

110 公務人員特種考試交通事業鐵路人員考試試題

考試別：鐵路人員考試

等 別：員級考試

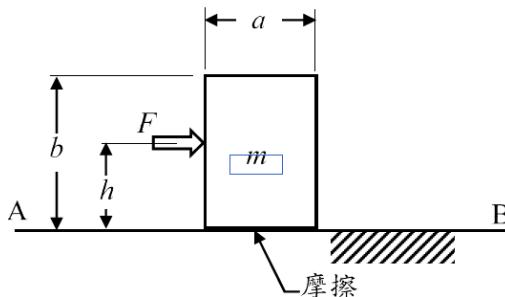
類科別：機械工程

科 目：機械力學概要

一、如圖(1)所示，寬 a 、高 b 之均質物體 m 置於水平面上，且於高度 h 處施加水平推力 F 而產生滑動，若物體與 AB 面間之摩擦係數為 $\mu_k=0.2$ ，則

(一) 若物體 m 需要維持在 AB 面滑動、不致傾倒，試分析該推力 F 之高度 h 最高應維持在若干以下？(10 分)

(二) 當 m 為 10 kg 、 $a/b=1/3$ 且 $h=b/2$ 時，若以 30 N 之推力由靜止推動該物體，試問 2 s 後該物體滑動之速度為何？(10 分)



圖(1)

【解題關鍵】

1.《考題難易》：★。

2.《破題關鍵》：題目結合了靜力學的摩擦與動力學牛頓運動觀念。第一小題用靜力學的摩擦觀念可以求出部會傾倒的最大高度，第二小題再用牛頓第二定律求出加速度後，再配合等加速度四大運動公式求解物體滑動速度。

【擬答】《黃易老師擬答》

(一)

1.令不發生傾倒(恰好傾倒)的最大離地高度 h ，

既物體即將滑動時， F 之作用點位置 h ，則：

$$F = f_s = \mu_s N = \mu_s W, \mu_s : \text{靜摩擦係數}.$$

2.當物體恰好傾倒時， F 之作用點位置 h ，以角隅為支點，則：

$$\sum M = 0 \Rightarrow F \times h - W \times \frac{a}{2} = 0$$

$$\mu_s W \times h - W \times \frac{a}{2} = 0 \quad \therefore h = \frac{a}{2\mu_s}$$

(二)

1.令已經發生滑動，令重力加速度 $g = 10(\text{m/sec}^2)$

$$F - f_k = ma \Rightarrow F - \mu_k W = ma \quad \therefore a = \frac{30 - 0.2 \times 10 \times 10}{10} = 1(\text{m/sec}^2)$$

2.2秒後該物體滑動之速度：

$$V_1 = V_0 + at = 0 + 1 \times 2 = 2(\text{m/sec})$$

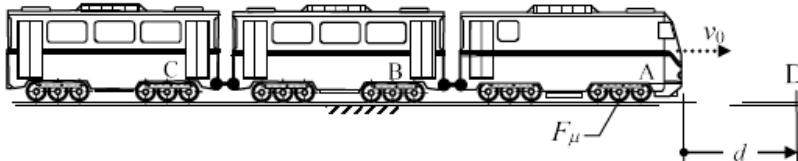
ANS :

(一)不致傾倒，該推力 F 之高度 h 最高應維持在 $h \leq \frac{a}{2\mu_s}$ ；

(二)2 s 後該物體滑動之速度為 $2(\text{m/sec})$ 。

公職王歷屆試題 (110 鐵路特考考試試題解答)

- 二、列車含動力車 A 重 50 公噸及車廂 B、C 重各 20 公噸以車速 90km/h 行駛，當瞬間完全切斷動力、並施加煞車於 A 車減速，列車行至 D 處完全停止，參考圖(2)，若煞車完全煞死時，車輪與軌道間之滑動摩擦係數為常數 $\mu_k=0.3$ ，試回答下列問題：
- (一) 列車停止所需距離 d 至少需要多少？(10 分)
- (二) B、C 車廂間之作用力為何？(10 分)
- (三) 煞車作用 1.5 s 後，則該列車仍保有多少之動能？煞車平均可消耗功率為何？(10 分)



圖(2)

【解題關鍵】

1. 《考題難易》：★★。
2. 《破題關鍵》：
 - (一) 利用力學能守恆可以求出完全煞停所需要的距離或是牛頓第二定律求出加速度後，再配合等加速度四大運動公式求解物體滑動位移。
 - (二) 因為物體沒有分離，所以加速度必相同，BC 間的作用力可以取 C 車廂的自由體圖，利用牛頓第二定律 $F=ma$ 就可以得兩者間作用力。
 - (三) 配合等加速度四大運動公式求解 1.5 秒後物體滑動的速度與位移，在代用動能與力學能守恆求解消耗功與功率。

