

西南交通大学 2020—2021 学年第(2)学期期末考试

课程代码 MECH000612 课程名称 《工程力学 C》 考试时间 120 分钟

题号	一	二	三	四	五	总成绩
得分						

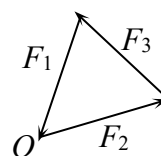
注：有数值计算的，答案如果是小数，小数点后保留 2 位。

阅卷教师签字：_____

一、综合题（本大题共 10 个题，每题 3 分，共 30 分）

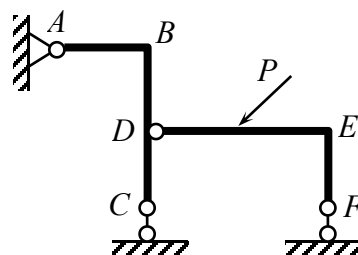
1. 一个刚体上作用图示由首尾相连的 3 个大小不为零的力组成的力系，该力系对点 O 的简化结果为 (C)

- (A) 主矢为零，主矩为零 (B) 主矢不为零，主矩为零
(C) 主矢为零，主矩不为零 (D) 主矢不为零，主矩不为零



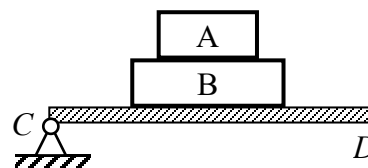
2. 一结构由完全相同的 2 根直角折杆 ABC 和 DEF 组成， $AB=EF=a$, $BC=DE=2a$, 其中 D 是 BC 的中点，在 DE 的中点作用力 P ，其作用线经过点 C 。所有杆件自重不计。则铰 A 约束力的方向为 (C)

- (A) 水平方向 (B) 垂直方向
(C) 沿 AD 方向 (D) 沿 AC 方向



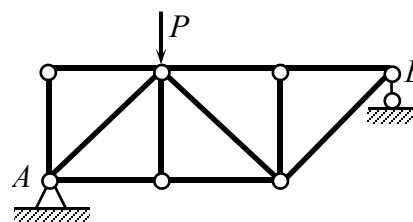
3. 平板 CD 左端是光滑的固定铰 C ，上面叠放了物块 A 和 B 。非常缓慢地抬起水平板 CD 的右端 (D 端)，当板 CD 与水平线成角度 30° 时，物块 A 和 B 整体上相对板 CD 开始向下滑动，在抬高过程中它们彼此间一直没有相对滑动。则物块 A 和 B 之间的静摩擦系数满足 (B)

- (A) 等于 $\sqrt{3}/3$ (B) 大于 $\sqrt{3}/3$
(C) 小于 $\sqrt{3}/3$ (D) 不确定



4. 一平面桁架受力如图所示，试判断零杆有 (B) 根

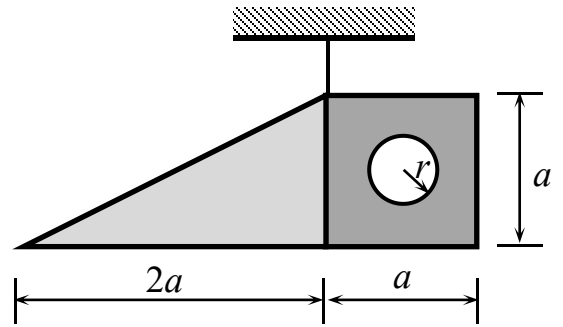
- (A) 3 (B) 4
(C) 5 (D) 6



5. 一个不规则的平板结构由厚度相同的直角板（边长分别为 a 、 $2a$ ，容重为 γ ）和正方形板（边长为 a ，容重为 2γ ）构成，如图悬挂。为使得下底边保持水平，在正方形板的正中央开一圆孔，这样开孔后，整个板的重心到下底边的距离为（ A ）

