

## 112 年特種考試地方政府公務人員考試試題

等 別：三等考試

類 科：機械工程

科 目：機械設計

考試時間：2 小時

一、已知結構工程應用需使用一圓形桿件來支撐 400 kN 的軸向拉力  $F$ ，且不會超過所選用材料的降伏強度  $S_y$ 。設計時考量選用 1040 碳鋼、4140 合金鋼、Al 2024 鋁合金及 Ti-6Al-4V 鈦合金四種材料，其材料性質如下表所示。請依據最小直徑的設計目標，決定上述材料中最適用的一種材料。列出計算結果，並說明理由。（提示：軸向應力  $\sigma = F/A = S_y$ 。）（20 分）

材質 單位	彈性係數，E GPa	降伏強度， $S_y$ MPa
1040 碳鋼	200	552
4140 合金鋼	200	1140
Al 2024 鋁合金	72	345
Ti-6Al-4V 鈦合金	114	830

《考題難易》：★★

《破題關鍵》：本題考軸向拉力作用下，材料以最小直徑選擇，為較簡單的設計題型。

【擬答】：

假設不考慮自重造成的應力。

$$(一) 1040 \text{ 碳鋼} : 552 = \frac{400 \times 10^3}{\frac{\pi}{4} \times d^2}, d = 30.37(\text{mm})$$

$$(二) 4140 \text{ 合金鋼} : 1140 = \frac{400 \times 10^3}{\frac{\pi}{4} \times d^2}, d = 21.14(\text{mm})$$

$$(三) \text{Al } 2024 \text{ 鋁合金} : 345 = \frac{400 \times 10^3}{\frac{\pi}{4} \times d^2}, d = 34.10(\text{mm})$$

$$(四) \text{Ti-6Al-4V 鈦合金} : 830 = \frac{400 \times 10^3}{\frac{\pi}{4} \times d^2}, d = 24.77(\text{mm})$$

取 4140 合金鋼，最小直徑 21.14mm，且其彈性係數 E 也是四種材料最大的，受應力作用時應變較小。

二、一根由熱軋鋼車削的旋轉實心鋼軸，承受完全反覆彎矩  $M$  ( $M_{\min} = -100 \text{ kN}\cdot\text{mm}$ ， $M_{\max} = 100 \text{ kN}\cdot\text{mm}$ ) 的作用。已知該軸直徑  $D = 15 \text{ mm}$ ，抗拉強度  $S_u = 630 \text{ MPa}$ ，表面修正因數  $k_a = 0.817$ ，尺寸因數  $k_b = 0.928$  及負荷因數  $k_c = 1$ 。溫度因數  $k_d = 1$ ，可靠度因素  $k_e = 0.868$  及雜項效應因素  $k_f = 1$ ，不考慮疲勞應力集中因素。該  $S_u$  的疲勞強度分數  $f = 0.86$ 。（每小題 10 分，共 30 分）

(一)請依據 Marin 修正式，求該實心鋼軸之修正疲勞限 (modified endurance limit)  $S_e$ 。

公職王歷屆試題（112 地方特考）

(二)利用修正古德曼（Goodman）疲勞失效準則，求該軸防範疲勞損壞的安全因數  $n$ 。

(三)利用應力-壽命方程式  $\sigma_{rev} = aN^b$ ，求該旋轉軸在上述完全反覆彎矩作用下預期的疲勞壽命  $N$ 。

其中係數  $a = (fS_u)^2/S_e$  及  $b = -[\log(fS_u/S_e)]/3$ 。

《考題難易》：★★★★

《破題關鍵》：本題為變動負載考題，但對於實際疲勞強度的 Marin 修正式沒給公式及第三小題計算中涉及自然對數與自然指數函數運算，考生會感覺本題複雜且難解。

【擬答】：

(一) Marin 修正式，在  $S_u < 1400\text{Mpa}$  時，平均疲勞限  $S_e'$  取

$$S_e' = 0.504S_u = 0.504 \times 630 = 317.5\text{Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{修正疲勞限 } S_e &= 0.817 \times 0.928 \times 1 \times 1 \times 0.868 \times 1 \times 317.5 \\ &= 208.96(\text{Mpa}) \end{aligned}$$

(二) 平均彎矩  $M_{av} = 0$ ，所以平均彎曲應力  $\sigma_{av} = 0$

$$\text{變動彎矩 } M_r = \frac{100 - (-100)}{2} = 100(\text{KN} - \text{mm})$$

$$\text{變動彎曲應力 } \sigma_r = \frac{32M_r}{\pi D^3} = \frac{32 \times 100 \times 10^3}{\pi \times 15^3} = 301.8(\text{Mpa})$$

修正古德曼左段線設計，安全因數 FS

$$\frac{\sigma_{av}}{S_u} + \frac{K\sigma_r}{S_e} = \frac{1}{n}$$

取右段線

$$\frac{\sigma_{av} + K\sigma_r}{S_y} = \frac{1}{n}，\text{因沒給降服應力 } S_y，\text{所以無法算 } n，\text{故取左段的 } n \text{ 為 } 0.692，\text{不安全。}$$

