

机械设计基础 试题

哈工大二手市场.
QQ群: 744900487

海量资料库尽在**纸张记忆**

可直接取走，省去了排队拥挤的麻烦)

本店地址：①篮球场入口对面纸张记忆

②建设银行旁（美食长廊后身）

哈工大网盘计划简介

1.项目初衷

鉴于 (1) 哈工大各类 QQ 群内学习资料多且繁杂，而文件文字太多会导致文件被 tx 屏蔽或者降低 QQ 群信用星级；(2) 校内诚信复印和纸张记忆资料质量较差；(3) 很多营销号在卖资料且售价很高；(4) 学长学姐的自编材料很好，还想分享给下一届；等问题，网盘计划应运而生！哈尔滨工业大学网盘计划**旨在将哈工大的各类学习资料进行归类整理，并且以网盘的形式发出来**，历时一年，现已小成，扫描了上百份试题文档及实验报告，归类整理了近 50 个 G 的学习资料给大家，前期投入高达上千元，现入不敷出，如果您希望网盘计划继续运营下去的话，欢迎通过以下方式进行捐赠。



推荐使用微信支付



2.网盘计划成就 (密码 1920)

哈工大网盘计划
密码1920



机械设计 (密码1920)



期末试题汇总 (密码1920)



腾讯自动屏蔽以上链接，请用浏览器扫一扫

主管
领导
审核
签字

哈尔滨工业大学 2020 学年 春 季学期

机械设计基础 A 试题

张宏生

张
宏
生

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分
得分											
阅卷人											

片纸鉴心 诚信不败

一、选择填空(10分)

- 平面运动副提供的约束为 D
A) 1 B) 2 C) 3 D) 1 或 2
- 在曲柄摇杆机构中, 当以摇杆为主动件时, 死点位置出现在 B 时。
A) 曲柄与机架共线 B) 曲柄与连杆共线 C) 摇杆与机架垂直 D) 连杆与摇杆共线。
- 设计滚子从动件盘形凸轮轮廓时, 若将滚子半径加大, 那么凸轮轮廓曲线上各点的曲率半径 B。
A) 一定变大 B) 一定变小 C) 不变 D) 可能变大也可能变小。
- 标准渐开线齿轮的齿廓曲线起始于 A。
A) 基圆 B) 分度圆 C) 节圆 D) 齿根圆
- 既受预紧力又受轴向工作载荷的螺栓连接所承受的总的拉伸载荷等于 B。
A) 预紧力与工作载荷之和 B) 残余预紧力与工作载荷之和 C) 1.3 倍的预紧力
D) 1.3 倍的工作载荷。
- 工作时承受弯矩并传递扭矩的轴是 B。
A) 转动心轴 B) 转轴 C) 固定心轴 D) 传动轴。
- 一批相同型号的滚动轴承, 当其当量动载荷等于额定动载荷时, 其中有 A 的轴承寿命可达 10^6 转?
A) 90% B) 10% C) 20% D) 100%
- 设计非液体摩擦滑动轴承时验算 $p \leq [p]$ 的目的是防止发生 A。
A) 过渡磨损 B) 过热产生胶合 C) 产生塑性变形 D) 发生疲劳点蚀
- 哪一个确定蜗杆传动比的公式是错误的? C
A) $i = \frac{\omega_1}{\omega_2}$ B) $i = \frac{Z_2}{Z_1}$ C) $i = \frac{d_2}{d_1}$ D) $i = \frac{n_1}{n_2}$

授
课
教
师

姓
名

学
号

院
系

院系 _____ 学号 _____ 姓名 _____ 授课教师 _____

密 封 线

3 轴的结构设计主要考虑哪些问题？

- 1 满足使用要求（包括周向固定和轴向固定）
- 2 良好的结构工艺性（加工工艺性和装配工艺性）
- 3 提高轴的疲劳强度（改进轴的结构形状，改善轴的表面状态）。

四、计算题（48分）

1. 计算图中所示机构的自由度数。若该机构存在局部自由度、复合铰链、虚约束等请在图中指明。（8分）

解： $n = 8$

$P_L = 11$

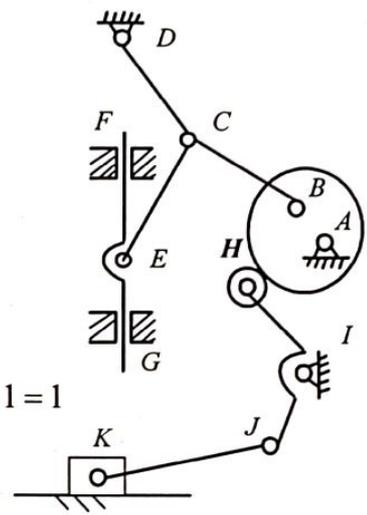
$P_H = 1$

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 8 - 2 \times 11 - 1 = 1$$

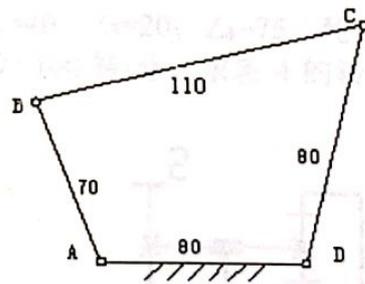
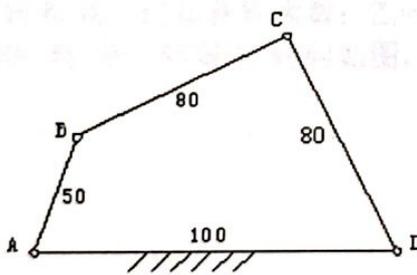
H处存在局部自由度；

F或G处存在虚约束；

C处存在复合铰链



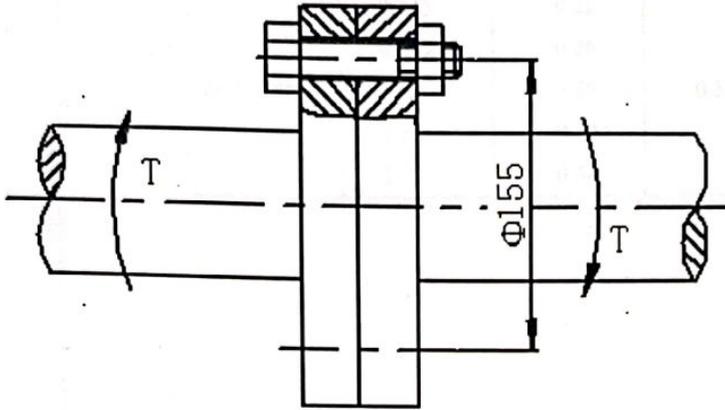
2. 试根据图中注明的尺寸（单位：mm）判断各铰链四杆机构的类型，为什么？（8分）



解：(a) 因为： $50 + 100 = 150 < 80 + 80 = 160$ ，且以最短杆的邻边为机架，所以为曲柄摇杆机构。

(b) 因为： $70 + 110 = 180 > 80 + 80 = 160$ ，不满足杆长条件，所以是双摇杆机构。

3. 有一刚性联轴器，其传递最大扭矩 $T = 1500\text{Nm}$ ，采用 M16 的普通螺栓连接 ($d = 16\text{mm}, d_1 = 13.835\text{mm}, d_2 = 14.701\text{mm}$)，材料为 35 钢 ($[\sigma] = 280\text{N/mm}^2$)，接合面摩擦系数 $f = 0.15$ ，可靠性系数 $K_f = 1.2$ ，试确定需要几个螺栓？（10 分）



群名称:哈工大网盘计划 (预)
群号:953062322

解:螺栓所承受的预紧力为:

$$F' = \frac{K_f T}{f \sum_{i=1}^z r_i} = \frac{1.2 \times 1500}{0.15 \times \frac{155}{2} z}$$

螺栓应满足的强度条件为

$$\sigma = \frac{4 \times 1.3 F'}{\pi d_1^2} \leq [\sigma], \quad F' \leq \frac{\pi d_1^2 [\sigma]}{4 \times 1.3} = \frac{1.2 \times 1500}{0.15 \times \frac{155}{2}}$$

解得 $Z = 4.78$, 取 $z = 6$

4. 如图所示周转轮系，已知各轮齿数： $Z_1 = 25$ ； $Z_2 = 40$ ； $Z_3 = 20$ ； $Z_4 = 75$ 。轮 1 转向如图，转速为 200 转/分，转臂 H 转向如图，转速为 100 转/分。求轮 4 的转速及转向。（10 分）

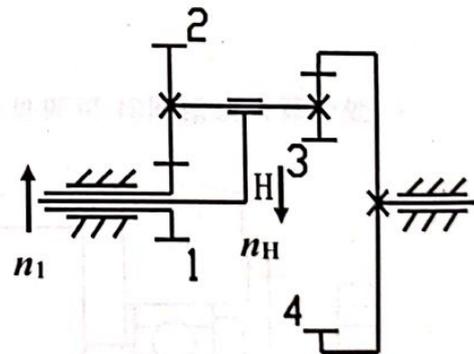
解:

$$i_{14}^H = \frac{n_1 - n_H}{n_4 - n_H} = -\frac{z_2 z_4}{z_1 z_3} = -6$$

设轮 1 转向为正，则转臂 H 转向为负；

$$\frac{200 + 100}{n_4 + 100} = -6,$$

解得 $n_4 = -150$ (转/分)，负值表示轮 4 转向与轮 1 相反。



5. 一水泵选用 6207 轴承支承, 已知转速 $n=2900\text{rpm}$, 轴承所受径向载荷 $F_r=2300\text{N}$, 轴向载荷 $F_a=540\text{N}$, 试计算轴承寿命。 ($C_{0r}=15.2\text{KN}$, $C_r=25.5\text{KN}$, $f_p=1.1$) (12 分)

轴承类型	$\frac{12.3F_a}{C_{0r}}$	e	Fa/Fr > e		Fa/Fr ≤ e	
			X	Y	X	Y
深沟球轴承	0.172	0.19	0.56	2.30	1	0
	0.345	0.22		1.99		
	0.689	0.26		1.71		
	1.03	0.28		1.55		
	1.38	0.30		1.45		
	2.07	0.34		1.31		

解: 1 求当量动载荷 P

$$\frac{F_a}{C_0} = \frac{540}{15200} = 0.035, \text{ 取 } e=0.22$$

$$\text{因 } \frac{F_a}{F_r} = \frac{540}{2300} = 0.235 > e, \text{ 由表查得: } X=0.56, Y=1.99$$

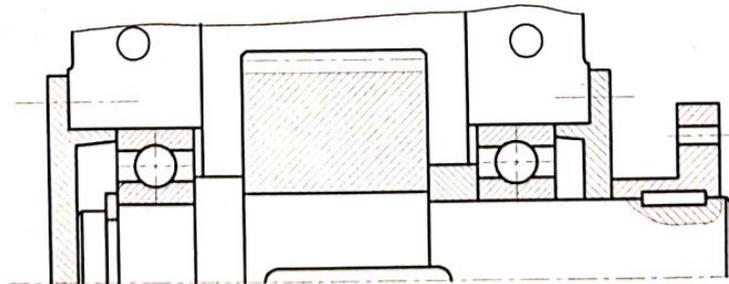
$$P = (XF_r + YF_a) = 1.1(0.56 \times 2300 + 1.99 \times 540) = 2362.6\text{N}$$

2 计算轴承的寿命:

$$L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{f_r C}{f_p P} \right)^{\epsilon} = \frac{10^6}{60 \times 2900} \left(\frac{1 \times 25500}{2598.86} \right)^3 = 5429\text{h}$$

五、结构改错题 (10 分)

指出下面图形错误并说出原因 (指出 10 处即可, 相同错误只算一处。)



- 1 左轴端的轴用弹性挡圈多余，应去掉。
- 2 左轴端部应顶住端盖
- 3 联轴器不应与右端盖接触；
- 4 右端盖与轴之间没有间隙；
- 5 右端盖没考虑密封；
- 6 齿轮处轮毂的长度应大于相应轴段长度 1—3mm；
- 7 齿轮处键过长；
- 8 联轴器上键槽未开通，无法安装；
- 9 联轴器上键槽应与齿轮处键槽在同一直线上；
- 10 右端轴承装拆路线过长，轴颈右侧应减小直径；
- 11 联轴器位置不确定；
- 12 端盖与基座间应加调整垫片；
- 13 对于两端滚动轴承，套筒和轴肩直径过大，超过内圈高度，使轴承无法拆下。

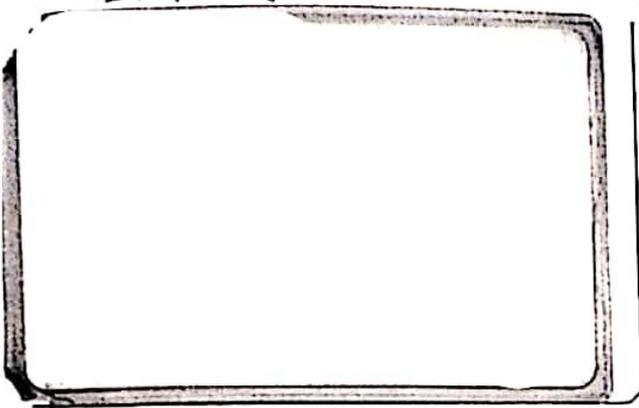
哈工大资源分享站

Qq2842305604



群名称:跳蚤市场[黄河路分店]
群 号:731429909

50 150 160



第 1 页

机械设计基础 答题纸

97

班号 1826202 学号 1182620220 姓名

- 8 1. D. 2. B 3. ~~D~~ 4. A. 5. B. 6. B. 7. A
 8. ~~A~~ 9. C 10. C. (-2)

= 70 ① 间隙配合 过盈配合 过渡配合.

2. 3 同一直线上.

3. 强度、刚度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度(弹性).

4. 相对运动表面之间必须形成收敛形间隙. 按有一定的相对运动速度. 并使润滑油从大口流入. 从小口流出. 间隙间要充满具有一定黏度的润滑油.

5. 拉应力. 离心应力. 弯曲应力.

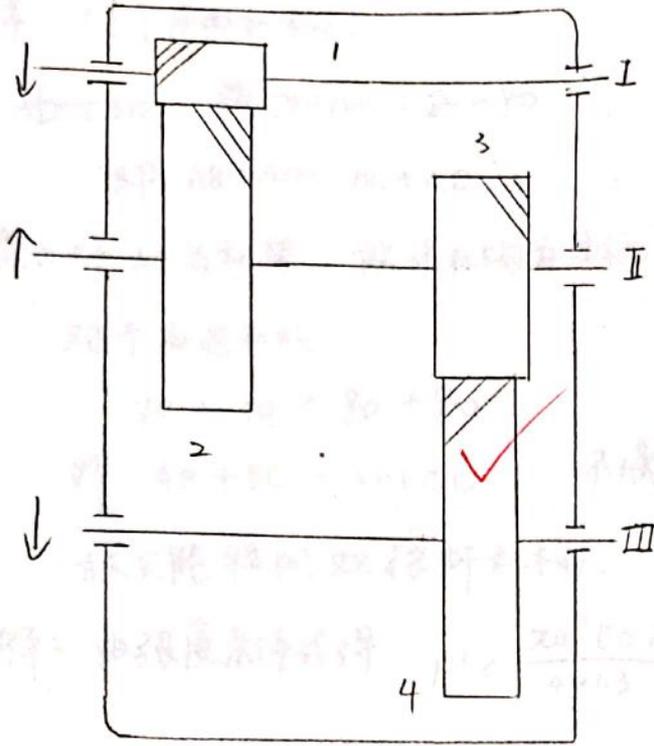
6. 两侧面

7. ~~齿面磨损机构~~ 凸轮机构. 蜗轮蜗杆机构. ~~双动式棘轮机构~~
 摩擦式棘轮机构. 槽轮机构 不完全齿轮机构.

三. 1. 答: 主要失效形式: ① 轮齿折断 ② 齿面点蚀 ③ 齿面磨损
 ④ 齿面胶合 ⑤ 齿面塑性变形.

闭式软齿面齿轮因齿面点蚀失效. 故应先按齿面接触疲劳强度进行设计. 然后按齿根弯曲疲劳强度.

2.



3. 答: ① 满足使用的要求: 为实现轴的功能, 必须保证轴上零件有正确的工作位置, 要求轴上零件沿周向和轴向固定。
 ② 具有良好的结构工艺性。
 ③ 提高轴的疲劳强度。

四、解: 由图可知 $n = 8$, $P_L = 11$, $P_H = 1$

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 8 - 2 \times 11 - 1 = 1.$$

C 处存在复合铰链。F、G 处存在虚约束, 只用 \odot 记为 1 个低副。H 处为局部自由度。

2. 解: 对于左边机构:

$$AB + AD < BC + CD.$$

$$\text{即 } AB + AD < BC + CD.$$

最长杆 AD 为机架. 故该机构为曲柄摇杆机构.

对于右边机构.

$$70 + 110 > 80 + 80$$

$$\text{即 } AB + BC > AD + CD. \quad \text{不满足杆长条件.}$$

故只能得到双摇杆机构.

3. 解: 由强度条件式得 $F' \leq \frac{\pi d^2 [\sigma]}{4 \times 1.3} = \frac{\pi \times 13.835^2 \times 280}{4 \times 1.3} = 32378.959 \text{ N}.$

又由式 $F' \geq \frac{2K_f T}{z f D_0}$

可得 $z \geq \frac{2K_f T}{F' f D_0}$. 其中 $K_f = 1.2$, $T = 1500 \text{ N}\cdot\text{m} = 15 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}$.

取 $F' = 32378.959$, $f = 0.15$, $D_0 = 155 \text{ mm}$.

代入数据得 $z \geq \frac{2 \times 1.2 \times 15 \times 10^6}{32378.959 \times 0.15 \times 155} = 4.78$. 取整得 $z = 5$ (7)

故需要至少 5 个螺栓.

4. 解: 设 n_1 为正. 则 n_H 为负.

$$i_{14}^H = \frac{n_1 - n_H}{n_H - n_H} = -\frac{z_2 z_4}{z_1 z_3} = -\frac{40 \times 75}{25 \times 20} = -6.$$

由上式得 $n_H = \frac{7n_1 - n_1}{6} = \frac{7 \times (100) - 200}{6} = -150 \text{ r/min}.$

故轮 4 转速为 150 转/分, 方向与轮 1 相反.

5. 解: 由 $\frac{F_a}{G_r} = \frac{13540}{15.2 \times 10^3} = 0.891$. 查表得 $e \approx 0.23$ (07)

又 $\frac{F_a}{F_r} = \frac{540}{0.2700} \approx 1963$ (07) $0.2348 > e$.

① 故取 $X = 0.56$, $Y = 1.92$.

$$P = f_p (X F_r + Y F_a) = 1.1 (0.56 \times 2700 + 1.92 \times 540) = 2557.28 \text{ N}.$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{P}{P} \right)^e = \frac{10^6}{60 \times 2700} \left(\frac{1 \times 2557.28}{2700} \right)^{-3} = 5698 \text{ h}.$$

②. 考虑列 $\frac{F_a}{F_r} \approx 0.2348 \approx 0.2307 = e.$

故也可取 $X=1, Y=0.$

此时 $P = f_r(xF_r + YF_a) = 1.1(1 \times 2300 + 0) = 2530 N.$

$L_{10h} = \frac{10^6}{60} \left(\frac{f_r C}{P}\right)^{\frac{10}{3}} = \frac{10^6}{60 \times 2300} \left(\frac{1 \times 25.3 \times 10^3}{2530}\right)^{\frac{10}{3}} = 5885 h.$

与①中计算结果相近.

- 五、
- ①. 套筒高度高过轴承内圈高度. 轴承无法拆卸. ✓
 - ②. 轴肩高过轴承内圈高度. 轴承无法拆卸. ✓
 - ③. 齿建过长 (齿轮配合段). ✓
 - ④. 轴承端盖与轴之间没有间隙. ✓
 - ⑤. 轴承端盖处无密封. ✓
 - ⑥. 轴上两个齿建不在同一侧. ✓
 - ⑦. 轴承端盖无垫片. ✓
 - ⑧. 轮毂的宽度等于相应轴段的宽度. 无法使套筒压紧齿轮. ✓
 - ⑨. 左端轴承处没有砂轮越程槽. ✓
 - ⑩. 轴承配合段长度过长, 无轴肩. ✓
 - ⑪. 左端 ~~轴~~ ~~轴~~ 处 ~~轴~~ 未倒角. ✓
 - ⑫. 右轴头 ~~轴~~ 不应长过联轴器. ✓
 - ⑬. 联轴器在左端不应与轴承端盖相连. 缺少轴肩. ✓

机械设计基础 (60 学时) 试题答案

班号	
姓名	

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分
分数											
阅卷人 签字											

一、填空题 (每空 1 分, 共 30 分)

哈工大二手市场

QQ: 744900487

本题分数

注
意
行
为
规
范

遵
守
考
场
纪
律

1. 机构具有确定运动的条件是 机构的自由度大于零且机构的原动件数等于机构的自由度。
2. 在凸轮机构四种常用的推杆运动规律中, 等速运动规律 运动规律有刚性冲击; 等加速等减速 运动规律和 余弦加速度 运动规律有柔性冲击; 正弦加速度 运动规律无冲击。
3. 带传动工作时, 最大应力发生在 在紧边进入小带轮处, 带传动的主要失效形式是 打滑 和 疲劳破坏。
4. 一对渐开线直齿圆柱齿轮正确啮合条件为: 模数相等 和 压力角相等, 齿轮连续啮合传动条件为: 重合度大于 1。
5. 在齿轮传动设计时, 软齿面闭式传动常因 齿面点蚀 而失效, 故通常先按 齿面接触疲劳强度 设计公式确定传动的尺寸, 然后验算齿轮的 齿根弯曲疲劳强度。
6. 齿轮传动以及蜗杆传动的效率均包括: (1) 轮齿啮合效率 η_1 、(2) 搅油效率 η_2 、(3) 轴承效率 η_3 ; 总的传动效率为: $\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3$ 。
7. 在矩形螺纹、梯形螺纹、锯齿形螺纹和三角形螺纹四种螺纹中, 传动效率最高的是 矩形 螺纹; 双向自锁性最好的是 三角形 螺纹; 只能用于单向传动的是 锯齿形 螺纹。

主
管
领
导
审
核
签
字

试题:

班号:

姓名:

8. 普通平键的工作面是 两侧面; 楔键的工作面为键的 上下 面; 平键的剖面尺寸 $b \times h$ 按 轴径 d 来查取。
9. 代号为 72308 的滚动轴承, 其类型名称为 角接触球轴承, 内径为 40 mm, 2 为宽度系列代号, 3 为直径系列代号。
10. 圆柱螺旋压缩弹簧在工作时最大应力发生在 弹簧丝内侧。

二、问答题(每题 4 分,共 20 分)

软件分享群

Q群 626648181

本题分数

1. 请说明平面机构速度瞬心的概念, 并简述三心定理。

答: 速度瞬心定义为: 互相作平面相对运动的两构件上在任一瞬时其相对速度为零的重合点。或说是作平面相对运动的两构件上在任一瞬时其速度相等的重合点(即等速重合点)。

三心定理: 作平面运动的三个构件共有三个瞬心, 他们位于同一直线上。

2. 带传动中的弹性滑动与打滑有什么区别?