【擬答】《黃易老師擬答》

(一)

1. 因為只施加煞車於 A 車減速，讓列車停止的力量為滑動摩擦力，令重力加速度 $g = 10(\text{m/sec}^2)$

$$f_{Ak} = \mu_k \times N_A = 0.3 \times [(50) \times 10^3(\text{kg})] \times 10(\text{m/sec}^2) = 150000(\text{N})$$

2. 列車煞車開始瞬時動能(Ek_0)：

$$Ek_0 = \frac{1}{2}mV_0^2 = \frac{1}{2} \times [(50 + 20 + 20) \times 10^3(\text{kg})] \times 25^2 = 28125000(\text{J})$$

3. 到完全煞停，此時 $V_1 = 0$ ，則列車的力學能守恆：

$$Ek_0 = Ek_1 + W_f \Rightarrow W_f = Ek_0 - Ek_1 = 28125000 - 0 = 28125000(\text{J})$$

4. 到完全煞停距離(d)：

$$W_f = f_{Ak} \times d \Rightarrow d = \frac{28125000(\text{J})}{150000(\text{N})} = 187.5(\text{m})$$

5. 假設煞車時，為等加(減)速度，則加速度 a：

$$V_1^2 = V_0^2 + 2aS \Rightarrow a = -\frac{(25\text{m/sec})^2}{2 \times 187.5} = \frac{5}{3}(\text{m/sec}^2)$$

(二)

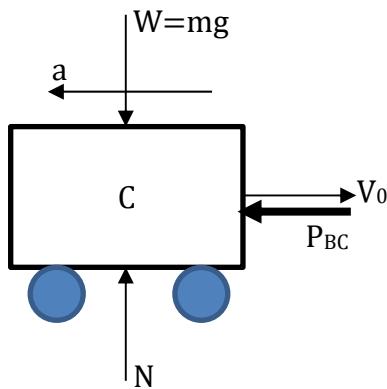
只施加煞車於 A 車減速，且列車不會分離，所以一定會有相同的加(減)速度，取 B 車廂的自由體圖，利用力學能守恆，則：

$$Ek_{C0} = \frac{1}{2}m_cV_0^2 = \frac{1}{2} \times [(20) \times 10^3(\text{kg})] \times 25^2 = 6250000(\text{J})$$

$$Ek_{C0} = P_{BC} \times d \quad \therefore P_{BC} = \frac{6250000(\text{J})}{187.5(\text{m})} = 33333.33(\text{N})(\text{壓縮力})$$

另解：

$$P_{BC} = m_c \times a = [(20) \times 10^3(\text{kg})] \times \frac{5}{3}(\text{m/sec}^2) = 33333.33(\text{N})(\text{壓縮力})$$



C 車廂的自由體圖

(三) 假設煞車時，為等加(減)速度，煞車作用 1.5 s 後：

1. 末速度(V_2)：

$$V_2 = V_0 + a \times t = 25 - \frac{5}{3} \times 1.5 = 22.5(m/sec)$$

2. 位移(S)：

$$S = V_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = 25 \times 1.5 - \frac{1}{2} \times \frac{5}{3} \times 1.5^2 = 35.625(m)$$

3. 此時動能(Ek_2)：

$$Ek_2 = \frac{1}{2} m V_2^2 = \frac{1}{2} \times [(50 + 20 + 20) \times 10^3(kg)] \times 22.5^2 = 22781250(J)$$

4. 損失功(W_f)：根據力學能守恆

$$Ek_1 = Ek_2 + W_f \Rightarrow W_f = Ek_1 - Ek_2 = 28125000 - 22781250 = 5343750(J)$$

5. 損失功率(P_f)

$$P_f = \frac{W_f}{t} = \frac{534350(J)}{1.5(sec)} = 3562500(W) = 3562.5(kW)$$

ANS :

