

第二章 碳钢

CARBON STEEL

纯金属的组织 and 性能

铁碳合金中的相 and 组织组成物

Fe-Fe₃C相图

钢中常存杂质元素对钢性能的影响

钢锭的组织 and 缺陷

碳钢的分类、牌号及用途

压力加工对钢组织和性能的影响

第一节 纯铁的组织 and 性能

STRUCTURE AND PROPERTIES OF PURE IRON

纯铁的结晶

纯铁的晶体结构

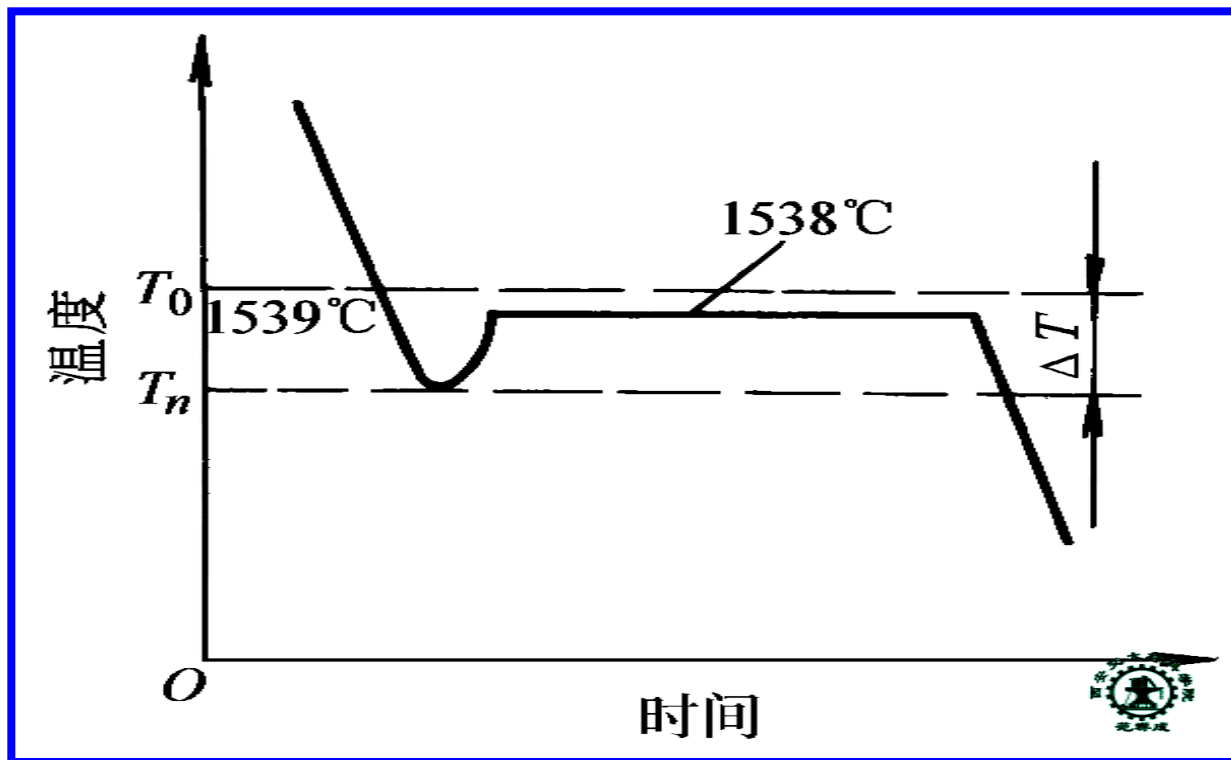
工业纯铁的组织 and 性能

THE END

一、纯铁的结晶

1. 过冷现象和过冷度

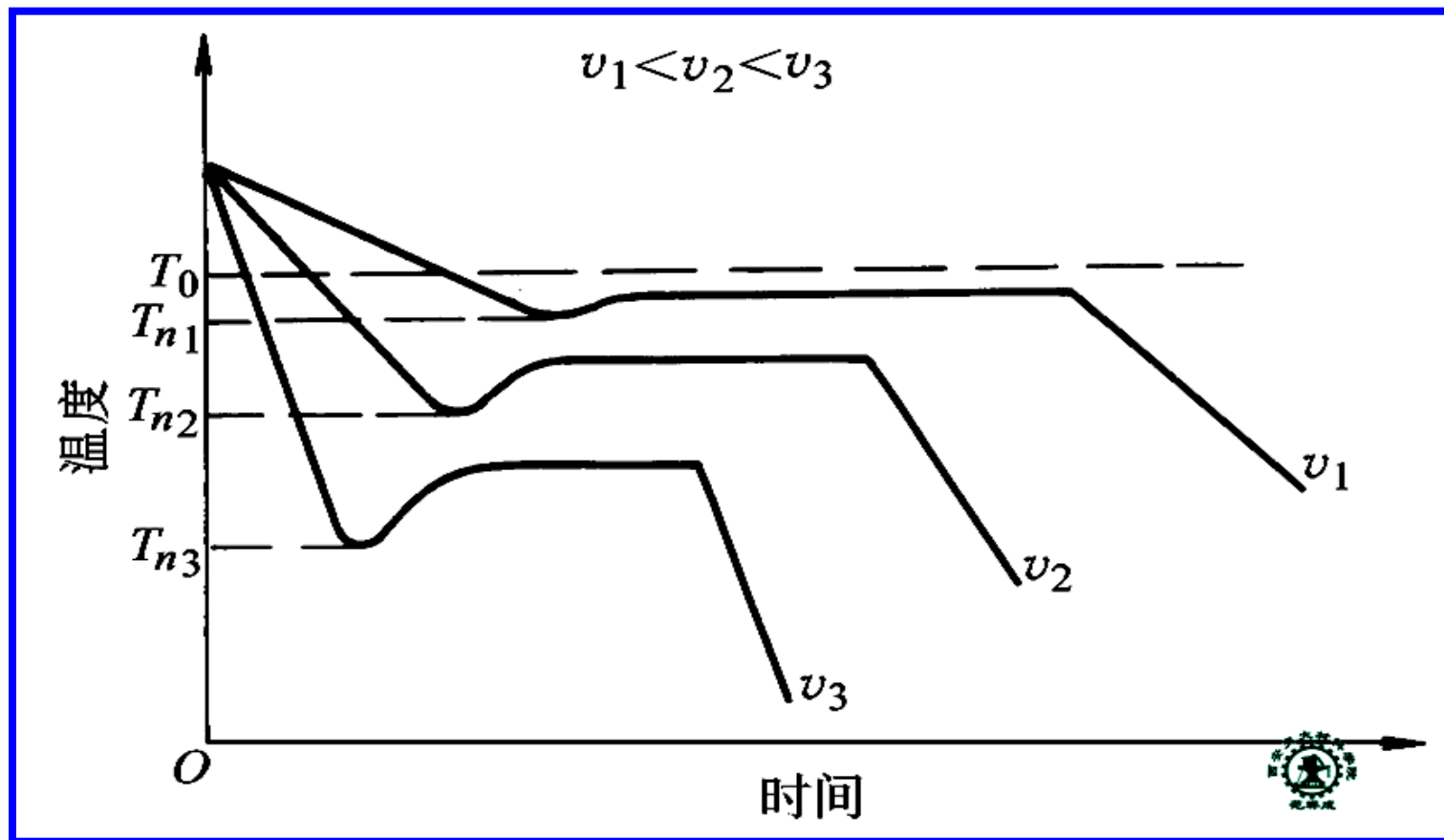
1) 冷却曲线



纯铁的冷却曲线（部分）

THE END

2) 过冷现象 — 实际开始结晶温度低于理论结晶温度的现象



不同冷却速度下的冷却曲线

THE END

3) 过冷度 ΔT — 实际开始结晶温度与理论温度的差值

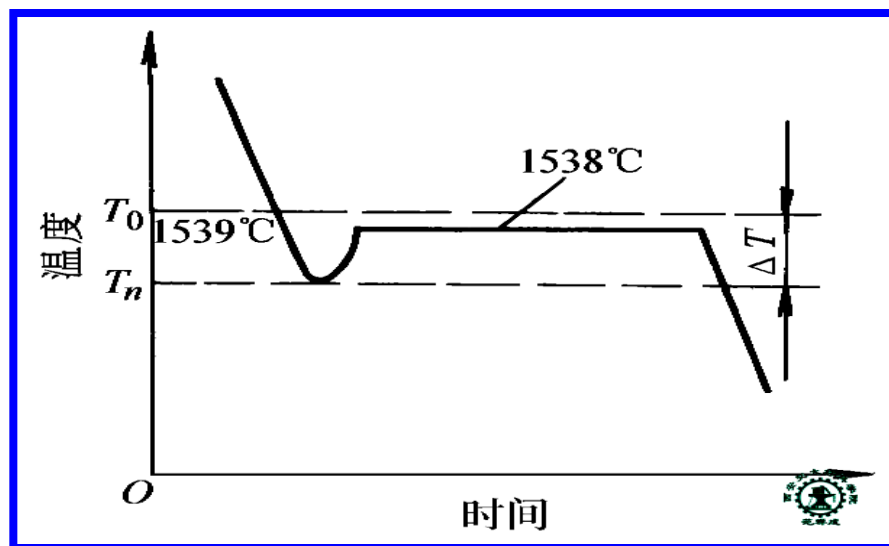
$$\Delta T = T_0 - T_n$$

T_0 — 理论结晶温度

T_n — 实际开始结晶温度

4) 结晶的必要条件 — 过冷度大于零

$$\Delta T > 0$$



2. 结晶过程

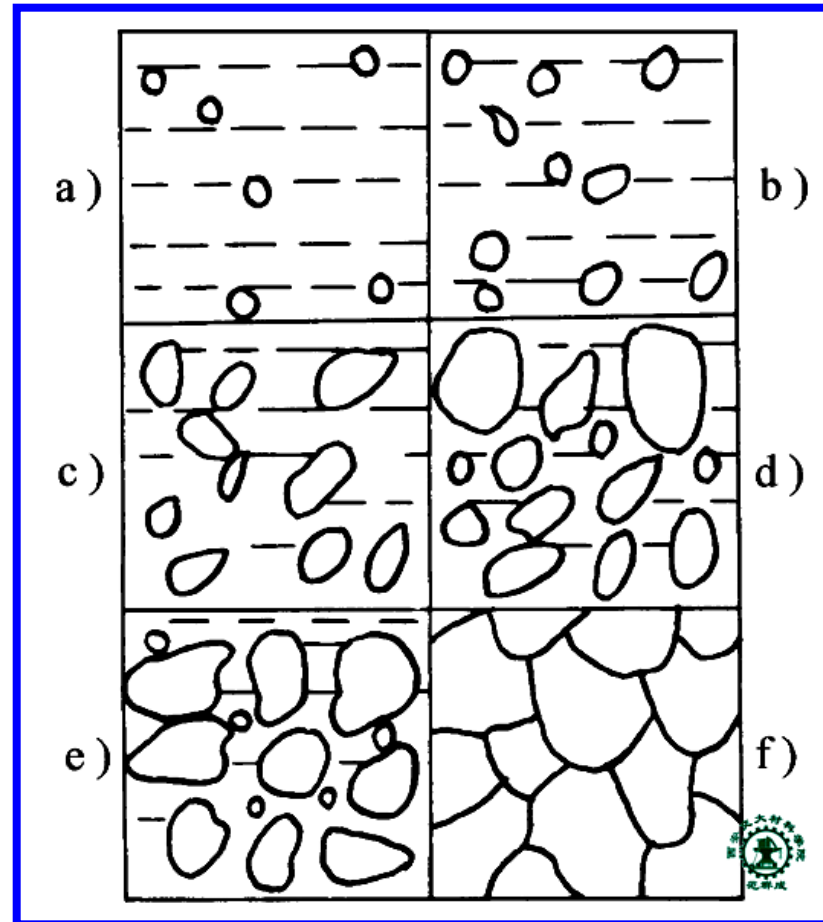
晶核形成 → 晶核长大

3. 细晶强化

— 同一金属，晶粒细小的有更高的强度、硬度、塑性和韧性

4. 铸造工艺中细化晶粒的方法

提高冷却速度，如用金属模等
加形核剂（孕育处理）
搅拌、振动



纯铁结晶过程示意图

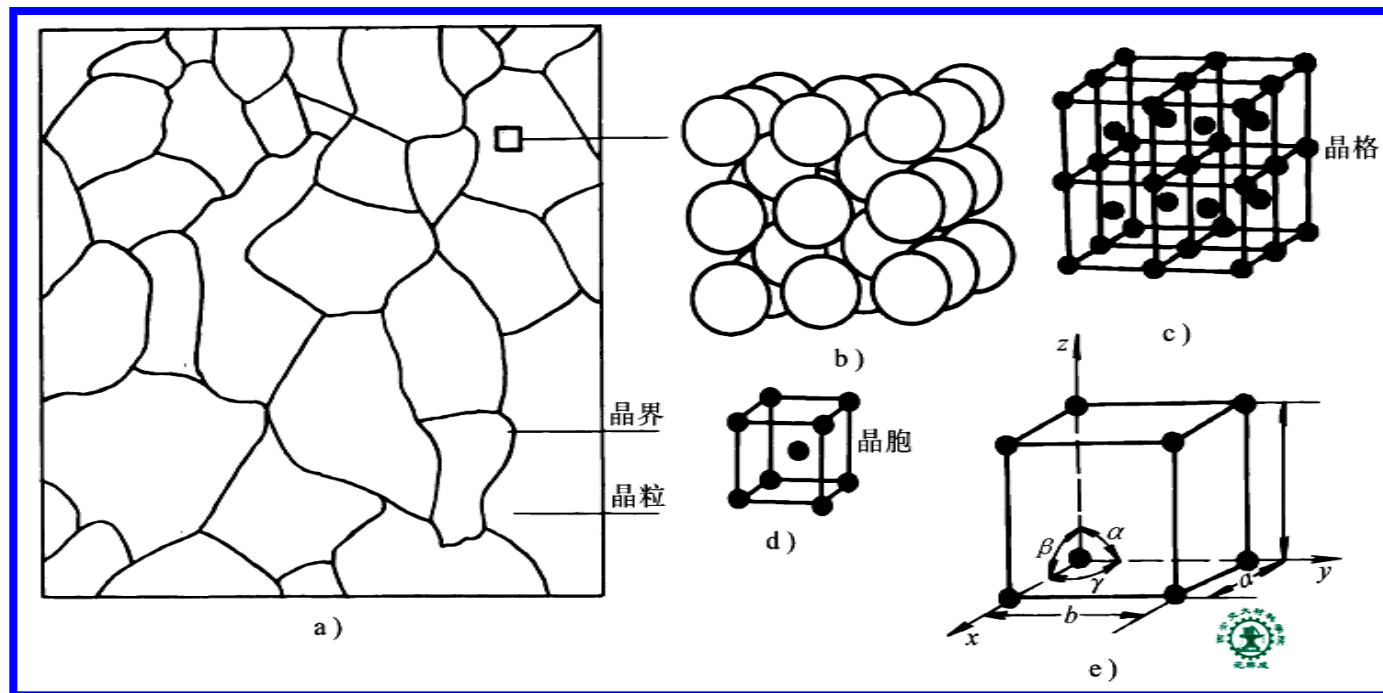
THE END

二、纯铁的晶体结构

1. 晶体结构的基本概念

1) 晶体 — 原子(或原子团, 离子或离子团, 分子或分子团)在空间有规则的周期性重复排列的固体

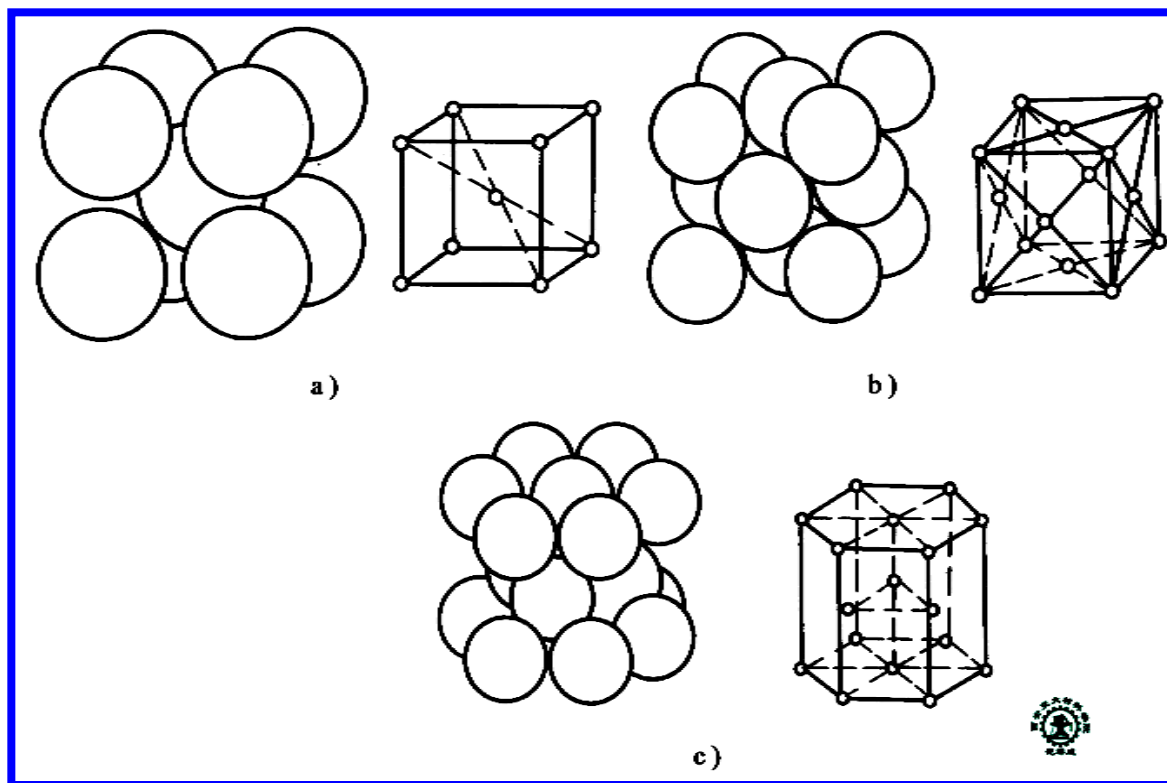
纯铁晶粒的内部结构示意图



THE END

2) 金属的典型 晶体结构

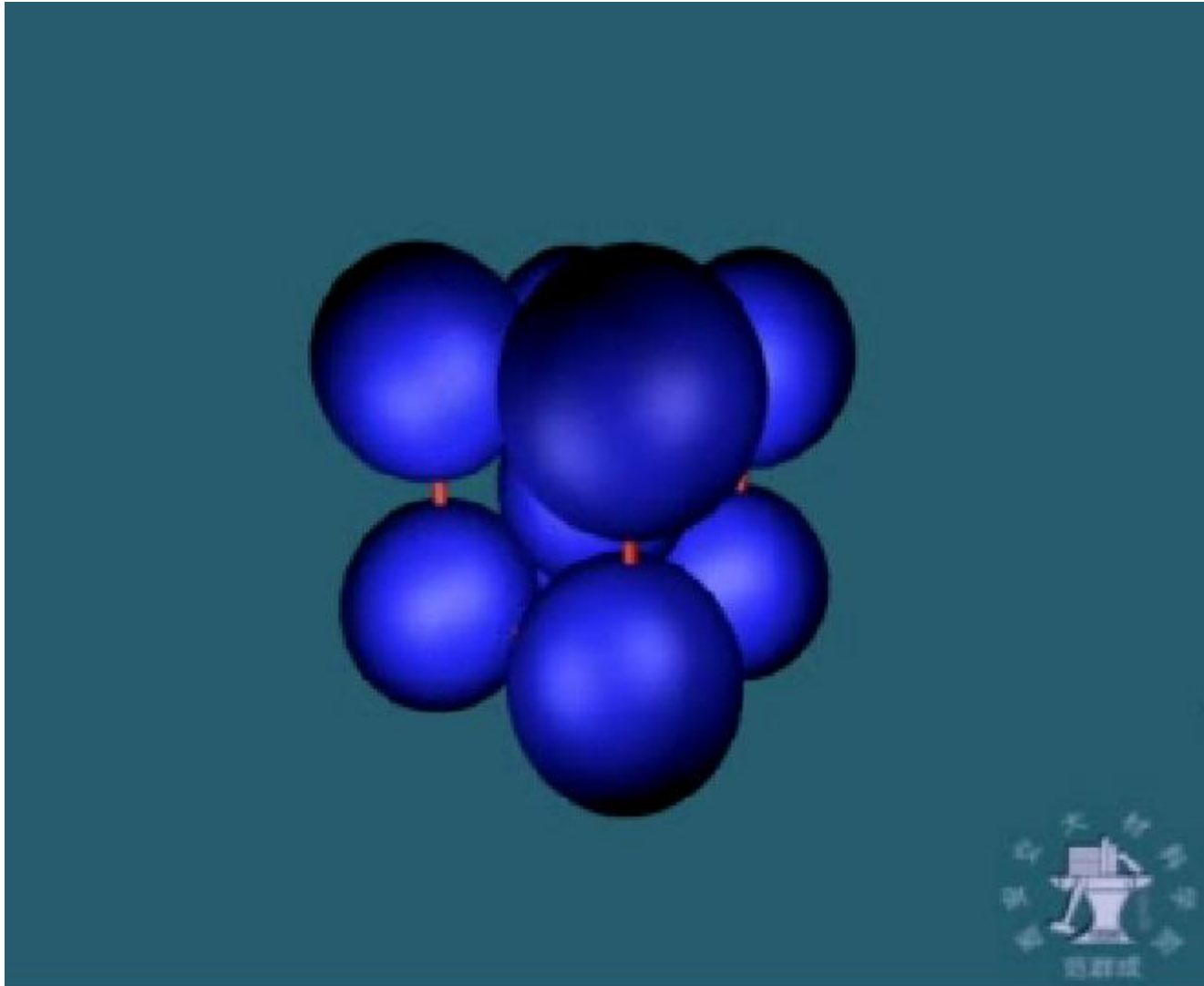
体心立方结构 (bcc)
面心立方结构 (fcc)
密排六方结构 (cph)



