

等 別：高考一級  
類 科：機械工程  
科 目：策略規劃與問題解決  
考試時間：3 小時

座號：\_\_\_\_\_

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

(三)請以黑色鋼筆或原子筆在申論試卷上作答。

一、令符號的定義為：

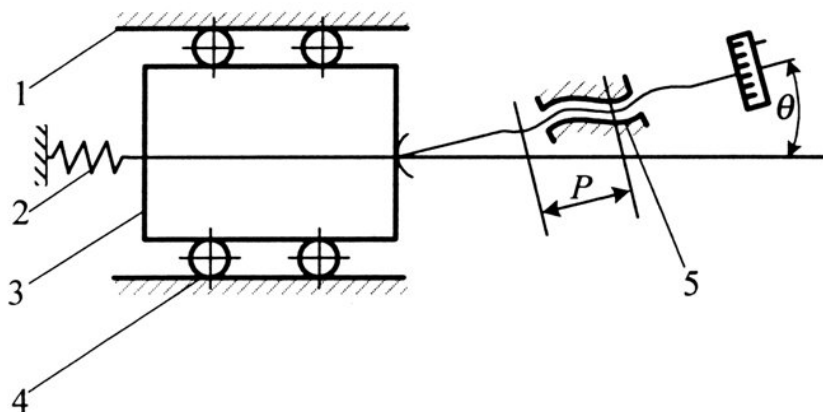
$n_s$ ：安全因子， $\sigma_{all}$ ：允許應力， $\sigma_d$ ：設計應力， $\tau_{max}$ ：最大剪應力， $S_y$ ：降伏強度， $\sigma_e$ ：翁邁斯司（von Mises）應力。

(一)根據機械設計原理與策略，比較申論  $\tau_{max} \geq \frac{S_y}{2n_s}$  及  $\sigma_e \geq \frac{S_y}{n_s}$  的意義及應用。(10 分)

(二)當機械元件受到週期性循環負荷時，何謂低反覆疲勞（low-cycle fatigue）、高反覆疲勞（high-cycle fatigue）及無限反覆疲勞（infinite-cycle fatigue）？如何應用於對該機械元件之疲勞設計規劃？(8 分)

(三)有一受到四種反覆拉力元件，其均值（mean value）拉力皆為零。其疲勞應力（fatigue stress）及操作時間百分比分別為  $\sigma_i$  ( $i=1,2,3,4$ ) 及  $\alpha_i$  ( $i=1,2,3,4$ )。當承受疲勞應力  $\sigma_i$  時，其疲勞壽命為  $N_i$  ( $i=1,2,3,4$ )，試預估發生疲勞失敗的累積總循環數。(7 分)

二、如圖表達某螺旋微動機構示意圖。螺旋組 5 推動滑塊 3 沿著導軌 1 運動。由於彈簧 2 及滾珠 4 的作用，滑塊可以無間隙的沿著導軌直線運動。因為製造及組裝上的誤差（error），造成螺旋軸線與滑塊運動方向有一相當微小的夾角  $\theta$ 。



(一)推導滑塊移動的位移誤差數學式  $\Delta(\phi, \theta, P)$ ， $\phi$ ：螺旋的螺旋轉角， $P$ ：螺距（pitch）；並說明你所用的方法。(10 分)

(二)選擇精密機械（及儀器）設計方案後，需進行精度分析計算。試申論精度分析計算的主要程序與內容；並說明前題(一)的數學式與該程序內容的關聯。(15 分)

