

機械設計題解

原著者：J D Shigley.

解題者：M A. Chace



科技圖書股份有限公司

機械設計題解

原著者：J D Shigley.

解題者：M A. Chace



科技圖書股份有限公司

本公司經新聞局核准登記
登記證局版台業字第1123號

書名：機械設計題解
原著者：J D. Shigley
解題者：M A. Chace
發行人：趙國華
發行者：科技圖書股份有限公司
台北市復興南路一段360號7樓之三
電話：7056781・7073230
郵政劃撥帳號15697

七十二年五月初版

特價新台幣110元

編印者言

美國密西根大學教授 J.E. Shigley 所著 “Mechanical engineering design.” 的第三版，早由本公司委託薛雅全、劉昌明、徐仁勳、楊春慶四位先生協力譯成中文的書名“機械設計”分上下兩冊印行以來已三易寒暑。由於該書內容豐富資料新穎而行銷頗廣，因而常有來信問難者，久無以應。茲承留美任教該課的友人處獲得原出版公司 Mc Graw Hill 印行的教師手冊一本，轉瞬多年始克應市。（查該公司循例不公開出售，只贈予任教者備供參考之用，故此類書籍頗不易獲得）。茲將中譯習題與原文解答分章編列，以便檢查而少錯誤，並加附原書附錄的參考資料圖表若干頁，備供演習時使用。

本書原為方便教師而準備的手冊，故其解答僅提綱要不及細節。如需利用，尚需加上一番功夫。希望讀者先自作答，再行查對是否正確，自然可獲得研讀效果，而不失提高求知興趣的一種方式，則幸甚矣。

科技圖書公司編輯部識

目 錄

第一篇 機械設計基本

第一章 簡 介

習 題	1
習題解答	2

第二章 應力分析

習 題	4
習題解答	18

第三章 撓度分析

習 題	46
習題解答	54

第四章 設計的統計考慮

習 題	77
習題解答	80

第五章 機械元件的強度

習 題	84
習題解答	94

第二篇 機械元件設計

第六章 螺絲、扣件與連接合設計

習 題	118
-----	-----

習題解答	124
------	-----

第七章 熔接、銅(硬)焊與貼合

習題	138
----	-----

習題解答	142
------	-----

第八章 機械彈簧

習題	151
----	-----

習題解答	154
------	-----

第九章 抗磨軸承

習題	161
----	-----

習題解答	166
------	-----

第十章 潤滑與頸軸承

習題	175
----	-----

習題解答	178
------	-----

第十一章 正齒輪

習題	188
----	-----

習題解答	194
------	-----

第十二章 螺旋齒輪、蝸齒輪與斜齒輪

習題	208
----	-----

習題解答	215
------	-----

第十三章 軸

習題	233
----	-----

習題解答	239
------	-----

第十四章 離合器、制動器與聯軸器

習 題.....251

習題解答.....256

第十五章 柔性機械元件

習 題.....269

習題解答.....272

第十六章 系統逼近法

習 題.....278

習題解答.....283

附 錄 參考資料圖表.....291

第一章 簡介習題

- 1.1 下面是一個熱處理高碳鋼的拉力試驗。試件的原直徑為 12.5 mm，最後直徑為 11.6 mm。使用規距為 50 mm，得到下列數據：

荷重 kN	伸長量 mm	荷重 kN	伸長量 mm
25.9	0.051	88.6	0.508
36.0	0.071	93.4	0.711
46.6	0.092	98.8	1.016
54.5	0.107	107.2	1.524
70.8	0.152	113.5	2.032
74.8	0.203	117.5	2.541
80.5	0.305	121.0	3.048
85.0	0.406	123.3	3.560

