

第一章

機構學原理

本章學習重點

本章主要在講述機構原理之基本觀念，考生須熟記各種名詞（如機件、機構、滾動接觸、滑動接觸、高對、低對等）之定義及特性，作為往後各章之學習基礎。此外，最常出現之考題為自由度及運動鏈的計算，考生應用心多加熟讀。

壹 機件、機構與機械

一、質點與剛體

| | |
|----|--|
| 質點 | 物體運動時，若僅作移動運動或該物體之轉動運動可略而不計，則可視物體為一質點（不計其大小，但具有質量），或者物體之體積與運動之範圍比較起來，微乎其微時，便可將物體視為一質點討論。 |
| 剛體 | 物體在受力前後，其形狀和大小不發生任何變化者，稱為剛體。即物體內任兩點間之距離均保持不變者。實際上並無絕對之剛體存在，但於力學中研究物體之外效應時，因變形之影響甚微，可略而不計，而視之為剛體。 |

二、機件之定義及種類

| | |
|----|---|
| 定義 | <ol style="list-style-type: none">1. 機械中單獨之一項零件。2. 多數機械或機構所共需使用。3. 外型、功能及使用目的具有共同性。4. 假設為剛體。 |
|----|---|

上梯次關鍵★★

機件之種類及說明為機械原理之基礎，曾出現過考題，考生須了解其意義並熟記。

機械原理概要
(含機械常識)

| 種類 | 種類 | 說明 |
|----|------|---|
| | 固定機件 | 在固定位置支援運動機件或限制運動機件之運動，如機架、軸承、汽車底盤等。 |
| | 運動機件 | 用於傳送「能（動力）」或改變力的方向，如摩擦輪、齒輪、凸輪、帶輪、繩輪、鏈輪、聯軸器、軸、皮帶、繩圈、鏈條等。 |
| | 連接機件 | 連接二個或二個以上機件用之機件，如螺栓、銷、鍵、鉚釘等。 |
| | 控制機件 | 用於控制運動型式或振動之機件，如連桿、彈簧、制動器、離合器等。 |
| | 流體機件 | 用於輸送液體或氣體之機件，如管件、閥。 |

三、機構之定義及種類

| 定義 | 1. 機件之組合體。 2. 各機件間作有規律之運動。 | | | | | | |
|------|--|--------------------------------|----|------|--------------------------------|------|---------------------|
| 種類 | 車床之變速機構、進刀機構、螺絲切削機構、引擎之活塞曲柄機構、閥操動機構等。 | | | | | | |
| 分類 | <table border="1"><thead><tr><th>分類</th><th>說明</th></tr></thead><tbody><tr><td>平面機構</td><td>各機件的相對運動平面互相平行（常用之機構大多數為平面機構）。</td></tr><tr><td>空間機構</td><td>至少有兩個機件能在三維空間中相對運動。</td></tr></tbody></table> | 分類 | 說明 | 平面機構 | 各機件的相對運動平面互相平行（常用之機構大多數為平面機構）。 | 空間機構 | 至少有兩個機件能在三維空間中相對運動。 |
| | 分類 | 說明 | | | | | |
| | 平面機構 | 各機件的相對運動平面互相平行（常用之機構大多數為平面機構）。 | | | | | |
| 空間機構 | 至少有兩個機件能在三維空間中相對運動。 | | | | | | |