（請接第二頁）

等 別：高考一級  
類 科：機械工程  
科 目：策略規劃與問題解決

三、輪齒損傷是齒輪失效之主要原因，輪齒承載能力主要取決於材質、表面狀態、圓周速度、潤滑條件、輪齒設計參數、傳動系統設計、製造品質及加工精度、安裝調整及使用維護。世界各國標準均有頒布了「齒輪輪齒磨損和損傷專有名詞（術語）」，雖有些差異，但大致上相同，ISO 10825、德國的 DIN 3979、美國的 ANSI/AGMA 110.04，其將輪齒磨損和損傷分成(a)裂紋（cracks），(b)輪齒折斷（breakage），(c)齒面疲勞（surface fatigue）現象，(d)齒面耗損跡象（indications of surface disturbances），(e)膠合（scuffing），以及(f)永久變形六大類，每一類又包含了不同的型式，其中裂紋就被區分為淬火裂紋、磨削裂紋、輪緣和輪輻裂紋，以及疲勞裂紋四種型式，前兩種裂紋是加工造成的；接著請回答下列問題：

(一)裂紋的失效模式：(8分)

- (1)請問輪緣和輪輻裂紋的成因是什麼？
- (2)疲勞裂紋的特徵與前三種不同，請描述疲勞裂紋特徵。

(二)輪齒設計計算問題：(10分)

在設計齒輪時，使用輪齒彎曲應力公式及接觸應力公式，這兩個公式分別用來驗核輪齒的彎曲強度及接觸疲勞強度，(1)請問若已滿足這兩個公式的齒輪設計，但若仍無法完全預防齒面疲勞現象及齒面耗損跡象之原因為何？(2)膠合是齒面金屬在壓力下直接接觸或不完整油膜之金屬接觸而發生的表面焊著，隨後的相對運動，使金屬齒面被撕落，以致於引起的嚴重磨損現象。請問防止膠合的發生，在設計齒輪階段應加上什麼計算分析以檢核膠合承載能力？(3)承上一小題，除了設計計算滿足防止膠合的條件之外，在齒輪被使用中，還有那些預防措施？

(三)故障診斷問題：(7分)

齒輪失效判斷係根據傳動設備的重要性及事故影響嚴重性而設定失效的限界，當任一輪齒損傷達到失效指標的限界值時，即判定齒輪失效，輪齒損傷除了測量磨損量、點蝕量、剝落量、永久變形量及裂紋尺寸外，尚可採用振動檢測的方法，請問使用振動檢測的故障診斷方法其原理是什麼？說明其使用的方法，並且說明其優點，及其限制是什麼？

等 別：高考一級  
類 科：機械工程  
科 目：策略規劃與問題解決

四、一機械結構元件的圓桿，採用 AISI 1018 的冷軋(CD)鋼棒製成，其統計性(stochastic)降伏強度 (yielding strength) 服膺正交分佈 (normal distribution)，其平均值為  $\mu_s = 540 \text{ MPa}$ ，偏差值為  $\hat{\sigma}_s = 40 \text{ MPa}$ ，記為  $S_y \sim N(540, 40) \text{ MPa}$ ，此圓桿受變動性對心拉力  $P$  作用在兩端，拉力的統計特性也是正交分佈，記為  $P \sim N(220, 18) \text{ kN}$ ，此圓桿元件需要有 0.999 的可靠度 (reliability)，則：

(一) 安全係數應取多少？基於可靠度  $R(z)$  之安全係數計算公式

$$n = \frac{1 + \sqrt{1 - (1 - z^2 C_s^2)(1 - z^2 C_\sigma^2)}}{1 - z^2 C_s^2}$$
，其中  $C_s$  及  $C_\sigma$  分別為降伏強度及應力之變異係

數 (coefficient of variation)，其中對應  $R = 0.999$  的  $z$  值由正交分佈之累積分佈函數表 (詳如附表) 查表得到， $z$  為強度減應力之安全餘裕 (margin of safety)，其也是正交分佈。(7 分)

(二) 求所需的圓桿直徑？(5 分)

(三) 若以 AISI 1045 CD 取代，其服膺正交分佈  $S_y \sim N(668, 46) \text{ MPa}$ ，採同樣的可靠度求安全係數？(5 分)

(四) 每單位重量 AISI 1045 CD 的價錢為 AISI 1018 CD 的 1.5 倍，比重為 0.995 倍，承上一小題，以 1045 所製成的圓桿零件重量為 1018 所製成圓桿之幾倍？(5 分)

