

# 110 年公務人員高等考試三級考試試題

考試別：高等考試  
 等 別：三等考試  
 類科別：機械工程  
 科 目：機械設計

陳廣明老師解題

一、有一馬達重量為 25 kN，在馬達上方需設計一環首螺栓 (eye bolt) 作為安裝吊掛之用，若選用之螺栓強度等級為 8.0 (抗拉強度  $S_u=1034.3\text{MPa}$ 、降伏強度  $S_y=894.6\text{MPa}$ ) 且設計時之安全係數為 5.0，試求應選用之螺栓尺寸規格、最少之鎖入螺牙數？(ISO 螺絲螺牙根部直徑  $d_r=d-2\times 0.54127p$ ， $d$  為公稱直徑、 $p$  為螺距) (20 分)



TABLE SELECTED LIST OF ISO SCREW THREADS

Outside Diameter, mm	Pitch, mm	Pitch Diameter, mm	Stress Area, mm <sup>2</sup>	Outside Diameter, mm	Pitch, mm	Pitch Diameter, mm	Stress Area, mm <sup>2</sup>
1.6	0.35	1.373	1.27	20	2.5	18.376	245
2	0.4	1.740	2.07	24	3	22.051	353
2.5	0.45	2.208	3.39	30	3.5	27.727	561
3	0.5	2.675	5.03	36	4	33.402	817
2.5	0.6	3.110	6.78	42	4.5	39.077	1,120
4	0.7	3.545	8.78	48	5	44.752	1,470
5	0.8	4.480	14.2	56	5.5	52.428	2,030
6	1	5.350	20.2	64	6	60.103	2,680
8	1.25	7.188	36.6	72	6	68.103	3,460
10	1.5	9.026	58.0	80	6	76.103	4,340
12	1.75	10.863	84.3	90	6	86.103	5,590
14	2	12.701	115	100	6	96.103	6,990
16	2	14.701	157				

**【解題關鍵】**

1. 《考題難易》★★
2. 《破題關鍵》本題運用螺栓應力及螺紋應力計算鎖入牙數為。

**【擬答】**

$$\text{容許應力} = \frac{25 \times 10^3}{A} = \frac{894.6}{5}, \text{ 得 } A = 139.74\text{mm}^2$$

取應力面積為 157mm<sup>2</sup> 的外徑 16mm 螺栓#

根部直徑  $d_r = 16 - 2 \times 0.5412 \times 2 = 13.83\text{mm}$

設鎖入牙數為 N

$$\frac{25000}{N} < \frac{894.6}{5} = 178.92$$

$$\frac{\pi}{4}(16^2 - 13.83^2)$$

$$N > \frac{25000}{9096.23} = 2.74 \text{ 牙\#}$$

二、如圖所示之 I 形桿件於 A 及 D 點焊接於垂直牆面上，若已知靜態負載 P 在 A 及 D 點分別產生之扭矩為  $T = \frac{Pl_1^2}{8E(\frac{l_1}{E} + \frac{l_2}{G})}$ 、彎矩  $M = \frac{Pl_2}{2}$ ，其中  $P=1000 \text{ N}$ 、 $l_1=1 \text{ m}$ 、 $l_2=0.25 \text{ m}$ 、 $d=40 \text{ mm}$ 。設

此桿件材料之抗拉強度為 500MPa、降伏強度為 400MPa、楊氏係數  $E=210 \text{ GPa}$ 、剪力模數  $G=80.8 \text{ GPa}$ ，試分別以最大剪應力理論、畸變能理論 (distortion energy theory) 計算此桿件在 A 點之設計安全係數。(20 分)