(A) $3a/7$ (B) $\sqrt{5}a/7$

(C) $3a/8$ (D) $\sqrt{5}a/8$



6. 对于低碳钢材料制成的杆件，确定强度校核用到的容许应力 $[\sigma]$ ，主要需要考虑单拉应力—应变的特征应力为（ C ）

(A) 比例极限 (B) 弹性极限

(C) 屈服极限 (D) 强度极限

7. $\sigma_{p0.2}$ 的涵义是（ B ）

(A) 弹性应变为 0.2% 对应的应力 (B) 塑性应变为 0.2% 对应的应力

(C) 整体应变为 0.2% 对应的应力 (D) 屈服阶段平均应变为 0.2% 对应的应力

8. 一空心圆轴，内外径之比 $d/D=1/\sqrt{2}$ 。当外径扩大到原来的 2 倍，且保持面积不变时，抗扭截面系数是原来的（ D ）倍

(A) 15/4 (B) 12/5

(C) 13/4 (D) 5/2

9. 关于结构的超静定问题描述中，下面说法不正确的是（ A ）

(A) 一静定结构因某杆件的加工误差而强行装配后会变为超静定结构

(B) 超静定结构承受荷载时各杆件的内力与其本身刚度相关

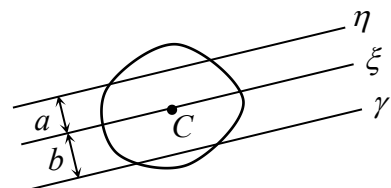
(C) 超静定结构的环境温度变化时，即使所有杆件的热膨胀系数相同仍然会存在温度应力

(D) 超静定结构与对应的静定结构相比整体刚度一般会提高

10. 一平面图形的面积 $A=ka^2$ ，其中 k 是无量纲常数。三条平行轴（ ξ 、 η 、 γ ）之间的间距分别为 a 和 b ， $b=1.5a$ ，其中轴 ξ 通过形心 C 。若平面图形对轴 η 的惯性矩 $I_{\eta}=(k+1)a^4$ ，则对轴 γ 的惯性矩为（ B ）

(A) $(k+2.25)a^4$ (B) $(2.25k+1)a^4$

(C) $(k+3.25)a^4$ (D) $(3.25k+1)a^4$



二、一平面结构由直角折杆 ABC 和 CDE 组成，结构尺寸如图所示，其中 A 端为固定端约束， C 处为中间铰， E 处为活动铰支。在点 B 处作用垂直向下的荷载 qa ，在 BC 上作用线分布荷载，上下两端的荷载集度分别为 0 和 q ；在 CD 上作用图示力偶 qa^2 。试确定 A 、 E 处的约束力。（10 分）

