

## 浙江工业大学期终考试命题稿

2019/2020 学年第 2 学期

课程名称	机械原理	使用班级	机械
教师份数	10	学生份数	480
命题人	鲍官军	审核人签字	
命题总页数	7 页	每份试卷 需用白纸	2 大张
AB 卷、近四年试卷内容雷同度（不得超过 15%）			是
试卷中一部分试题是否达到中上等及以上难度，试卷是否具有一定的考试区分度？			是
试卷考核的内容是否满足课程的达成度评价要求？考点是否覆盖课程目标？			是

## 命题注意事项

- 一、命题稿请用 A4 纸电脑打印，或用教务处印刷的命题纸用黑色水笔书写，保持字迹清晰，页码完整。
- 二、AB 卷必须难度相当、覆盖面相同，卷面上不注明 A、B 字样，由教务处抽取其中一套作为期终考试卷。
- 三、命题稿必须经基层教学组织负责人或系主任审核签字，并在考试前两周交教务处。

## 浙江工业大学 2019/2020 学年

## 第 2 学期试卷

班级\_\_\_\_\_

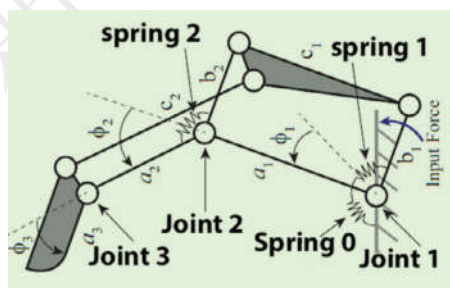
姓名\_\_\_\_\_

学号\_\_\_\_\_

任课教师\_\_\_\_\_

题序	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	总评
计分												

一、(8 分) 图示为机器人仿人手指结构及其机构运动简图, 计算其机构的自由度。



$$F = 3n - (2p_l + p_h - p') - F'$$

$$= 3 \times 7 - (2 \times 9 + 0 - 0) - 0$$

$$= 3$$

或

$$F = 3n - 2p_l - p_h$$

$$= 3 \times 7 - 2 \times 9 - 0$$

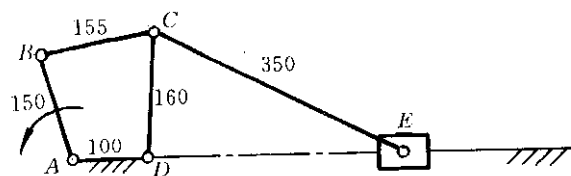
$$= 3$$

评分说明:

$n$ : 3 分,  $p_l$ : 1 分,  $p_h$ : 1 分,  $p'$ : 1 分,  $F'$ : 1 分, 答案—1 分。

二、(12 分) 如图所示的机构, 并已知各杆件的杆长 (标注在杆上)。试分析: (1) 当  $AB$  为主动件, 滑块  $E$  为从动件时, 机构是否有急回特性? (2) 如主动件改为  $CD$  时情况有无变

化？试用作图法说明之。



总分 10 分

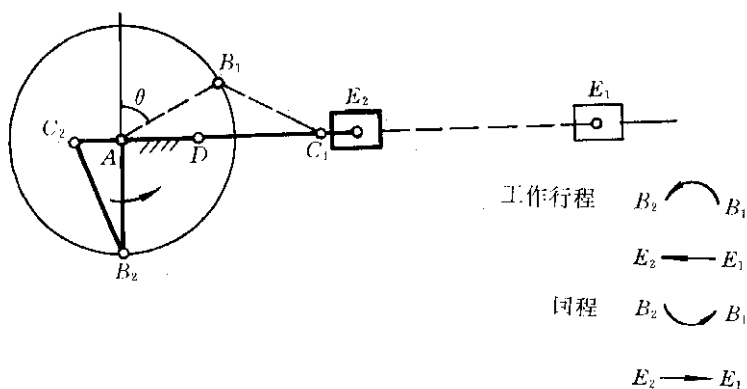
(1)  $AB$  主动时，有急回特性，因为此时存在  $\theta$ 。

工作行程由  $B_1$  逆时针至  $B_2$ ， $E_1$  至  $E_2$ 。

回程由  $B_2$  至  $B_1$ ， $E_2$  至  $E_1$ 。 (6 分)