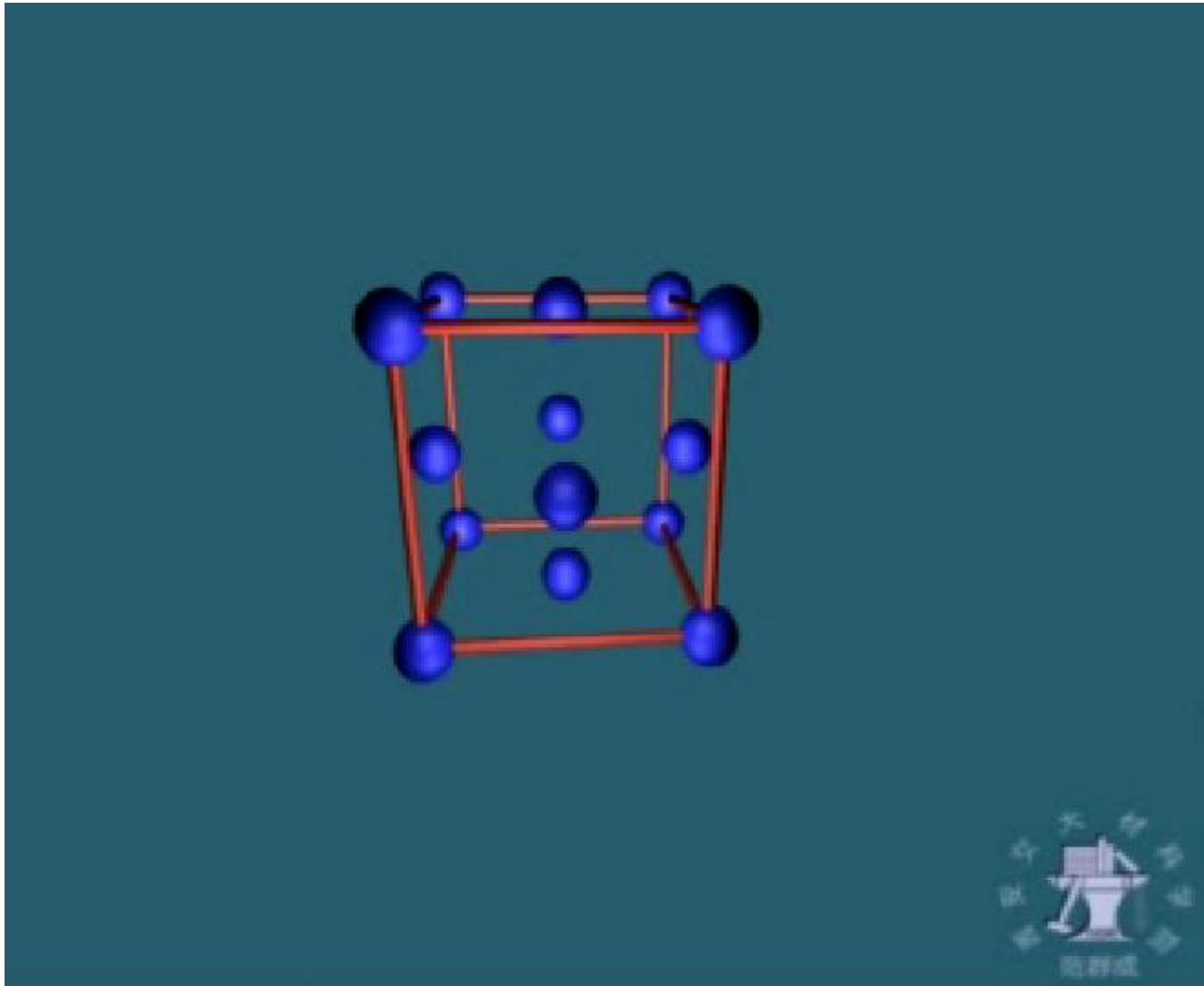
三种常见的金属晶胞 a) bcc b) fcc c) cph

THE END

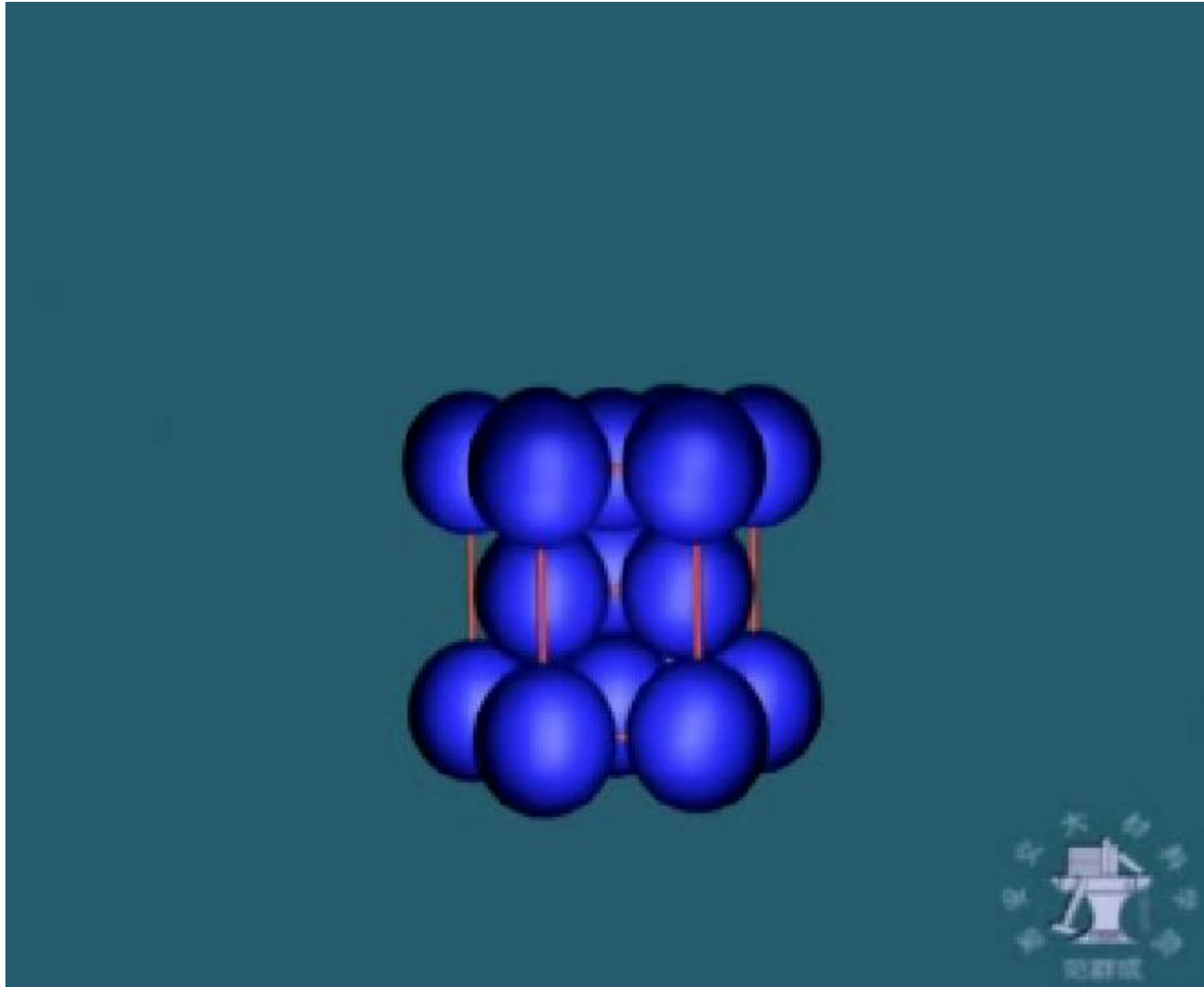
BCC 结构



FCC 结构



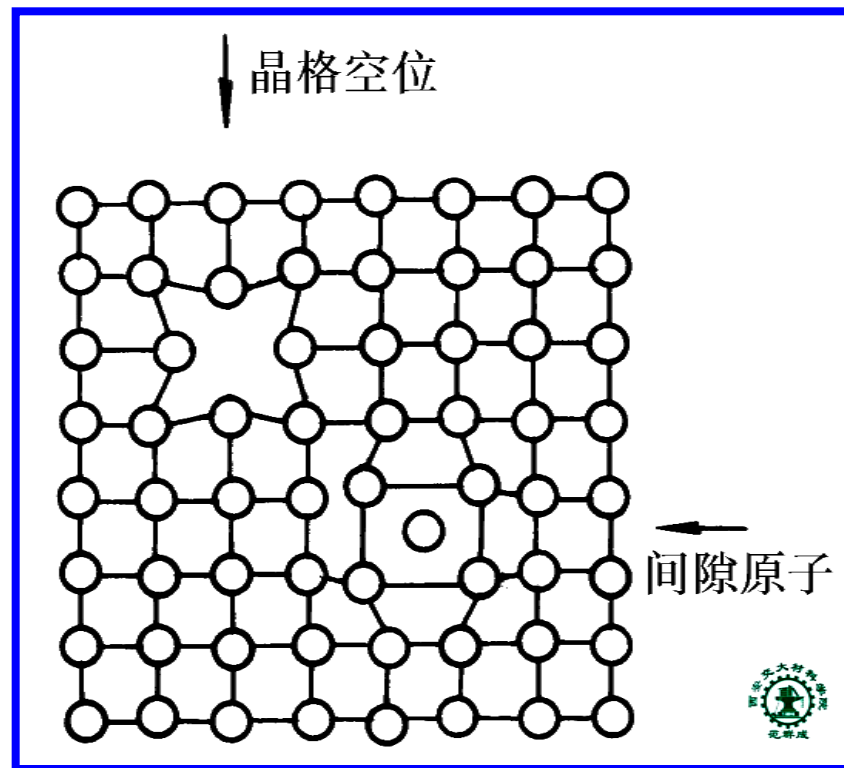
CPH 结构



2. 晶体缺陷的基本概念

晶体缺陷 { 点缺陷
 { 线缺陷 (位错)
 { 面缺陷

1) 点缺陷 { 空位
 { 间隙原子

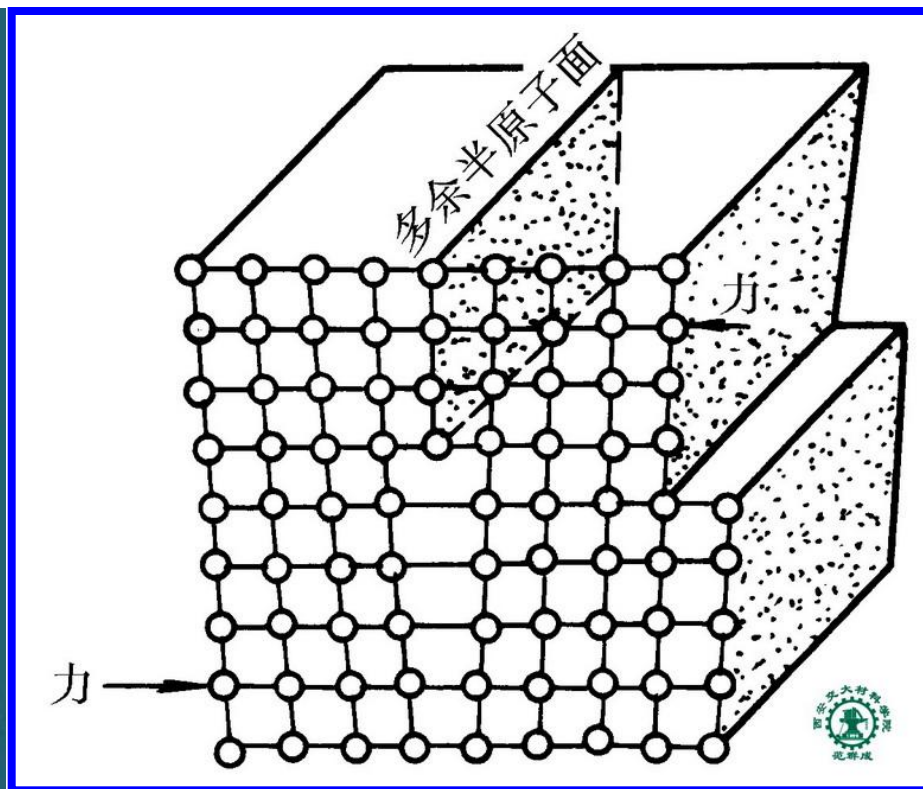
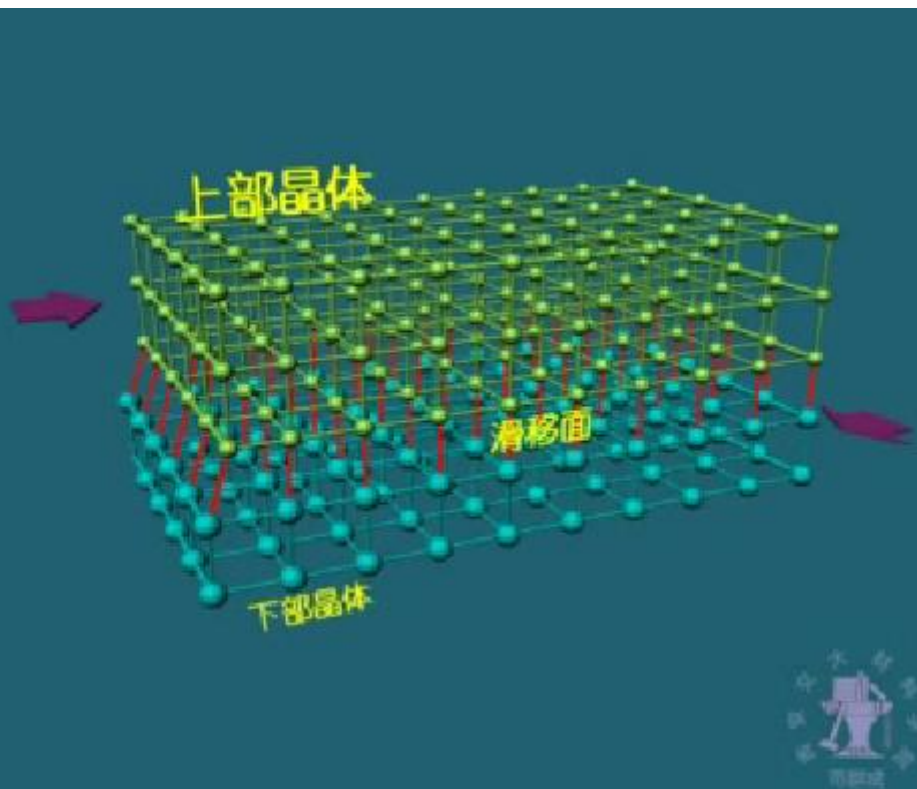