四、機械之定義及種類

| 定義 | 1. 機件或機構之組合體。 2. 各機件或機構間作一定之相對運動或限制運動。 3. 能接受外來能量，並對外作功或產生其他效用。 | | | | | | | | |
|----------|---|-----------------------------|------|----------|-----------------------------|----------|-------|----------|-------------|
| 種類 | <table border="1"><thead><tr><th>種類</th><th>應用實例</th></tr></thead><tbody><tr><td>產生機械能之機械</td><td>馬達、引擎（內燃機）、汽車、摩托車、水輪機、渦輪機等。</td></tr><tr><td>變化機械能之機械</td><td>發電機等。</td></tr><tr><td>利用機械能之機械</td><td>縫紉機、車床、銑床等。</td></tr></tbody></table> | 種類 | 應用實例 | 產生機械能之機械 | 馬達、引擎（內燃機）、汽車、摩托車、水輪機、渦輪機等。 | 變化機械能之機械 | 發電機等。 | 利用機械能之機械 | 縫紉機、車床、銑床等。 |
| | 種類 | 應用實例 | | | | | | | |
| | 產生機械能之機械 | 馬達、引擎（內燃機）、汽車、摩托車、水輪機、渦輪機等。 | | | | | | | |
| | 變化機械能之機械 | 發電機等。 | | | | | | | |
| 利用機械能之機械 | 縫紉機、車床、銑床等。 | | | | | | | | |

五、機構與機械之異同比較

| 比較 | 說明 |
|-----|--|
| 相同點 | 1. 兩者均為機件之組合體。 2. 兩者均為剛體。 3. 兩者均有確切之相對運動或限制運動。 |
| 相異點 | 1. 機械可傳遞能量及運動，並對外作功。 2. 機構主要功能僅為傳遞運動。 |

延伸思考

結構：如機架→僅能視為機件。

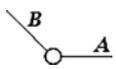
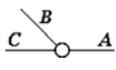
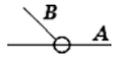
工具：如扳手、起子、鋸子等→不能視為機構。

器具：如鍋爐→不能視為機構。

儀器：如錶、天平、照相機→可視為機構。

貳 機構傳遞運動之方式

一、機構之重要代表符號

| 符號 | 說明 |
|---|---------------------------------|
|  | 固定軸。 |
|  | 連桿，機構中之剛體機件，用來與其他機件連接以傳遞運動或力量。 |
|  | 一連桿在固定軸上旋轉（稱為曲柄）或擺動（稱為搖桿）。 |
|  | 樞軸。 |
|  | 兩機件在樞軸上相接，樞軸本身在運動，A、B 桿可作旋轉或擺動。 |
|  | A、B、C 三連桿可繞樞軸作旋轉或擺動，樞軸本身亦在運動。 |
|  | B 桿於 A 桿之中央以銷連接，B 桿作旋轉或擺動。 |
|  | 四連桿結合成剛體，彼此無相對運動。 |
|  | 一固定面。 |
|  | 滑塊 A 於導路 B（或平面 B）上作相對直線滑動。 |

二、主動件與從動件

| | |
|-----|-------------------------------------|
| 主動件 | 在一機構中，能推動另一機件運動者，稱為主動件。 |
| 從動件 | 在一機構中，能接受主動件之運動而產生與主動件相應之運動者，稱為從動件。 |

延伸思考

一般在機構中之機件，大多同時具備主動件與從動件之身分。如圖 1-1 所示，曲柄為主動件時，連桿為從動件；連桿為主動件時，活塞為從動件。

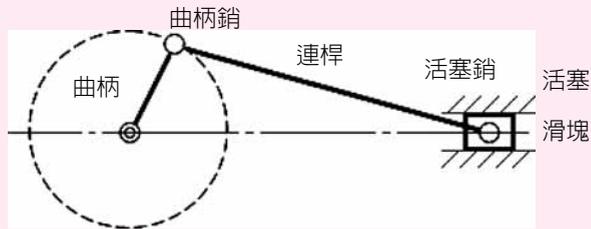


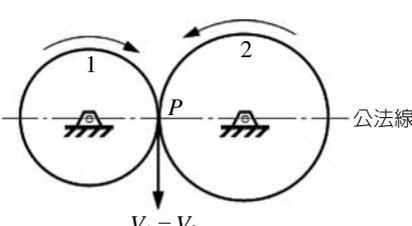
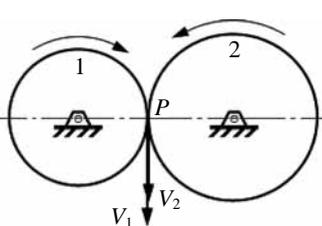
圖 1-1