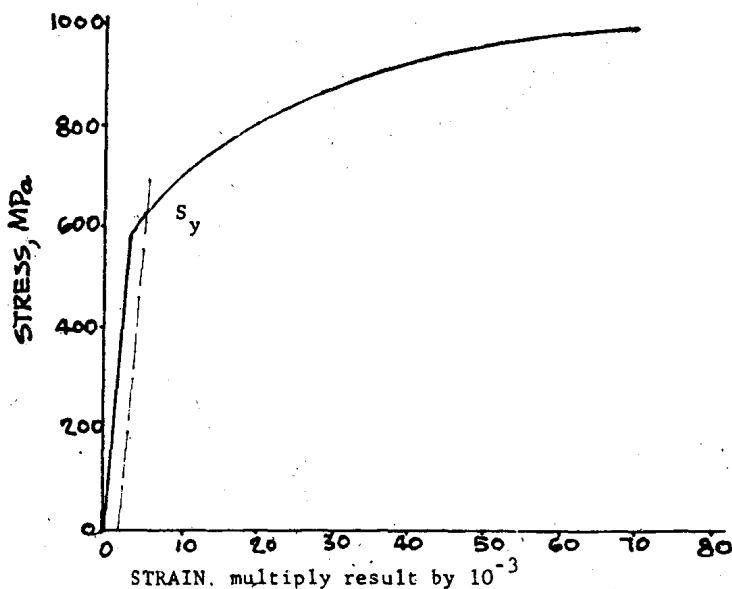
試求：用 0.2% 偏位法，求其屈服強度，最大強度及伸長百分率。

- 1.2 將下列數值換算成“SI”單位。

- (a) 0.5 英畝面積土地。
- (b) 30 psi 輪胎壓力。
- (c) 2400 rpm。
- (d) 一部汽車的質量 3200 lbf。
- (e) 引擎排氣量 425 in³。
- (f) 2 U.S. qt 及 1 pt。
- (g) 55 mph。
- (h) 15 gal 汽油。
- (i) 14.7 大氣壓力。

習題解答

1-1



At 25.9 kN the stress is $\sigma = \frac{F}{A} = \frac{25.9(10)^3(4)}{(12.5)^2 \pi} = 211 \text{ MPa}$

From curve, $S_y = 656 \text{ MPa}$, $S_u = 1000 \text{ MPa}$ Ans.

% Elongation = $[71.20(10)^{-3}](100) = 7.12\%$ Ans.

1-2: (a) An acre contains 43 560 ft². The area in m² is

$A = \frac{1}{2}(43\,560)(0.305)^2 = 2025 \text{ m}^2$ Ans.

(b) $p = (30 \text{ psi})(6890 \frac{\text{Pa}}{\text{psi}})(\frac{1}{10^3 \text{ Pa/kPa}}) = 207 \text{ kPa}$ Ans.

(c) $n = (2400 \frac{1}{\text{min}})(\frac{1}{60 \text{ s/min}}) = 40 \text{ s}^{-1}$ Ans.

or $n = (40 \text{ s}^{-1})(2\pi) = 251 \text{ rad/s}$, Ans.

(d) $m = 3200/32.2 = 99.4 \text{ slug}$

$m = (99.4)(14.6 \text{ kg/slug}) = 1450 \text{ kg}$ Ans.

$$(e) V = (425 \text{ in}^3)(0.0254 \text{ m/in})^3(10 \text{ dm/m})^3 = 6.96 \text{ dm}^3$$

which is the same as 6.96 l Ans.

$$(f) V = 2.5/4 = 0.625 \text{ U.S. gal}$$

$$V = (0.625 \text{ U.S. gal})(0.00378 \text{ m}^3/\text{gal})(100 \text{ cm/m})^3$$

$$= 2360 \text{ cm}^3 \quad (2360 \text{ ml}) \quad \text{Ans.}$$

$$(g) v = (55 \text{ mi/hr})(1.61 \text{ km/mi}) = 88.5 \text{ km/hr} \quad \text{Ans.}$$

$$(h) V = (15 \text{ gal})(0.00378 \text{ m}^3/\text{gal}) = 0.0567 \text{ m}^3 \quad \text{Ans.}$$

$$(i) p = (14.7 \text{ psi})(6890 \text{ Pa/psi})\left(\frac{1}{10^3} \frac{\text{Pa}}{\text{kPa}}\right)$$