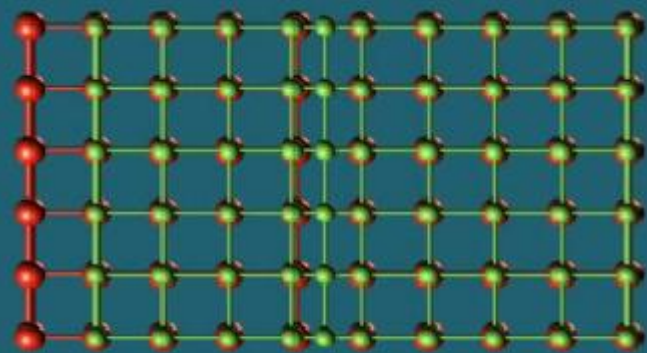
点缺陷示意图

THE END

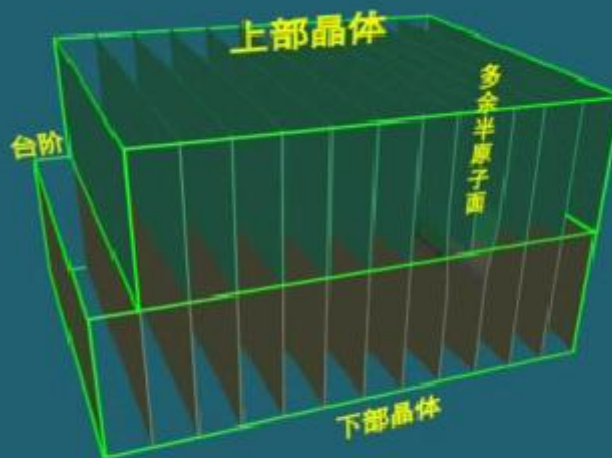
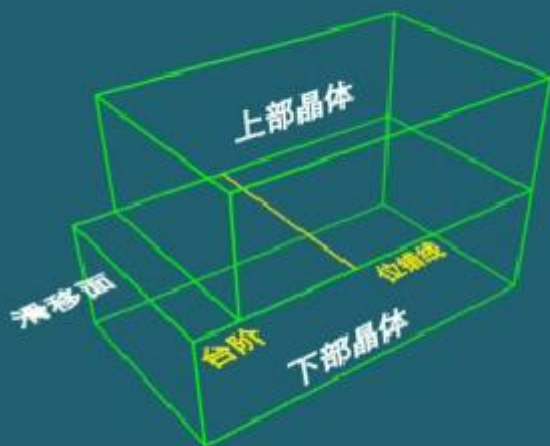
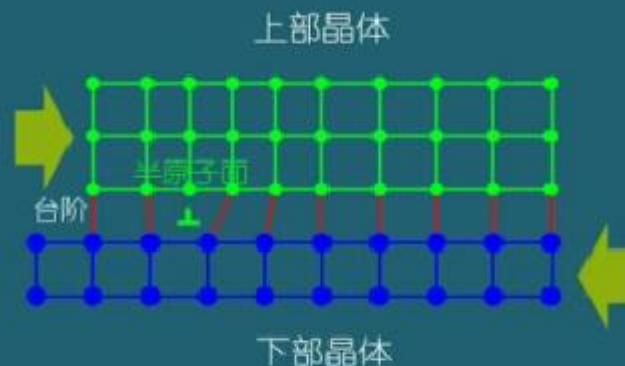
2) 线缺陷 (位错) { 刃型位错
螺型位错

(1) 刃型位错

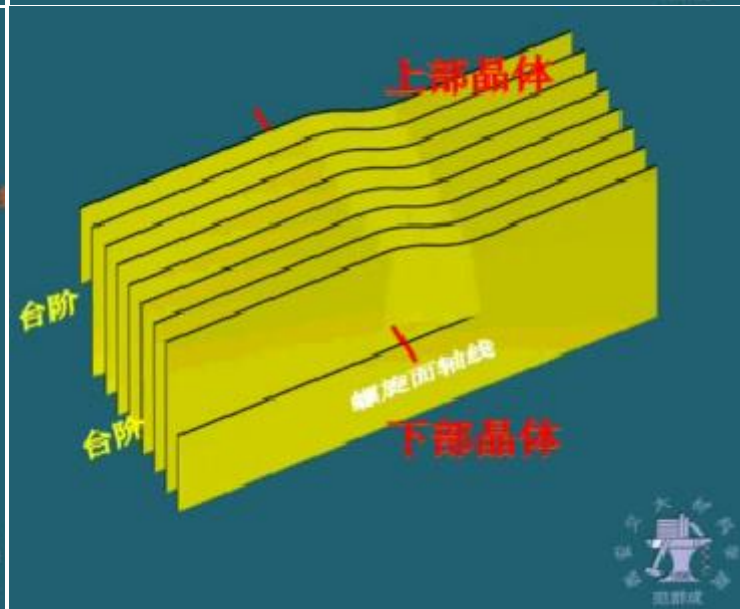
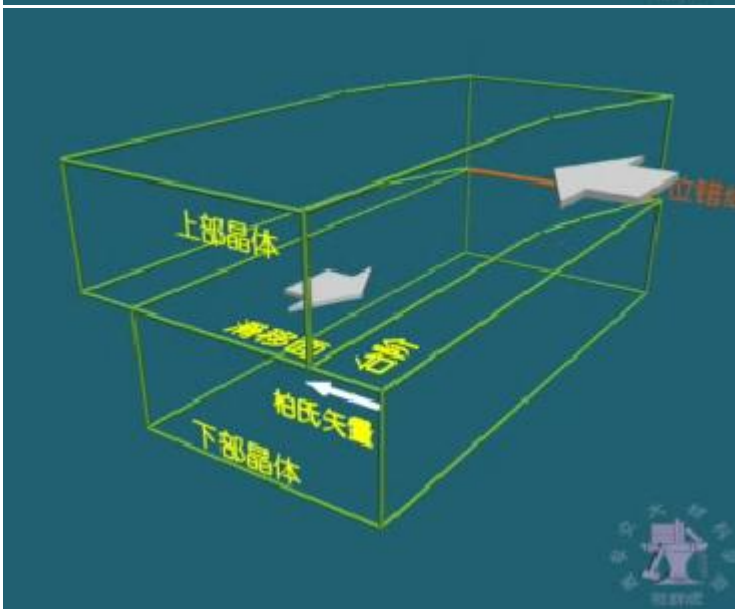
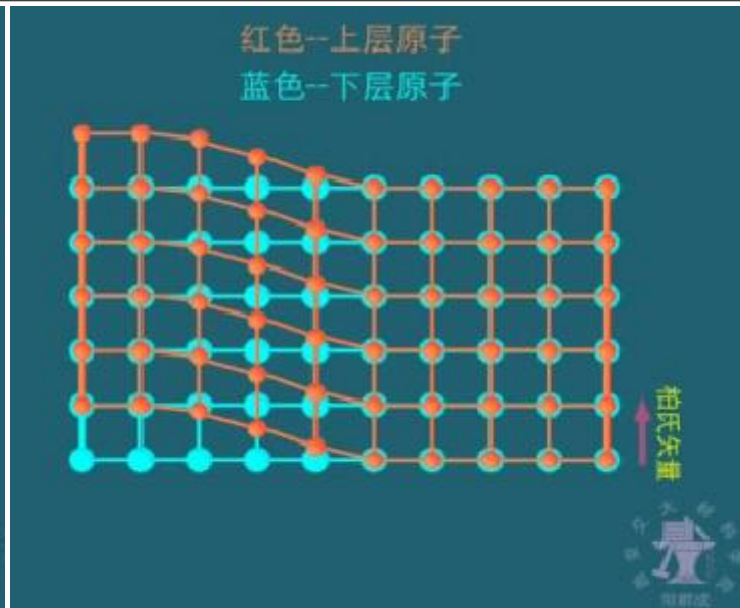
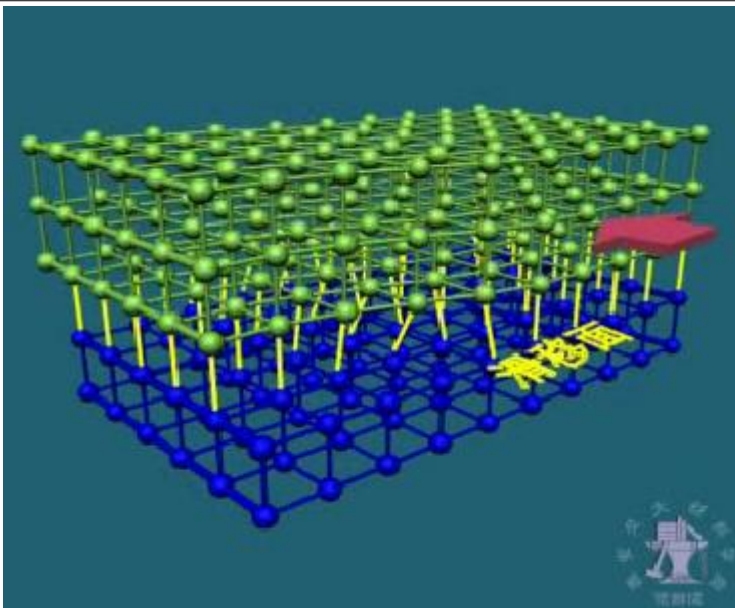