答: 弹性滑动和打滑是两个截然不同的概念。打滑是指由于过载引起的全面滑动, 是一种传动失效的表现, 应当避免。弹性滑动是由带材料的弹性和紧边、松边的拉力差引起的。只要带传动具有承载能力, 出现紧边和松边, 就一定会发生弹性滑动, 所以弹性滑动是不可以避免的。

3. 按轴工作时所受载荷不同, 可把轴分成那几类? 如何分类?

答: 转轴, 心轴, 传动轴。

转轴既传递转矩又承受弯矩。

传动轴只传递转矩而不承受弯矩或承受弯矩很小。

心轴则承受弯矩而不传递转矩。

4. 螺纹连接为什么要防松? 有哪几类防松方法?

答: 在静载荷作用下且工作温度变化不大时, 螺纹连接不会自动松脱。但是在冲击、振动和变载荷作用下, 或当温度变化很大时, 螺纹副间的摩擦力可能减小或瞬间消失, 这种现象多次重复就会使连接松脱, 影响连接的正常工作, 甚至会发生严重事故。因此, 设计时必须采取防松。

摩擦防松, 机械防松, 破坏螺纹副关系。

5. 简述动压油膜形成的必要条件。

答:

1. 相对运动表面间必须形成收敛形间隙;
2. 要有一定的相对运动速度, 并使润滑油从大口流入, 从小口流出。
3. 间隙间要充满具有一定粘度的润滑油。

三、分析计算题 (共 38 分)

本题分数

哈工大资源分享
QQ 2842305604

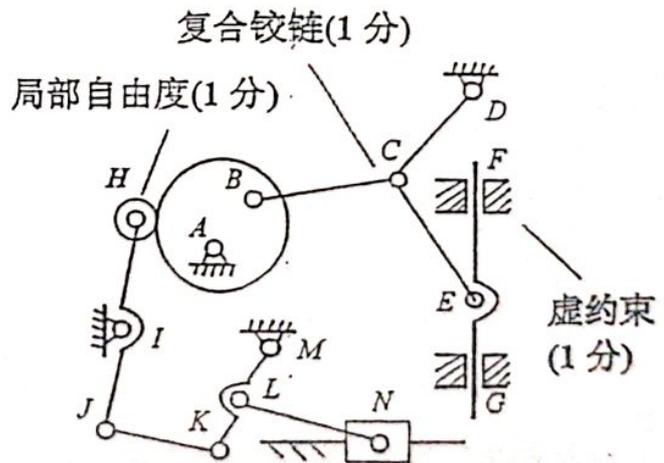
1. (7 分) 计算图中所示机构的自由度数。若该机构存在局部自由度、复合铰链、虚约束等请在图中指明。

解:

$$n = 10; P_L = 14; P_H = 1 \quad (3 \text{ 分})$$

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

$$= 3 \times 10 - 2 \times 14 - 1 \times 1 = 1 \quad (1 \text{ 分})$$



2. (8 分) 已知铰链四杆机构中各杆的长度为: $l_{AB} = 80\text{mm}$, $l_{BC} = 115\text{mm}$, $l_{CD} = 95\text{mm}$,

$l_{AD}=120\text{mm}$ 。请分析:

- (1) 该机构中是否存在曲柄?
- (2) 如果存在曲柄, 该机构是否具有急回运动特性?
- (3) 计算该机构的最小传动角?

解:

(1) $80 + 120 < 115 + 95$ (1分)

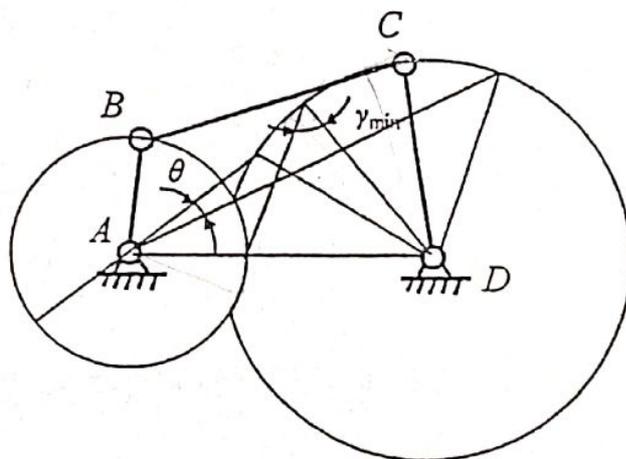
最长杆 l_{AD} 为机架, (1分)

故该机构中存在曲柄。 (1分)

(2) 如图, 因为存在极位夹角 θ (1分)

故该机构具有急回运动特性。 (1分)

(3) 该机构的最小传动角如图所示。 (3分)



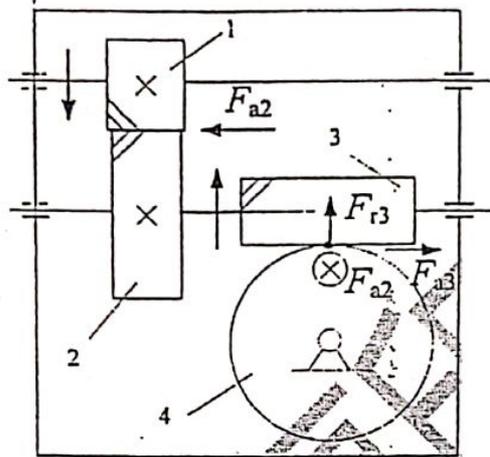
3. (7分) 图示齿轮蜗杆减速器中, 1、2 均为斜齿轮, 3 为蜗杆, 4 为蜗轮; 其中主动齿轮 1 为右旋, 其转动方向如图所示。为使齿轮 2 和蜗杆 3 的轴向力能抵消一部分, 试回答以下问题:

- (1) 判断齿轮 2 和蜗杆 3 的旋向;
- (2) 画出蜗杆 3 在节点处的三个分力方向;
- (3) 画出蜗杆 3 和蜗轮 4 的转动方向。

哈工大资源分享
QQ 2842305604

解:

- (1) 齿轮 2 为左旋 (1 分), 蜗杆 3 为左旋 (1 分);
- (2) 蜗杆 3 在节点处的三个分力方向如图所示; (每问 1 分);
- (3) 蜗杆 3 和蜗轮 4 的转动方向如图所示。(每问 1 分)



4. (6 分) 图示轮系, 已知: $Z_1=20, Z_2=40, Z_3=80, Z_4=Z_5=30, Z_6=90$ 。求 $i_{16}=?$

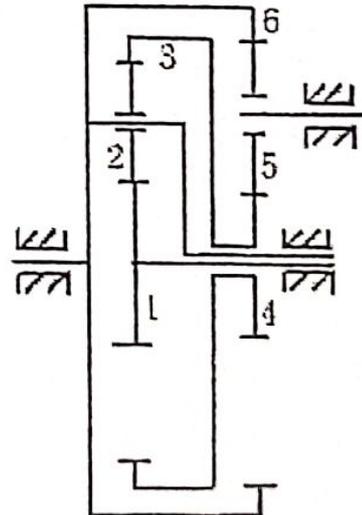
解: $n_3=n_4$

$$i_{46} = (n_4/n_6) = -(z_6/z_4) = -3$$

$$n_H = n_6$$

$$i_{13}^H = (n_1/n_3) / (n_H/n_6) = -(z_3/z_1) = -4$$

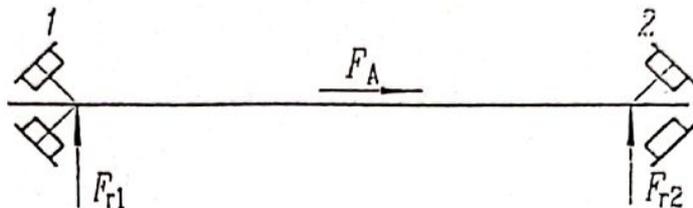
$$i_{16} = 17$$



哈工大资源分享

QQ 2842305604

5. (10分) 图示轴系由一对圆锥滚子轴承支承 (基本额定动载荷 $C_r=57700\text{N}$), 轴的转速 $n=1380\text{r/min}$, 已求得轴承的径向支反力为: $F_{r1}=4000\text{N}$, $F_{r2}=8000\text{N}$, 轴向外载荷 $F_A=860\text{N}$, 受力方向如图所示, 载荷系数 $f_r=1.2$. 求轴承寿命为多少小时? (轴承 $e=0.3$, $\frac{F_a}{F_r} > e$ 时 $X=0.4$, $Y=2$)



解:

$$F_{s1} = F_{r1} / 2Y = 4000 / (2 \times 2) = 1000 \text{ N}$$

$$F_{s2} = F_{r2} / 2Y = 8000 / (2 \times 2) = 2000 \text{ N}$$

$$F_{s1} + F_A = 1000 + 860 = 1860 < F_{s2}, \text{ 1 轴承压紧。}$$

$$\text{所以, } F_{a2} = F_{s2} = 2000 \text{ N}, F_{a1} = F_{s2} - F_A = 2000 - 860 = 1140 \text{ N},$$

$$F_{a1} / F_{r1} = 1140 / 4000 = 0.285 < e \text{ 取 } X=1, Y=0$$

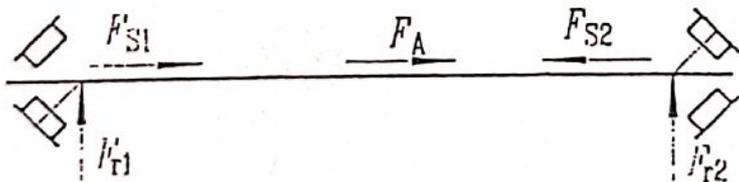
$$P_1 = f_d (X_1 F_{r1} + Y_1 F_{a1}) = f_d F_{r1} = 1.2 \times 4000 = 4800 \text{ N}$$

$$F_{s2} / F_{r2} = 2000 / 8000 = 0.25 < e, X_2=1, Y_2=0$$

$$P_2 = 1.2 \times 8000 = 9600 \text{ N}$$

应按 2 轴承校核, 因 $P_2 > P_1$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \times 1380} \left(\frac{57700}{9600} \right)^{10/3} = 4767.8 \text{ h}$$



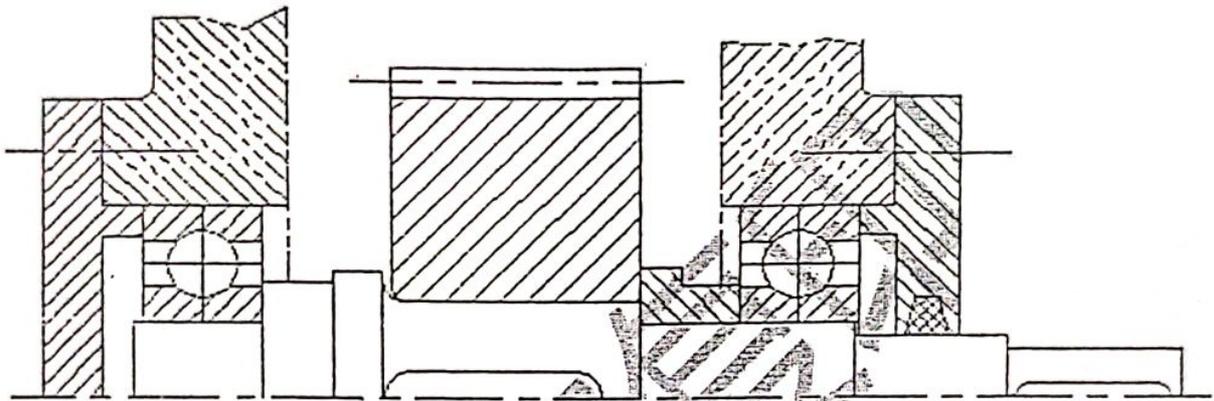
哈工大资源分享

QQ 2842305604

四、结构题 (12分)

本题分数

指出图示轴系部件中的错误结构，并简单说明错误原因，相同错误按一处计（指出六处即可，轴承采用脂润滑）。



- 1 滚动轴承内圈的定位轴肩已高于内圈高度，无法拆卸。
- 2 轴环处圆角半径大于轮毂圆角半径，无法实现对轮毂的轴向定位。
- 3 安装齿轮处键槽位置偏左，应该稍偏向右端。
- 4 轮毂的宽度小于相应轴段的宽度，无法实现对轮毂的轴向定位。
- 5 密封圈处轴承盖与轴之间没有间隙。
- 6 左端轴承处轴上没有砂轮越程槽。
- 7 轴端要倒角。
- 8 端盖处应减少加工面。
- 9 应加调整垫片

哈工大资源分享

QQ 2842305604

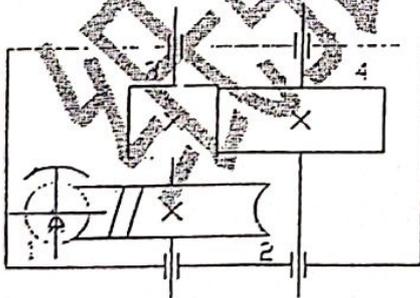
机械设计基础 (60 学时) 试题答案

班号	
姓名	

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分
分数											

一、填空题 (每空 1 分, 共 30 分)

1. 机构具有确定运动的条件是 自由度 $F > 0$ 且 原动件数等于自由度 F 。
2. 在曲柄摇杆机构中, 以摇杆为主动件, 曲柄为从动件, 则曲柄与连杆处于共线位置时称为 死点, 此时机构的传动角为 0° , 压力角为 90° 。
3. 在凸轮机构四种常用的推杆运动规律中, 等速 运动规律有刚性冲击; 正弦加速度 运动规律无冲击。
4. 带传动工作时, 最大应力发生在 紧边进入小带轮处, 最大值为 $\sigma_1 + \sigma_{b1} + \sigma_c$ 。
5. 带传动的设计准则为: 在保证带传动不发生 打滑 的前提下, 带具有一定的 疲劳 强度和使用寿命。
6. 一对渐开线齿轮正确啮合条件为: 模数相等、压力角相等 及 $\beta_1 = \pm \beta_2$, 齿轮连续啮合条件为: 重合度大于 1。
7. 图示减速器中, 1 为蜗杆, 2 为蜗轮, 3、4 均为斜齿轮, 主动轴蜗杆为顺时针旋转, 蜗轮为右旋, 则蜗杆螺旋线方向为 右旋, 若希望蜗轮 2 和小齿轮 3 的轴向力能抵消一部分, 则齿轮 3 的螺旋线方向为 右旋, 齿轮 4 的轴向力方向为 向上。



哈工大资源分享
QQ 2842305604

8. 按轴工作时所承受的载荷不同, 可把轴分成 心轴, 转轴, 传动轴。
9. 代号为 7312C 的滚动轴承, 其类型名称为 角接触球轴承, 内径为

主意为规范, 遵守考式纪律!

主管
领导
审核
签字

试题:

班号:

姓名:

60 mm, 宽度系列代号为 0, 直径系列代号为 3。

10. 螺纹连接中, 按其工作原理不同, 螺纹防松方法有 摩擦防松、机械防松 和 破坏螺纹副关系防松 等。

11. 轴承的基本额定动载荷是指轴承的 基本额定寿命 恰好为 $10^6 r$ 时, 轴承所能承受的载荷值。

二、问答题 (每题 6 分, 共 24 分)

1. 请说明平面机构速度瞬心的概念, 并简述三心定理。

答:

瞬心是指互相作平面相对运动的两构件在任一瞬时, 其相对速度为 0 的重合点, 或者是绝对速度相等的重合点。(3 分)

三心定理: 作平面运动的三个构件共有三个瞬心(1.5 分), 它们位于同一直线上(1.5 分)。

2. 简述闭式齿轮传动的设计准则

答: 1) 对于软齿面闭式齿轮传动, 通常先按齿面接触疲劳强度进行设计(2 分), 然后校核齿根弯曲疲劳强度(1 分)。

2) 对于硬齿面闭式齿轮传动, 通常先按齿根弯曲疲劳强度进行设计(2 分), 然后校核齿面接触疲劳强度(1 分)。

3. 平键连接的工作原理是什么? 主要失效形式有哪些? 平键的截面尺寸 $b \times h$ 是如何确定的?

答: 平键的工作面为两侧面, 工作时靠键与键槽侧面的挤压来传递转矩。(2 分)

主要失效形式是工作面的压溃和键的剪断。(2 分)

截面尺寸根据轴径 d 由标准查出。(2 分)

哈工大二手市场

QQ群: 744900487

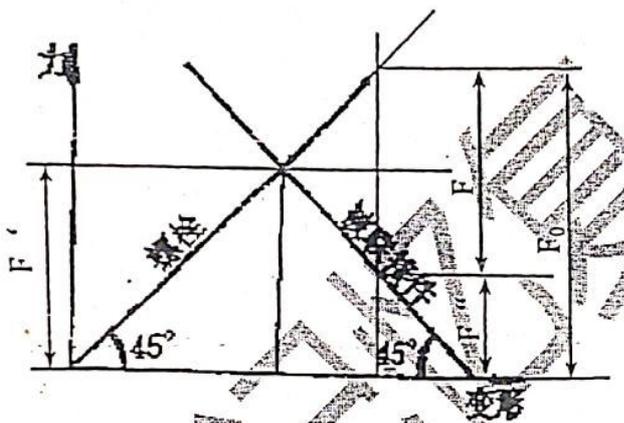
4. 简述形成流体动压油膜的必要条件。

答: 形成动压油膜的必要条件是:

- 1) 相对运动表面之间必须形成收敛形间隙; (2分)
- 2) 要有一定的相对运动速度, 并使润滑油从大口流入, 从小口流出; (2分)
- 3) 间隙间要充满具有一定粘度的润滑油。(2分)

三、分析计算题: (共 34 分)

1. (8分) 如图示螺栓联接的受力—变形图。若保证残余预紧力 F'' 的大小等于其预紧力 F' 的一半。求该联接所能承受的最大工作载荷和螺栓所受的总拉力, 并在图中标出各力。



解: 在受力—变形图中标出残余预紧力、预紧力及工作载荷, (4分)

由图中几何关系可知螺栓连接最大工作载荷为:

$$F = F' \quad (2分)$$

螺栓所受的总拉力为:

$$F_0 = F'' + F = F'' + F' = 1.5F' = 3F'' \quad (2分)$$

哈工大资源分享
QQ 2842305604

2. (8分) 计算图中所示机构的自由度, 若该机构存在局部自由度、复合铰链、虚约束等请在图中指明。

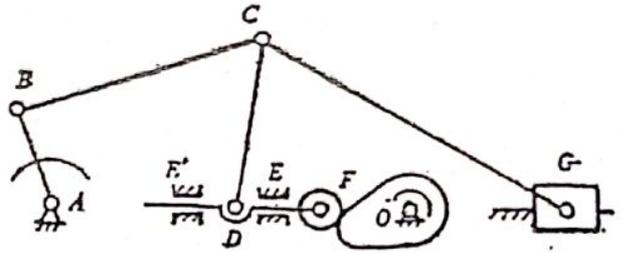
答:

活动构件数: $n=7$

高副数: $PL=9$

低副数: $PH=1$

$F=3n-2PL-PH=2$ (5分)



F 处存在局部自由度 (1分), E 处或 E' 处存在虚约束 (1分), C 处存在复合铰链 (1分)。

3. (8分) 图示为两个同型号的单列圆锥滚子轴承支承的轴, 根据外载荷情况, 已算出轴承 1、2 的径向支反力为 $F_{r1}=4000\text{N}$, $F_{r2}=5000\text{N}$ 。轴上两零件所受的轴向力如图所示。试计算轴承 1、2 所受的轴向载荷 F_{a1} 、 F_{a2} 。

注: 1) 已知该轴承的 $Y=2$

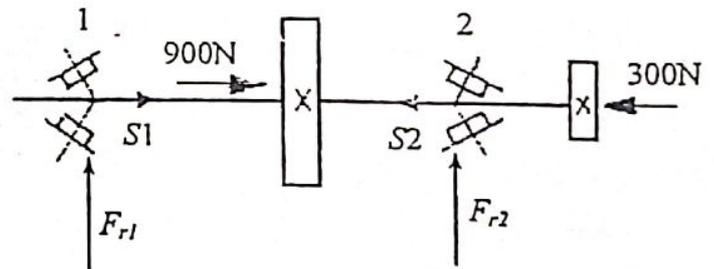
2) 轴承内部轴向力的计算式为: $S = \frac{F_r}{2Y}$

解: 轴承的内部轴向力为

$$S_1 = \frac{F_r}{2Y} = \frac{4000}{2 \times 2} = 1000 \text{ (N)} \text{ (1分)}$$

$$S_2 = \frac{F_r}{2Y} = \frac{5000}{2 \times 2} = 1250 \text{ (N)} \text{ (1分)}$$

方向如图所示。



分析轴承受力:

外部轴向合力为 $F_A = 900 - 300 = 600\text{N}$, 方向与 S_1 相同。

因为 $S_1 + F_A = 1000 + 600 = 1600\text{N} > S_2$ (2分)

所以轴承 1 为放松端 $F_{a1} = S_1 = 1000\text{N}$ (2分)

轴承 2 为压紧端 $F_{a2} = S_1 + F_A = 1600\text{N}$ (2分)

哈工大资源分享

QQ 2842305604

4. (10分) 如图所示轮系中, 若已知各轮齿数 $z_1 = z_2 = z_4 = z_5 = 20$, $z_3 = 40$, $z_6 = 60$, 求 i_{1H} 的大小, 并说明轮 1 与转臂 H 的转向相同还是相反。

解: 此轮系为混合轮系

定轴轮系传动比:

$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{40}{20} = 2 \quad (2 \text{分})$$

周转轮系的转化轮系传动比:

$$i_{25}^H = \frac{n_2 - n_H}{n_5 - n_H} = (-1) \frac{z_5}{z_3} = -\frac{80}{20} = -4 \quad (3 \text{分})$$

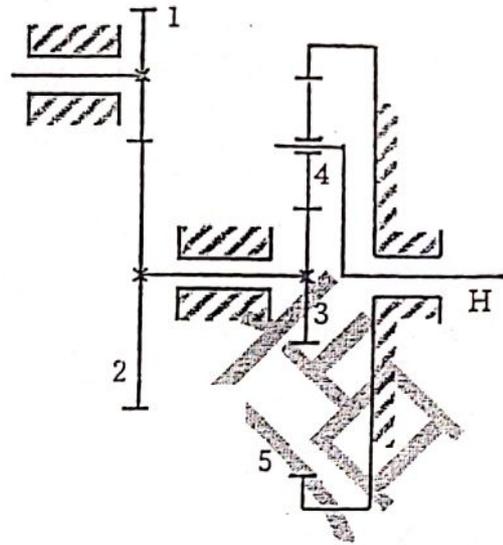
由于 $n_5 = 0$, 故:

$$\frac{n_2 - n_H}{-n_H} = -4 \quad (1 \text{分})$$

得: $\frac{n_2}{n_H} = 5 \quad (1 \text{分})$

故: $i_{1H} = i_{12} i_{2H} = \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{n_2}{n_H} = 2 \times 5 = 10 \quad (2 \text{分})$

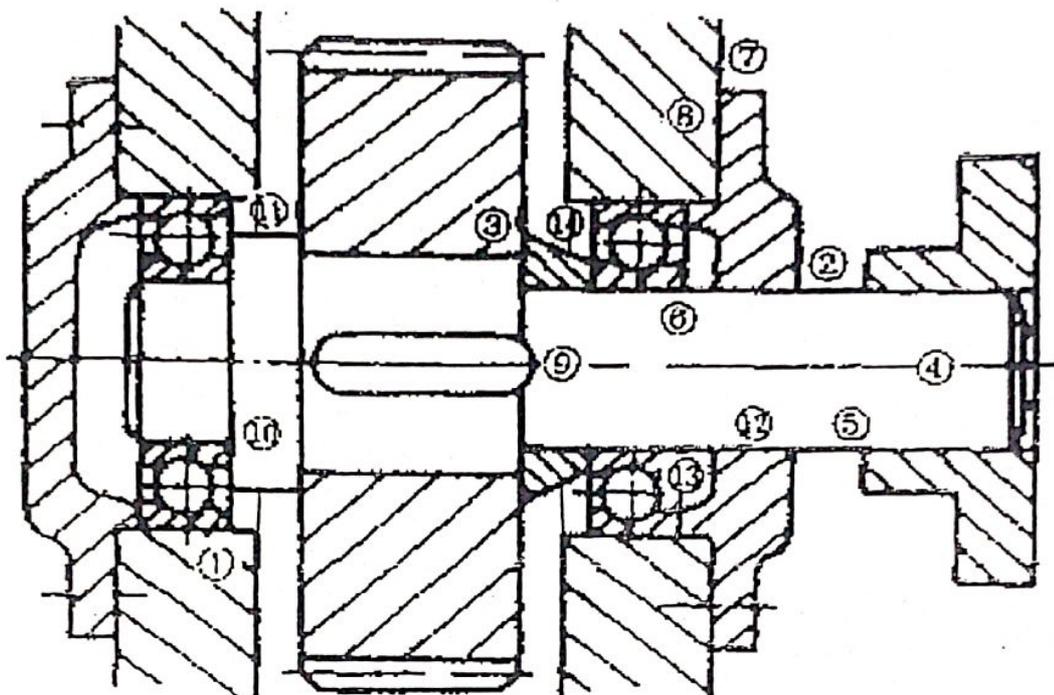
轮 1 与转臂 H 转向相反 (1分)



哈工大二手市场
 微信群: 744900487

四、结构题 (12分)

试分析图示齿轮轴系结构上的结构错误, 在图中编号并指出错误原因。轴承采用脂润滑。



位置 1、两轴承类型一致, 角接触轴承应成对使用;

位置 2、旋转件和静止件接触;

位置 3、齿轮安装轴段的长度应小于齿轮宽度;

位置 4、无键槽;

位置 5、联轴器轴段无轴向定位, 应设计成阶梯轴;

位置 6、与轴承内圈配合轴段太长, 应设计成阶梯轴;

位置 7、机箱体应加凸台以减小加工面积;

位置 8、应加调整垫片;

位置 9、键槽孔太长;

位置 10、缺甩油环;

位置 11、轴肩太高, 轴承内圈无法拆卸;

位置 12、无密封。

机械设计基础 (60 学时) 试题答案

班级	
姓名	

题号	一	二	三	四	五	六	七	总分
分数								

注意
行为
规范

遵守
考场
纪律

主管
领导
审核
签字

哈工大资源分享
QQ 2842305604

一、填空题 (共 26 分, 每空 1 分)

- 代号为 7210 C/P5/DF 轴承的内径为 50mm。
- 当两个被联接件之一太厚, 不宜制成通孔, 且联接不需要经常装拆时, 往往采用螺纹联接中的 螺钉 联接。
- 齿轮传动的主要失效形式有 轮齿折断、齿面点蚀、齿面磨损、齿面胶合 和 轮齿塑性变形。
- 凸轮机构从动件常用运动规律有 等速 运动规律、等加速等减速 运动规律、余弦加速度 (简谐) 运动规律和 正弦加速度 (摆线) 运动规律。
- 机构具有确定运动的条件是: 机构的自由度 F 大于 0、机构的原动件数等于机构的自由度 F 。
- 机械系统通常由 原动机、传动装置、工作机 等部分组成。
- 对于软齿面闭式齿轮传动, 通常先按 齿面接触疲劳 强度进行设计, 然后校核 齿根弯曲疲劳强度。
- 滚动轴承的基本额定寿命 L , 是指一批相同的轴承, 在相同的条件下运转, 其中 90% 的轴承在疲劳点蚀前所能转过的总转速, 单位为 $10^6 r$ 。
- 四杆机构的急回运动特性可以由行程速度变化系数 K 和极位夹角 θ 表

征，极位夹角 θ 越大，急回运动的性质越显著。

10) 凸轮的基圆半径越小，机构的压力角越大，机构的传力性能越差。

11) 在蜗杆传动中，当需要自锁时，应使蜗杆导程角 \leq 当量摩擦角。

12) 轮系可分为三种类型，即 定轴 轮系、周转 轮系和 混合 轮系。

二、选择题（共 7 分，每小题 1 分）

1) 一阀门螺旋弹簧，弹簧丝直径 $d=2.5\text{mm}$ ，因环境条件限制，其弹簧外径 D_2 不得大于 17.5mm ，则弹簧指数不应超过 c)。

a) 5 ; b) 6.5 ; c) 6 ; d) 7 。

2) 平键的剖面尺寸 $b \times h$ 是根据 d) 从标准中查取。

a) 传递转矩的大小; b) 载荷特性; c) 键的材料; d) 轴的直径。

3) 带传动的主要失效形式为 d)。

a) 带的颤动和弹性滑动; b) 带的松弛和弹性滑动;

c) 带的弹性滑动和打滑; d) 带的疲劳破坏和打滑。

4) 在 V 带设计中，取 $d_{d1} \geq d_{dmin}$ ，主要是为了考虑 a) 的影响

a) 弯曲应力;

b) 离心拉应力;

c) 小带轮包角;

d) 初拉力。

5) 角接触球轴承承受轴向载荷的能力，随着接触角的增大而 a)。

a) 增大;

b) 减小;

c) 不变。

6) 工作时既承受弯矩又承受扭矩的轴是 c)。

a) 心轴; b) 传动轴; c) 转轴; d) 挠性轴。

7) 对于要求有综合位移，外廓尺寸紧凑，传递转矩较大，启动频繁，经常正反转的重型机械常用 d) 联轴器。

a) 十字滑块; b) 凸缘; c) 轮胎; d) 齿轮。

哈工大资源分享

QQ 2842305604

三、简答题（共16分，每小题4分）

1) 试述在哪些场合滚动轴承难以替代滑动轴承？

- ① 在高速重载下能正常工作，寿命长；
- ② 精度高的场合；
- ③ 可做成剖分式，满足特殊场合的需要；
- ④ 具有缓冲、吸振的作用；
- ⑤ 径向尺寸小；

2) 试述蜗杆传动的效率有哪几部分组成，并用公式写出。

答：包含三个部分

- ① 啮合效率 η_1
- ② 轴承效率 η_2
- ③ 搅油效率 η_3

软件分享群

Q群 626648181

总效率：
$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = (0.95 \sim 0.96) \frac{\tan \gamma}{\tan(\gamma + \rho')}$$

3) 试述转轴的设计步骤？

答：① 按工作要求选择轴的材料；

② 估算轴的最小直径；

③ 轴的结构设计；

④ 轴的强度校核；

⑤ 必要时作刚度和振动稳定性等校核计算；

4) 何谓凸轮机构的理论廓线？何谓凸轮机构的实际廓线？二者有何区别与联系？

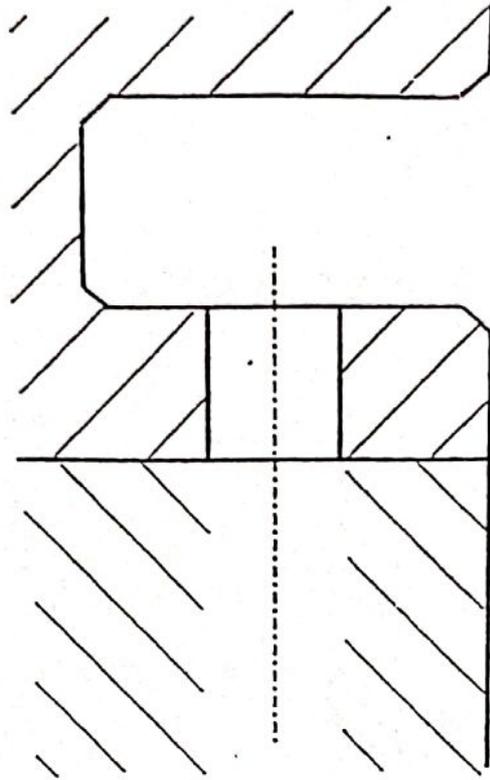
答：对于滚子推杆的凸轮轮廓设计，首先把滚子中心看作尖顶推杆的尖顶，应用反转法求出一条轮廓曲线，该轮廓曲线称为凸轮的理论廓线。

以凸轮理论廓线上一系列点为中心，以滚子半径为半径，画一系列小圆，再做这些小圆的内包络线，便得到滚子推杆外凸轮的 actual 廓线。

对于尖顶推杆凸轮机构，其理论廓线与 actual 廓线是同一条轮廓曲线；对于滚子推杆凸轮机构，其理论廓线与 actual 廓线是等距曲线。

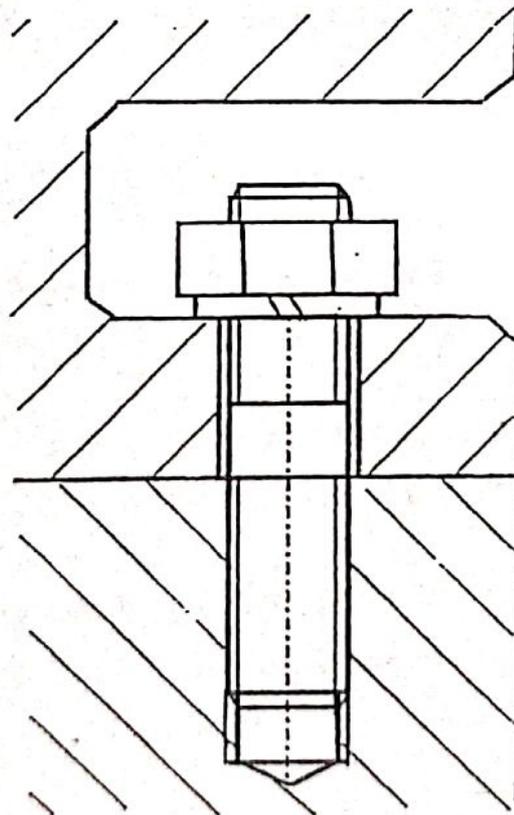
四、 结构设计题 (共 7 分)

设计下图机座的螺纹联接结构，已知：件 1 材料为钢，件 2 材料为铸铁。(要求：需防松，满足经常拆卸的需要。螺纹公称尺寸为 M10)。



哈工大二考场
题号: 744900487

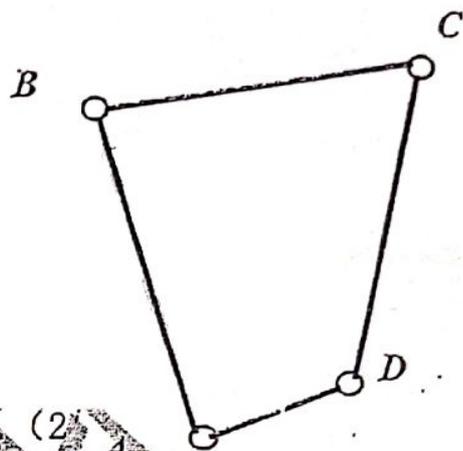
答:



五、计算题 (共 23 分)

1) 如图所示的运动链中, 已知各构件长度 $l_{AB} = 60\text{mm}$, $l_{BC} = 40\text{mm}$, $l_{CD} = 50\text{mm}$, $l_{AD} = 20\text{mm}$, 回答下列问题: (8 分)

- 判断是否存在曲柄?
- 固定哪个构件可获得曲柄摇杆机构?
- 固定哪个构件可获得双曲柄机构?
- 固定哪个构件可获得双摇杆机构?



解:

(a) $L_{\max} = L_{AB} = 60\text{mm}$, $L_{\min} = L_{AD} = 20\text{mm}$

$L_{AB} + L_{AD} = 80\text{mm}$, $L_{BC} + L_{CD} = 90\text{mm}$

因为: $L_{AB} + L_{AD} \leq L_{BC} + L_{CD}$

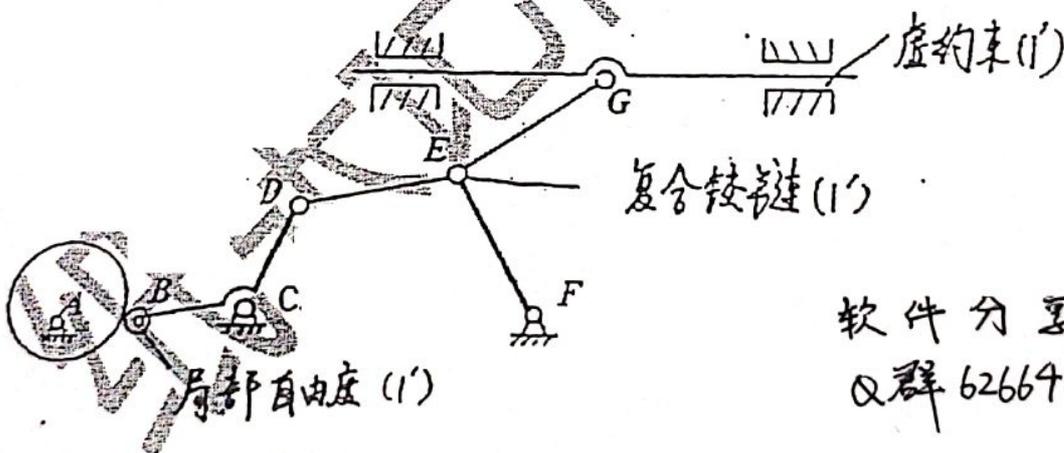
所以: 该运动链中存在曲柄。(2')

(b) 固定 AB 或 CD 杆, 可获得曲柄摇杆机构。(2')

(c) 固定 AD 杆, 可获得双曲柄机构。(2')

(d) 固定 BC 杆, 可获得双摇杆机构。(2')

2) 计算下图机构自由度 (若机构中存在复合铰链、局部自由度或需约束, 请明确指出)。(6 分)



软件分享群
Q群 626698181

解:

$n = 6, P_L = 8, P_h = 1$ (2')

机构自由度: $F = 3n - 2P_L - P_h = 3 \times 6 - 2 \times 8 - 1 \times 1 = 1$ (1')

3) 图示为里程表中的齿轮传动，已知各轮的齿数为 $z_1=17$, $z_2=68$, $z_3=23$, $z_4=19$, $z_4'=20$, $z_5=24$ 。试求传动比 i_{15} 。(9分)

解：齿轮 1、2 组成定轴轮系，(1')
 齿轮 3、4—4' 及 H 组成周转轮系。

(1')

$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2} = -\frac{z_2}{z_1} \quad (2')$$

$$\text{即 } n_2 = -\frac{n_1}{4}$$

$$i_{35}^H = \frac{n_3 - n_H}{n_5 - n_H}$$

$$= \frac{n_3 - n_2}{n_5 - n_2} = \frac{z_4 z_5}{z_3 z_4'} = \frac{19 \times 24}{23 \times 20}$$

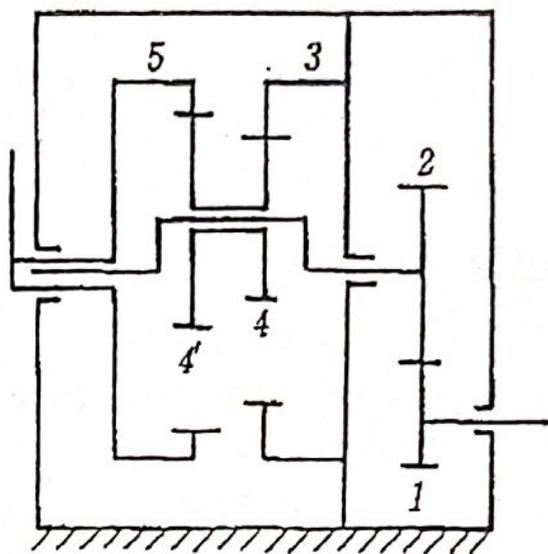
(2')

$$n_H = n_2 \quad (1')$$

$$n_3 = 0 \quad (1')$$

求得 $n_1 = 456n_5$ ，则：

$$i_{15} = \frac{n_1}{n_5} = 456 \quad (1')$$



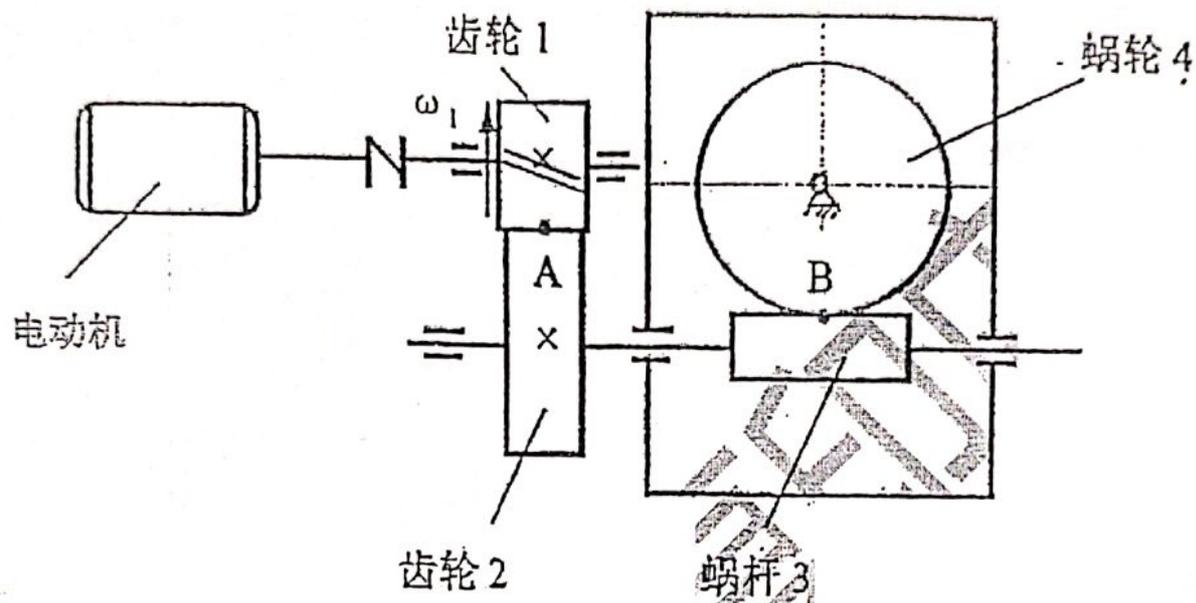
哈工大资源分享
 QQ 2842305604

六、受力分析题 (共 9 分)

下图是齿轮蜗杆减速器，齿轮 1 为主动轮，其螺旋线方向为右旋，试回答下列问题：

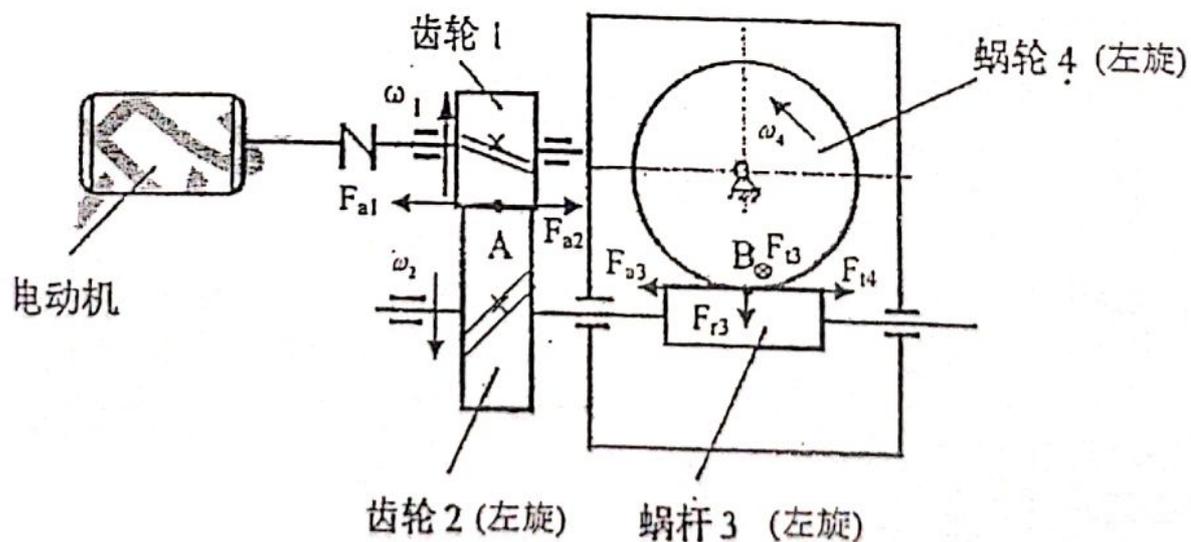
- 1) 判断齿轮 2 的轮齿螺旋线方向，并在图中画出；(1分)
- 2) 在图中画出齿轮 1 和齿轮 2 在节点 A 处所受的轴向力方向；(2分)
- 3) 为使齿轮 2 和蜗杆 3 的轴向力抵消一部分，判断蜗杆 3 的旋向，并在图中画出？判断蜗轮 4 的旋向，并在图中画出。(2分)

