

職業學校叢書

機構學

金一珩 編著
燕 浩 昆

龍門聯合書局印行

職業學校叢書

機 構 學

蘇州工業學院圖書館
藏書章

龍門聯合書局印行

機 構 學

版權所有

翻印必究

編著者
出版者

新 蔣 浩 良
幼 芝

發 行 處

北京路三〇〇弄三號
 上海河南中路二一〇號
 電話 一七六七
 南京東路支店
 上海南京東路一五七號
 電話 一 二 七 八 三
 龍門聯合書局各地分局
 北京分局 東安門大街 82 號
 北京南城支店 琉璃廠 103 號
 北京西城支店 西單福壽商場 6 號
 重慶分局 陝西路 368 號
 漢口分局 江漢一路 3 號
 瀋陽分局 太原街 40 號
 天津分局 羅維路 308 號
 西 281 號
 路 26 號
 天津路

分 售 處

緒 言

我國中等技術學校的設立雖然已有三十多年的歷史，但是各種技術科目還沒有適當教本，不是採用原文就多採用大學叢書：以致講解費力，學生不易吸收，真是事倍功半。編者前所編輯的應用力學，材料力學，水力學，工廠管理等書，各技術學校不嫌譴陋，採用的很多，甚為榮幸。爰再編輯機構學，以供教授及參考之用。

機構和機器都是用以發生預定的運動；機構產生運動的變化，機器產生能的變化。機構學是研究機械運動的學科，是機械工程中重要的基本學科之一。

一般的講來，機構學，雖單以研究機械的運動，不研究其作用的力為原則；但為配合實用起見，本書內有些部份却把運動和力的作用合併研究，這樣可以提高學者的興趣，並且容易瞭解。

本書共分十五章，約一二〇小時可以教完。每周三小時，足夠二學期之用。

本書因時間關係，難期完善，尚希工程同志，不吝賜教。

金一新 蔣浩良 同記於上海中華職業學校

一九五〇年七月

目 錄

第一章	總論	1
第二章	帶輪	10
第三章	繩輪	40
第四章	鏈輪	50
第五章	滾動接觸機構	53
第六章	凸輪	76
第七章	齒輪	90
第八章	輪系	117
第九章	迴轉輪系	131
第十章	瞬心	133
第十一章	四聯體機構	149
第十二章	三聯體機構	156
第十三章	二聯體機構	177
第十四章	球面連桿機構	183
第十五章	特種剛體聯接機構	189

機 構 學

第一章 總 論

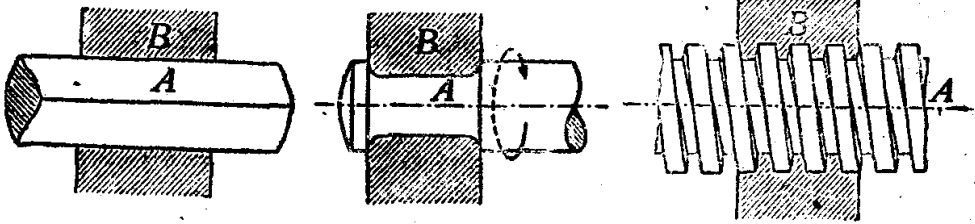
1. **運動和靜止** 物體變換其位置時即生運動。因我們尚不知宇宙間有絕對靜止的物體，普通恆假定地球為絕對靜止的物體。在研究工程問題時，所稱其他物體的運動和靜止，係對地球而言，故稱一物體的運動和靜止，即此物體對於地球的位置有無變換。

2. **自由運動和拘束運動** 不拘束的物體，由於力的作用方向而發生運動，這叫做物體的自由運動 (Free motion)。例如以繩懸垂的物體，安置於棹上的物體，得由外力的作用而發生種種方向的運動是。

當物體僅能限制於一個方向或一種運動而不能施行其他運動，或僅能由已知方向的分力對於該方向施行運動時，這叫做物體的拘束運動 (Constrained motion)。拘束運動就是一定的運動，即除一種運動外，別無其他運動，如方孔內所插方棒的運動即是：

3. **拘束運動的對** 拘束運動為由外部受有限制的運動，除一定運動外不能施行其他運動，故欲施行此種拘束運動時，除本身運動的物體外，尚須有另一物體約束其運動，此本身運動

