

應用力學精義

原著者：R M. Russell

譯述者：張 誠

科技圖書股份有限公司

應用力學精義

原著者：R M. Russell

譯述者：張 誠

科技圖書股份有限公司

3.83

本公司經新聞局核准登記
登記證局版台業字第1123號

書名：應用力學精義

原著者：R M. Russell

譯述者：張誠

發行人：趙國華

發行者：科技圖書股份有限公司

台北市博愛路185號二樓

電話：3110953

郵政劃撥：15697

六十六年三月初版
六十七年十月二版

特價新台幣 60 元

編譯經過

吾國高等攷試科目中，有將靜力學、動力學、材料力學及流體力學四門合稱為應用力學，作為參加土木、機械特攷中必攷科目。在大學就讀時，此四門學課的教本的頁數總計在三千頁以上，在讀完以後參加高攷時已經二年以上，要參加一次攷試，只此一門便需重溫一次三千頁的功課，真不知從何着手。在英國對此類攷試，更需加攷熱力學，連同以上四門統稱為“工程科學”(engineering science)，則其困難更甚。故在英國各大書店均聘請教授專家主持編輯各種複習搭記(revision notes)，就各課的內容，擇其重點並舉例說明解題要點，印行問世，藉以減輕投考者的沉重負擔。本書即根據此種複習搭記書編印出版，列為工程複習叢書。原書係由英國Collins 圖書公司出版，書名Revision Programmes in Engineering Science Series，一共五冊，除其中第四冊“熱力學”已由本公司出版，書名為「熱力學精義」。本書則由該叢書的第一、二、三、五等冊合併譯出，計共八十五節，例題二百四十三則，問題七十六則，計二百十頁裝訂成一冊，以供讀者隨時閱讀之用。因其前後啣接，脈絡相通，故合稱為“應用力學精義”。本書雖為方便投考複習之用，但絕不附列歷屆考試試題，作事後先知式的宣傳。本書係由張誠碩士譯出，譯文確切而簡潔。茲將譯印本書原諺說明如上。

科技圖書公司編輯部 謹識

HW 602/01

應用力學精義

目 錄

第一章 靜力學

1•1	力和力矩.....	3
1•2	力矩定理.....	4
1•3	合力和平衡力.....	7
1•4	重心.....	8
1•5	均質板之重心.....	9
1•6	數種不同形狀立體之重心.....	12
1•7	三個不平行力之平衡.....	14
1•8	鉗接結構.....	18
1•9	力多邊形.....	20
1•10	力偶.....	24
1•11	兩個不平行力之合成.....	25
1•12	力之分解.....	27
1•13	力系之合成效應.....	28
1•14	平衡之一般條件.....	29

第二章 動力學

2•1	直線運動.....	33
2•2	重力下之運動.....	37
2•3	運動定律.....	41
2•4	衝量和能.....	48
2•5	摩擦.....	53
2•6	水平面之摩擦.....	53

2•7	傾斜面之摩擦	55
2•8	軸承摩擦	57
2•9	螺旋摩擦——方螺紋	59
2•10	衝環摩擦	61
2•11	機械	62
2•12	簡單機械之特性	62
2•13	簡單機械之反向操作	65
2•14	角運動	68
2•15	角加速度和扭矩	70
2•16	旋轉之動能	73
2•17	徑向力	77
2•18	圓錐擺	81
2•19	離心調速器	82
2•20	靜力和動力平衡	84
2•21	簡諧運動	87

第三章 材料力學

3•1	直接應力	93
3•2	張力試驗	95
3•3	安全係數	99
3•4	證驗應力	100
3•5	壓力試驗	103
3•6	震撼荷重	106
3•7	剪應力	111
3•8	鉚接	116
3•9	焊接	120
3•10	合成桿件	121
3•11	溫度應力	127

3•12	差溫應力.....	129
3•13	樑.....	134
3•14	荷重強度、剪力及彎曲力矩間之關係.....	137
3•15	剪力及彎矩力矩方程式.....	141
3•16	標準狀況之剪力及彎曲力矩圖.....	144
3•17	單純彎曲理論.....	145
3•18	斷面之性質.....	147
3•19	剪應變.....	155
3•20	機軸之扭轉.....	156
3•21	中空機軸.....	159

