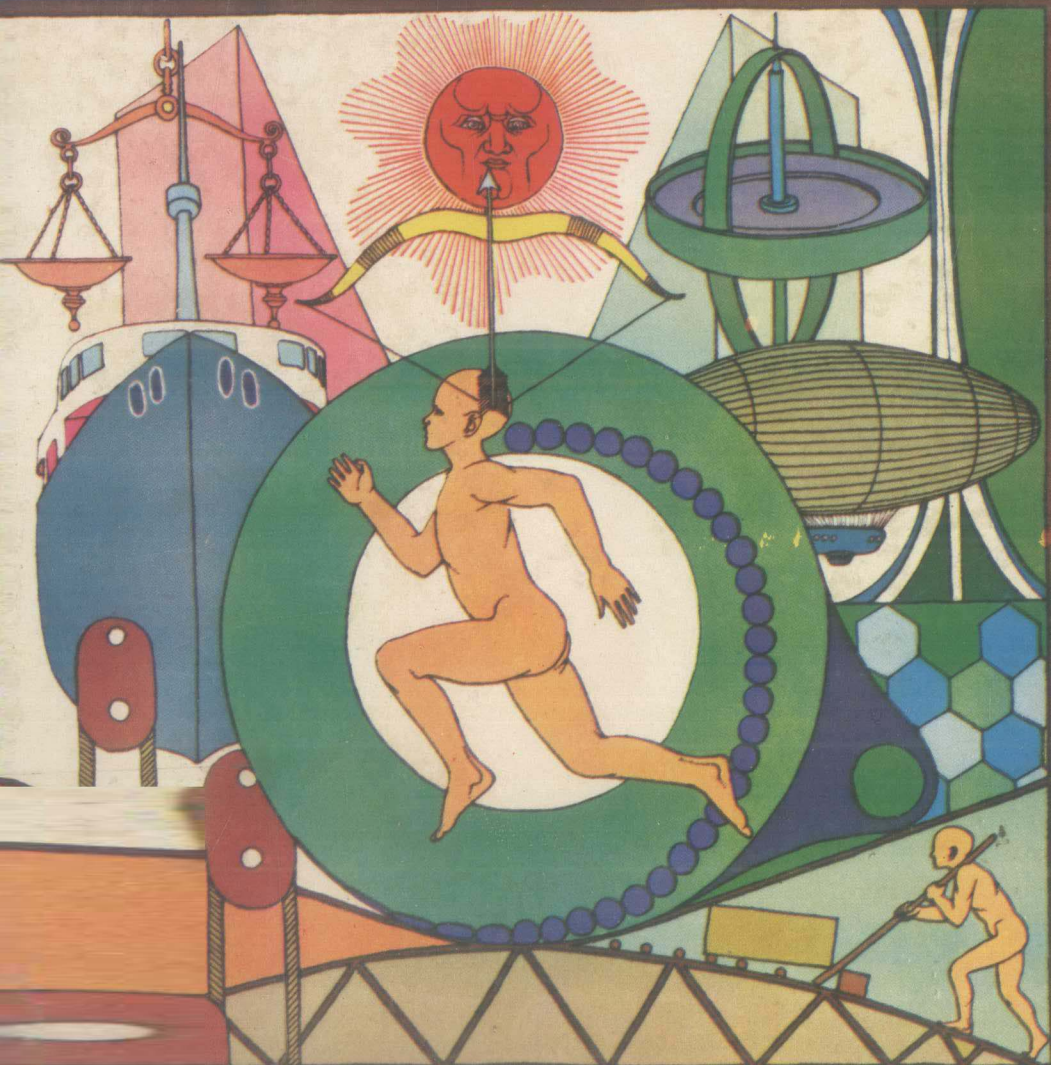


圖解式

機械力學探原



⑪ 機械力學探原

編譯者：蕭旭烈・C特價七十元

出版者：正言出版社

發行者：正言出版社

臺南市衛民街三十一號

本社業經行政院新聞局核准登記登記字號局版台業第0407號

發行人：王 餘 安

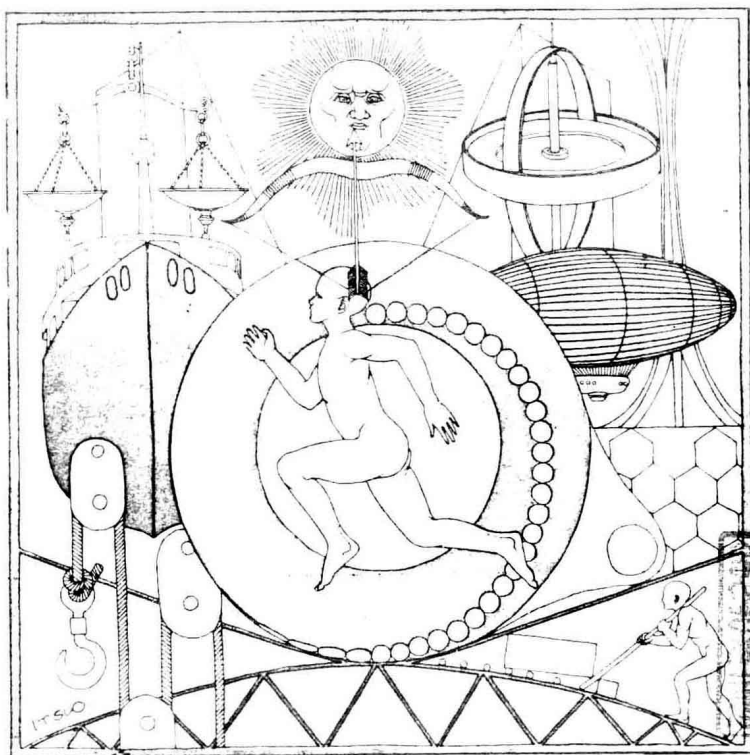
印刷者：美光美術印刷廠

臺南市鹽埕7號

中華民國六十四年十一月初版

技能叢書 Ⅱ

機械力學探原



力與平衡

- 6 量及單位
- 8 力的本質
- 10 力的大小
- 12 力的方向
- 14 力的作用線
- 16 力的可傳性
- 18 力的分解
- 20 力的合成
- 22 分力
- 24 平行力
- 26 重心與穩定
- 28 力矩①
- 30 力矩②
- 32 力偶的力矩
- 34 二力的平衡
- 36 三力的平衡

力與變形

- 38 應力
- 40 固體之變形
- 42 撓度
- 44 彈性及塑性
- 46 彎曲及剪斷
- 48 彎曲的強度
- 50 構件
- 52 集中應力

流體的作用

- 54 流體
- 56 壓力
- 58 密度及比重
- 60 水中物體的浮力
- 62 油壓的利用
- 64 葉片的作用
- 66 表面張力及毛細管作用
- 68 潤滑劑



形狀的應用

