

北京工业大学 2013—2014 学年第 2 学期

工程力学 III

》期末考试试卷

北京工业大学 2013—2014 学年第 2 学期

工程力学 III

》期末考试试卷 A 卷

考试说明：2014 年 6 月 13 日 09:55-11:30；交通工程、测控技术与仪器；闭卷

承诺：

本人已学习了《北京工业大学考场规则》和《北京工业大学学生违纪处分条例》，承诺在考试过程中自觉遵守有关规定，服从监考教师管理，诚信考试，做到不违纪、不作弊、不替考。若有违反，愿接受相应的处分。

承诺人：_____ 学号：_____ 班号：_____

注：本试卷共 6 大题，共 12 页，满分 100 分，考试时必须使用卷后附加的统一答题纸和草稿纸。

卷面成绩汇总表 (阅卷教师填写)

题号	一	二	三	四	五	六	总成绩
满分	24	16	16	18	16	10	100
得分							好成绩

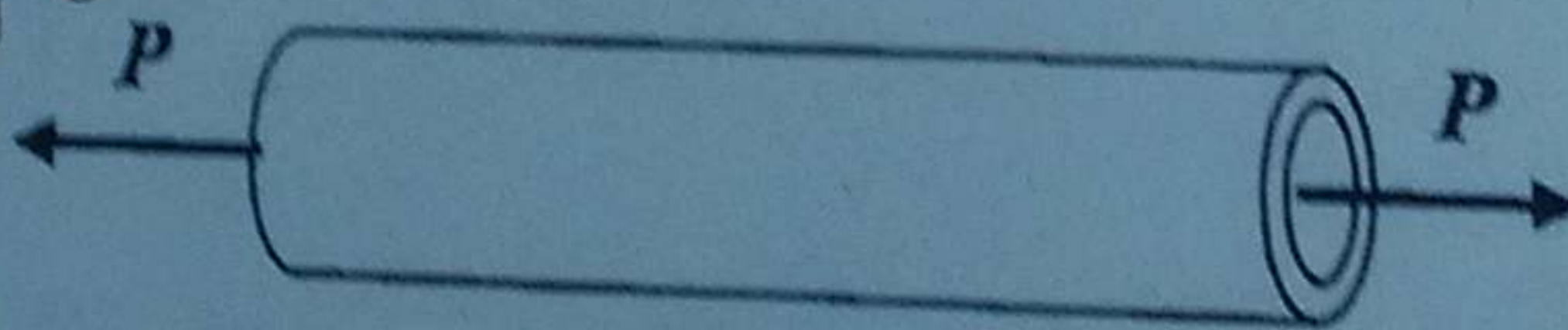
得分

一、单项选择题 (将唯一的正确答案 A、B、C 或 D 填入对应的括号中) (每题 3 分，共 24 分)

1. 低碳钢(Q235)拉伸试验中，您所测得的屈服极限更接近下面哪一个值(B)。

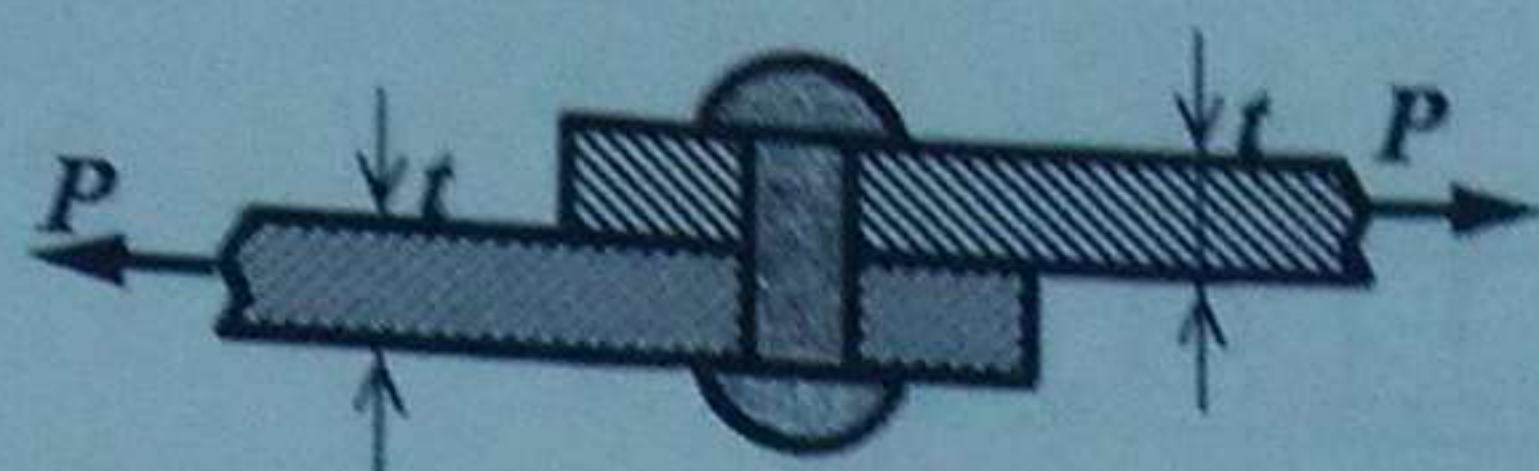
A. 160MPa; B. 250MPa; C. 500MPa; D. 200GPa。

2. 如图，壁厚均匀的圆钢管受到轴向均匀拉伸时，其横截面 (D)。



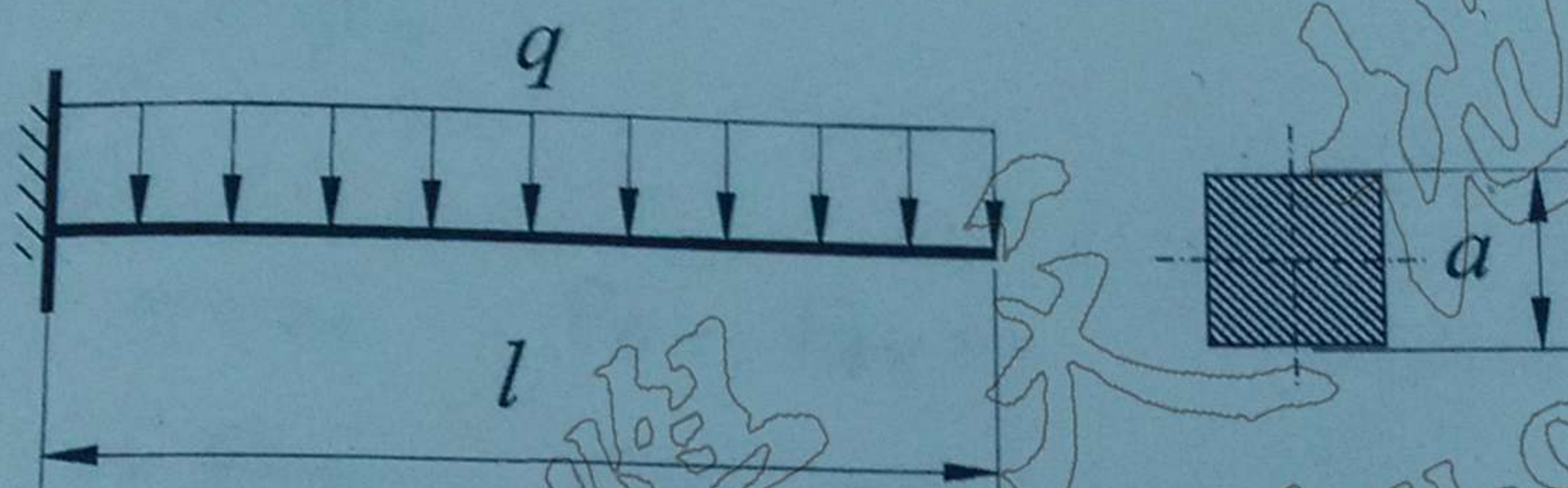
- A. 内壁半径增大，外壁半径减小； B. 内壁与外壁半径均增大；
C. 内壁半径减小，外壁半径增大； D. 内壁与外壁半径均减小。

3. 结构如图，铆接接头板厚 t ，铆钉直径 d ，载荷大小为 P 。如果要校核铆钉的剪切强度，则计算其剪切面积为 (A)。



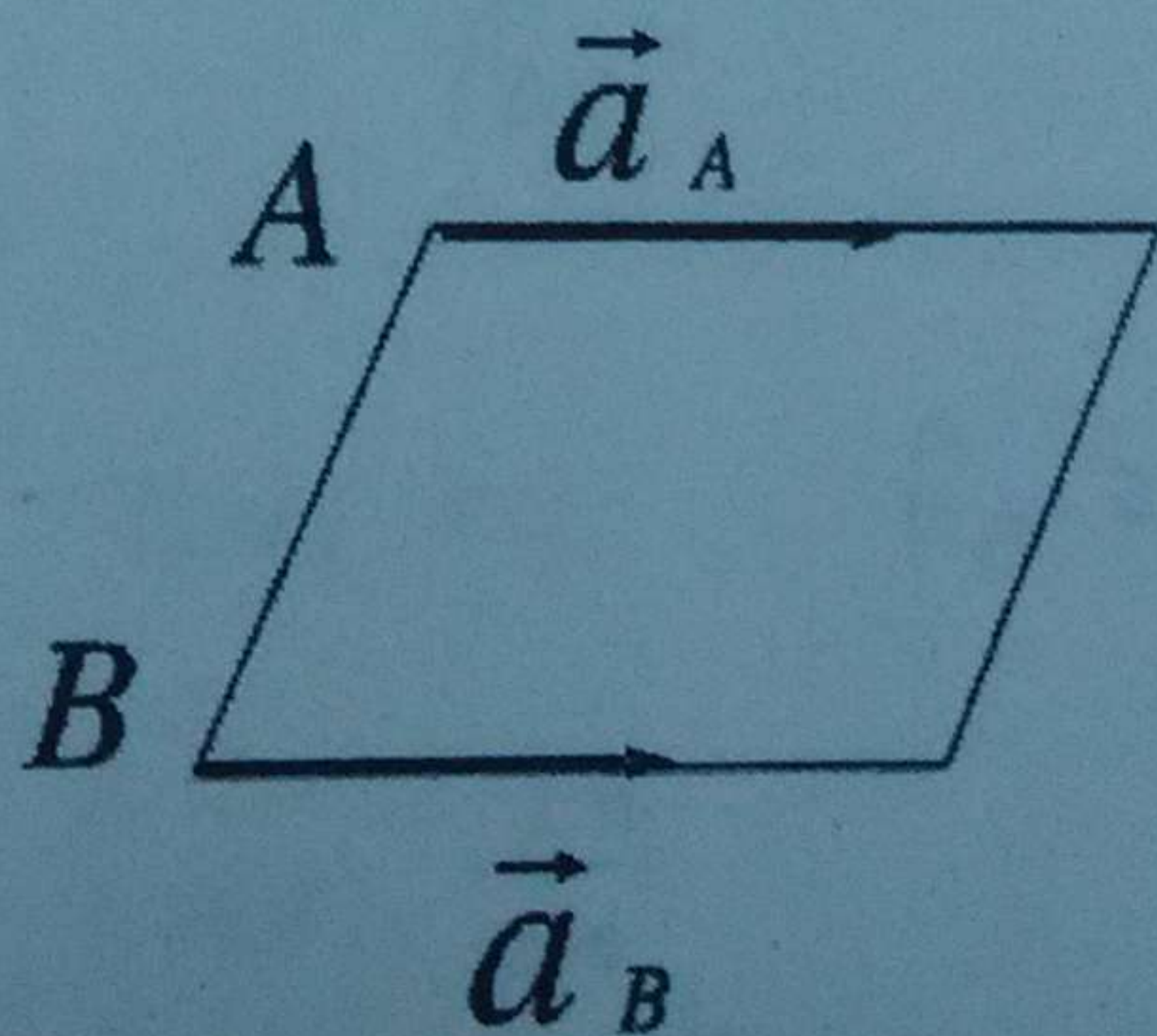
- A. $\pi d^2/4$; B. dt ; C. $\pi dt/2$; D. $2dt$ 。

4. 图示正方形截面悬臂梁，若边长 a 增大到原先的两倍而保持其他参数不变，则梁的最大应力减小至原来的 (C)。



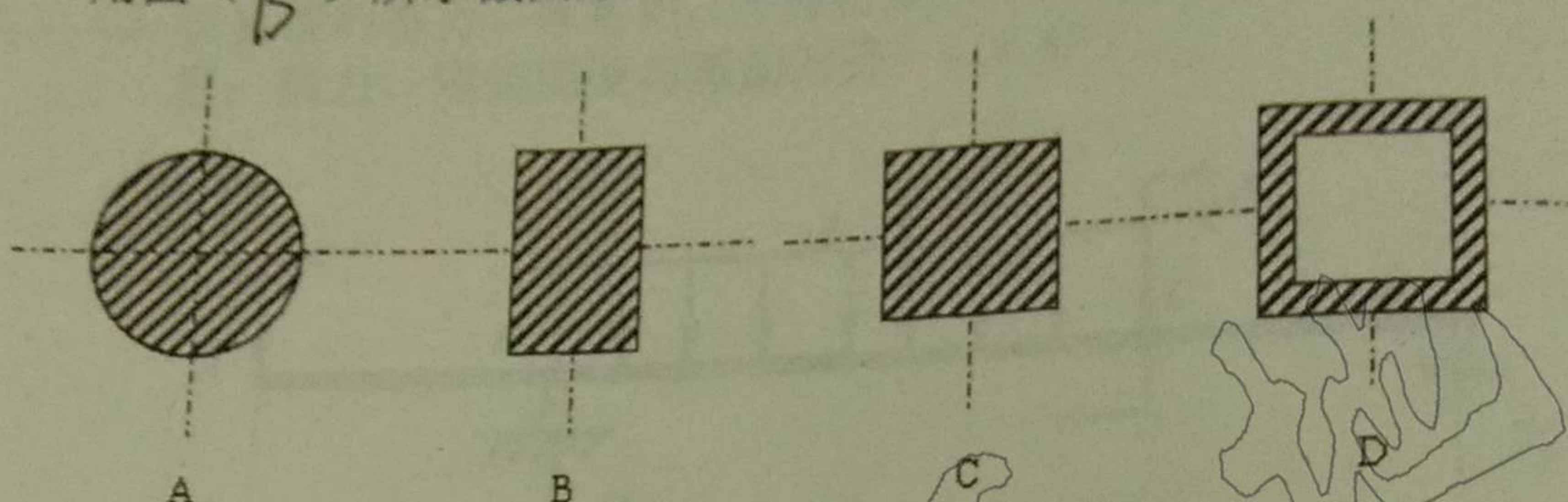
- A. $1/2$; B. $1/4$; C. $1/8$; D. $1/16$ 。

5. 如图所示，菱形平面图形上 A 、 B 两点的加速度大小相等、方向相同，则该平面图形的角速度 ω 及角加速度 α 为 (A)。

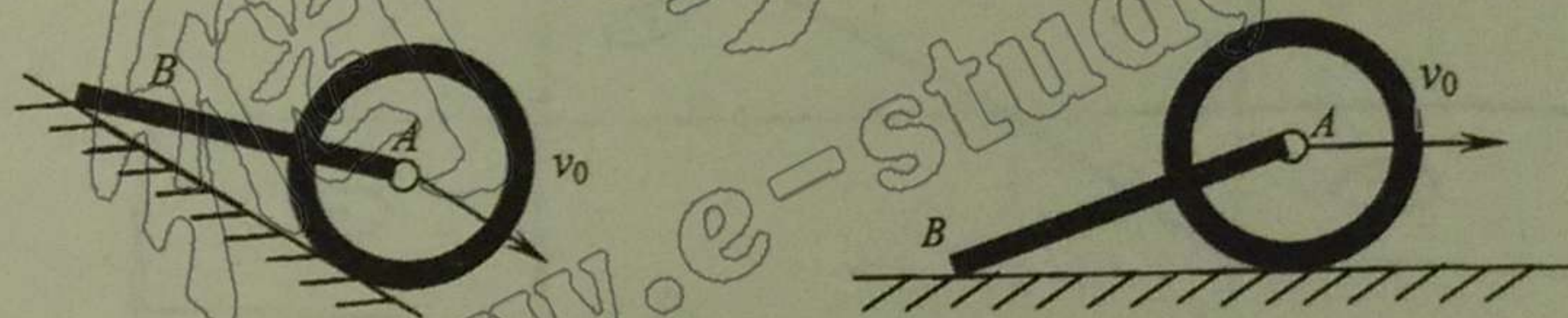


- A. $\omega=0$, $\alpha=0$; B. $\omega \neq 0$, $\alpha \neq 0$; C. $\omega=0$, $\alpha \neq 0$; D. $\omega \neq 0$, $\alpha=0$

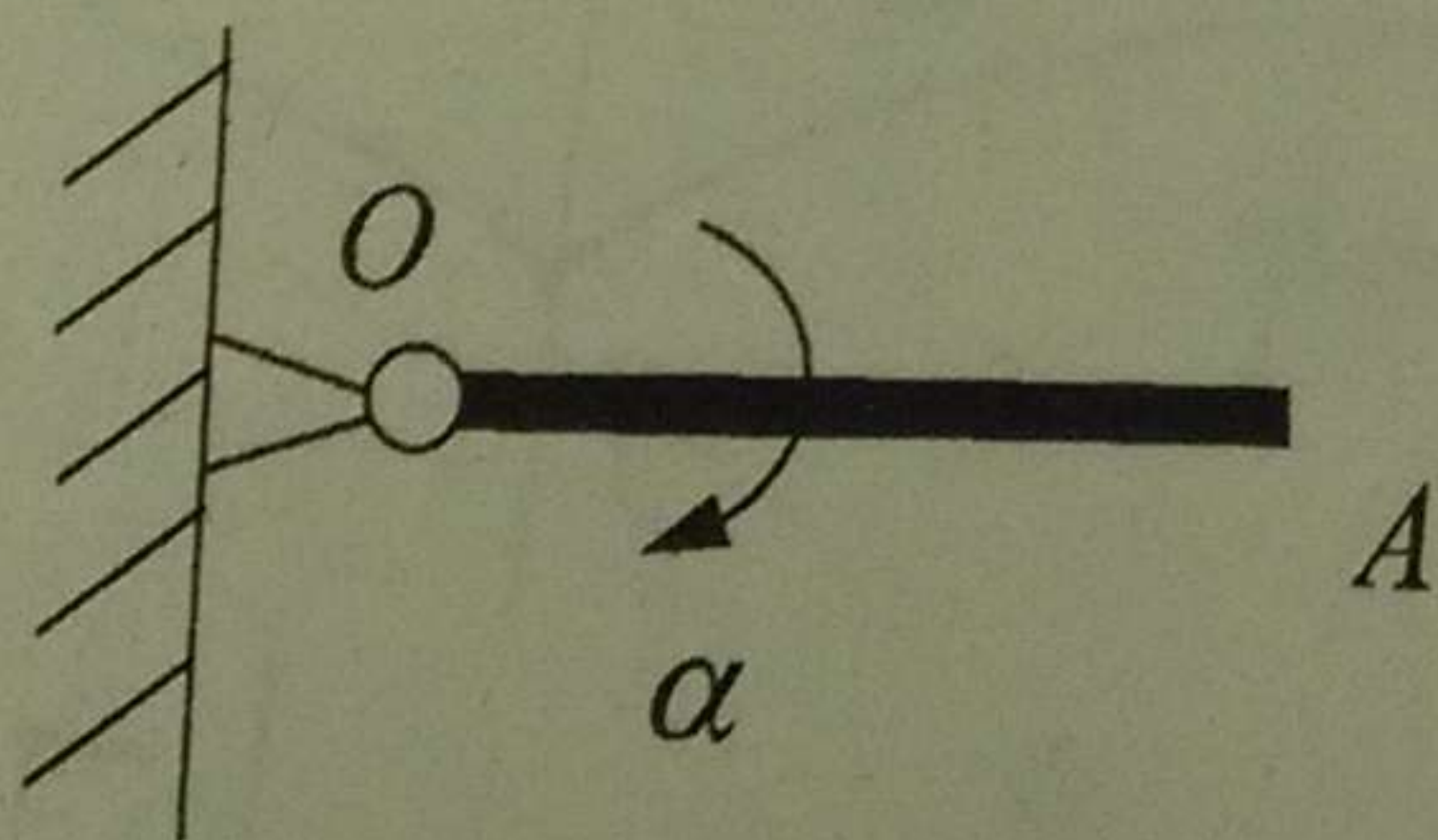
6. 压杆两端为球形铰，在横截面积及其他条件均相同的情况下，采用图 (B) 所示截面形状时稳定性最差。



7. 圆环和直杆质量均为 m ，圆环直径与杆长均为 l ，圆环为纯滚，其中心点 A 速度大小为 v_0 。如下图所示，分别放置在斜面和水平面上运动(不脱离)，此时两种情况下有 (D)。



