



# 第十章 轴、联轴器、离合器

周怡琳

# 内容

- 第一节 概述
- 第二节 轴
- 第三节 联轴器
- 第四节 离合器

# 第一节 概述


## 一、轴

### 1. 使用意义:

- 是构成精密机械的主要零件之一。
- 一切作回传运动的零件，都必须装在轴上才干实现其运动。

### 2. 轴的分类:

#### ① 按照所受载荷和应力的不同

a) 心轴 

b) 转轴 

c) 传动轴

- 工作时只受转矩或主要承受转矩。



# 一、轴

## 心轴

- 能够随回转零件一起转动（图10-1a），也可不随回转零件一起转动（图10-1b），
- 工作时只受弯矩而不传递转矩。
- 转动的心轴受变应力，不转的心轴受静应力。

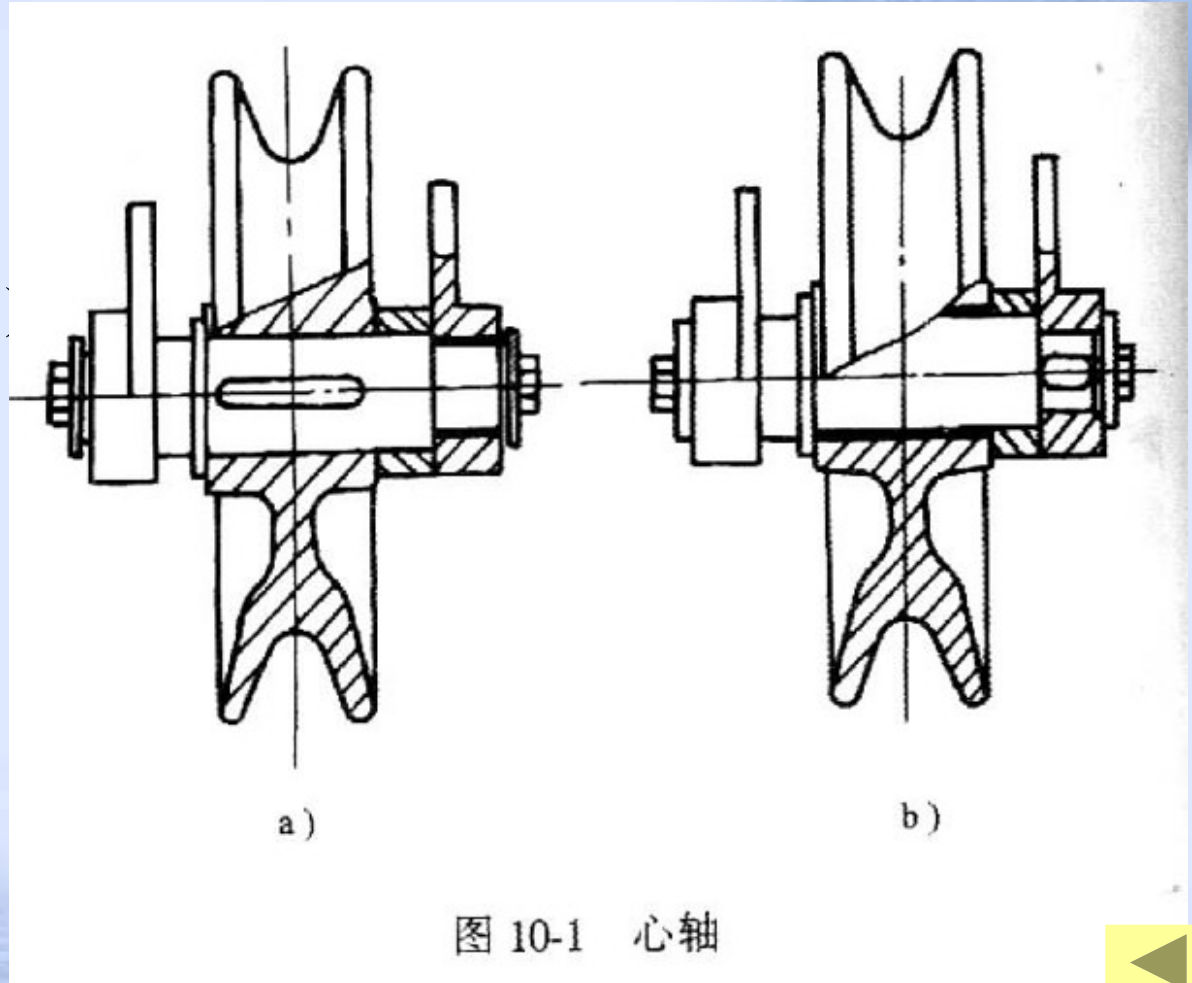


图 10-1 心轴

# 一、轴

转轴：  
工作时既受  
弯矩又承  
受转矩。

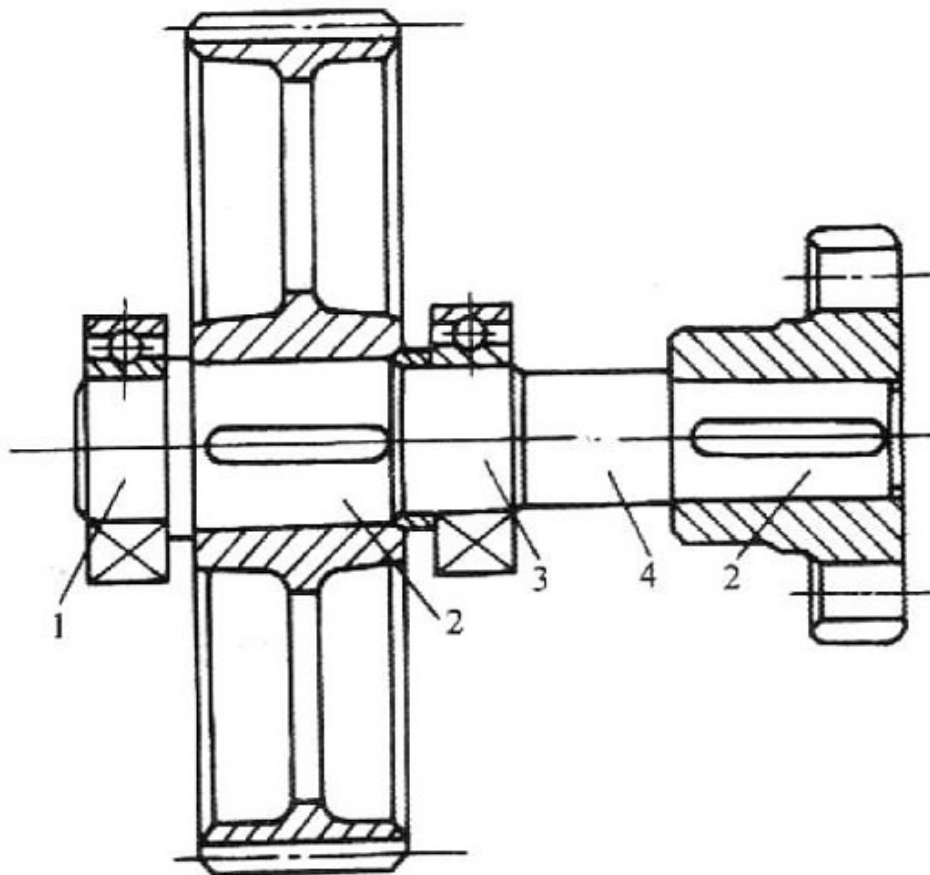


图 10-2 转轴

1—端轴颈 2—轴头 3—中轴颈 4—轴身

# 一、轴

## ② 按轴的中心线形状不同

### a) 直轴

- 轴的各截面中心在同一直线上
- 精密机械中多用，分为
  - 光轴：易于加工
  - 阶梯轴：各轴段强度相近，便于轴上零件的安装和固定。
- 可实心，可空心

### b) 曲轴

- 各轴段截面中心不在同一直线上
- 属于专用零件，多用于动力机械