(2)  $CD$  主动时， $DCE$  为对心曲柄滑块机构， $E$  有极位，但  $\theta=0$ ，所以无急回特性。

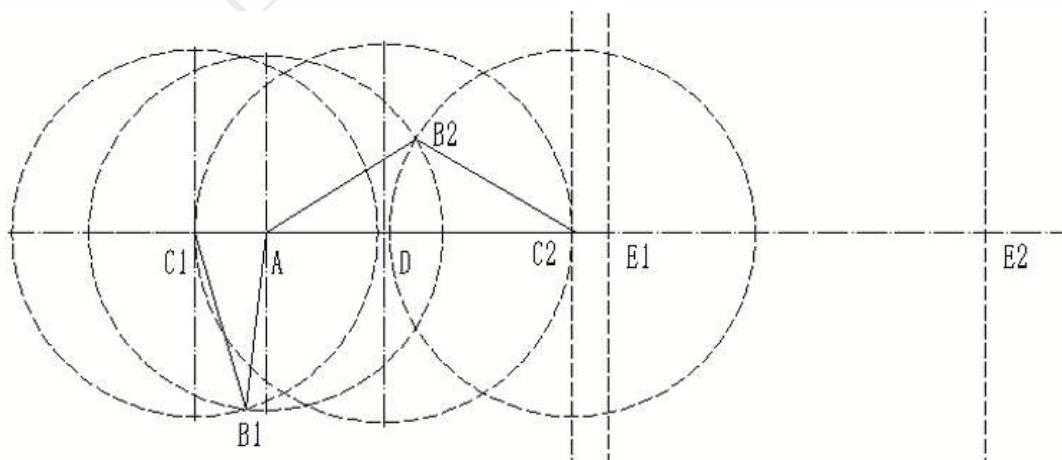
(4 分)



(1) 由于四杆机构  $ABCD$  满足杆长条件，且以最短杆  $AD$  为机架，所以四杆机构  $ABCD$  是双曲柄机构。---1 分

由于  $CE > CD$ ，所以  $CDE$  为对心曲柄滑块机构。---1 分

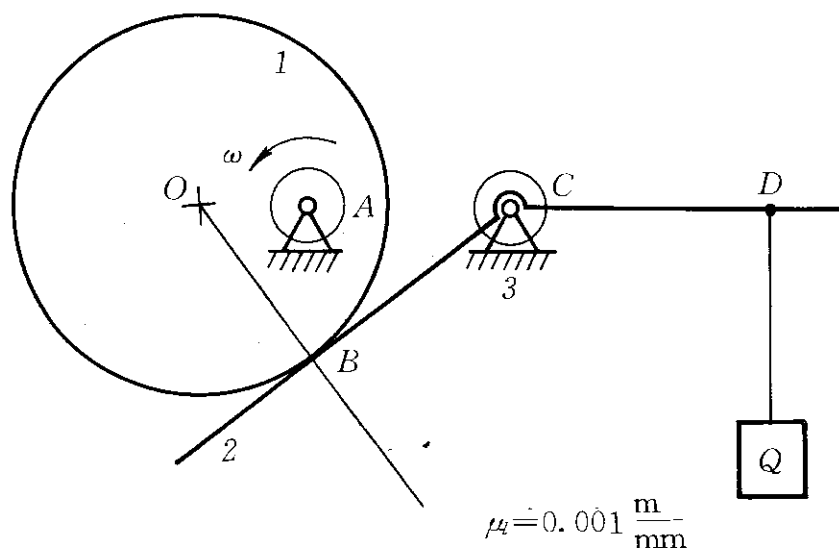
以  $AB$  为主动件时，滑块  $E$  对应的两极限位置如图所示。--2 分



