



# 第五讲 固溶体的塑性变形



**合金：** 由两种或多种元素混合构成的物质

固溶体

化合物

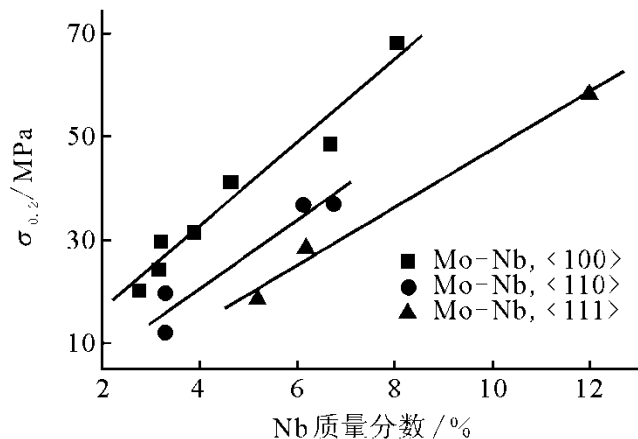
**合金种类：**

固溶体合金 }  
化合物合金 } —— 单相合金

固溶体 I + 固溶体 II }  
固溶体（基体） + 化合物（第二相） } —— 两相合金

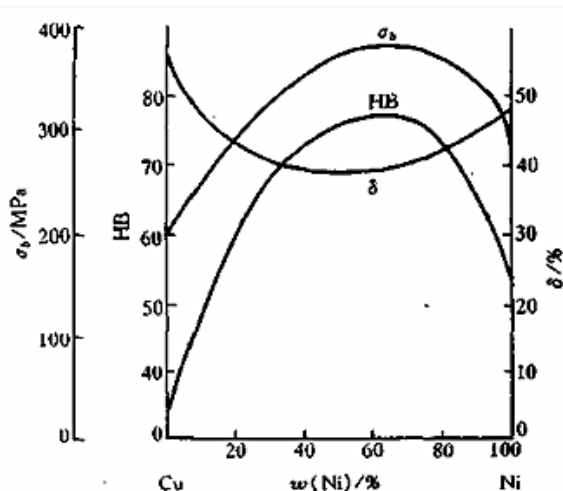


## 一、固溶体塑性变形的现象

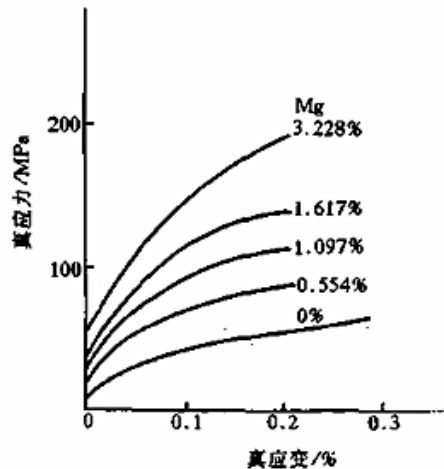


张华锋, 郑剑平, 杨启法 溶质原子 Nb 对 Mo-Nb 合金单晶高温内压蠕变性能的影响 中国原子能科学研究院年报 (2010): 229-231

不同晶向的Mo-Nb合金单晶1600℃拉伸性能



Cu-Ni合金室温力学性能



Al-Mg合金室温拉伸性能



**单晶体：** 相当于一个单独的晶粒

**多晶体：** 多个晶粒  $\left\{ \begin{array}{l} \text{晶粒间有位向差} \\ \text{晶粒间有晶界} \end{array} \right.$  —— 影响位错运动

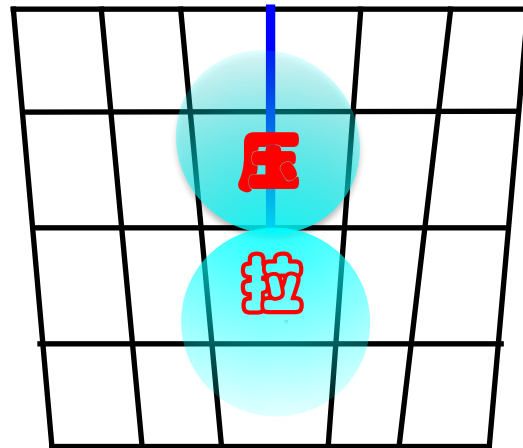
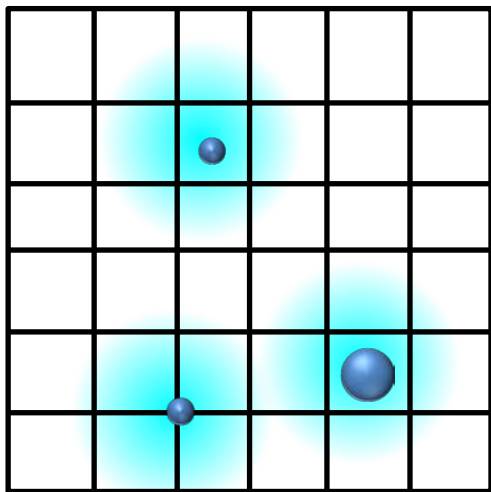
**固溶体合金：**  $\left\{ \begin{array}{l} \text{多个晶粒} \\ \text{溶质原子} \end{array} \right.$  —— 影响位错运动