第四章 流體力學

4•1	流體之靜壓力.....	167
4•2	流體之壓力水頭.....	167
4•3	大氣壓力.....	168
4•4	絕對，計示和真空壓力.....	169
4•5	壓力計.....	169
4•6	測微壓力計.....	170
4•7	傾斜U形管.....	170
4•8	末端擴大之U形管.....	173
4•9	沒水面所受之總推力.....	175
4•10	作用於閘門之壓力.....	178
4•11	作用於非平面表面之壓力.....	180
4•12	水之浮力.....	181
4•13	浮力中心.....	182
4•14	漂浮物體之平衡狀態.....	182
4•15	定傾中心.....	182
4•16	定傾中心高.....	183

4•17	漂浮物之橫向振動.....	187
4•18	相對速度與速度改變.....	189
4•19	牛頓第二定律在流體之應用.....	190
4•20	液體之流動.....	195
4•21	連續方程式.....	195
4•22	克服壓力所作之功.....	197
4•23	速度落差.....	197
4•24	液體之總壓頭.....	198
4•25	柏努利定律.....	198
4•26	能量方程式.....	199
4•27	文氏管.....	201
4•28	噴射流之功率.....	205
4•29	皮托管.....	207

Statics

第一章 靜力學

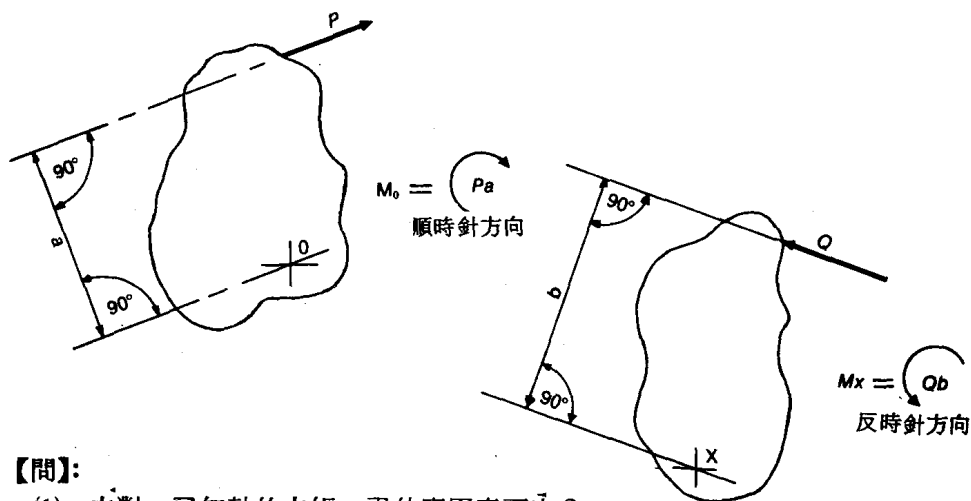
1-1 力和力矩

力，是發生或傾向於發生運動。因其具有大小和方向，故力是一種向量。

平衡產生於一當兩個或兩個以上的力，彼此相互制衡時。

靜力學，是探究平衡中的力的一門學問。

力對某軸的力矩，乃為該力的大小與力的作用線至該軸垂直距離的乘積。



【問】：

- (1) 一力對一已知軸的力矩，視什麼因素而定？
- (2) 若力以N表之，距離測得為m，則力矩應如何表示？
- (3) 關於一已知的情況下，力矩的方向必定是如何表示？

【答】：

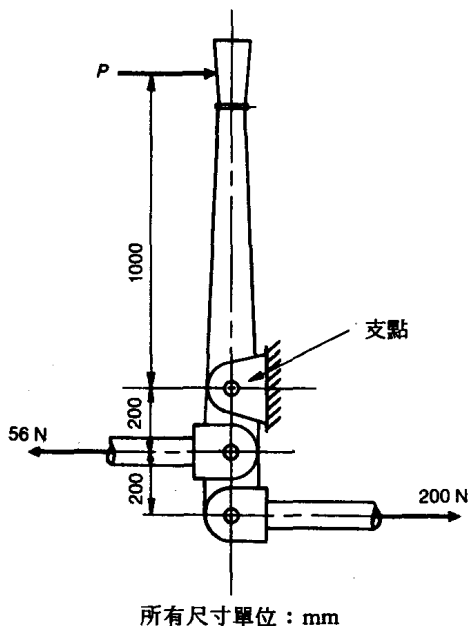
- (1) 一力的力矩視(a)力的大小(b)力的作用線與該已知軸間之垂直距離而定。
- (2) Nm。
- (3) 力矩的方向必定是順時針走向或逆時針走向。

