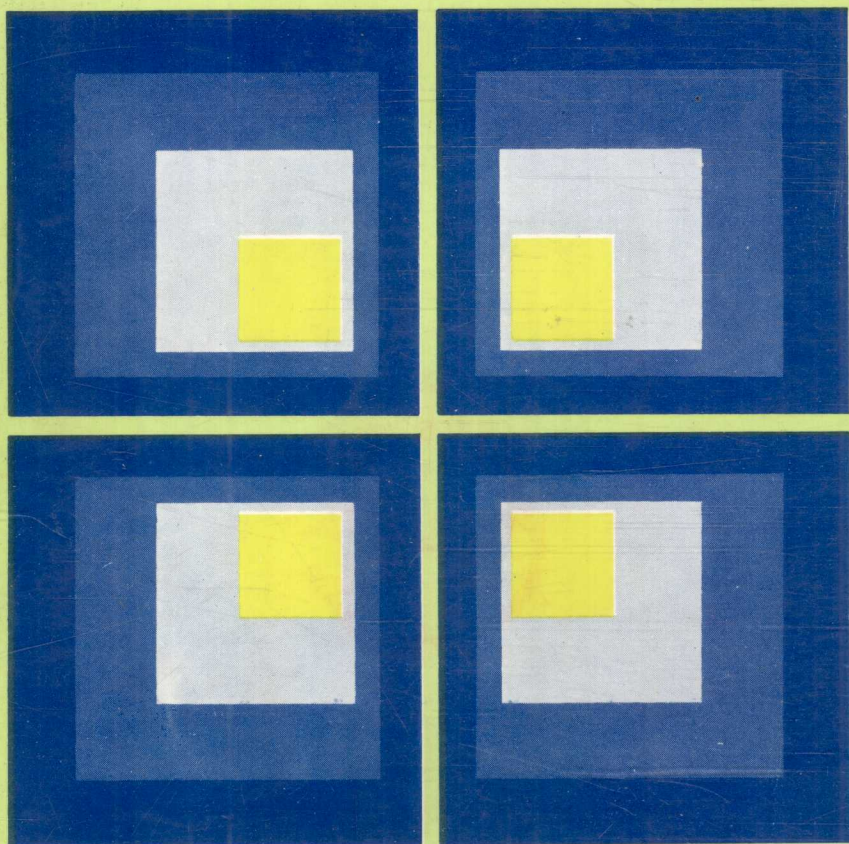


機件原理

康自立著



行政院新聞局登記證 版業字第二〇〇號

中華民國七十一年一月初版

機件原理

基本定價貳元捌角玖分

版權所有
翻印必究

著者 康

自

立

發行人 劉

振

強

出版者
印刷所

三民書局股份有限公司
三民書局股份有限公司

臺北市重慶南路一段六十二號
郵政劃撥九九九八號

機件原理 目次

第一章 概說

§1-1	機件與機構	1
§1-2	機器與機械	2
§1-3	運動與靜止	4
§1-4	原動件、從動件與傳達運動之方式	5
§1-5	動路與動向	7
§1-6	機件之對偶	7
§1-7	連桿組與運動鏈	9
§1-8	機構之符號	13

第二章 機構之運動

§2-1	點與剛體之運動	17
§2-2	運動之種類	19
§2-3	運動之週期與循環	20
§2-4	線位移與角位移	21
§2-5	線速度與角速度	22
§2-6	加速度	25
§2-7	簡諧運動	30