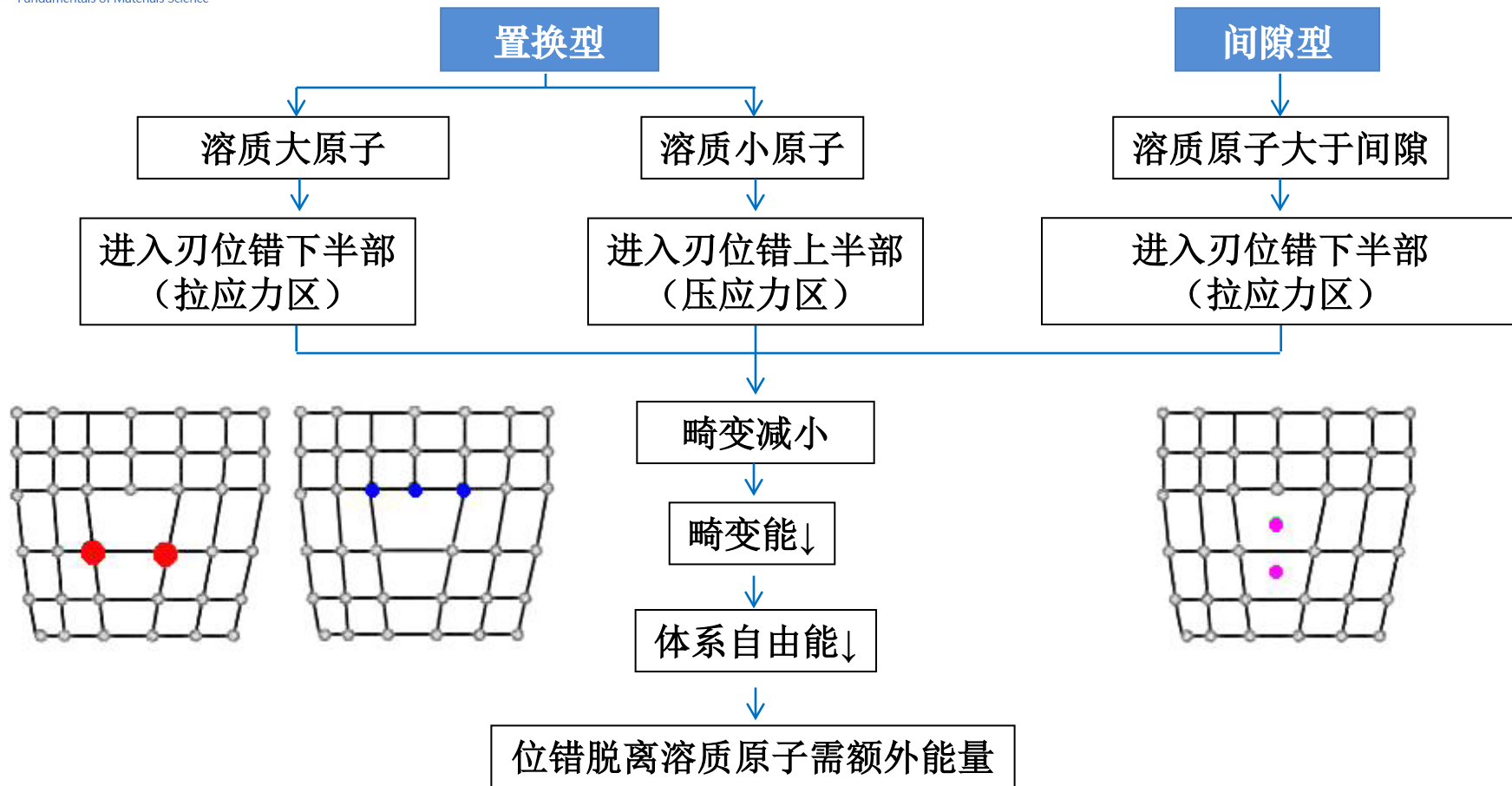


## 二、固溶强化

### 1. 柯氏气团

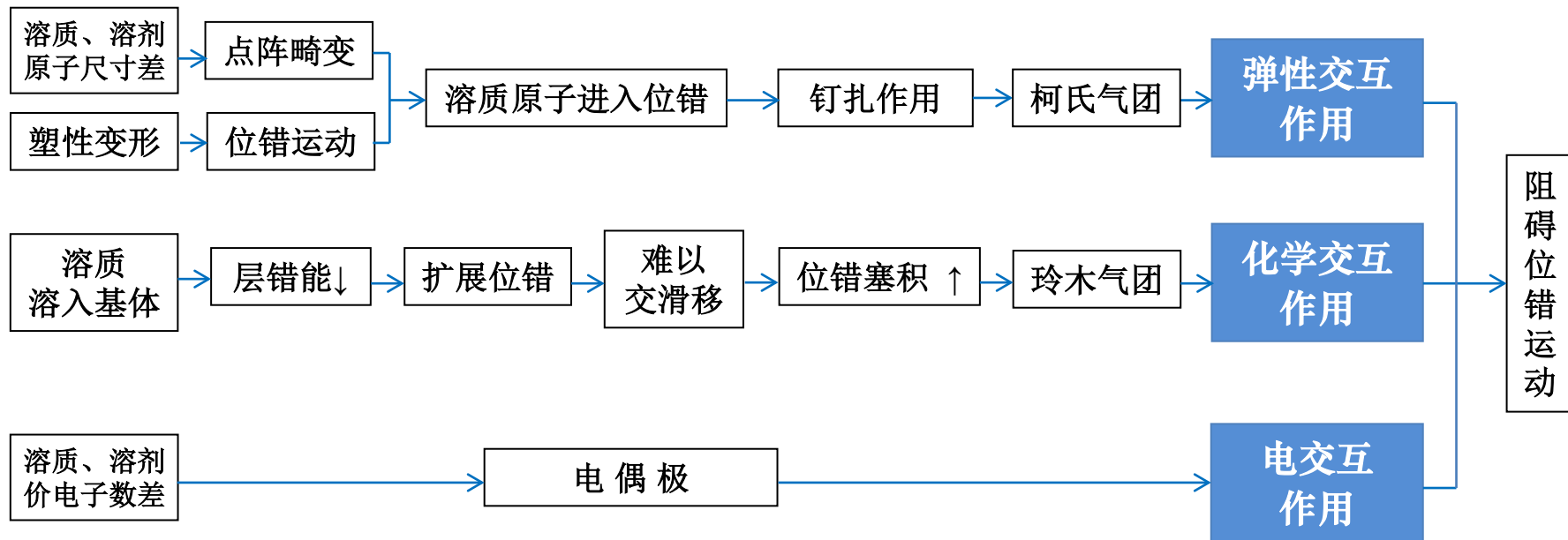
位错与溶质原子的弹性交互作用 —— 柯氏气团







## 2. 固溶强化机理





### 3. 影响固溶强化的因素

- ④ 溶质浓度:  $C \uparrow \longrightarrow \sigma_b \uparrow$ , 且低浓度时较明显
