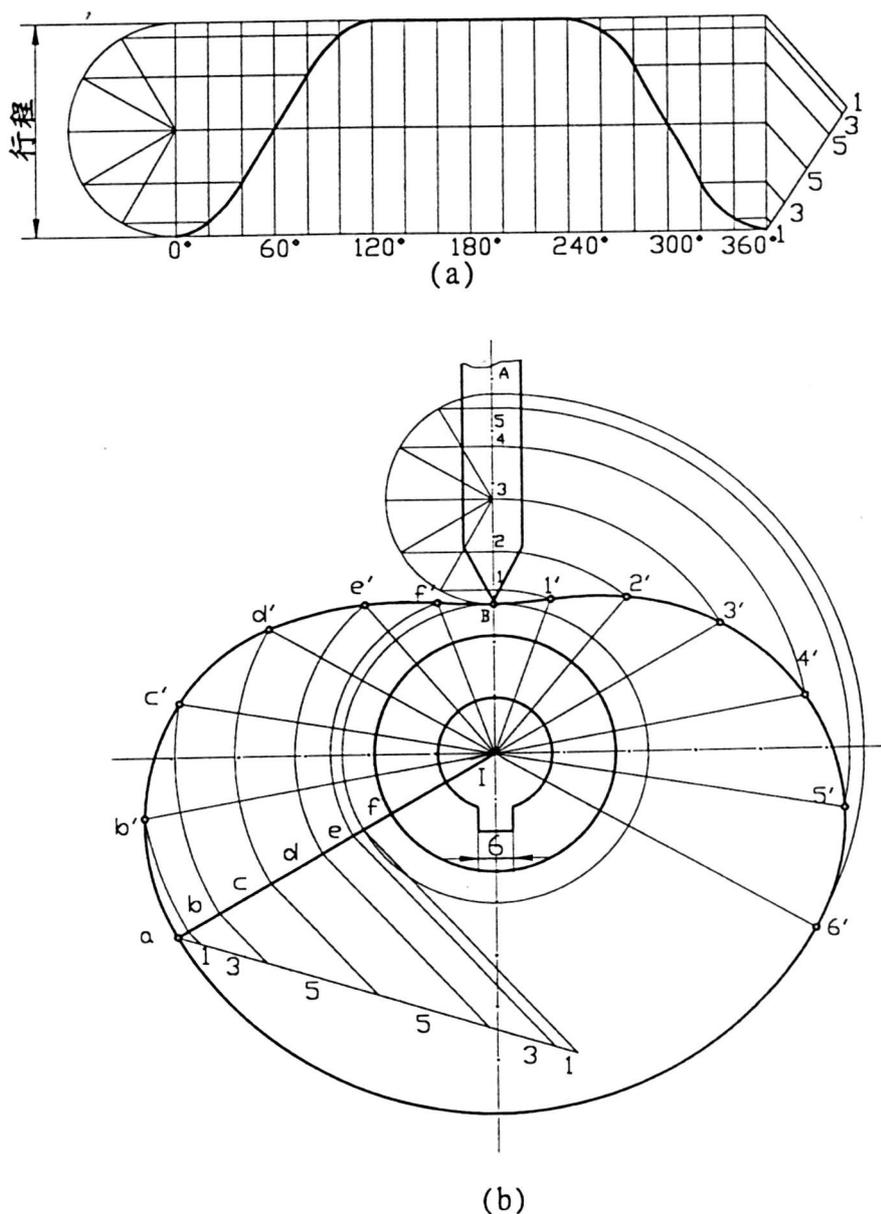


圖 23 刃端從動件板凸輪畫法

- (1) 繪製凸輪位移線圖，如圖(a)所示。
 - (2) 定 I 點為凸輪旋轉軸心，B 點為刃端從動件最低點與 I 相距 25mm，A 點為從動件刃端最高點與 B 點相距 30mm，如(b)所示。
 - (3) 畫基圓 B，並自 B 點順時針方向每 20° 作徑向線。
 - (4) 從動件行程 BA 為直徑畫半圓，將圓弧作 6 等分，令等分點投影至直徑得點 1, 2, 3, 4, 5, A，以 I 為圓心，分別畫弧與凸輪徑向線相交得點 1', 2', 3', ……，用曲線板連接 B、1'、2'、……各點成圓滑曲線，即為從動件作簡諧運動之凸輪工作曲線。
 - (5) 由點 6' 至點 a 作圓弧，為從動件靜止之凸輪工作曲線。
 - (6) 將圓心角 BIa 作 6 等分並將徑向線 Ia 自基圓 B 至 a 線段區分為 1, 3, 5, 5, 3, 1 比例，得點 a, b, c, d, d, f，分別作圓弧與徑向線相交得點 b', c', d', ……等，用曲線板將點 a', b', c', ……連接成圓滑曲線，即為從動件作等加減速度之凸輪工作曲線。
 - (7) 刃端從動件之凸輪工作曲線即其理論曲線。
4. 平面從動件板凸輪工作曲線畫法：
- 設一平面從動件板凸輪之基圓直徑為 70mm，從動件中心通過凸輪旋轉中心，在 $0^\circ \sim 150^\circ$ 內，從動件以等加減速度上升 30mm， $150^\circ \sim 300^\circ$ 間以等加減速度下降至原點， $300^\circ \sim 360^\circ$ 從動件靜止不動，凸輪依反時針方向旋轉，其繪製方法如圖 24 所示。
