

第14章 轴

本章教学内容

§ 14-1 轴的概述

§ 14-2 轴的结构设计

§ 14-3 轴的计算

基本要求

- 了解传动轴、心轴和转轴的载荷的特点
- 掌握轴的结构设计的方法，熟悉轴上零件的轴向和周向定位方法，明确轴的结构设计中应注意的问题
- 了解轴的三种强度计算方法
- 了解轴的刚度计算方法

本章特点：

- 轴的设计过程是结构与强度(或刚度)校核计算交替进行，逐步完善的

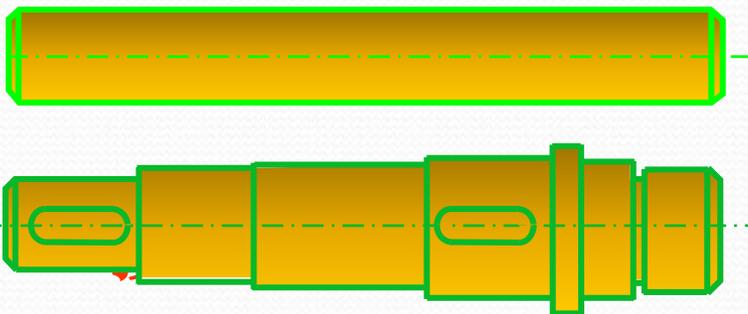
§ 14-1轴的概述

一. 轴的分类及用途:

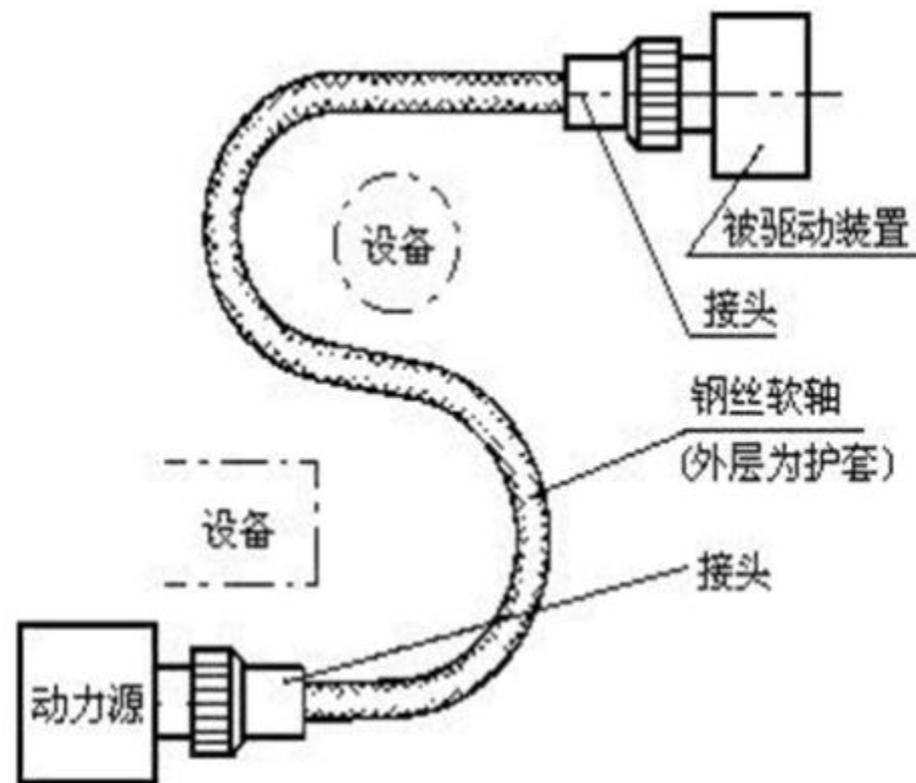
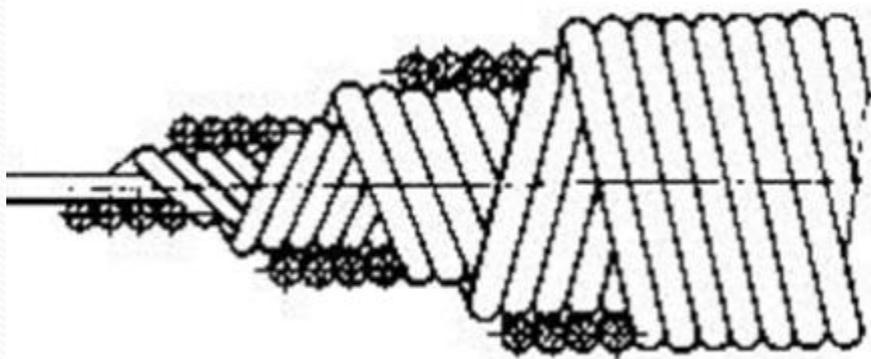
1. 轴的功用: $\left\{ \begin{array}{l} \text{支承回转运动的零件} \\ \text{使所有零件有固定的工作位置(轴向、周向)} \end{array} \right.$

2. 轴的分类:

1) 按形状分类 $\left\{ \begin{array}{l} \text{直轴 (光轴, 阶梯轴) 图(14-1)} \\ \text{曲轴 图(14-2)} \end{array} \right.$

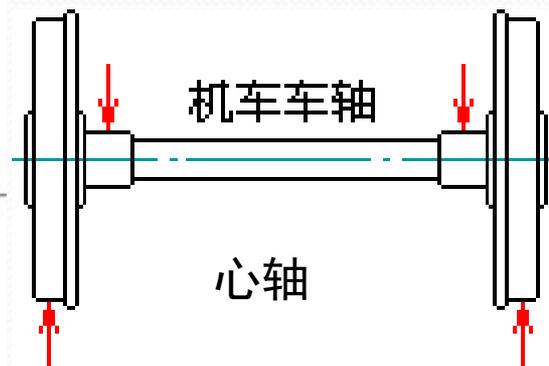
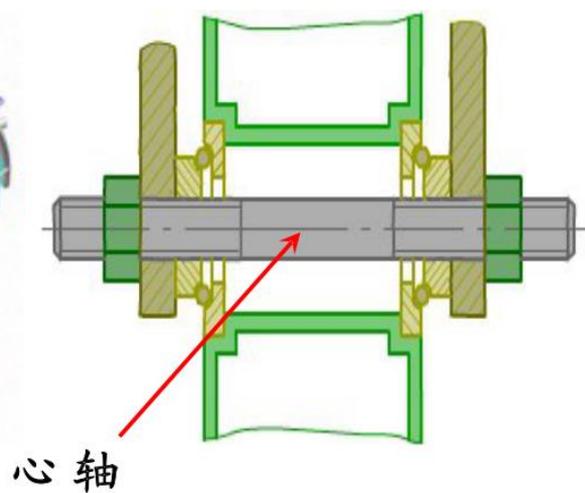


- 钢丝挠性软轴

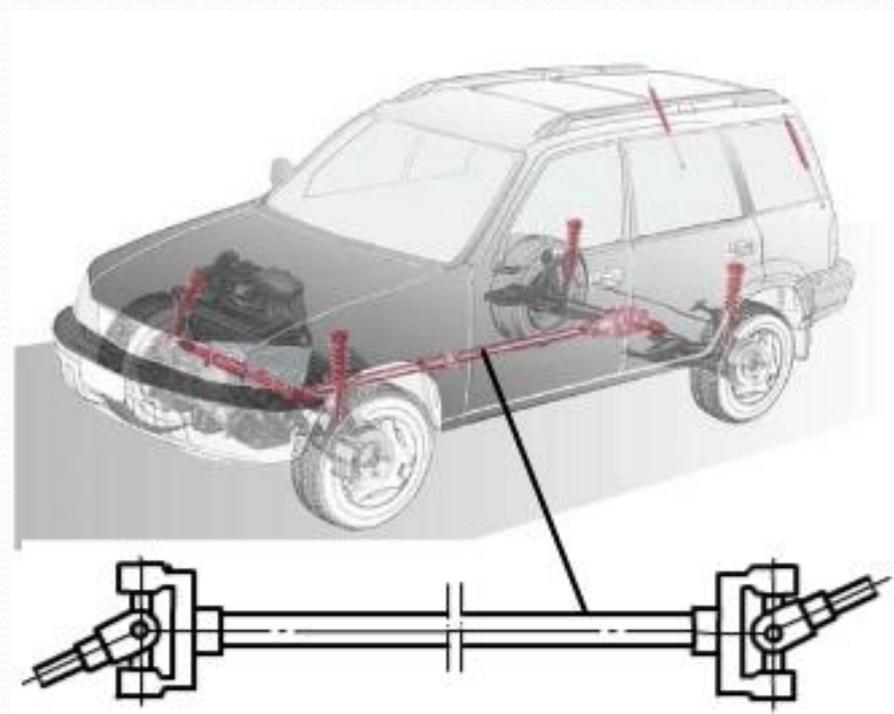
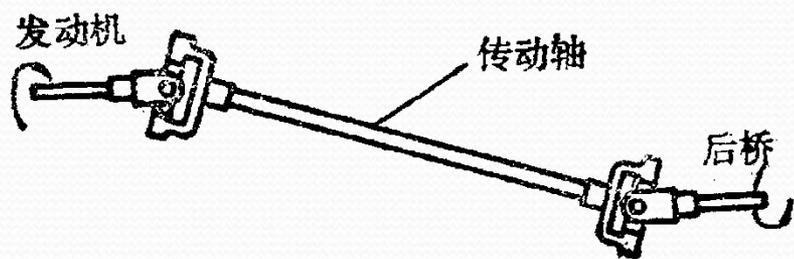


2. 按载荷性质分类

- 心轴 一只承受弯矩不传递受转矩(固定、转动) 机车车轴、自行车前轴
- 传动轴 一只传递转矩不承受弯矩(或弯矩很小)
- 转轴 一只既承受弯矩又传递转矩

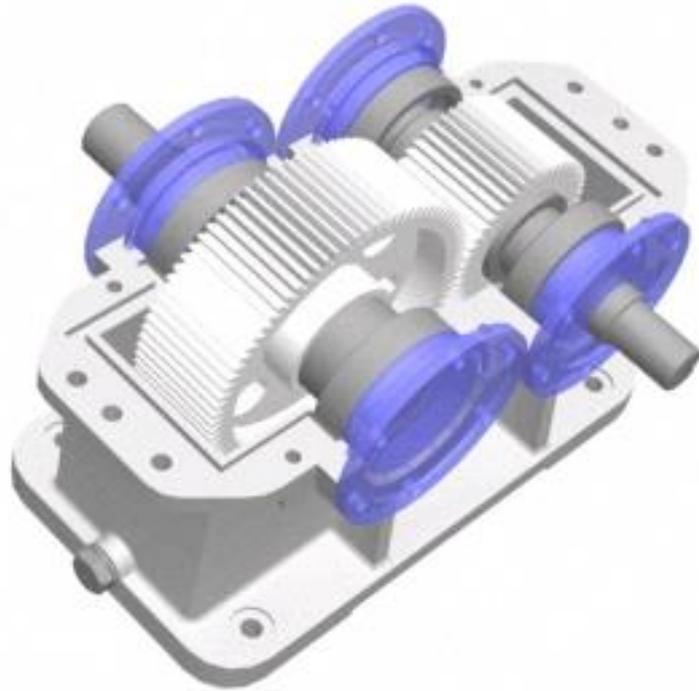


汽车传动轴

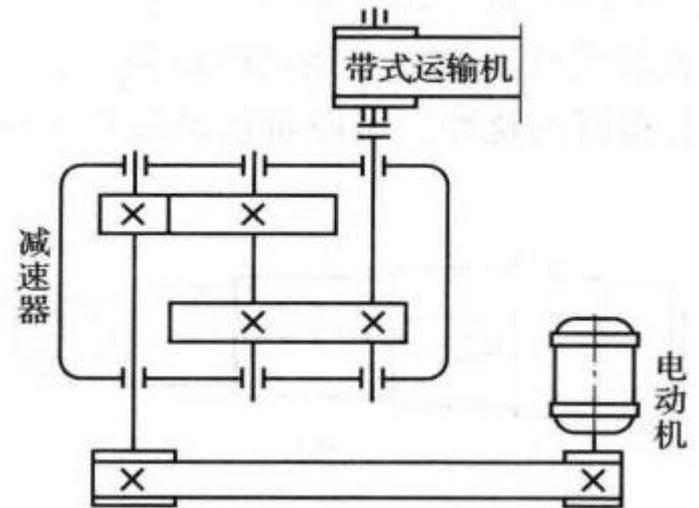
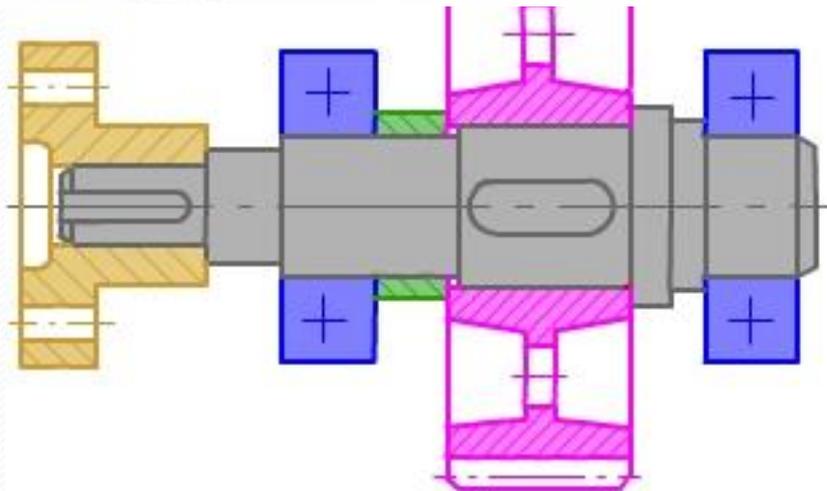
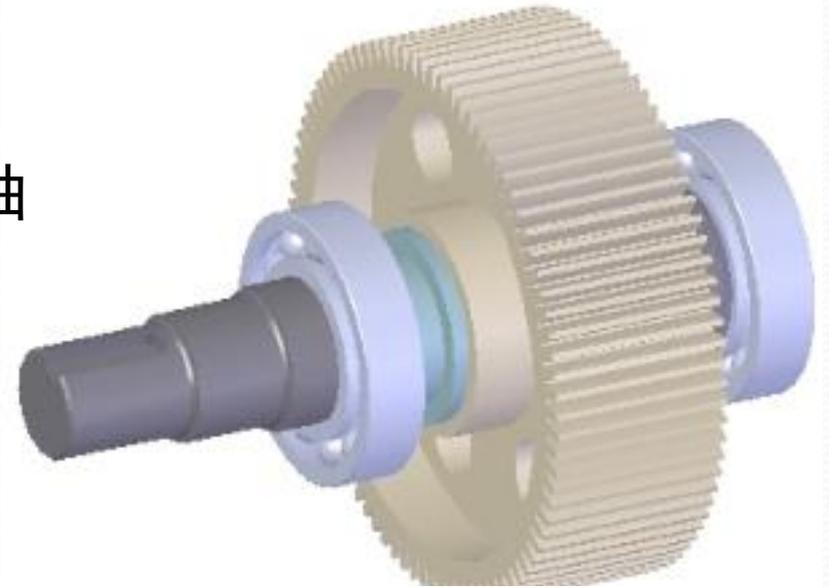


