

工程力學(靜力篇)

馮祈寬著

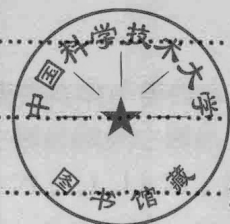
矩陣出版股份有限公司

腦輔助教學教材一

工程力學 (靜力篇)

目 錄

第一單元	力與力矩	1
第二單元	平面力系之合成	51
第三單元	平面力系之平衡	76
第四單元	桁架應力分析	138
第五單元	線與面之形心	184
第六單元	摩擦	216



中華民國七十七年八月初版

出版者 **矩陣** 出版股份有限公司

郵撥帳號：1177569-8

北市金山南路2段235號2樓

電話02/394-0775

作者 馮祈寬

發行人 王太雲

印刷 美泰印刷企業股份有限公司

台北市延平區迪化街一段343號1樓

定價 120

行政院新聞局局版臺業字號3951號

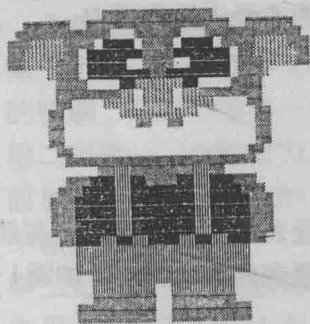
版權所有・翻印必究

腦輔助教學教材—

工程力學 (靜力篇)

目 錄

第一單元	力與力矩	1
第二單元	平面力系之合成	51
第三單元	平面力系之平衡	76
第四單元	桁架應力分析	138
第五單元	線與面之形心	184
第六單元	摩擦	216



第一單元

力與力矩

1-A 單元摘要

1-1 力學

1. 力學——討論物體受力及其運動之科學。
2. 工程力學——應用于工程問題上之力學。
3. 工程力學包括應用力學，水力學，土力學等等。
4. 應用力學又分：
 - (1) 靜力學——專論物體受力之作用處在平衡狀態具備之平衡條件。
 - (2) 運動學——專論幾何物體（質點）運動時之時間與空間之關係。
 - (3) 動力學——專論影響物體改變其運動狀態之因素，如：力，慣量等。
5. 研究力學之四要素——質量，力，時間，空間。

1-2 力

1. 力——物體間之相互作用，能使物體發生動之變化或動之趨勢，此作用謂之力，是故力必成對出現。
2. 力之種類——
 - (1) 接觸力——力必須與物體相互接觸才發生效應。
超距力——兩物體不必相接觸彼此受到力之作用。
 - (2) 集中力——作用于一極小面積（可視作一點）之力。
分佈力——分佈作用于某一面積上之力。
3. 力之效應——物體受力之作用，會產生內效應，與外效應。
 - (1) 內效應——促使物體誘生應力與應變。