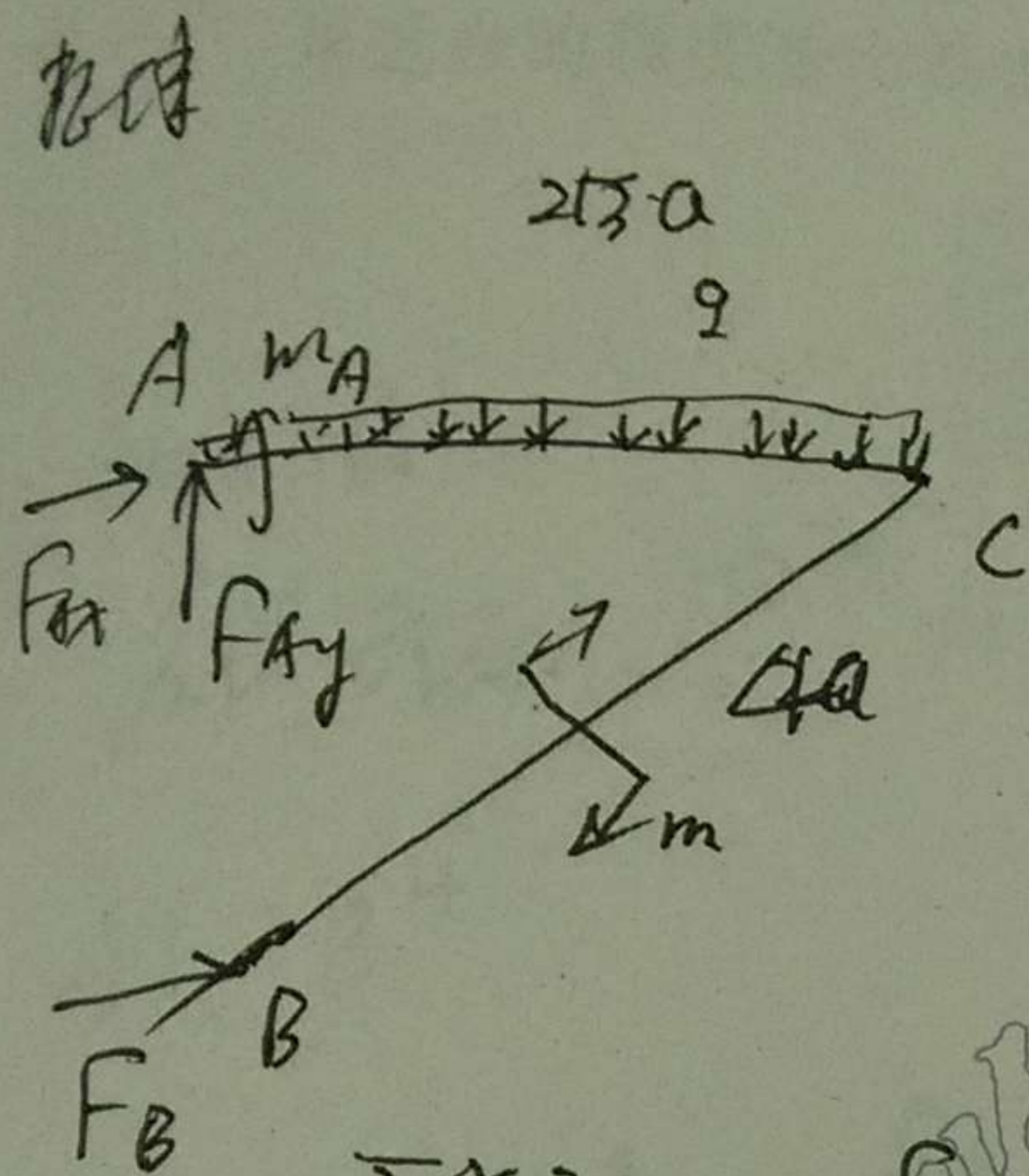
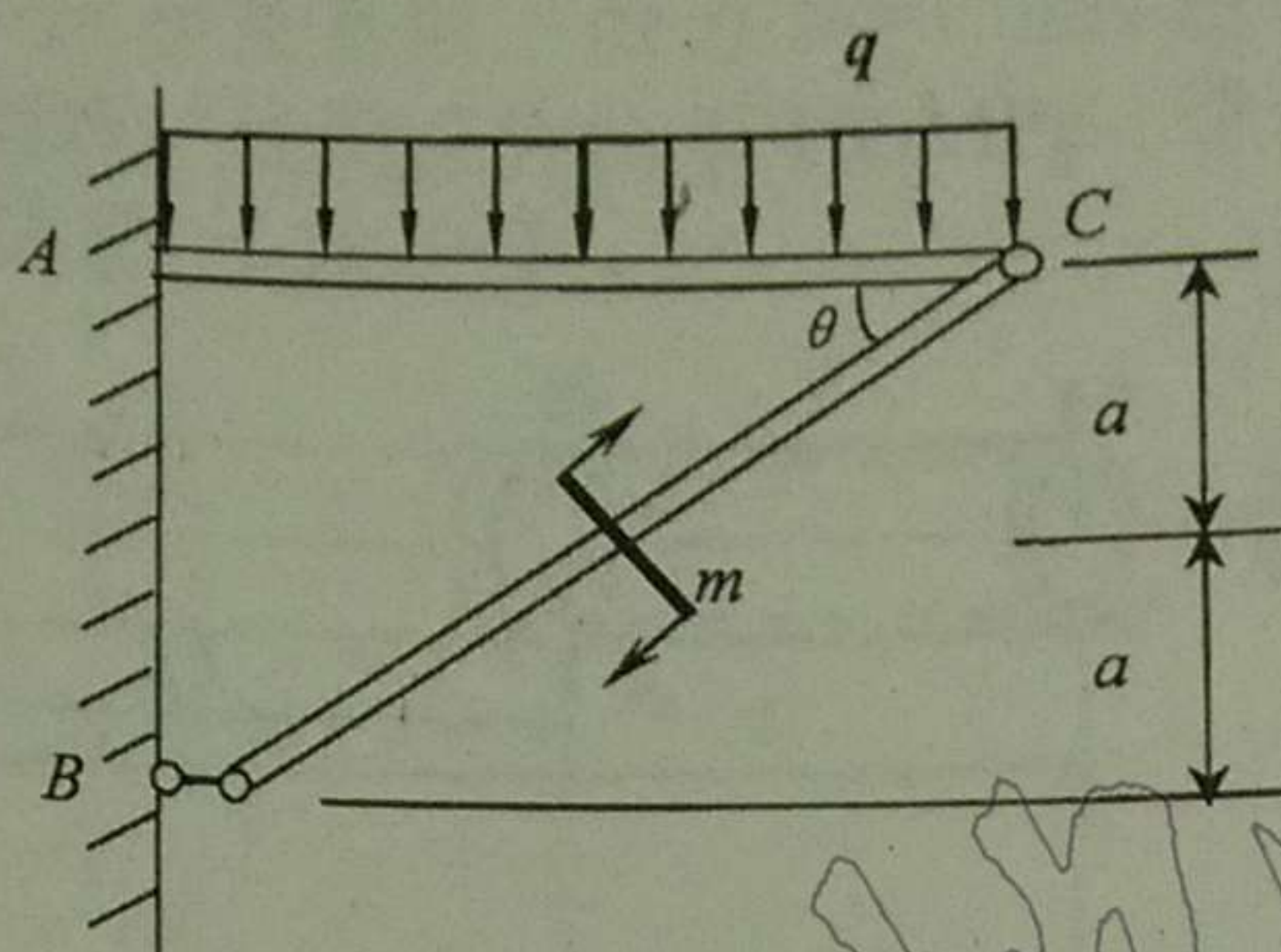
- A. 动能相同，动量相同； B. 动能不同，动量不同；
C. 动能不同，动量相同； D. 动能相同，动量不同。
8. 图中 OA 为长度 l ，质量 m 的均质杆，以匀角加速度 α 绕 O 点从图示位置开始运动。则 OA 杆在此时所受的惯性力主矢大小为 (C)。