传动轴

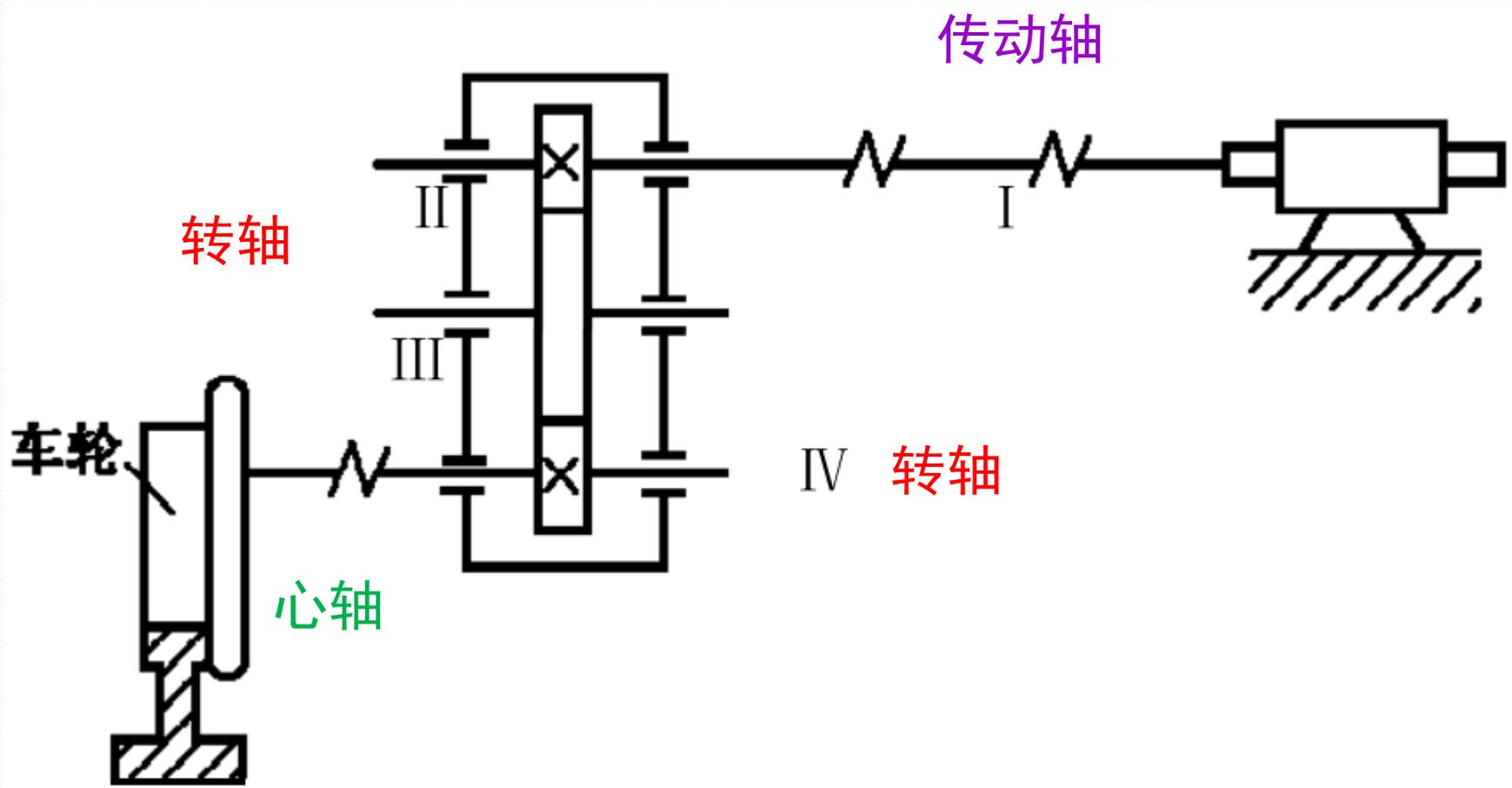
齿轮减速器转轴



转轴



下图为起重机行车机构，请按承载情况，判定图中轴的类型？



二、轴的材料

1. 钢
- ┌ 碳素钢
 - └ 优质碳素钢：35、45、50
 - └ 普通碳素钢：Q235、Q255、Q275
 - └ 合金钢 20Cr、20CrMnTi、40Cr、40CrNi、35SiMn、35CrMo
2. 球墨铸铁：QT500-5、QT600-2 → 曲轴、凸轮轴

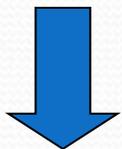
★ **注意：** ①采用合金钢并不能提高轴的刚度，只能提高其强度和耐磨性。

②轴的热处理和表面强化可提高轴的疲劳强度。

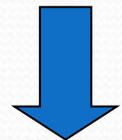
三、轴设计的主要问题

- 1、结构问题 — 确定轴的形状和尺寸
- 2、强度问题 — 防止轴发生疲劳断裂
- 3、刚度问题 — 防止轴发生过大的弹性变形
- 4、振动稳定性问题 — 防止轴发生共振

轴的结构设计



轴的强度计算



其它计算

- 1.拟定轴上零件装配方案
- 2.估算轴的最小直径 d_{min}
- 3.确定各段直径及长度
- 4.确定轴的结构要素

- 1.许用切应力法(扭转强度)
- 2.许用弯曲应力法(弯扭合成强度)
- 3.安全系数计算法: 疲劳强度计算、静强度计算

- 1.刚度计算
- 2.振动稳定性计算(临界转速)

§ 14-2 轴的结构设计

一、轴结构设计的内容：

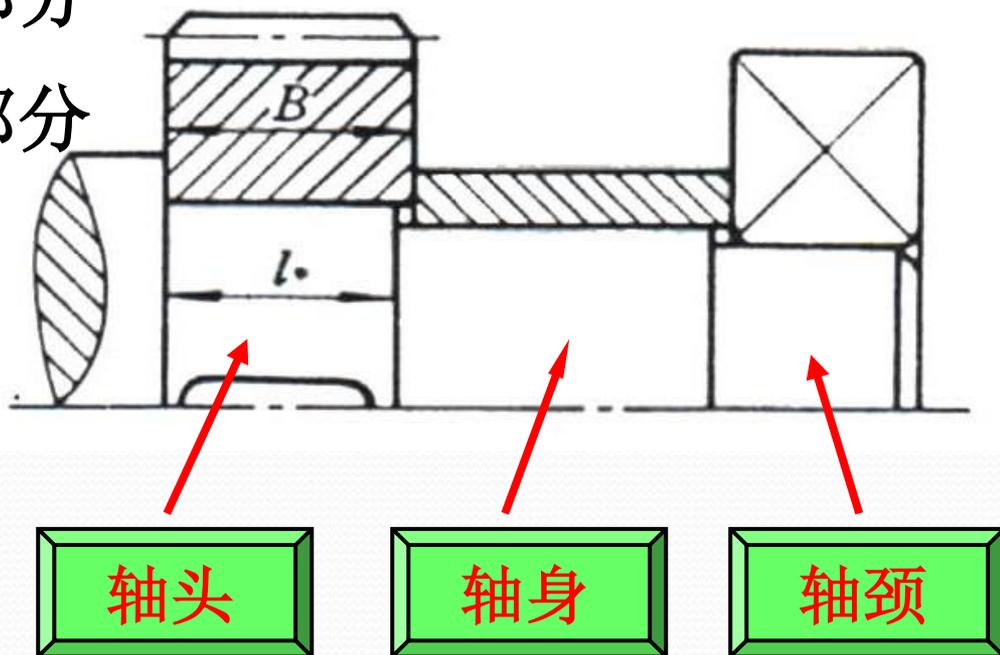
1.定出轴的合理外形和各部分结构尺寸

2.符合零件的安装、固定、调整原则以及轴的
加工工艺规范

3.轴的结构应满足：轴和装在轴上的零件要有准确的工作位置；轴上零件应便于拆装和调整；轴应具有良好的工艺性。

轴的组成

- **轴头**：轴和旋转零件的配合部分
- **轴颈**：轴和轴承配合的部分
- **轴身**：连接轴颈与轴头部分
- **轴肩(轴环)**：轴的直径变化所形成的阶梯处；定位轴肩、非定位轴肩



※二、轴结构设计的要求

- 1.轴与轴上零件要有准确的工作位置(定位、固定)
- 2.轴上零件要易于装拆、调整
- 3.轴应有良好的制造工艺
- 4.尽量减少应力集中,改善轴的受力状态

1. 轴与轴上零件要有准确的工作位置

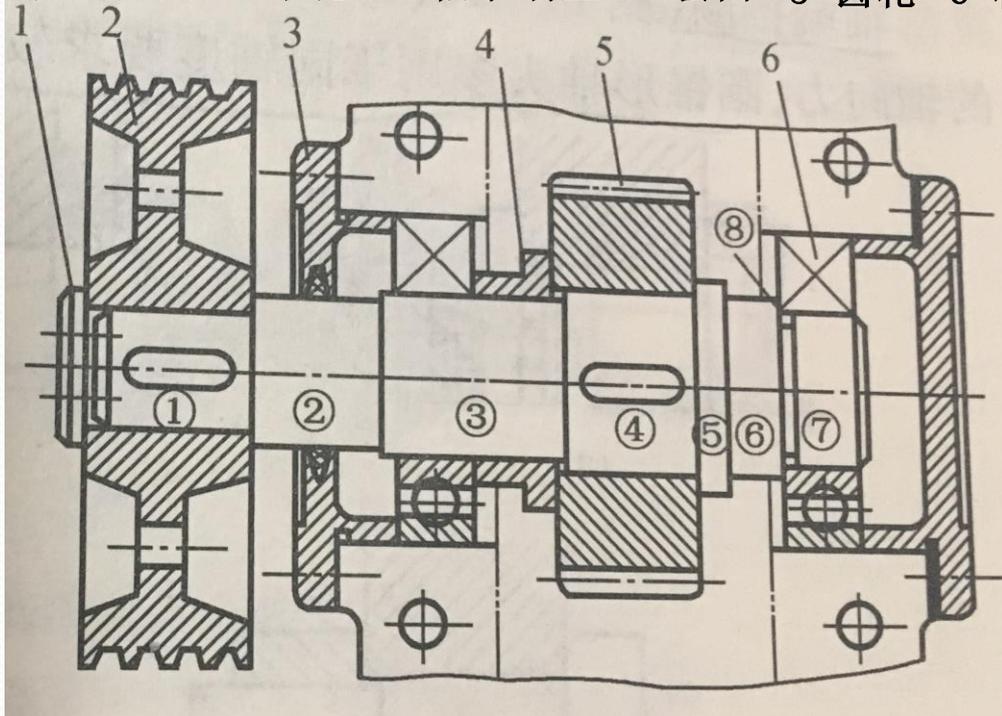
周向定位固定 →不能有周向摆动
轴向定位固定 →不能有轴向窜动 } →定位+固定

{ 定位 — 轴与轴上零件要有准确的工作位置
固定 — 零件在轴上的位置牢固可靠

2.轴结构设计的内容

外型、各段直径和长度、结构尺寸

1-轴端挡圈 2-带轮 3-轴承端盖 4-套筒 5-齿轮 6-轴承



①④——轴头

②⑥——轴身

③⑦——轴颈

⑤——轴环

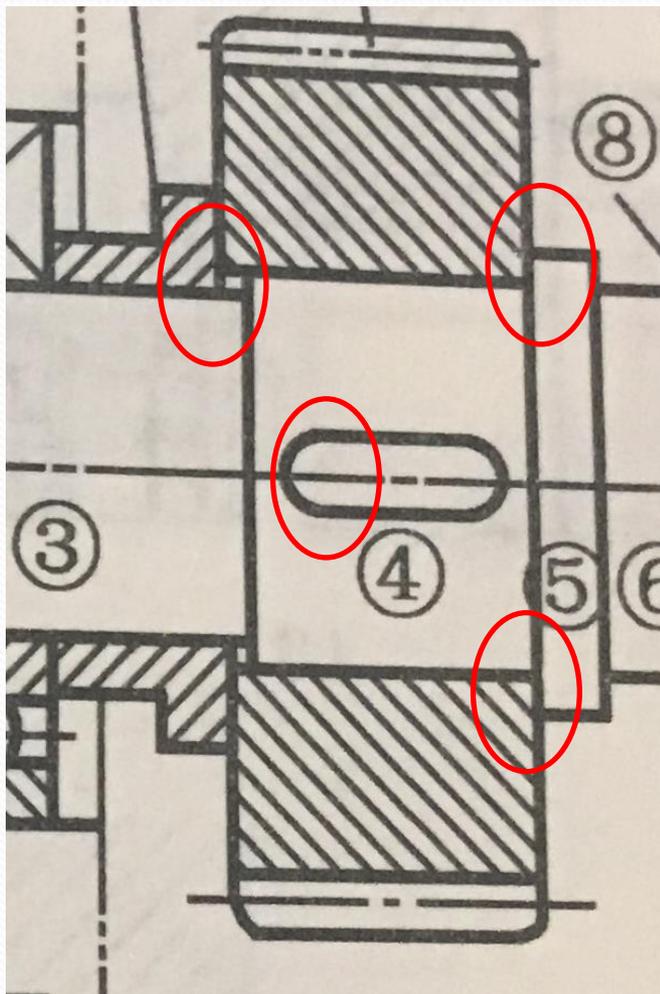
左端：5-齿轮、4-套筒、6-右端轴承、3-右端轴承端盖、2-带轮、1-轴端挡圈

右端：6-右端轴承、3-左端轴承端盖

箱体，剖分式箱体

阶梯轴：其形状通常是中间大、两端小，中间向两端依次减小，以便于拆装。

齿轮定位安装



1) 齿轮轴向定位:

右侧定位轴肩, 高于轴径(4)
3mm~5mm;

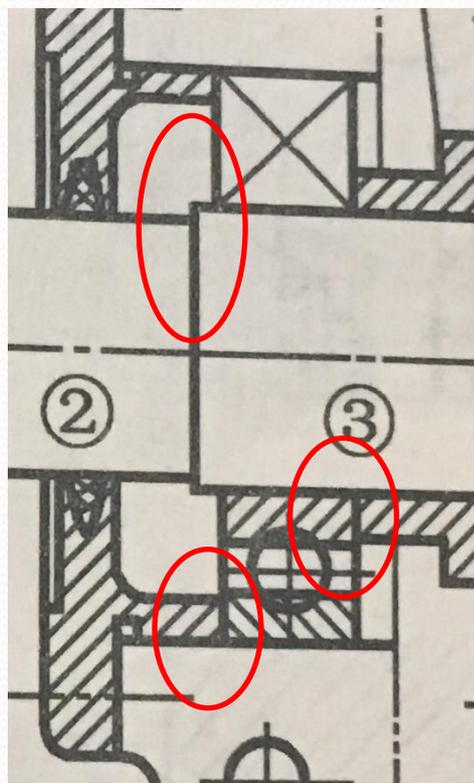
左端套筒定位。

2) 齿轮周向定位: 键连接;