的物體和另一約束其運動的物體所組成的一對，叫做拘束運動的對 (Pair)。如發生滑動，這對叫做滑動對 (Sliding pair)；如發生迴轉運動，叫做迴轉對 (Turning pair)；發生螺旋運動者則叫做螺旋對 (Screw pair)。其組成的各物體叫做對的素 (Element)。例如第 1 圖，方孔內插入方棒為滑動對，第 2 圖， A 軸在 B 孔內迴轉為迴轉對，第 3 圖， A 為陽螺旋， B 為陰螺旋而組成螺旋對， A, B 均為對的素。

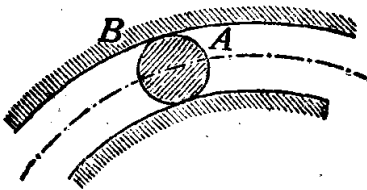


第 1 圖

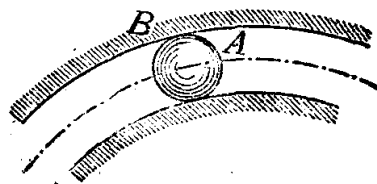
第 2 圖

第 3 圖

此外尚有特種對，如第 4 圖，圓棒 A 在曲線形 B 槽中運動，棒和槽的側面為線接觸。第 5 圖為 A 球在 B 槽中運動，球和槽的側面為點接觸。這種組成，棒或球本身的運動雖極不明確，然棒和球的中點的運動，限制於槽的形狀而為一定的拘束運



第 4 圖



第 5 圖

動。

點或線的接觸而發生一定拘束運動的對叫做高對 (Higher pair)。面和面接觸而發生一定拘束運動的對叫做低對 (Lower pair)。

4. 螺旋運動 一運動物體上的各點均繞一定的軸線迴轉，同時沿軸線的方向作等速度的移動時，叫做螺旋運動 (Helical motion)。

5. 連續運動 當一運動的物體沿同一動路繼續運動時，叫做連續運動 (Continuous motion)。

6. 間歇運動 當一運動的物體，每隔一定時間即有一定的靜止時間，叫做間歇運動 (Intermittent motion)。

7. 往復運動 當一運動物體沿一定動路往復運動時，叫做往復運動 (Reciprocating motion)。

8. 擺動 當一運動物體沿一弧線的動路作往復運動時，叫做擺動 (Oscillation)。

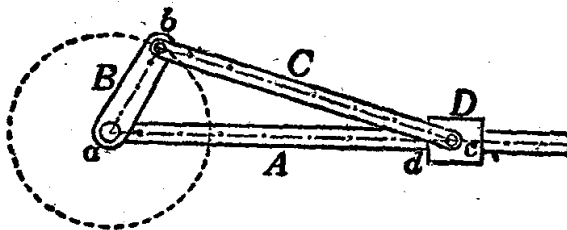
9. 簡諧運動 當一動點作等速圓周運動時，在直徑上該點投影的運動，叫做簡諧運動 (Simple harmonic motion)。

10. 主動子和被動子 當一機械發生運動時，其開始運動的一部稱為主動子或原動部 (Driver)，其最後運動的一部稱為被動子或從動部 (Follower)。一機構必有主動子和被動子，如有互相連結的一連串機構，則其首先運動者為主動子，後者為被動子。

11. 副動子 兩物體除直接接觸或由另一能傳達運動的物體介於其間外，決不能使別一物體發生運動。前者直接接觸，即由主動子傳至被動子。後者非直接接觸，而有另一物體介於其間者而傳達運動，此介於其間的物體叫做副動子，如皮帶、空氣、液體等。

12. 運動鏈 由多數物體順次形成拘束運動的對而成一連環系統，若其中一物體運動，其他物體即隨之各發生一定的運動，則此系統叫做運動鏈或運動系 (Kinematic chain)，其各物體叫做連桿 (Link)。

例如 A, B, C, D 四物體 (第 6 圖)， A, B 形成在 a 的迴轉對，



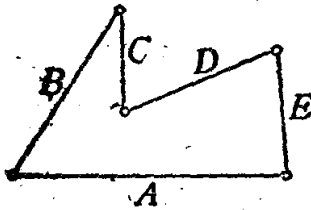
第 6 圖

B, C 為在 b 的迴轉對， C, D 為在 c 的迴轉對， D, A 為在 d 的滑動對，而成 $A-B-C-D-A$ 一連環系統，若 B 以 a 為中

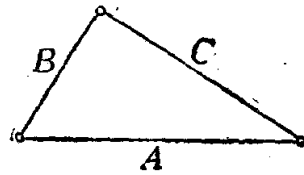
心而迴轉，則 D 必往復於 A 上。又 D 若沿 A 而往復運動， B 必以 a 為中心而迴轉。且 B 若不動， D 決不動，又 D 若不動， B 亦決不動。凡屬於該系統的物體的運動為確定的，這種系統叫做運動鏈，物體 A, B, C, D 叫做連桿。