1-2 力矩定理

當一物體在力系作用下呈平衡狀態時，各力對已知軸諸力矩之代數和必等於零。

【例題】1

下圖示一信號控制機構之槓桿。試決定操作槓桿所需之力 P ，及槓桿支點上所承受之力。



例題 1.1 (a)圖

【解】

對支點軸取力矩

$$\odot \sum M_o = 0$$

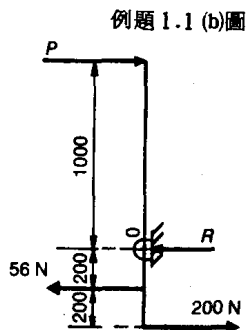
$$\therefore 1000P + 200 \times 56 - 400 \times 200 = 0$$

$$\therefore P = (80000 - 11200) / 1000 \text{ N} = 68.8 \text{ N}$$

所有向右的力 必需制衡 所有向左的力

$$\text{由 } 68.8 + 200 = R + 56$$

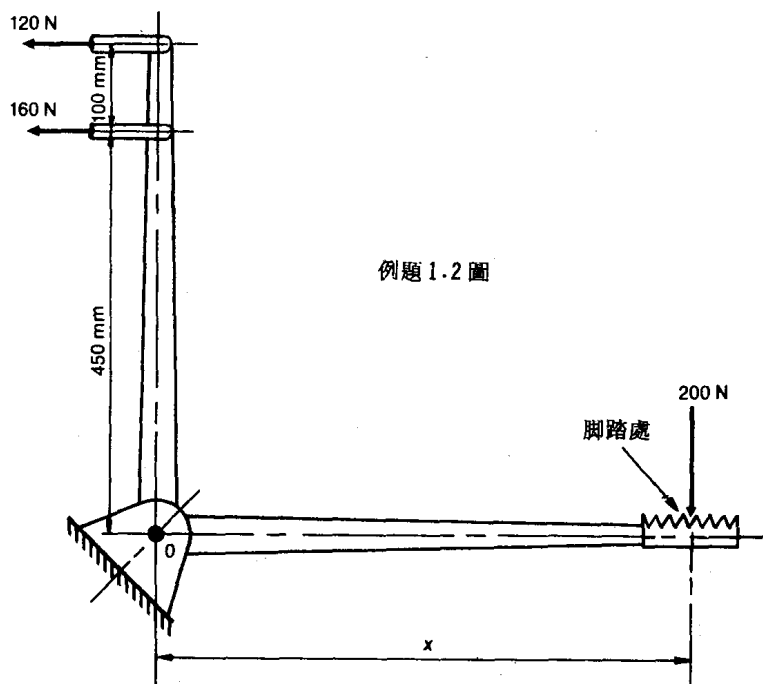
$$\text{故得作用於支點之力 } R = 268.8 - 56 \text{ N} = 212.8 \text{ N}$$



例題 1.1 (b)圖

【例題】2

試求出踏脚處之位置，若圖示槓桿之操作力為 200 N。



【解】

對支點 (O) 取力矩

$$\sum M_O = 0$$

$$200x - 450 \times 160 - 550 \times 120 = 0$$

$$\therefore x = (72000 + 66000) / 200 = 690 \text{ mm}$$

踏脚處中心至樞軸 O 之距離為 690 mm。

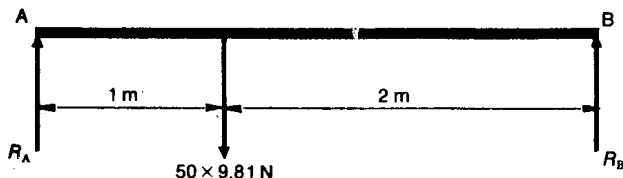
簡支樑：支承反力

力矩定理亦可用來決定簡支樑的反力或支承力。

【例題】3

兩個男孩A和B，用一3公尺長之直竿（重量可不計）担負一50公斤重物，直竿係水平，每人各扛一端，若重物掛在距A 1公尺處，試求兩人各担負若干？

【解】



例題 1.3 圖

對A點取力矩： $\odot \sum M_A = 0$

$$1 \times 50 \times 9.81 - 3R_B = 0$$

$$\therefore R_B = 50 \times 9.81 / 3 \text{ N} = 163.5 \text{ N}$$

對B點取力矩： $\odot \sum M_B = 0$

$$\therefore 3R_A - 2 \times 50 \times 9.81 = 0$$

$$\therefore R_A = 981 / 3 = 327 \text{ N}$$

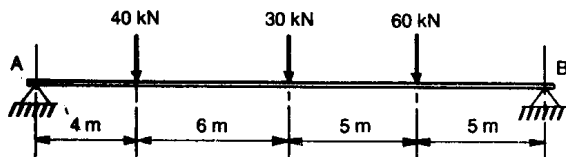
核算：所有向上的力 $\uparrow$ = 所有向下的力 $\downarrow$

