

工程力学

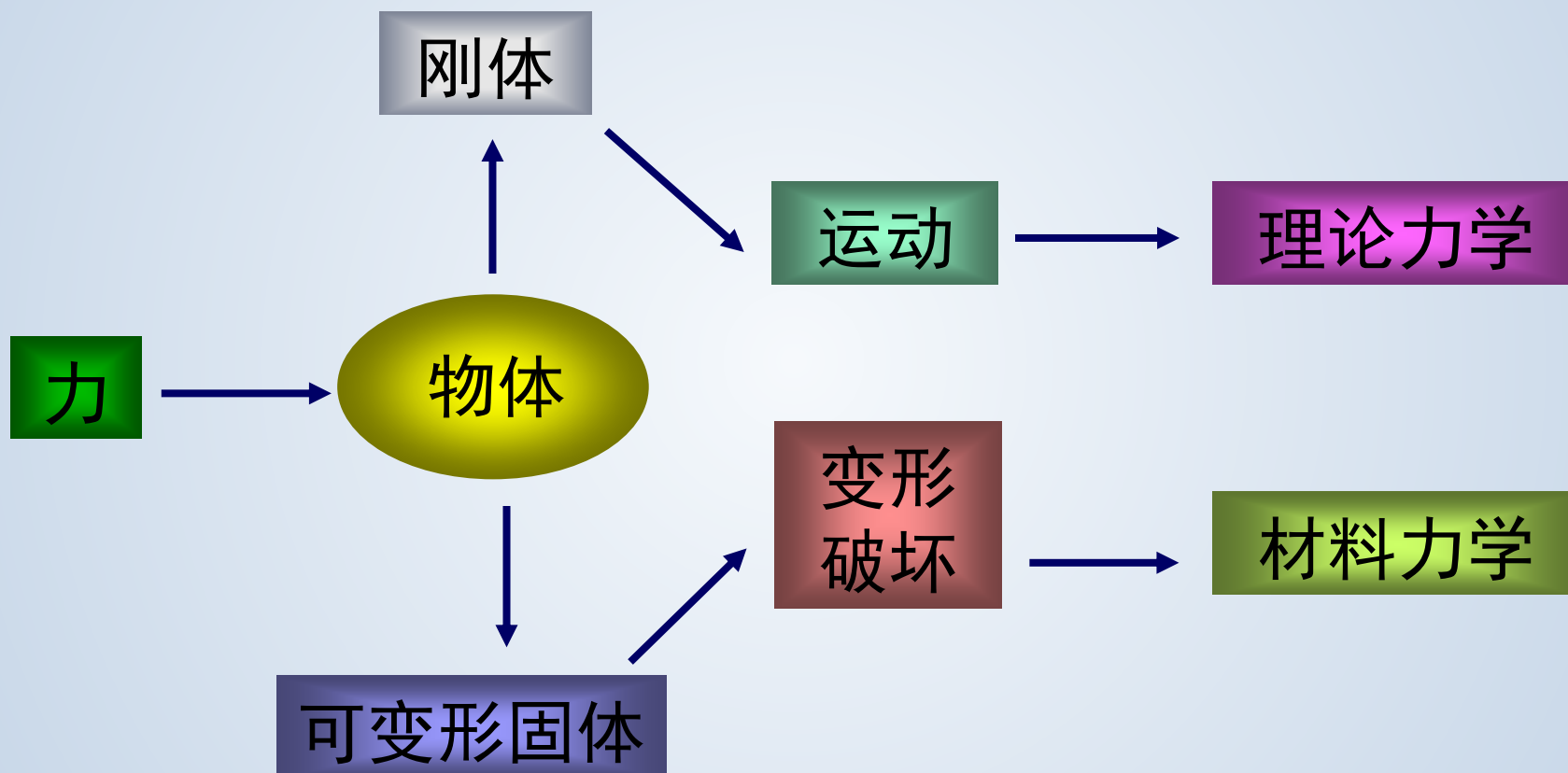
第5章

绪论





材料力学 vs. 理论力学



5.1 材料力学的任务

5.2 可变形固体的性质及其基本假设

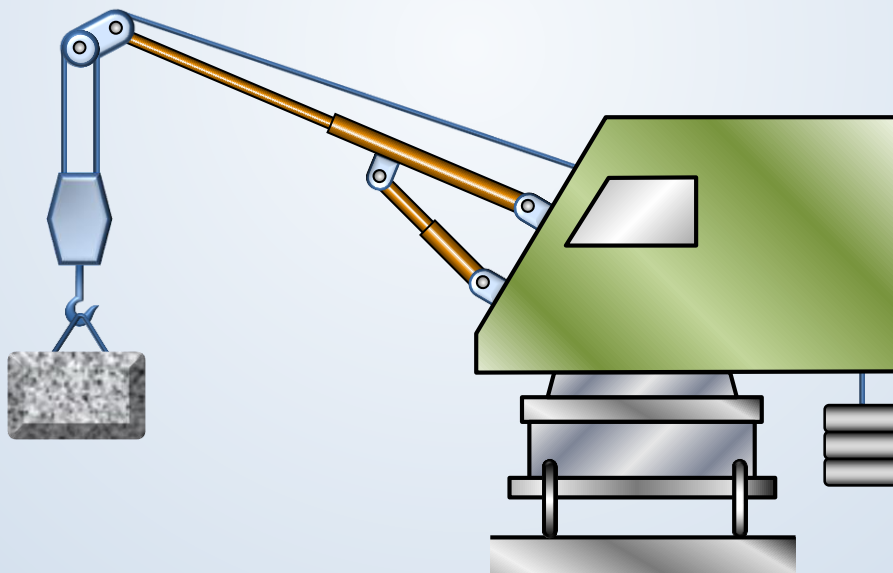
5.3 内力、截面法和应力的概念

5.4 变形与应变的概念

5.5 杆件变形的形式

一. 工程要求

设计 { 机械结构 ← 零件 → 构件
 (可变形固体)

