

工程力學問題詳解

靜力篇

曉園出版社
世界圖書出版公司

内 容 简 介

本书是 J. L. 梅里安著 "Engineering Mechanics" 一书的习题详解。

工程力学问题详解《静力篇》

J. L. 梅里安 原著

冯文龙 译著

•
晓园出版社出版

世界图书出版公司北京公司重印

北京朝阳门内大街 137 号

新燕印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

•
1993 年 6 月 第 一 版 开本: 850×1168 1/32

1993 年 6 月 第一次印刷 印张: 13

印数: 0001-1200 字数: 33 万字

ISBN: 7-5062-1511-6/Z·79

定价: 9.70 元 (W_{9303/13})

世界图书出版公司通过中华版权代理有限公司向台湾晓园出版社购得重印权
限国内发行

前 言

研習理工的同學，都有一種認識，那就是：一本書的習題往往是該書的精華所在，藉着習題的印證，才能對書中的原理原則澈底的吸收與瞭解。

有鑒於此，曉園出版社特地聘請了許多在本科上具有相當研究與成就的人士，精心出版了一系列的題解叢書，為各該科目的研習，作一番介紹與鋪路的工作。

一個問題的解答方法，常因思惟的角度而異。曉園題解叢書，毫無疑問的都是經過一番精微的思考與分析而得。其目的在提供對各該科目研讀時的參考與比較；而對於一般的自修者，則有啓發與提示的作用。希望讀者能藉着這一系列題解叢書的幫助，而在本身的學問進程上有更上層樓的成就。

本書自出版以來，廣受歡迎。唯有若干錯誤之處，
承蒙賴明志先生予以訂正，特此致謝。

2008/23

使用說明

本書為 J. L. Meriam 所著「Engineering Mechanics Volume 1 : Statics, SI Version」的習題詳解。作者在工程力學界的革新與貢獻，使得他的書，幾乎重建了大學的力學課程，而在數十年中，成為有決定性的教科書。在靜力學，他著有另一本「Statics: 2nd Edition and SI-Version」也是廣泛地被使用著。兩書內容大致相同，只是在順序和章節上，略有調整和增減。

為了使讀者不論是使用那一本書，均能參考本題解，特在本書（工程力學靜力篇）每題前列出另一書（靜力學）的習題題號，並註明完全相同（同），或是類似相同（類）。

例： 2/1

類 2/4

即「靜力學」2/4 題，與本題同類型。

2/36

同 2/29

即「靜力學」2/29 題，與本題完全相同。

Meriam工程力學問題詳解

(靜力篇目錄)

第一章 緒 論.....	0
第二章 力的系統.....	1
第三章 平 衡.....	59
第四章 構 架.....	121
第五章 力的分布.....	193
第六章 摩 擦 力.....	289
第七章 虛 功.....	349
附錄A 面積慣性矩.....	385

第二章 力的系統

2/1 力 P 作用在構件上，若其大小為 20 kN ，求 x, y 分量。

類 2/4

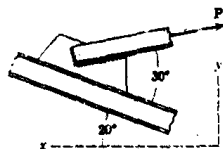
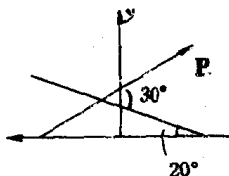
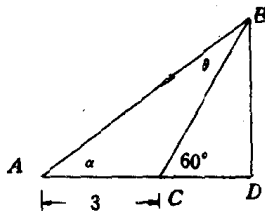


圖 2/1

$$\begin{aligned}\text{解： } P_x &= -P \cos(180^\circ - 150^\circ - 20^\circ) \\ &= -P \cos 10^\circ = -20 \cos 10^\circ \\ &= -19.7 \text{ (kN)} \\ P_y &= 20 \sin 10^\circ \\ &= 3.47 \text{ (kN)}\end{aligned}$$