2 工程力學（靜力篇）

(2)外效應——促使物體改變其運動狀態或產生反作用力。

4. 力之三要素——

(1)大小。

(2)作用線（方向）（指向）。

(3)施力點。

5. 力之圖示法——力為向量，向量以矢量表之。矢量是以一有箭頭之直線段，線段之長向量之大小，箭頭表向量之指向。（如圖1-1所示）

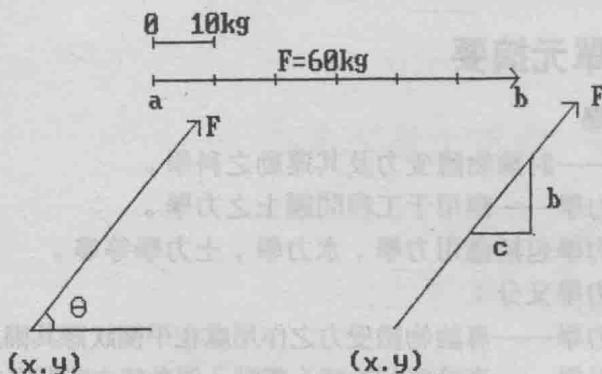


圖 1-1

6. 力之可傳性——力可在作用線前後任意移動傳遞，即改變其施力點的位置而不改變對物體產生之外效應。若考慮力的內效應，則力不具可傳性。

1-3 剛體、彈性體與塑性體

1. 剛體——為研究靜力學時所假設之理想物體。剛體內任何兩點間之距離于受力前後保持不變，剛體受力之作用只發生外效應。受力作用後之形狀與受力前完全相同。

（本書考慮之物體均假設為剛體）

2. 彈性體——受外力作用而變形，且隨外力之消失而恢復原形之物體。

3. 塑性體——受外力之作用而變形，但外力消失後不能完全恢復原形的物體。

1-4 牛頓三大運動定律

1. 第一定律——物體不受外力作用時，將不改變其靜止或等速運動的狀態，是謂牛頓第一定律，亦即慣性定律。
2. 第二定律——物體受力之作用，在力的方向上，會產生加速度，而加速度之大小與力的大小成正比，和物體的質量成反比，是謂牛頓第二定律。
3. 第三定律——凡物體受到另一物之作用，必生一反作用力，其反作用力與作用力之大小相等，方向相同，指向相反，是謂牛頓第三運動定律。

1-5 向量與純量

1. 純量——只表一量之大小，而不計其方向者。如：長度，質量，距離，速率等。
2. 向量——除表一量之大小外，尚須考慮其方向者。如：力，重量，位移，速度等。

1-6 相當力系

1. 力系——凡作用于一剛體上之諸力稱為力系。
2. 相當力系——兩力系對同一剛體產生相同的外效應，稱為相當力系，又稱等效力系。
3. 力系之合成——使一力系合併成為較簡單之力系，稱為力系之合成。而合成之簡單力系通常為一力、一力偶或一力及一力偶。
4. 力系之分解——使一力系擴變為較繁雜之相當力系，稱為力系之分解。
5. 單一力之相當力系——
 - (1) 無條件限制下，可將一力分解為無限多個分力。
 - (2) 無條件限制下，可將一力分解為無限多組兩分力。
 - (3) 有條件限制下，將一力分解為兩分力之四種情形為：
 - (A) 已知兩分力之方向，求兩分力之大小。
 - (B) 已知兩分力之大小，求兩分力之方向。
 - (C) 已知一分力之大小及方向，求另一分力之大小及方向。
 - (D) 已知一分力之大小及另一分力之方向，求此分力之方向及另

一分力之大小。

1-7 力之合成

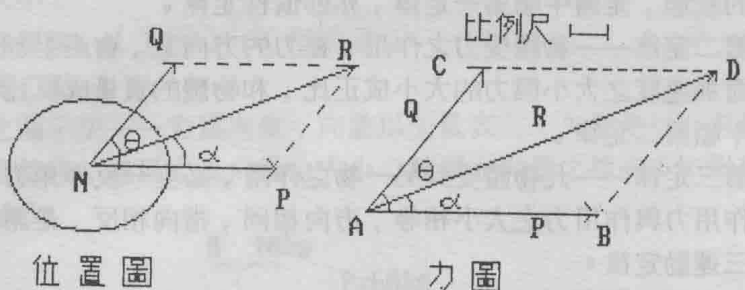


圖 1-2

1. 平行四邊形定律

(1)圖解法：（如圖 1-2）。

(A)定力大小之比例尺。

(B)作力圖，劃 AB 平行等於 P，AC 平行等於 Q，以 AB 及 AC 為邊，完成四邊形 ABCD。

(C)AD 即為所求之合力。

(D)AD 長表合力之大小，角 α 表合力之方向。

(E)在位置圖中通過原兩力交點 N，畫 R 平行 AD。

(2)計算法：

(A)合力之大小：

$$R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2 \times P \times Q \times \cos(\theta)}$$

