

第一章 平面机构的自由度和速度分析

第一章

1. 绘出下列各图的机构运动简图.

图2 回转柱塞泵

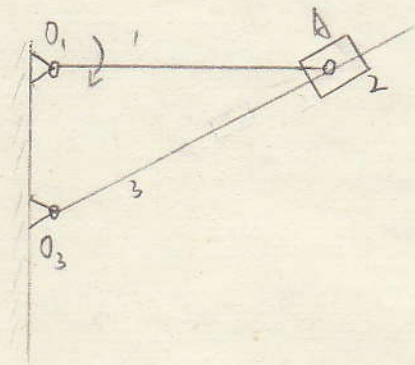
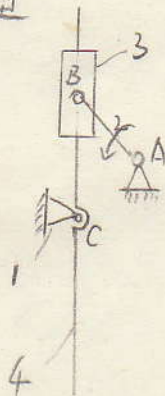
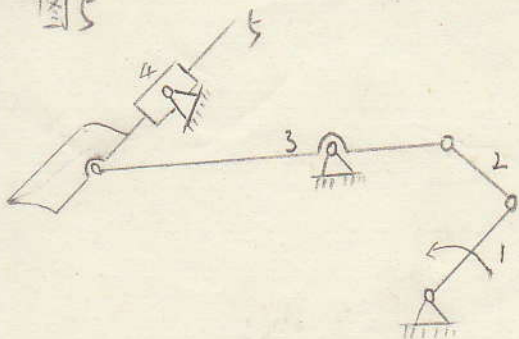


图4 机构模型



2. 指出下列机构运动简图中的复合铰链、局部自由度和虚约束, 计算机构自由度数.

