

## 109 年公務人員普通考試試題

類 科： 機械工程

科 目： 機械設計概要

一、一元件之臨界危險點之主應力為 390MPa、100MPa 及 -210MPa，使用的材料其降伏強度為 965MPa，求：(每小題 5 分，共 20 分)

(一)該點之最大剪應力？

(二)根據最大剪應力破壞理論，求安全係數？

(三)求該點之馮密西斯 (von Mises) 應力？

(四)根據變形能 (distortion-energy) 理論，求安全係數？

**【解題關鍵】**

《考題難易》★★★

《破題關鍵》本題為靜態負載的破壞理論考題，雖為普考常見考題，但本題條件為三維主應力，考題略有變化。

**【擬答】**

$$(一) \text{最大剪應力} = \frac{390 - (-210)}{2} = 300(\text{MPa})_{\#}$$

$$(二) \text{安全係數} F_s = \frac{\tau_{yp}}{\tau_{max}} = \frac{0.5 \times 965}{300} = 1.608_{\#}$$

$$(三) \text{馮密西斯應力} S = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$$
$$= \sqrt{\frac{(390 - 100)^2 + [100 - (-210)]^2 + [(-210) - 390]^2}{2}}$$
$$= 520(\text{MPa})_{\#}$$

$$(四) \text{安全係數} F_s = \frac{965}{520} = 1.856_{\#}$$

二、以滾子鏈傳動公稱動力  $H_{nom}=9\text{ kW}$ ，主動鏈輪轉速  $500\text{rpm}$ ，齒數  $Z_1=25$ ，小鏈輪齒數係數  $K_1=$

$$\left(\frac{Z_1}{17}\right)^{1.08} \quad (17\text{ 齒之 } K_1=1), \text{ 大鏈輪齒數 } 73, \text{ 工作情況為中等衝擊, 使工況係數(service factor) } K_S=1.3,$$

排數係數  $K_2$ ：單排的  $K_2=1$ ，2 排的  $K_2=1.7$ ，3 排的  $K_2=2.5$ ，4 排的  $K_2=3.3$ ，中心距影響係數  $K_3=1$ ，整排鏈條的許用 (allowance) 傳遞動力  $H_{all}=K_1K_2K_3H_{Tab}$ ，選擇一個型號的鏈條，其單股在小齒輪 17 齒轉速  $500\text{rpm}$  的表定功率額定值  $H_{Tab}=4.25\text{ kW}$ ，令安全係數至少為  $n_s=1.2$ ，則設計的傳遞動力： $H_{des}=H_{nom}K_Sn_s$ ，求：(每小題 5 分，共 20 分)

(一)設計的傳遞動力？

(二)整排鏈條的許用傳遞動力 (kW)？

(三)所需鏈條為幾排？

(四)實際上的安全係數為多少？

**【解題關鍵】**

《考題難易》★★★★

《破題關鍵》本題鏈條傳動設計，雖相關計算參數與公式已在題目中敘述，但歷屆試題中並無出現，考生會不知從何解題。

**【擬答】**

$$\begin{aligned} \text{(一)設計的傳遞動力 } H_{des} &= H_{nom}K_Sn_s \\ &= 9 \times 1.3 \times 1.2 \\ &= 14.04(\text{kW}) \end{aligned}$$

(二)許用傳遞動力(kW)  $H_{all}=K_1K_2K_3H_{Tab}$

$$\therefore K_1 = \left(\frac{25}{17}\right)^{1.08} = 1.516$$

(a)單排，排位係數  $K_2=1$

$$H_{all} = 1.516 \times 1 \times 1.3 \times 4.25 = 8.38(\text{kW})$$

$8.38 < 14.04$ ，不合。

(b)2 排，排位係數  $K_2=1.7$

$$H_{all} = 1.516 \times 1.7 \times 1.3 \times 4.25 = 14.24(\text{kW})$$

$14.24 > 14.04$ ，符合。

$$\text{故 } H_{all} = 14.24\text{ kW}$$

(三)取 2 排

$$\text{(四)安全係數 } n_s = \frac{H_{all}}{H_{nom}K_S} = \frac{14.24}{9 \times 1.3} = 1.217_{\#}$$

公職王歷屆試題 (109 年普考)

三、圓柱斜齒輪 (helical gear) 節圓直徑 60mm，傳遞動力 7.5kW，轉速 600rpm，因壓力角及齒列螺旋角 (helix angle) 之作用，使徑向力為 1170N 及軸向力為 1690N 作用於齒輪節圓柱上，如圖所示，齒輪中心至 A 端距離 100mm，至 B 端 50mm，A 端軸承採用斜滾錐軸承，以承受軸向力，B 端軸承採用深溝滾珠軸承，求：(每小題 5 分，共 20 分)

(一) 傳遞運動之切向力  $F_z$  ?