雖由多數物體順次形成施行拘束運動的對而成一連環系統，若其運動並不確定，則不能稱為運動鏈。例如第 7 圖， A 。

B, C, D, E 五物體雖順次成迴轉運動的對而連結，以成一連環系統，然因其運動不確定，這不得叫做運動鏈。又如第 8 圖， A, B, C 三物體雖順次為迴轉對而成連環，但其中因任一物體不能運動，故亦不為運動鏈。



第 7 圖

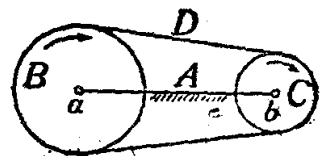


第 8 圖

13. 機構 運動鏈雖施行確定的運動，然因其運動為相對的，欲使其施行指定的運動，必將其中一連桿固定不動。其被固定的連桿叫做固定連桿，此即為固定子，因之與此成對者叫做主動子。在機械，則固定連桿為機械的座或相當於機械的固定骨架。

取屬於運動鏈的一連桿而固定之，則此運動鏈叫做機構 (Mechanism)。是以由一運動鏈可誘導許多機構。例如第 6 圖所示的運動鏈， A, B, C, D 四連桿中，隨固定任何一者可有四種相異的機構。

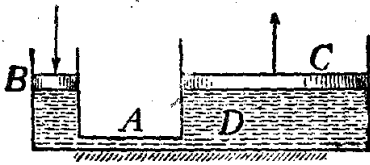
如第 6 圖，固定任何一連桿，由此所生機構的副動子為剛體。如第 9 圖乃用纏繞體為副動子的場合，固定連桿 A 的兩端有 a, b 二軸，此與圓形輪 B, C 分



第 9 圖

別成迴轉對，二輪上套有一纏繞體 D ，則 B, C 為主動子， D 為副動子，形成 $A-B-C-D-A$ 的機構。 B 的迴轉，給予 C 以迴轉， C 的迴轉，給予 B 以迴轉。

第 10 圖乃用流體為副動子，固定連桿 A 的兩端具有圓筒，

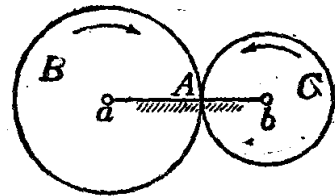


第 10 圖

各圓筒內分別裝有活塞 (Piston) B, C 。 A 的內部充滿流體 D 。 若是 B 與 C 俱對於 A 成滑動對，均為主動子，流體 D 為副動子。 B 的移動由 D 傳於 C ， C 的移動同樣傳於 B

而形成 $A-B-D-C-A$ 的機構。

第 11 圖乃不用副動子的機構的例，除去第 9 圖所示機構的副動子，使成主動子的二圓形輪直接接觸而形成 $A-B-C-A$ 的機構。 B 的迴轉直接傳於 C ， C 的迴轉也直接傳於 B 。



第 11 圖

14. 機械 機構乃以一動子的運動使他動子施行一定的運動，故由一機構或多數機構的順次連結，其一定的運動可自一動子順次傳達於他動子而至目的地。許多機構的順次連結叫做機構的連鎖。

運動時如有抵抗力的作用，則須有制勝的力以施行運動，若力和運動相伴而生，就有功的產生或能 (Energy) 的活動。以一機構或機構的連鎖施行有用的功，則能經機構的各連桿而傳

達於目的地。以機構傳達能，這機構叫做機械 (Machine)。

機械由一機構或多數機構的連鎖而成，將能傳達於他處以作功。即機構僅傳達運動，機械使傳達能為動力，機構與機械的差別，僅為力的有無而已。

15. 機構學和機械學 機構學是研究關於機構的學科，機械學是討論對於機械的學科。機構和機械的差異雖僅為力的有無，然力若存在，則除研究傳達後所表現的力的種類和大小外，不得不研究各連桿材料的強弱及連桿和連桿的結合部間的摩擦力，是以機械學除機構學外，尚包含機械力學、材料力學等，非常廣泛。

因機構學僅為討論機械運動的學科，故又叫做機械運動學，若僅討論由機構傳達的力，則叫做機械力學。本書所述者雖為機構學，然必要時對於機械力學亦論及之。

茲先述不用副動子的機構，其次再述具有副動子的機構。如以流體（普通所用者如空氣、蒸汽、水等）為副動子，則另有學科加以研究，本書所討論的僅限於剛體和纏繞體即以固體為連桿的機構。