4) 画出蜗杆 3 在节点 B 处所受三个分力方向, 画出蜗轮 4 的转动方向。
(4 分)



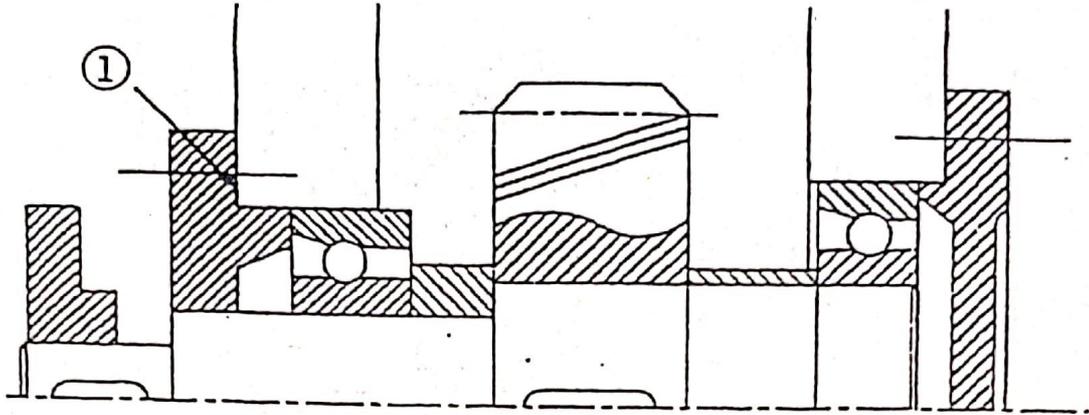
答:

哈工大二手市场
QQ群: 744900487

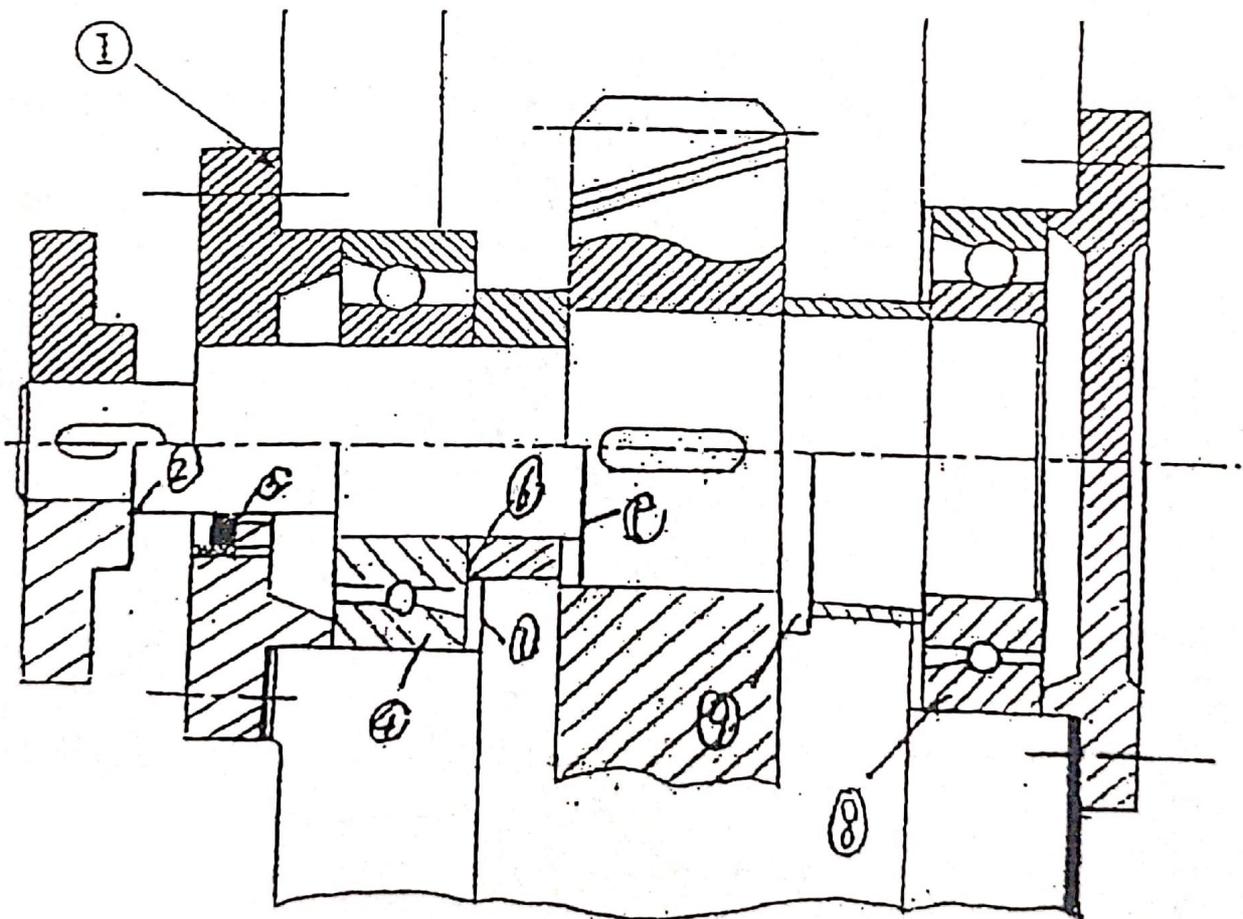


七、结构改错题 (共 12 分)

指出斜齿圆柱齿轮轴承部件(稀油润滑)结构中的错误,并在相应位置标注,在轴线下对称位置画出正确的结构图。(注:同类错误算一个,指出及改对 6 个及 6 个以上错误得满分,指出一个错误得 1 分,改对一处得 1 分)



答:



软件交流群
Q群 626698181

- ① 没加调整垫片；
- ② 联轴器右端用轴肩定位；
- ③ 轴输出端用密封圈密封；
- ④ 轴承应布置成面对面或背对背；
- ⑤ 应保证齿轮左端可靠定位；
- ⑥ 套筒不应该超过轴承内圈；
- ⑦ 箱体内壁与轴承右端面留有 3~5mm 间隙；
- ⑧ 轴承内外圈剖面线方向要一致；
- ⑨ 齿轮右端用轴肩定位。

机械设计基础 (80 学时) 试 题 答 案

班号	123123123
姓名	123123123

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分
分数											
阅卷人 签字											

一、 填空题 (每空 1 分, 共 20 分)

本题分数

软件分享群
Q群 626648181

1. 机构具有确定的相对运动的条件是 机构 的自由度大于 0, 并且机构的原动件数等于机构的自由度数。
2. 铰链四杆机构中, 与机架相连的杆为 连架杆。
3. 凸轮机构的几种常用的推杆运动规律中, 可避免柔性冲击和刚性冲击的是 正弦加速度 (摆线运动) 运动规律。
4. 轮齿齿面点蚀一般发生在齿轮的 齿根表面靠近节线 部位, 为防止齿面点蚀, 应进行 齿面接触疲劳 强度计算。
5. 已知普通蜗杆传动的中心距为 74 mm, 蜗杆分度圆直径为 28 mm (标准值), 模数为 2.5 mm, 蜗杆头数 $z_1=2$, 则传动比为 $i=$ 24; 国标中将蜗杆分度圆直径规定为标准值的目的是 减少蜗轮加工的滚刀数目。
6. 普通 V 带传动工作中带截面所受应力按产生的原因可分三部分, 即: (松紧边) 拉 应力、离心拉 应力和 弯曲 应力; 带传动的主要失效形式是 打滑 和 带的疲劳破坏。
7. 代号为 6311 的滚动轴承, 其名称为 深沟球轴承, 内径为 55 mm, 直径系列代号为 3, 宽度系列代号为 0。
8. 在矩形螺纹、梯形螺纹、锯齿形螺纹和三角形螺纹四种螺纹中, 传动效率最高的是 矩形 螺纹, 双向自锁性最好的是 三角形 螺纹。
9. 在键连接中, 平键的工作面为 两侧 面, 楔键的工作面为 上下 面。

二、问答题(共 20 分)

哈工大二手市场

Q群: 744900487

本题分数

1. 试述渐开线斜齿圆柱齿轮传动的正确啮合条件和连续传动的条件。

答: 正确啮合条件: 两相互啮合齿轮的法面模数和压力角分别相等; 并且两斜齿轮的螺旋角大小相等, 外啮合时旋向相反, 内啮合时旋向相同。(3分)

连续传动条件: 实际啮合线的长度大于其法向齿距(或重合度大于 1)(1分)

2. 叙述闭式蜗杆传动的失效形式和设计准则。

答: 闭式蜗杆传动的失效形式是蜗轮齿面胶合、点蚀和磨损;(2分)

设计准则通常是: 按齿面接触疲劳强度条件计算蜗杆传动的承载能力, 并进行热平衡计算。(2分)

3. 铰链四杆机构存在曲柄的条件是什么?

答: 最短杆和最长杆长度之和小于或等于其他两杆长度之和;(2分)

最短杆为连架杆或机架。两条件充分且必要。(2分)

4. 简述转轴的主要设计步骤, 并说明原因(4分)

答: 主要设计步骤: 估算轴的基本直径、轴的结构设计、轴的强度校核计算。

因为转轴工作中同时承受弯矩和扭矩, 若要计算其所受弯矩, 必须已知其结构和力的作用点, 因此, 设计中通常按其所受扭矩估算其轴的基本直径, 通过降低许用切应力的方法, 近似考虑弯矩的影响; 然后进行轴的结构设计, 最后进行轴的强度校核计算。

5. 在非液体摩擦滑动轴承的计算中, 为什么要限制轴承的压强 p 和 p_v 值?(4分)

答:

压强 p 过大不仅可能使轴瓦产生塑料变形破坏边界膜, 而且一旦出现干摩擦状态则加速磨损。故要限制压强 p 。

p_v 值大表明摩擦功大, 温升大, 边界膜易破坏。故要限制 p_v 值。

三、计算题 (共 30 分)

本题分数

哈工大二级市场.

QQ群: 744900487

1. (6 分)

计算下图所示机构的自由度; 若该机构存在局部自由度、复合铰链、虚约束等请在图中指明。

解:

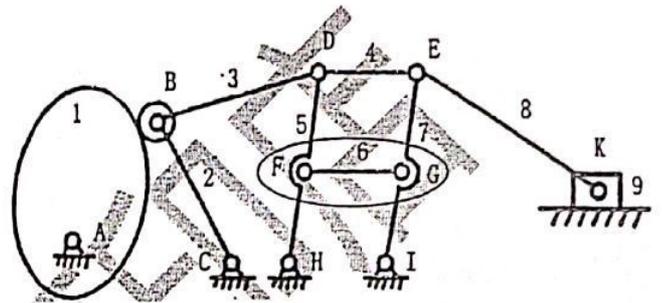
图中 B 处存在局部自由度; D、E 两处存在复合铰链; F、G 处为虚约束。其自由度计算为:

$$n=8; P_L=11; P_H=1$$

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

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

计算和指明内容各 3 分。



2. (8 分) 如图所示轮系中, 已知各齿轮齿数为: $z_1 = z_3 = z_5 = 20$, $z_2 = z_4 = z_6 = 40$, $z_7 = 100$ 。

求传动比 i_{17} , 并判断 ω_1 和 ω_7 是同向还是反向?

解:
$$\frac{\omega_1}{\omega_4} = (-1)^2 \frac{z_2 \times z_4}{z_1 \times z_3} = \frac{40 \times 40}{20 \times 20} = 4$$

故:
$$\omega_4 = \frac{\omega_1}{4}$$

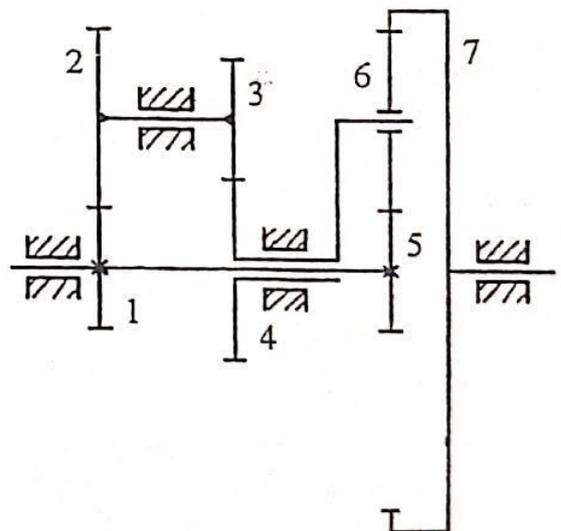
由题可知: $\omega_1 = \omega_5$; $\omega_4 = \omega_H$ (2 分)

对周转轮系:

$$\frac{\omega_5 - \omega_H}{\omega_7 - \omega_H} = (-1) \frac{z_6 \times z_7}{z_5 \times z_6} = -\frac{z_7}{z_5} = -\frac{100}{20} = -5 \quad (2 \text{ 分})$$

即:

$$\frac{\omega_5 - \omega_H}{\omega_7 - \omega_H} = \frac{\omega_1 - \frac{\omega_1}{4}}{\omega_7 - \frac{\omega_1}{4}} = -5 \quad (2 \text{ 分})$$



解得:

$$i_{17} = \frac{\omega_1}{\omega_7} = 10$$

i_{17} 为正数, 所明 ω_1 与 ω_7 转向相同 (2分)

3. (8分) 图为气缸体与气缸盖采用 8 个普通螺栓均布连接结构。已知: 气缸内压力 $p = 1$ MPa, 气缸体直径 $D = 200$ mm, 螺栓材料的许用拉伸应力 $[\sigma] = 100$ MPa, 为保证连接的气密性, 残余预紧力 F' 为工作载荷 F 的 1.8 倍, 螺栓的相对刚度 $\frac{C_b}{C_b + C_m} = 0.3$ 。

(1) 求加在每个螺栓上的总拉力 F_0 及预紧力 F' 。

(2) 计算所需螺栓的螺纹小径 d_1 的值 (保留两位小数)。

解:

每个螺栓所受到的工作载荷为:

$$F = \frac{1}{z} p \frac{\pi D^2}{4} \quad (2分)$$

$$= \frac{1}{8} \times 1 \times \frac{\pi \times 200^2}{4} = 3926.991 \text{ N}$$

每个螺栓上的总拉力为:

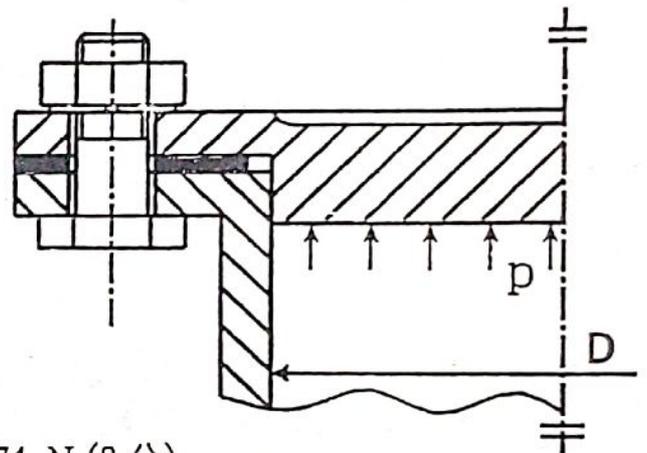
$$F_0 = F'' + F = 2.8F = 2.8 \times 3926.991 = 10995.574 \text{ N} \quad (2分)$$

预紧力为:

$$F' = F_0 - F \times \frac{C_b}{C_b + C_m} = 10995.747 - 3926.991 \times 0.3 = 9817.65 \text{ N} \quad (2分)$$

所需螺栓的螺纹小径:

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \times 1.3 F_0}{\pi [\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \times 1.3 \times 10995.747}{\pi \times 100}} = 13.49 \text{ mm} \quad (2分)$$



哈工大资源分享
QQ 2842305604

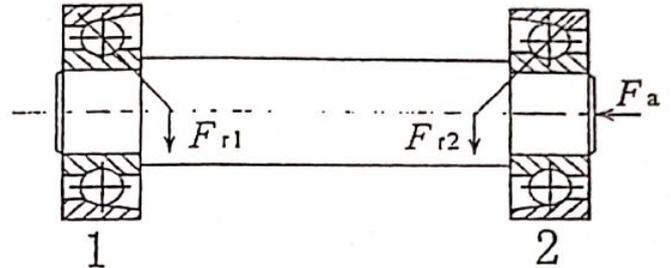
4. (8分)角接触球轴承如图所示, 已知 $F_{r1}=500\text{ N}$, $F_{r2}=200\text{ N}$, $F_a=110\text{ N}$, 内部轴向力 $S=0.4 F_r$, 径向载荷系数 $x=0.5$, 轴向载荷系数 $Y=1$, 轴承的基本额定动载荷 $C=20\text{ kN}$, 载荷系数 $f_p=1$, 温度系数 $f_t=1$ 。求轴承1和轴承2的当量动载荷, 并计算轴承1的寿命。

解:

$$S_1 = 0.4 \times F_{r1} = 0.4 \times 500 = 200\text{ N}$$

$$S_2 = 0.4 \times F_{r2} = 0.4 \times 200 = 80\text{ N}$$

$$F_a + S_2 = 110 + 80 = 190 < S_1 = 200 \text{ (2分)}$$



轴承2被压紧, 轴承1被放松

$$\text{故 } F_{a1} = S_1 = 200\text{ N}, F_{a2} = S_1 - F_a = 200 - 110 = 90\text{ N} \text{ (2分)}$$

$$P_1 = f_p (X F_{r1} + Y F_{a1}) = 1 \times (0.5 \times 500 + 1 \times 200) = 450\text{ N} \text{ (2分)}$$

$$P_2 = f_p (X F_{r2} + Y F_{a2}) = 1 \times (0.5 \times 200 + 1 \times 90) = 190\text{ N} \text{ (2分)}$$

$$L_1 = \left(\frac{f_t C}{P_1} \right)^3 = \left(\frac{1 \times 20 \times 10^3}{450} \right)^3 = 87791.5 \text{ (} 10^6 \text{r)} \text{ (2分)}$$

哈工大资源分享

QQ 2842305604

四、分析题 (共 20 分)

本题分数

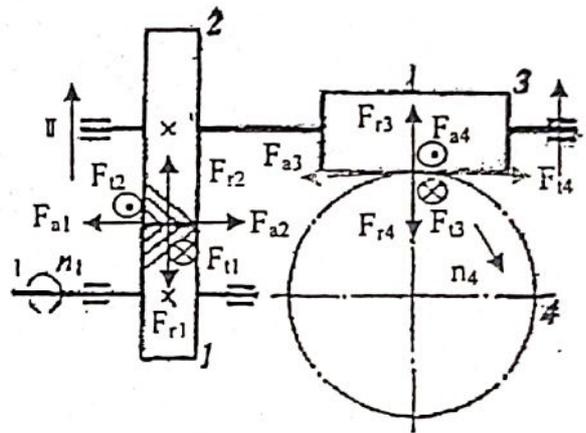
1. (10 分)

如图所示齿轮——蜗杆传动，要求：

- (1) 为使 II 轴上齿轮 2 和蜗杆 3 的轴向力相抵，请标出蜗杆 3 的旋向；
- (2) 试标出图中蜗杆、蜗轮和齿轮的转向；
- (3) 绘出啮合点所受各力的方向。

解：

- 1) 蜗杆 3 的旋向为右旋 (2 分)
- 2) 从左向右看：蜗杆和齿轮 2 转向为逆时针；
面向图面来看：蜗轮顺时针转动。 (2 分)
- 3) 详见右图示 (6 分)



软件分享群
Q群 626678181

2. (10分)

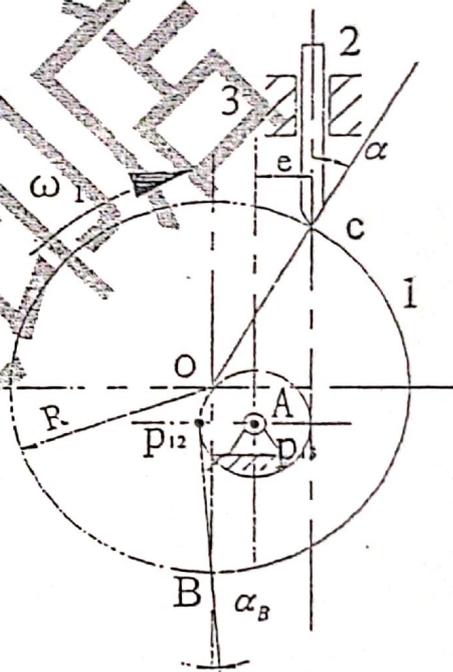
在下图所示偏置直动尖顶从动件盘状凸轮机构中, 已知: 凸轮为偏心圆盘, 圆心为 O , 半径 $R = 50\text{mm}$, 凸轮转动中心到几何中心的距离 $l_{OA} = 10\text{mm}$, 从动件的偏距 $e = 15\text{mm}$, 试确定:

- (1) 该凸轮的基圆半径 r_b 是多少?
- (2) 在图上标出图示位置凸轮机构的压力角 α 及从动件与凸轮在 B 点接触时的压力角 α_B 。
- (3) 在图上标出图示位置时凸轮 1 与机架 3 的瞬心 P_{13} 及凸轮 1 与从动件 2 的瞬心 P_{12} 。

解: 1) $r_b = R - \overline{OA} = 50 - 10 = 40\text{mm}$ (2分)

2) 图示位置压力角 α 如图所示。B 点接触时, 由反转法作图得过 B 点切于偏置圆得切线, 该切线于 \overline{BO} 连线之夹角即为 B 点接触时的压力角 α_B 。(4分)