### c) 钢丝软轴

- 轴线可随意变化，把回转运动灵活地传到任何位置
- 用于受连续振动的场合，具有缓解冲击的作用。

## 二、联轴器、离合器

### 1. 联轴器、离合器的功能

- 用来联接两根轴，使之一同回转并传递转矩的一种部件。

### 2. 联轴器、离合器的区别

- 联轴器：只有在运动停止后用拆卸的措施才干把轴分离。
- 离合器：在运动过程中随时使两轴分离或接合。

### 3. 联轴器、离合器的设计

- 首先按工作要求选定合适的类型
- 然后按轴的直径、计算转矩、工作转速、工作温度等，从手册中查出合用的型号和详细构造尺寸
- 必要时，应对其中个别关键性零件进行验算。

## 第二节 轴

### ■ 轴的主要性

- 轴系中的主要零件
- 涉及到回转精度、强度、刚度、热变形、振动稳定性、构造工艺性等问题。

### ■ 轴的设计

- 将轴和轴系零部件的整体构造亲密联络起来考虑。
- 涉及：选定轴的材料、拟定构造、计算强度和刚度，对于高速运转的轴，有时还要计算振动稳定性，并绘制轴的零件工作图。



# 一、轴的材料及其选择

## 1. 轴材料的设计考虑

- 根据轴的工作能力(强度、刚度、振动稳定性、耐磨性)要求
- 实现这些要求所采用的热处理方式
- 制造工艺
- 经济合理

# 一、轴的材料及其选择

## 2. 轴的常用材料

### ① 碳素钢

- 应力集中敏感性小，价格低廉，应用广。
- 优质碳素构造钢：35、45、50钢，调质、正火处理
- 一般碳素构造钢：Q235、Q275(不主要或受力较小的传动轴)