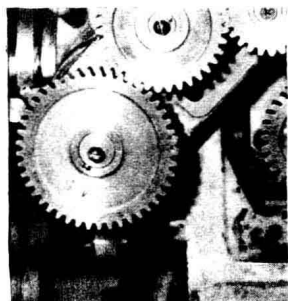
- 70……斜面及其應用
- 72……劈及其應用
- 74……螺絲及其應用
- 76……滑車及其應用
- 78……槓桿
- 80……槓桿的應用
- 82……凸輪及其應用
- 84……輪軸及其應用

力與運動

- 86……運動的第1定律
- 88……運動的第2定律
- 90……運動的第3定律
- 92……運動的種類
- 94……速度與加速度
- 96……角速度與圓周運動
- 98……落體運動
- 100……拋體運動
- 102……相對運動
- 104……質量與重量
- 106……摩擦①
- 108……摩擦②
- 110……摩擦的利用
- 112……彈性係數
- 114……碰撞
- 116……迴轉數及線速度
- 118……向心力及離心力
- 120……動量及衝量
- 122……衝力
- 124……運動的可傳性
- 126……間歇運動
- 128……組合的運動
- 130……人造衛星的運動
- 132……真空

能

- 134……勢能
- 136……動能
- 138……功
- 140……動力
- 142……動力傳達的方式
- 144……虎鉗的作用力
- 146……鑽床的作用力
- 148……熱與力學
- 150……熱之變形
- 152……擺
- 154……振動
- 156……彈簧
- 158……機械的效率
- 160……電及機械