- A. 0; B. mg ; C. $\frac{1}{2}m\alpha l$; D. $m\alpha l$ 。

得分

二、两根刚性杆组成如图夹角 $\theta=30^\circ$ 的结构，已知 AC 杆上承受均布载荷 q 、BC 杆的中点作用有力偶 m 。求：A、B 端的约束反力。(16 分)



$$\sum X = 0$$

$$F_B + F_{Ax} = 0$$

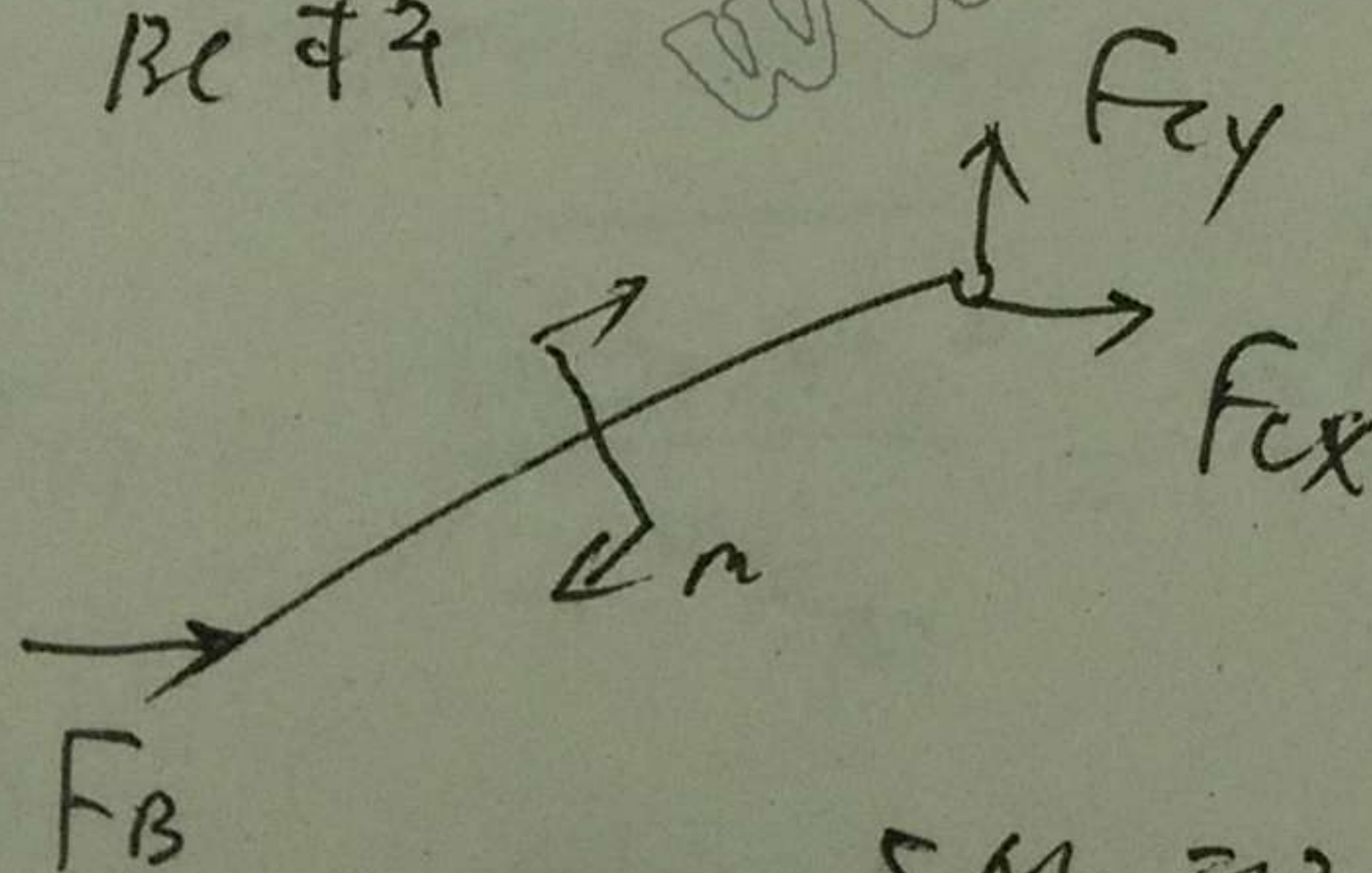
$$\sum Y = 0$$

$$F_{Ay} - q \cdot 2\sqrt{3}a = 0$$

$$\sum M_A = 0$$

$$m + F_B \cdot 2a - m - q \cdot 2\sqrt{3}a \cdot \sqrt{3}a = 0$$

BC 杆



$$\sum M_C = 0$$

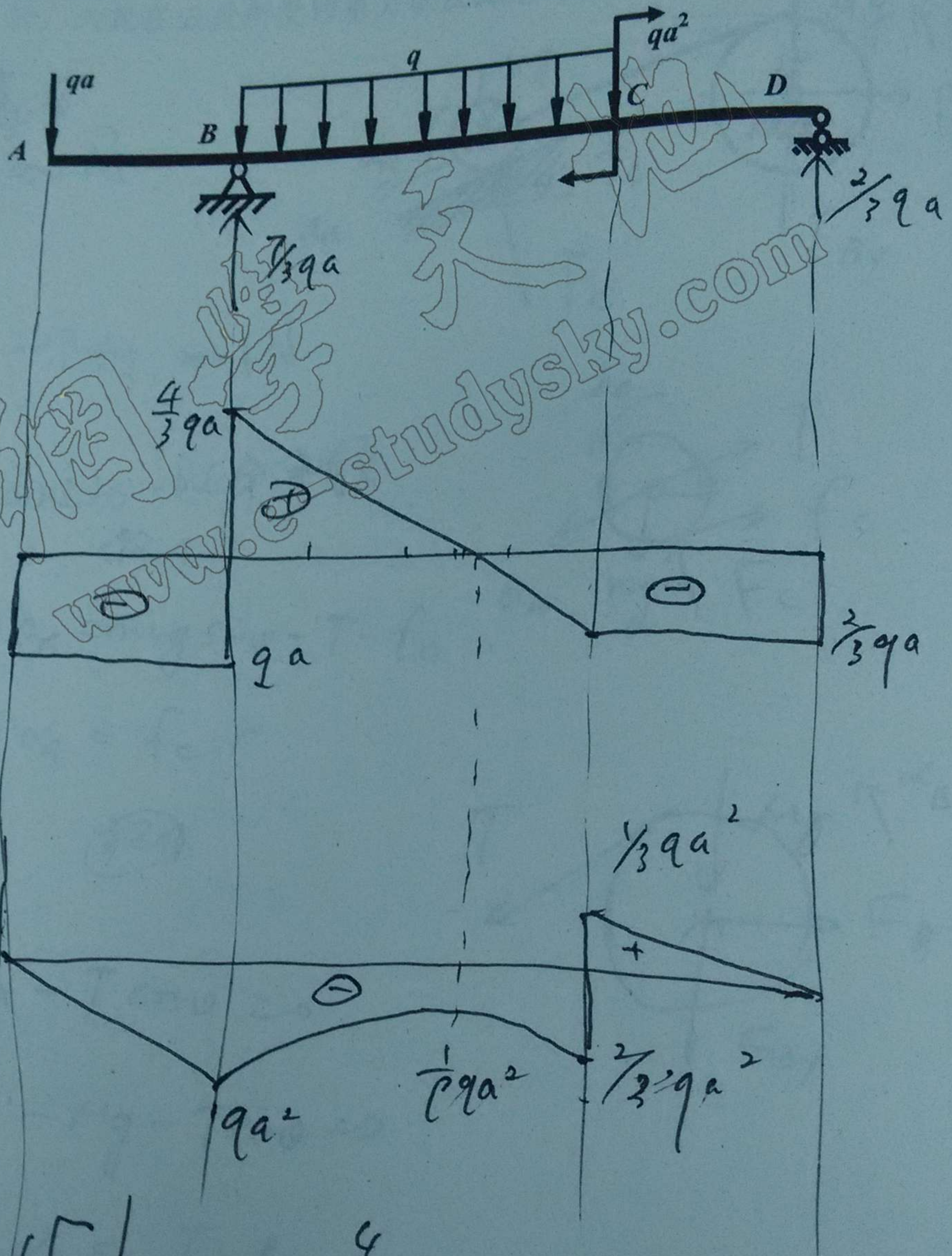
$$F_B \cdot 2a - m = 0$$

结果

$$\begin{cases} F_B = \frac{m}{2a} \\ F_{Ax} = -\frac{m}{2a} \\ F_{Ay} = 2\sqrt{3}qa \\ M_A = 6qa^2 \end{cases}$$

