

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无效；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。

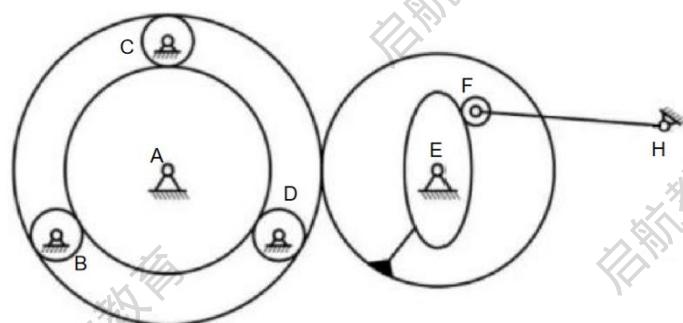
(以下信息考生必须认真填写)

考生编号														
考生姓名														

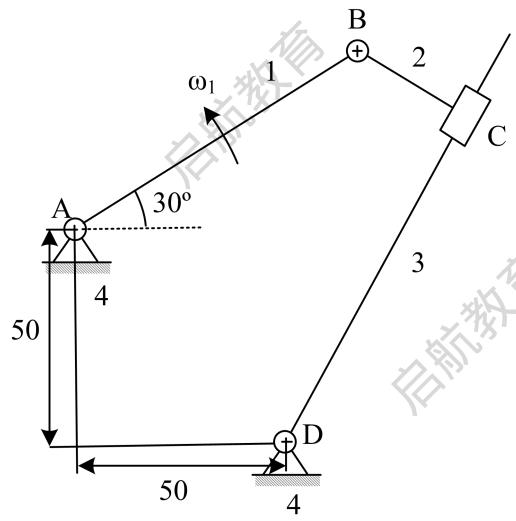
1.下面杆组为机构拆分之后的结果，根据杆组拆分的机构结果任意组合杆组，至少设计出两种机构满足下列拆分杆组的结果。 (10分)



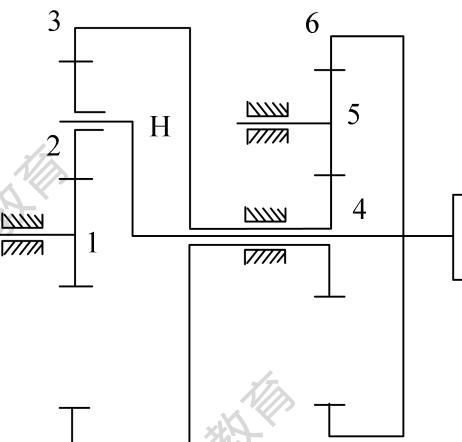
2.求解下列结构的自由度，有局部自由度、虚约束、复合铰链则需要说明 (20分)



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 ω_3 , ε_3 。 (25分)

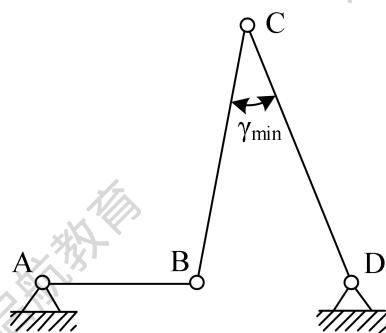


4. 图3所示轮系中, 已知 $z_1 = 18$, $z_2 = 20$, $z_3 = 58$, $z_4 = 20$, $z_5 = 18$, $z_6 = 56$, 若 $n_1 = 1000\text{r/min}$, 转向如图所示, 试分析该轮系的类型及组成, 并求 n_6 的大小和方向。 (15分)

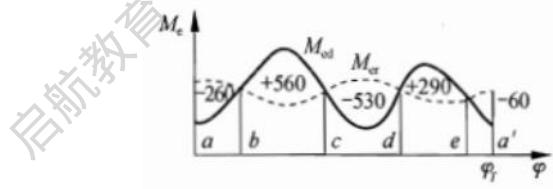


5. 图示为一曲柄摇杆机构。已知连杆的长度为 $l_{BC} = 34\text{mm}$, 摆杆的长度为 $l_{CD} = 36\text{mm}$, 机架杆的长度为 $l_{AD} = 40\text{mm}$ 。试求:

- (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 γ 最小? 并求出该最小传动角 γ_{\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。 (2分)

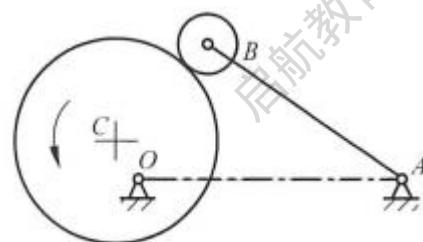


6. 例题某机械在稳定运转过程中转化到其曲柄轴的等效驱动力矩 M_{ed} 和等效阻力矩 M_{er} 在一个运动循环的变化规律如图所示, 图中表示了各块面积的做功数值, 设曲柄的平均转速 120r/min , 要求实际转速不超过平均转速的 $\pm 3\%$, 若不计其他构件的质量和转动惯量, 求安装于曲柄轴的飞轮转动惯量 J_f 。 (20分)