3) P_{13} 即为 A 点, 因为 P_{23} 处于垂直导路无穷远处, 则由三心定理知 P_{12} 在过 A 点且垂至于导路的垂线上, 又因为 1、2 是高副接触, 其瞬心应在接触点法线方向上, 即垂线方向上, 所以两线交点即为瞬心 P_{12} 的位置。(2分)



哈工大资源分享

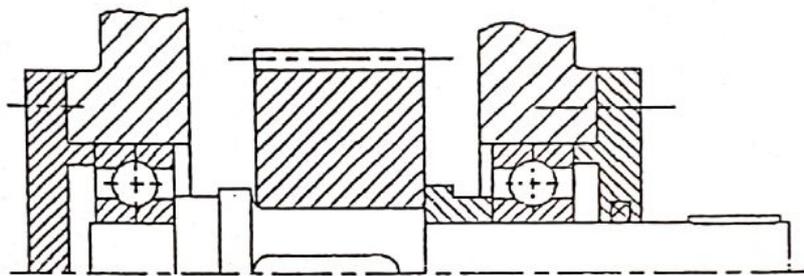
QQ 2842305604

五、结构题 (10分)

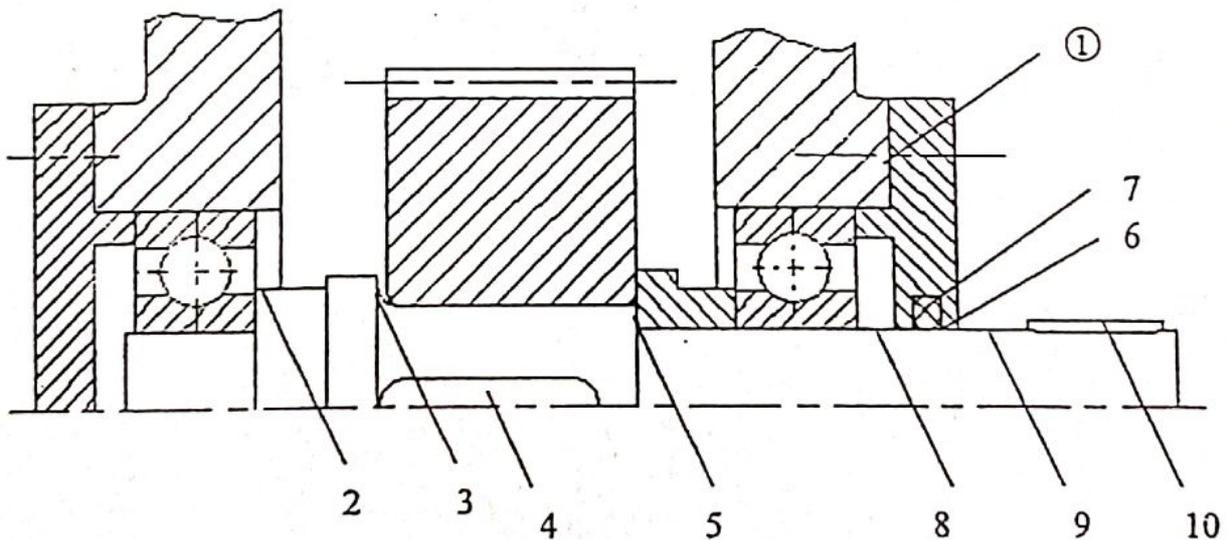
本题分数

(10分)

指出轴承部件图中的错误结构 (5处即可) (指出错误的位置, 并做简单说明, 如示例①, 相同错误按一处算)。



答: 错误结构如下图所示:



①无调整垫片。

- 2、滚动轴承内圈的定位轴肩已高于内圈高度, 无法拆卸。
- 3、轴环处圆角半径大于轮毂圆角半径, 无法实现对轮毂的轴向定位。
- 4、安装齿轮处键槽位置偏左, 应该稍偏向右端。
- 5、轮毂的宽度小于相应轴段的宽度, 无法实现对轮毂的轴向定位。

试题:

班号:

姓名:

- 6、密封圈处轴承盖与轴之间没有间隙。
- 7、密封槽应为梯形。
- 8、应有轴肩，以便装拆轴承。
- 9、应有轴肩，以便轴上零件定位。
- 10、轴上的两个键应在同一侧。

哈工大资源分享

QQ 2842305604

机械设计基础 试 题 答 案

班号	1231231231
姓名	12313123

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分
分数											
阅卷人 签字											

一、 填空题（每空 1 分，共 24 分）

哈工大资源分享

QQ 2842305604

本题分数

1. 两构件通过 点 或 线 接触组成的运动副称为高副。
2. 连杆机构在运动过程中只要存在 极位夹 角，该机构就具有急回作用，其急回程度用 行程速比 系数表示。
3. 标准外啮合斜齿轮传动的正确啮合条件是：两齿轮的 模数 和 压力角 都相等，齿轮的 螺旋 角相等而旋向 相反。
4. V带传动的主要失效形式是 打滑 和 疲劳破坏。
5. 在凸轮机构四种常用的推杆运动规律中，等速 运动规律有刚性冲击；等加速等减速 运动规律和 余弦加速度 运动规律有柔性冲击；正弦加速度 运动规律无冲击。
6. 代号为 31308 的滚动轴承，其名称为 圆锥滚子轴承，内径为 40 mm，直径系列代号为 3，宽度系列代号为 1。
7. 按受载类型，轴可分为转轴、心 轴和 传动 轴；转轴所受载荷为 转矩 和 弯矩。自行车前轴属 心 轴。
8. 滑动轴承轴瓦上浇铸轴承衬的目的是 节省贵重材料 和 增加强度。

二、问答题(共 16 分)

本题分数

1. 简述带传动中弹性滑动和打滑的概念, 两者有何不同? (4 分)

答: 弹性滑动是由于带的弹性变形引起的带与轮之间的相对滑动, 是带传动固有的特性, 是不可避免的。打滑是当传递的有效拉力大于极限摩擦力时, 带与轮间的全面滑动。打滑将造成带的严重磨损并使从动轮的转速急剧降低, 致使传动失效, 应该避免。

2. 什么是曲柄摇杆机构的死点位置? (4 分)

答: 曲柄摇杆机构中, 当曲柄与连杆共线时, 若摇杆为原动件, 则机构出现卡死或运动不确定现象, 称为死点位置。

3. 轴的当量弯矩公式 $M_e = \sqrt{M^2 + (\alpha T)^2}$ 中系数 α 的含义是什么? 如何取值? (4 分)

答:

α 是考虑转矩与弯矩产生的应力性质不同而引入的应力校正系数。

对于不变的转矩, 取 $\alpha=0.3$;

对于脉动循环的转矩, 取 $\alpha=0.6$;

对于对称循环的转矩, 取 $\alpha=1$ 。

4. 试述形成液体动压油膜的必要条件是什么? (4 分)

答:

1、相对滑动表面之间必须形成收敛形间隙;

2、要有一定的相对滑动速度, 并使润滑油从大口流入, 从小口流出;

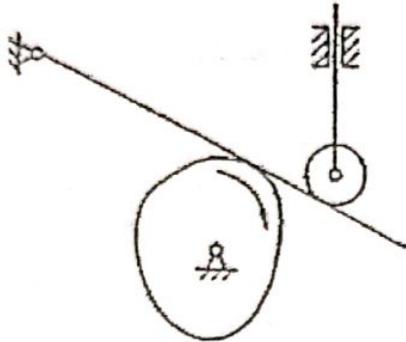
3、间隙间要充满具有一定粘度的润滑油。

哈工大资源分享
QQ 2842305604

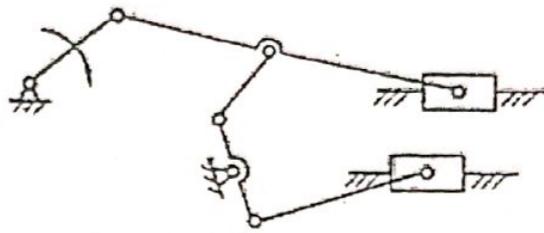
三、计算题 (共 30 分)

本题分数

1. 计算图所示机构的自由度, 并判断机构是否具有确定的相对运动。图中标有箭头的构件为原动件。(共 6 分, 每小题 3 分)



a



b

解: a) 解: $F = 3n - 2PL - Ph$
 $= 3 \times 3 - 2 \times 3 - 2$
 $= 1$

此机构主动件数等于自由度数, 机构运动确定

b) 解: $F = 3n - 2PL - Ph$
 $= 3 \times 7 - 2 \times 10 - 0$
 $= 1$

此构主动件数等于自由度数, 机构运动确定

哈工大二手市场
 微信群: 744900487

2. 已知一对正常齿制外啮合标准直齿圆柱齿轮传动, $m=4\text{mm}$, $Z_1=20$, $Z_2=50$, 求: 两轮的分度圆直径、齿顶圆直径、齿根圆直径、中心距、传动比。(8 分)

解:

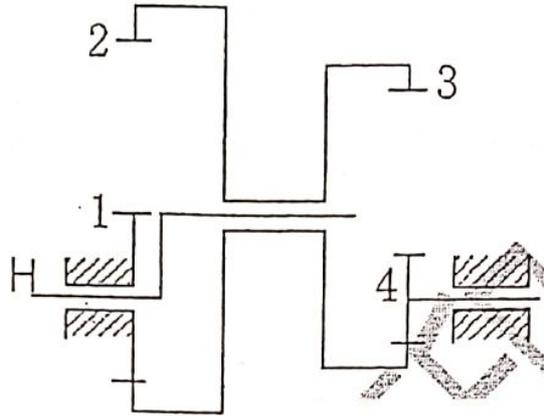
$d_1 = mZ_1 = 4 \times 20 = 80\text{mm}$, $d_2 = mZ_2 = 4 \times 50 = 200\text{mm}$,

$d_{a1} = d_1 + 2h_a = 80 + 2 \times 1 \times 4 = 88\text{mm}$, $d_{a2} = d_2 + 2h_a = 200 + 2 \times 1 \times 4 = 208\text{mm}$,

$d_{f1} = d_1 - 2h_f = 80 - 2 \times 1.25 \times 4 = 70\text{mm}$, $d_{f2} = d_2 - 2h_f = 200 - 2 \times 1.25 \times 4 = 190\text{mm}$,

$$a = (d_1 + d_2)/2 = (80 + 200)/2 = 140\text{mm}, \quad i = Z_2/Z_1 = 2.5$$

3. 轮系机构如图所示。已知: $Z_1=39$, $Z_2=78$, $Z_3=39$, $Z_4=20$, 试确定传动比 i_{H4} , 并说明 n_4 与 n_H 的转向相同还是相反。(8分)



哈工大二手市场
 微信群: 744900487

解:

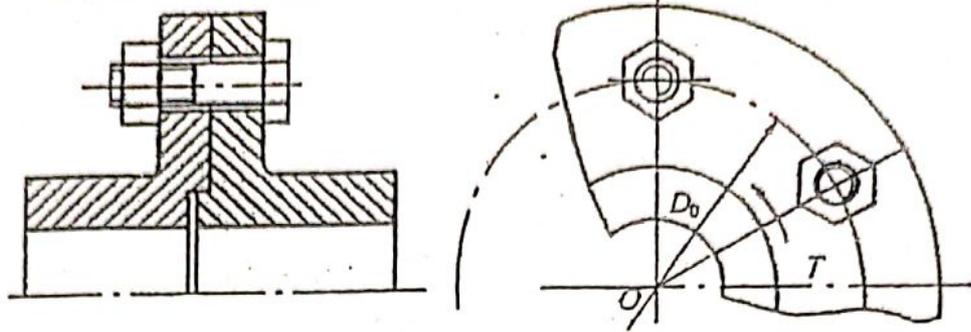
$$i_{41}^H = \frac{n_4 - n_H}{n_1 - n_H} = \frac{z_3 z_1}{z_4 z_2} = \frac{39 \times 39}{78 \times 20} = \frac{39}{40}$$

$$\because n_1 = 0; \quad \text{故} \quad \frac{n_4}{n_H} = 1 - \frac{39}{40} = \frac{1}{40}$$

$$i_{H4} = \frac{n_H}{n_4} = 40$$

因 i_{H4} 为正, 故 n_4 与 n_H 的转向相同。

4. 图为用 6 个均匀分布的普通螺栓连接的凸缘联轴器。螺栓均匀分布分布于 $D_0=220\text{mm}$ 的圆周上。螺栓的许用拉伸应力 $[\sigma]=110\text{MPa}$ 。两半联轴器间的摩擦系数 $f=0.12$, 可靠性系数 $K_s=1.2$, 若该联轴器传递的最大转矩 $T=400\text{N}\cdot\text{m}$, 试计算所需螺栓的小径 d_1 的值 (保留两位小数)。(8分)



解: 每个螺栓所受预紧力

$$F' = \frac{2K_s T}{ZfD_0} = \frac{2 \times 1.2 \times 400 \times 10^3}{6 \times 0.12 \times 220} = 6.06 \times 10^3 \text{ N}$$

求螺纹小径

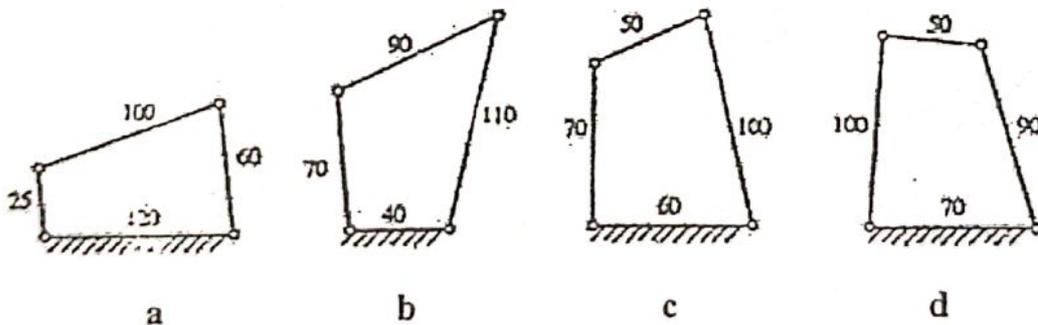
$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \times 1.3 \times F'}{\pi [\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \times 1.3 \times 6.06 \times 10^3}{\pi \times 110}} = 9.55 \text{ mm}$$

四、分析题 (共 20 分)

本题分数

软件分享群
Q群 626648181

1. 根据图中所注尺寸判断下列铰链四杆机构是曲柄摇杆机构、双曲柄机构、还是双摇杆机构, 并说明为什么。(8分)

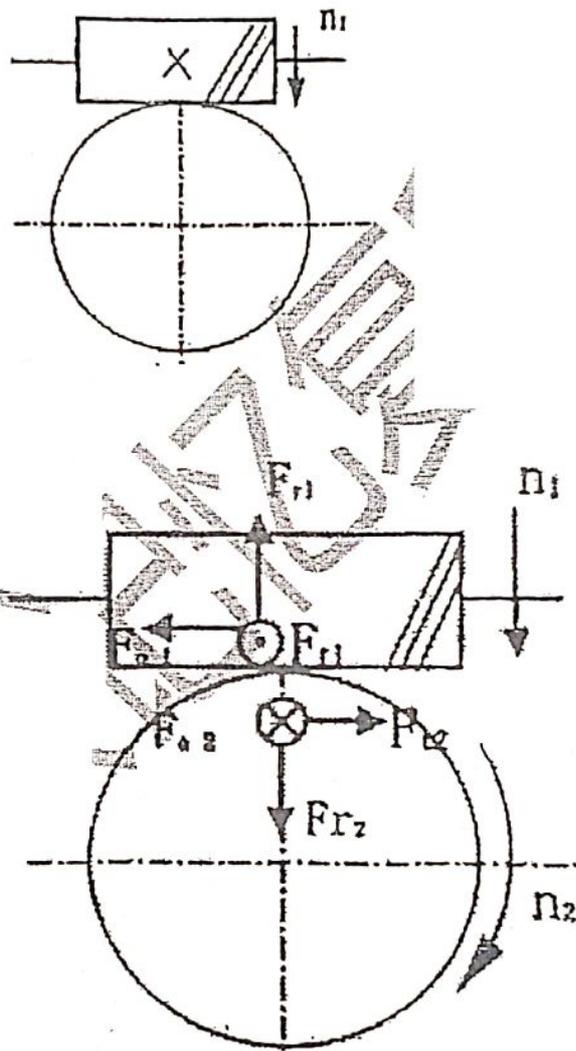


答:

a 曲柄摇杆机构 满足杆长和条件, 且以最短杆的邻边为机架

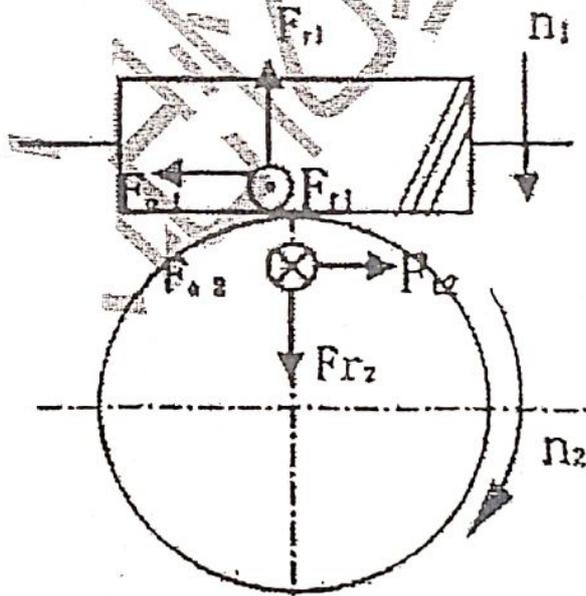
- b 双曲柄机构 满足杆长和条件, 且以最短杆为机架
- c 双摇杆机构 不满足杆长和条件, 不管以什么为机架只能得到双摇杆机构。
- d 双摇杆机构 满足杆长和条件, 且以最短杆的对边为机架

2. 图中蜗杆主动, 试标出未注明的蜗杆 (或蜗轮) 的螺旋线方向及转向, 并在图中画出蜗杆、蜗轮啮合点处作用力的方向 (用三个分力: 圆周力 F_t 、径向力 F_r 、轴向力 F_a 表示, \otimes 表示方向垂直纸面向里, \odot 表示方向垂直纸面向外)。(6分)



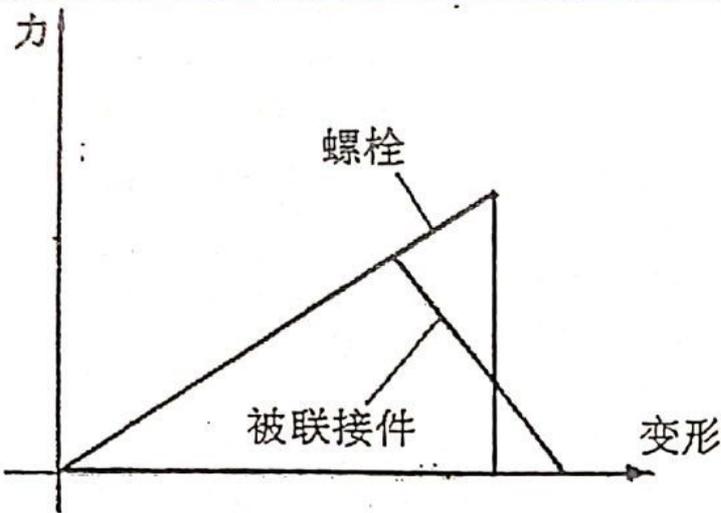
哈工大二考场
学号: 744900487

答案如下图所示。

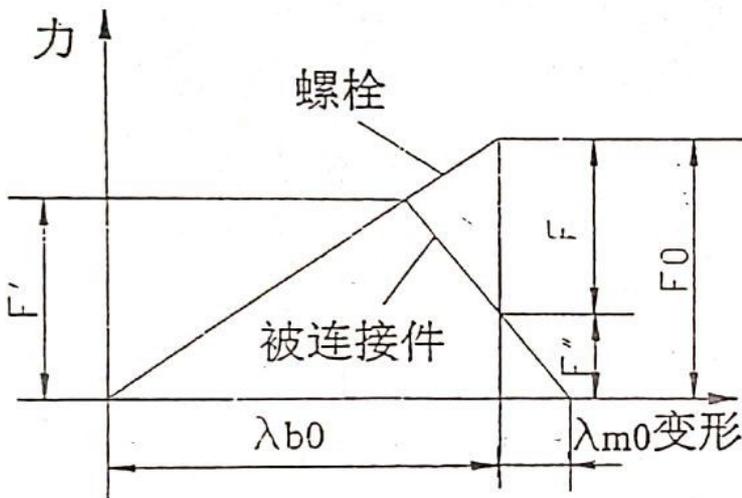


蜗轮为左旋

3. 下图为螺栓与被联接件的受力—变形图, 在图上标出预紧力 F' , 螺栓所受的工作载荷 F , 残余预紧力 F'' , 螺栓所受的总拉力 F_0 , 螺栓总的伸长变形量 λ_{b0} 及受载后被联接件的变形 λ_{m0} 。(6分)