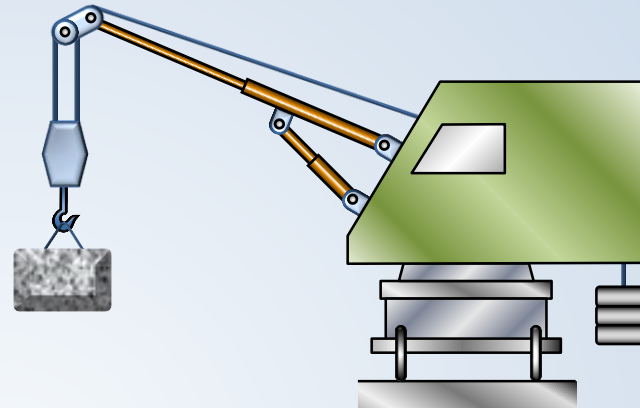


要求:构件具有足够的承载能力



5.1 材料力学的任务

承载能力 {
1. 强度
2. 刚度
3. 稳定性



1. 什么叫构件的强度、刚度、稳定性？

2. 什么时候构件具有足够的强度、刚度、稳定性？

强度 — 构件抵抗破坏的能力

刚度 — 构件抵抗变形的能力

稳定性 — 维持原有平衡状态的能力



5.1 材料力学的任务

“破坏”—— 失效

变形 $\left\{ \begin{array}{l} \text{弹性变形} \text{ --- 去掉载荷能恢复的变形} \\ \text{塑性变形} \text{ --- 去掉载荷不能恢复的变形} \\ \text{（永久变形，残余变形）} \end{array} \right.$

足够的强度 — 构件在规定的载荷作用下不发生破坏

足够的刚度 — 构件在规定的载荷作用下不发生过大的弹性变形

足够的稳定性 — 构件在规定的载荷作用下不失稳



5.1 材料力学的任务

二. 任务

保证构件具有足够的承载能力的前提下，以最经济的代价设计构件：

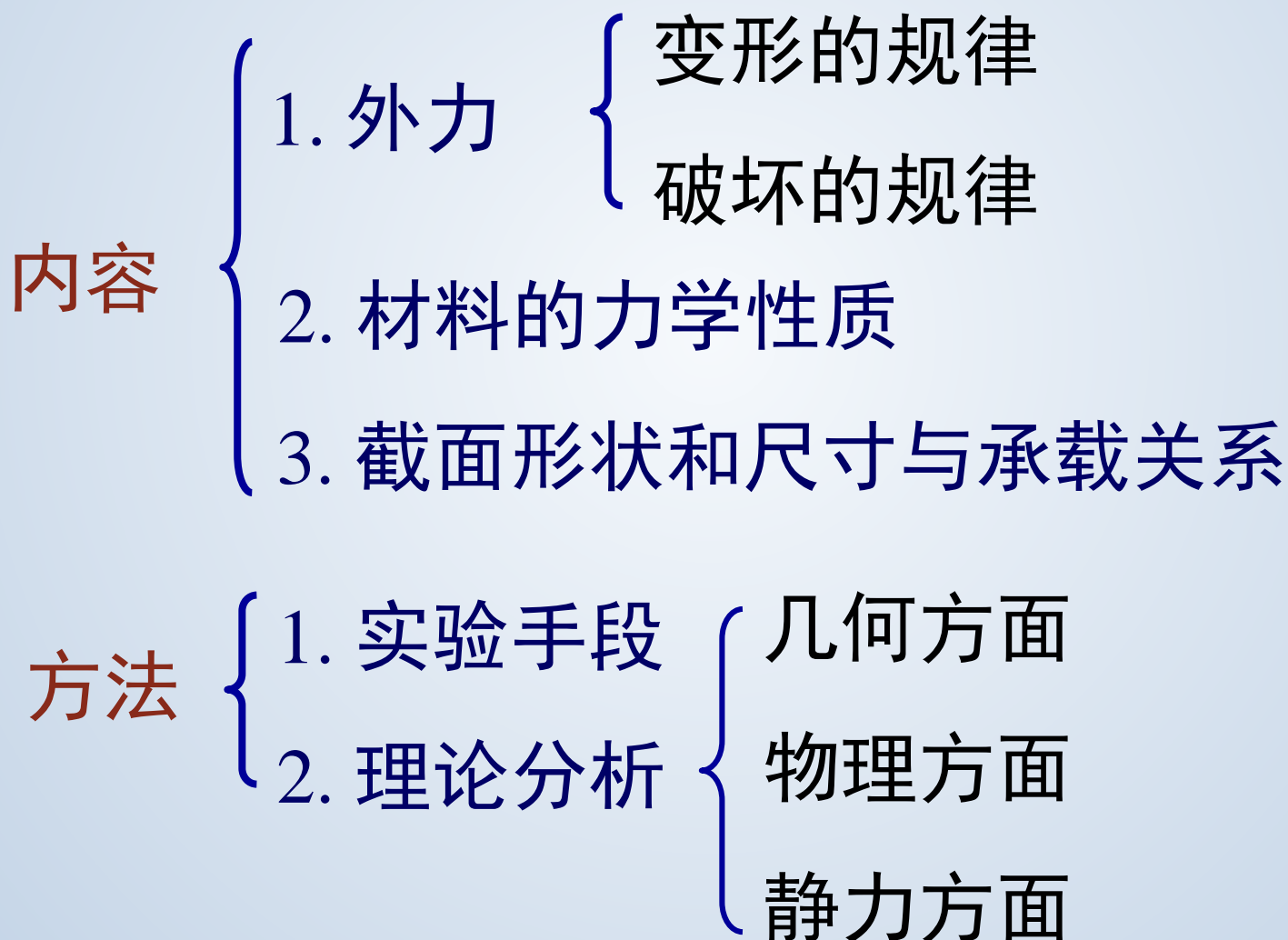
为构件 {
 选择适宜的材料；
 确定合理的截面形状和尺寸；
 提供必要的理论基础和计算方法。

