

# 工程力学阅读与思考

---

## 工程力学阅读与思考

### 阅读

#### 绪论

##### 一些概念

#### 刚体静力学基本概念与理论

##### 一些概念

##### 基础理论

#### 静力平衡问题

##### 一些概念

##### 基础理论

#### 变形体静力学基础

##### 一些概念

##### 基础理论

##### 应变正比于应力

##### 由截面应力计算力在轴上的投影

#### 材料的力学性能

##### 一些概念

##### 基础理论

#### 强度与连接件设计

##### 一些概念

##### 基础理论

#### 圆柱的扭转

##### 一些概念

#### 梁的平面弯曲

#### 应力状态\强度理论\组合变形

#### 压杆的稳定

#### 疲劳与断裂

## 考试重点

### 刚体静力学

#### 画受力分析图

#### 平面一般力系的化简和平衡求解(求力)

#### 桁架求力

##### 节点法

##### 截面法

#### 空间力系平衡问题

#### 组合法求重心

### 变形体静力学

#### 内力图的绘制并求每段的伸长量(只有轴力)

#### 变形体静力平衡问题

#### 强度设计的一般方法

#### 求扭矩情况

## 一些EVA想到的小技巧

## 阅读

---

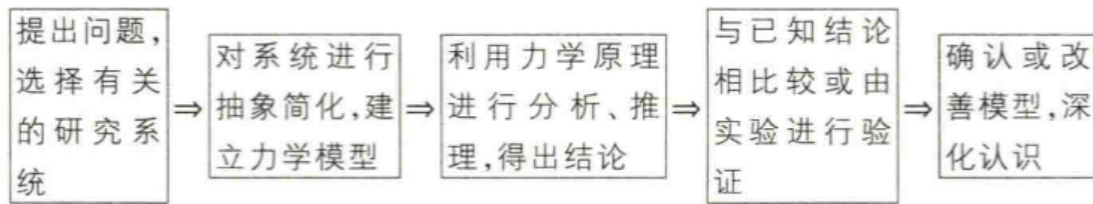
## 绪论

### 一些概念

1. 力学
2. 工程力学
3. 力 表面力 体积力
4. 运动 变形
5. 平衡
6. 静力学 运动学 动力学 一般力学 固体力学 流体力学 理论分析 实验研究 数值计算 实验力学 计算力学

7. 受力分析 平衡条件 变形下几何协调条件 力与变形间物理关系

8. 一般方法:



## 刚体静力学基本概念与理论

### 一些概念

1. 刚体静力学研究的是刚体在力系下的平衡问题
2. 力 矢量 三要素 滑移矢(刚体) 力的合成
3. 二力平衡
4. 力偶 自由矢
5. 自由体 非自由体 约束 约束力 柔性约束 光滑约束 滚动约束 固定铰链 中间铰链 球铰 轴承 固定端
6. 平面力系的平衡条件 力的平移定理 力对点之矩
7. 平面一般力系 主矢 主矩

### 基础理论

1.  $F=ma$
2.  $F$ 线性可叠加可滑移
3.  $M$ 线性可叠加可移

## 静力平衡问题

### 一些概念

1. 静滑动摩擦
2. 平面桁架 无余杆桁架 节点法 截面法 受拉为正受压为负
3. 空间力系的平衡问题 力对轴之矩  $M = F \times r$
4. 重心 垂吊法 称重法 组合法
5. 静定问题 静不定问题
6. 摩擦角 自锁

### 基础理论

1. 摩擦 静摩擦和动摩擦的那张图




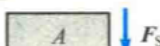





## 变形体静力学基础

### 一些概念

1. 平衡条件 变形几何协调条件 力与变形之间的物理关系是分析变形体静力学问题的核心或研究主线
2. 基本假设 均匀连续性假设 各向同性假设 小变形假设
3. 内力 截面法 都是拉力为正 把截面上的内力简化 主矢 主矩 轴力 剪力 弯矩

4.