图5



推土机机构

解: 机构中 $n=5$, $P_L=7$

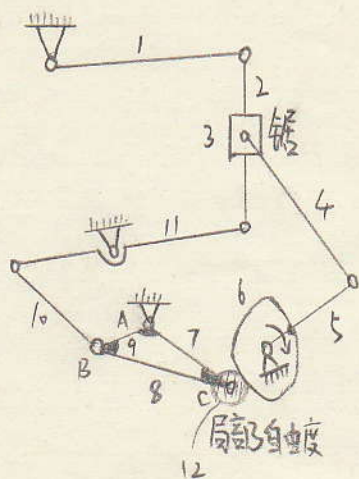
$$P_H=0$$

$$F=3n-2P_L-P_H$$

$$=3 \times 5 - 2 \times 7$$

$$=1$$

图6 锯木机机构



解: 如图, 易知滚轮12为局部自由度

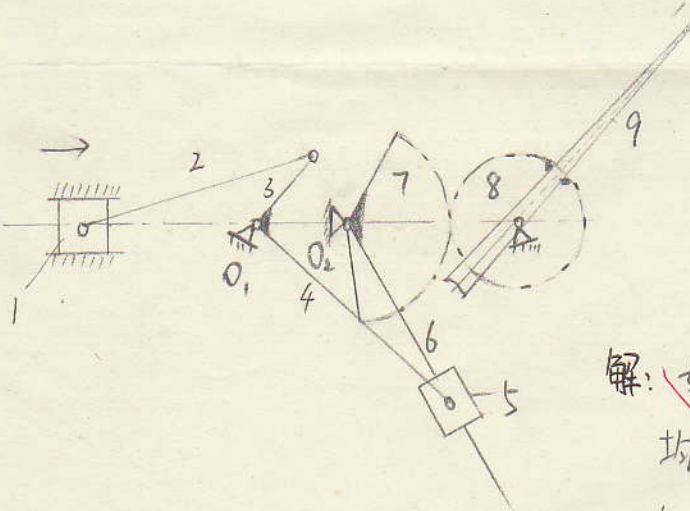
7, 8, 9 构成三角形固体刚架, 故可将

7, 8, 9 和轮12 看作一个构件, 从而 A, B 不再是复合铰链
5, 6 被黏合在一处也可看作一个构件

故 $n=8$, 有10个回转副, 1个移动副
1个高副, 故 $P_L=11$ $P_H=1$

$$F=3 \times 8 - 2 \times 11 - 1 = 1$$

图8 测量仪表结构



解: 如图, 3和4, 6和7, 8和9

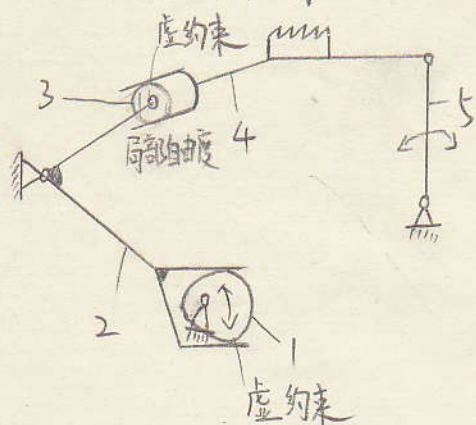
均被黏合在一起, 故各可看作1个构件 $n=6$

有6个回转副, 2个移动副, 1个高副

$$P_L=8 \quad P_H=1$$

$$F=3 \times 6 - 2 \times 8 - 1 = 1$$

图9 缝纫机送布机构

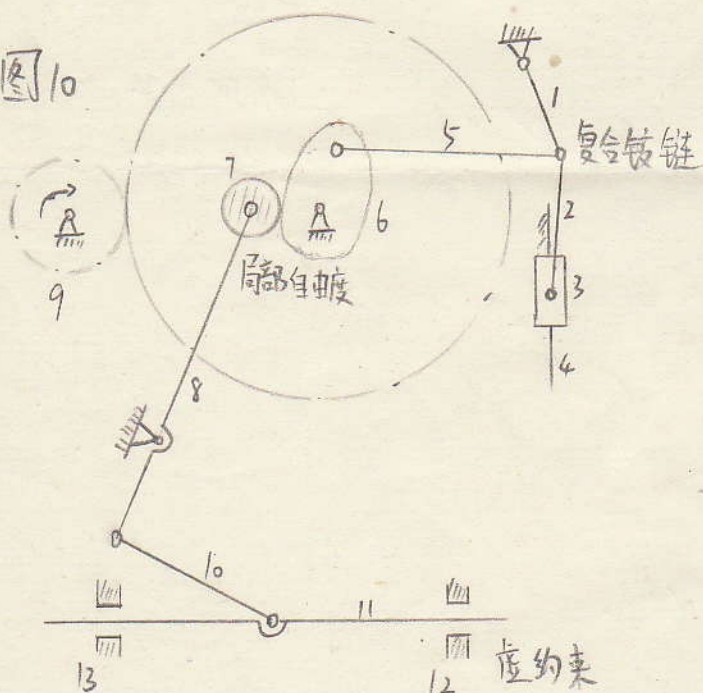


解: 如图滚轮3为局部自由度
可将 2, 3 看作 1 个构件

故 $n=4$, $P_L=4$ $P_H=2$

$$F = 3 \times 4 - 2 \times 4 - 2 = 2$$

图10



解: 滚轮7为局部自由度, 故可
把 7, 8 看作一个构件

1, 2, 5 处为复合铰链

12, 13 为虚约束, 应去一个

活动构件 $n=9$

8 个回转副, 1 个复合铰链, 2 个
移动副, 2 个高副

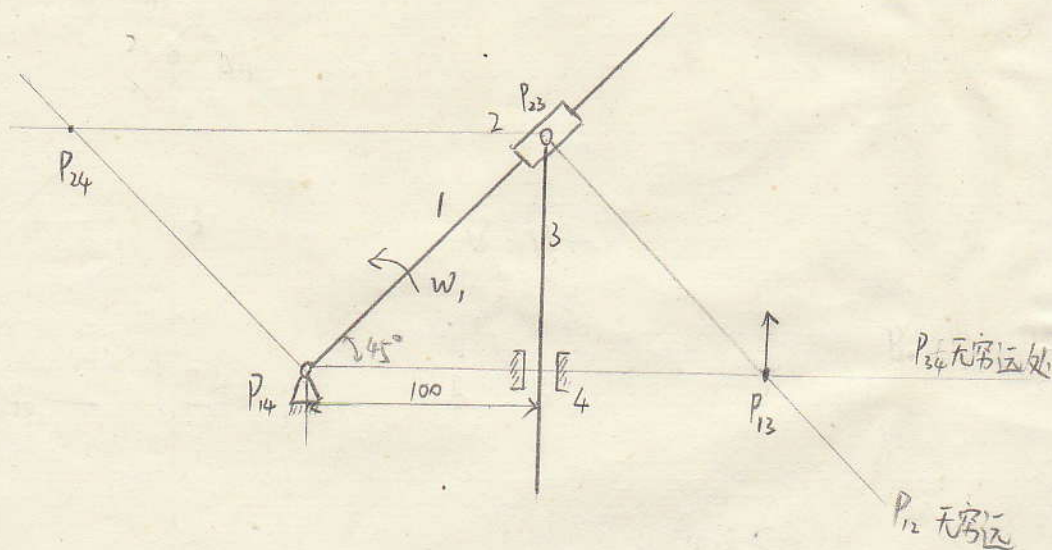
$$P_L = 8 + 2 \times 1 + 2 = 12$$

$$P_H = 2$$

$$F = 3 \times 9 - 2 \times 12 - 2 = 1$$