矛盾：安全——经济



5.1 材料力学的任务

三. 研究的内容和方法



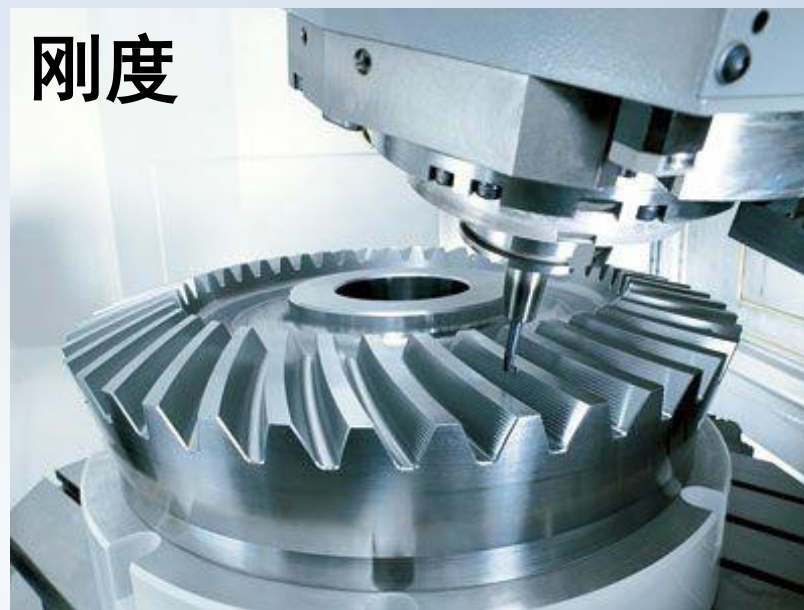


工程实例

强度



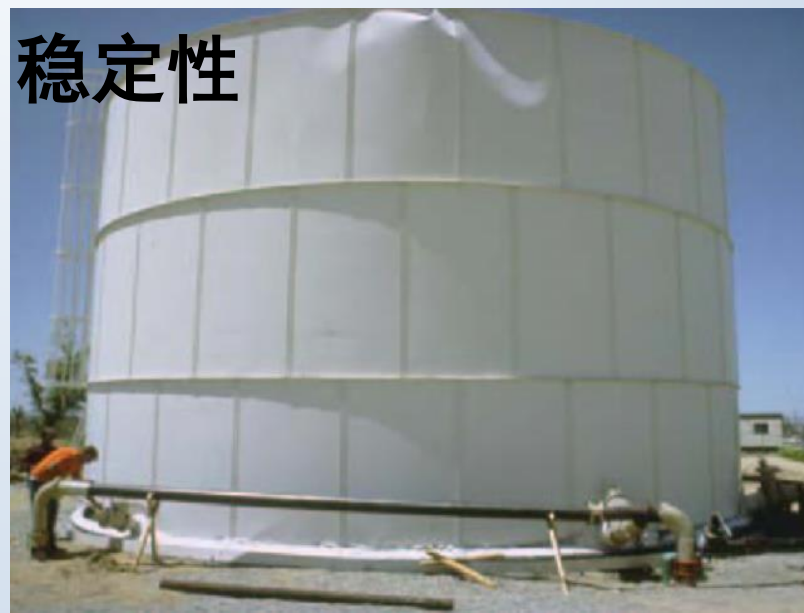
刚度



稳定性



稳定性

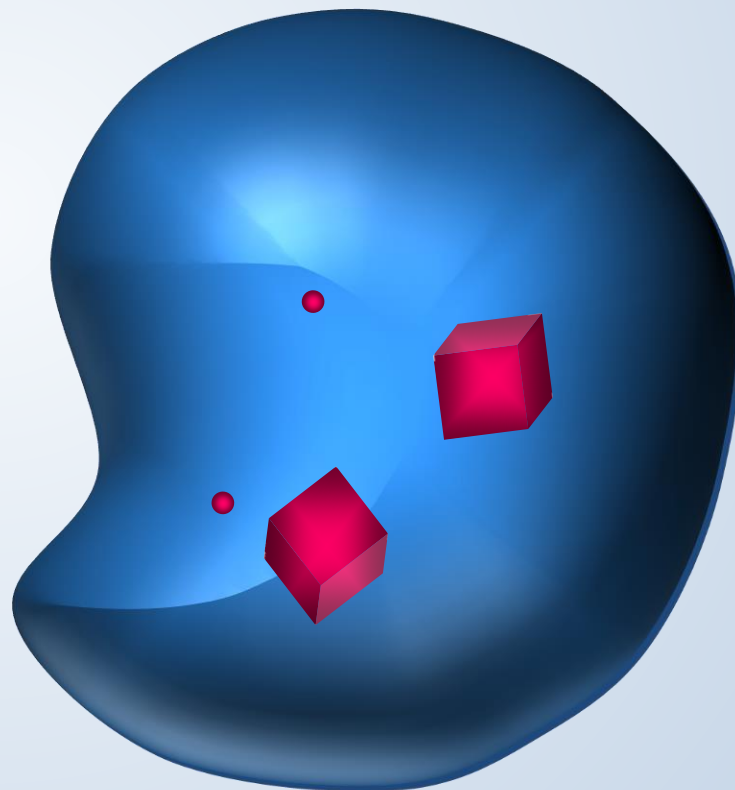




5.2 可变形固体的性质及其基本假设

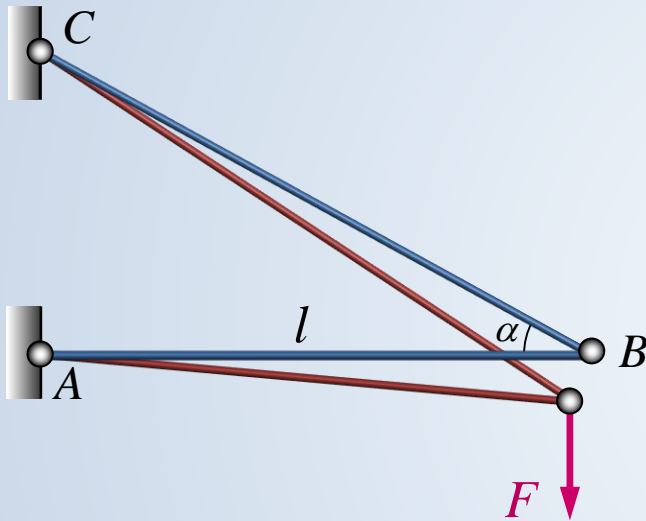
构件 \longrightarrow 可变形固体 \longleftarrow 材料