2/2 試求例題 2/2 中， 600 N 的張力 T 沿著 BC 線的長方形分量。

$$\begin{aligned}\text{解： } \tan \alpha &= \frac{BD}{AD} = \frac{6 \sin 60^\circ}{3 + 6 \cos 60^\circ} \\ &= 0.866 \\ \Rightarrow \alpha &= 40.9^\circ \\ \theta &= 180^\circ - \alpha - 120^\circ = 19.1^\circ \\ \therefore T_x &= T \cos 19.1^\circ \\ &= 566.95 \text{ (N)}\end{aligned}$$



2/3 距承軸 7 m 處有一載重 L ，繩索張力 T 為 15 kN ，試以單位向量 i, j 表示出 T 。

類 2/3

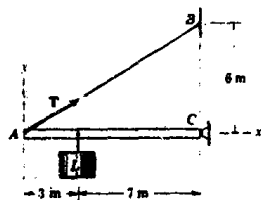


圖 2/3

$$\begin{aligned}\text{解： } \tan \theta &= \frac{6}{10} \Rightarrow \theta = 30.96^\circ \\ T_y &= T \sin \theta = 15 \times \sin 30.96^\circ = 7.72 \text{ (kN)}\end{aligned}$$

2 工程力學問題詳解（靜力篇）

$$T_x = T \cos \theta = 15 \times \cos 30.96^\circ = 12.86 \text{ (kN)}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{T} &= T_x \mathbf{i} + T_y \mathbf{j} \\ &= 12.86 \mathbf{i} + 7.72 \mathbf{j} \text{ kN} \end{aligned}$$

- 2/4 構件上的托架，加有一力 F 在繩索上，若 F 在 x 方向之大小為 900 N，計算其 y 方向之分量，及 F 之大小。

解：

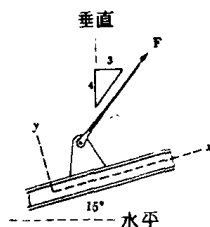
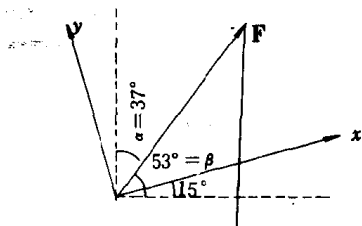


圖 2/4

$$\sin \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\alpha = 37^\circ \quad \beta = 90^\circ - 37^\circ = 53^\circ$$

$$\theta = 53^\circ - 15^\circ = 38^\circ$$

$$F_x / \cos 38^\circ = 900 / \cos 38^\circ = F$$

$$\Rightarrow F = 1142 \text{ (N)}$$

$$F_y = F \sin 38^\circ = 703.1 \text{ (N)}$$

- 2/5 有一繫緊扣環 C ，與細索相連固定於木框上，其張力為 900 N，試求索纜作用於 B 點的 x ， y 分量。

解：

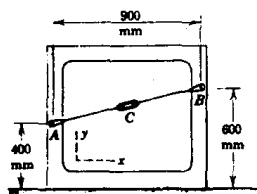
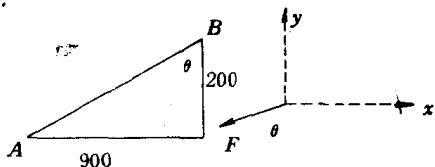


圖 2/5

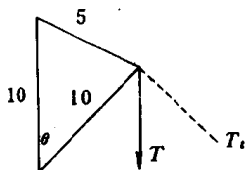
$$\tan \theta = \frac{9}{2} \quad \Rightarrow \theta = 77.47^\circ$$