冲压机构

4. 求出图12所示正切机构的全部瞬心。设 $\omega = 10 \text{ rad/s}$, 求构件3的速度 v_3



解: 构件 1、2 组成移动副, 故其瞬心 P_{12} 位于导路垂线的无穷远处, 2、3 组成回转副, 故 A 点为 2、3 瞬心 P_{23} 。

过 A 作导路垂线, 如图, 由于三心同线, 且 1、3 瞬心 P_{13} 速度等于 v_3 , 且方向竖直向上, 故 P_{13} 又在过 O 点的水平线上。

如图过 O 作水平线与导路垂线交于点 B, 即 P_{13}

$$OB = 200 \text{ mm} = 0.2 \text{ m}$$

$$v_3 = v_{P_{13}} = \omega_1 \cdot OB = 10 \times 0.2 \text{ m/s} = 2 \text{ m/s}$$

第三章

1. 各凸轮转过 45° 角后的压力角如图:

解: (a) ① 作 $\angle FOA = 45^\circ$.

交凸轮于A点.

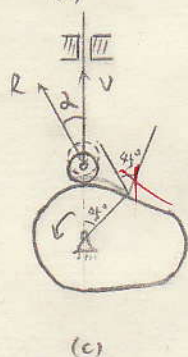
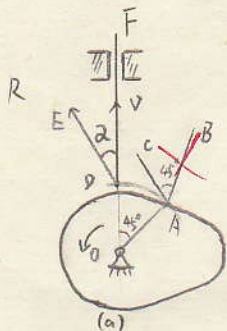
② 过A作凸轮轮廓切线的垂线AB, 再逆时针

作 $\angle BAC = 45^\circ$ 如图:

③ 以O为圆心, OA为半径画弧, 交OF于D.

④ 过D作 $DE \parallel AC$.

则 $\angle EDF = \alpha$.



(b) (c) 步骤与(a) 大体一致.

(d) ① 作 $\angle BOC = 45^\circ$, 交凸轮于C点.

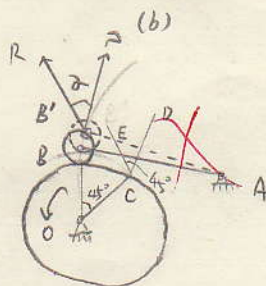
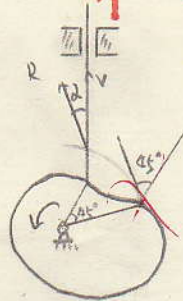
② 过C作切线的垂线CD, 逆时针作 $\angle DCE = 45^\circ$

③ 以O为圆心, OC为半径画弧, 以A为圆心, 以AB为半径画弧, 两弧相交于B'点.

④ 过B'作CE的平行线, 过B'作AB'的垂线.

两线夹角 α 即此时的压力角.