得分

三、图示直梁分别受到均匀分布载荷 q 、集中力 qa 和集中力偶 qa^2 的作用，其中各段杆长为 $AB=CD=a$ ， $BC=2a$ 。请画出该直梁的剪力、弯矩图，并给出最大弯矩和最大剪力值。（注意：剪力、弯矩图要与原图对齐）（16 分）

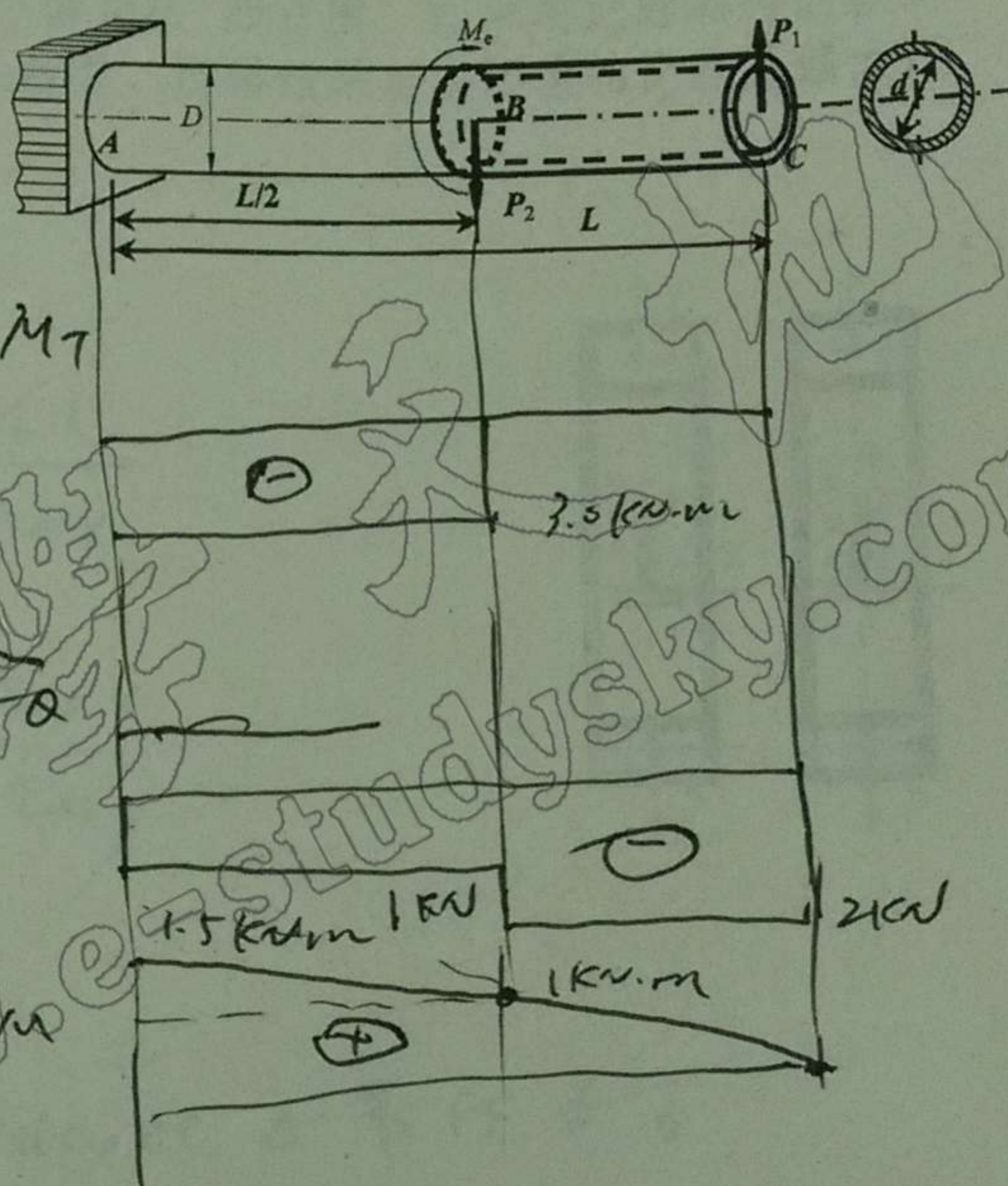


$$|F_Q|_{\max} = \frac{4}{3}qa$$

$$(M)_{\max} = qa^2$$

得分

四、如下图圆轴，长度 $L=1\text{m}$ ，左端截面 A 固定，外径 $D=60\text{mm}$ ，左半段 AB 段为实心，右半段 BC 段为空心，内径 $d=40\text{mm}$ 。右端截面 C 受到竖直向上的力 $P_1=2.0\text{kN}$ 。中间截面 B 左侧同时受到外力偶矩 $M_e=3.0\text{kN}\cdot\text{m}$ 和竖直向下的力 $P_2=1.0\text{kN}$ 的作用。已知该轴由塑性材料制成，许用应力 $[\sigma]=100\text{MPa}$ ，请采用适当的强度理论校核其强度。(18 分)



① 轴为圆轴

② 轴为圆轴

A^+, B^+

③ A^+ 弯矩为 1.5 kN.m

B^+ 弯矩为 2 kN.m

④ A^+ 弯矩为 1.5 kN.m
 $M_T = -3.0\text{kN}\cdot\text{m}$

$$\textcircled{5} A^+: \sigma_{r3} = \frac{\sqrt{M_{A^+}^2 + M_T^2}}{W_{zA^+}} = \frac{\sqrt{1.5^2 + 3.0^2} \text{ kN}\cdot\text{m}}{\frac{1}{32} \pi (60\text{mm})^3} = 166.7 \text{ MPa} > 100 \text{ MPa} = [\sigma]$$