### ② 合金钢

- 具有较高的力学性能和热处理性能，用于受力较大并要求尺寸小、重量轻或耐磨性较高主要的轴。
- 常用合金钢：20Cr、40Cr，温度超出300℃可用含Mo的合金钢。

### ③ 举例

- 受力小，耐磨性高的轴：T8A、T10A等碳素工具钢
- 仪表防磁，用黄铜、青铜制造轴
- 防腐蚀，用2Cr13、4Cr13等不锈钢作轴

### ④ 轴常用材料的主要力学性能：表10—1

## 二、轴的构造设计

### 1. 轴的构成

- 轴颈：被支承部分
- 轴头：安装轮毂的部分
- 轴身：联接轴颈、轴头的部分

### 2. 轴的构造

- ① 轴的构造取决于轴上零件的构造和尺寸、布置和固定方式、装配和拆卸工艺以及轴的受力情况等原因。
- ② 设计轴使之满足
  - 轴和装在轴上的零件有精确的轴向工作位置，便于装拆和调整；
  - 轴应有良好的加工工艺性。

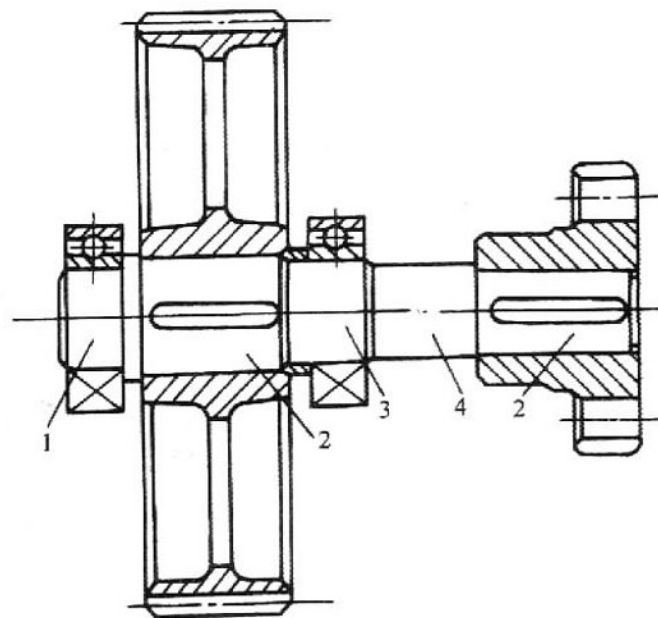


图 10-2 转轴

1—端轴颈 2—轴头 3—中轴颈 4—轴身

## 二、轴的构造设计

- (一) 轴的外形构造 例：一级圆柱齿轮减速机
  - 轴的外形构造尽量简朴，加工以便、热处理不易变形，降低应力集中，提升轴的疲劳强度。

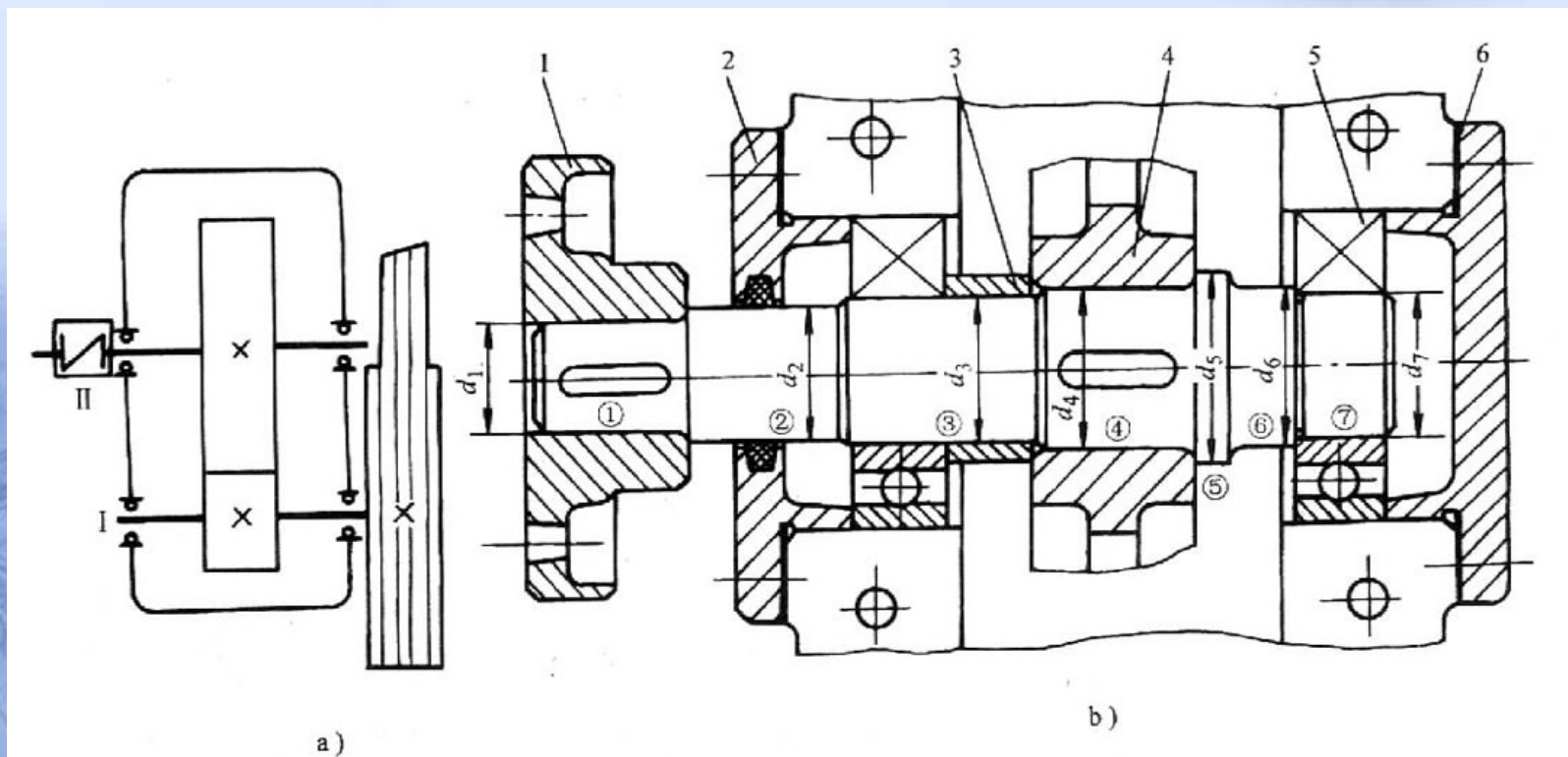


图 10-3 轴的外形结构设计示例

1—联轴器 2—端盖 3—套筒 4—齿轮 5—滚动轴承 6—调整垫片

# 二、轴的构造设计

## (二) 零件在轴上的固定措施

### 1. 零件在轴上的轴向固定

- 轴肩：定位面+内圆角
  - 内圆角半径 $r$ 应不大于零件上倒角 $C$ 或外圆角半径 $R$
- 轴环：尺寸可取轴环高度 $a=(0.07\sim 0.1)d$ ；轴环宽度 $b=1.4a$ ；
- 挡环、螺母、套筒