$$= 100 \text{ kPa} \quad \text{Ans.}$$

第二章 應力分析習題

2.1 試依下列各應力狀況，各作摩爾圓，求出主應力及最大剪應力。並自 x 軸原點繪一應力單元，以表示主應力及其方向。並計算 σ_1 與 x 軸間的夾角

- (a) $\sigma_x = 10 \text{ kpsi}$, $\sigma_y = -4 \text{ kpsi}$
- (b) $\sigma_x = 10 \text{ kpsi}$, $\tau_{xy} = 4 \text{ kpsi cw}$
- (c) $\sigma_x = -2 \text{ kpsi}$, $\sigma_y = -8 \text{ kpsi}$, $\tau_{xy} = 4 \text{ kpsi ccw}$
- (d) $\sigma_x = 10 \text{ kpsi}$, $\sigma_y = 5 \text{ kpsi}$, $\tau_{xy} = 1 \text{ kpsi cw}$

2.2 與 2.1 題同，改用下列已知數據：

- (a) $\sigma_x = -17 \text{ kpsi}$, $\sigma_y = -4 \text{ kpsi}$, $\tau_{xy} = 7 \text{ kpsi cw}$
- (b) $\sigma_x = -10 \text{ kpsi}$, $\sigma_y = -12 \text{ kpsi}$, $\tau_{xy} = 9 \text{ kpsi ccw}$
- (c) $\sigma_y = 4 \text{ kpsi}$, $\tau_{xy} = 8 \text{ kpsi cw}$
- (d) $\sigma_x = 4 \text{ kpsi}$, $\sigma_y = 12 \text{ kpsi}$, $\tau_{xy} = 7 \text{ kpsi ccw}$

2.3 依下列各應力狀況，作摩爾圓，求主應力及其方向，並依 xy 座標表示應力單元的方位。

- (a) $\sigma_x = -30 \text{ MPa}$, $\sigma_y = -60 \text{ MPa}$, $\tau_{xy} = 30 \text{ MPa ccw}$
- (b) $\sigma_x = -90 \text{ MPa}$, $\sigma_y = 10 \text{ MPa}$, $\tau_{xy} = 40 \text{ MPa cw}$
- (c) $\sigma_x = 75 \text{ MPa}$, $\sigma_y = 15 \text{ MPa}$, $\tau_{xy} = 32 \text{ MPa ccw}$
- (d) $\sigma_y = 120 \text{ MPa}$, $\tau_{xy} = 60 \text{ MPa ccw}$

2.4 與 2.3 題同，改用下列已知數據：

- (a) $\sigma_x = 84 \text{ MPa}$, $\sigma_y = -42 \text{ MPa}$, $\tau_{xy} = 96 \text{ MPa cw}$
- (b) $\sigma_x = -50 \text{ MPa}$, $\sigma_y = 60 \text{ MPa}$, $\tau_{xy} = 80 \text{ MPa ccw}$
- (c) $\sigma_x = -60 \text{ MPa}$, $\tau_{xy} = 40 \text{ MPa cw}$
- (d) $\sigma_x = 20 \text{ MPa}$, $\sigma_y = -60 \text{ MPa}$, $\tau_{xy} = 40 \text{ MPa cw}$

2.5 一根碳鋼棒件長 80 mm，直徑為 15 mm，承受壓力 175 kN。試求：

- (a) 壓應力。(b) 軸應變。(c) 變形。(d) 直徑的增加量。

2.6 繪出摩爾三圓圖 (Mohr's three-circle diagram)，根據下列各條件，求三個主應力及最大剪應力：

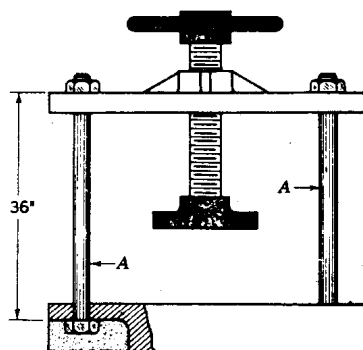
- (a) 純伸張。(b) 純壓縮。(c) 純扭轉。
- (d) 在 x 及 y 方向受到相同的伸張。