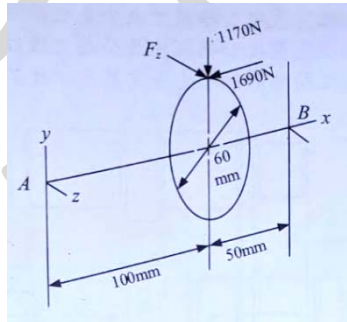
(二) 作用在 A 軸承之合力 ?

(三) 軸承 B 所承受之徑向合力 ?

(四) 滾珠軸承壽命負荷方程式：

$$C_{10}^3 \times 10^6 = F^3 \times L_D$$

其中  $C_{10}$  為可靠度 90% 之型錄額定負載 (Catalog load rating) 或動容量 (dynamic capacity)，設計壽命 30000 小時，求選擇軸承之  $C_{10}$  ?



【解題關鍵】

《考題難易》★★★

《破題關鍵》本題為軸承相關計算，運用靜力學解軸承徑向力及需了解 A 軸承為徑向軸向軸承，而 B 軸承為徑向軸承，再配合軸承壽命計算公式，才可完整正確解答 A 軸承為徑向軸向軸承，B 軸承為徑向軸承。

【擬答】

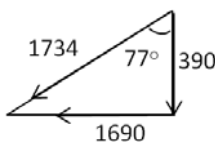
$$(一) 7.5 \times 10^3 = \frac{F_z \times 60 \times \pi \times 600}{1000 \times 60}$$

切向力  $F_z = 3979(N)$  #

$$(二) A \text{ 軸承承受之徑向力 } A_y = \frac{1170 \times 50}{150} = 390(N)$$

$$A \text{ 軸承之合力} = \sqrt{390^2 + 1690^2} = 1734(N)$$

$$\tan \theta = \frac{1690}{390}, \theta = 77^\circ$$



$$(三) B \text{ 軸承承受之徑向合力} = \frac{1170 \times 100}{150} = 780(N) \#$$

(四) 本項為滾珠軸承壽命，所以用 B 軸承設計。

$$C_{10}^3 \times 10^6 = 780^3 \times (600 \times 300000 \times 60)$$

$$C_{10}^3 = 5.125 \times 10^{11}$$

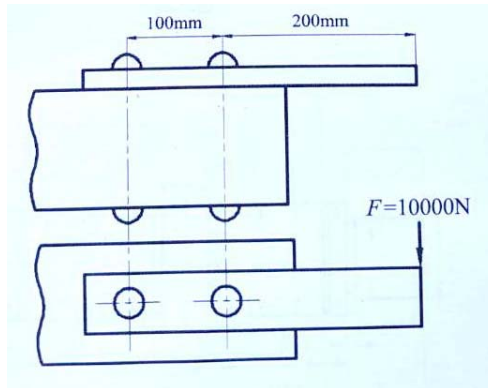
$$C_{10} = 8003(N) \#$$

公職王歷屆試題 (109 年普考)