- (1) 畫凸輪位移線圖，如圖(a)所示。
 - (2) 定 I 為凸輪中心， $I_0=35\text{mm}$ 為半徑畫基圓，並將基圓 $0^\circ \sim 300^\circ$ 區分為 12 等分，畫徑向線如(b)，(c)所示。
 - (3) 基圓點 O 沿徑向線取 30mm 得點 6' 為從動件行程，將線段 O6' 依等加減速度分段成 1, 3, 5, 5, 3, 1 之比例，得點 1', 2', 3', ……，如圖(c)所示。
 - (4) 由點 1', 2', ……，6' 分別畫圓弧與徑向線 1, 2, 3, ……12 分別對應相交得點 1'', 2'', 3'', ……，11'', 12''，過各點作徑向線之垂線，相互交叉構成許多三角形，如(d)之陰影線部份。
 - (5) 由徑向線點 12 至點 O 畫圓弧連接，並與徑向線連接得點 b，再作徑向線垂線與點 O, 12 之垂線相交得陰影線三角形。
 - (6) 依序求出各三角形底邊中點 o, m, h, p, q, r, ……，用曲線板將各中點連接成圓滑曲線，即為凸輪之工作曲線，如圖(d)，(e)

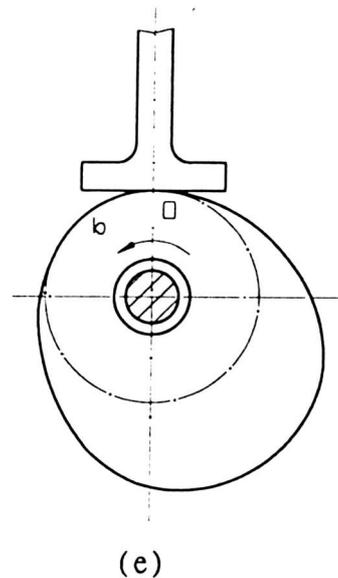
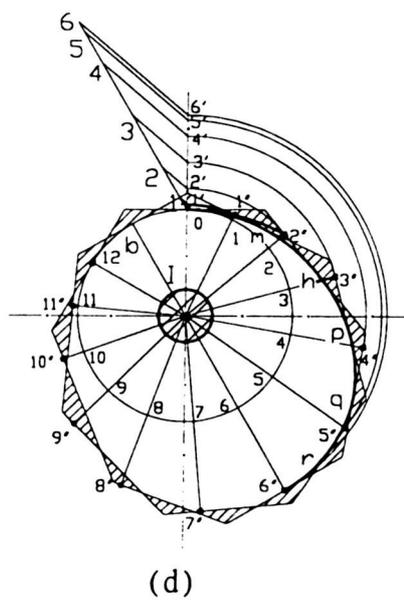
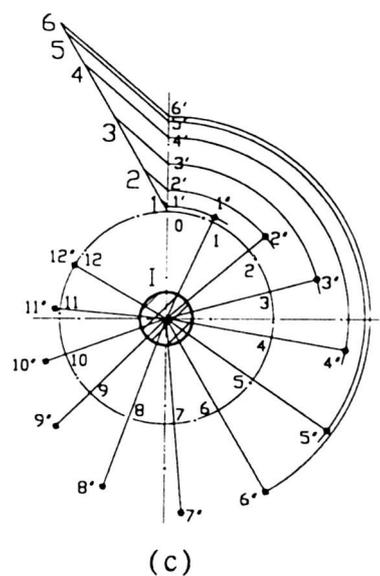
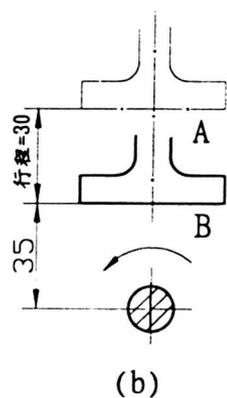
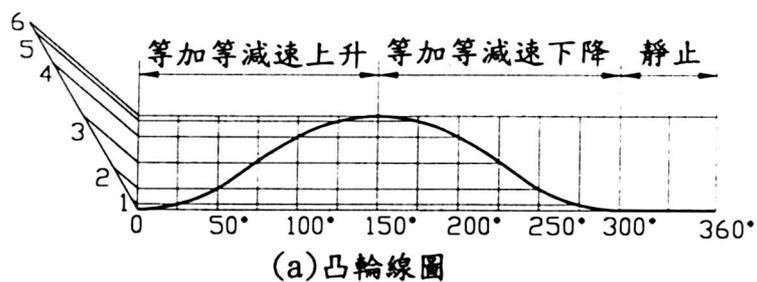


