



第一讲 应力-应变曲线

一、工程应力-应变曲线

1. 名词概念

1) 弹性变形：卸载后可以恢复

塑性变形：卸载后不可恢复

2) 应力：

$$\sigma = \frac{P}{F_0}$$

应变：

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0}$$



2. 应力—应变曲线

1) 强度

弹性极限 — σ_e

屈服极限 — σ_s

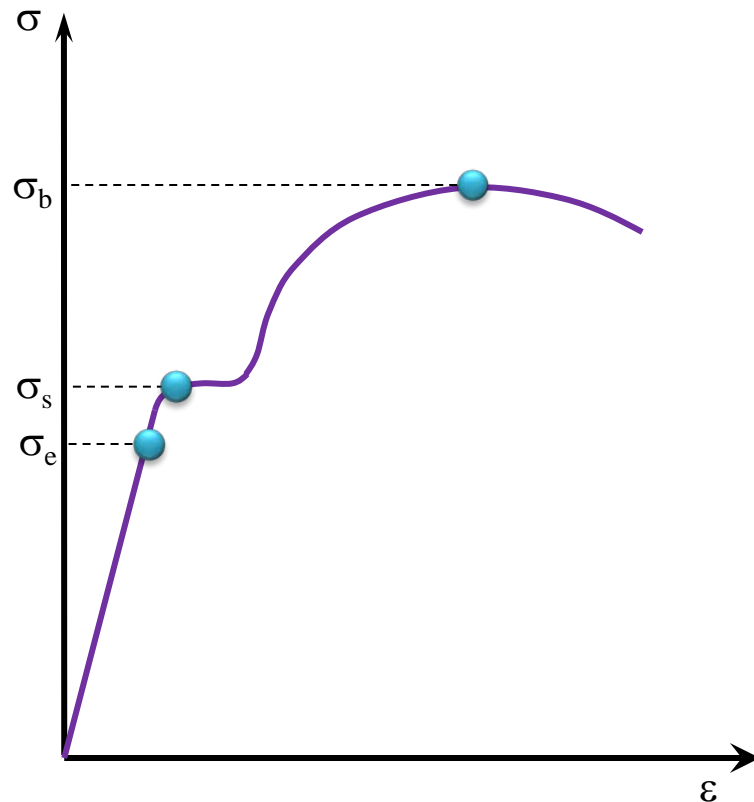
条件屈服极限 — $\sigma_{0.2}$

极限强度（抗拉强度）— σ_b

2) 塑性

延伸率 $\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0}$

断面收缩率 $\psi = \frac{F_0 - F_k}{F_0}$





3) 虎克定律

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

E —— 杨氏模量
 G —— 剪切模量

} —— 弹性模量

E 、 G 反映原子间结合力的大小



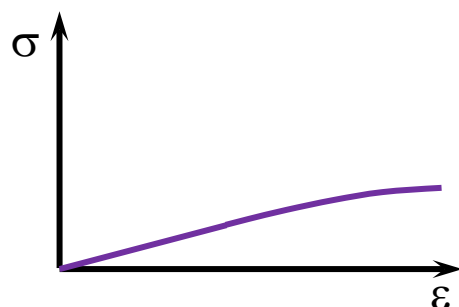
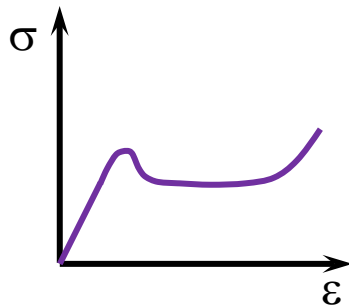
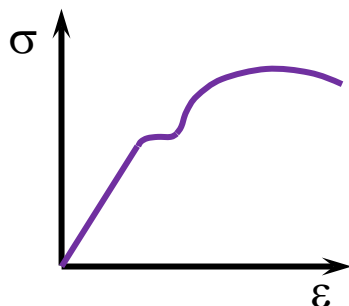
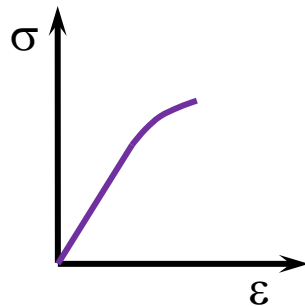
弹性变形的特点:

- ✈ 线性: 应力和应变满足直线关系。
- ✈ 可逆性: 去掉外力, 变形就消失。
- ✈ 变形量:
 - 🌀 陶瓷材料的弹性变形很小
 - 🌀 金属材料的弹性变形略大
 - 🌀 高聚物材料的弹性变形可以比较大

$$\sigma = E\varepsilon$$

$$\tau = G\gamma$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$





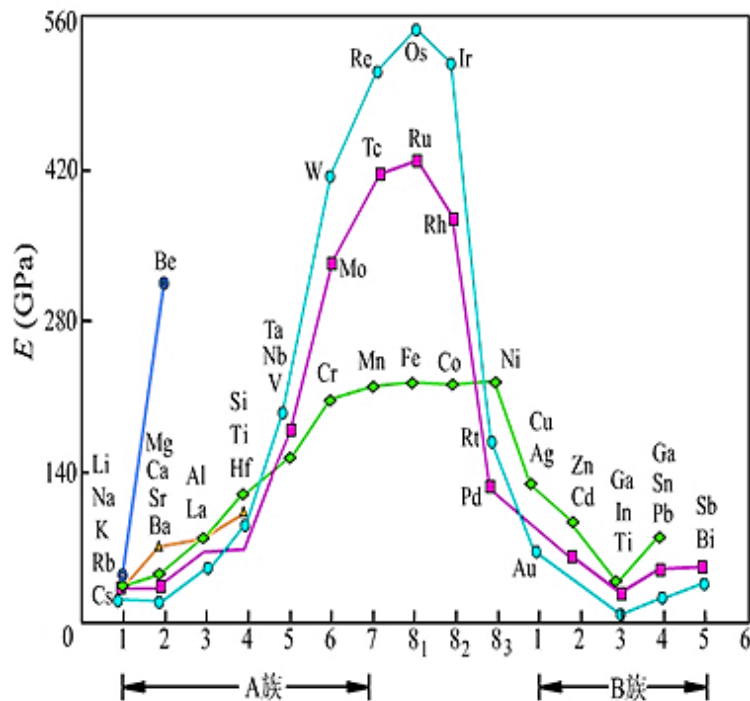
影响弹性模量的主要因素：

✈ 结构：弹性模量与原子序数呈周期性变化趋势。

✈ 温度：T升高，E下降。

✈ 合金元素：

- ④ 对结构不敏感
- ④ 少量合金元素不影响
- ④ 大量合金元素，引起畸变，使E下降





几种材料的弹性模量

材料	$E/10^4\text{MPa}$	泊松比
钢	20.7	0.28
铜	11	0.35
聚乙烯	0.3	0.38
橡胶	$10^{-4}\sim 10^{-3}$	0.49
氧化铝	40	0.35