(五) 繼續前一小題(四)，圓桿採用 1045 的價錢為採用 1018 價錢幾倍？(3 分)

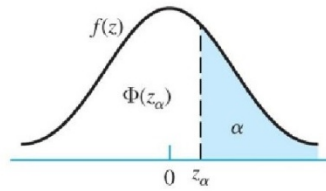
等 別：高考一級  
類 科：機械工程  
科 目：策略規劃與問題解決

正交(高斯)分佈之累積分佈函數

Cumulative Distribution Function of Normal (Gaussian) Distribution

$$\Phi(z_\alpha) = \int_{-\infty}^{z_\alpha} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du$$

$$= \begin{cases} \alpha & z_\alpha \leq 0 \\ 1 - \alpha & z_\alpha > 0 \end{cases}$$



$Z_\alpha$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3238	0.3192	0.3156	0.3121
0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.00990	0.00964	0.00939	0.00914	0.00889	0.00866	0.00842
2.4	0.00820	0.00798	0.00776	0.00755	0.00734	0.00714	0.00695	0.00676	0.00657	0.00639
2.5	0.00621	0.00604	0.00587	0.00570	0.00554	0.00539	0.00523	0.00508	0.00494	0.00480
2.6	0.00466	0.00453	0.00440	0.00427	0.00415	0.00402	0.00391	0.00379	0.00368	0.00357
2.7	0.00347	0.00336	0.00326	0.00317	0.00307	0.00298	0.00289	0.00280	0.00272	0.00264
2.8	0.00256	0.00248	0.00240	0.00233	0.00226	0.00219	0.00212	0.00205	0.00199	0.00193
2.9	0.00187	0.00181	0.00175	0.00169	0.00164	0.00159	0.00154	0.00149	0.00144	0.00139
$Z_\alpha$	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
3	0.00135	0.0 <sup>3</sup> 968	0.0 <sup>3</sup> 687	0.0 <sup>3</sup> 483	0.0 <sup>3</sup> 337	0.0 <sup>3</sup> 233	0.0 <sup>3</sup> 159	0.0 <sup>3</sup> 108	0.0 <sup>4</sup> 723	0.0 <sup>4</sup> 481
4	0.0 <sup>4</sup> 317	0.0 <sup>4</sup> 207	0.0 <sup>4</sup> 133	0.0 <sup>5</sup> 854	0.0 <sup>5</sup> 541	0.0 <sup>5</sup> 340	0.0 <sup>5</sup> 211	0.0 <sup>5</sup> 130	0.0 <sup>6</sup> 793	0.0 <sup>6</sup> 479
5	0.0 <sup>6</sup> 287	0.0 <sup>6</sup> 170	0.0 <sup>7</sup> 996	0.0 <sup>7</sup> 579	0.0 <sup>7</sup> 333	0.0 <sup>7</sup> 190	0.0 <sup>7</sup> 107	0.0 <sup>8</sup> 599	0.0 <sup>8</sup> 332	0.0 <sup>8</sup> 182
6	0.0 <sup>9</sup> 987	0.0 <sup>9</sup> 530	0.0 <sup>9</sup> 282	0.0 <sup>9</sup> 149	0.0 <sup>10</sup> 777	0.0 <sup>10</sup> 402	0.0 <sup>10</sup> 206	0.0 <sup>10</sup> 104	0.0 <sup>11</sup> 523	0.0 <sup>11</sup> 260
$z_\alpha$	-1.282	-1.643	-1.960	-2.326	-2.576	-3.090	-3.291	-3.891	-4.417	
$F(z_\alpha)$	0.10	0.05	0.025	0.010	0.005	0.001	0.0005	0.0001	0.000005	
$R(z_\alpha)$	0.90	0.95	0.975	0.990	0.995	0.999	0.9995	0.9999	0.999995	