**【解題關鍵】**

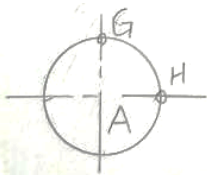
1. 《考題難易》★★

2. 《破題關鍵》本題為材料力學之合成應力，配合靜態破壞理論求安全因係數。

**【擬答】**

$$T = \frac{Pl_1^2}{8E(\frac{l_1}{E} + \frac{l_2}{G})} = \frac{1000 \times 1000^2}{8 \times 210 \times 10^3 \left( \frac{1000}{210 \times 10^3} + \frac{250}{80.8 \times 10^3} \right)} = \frac{1 \times 10^9}{13198} = 75769 \text{ (N-mm)}$$

$$M = \frac{Pl_2}{2} = \frac{1000 \times 250}{2} = 125000 \text{ (N-mm)}$$



考慮 A 處上表面 G 點，如上圖

$$\sigma = \frac{-My}{I} = \frac{32M}{\pi d^3} = \frac{32 \times 125000}{\pi \times 40^3} = 19.89 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{T \times r}{J} = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{16 \times 75769}{\pi \times 40^3} = 6.029 \text{ MPa}$$

$$\text{主應力 } \sigma_1, \sigma_2 = \frac{19.89}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{19.89}{2}\right)^2 + 6.029^2}$$

$$= 9.945 \pm 11.629$$

$\sigma_1 = 21.574 \text{ MPa}$ ， $\sigma_2 = -1.684 \text{ MPa}$  主應力異號

以最大剪應力理論設計

$$\frac{21.574 - (-1.684)}{2} = \frac{0.5 \times 400}{F_s}$$

$$F_s = 17.19\#$$

以畸變能設計

$$S = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \sigma_2}$$

$$S = \sqrt{(21.5)^2 + (-1.68)^2 + 21.5 \times 1.68} = \sqrt{504.6} = 22.4(\text{MPa})$$

$$F_s = \frac{400}{22.4} = 17.85_{\#}$$

考慮 A 處中立面 H 點，最大橫向剪應力  $\frac{4V}{3A} = \frac{4 \times 1000}{3 \times \frac{\pi}{4} \times 40^2} = \frac{4000}{3770} = 1.06$

$$\tau = \frac{T_r}{J} + \frac{4V}{3A} = 6.029 + 1.06 = 7.09 \text{ 為純剪應力}$$

以最大剪應力理論

$$F_s = \frac{0.5 \times 400}{7.09} = 28.2_{\#}$$

以畸變能

$$S = \sqrt{3\tau^2} = \sqrt{3} \times 7.09 = 12.2$$

$$F_s = \frac{400}{12.2} = 32.57_{\#}$$

三、有一 SAE1040 冷拉鋼之材料桿件，其材料抗拉強度為 550MPa、降伏強度為 490 MPa，承受一軸向之拉伸疲勞變動負載： $F_{\max} = 3500 \text{ N}$ 、 $F_{\min} = 500 \text{ N}$ 。若材料之耐久限（endurance limit）為 210MPa，且桿件上無應力集中，設計時之安全係數為 2.0，則當桿件設計壽命為  $10^5$  次負載循環下，求其所需之桿件截面積大小。(20 分)

**【解題關鍵】**

1. 《考題難易》★★★★

2. 《破題關鍵》本題設計壽命  $10^5$  次，是較少出現的條件對考生而言，是較難的考題。

**【擬答】**

$$\text{平均力 } F_A = \frac{3500 + 500}{2} = 2000(\text{N})$$

$$\text{變動力 } F_r = \frac{3500 - 500}{2} = 1000(\text{N})$$

以 Goodman 理論設計，疲勞壽命為  $10^6$  負載循環

$$\frac{2000}{550} + \frac{K \times \frac{1000}{210}}{2} = \frac{1}{2}, \text{ 令 } K=1$$

$$\frac{2000}{550A} + \frac{1000}{210A} = \frac{1}{2}$$

$$A = 16.80\text{mm}^2$$

當疲勞壽命為  $10^5$  次時

由貝士昆方程式

$$\text{在 } 10^6 \text{ 轉時 } S'_e = 0.5 \times 550 = 275(\text{MPa})$$

$$\text{在 } 10^3 \text{ 轉時 } S_f = 0.8 \times 550 = 440(\text{MPa})$$

$$A = \frac{715^2}{275} = 1853$$

$$m = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{715}{275}\right) = -0.138$$

故期望有  $10^5$  次負載循環最大應力為

$$S = AN^m = 1853 \times (10^5)^{-0.138} = 1853 \times 0.204 = 378.3 (\text{MPa})$$