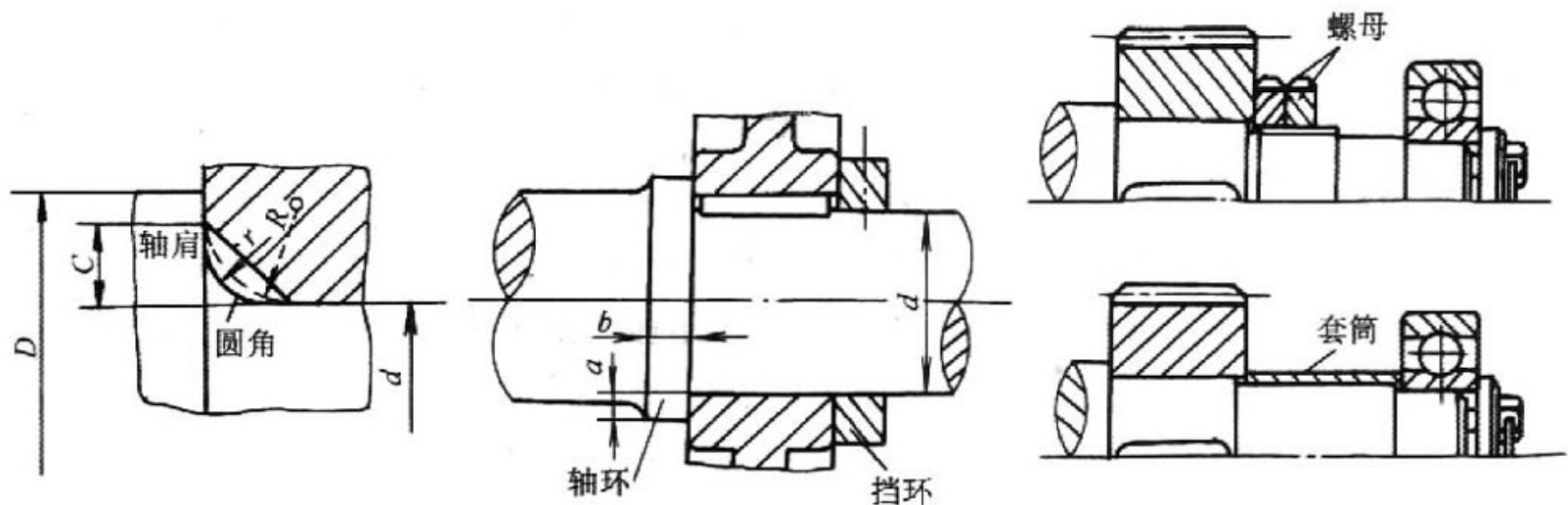


图 10-4 几种轴向固定方法

## 二、轴的构造设计

### 2. 零件在轴上的周向固定

- 平键、半圆键（参照十四章键联接）

### 3. 零件在轴上的固定措施：

- 销联接、紧定螺钉联接和压合联接

# 三、轴的强度计算

## ■ (一) 按许用切应力计算轴径

- 开始设计轴时，轴上零件位置、作用力、弯矩未知，由轴传递的功率、转速求轴直径。

$$\tau_T = \frac{T}{W_T} = \frac{9.55 \times 10^6 P / n}{0.2d^3} \leq [\tau_T] \quad (10-1)$$

$\tau_T$ —轴受T作用，产生的切应力(N/mm<sup>2</sup>);

$T$ —轴所传递的转矩(N·mm);

$W_T$ —轴的抗扭截面系数(mm<sup>3</sup>);

$d$ —轴的直径(mm);

$P$ —轴传递的功率(kW);

$n$ —轴的转速(r/min);

$[\tau_T]$ —许用切应力(N/mm<sup>2</sup>)。

# 三、轴的强度计算

- 轴的最小直径设计公式

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

$C$ —随许用切应力变化的数，

大小决定于所选用的轴材料和载荷的性质

- 表10—2列出几种常用材料的许用切应力和 $C$ 值



# 三、轴的强度计算

## (二) 按弯曲和扭转复合强度计算轴径

一般顺序：图10-7

1. 绘出轴的空间受力简图。求出垂直面和水平面中的支点反力。
2. 绘出垂直面内的弯矩 $M_{\perp}$ 图
3. 绘出水平面内的弯矩 $M_{=}$ 图
4. 绘出合成弯矩 $M$ 图