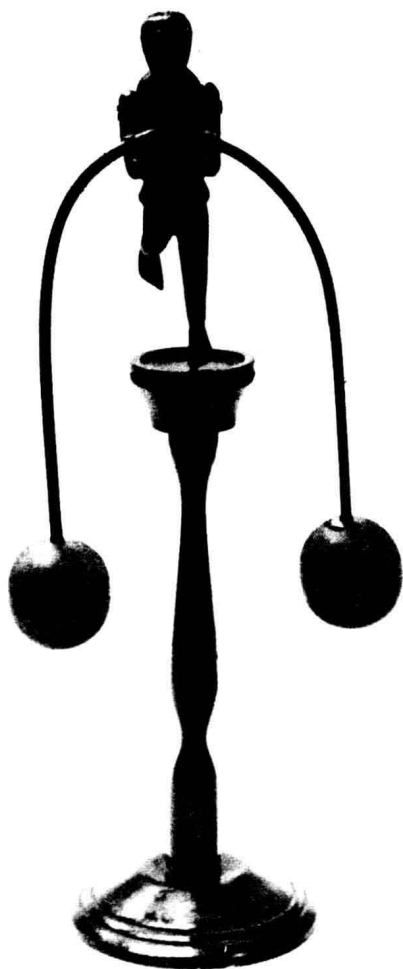


「力學」並非經創造發明的，它早已存在於自然界中，而我們時常在無意中應用着，可是再也不能迷迷糊糊中使用自然界的定律，應該儘量瞭解其定律，並能考慮及應用的方法，因而使工作進行得更順利。

本書「機械力學探原」是使我們具有力學的基本常識，以達到「依正確的方法來使用」。倘望讀者受用。



力與平衡



●平衡器：靜止之平衡器的重心在支點（腳尖）的正下方，當前後左右搖擺時，因其重心升高，故返回至原來位置時具有大的作用力。



及單位

我們附近周圍有各種的「量」，譬如山的高度、海的深度、身高，台北至東京的距離、自地球以火箭所能到達的範圍、車站至家裏的距離等，這些全用「長度」來表示量。又如書本、石頭、螺栓、扳手等，以手握着時皆有重量的感覺，該物體稱為「質量」之量，是由於

地球引力的作用，用手無法握持的電車、火箭、汽車等也有「質量」。

接着由車站行走至家門時其間有變化，由新竹出發到台北之間，乘坐火車與原來狀態不同之移動，其經過則以「時間」來做量的表示。力學上所用之量，皆以此三個量基本的考慮，這種基

本的量稱為「基本物理量」。

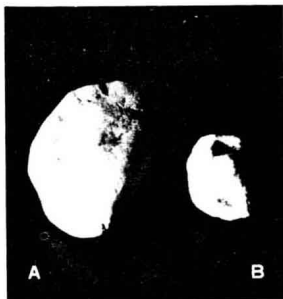
基本的量
(基本物理量)

{ 長度
 質量
 時間

這些基本的量有如下三個關係。



▼B較A重



▼A較B高



▼A較B快



同樣基本量的關係

同樣以量之關係來考慮時，如照片所示，A及B相

片之量來比較看看，石頭那一塊較重，人類方面那一比較高，汽車及自行車，當然

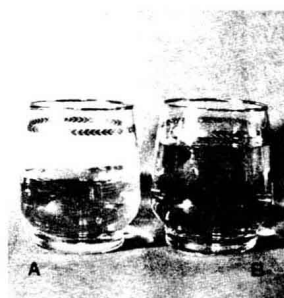
是以儘量的行駛時來比較，那一種速度較快，一看都知道答A，可是也有相同之量



▲ A量較B量多



▲ A量和B量相等



▲ A量較B量少

基本的量有如上三個關係

A 的量較 B 量多，A 的量和 B 的量相等，A 的量較 B 的量為少，這種關係一目

了然，再也沒有其他情況，在此有各種「量」時為比較其大小之關係起見，可用其量做為基準這稱為「單位」，又單位上皆附以名詞以做為「量」之區別。

現以長度之量來說明，有一長度要測量其為多少時，長度的單位以 1 cm 時，測量出 1 cm 的幾倍呢？為 12 倍時，長度的量為：

$$\begin{aligned}\text{長度的量} &= \text{倍數} \times \text{單位} \\ &= 12 \times 1\text{ cm} = 12\text{ cm}\end{aligned}$$