- ④ 原子尺寸差:  $\Delta d \uparrow \longrightarrow \sigma_b \uparrow$
- ④ 固溶体类型: 间隙型 > 置换型
- ④ 电子浓度: 价电子数差  $\uparrow \longrightarrow \sigma_b \uparrow$

### 4. 固溶强化特点

强度上升, 塑性略有下降





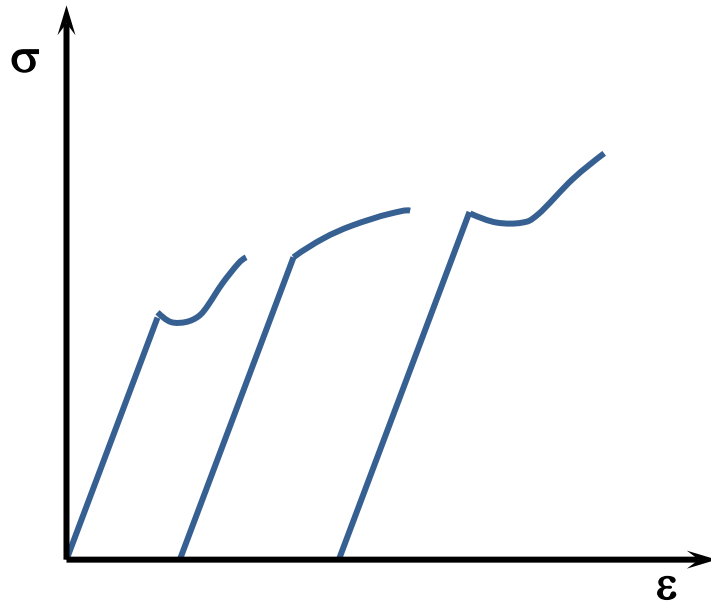
### 三、屈服与应变时效

#### 1. 现象： 以低碳钢为例

低碳钢拉伸 —— 明显屈服  
(上、下屈服点)

