

2019—2020 学年第一学期《工程力学》期末考试卷 A 卷

课程号 6111251 年级专业 2018 级机器人工程 学号 _____ 姓名 _____

考试时间: 120 分钟

题号	一	二	三	四	五	总分	审核
题分	50	10	10	15	15		
得分							

题分	50
得分	

一、基本概念及运算题 (共 40 分)

注: 请在空白处写出必要的计算步骤, 必要时画出力学简图

题号	1	2	3	4	5	6	7	8
题分	8	8	6	8	6	4	6	4
得分								

1、(本题 8 分) 如图 1 所示是低碳钢单向拉伸试验得到的应力-应变关系曲线图。

(1) 请在图中标出 σ_s 、 σ_b 的大致位置。

(2) 试验可分为四个阶段, 分别是

弹性阶段;
屈服阶段;
强化阶段;
颈缩阶段。

(3) 钢材牌号 Q235, 其 235 指代的含义是:

钢材的屈服强度 $\sigma_s = 235 \text{ MPa}$

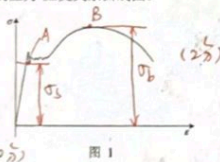


图 1

2、(本题 8 分) 如图 2 所示的阶梯杆 ABC, 若其受 $F_1 = 8 \text{ kN}$, $F_2 = 12 \text{ kN}$ 两个作用在轴线上的力作用, 截面积 $A_1 = 100 \text{ mm}^2$, $A_2 = 160 \text{ mm}^2$, 材料的弹性模量 $E = 200 \text{ GPa}$ 求:

(1) AB 段上轴力的大小 $F_{NAB} = -8 \text{ kN}$;

(2) BC 截面上轴力的大小 $F_{NBC} = 25 \text{ MPa}$;

(3) 阶梯杆总的伸长量 $\Delta l_{AC} = -0.055 \text{ mm}$

$$\Delta l_{AC} = \frac{F_{NAB} l_{AB}}{EA_1} + \frac{F_{NBC} l_{BC}}{EA_2} = \frac{1}{200 \times 10^9} \left[\frac{-8 \times 10^3 \times 200}{100} + \frac{4 \times 10^3 \times 100}{160} \right] = -0.055 \text{ mm}$$

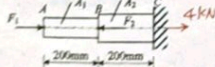


图 2

3、(本题 6 分) 若某直径为 60mm 的实心圆截面轴, 传递扭矩 $T = 10 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。

(1) 其横截面上的最大切应力 $\tau_{\max} = 0.236 \text{ MPa}$ 。

(实心圆截面的极惯性矩公式为: $I_p = \frac{\pi d^4}{32}$) $\tau_{\max} = \frac{T}{I_p} \cdot \frac{d}{2} = \frac{10 \times 10^3}{\frac{\pi \times 60^4}{32}} \times \frac{60}{2} = 0.236 \text{ MPa}$

(2) 假设该轴传递的功率大小不变, 但转速降低, 则横截面上的最大切应力将发生何种变化? 为什么?

答: 最大切应力增大。根据 $N = 9549 \frac{P}{n}$, $n \downarrow$ 则 $N \uparrow$ 则 $\tau_{\max} \uparrow$ 。(2 分)

4、(本题 8 分) 如图 3 所示的单元体, 应力单位为 MPa。

(1) 求主应力

$\sigma_1 = 68.3 \text{ MPa}$

$\sigma_2 = 0 \text{ MPa}$

$\sigma_3 = -48.3 \text{ MPa}$

(参考公式: $\sigma_{\max} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$)

(2) 依照上述的结果, 按照第三强度理论得到的相当

应力 $\sigma_{eq} = 116.6 \text{ MPa}$ 。

(3) 若某塑性材料受到三向拉伸应力作用而可能发生断裂, 对于此问题应采用何种强度理论进行设计或校核? 为什么?