因为曲柄位置  $AB_1$  与  $AB_2$  不共线，所以极位夹角  $\theta > 0$ ，故此时机构具有急回特性。--1 分

(2) 当主动件改为  $CD$  时，此时  $CDE$  为对心曲柄滑块机构，无急回特性；--7 分。

三、(15分) 图示为偏心圆凸轮杠杆机构运动简图, 转动副的摩擦圆半径  $\rho = 5 \text{ mm}$ , 滑动副处摩擦角  $\varphi = 15^\circ$ 。试用图解法求在图示位置时, 为提起  $Q=150 \text{ N}$  的重物所应加于凸轮 I 上的平衡力矩  $M_1$  (方向、大小)。



1) 作出各反力的作用线如图。其中:

$F_{R21}$ 、 $F_{R31}$  一对力偶及其作用线位置 (2分)

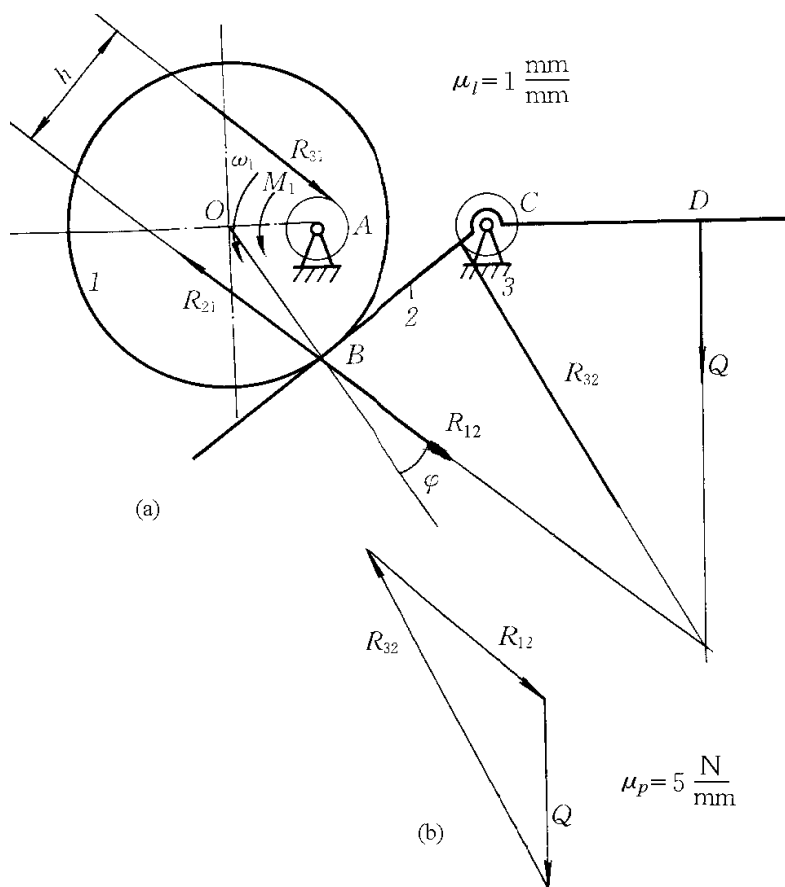
$F_{R21}$ 、 $F_{R12}$  一对作用力反作用力及其作用线位置 (2分)

$F_{R32}$  及其作用线位置 (2分)

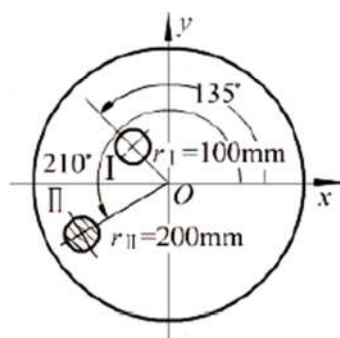
2)

构件 2 力三角形, 并根据三力汇交求得:  $F_{R12} \approx 207.5 \text{ N}$  (2分)

3) 根据构件 1 的力偶平衡, 求得平衡力矩为:  $M = F_{R12} \cdot h \approx 207.5 \text{ N} \times 0.014 \text{ m} = 2.9 \text{ Nm}$  (1分), 方向逆时针 (1分)



四、(10 分) 图示为一铝制圆盘，盘厚  $b=40\text{mm}$ ，位置 I 处有一直径  $\phi=45\text{mm}$  的通孔，位置 II 处是一质量  $m_2=1.8\text{kg}$  的重块。为了使圆盘平衡，拟在圆盘上  $r=180\text{mm}$  处制一通孔并填满铜材。试求此孔的直径与位置。(铝的密度  $2.7\text{g/cm}^3$ ，铜的密度  $8.9\text{g/cm}^3$ )



$$b = 40\text{mm} = 0.04\text{m}$$

$$r_I = 100\text{mm} = 0.1\text{m} \quad \phi = 45\text{mm} = 0.045\text{m}$$

$$r_{II} = 200\text{mm} = 0.2\text{m} \quad r = 180\text{mm} = 0.18\text{m}$$

$$m_I = 2700\text{kg/m}^3 * \left[ \pi \left( \frac{\phi}{2} \right)^2 * 0.04\text{m} \right] = 0.1718\text{kg} \quad m_{II} = 1.8\text{kg}$$

$$\Delta m = m_{\text{铜}} - m_{\text{铝}}$$

求  $\phi_r$  和  $\alpha_r$ 。

$$\sum \vec{F} = \sum m_i \vec{r}_i = 0$$

x 方向: (3 分)

$$\begin{aligned} -m_{\text{I}} r_{\text{I}} \cos 135 + m_{\text{II}} r_{\text{II}} \cos 210 + \Delta m * r * \cos \alpha_r &= 0 \\ -0.1718 \text{kg} * 0.1 \text{m} * (-0.7071) + 1.8 \text{kg} * 0.2 \text{m} * (-0.866) + \Delta m * 0.18 \text{m} * \cos \alpha_r &= 0 \\ 0.0121 - 0.31176 + \Delta m * 0.18 * \cos \alpha_r &= 0 \\ \Delta m * \cos \alpha_r &= 1.6648 \end{aligned}$$

y 方向: (3 分)

$$\begin{aligned} -m_{\text{I}} r_{\text{I}} \sin 135 + m_{\text{II}} r_{\text{II}} \sin 210 + \Delta m * r * \sin \alpha_r &= 0 \\ -0.1718 \text{kg} * 0.1 \text{m} * 0.7071 + 1.8 \text{kg} * 0.2 \text{m} * (-0.5) + \Delta m * 0.18 \text{m} * \sin \alpha_r &= 0 \\ -0.0121 - 0.18 + \Delta m * 0.18 * \sin \alpha_r &= 0 \\ \Delta m * \sin \alpha_r &= 1.0672 \end{aligned}$$

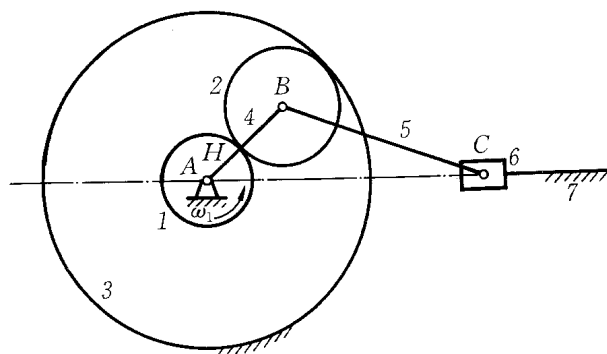
得到: (2 分)

$$\begin{aligned} \tan \alpha_r &= 0.641 \\ \alpha_r &= 0.57 \text{rad} = 32.6614^\circ \end{aligned}$$