卸载后立即重新加载 —— 不再出现屈服现象

卸载后放置或经200℃加热再重新加载 —— 出现屈服现象，且屈服点提高  
—— (称) 应变时效

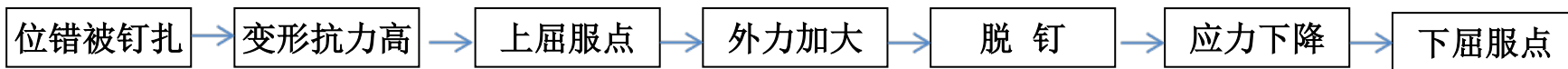




## 2. 机理

### 1) 屈服机理

#### 柯垂尔理论:



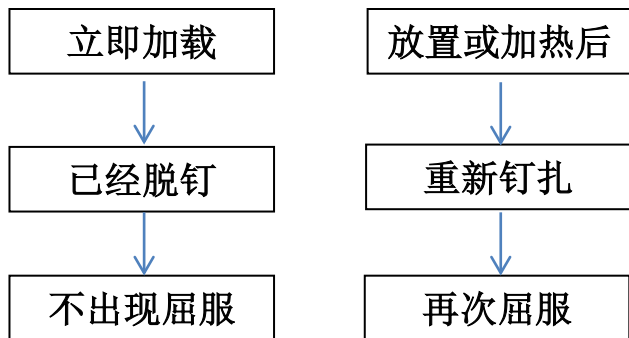
#### 位错增殖理论:





## 2) 应变时效机理

### 柯垂尔理论:



### 位错增殖理论:

