

# 全国硕士研究生招生考试模拟

## 考试科目：机械原理

### 考生注意事项

- 1.答题前，考生在试题册指定位置上填写考生编号和考生姓名；在答题卡指定位置上填写报考单位、考生姓名和考生编号，并涂写考生编号信息点。
- 2.考生须把试题册上的“试卷条形码”黏贴条取下，黏贴在答题卡的“试卷条形码黏贴位置”框中，不按规定黏贴条形码而影响评卷结果的，责任由考生自负。
- 3.选择题的答案必须涂写在答题纸和相应题号的选项上，非选择题的答案必须书写在答题卡指定位置的边框区域内，超出答题区域书写的答案不小；在草稿纸、试题册上答题无效。
- 4.填（书）写部分必须使用黑色字迹签字笔书写，字迹工整、笔迹清楚。
- 5.考试结束，将答题纸和试题册按规定交回。

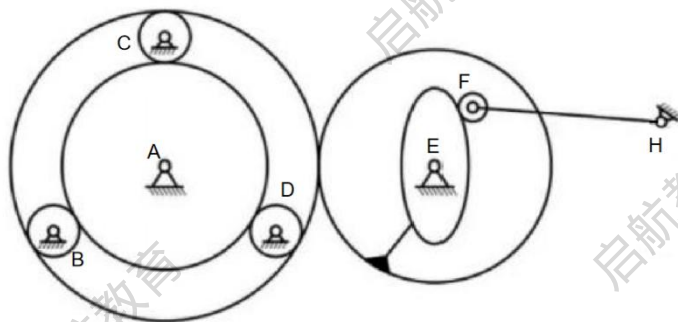
(以下信息考生必须认真填写)

|      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 考生编号 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 考生姓名 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

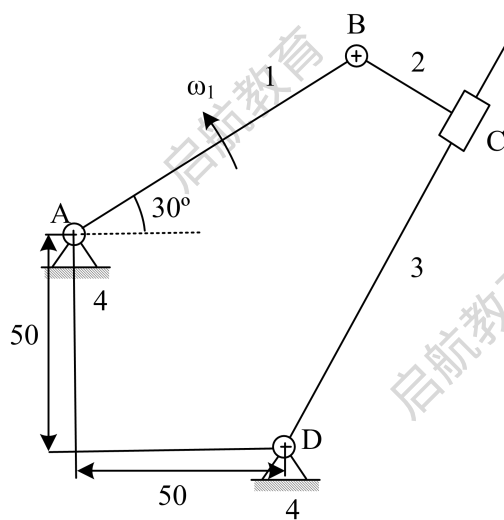
1.下面杆组为机构拆分之后的结果，根据杆组拆分的机构结果任意组合杆组，至少设计出两种机构满足下列拆分杆组的结果。（10分）



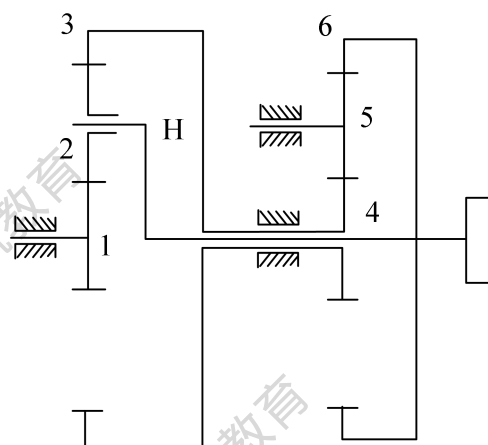
2.求解下列结构的自由度，有局部自由度、虚约束、复合铰链则需要说明（20分）



3. 下图所示的运动简图中,  $L_{AB} = 80\text{mm}$ ,  $L_{BC} = 30\text{mm}$ ,  $\omega_1 = 10\text{rad/s}$ , 其他尺寸如图, 求  $\omega_3$ ,  $\varepsilon_3$ 。(25分)



4. 图3所示轮系中, 已知  $z_1 = 18$ ,  $z_2 = 20$ ,  $z_3 = 58$ ,  $z_4 = 20$ ,  $z_5 = 18$ ,  $z_6 = 56$ , 若  $n_1 = 1000\text{r/min}$ , 转向如图所示, 试分析该轮系的类型及组成, 并求  $n_6$  的大小和方向。(15分)

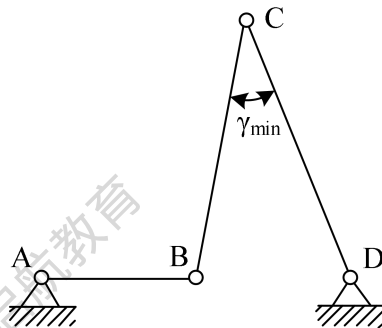


5. 图示为一曲柄摇杆机构。已知连杆的长度为  $l_{BC} = 34\text{mm}$ ，摇杆的长度为  $l_{CD} = 36\text{mm}$ ，机架杆的长度为  $l_{AD} = 40\text{mm}$ 。试求：

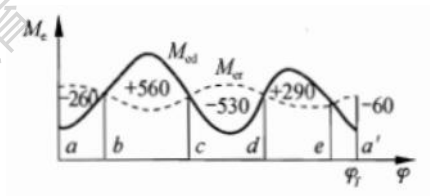
(1) 确定曲柄长度  $l_{AB}$  的取值范围；

(2) 在图示曲柄与机架重叠为直线位置时，试分析曲柄的长度  $l_{AB}$  为何值时，传动角  $\gamma$  最小？并求出该最小传动角  $\gamma_{\min}$ ；

(3) 若取曲柄的长度  $l_{AB} = 15\text{mm}$ ，该机构是否存在急回特性？试计算出行程速比系数  $K$ 。（20分）

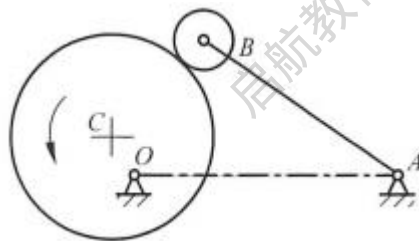


6. 例题某机械在稳定运转过程中转化到其曲柄轴的等效驱动力矩  $M_{ed}$  和等效阻力矩  $M_{er}$  在一个运动循环的变化规律如图所示，图中表示了各块面积的做功数值，设曲柄的平均转速  $120\text{r/min}$ ，要求实际转速不超过平均转速的  $\pm 3\%$ ，若不计其他构件的质量和转动惯量，求安装于曲柄轴的飞轮转动惯量  $J_f$ 。（20分）



7. 如图所示已知一偏心圆盘  $R = 40\text{mm}$ ，滚子半径  $r_r = 10\text{mm}$ ， $l_{OA} = 90\text{mm}$ ， $l_{AB} = 70\text{mm}$ ，转轴  $O$  到圆盘中心  $C$  的距离  $l_{OC} = 20\text{mm}$ ，圆盘逆时针方向回转。

- (1) 标出凸轮机构在图示位置时的压力角  $\alpha$ ，画出基圆，求基圆半径  $r_0$ ；
- (2) 作出推杆由最下位置摆到图示位置时，推杆摆过的角度  $\varphi$  及相应的凸轮转角  $\delta$ 。(10 分)



8. 一对标准渐开线直齿圆柱齿轮外啮合传动，已知标准中心距  $a = 160\text{mm}$ ，传动比  $i_{12} = 3$ ，大齿轮齿数  $Z_2 = 60$ ，齿顶高系数  $h_a^* = 1$ ，径向间隙系数  $C^* = 0.25$ ，分度圆压力角  $\alpha = 20^\circ$ 。试求出：

(1) 齿轮的模数  $m$ ，小齿轮1的分度圆半径  $r$ ；基圆半径  $r_{b1}$ ；分度圆上的齿厚  $S$ 。

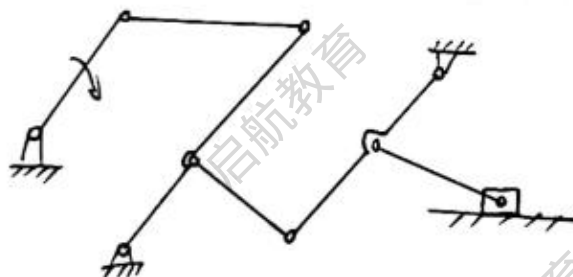
(2) 若实际安装中心距  $a = 164\text{mm}$  时，计算合角  $\alpha'$ ，及小齿轮的节圆半径  $r_1$ 。（20分）

9. 矩形螺旋副中以轴向载荷  $Q$ （竖直向下），让机构沿着  $Q$  方向自锁（即：反行程），证明，螺旋副的自锁条件为  $\lambda \leq \varphi$ 。注： $\lambda$  为升角， $\varphi$  为摩擦角（10分）