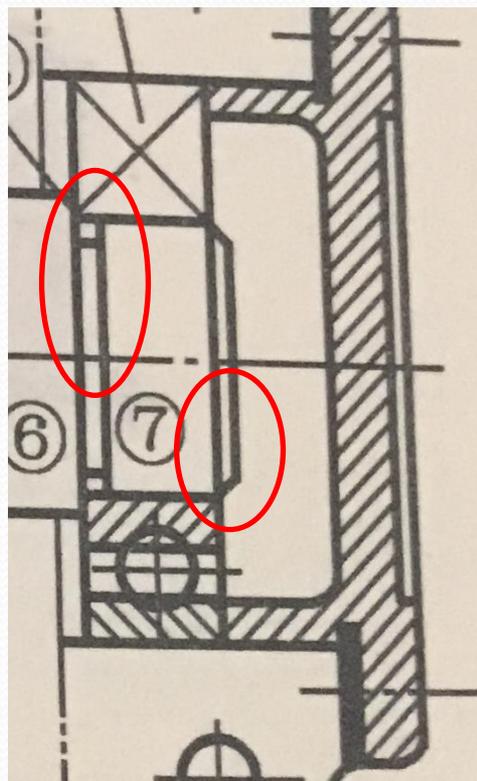
键的长度小于轴段 (4) 的长度

3) 轴段 (4) 的长度要小于齿轮轮毂
的长度

轴承定位安装



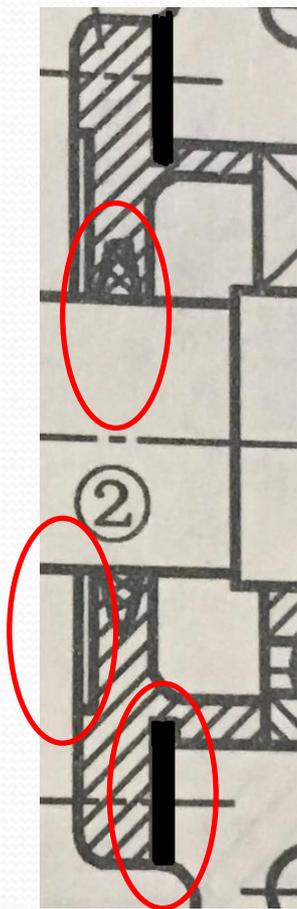
左端轴承



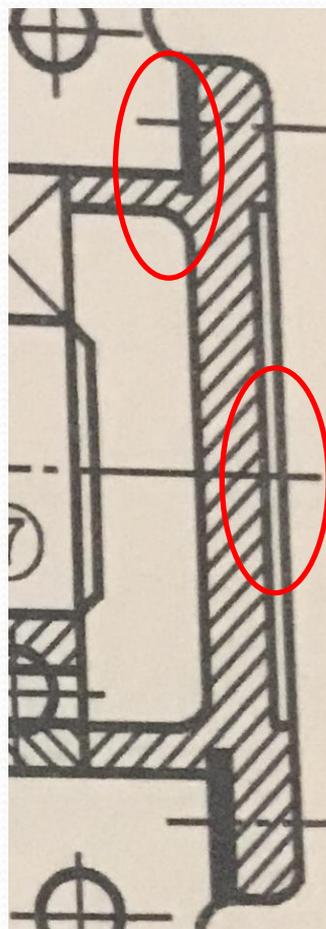
右端轴承

- 1) 轴承的轴向定位：
内圈：套筒、轴肩的高度低于内圈高度；
外圈：轴承端盖的高度低于外圈高度
- 2) 轴承的周向定位：过盈配合，轴端有倒角便于安装，轴不能过长，轴有阶梯
- 3) 轴承为标准件，左端轴承 (3) 段略大于轴承段；
- 4) 右轴承段 (7) ，有砂轮越程槽；轴承段需要磨削
- 5) 角接触轴承不能单独使用

轴承端盖



左轴承端盖



右轴承端盖

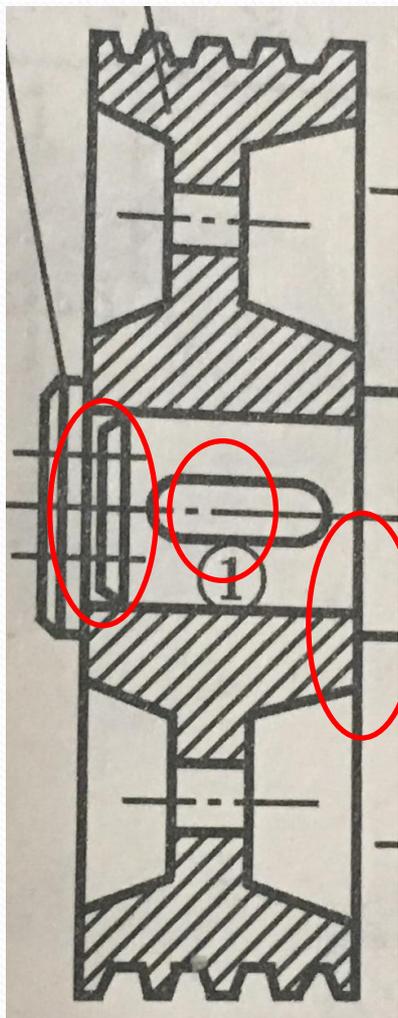
右轴承端盖：

- 1) 转动件与静止件之间有间隙；
- 2) 轴端有密封毛毡圈；
- 3) 端盖与箱体螺栓连接处有垫片，调节轴承松紧的作用；
- 4) 减少端盖加工面

左轴承端盖：

- 1) 端盖与箱体螺栓连接处有垫片，调节轴承松紧的作用；
- 2) 减少端盖加工面。

带轮定位



带轮轴向定位：定位轴肩、轴端挡圈

定位轴肩：高过轴径 (1) 3mm~5mm;

轴端挡圈：螺纹连接安装轴端。

轴段 (1)长度小于带轮轮毂长度。

带轮周向定位：键连接

键连接：长度小于轴段的长度，

同一根轴上的两个键在180度方向上

①零件在轴上的 轴向定位及固定

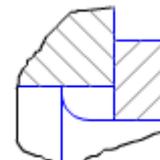
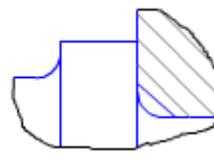
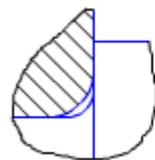
定位

轴肩

套筒

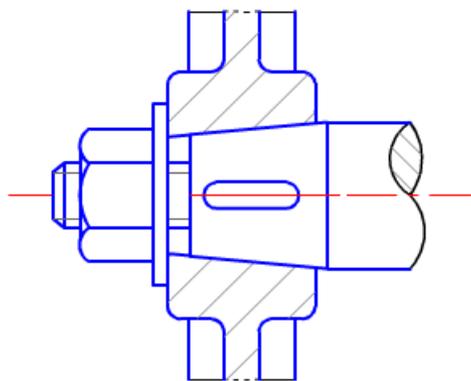
圆锥形轴头

被固定的零件

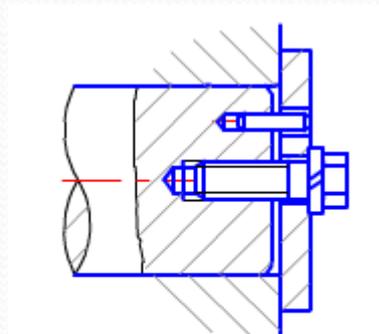


轴肩

套筒

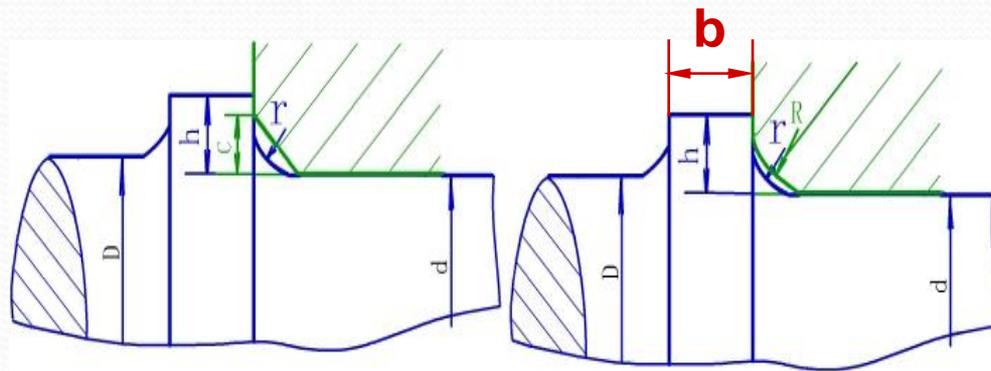


圆锥面定位

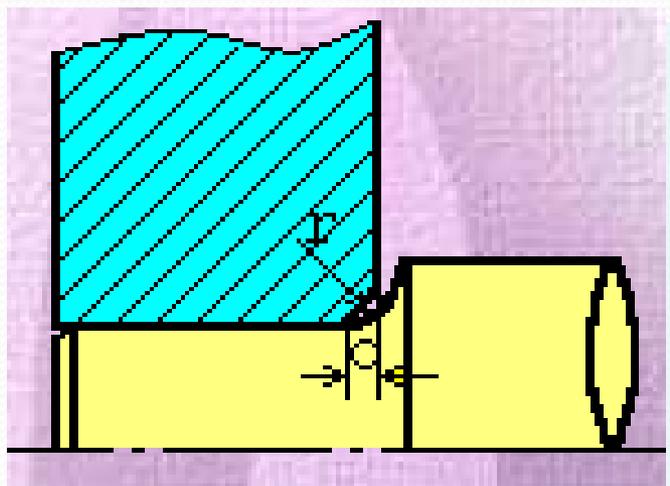


轴端挡圈定位

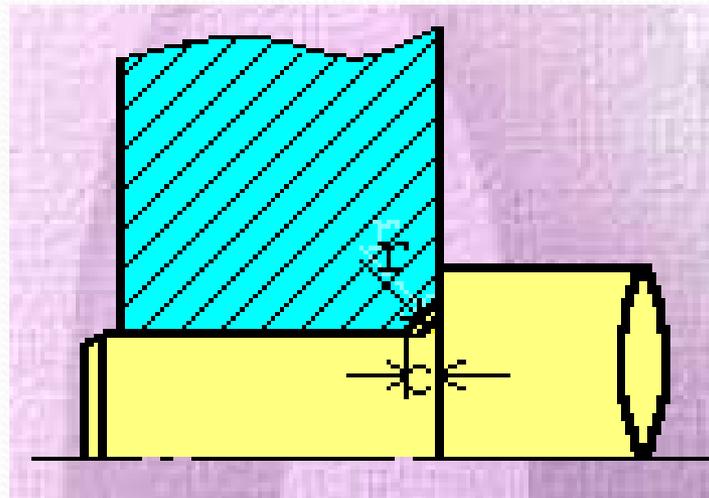
轴肩和轴环



要求 $r_{\text{轴}} < R_{\text{孔}}$ 或 $r_{\text{轴}} < C_{\text{孔}}$



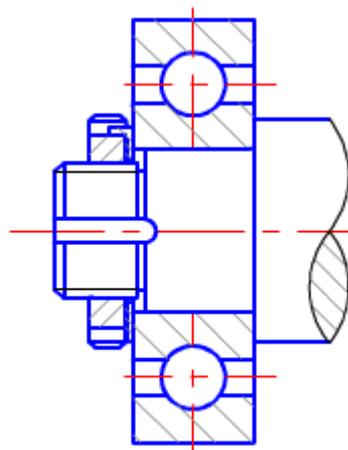
错误



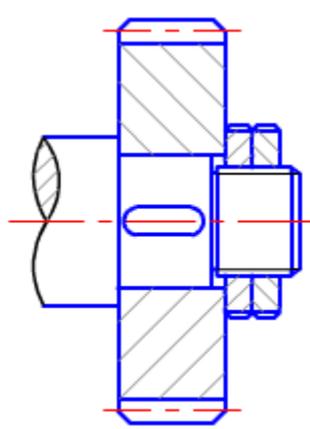
正确

固定

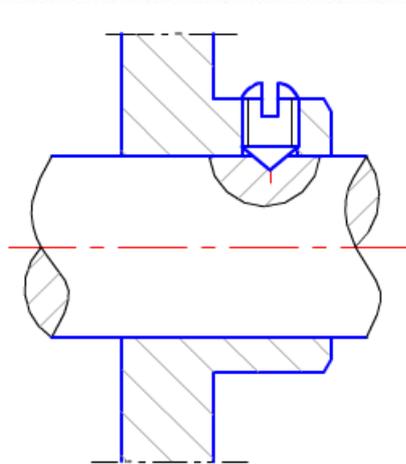
- 套筒
- 圆螺母+止退垫圈
- 双圆螺母
- 压板+螺钉
- 紧定螺钉
- 弹性挡圈