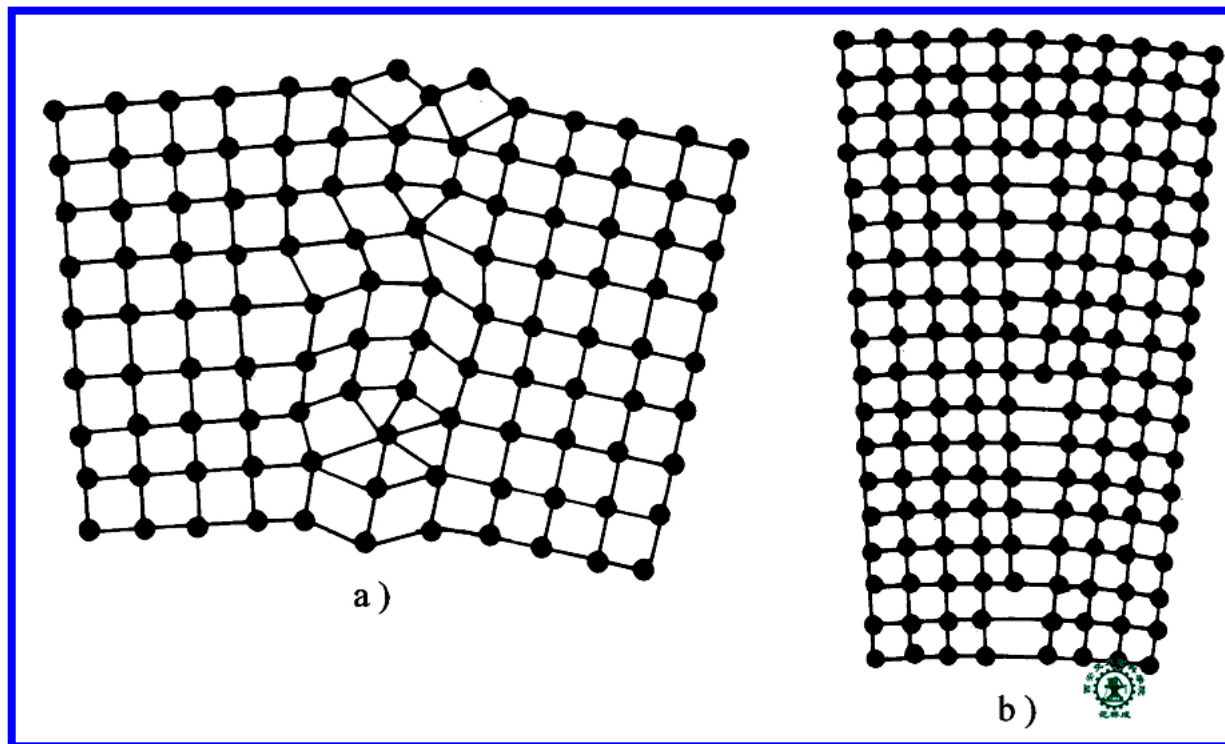
绿色—上部晶体
红色—下部晶体



(2) 螺型位错



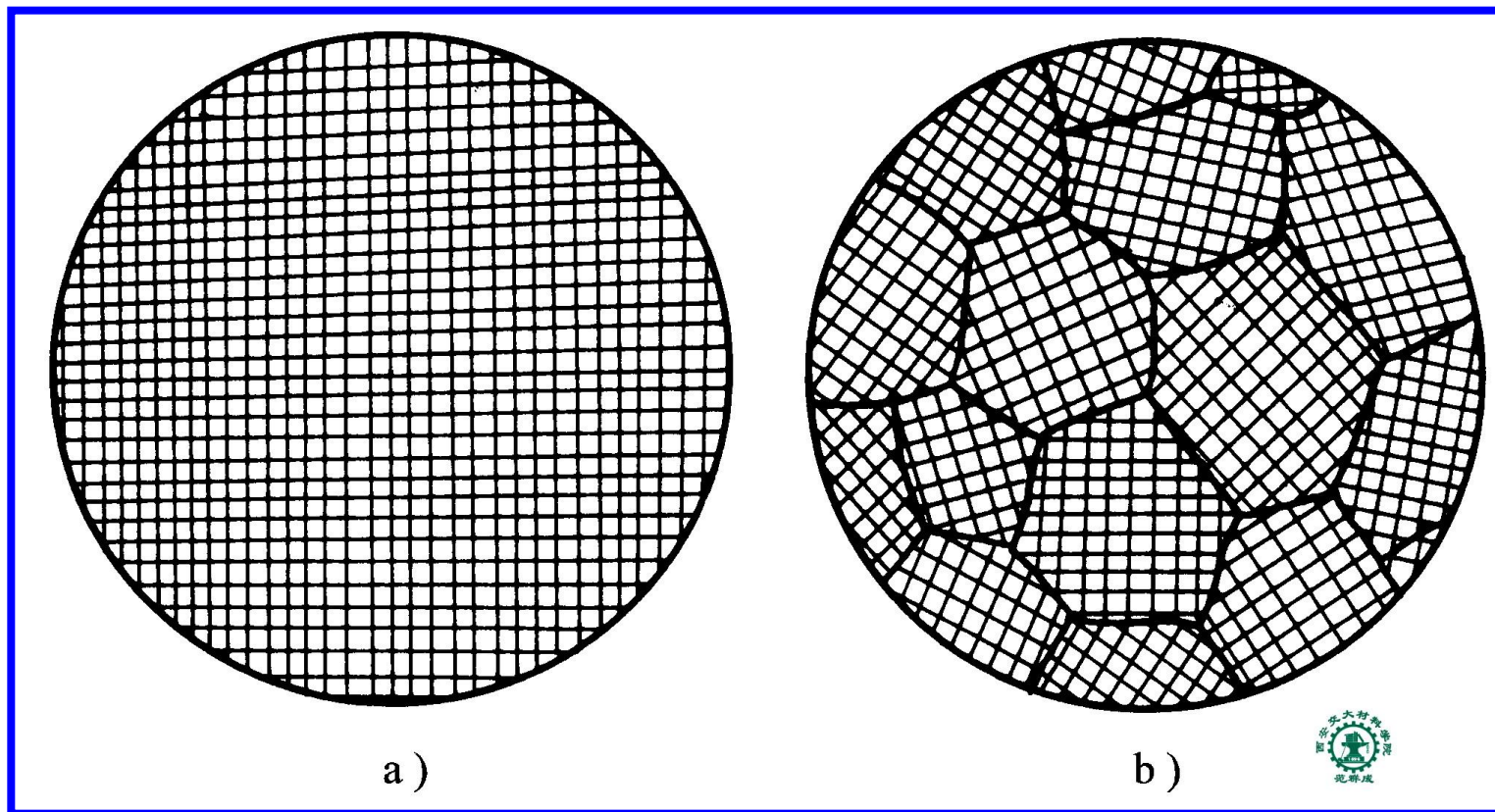
- 3) 面缺陷 { 晶界
亚晶界
相界...
(1) 晶界及亚晶界



晶界 (a) 及亚晶界 (b) 的示意图

THE END

(2) 单晶体的各向异性和多晶体的各向同性



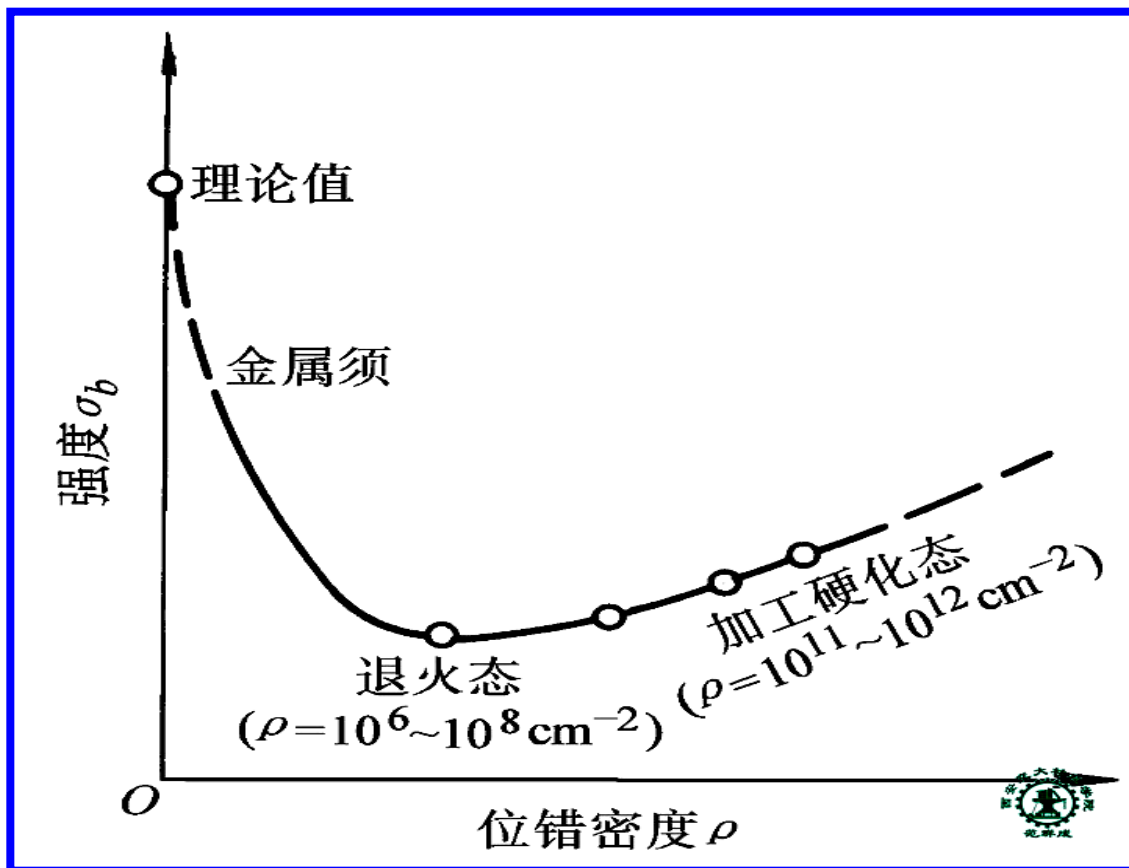
金属单晶体 (a) 和多晶体 (b) 结构示意

图

THE END

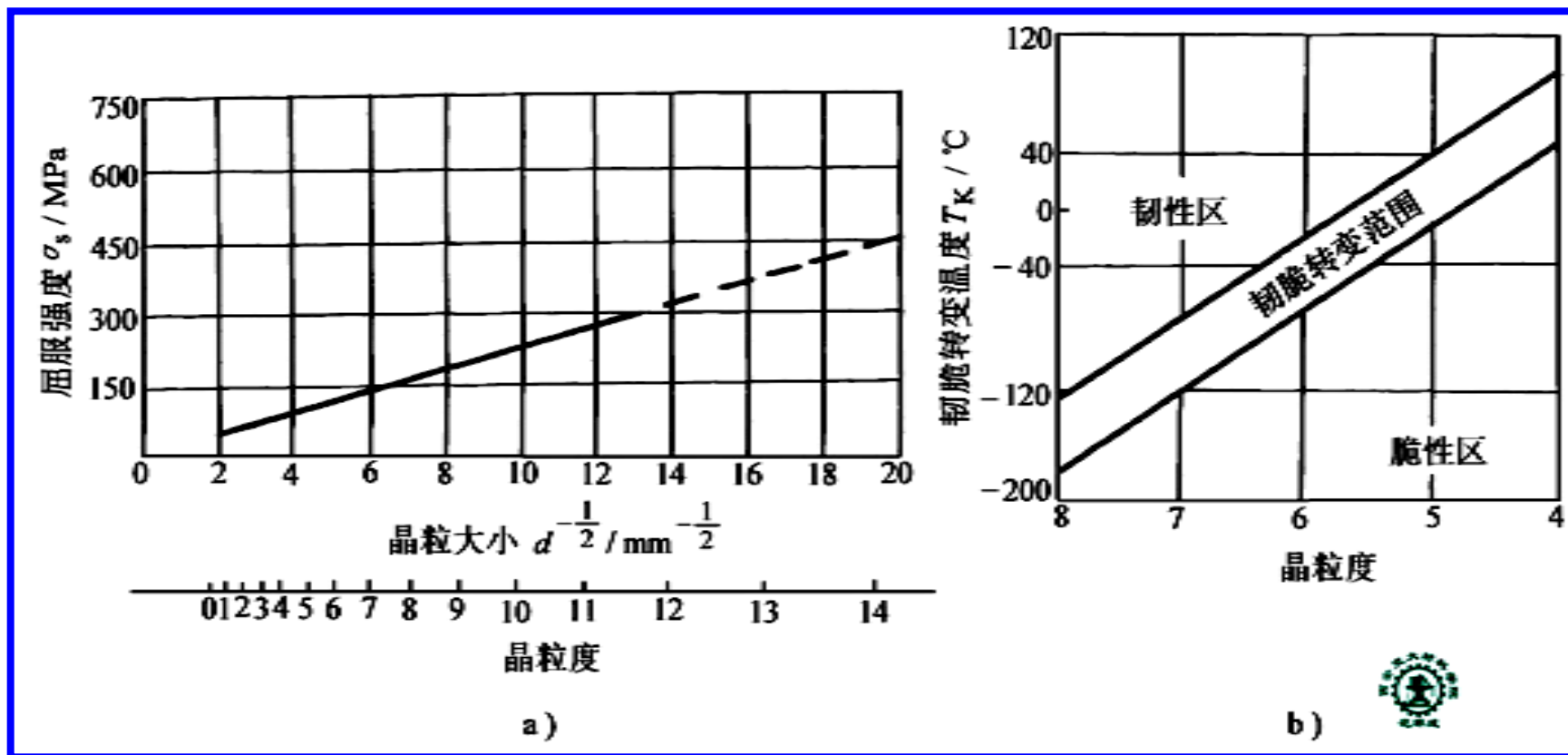
4) 晶体缺陷对金属力学性能的影响

晶体缺陷 → 晶格畸变 → 强化



金属的屈服强度与其中位错密度的关系

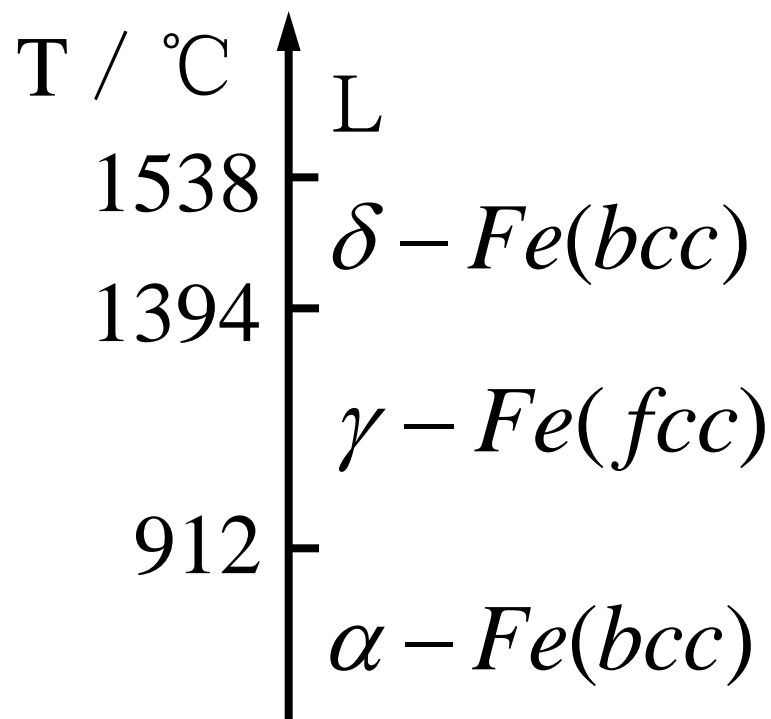
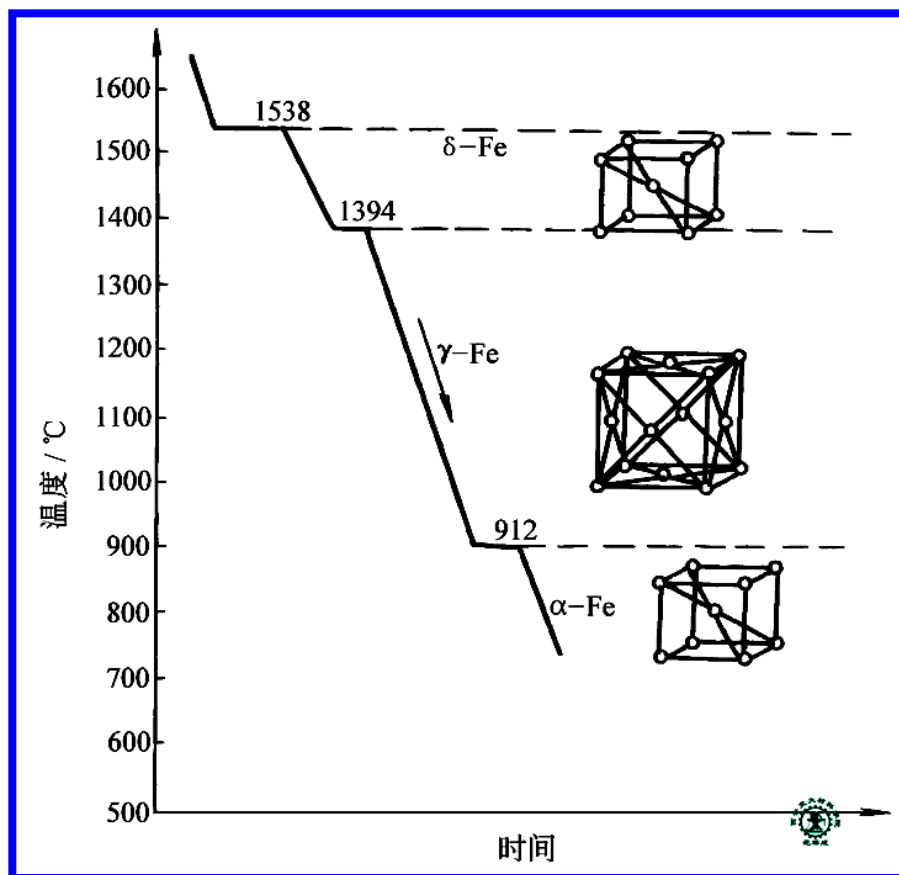
THE END