答案如下图所示。



哈工大资源分享
QQ 2842305604

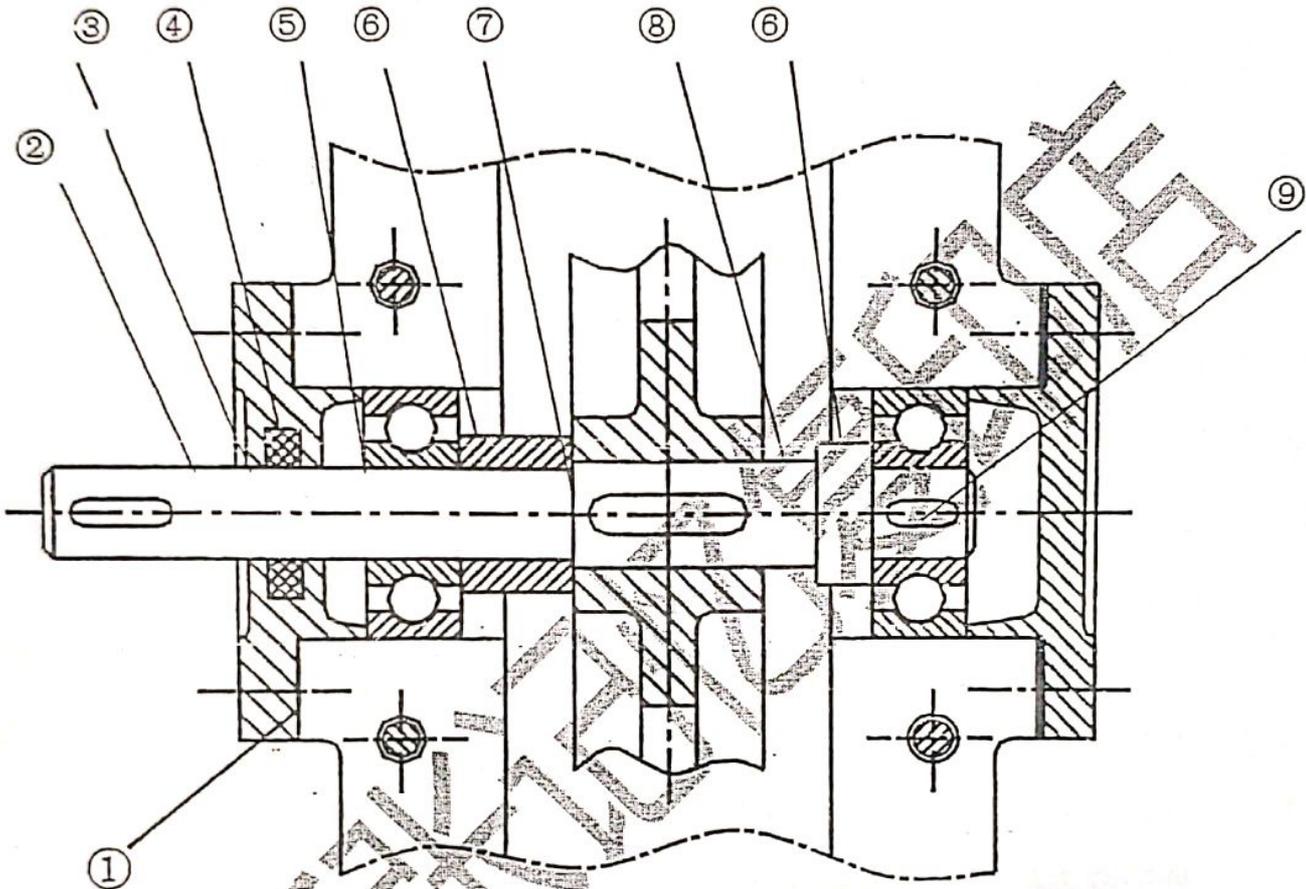
五、结构题 (10分)

软件分享群

Q群 626648181

本题分数

指出轴承部件图中的错误结构 (指出错误的位置, 并做简单说明, 如示例①, 相同错误按一处算)。(10分)



- ①无调整垫片。
- ②无定位轴肩。
- ③轴承端盖与轴应有间隙。
- ④毛毡圈密封应为梯形。
- ⑤应有轴肩。
- ⑥套筒 (轴肩) 太高。
- ⑦轴肩应向右移 2 mm。
- ⑧齿轮没有定位。
- ⑨轴承不需要键定位。

哈工大资源分享

QQ 2842305604

(注: 每指出一处错误 1 分, 说明错误原因 1 分, 答对 5 处即可)。

班 级	123123123
姓 名	123123123

机械设计基础 (80 学时) 试题答案

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分
分数											

一、 填空题 (共 24 分, 每空 1 分)

- 按照两表面间的润滑状况, 可将摩擦分为 干摩擦、边界摩擦、流体摩擦 和 混合摩擦。
- 当两个被联接件之一太厚, 不宜制成通孔, 且联接不需要经常装拆时, 往往采用螺纹联接中的 螺钉 联接。
- 带传动中, 带在带轮上即将打滑而尚未打滑的临界状态下, 紧边拉力 F_1 与松边拉力 F_2 之间的关系为 $F_1 = F_2 \cdot e^{f \alpha}$ 。
- 滚动轴承的基本额定寿命 L , 是指一批相同的轴承, 在相同的条件下运转, 其中 90% 的轴承在疲劳点蚀前所能转过的总转数, 单位为 $10^6 r$ 。
- 非液体摩擦滑动轴承限制 $p v$ 值, 主要是为了防止轴瓦 胶合 失效。
- 弹簧指数 $C = \underline{D/d}$, C 越大, 弹簧刚度越 小。
- 当机构处于死点位置时, 机构的压力角为 90° 。
- 有一紧螺栓连接, 已知预紧力 $F' = 1500 \text{ N}$, 轴向工作载荷 $F = 1000 \text{ N}$, 螺栓的刚度 $C_b = 2000 \text{ N/mm}$, 被连接件的刚度 $C_m = 8000 \text{ N/mm}$, 则螺栓所受的总拉力 $F_0 = \underline{1700}$ N , 剩余预紧力 $F'' = \underline{700}$ N , 保证结合面不出现缝隙的最大轴向工作载荷 $F_{\max} = \underline{1875}$ N 。
- 对于软齿面闭式齿轮传动, 通常先按 齿面接触疲劳 强度进行设计, 然后校核 齿根弯曲疲劳 强度。
- 蜗杆传动的失效形式主要是 齿面点蚀、齿面胶合 和 齿面磨损, 而且失效通常发生在 蜗轮轮齿上。

11) 在凸轮机构的几种基本的从动件运动规律中, 等速 运动规律使凸轮机构产生刚性冲击, 正弦加速度 运动规律则没有冲击, 等加速等减速、余弦加速度 运动规律产生柔性冲击。

二、选择题 (共 11 分, 每小题 1 分)

1) 一阀门螺旋弹簧, 弹簧丝直径 $d=2.5\text{mm}$, 因环境条件限制, 其弹簧外径 D_2 不得大于 17.5mm , 则弹簧指数不应超过 c)。

a) 5 ; b) 6.5 ; c) 6 ; d) 7 。

2) 平键的剖面尺寸 $b \times h$ 是根据 d) 从标准中查取。

a) 传递转矩的大小; b) 载荷特性; c) 键的材料; d) 轴的直径。

3) 带传动采用张紧轮的目的是 d)。

a) 减轻带的弹性滑动; b) 提高带的寿命;

c) 改变带的运动方向; d) 调节带的初拉力。

4) 润滑良好的闭式软齿面齿轮传动最常见的失效形式为 b)。

a) 齿面磨损;

b) 齿面疲劳点蚀;

c) 齿面胶合;

d) 齿面塑性变形。

5) 在 V 带传动设计中, 取小带轮基准直径 $d_{d1} \geq d_{d\min}$, 主要是为了考虑 a) 对传动带疲劳强度的影响

a) 弯曲应力;

b) 离心拉应力;

c) 小带轮包角;

d) 初拉力。

哈工大资源分享

QQ 2842305604

6) 蜗杆传动中, 当其它条件相同时, 增加蜗杆的头数, 则传动效率

b)。

a) 降低;

b) 提高;

c) 不变;

d) 可能提高, 可能降低。

7) 工作时只承受弯矩, 不传递转矩的轴, 称为 a)。

a) 心轴;

b) 传动轴;

c) 转轴;

d) 曲轴。

8) 半圆键连接的主要优点是 c)。

a) 对轴的强度削弱较轻;

b) 键槽的应力集中较小;

c) 适于锥形轴端的连接。

9) 齿式联轴器属于_____ b) _____ 联轴器。

- a) 刚性联轴器; b) 无弹性元件挠性联轴器;
c) 有弹性元件挠性联轴器。

10) 在下列四种类型的联轴器中, 能补偿两轴的相对位移以及缓和冲击、吸收振动的联轴器是_____ d) _____。

- a) 凸缘联轴器; b) 齿式联轴器;
c) 万向联轴器; d) 弹性柱销联轴器。

11) 在某一瞬时, 从动件运动规律不变的情况下, 要减小凸轮的基圆半径, 则压力角_____ b) _____。

- a) 减小; b) 增大; c) 保持不变。

三、简答题 (共 20 分, 每小题 4 分)

1) 写出带传动所能传递的最大有效圆周力的计算公式, 并说明其大小与哪些因素有关。

答:
$$F_{\max} = 2F_0 \cdot \frac{e^{f\alpha_1} - 1}{e^{f\alpha_1} + 1}$$

最大有效圆周力的大小与包角、摩擦系数 f 和初拉力 F_0 有关, 增大包角、摩擦系数和初拉力, 都可以提高带传动所传递的有效圆周力。

2) 螺纹连接防松的方法很多, 按其工作原理可分为哪几类? 每种举出一例说明。

答: 螺纹防松的方法主要有:

摩擦防松: 比如双螺母、弹簧垫圈等;

机械防松: 如开口销与开槽螺母、止动垫圈、串联钢丝等;

破坏螺纹副关系的永久性防松: 点焊、冲点、胶接等。

3) 试述转轴的设计步骤。

答: ①按工作要求选择轴的材料;

②估算轴的最小直径;

③轴的结构设计;

④轴的强度校核;

⑤必要时作刚度和振动稳定性等校核计算;

哈工大二手市场

QQ: 744900487

4) 说明蜗杆传动有哪些特点。

- 答：①单级传动比大，结构紧凑；
 ②传动平稳，噪声小；
 ③可以实现自锁；
 ④传动效率低；
 ⑤成本较高。

软件分享群
 Q群 626678181

5) 形成流体动压油膜所必须具备的条件有哪些？

- 答：①相对运动表面间必须形成收敛形间隙；
 ②要有一定的相对运动速度，并使润滑油由大口流入，小口流出；
 ③间隙间要充满具有一定粘度的润滑油。

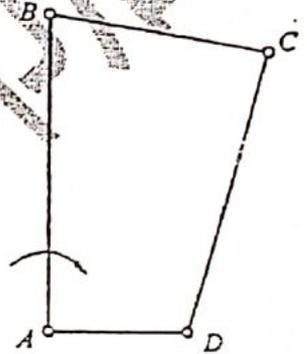
四、计算题 (共 26 分)

1) 如图所示的运动链中，已知各构件长度

$$l_{AB} = 55 \text{ mm}, l_{BC} = 40 \text{ mm}, l_{CD} = 50 \text{ mm}, l_{AD} = 25 \text{ mm},$$

回答下列问题：

- (a) 固定哪个构件可获得曲柄摇杆机构? (2分)
 (b) 固定哪个构件可获得双曲柄机构? (2分)
 (c) 固定哪个构件可获得双摇杆机构? (2分)

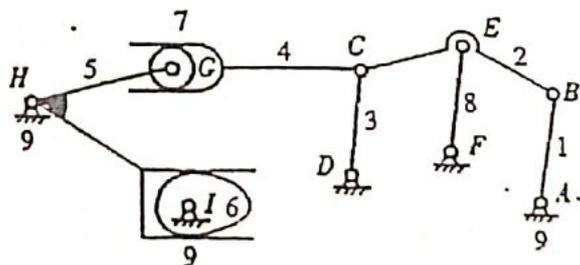


- 答：(a) AB 或 CD 固定时，得曲柄摇杆机构；
 (b) AD 固定时，得双曲柄机构；
 (c) BD 固定时，得双摇杆机构。

2) 在图示机构中， $AB \parallel EF \parallel CD$ ，且 $AB = EF = CD$ ，试计算其自由度 (若有复合铰链、局部自由度或虚约束，必须明确指出)。(6分)

答：EF 杆引入后为需约束，应去掉。C 处构成复合铰链，滚子 7 为局部自由度。

$$\begin{aligned} F &= 3h - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 6 - 2 \times 7 - 1 \times 2 \\ &= 2 \end{aligned}$$



3) 在图示的电动卷扬机减速器中, 已知各轮的齿数为 $z_1=24$, $z_2=52$, $z_2'=21$, $z_3=97$, $z_3'=18$, $z_4=30$, $z_5=78$ 。试求传动比 i_{1H} 。(8分)

答: 齿轮 1、2-2'、3 和系杆 H 组成一个差动轮系, 齿轮 3'、4 和 5 组成一个定轴轮系, 在差动轮系得转动机构中:

$$i_{13}^H = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_3 - \omega_H} = \frac{z_2 z_3}{z_1 z_2'}$$

在定轴轮系中:

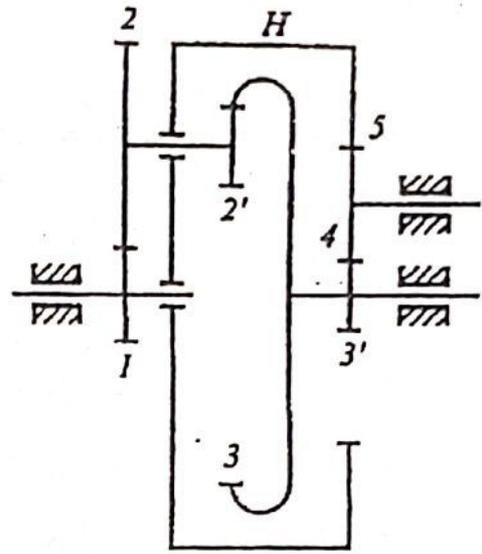
$$i_{35} = \frac{\omega_3}{\omega_5} = -\frac{z_5}{z_3'}$$

$$\omega_5 = \omega_H$$

由上式联立得:

$$\begin{aligned} i_1^H &= \frac{\omega_1}{\omega_H} = 1 + \frac{z_2 z_3}{z_1 z_2'} + \frac{z_2 z_3 z_5}{z_1 z_2' z_3'} \\ &= 1 + \frac{97 \times 52}{21 \times 24} + \frac{78 \times 97 \times 52}{18 \times 21 \times 24} \\ &= 54.38 \end{aligned}$$

齿轮 1 和系杆 H 得转动方向相同。



软件分享群
Q群 626678181

哈工大二手市场
Q群: 744900487

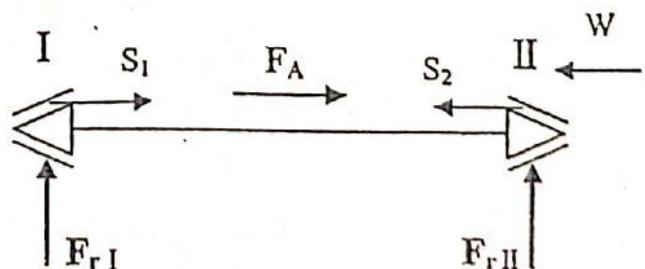
4) 如图所示, 有一轴由一对面对面配置的 30208 轴承支承。已知: 轴承 I、II 上的径向载荷分别为: $F_{rI}=1000\text{N}$, $F_{rII}=1500\text{N}$, 轴上的轴向载荷 $F_A=800\text{N}$, 且轴承内部轴向力 S 与其径向载荷 F_r 的关系为 $S=F_r/(2Y)$, 轴承的 $Y=1.6$ 。试计算轴承 I、II 上的轴向载荷 F_{aI} 和 F_{aII} 。(6分)

解: F_{rI} 和 F_{rII} 产生的内部轴向力

S_1 、 S_2 分别为:

$$S_1 = \frac{F_{rI}}{2Y} = \frac{1000}{2 \times 1.6} = 312.5\text{N}$$

$$S_2 = \frac{F_{rII}}{2Y} = \frac{1500}{2 \times 1.6} = 468.75\text{N}$$



因为 $S_1 + F_A = 1112.5 > S_2$

所以分离体有向右运动的趋势，轴承 II 受到来自机体平衡力 W 的作用，即：

$$S_1 + F_A = W + S_2$$

所以： $F_{a1} = S_1 = 312.5N$

$$F_{a11} = S_2 + W = F_A + S_1 = 1112.5N$$

五、 受力分析题（共 9 分）

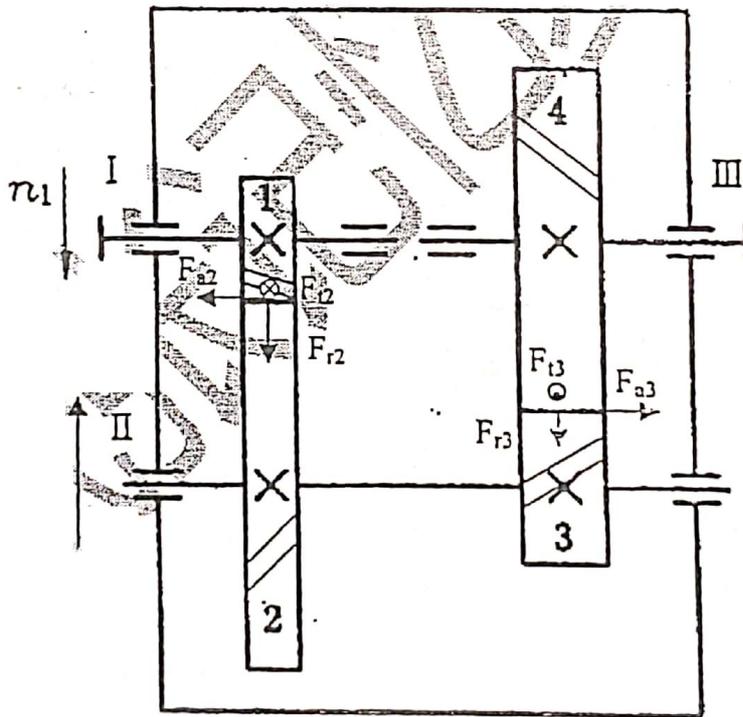
如图所示为一同轴式二级齿轮传动，均采用斜齿轮。已知 I 轴旋转方向和齿轮 1 的轮齿螺旋方向如图所示。

1) 要使 II 轴上两齿轮产生的轴向力相互抵消一部分，试确定其余三个齿轮的轮齿螺旋方向，并在图中画出。

2) 在图中画出齿轮 2 和齿轮 3 所受三个分力方向。

哈工大资源分享

QQ 2842305604

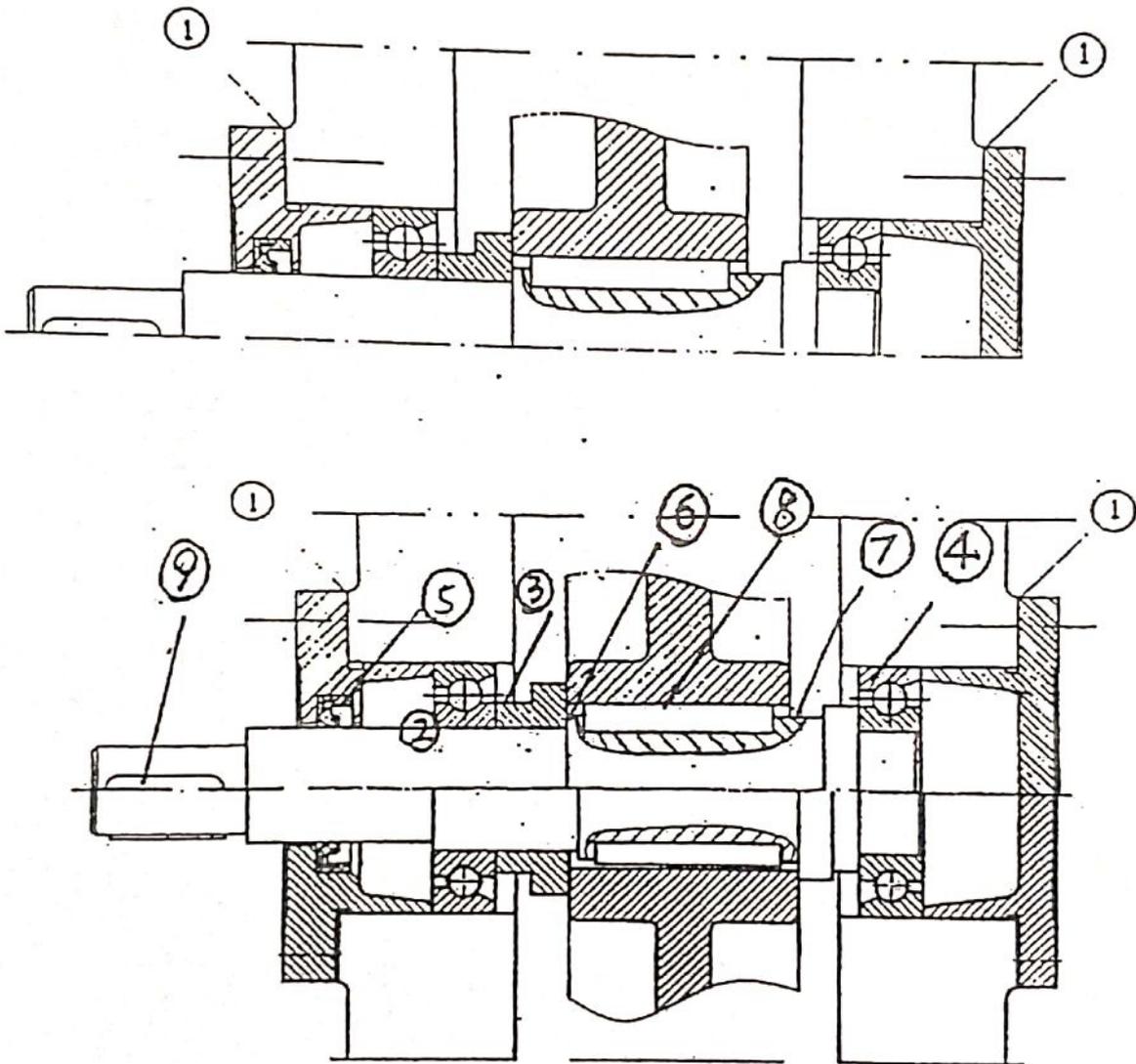


六、结构改错题 (共 10 分)

指出图中结构中的错误,并用编号在相应位置标出,在图下方的空白位置写出错误原因,并说明如何改正。在轴线下方向对称位置画出正确的结构图。(注:同类错误算一个,指出及改对 5 个错误既得满分,指出一个错误并说明原因得 1 分,改对一处得 1 分)

哈工大二级市场

Q群: 744900487



答:

- ①处缺少轴承游隙调整垫片,应根据轴承工作要求加适当厚度的调整垫片。
- ②处应加一非定位轴肩,以方便轴承装配;
- ③套筒的高度要小于轴承内圈的高度,以方便轴承的拆卸;

- ④轴承应面对面或背对背安装；
- ⑤唇形密封圈无法安装；
- ⑥轴上的零件沿轴向不能可靠定位，前段轴应伸入 2~3mm；
- ⑦轴上零件右端应与轴肩靠紧，以实现轴向定位；
- ⑧键与轴毂之间应留有间隙；
- ⑨键槽应该加工在同一母线上。

试 题

班号	123123123
姓名	123123123

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分
分数											

一、填空题 (每空 1 分, 共 30 分)

- 作平面运动的三个构件共有 3 个瞬心, 它们位于 一条直线 上。
- 带传动工作时, 带中的应力由以下三部分组成 (1) 紧边和松边拉力产生的拉应力、(2) 离心力产生的拉应力、(3) 弯曲应力。最大应力发生在 紧边进入小带轮处。
- 带传动的主要失效形式是 打滑 和 疲劳破坏。
- 一对渐开线直齿圆柱齿轮正确啮合条件是: 模数相等 和 分度圆压力角相等。
- 在矩形螺纹、锯齿形螺纹和三角形螺纹三种螺纹中, 传动效率最高的是 矩形 螺纹, 自锁性最好的是 三角形 螺纹, 只能用于单向传动的是 锯齿形 螺纹。
- 螺纹的公称直径是 大径, 确定螺纹几何参数关系和配合性质的直径是 中径。
- 普通平键的工作面为键的 侧 面, 楔键的工作面为键的 上下表 面, 普通平键的截面尺寸 $b \times h$ 是根据 轴径 确定的。
- 代号为 62308 的滚动轴承, 其类型名称为 深沟球轴承, 内径为 40 mm, 2 为宽度系列代号, 3 为直径系列代号。
- 在凸轮机构四种常用的推杆运动规律中, 等速 运动规律有刚性冲击; 等加速等减速 运动规律和 余弦加速度 运动规律有柔性冲击; 正弦加速度 运动规律无冲击。
- 自由度数目为 1 的周转轮系称为行星轮系。
- 在齿轮传动设计时, 软齿面闭式传动常因 齿面点蚀 而失效, 故通常先按 齿面接触疲劳 强度设计公式确定传动的尺寸, 然后验算齿轮的 齿根弯曲疲劳 强度。

二、问答题 (每题 6 分, 共 24 分)

1. 按轴工作时所承受的载荷不同, 可把轴分成几类? 如何分类?