$$F_x = -900 \sin 77.47^\circ = -879 \text{ N}$$

$$F_y = -900 \cos 77.47^\circ = -195.2 \text{ N}$$

- 2/6 垂直繩索的張力 T 等於板條箱之重，試求沿著吊桿的垂直與平行方向，張力 T 於 A 點的 T_t ， T_n 分量。

解：



$$\cos \theta = \frac{10^2 + 10^2 - 5^2}{2 \times 10 \times 10} = 0.875$$

$$\theta = 28.95^\circ$$

$$T = 800 \times 9.8 = 7840 \text{ (N)}$$

$$T_h = T \cos \theta = 6860.33 \text{ (N)}$$

$$T_v = T \sin \theta = 3794.92 \text{ (N)}$$

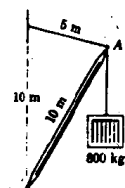


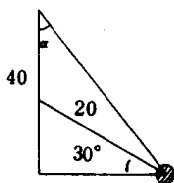
圖 2/6

2/7

類 2/5

解：

圓凸輪有一分支，其 $e = 20 \text{ mm}$ ，半徑 $r = 40 \text{ mm}$ ， $\theta = 30^\circ$ ，活塞底平滑面之正下壓力為 400 N ，試求沿接觸點與柱軸圓心連線之力 F' 的分量。



$$\tan \alpha = \frac{20 \cos 30^\circ}{40 + 20 \sin 30^\circ} = \frac{\sqrt{3}}{5}$$

$$\Rightarrow \alpha = 19.1^\circ$$

$$F' = 400 \times \cos \alpha = 400 \times \cos 19.1^\circ = 378 \text{ (N)}$$

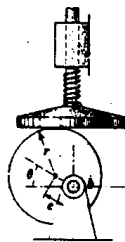


圖 2/7

2/8

同 2/6

解：

水壓圓筒在其絞接載重之反向，有一軸向力 40 kN ，試求 $\theta = 30^\circ$ ，沿 AB 的分力 F_h 及 F_v 。

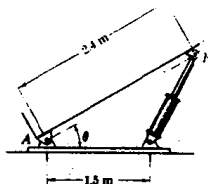
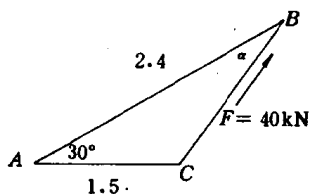


圖 2/8

4 工程力學問題詳解(靜力篇)

$$BC^2 = 2.4^2 + 1.5^2 - 2 \times 2.4 \times 1.5 \times \cos 30^\circ$$

$$= 1.7746$$

$$BC = 1.332$$

$$\frac{1.332}{\sin 30^\circ} = \frac{1.5}{\sin \alpha}$$

$$\Rightarrow \sin \alpha = 0.563$$

$$\alpha = 34.26^\circ$$

$$F_x = -F \cos \alpha = -33 \text{ kN}$$

$$F_y = -F \sin \alpha = -22.52 \text{ kN}$$

2/9 試求圖示兩力所合成之合力 R 大小，並求 R 對正 x 方向，逆時針所得之 θ 值。

圖：

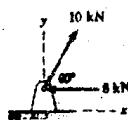
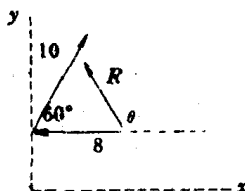


圖 2/9

$$R^2 = 10^2 + 8^2 - 2 \cdot 10 \cdot 8 \cdot \cos 60^\circ$$

$$= 164 - 80 = 84$$

$$R = 9.165 \text{ (kN)}$$

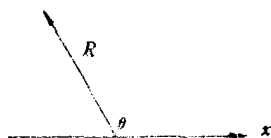
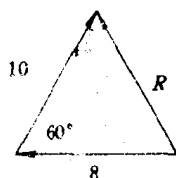
$$\frac{R}{\sin 60^\circ} = \frac{10}{\sin (\pi - \theta)}$$

$$\sin (\pi - \theta) = \frac{\sqrt{3}}{2} \times 10 / 9.165 = 0.9449$$

$$\pi - \theta = 70.896^\circ \Rightarrow \theta = 109.1^\circ$$

2/10 圖解問題 2/9。

圖：



$$\text{得 } R = 9.17 \text{ kN}, \theta = 109.1^\circ$$

2/11 欲使二合力 R 大小為 1000 N，則 400 N 之力，其角度 θ 應為何？此時 R 與水平之夾角 β 為何？

解：

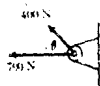
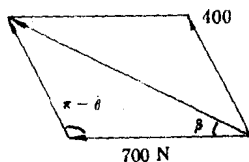