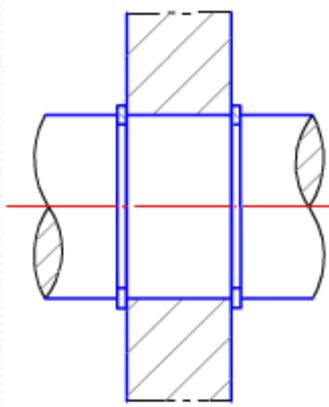
圆螺母与止动垫圈



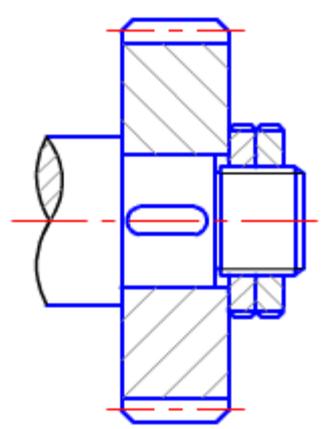
双圆螺母



紧定螺钉定位

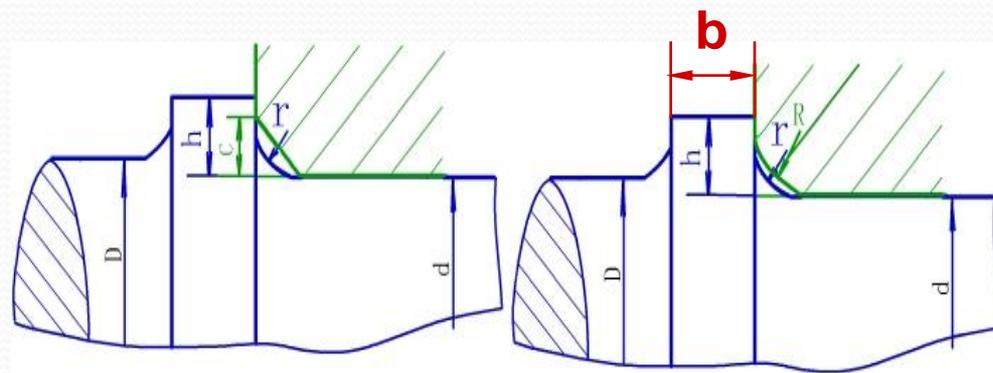


弹性档圈定位

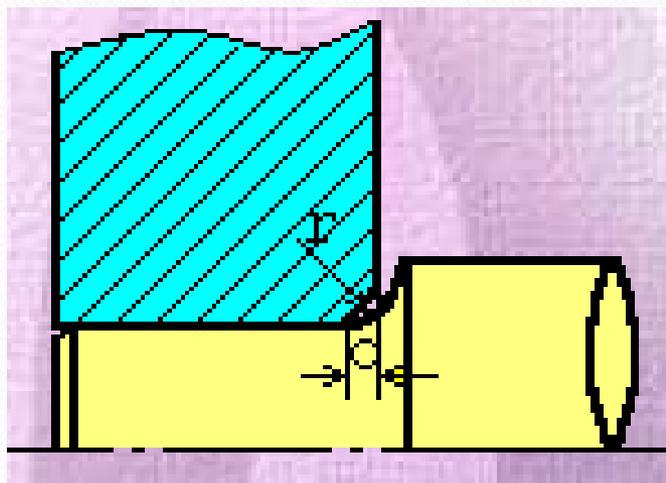


双圆螺母

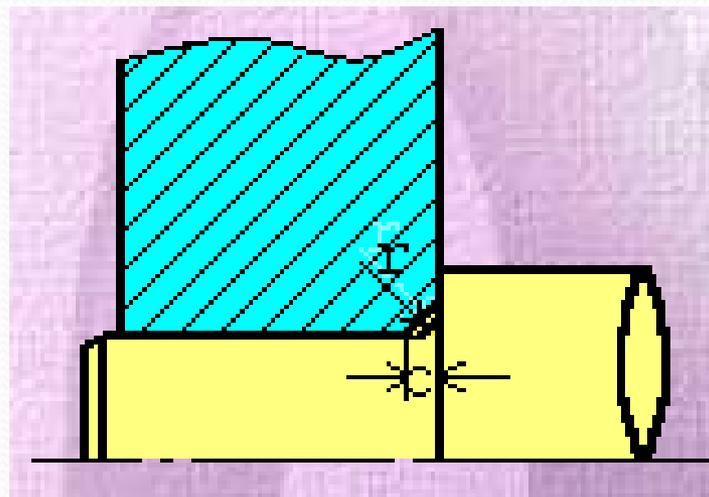
轴肩和轴环



要求 $r_{\text{轴}} < R_{\text{孔}}$ 或 $r_{\text{轴}} < C_{\text{孔}}$



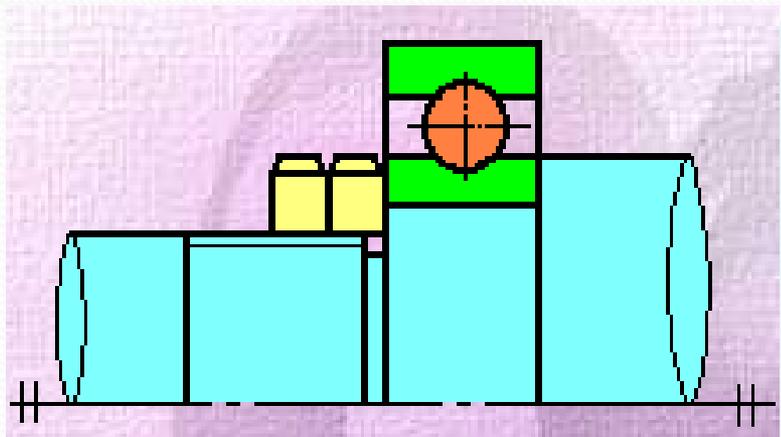
错误



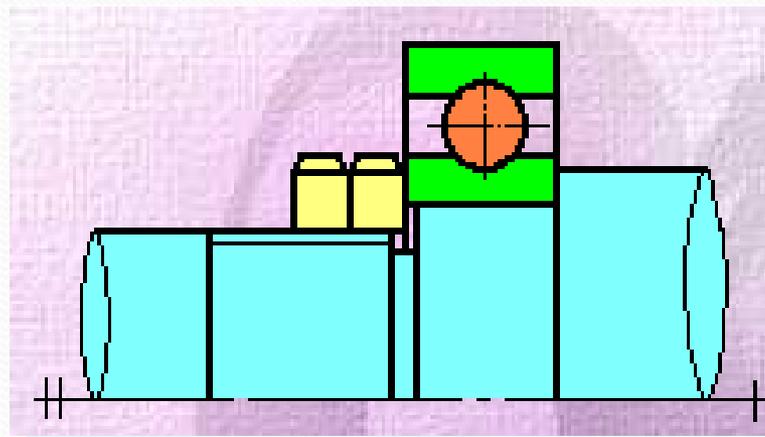
正确

要求轴肩高度 < 滚动轴承内圈高度

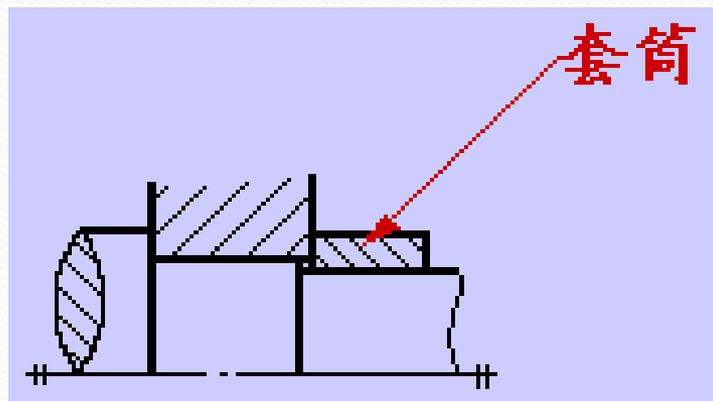
错误

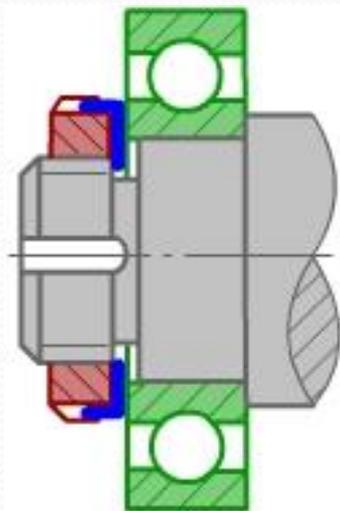


正确

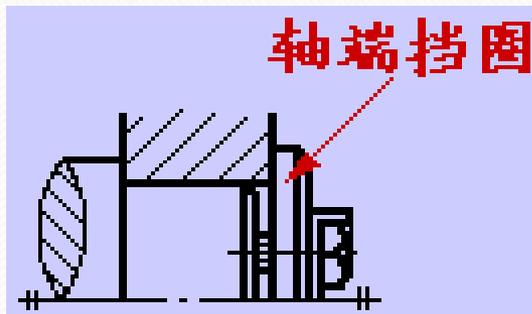
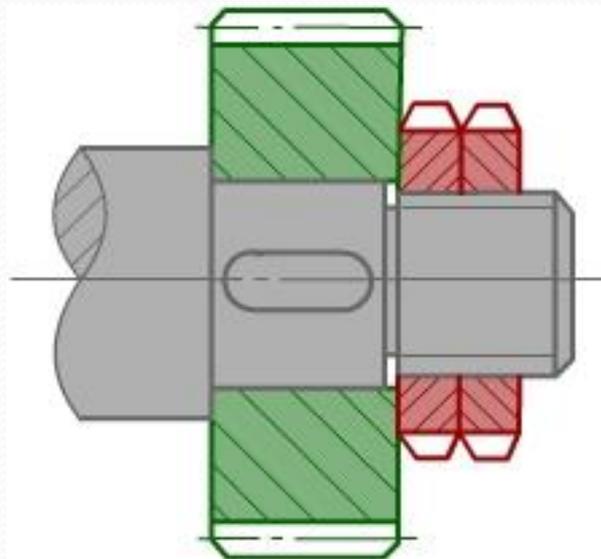


套筒





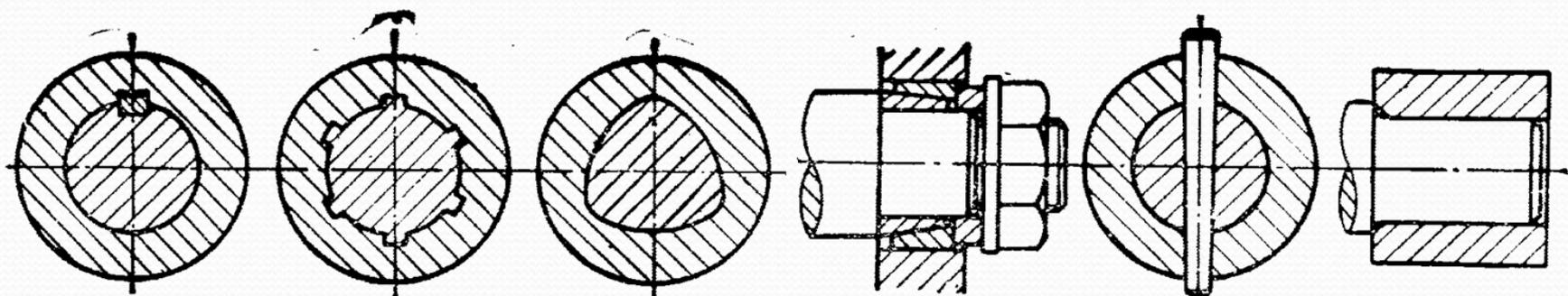
轴端挡圈



当用轴肩、轴环、套筒、圆螺母、轴端挡圈进行零件的轴向定位时，为保证轴向定位可靠，要求 $L_{\text{轴}} < L_{\text{毂}}$

②零件在轴上的周向定位及固定:

键联接、花键联接、过盈配合、销联接、成形联接



a) 键联接

b) 花键联接

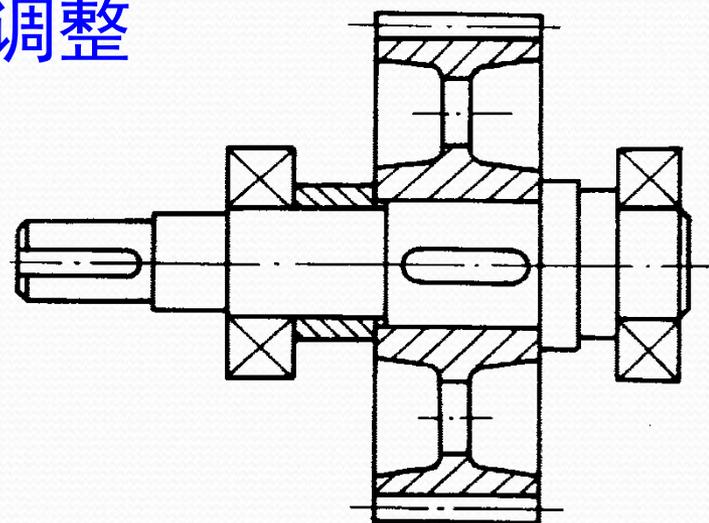
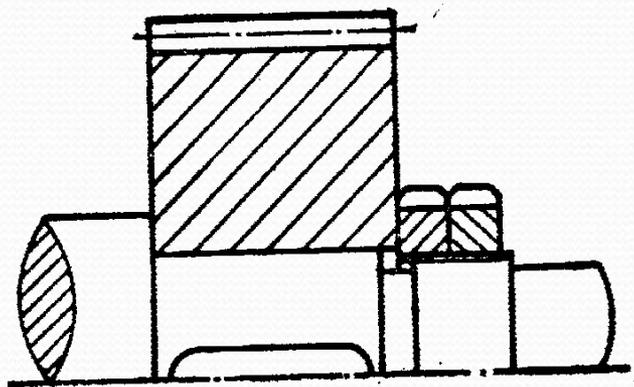
c) 成形联接

d) 弹性环联接

e) 销联接

f) 过盈联接

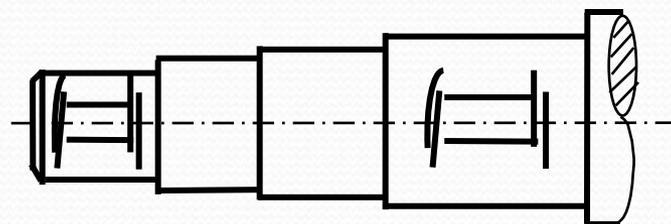
※2.轴上零件要便于装拆、调整



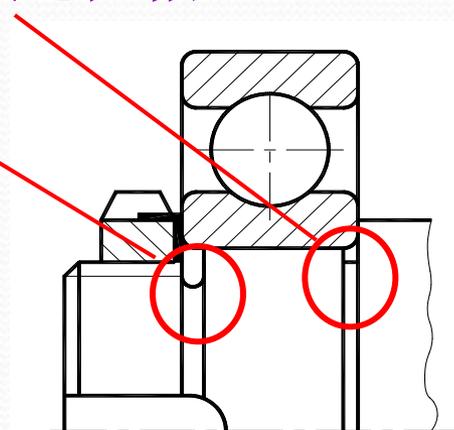
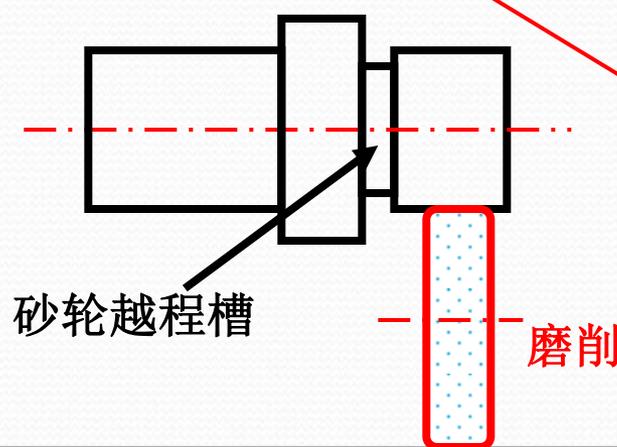
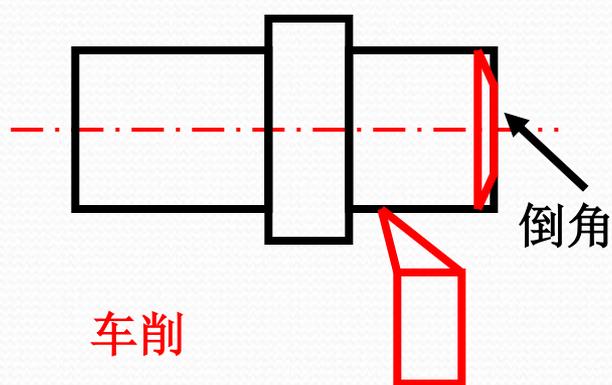
3. 轴应有良好的制造工艺

→ 轴的设计要便于加工及热处理, 因而要注意:

1. 轴肩处要有过渡圆角
2. 键槽应位于同一母线上
3. 螺纹退刀槽
4. 砂轮越程槽



- 加工方法不同, 轴的结构也可能不同
- 键槽应位于同一母线上; 螺纹退刀槽; 砂轮越程槽



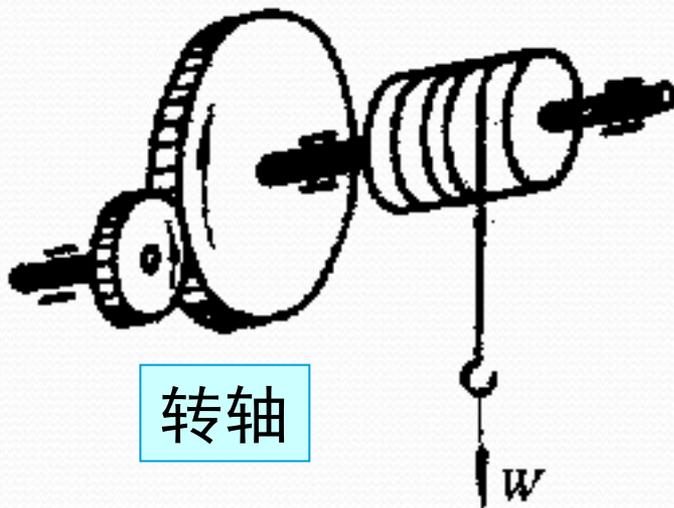
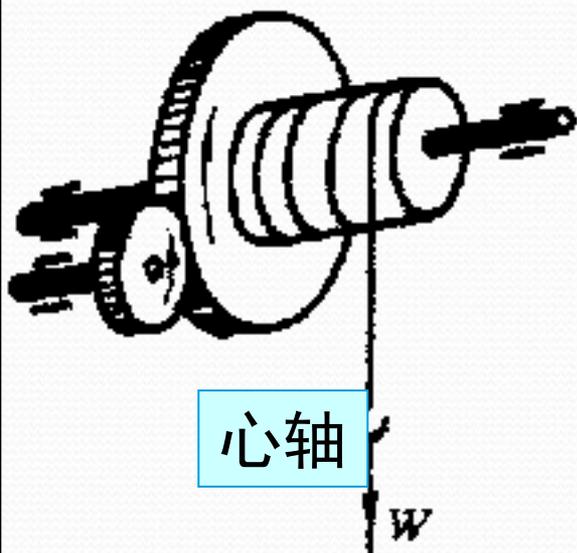
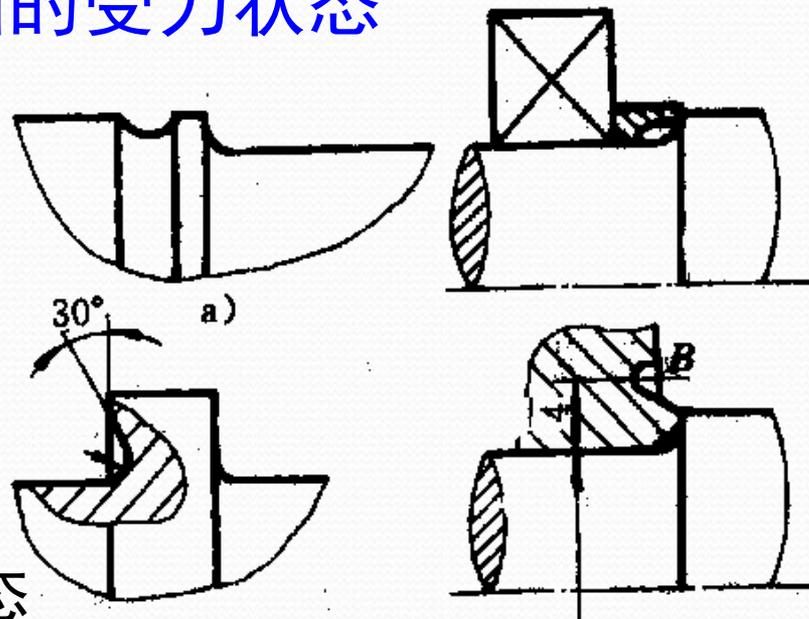
4. 尽量减少应力集中, 改善轴的受力状态

