

# 機械概論講義

## 第四回

501130-4



社團法 考友社 出版發行

# 機械概論講義 第四回



第四講 基礎機動學.....	1
命題大綱.....	1
重點整理.....	2
一、基礎機動學概說.....	2
二、四連桿機構.....	5
三、間歇運動機構.....	12
四、反向運動機構.....	13
精選試題.....	15

# 第四講 基礎機動學



## 命題大綱

- 一、基礎機動學概說
  - (一)機件、機構、機械之概念
  - (二)機件、機構、機械等之關係
  - (三)機件對偶之定義及種類
  - (四)不完全對偶與倒置對偶
  - (五)機件直接接觸傳動方式
  - (六)機件運動之分類
  - (七)旋轉運動時各量間關係
  - (八)各國工業標準代號
- 二、四連桿機構
  - (一)四連桿機構之基礎概說
  - (二)常見機構類型
  - (三)自由度總數
  - (四)瞬心法
- 三、間歇運動機構
  - (一)棘輪機構
  - (二)無聲棘輪
  - (三)日內瓦機構
  - (四)擒縱器構造
- 四、反向運動機構
  - (一)小齒輪反向運動機構
  - (二)齒輪與齒條反向運動機構
  - (三)斜齒輪與離合器反向運動機構
  - (四)龍門和牛頭鉋床運作過程



## 一、基礎機動學概說

### (一)機件、機構、機械之概念：

- 1.機件：組成機構或機械的最基本元素。
- 2.機構：若干機件所組成，動其一件，會迫使其他各件按組合性質進行預期的相對運動。
- 3.機械：若干機構組合，可接受外來能量而轉變成有效輸出功。

### (二)機件、機構、機械等之關係：


舉例說明其關係，在汽車引擎中：

#### 1.機件：

如活塞、曲柄、曲柄軸、軸承、引擎底座、凸輪、凸輪軸、閥門等。

機構學中常見之機件名稱及符號：

名稱	符號	意義
連桿		能傳達力量、產生或限制運動的機件，如曲柄、搖桿、浮桿
樞鈕		兩活動機件的接合點，以光滑銷釘接合
固定中心 (固定軸)		活動件在固定軸上的接合點，以光滑銷釘接合，為固定旋轉中心
三件樞鈕		三桿同在一樞鈕，各桿能作旋轉或搖擺運動。三機件為兩對偶數
迴轉鈕		(1)一連桿銷接於另一連桿之上 (2)機件數為 2 件，對偶數為 1
曲柄或搖桿		在固定軸上能 360° 迴轉者，稱為曲柄；而只作一定角度擺動者，稱為搖桿
固定機架		用以支撐或限制機構內各運動件的固定不動部分
滑塊和導路		(1)導路：將機件限制在一定動路上 (2)滑塊：在導路上作往復滑行的機件