圖 2/11

$$\cos(\pi - \theta) = \frac{400^2 + 700^2 - 1000^2}{2 \cdot 400 \cdot 700} = -\frac{5}{8}$$

$$-\cos \theta = -\frac{5}{8} \rightarrow \theta = 51.3^\circ$$

$$\cos \beta = \frac{1000^2 + 700^2 - 400^2}{2 \cdot 1000 \cdot 700} = \frac{100 + 49 - 16}{2 \cdot 10 \cdot 7} = \frac{133}{20 \cdot 7} = \frac{19}{20}$$

$$\beta = 18.2^\circ$$

2/12 10 kN 的垂直力可以兩力取代， F_1 沿著 $a-a$ 線 45° ， F_2 大小為 8 kN，試求 F_1 大小，及 F_2 與 x 軸之逆時針夾角 θ 。

解：

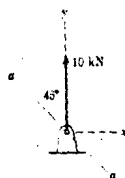
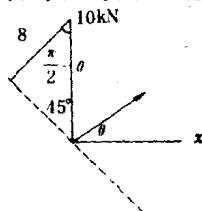


圖 2/12

$$64 = 100 + F_1^2 - 2 \cdot 10 \cdot F_1 \cdot \cos 45^\circ$$

$$F_1^2 - \sqrt{2} \cdot 10 F_1 + 36 = 0$$

$$F_1 = \frac{\sqrt{2} \cdot 10 \pm \sqrt{200 - 4 \cdot 36}}{2}$$

$$F_1 = 10.81 \text{ kN}$$

$$\text{或 } F_1 = 3.33 \text{ kN}$$

$$\frac{10.81}{\sin(\frac{\pi}{2} - \theta)} = \frac{8}{\sin 45^\circ}$$

$$\frac{3.33}{\sin(\frac{\pi}{2} - \theta)} = \frac{8}{\sin 45^\circ}$$

$$\sin(\frac{\pi}{2} - \theta) = 0.955$$

$$\sin(\frac{\pi}{2} - \theta) = 0.294$$

$$\cos \theta = 0.955$$

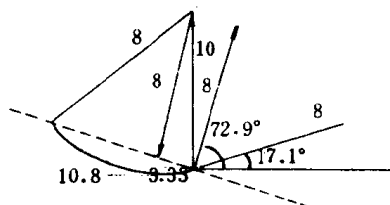
$$\cos \theta = 0.294$$

$$\Rightarrow \theta = 17.1^\circ$$

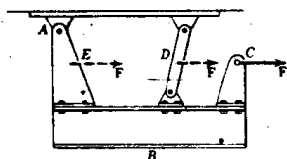
$$\theta = 72.9^\circ$$

2/13 以圖解問題 2/12。

解：



- 2/14** 剛體構件 ABC 以銷 A 及鉸鏈 D 支持，於 C 點有一力 F 。若 F 作用在 D 或 E 而非 C 上，是否可由傳遞原理推論出，其相同於銷 A 作用於桿件 ABC 上。
- 同 2/10**



■ 2/14

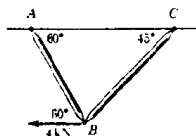
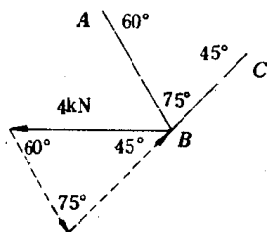
解：會相同。因 A 點對 E, D, C 各點