四、如圖所示一個薄板用兩根鉚釘固定在機架上，薄板自由端受平行於板面的垂直負載： $F=10000\text{N}$ ，

鉚釘直徑 30mm，鉚釘材料的許用剪應力強度  $S_{\tau_{all}}=95\text{MPa}$ ，求（每小題 5 分，共 15 分）

- (一) 鉚釘所受的平均直接剪應力？
- (二) 鉚釘所受的扭矩剪應力？
- (三) 鉚釘合成剪應力之最小安全係數？



【解題關鍵】

《考題難易》★★★

《破題關鍵》本題為組合鉚釘之計算，為一般考題，但本題所求為剪應力，而非剪力，故考生容易出錯。

【擬答】

鉚釘組合形心距左鉚釘 50mm

(一) 直接剪力  $V = \frac{10000}{2} = 5000(\text{N})$ ，向下。

$$A = \frac{\pi}{4} \times 30^2 = 706.86(\text{mm}^2)$$

$$\text{平均剪應力} = \frac{5000}{706.86} = 7.07(\text{MPa})$$

(二) 扭矩  $T = 10000 \times (200 + 50) = 2,500,000(\text{N}\cdot\text{mm})$

$$2,500,000 = C \times 2 \times 50^2$$

$$C = 500(\text{N}/\text{mm})$$

考慮右側鉚釘

$$\text{扭矩剪力} = 500 \times 50 = 25000(\text{N})，\text{向下}$$

$$\text{扭矩剪應力} = \frac{F}{A} = \frac{25000}{706.86} = 35.37(\text{MPa})$$

(三) 合成剪力  $= 5000 + 25000 = 30000(\text{N})$  向下

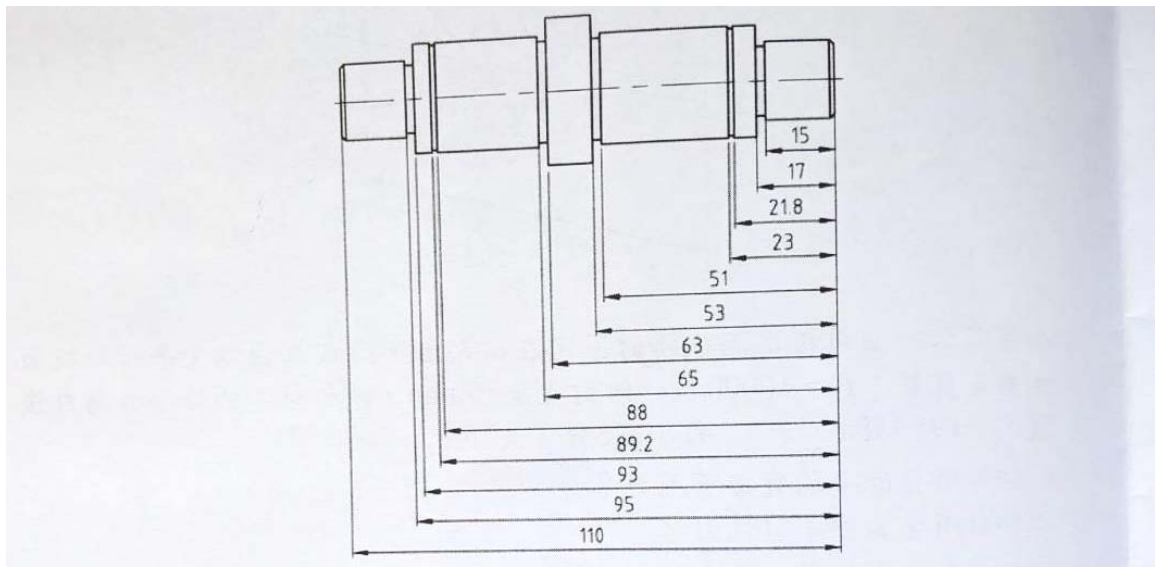
$$\text{剪應力} = \frac{30000}{706.86} = 42.44(\text{MPa})$$

$$\text{最小安全係數} = \frac{95}{42.44} = 2.238$$

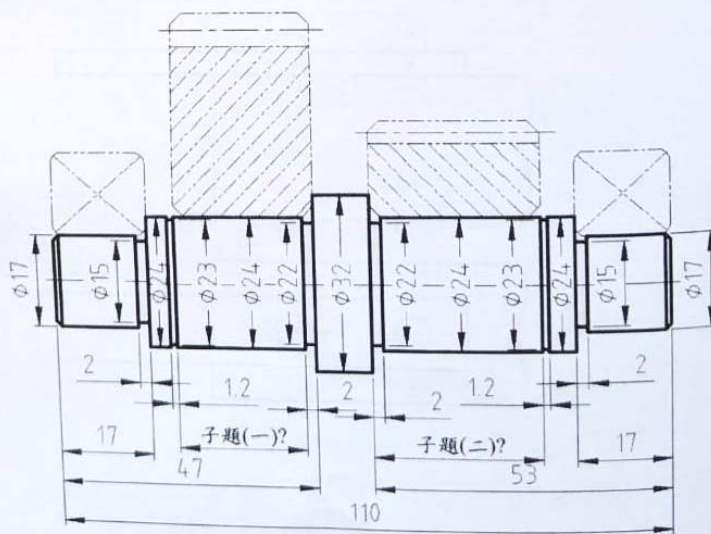
公職王歷屆試題 (109 年普考)

五、一減速機中間齒輪軸如圖一所示為其絕對尺寸標註，此標註方式沒有考慮到裝配齒輪及軸承所需保證的軸向精度，因此，須以圖二的相對方式標註其尺寸，以表示出加工及組裝的規定，安裝兩齒輪的軸段寬度尺寸公差限界均為 (+0.1mm 及 -0.2mm)，請解答：