代入得到: (2 分)

$$\begin{aligned} \Delta m = m_{\text{铜}} - m_{\text{铝}} &= 1.9744 \text{kg} = (8900 \text{kg/m}^3 - 2700 \text{kg/m}^3) * \left[ \pi \left( \frac{\phi_r}{2} \right)^2 * 0.04 \text{m} \right] \\ \phi_r &= 0.1008 \text{m} = 100.8 \text{mm} \end{aligned}$$

五、(12) 图示为齿轮-连杆机构运动简图, 已知:  $z_1 = 24$ ,  $z_2 = 36$ ,  $z_3 = 96$ ,  $m = 4 \text{mm}$ ,  $\omega_1 = 1 \text{ rad/s}$ ,  $\angle BAC = 45^\circ$ , 各齿轮均为标准齿轮。试求: (1) 此机构的自由度; (2) 此位置时构件 6 的速度  $V_C$ 。要求用相对运动图解法求解。



(1)  $n=5$  (1分),  $P_L=6$  (1分),  $P_H=2$  (1分)

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 5 - 2 \times 6 - 2 = 1 \quad (1 \text{分})$$

$$(2) i_{1H} = 1 - i_{13}^H = 1 + z_3 / z_1 = 1 + 96 / 24 = 5 \quad (1 \text{分})$$

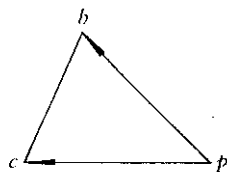
$$i_{1H} = \omega_1 / \omega_H = 5, \omega_H = \omega_1 / 5 = 1/5, \omega_4 = \omega_H \quad (1 \text{分})$$

$$l_{AB} = m(z_1 + z_2) / 2 = 4 \times (24 + 36) / 2 = 120 \text{ mm} \quad (1 \text{分})$$

$$\text{求 } v_C \quad v_C = v_B + v_{CB} \quad (2 \text{分})$$

$$\text{其中 } v_B = l_{AB} \omega_4 = 120 / 5 = 24 \text{ mm/s} = 0.024 \text{ m/s} \quad (1 \text{分})$$

取  $\mu_v = 0.001 \text{ m/s/mm}$ , 作速度多边形



(1分)

$$v_C = \overline{pc} \mu_v = 24.5 \times 0.001 = 0.0245 \text{ m/s}, v_C \text{ 方向向左。} \quad (1 \text{分})$$

六、一机械系统，当取其主轴为等效构件时，在一个稳定运动循环中，其等效阻力矩  $M_r$  如图所示。已知等效驱动力矩为常数，机械主轴的平均转速为 1440r/min。若不计其余构件的转动惯量，试问：

- (1) 当要求运转的速度不均匀系数  $\delta \leq 0.02$  时，应在主轴上安装一个  $J_F = ?$  的飞轮；
- (2) 如不计摩擦损失，驱动此机器的原机需要多大的功率(kW)？

解：(1) 在一个稳定运动循环中驱动功和阻抗功相等，所以有

$$\left( \frac{1}{2} \pi + \pi \right) \times 500 = M_d \times 2\pi$$

$$M_d = \frac{3}{4} \times 500 = 375 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (3 \text{分})$$

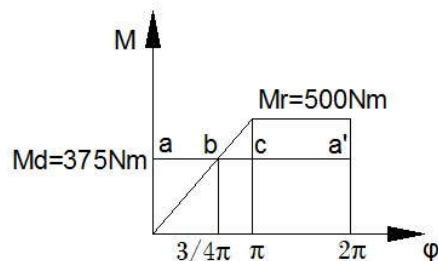
$$\text{ab 段为盈功: } W_{ab} = \frac{1}{2} \times 375 \times \frac{3}{4} \pi = 441.6 \text{ J}$$