圖 24 平面從動件板凸輪工作曲線畫法

5. 偏置滾子從動件板凸輪工作曲線畫法

設一偏置滾子從動件板凸輪之基圓直徑為 70mm，滾子從動件軸線偏離板凸輪軸中心右方 20mm，滾子直徑為 15mm，當其上下運動，在 $0^\circ \sim 180^\circ$ 內作變形等速運動上升 35mm，然後突降 35mm，在 $180^\circ \sim 360^\circ$ 內靜止，凸輪反時針方向旋轉。其繪製方法如圖 25 所示，說明如下：

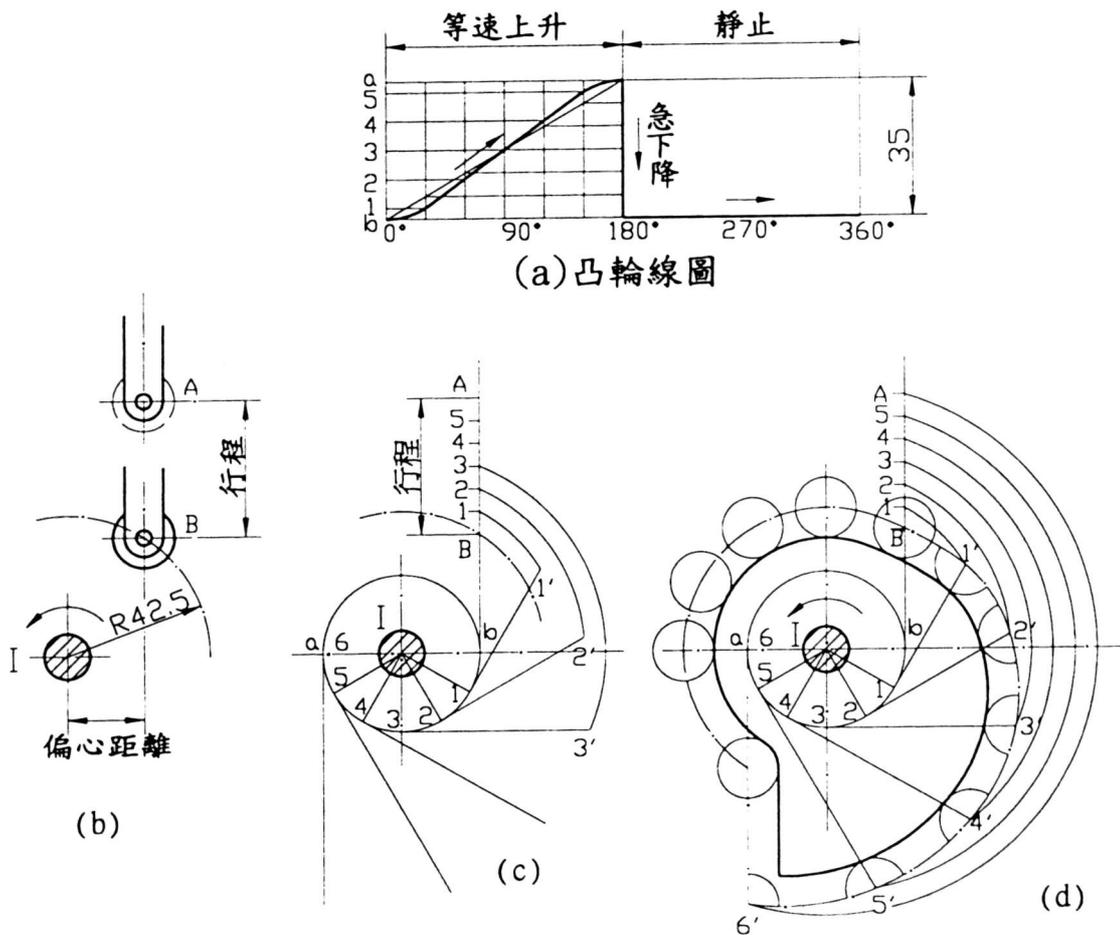


圖 25 偏置滾子從動件板凸輪工作曲線畫法

- (1) 繪製凸輪位移線圖(a)
- (2) 定 I 為凸輪中心，自 I 點偏右 20mm，畫垂直線，以 I 為圓心取 42.5（基圓半徑與滾子半徑和）畫圓與滾子軸線相交，為從動件最低位置 B 點，及最高位置 A 點相距 35mm，如(b)所示。