(一) 列車停止至少所需距離 $d = 187.5(m)$ ；

(二) B、C 車廂間之作用力為 $33333.33(N)$ (壓縮力)；

(三) 煞車作用 1.5 s 後，則該列車仍保有動能 $Ek_2 = 18911250(J)$ ；

煞車平均可消耗功率為 $P_f = 3562500(W) = 3562.5(kW)$ 。

志光·學儒·保成 善用你的優勢，創造更多機會！

工科人站出來

一年內類似考科的考試衆多，一次準備，就有多次機會

每年1月 初等考 每年4月 關務特考 每年6月 鐵路特考 每年7月 普考 每年7月 高考 每年12月 地方特考 不定期 台電僱員 不定期 國營事業

推薦考試組合類科

推薦1 鐵路員級機械工程 + 普考 機械工程
推薦2 鐵路佐級電子工程 + 台電僱員 變電設備
推薦3 鐵路佐級機械工程 + 初等考 電子工程

為每位追夢的你，提供專屬上榜方案
你能找到適合自己的學習模式

彈性學習首選 **兩年班** 兩年學習自主調整
短期衝刺首選 **年度班** 單一年度完整輔考
立志考取首選 **考取班** 一次報名輔導至考取

公職/國營 工科課程 熱門開課中

現在報名 各類科課程 **享 專案優惠價**

*更多投考組合，請洽全國志光·學儒·保成。

志光·學儒·保成

公職/國營 全方位課程服務

考試不再單打獨鬥！提供你所需的一切資源

基礎班 名師授課，堂數充足，建立扎實基礎架構。
正規班 循序漸進，逐步加入常用法條與概念，內容輕鬆易懂。
題庫班 以題目帶觀念，教導審題技巧，提升答題能力！
總複習班 重點提示，強化考前記憶，拆解題目，吸收各科重點精華。

全國模擬考班 比照正式國家考試，全國排名了解實力與改進方向。
關懷課程 重要修法、作答技巧，掌握出題脈動、獲取最新考情。
申論指導 傳授高分技巧，快速建立答題架構。
經驗傳承 優秀上榜生分享有效讀書方式傳承成功秘訣。

*更多輔考服務，速洽全國志光·學儒·保成。

現在報名公職/國營課程 **享 專案優惠價**

名師親自出申論題，真正強化我們的答題力

國考專門補習班的老師專業自然不在話下，教材都有明確的分析與統整。會由老師出申論題讓考生做練習，增加寫題目的敏感度及順暢度。堅持下去必定會上榜，當你上榜後回頭看過去，你只會感謝當初認真的自己。

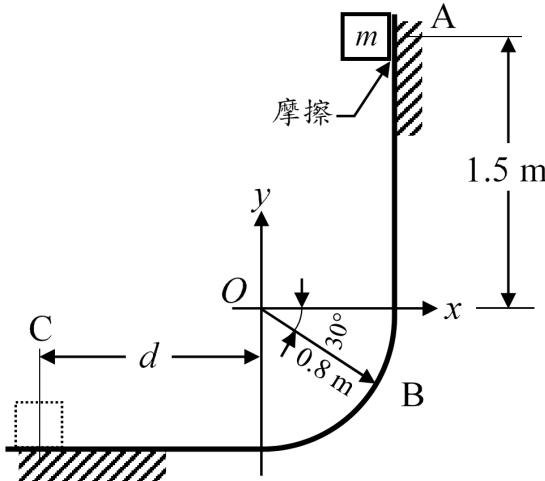

李O庭 全國探花
鐵路員級機械工程

公職王歷屆試題 (110 鐵路特考考試試題解答)

三、質量 0.5 kg 之物體 m 由 A 處沿軌道 ABC 從靜止自由落下，軌道與物體間之摩擦係數為 $\mu_k=0.2$ ，如圖(3)所示，則物體 m

(一) 到達 B 處時，其速度為何？(10 分)

(二) 若物體停止於 C 處，則距坐標 y 軸之距離 d 為多少 mm？(10 分)



圖(3)

【解題關鍵】

- 1.《考題難易》：★★。
- 2.《破題關鍵》：動力學之力學恆守恆。
(一)把 B 當零位能面；
(二)把 C 最低平面當零位能面。

【擬答】《黃易老師擬答》

令重力加速度 $g = 10(\text{m/sec}^2)$ ， $f = \mu_k \times N = 0.2 \times [(0.5)(\text{kg})] \times 10(\text{m/sec}^2) = 1(\text{N})$

(一)到達 B 處時，其速度為，把 B 當成零位能面

$$\begin{aligned} E_{k_A} + U_{g_A} &= E_{k_B} + W_f \Rightarrow 0 + mgH_{AB} = \frac{1}{2}mV_B^2 + f \times S_{AB} \\ &\Rightarrow 0.5(\text{kg}) \times 10(\text{m/sec}^2) \times (1.5 + 0.8m \sin 30^\circ) \\ &= \frac{1}{2}(0.5\text{kg}) \times V_B^2 + 1(\text{N}) \times \left(1.5 + \frac{30^\circ}{180^\circ} \times \pi \times 0.8m\right) \end{aligned}$$

$$\therefore V_B = 5.51(\text{m/sec})$$

(二)