第三章 速度分析與加速度分析

§3-1	前言	33
§3-2	剛體質點之速度	36

— 2 — 機 件 原 理

§3-3 速度瞬時軸·····	40
§3-4 速度之瞬心解法·····	44
§3-5 相對速度法·····	50
§3-6 加速度分析·····	53

第四章 機械連接

§4-1 前言·····	61
§4-2 螺接·····	61
§4-3 鉚接·····	76
§4-4 熔接·····	78
§4-5 鍵和銷·····	80

第五章 軸及其連接裝置

§5-1 軸·····	89
§5-2 軸承·····	89
§5-3 聯軸器·····	97
§5-4 離合器·····	99

第六章 撓性傳動

§6-1 前言·····	103
§6-2 帶圈傳動·····	103
§6-3 繩圈傳動·····	118
§6-4 鏈圈傳動·····	121

第七章 摩擦輪

§7-1 前言·····	127
§7-2 摩擦輪傳動原理·····	127
§7-3 摩擦輪的種類及其特性·····	133

第八章 齒輪

§8-1 齒輪之傳動原理·····	155
§8-2 齒輪各部的名稱·····	156
§8-3 齒輪之齒形曲線·····	160
§8-4 標準齒制·····	164
§8-5 齒輪的種類及特性·····	167

第九章 調節運動機件——制動器

§9-1 制動器之功用·····	177
§9-2 制動器之種類及構造·····	177

第十章 凸輪

§10-1 凸輪的定義·····	191
§10-2 凸輪的種類·····	192
§10-3 凸輪的設計·····	195
§10-4 凸輪的應用實例·····	203

第十一章 彈簧

§11-1 前言·····	207
§11-2 彈簧的材料·····	207
§11-3 彈簧的種類及用途·····	208
§11-4 彈簧的選擇及應用·····	214

第十二章 連桿

§12-1 連桿的原理及各部名稱·····	221
§12-2 連桿的種類·····	222
§12-3 連桿的應用實例·····	226

第十三章 運動機構

§13-1	前言	235
§13-2	間歇運動機構	235
§12-3	變速運動機構	239
§13-4	變向運動機構	244
§13-5	急回運動機構	246
§13-6	反向運動機構	248

第十四章 螺旋與滑車

§14-1	螺旋的原理	251
§14-2	螺旋之種類及功用	251
§14-3	機械利益	255
§14-4	差動螺旋及複式螺旋	257
§14-5	滑車的定義	258
§14-6	滑車的種類	259
§14-7	滑車的應用實例	263

第十五章 機件之配合

§15-1	配合與公差	267
§15-2	相關術語定義	267
§15-3	配合之種類	270
§15-4	公差之種類及符號	271
§15-5	公差之標準及應用	273

第一章 概 說

§1-1 機件與機構 (Machine parts and Mechanism)

如果我們將一部機器分解，就會發現它是由許多各式各樣的零件組合而成的，其中有些零件是屬於該機器特有的，例如外形框架結構部分等，有些零件則是多數機器常用的，例如螺絲、齒輪、軸承、鍵、銷等。一般都將這些常用的零件，稱為機械元件，或簡稱機件 (Machine parts)。

機件是構成機械的基本要素，各機械之所以不同，就是因為它所構成之機件的形態、大小、作用及數量不同而已。我們若依機件之機能加以分類，常用的機件大致可分為下列五類：

(一) 固定用機件 為了支持機件運動或限制機件的運動範圍，必須使用軸承、導件、襯套、機架等，這些機件都是屬於固定用機件。

(二) 結合用機件 如鉚釘、螺釘、螺帽等，用以連結個別機件，藉以達成所需之機件組合體。

(三) 運動傳達用機件 如軸或齒輪等，其作用在互為傳達運動。其他如凸輪、磨擦輪、皮帶輪、鏈輪、離合器、聯結器等均屬之。

(四) 控制用機件 如彈簧、連桿或制動器等用以緩衝震動或改變運動者。

(五) 流體輸送用機件 如各種泵浦、管配件、管接頭、閥等用於輸送液體或氣體者。

將兩個或兩個以上的機件，予以適當的聯結，當使其中一機件運

動時，則可迫使其之機件產生聯動之作用者，則這些機件稱之為機構 (Mechanism)。一般我們都認為機構是由多個剛體 (Rigid body) 所組成；所謂剛體，係指一物體受外力作用時，其內部分子間的距離不發生改變；亦即不因外力而產生變形 (Deformation) 之物體。故剛體是一種理想的物體，機構也是一種理想的組合。