（ θ 為力圖中兩力之夾角）

(B)合力之方向：

$$\alpha = \text{ATAN}(Q \times \sin(\theta) / (P + Q \times \cos(\theta)))$$

（ θ 為合力與 P 力之夾角）

2 三角形定律

(1)圖解法：（如圖 1-3）（見下頁）

(A)定力大小之比例尺。

(B)作 AB 線平行且等於 P，作 BC 射線平行等於 Q，完成三角

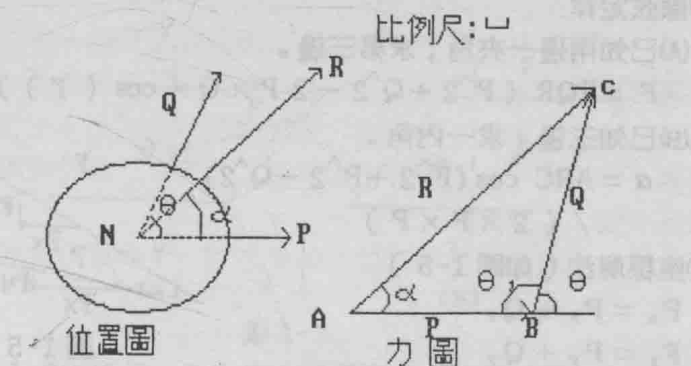


圖 1-3

形 ABC。

(C) AC 即為所求之合力。

(D) α 即為所求合力之力向。

(E) 在位置圖中通過原點之兩力交點 N 表合力 R 之大小及方向。

(2) 計算法：

(A) 合力之大小：

$$R = \sqrt{P^2 + Q^2 - 2 \times P \times Q \times \cos(\theta_1)}$$

($\theta_1 = 180^\circ - \theta$)

(B) 合力之方向：

$$\alpha = \text{ARC cos} \left(\frac{R^2 + P^2 - Q^2}{2 \times R \times P} \right)$$

1-8 力之分解

1. 圖解法：具備四個條件下，按二力合成之相反順序完成力圖。

2. 計算法：（如圖 1-4）。

(1) 正弦定律

$$\begin{aligned} (A) F / \sin(\gamma) &= P / \sin(\beta) \\ &= Q / \sin(\alpha) \end{aligned}$$

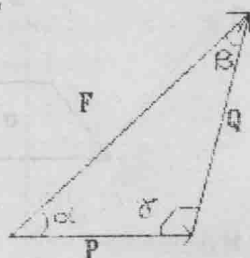


圖 1-4

(2) 餘弦定律

(A) 已知兩邊一夾角，求第三邊。

$$F = \sqrt{P^2 + Q^2 - 2P \times Q \times \cos(\gamma)}$$

(B) 已知三邊，求一內角。

$$\alpha = \arccos \frac{F^2 + P^2 - Q^2}{2 \times F \times P}$$

(3) 座標解法 (如圖 1-5)

$$F_x = P_x + Q_x$$

$$F_y = P_y + Q_y$$

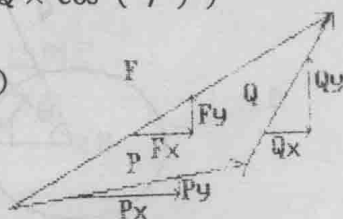


圖 1-5

1-9 單位

基本量	力	長度	時間	質量
絕對單位 (公制)	牛頓	米	秒	公斤
(M.K.S.)	N	m	sec	kg
	(NEWTON) (METER)			
重力單位 (公制)	公斤	米	秒	米斯辣
(M.K.S.)	kg	m	sec	kg-sec ² /m

1-10 力矩

1. 力矩——力作用於具有轉軸之物體，促使物體發生轉動之外效應，此轉動之作用謂之力矩。如圖 1-6 所示，由轉點 O 作力方向之垂直線為力臂。力矩 = 力 × 力臂即 $M = F \times d$
(單位：公制：kg-m)