解：取 CDE 折杆进行受力分析（5 分）

$$\sum F_x = 0, F_{Cx} = 0$$

$$\sum F_y = 0, F_{Cy} + F_{Ey} = 0$$

$$\sum M = 0, F_{Ey} \times 2a + qa^2 = 0$$

$$\text{解得： } F_{Cx} = 0, F_{Cy} = \frac{qa}{2}, F_{Ey} = -\frac{qa}{2}$$

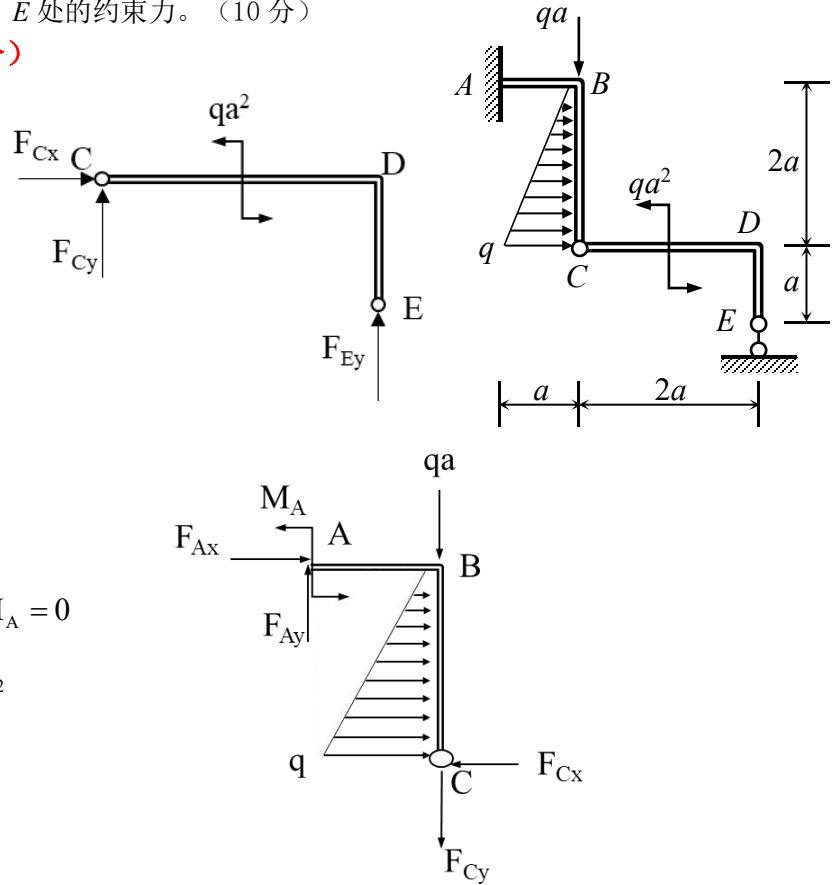
取 ABC 折杆进行受力分析（5 分）

$$\sum F_x = 0, F_{Ax} - F_{Cx} + qa = 0$$

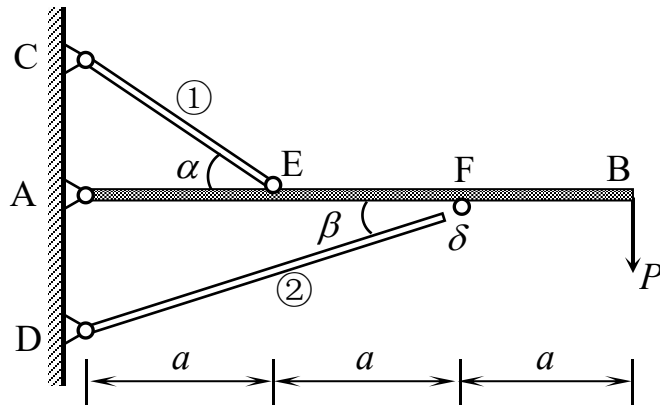
$$\sum F_y = 0, F_{Ay} - qa - F_{Cy} = 0$$

$$\sum M_A = 0, qa^2 + F_{Cy} \times a - qa \times \frac{2}{3} \times 2a - M_A = 0$$

$$\text{解得： } F_{Ax} = -qa, F_{Ay} = \frac{3qa}{2}, M_A = \frac{1}{6}qa^2$$



三、下图所示结构中，水平杆 AB 是刚性杆，长度 $3a=3.0\text{m}$ 。杆①和杆②的自重不计，它们的弹性模量 $E=200\text{GPa}$ ，横截面面积 $S=100\text{mm}^2$ ，与水平杆 AB 的夹角 $\alpha=45^\circ$ ， $\beta=30^\circ$ 。由于加工误差，杆②缩短 $\delta=0.01\text{m}$ 。试确定：当强行装配后并在 B 端作用垂直向下荷载 $P=10\text{kN}$ 时，杆①和杆②的内力。（20 分）



解：变形后结构如图

有变形协调方程：（5 分）

$$2 \frac{\Delta l_1}{\sin \alpha} = \frac{\Delta l_2'}{\sin \beta}$$

杆②需要经过装配，假设杆②受拉，有

$$\Delta l_2' + \Delta l_2 = \delta \quad (4 \text{ 分})$$

对杆件进行受力分析

$$\sum M_A = 0, 3P + 2F_{N2} \times \sin \beta - F_{N1} \times \sin \alpha = 0 \quad (5 \text{ 分})$$

由胡克定律：（4 分）

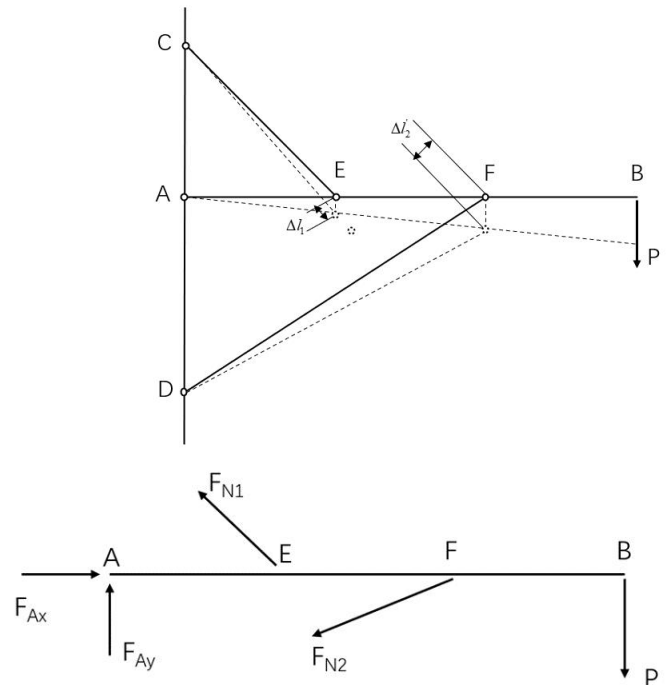
$$\Delta l_1 = \frac{F_{N1} \times l_1}{EA}$$

$$\Delta l_2 = \frac{F_{N2} \times l_2}{EA}$$

$$\text{其中 } \sin \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}, \sin \beta = \frac{1}{2}, l_1 = \sqrt{2}\text{m}, l_2 = \frac{4\sqrt{3}}{3}\text{m}$$

联立以上各式，解得：（2 分）

$$F_{N1} = 74.12\text{kN}, F_{N2} = 22.41\text{kN}$$



四、如图所示阶梯实心圆轴。AB、BC 段的直径分别为 $D_1=300\text{mm}$ ， $D_2=200\text{mm}$ ，材料的剪切模量为 80GPa 。已知轴的转速 $n=50\text{r/m}$ ，输入端功率 $P_A=2000\text{kW}$ ，输出端 $P_B=1500\text{kW}$ 。试给出：（1）圆轴的扭矩图；（2）圆轴的最大切应力；（3）C 截面相对于 A 截面的扭转角。（20分）

解：（6分）

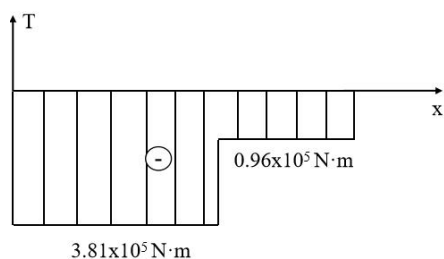
$$M_{eA} = 9549 \times \frac{2000}{50} = 3.82 \times 10^5 \text{N} \cdot \text{m}$$

$$M_{eB} = 9549 \times \frac{1500}{50} = 2.86 \times 10^5 \text{N} \cdot \text{m}$$

$$\text{AB 段内扭矩: } T_1 = -M_{eA} = -3.82 \times 10^5 \text{N} \cdot \text{m}$$

$$\text{BC 段内扭矩: } T_2 = M_{eB} - M_{eA} = -0.96 \times 10^5 \text{N} \cdot \text{m}$$

扭矩图：（4分）



（6分）

$$\text{AB 段内: } \tau_{\max 1} = \frac{T_1}{W_{t1}} = \frac{16|T_1|}{\pi D_1^3} = \frac{16 \times 3.82 \times 10^5}{\pi \times (300 \times 10^{-3})^3} = 72.1 \text{MPa}$$

$$\text{BC 段内: } \tau_{\max 2} = \frac{T_2}{W_{t2}} = \frac{16|T_2|}{\pi D_2^3} = \frac{16 \times 0.96 \times 10^5}{\pi \times (200 \times 10^{-3})^3} = 61.1 \text{MPa}$$

$$\because \tau_{\max 1} > \tau_{\max 2}, \therefore \tau_{\max} = \tau_{\max 1} = 72.1 \text{MPa}$$

B 相对 A 的转角：（4分）

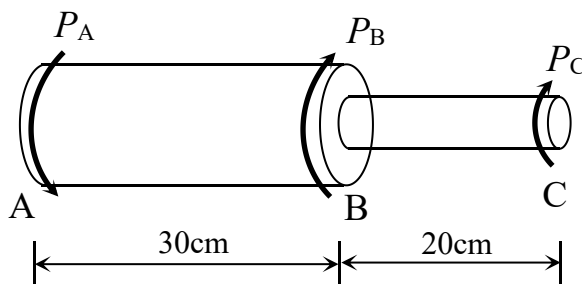
$$\varphi_1 = \frac{T_1 l_{AB}}{G I_{p1}} = \frac{32 T_1 l_{AB}}{G \pi D_1^4} = -\frac{32 \times 3.82 \times 10^5 \times 30 \times 10^{-2}}{80 \times 10^9 \times \pi \times (300 \times 10^{-3})^4} = -1.8 \times 10^{-3} \text{rad} \curvearrowright$$

C 相对 B 的转角：

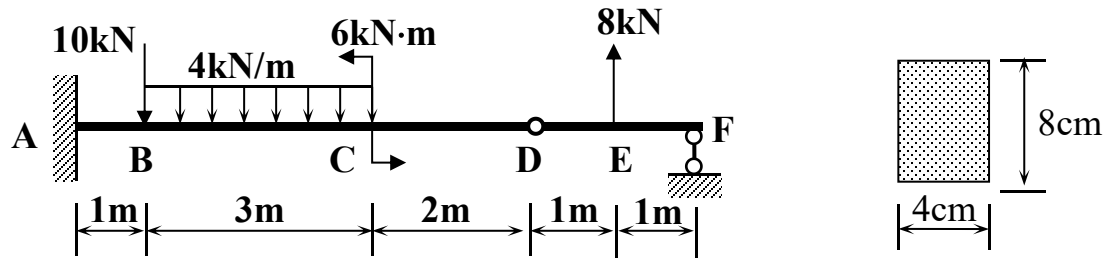
$$\varphi_2 = \frac{T_2 l_{BC}}{G I_{p2}} = \frac{32 T_2 l_{BC}}{G \pi D_2^4} = -\frac{32 \times 0.96 \times 10^5 \times 20 \times 10^{-2}}{80 \times 10^9 \times \pi \times (200 \times 10^{-3})^4} = -1.53 \times 10^{-3} \text{rad} \curvearrowright$$