2.7 一鋼棒其直徑為 $\frac{1}{2}$ in，長為 40 in，承受 3000 lb 伸張載荷：

- (a) 試求棒的應力及伸長量。
- (b) 若該棒用鋁棒代替，如限其伸長量相同，求其直徑應為若干？
- (c) 試求鋁棒的應力。

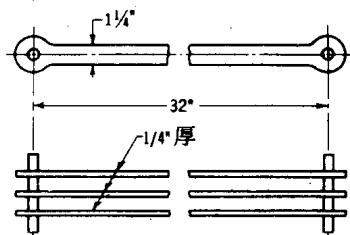
2.8 如圖 2.8 所示的壓床，設計時使兩根鋼棒 A 的伸長不超過 $1/64$ in。

- (a) 壓床的額定載荷為 10 kip。試求鋼棒的直徑。
 (b) 若最大允許應力為 20 kpsi，問該棒是否安全？



習題圖 2-8

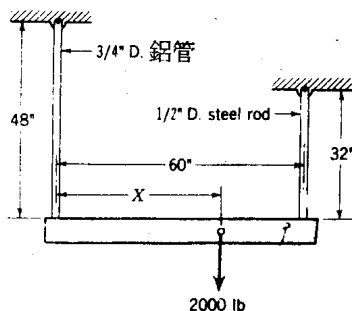
2.9 連桿組件含有三支鋼棒，各為 $1/4$ in 厚 $\times 1\frac{1}{4}$ in 寬，如圖 2.9 所示。在安裝時，由測量發現其中一支的鉗間距離僅為 31.997 in，其餘均為正確的 32.000 in。試求各桿件安裝後，在未施載荷前，各桿內的應力。



習題圖 2-9

2.10 一鋁棒其直徑為 $3/4$ in，長 48 in，另有一鋼棒其直徑為 $1/2$ in，長 32 in，兩者之間相隔 60 in。下吊一固定的水平樑。該水平樑支持一 2000 lb 載荷，如圖 2.10 所示。載荷作用後，樑仍保持水平。為簡化起見，假設該樑為無重量，並為絕對剛性。

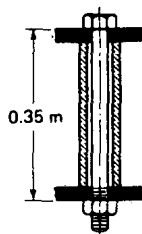
- (a) 試求載荷的位置 x 。
 (b) 試求各棒的應力。



習題圖 2-10

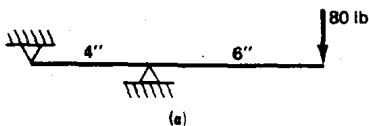
6 機械設計題解

- 2.11 一鋼製螺栓，其標稱直徑為 20 mm，角螺距為 2.5 mm。另有一 40 mm OD $\times$ 22 mm ID 的鋁管作為兩板間的間隔管。若螺帽旋至板能夾緊後，再加旋三分一轉。試求螺栓及管子的最後應力，板的變形可以忽略。

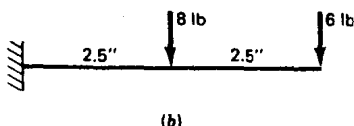


習題圖 2-11

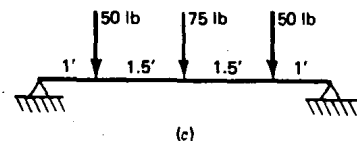
- 2.12 當拉應力 σ_x 及 σ_y 為相等時。試導出在 x 及 y 方向的應力公式。
- 2.13 一電應變規 (electrical strain gauge) 裝在機件上，並對準主應力方向，測得下列的應變值： $e_1 = 0.0021 \text{ m/m}$ $e_2 = -0.00076 \text{ m/m}$
試求三個主應力及未知法應變值 (normal strain)。在解題時，應作那些假設？ 使用 $E = 207 \text{ GPa}$ 與 $\mu = 0.292$ 。
- 2.14 , 2.15 求下列各梁的支點反力，並繪出其剪力圖與彎矩圖。