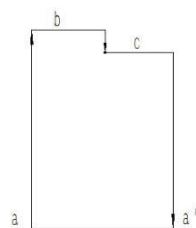
$$\text{bc 段为亏功: } W_{bc} = \frac{1}{2} \times (500 - 375) \times \frac{1}{4} \pi = 49.1 \text{ J}$$

$$\text{ca' 段为亏功: } W_{ca'} = (500 - 375) \times \pi = 392.5 \text{ J}$$

能量指示图如图所示，最大盈亏功：

$$\Delta W_{\max} = W_{ab} = 441.6 \text{ J} \quad (3 \text{分})$$



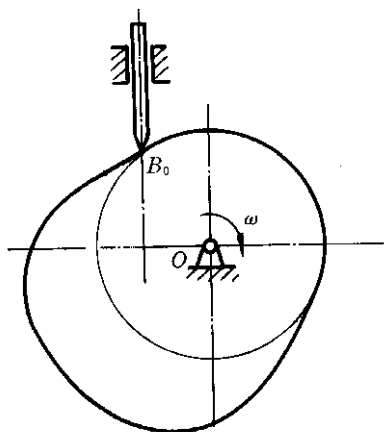


需安装的飞轮转动惯量为:

$$J_F = \frac{900\Delta W_{max}}{\pi^2 n^2 \delta} = \frac{900 \times 441.6}{\pi^2 \times 1440^2 \times 0.02} = 0.97 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (3 \text{ 分})$$

$$(2) \text{ 驱动此机器所需功率为 } P = \frac{M_d \times n}{9550} = \frac{375 \times 1440}{9550} = 56.5 \text{ KW} \quad (3 \text{ 分})$$

七、在图示的凸轮机构中，画出凸轮从图示位置转过  $60^\circ$  时从动件的位置及从动件的位移  $s$ 。

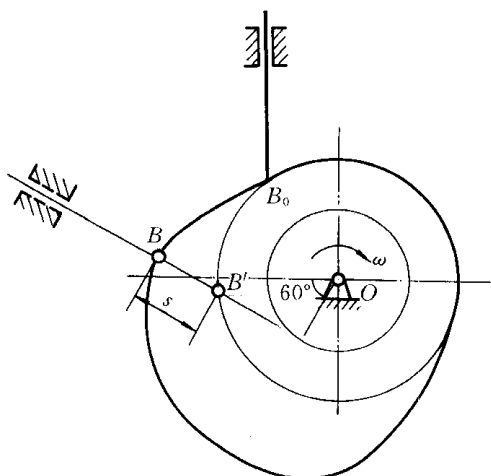


总分5分。(1)3 分；(2)2 分

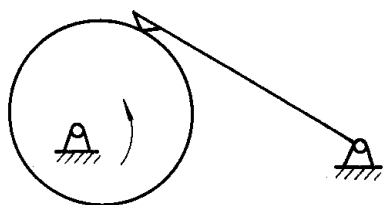
(1) 找出转过  $60^\circ$  的位置。

(2) 标出位移  $s$ 。





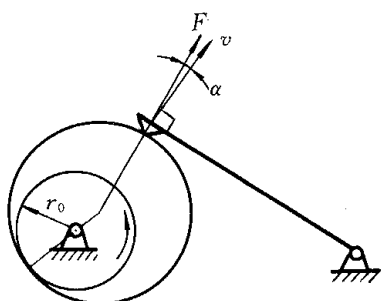
画出图示凸轮机构的基圆半径 $r_0$ 及机构在该位置的  
的压力角 $\alpha$ 。