一部機器通常需要由許多不同的機構組合而成，以車床 (Lathe) 為例，它便包括了變速機構 (Speed change mechanism)、變向機構 (Direction control mechanism)、螺絲切削機構、自動進刀機構、調節機構、剎車機構等。如果我們再仔細分析某些機構，將會發現有些機構是由多個單純的運動所組成，而該運動又由幾個簡單的機件組所構成，這些機件組我們稱之為單位機構 (Unit mechanism)，例如一對齒輪及一組螺旋 (Screw) 與螺帽 (Nut)，都可稱為單位機構。因此我們也可以說機構是由許多單位機構所組成，而機件則是組成單位機構的元素。

§1-2 機器與機械 (Machine and Machinery)

機器是由一個或多個機構所構成的組合體，它能夠將輸入的各種能量轉變為機械能 (Mechanical energy)，例如車床、銑床、鉋床等機器都是將輸入的電能轉變為機械能而作功的；而蒸汽機、內燃機等則是將輸入的熱能 (Heat energy) 轉變為機械能而作功的機器。機器與機構常被混淆使用，其實兩者所代表的意義，並不完全相同。通常我們認為將多個機件加以組合，使得各個機件間產生相對運動 (Relative motion) 或限制運動 (Constrained motion) 時，此組合即為一機構 (Mechanism)，而這一機構在有能量之轉換或作功 (Work) 時，則稱之為機器 (Machine)。所以我們可以發現機器與機構兩者相異之點，

機器能傳達力量及運動，必須作功；而機構僅能傳達運動，不一定要作功。

從上述的定義上來看，機器必須具備下列幾項條件：

(一) 機器是由一個或多個機構組合而成，且組合機構之機件，必須有充分的強度。

(二) 機器各部分之運動，必須有一定預期之運動軌跡，而非任意之運動。

(三) 機器必須能接收能源。

(四) 機器能把所接收之能源，變換為有效的工作。

了解機器的定義及必備條件之後，我們進一步地列舉一些常見物件來討論。例如起子、鐵錘，其各部分間並無相對運動可言，因此不能說是機器，祇能稱之為工具 (Tool)。又如量表、時鐘，雖然若干部分間能產生相對運動，但並不能產生功，所以也不能稱為機器，祇能稱之為機構或稱之為儀器 (Instrument)。有些由數個剛體所組成的集合體，其各機件間並無相對運動可言，則可稱為結構 (Structure)，例如機器的機架 (Frame)，係由許多機件焊接或鉚接而成，其間不能有相對運動存在，因此是為結構，並非機構或機器。

我們常常引用一些名辭，但是對它的定義並不深切的了解。例如我們常說紡織機械、木工機械、金工機械、印刷機械等等，然而對於機械的定義，並不十分了解。一般人總是將機械與機器混為一談，其實兩者彼此之間是有些差別的。譬如我們說到金工機械，它們便包括了各種不同的工具機 (Machine tools)，如車床、銑床、鉋床、磨床、鑽床、衝床、拉床等等機器。可見機械可能是多種不同的機器組合，並非等於機器。

現在我們對機械下個定義：機械 (Machinery) 是由兩個或兩個以上的機器組合，或者再配合其他設備而組成的集合體。它的作用可能

— 4 — 機 件 原 理

是改變能量的形式，或者轉移能量。例如金屬加工機械是將輸入的電能或機械能，分別由各種不同的工具機，改變為各種不同運動的機械能，然後再轉移給各個加工的工件上，改變為各種功。根據上述定義可以知道，機械必須具備下列四個條件：

(一) 由兩部或兩部以上的機器組成。

(二) 組成機械各部機件，必須為受外力作用而不變形的剛體 (Rigid body)。

(三) 各機件間必有一定之相對運動或限制運動。

(四) 可將接受之能源轉變為功。

從前一節和本節的敘述中，我們可以發現，機械是由多種不同的機器組合而成，機器是由多種不同的機構所組成；而各種機構又是由許多不同的單位機構或機件組合而成。由此可見，我首先要研究並了解各種不同的單位機構和機件，然後才可以進而了解各種的機構、機器與機械。

§1-3 運動與靜止 (Motion and Rest)

在宇宙間的一切物體，都有其所在的位置 (Position)；在太陽系裏，祇有太陽不改變它所在的位置。一物體不變更位置之現象，稱為靜止 (Rest)；物體繼續變更其位置之現象，稱為運動 (Motion)。所謂的靜止與運動都是相對而言，我們說某一物體在運動，係指該物體對另一被認定為靜止之物體，其相對位置發生改變而言。人類因為處在地球之上，因此對於運動或靜止，皆基於地球為準則。其實地球除了本身自轉之外，尚得對太陽公轉，因此地球上的物體實際上是無時無刻不停地變換位置，作絕對運動 (Absolute motion)。

習慣上我們研究物體是否運動，皆以地球為靜止，因為研究者與

該物體都站立在地球之上；這也就是說在地面上站立不動的人，所視為靜止的物體，即為靜止的；所視為運動的物體，即為運動的。

運動有絕對運動與相對運動兩種，現在以火車為例來說明相對運動 (Relative motion) 的意義。當一火車以 100 公里/小時的速度 (Velocity) 向北行駛，車上的人觀察車外的樹木時，覺得樹木正以 100 公里/小時的速度向南移動。假如該列火車與另一列火車，以同樣的速度和方向行駛，車上的人觀察另一列火車時，會覺得另一列火車也是靜止的。而假如與另一列火車，以相同的速度，相反的方向行駛時，車上的人觀察另一列火車，會覺得另一列火車正以 200 公里/小時的速度向南駛去。這種不同的結果，正說明了相對運動的效果。由此可知，兩物體若同時運動時，則兩物體間之相對運動，即為兩物體間之相對位置之改變；倘若兩物體間之相對位置無改變，即使兩物體均作運動，其間之相對運動仍為零。

當研究機構之運動問題時，若假定某機件為絕對靜止 (Absolute rest) 從而測得其它機件對於此機件之運動或靜止則稱為絕對運動 (Absolute motion) 或絕對靜止。一般習慣，我們皆假定機架與地球為絕對靜止，則任一機件對機架或地球之運動皆稱之為絕對運動。

§1-4 原動件 (Driver)、從動件 (Follower) 與傳達運動之方式

在一個機構中，凡是能够推動其他機件者，稱為原動件 (Driver)；凡是被其他機件影響而運動者，稱為從動件 (Follower)。有時候我們可以直接觀察互相連接之機件，當發生運動時，其主動者則為原動件，後動者則謂之從動件。值得注意的是，原動件與從動件有些是可以互換的，有些則不能。例如齒輪與齒條互相搭配，當以齒輪為原動

件時，從動件齒條則作直線運動；如果反過來以齒條爲原動件，則從動件齒輪則作旋轉運動。但是蝸桿與蝸輪搭配，當我們轉動蝸桿時，則蝸輪轉動；反過來若轉動蝸輪時，則不能使蝸桿發生轉動。以上的例子，正說明了原動件與從動件有時可以互換，有時則不可。

機構是由多個機件的組合，而各機件之間彼此又作相對或限制運動；我們觀察原動件傳達運動給從動件時，其傳達運動方式不外乎下列兩類：

（甲）直接接觸（Direct contact）傳動

直接接觸傳動又可分爲兩種：

- （一）滑動接觸 如凸輪、鉋床衝錘之運動等。
- （二）滾動接觸 如滾珠軸承、磨擦輪等之傳動。

齒輪的傳動，則既是滑動接觸，亦是滾動接觸。當齒輪傳動時，在齒的接觸點成滑動接觸，但是在節點處則是滾動接觸。

（乙）藉中間聯接物而傳動

中間聯接物又可分爲下列三種：

- （一）剛體聯接物 可傳送推力（Push）及拉力（Pull），如蒸汽機之連桿、曲柄等。
- （二）撓性聯接物 此類僅能傳送拉力，不能傳送推力。例如皮帶與皮帶輪、繩與繩輪、鏈條與鏈輪等。
- （三）流體聯接物 此類僅能傳送推力，不能傳送拉力。若將流體（Fluid）限制於密閉容器之中，可藉著壓力而傳達運動。例如水壓機之水、液壓唧筒之油類、汽車之自動變速箱等。