(三) 由題目給的公式  $\sigma_{rev} = aN^b$

$$\sigma_{av} = 301.8\text{Mpa}$$

$$a = (fS_u)^2 / S_e = \frac{(0.86 \times 630)^2}{208.96} = 1404.8$$

$$\begin{aligned} b &= -[\log(fS_u / S_e)] / 3 = -\frac{\log(0.86 \times 630 / 208.96)}{3} \\ &= -0.1379 \end{aligned}$$

$$\text{代入得 } 301.8 = 1404.8N^{-0.1379}$$

$$\frac{301.8}{1404.8} = N^{-0.1379}$$

$$0.2148 = N^{-0.1379}$$

等號兩邊同取  $\ell_n$ （自然對數函數）

$$\ell_n 0.2148 = \ell_n(N^{-0.1379}) = -0.1379\ell_n N$$

$$11.152 = \ell_n N$$

同取 e(自然指數函數)

$$e^{11.152} = N$$

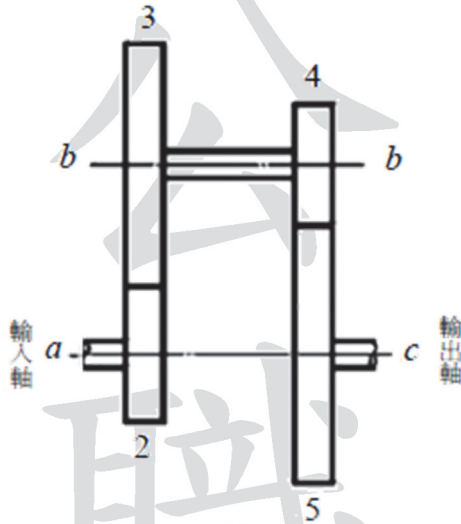
$$N = 69715.67 \text{ 循環}$$

公職王歷屆試題 (112 地方特考)

三、如下圖之回歸齒輪系減速機構，正齒輪 2、3、4 與 5 的模數  $m$  均為 3mm，輸出軸與輸入軸的轉速比為 1:12。齒輪 2 的齒數為 24，齒輪 5 的齒數為 90。各輪齒均以壓力角  $20^\circ$  全深齒制切削而成，齒面寬  $b=38\text{mm}$ 。

(一)試求齒輪 3 及 4 的齒數，以及齒輪 2 與 3 的中心距離。(10 分)

(二)假設齒輪 2 在 1500rpm 轉速下運轉並傳遞功率，請根據彎曲強度及路易斯彎曲應力公式，求作用在齒輪 2 的切線負載  $F_t$  及該齒輪可傳遞的功率。已知該齒輪的路易斯 (Lewis) 形狀係數  $Y=0.337$ ，允許彎曲強度  $\sigma_{all}=80\text{Mpa}$ 。路易斯彎曲應力公式  $\sigma = K_v F_t / (b m Y)$ ，其中  $F_t$  為作用在輪齒的切線負載 (N)；動態因數  $K_v = (6.1V) / 6.1$ ， $V$  為節線速度 (m/s)。(15 分)



《考題難易》：★★★

《破題關鍵》：本題考回歸輪系、齒輪負載及傳動功率，計算不難，但有些複雜，在授課時，已有教授，授課內容不需修改。

【擬答】：

$$(一) \frac{1}{12} = \frac{24 \times T_4}{T_3 \times 90}$$

$$T_3 = \frac{288}{90} T_4 = 3.2 T_4 \dots\dots(1)$$

$$\text{中心距 } C = \frac{3(24 + T_3)}{2} = \frac{3(T_4 + 90)}{2}$$

$$24 + T_3 = T_4 + 90$$

$$T_4 = T_3 - 66 \quad \text{代入(1)}$$

$$\text{得 } T_3 = 3.2(T_3 - 66)$$

$$T_3 = 96 \text{ 齒}, T_4 = 96 - 66 = 30 \text{ 齒}$$

$$\text{中心距 } C = \frac{3(24 + 96)}{2} = 180\text{mm}$$

(二)齒輪 2 節圓直徑  $= 3 \times 24 = 72\text{mm}$

$$\text{齒輪 2 節線速度 } V = \frac{\pi \times 72 \times 1500}{1000 \times 60} = 5.65\text{m/s}$$

$$k_v = \frac{6.1 + 5.65}{6.1} = 1.93$$

公職王歷屆試題 (112 地方特考)

由題目公式  $\sigma = (K_v F_t) / (b m Y)$

$$80 = (1.93 \times F_t) / (38 \times 3 \times 0.3337)$$

切線負載  $F_t = 1592.46(N)$

傳遞功率 =  $F_t \times V = 1592.46 \times 5.65 = 8997.4(瓦特)$

四、規格 M20 × 2.5 的 ISO 粗螺紋螺栓使用於一螺栓接頭中承受 20 kN 的外拉力負載 P。該螺栓的預負荷  $F_i = 125 kN$ ，而螺栓與組件勁度比為 1 : 4。已知該螺栓的安全強度 (proof strength)  $S_p = 600 Mpa$ ，螺栓拉應力面積 (tensile stress area)  $A_t = 245 mm^2$ 。