纯铁的屈服强度 (a) 和韧性 (b) 与晶粒大小的关系

3. 纯铁的晶体结构及同素异构转变

纯铁有三种不同晶体结构

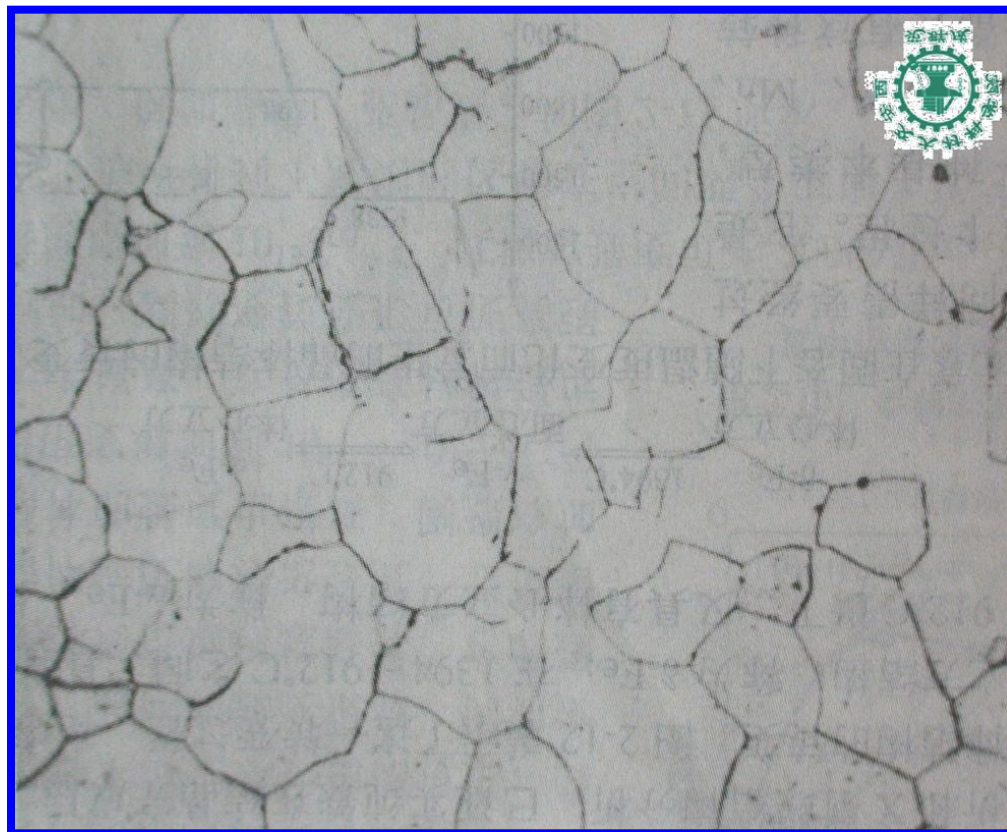


THE END

三、工业纯铁的组织 and 性能

1. 工业纯铁室温下的组织

- 多晶体
- bcc 结构
- $\alpha - Fe$



工业纯铁的显微组织 $\times 125$

THE END

2. 工业纯铁室温下的性能

- 低强度

$$\sigma_s = 100 \sim 170 \text{ MPa}$$

$$\sigma_b = 180 \sim 230 \text{ MPa}$$

- 低硬度 $\approx 80\text{HBS}$

- 高塑性和韧性

$$\delta = 30\% \sim 50\% \quad \psi = 70\% \sim 80\%$$

$$a_K = 160 \sim 200 \text{ J/cm}^2$$

- 铁磁性

3. 工业纯铁的应用：电工材料

第二节铁碳合金中的相

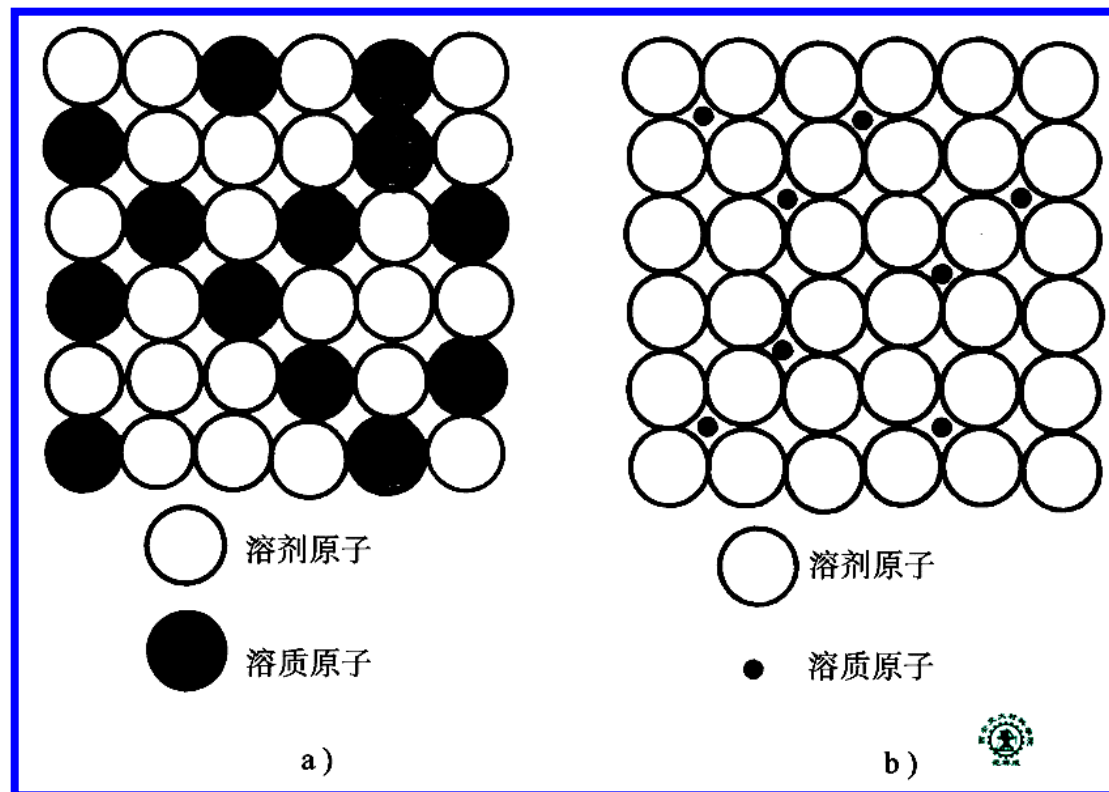
PHASE IN Fe-C ALLOY

相 — 体系中成分、结构、性能相同且与其他部分有界面隔开的均匀部分

合金中的相 { 固溶体
化合物

一、铁与碳形成固溶体 —— 铁素体和奥氏体

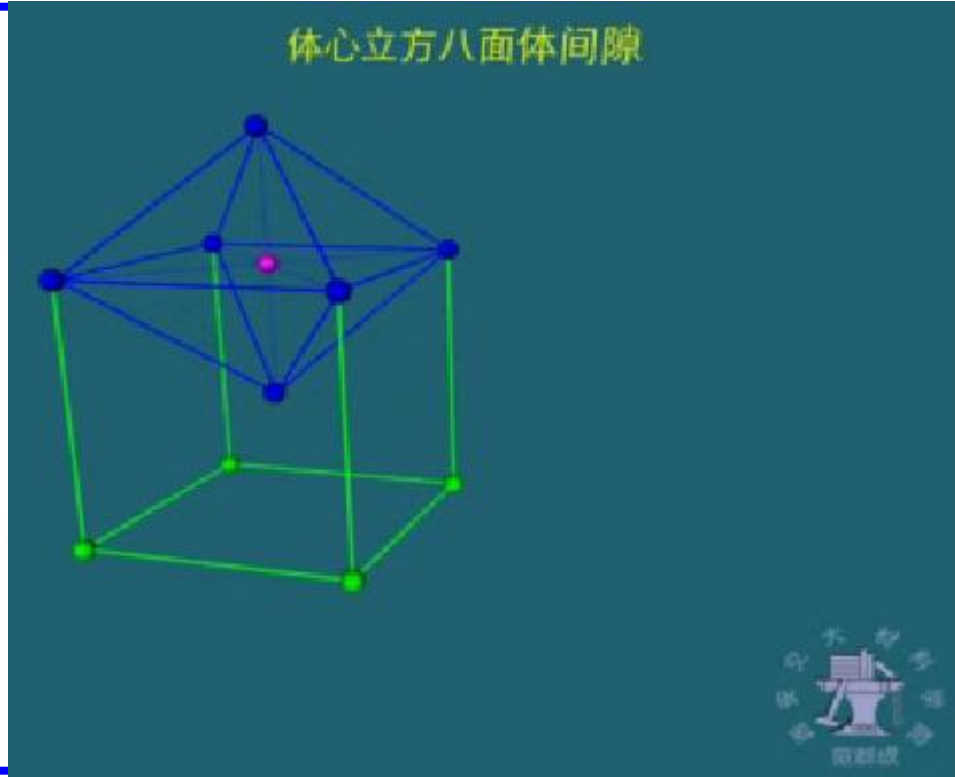
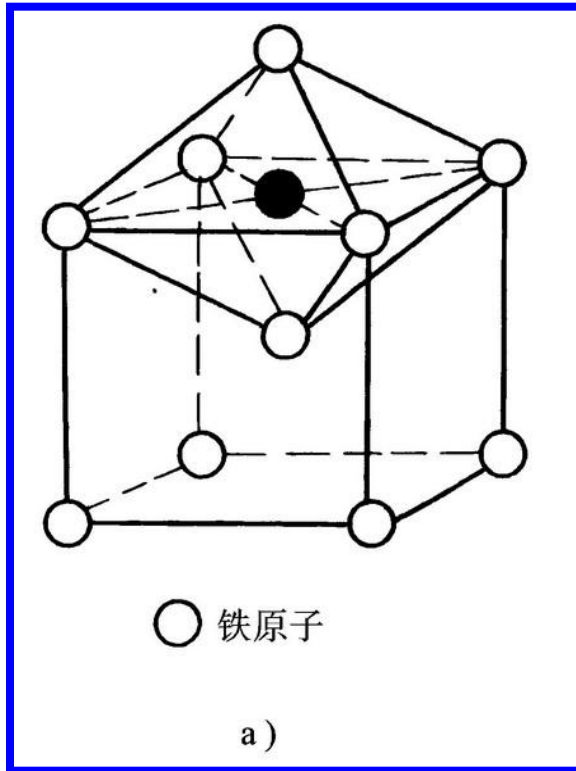
1. 固溶体 { 间隙固溶体 置换固溶体



置换固溶体 (a) 及间隙固溶体 (b) 示意图

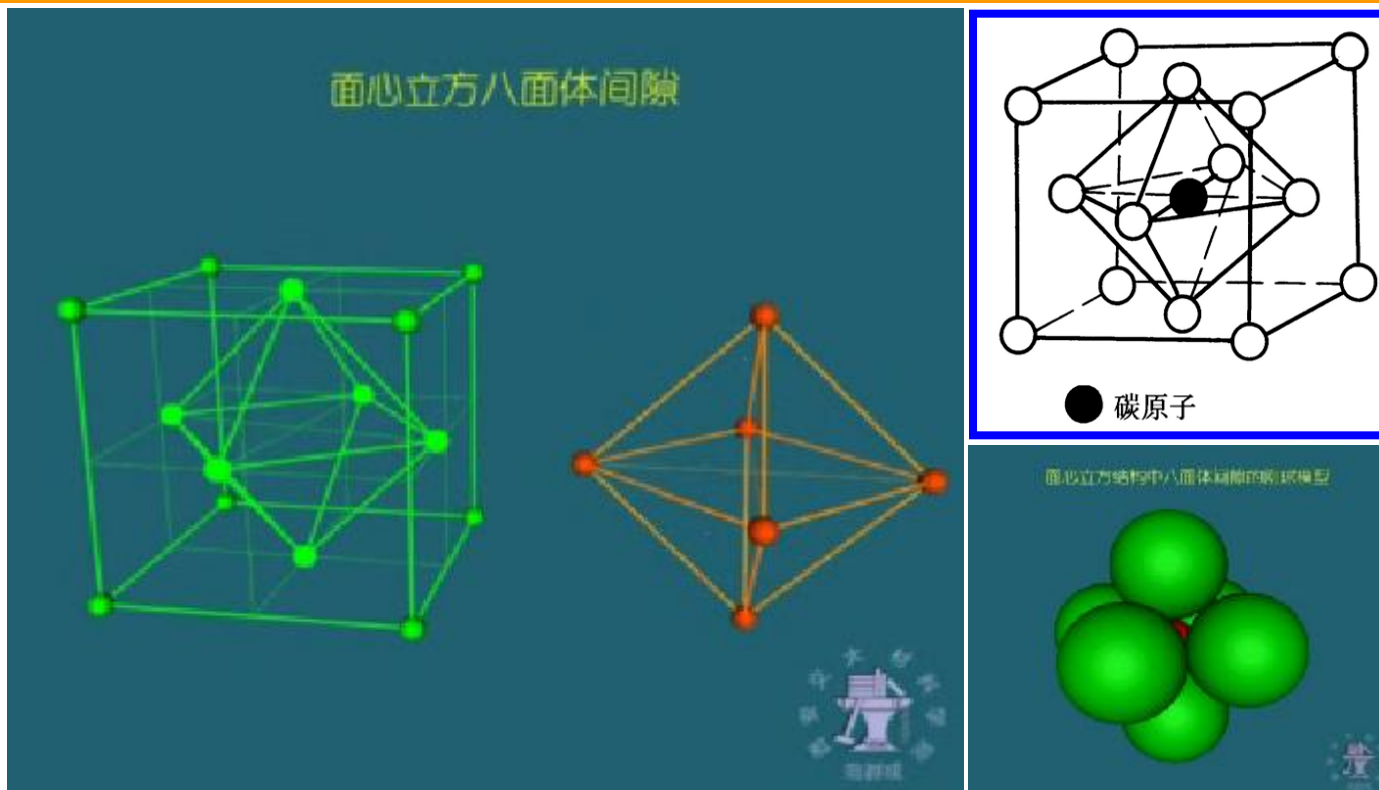
THE END

2. 铁素体 (F 或 α) — 碳原子固溶在 α -Fe 中的间隙固溶体



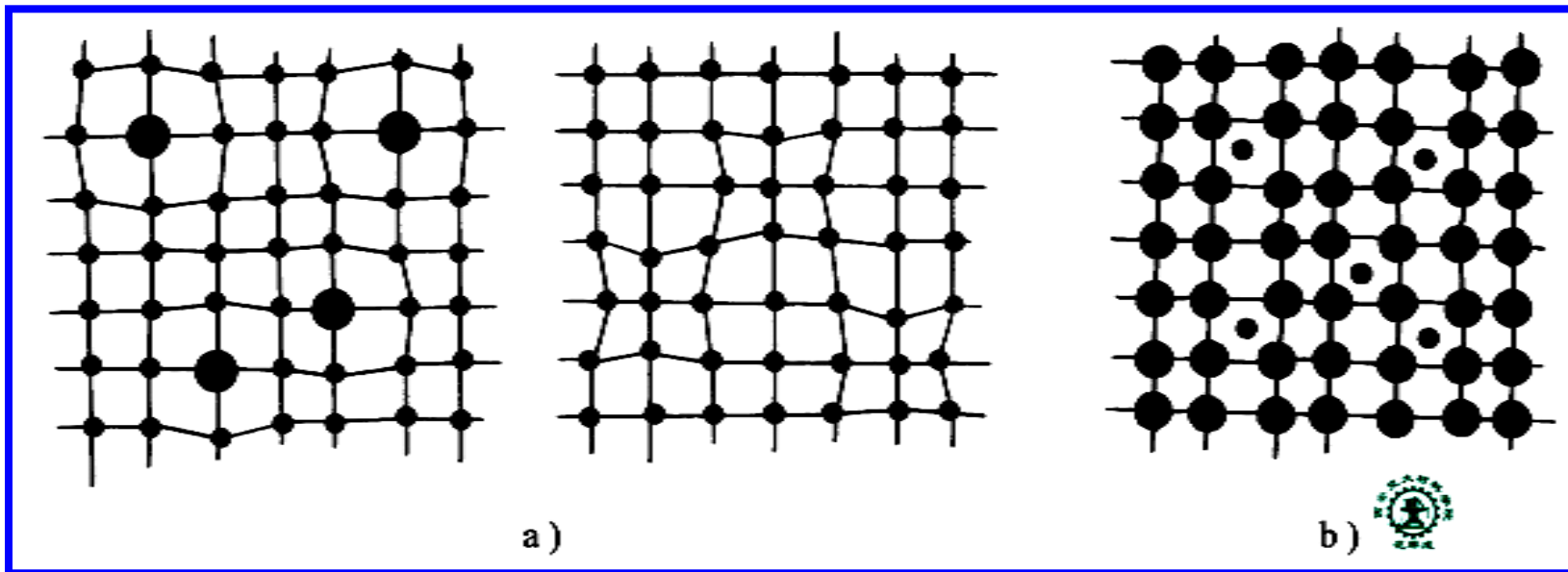
- 铁素体的晶体结构 — bcc
- 铁素体的最大固溶度 — 0.0218% (727°C)

3. 奥氏体 (A 或 γ) — 碳原子固溶在 γ -Fe 中的间隙固溶体



- 奥氏体的晶体结构 — fcc
- 奥氏体的最大固溶度 — 2.11% (1148°C)

4. 固溶强化 — 与纯金属相比，固溶体的硬度和强度升高，而塑性韧性下降



形成置换固溶体 (a) 和间隙固溶 (b) 时的晶格畸变

5. 铁素体和奥氏体的力学性能特点

- 较高的硬度和强度 (与纯铁相比)
- 较高的塑性和韧性 (与渗碳体相比)

THE END

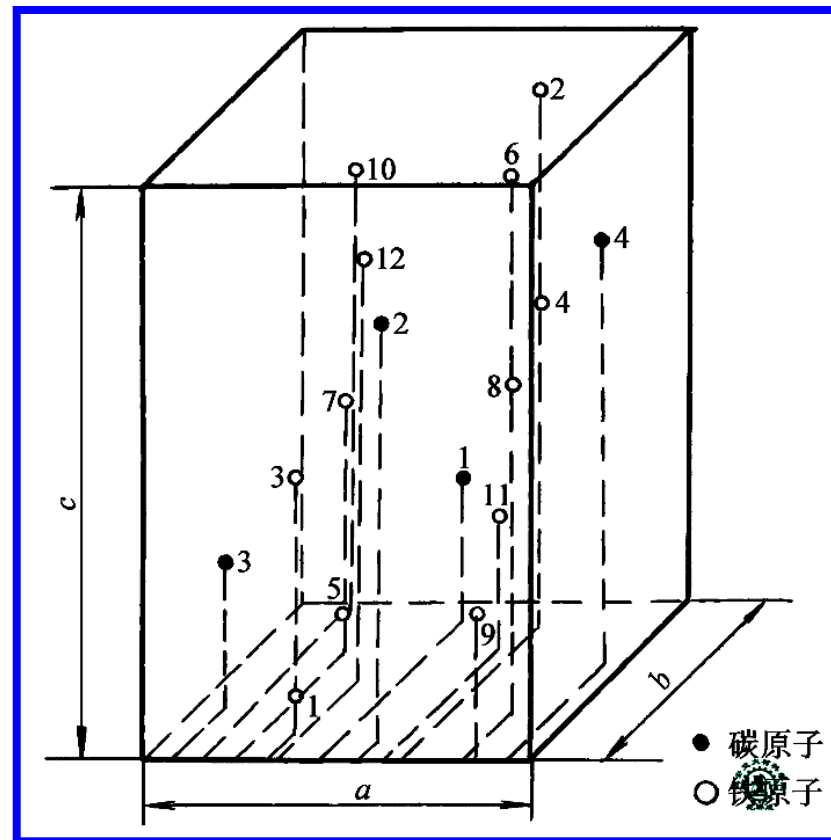
二、铁和碳形成化合物 — 渗碳体 Fe_3C

1. 渗碳体的晶体结构

- 非常复杂

2. 渗碳体的力学性能特点

高硬度、低强度、
高脆性 (与铁素体
相比)



渗碳体的晶胞结构

第三节 Fe - Fe₃C 相图

Fe - Fe₃C PHASE DIAGRAM

相图的基本概念

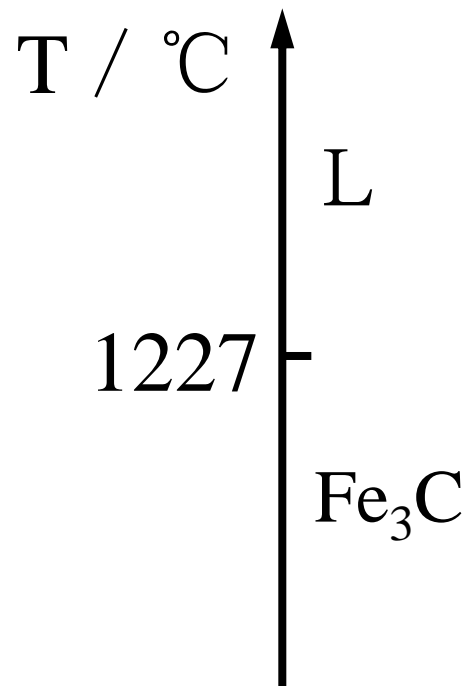
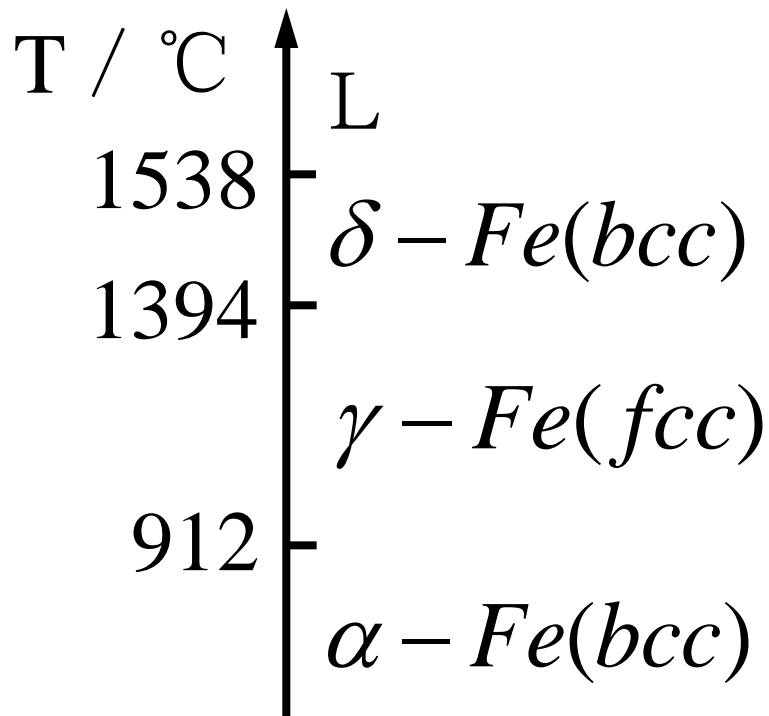
Fe - Fe₃C 相图分析

典型铁碳合金平衡结晶过程分析

THE END

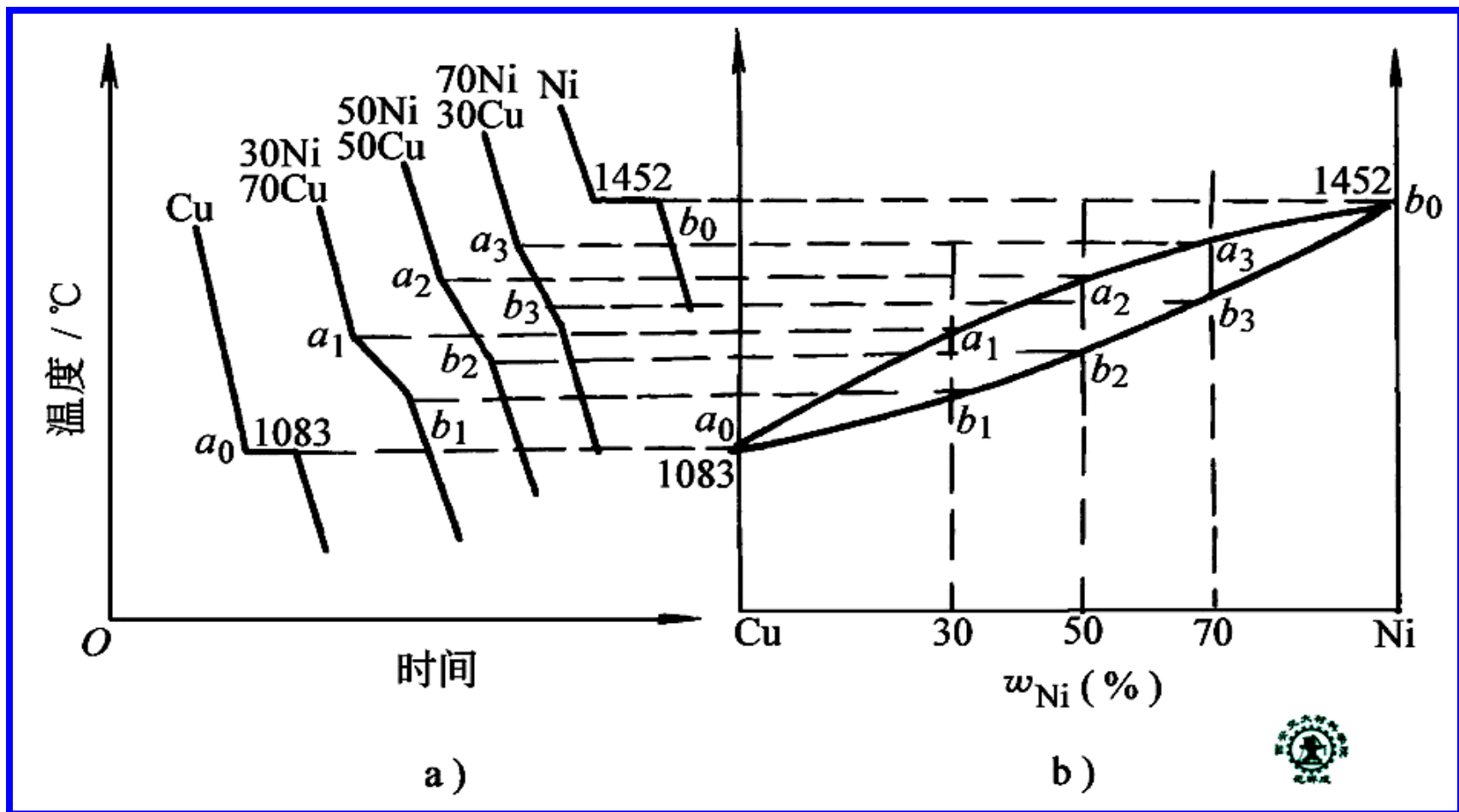
一、相图的基本概念

1. 相图 — 描述缓慢冷却的平衡状态下合金中相的种类和数量与温度、成分间关系的图解。又称状态图或平衡图。



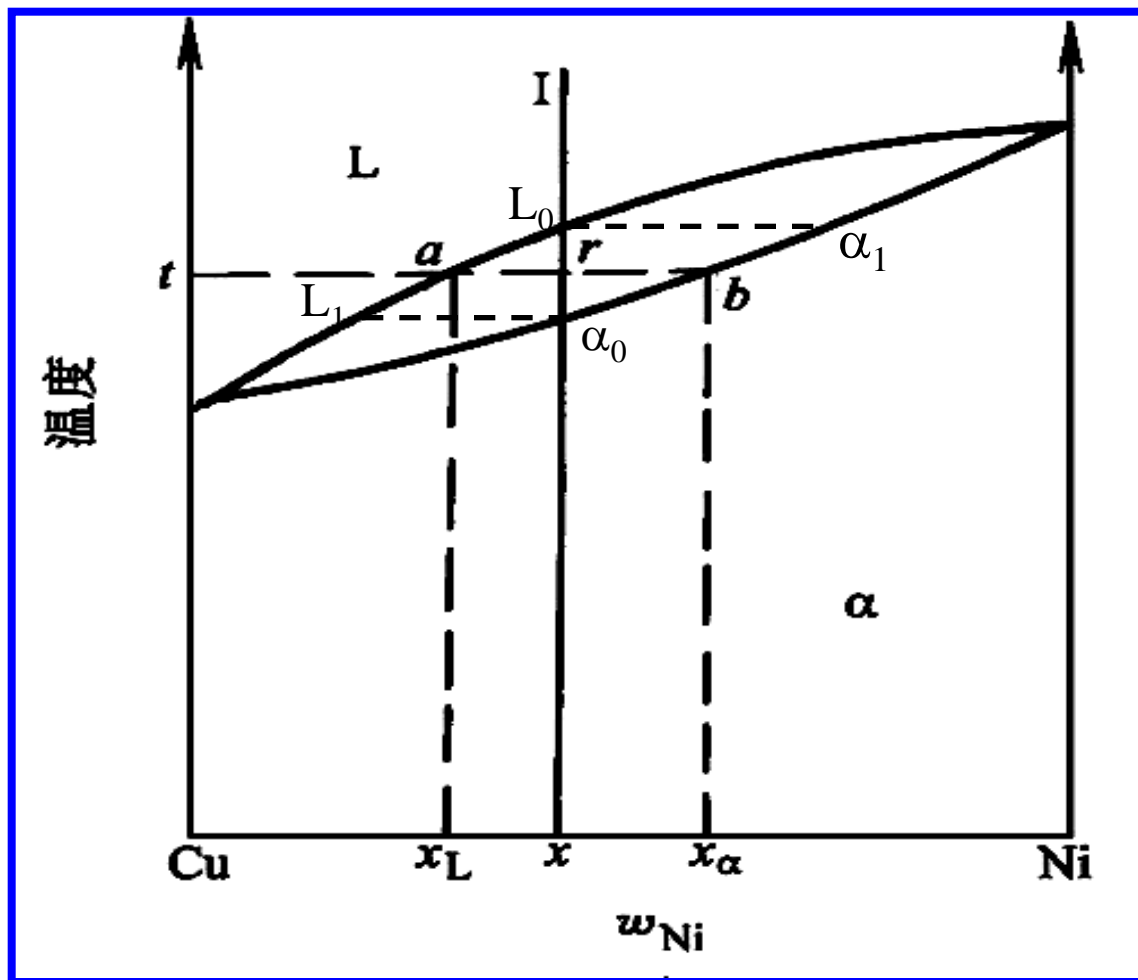
THE END

2. 相图的建立 (以热分析法建立Cu-Ni相图为例)