力學上所使用的基本單位與下述同。

基本單位

$$\begin{aligned}\text{長度的單位} & 1\text{ m} \\ 1\text{ cm} &= \frac{1}{100}\text{ m}\end{aligned}$$

$$\text{質量的單位} \quad 1\text{ kg}$$

$$1\text{ g} = \frac{1}{1000}\text{ kg}$$

時間的單位 1 sec (秒)

又在機械工作時，一般用 mm 之單位來代表。

其他的單位，皆組合基本單位之情況來決定，譬如速度的單位為什麼，距離 l 運動所需之時間為 t ，其速度變為 l/t ，速度之單位如下所述：

$$\frac{l}{t} = \frac{1\text{ cm}}{1\text{ sec}} = 1 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$$

$$\text{又 } \frac{l}{t} = \frac{1\text{ m}}{1\text{ sec}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

切削速度以此代表，又 1 迴轉之量，及銑刀的進刀時，也有僅以一刀刃之切削量來表示的。

▼不能測量



時，如一杯水及石頭之情況時，無法馬上答覆那一種較重，那一定要各別的秤量，才能得出其大小。

力的本質



▲「力」是一種可以破壞物體的

圖片所示，為玻璃杯自高處落下而破碎之情況，這時玻璃杯接觸到地面的一瞬間，由地面上對玻璃杯產生大的作用力，以致使玻璃杯破碎，「力」這個東西，「它可以使物體破壞」。

又用手強力的打在桌子上時，有種疼痛的感覺，這也是一種力的作用。

將舊老之牆破壞時，相信看過吧！用滑輪車將重錘吊起，然後左右擺動，利用此法將牆破壞，重錘左右擺動，同樣的也是力的作用。

「力」它加諸於物體上會產生一種加速度。

火車開始發動時，漸漸的增加速度時，火車頭的牽引力也是隨着漸漸增大，所以物體的質量為一定時，力對於加速度是成正比。

在此加速度和力有如下之關係：

$$\text{加速度} = \frac{\text{最末速度} - \text{最初速度}}{\text{所需時間}}$$

$$\text{力} = \text{質量} \times \text{加速度}$$

現在有重 1000 kg 之車子，因沒有引擎，車上乘有 50 kg 之人，需兩人推動，這就像裝上引擎一樣。

兩人在一分鐘內，一邊推一邊走時，速度到達 5 km/sec 則兩人所推之力為若干？首先其加速度 (km/sec²) 為：



▲「力」使物體能移動

$$\text{加速度} = \frac{5 \text{ km/sec} - 0 \text{ km/sec}}{60 \text{ sec}} = \frac{5 \text{ km/sec}}{60 \text{ sec}}$$

$$\Rightarrow 0.083 \text{ km/sec}^2 = 83 \text{ m/sec}^2$$

然後求力

$$\text{力 (dnt)} = \frac{1050 \text{ kg}}{9.8} \times \frac{5 \text{ km/sec}}{60 \text{ sec}} \Rightarrow$$

$$\frac{5250}{60 \times 9.8} \text{ nt (牛頓)} = 8.93 \text{ nt} = 8,930,000$$

dyne (達因)

又質量之分母為9.8是「重力加速度」，詳細說明在(88)頁，nt, dyne則參照(10)頁。

裝滿水之杯子用手指推動時，杯子運動，這種力可使物體移動。

又相反的，也可使用運動的物體停止，力在短時間內作用時，物體產生加速度，而變化速度這種瞬間的力，可視為極短之時間內完成。

書本放在手上之情形時，該力可支持物件。

建築房子也是由地面來支持着，其他還有力可以使物體飛與物體變形等。

談到「力」具有不可思議的性質，像眼看不見之幽靈似的。



▲「力」能支持着物體

力的大小

大人較小孩更有力，牛較人們更有力，這是人人皆知的事。可是同樣的大人，何者較強呢？牛之力較人們之力大至幾倍呢等，這就無法立即知道。

在機械方面，也有力及沒有力，同樣之機械，未賣出的與賣出的，經使用10年後之舊機械，當然舊機械力較弱，這與吃飽飯後精神奕奕的做事，與餓着時之疲憊身體做事之情況完全一樣。

像這種強力與弱力、大力與小力之區別，

由感覺可以知道，可是要以數量來取代則相當困難了。

因此如6頁所述之單位時，要決定力之大小為基準，當決定力之大小以1時，其他的力為相當於1之若干倍，力不是用感覺來決定大小，而是以數量來表示。

重1 g之物體其力之大小為1 g重之力，或者只說1 g之力，重1 g為該物體所作用之重力，所以蔬菜攤等用秤子秤重量，做蔬菜買賣。

1 g之力之1000倍，為1 kg的力，1 kg的1000倍時為1噸（ton）之力。

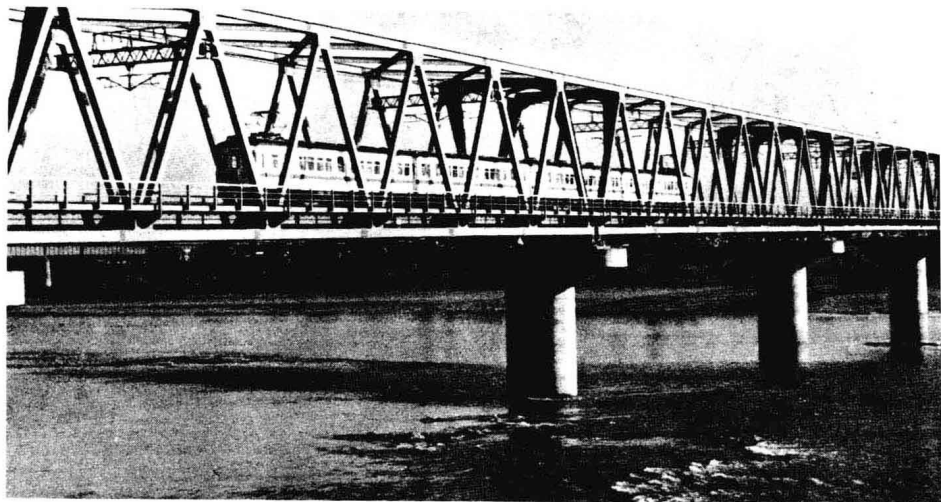
體重60 kg的人，乘升降梯時，升降梯也同樣受到60 kg的力，又電車經過鐵橋時，鐵橋則受到與電車同樣大小之力。

所以物體的重量，會產生與之相同的力。可是相同的物體（質量相等）在不同的地方時，其重量不相同，所以當然其物體的力之大小也不一樣，譬如地球表面與月球表面，相比較時月球表面約輕 $\frac{1}{6}$ ，因此其重力就不一樣。

又力的大小單位了有其他的，質量1 g之物體產生 $1 \text{ cm} / \text{sec}^2$ 之加速度時，稱為1 dyne（達因），1 dyne的十萬倍稱為



▲在升降機有與體重相同之力



▲鐵橋受到與電車全重量相同大小的力

1 nt (牛頓) 其整理如下：

力的單位

$$\begin{aligned}
 1 \text{ g 重} &= 1 \text{ g} \times 980 \text{ cm/sec}^2 = 980 \text{ dyne} \\
 1 \text{ kg 重} &= 1 \text{ g} \times 1000 = 1000 \text{ g 重} \\
 &= 980 \text{ dyne} \times 1000 = 980,000 \text{ dyne} \\
 &= 980,000 \text{ dyne} \times \frac{1}{100,000} = 9.8 \text{ nt}
 \end{aligned}$$

$$1 \text{ dyne} = 1 \text{ g 重} \times \frac{1}{980} = 0.001 \text{ g 重}$$

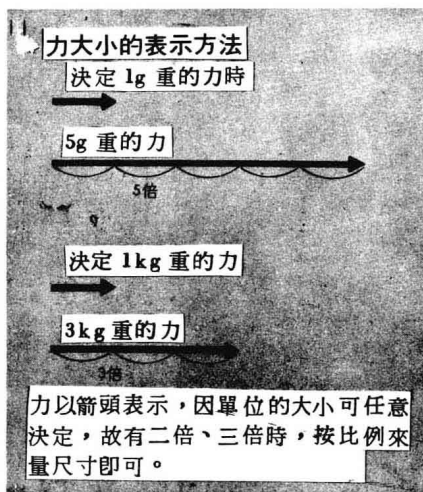
$$\begin{aligned}
 1 \text{ nt} &= 1 \text{ dyne} \times 100,000 = 100,000 \text{ dyne} \\
 &= 1 \text{ kg 重} \times \frac{1}{9.8} = 0.102 \text{ kg 重}
 \end{aligned}$$