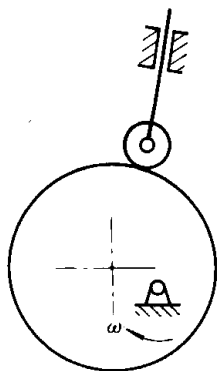
总分5分。(1)3 分；(2)2 分

(1) 画出基圆。

(2) 标出压力角 $\alpha$ 。

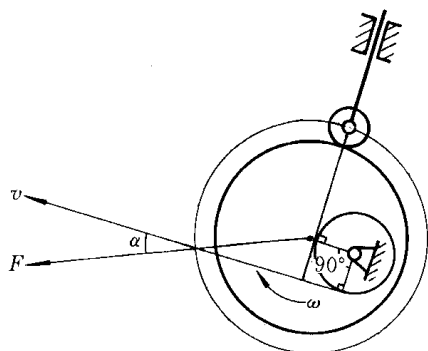


在图示凸轮机构中，画出凸轮从图示位置转过 $90^\circ$ 时  
凸轮机构的压力角 $\alpha$ 。



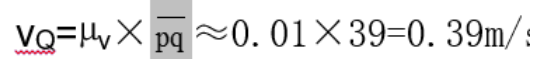
总分5分。(1)3 分；(2)2 分

- (1) 画出转过 $90^\circ$ 的位置。  
 (2) 标出压力角 $\alpha$ 。

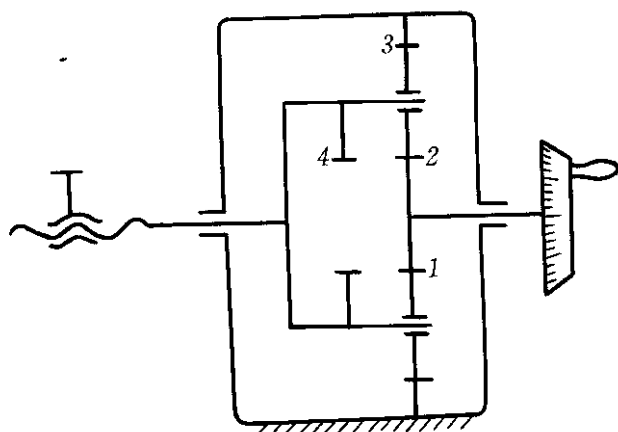


八、(12 分) 已知铰链四杆机构的位置、速度多边形和加速度多边形如下图所示。试求：

- ① 构件 1、2 和 3 上速度均为  $v_x$  的点  $X_1$ 、 $X_2$  和  $X_3$  的位置；
- ② 构件 2 上加速度为零的点  $Q$  位置，并求出该点的速度  $v_Q$ ；
- ③ 构件 2 上速度为零的点  $H$  位置，并求出该点的加速度  $a_H$ ；



九、图示磨床砂轮架微动进给机构中,  $z_1 = z_2 = z_4 = 16$ ,  $z_3 = 48$ , 丝杠导程  $s=5\text{mm}$ , 慢速进给时, 齿轮 1 和齿轮 2 啮合; 快速退回时, 齿轮 1 与内齿轮 4 啮合, 求慢速进给过程和快速退回过程中, 手轮转一圈时, 砂轮横向移动的距离各为多少? 如手轮圆周刻度为 100 格, 则慢速进给时, 每格砂轮架移动量为多少? (总分 13 分)



(1) a. 慢速进给时: 
$$i_{13}^H = \frac{n_1 - n_H}{n_3 - n_H} = -\frac{z_3}{z_1} = -\frac{48}{16} = -3 \quad (3 \text{ 分})$$

$$1 - \frac{n_1}{n_H} = -3 \quad \frac{n_1}{n_H} = 4 \quad \text{即 } n_1 = 1, n_H = 1/4 \quad (2 \text{ 分})$$

手轮转一周, 砂轮横向移动  $\frac{1}{4} \times 5 = 1.25\text{mm} \quad (2 \text{ 分})$

b. 快速退回时

$$i_{14} = \frac{n_1}{n_4} \text{ 或 } \frac{\omega_1}{\omega_4} = \frac{z_4}{z_1} = \frac{16}{16} = 1 \quad \text{即 } n_1 = n_4 = 1 \quad (2 \text{ 分})$$

手轮每转一周, 砂轮横向移动 4 mm。 (2 分)

(2) 若手轮刻度盘刻度为 100 格, 则每格砂轮横向移动

$$\frac{1}{100} \times 1.25 = 0.0125\text{mm} = 12.5\mu\text{m} \quad (2 \text{ 分})$$



浙江工业大学期末统一考试命题稿