1. 连续性
2. 均匀性
3. 各向同性



5.2 可变形固体的性质及其基本假设

四. 小变形条件 —— 原始尺寸原理



物体的变形是客观存在的,当结构的支反力没有求出时, **变形是无法求解的**, 为了应用静力平衡方程, 求出支反力, 引入小变形原理 (**原始尺寸原理**)。

变形量 \ll 原始尺寸

$$\Delta l \ll l \quad \Delta \alpha \ll \alpha$$

5.3 内力、截面法和应力的概念

一. 内力

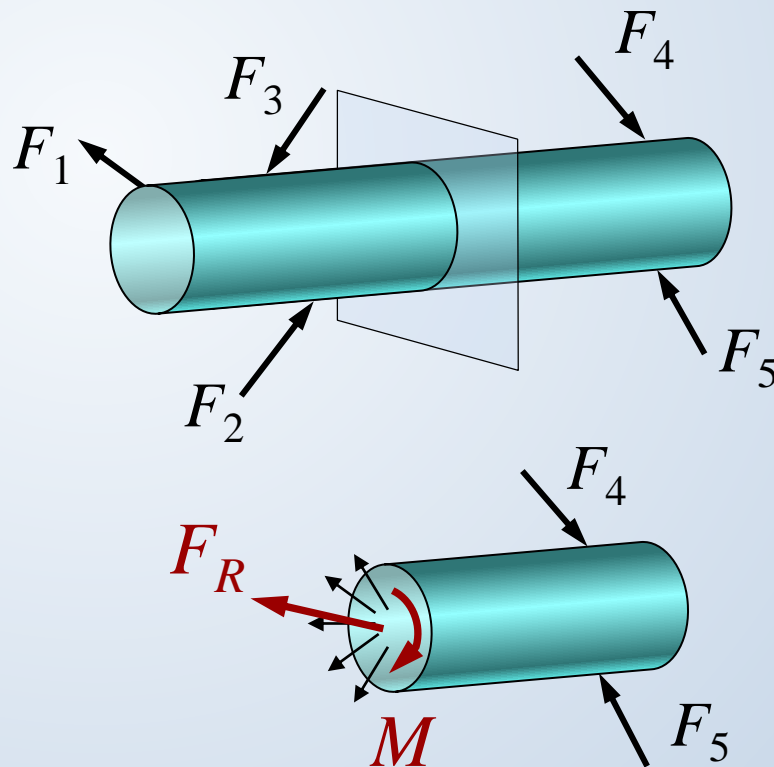
在外力作用下，物体内部相互作用力的变化量（附加内力）

方法：截面法

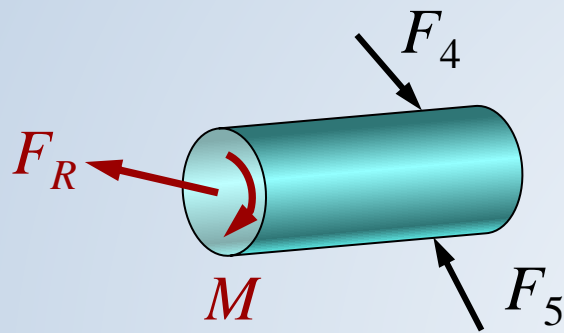
截 取 代 平

内力： F_R M

$$\sum \vec{F} = 0 \quad \sum \vec{M} = 0$$



5.3 内力、截面法和应力的概念



平衡方程:

$$\sum F_x = 0 \quad \sum M_x = 0$$

$$\sum F_y = 0 \quad \sum M_y = 0$$

$$\sum F_z = 0 \quad \sum M_z = 0$$

特点：外力增大,内力增大。



内力的大小影响构件强度？

A diagram of a beam balance. A horizontal beam is pivoted on a vertical support. The beam has a mass m and a weight n acting downwards. A force F acts upwards at a distance a from the pivot. The distance from the pivot to the weight n is b .

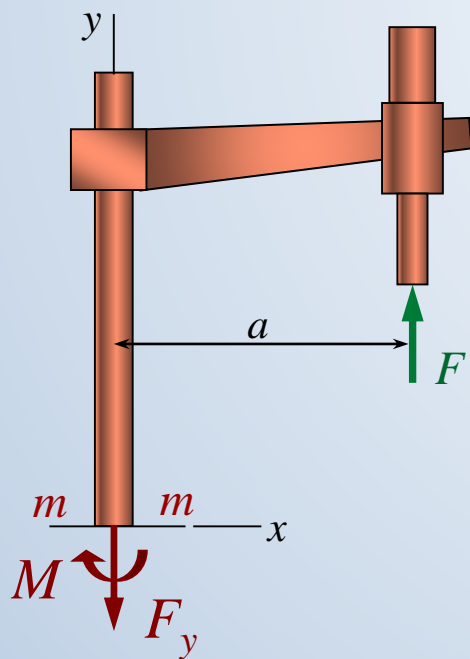
解：截面法

取：取上半部分为研究对象

平: $\sum F_y = 0 \quad F_y - F = 0$

$$\sum M_o = 0 \quad F \cdot a - M = 0$$

解得: $F_y = F$ $M = Fa$

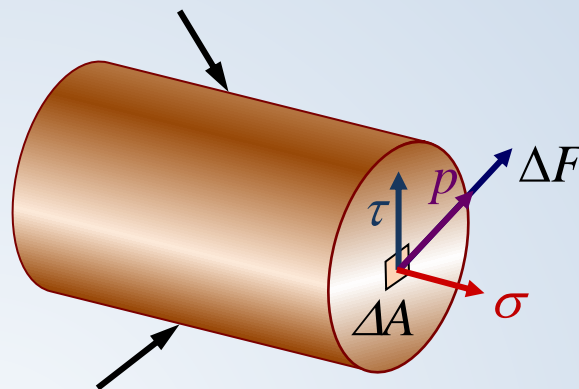


5.3 内力、截面法和应力的概念

二. 应力

定义：内力的集度

应力：
$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A} = \frac{dF}{dA}$$



应力分解： $\left\{ \begin{array}{l} \text{垂直于截面的正应力 } \sigma \\ \text{与截面相切的切应力 } \tau \end{array} \right.$