答: 根据轴工作时承受的载荷情况, 可以将轴分成三类:

- 一、转轴: 既承受转矩也承受弯矩;
- 二、心轴: 只承受弯矩不承受转矩;
- 三、传动轴: 只承受转矩不承受弯矩

2 螺纹连接为什么要防松? 有哪几类防松方法?

答: 在冲击振动或者温度变化等情况下, 螺纹副间摩擦力可能减小或消失, 导致螺纹连接失效, 因此需要防松处理。

防松的方法主要有: 摩擦防松、机械防松和破坏螺纹副关系防松等。

3 简述形成流体动压油膜的必要条件。

答: 形成动压油膜的必要条件是:

- 一、 相对运动表面之间必须形成收敛形间隙;
- 二、 要有一定的相对运动速度, 并使润滑油从大口流入, 从小口流出;
- 三、 间隙间要充满具有一定粘度的润滑油。

4 简述齿轮传动的主要失效形式

- 答: 轮齿折断;
齿面点蚀;
齿面胶合;
齿面磨损;
齿面塑性变形。

哈工大二手市场

QQ群: 744900487

哈工大资源分享
QQ 2842305604

三、分析计算题: (共 26 分)

1. (8 分) 试述铰链四杆机构中相邻两构件形成整转副的条件。并就图中各杆的长度回答:

试题:

班号:

姓名:

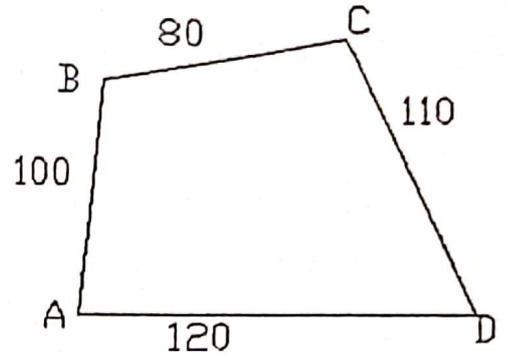
- (1) 固定哪一个杆时可得曲柄摇杆机构?
- (2) 固定哪一个杆时可得双曲柄机构?
- (3) 固定哪一个杆时可得双摇杆机构?

答:

相邻两构件形成整转副的条件:

最短杆与最长杆长度之和小于或等于其他两杆长度之和。

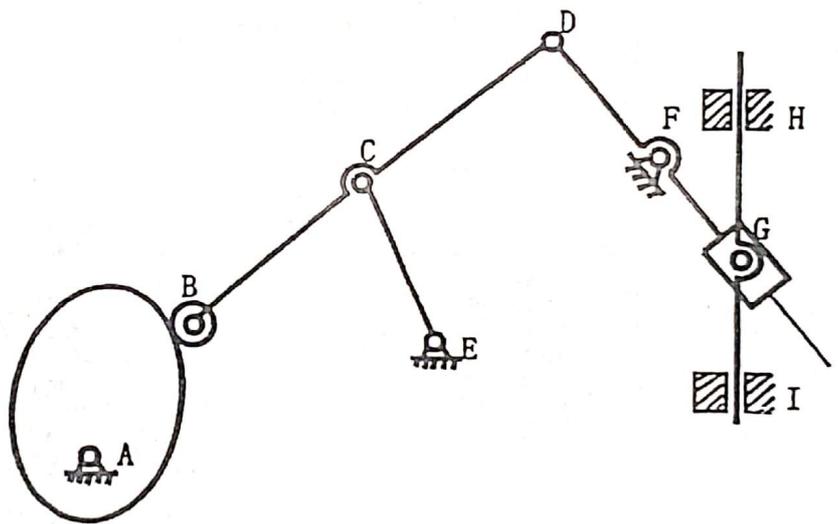
- 1) AB 或 CD
- 2) BC
- 3) AD



2. (8分) 指出如图所示机构的活动构件数 n 、低副数 P_L 和高副数 P_H ，并计算该机构的自由度；若该机构存在局部自由度、复合铰链、虚约束等请在图中指明。

答:

软件分享群
Q群 626678181



$$n=6; P_L=8; P_H=1$$

$$F=3n-2P_L-P_H=1$$

B 处存在局部自由度，I 处或 H 处存在虚约束

3. (10分) 如图所示轮系中，若已知各轮齿数 $z_1=z_2=z_4=z_5=20$ ， $z_3=40$ ， $z_6=60$ ，求 i_{1H}

的大小并说明轮 1 与转臂 H 的转向相同还是相反。

解: $i_{13} = \frac{n_1}{n_3} = \frac{z_2 z_3}{z_1 z_2} = \frac{z_3}{z_1} = \frac{40}{20} = 2$

$i_{36}^H = \frac{n_3 - n_H}{n_6 - n_H} = (-1) \frac{z_6}{z_4} = -\frac{60}{20} = -3$

$n_6 = 0$, 故:

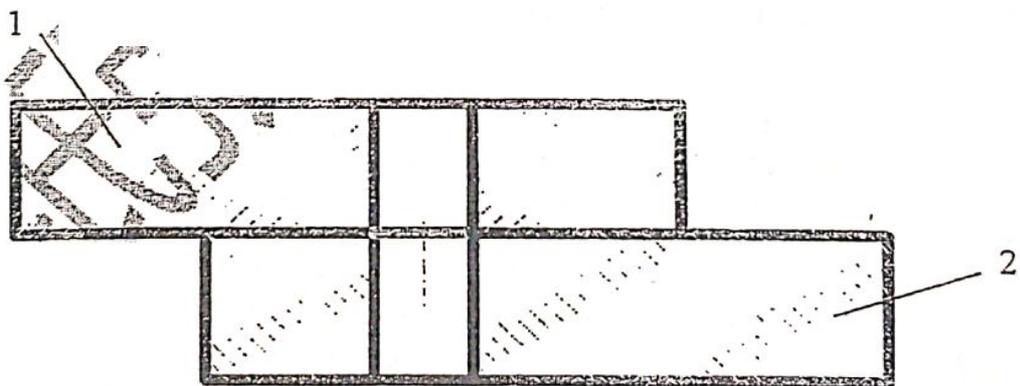
$\frac{n_3 - n_H}{-n_H} = -3$

得: $\frac{n_3}{n_H} = 4$

故: $i_{1H} = i_{13} i_{3H} = 8$

轮 1 与转臂 H 转向相反

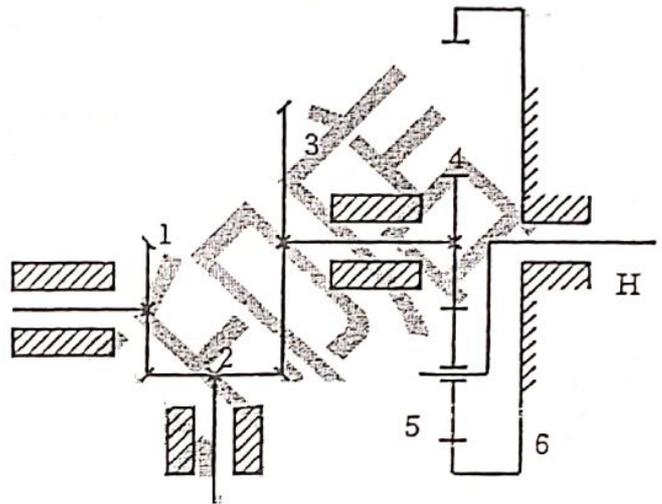
四、利用普通螺栓连接方式将板 1 和板 2 连接起来, 并注意放松。(8 分)



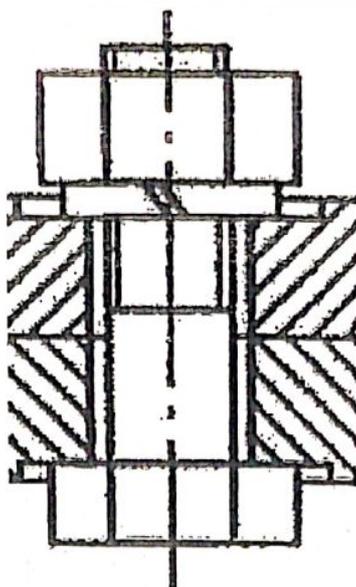
哈工大资源分享
QQ 2842305604

解:

哈工大二手市场
QQ群: 744900487

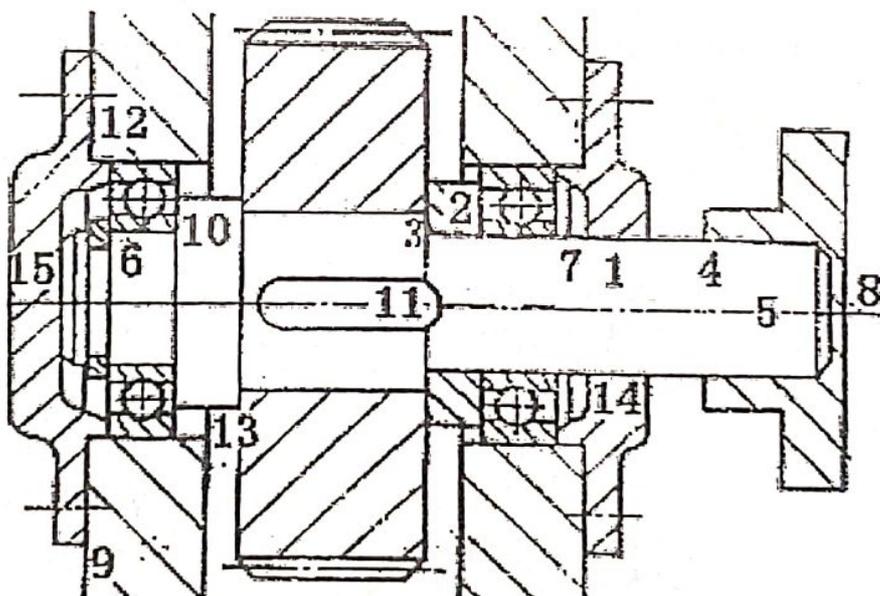


哈工大资源分享
QQ 2842305604



五、结构题 (12分)

试分析图示齿轮轴系结构上的结构错误 (指出六处即可), 并指出错误原因。轴承采用脂润滑。



位置 1、无密封

位置 2、套筒接触到了轴承外圈

位置 3、齿轮安装轴段的长度应小于齿轮宽度

位置 4、联轴器轴段无轴向定位, 应设计成阶梯轴

位置 5、无键槽

-
- 位置 6、两轴承的轴径尺寸不同
 - 位置 7、与轴承内圈配合轴段太长, 应设计成阶梯轴
 - 位置 8、联轴器端面应打通
 - 位置 9、应加调整垫片
 - 位置 10、轴肩太高, 轴承内圈无法拆卸
 - 位置 11、键槽孔太长
 - 位置 12、机箱体应加凸台以减小加工面积
 - 位置 13、缺甩油环
 - 位置 14、端盖孔径应大于轴径
 - 位置 15、端盖不应与轴相接触

班级	
姓名	

机械设计基础 (80 学时) 试题答案

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分
分数											

一、填空题：(每空 1 分，计 32 分)

1. 按表面间摩擦状态不同，滑动轴承可分为 液体摩擦 滑动轴承和 非液体摩擦 滑动轴承
2. 普通螺栓连接的凸缘联轴器是通过 摩擦力矩 传递转矩的；铰制孔螺栓连接的凸缘联轴器是通过 剪切与挤压 传递转矩的。
3. 三角形螺纹的牙型角为 60 度，因其具有较好的 自锁 性能，所以通常用于 连接。
4. 滑动轴承轴瓦上浇铸轴承衬的目的是 提高轴瓦的减磨耐磨性能 写出一种常用轴承衬材料的名称 轴承合金。
5. 普通平键的工作面是 两侧面，其主要失效形式为 平键被压溃，其剖面尺寸 $b \times h$ 是根据 轴的直径 来选择的。

弹簧指数是弹簧设计中的一个重要参数，其表达式为 $C = \frac{D}{d}$ 。

14. 在凸轮机构四种常用的推杆运动规律中，匀速 运动规律有刚性冲击；等加速等减速 运动规律和 余弦 运动规律有柔性冲击；正弦 运动规律无冲击。

二 问答题：(每题 5 分，共 15 分)

1. 试述摩擦型带传动工作中为什么会发生弹性滑动现象？写出滑动率计算式。

答：摩擦型带传动中的变形在弹性范围内，带的变形与应力成正比，因带的伸长量不同，因此带绕过主动轮时，将逐渐缩短并沿轮面滑动，而从动轮的圆周速度落后于主动轮的圆周速度，带绕过从动轮时也有类似的现象，这里时带速超前于从动轮的圆周速度。这种由于带的弹性变形而引起带与带轮之间的相对滑动，称为弹性滑动。滑动率：

$$\epsilon = \frac{v_1 - v_2}{v_1} = \frac{n_1 \cdot d_{d1} - n_2 \cdot d_{d2}}{n_1 \cdot d_{d1}}$$

2. 叙述转轴的主要设计步骤，并说明原因。

- 答：1)、按工作要求选择轴的材料；
 2)、估算轴的最小直径；
 3)、轴的结构设计；

软件分享群
 Q群 626648181

4)、轴的强度校核计算;

5)、在必要时做刚度或振动稳定性校核计算;

3. 简要说明形成液体动压润滑的必要条件是什么?

答: 1)、相对运动表面间必须形成收敛形间隙(通称油楔);

2)、要有一定的相对运动速度, 并使润滑油由大口流入, 小口流出;

3)、间隙内要充满具有一定粘度的润滑油。

三、计算题(共 25 分)

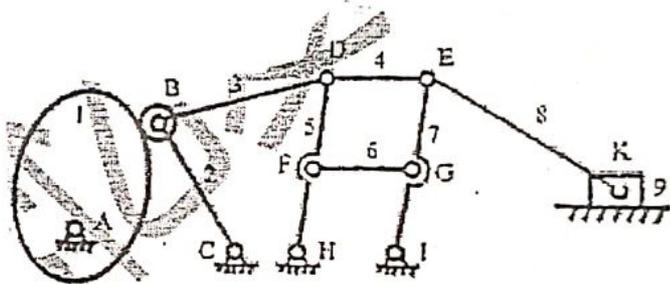
1. 在下图所示的机构中, 已知: $DE = FG = HI$, 且相互平行。指出该机构的活动构件数 n 、低副数 R 和高副数 R_H , 并计算该机构的自由度: 若该机构存在局部自由度、复合铰链、虚约束等请在图中指明(6分)。

解: 活动构件数: $n=8$, 低副数 $R=11$, 高副数 $R_H=1$ 。

所以自由度: $F=3n-2R-R_H=1$ 。

图中: D 和 E 处为复合铰链。

B 处为局部自由度。



2. 在下图所示铰链四杆机构中, 各杆的长度分别为: $l_{AB} = 25 \text{ mm}$, $l_{BC} = 55 \text{ mm}$, $l_{CD} = 40 \text{ mm}$, $l_{AD} = 50 \text{ mm}$ 试问: (6分)

(1) 该机构中哪个构件是曲柄?

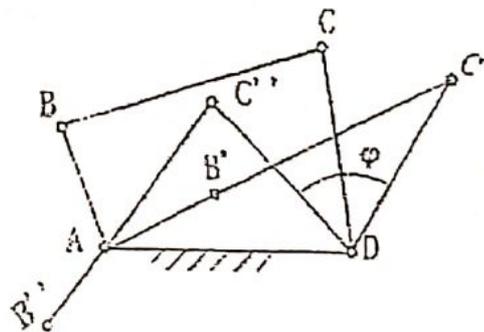
(2) 该机构中哪个构件是摇杆? 并作图表示出摇杆的摆角范围 φ (不用计算具体数值)。

(3) 该机构在什么情况下有死点位置?

解: (1) 最短杆 AB 为曲柄;

(2)、CD 杆为摇杆, φ 角如图所示;

(3)、当 CD 杆为原动件时, 机构运动到 AB、BC 共线时, 传动角为零, 此时为死点位置。



哈工大资源分享

QQ 2842305604

3. 如图所示轮系中, 已知各齿轮齿数为: $z_1 = z_3 = z_5 = 20$, $z_2 = z_4 = z_6 = 40$, $z_7 = 100$. 求传动比 i_{17} , 并判断 ω_1 和 ω_7 是同向还是反向? (8分)

解: 图中 1、2、3、4 轮为一定轴轮系, 4、5、6、7 轴构成一周转轮系。

所以: $i_{14} = \frac{n_1}{n_4} = (-1)^2 \frac{z_2 z_4}{z_1 z_3} = 4$

周转轮系中, 6 为系杆

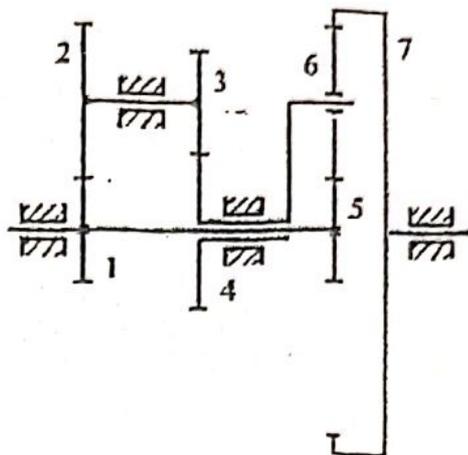
所以: $i_{57}^H = \frac{n_5 - n_H}{n_7 - n_H} = (-1) \frac{z_6 z_7}{z_5 z_4} = -5$

又因为 $n_4 = n_H$, $n_1 = n_5$

联立方程可以得到:

$$i_{17} = \frac{n_1}{n_7} = 10$$

ω_1 与 ω_7 方向相同。



4. 一对标准安装的外啮合斜齿圆柱齿轮传动 (正常齿制)。

已知: $z_1 = 24$, $z_2 = 48$, $m = 4 \text{ mm}$, $\alpha = 20^\circ$, 中心距 $a = 150$ 。试计算: (5分)