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 α , 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 φ 及相应的凸轮转角 δ 。 (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：

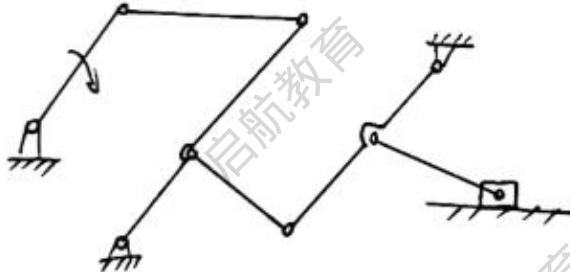
- (1) 齿轮的模数 m ，小齿轮1的分度圆半径 r ；基圆半径 r_{b1} ；分度圆上的齿厚 s 。
- (2) 若实际安装中心距 $a = 164\text{mm}$ 时，计算合角 α' ，及小齿轮的节圆半径 r_1 。（20分）

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式 $\lambda \leq \varphi$ 。注： λ 为升角， φ 为摩擦角（10分）

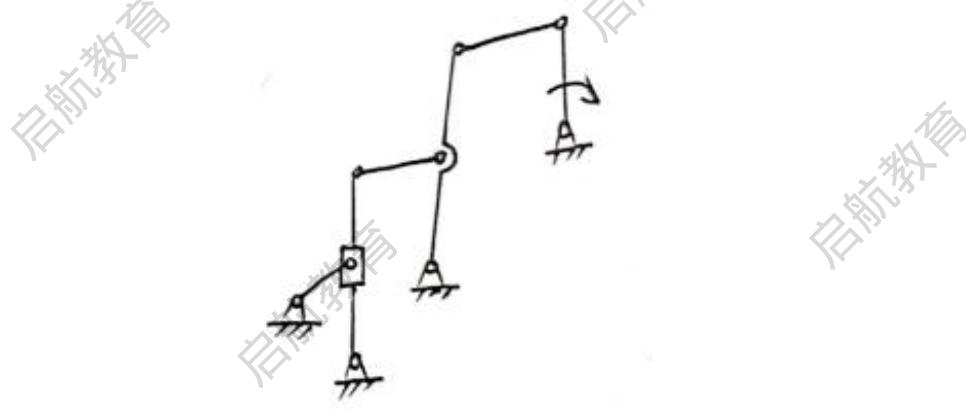
答案

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

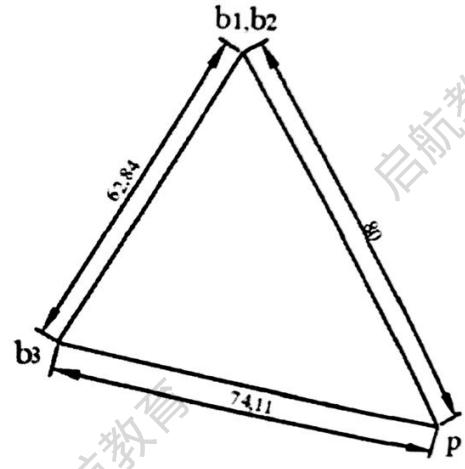
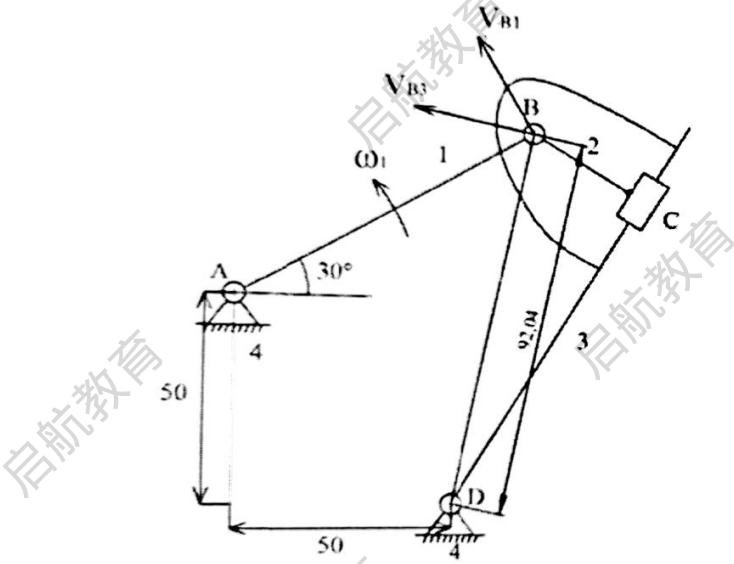
$$F = 3n - 2P_l - P_h = 3 \times 5 - 2 \times 5 - 4 = 1$$

3. 解

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

$$\begin{array}{ccc} v_{B3} & = & v_{B2} + v_{B3B2} \\ \text{大小: ?} & & \omega_1 l_{AB} = 0.8 \quad ? \\ \text{方向: } \perp BD & \perp AB & // CD \end{array}$$