σ —拉为正，压为负

τ —对体内任一点取矩，顺时针为正

单位 $1\text{N/m}^2 = 1\text{Pa}$ $1 \times 10^6 \text{N/m}^2 = 1\text{MPa}$ $1 \times 10^9 \text{N/m}^2 = 1\text{GPa}$



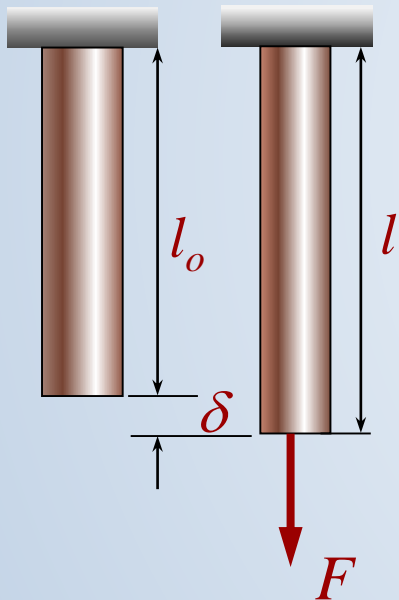
5.4 变形与应变的概念

一. 变形

构件在外力作用下要产生变形

变形：构件在外力作用下尺寸和形状的改变。

位移：构件在变形的同时，其上的点、线、面相对于初始位置的变化。



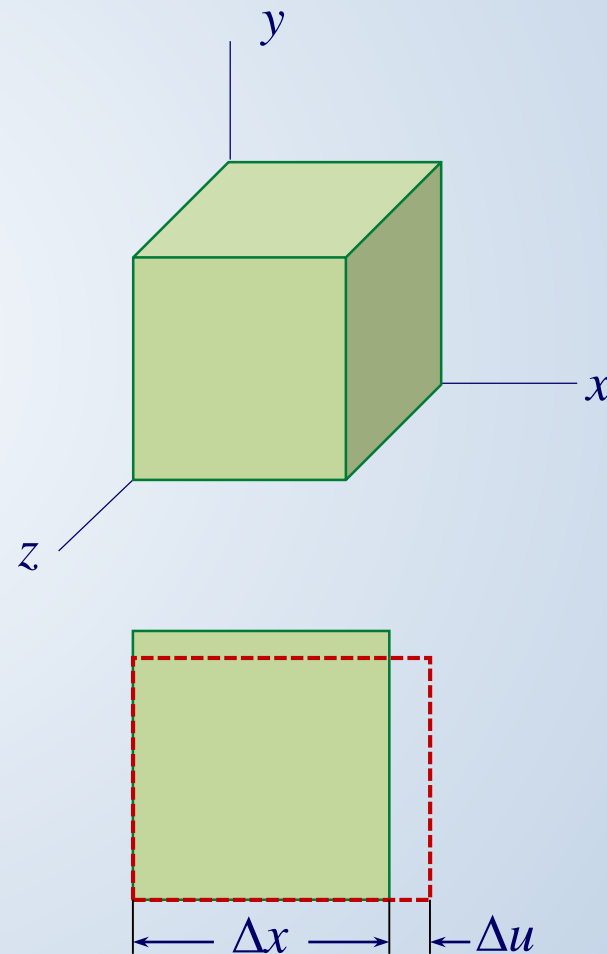


5.4 变形与应变的概念

二. 应变

线应变 ε : 一点处沿某一方向长度的改变程度

$$\text{例: } \varepsilon_x = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta u}{\Delta x} = \frac{du}{dx}$$

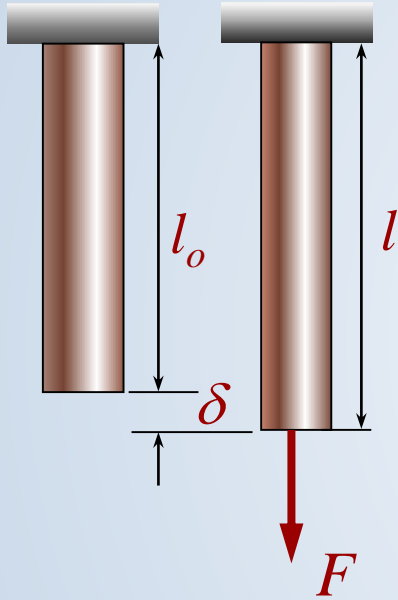


ε 符号规定 $\left\{ \begin{array}{l} \oplus \text{ 伸长} \\ \ominus \text{ 缩短} \end{array} \right.$



5.4 变形与应变的概念

例2 求轴向应变 ε_y



$$\varepsilon_y = \frac{l - l_o}{l_o} = \frac{\delta}{l_o}$$

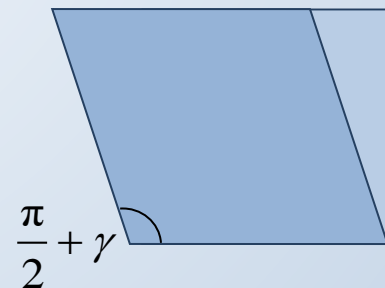
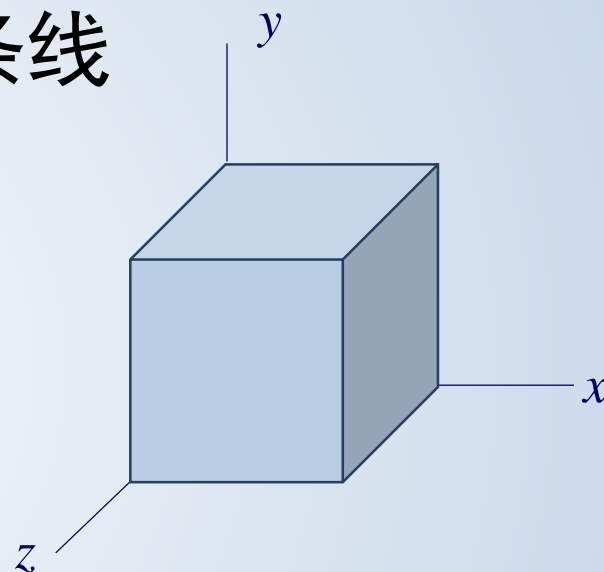