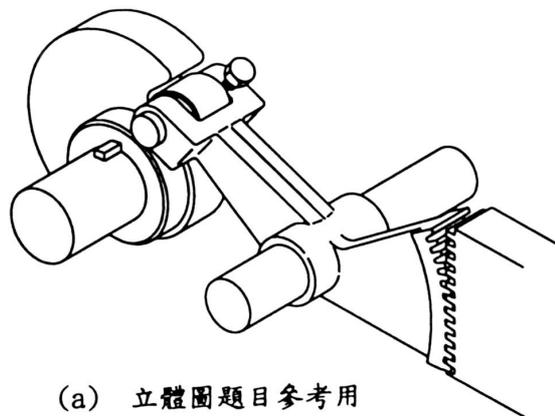
- (3) 以 I 為中心點畫一半徑 20mm 圓與從動件軸線相切於 b 點，沿圓周上 b 點起 180° 區分為六等分，得各點 b, 1, 2, 3……, a, 同時將從動件行程 B 至 A 亦分為與位移線圖行程相同之區分點, b, 1, 2, ………, 如(c)所示。
- (4) 以 I 為圓心，過點 B, 1, 2, ………, A 畫圓弧與點 b, 1, 2, ………, a, 之切線相交得點 1', 2', ………, 6', 各點並連成圓滑曲線，再自點 6' 作垂線向上取 35mm, 定點 7', 為下降之最低點，過點 7' 畫圓弧至點 B 為靜止節曲線，如(d)所示。
- (5) 沿節圓曲線各點為中心，畫直徑 15mm 滾子圓，並於滾子圓內測相切連接成凸輪工作曲線，如(d)所示。