的轉動力矩皆相同，而對 A 點所施的力 F 不變，故其作用皆相同。

- 2/15** 試將 4 kN 的力分解成兩分量，一沿著 AB ，另一個沿著 BC 。
- 同 2/8**

解：



■ 2/15

$$\frac{4}{\sin 75^\circ} = \frac{F_{AB}}{\sin 45^\circ}$$

$$F_{AB} = 4 \times \frac{\sqrt{2}}{2} / \sin 75^\circ = 2.93 (\text{kN})$$

$$\frac{4}{\sin 75^\circ} = \frac{F_{BC}}{\sin 60^\circ}$$

$$F_{BC} = 4 \times \frac{\sqrt{3}}{2} / \sin 75^\circ = 3.59 \text{ (kN)}$$

- 2/16 現欲從水平方向施力，以除去木材中之尖物，但此方向有一障礙A，故在索上加二力1.6 kN及P如圖示，試求沿著尖物方向的力P，及張力T。

解：

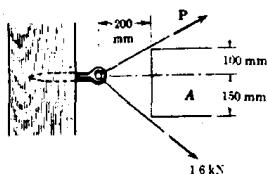
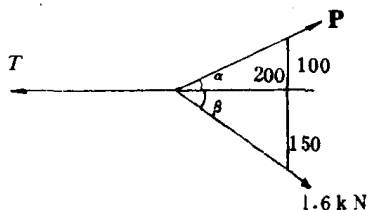


圖 2/16

$$\tan \alpha = \frac{100}{200} = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 26.56^\circ$$

$$\tan \beta = \frac{150}{200} = \frac{3}{4} \Rightarrow \beta = 36.87^\circ$$

$$P \sin \alpha = 1.6 \sin \beta$$

$$P = 2.147 \text{ (kN)}$$

$$T = P \cos \alpha + 1.6 \cos \beta = 3.2 \text{ (kN)}$$

- 2/17 試以 x ， y 方向單位向量表示之平衡力 R ，取代 6 kN 及 4 kN 的力，並計算由 R 與 x 軸所夾之角 θ 。

解：

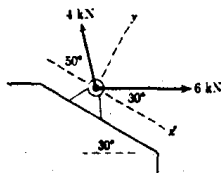
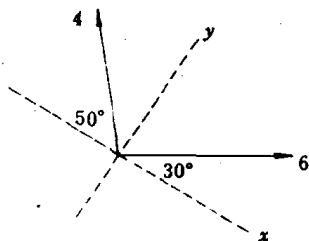


圖 2/17

$$R_x = 6 \cos 30^\circ - 4 \cos 50^\circ = 6 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 4 (0.6427)$$

$$= 2.625 \text{ kN}$$

$$R_y = 6 \sin 30^\circ + 4 \sin 50^\circ = 6.06 \text{ kN}$$

$$\therefore \mathbf{R} = R_x \mathbf{i} + R_y \mathbf{j} = 2.625 \mathbf{i} + 6.06 \mathbf{j} \text{ kN}$$

$$\tan \theta = \frac{R_y}{R_x} = \frac{6.06}{2.625} = 2.308$$

$$\theta = 66.579^\circ$$

- 2/18 100 kN 的合力與 B 構件伴隨之張力 T ，通過 A 點，在支持桁架之銷上產生一力。如圖，若 100 kN 以 P 取代，試求欲使 100 kN 力與 P 對銷 A 作用相同， P 值為何？並求於 B 構件張力之增加量 ΔT ，桁架內角度為 45° 與 90° (提示： P 和新的 T 之合力，將與 100 kN 和原來的 T 之合力為相同的向量)。

解：

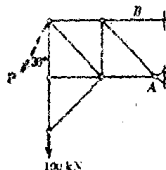
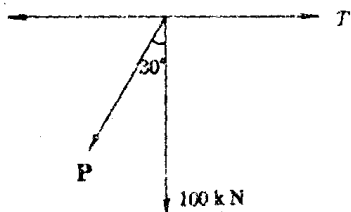


圖 2/18

$$P \cos 30^\circ = 100 \quad P = 115.47 \text{ kN}$$

$$\Delta T = P \sin 30^\circ = 57.73 \text{ kN}$$

- 2/19 有一力 F ，其沿著 CA 之分量不超過沿著 BC 分量大小的 80%，試求 θ 角之最大值。

解：

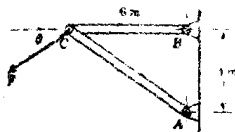
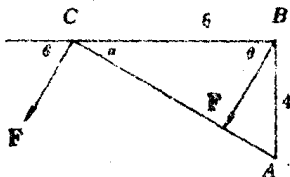