C 相对 A 的扭转角：

$$\varphi = (\varphi_1 + \varphi_2) \times \frac{180^\circ}{\pi} = -0.191^\circ \curvearrowright$$



五、图示梁 AF 所受载荷如图所示。下右为其矩形截面示意图。试确定：（1）固定端 A 和滑动铰 F 的约束力；
（2）直接画出梁的剪力图和弯矩图；（3）梁的最大弯曲正应力 σ_{\max} 和最大弯曲切应力 τ_{\max} 。（20分）



解：（1）对 DF 段进行受力分析（8分）

易知 DF 是对称结构对称载荷，

$$\text{故： } F_{Dx} = 0, F_{Dy} = F_{Fy} = -\frac{8}{2} = -4\text{kN}$$

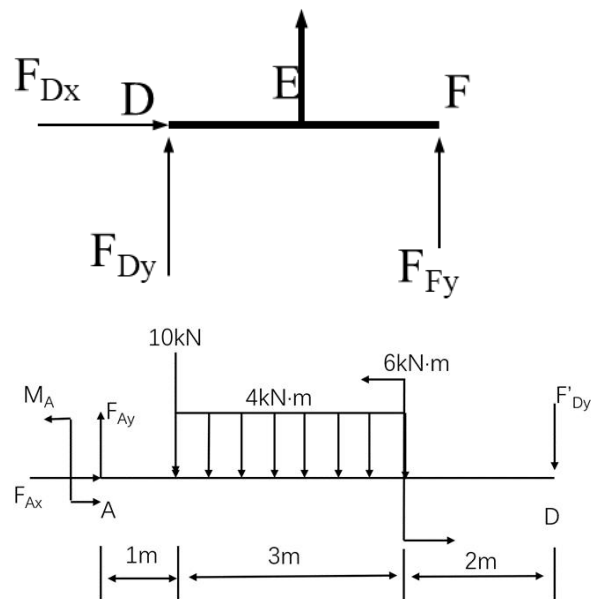
取 AD 段受力分析

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

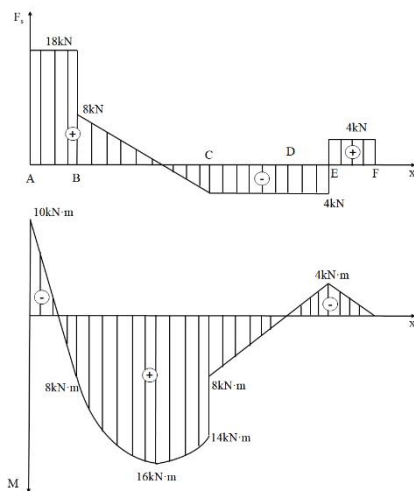
$$\sum F_y = 0, F_{Ay} - 10 - 3 \times 4 - F'_{Dy} = 0$$

$$\sum M_A = 0, F'_{Dy} \times 6 + 3 \times 4 \times 2.5 + 10 - 6 - M_A = 0$$

$$\text{解得： } F_{Ay} = 18\text{kN}, F_{Ax} = 0, M_A = 10\text{kN} \cdot \text{m}$$



（2）剪力图和弯矩图如图所示：（8分）



（3）由弯矩图可知，梁的最大弯矩出现在 BC 段中间截面某处，（4分）

$$\text{最大弯矩 } M_{\max} = 16\text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{6 \times 16 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{m}}{4 \times 10^{-2} \times (8 \times 10^{-2})^2 \text{ m}^3} = \frac{96 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{m}}{256 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 0.375 \times 10^9 \text{ Pa} = 375 \text{ Mpa}$$

由剪力图，最大剪应力在 AB 段上， $F_{s\max} = 18\text{kN}$

$$\tau_{\max} = \frac{3}{2} \times \frac{18 \times 10^3}{8 \times 4 \times 10^{-4}} = 8.44 \text{MPa}$$