用热分析法测定 Cu-Ni 相图

3. 利用相图分析合金的平衡结晶过程



利用相图分析合金的平衡结晶过程

THE END

4. 杠杆定律

已知：合金成分（含Ni量）为 $r\%$ ，合金中液相成分为 $a\%$ ， α 相成分为 $b\%$

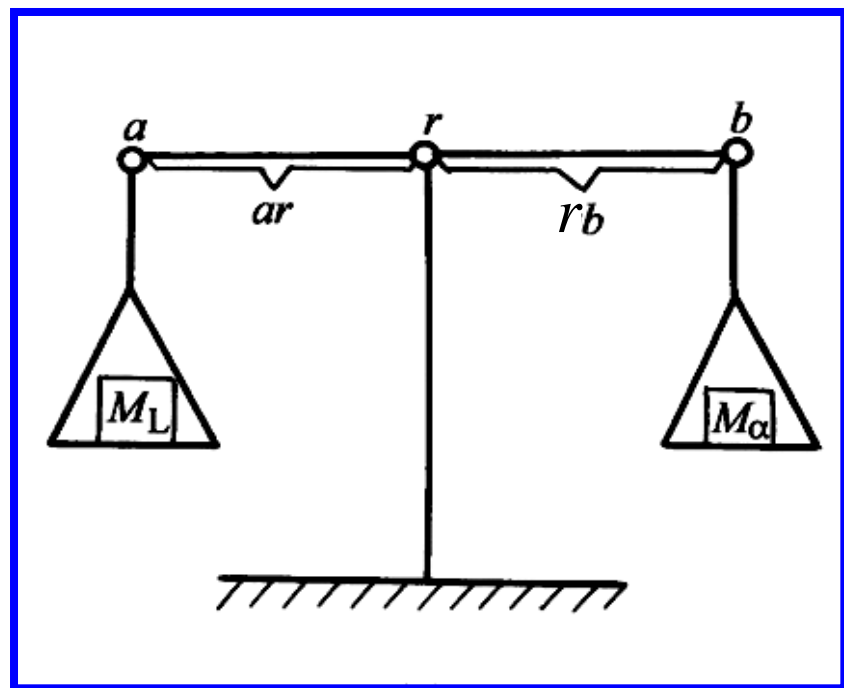
求：合金中液相的质量分数 M_L 及 α 相的质量分数 M_α

$$\begin{cases} M_L + M_\alpha = 1 \\ M_L \cdot a + M_\alpha \cdot b = r \end{cases}$$

得： $M_\alpha = \frac{r - a}{b - a} \times 100\%$

$$M_L = \frac{b - r}{b - a} \times 100\%$$

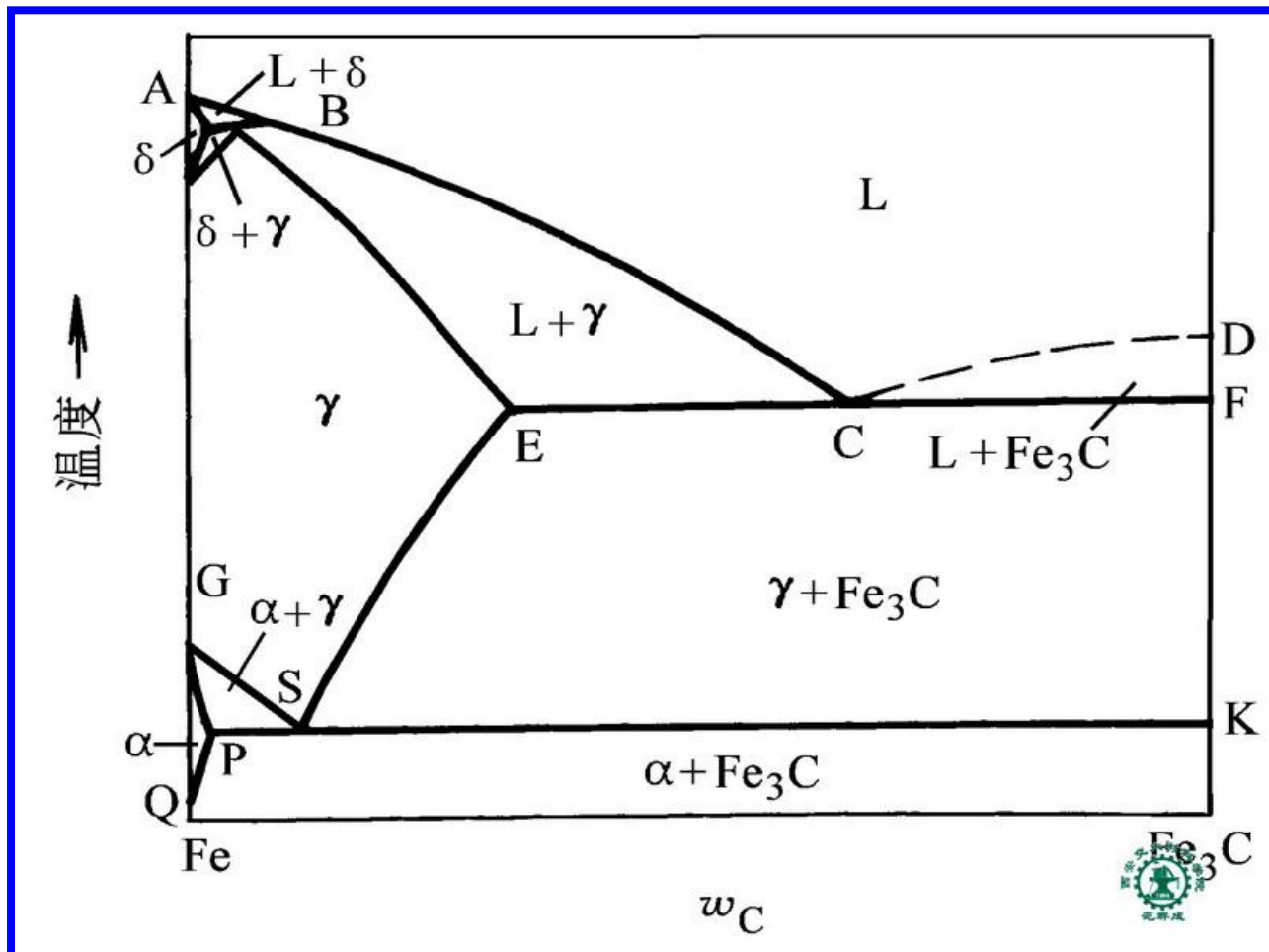
$$= 1 - M_\alpha$$



杠杆定律的力学比喻

二、Fe - Fe₃C相图分析

1. Fe - Fe₃C 相图中的点、线、区



THE END

表 2-2 Fe-Fe₃C 相图中各主要点的温度、碳的质量分数及意义

点的符号	温度/°C	ω_C (%)	说明
A	1538	0	纯铁熔点
B	1495	0.53	包晶反应时液态合金的浓度
C	1148	4.30	共晶点,
D	1227	6.69	渗碳体熔点 (计算值)
E	1148	2.11	碳在 γ -Fe 中的最大溶解度
F	1148	6.69	渗碳体
G	912	0	同素异构转变点 (A3)
H	1495	0.09	碳在 δ -Fe 中的最大溶解度
J	1495	0.17	包晶点
K	727	6.69	渗碳体
N	1394	0	同素异构转变点 (A4)
P	727	0.0218	碳在 α -Fe 中的溶解度
S	727	0.77	共析点,
Q	室温	0.0008	碳在 α -Fe 中的溶解度

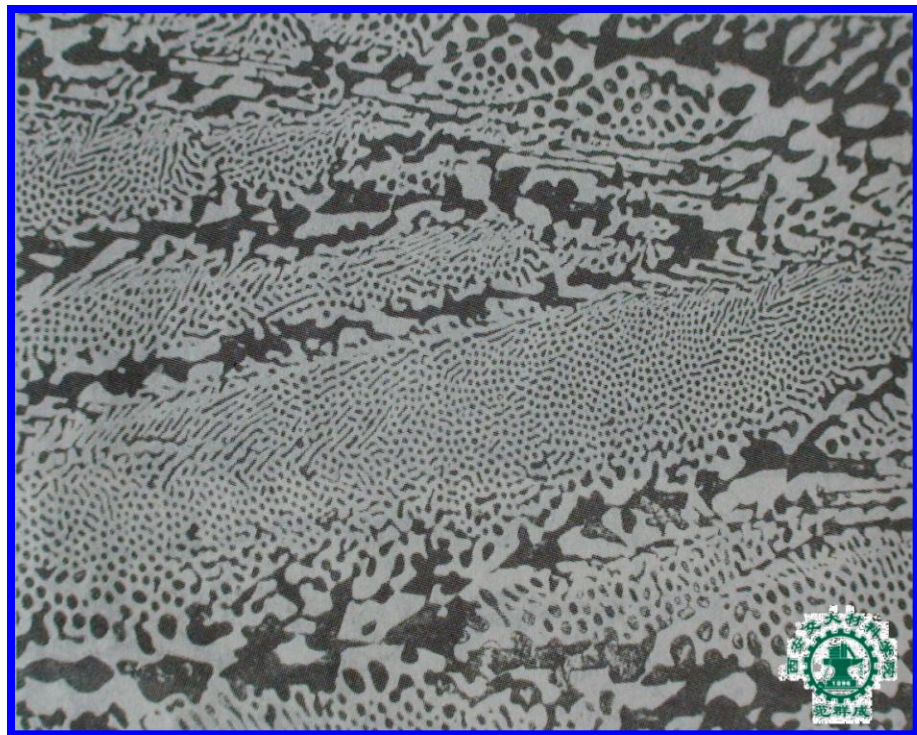
2. Fe - Fe₃C 相图中的三相恒温转变

1) 共晶转变 — 恒定温度下从液相中同时结晶出两个不同成分的固相的转变



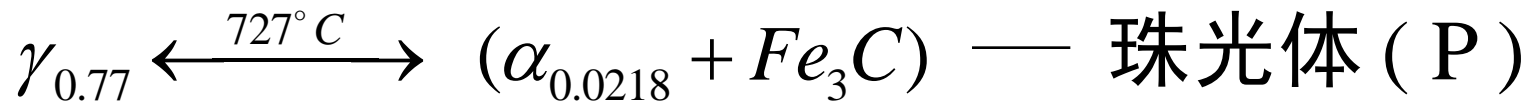
■ 莱氏体硬而脆

莱氏体的室温组织 (×200)