答: 采用第一强度理论, 因为三向拉伸应力与单向拉伸应力类似, 与材料是脆性还是塑性无关。

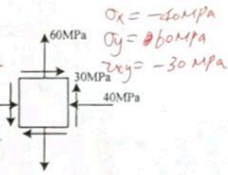


图 3

5、(本题 6 分) 如图 4(a)所示的长 l 的悬臂梁在自由端 B 处受到一个恒定的力偶 M 。求梁自由端 B 点的挠度 $w_B = \frac{Ml^2}{2EI}$ 。若在 B 端增加一个新的可动铰支座约束, 如图 4(b)所示, 则此时 B 端的约束力 $F_{NB} = \frac{3M}{2l}$ 。设该梁的抗弯刚度 EI 为常数。

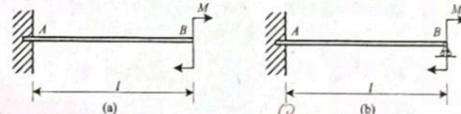


图 4

参考图



$$EI w'' = -M$$

$$w' = -\frac{M}{EI}$$

$$w = -\frac{M}{EI} x + C$$

$$w = -\frac{M}{2EI} x^2 + Cx + D$$

$$F = \frac{3M}{2l}$$

6、(本题 4 分) 判断以下两个关于疲劳问题的论断, 无论是否正确均应说明理由。

(1) 构件在交变应力作用下发生疲劳失效时, 失效应力值远低于材料在静载荷作用下的强度指标。 (1.5)

答: 结论(正确), 因为 这是交变应力作用下发生疲劳失效的应力远低于材料中的屈服应力。

(2) 对于承受交变应力作用的实心圆截面轴, 其直径设计与静载荷情况相仿, 直径越大, 对于提高疲劳极限越有效, 构件越安全。

答: 结论(错误), 因为 应力越大, 疲劳源(缺陷)产生和扩展越快, 疲劳寿命越短。

(1.5) 降低疲劳强度极限, 寿命不同, 尺寸越大, 疲劳寿命越长。

7、(本题 6 分) 如图 5(a) 所示的机器人机械臂, 下臂 OA 长 l_1 , 上臂 AB 长 l_2 。 (2.5)

(1) 若末端执行器点 B 能在平面 Oxy 中自由运动, 则该机械臂具有 2 个自由度, 其广义坐标可选择 θ, φ 。 (2.5) (请在图 5(b) 中标出广义坐标)。

(2) 若要求末端执行器点 B 只能垂直运动, 即其坐标 $x_B = a$, 那么则该机械臂具有 1 个自由度。在问题(1)中所选择的坐标之间存在的约束方程是 $l_1 \cos \theta + l_2 \cos \varphi = a$ 。 (1.5)

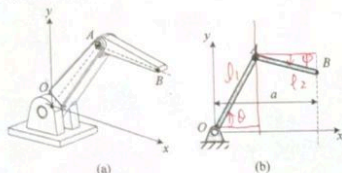


图 5

8、(本题 4 分) 如图 6 所示的曲柄连杆机构, 杆件 AB, BC 长均为 l , 在 C 处作用水平力 F , 在杆 AB 上作用驱动力偶 M 。当 $\theta = 45^\circ$ 时机构平衡, 设滑块 C 与水平面间为光滑接触。

(1) 若给定杆 AB 一个转角虚位移 $\delta\varphi$, 写出当 $\theta = 45^\circ$ 时 $\delta\varphi$ 与点 C 水平虚位移 δx_C 之间的关系。 $\delta\varphi = \frac{\sqrt{2}}{2} \delta x_C$ (2.5)

(2) 若给定的水平力, 大小为 200 N , 杆件 AB, BC 长均为 0.6 m , 则根据虚功原理, 可计算出 $M =$ $169.7 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。 (2.5)