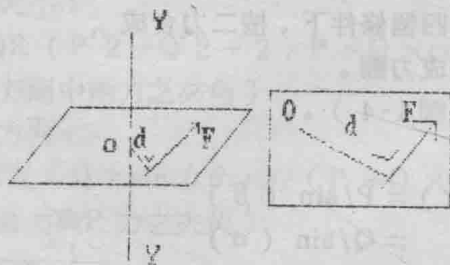


圖 1-6

2. 力對轉軸不產生力矩之原因。

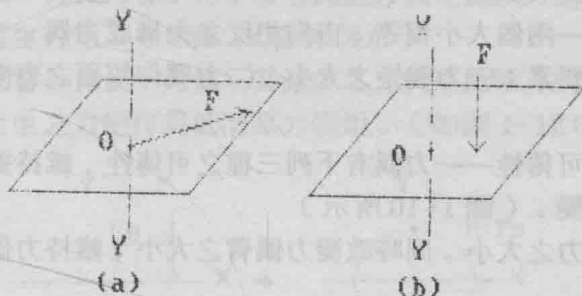


圖 1-7

- (1)如圖 1-7(a)所示，力之方向通過轉軸，力臂為零，則力矩為零。
- (2)如圖 1-7 (b)所示，力之方向與轉軸平行，力矩為零。
3. 力矩之轉向有順時針與逆時針轉向之分，暫定逆時針轉向者為正力矩，順時針轉向者為負力矩。
4. 同平面或平行平面之合力矩——以代數和求合力矩。

1-11 力矩原理

1. 力矩原理——諸力對同一轉軸產生力矩之代數和等於諸力之合力對該轉軸產生之力矩。如圖 1-8 所示，其計算式為：

$$R \times r = P \times p + Q \times q$$

2. 原理之應用

- (1)求某一力之力矩——如圖 1-9 所示，力 F 對原點之力矩以兩分力 V 與 H 對原點之合力矩，即： $M = V \times X - H \times Y$
- (2)求合力之作用點。（詳見第二章） Y
- (3)求重心之位置。（詳見第五章）

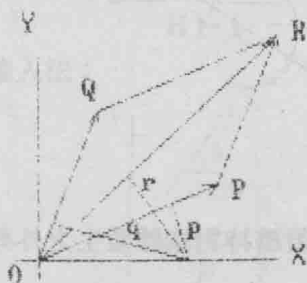


圖 1-8

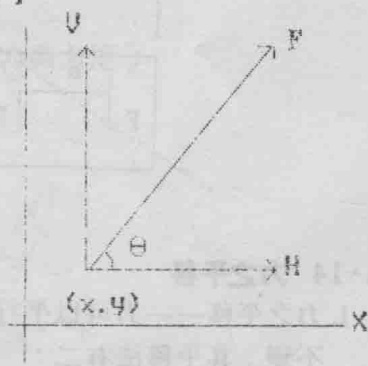


圖 1-9

1-12 力偶

1. 力偶——兩個大小相等，方向相反之力構成力偶。
2. 力偶之要素：(一)力偶矩之大小，(二)力偶作用面之方向，(三)力偶之轉向。
3. 力偶之可傳性——力偶有下列三種之可傳性，維持對剛體產生外效應不變。（圖 1-10 所示）
 - (1)改變力之大小，同時改變力偶臂之大小，維持力偶矩之大小不變。
 - (2)力偶可由一平面移至任一與之平行平面。
 - (3)力偶可由一平面之某一位置移至同平面或平行平面上任一位置。

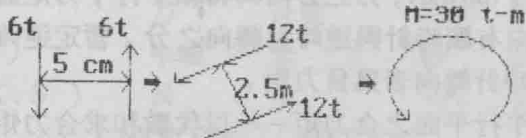


圖 1-10

1-13 力偶向量

1. 力偶向量——力偶具有大小與方向為一向量，可以矢量 C 表之，謂之力偶向量。
2. 力偶向量之圖示法——如圖 1-11 所示，力偶向量 C 之方向與力偶作用面 E 相垂直，向量之指向以右手螺旋確定之。