結構、板塊		連桿組合之結構體，彼此間無相對運動，只相當於一機件
-------	---	---------------------------

## 2. 機構：

活塞和曲柄等構成一機構，曲柄軸、軸承、引擎底座等又構成一機構，凸輪軸、凸輪、閥門、氣缸頭座等也構成一機構。

## 3. 高對機構：

兩機件間之接觸為點或線接觸者。例如齒輪組、凸輪與從動件等。

## 4. 低對機構：

兩機件間之接觸為面接觸者，其有滑動對、迴轉對及螺旋對。例如螺桿與從動件，軸對軸承旋轉等。

## 5. 機械：

上述三機構結合，構成引擎。引擎為機械，機械利益 = 抗力 / 施力。

## (三) 機件對偶之定義及種類：

## 1. 對偶之定義：

在機械運動中，若兩機件經組合而互相接觸，並沿一定的動路產生相對運動時，即構成一對偶。

## 2. 對偶的種類：

(1) 高對：兩機件間為點或線接觸，而有相對運動者。如兩嚙合的齒輪、凸輪與從動件或兩摩擦輪傳動等。

(2) 低對：兩機件間為面接觸，而有相對運動者。區分為：

① 滑動對：運動對之兩機件有相對直線或曲線滑動。如活塞與汽缸、車床尾座與導軌。

② 迴轉對：運動對之兩機件，繞同一軸作相對迴轉或搖擺運動。如軸與滑動軸承。

③ 螺旋對：運動對之兩機件，彼此可作螺旋運動，即同時有相對迴轉及直線運動。如螺桿與螺帽。

## (四) 不完全對偶與倒置對偶：

## 1. 不完全對偶：

機件之間的約束，只在有抵抗力的部分，無抵抗力之部分，只靠重力來維持其位置。例如火車車輪在鐵軌上行走，只約束軌道側邊，車輪與鐵軌藉由重力保持接觸。

## 2. 倒置對偶：

(1) 對偶中，原動件和從動件之原從關係改變，使原動件變成從動件，而從動件變成原動件，稱倒置對偶。

(2) 低對與高對之倒置：

- ①低對：不會影響兩機件間之相對運動，及各別的絕對運動如螺桿與螺帽。
- ②高對：兩機件間之相對運動不受影響，但各別的絕對運動則會改變。

(五)機件直接接觸傳動方式：

1.滾動接觸傳動：

兩機件接觸點間無相對運動發生，即接觸點公法線及公切線上之分速度皆相等。如理想情況下，摩擦輪傳動。

2.滑動接觸傳動：

兩機件接觸點間有相對運動存在，即接觸點公法線上之分速度相等，而公切線上之分速度不相等。如平板凸輪之傳動。

3.滾動兼滑動接觸傳動：

兩機件在接觸點之切線速度，有時相等，有時不相等。如齒輪嚙合傳動。

(六)機件運動之分類：

1.平面運動：

機件內部各質點，在平面上平行移動者，如直線運動、圓周運動。

2.螺旋運動：

機件上各點，繞一定軸線旋轉，同時又沿軸線方向移動者。

3.球面運動：

機件運動時，其上各點，距中心保持一定距離者。如萬向（虎克）接頭。

(七)旋轉運動時各量間關係：

設  $T$  = 週期 (sec)， $f$  = 頻率 (1/sec)， $\omega$  = 角速度 (rad/sec)， $N$  = 轉速 (rpm)， $V$  = 切線速度 (m/sec)， $r$  = 迴轉半徑 (m)，則：

$$\omega = \frac{V}{r} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = \frac{2\pi N}{60} \dots\dots \text{重要公式}$$

(八)各國工業標準代號：

1.統一標準的優點：

- (1)具有互換性，更換方便。
- (2)可大量生產，提高產品精度及降低成本。
- (3)規格明確，避免紛爭。
- (4)促進國際化。

2.各國工業標準代號：

標準名稱	符號
國際標準組織	ISO
中國國家標準	CNS
美國國家標準	ANS
美國鋼鐵協會	AISI
美國機械工程學會	ASME
日本工業規格	JIS
德國工業標準	DIN
英國國家標準	BS

## 二、四連桿機構

### (一)四連桿機構之基礎概說：

#### 1. 運動鏈：

多個對偶組組成的一個運動連鎖系統，也稱連桿組。其中對偶代表兩個連接在一起，並作相對運動的連桿。

#### 2. 四連桿機構組成：

(1)其由 4 個剛體(稱為連桿)所構成，每個連桿經由樞軸與其他兩個連桿連接，形成一個拘束運動鏈。四個剛體分別為：1 個固定桿、2 個對偶桿、1 個連接桿(或稱浮桿)。

(2)通常在四連桿機構中，會有一個不動的連桿，稱為固定桿，而其他 2 個與固定桿連接的連桿稱為對偶桿，剩下沒有與固定桿連接的連桿稱為連接桿(或稱浮桿)。

(3)輸入桿與從動桿：在機械運動中，其中的一個曲柄或搖桿會被用來當做驅動輸入，又稱輸入桿，而另一個曲柄或搖桿此時則被稱為從動桿，該連桿機構運動的動作是由輸入桿決定。