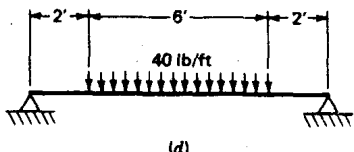
(a)



(b)

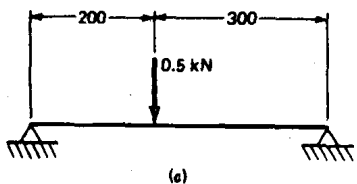


(c)

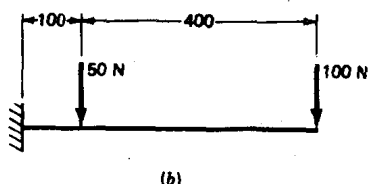


(d)

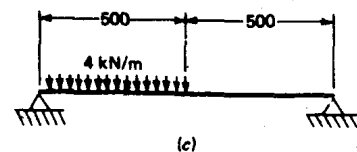
習題圖 2-14



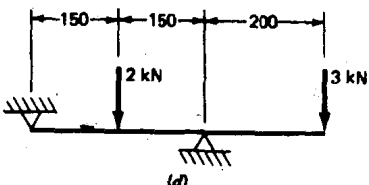
(a)



(b)



(c)

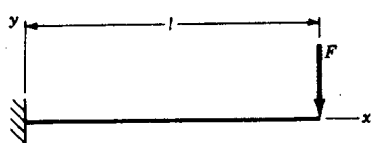


(d)

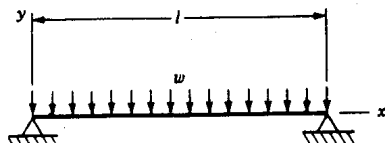
習題圖 2-15

單位以 mm 計

2.16 至 2.19 用奇性函數，求下列各梁載荷時的剪力與力矩式，並計算其支點反力。並用 A-12 表以證驗所得的結果。

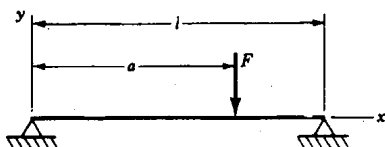


(a)

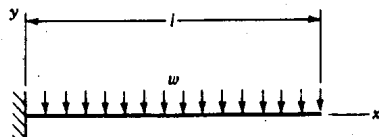


(b)

習題圖 2-16

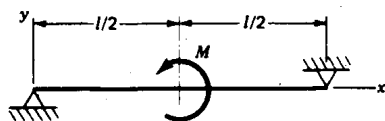


(a)

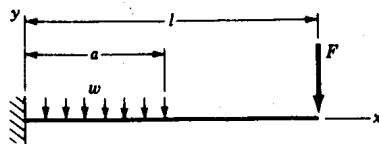


(b)

習題圖 2-17

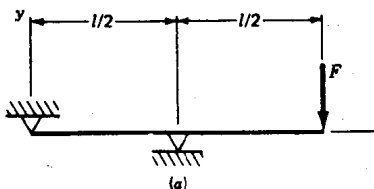


(a)

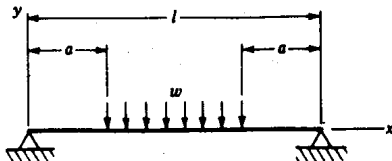


(b)

習題圖 2-18



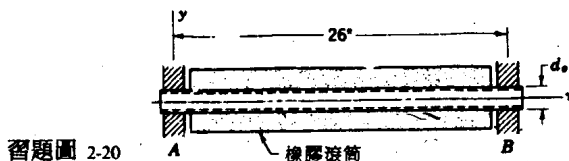
(a)



(b)