圖 2/19

$$\tan \alpha = \frac{4}{6}, \alpha = 33.7^\circ$$

$$F_{CA} = 80\% F_{BC}, F_{BC} = 1.25 F_{CA}$$

$$F^2 = F_{CA}^2 + (1.25 F_{CA})^2 - 2 \cdot F_{CA} \cdot 1.25 \times F_{CA} \cdot \cos 33.7^\circ$$

$$0.4826 F_{CA}^2 = F^2$$

$$\frac{F_{CA}}{\sin \theta} = \frac{F}{\sin \alpha}$$

$$\sin \theta = 1.439 \cdot \sin 33.7^\circ$$

$$\sin \theta = 0.7986$$

$$\theta = 53^\circ$$

- 2/20 $F = -40i + 60j$ N 的力，由兩力所取代，一沿 y 軸，另一沿水平 h 方向，其產生之混合效益與 F 相同，試求此分量之大小。

解：

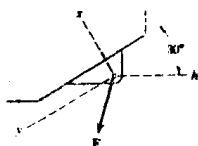
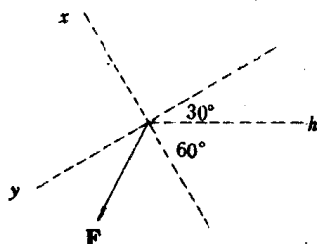


圖 2/20

$$h \cos 60^\circ = F_x = 40 \quad h = 80 \text{ N}$$

$$y - h \sin 60^\circ = F_y = 60 \quad y = 80 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 60 = 129.3 \text{ N}$$

- 2/21 若將 P 分解成 x, y 軸之兩分量，則 x 向有 500 N 之分力，若沿 x', y' 分解，則 $P_{x'} = 800 \text{ N}$ ，以 x, y 軸單位向量表示 P 的向量形式，並計算 P 的 y' 分量。（靠幾何上之向量圖形，可得精確之解）。

解：

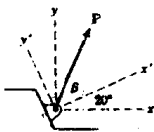
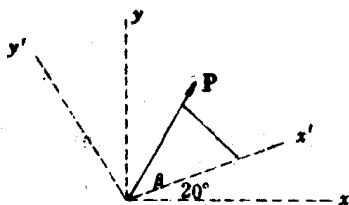


圖 2/21

$$P \cos (\beta + 20^\circ) = 500 = P_x$$

$$P \cos \beta = 800 = P_{x'}$$

$$P \cos \beta \cos 20^\circ - P \sin \beta \sin 20^\circ = 500$$

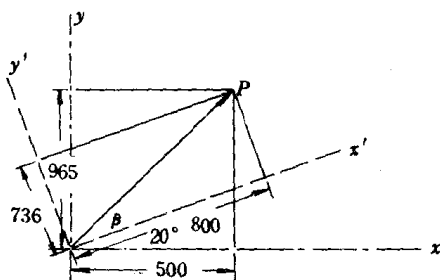
$$P \sin \beta = P_{y'} = \frac{P \cos \beta \cdot \cos 20^\circ - 500}{\sin 20^\circ} = 736 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} P_y &= P \sin (\beta + 20^\circ) = P \sin \beta \cos 20^\circ + P \cos \beta \sin 20^\circ \\ &= 736 \cdot \cos 20^\circ + 800 \cdot \sin 20^\circ \\ &= 965 \text{ N} \end{aligned}$$

$$P = P_x i + P_y j = 500 i + 965 j \text{ N}$$

- 2/22 以圖解問題 2/21。

解：



2/23 已知兩合力通過 A 點，試求 P 大小。

解：

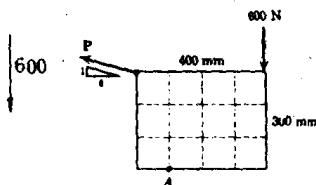
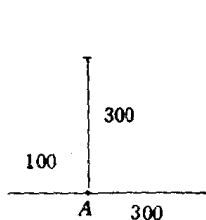
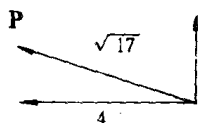