1.若物體停止於 C 處，利用力學能守恆解題，令 A 為起點速度為 0，C 為終點速度亦為 0：

$$\begin{aligned} E_{k_A} + U_{g_A} &= E_{k_C} + W_f \Rightarrow 0 + mgH_{AC} = 0 + f \times S_{AC} \\ \therefore S &= \frac{(0.5\text{kg})(10\text{m/sec}^2)(0.8m + 1.5m)}{1\text{N}} = 7.3(\text{m}) \end{aligned}$$

2.距坐標 y 軸之距離 d

$$S = 7.3(\text{m}) = 1.5(\text{m}) + \frac{1}{4} \times 2\pi \times 0.8(\text{m}) + d \quad \therefore d = 4.543(\text{m}) = 4534(\text{mm})$$

ANS：

(一) 到達 B 處時，其速度為 $V_B = 5.51(\text{m/sec})$ ；

(二) 若物體停止於 C 處，則距坐標 y 軸之距離 $d = 4.543(\text{m}) = 4534(\text{mm})$ 。

公職王歷屆試題 (110 鐵路特考考試試題解答)

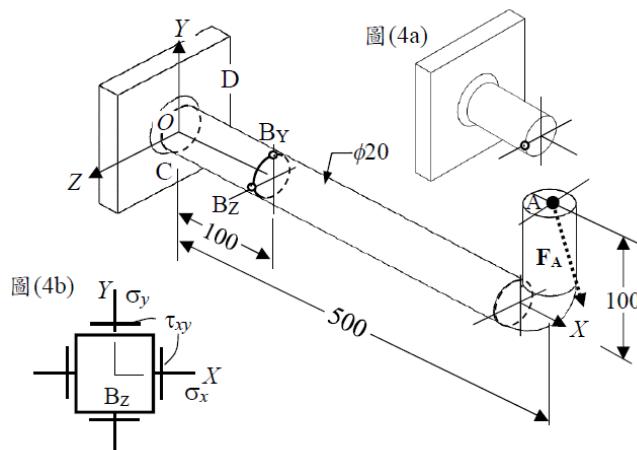
四、直徑 20 mm 之 L 形圓截面結構用鋼棒 ABC 焊接固定於 D，如圖(4)所示，當 A 處承受

$F_A = 200\hat{i} - 300\hat{j} + 400\hat{k}$ N 之集中外力，若需要評估 B 截面處之應力，則

(一) 試畫出 B 截面處之自由體圖，並將截面上內力與力矩之方向、大小及坐標標示於自由體圖上 (參考圖 4a)。 (5 分)

(二) 表面 BZ 處之應力值為多少？繪出應力元素並標示所計算之應力值 (參考圖 4b)。 (15 分)

(三) 依最大剪應力破壞理論，BZ 處之安全因素 (safety factor) 為多少？(10 分) 但答題時必須依照圖(4)之坐標系統。



圖(4)

【解題關鍵】

1.《考題難易》★★★★。

2.《破題關鍵》：材料力學之組合應力，

(一)先求出對 B 截面的作用力及扭矩與彎矩，可得軸向應力 $\sigma = \frac{32M}{\pi d^3}$ 與剪應力 $\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi d^3}$ 。

(二)再利用組合應力的方法求 BZ 的軸向應力與剪應力。

(三)材料在複雜應力狀態下的最大剪應力達到在簡單拉伸或壓縮屈服的最大剪應力時，材料就發生破壞。允許剪應力 = 最大剪應力。

【擬答】《黃易老師擬答》

(一)B 截面處

1. 作用力：

$$F_x = 200\hat{i}, F_y = -300\hat{j}(N), F_z = 400\hat{k}$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_x - N_x = 0 \therefore N_x = 200(N)$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow V_y - F_y = 0 \therefore V_y = 300(N)$$