(一)試求防範螺栓因靜應力超過安全負荷而降伏的安全係數。(15 分)

(二)試求導致該螺栓接頭分開的外施負載值。(10 分)

《考題難易》：★★

《破題關鍵》：本題為基本螺栓接合題型，課程內容已有詳述。

【擬答】：

設螺栓下標 b，組件下標 P

$$(一) \text{螺栓受力 } P_b = \frac{K_b}{K_b + K_p} P + F_t$$

$$= \frac{1}{1+4} \times 20 + 125$$

$$= 129 KN$$

$$\text{螺栓應力} = \frac{129 \times 10^3}{245} = 526.5 MPa$$

$$\text{安全係數 } F_s = \frac{600}{526.5} = 1.14$$

$$(二) \text{組件受力 } P_p = \frac{K_p}{K_b + K_p} \times P - F_t$$

當組件受力大於或等於 0，接頭將分開

$$0 = \frac{4}{1+4} P - 125$$

$$P = 156.25 KN$$

當外施負載 P 大於 15.25KN，螺栓接頭將分開

站上工科巔峰

電力工程 電子工程  
機械工程 電信工程

**112高普考&111地方特考 TOP10 強勢上榜**

狀元	榜眼	探花
高考 電力工程 許○軒 高考 電子工程 郭○璠	普考 電力工程 許○軒 地特三等(台北市) 電子工程 郭○璠 地特四等(台北市) 電力工程 張○境	考 電力工程 呂○勳 地特四等(台北市) 電子工程 楊○榮 地特四等(高雄市) 電子工程 何○宇
<b>【全國第四】</b> 普考 電力工程 林○彬 <b>【全國第五】</b> 普考 電力工程 莊○鈞 <b>【台北市第五】</b> 地特三等 電子工程 薛○文	<b>【全國第六】</b> 普考 電信工程 朱○瑩 <b>【全國第七】</b> 普考 電子工程 王○延 <b>【全國第八】</b> 高考 電力工程 林○彬	<b>【全國第八】</b> 高考 電子工程 黃○源 <b>【全國第八】</b> 普考 電子工程 黃○軒 <b>【全國第十】</b> 高考 機械工程 徐○甫

**優秀考取 菁英薈萃**

高考 電力工程 孫○勝；高考 電力工程 陳○文；普考 電力工程 蔡○福；高考 電子工程 林○陞；高考 機械工程 翁○駿；  
 高考 電力工程 呂○勳；高考 電力工程 汪○信；普考 電力工程 主○宏；普考 電子工程 蔡○棠；高考 機械工程 程○甫；  
 高考 電力工程 郭○璠；高考 電力工程 蔡○璠；普考 電力工程 顏○允；普考 電子工程 蔡○恩；高考 機械工程 張○傑；普考 機械工程 陳○昇；  
 高考 電力工程 林○佑；高考 電力工程 羅○瑋；普考 電力工程 蔡○翰；普考 電子工程 林○仁；普考 機械工程 宜○維；普考 機械工程 廖○倫；  
 高考 電力工程 許○騰；普考 電力工程 郭○宗；普考 電力工程 陳○晉；普考 電子工程 郭○謙；普考 機械工程 廖○璋；普考 機械工程 黃○吉；  
 高考 電力工程 莊○鈞；普考 電力工程 孫○勝；高考 電子工程 蔡○典；普考 電子工程 賴○志；普考 機械工程 陳○宏；普考 機械工程 盧○方；  
 高考 電力工程 王○宏；普考 電力工程 蔡○福；高考 電子工程 周○明；普考 電子工程 林○陞；普考 機械工程 賴○儒；普考 機械工程 張○傑



志光 學儒 保成

# 高普考 雙榜學長高分上榜的秘密 工科題庫班

**解析** 題目觀念



精選易錯題型  
加強觀念解析

**強化** 解題技巧



以題目授課  
加強應考實力

**增快** 答題速度



加強快速審題  
增加取分機會



電子學考題的多樣性太過豐富，因此讓我慶幸有**題庫班**的存在。當讀完課程並複習完後初次寫電子學考古題仍舊讓我難以著手，透過**題庫班**的課程整理出各單元的解題方式才稍微能夠下筆。

許O軒 112 高考電力工程 全國狀元 | 112 普考電力工程 全國榜眼



志光 學儒 保成

## 獨家 高普考 工科進階課程



----- 階梯式課程設計，鞏固考取實力 -----

### 理論建構 縱向連貫

基礎班	正規課前導讀 快速進入狀況
多循環正規班	同考科採多元師資教學 同類科開立多循環課程
考前總複習班	重要章節統整觀念 補充最新時事法條

### 知識運用 橫向整合

階段複習課	加強學習連貫 增強邏輯思考
申論作答班	名師專業指導 迅速加強實力
測驗易點通	精選歷年易錯題目 加強觀念不踩陷阱

歡迎至 志光.學儒.保成 全國門市洽詢