1) 尽量减少应力集中

轴肩处要有过渡圆角
相邻轴径的变化不宜太大

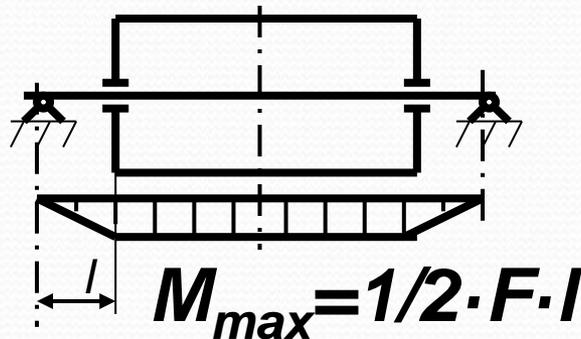
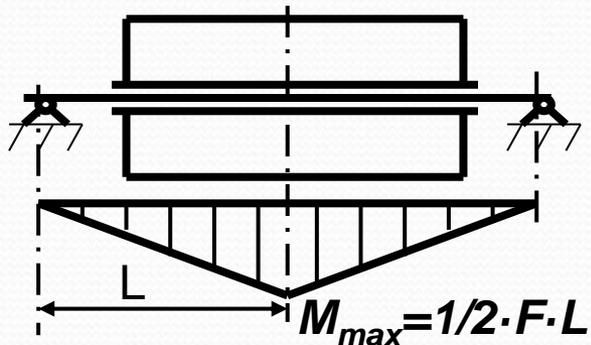
2) 改善零件位置及结构, 以改善轴的受力状态

改善结构 → 改善轴的受力状态

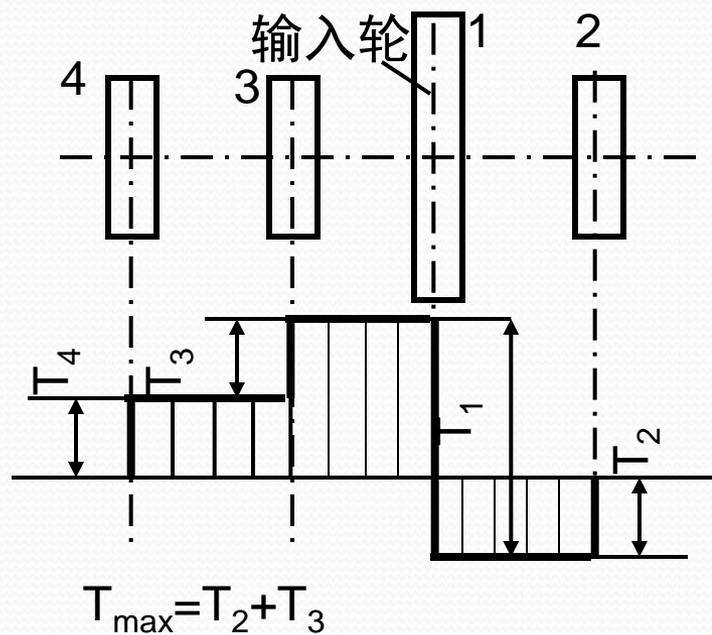
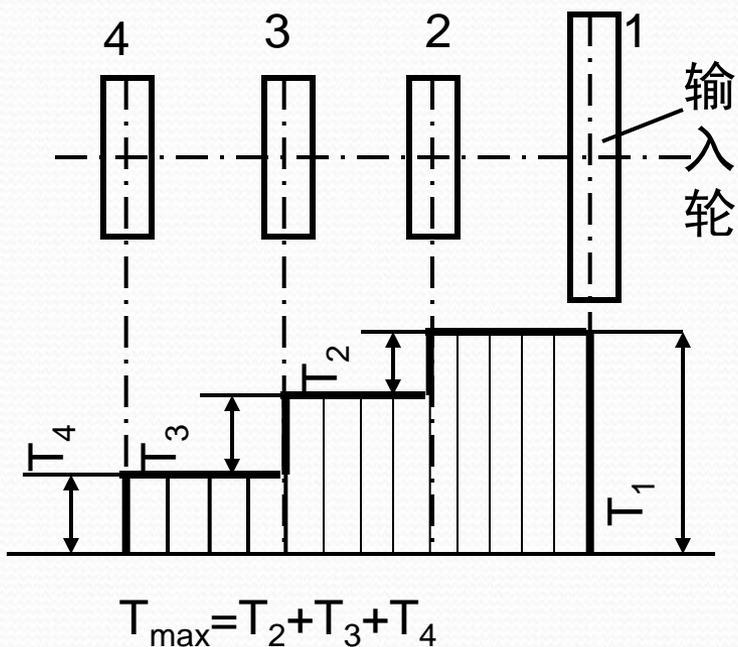


重要结构可增加
卸载槽B、过渡肩
环、凹切圆角、
增大圆角半径。

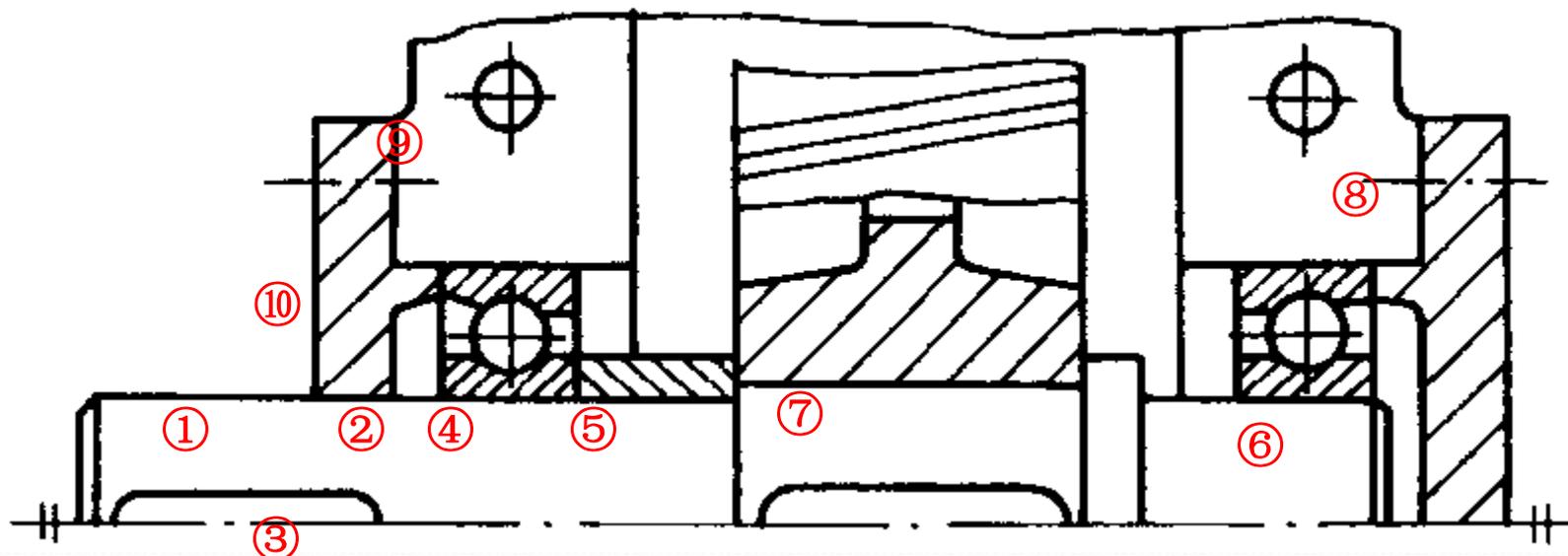
改善零件结构→改善轴的受力状态



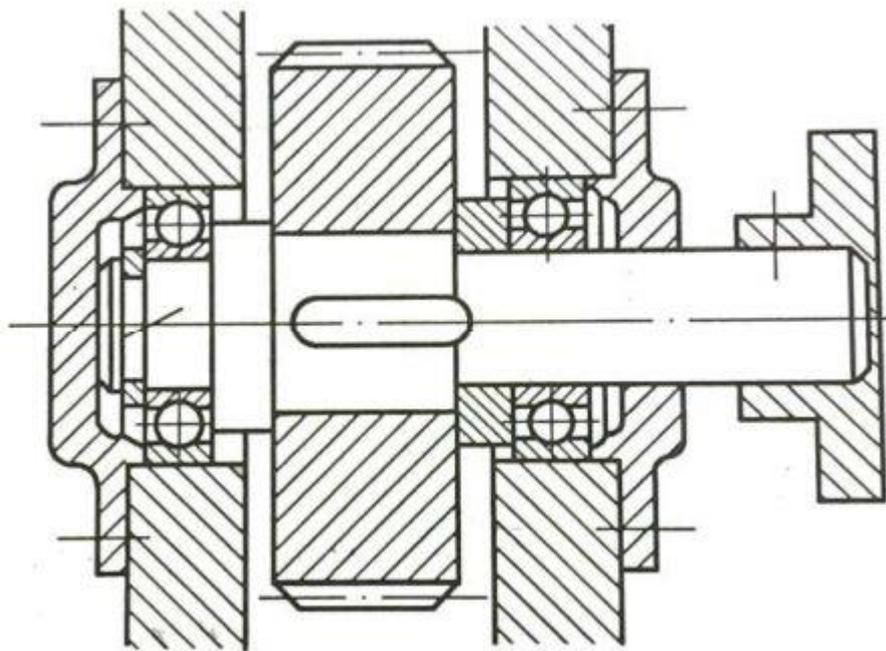
改变零件位置→以改善轴的受力状态



结构示例：结构改错



- ① 无定位轴肩
- ② 端盖无密封
- ③ 键槽太长
- ④ 无非定位轴肩
- ⑤ 套筒太高
- ⑥ 轴承没定位
- ⑦ 轴向定位不确定
- ⑧ 轴承用错或装错
- ⑨ 无调整垫片
- ⑩ 端盖端面无凹坑加工量大

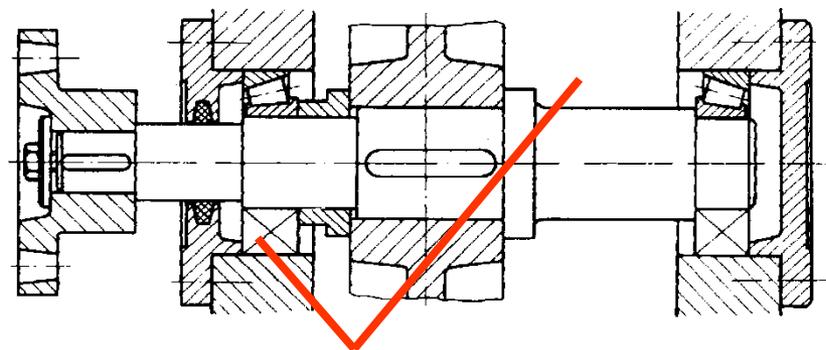
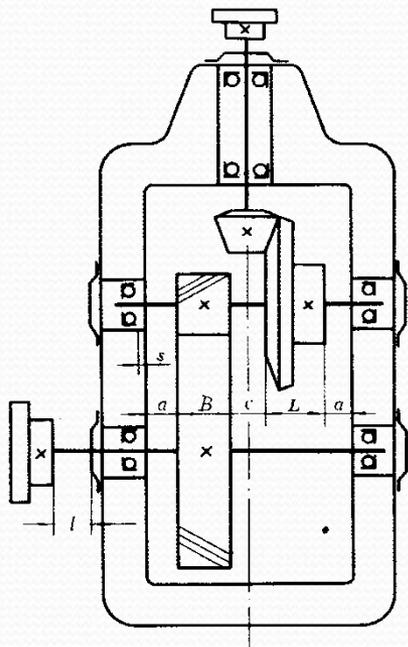


- 9)右端轴应为阶梯轴
- 10)右端盖与轴之间有间隙，和毛毡圈
- 11)联轴器缺少键槽周向定位
- 12)联轴器应为通孔

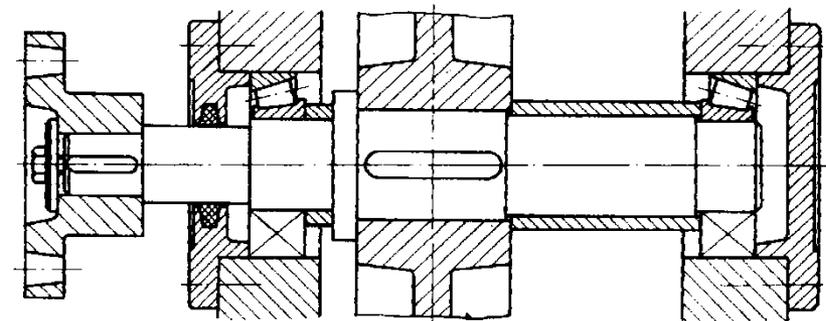
- 1) 左、右端盖螺栓处缺少垫片
- 2) 左端盖内侧应有缺口，减少加工面
- 3) 左端轴承处挡圈去掉
- 4)左端轴承处应有越程槽，磨削与轴承配合段
- 5) 左端轴承处的定位轴肩过高，应低于轴承内圈高度
- 6)齿轮段轴应小于齿轮轮毂长度
- 7)齿轮段的键应小于轴段的长度
- 8)采用阶梯套筒，定位齿轮和右端轴承内圈

三、轴结构设计步骤：

1. 拟定轴上零件装配方案 (按结构设计的要求)



a)





2.估算轴的最小直径

(1) 按扭转强度→ (假设其只受转矩不受弯矩)

$$\tau_T = \frac{T}{W_T} = \frac{T}{0.2d^3} \leq [\tau_T] \quad (14-1)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{T}{0.2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{9.55 \times 10^6 P}{0.2 \cdot [\tau] \cdot n}} = C \times \sqrt[3]{\frac{P}{n}} \quad (14-2)$$

说明:①轴上有单键,直径增大4%;有双键,直径增大7%

②P—传递的功率(kw) ; n—轴的转速(r/min) ;

d—轴的直径(mm) ; C—系数→表(14-2) P.230

$[\tau]$ —材料的许用扭剪应力 (Mpa)