二、真应力—真应变曲线

1. 真应变

$$de = \frac{dl}{l}$$

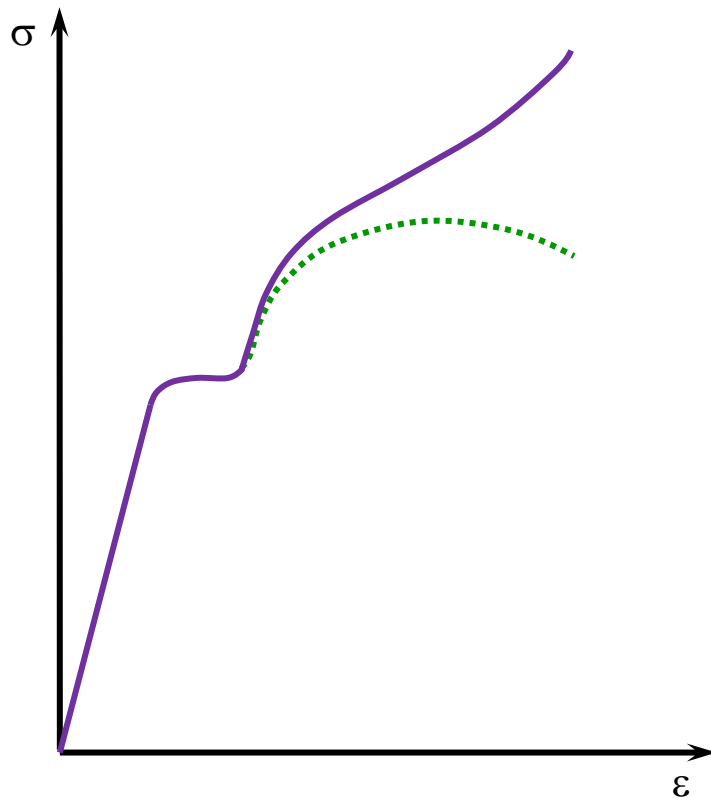
$$e = \int de = \int_{l_0}^l \frac{dl}{l} = \ln \frac{l}{l_0} = \ln(1 + \delta)$$

2. 真应力

$$S = \frac{P}{F}$$

$$S = \frac{P}{F} = \frac{P}{F_0} \cdot \frac{F_0}{F} = \frac{P}{F_0} \cdot \frac{l}{l_0} = \sigma(\varepsilon + 1)$$

$$\varepsilon = \frac{l}{l_0} - 1 \Rightarrow \frac{l}{l_0} = \varepsilon + 1$$





3. 流变曲线

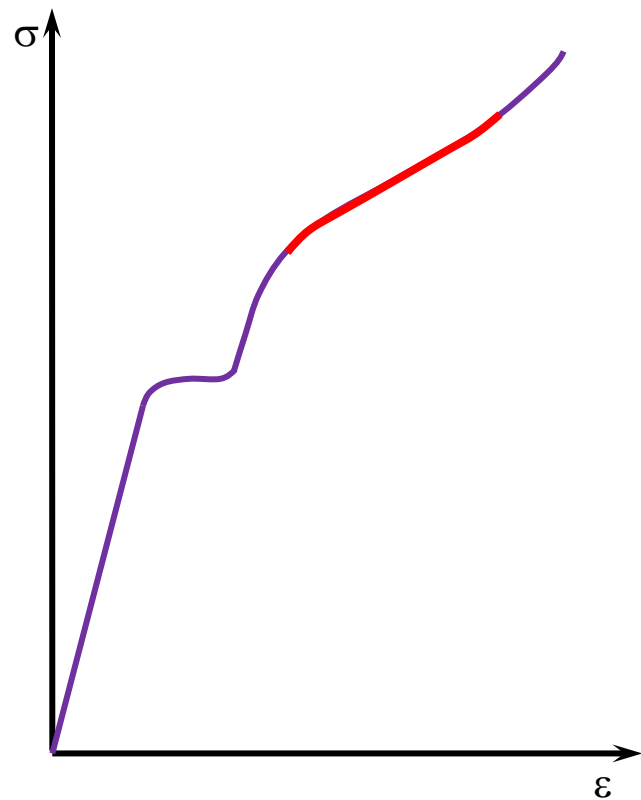
真应力—真应变曲线中均匀塑变部分曲线

$$S = ke^n$$

k —— 常数

n —— 形变硬化指数

——表示抵抗继续塑变的能力





三、工程应力—应变 与 真应力—真应变

应力: $\sigma = \frac{P}{F_0}$

P —— 瞬时载荷
 F_0 —— 初始截面积

真应力: $S = \frac{P}{F}$

P —— 瞬时载荷
 F —— 瞬时截面积

应变: $\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0}$

$l - l_0$ —— 总伸长量
 l_0 —— 初始长度

真应变: $de = \frac{dl}{l}$

dl —— 瞬时伸长量
 l —— 瞬时长度