$$327 + 163.5 \text{ N} = 490.5 \text{ N}$$

故A担負 327 N，B担負 163.5 N。

【例題】1.4

一水平樑受垂直向力系作用如圖示，若樑重不計，試求兩支承端反力。



例題 1.4 圖

【解】

$$\odot \sum M_A = 0 \quad 4 \times 40 + 10 \times 30 + 15 \times 60 - 20R_B = 0$$

$$R_B = (160 + 300 + 900) / 20 = 68 \text{ kN}$$

$$\odot \sum M_B = 0 \quad \therefore -5 \times 60 - 10 \times 30 - 16 \times 40 + 20R_A = 0$$

$$\therefore R_A = (300 + 300 + 640) / 20 = 62 \text{ N} \uparrow$$

核算：62 + 68 N $\uparrow$ 制衡 40 + 30 + 60 N $\downarrow$

1-3 合力和平衡力

力系的合力乃一單力，其單獨作用之結果與力系全體作用之結果相同。

力系的平衡力乃一單力，為與力系相作用，將維持平衡。

力系的合力與平衡力必大小相等，在同一直線上而方向相反。

平行力系的合力

$$R = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = \sum P$$

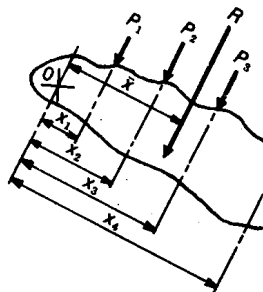
對 0 軸取力矩

$$\sum M_0 = P_1 x_1 + P_2 x_2 + P_3 x_3 + P_4 x_4 = \sum P x$$

$$\text{由 } \bar{x} R = \sum P x$$

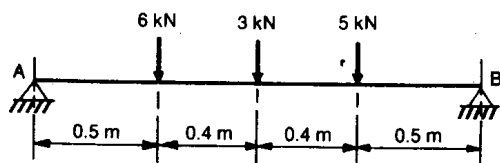
$$\therefore \bar{x} \sum P = \sum P x \quad \therefore \bar{x} = \frac{\sum P x}{\sum P}$$

圖 1.3



【例題】1.5

圖示受多種力作用之簡支樑。試求合力並計算其支承反力，但樑重不計。



例題 1.5 (a)圖

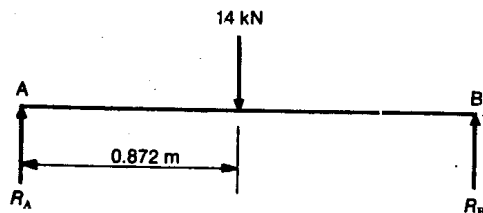
【解】

$$\text{合力 } R = 6 + 3 + 5 \text{ kN} = 14 \text{ kN}$$

$$\bar{x}_A = (6 \times 0.5 + 3 \times 0.9 + 5 \times 1.3) / 14 \text{ m} = 0.872 \text{ m}$$

$$R_A = 14(1.8 - 0.872) / 1.8 = 7.22 \text{ kN } \uparrow$$

$$R_B = 14 - 7.22 \text{ kN} = 6.78 \text{ kN } \uparrow$$



例題 1.5 (b)圖

1-4 重心

物體的重心，是通過物體全部重量之作用點。

均質桿或均質樑的重心在其長之中點。

對一均佈載重來說：

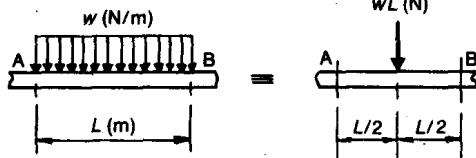
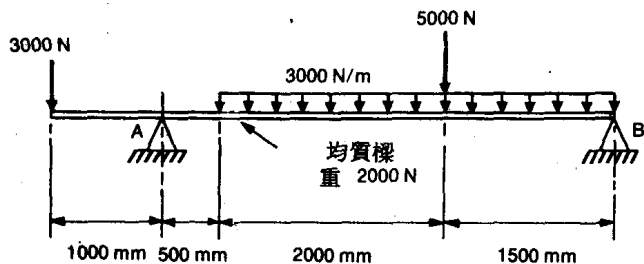