(2) 经验公式

高速轴:按电机轴径D估算: $d=(0.8\sim 1.2)D$

低速轴:按同级齿轮中心距a估算: $d=(0.3\sim 0.4)a$

例14-1

1. 拟定轴上零件装配方案

图14-18 p.252

$L=193\text{mm}, k=206\text{mm}$

2. 估算 d_{\min} :

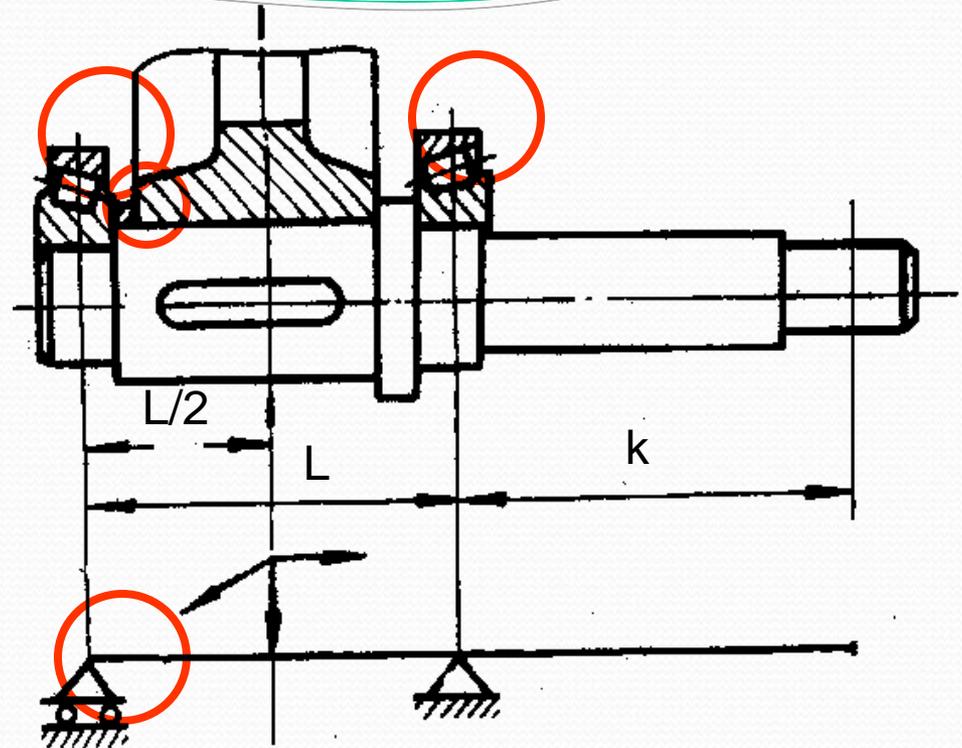
$$T = F_t \cdot d_2 / 2 = 17400 \times 146 / 2$$

$$= 1.27 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

取45钢, 调质 表14-2

$$\rightarrow [\tau] = 30 \sim 40 \text{ Mpa}$$

$$\text{取} [\tau] = 35 \text{ Mpa}$$



1) 圆锥滚子轴承一般应正装

2) 轴承组合应采用两端固定

$$d_{\min} = \sqrt[3]{\frac{T}{0.2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{1.27 \times 10^6}{0.2 \times 35}} = 56.6 \text{ mm}$$

$$\text{考虑键 } d_{\min} = 56.6 \times 1.04 = 58.9 \text{ mm}$$

3. 取 $d_1=60\text{mm}$

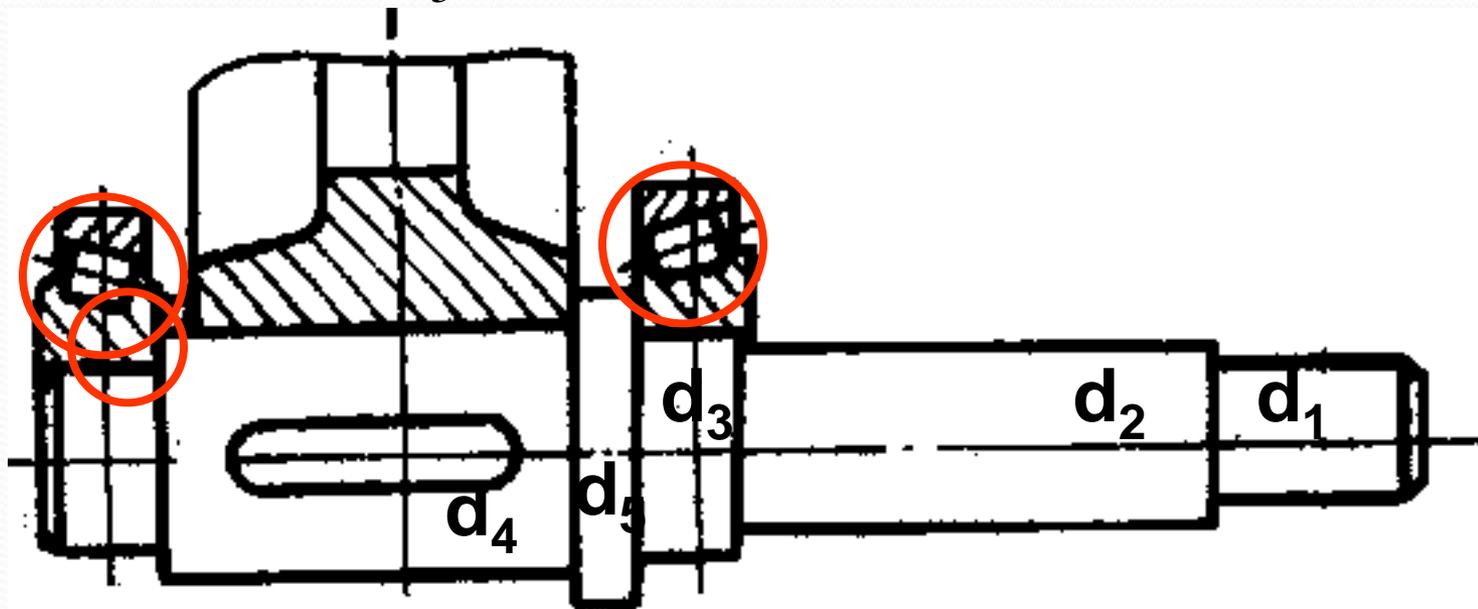
→带轮定位 $d_2=68\text{mm}$

→装轴承 $d_3=70\text{mm}$

→装齿轮 $d_4=72\text{mm}$

→齿轮定位 $d_5=82\text{mm}$

初选一对30214圆锥滚子轴承。
长度暂不定



§ 14-3 轴的强度计算

- 轴的工作能力主要取决于强度和刚度，高速轴还要校核振动稳定性

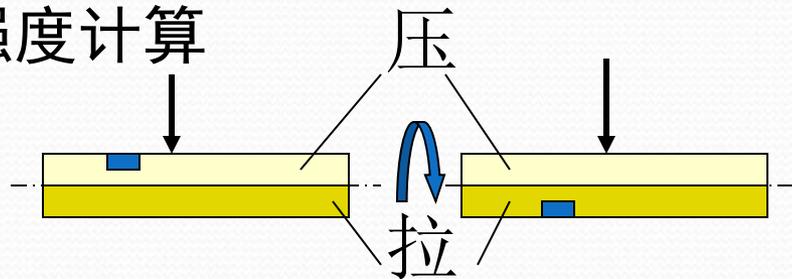
- 一、轴的强度计算
- 二、轴的刚度计算



一、轴的受力分析及强度计算

1. 心轴：一只受弯矩→按弯曲强度计算

(1) 受力分析：由 $M \rightarrow \sigma_b$



① 固定心轴—轴不转动

设： M 不变→∴ σ_b 不变→静应力 $r = +1$

但常开停 → 脉动循环变应力 $r = 0$

② 转动心轴—轴转动

虽然 M 不变→但 σ_b 变→对称循环变应力 $r = -1$

(2) 强度计算： 2. 传动轴 3. 转轴

按弯曲强度计算→正确选择 $[\sigma_b]$ →表(14-3) P.231



2.传动轴 一只受转矩→按扭转强度计算

(1) 受力分析: 由 $T \rightarrow \tau_T$

①轴单向传动: $T \rightarrow \tau_T \rightarrow r = 0$ (开停)

②轴双向传动: $T \rightarrow \tau_T \rightarrow r = -1$

(2) 强度计算 →按扭转强度计算(估算轴的最小直径)

$$\tau = \frac{T}{W_T} = \frac{T}{0.2d^3} \leq [\tau] \quad \text{Mpa (14-1)}$$

$$T = 9.55 \times 10^6 \frac{P}{n} \quad \text{N}\cdot\text{mm}$$

说明: P —传递的功率(kw) ; n —轴的转速(r/min) ;
 d —轴的直径(mm) ; $[\tau]$ —材料的许用扭剪应力 (Mpa)



3. 转轴 →弯+转→按弯扭合成强度计算

(1) 受力分析: M + T

由 $\begin{cases} M \rightarrow \sigma_b \rightarrow r = -1 \\ T \rightarrow \tau \rightarrow \begin{cases} \text{单向} \rightarrow r = 0 \\ \text{双向} \rightarrow r = -1 \end{cases} \end{cases} \quad \begin{matrix} \backslash \rightarrow \text{求当量} \\ / \quad \text{弯矩 } M_e \end{matrix}$

$$\sigma_b = \frac{M}{W} = \frac{M}{\pi d^3 / 32} \approx \frac{M}{0.1d^3} \quad ; \quad \tau = \frac{T}{W_T} = \frac{T}{\pi d^3 / 16} = \frac{T}{2W}$$

(2) 当量弯矩 M_e : 当 σ_b ($r = -1$), τ ($r = -1$) 时

第三强度理论: $\sigma_e = \sqrt{\sigma_b^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma_b] \quad (14-3)$

$$\sigma_e = \sqrt{\left(\frac{M}{W}\right)^2 + 4\left(\frac{T}{2W}\right)^2} = \frac{1}{W} \sqrt{M^2 + T^2} \quad \boxed{\sqrt{M^2 + T^2} = M_e}$$

当 $\sigma_b (r = -1), \tau (r = -1)$ 时

$$M_e = \sqrt{M^2 + T^2}$$

当 $\sigma_b (r = -1), \tau (r \neq -1)$ 时

$$M_e = \sqrt{M^2 + (\alpha T)^2}$$

α —根据转矩性质而定的折合系数→将扭转切应力转换成与弯曲应力变化特性相同的扭转切应力。

$$\text{当}\tau = \begin{cases} r = -1 & \alpha = [\sigma_{-1}] / [\sigma_{-1}] = 1 \\ r = 0 & \alpha = [\sigma_{-1}] / [\sigma_0] \approx 0.6 \\ r = +1 & \alpha = [\sigma_{-1}] / [\sigma_{+1}] \approx 0.3 \end{cases} \quad \text{P.251第3}$$

(3) 转轴的强度计算：—弯扭合成强度

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W} = \frac{\sqrt{M^2 + (\alpha T)^2}}{0.1d^3} \leq [\sigma_{-1b}] \quad \text{Mpa (14-4)}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_e}{0.1[\sigma_{-1b}]}} = \sqrt[3]{\frac{M^2 + (\alpha T)^2}{0.1[\sigma_{-1b}]}} \quad \text{mm (14-6)}$$

$[\sigma_{-1b}]$ —许用弯曲应力, Mpa,

按材料 σ_B 及应力性质查表(14-4) P.266

σ_B —查表(14-4) P.266

二、轴的强度计算步骤 (结构设计之后)

1. 作轴的计算简图

- 1) 把阶梯轴看成铰链支承的梁→求支反力
- 2) 假设轴上载荷为集中载荷, 作用在轮缘中点处

2. 求作支反力及弯矩图

3. 求作扭矩及扭矩图

4. 求作当量弯矩及当量弯矩图

5. 强度计算(转轴)

┌ 弯扭合成强度校核(一般轴)

└ 疲劳强度(安全系数)校核(重要轴)



例题14-1(P. 251)

1. 作计算简图

2. 求作支反力及弯矩图

$$F_{R1H} = F_{R2H} = F_t / 2 = 17400 / 2 = 8700 \text{ N}$$

$$M_{aH} = F_{R1H} \cdot L / 2 = 8700 \times 193 / 2 = 840000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

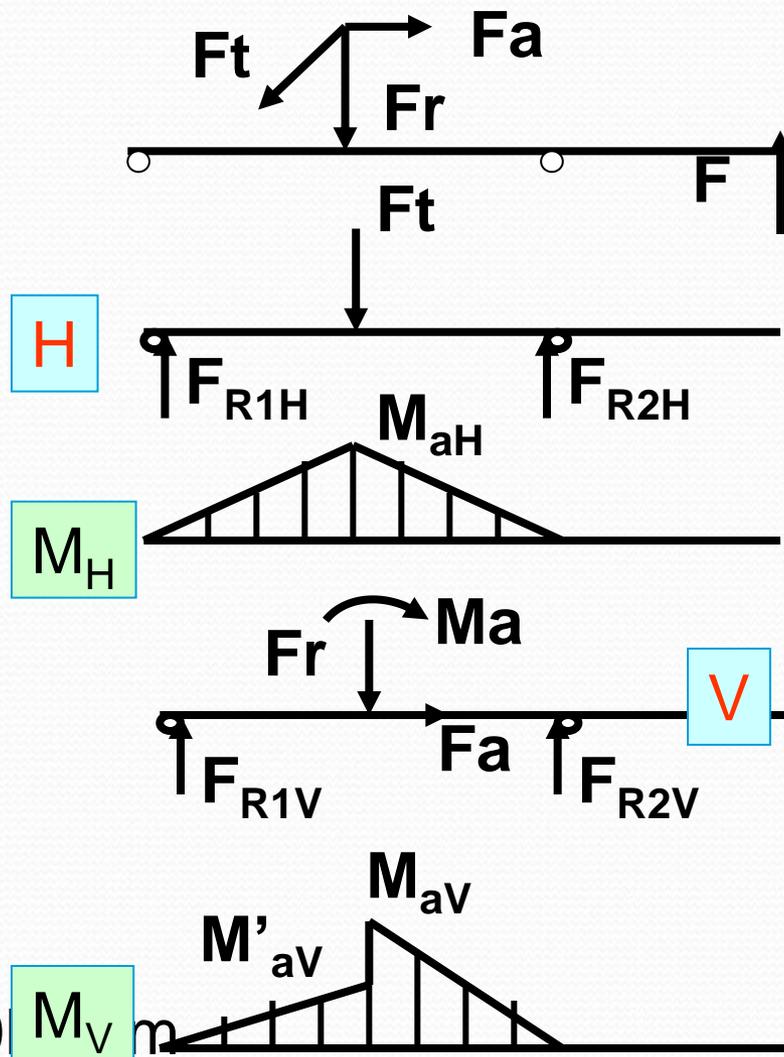
$$\because F_{R1V} \times L - F_r \times L / 2 + F_a \cdot d_2 / 2 = 0$$

$$\therefore F_{R1V} = (F_r \cdot L / 2 - F_a \times d_2 / 2) / L = 2123 \text{ N}$$

$$F_{R2V} = F_r - F_{R1V} = 6410 - 2123 = 4287 \text{ N}$$

$$M_{aV} = F_{R2V} \cdot L / 2 = 4287 \times 193 / 2 = 414000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$M'_{aV} = F_{R1V} \cdot L / 2 = 2123 \times 193 / 2 = 205000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$