$$M = \sqrt{M_{\perp}^2 + M_{=}^2}$$

5. 绘出转矩 $T$ 图

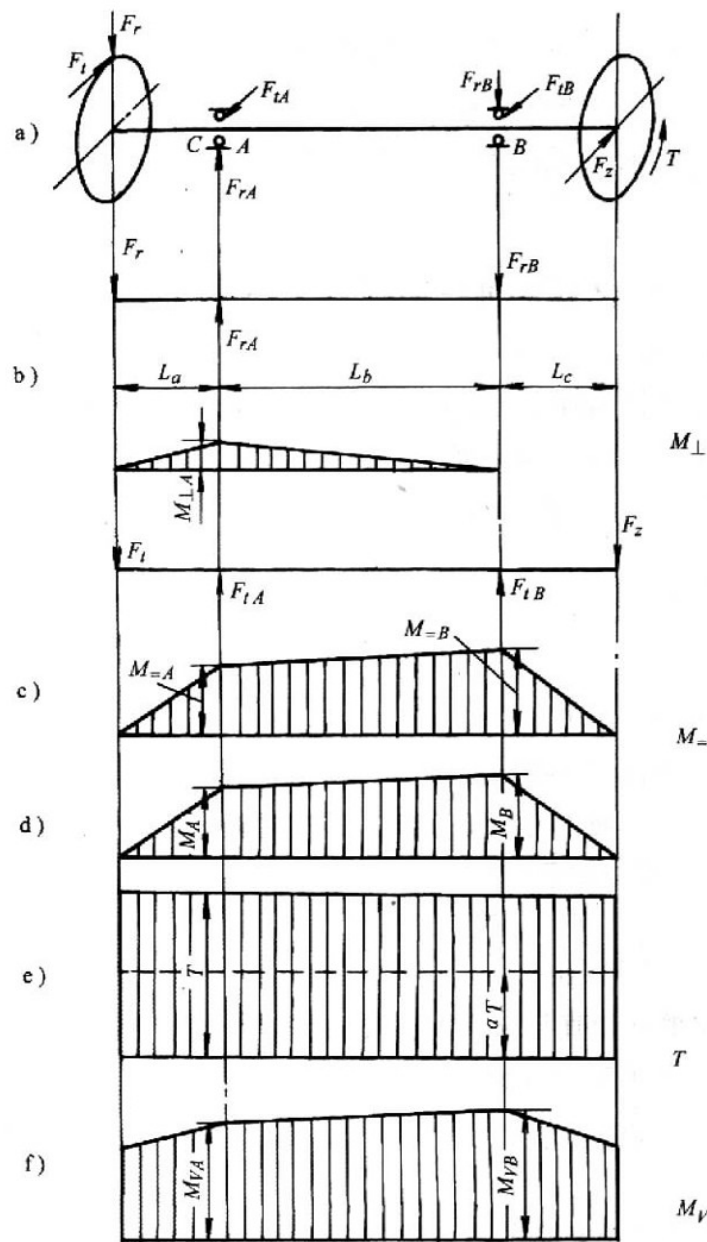


图 10-7 弯曲和扭转复合强度计算轴 I

# 三、轴的强度计算

6. 绘出当量弯矩 $M_v$ 图

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

$\alpha$ , 根据转矩性质而定的校正系数。

$$\text{对于不变转矩, } \alpha = \frac{[\sigma_{-1b}]}{[\sigma_{+1b}]};$$

$$\text{对于脉动循环的转矩 } \alpha = \frac{[\sigma_{-1b}]}{[\sigma_{0b}]};$$

对于对称循环的转矩  $\alpha = 1$ 。

$[\sigma_{+1b}]$ —材料的静应力;

$[\sigma_{0b}]$ —材料在脉动循环状态的许用弯曲应力

$[\sigma_{-1b}]$ —材料在对称循环状态的许用弯曲应力

查表0—3

# 三、轴的强度计算

## 7. 计算轴的直径

受 $M_v$ 作用时，轴中产生的弯曲应力

$$\sigma_b = \frac{M_v}{W} \leq [\sigma_{-1b}] \quad (10-3)$$

$W$ —轴的抗弯截面系数,对于实心轴 $W = 0.1d^3$ ;

$M_v$ —当量弯矩( $N \cdot mm$ )。

导出

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_v}{0.1[\sigma_{-1b}]}} \quad (10-4)$$

- (10-4) 求轴的危险截面直径。
- 截面有一种键槽时，轴径加大4%；
- 有两个键槽互成180°时，轴径尺寸加大10%。

# 三、轴的强度计算

- 轴的设计中，常用的三种环节（p259）
  1. 一般形状不甚复杂的轴
    - 从已知条件直接进行构造设计
    - 进行必要的校核计算，
    - 画出轴的零件工作图
  2. 用来传递转矩而不承受弯矩或弯矩很小的传动轴
    - 按许用切应力计算轴径，
    - 进行轴的构造化
    - 拟定轴的最终形状和尺寸
  3. 除传递转矩外，还承受弯矩的转轴
    - 根据传递的转矩，按许用切应力计算轴径，
    - 进行构造设计
    - 根据需要进行弯扭复合强度计算
    - 画出轴的零件工作图