5.4 变形与应变的概念

切应变 γ ：互相正交的任何两条线段夹角的改变量

γ $\left\{ \begin{array}{l} \oplus \text{ 直角变大} \\ \ominus \text{ 直角变小} \end{array} \right.$

ε, γ 均为无量纲的量。





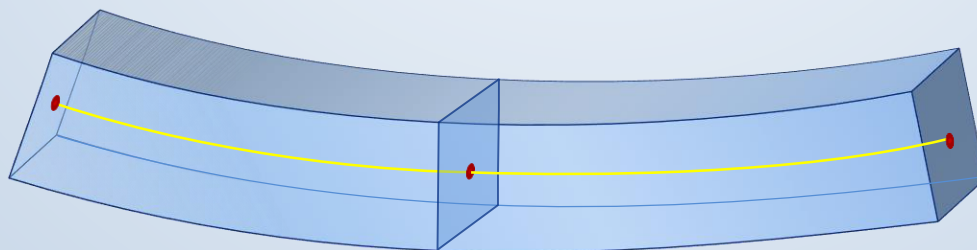
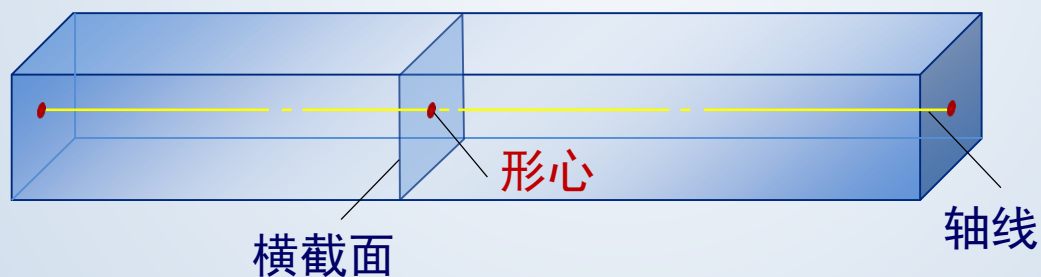
5.5 杆件变形的的基本形式

一. 主要研究对象

构件外形：杆 板 壳 块

直杆-----轴线为直线，横截面与轴线垂直

曲杆-----轴线为曲线，横截面与轴线垂直





5.5 杆件变形的基本形式

二. 杆件变形的的基本形式

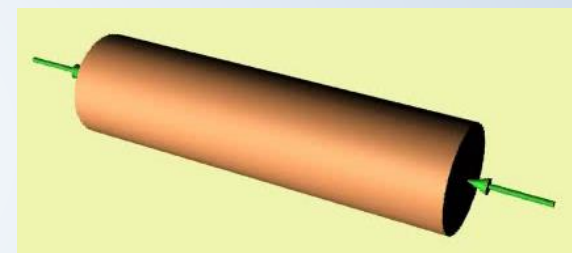
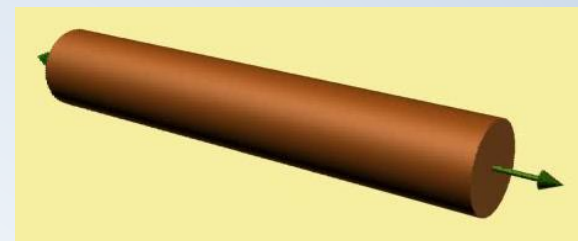
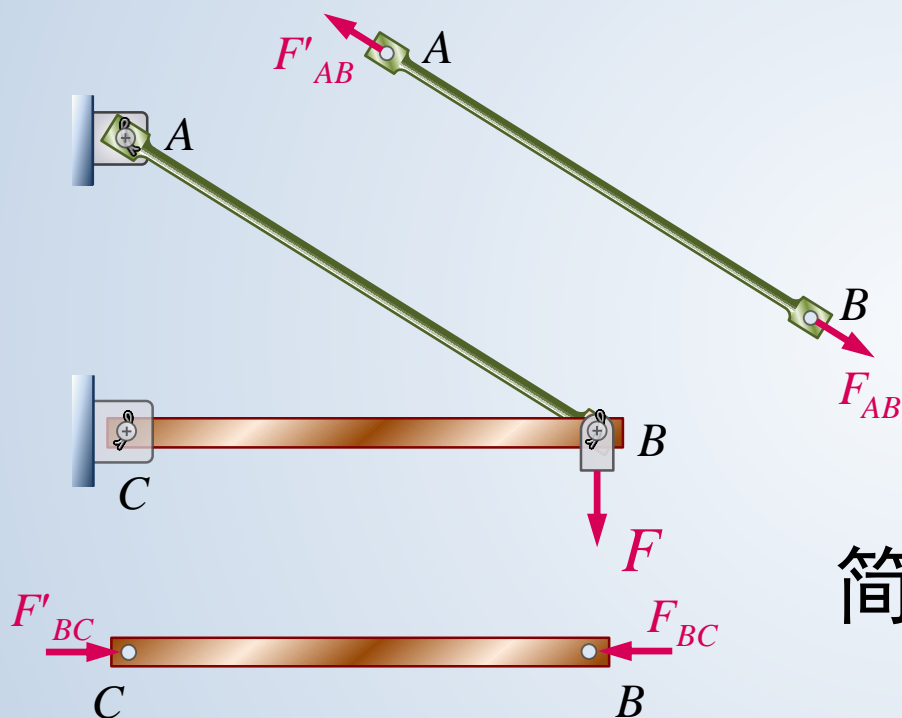
将构件的受力进行抽象,基本变形可分为四种。