$$\sum F_z = 0 \Rightarrow F_z - V_x = 0 \therefore V_z = 400(N)$$

2. 對鋼棒中心點扭矩 T：

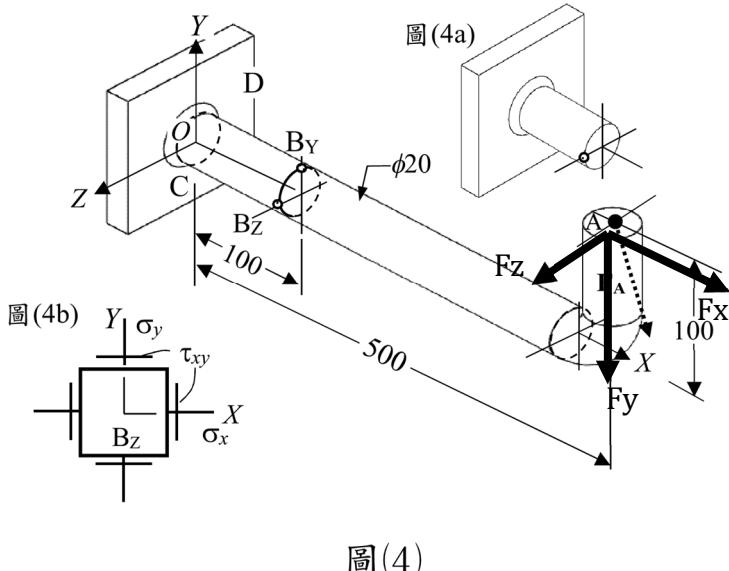
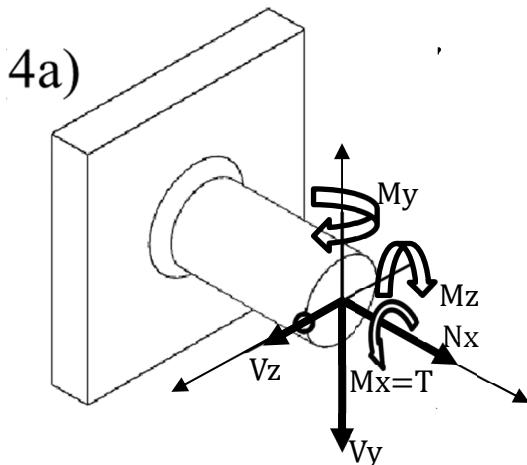
$$\vec{T} = \vec{r} \times \vec{F} = 100 \times 400 = 40000(N \cdot mm)$$

3. 彎矩 M：

$$M_z = \vec{r} \times \vec{F} = 100 \times 200 + 400 \times 300 = 140000(N \cdot mm)$$

$$M_y = \vec{r} \times \vec{F} = 400 \times 400 = 160000(N \cdot mm)$$

$$M_x = T = \vec{r} \times \vec{F} = 100 \times 400 = 40000(N \cdot mm)$$



圖(4)

(二) 表面 BZ 處之應力值，BZ 恰好在中立面

1. 軸向應力：

$$\sigma_x = \frac{F_x}{A} - \frac{32M_y}{\pi d^3} = \frac{4 \times 200}{\pi \times (20mm)^2} - \frac{32 \times 160000(N \cdot mm)}{\pi \times (20mm)^3} = 0.64 - 203.72$$

$$\sigma_x = -203.08(MPa)$$

$$\sigma_y = 0$$

2. 剪應力

(1) 直接剪應力：

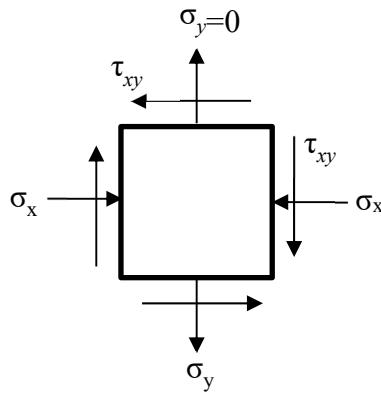
$$\tau_p = -\frac{VQ}{bI} = \frac{V_y \left[\left(\frac{\pi r^2}{2} \right) \left(\frac{4r}{3\pi} \right) \right]}{d \times \left(\frac{\pi d^4}{64} \right)} = -\frac{4V}{3A} = -\frac{4 \times (300N)}{3 \times \frac{\pi \times (20mm)^2}{4}} = -1.27(MPa)$$

(2) 扭轉剪應力：

$$\tau_{xy} = -\frac{16T}{\pi d^3} = -\frac{16 \times 40000(N \cdot mm)}{\pi \times (20mm)^3} = 25.46(MPa)$$

(3) 合併剪應力 τ_{xy} ：

$$\tau_{xy} = \tau_p + \tau_T = (-1.27) + (-24.46) = -26.73(MPa)$$



(三) 依最大剪應力破壞理論，BZ 處之安全因素 (safety factor)

1. 最大剪應力準則亦即所謂的 Tresca 降伏準則，其係以最大剪應力理論為基礎。

允許剪應力 (τ_{all}) = 最大剪應力 (τ_{max})，

$$\text{安全因數}(FS) = \frac{\text{降伏剪強度}}{\text{允許剪應力}} = \frac{\tau_{yp}}{\tau_{all}} = \frac{(-203.08/2)}{-26.73} = 3.8$$