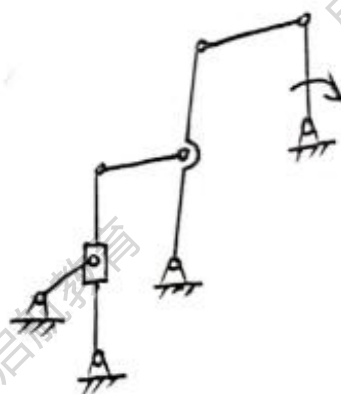
## 答案

1.解

方案1



方案2



2.解

F出为局部自由度，机构当中B、D齿轮以及其引入的虚约束，A处为复合铰链。

活动构件数 $n=5$

低副数量 $P_l=5$

高副数量 $P_h=4$

根据自由度计算公式

可得

$$F = 3n - 2P_l - P_h = 3 \times 5 - 2 \times 5 - 4 = 1$$

3. 解

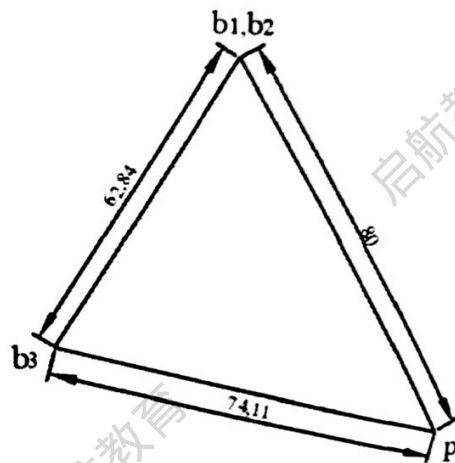
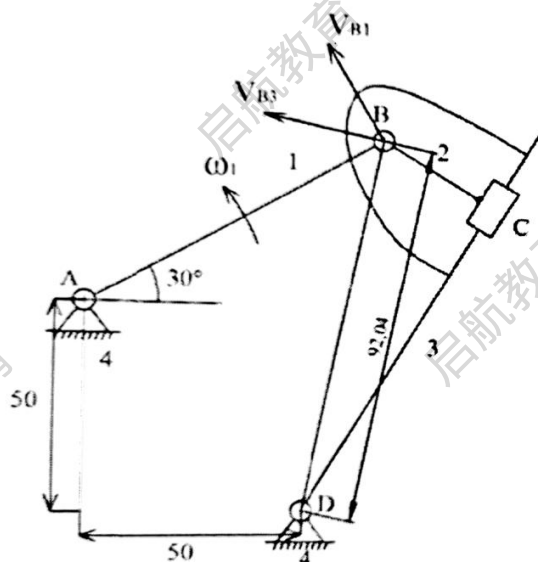
$$v_{B1} = v_{B2}$$

$$v_{B3} = v_{B2} + v_{B3B2}$$

$$\text{大小: ?} \quad \omega_1 l_{AB} = 0.8 \quad ?$$

$$\text{方向: } \perp BD \quad \perp AB \quad // CD$$

取 $u = 0.01 \text{ m/s/mm}$  绘制速度矢量图，如下：



则, 可以解得,  $v_{B3} = 0.7411 \text{ m/s}$ ,  $v_{B3B2} = 0.6284 \text{ m/s}$

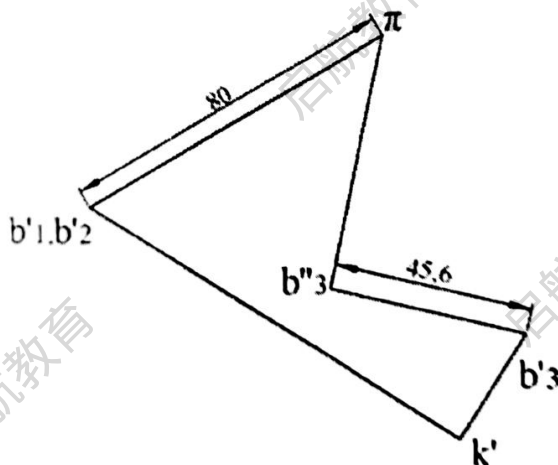
$$\omega_3 = v_{B3} / l_{BD} = 8.05 \text{ rad/s}$$

$$a_{B3}^n = \omega_3^2 l_{BD} = 5.96 \text{ m/s}^2, \quad a_{B2}^n = \omega_1^2 l_{AB} = 8 \text{ m/s}^2, \quad a_{B3B2}^k = 2\omega_3 v_{B3B2} = 10.11 \text{ m/s}^2$$