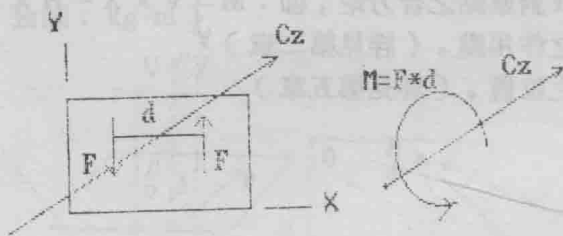


圖 1-11

1-14 力之平移

1. 力之平移——力可以平行移動，但必須維持對剛體產生之外效應不變，其平移法有二：

- (1) 以一力及一力偶代替一力，所增加之力偶矩為原力對移動後之作用點產生力矩。(如圖 1-12 (a) 所示)
- (2) 以一力代替一力及一力偶，其減少之力偶矩為原力對移動後之作用點產生之力矩作為抵消原力偶矩。(如圖 1-12 (b) 所示)

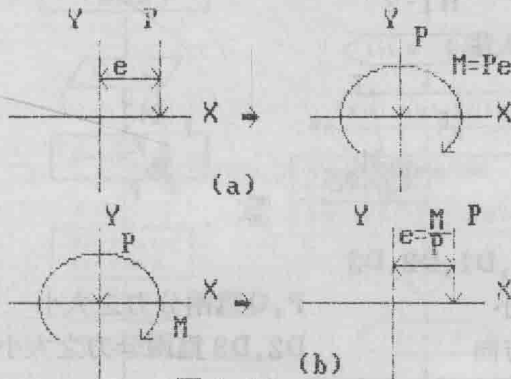


圖 1-12

1-B 課前準備

進入 DOS 後 (註：先將本磁片之 WORD 錄大千中文片中)

A > B: CHINESE (RETURN) 或 A > B: et
A > GBAS A > etbasic

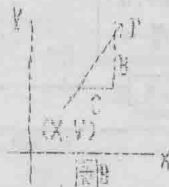
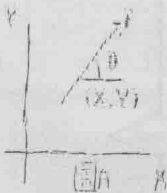
OK

LOAD "S1-1" (第一單元本文摘要)

LOAD "F1-1" (第一單元執行程式解力與力矩)

H1-1

力之輸入法：



請輸入F,D,X,Y

F 爲力之大小

D 爲力之方向角

X,Y 爲力作用點之座標

請輸入F,B,C,X,Y

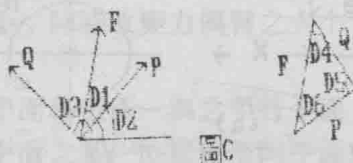
F 爲力之大小

B/C 爲力之方向 (斜率)