仅
转
法.



2. 解: ① 连接 OA, OD , 量得 $\angle AOD = \theta$

② 连 CD 并延长至 E , 作 $\angle EDF = \theta$

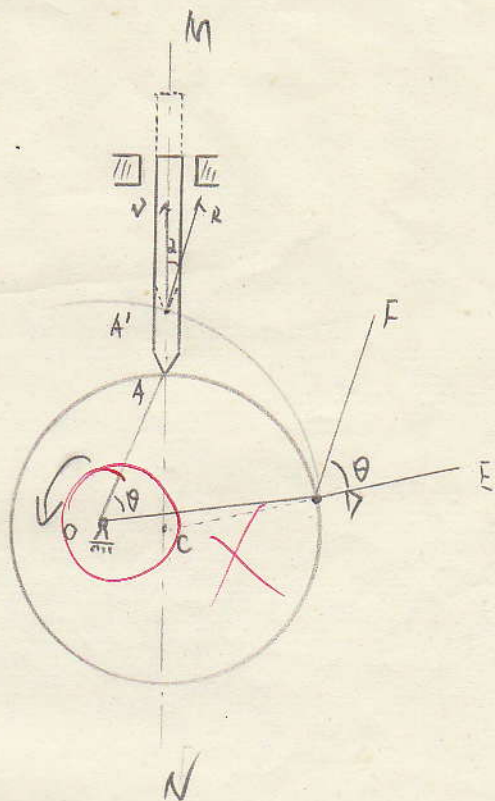
③ 以 O 为圆心, OD 为半径画弧,
交 MN 于 A' 点,

④ 过 A' 作 DF 的平行线 $A'R$.

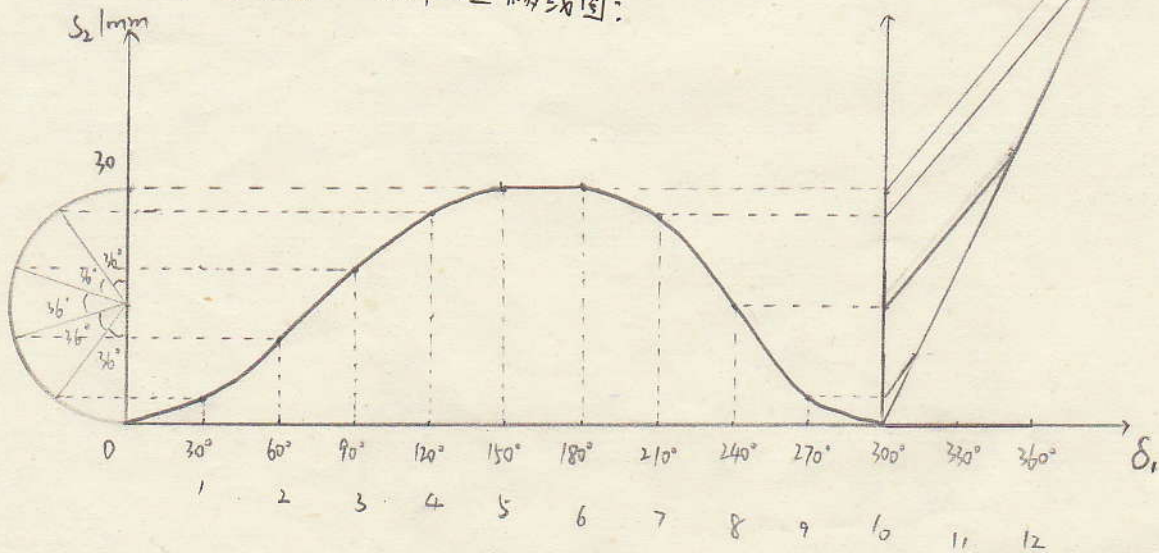
则 $\angle MA'R = \alpha$.