不具副動子的機構為運動的直接傳動 (Direct transmission)，具有副動子者為間接傳動 (Indirect transmission)。

16. 速比和機械利益 自主動子向被動子順次傳達運動時，其速度的方向、所向和大小概有變更。其速度的大小的比叫做速比 (Velocity ratio)。因能的大小並無變更，若速度變更，

則力的大小與此成反比而變化。作用於主動子和被動子的力的比叫做機械利益 (Mechanical advantage)。若有摩擦，但無能的損失，則可知機械利益為速比的倒數。速比概為線速度的比。若為角速度的比，叫做角速比；為迴轉數的比，則叫做迴轉比。

今設 ω_1, n_1 為主動輪的角速度和迴轉數， ω_2, n_2 為被動輪的角速度和迴轉數，則

$$\omega_1 = 2\pi n_1, \quad \omega_2 = 2\pi n_2$$

故 角速比 = $\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{n_2}{n_1} = \text{迴轉比} \dots\dots\dots (1)$

即角速比和迴轉比常等。對於以下諸計算，為區別主動輪和被動輪起見，附加符號 1 表示主動輪，符號 2 表示被動輪。且速比、角速比、迴轉比等均以主動輪的速度、角速度、迴轉數等除被動輪的速度、角速度、迴轉數等表之。

17. 效率 在通過各機構間，能因摩擦而有消費，被動輪所受的能常較主動輪所給與者小。設 E 為主動輪所有的能， E' 為被動輪所受的能， E' 常小於 E ，因之其比 $\frac{E'}{E}$ 必小於 1。這比叫做二動子間的機械效率 (Efficiency of a machine)。設一機構的主動子所有的能為 E_1 ，被動子所受的能為 E_2 ，則這機構的效率為 $\frac{E_2}{E_1}$ ，若以 η_1 表之，則 $E_2 = \eta_1 E_1$ 。

這機構的被動子，因對於次一連鎖的第二機構為主動子，故設第二機構的被動子所受的能為 E_3 ，則 $\frac{E_3}{E_2}$ 為第二機構的效率，若以 η_2 表之，則 $E_3 = \eta_2 E_2 = \eta_1 \eta_2 E_1$ 。

第二機構的被動子對於其次連鎖的第三機構又為主動子，設第三機構所受的能為 E_4 ，則 $\frac{E_4}{E_3}$ 為第三機構的效率，若以 η_3 表之，則 $E_4 = \eta_3 E_3 = \eta_1 \eta_2 \eta_3 E_1$ 。

是以第一機構的主動子所有的能為 E_1 ，第三機構的被動子所受的能若為 E_4 ，則此三機構的連鎖的總效率必為 $\frac{E_4}{E_1}$ ，若以 η 表之，其結果如下。

$$\eta = \frac{E_4}{E_1} = \eta_1 \eta_2 \eta_3$$

一般設有 n 個機構的連鎖，各機構的效率設為 $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \dots, \eta_{n-1}, \eta_n$ ，連鎖全體的效率即總效率設為 η ，則

$$\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \dots \eta_{n-1} \eta_n \dots \dots \dots (2)$$

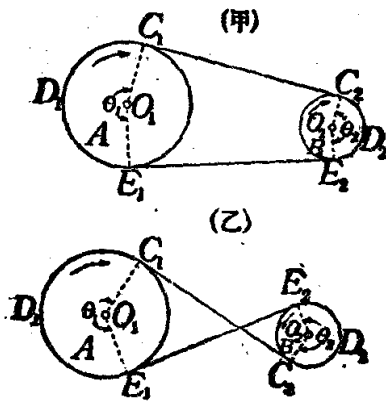
由此得定理如下。

連鎖的效率等於各機構的效率的乘積。

第二章 帶 輪

18. 輪帶和帶輪 不由直接接觸以傳達運動於二動輪間，則兩者中間，必須插入傳達的媒介。其媒介或用織物或用皮革所製的帶、木棉線、或金屬絲所製的繩和金屬材料所造的鏈等纏繞體。這一律叫做輪帶 (Belt)。

此時，主動輪和被動輪均為圓形，以輪帶圍繞於其上，其主動輪的迴轉，傳達運動於輪帶，由此使被動輪迴轉而形成一機構 (參看第 9 圖)，這輪叫做帶輪 (Pulley)。