此外利用物體間之引力（Attraction）及斥力（Repulsion），亦可用來傳達輕小機件之運動，可稱爲磁力傳動。例如聯接器（Coupling）或安全開關等皆屬之。

§1-5 動路與動向 (Path of motion and Direction of motion)

空間或平面上一點運動時所行的路徑，稱為動路 (Path of motion)。動路可能是直線，可能是圓周，也可能是任意之曲線。動向 (Direction of motion) 是指平面或空間上一物體運動路線的方向。如一物體沿直線動路運動，則此一物體之動向，即係沿其動路之直線方向。若一物體沿著圓周或任意曲線動路而運動，則此物體之動向，係沿該物體在瞬間所在點之切線方向。若我們假定朝向某一端的運動為正向 (Positive direction) 時，則其相反方向之運動，便是負向 (Negative direction)，一般以 (+) (-) 符號表之。

動路是確定一種運動的必要條件，研究運動就必須了解運動的動路。一般將動路分為兩大類，一為平面運動 (Plane motion) 的動路，另一為空間運動 (Space motion) 的動路。而每一類的運動動路，又可分為直線動路與曲線動路兩種。

§1-6 機件之對偶 (Pairs of elements)

如果要使一機件在一定路線上運動，需要另外一個機件與它接觸或配合，即構成一對偶 (Pair)，有了對偶才能够控制它使達成某種工作。機件之對偶 (Pairs of elements)，依照接觸性質之不同，可分為低對 (Lower pair) 及高對 (Higher pair) 兩種，茲將這兩種對偶情形分述如下：

(甲) 低對

又可稱為合對 (Closed pair)，凡是機件係面接觸者，稱為低對。

依其接觸面形狀之不同，所約束的運動性質亦不同，低對又有下列三種可能：

(一) 滑動對 (Sliding pair)

係僅有直線運動者。如圖 1-6-1 所示者，只允許兩機件相對地沿直線方向滑動。

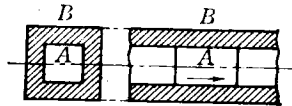


圖 1-6-1

(二) 迴轉對 (Turning pair)

係僅有迴轉運動者。如圖 1-6-2 所示者，只允許兩機件相對地環繞一軸迴轉。

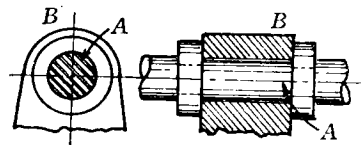


圖 1-6-2

(三) 螺旋對 (Screw pair)

係包含直線運動與迴轉運動者。如圖 1-6-3 所示者，只允許兩機件相對地作螺旋運動。

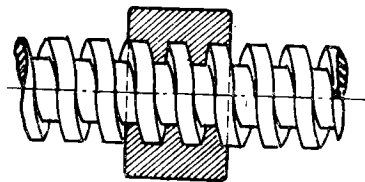


圖 1-6-3

(乙) 高對

凡是兩機件係點或線接觸者，稱為高對。如圖 1-6-4 所示者， A 與 B 之間最多祇能作線接觸 (Line contact)，實際有時候接觸僅為點接觸 (Point contact)。球面與平面之接觸，經常為此種情況，如滾珠軸承 (Ball bearing)、車輪、齒輪 (Gear)、凸輪 (Cam) 等，皆屬高對之實例。

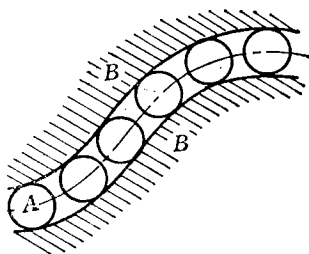


圖 1-6-4

從以上敘述中，我們可以試著比較低對與高對的不同處。高對係點或線接觸，而低對則是面接觸；因為面接觸的受力面積較大，所以磨損較輕；而點或線接觸的受力範圍可能是一點或者一線，所以磨損可能較重。可是就磨擦阻力而言，面接觸是產生滑動阻力 (Sliding resistance)，而點或線接觸多為滾動阻力 (Rolling resistance)，因此低對的磨擦阻力較大。