- (1) 螺旋角 β 值;
- (2) 齿轮 1 的分度圆直径 d_1 及齿顶圆直径 d_{a1} ;
- (3) 齿轮 1 的当量齿数 z_{v1}

解: (1) 因为: $a = m_n(z_1 + z_2) / 2 \cos \beta = 150$

所以: $\cos \beta = 0.96$, β

(2) $d_1 = z_1 m_n / \cos \beta = 100 \text{ mm}$

$d_{a1} = d_1 + 2h_a = d_1 + 2m_n = 108 \text{ mm}$

(3) $z_{v1} = z_1 / \cos^3 \beta = 27$

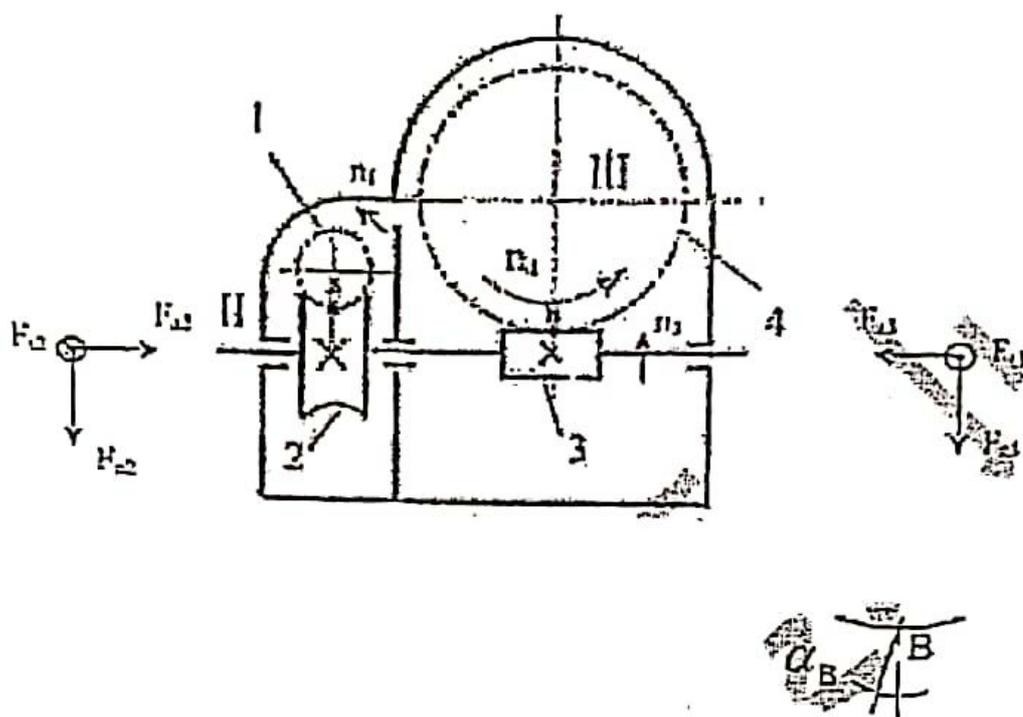
哈工大二手市场

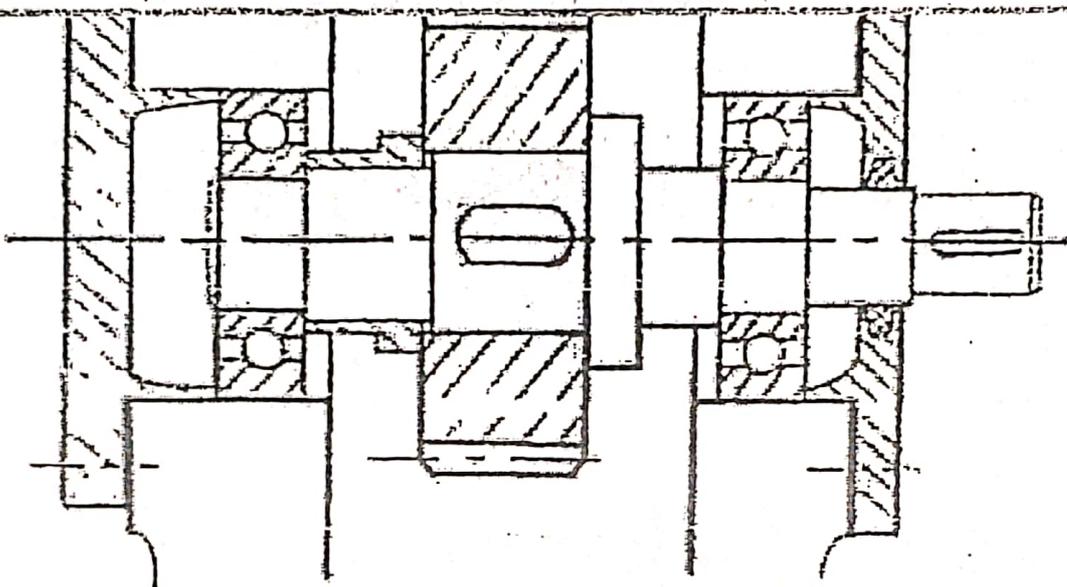
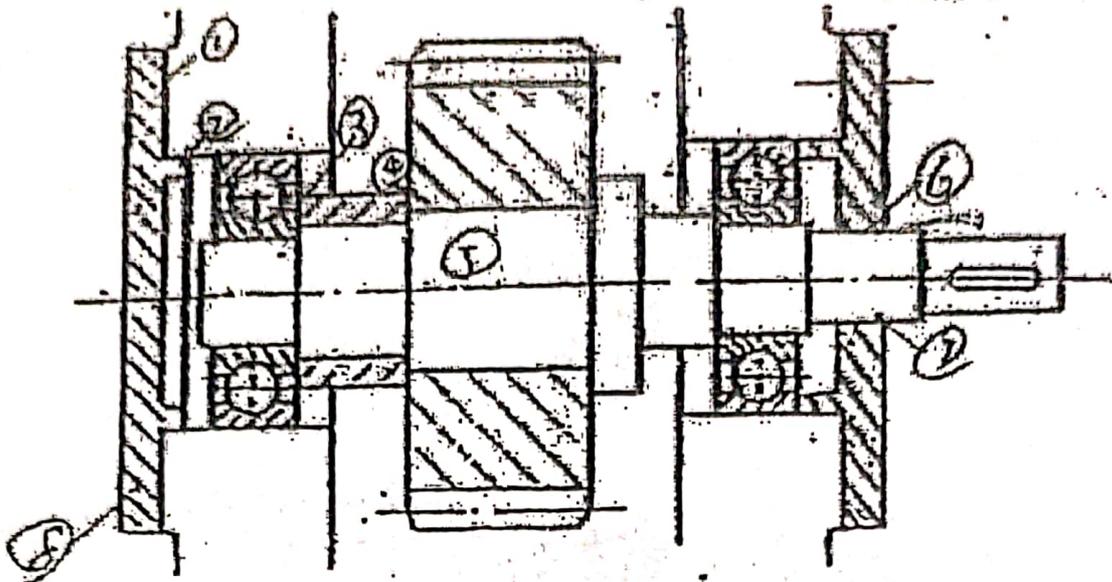
QQ群: 744900487

四、受力分析题：（共10分）

图示为两级蜗杆减速器，蜗轮4为右旋，逆时针方向转动，要求在II轴上的蜗杆3与蜗轮2的轴向力方向相反。要求如图所示：（1）画出蜗杆1的旋转方向，画出蜗轮2的螺旋线方向；（2）画出蜗轮2与蜗杆3的所受各力的方向（ \otimes 表示方向垂直纸面向里， \odot 表示方向垂直纸面向外）；（3）画出蜗杆3的螺旋线方向及其旋转方向。

解：答案见下图





答:

- ① 处应有调整垫片;
- ② 轴承端盖应顶住轴承外环;
- ③ 套筒过高;
- ④ 不便于固定齿轮;
- ⑤ 应有键进行齿轮周向定位;
- ⑥ 应有密封;
- ⑦ 密封处留有间隙;
- ⑧ 应有连接螺钉.

机械设计基础
 机械设计基础
 机械设计基础
 机械设计基础

哈工大资源分享
 QQ 2842305604

哈工大二手市场
 Q群: 744900487

软件分享群
 Q群 626678181

哈工大 20XX 年秋季学期

机械设计基础 (80 学时) 试题答案

班 级	
姓 名	

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分
分数											

一、填空题：(每空 1 分，计 32 分)

- 按表面间摩擦状态不同, 滑动轴承可分为 液体摩擦 滑动轴承和 非液体摩擦 滑动轴承
- 普通螺栓连接的凸缘联轴器是通过 摩擦力矩 传递转矩的; 铰制孔螺栓连接的凸缘联轴器是通过 剪切与挤压 传递转矩的。
- 三角形螺纹的牙型角为 60 度, 因其具有较好的 自锁性能, 所以通常用于 连接。
- 滑动轴承轴瓦上浇铸轴承衬的目的是 提高轴瓦的减磨耐磨性能 写出一种常用轴承衬材料的名称 轴承合金。
- 普通平键的工作面是 两侧面, 其主要失效形式为 平键被压溃, 其剖面尺寸 $b \times h$ 是根据轴的 直径 来选择的。
- 轮齿折断一般发生在 齿根部位, 为防止轮齿折断, 应进行 齿根弯曲疲劳强度 计算。
- 滚动轴承的基本额定寿命是指一批轴承, 在相同运转条件下, 其中 90% 的轴承不发生 疲劳点蚀 前所运转的总转数。
- 按工作原理不同, 螺纹连接的防松方法有 摩擦防松、机械防松 和 破坏螺纹副防松。
- 转速与当量动载荷一定的球轴承, 若基本额定动载荷增加一倍, 其寿命为原来寿命的 8 倍。
- 蜗杆传动中, 蜗杆分度圆柱上的螺旋线升角应等于蜗轮分度圆上的螺旋角, 且两螺旋线方向应 相同。
- 机构具有确定运动的条件是 (1) 机构自由度大于零 (2) 原动件数等于自由度数。
- 曲柄摇杆机构中, 当 曲柄与机架 处于两次共线位置之一时, 出现最小传动角。
- 圆柱螺旋弹簧的特性线是表示 弹簧受力与变形 之间的关系曲线; 弹簧受轴向工作载荷时, 其簧丝横截面上的应力最大点在 簧丝内侧点;
 弹簧指数是弹簧设计中的一个重要参数, 其表达式为 $C = \frac{D}{d}$ 。
- 在凸轮机构四种常用的推杆运动规律中, 匀速运动规律 有刚性冲击; 等加速等减速运动规律 和 余弦运动规律 有柔性冲击; 正弦运动规律 无冲击。

注
意
行
为
规
范

遵
守
考
场
纪
律

主
管
领
导
审
核
签
字

--

二. 问答题：(每题 5 分，共 15 分)

1. 试述摩擦型带传动工作中为什么会产生弹性滑动现象？写出滑动率计算式。

答：摩擦型带传动中的变形在弹性范围内，带的变形与应力成正比，因带的伸长量不同，因此带绕过主动轮时，将逐渐缩短并沿轮面滑动，而从动轮的圆周速度落后于主动轮的圆周速度，带绕过从动轮时也有类似的现象，这里时带速超前于从动轮的圆周速度。这种由于带的弹性变形而引起带与带轮之间的相对滑动，称为弹性滑动。滑动率：

$$\varepsilon = \frac{v_1 - v_2}{v_1} = \frac{n_1 \cdot d_{d1} - n_2 \cdot d_{d2}}{n_1 \cdot d_{d1}}$$

2. 叙述转轴的主要设计步骤，并说明原因。

答：1)、按工作要求选择轴的材料；

2)、估算轴的最小直径；

3)、轴的结构设计；

4)、轴的强度校核计算；

5)、在必要时做刚度或振动稳定性校核计算；

3. 简要说明形成液体动压润滑的必要条件是什么？

答：1)、相对运动表面间必须形成收敛形间隙（通称油楔）；

2)、要有一定的相对运动速度，并使润滑油由大口流入，小口流出；

3)、间隙内要充满具有一定粘度的润滑油。

三、计算题（共 25 分）

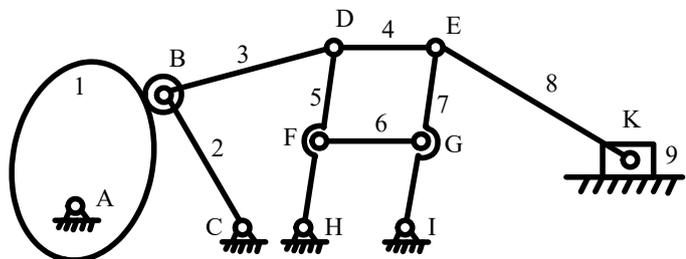
1. 在下图所示的机构中，已知：DE=FG=HI，且相互平行。指出该机构的活动构件数 n 、低副数 P_L 和高副数 P_H ，并计算该机构的自由度；若该机构存在局部自由度、复合铰链、虚约束等请在图中指明（6 分）。

解：活动构件数： $n=8$ ，低副数 $P_L=11$ ，高副数 $P_H=1$ ，

所以自由度： $F=3n-2P_L-P_H=1$ 。

图中：D 和 E 处为复合铰链，

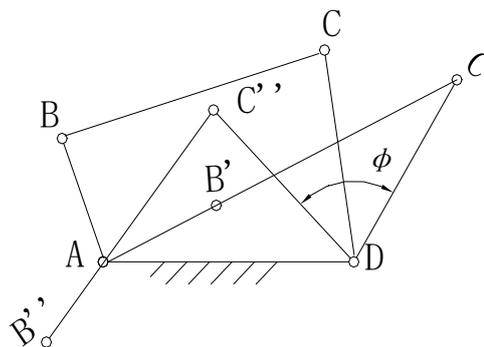
B 处为局部自由度。



2. 在下图所示铰链四杆机构中，各杆的长度分别为： $l_{AB}=25\text{ mm}$ ， $l_{BC}=55\text{ mm}$ ， $l_{CD}=40\text{ mm}$ ， $l_{AD}=50\text{ mm}$ ，试问：（6分）

- (1) 该机构中哪个构件是曲柄？
- (2) 该机构中哪个构件是摇杆？并作图表示出摇杆的摆角范围 ϕ （不用计算具体数值）。
- (3) 该机构在什么情况下有死点位置？

解：（1）、最短杆 AB 为曲柄；
 （2）、CD 杆为摇杆， ϕ 角如图所示；
 （3）、当 CD 杆为原动件时，机构运动到 AB、BC 共线时，传动角为零，此时为死点位置。



3. 如图所示轮系中，已知各齿轮齿数为：

$z_1 = z_3 = z_5 = 20$ ， $z_2 = z_4 = z_6 = 40$ ， $z_7 = 100$ 。求传动比 i_{17} ，并判断 ω_1 和 ω_7 是同向还是反向？（8分）

解：图中 1、2、3、4 轮为一定轴轮系。4、5、6、7 轴构成一周转轮系。

$$\text{所以： } i_{14} = \frac{n_1}{n_4} = (-1)^2 \frac{z_2 z_4}{z_1 z_3} = 4$$

周转轮系中，6 为系杆

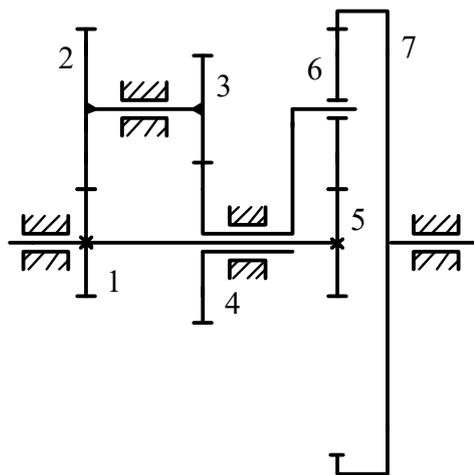
$$\text{所以： } i_{57}^H = \frac{n_5 - n_H}{n_7 - n_H} = (-1) \frac{z_6 z_7}{z_5 z_6} = -5$$

又因为 $n_4 = n_H$ ， $n_1 = n_5$

联立方程可以得到：

$$i_{17} = \frac{n_1}{n_7} = 10$$

ω_1 与 ω_7 方向相同。



4. 一对标准安装的外啮合斜齿圆柱齿轮传动（正常齿制）。

已知： $z_1 = 24$ ， $z_2 = 48$ ， $m = 4\text{ mm}$ ， $\alpha = 20^\circ$ ，中心距 $a = 150$ ，试计算：（5分）

- (1) 螺旋角 β 值;
- (2) 齿轮 1 的分度圆直径 d_1 及齿顶圆直径 d_{a1} ;
- (3) 齿轮 1 的当量齿数 z_{v1}

解: (1) 因为: $a = m_n(z_1 + z_2) / 2 \cos \beta = 150$

所以: $\cos \beta = 0.96, \beta \doteq 16.3^\circ$

$$(2) d_1 = z_1 m_n / \cos \beta = 100 \text{ mm}$$

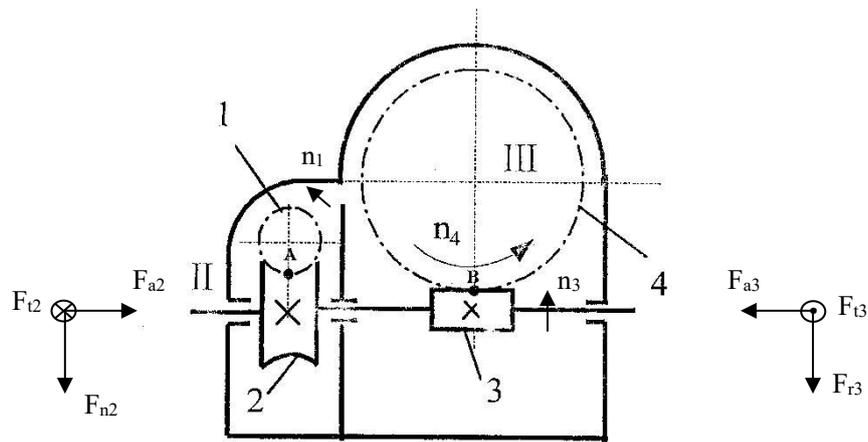
$$d_{a1} = d_1 + 2h_a = d_1 + 2m_n = 108 \text{ mm}$$

$$(3) z_{v1} = z_1 / \cos^3 \beta = 27$$

四、受力分析题: (共 10 分)

图示为两级蜗杆减速器, 蜗轮 4 为右旋, 逆时针方向转动, 要求在 II 轴上的蜗杆 3 与蜗轮 2 的轴向力方向相反。要求如图所示: (1) 画出蜗杆 1 的旋转方向, 画出蜗轮 2 的螺旋线方向; (2) 画出蜗轮 2 与蜗杆 3 的所受各力的方向 (\otimes 表示方向垂直纸面向里, \odot 表示方向垂直纸面向外); (3) 画出蜗杆 3 的螺旋线方向及其旋转方向。

解: 答案见下图



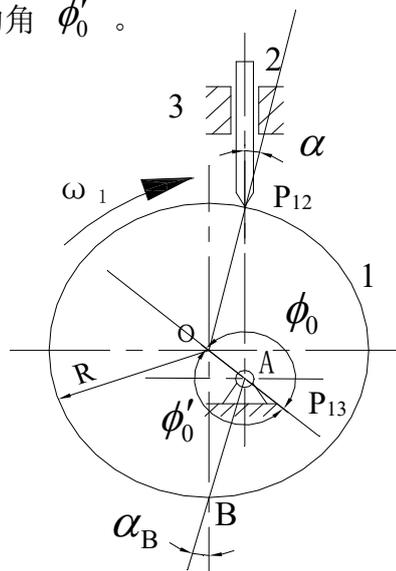
五、在下图所示对心直动尖顶从动件盘状凸轮机构中, 已知: 凸轮为偏心圆盘, 圆心为 O, 半径 $R = 50 \text{ mm}$, 凸轮回转中心 A 到几何中心 O 的距离 $l_{OA} = 15 \text{ mm}$, 试确定: (8 分)

- (1) 该凸轮的基圆半径 r_b 是多少?

- (2) 该凸轮机构从动件的行程（最大位移） h 是多少？
- (3) 在图上标出图示位置凸轮机构的压力角 α 及从动件与凸轮在 B 点接触时的压力角 α_B 。
- (4) 在图上标出图示位置时凸轮 1 与机架 3 的瞬心 P_{13} 及凸轮 1 与从动件 2 的瞬心 P_{12} 。
- (5) 在图上标出推程运动角 ϕ_0 和回程运动角 ϕ'_0 。

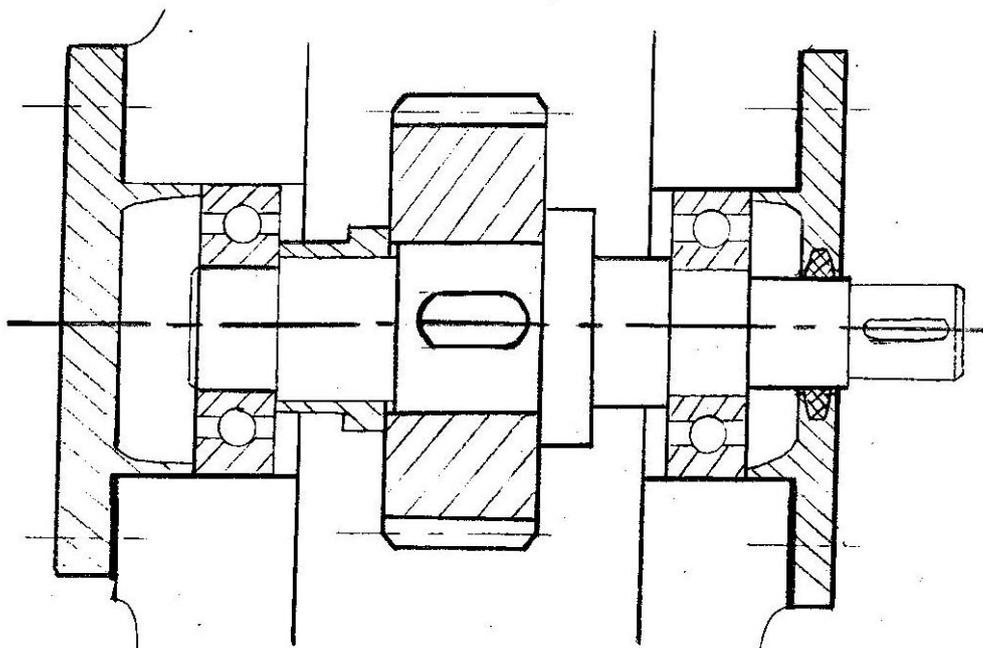
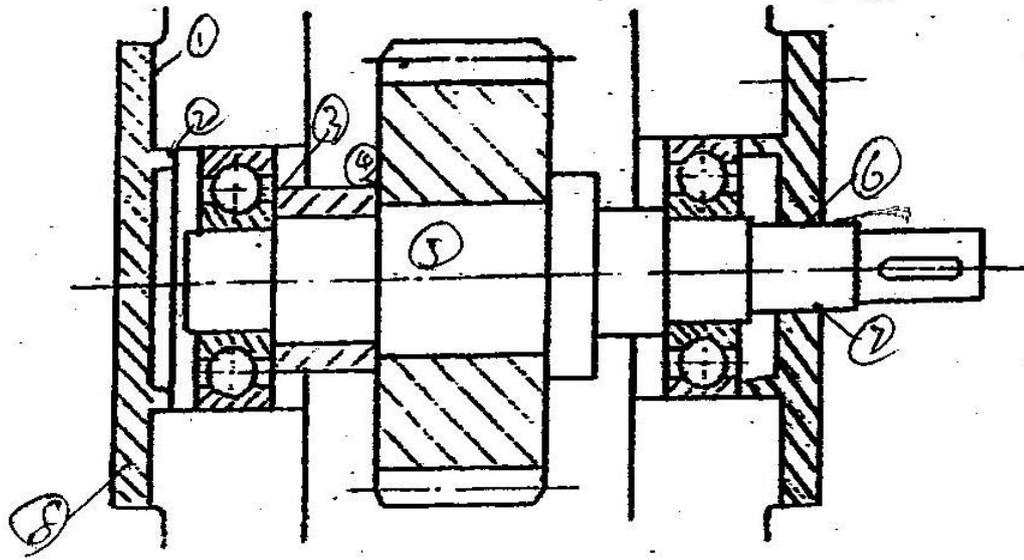
解：(1) $r_b = R - L_{OA} = 35mm$

(2) $h = 2L_{OA} = 30mm$



六、结构题（共 10 分）

指出下图中的错误（在错误处画×，简要说明原因），并画出其正确结构图。
（找出 5 处错误即可，同性质的错误算一个）



答：

- ① 处应有调整垫片；
- ② 轴承端盖应顶住轴承外环；
- ③ 套筒过高；
- ④ 不便于固定齿轮；
- ⑤ 应有键进行齿轮周向定位；
- ⑥ 应有密封；
- ⑦ 密封处留有间隙；
- ⑧ 应有连接螺钉。