又此處出現之 9.8 (或 980) 之數字請參照 88 頁。

力的大小也可以圖示之，力在圖內以箭頭表示方向，直線的長度代表力的大小。

1 g 重之力以 1 cm 表示時，3 g 重之

力為 3 cm 之長度，又 1 cm 的長度為 1 kg 之力時，2 cm 則為 2 kg 重之力，可是 1 cm 的長度、重量或者幾 kg 重之力沒有一定的表示，所以用箭頭的任意長度 (單位) 來表示。



力的方向

談到力有大小及作用的方向。

圖 1 所示重量 W 相等之物體，受到相同大小的作用力時，物體在 A 的情況是向右運動，B 的情況是向左運動，雖然同樣大的小的作用力，但是其方向卻相反，結果也不同。

圖 2 所示迴轉之輪，其外圓周的切線方向，及迴轉方向同一方向皆有作用力。

將繩繞於輪盤上，拉動繩索時，輪盤就會轉動，沒有附設自動發動馬達時，用繩索延切線方向拉引時，可以想像出其作用的方向。

齒輪接合時，小齒輪向左迴轉，接點為 0 時，力則向下作用，依其力而使大齒輪向右迴轉，這時在齒面處有迴轉方向及

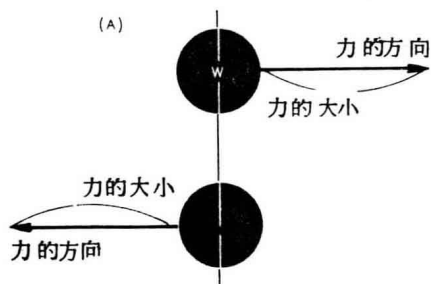
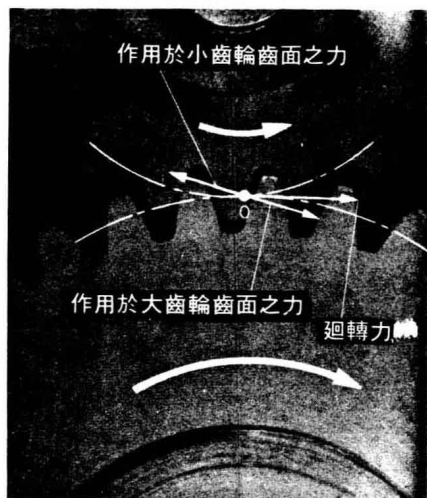


圖 1 力的方向及結果



▲齒輪的迴轉方向時力的位置

反對方向的力（反力）作用着，關於反作用，在書後容再詳細說明。

各種的作用力 有各種的方向，可參看圖片。

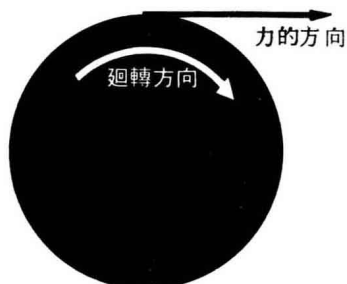


圖 2 力的方向及迴轉方向



▲敲打



▲拉力

物體運動的方向就有力的方向，迴轉時在迴轉方向有作用力，在一速度下行走時，在運動的方向可說有力作用着。

在壓力容器內其壓力的方向，和容器內側成垂直方向均一的作用着。

把氣球吹膨脹的情形也是一樣為圓形，可是氣球的橡皮有薄與厚的部份，薄的部份容易膨脹，厚的部份則不易吹膨脹。

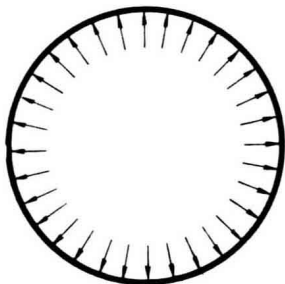
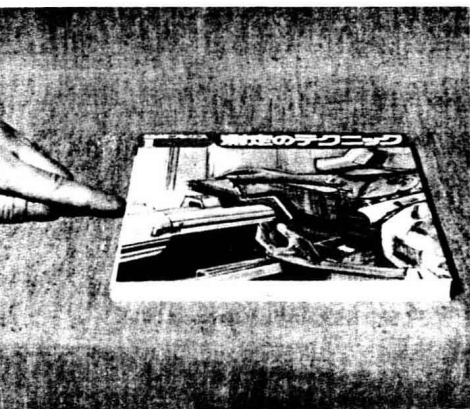