§1-7 連桿組與運動鏈 (Linkage and Kinematic chain)

能够傳達運動，產生約束運動的剛體，或無彈性的堅固機件，稱為連桿 (Link)。連桿理想上為一個剛體，通常無論是固定或運動的連接件，都可稱為連桿。由許多對的連桿，用某種聯結物連接起來時，稱為連桿組 (Linkage)。若是這種連桿組可以產生確切的相對運動，

這種連桿組稱為運動鏈 (Kinematic chain)。若在運動鏈中，有一個連桿是固定不動的，那麼這個運動鏈就成為機構 (Mechanism)。

由上可知，運動鏈是由兩個以上的機件，互相配連而成。如果每一機件的一端，只能配連另一個機件的一端，就稱為單連 (Singly connected)；如果機件的一端，可同時配連另外兩個機件的端點，則稱為雙連 (Doubly connected)；同理，也有三連運動鏈及多連運動鏈等。為使一連桿組構成一個運動鏈，其固定點與聯結點的數目、連桿的數目，都有一定的關係。茲將運動鏈的分類及判別法分述如下：

運動鏈可分為下列三類：

(一) 呆鏈 (Locked chain)

於三連桿構成之單連運動鏈中，若其一根連桿固定不動，則其餘兩根連桿亦隨之固定不動，此種三連桿間無相對運動之可能；亦即此三根連桿成為一整體，事實上已成為一單件剛體，稱此種三連桿所構成之運動鏈為呆鏈 (Locked chain)。如圖 1-7-1 所示之三連桿，即為呆鏈。

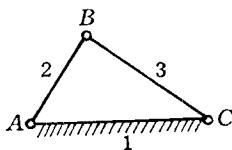


圖 1-7-1

(二) 拘束運動鏈 (Constrained kinematic chain)

凡是連桿組中，各連桿的運動有一定關係位置者，即為拘束運動鏈。如圖 1-7-2 所示，圖中若 $\overline{AB}$ 桿轉到虛線的位置， B 就在 B_1 的位置；由於 B_1 與 D 的位置都一定，而 $\overline{BC}$ 桿與 $\overline{CD}$ 桿的長度又為一定，所以 C 的新位置 C_1 ，就可以決定。此種鏈稱為拘束運動鏈 (Constrained kinematic chain)。

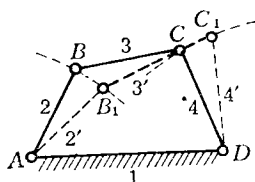


圖 1-7-2

(三) 無拘束運動鏈 (Unconstrained kinematic chain)

凡是連桿組中，各連桿的運動沒有一定關係位置者，即為無拘束運動鏈。如圖 1-7-3 所示，圖中若 1 桿固定，2 桿與 5 桿可自由擺動，各繞固定中心 A 及 E 旋轉。若 2 桿轉到虛線位置時，即 B 到 B_1 ，這時 B_1 與 E 的位置雖然可以確定，但是 C 仍可佔有無數個不同之位置。總之，凡是 B 轉到任何一個位置，5 桿的位置仍可變更而無法確定。所以這種運動鏈稱為無拘束運動鏈 (Unconstrained kinematic chain)。

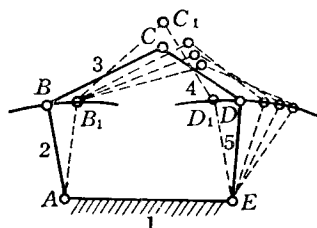


圖 1-7-3

了解運動鏈的種類以後，現在想提出一個經驗公式，來判別運動鏈是甚麼類型：

若 P 表對偶數， N 表連桿數，

(1) 如果 $P = \frac{3}{2}N - 2$ 成立，則為拘束運動鏈。

(2) 如果 $P > \frac{3}{2}N - 2$ 成立，則必是呆鏈。