F面: 考虑最不利情况,
F与H、V面的合力共面

$$F_{R1F} = F \cdot K/L = 4500 \times 206/193 = 4803 \text{ N}$$

$$F_{R2F} = F_{R1F} + F = 4803 + 4500 = 9303 \text{ N}$$

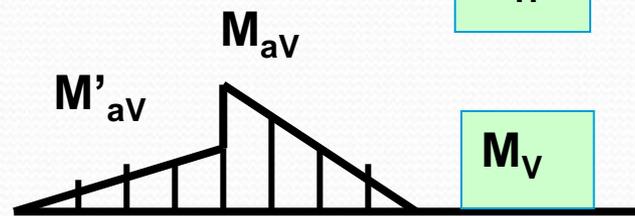
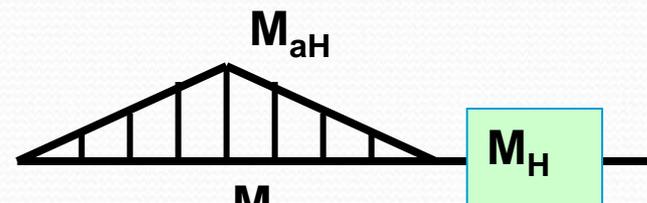
$$M_{aF} = F_{R1F} \cdot L/2 = 4803 \times 193/2 = 463000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_{2F} = F \cdot K = 4500 \times 206 = 927000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

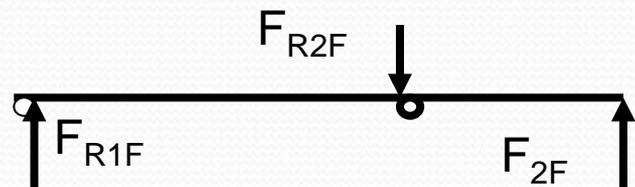
M合:
$$M_a = \sqrt{M_{aV}^2 + M_{aH}^2} + M_{aF} = 1.4 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M'_a = \sqrt{M'_{aV}^2 + M_{aH}^2} + M_{aF} = 1.328 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

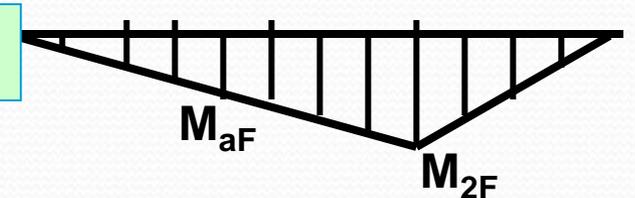
$$M_2 = M_{2F} = 927000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$



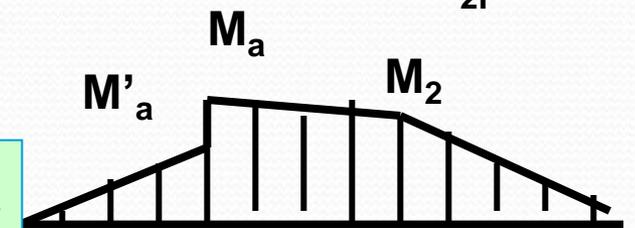
F



M_F



M_合



3. 作转矩图

$$T = F_t \cdot d_2 / 2 = 17400 \times 146 / 2 = 1.27 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

4. 求作当量弯矩图:

$$M_{ae} = \sqrt{M_a^2 + (\alpha T)^2} \approx 1.6 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M'_{ae} = \sqrt{M'_a + (\alpha T)^2} = M'_a = 1.328 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_{2e} = \sqrt{M_2^2 + (\alpha T)^2} \approx 1.2 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

5. 求危险截面处轴的直径: a-a

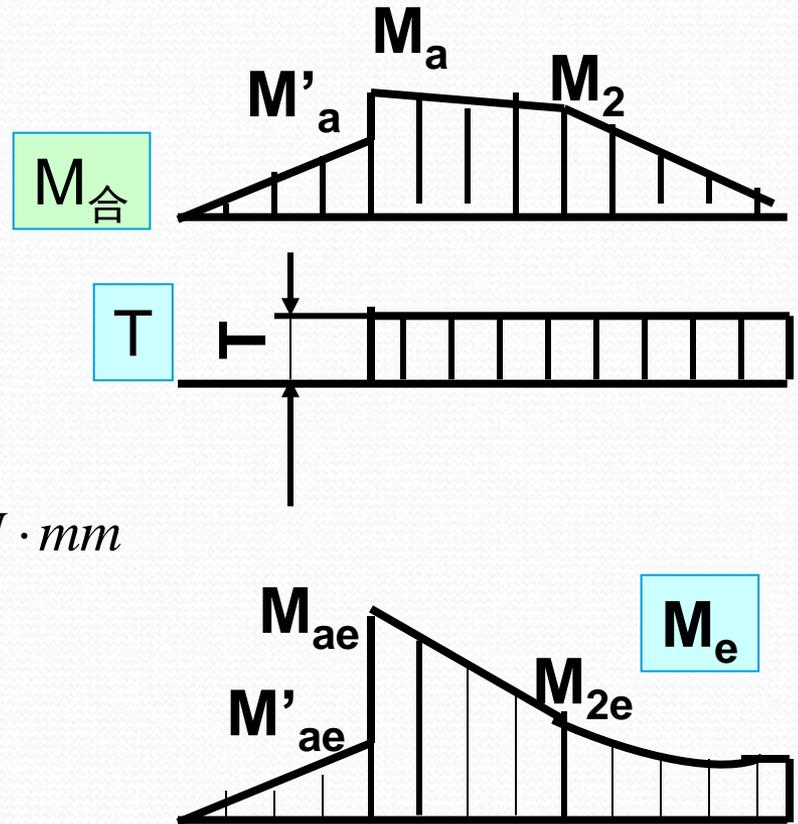
取45钢,
调质

表(14-1)P.226: $\sigma_B = 650 \text{ Mpa}$;

表(14-3)P.231: $[\sigma_{-1}] = 60 \text{ Mpa}$

$$d \geq \sqrt[3]{M_{ae} / (0.1[\sigma_{-1b}])} = 64.4 \text{ mm}$$

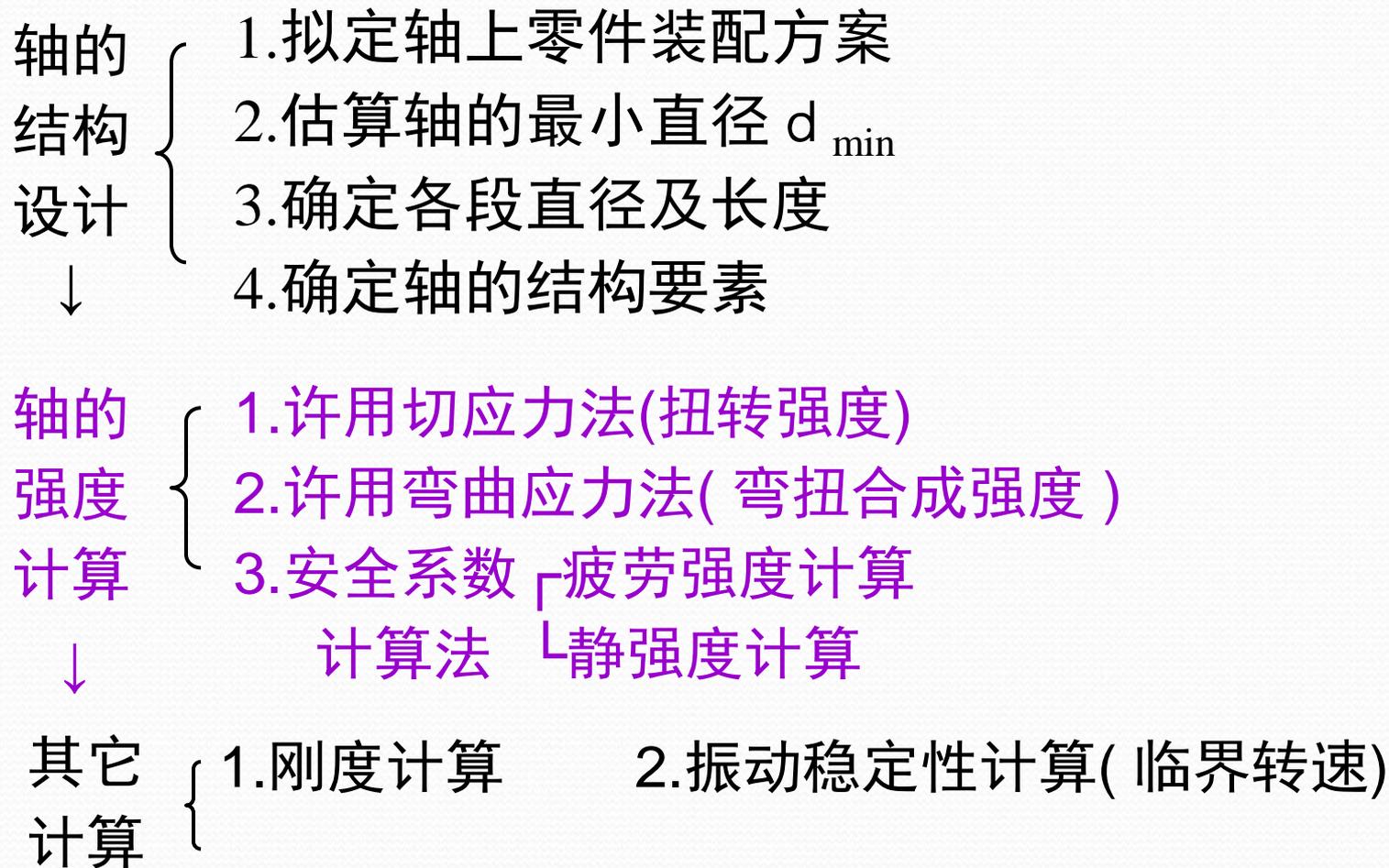
考虑键: $d = 64.4 \times 1.04 \approx 67 < 72 \text{ mm}$ (结构设计的要求)



装齿轮 $d_4 = 72 \text{ mm}$

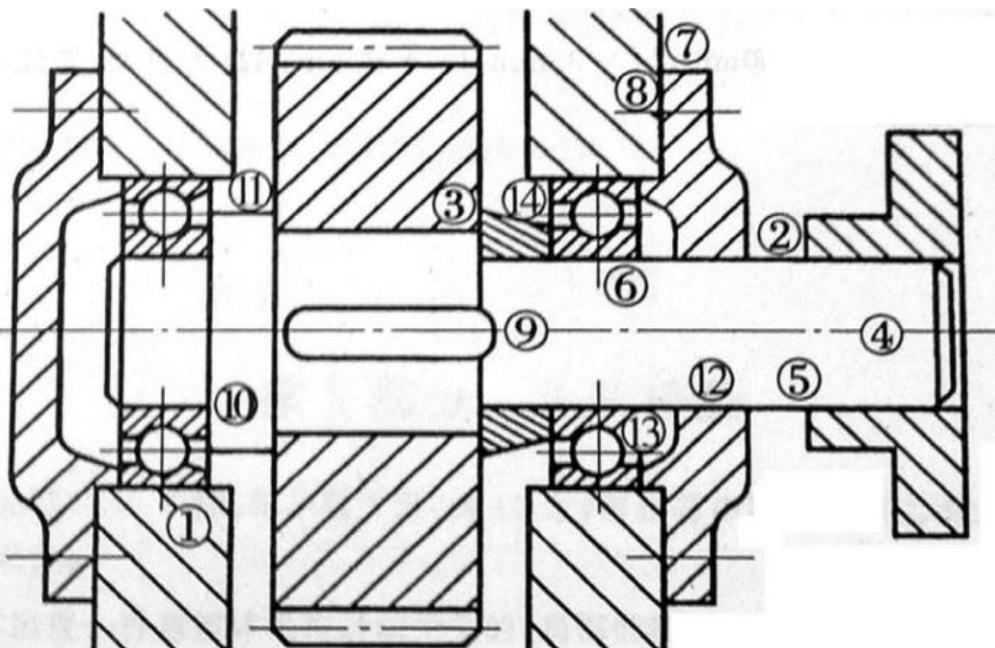
三、轴的设计步骤:

结构设计→强度计算→其它计算



本章重点

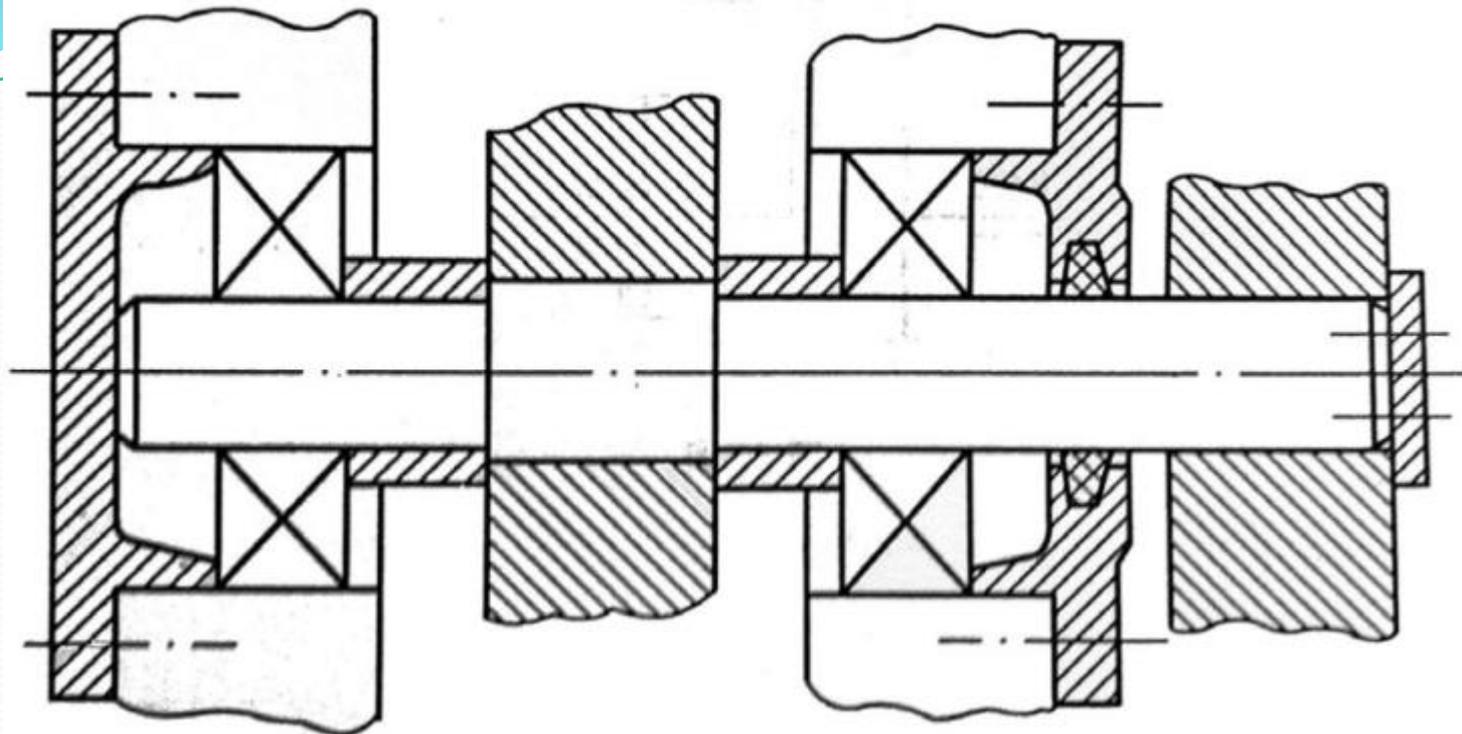
1. 轴的功用及分类（按载荷性质）（会判断）
2. 轴结构设计的要求（会设计、改错）
3. 轴的强度计算（传动轴、转轴）



答案:

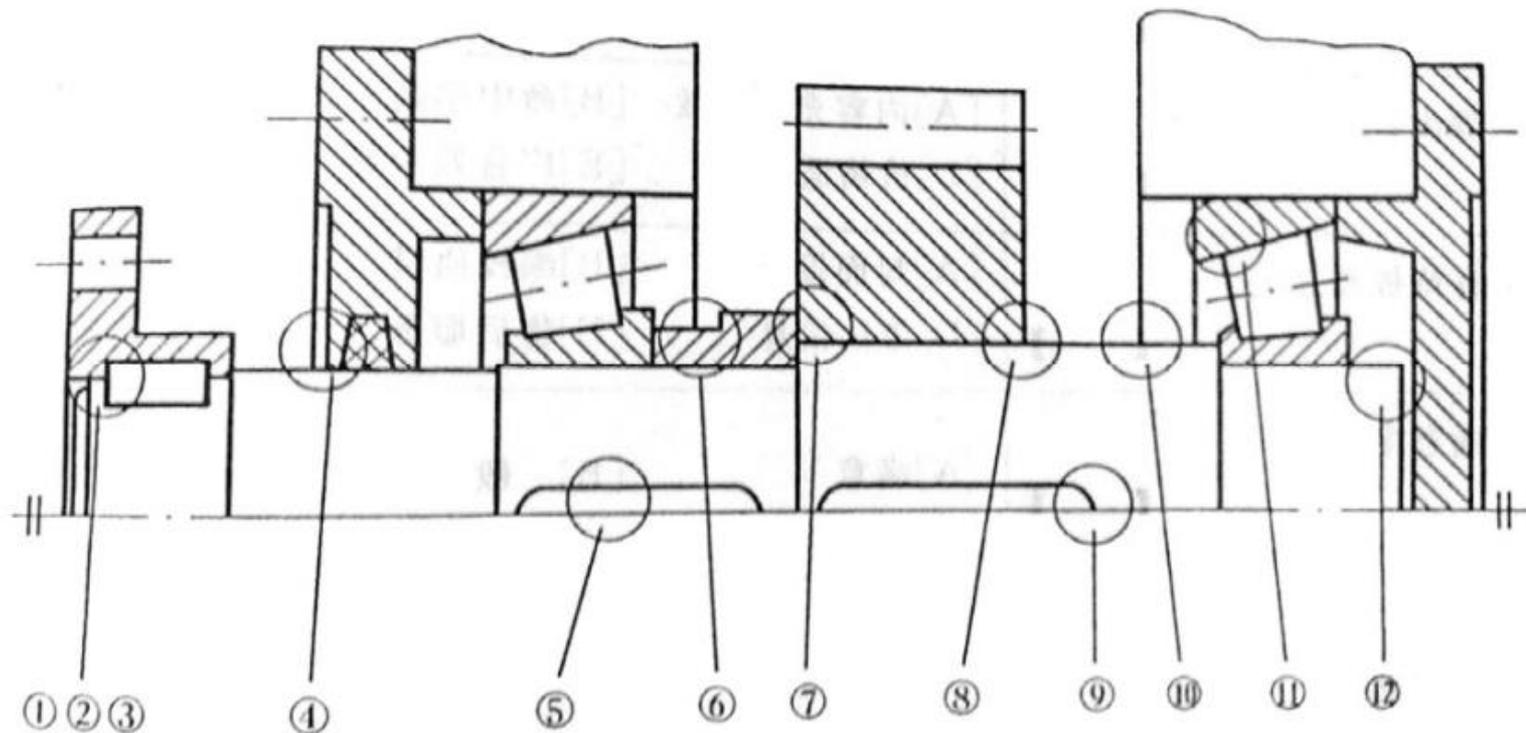
此轴系有以下 6 个方面 13 处错误:

- 1) 轴承类型配用不合适:
左轴承为角接触轴承, 角接触轴承不能单个使用;
- 2) 转动件与静止件直接接触:
轴身与右端盖之间无间隙;
- 3) 轴上零件未定位、未固定:
套筒未可靠的固定住齿轮;
联轴器轴向未固定;
联轴器周向未固定;
- 4) 工艺不合理:
轴外伸端无轴肩, 轴承不易装;
装轴承盖箱体的加工面与非加工面没有分开;
轴承与轴承座之间无调整垫片, 轴承的轴向间隙无法调整;
轴上的键槽过长;
左轴承处轴肩过高, 轴承无法拆卸;
- 5) 润滑与密封问题:
轴承脂润滑而无挡油环;
端盖上无密封件;
- 6) 制图投影错误
箱体孔投影线未画

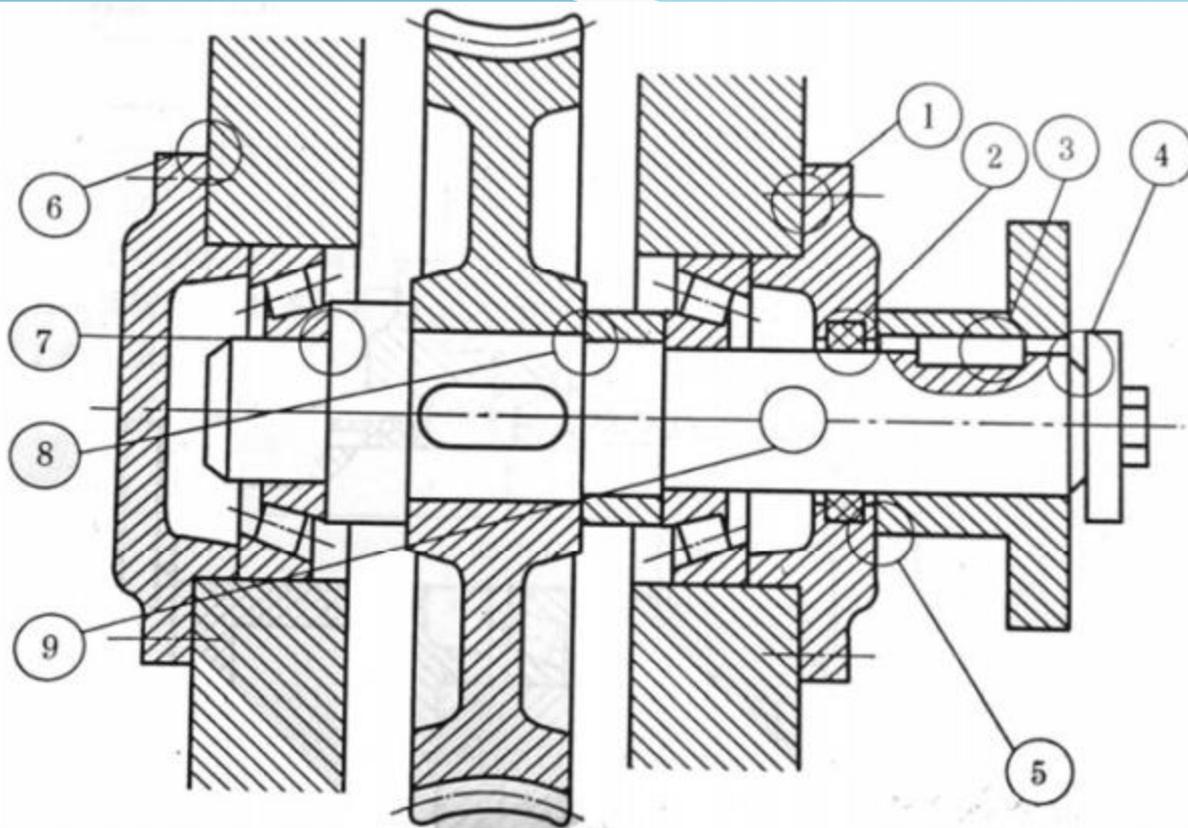


答案:

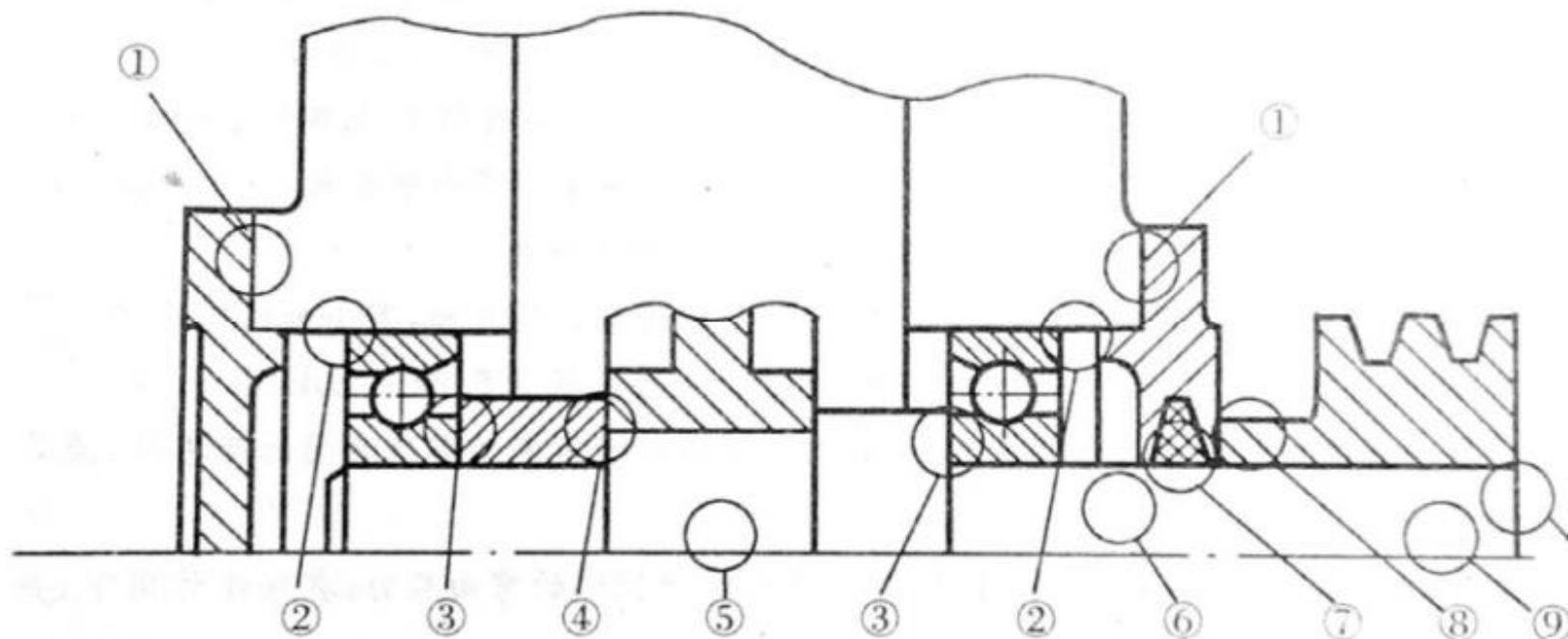
- 1) 轴端过长, 应与轴承左端一边长;
- 2) 齿轮轴向固定不可靠, 轴头长应比齿轮轮毂宽短一些;
- 3) 齿轮无周向固定, 应加键联接;
- 4) 齿轮无安装基准, 套筒应改为轴肩或轴环;
- 5) 轴承安装不方便, 应加轴肩;
- 6) 带轮无轴向固定, 应加轴肩或套筒;
- 7) 带轮无周向固定, 应加键联接;
- 8) 带轮轴向固定不可靠, 带轮轮毂应比轴头宽一些。



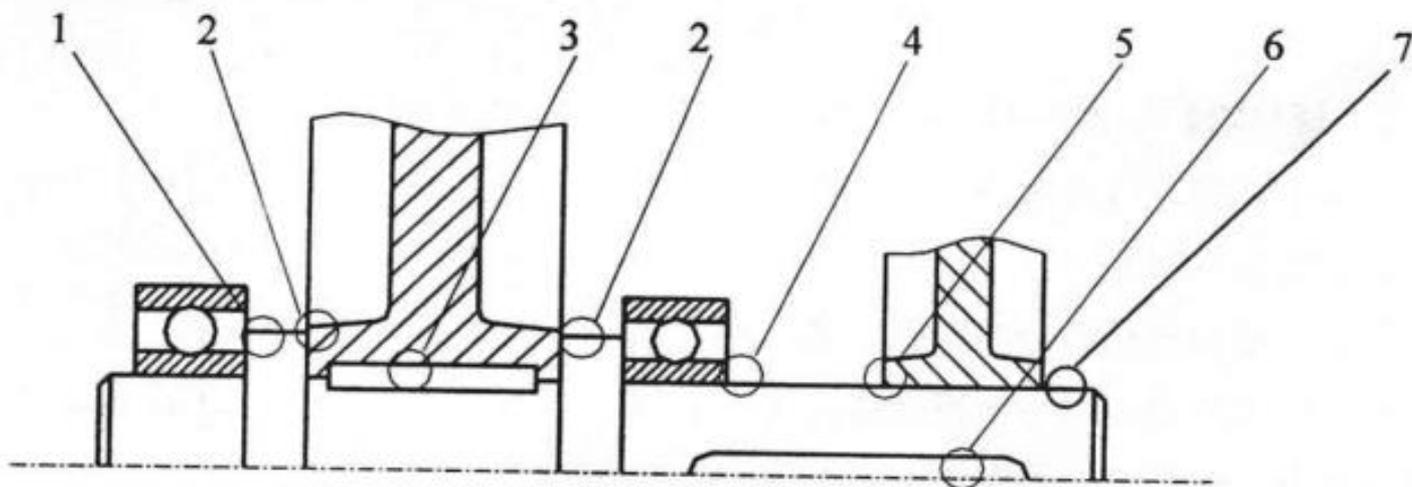
- 1) 键无法安装，联轴器上的键槽应开通；
- 2) 键的位置开的不合适，同一轴上的键槽应开在同一母线上；
- 3) 键槽应局部剖；
- 4) 通盖的孔与轴发生摩擦，应留有间隙；
- 5) 轴承不能用键作为周身固定；
- 6) 轴承处应设有挡油环；
- 7) 轴头长应比轮毂长短一些，以保证轴向固定可靠；
- 8) 应有轴环作为齿轮的安装基准；
- 9) 轴上键槽太长；
- 10) 轴承处应设挡油环；
- 11) 轴承安装反了；
- 12) 轴径过长。



- 1) 缺少调整垫片;
 - 2) 密封形状应为梯形, 而非矩形;
 - 3) 两键应分布在同一母线;
 - 4) 轴端挡圈固定不住联轴器;
 - 5) 转动件与静止件直接接触;
 - 6) 箱体粗、精加工面没分开;
 - 7) 轴肩过高, 轴承无法拆卸;
 - 8) 套筒顶不住齿轮;
 - 9) 精加工面过长。
- 10、箱体为整体式



- 1) 缺少调整垫片；
- 2) 轴承外圈应使用轴承盖轴向定位；
- 3) 套筒厚度过高，轴承拆不下来；
- 4) 轮毂的宽度与轴的长度一样，套筒顶不紧齿轮；
- 5) 缺少键联接，齿轮不能周向定位；
- 6) 轴的精加工面过长；
- 7) 轴承盖与轴之间没有间隙，转动件跟静止件直接接触了；
- 8) 带轮与轴承盖不能直接接触，轴应加工台肩，以便带轮轴向定位；
- 9) 缺少键联接，带轮不能周向定位；
- 10) 缺少轴端定位。



解答：

- 1)轴肩过高挡住了内圈，轴承不便于拆卸；
- 2)两边均有轴肩，齿轮无法安装；
- 3)键的顶面应与轮毂槽底面有间隙，且轮毂槽应开通，轴上键槽处应有局部剖视；
- 4)轴承不便于安装，此处应该有过渡轴肩；
- 5)此处的轮毂没有确定的位置，且无轴向固定；
- 6)键过长，且两键不在同一方位，不便于加工；
- 7)轴端过长，轮毂无法进行轴向固定。