由几何知识得:

$$\angle MA'R = \alpha = \angle ODC$$



4. 解: 由已知条件, 先作出从动件位移线图:



1. 以 $V_{min}=40mm$ 作基圆

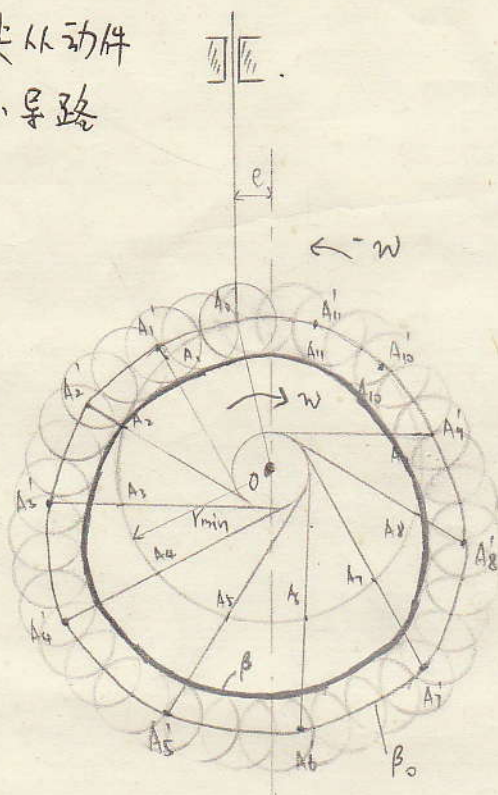
将滚子中心看作顶尖从动件的顶尖，基圆与偏心导路的交点为 A_0

2. 以 A_0 为起点，逆时针

每隔 30° 取一点，依次为 A_1, A_2, \dots, A_{11}

3. 以 O 为圆心， $e=10mm$ 为半径画小圆

4. 从动件位移线图中算出各点位移如下：



点	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}
位移/mm	0	2.86	10.36	19.64	27.14	30	30	27	15	3	0	0

5. 过各点作小圆的切线并延长，使 $A_1A_1'=2.86mm$ ， $A_2A_2'=10.36mm$ ，----- $A_{11}A_{11}'=0$

6. 用圆滑的曲线连结 $A_0', A_1' \dots A_{11}'$ 点，得曲线 β_0 。

7. 在 β_0 上以各点为中心，以 $r_f=10mm$ 为半径作一系列小圆。

8. 最后作小圆的包络线 β 。如图中间黑实线。即为凸轮轮廓。

第四章 齿轮机构

第四章

1. 解: 已知为外啮合正常齿制 $m=3\text{mm}$ $z_1=19$, $z_2=41$

分度圆直径: $d_1=mz_1=3\times 19=57\text{mm}$ $d_2=mz_2=3\times 41=123\text{mm}$

齿顶高: $h_a=m=3\text{mm}$

齿根高: $h_f=1.25m=1.25\times 3=3.75\text{mm}$

顶隙: $c=0.25m=0.25\times 3=0.75\text{mm}$

中心距: $a=\frac{1}{2}(d_2+d_1)=\frac{1}{2}\times(57+123)=90\text{mm}$

齿顶圆直径: $d_{a1}=d_1+2h_a=57+2\times 3=63\text{mm}$ $d_{a2}=d_2+2h_a=123+2\times 3=129\text{mm}$

齿根圆直径: $d_{f1}=d_1-2h_f=57-2\times 3.75=49.5\text{mm}$ $d_{f2}=d_2-2h_f=123-2\times 3.75=115.5\text{mm}$

基圆直径: $d_{b1}=d_1\cos\alpha=57\times\cos 20^\circ\approx 53.6\text{mm}$ $d_{b2}=d_2\cos\alpha=123\times\cos 20^\circ\approx 115.6\text{mm}$

齿距: $p=2m=6\text{mm}$

齿厚: $s=\frac{p}{2}=3\text{mm}$

槽宽: $e=\frac{p}{2}=3\text{mm}$

ch 4

第四章

3. 解: $\alpha = 20^\circ$, $m = 5\text{mm}$, $z = 40$:

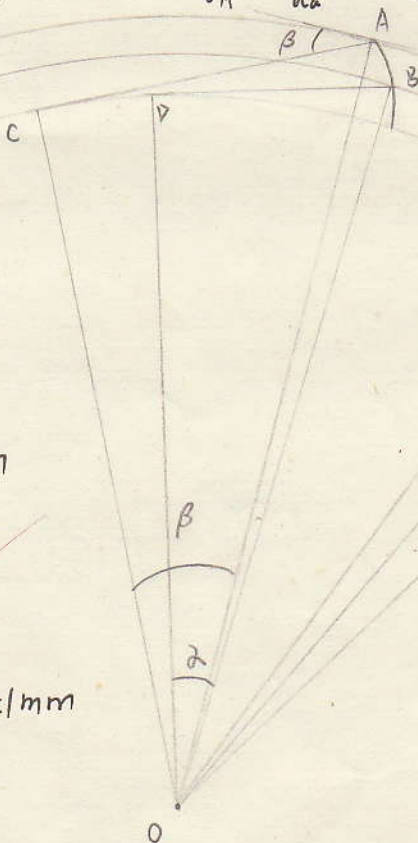
故 $d = mz = 200\text{mm}$ $d_b = d \cos \alpha = 188\text{mm}$, \star

$d_a = d + 2h_a = d + 2m = 210\text{mm}$

如下图: $OA = d_a/2 = r_a$ AC 切于基圆 $OC = r_b$ 且 $OC \perp AC$

过A作齿顶圆切线, 则 β 为此时压力角

由几何知识得: $\beta = \angle AOC$ $\cos \beta = \frac{OC}{OA} = \frac{d_b}{d_a} = \frac{188}{210}$ $\beta = 26.5^\circ$



此时齿廓曲率半径

$r = AC = \sqrt{OA^2 - OC^2} = 46.8\text{mm}$

同理, 齿廓在分度圆上时,

$\alpha = 20^\circ$

$r = BD = \sqrt{OB^2 - OD^2} = 34.1\text{mm}$

在基圆时,

压力角为 0.

$r = 0$

4. 解: 外啮合时:
$$d_f = d - 2h_f$$

$$= m(z - 2h_a^* - 2c^*)$$

$$= m(z - 2.5)$$

$$d = mz$$

$$d_b = d \cos \alpha = mz \cos 20^\circ$$

令 $d_f > d_b$: $m(z - 2.5) > mz \cos 20^\circ$

得: $z > \frac{2.5}{1 - \cos 20^\circ} = 41.5$

故 $z > 42$

内啮合时, $d_f = d + 2h_f$

$$= m(z + 2.5)$$

$$d_b = mz \cos 20^\circ$$

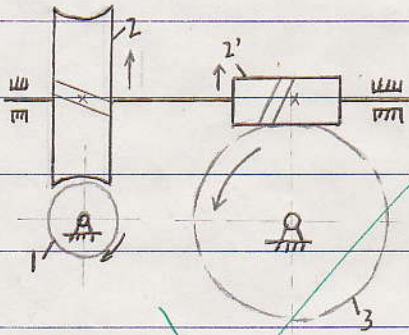
d_f 一定大于 d_b

综上, 当齿轮内啮合时, 或齿轮外啮合且 $z > 42$ 时,
基圆小于齿根圆.



第五章 轮系

第五章



2. 解: 传动比

$$i_{15} = (-1)^2 \frac{z_2 z_3 z_4 z_5}{z_1 z_2' z_3' z_4}$$

$$= \frac{25 \times 30 \times 30 \times 60}{15 \times 15 \times 15 \times 2}$$

$$= 200$$

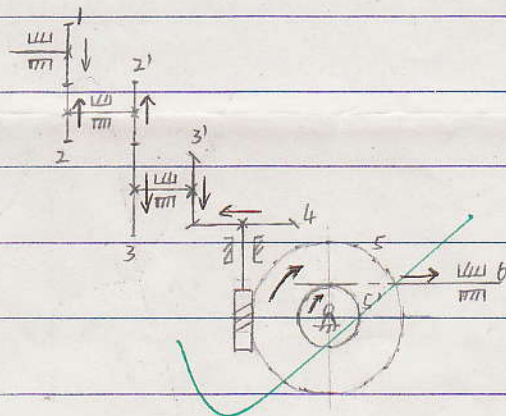
$$\therefore n_5 = \frac{n_1}{i_{15}} = \frac{500}{200} = 2.5 \text{ r/min}$$