二、繪製凸輪工作圖

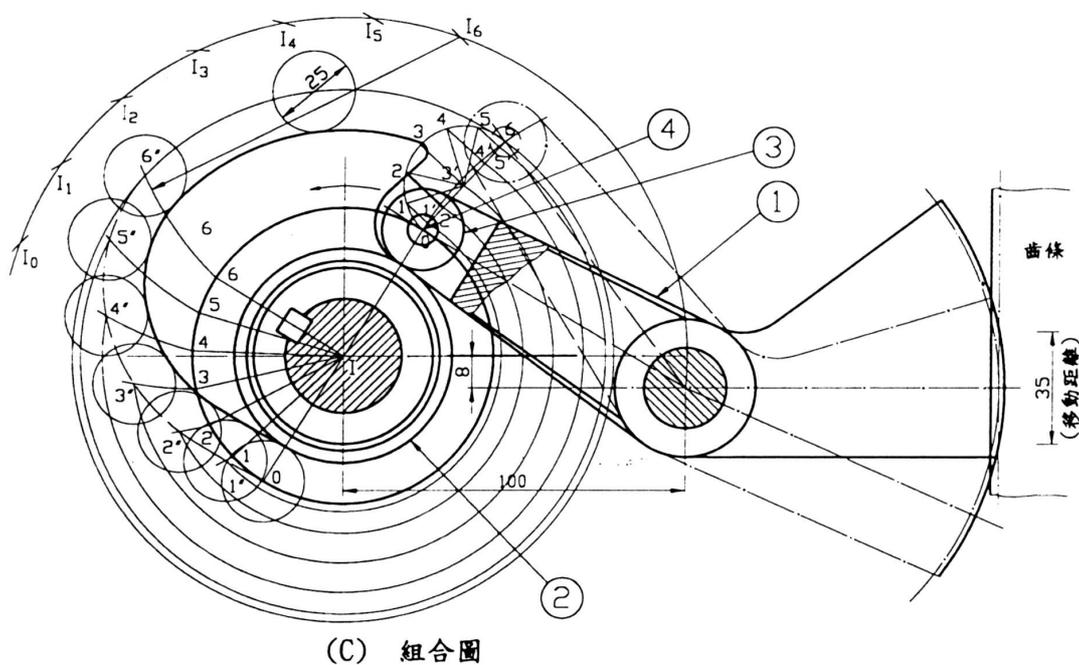
凸輪工作圖應包括位移線圖、凸輪投影圖、從動件投影圖及組合圖等，並標註各部位詳細尺度公差配合、精度、表面粗糙度、材料熱處理規定等，如圖 26 所示。

已知：凸輪軸徑 35mm，基圓直徑 60mm，搖臂滾子從動件自凸輪 $0^\circ \sim 180^\circ$ 靜止不動， $180^\circ \sim 270^\circ$ 以簡諧運動擺動 35mm， $270^\circ \sim 360^\circ$ 靜止不動，然後突降回原點。搖臂擺動中心與凸輪中心水平相距 100mm，垂直相距 8mm，搖臂軸直徑 25mm，滾子直徑 25mm，滾子軸徑 10mm，滾子軸與搖臂軸相距 90mm，搖臂扇形齒模數 2.5，直齒齒數 72，節圓直徑 180mm，壓力角 20° 。

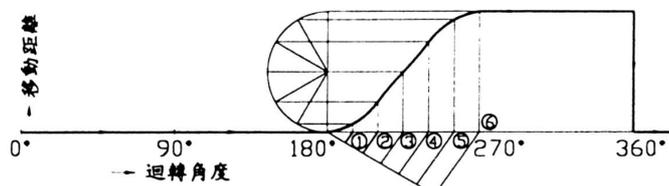
繪圖時，應先查明鍵槽尺度公差，及計算扇形齒輪齒廓數據。注意凸輪鍵槽應設於強度較大之方位，然後依序繪製位移線圖、凸輪及搖臂等之工作圖與組合圖。



(a) 立體圖題目參考用



(C) 組合圖



(B) 凸輪位移線圖

圖 26 凸輪機構工作圖(一)