表 4.1 截面内力的正向规定

内力	右截面正向	左截面正向	微段变形(内力正向)
轴力 $F_N$			
剪力 $F_S$			
弯矩 $M$			

5. 杆件 拉伸压缩 扭转 弯曲



图 4.7 杆件的三种基本变形

6. 应力 正应力法向应力 切应力剪应力 平均应力

7. 只要确定了一种单元体取向时各微面上的应力,就可以求得该点在任意取向截面上的应力

8. 单向应力状态 左右两面正应力 $\sigma$  上下前后两面内力为09. 正应变是 $\Delta l/l$ ,切应变是角度,直角改变量

## 基础理论

### 应变正比于应力

$$\sigma = E\epsilon$$

E 弹性模量  $\sigma F/A \quad \epsilon \Delta l/l$ 

### 由截面应力计算力在轴上的投影

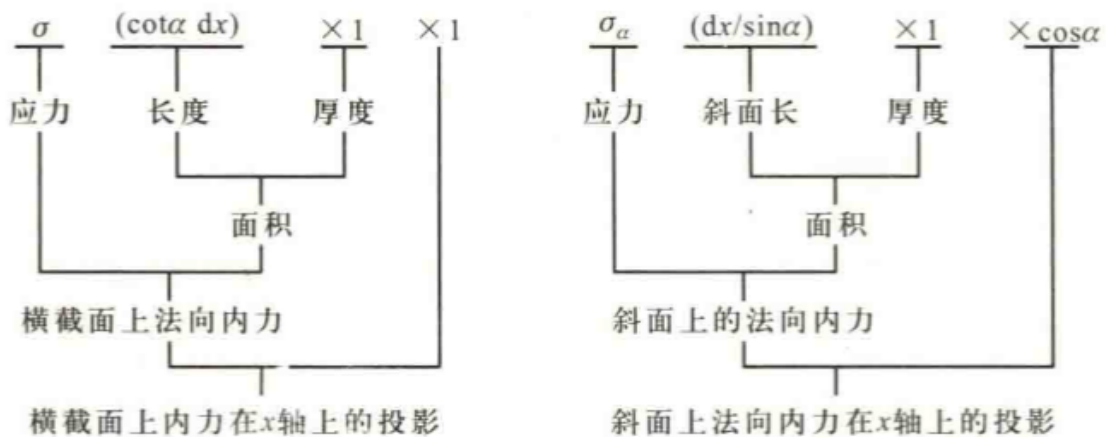


图 4.13 由截面应力计算力在轴上的投影

## 材料的力学性能

### 一些概念

1. 力学性能
2. 应力应变曲线 弹性 屈服 强化 颈缩

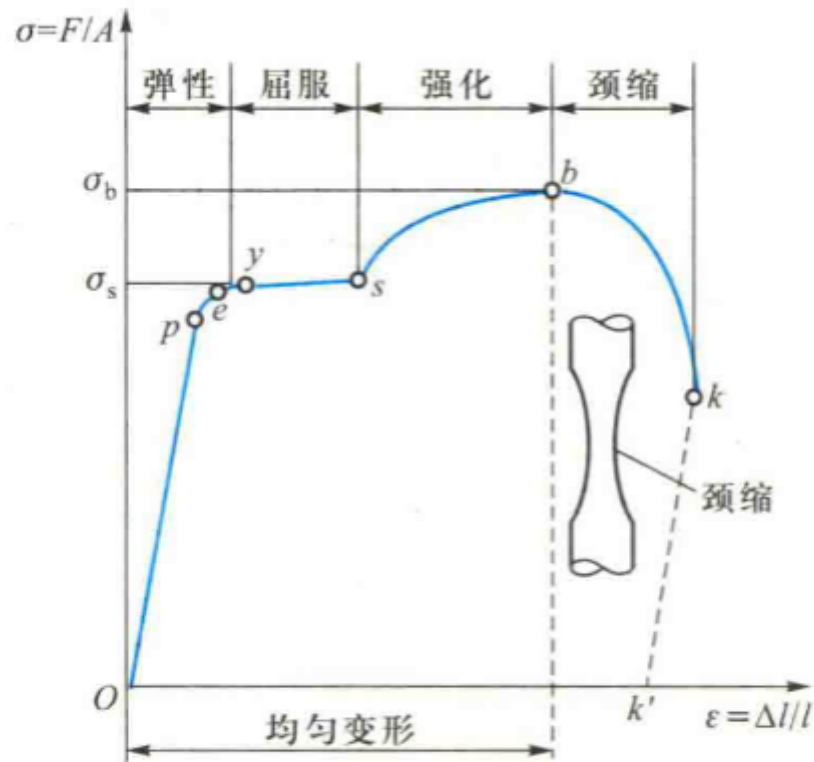


图 5.2 低碳钢拉伸时的  $\sigma$ - $\varepsilon$  曲线

3. 比例极限  $\sigma_p$  弹性模量  $E$  弹性极限  $\sigma_e$  屈服极限  $\sigma_s$

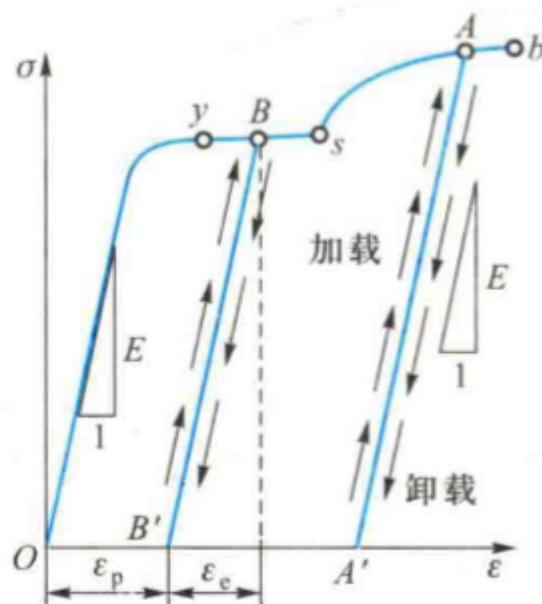


图 5.4 弹性与塑性应变

5. 极限强度
6. 延性 脆性