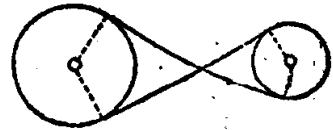
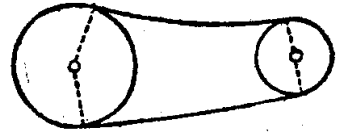
第 12 圖

19. 輪帶的二種繞法 A, B 為以 O_1, O_2 為軸而迴轉的帶輪 (第 12 圖)，則輪帶的繞法有二。其一為輪帶並行環繞於帶輪上 (第 12 圖甲)，這叫做開接輪帶 (Open belt)。其二為交叉環繞於帶輪上 (第 12 圖乙)，這叫做交叉輪帶 (Cross belt)。前者二輪同向迴轉，後者二輪反向迴轉。

20. 接觸弧與接觸角 輪帶接觸於帶輪的弧長 $C_1D_1E_1, C_2D_2E_2$ 叫做接觸弧 (Arc of contact) (參看第 12 圖)，其中心角 θ_1, θ_2 叫做接觸角 (Angle of contact)。在開接輪帶中，

θ_1 與 θ_2 之一若大於 180° ，則一小於 180° ，常成 $\theta_1 + \theta_2 = 360^\circ$ 的關係。至於交叉輪帶，則 θ_1 和 θ_2 常等且均大於 180° 。

實際環繞的輪帶，因本身的重量，多少下垂(第 13 圖)，故對於接觸弧和接觸角不免有若干相異，惟通常以某種張力而環繞之，其差誤並不過大。

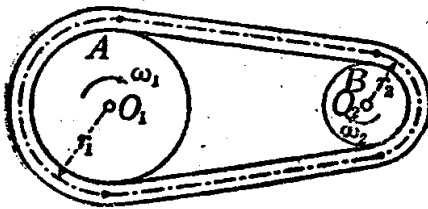


第 13 圖

21. 速比 輪帶在環繞於帶輪的點，一度彎曲，在離開帶輪的點，再行彎曲後而復挺直。即前的彎曲與後

的彎曲，其彎曲的所向相反，一環繞的輪帶在一迴轉間，反覆為 4 度的彎曲。

彎曲的中立面(參看材料力學第 32 節)長度不變，不因彎曲作用而發生引張或壓縮，此面與帶輪成同心圓，叫做帶輪的節圓。



第 14 圖

設 r_1, r_2 為一對動子 A, B 的節圓半徑(第 14 圖)， ω_1, ω_2

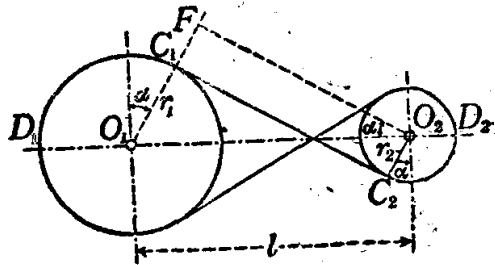
為其角速度，則單位時間內， A 的節圓運動的長度為 $\omega_1 r_1$ ， B 的節圓運動的長度為 $\omega_2 r_2$ ，此長度無延長、收縮的作用，因之節圓的速度等於輪帶的移動速度，故

$$\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$$

設 n_1, n_2 為 A, B 的迴轉數， e 為角速比或迴轉比，則

$$e = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{r_1}{r_2} \dots\dots\dots (3)$$

22. 輪帶的長度 若已知二軸的中心距離 l ，及節圓的半徑 r_1, r_2 ，以求環繞於帶輪的輪帶長度，可用以下的計算。



第 15 圖

(1) 交叉輪帶的場合(第 15 圖)。

二中心角 $D_1O_1C_1$ 和

$C_2O_2D_2$ 相等，均等於 $\frac{\pi}{2} + \alpha$ 弧度。但 α 為如圖所示的角而以弧度表之者，故

$$\text{弧 } D_1C_1 = \left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right)r_1, \quad \text{弧 } C_2D_2 = \left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right)r_2$$

延長 O_1C_1 ，自 O_2 引直線 O_2F 和 C_1C_2 平行。因 ΔO_1O_2F 為直角三角形，故

$$C_1C_2 = O_2F = l \cos \alpha$$

設 L 為輪帶的總長，則

$$L = 2 (\text{弧 } D_1C_1 + C_1C_2 + \text{弧 } C_2D_2)$$

故
$$L = 2 \left[\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right)r_1 + l \cos \alpha + \left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right)r_2 \right]$$

即
$$L = 2 \left[\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right)(r_1 + r_2) + l \cos \alpha \right] \dots\dots\dots (4)$$

但角 α 由以下的算式所決定，並以弧度表之。