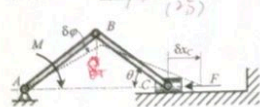


图 6

题分	10
得分	

二、计算题

如图 7 所示的简支梁, 尺寸和所受载荷均已标出。

- (1) 计算 A, B 两处的约束力: (2.5)
- (2) 画出剪力图和弯矩图: (4.5) (5.5)
- (3) 求最大剪力和弯矩的绝对值: (2.5)
- (4) 求当剪力等于 0 的截面的弯矩值: (2.5)

$$\textcircled{1} \sum M_A = 0 \\ 20 \times 2 \times 5 \times \frac{5}{2} + F_B \times 5 = 0 \\ F_B = 1 \text{ kN}$$

$$\sum F_{y0} = 0 \quad F_{Ay} - 2 \times 5 + F_B = 0 \quad F_{Ay} = 9 \text{ kN}$$

$$\textcircled{2} R(1.5)$$

$$\textcircled{3} |F_{S\max}| = 9 \text{ kN} \quad |M_{\max}| = 12 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad (1.5)$$

$$\textcircled{4} M_D = 0.25 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad (1.5)$$

$$M_D = \frac{1}{2} \times 0.5 \times 1 = 0.25 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{或} \quad M_D = -12 + \frac{3.5 \times 7}{2} = 0.25 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

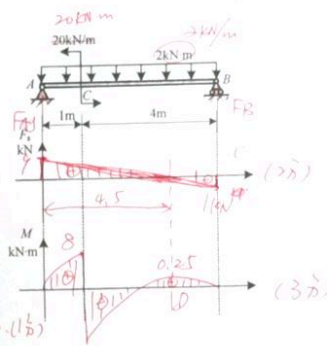


图 7

题分	10
得分	

三、计算题

某正方形截面杆, 其截面边长 $a = 20 \text{ mm}$, 杆长 $l = 1 \text{ m}$, 受压杆的约束为两端固定, 材料为 Q235, 弹性模量 $E = 200 \text{ GPa}$, $\lambda_p = 100$,

$$\lambda_p = 61.6.$$

参考公式: 惯性半径 $i = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$, 中柔度杆临界应力经验公式 $\sigma_{cr} = 304 - 1.12 \lambda \text{ MPa}$ 。

- (1) 该杆件的长细比为多少?
- (2) 若该杆件受到轴心压力作用可能发生失稳, 则计算其临界载荷 F_{cr} 大小。
- (3) 若在设计时考虑其稳定安全因数 $n_{st} = 3$, 则计算此压杆的许可载荷 $[F]$

$$\textcircled{1} i = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{a^4}{12}}{a^2}} = \frac{a}{\sqrt{12}} = \frac{20}{\sqrt{12}} = 5.77 \text{ mm} \quad (2.5)$$

$$\lambda = 0.5 \quad (1.5)$$

$$\lambda = \frac{0.5}{5.77} = \frac{0.5 \times 1000}{5.77} = 86.65 \quad (2.5)$$

$$\textcircled{2} 61.6 < \lambda < 100 \quad \text{故为中柔度杆, 适用经验公式} \quad (1.5)$$

$$\sigma_{cr} = 304 - 1.12 \times 86.65 = 206.95 \text{ MPa} \quad (1.5)$$

$$F_{cr} = \sigma_{cr} \cdot A = 206.95 \times 20 \times 20 \times 10^{-6} \text{ kN} = 82.78 \text{ kN} \quad (2.5)$$

河海大学常州校区考试试卷第 4 页 (共 5 页)

$$\textcircled{3} [F] = \frac{F_{cr}}{n_{st}} = \frac{82.78}{3} = 27.59 \text{ kN} \quad (1.5)$$

题分	15
得分	

四、计算题

如图 8 所示的结构，杆件 BC 上作用有 $M = 30 \text{ N} \cdot \text{m}$ 的集中力偶和 $F = 50 \text{ N}$ 的集中力。所有杆件的自重不计。尺寸已在图上标出。