## 基础理论

1. 泊松比

$$\mu = -\epsilon_2 / \epsilon_1$$

在沿圆棒拉伸 $\Delta l$ ,直径会缩小

## 强度与连接件设计

### 一些概念

1. 强度 结构抵挡破坏的能力 刚度 结构抵抗变形的能力
2. 许用应力 安全因数

$$[\sigma] = \begin{cases} \sigma_s / n & (\text{延性材料}) \\ \sigma_b / n & (\text{脆性材料}) \end{cases}$$

3. 强度校核 截面设计 确定许用载荷
4. 剪切 剪切钢板 冲孔 各种连接键
5. 挤压 接触面所受到的压力 属于轴力
6. 若挤压面为曲面 则取投影面积为计算挤压面面积

## 基础理论

## 圆柱的扭转

### 一些概念

1. 杆的基本变形:拉压,扭转,弯曲
2. 轴
3. 扭转受力特点 在垂直于轴线的平面承受力偶作用
4. 变形特点 扭转角 相对扭转角
5. 扭矩
6. 圆轴变形假设,圆轴横截面变形后仍为平面,形状大小保持不变,相邻两截面距离不变(刚性平面假设)
- 7.

$$\tau_\rho = G\gamma_\rho = G\rho \times \frac{d\varphi}{dx}$$

- 8.

$$\int_A \rho \cdot \tau_\rho dA = T$$

- 9.

$$G \frac{d\varphi}{dx} \int_A \rho^2 dA = T$$

10. 极惯性矩 $I_p$

- 11.

$$\frac{d\varphi}{dx} = \frac{T}{GI_p}$$

- 12.

## 梁的平面弯曲

$$\sigma = -\frac{My}{I_z}$$

$$\sigma = -\frac{My}{I_z} = E\epsilon = -E\frac{y}{\rho}$$

## 应力状态\强度理论\组合变形

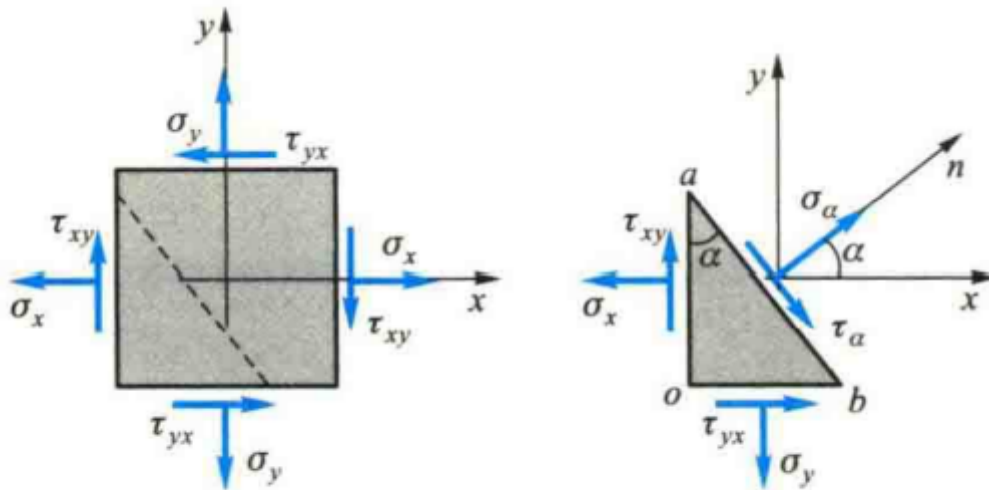


图 10.1 平面应力状态分析

$$\sigma_n = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\alpha - \tau_{xy} \sin 2\alpha$$

$$\tau_n = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\alpha + \tau_{xy} \cos 2\alpha$$

$$\sigma_{r1} = \sigma_1 \quad (\text{第一强度理论})$$

$$\sigma_{r2} = \sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3) \quad (\text{第二强度理论})$$

$$\sigma_{r3} = \sigma_1 - \sigma_3 \quad (\text{第三强度理论})$$

$$\sigma_{r4} = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \quad (\text{第四强度理论})$$

A

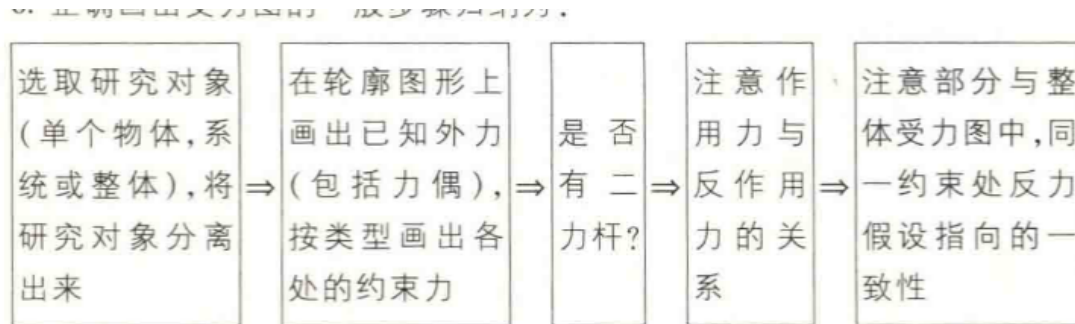
**压杆的稳定**

**疲劳与断裂**

# 考试重点

## 刚体静力学

### 画受力分析图



1. 选取研究对象,画出其轮廓图,一定不能画其之外的东西
2. 画出研究对象受到的所有力,包括力偶
  1. 已知外力 已知力 力偶 体积力
  2. 约束力
3. 注意二力杆
4. 注意作用力与反作用力
5. 注意各构件受力图和整体受力图中同一约束处反力的一致性

### 平面一般力系的化简和平衡求解(求力)

化简成作用在某点的合力(主矢)和力矩(主矩)