圖3 壓力的方向



▲壓力、推力及腳踏力

力的作用線



▲一個作用點



▲二個作用點

在桌上的書用手指推動時，手指與書接觸之部份，在手指處有推力作用。這種力的作用點（位置）稱為力的着力點。

手指改變了推動的位置時，作用點也隨之改變，所謂作用點是力在作用時之接觸點。如無作用力就無作用點。

如用兩手指同時推動書時，作用點成為兩處，力的作用位置不同時，其作用點也隨之不同。

圖 1 所示，有 1 力 F 作用時，力的方向及作用點，可說是線之結點其延長線稱為「作用線」。

用線結石頭，然後留長線，用以拉其末端時，石頭便移動，線留短些，也是一樣可以移動，此線延拉力方向伸張成一直線，該線可考慮為作用線。

所以作用線的定理是力在作用線上移動至任何一個位置，其結果是不變的。

考慮線的重量時，以相同之大小拉力，則石頭之移動與長度無關。

圖 2 的情形時之作用線不只一條，首先拉線時，石頭因拉力而移動，此時力的大小相同，但是作用方向也就是拉力方向與石頭移動之方向不同。

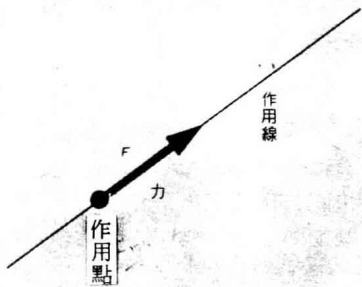


圖1 作用點及作用線

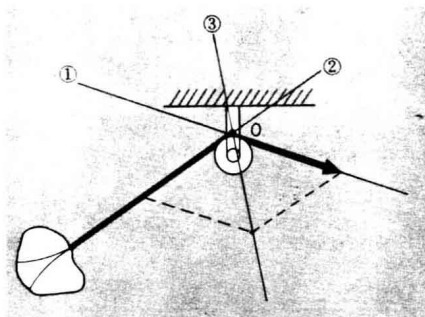


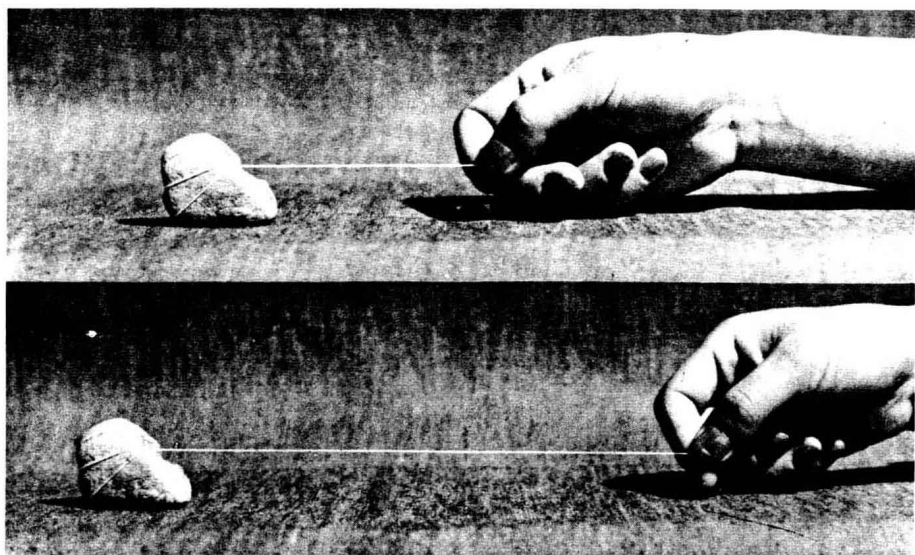
圖2 作用線在O點有三條

所以談到作用線是沒有彎曲的，而是成一直線的，圖2的情況裏O點可以視為有三條作用線。

物體作用的方向，如圖1所示為力的作用方向，也就是在作用線移動之情形，

圖2所示為力的作用方向，則為在別的方向移動。

一般在水平方向及垂直方向場合時，在作用線上作用，其他的場合則在別的方向作用。



▲「力」在作用線上任一點移動其結果仍不變