習題圖 2-19

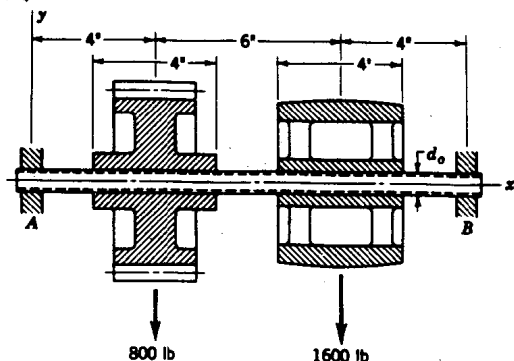
2.20 如圖 2.20 所示的橡膠滾筒係用於篩網滾壓。由 A 及 B 軸承支持其迴轉軸。該軸由另一相似的滾筒施以 125 lb/in 的均佈載荷。試採用壁厚為外徑十分之一的空心軸，試計算橫截面尺寸。容許的彎應力為 16 kpsi。



習題圖 2-20

2.21 如圖 2.21 所示之軸，係安裝在 A 及 B 軸承上。該軸支持一齒輪與一皮帶輪。齒輪的作用力及皮帶的拉力同在一平面上，造成軸的彎曲。假設載荷為集中作用，彎應力不超過 24 kpsi。試採用外徑為內徑四分之三的標準尺

寸中空軸。試求軸的尺寸。

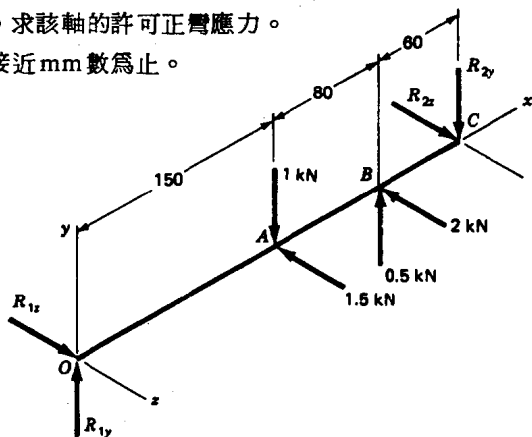


習題圖 2-21

2.22 鑄鐵的抗壓強度，通常視其等級而定，約為抗拉強度的三倍或四倍。試設計一等厚的T形截面樑，使壓應力與拉應力間的關係因數為4。

2.23 圖 2.23 所示的軸，其支點為 O 與 C ，在 A 、 B 點上有分載荷，其值如圖所註。

- 試繪出兩個力矩圖，各別示出在平面上的彎矩，並計算由 A 、 B 分載荷所起的力矩，再求其最大彎矩。
- 此軸係用等直徑的冷拉 UNS G10350 鋼所製。若根據屈服強度用安全因數為 2.3。求該軸的許可正彎應力。
- 求軸的直徑，接近 mm 數為止。

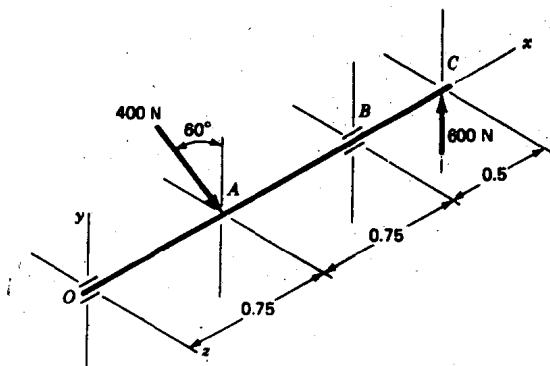


習題圖 2-23

尺寸以 mm 為單位

2.24 圖 2.24 所示，為一挑出軸，其支點在 O 與 B ，在 A 及 C 點上受分載荷，其值如圖所示。若軸的直徑為 15 mm。試求其最大正彎應力及其位置。