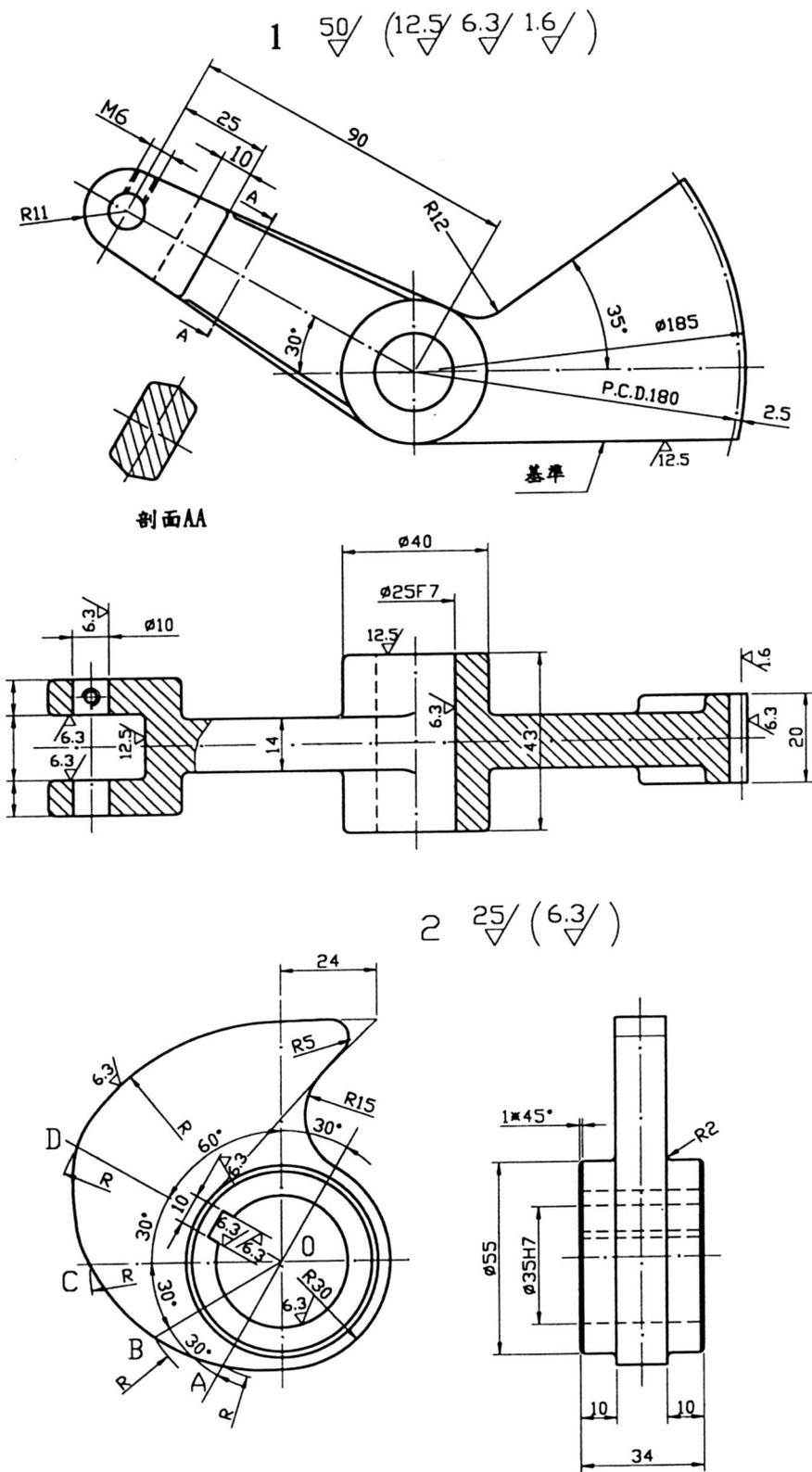
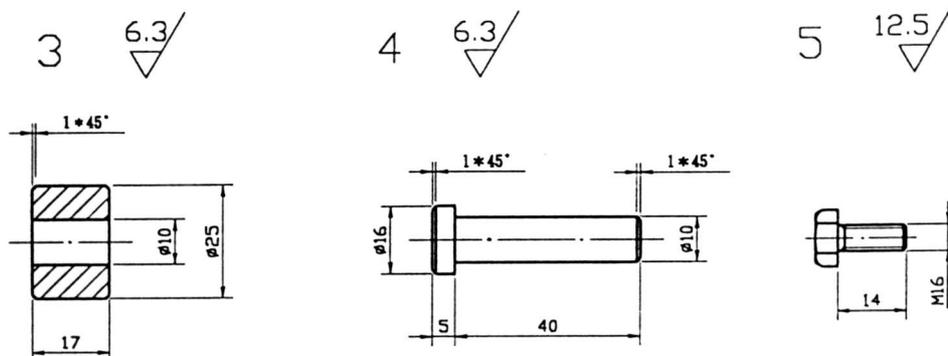


圖 26 凸輪機構工作圖(二)