由 Goodman 理論

$$\frac{2000}{378.3} + \frac{K \times \frac{1000}{210}}{2} = \frac{1}{2}, \text{ 取 } K=1$$

$$\frac{2000}{378.3A} + \frac{1000}{210A} = \frac{1}{2}$$

$$A = 20.09 (\text{mm}^2)$$

- 四、有一螺旋壓縮彈簧，鋼絲直徑 4.0mm、平均螺旋半徑 14.0 mm、總螺旋圈數 8 圈，彈簧兩端為磨平 (ground，總共無效圈數為 1.0)，承受靜態負載大小為 450 N。若鋼絲之抗拉強度  $S_u = 1400$  MPa 且拉伸降伏強度  $S_y$ 、剪力降伏強度  $S_{sy}$  與  $S_u$  比值： $S_y/S_u = 0.60$ 、 $S_{sy}/S_u = 0.40$ ，剪力模數為 79.5 GPa，試求此彈簧使用下之安全係數及此彈簧之彈簧常數。(可能用到之公式提示：

$$\tau = K_S \frac{16PR}{\pi d^3}, K_S = 1 + \frac{0.615}{c}, k = \frac{Gd^4}{64R^3 N_C} \quad (20 \text{ 分})$$

**【解題關鍵】**

1. 《考題難易》★★

2. 《破題關鍵》本題為彈簧基本考題，且已給相關公式，屬於較簡單考題。

**【擬答】**

$$S_y = 0.6 \times 1400 = 840 \text{ MPa}$$

$$S_{sy} = 0.4 \times 1400 = 560 \text{ MPa}$$

有效圈數  $N_C = 8 - 1 = 7$  圈

$$\text{彈簧指數 } C = \frac{14 \times 2}{4} = 7$$

$$\tau = \left(1 + \frac{0.615}{7}\right) \left(\frac{16 \times 450 \times 14}{\pi \times 4^3}\right)$$

$$= 1.087 \times 501.3$$

$$= 545 \text{ MPa}$$

$$\text{安全係數 } F_S = \frac{560}{545} = 1.027_{\#}$$

$$\text{彈簧常數 } K = \frac{79.5 \times 10^3 \times 4^3}{64 \times 14^3 \times 7} = 4.14 (\text{N/mm})_{\#}$$





志光 學儒 保成

# 公職工科+國營事業

**1+1 更有力** 準備公職的同時，可報考國營事業考試，善用重疊考科，一次準備就能多次上榜！

上榜路徑大公開！一年內超過**8次**上榜機會！

<b>初等考</b> 1月 ●最容易上手的公職考試	<b>關務特考</b> 4月 ●考科少於同職等考試	<b>鐵路特考</b> 6月 (110年因疫情延至9月) ●佐級錄取率最高	<b>高普考</b> 7月 (110年因疫情延至10月) ●主流考試，缺額眾多	<b>調查局特考</b> 8月 (110年因疫情延至10月) ●三等月薪76,000起
<b>地方特考</b> 12月 ●考科同高普考	<b>自來水評價人員</b> 不定期舉辦 ●只考選擇題	<b>台電考試</b> 不定期舉辦 ●考科少、好準備	<b>中油僱員</b> 不定期舉辦 ●只考2科，多為選擇題	<b>國營事業職員級</b> 不定期舉辦 ●國營退休潮，缺額多，工科類科競爭者少

**錄取率高**

109年  
工科錄取率  
最高達**19.42%**

<b>電力工程</b>	<b>電子工程</b>	<b>機械工程</b>	<b>資訊工程</b>
高考 19.42% 普考 17.33%	高考 9.04% 普考 9.39%	高考 18.27% 普考 13.70%	高考 12.92% 普考 10.47%



## 為你專屬設計的學習模式，讓你靈活學習、輕鬆準備！

我們都在 志光 學儒 保成 成功找到工科人的工頂人生

### 多元學習模式



面授學習

直接，有效

- 實際面對面教學，現場解決您的疑惑。
- 優質專業名師，幫您統整、分析考試重點資訊。
- 定期的大小測驗，您可隨時檢視學習效果。



雲端函授

自主，彈性

- 不用煩惱通勤問題，課程教材直接送到家。
- 反覆聽課，不怕觀念聽不懂。
- 完全自由，可自主安排學習進度。



視訊學習

便利，專注

- 安靜舒適的上課環境，提高您的專注力。
- 看課時間能自由預約，無須擔心時間衝突。
- 可依需求暫停、倒轉或快轉，深度學習超簡單。



#### 專業名師指導，提升解題順暢度！

本以為適合闖蕩，但發現穩定的生活才是我想要的。老師的教材都有明確分析與統整，再加上會由老師出申論題讓考生做練習，增加寫題目的敏感及順暢度。考前還有總複習課程，精準預測範圍、統整考前重點。