力=0 力矩=0

力=0 二力矩=0

三力矩=0

1. 弄清题意,标出已知量
2. 受力分析图,文字说明各种力
3. 取参考坐标系
4. 列平衡方程并求解,注意分析是否可以求解
5. 进行验算



归纳一下,求解平面力系平衡问题的一般方法和步骤为:

- (1) 弄清题意,标出已知量。
- (2) 画出整体受力图,列出平衡方程,分析是否足以求解。当未知量多于独

立方程个数而不足以求解时,选择适当的补充研究对象进一步研究。

(3) 按前述方法,认真画好所取补充研究对象的受力图,这是十分重要的。

(4) 选取适当的坐标轴和矩心,写出投影平衡方程和力矩平衡方程。使投影轴垂直于未知力,将矩心选取在未知力的交点处,可以减少平衡方程中出现的未知量的个数。力的投影和力矩均为代数量,注意其正、负。

(5) 平面一般力系有 3 个独立平衡方程,平行、汇交力系的独立平衡方程为 2 个。不独立的平衡方程可用作验算。

## 桁架求力

### 节点法

节点法(method of joints)求平面桁架中杆所受内力的步骤为:

(1) 研究整体,画受力图,求约束力(如图 3.14 中  $F_{Ax}$ 、 $F_{Ay}$  和  $F_{By}$ )。

(2) 选取节点为研究对象,画受力图。由于杆均为二力杆,故杆对节点的作用力沿杆自身,假定为拉力(指向离开节点)。图 3.16 中绘出了图 3.14 所示桁架中 A、C、D 三节点的受力图(均为汇交力系)。

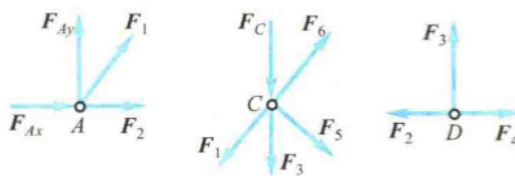


图 3.16 节点受力图

(3) 从含已知力(包括已知外力或已求出的约束力)且只有 2 个未知力的节点开始,逐列平衡方程求解。若求得结果为负,则表示该力指向与所设相反,是压力。

是压力。

如图 3.16 中,  $F_{Ax}$ 、 $F_{Ay}$  求得后,即可由 A 节点的汇交力系确定  $F_1$ 、 $F_2$ ;进而由 D 节点确定  $F_3$ 、 $F_4$ ;然后,可再求 C 节点上的未知力  $F_5$ 、 $F_6$ 。所求出的力  $F_i$ ,即第  $i$  根杆所受到的内力,正者为拉力,负者是压力。

## 截面法

### 3.3.2 截面法

用截面法 (method of section) 求解桁架问题时, 不需进行逐个节点的分析, 往往可直接求得所需要的结果。其分析方法可归纳为

- (1) 研究整体, 求约束力。
- (2) 任取一截面, 截取部分桁架作为研究对象并将其分离出来, 画受力图。被截断之杆处应画上杆的内力 (假定为沿杆的拉力)。
- (3) 列平衡方程求解。因为研究对象是平面一般力系, 可以求解 3 个未知量。