- (1) 作出杆 AB、杆 BC 的受力分析图；
- (2) 计算可动支座 C 的约束力；
- (3) 计算固定端 A 的约束力(偶)。

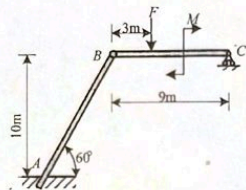
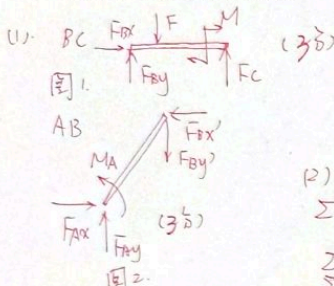


图 8



(2). 由图 1.

$$\sum M_B = 0 \quad -F \times 3 - M + F_C \times 9 = 0 \quad F_C = \frac{3F + M}{9} = \frac{3 \times 50 + 30}{9} = 20 \text{ kN} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\begin{aligned} \sum F_x = 0 \quad F_{Bx} = 0 \\ \sum F_y = 0 \quad F_{By} - F + F_C = 0 \quad F_{By} = F - F_C = 30 \text{ kN} \quad (1 \text{ 分}) \end{aligned}$$

(3) 计 4 分

$$\sum F_x = 0 \quad F_{Ax} = 0$$

$$\sum F_y = 0 \quad F_{Ay} - F_{By} = 0 \quad F_{Ay} = 30 \text{ kN} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\sum M_A = 0$$

$$M_A - F_{By} \times l \cos 60^\circ = 0$$

$$M_A = 30 \times 10 \times \frac{1}{2} = 150 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (3 \text{ 分})$$

题分	15
得分	

五、计算题

如图 9 所示曲轴，AB 段直径为 d ，尺寸 $l = 80 \text{ mm}$ ， $a = 60 \text{ mm}$ 。

材料的许用应力 $[\sigma] = 120 \text{ MPa}$ ，载荷 $F = 200 \text{ N}$ 。

- (1) 确定危险截面的位置，并计算出其上弯矩和扭矩的数值。
- (2) 利用第三强度理论设计 AB 段直径 d 。

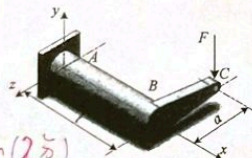


图 9

(1). 危险截面在固定端处 (1 分)

$$T = F \cdot a = 200 \times 60 = 12000 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (2 \text{ 分})$$

$$M = F \cdot l = 200 \times 80 = 16000 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (2 \text{ 分})$$

(2). $\frac{1}{2}$ 分 第三强度理论 $\sigma_{eq3} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{M^2 + T^2} \quad (2 \text{ 分})$

$$\sigma_{eq3} \leq [\sigma] \quad (1 \text{ 分})$$

$$W = \frac{\pi d^3}{32} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\frac{32}{\pi d^3} \sqrt{M^2 + T^2} \leq [\sigma]$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \sqrt{M^2 + T^2}}{\pi [\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{32 \times \sqrt{12000^2 + 16000^2}}{\pi \times 120}} = 11.92 \text{ mm} \quad (4 \text{ 分})$$

$$\text{取 } d = 12 \text{ mm} \quad (14 \text{ mm}, 16 \text{ mm 均对}) \quad (1 \text{ 分})$$

(3) 计算图 2

$$\sum F_x = 0 \quad F_{Ax} = 0$$

$$\sum F_y = 0 \quad F_{Ay} - F_{By} = 0 \quad F_{Ay} = 30 \text{ kN} \quad (1 \frac{1}{2})$$

$$\sum M_A = 0$$

$$M_A - F_{By} \times l \cos 60^\circ = 0 \quad l \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$M_A = 30 \times 10 \times \frac{1}{2} = 150 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (3 \frac{1}{2})$$

$$= 30 \times 10 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 173.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{\sum M}{l} = \frac{3 \times 50 + 30}{9} = 20 \text{ kN} \quad (2 \frac{1}{2})$$

$$= 30 \text{ kN} \quad (1 \frac{1}{2})$$