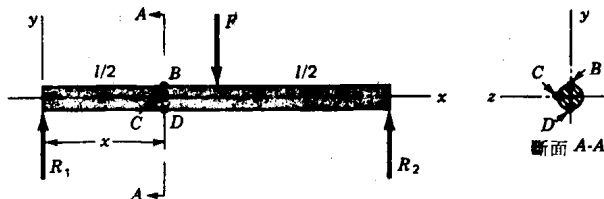
2.25 圖 2.25 所示為一圓軸，其直徑為 d ，長度為 l ，一載荷 F 作用在軸長的中央點上。在斷面 $A-A$ 上三個應力元素分別為： B ，在 xy 平面上的頂點； C 在 zx 平面上的前邊； D 在 xy 平面上的底點。試繪出每一應力元素對 xyz 軸的確實方位，表出其應力作用，並寫出應力公式，用 F 及其幾



習題圖 2-24

尺寸為公尺

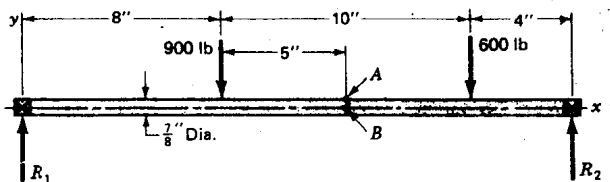
何形狀為項。



習題圖 2-25

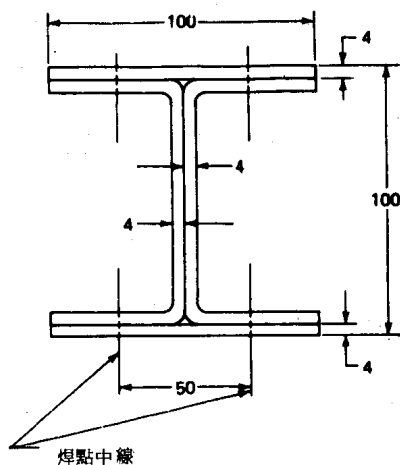
2.26 一根鋼軸的直徑為 $7/8$ in，長 22 in，在兩支點間受到兩個載荷如圖 2.26 所示。

- 試繪出其剪力與彎矩圖，並計算在受載荷處的剪力及彎矩。
- 試繪出對軸上 A 點的應力元素，計算並示出該元素所起諸應力。
- 與(b)同樣，繪出對 B 點的應力元素。



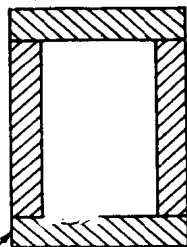
習題圖 2-26

2.27 圖 2.27 所示為一梁斷面，係由兩塊薄鋼片與兩塊冷彎 [形薄鋼，背向相並，用點焊而成。若在梁上的剪力為 8 kN，每一點焊的許可載荷為 7kN。試計算每對點焊的中心距。



習題圖 2-27
尺寸為公厘

- 2.28 圖 2.28 所示為一箱形梁，由四塊木板膠合而成。木板尺寸各為 25×150 mm。此梁沿 xy 平面承受一剪力 7.4 kN。試求在膠合縫上所起的剪應力。



習題圖 2-28 4 塊 25×150 mm, 膠合

- 2.29 如 2.29 圖所示之軸，安裝在 A 及 D 軸承上。在軸上 B 及 C 點各裝一帶輪，帶輪表面上的力係表示皮帶上緊側及鬆側的拉力。試求 C 及 B 帶輪作用在軸上的扭力。若最大許可法應力為 16 kpsi，與或最大許可剪應力為 12 kpsi。試求其概略直徑。
- 2.30 如圖 2.30 所示之軸，係支於 A 及 B 兩軸承上（軸承未表示）。軸上裝有兩個帶輪。皮帶的拉力及方向如圖所示。座標系統，可由軸承反力的向量的註腳字母得知。設許可剪應力為 12 kpsi，許可法應力為 24 kpsi。試求軸徑。
- 2.31 圖 2.31 為一隔離體圖，表示一鋼軸支承在 O 與 B 點上，產生反力 R_1 與 R_2 。軸上負荷兩個外力為 $F_A = 4.5$ kN， $F_C = 1.8$ kN，與兩個反向扭矩 $T_A = -T_C = 600$ N·m。