于是, 有

|                          |   |            |   |                   |   |                       |   |                |
|--------------------------|---|------------|---|-------------------|---|-----------------------|---|----------------|
| $a_{B3}^n$               | + | $a_{B3}^t$ | = | $a_{B2}^n$        | + | $a_{B3B2}^k$          | + | $a_{B3B2}^r$   |
| 大小: $5.96 \text{ m/s}^2$ |   | ?          |   | $8 \text{ m/s}^2$ |   | $10.11 \text{ m/s}^2$ |   | ?              |
| 方向: $B \rightarrow D$    |   | $\perp BD$ |   | $B \rightarrow A$ |   | $\perp v_{B3B2}$      |   | $\parallel CD$ |

取  $u_a = 0.1 \text{ m/s}^2 / \text{mm}$  绘制加速度矢量图, 如下



$$\text{解得 } a_{B3}^t = 4.56 \text{ m/s}^2$$

$$\varepsilon_3 = \frac{a_{B3}^t}{l_{BD}} = 49.54 \text{ rad/s}^2$$

#### 4. 解

该机构为基础的复合轮系:



对于 1、2、3、H 组成的周转轮系有：

$$i_{13}^H = \frac{n_1^H}{n_3^H} = \frac{n_1 - n_H}{n_3 - n_H} = -\frac{z_3}{z_1} = -\frac{29}{9}$$

对于 4、5、6 组成的定轴轮系有：

$$i_{46} = \frac{n_4}{n_6} = -\frac{z_6}{z_4} = -\frac{56}{20} = -\frac{14}{5}$$

两个轮系之间的联系有：

$$n_H = n_6, n_4 = n_3$$

联立解得：

$$n_6 = 75.5 \text{ r/min}$$

方向与齿轮 1 的转向相同。

5.解：（1）由分析可知最短杆为连架杆，且满足各杆的长度应满足杆长条件：

$$l_{AB} + l_{AD} \leq l_{BC} + l_{CD}$$

解得  $0 < l_{AB} \leq 30 \text{ mm}$

(2)由余弦定理

$$\cos \gamma = \frac{l_{BC}^2 + l_{CD}^2 - (l_{AD} - l_{AB})^2}{2l_{BC}l_{CD}}$$

当  $l_{AB}=30 \text{ mm}$  时， $\gamma$  取最小值  $\gamma_{\min}=16.1^\circ$

（3）两极限位置如图所示

在  $\triangle AC_1D$  由余弦定理得

$$\cos \angle C_1AD = \frac{(l_{BC} - l_{AB})^2 + l_{AD}^2 - l_{CD}^2}{2(l_{BC} - l_{AB})l_{AD}}$$

得  $\angle C_1AD = 64.06^\circ$

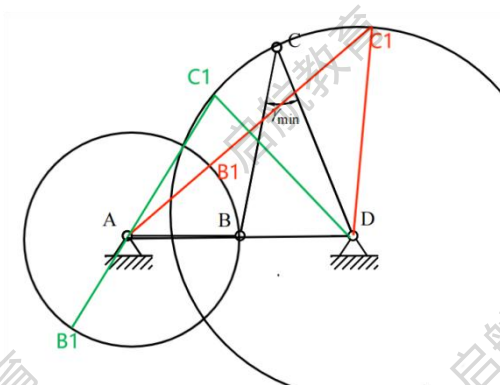
在  $\triangle AC_2D$  由余弦定理得

$$\cos \angle C_2AD = \frac{(l_{BC} + l_{AB})^2 + l_{AD}^2 - l_{CD}^2}{2(l_{BC} + l_{AB})l_{AD}}$$

得  $\angle C_2AD = 46.37^\circ$

则  $\theta = \angle C_1AD - \angle C_2AD = 17.69^\circ$

$$K = (180 + \theta) / (180 - \theta) = 1.22$$

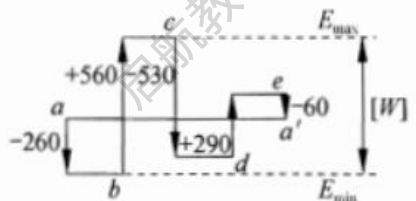


6.解:

(1) 由题意可知实际转速平均转速的 $\pm 3\%$ , 根据不均匀系数的计算公式

$$\delta = \frac{n_{\max} - n_{\min}}{n_m} = \frac{1.03n_m - 0.97n_m}{n_m} = 0.06$$

根据能量指示图可以得到最大盈亏功 $[W]$ 如下



根据飞轮转动计算公式可得

$$J_f = \frac{900[W]}{\delta \pi^2 n_m^2} = \frac{900 \times 560}{0.06 \times \pi^2 \times 120^2} \approx 59.164(\text{kg} \cdot \text{m}^2)$$

则安装于曲线轴的飞轮转动惯量应为 $59.164 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

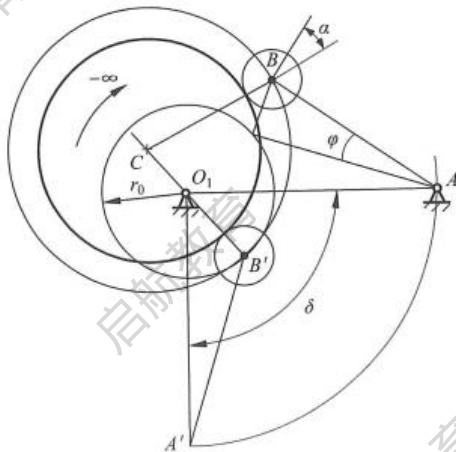
(2) 确定最大转速 $n_{\max}$ 和最小转速 $n_{\min}$ 的位置和大小, 由图可知, 最大转速 $n_{\max}$ 在c处、最小转速 $n_{\min}$ 在b处

$$n_{\max} = n_m \left( 1 + \frac{\delta}{2} \right) = 120 \times \left( 1 + \frac{0.06}{2} \right) = 123.6(\text{r/min})$$

$$n_{\min} = n_m \left( 1 - \frac{\delta}{2} \right) = 120 \times \left( 1 - \frac{0.06}{2} \right) = 116.4(\text{r/min})$$

7.解: (1) 图中BC方向代表着摆动杆受力方向, 垂直于AB杆的方向为速度方向, 所以两者之间的夹角为压力角 $\alpha$ 。

(2) 以A为圆心, AB为半径画圆与基圆交于一点, 该点与AB夹角为摆杆的摆动角 $\varphi$ 如图所示。以 $O_1$ 为圆心, 以 $O_1A$ 为半径画弧, 以B'点为圆心, AB长为半径画弧, 两段圆弧的交点为A'点, 则 $\angle A'O_1A$ 为凸轮转角 $\delta$ 如图所示。



8.解

(1) 求小齿轮齿数:

$$z_1 = \frac{z_2}{i} = \frac{60}{3} = 20$$

模数:

$$m = \frac{2a}{z_1 + z_2} = \frac{2 \times 160}{20 + 60} = 4mm$$

分度圆半径:

$$r = \frac{mz_1}{2} = \frac{4 \times 20}{2} = 40mm$$

基圆半径:

$$r_{b1} = r_1 \cos \alpha = 40 \cos 20^\circ = 37.59mm$$

分度圆齿厚:

$$s = \frac{\pi m}{2} = \frac{3.14 \times 4}{2} = 6.28mm$$

(2) 根据变位齿轮计算公式:

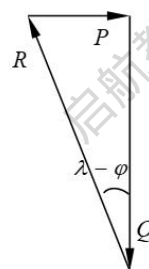
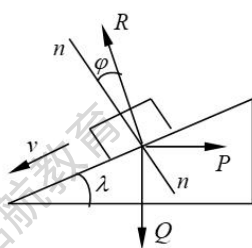
$$\cos \alpha' = \frac{a \cos \alpha}{a'} = \frac{160 \cos 20^\circ}{a'} = 0.9168$$

$$\alpha' = \arccos 0.9168 = 23.54^\circ$$

节圆半径:

$$r_1' = r_{b1} / \cos \alpha' = 37.59 / \cos 23.54^\circ = 41.00mm$$

9.解: 以斜面滑块为例, 在反程时, 载荷Q为主动力, P为阻力。总反力R的方向如图所示:



由矢量图可得:

$$P = Q \tan(\lambda - \varphi)$$

由移动副自锁的条件, 反程时, 驱动力Q与接触面法线的夹角λ必须满足:

$$\lambda \leq \varphi$$