圖 1.4

【例題】1.6

求圖示樑之合力及支承反力。



例題 1.6 (a)圖

【解】

$$\text{合力} = 3000 + 5000 + 3000 \times 3.5 \text{ N} = 18500 \text{ N}$$

$$18500\bar{x} = -3000 \times 1 + 5000 \times 2.5 + 10500 \times 2.25$$

$$\bar{x} = 33125 / 18500 \text{ m} = 1.79 \text{ m}$$

$$\uparrow \sum M_A = 0 \quad \therefore 1.79 \times 18500 + 1.5 \times 2000 - 4R_B = 0$$

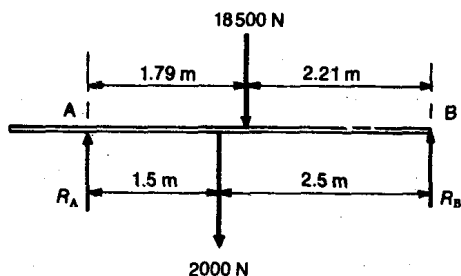
$$\therefore R_B = 9030 \text{ N}$$

$$\uparrow \sum M_B = 0 \quad \therefore -2.21 \times 18500 - 2.5 \times 2000 + 4R_A = 0$$

$$\therefore R_A = 11470 \text{ N}$$

核算全部向上的力 $\uparrow$ 必需制衡全部向下的力 $\downarrow$

$$11470 + 9030 \text{ N} = 18500 + 2000 \text{ N}$$



例題 1.6 (b)圖

1-5 均質板的重心

設一均質平板厚 t ，其材料密度以 ρ 表之。取單位面積 δA 分析；

δA 的重量為 $\rho g t \delta A$ ，該重量對 OX 軸的力矩為 $\rho g t y \delta A$ ，對 OY 軸為 $\rho g t x \delta A$ 。

對 OY 軸之全部力矩和 $= \sum \rho g t x \delta A = \rho g t \sum x \delta A$

對 OX 軸之全部力矩和 $= \sum \rho g t y \delta A = \rho g t \sum y \delta A$

全部重量 $= \sum \rho g t \delta A = \rho g t \sum \delta A = \rho g t A$ ，此處 A = 全部面積。

若重心之坐標值為 $\bar{x}$ 、 $\bar{y}$ ，

$$\text{則 } \bar{x} \cdot \rho g t \sum \delta A = \rho g t \sum x \delta A \therefore \bar{x} = \frac{\sum x \delta A}{\sum \delta A}$$

$$\text{及 } \bar{y} \cdot \rho g t \sum \delta A = \rho g t \sum y \delta A \therefore \bar{y} = \frac{\sum y \delta A}{\sum \delta A}$$

因此重心的位置，僅依平板表面之性質而定，其中 ρ 和 t 均無需介入計算。雖然如此，讀者仍需牢記，重心是位於平板厚度的中央。

圖形的形心與均質厚度的平板的重心相符合；由各方面說來，圖形的形心與重心應是同一點。

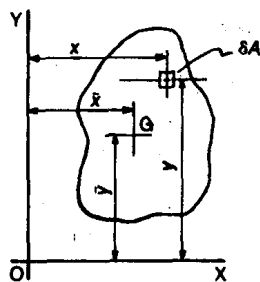


圖 1.5 (a)

數種不同形狀圖形的形心

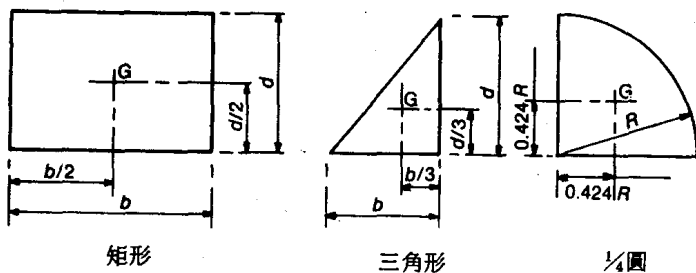


圖 1.5 (b)