1. 拉, 压 2. 剪切 3. 扭转 4. 弯曲



5.5 杆件变形的的基本形式

1. 轴向拉压



简图

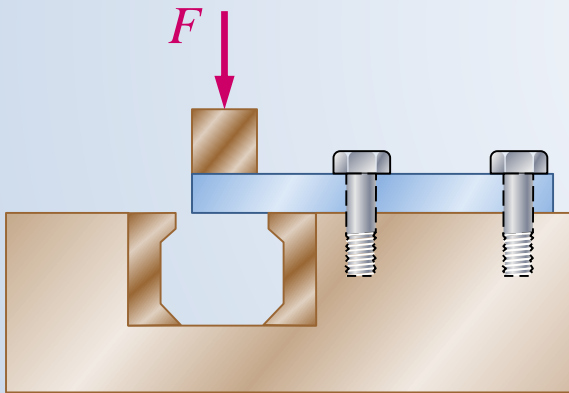
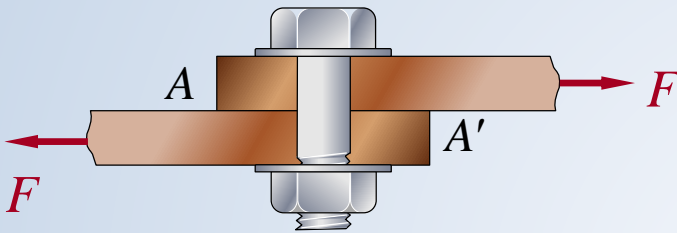


特征：受一对作用线与杆轴线重合的外力的作用

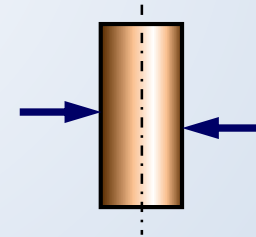
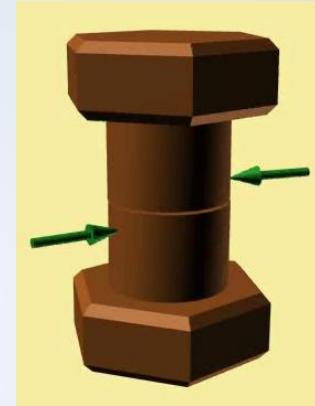


5.5 杆件变形的的基本形式

2. 剪切



简图

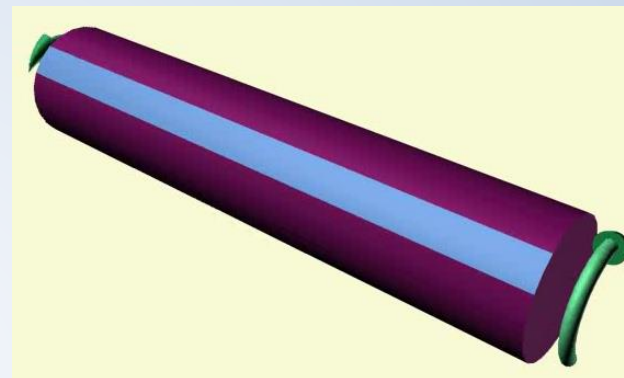
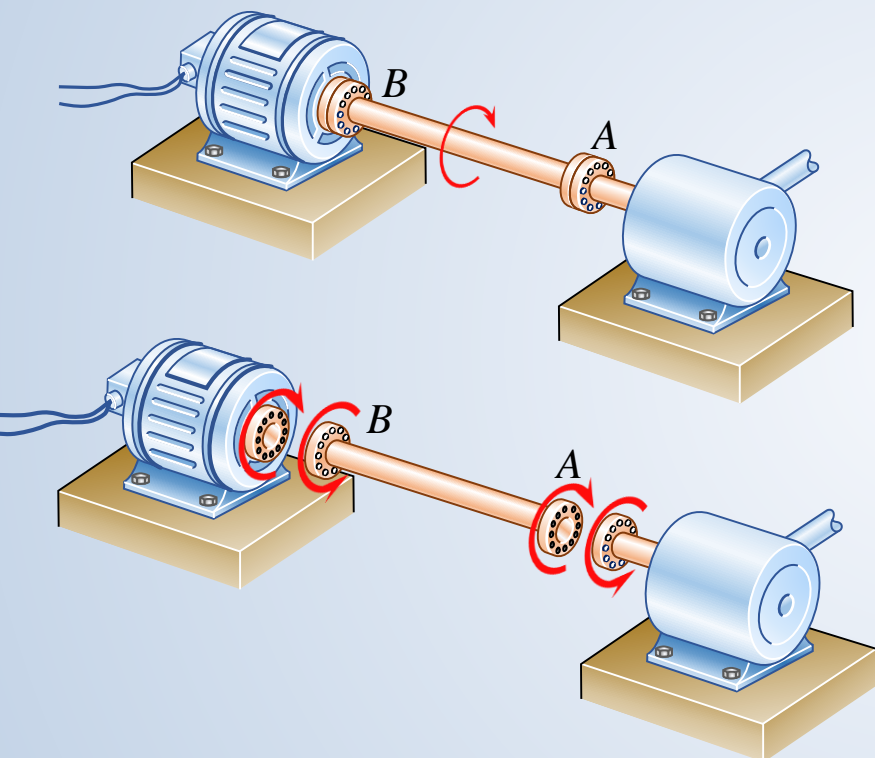