#### 3. 四連桿機構如圖(-)所示，其中：

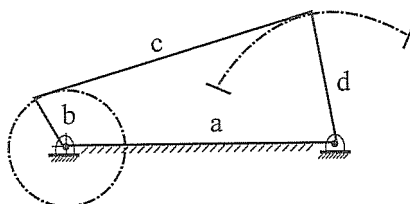
(1) a 桿：固定桿，或稱為機架。

b 桿：曲柄，能對固定軸作完全迴旋運動。

c 桿：連接桿。

d 桿：搖桿，能對固定軸作搖擺運動。

曲柄與搖桿的差別在於對固定軸作運動的程度。



圖(-) 四連桿機構

(2)四連桿機構的充要條件為：最長桿的長度，必小於其他三連桿的長度之總合。

(3)葛萊旭夫定理：

①情況一：最短桿與最長桿之長度總和小於其餘兩根連桿之長度總和：

A. 若固定最短桿之對偶桿，可形成曲柄搖桿機構。

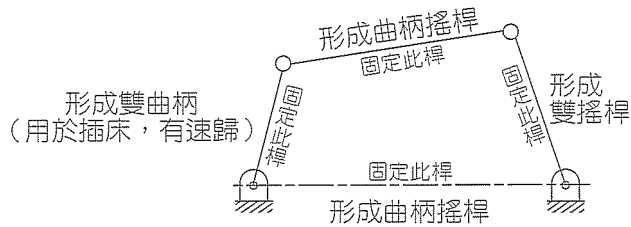
B. 若固定最短桿之對邊桿，可形成雙搖桿機構。

C. 若固定最短桿，可形成雙曲柄機構。

②情況二：最短桿與最長桿之總長度總和等於其餘兩根連桿之長度總和：形成之機構，產生死點，運動不確定。

③情況三：最短桿與最長桿之總長度總和大於其餘兩根連桿之長度總和：形成雙搖桿機構。

總結上述情況一時，固定各桿形成不同機構如下：



圖(二) 情況一之機構

(4)四連桿機構的基本構型：曲柄搖桿機構、雙曲柄機構及雙搖桿機構等三種。另外，還有一種含有滑動對的變化形。三種四連桿機構的基本構型簡述如下：

①曲柄搖桿機構：固定桿為最短桿之對偶桿。

②雙曲柄機構：固定桿為最短桿。

③雙搖桿機構：固定桿為最短桿之對邊桿。

(二)常見機構類型：

1. 曲柄搖桿機構：

(1)曲柄搖桿機構：固定桿為最短桿的對偶桿，如圖(三)。

曲柄長度  $s$  + 偶桿長度  $l \geq$  搖桿長度  $p$  + 固定桿長度  $q$

(2)該機構之特性：曲柄與偶桿成一直線時，即形成所謂之死點，在實務上需加飛輪來克服之。

(3)曲柄搖桿機構之成立條件：

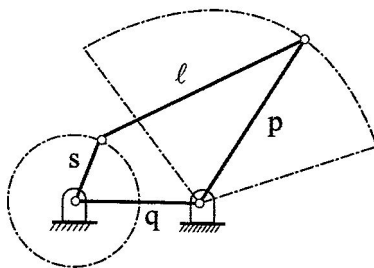
①  $S + q + P > l$  ,  $S + l + P > q$

(最長桿的長度須小於其餘三連桿長度之和)

②  $S + q < P + q$  ,  $S + l < P + q$



(最短桿加上對偶桿之一小於其它兩桿長度和)



Crank-rocker

$$s+l > p+q$$

圖(三) 曲柄搖桿機構

## 2. 雙曲柄機構：

(1) 雙曲柄機構：固定桿為最短桿，如圖(四)，也稱牽桿機構。

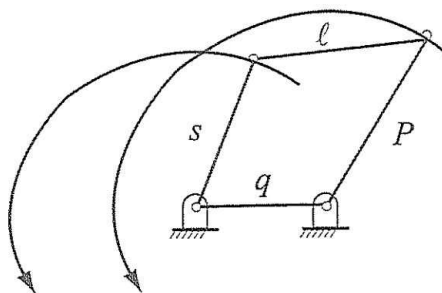
曲柄長度  $s$  + 偶桿長度  $l \geq$  曲柄長度  $p$  + 固定桿長度  $q$