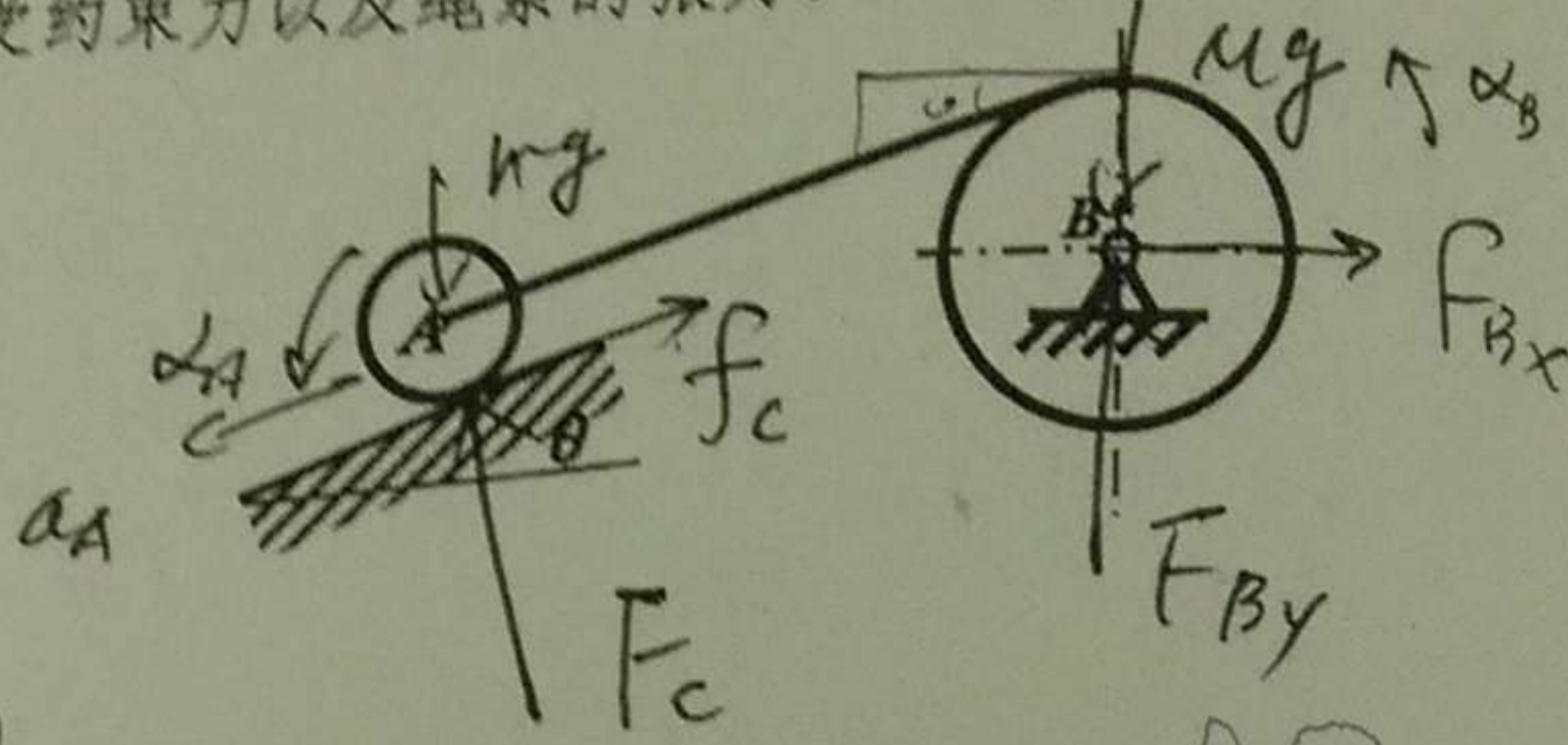
$$\textcircled{6} B^+: \sigma = \frac{M_{B^+}}{W_{zB^+}} = \frac{1.0 \text{ kN}\cdot\text{m}}{\frac{1}{32} \pi (60\text{mm})^3 \left[1 - \left(\frac{40\text{mm}}{60\text{mm}} \right)^4 \right]} = 58.8 \text{ MPa} < 100 \text{ MPa} = [\sigma]$$

⑦ 故 A^+ 应力不足， B^+ 应力不足。

得分

五、系统由两个均质圆轮组成，绳子一端系在半径为 r 、质量为 m 的小轮中心 A 处，一端绕在半径为 R 、质量为 M 的大轮上。小轮放置在倾角为 θ 的斜面上，大轮中心置于固定铰链 B 上。小轮由静止开始向下纯滚时，大轮在 B 处所受约束力以及绳索的张力。(16 分)

① 受力分析



② 运动分析

③ 平衡方程

$$\begin{cases} m a_A = m g \sin \theta - T - f_c \\ J_A \cdot \alpha_A = f_c \cdot r \end{cases}$$

$$F_{Bx} - T \cos \theta = 0$$

$$\begin{cases} F_{By} - Mg - T \sin \theta = 0 \\ J_B \cdot \alpha_B = T \cdot R \end{cases}$$

$$\alpha_A \cdot r = a_A, \quad \alpha_B \cdot R = a_A$$

$$T = \frac{m M g \sin \theta}{3m + M}, \quad F_{Bx} = \frac{m M g \sin \theta}{3m + M}$$

$$F_{By} = Mg + \frac{m M g \sin \theta}{3m + M}$$

得分

1. 请利用实
2. 理论上纵

$E =$

$\mu =$

2. 求

求

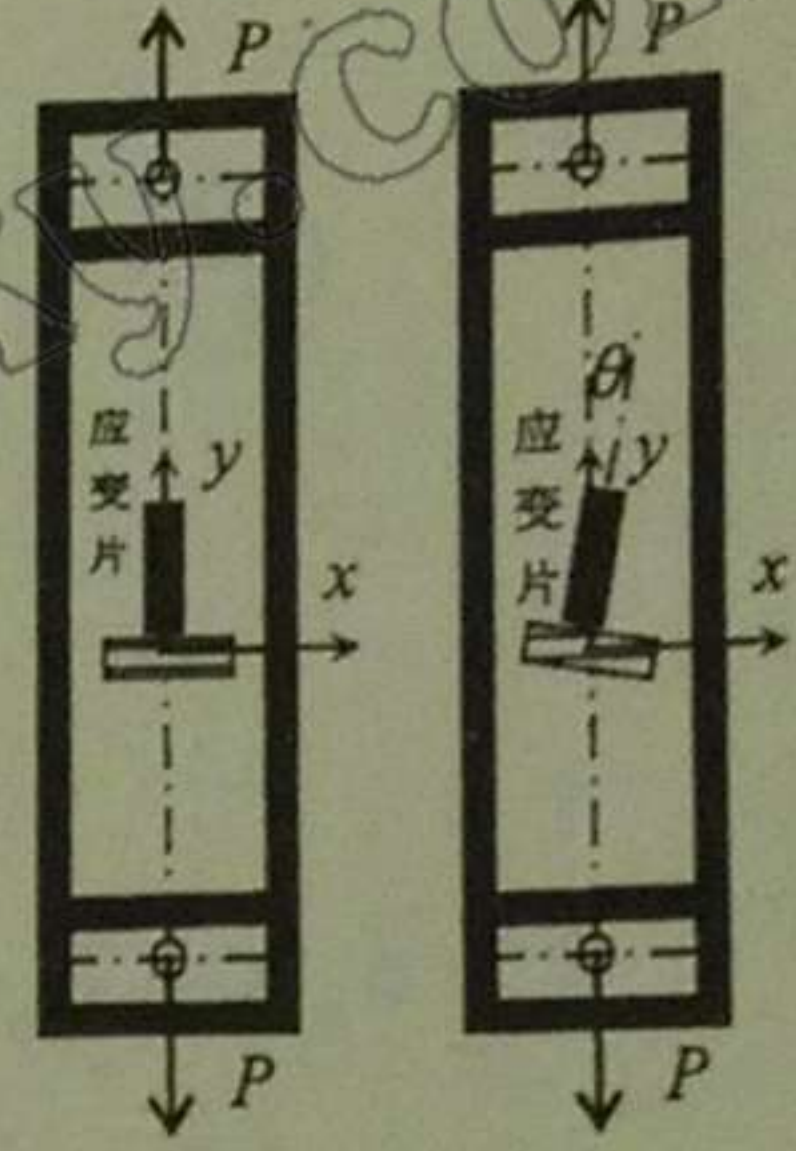
得分

六、实验中通过电测法测定材料弹性模量和泊松比。经测量得到平板试件宽度为 h 、厚度为 b 。某一次载荷传感器测得载荷 P ，应变仪测得纵向应变读数 ε_{dsy} 、横向应变读数 ε_{dsx} 。(10 分)