扇形齒輪		
齒輪齒制	標準	
工具	齒形	直齒
	模數	2.5
	壓力角	20°
齒數	(72)	
節徑	180	

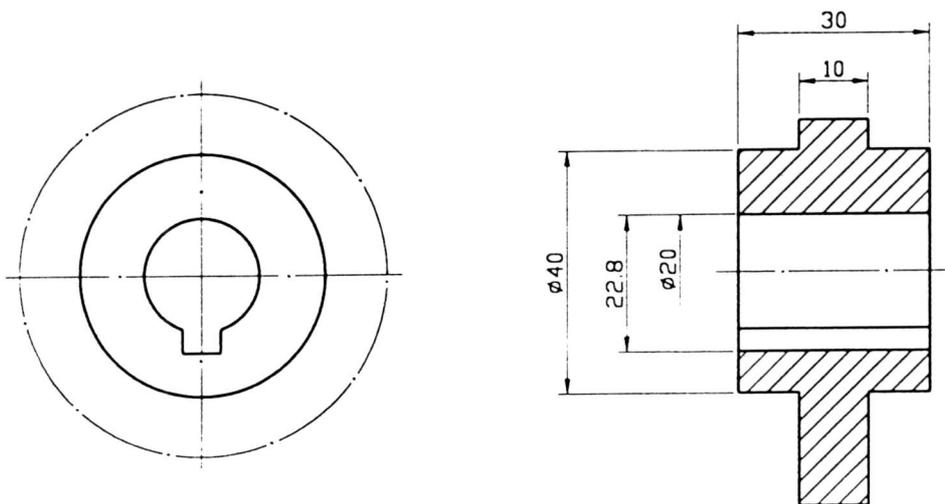
件號	名稱	材料	數量
1	搖動擺臂	SF45	1
2	凸輪	S45C	1
3	滾子	S45C	1
4	連結銷	S15C	1
5	固定螺絲	S50C	1

圖 26 凸輪機構工作圖(三)

學習評量二

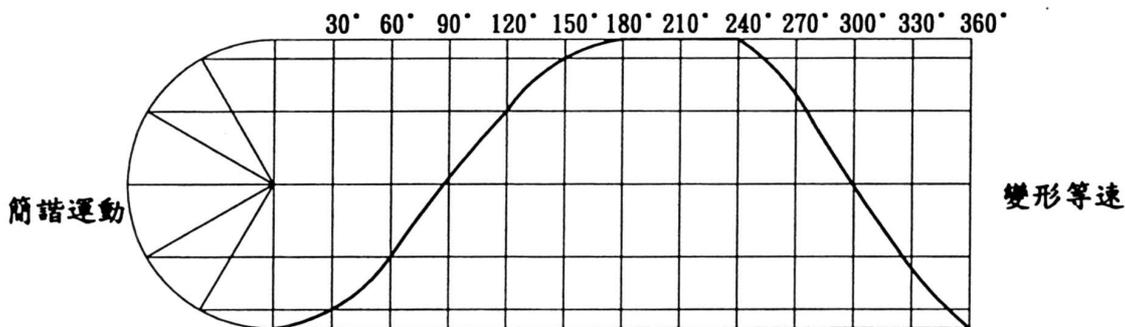
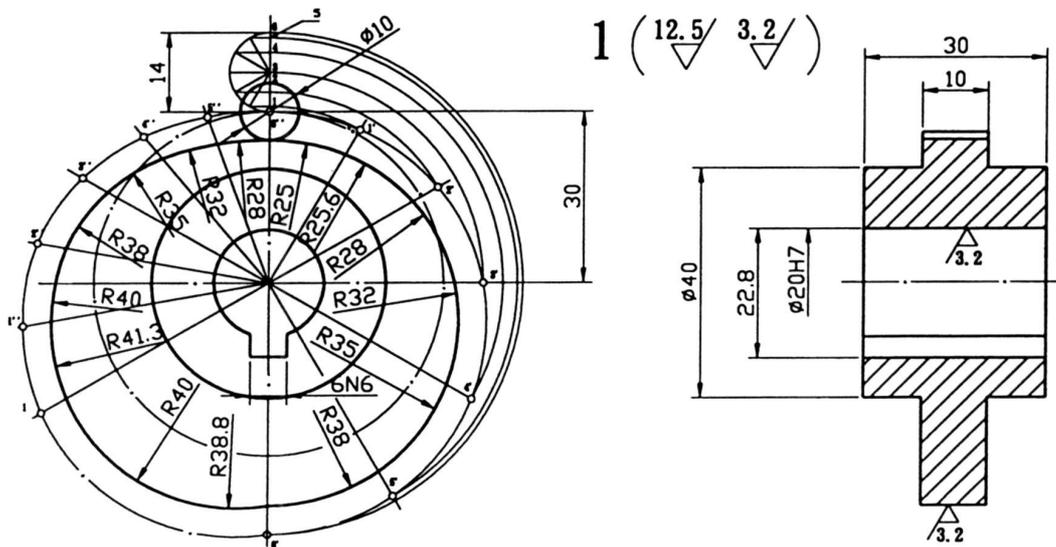
請不要使用參考資料或書籍，依據 CNS 規範繪製下圖所示之凸輪工作曲線。