三、傳遞運動之方式

| | | |
|---------|--------|--|
| 傳遞運動之方式 | 直接接觸傳動 | <ul style="list-style-type: none"> ┌ 滾動接觸 ├ 滑動接觸 └ 複式接觸 (滾動 + 滑動) |
| | 間接接觸傳動 | <ul style="list-style-type: none"> ┌ 剛性聯接物 ├ 撓性聯接物 └ 流體聯接物 |

方式 (一) 直接接觸傳動

| 種類 | 說明 |
|------|--|
| 滾動接觸 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 兩機件之接觸點無相對速度者或在接觸點之切線速度相等者 (亦即切線速度之大小相等，方向相同)。 2. 例如，摩擦輪、凸輪與滾子從動件、齒輪之節圓。 |
| 滑動接觸 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 兩機件之接觸點有相對速度或在接觸點之切線速度不相等者 (法線速度均為零)。 2. 例如，工作母機上之刀架與刀座之傳動、摩擦輪在接觸點有滑動之傳動、滑塊與導路、凸輪與尖狀從動件。 |

| 種類 | 說明 |
|---|--|
| 複式接觸 (滾動+滑動) | 1. 兩機件在接觸點之法線分速相等，切線分速不相等。 2. 例如，凹槽形摩擦輪之傳動、平板凸輪之傳動及齒輪傳動（傳動時，齒面上為滑動接觸，在節圓面上為滾動接觸）。 |
|  | |
|  | |
| <p>圖 1-2 滾動接觸</p> <p>圖 1-3 滑動接觸</p> | |

方式（二）間接接觸傳動（藉中間聯接物之傳動）

| 種類 | 說明 |
|-------|------------------------------|
| 剛性聯接物 | 能承受拉力（張力）及壓力（推力）者，如引擎汽缸中之連桿。 |
| 撓性聯接物 | 僅能承受拉力而不能承受壓力者，如皮帶、鏈條、繩索。 |
| 流體聯接物 | 僅能承受壓力而不能承受拉力者，如液壓油及空氣。 |

參 自由度與運動對

一、機構學中常見之自由度

| 種類 | 說明 |
|-------|---|
| 自由度 | 描述一質點或剛體之運動位置所需之座標個數，或假設運動對中之一機件固定，而另一機件相對於此機件之位置所需要的獨立參數數目，亦可稱為可動度。 |
| 機構自由度 | 機構中各機件相對於機架（固定不動之機件）所能有的獨立運動之數目。 |
| 局部自由度 | 機構中某些機件具有之自由度僅與自身局部運動有關，並不影響整體機構運動，則稱此種自由度為局部自由度。例如，軸承中之滾珠即是局部自由度經常發生之場合。 |

上榜最關鍵 ★★★★★

機構自由度之公式為本章最主要的考點，式中及之定義須清楚了解，計算時才不致於出錯。

機械原理概要 (含機械常識)

二、機構自由度之公式

| | |
|----|---|
| 公式 | $F = 3(N - 1) - 2f_L - f_H$ <p>其中 F：機構之自由度，N：所有連桿數目，f_L：機構中低對之數目，f_H：機構中高對之數目。</p> |
| 特性 | <p>$F \leq 0$：機件間無相對運動，則機構不能動，故不成為機構。</p> <p>$F > 0$：</p> <ul style="list-style-type: none"> $F =$ 主動件數目，則機件間之相對運動確定。 $F >$ 主動件數目，則機件間之相對運動不確定。 $F <$ 主動件數目，則機件間不能運動或產生破壞。 |