**全國探花** 李○庭 109年鐵路員級機械工程



#### 選對好老師，中年轉職好順利！

我遭遇公司裁員，覺得公職夠穩定，決定踏上國考之路。隔了20幾年重拾書本，選擇好的補習班讓我事半功倍。熱力學老師跟流體力學老師，我非常推崇，只要照著老師講的記下來、寫下來，這樣就夠了。

**1年考取** 古○芳 109年高考機械工程



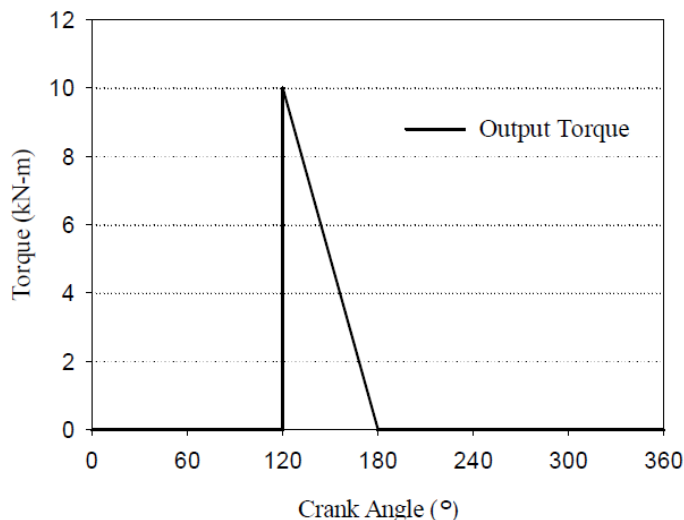
#### 題庫班老師的講解，對我幫助很大！

畢業後工作，累的要死薪水卻不怎麼樣。剛好朋友推薦鐵路特考，就挑戰看看。我覺得機械原理的題庫班對我幫助很大，跟著老師一起解，不懂的地方聽老師講解，覺得聽完很多疑問就會解開並且對我幫助很大。

**優秀考取** 謝○軒 109年鐵路佐級機械工程

公職王歷屆試題 (110 高考)

五、有一旋轉機械上每一圈迴轉軸之扭矩輸出如圖所示，軸之轉速為 60 rpm，若軸之動力由一固定扭矩之馬達所帶動，且不計機械之其他動力損失，試求以能量平衡之觀點所需選用馬達之功率。另外，若軸上欲控制轉速變動係數 (coefficient of fluctuation) 低於 0.20，則所需之鐵製平板飛輪的外徑應為多少？飛輪鐵材厚度為 200 mm，質量密度為  $7680 \text{ kg/m}^3$ 。(20 分)



【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★

2. 《破題關鍵》本題以能量觀點及平板飛輪儲能，是較少出現的考題。

【擬答】

$$(一) \text{所需能量 } \frac{1}{2} \times 10 \times 10^3 \times \left( \pi - \frac{2}{3} \pi \right) = 5236 (\text{N-m})$$

$$\text{以能量平衡觀點 } T \times \left( \pi - \frac{2}{3} \pi \right) = 5236 (\text{N-m})$$

$$\text{得 } T = 5000 (\text{N-m})$$

$$\text{功率} = 5000 \times \frac{2\pi \times 60}{60} = 31416 (\text{W}) = 31.416 (\text{kW})$$

(二)

$$C_f = 0.2$$

$$\text{質量密度} = 7680 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta E = m \times C_f \times V^2$$

$$5236 = \left( 7680 \times 0.2 \times \frac{\pi}{4} D^2 \right) \times 0.2 \times \left( \frac{\pi D \times 60}{60} \right)^2$$

$$5236 = 2381 D^4$$

$$D^4 = 2.2$$

$$D = 1.218 (\text{m})$$