基圓直徑 60mm，從動件於 $0^\circ \sim 180^\circ$ 以簡諧運動上升 20mm， $180^\circ \sim 240^\circ$ 靜止不動， $240^\circ \sim 360^\circ$ 以變形等速運動降至原點。設滾子直徑為 10mm，凸輪反時針方向旋轉。



學習評量二答案

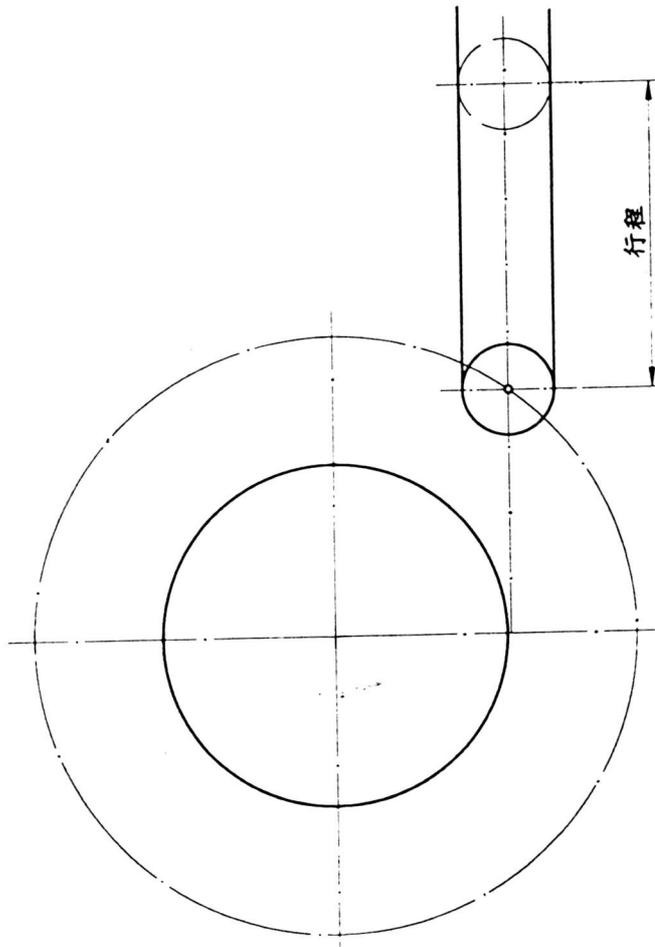
你的合案應該是：



學後評量

請不用參考資料或書籍，繪製下圖所示之板凸輪工作曲線。

偏置滾子從動件垂直運動方向偏向凸輪中心右方 20mm，基圓直徑 70mm，滾子直徑 10mm，凸輪反時針方向旋轉，在 $0^\circ \sim 180^\circ$ 以變形等速運動上升 35mm， $180^\circ \sim 270^\circ$ 簡諧運動下降 20mm， $270^\circ \sim 360^\circ$ 等加等減速運動降回原點。



評量表

單元名稱	凸輪繪製及標示法	班級		姓名		座號		
作業名稱	繪製凸輪工作曲線	評量日期						
作業編號	PM-CAD0711	評量形式：						
作業時間	3 小時	<input type="checkbox"/> 診斷評量 <input type="checkbox"/> 過程評量 <input checked="" type="checkbox"/> 成果評量						
評量要點	評量標準	評量結果						
		自我評量		教師評量				
		滿意	不滿意	A	B	C	D	E
1. 視圖是否正確	形狀投影、表示法有無錯誤或不當							
2. 尺度標註是否妥當、正確	尺度數字有無錯誤、遺漏、不妥							
3. 規範註註是否完整	註記說明是否明確，有無錯誤							
<p>評量說明：</p> <p style="text-align: center;">教師：</p>								

參考資料

- 一、翁通楹博士(1984)機械設計手冊：高立圖書有限公司
- 二、CNS 相關標準
- 三、康鳳梅教授等(1999)工程圖學；師苑圖書公司
- 四、謝文欽博士(1983)機械工程製圖；正文書局
- 五、黃泰翔等(1985)CNS 機械製圖（上冊）高立圖書公司