三、質點與剛體之自由度

| 種類 | 說明 |
|----|--|
| 質點 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 在直線上之自由度為 1。 2. 在平面上之自由度為 2。 3. 在空間之自由度為 3，即能做三維空間運動。 |
| 剛體 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 作平面運動之自由度為 3。 2. 繞固定軸旋轉之自由度為 1。 3. 繞固定點旋轉之自由度為 3。 4. 在空間中運動之自由度為 6，即三個座標軸的移動度與三個座標軸的旋轉度。 |

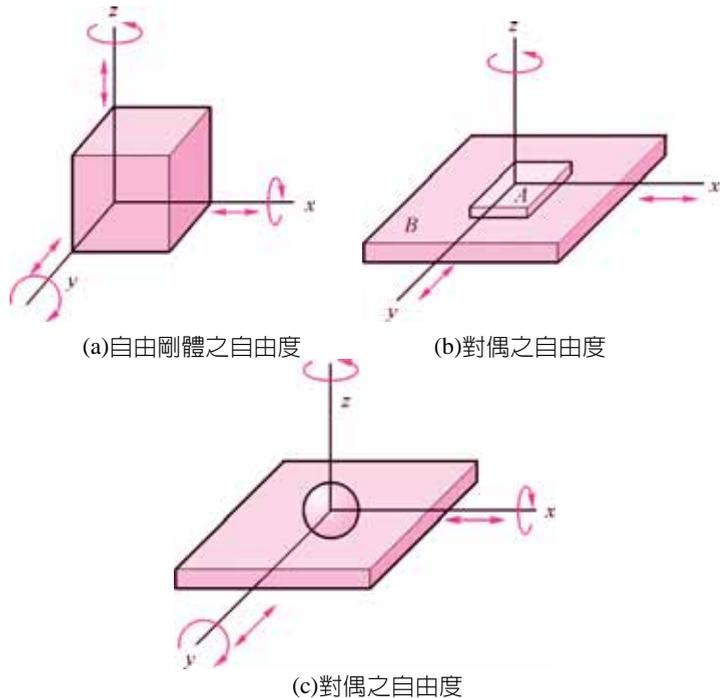
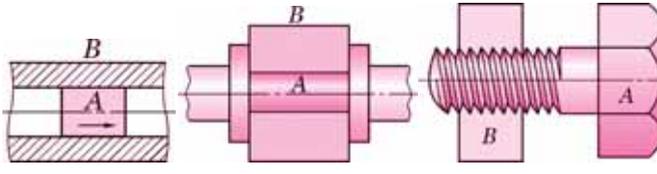
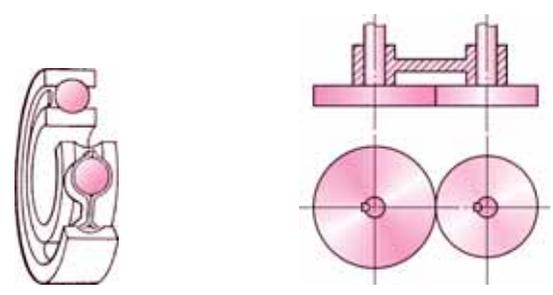