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



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

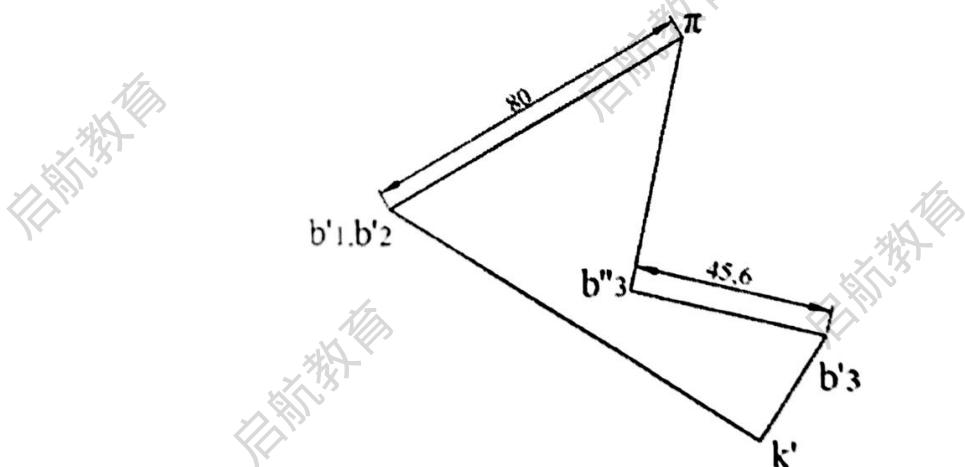
$$\omega_3 = v_{B3} / l_{BD} = 8.05 \text{ rad/s}$$

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

于是，有

a_{B3}^n	+	$a_{B3}^t =$	a_{B2}^n	+	a_{B3B2}^k	+	a_{B3B2}^r
大小: 5.96 m/s ²		?	8 m/s ²		10.11 m/s ²		?
方向: B→D		⊥ BD	B→A		⊥ v_{B3B2}		// CD

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



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

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

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：

$$n_6 = 75.5r / min$$

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 $0 < l_{AB} \leq 30mm$

(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 $l_{AB}=30mm$ 时， γ 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 $\angle C_1AD=64.06^\circ$

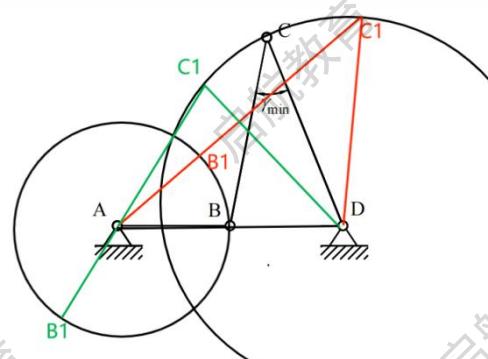
在 $\triangle AC_2D$ ，由余弦定理得

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

得 $\angle C_2AD=46.37^\circ$

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

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

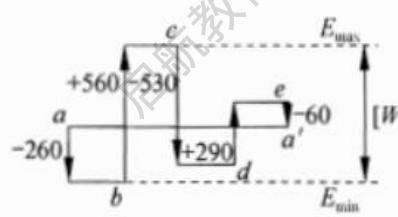


6.解：

(1) 由题意可知实际转速平均转速的±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 $59.164\text{kg}\cdot\text{m}^2$

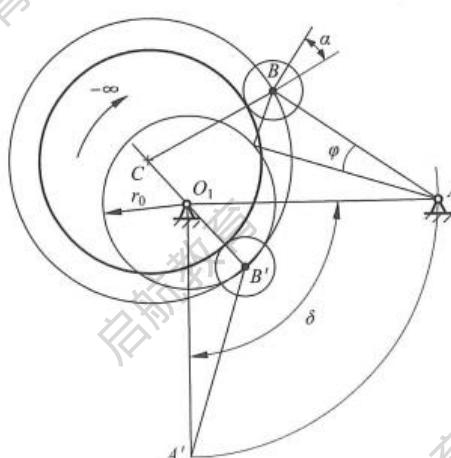
(2) 确定最大转速 n_{\max} 和最小转速 n_{\min} 的位置和大小，由图可知，最大转速 n_{\max} 在c处、最小转速 n_{\min} 在b处

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

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

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 α 。

(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 φ 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 $\angle A' O_1 A$ 为凸轮转角 δ 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:

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

分度圆半径:

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

基圆半径:

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

分度圆齿厚:

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

(2) 根据变位齿轮计算公式:

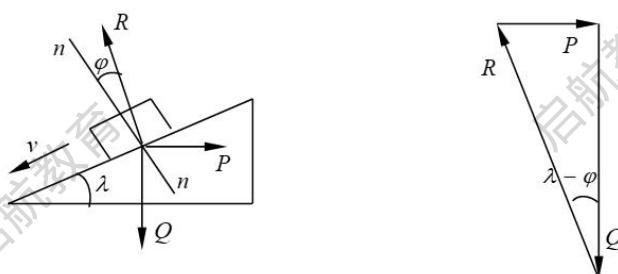
$$\cos \alpha' = \frac{a \cos \alpha}{\alpha'} = \frac{160 \cos 20^\circ}{\alpha'} = 0.9168$$

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

节圆半径:

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

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:

$$\lambda \leq \varphi$$