圖 2/23

$$-P \times \frac{1}{\sqrt{17}} \times 100 + P \cdot \frac{4}{\sqrt{17}} \times 300 = 300 \times 600$$

$$P \left(\frac{12-1}{\sqrt{17}} \right) = 3 \times 600 \quad P = 675 \text{ N}$$

2/24 兩力作用於剛體構架上，欲以 A 點之平衡力 R 來取代，求 R 大小，及至 A 點之距離 x，以圖解法或代數法求。

解：

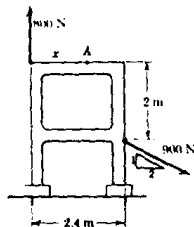
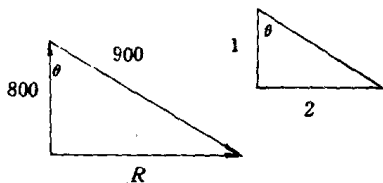


圖 2/24

$$\tan \theta = 2 \quad \theta = 63.4^\circ$$

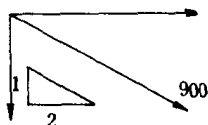
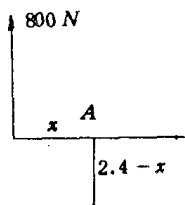
$$R^2 = 800^2 + 900^2 - 2 \cdot 800 \cdot 900 \cdot \cos 63.4^\circ = 805227$$

$$R = 898 \text{ N}$$

$$800 \times x + (2.4 - x) \cdot 900 \cdot \frac{1}{\sqrt{5}} = 2 \times 900 \times \frac{2}{\sqrt{5}}$$

$$397.5x = 643.99$$

$$x = 1.62 \text{ m}$$



- 2/25 由例題 2/3，計算能作用於 A 點，並能產生與 600 N 力對 O 點相同力矩之最小力 P。並求 P 與水平之夾角 θ 。

解： $P \cos \theta (x + 4) = 2610$

$$x = 2 \cdot \tan \theta$$

$$P \cos \theta (2 \tan \theta + 4) = 2610$$

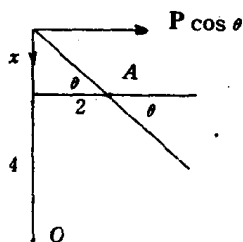
$$2P \sin \theta + 4P \cos \theta = 2610$$

$$P \cdot \sqrt{20} \left(\frac{2}{\sqrt{20}} \sin \theta + \frac{4}{\sqrt{20}} \cos \theta \right) = 2610$$

$$P \cdot \sqrt{20} \cdot \sin(\alpha + \theta) = 2610 \quad \text{其中 } \alpha = 63.4^\circ$$

$$\text{欲 } P \text{ 最小則 } \sin(\alpha + \theta) = 1 \quad \alpha + \theta = 90^\circ$$

$$\theta = 90^\circ - 63.4^\circ = 26.6^\circ \quad P = 2610 / \sqrt{20} = 584 \text{ N}$$



- 2/26 一力 P 對點 A 之力矩為 $30 \text{ N} \cdot \text{m}$ ，求 P 之大小。力所作用的平板，每一小方格為 0.1 m 。

解：

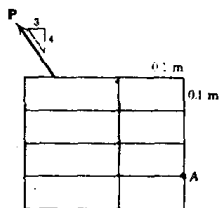
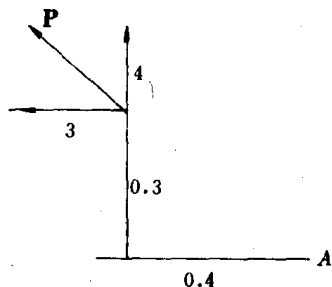


圖 2/26

$$-0.3 \times P \times \frac{3}{5} + 0.4 \times P \times \frac{4}{5} = 30$$

$$P \times \frac{0.9 - 1.6}{5} = 30 \quad P = 214 \text{ N}$$

- 2/27 方形平板是由每格 1 m 所成，一 10 kN 之力作用於 A 點，方向如圖，試求