(2) 該機構之特性：如果一個曲柄以固定轉速旋轉，則另一曲柄會以相同方向但是變速旋轉，該連桿機構沒有死點，急回運動機構為應用之例子。

(3) 雙曲柄機構成立之條件：最短桿加上對偶桿之一小於其兩桿的長度和：

$$\textcircled{1} S+l > P+q$$

$$\textcircled{2} S+P > l+q$$



Drag-link

$$s+l > p+q$$

圖(四) 雙曲柄機構

## 3. 雙搖桿機構：

(1) 雙搖桿機構：固定桿為最短桿的對邊桿，如圖(五)。

搖桿長度  $s$  + 偶桿長度  $l \geq$  搖桿長度  $p$  + 固定桿長度  $q$

(2) 機構成立條件：在四連桿機構中之其中一桿(常指最短桿)，需合乎下述條件才能具備連續轉動之能力(也就是形成雙搖桿機構)：

$$b(\text{最短桿}) + c(\text{最長桿}) < a+d$$

♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥  
♥  
♥ **精選試題** ♥  
♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥

一、在機械偶的低對中包括滑動對、迴轉對、螺旋對及球面對等，試在車輛各部分機構中舉例說明上述四種低對，並分別說明其運動性質。

答：(一)滑動對：活塞在引擎內的活動。

(二)迴轉對：傳動軸對軸承之旋轉。

(三)螺旋對：轉向機構之螺旋。

(四)球面對：可作 3 軸之運動，用在汽車的懸掛系統的球狀連接處。

二、請分別說明機件、機構與機械定義，試在汽車引擎中，舉例說明機件、機構與機械，並比較三者之特性。

答：(一)定義：

1. 機件是組成機構或機械的最基本元素。

2. 機構是若干機件所組成，動其一件，會迫使其他各件按組合性質進行預期之相對運動。

3. 機械是若干機構組合，可接受外來能量而轉變成有效輸出功。

(二)在汽車引擎中，如活塞與曲柄為機件；活塞和曲柄等構成一機構；曲柄軸、軸承、引擎底座等又構成一機構；凸輪軸、凸輪、閥門、氣缸頭座也構成一機構；上述三機構結合，則構成引擎，引擎為機械。

三、欲設計一牽桿機構，已知固定桿長 2cm，兩根曲柄分別為 3cm 和 4cm，試求連接桿長度範圍。

答：牽桿機構為雙曲柄機構，所以固定桿為最短桿，首先列出條件：

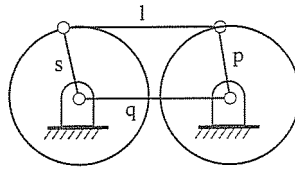
(一)四連桿機構之充要條件為：最長桿長度，必小於其他三連桿長度之和。

(二)雙曲柄機構：固定桿是最短桿。

1. 根據(一)，考量該連接桿最大長度，四連桿機構的充要條件為：最長桿長度，必小於其他三連桿長度之和，所以連接桿的長度  $< (2\text{cm} + 3\text{cm} + 4\text{cm}) = 9\text{cm}$ 。

2. 根據(二)， $(3\text{cm} + 4\text{cm}) > \text{連接桿} + 2\text{cm}$ ，所以  $5\text{cm} > \text{連接桿}$ ； $3\text{cm} + \text{連接桿} > 4\text{cm} + 2\text{cm}$ ，所以  $\text{連接桿} > 3\text{cm}$ 。

3. 故  $5\text{cm} > \text{連接桿} > 3\text{cm}$ 。

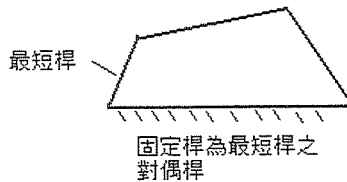


Parallelogram linkage  
 $s+l=p+q$

如上圖還有一平行曲柄機構，若一個曲柄以固定轉速旋轉，另一曲柄則會以相同轉速旋轉。

四、某四連桿機構的四支桿長分別為：4cm、7cm、8cm 及 10cm。試根據上述桿長組合，繪製「曲柄搖桿機構」、「雙曲柄機構」及「雙搖桿機構」的骨架圖。

答：(一)曲柄搖桿機構：固定桿是最短桿的對偶桿，最短桿為 4cm 者。



(二)雙曲柄機構：固定桿是最短桿。



(三)雙搖桿機構：固定桿是最短桿之對邊桿。



五、試分析下圖之多連桿機構，並求出下列結果：

- (一)連桿。
- (二)具有 1 個自由度之接頭數目。
- (三)具有 2 個自由度之接頭數目。
- (四)多連桿機構之運動自由度。