$$n_5' = n_5 = 2.5 \text{ r/min}$$

$$V_6 = V_5' = \pi d_5 n_5' = \pi \cdot m z_5' n_5'$$

$$= 3.14 \times 4 \times 20 \times 2.5 = 628 \text{ mm/min}$$

其方向如右图所示, 即水平向右。



第十章

第十章 联接

1. 解: 取摩擦系数 $f=0.1$, 普通螺纹牙侧角 $\beta=30^\circ$

$$\text{当量摩擦系数 } f' = \frac{f}{\cos \beta} = 0.115$$

$$\text{当量摩擦角 } \rho' = \arctan f' = 6.56^\circ$$

查《机械设计常用标准》知 M10 螺纹基本尺寸如下:

$$P=1.5 \text{ mm} \quad d_2=9.026 \text{ mm}$$

$$\text{其螺纹升角 } \psi = \arctan \frac{P}{\pi d_2} = \arctan \frac{1.5}{\pi \times 9.026} = 3.03^\circ < 6.56^\circ$$

故能自锁

$$\text{对于 M68} \quad P=6 \text{ mm} \quad d_2=64.103 \text{ mm}$$

$$\text{螺纹升角 } \psi = \arctan \frac{6}{\pi \times 64.103} = 1.71^\circ < 6.56^\circ$$

故也能自锁

2. 解: $F' = \frac{CF_P}{f m z}$ C 取 1.2, 摩擦系数 $f=0.15$, 接合面数 $m=1$, 螺栓数 $z=2$

$$\text{故 } F' = \frac{1.2}{0.15 \times 1 \times 2} \cdot F_P = 4 F_P$$

查得 M10 螺纹小径 $d_1=8.376 \text{ mm}$ Q235 钢屈服点 $\sigma_s = 235 \text{ MPa}$

$$\text{许用应力 } [\sigma] = \frac{\sigma_s}{1.5} = 156.7 \text{ MPa}$$

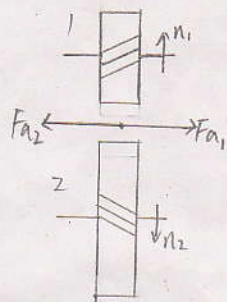
$$\text{则 } \frac{1.3 F'}{4 \pi d_1^2} \leq [\sigma] \quad \text{即: } \frac{1.3 \times 4 F_P}{\frac{\pi}{4} \times 3.14 \times 8.376^2} \leq 156.7$$

$$\text{得: } F_P \leq 1659.62 \text{ N}$$

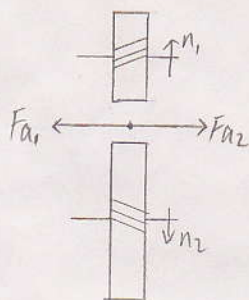


山东大学

4.

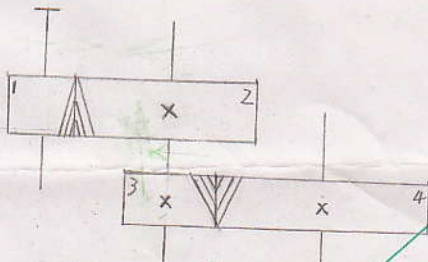


轮1为主动轮

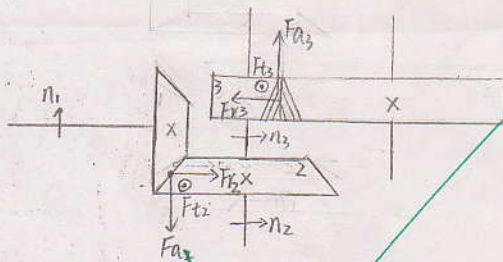


轮2为主动轮

5.



10.