# 三、轴的强度计算

- 例题10-1, p.259

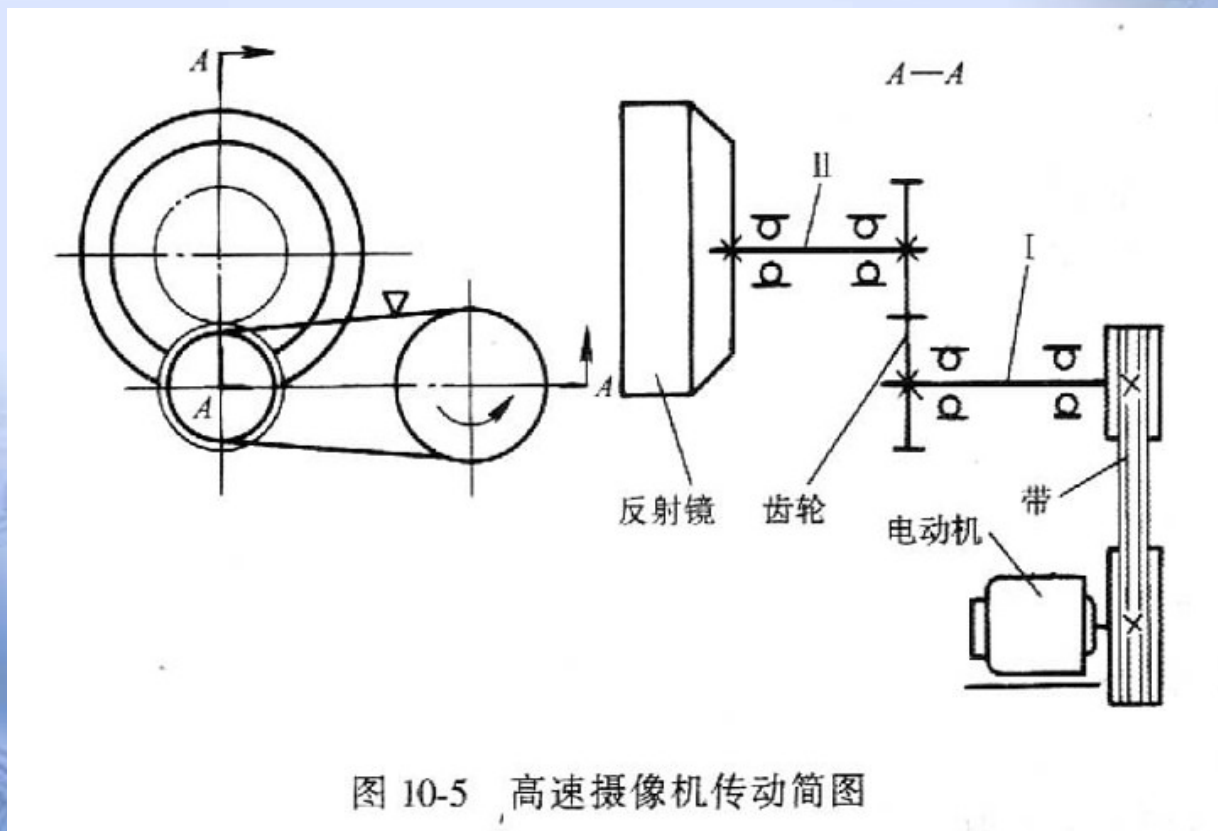


图 10-5 高速摄像机传动简图



# 三、轴的强度计算

- ① 绘出轴的空间受力简图。求出垂直面和水平面中的支点反力。
- ② 绘出垂直面内的弯矩M图
- ③ 绘出水平面内的弯矩M图
- ④ 绘出合成弯矩M图
- ⑤ 绘出转矩T图
- ⑥ 绘出当量弯矩 $M_v$ 图

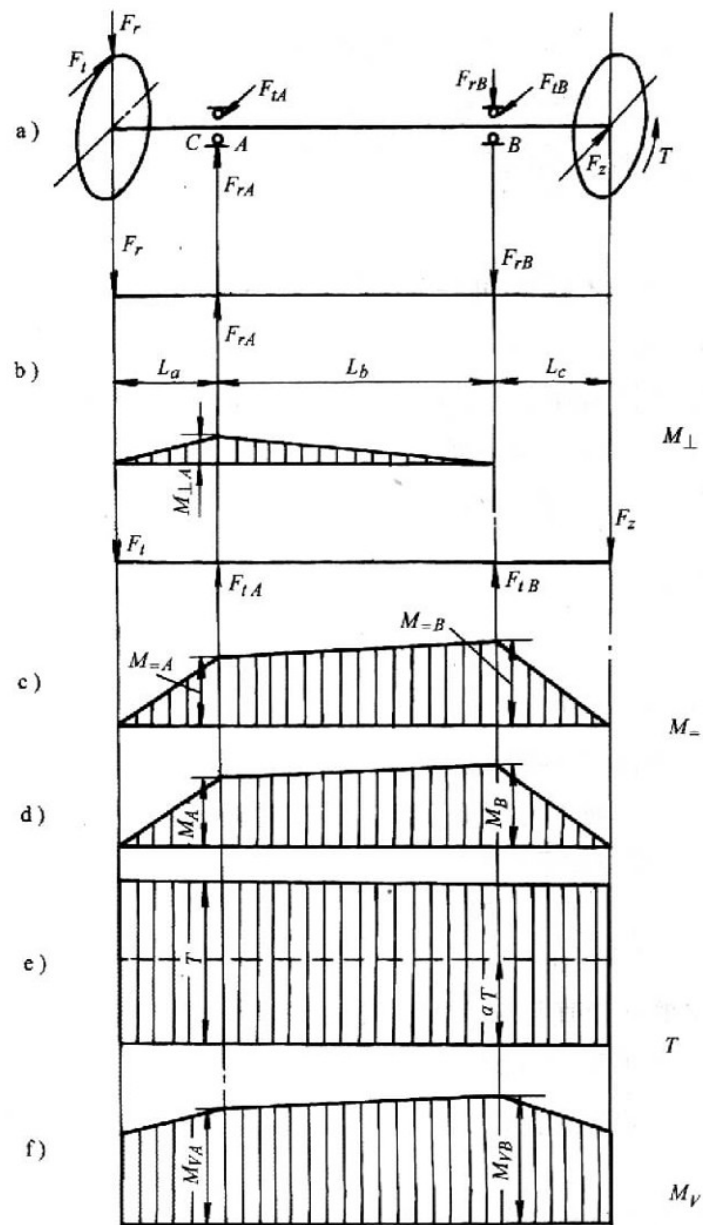


图 10-7 弯曲和扭转复合强度计算轴 I

# 四、轴的刚度计算

## 1. 刚度计算的目

- 分析轴的变形是否超出允许范围
- 载荷作用下，轴的弯曲和扭转变形过大，影响轴上零件的正常工作和传动精度。

## 2. 根据轴使用条件，进行刚度计算

### (一) 扭转刚度计算

$$\varphi = \frac{TL}{GI_p} = \frac{9.55 \times 10^6 (P/n)L}{G(\pi d^4 / 32)} = \frac{9.55 \times 10^6 (P/n)L}{0.1 G d^4}$$