圖 1-4 自由度示意圖

四、運動對之定義及種類

| <p>定義</p> | <p>兩機件互相接觸且彼此可作特定之相對運動者，稱為運動對（或對偶）。運動對因兩機件彼此間有約束，故自由度最多為 5，最少為 1。</p> | | | | | | | | |
|------------------|---|----|----|-----|--------------------------|-----|----------------------------|-----|--------------------------------------|
| <p>種類</p> | <p>1. 低對：兩機件作面接觸，且自由度為 1 者。</p> <table border="1" data-bbox="283 399 927 659"> <thead> <tr> <th>種類</th> <th>說明</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>滑動對</td> <td>兩機件彼此僅能作直線運動，如汽缸與活塞間之運動。</td> </tr> <tr> <td>迴轉對</td> <td>兩機件彼此僅能作迴轉運動，如滑動軸承與軸頸間之運動。</td> </tr> <tr> <td>螺旋對</td> <td>兩機件彼此可作螺旋運動，即同時有相對滑動及轉動運動，如螺栓與螺帽之運動。</td> </tr> </tbody> </table> <div style="text-align: center;">  <p>(a)滑動對 (b)迴轉對 (c)螺旋對</p> <p>圖 1-5 低對之種類</p> </div> <p>2. 高對：兩機件作點或線接觸，且自由度大於 1 者。如滾動軸承中之滾珠與內環或外環、齒輪、摩擦輪、凸輪與從動件等。</p> <div style="text-align: center;">  <p>(a)滾珠軸承 (b)摩擦輪</p> <p>圖 1-6 高對之種類</p> </div> | 種類 | 說明 | 滑動對 | 兩機件彼此僅能作直線運動，如汽缸與活塞間之運動。 | 迴轉對 | 兩機件彼此僅能作迴轉運動，如滑動軸承與軸頸間之運動。 | 螺旋對 | 兩機件彼此可作螺旋運動，即同時有相對滑動及轉動運動，如螺栓與螺帽之運動。 |
| 種類 | 說明 | | | | | | | | |
| 滑動對 | 兩機件彼此僅能作直線運動，如汽缸與活塞間之運動。 | | | | | | | | |
| 迴轉對 | 兩機件彼此僅能作迴轉運動，如滑動軸承與軸頸間之運動。 | | | | | | | | |
| 螺旋對 | 兩機件彼此可作螺旋運動，即同時有相對滑動及轉動運動，如螺栓與螺帽之運動。 | | | | | | | | |

上梯次關鍵★★

低對與高對之比較有助於了解兩者間之特性差異及其意義，考生應善加利用並熟記。

機械原理概要
(含機械常識)

| 種類 | 3. 低對與高對之比較： | | |
|-------|--------------|---------|---------|
| | 項目 | 低對 | 高對 |
| | 依接觸面性質 | 面接觸為主 | 點或線接觸為主 |
| | 依自由度 | $F = 1$ | $F > 1$ |
| | 依受力面積 | 大 | 小 |
| | 依磨耗情形 | 機件磨耗小 | 機件磨耗大 |
| | 依壽命情形 | 機件壽命長 | 機件壽命短 |
| 依摩擦情形 | 摩擦損失能量大 | 摩擦損失能量小 | |
| 依潤滑情形 | 須增添潤滑劑 | 潤滑劑較省 | |

延伸思考

面接觸者不一定為低對之特例：如圖 1-7 所示之對偶，屬於面接觸，自由度為 2，故為高對。

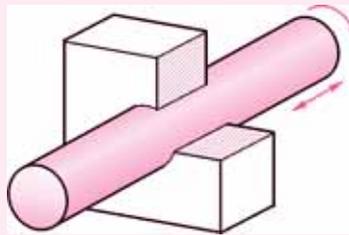


圖 1-7 圓柱對

五、倒置對偶及其特性

| | |
|----|---|
| 定義 | 由 A、B 兩機件所組成之運動對，將其主動件與從動件互換，使從動件成為主動件，而主動件成為從動件者，稱為倒置對偶。 |
| 特性 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 低對經倒置對偶後，兩機件之運動狀態沒有改變，即絕對運動不變，相對運動不變。 2. 高對經倒置對偶後，兩機件之運動狀態將不相同，其中絕對運動改變，相對運動不變。 |

六、自鎖對及力鎖對

| | |
|-----|---|
| 自鎖對 | 兩機件間不必靠外力，自行能夠維持接觸而傳動者，如螺旋對。 |
| 力鎖對 | 兩機件間須靠重力、彈簧等外力才能維持接觸而傳動者，如平板凸輪與從動件、火車輪與鐵軌等。 |