特征：受一对大小相等，指向相反，作用线相距很近的横向外力的作用。

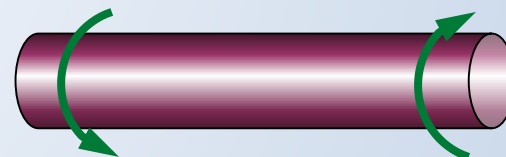


5.5 杆件变形的基本形式

3. 扭转



简图

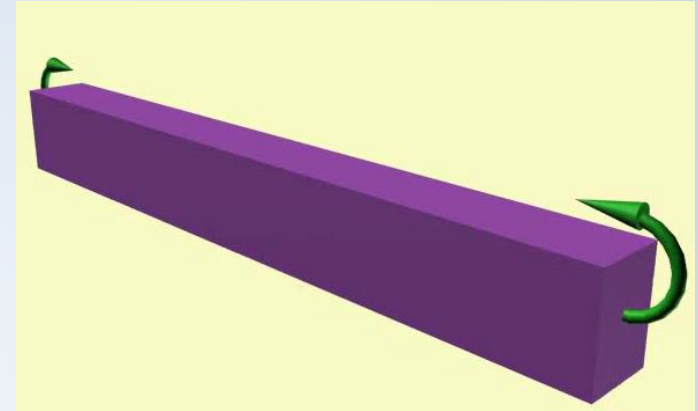
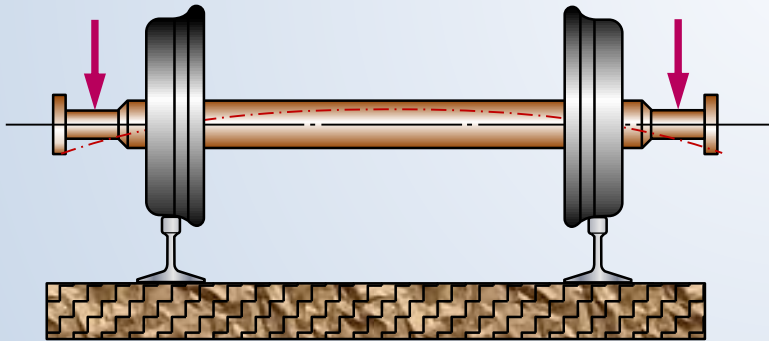
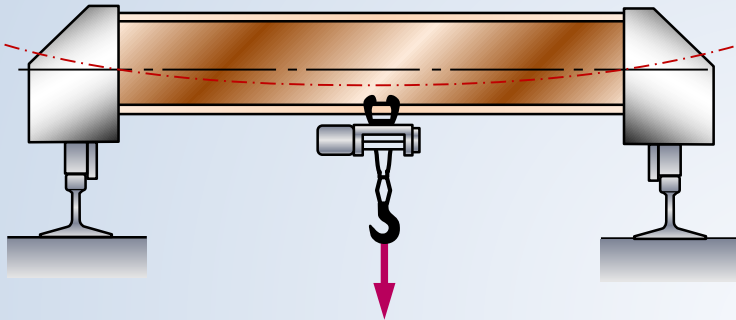


特征：一对大小相等转向相反，作用面垂直于杆轴线的外力偶的作用。

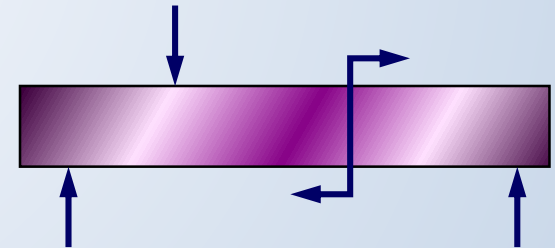


5.5 杆件变形的的基本形式

4. 弯曲



简图

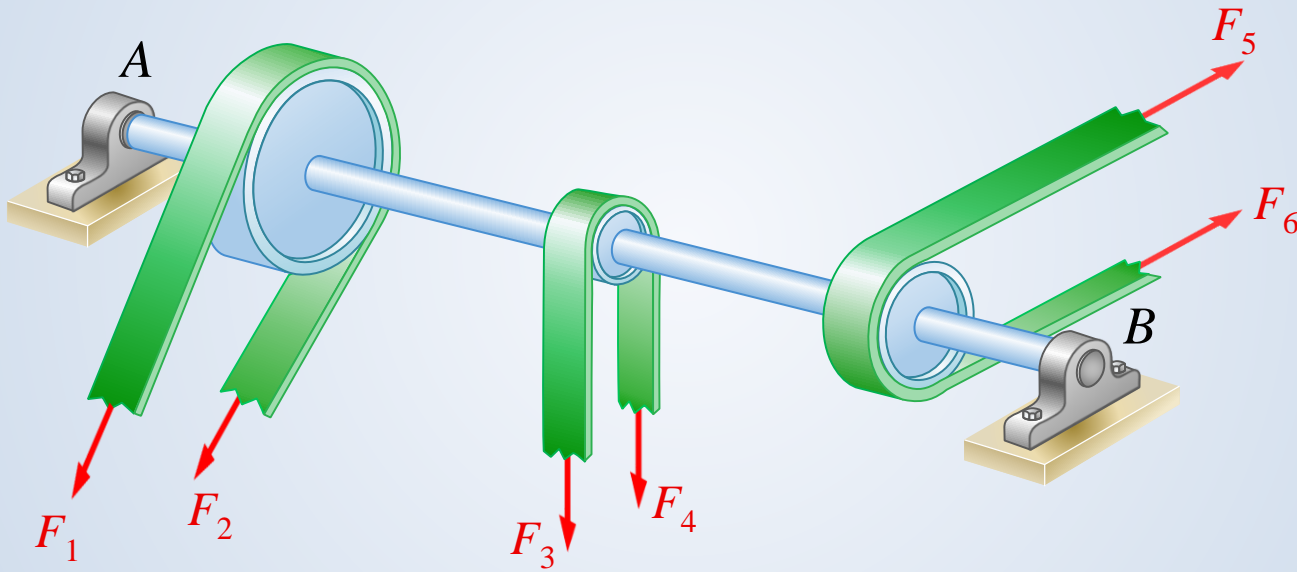


特征：受作用在杆件的纵向平面内的垂直于轴线的外力作用。



5.5 杆件变形的的基本形式

5. 组合变形



AB 弯扭组合变形



Thank you !