## 空间力系平衡问题

$$F=0$$

$$M=0$$

$$M=Fxr$$

## 组合法求重心

重心位置  $\times$  所有质量 =  $\Sigma$  形心位置  $\times$  一块质量

## 变形体静力学

### 内力图的绘制并求每段的伸长量(只有轴力)

1. 截面法
2. 快速绘制法

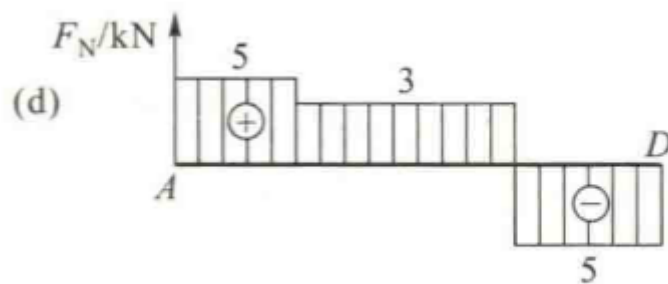


图 4.4 例 4.2 图

注意负轴也不要写符号

3. 整体受力分析
4. 合适取得关键的连接力
5. 去截面分离体出来求内力 轴力 剪力和弯矩 扭矩
6. 计算应变 分别去乘
7. 计算伸长量

## 变形体静力平衡问题

静定 静不定

1. 力的平衡方程 物理方程 几何方程
2. 温度应力 装配应力

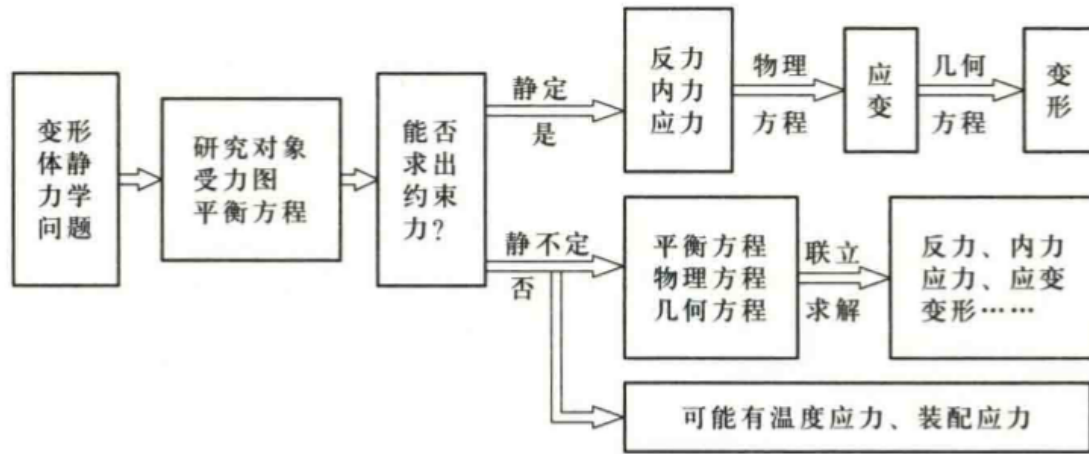


图 4.22 静定、静不定问题的同异

## 强度设计的一般方法

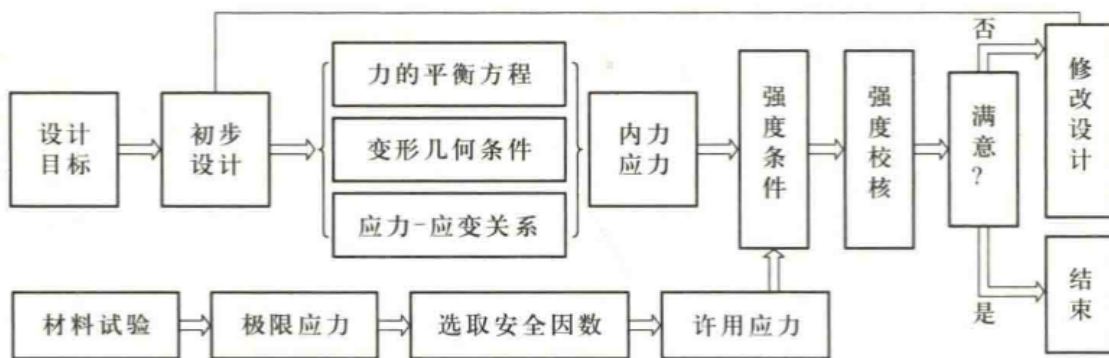


图 6.20 强度设计的一般方法

## 求扭矩情况

$$\frac{d\phi}{dx} = \frac{T}{GI_p}$$

$$I_p = \int_A \rho^2 dA$$

+变形条件

Φ角和为0

# 一些EVA想到的小技巧

---

1. 压拉具有可传递性,A杠受拉,和它连在一起的B杠也会受拉