- (一) 安裝左齒輪軸位寬度之公稱尺寸及公差之標註？ (4 分)
- (二) 安裝右齒輪軸位寬度之公稱尺寸及公差之標註？ (4 分)
- (三) 請說明兩齒輪之間的間隔是否需標尺寸及其理由？ (5 分)



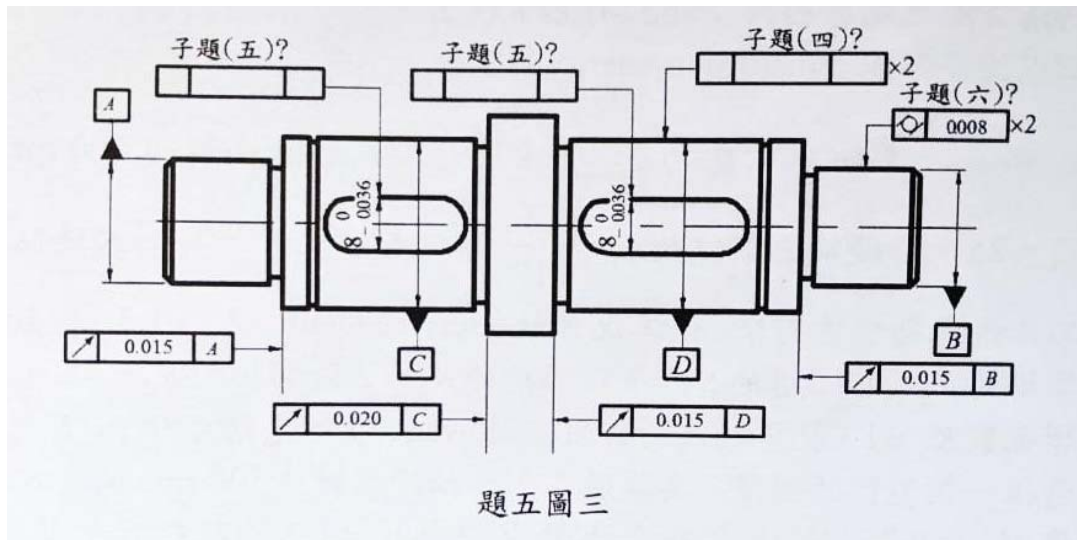
題五圖一



題五圖二

如圖三所示為此軸之幾何公差標註，其中軸承及齒輪定位軸肩端面對其本身軸段中心線的幾何公差，都已標註完整了。在其他尚未完成幾何公差標註的部分，包括：兩齒輪的安裝軸段其圓柱面相對於 A 及 B 兩端軸之中心線徑向偏轉度 (runout) 公差為 0.025mm，兩處齒輪安裝軸段之鍵槽相對於其本身軸段的對稱度公差分別是 0.030mm (左齒輪軸段) 及 0.025mm (右齒輪軸段) 請完成這些部分的幾何公差標註：

- (四) 兩處齒輪安裝軸段之圓柱面偏轉度公差標註？ (3 分)
- (五) 兩處齒輪安裝軸段鍵槽各別的對稱度幾何公差標註？ (6 分)
- (六) 請說明在安裝軸承之兩段軸頭所標註的符號是什麼型態的幾何公差？ (3 分)



題五圖三

**【解題關鍵】**

《考題難易》★★★★

《破題關鍵》本題為機械製圖中公差標注，題目敘述複雜，且又詢問幾何公差相關標注，考生需細心且了解幾何公差的標注及符號意義，才能正確解題。

**【擬答】**

(一)左齒輪

(a)依題五圖二中”齒輪假想線”，為  $(88 - 63)_{-0.2}^{+0.1} = 25_{-0.2}^{+0.1}$

(b)依題五圖二中，尺度線”子題(一)”為  $(88 - 65)_{-0.2}^{+0.1} = 23_{-0.2}^{+0.1}$

(二)右齒輪

$(53 - 23)_{-0.2}^{+0.1} = 30_{-0.2}^{+0.1}$

(三)不需標註尺寸，因該段為車床夾頭夾持處，且左右側車床加工時需換邊，由圖二之尺寸加工，便會形成兩齒輪之間間隔。

(四)

↗↘	0.025	A-B
----	-------	-----

(五)左側

≡	0.030	C-D
---	-------	-----

右側

≡	0.025	C-D
---	-------	-----

(六)偏轉度公差為相關型態的幾何公差。