$G$ —轴材料的切变模量；

$I_p$ —轴截面的极惯性矩。

一般传动中，转轴的扭转角为每米长度上超过 $0.25 \sim 0.5^\circ$ 。

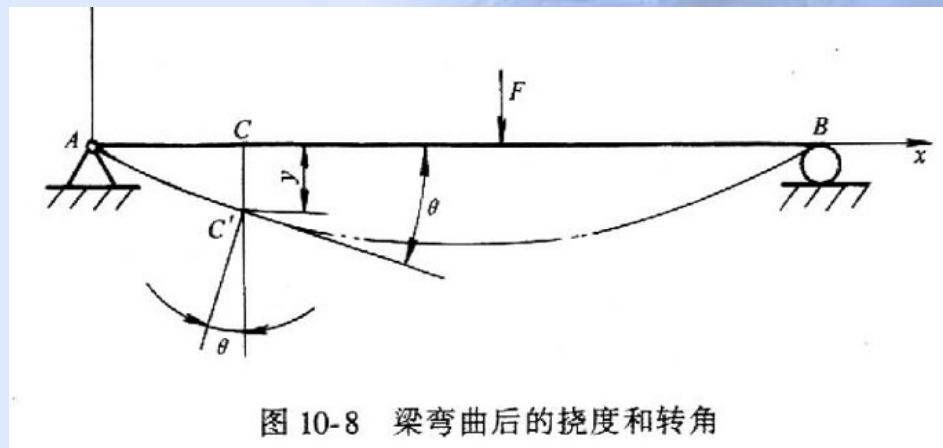


# 四、轴的刚度计算

## (二) 弯曲刚度计算

### 1. 定义

- $y$ , 轴截面C处产生的挠度
- $\theta$ , 截面C处产生的转角。



### • 计算

§ 挠曲线微分方程求解

$$d^2 y / dx^2 = M(x) / EI_a$$

- 工程上采用查表法。

## 第三节 联轴器

### ■ 联轴器分类

- 按两轴相对位置和位置变动情况，分两类
  1. 刚性联轴器：两轴严格对中，工作中不发生位移的地方；
  2. 挠性联轴器：两轴有相对位移的地方。
    - ① 无弹性元件
    - ② 金属弹性元件
    - ③ 非金属弹性元件
- 2、3称为弹性联轴器

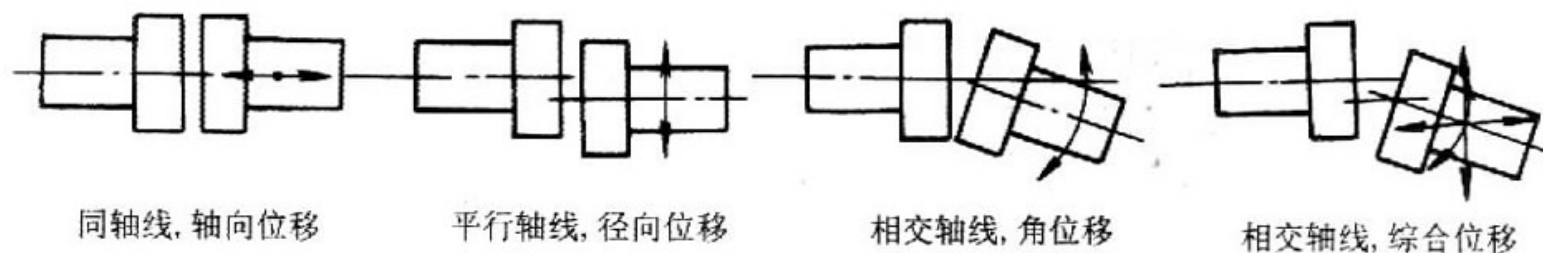


图 10-9 两轴相对位置和相对位移

## 第三节 联轴器

- 联轴器的选择
  - 对于载荷平稳、转速稳定、同轴度好、无相对位移的选用刚性联轴器；
  - 有相对位移，选用无弹性元件的挠性联轴器；
  - 对同轴度不易确保，载荷、速度变化较大的场合，选用具有缓冲、减振作用的弹性联轴器。
- 对联轴器的其他要求
  - 装拆以便
  - 尺寸较小
  - 质量较轻
  - 维护简便
  - 安装位置尽量接近轴承

## 第三节 联轴器

### ■ 联轴器设计

- 原则化
- 根据工作要求拟定联轴器型号，关键零件作必要验算
- 联轴器和离合器的计算转矩 $T_j$ 。

$$T_j \approx KT \leq T_n \quad (10-5)$$

$T$ —工作转矩；

$T_n$ —许用名义转矩，查册；

$K$ —载荷系数，表0—5。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/558133040101006131>