1. 请利用实验中测得的参数推导出弹性模量 E 和泊松比 μ 的表达式；
2. 理论上纵向应变片应如左图所示严格沿着轴线，但实际粘贴方向往往与轴线存在一个较小偏角 θ ，如右图。如果用此时测得的纵向应变读数 ε_{dsy} 来计算弹性模量，所得结果与实际值相比较是偏大还是偏小？为什么？

$$\frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{P/bh}{\varepsilon_{dsy}}$$

$$\mu = -\frac{\varepsilon'}{\varepsilon} = -\frac{\varepsilon_{dsx}}{\varepsilon_{dsy}}$$



2. 若 $\theta = 0$ 时， ε_{dsy} 与 ε_{dsx} 成正比，
若 $\theta \neq 0$ 时， ε_{dsy} 与 ε_{dsx} 不成正比，偏大。

$$r = \mu g + \frac{m \mu g}{3m + m_1} \sin^2 \theta \quad (\uparrow)$$

附录: 您可能用到的公式 (不包括完成试卷需要的所有公式; 所有公式也不全为完成试卷所需)

1 静力学平衡条件:

$$\Sigma \vec{F} = 0, \Sigma \vec{M} = 0$$

$$\Sigma F_x = 0, \Sigma F_y = 0, \Sigma F_z = 0$$

$$\Sigma M_x = 0, \Sigma M_y = 0, \Sigma M_z = 0$$

2 应力定义:

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta A}$$

3 胡克定律:

$$\sigma = E\varepsilon, \tau = G\gamma$$

4 泊松比:

$$-\mu = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon}$$

5 轴向拉压应力与变形:

$$\sigma = \frac{F_N}{A}, \Delta l = \frac{F_N l}{EA}$$

6 轴向拉压强度条件:

$$\sigma_{\max} = \left(\frac{F_N}{A} \right)_{\max} \leq [\sigma], [\sigma] = \frac{\sigma_u}{n}$$

7 圆轴扭转应力与变形:

$$\tau_\rho = \frac{M_T \rho}{I_p}, \frac{d\phi}{dx} = \frac{M_T}{GI_p}, \phi = \frac{M_T l}{GI_p}$$

7 圆轴扭转强度条件:

$$\tau_{\max} = \frac{M_T}{W_p} \leq [\tau]$$

8 载荷集度、剪力与弯矩微分关系:

$$\frac{dF_Q}{dx} = q, \frac{dM}{dx} = F_Q, \frac{d^2 M}{dx^2} = q$$

9 弯曲应力与强度条件:

$$\sigma = \frac{My}{I_z}, \sigma_{\max} = \frac{M}{W_z} \leq [\sigma]$$

10 弯曲变形:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI_z}, \theta = y'(x), y'' = \frac{M(x)}{EI}$$

$$y = \int y' dx = \iint y'' dx dx = \frac{\iint M(x) dx dx}{EI} = \frac{\iiint F_Q(x) dx dx dx}{EI} = \frac{\iiint \iiint q(x) dx dx dx dx}{EI}$$

11 压杆稳定临界力:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{l^2}, P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(\mu l)^2}$$

12 平面应力状态主应力计算:

$$\begin{cases} \sigma_{\max} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \\ \sigma_{\min} \end{cases} \quad \tan 2\alpha_0 = -\frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y}$$

13 平面应力状态斜截面上应力计算:

$$\sigma_\alpha = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\alpha - \tau_x \sin 2\alpha \quad \tau_\alpha = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\alpha + \tau_x \cos 2\alpha$$

14 相当应力:

$$\sigma_{r1} = \sigma_1, \sigma_{r3} = \sigma_1 - \sigma_3, \sigma_{r4} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}$$

15 组合变形强度条件:

$$\sigma_{r1} \leq [\sigma], \sigma_{r3} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}, \sigma_{r4} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}, \sigma_{r3 \text{ 圆轴弯曲}} = \frac{\sqrt{M^2 + M_T^2}}{W}, \sigma_{r4 \text{ 圆轴弯曲}} = \frac{\sqrt{M^2 + 0.75M_T^2}}{W}$$

16 广义胡克定律:

$$\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} - \mu \left(\frac{\sigma_y}{E} + \frac{\sigma_z}{E} \right), \varepsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} - \mu \left(\frac{\sigma_x}{E} + \frac{\sigma_z}{E} \right), \varepsilon_z = \frac{\sigma_z}{E} - \mu \left(\frac{\sigma_x}{E} + \frac{\sigma_y}{E} \right)$$

17 剪切挤压强度条件:

$$\sigma_{bs} = \frac{P_{bs}}{A_{bs}}, \tau = \frac{Q}{A}$$

18 速度加速度定义:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}, \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}, \vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k}, \vec{a} = a_r\vec{e}_r + a_n\vec{e}_n + a_b\vec{e}_b$$

19 速度加速度合成:

$$\vec{v}_a = \vec{v}_e + \vec{v}_r, \vec{a}_a = \vec{a}_e + \vec{a}_r + \vec{a}_c$$

20 速度加速度基点法:

$$\vec{v}_A = \vec{v}_B + \vec{v}_{BA}, \vec{a}_A = \vec{a}_B + \vec{a}_{BA}^t + \vec{a}_{BA}^n$$

21 动量定理:

$$\vec{p} = \sum m\vec{v}_i, \frac{d\vec{p}}{dt} = \sum \vec{F}_i^e$$

22 动量矩定理:

$$L_c = L'_c = J_c\omega, \frac{dL_c}{dt} = \sum \vec{m}_c(\vec{F}_i^e), \sum M_c(F_i^e) - J_c\alpha = 0$$

23 功与动能定理:

$$T = \frac{1}{2}mv_c^2 + \frac{1}{2}J_c\omega^2, T_2 - T_1 = \sum W_i, dT = \delta W, J_{c \text{ 圆}} = \frac{1}{2}mr^2, J_{c \text{ 杆}} = \frac{1}{12}ml^2$$

24 达朗贝尔原理:

$$\vec{F} + \vec{F}_N + \vec{F}_g = 0, \vec{F}_g = -m\vec{a}_C, M_{gC} = -J_C\alpha = -\frac{dL_C}{dt}$$

$$F_x + F_{Nx} + F_{gx} = \sum_i F_x = 0; F_y + F_{Ny} + F_{gy} = \sum_i F_y = 0; F_z + F_{Nz} + F_{gz} = \sum_i F_z = 0$$

25 平面图形几何性质:

$$I_z = \frac{\pi d^4(1-\alpha^4)}{64}, I_p = \frac{\pi d^4(1-\alpha^4)}{32}, W_z = \frac{\pi d^3(1-\alpha^4)}{32}, W_p = \frac{\pi d^3(1-\alpha^4)}{16}, I_{\text{矩形}} = \frac{bh^3}{12}, W_{\text{矩形}} = \frac{bh^2}{6}$$