X,Y 爲力作用點座標

H1-2

三角形定律輸入法：



請輸入F,P,Q,D1,D2,D3

F 爲原力之大小

D1 爲原力之方向

P,Q 爲兩分力之大小

D2,D3 爲兩分力之大小

H1-3

註：1. 亦可求 P, Q 兩力之合力 F,

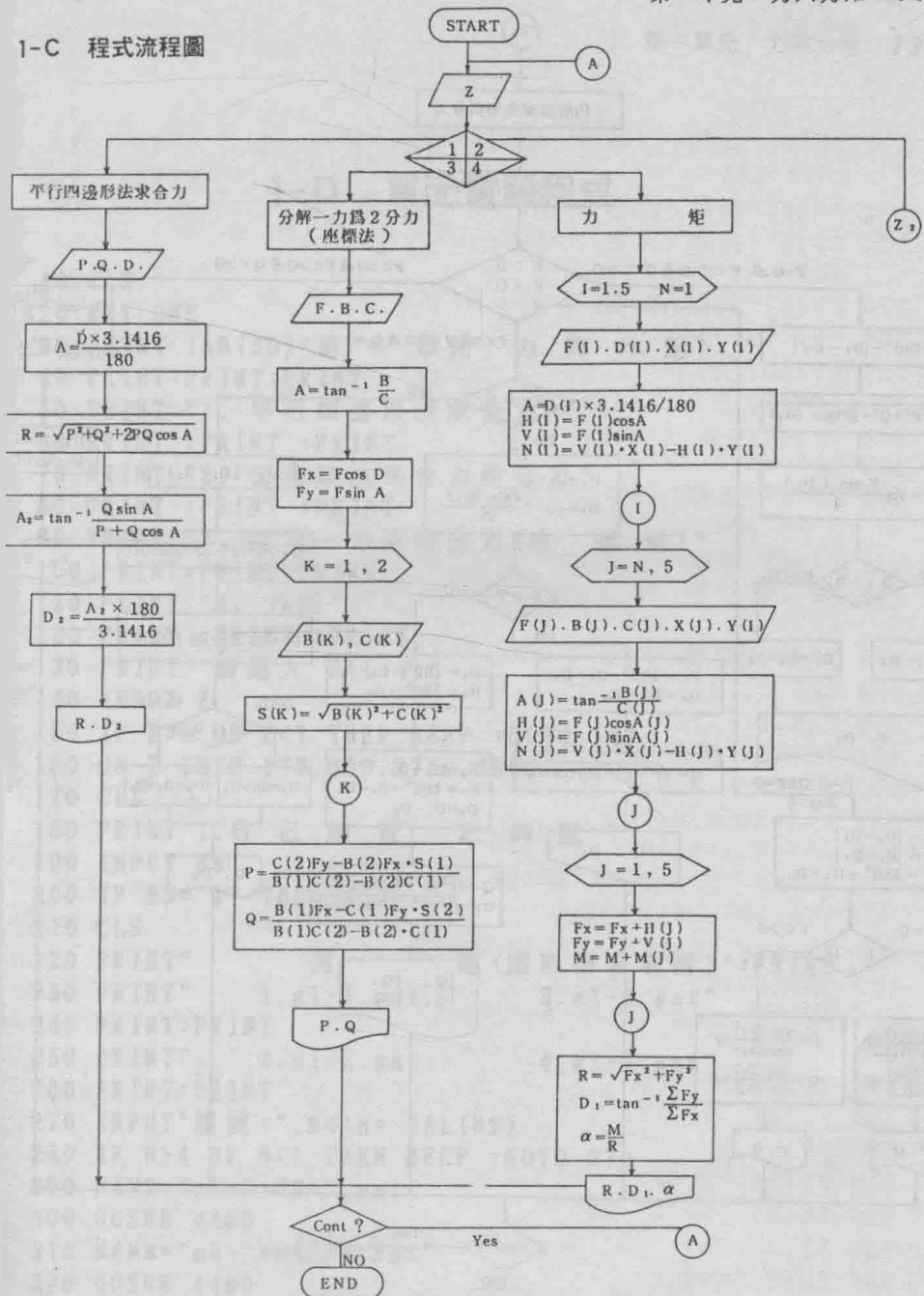
2. 凡未知數均輸入 0,

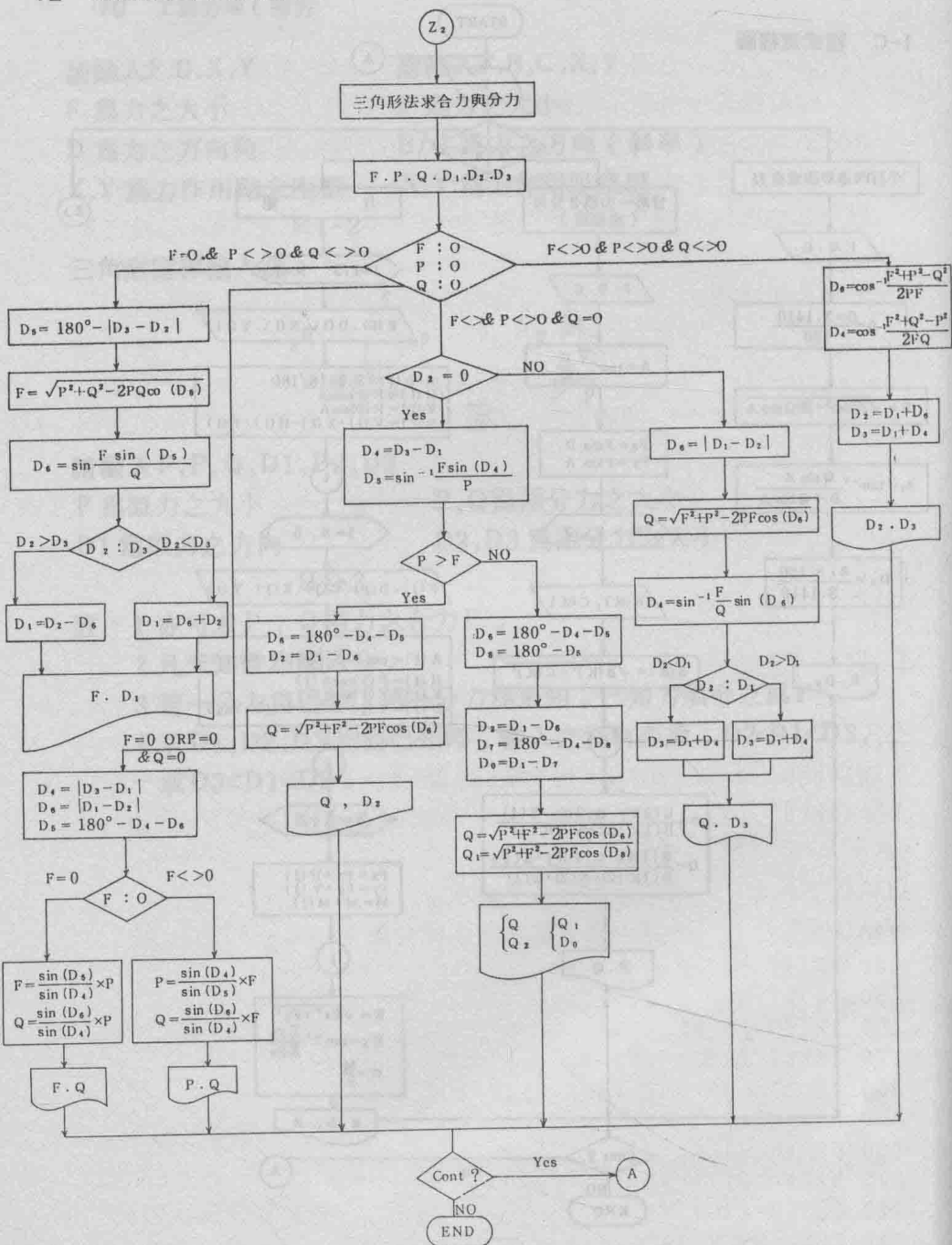
3. 若一分力爲已知, 另一分力爲未知, 已知力須令之爲 P,

4. 若 D1,D2,D3 均爲已知時, 輸入之資料必須： $D2 < D1 < D3$,
或 $D3 < D1 < D2$ 。

H1-4

1-C 程式流程圖





1-D 單元電腦程式

```

10 CLS
20 KEY OFF
30 PRINT TAB(30)"第一單元 力與力矩"
40 PRINT:PRINT:PRINT
50 PRINT "1. 平行四邊形法求合力"
60 PRINT :PRINT :PRINT
70 PRINT "2. 三角形法求合力與分力"
80 PRINT :PRINT :PRINT
90 PRINT "3. 分解一力為兩分力(座標法)"
100 PRINT:PRINT:PRINT
110 PRINT "4. 力矩"
120 PRINT :PRINT :PRINT
130 PRINT "請鍵入 Z(1-4)"
140 INPUT Z
150 IF Z>4 OR Z<1 THEN BEEP :GOTO 140
160 ON Z GOTO 170,650,2750,3500
170 CLS
180 PRINT"1.自己練習 2.例題"
190 INPUT B$
200 IF B$="1" THEN 490
210 CLS
220 PRINT"          例          題(圖形檔名稱)":PRINT
230 PRINT"          1.g1-1.pat          3.g1-3.pat"
240 PRINT:PRINT
250 PRINT"          2.g1-2.pat          4.g1-4.pat"
260 PRINT:PRINT
270 INPUT"題號:",N$:N= VAL(N$)
280 IF N>4 OR N<1 THEN BEEP :GOTO 270
290 NAM$="g1-"+N$+".pat"
300 GOSUB 4480
310 NAM$="g1-"+N$+"a.pat"
320 GOSUB 4480
330 CLS :ON N GOTO 340,350,360,370

```