3. 解: 由锥齿轮4的转向可知

锥齿轮3和蜗杆2的转向 n_2, n_3

锥齿轮轴向力皆指向大端, 故 F_{a3}, F_{a4} 方向如图

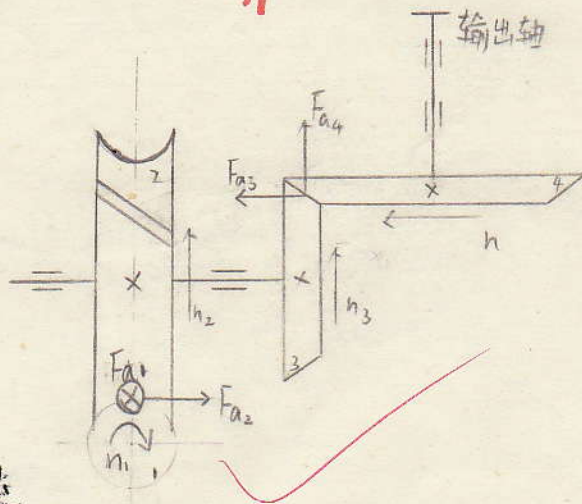
中间轴上轴向力抵消一部分, 故

F_{a2} 与 F_{a3} 方向相反, 如图.

由 n_2 知蜗轮2圆周力垂直纸面向外

F_{t1} 方向与 F_{t2} 相反, 可判断 F_{t1} 垂直于纸面向里, 如图.

F_{t1} 与 F_{a2} 反向, 可知蜗杆1顺时针转, 由 n_1 和 F_{a1} 知蜗轮蜗杆右旋



第十三章 带传动

第十三章

6. 解: 已知 $P=10\text{ kW}$ $v=8\text{ m/s}$ $F_1=2.5F_2$

$$\text{由 } P = \frac{Fv}{1000} \text{ 得 } F = \frac{1000P}{v} = \frac{1000 \times 10}{8} = 1250\text{ N}$$

$$\text{又 } F = F_1 - F_2 = 2.5F_2 - F_2 = 1.5F_2 \quad \therefore F_1 = 2.5F_2 = 2.5 \times \frac{F}{1.5} = 2.5 \times \frac{1250}{1.5} = 2083.3\text{ N}$$

7. 解: 已知 $d_1=150\text{ mm}$ $d_2=400\text{ mm}$ $a=1000\text{ mm}$ $n_1=1460\text{ r/min}$

$$\therefore (1) \text{ 小轮包角 } \alpha_1 = 180^\circ - \frac{d_2 - d_1}{a} \times 57.3^\circ = 180^\circ - \frac{400 - 150}{1000} \times 57.3^\circ = 165.675^\circ$$

$$\begin{aligned} (2) \text{ 带的几何长度 } L &= 2a + \frac{\pi}{2}(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a} \\ &= 2 \times 1000 + \frac{3.14}{2} \times (400 + 150) + \frac{(400 - 150)^2}{4 \times 1000} \\ &= 2879.125\text{ mm} \end{aligned}$$

(3) 不考虑带传动的弹性滑动时

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad \therefore n_2 = \frac{n_1 d_1}{d_2} = \frac{1460 \times 150}{400} = 547.5\text{ r/min}$$

(4) 滑动率 $\varepsilon=0.015$ 时

$$\begin{aligned} i = \frac{n_1}{n_2} &= \frac{d_2}{d_1(1-\varepsilon)} \quad \therefore n_2 = \frac{n_1 d_1(1-\varepsilon)}{d_2} = \frac{1460 \times 150(1-0.015)}{400} \\ &= 539.3\text{ r/min} \end{aligned}$$

第十五章 轴

第十五章

4. 解: 轴材料为 45 钢, 调质处理, 取 $[\sigma] = 30 \text{ MPa}$

$$\text{则: } d \geq \sqrt[3]{\frac{9.55 \times 10^6}{0.2 [\sigma]} \cdot \frac{P}{n}} = \sqrt[3]{\frac{9.55 \times 10^6 \times 37}{0.2 \times 30 \times 900}} \text{ mm}$$
$$= 40.3 \text{ mm}$$

圆整后可取 $d = 40 \text{ mm}$.