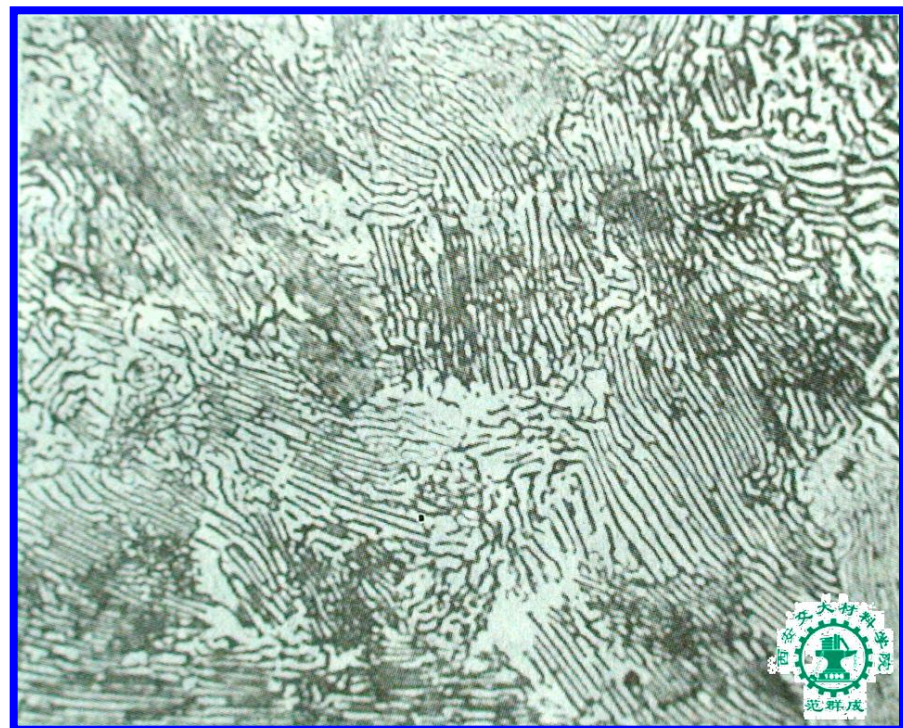
THE END

2) 共析转变— 恒定温度下从固相中同时析出两个不同成分的固相的转变

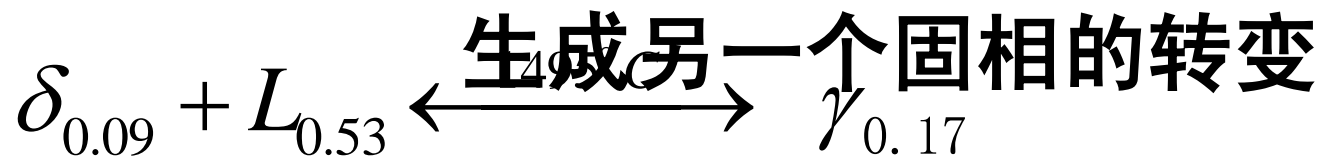


- 珠光体有良好的综合力学性能

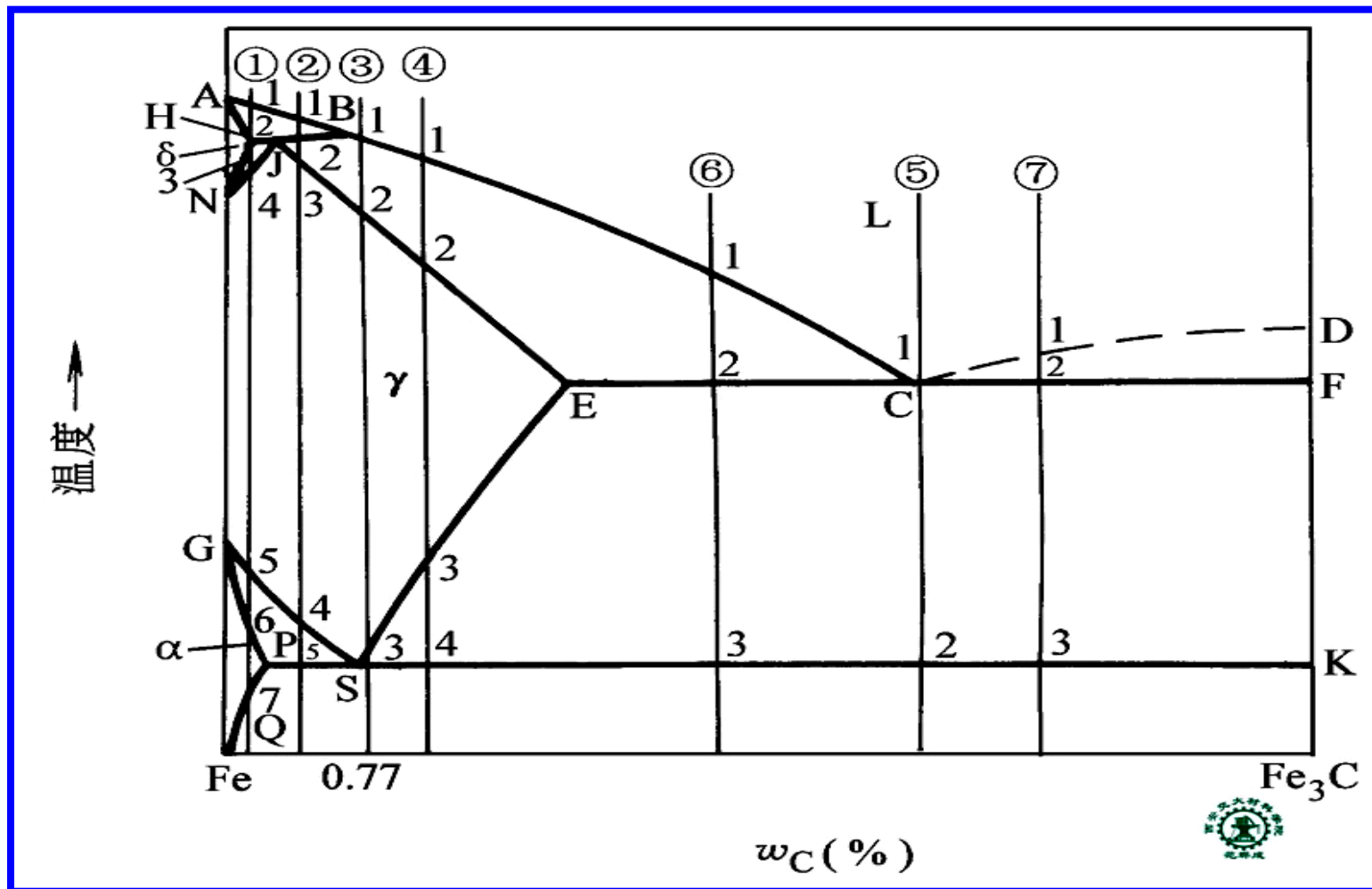
珠光体的室温组织($\times 500$)



3) 包晶转变— 恒定温度下一个液相与一个固相



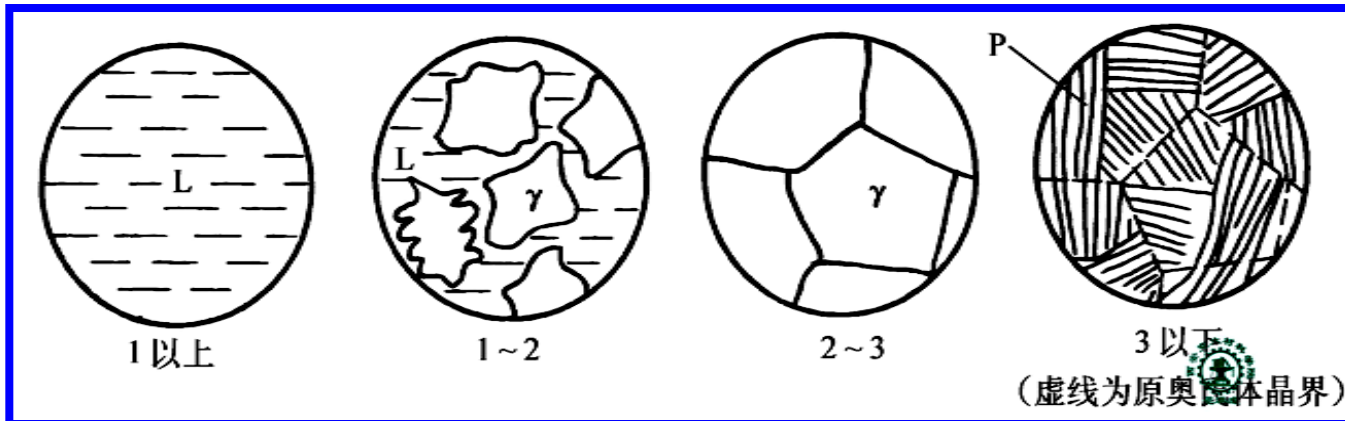
三、典型铁碳合金平衡结晶过程分析



Fe - Fe₃C 相图中几种典型合金的位置

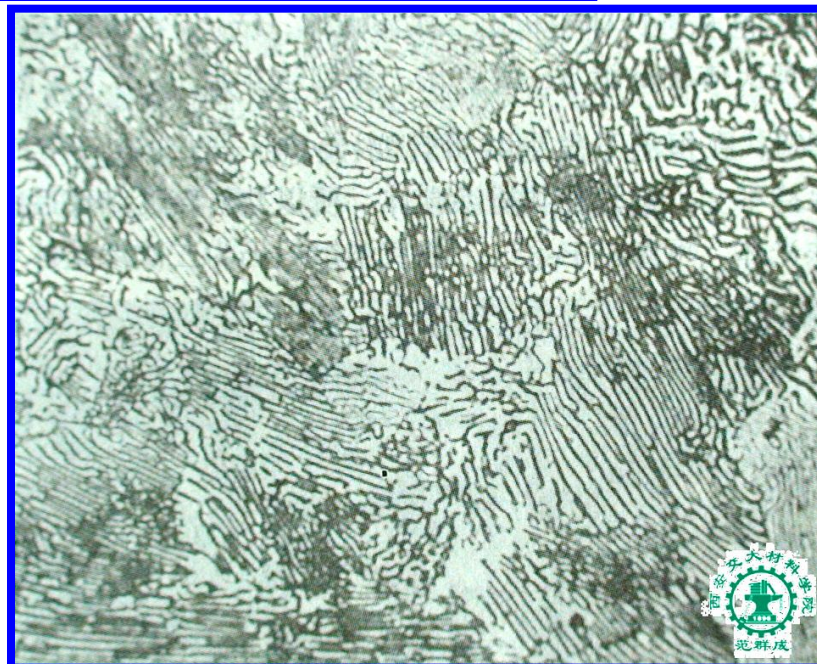
THE END

1. 共析钢($w_C=0.77\%$)的结晶过程



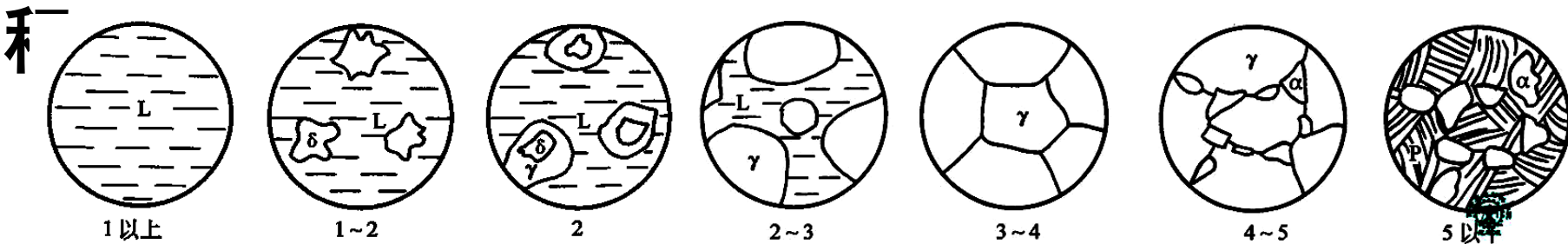
■ 室温组织: P

共析钢的室温组织 ($\times 500$)



THE END

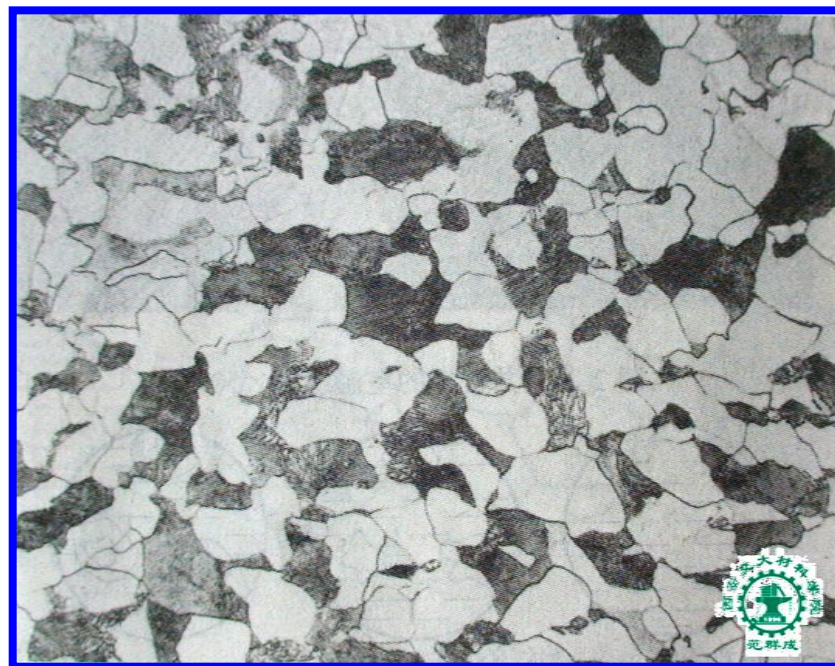
2. 亚共析钢($0.0218\% < W_C < 0.77\%$) 结晶过



亚共析钢（40钢）的结晶过程示意图

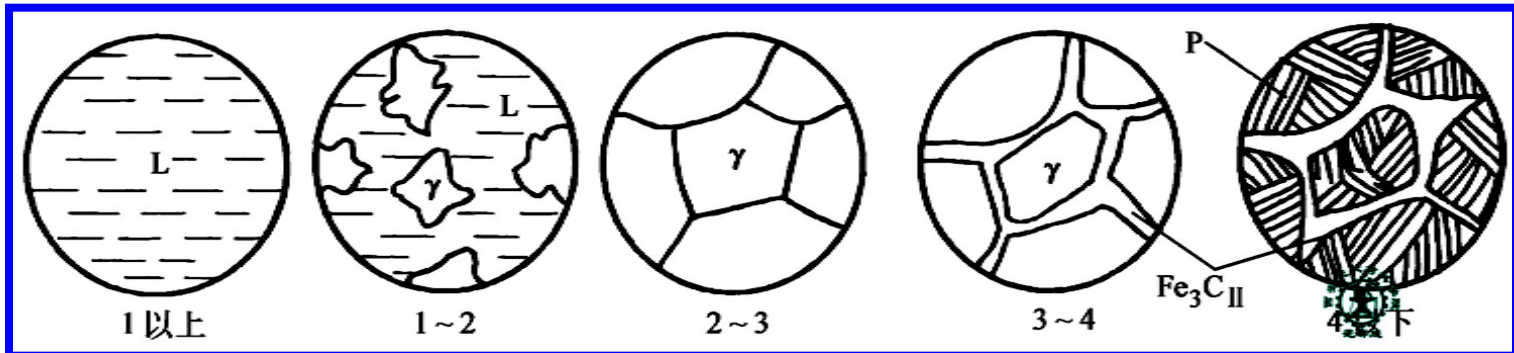
■ 室温组织：P+F

亚共析钢（40钢）的
室温组织（ $\times 500$ ）

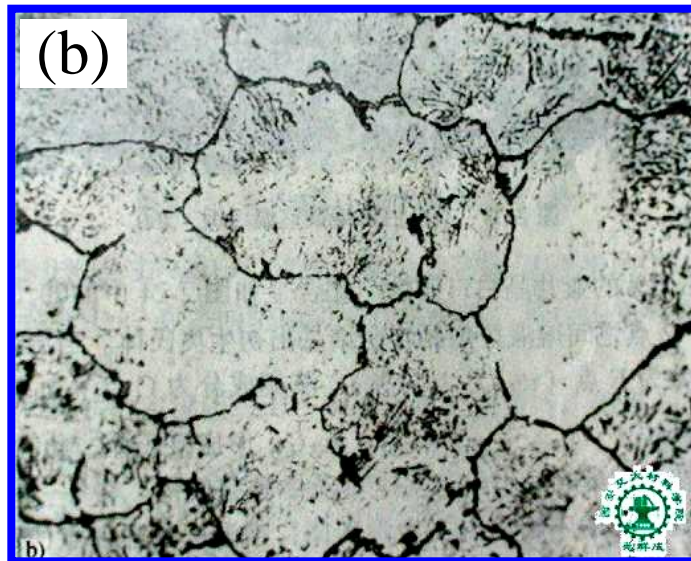
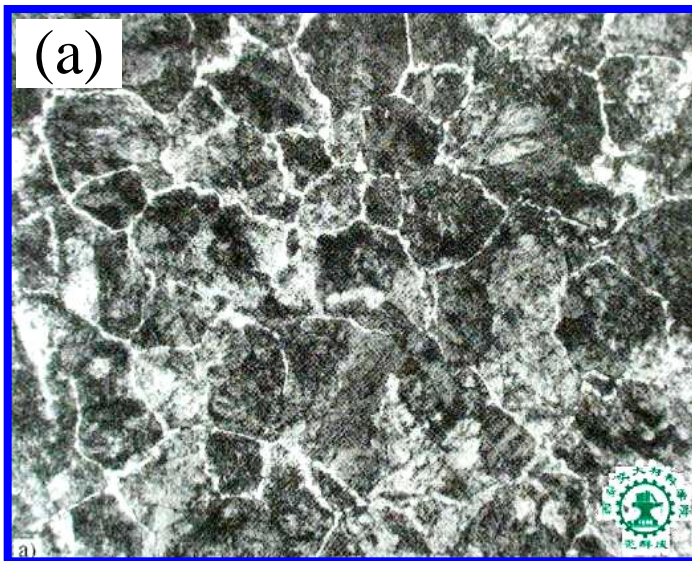


THE END

3. 过共析钢 ($0.77\% < W_C \leq 2.11\%$) 的结晶过程

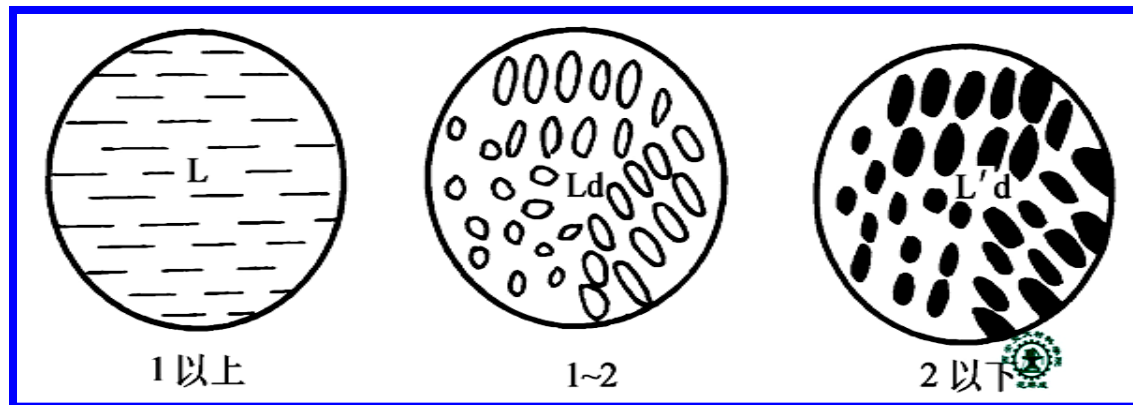


■ 室温组织: $P + Fe_3C_{II}$



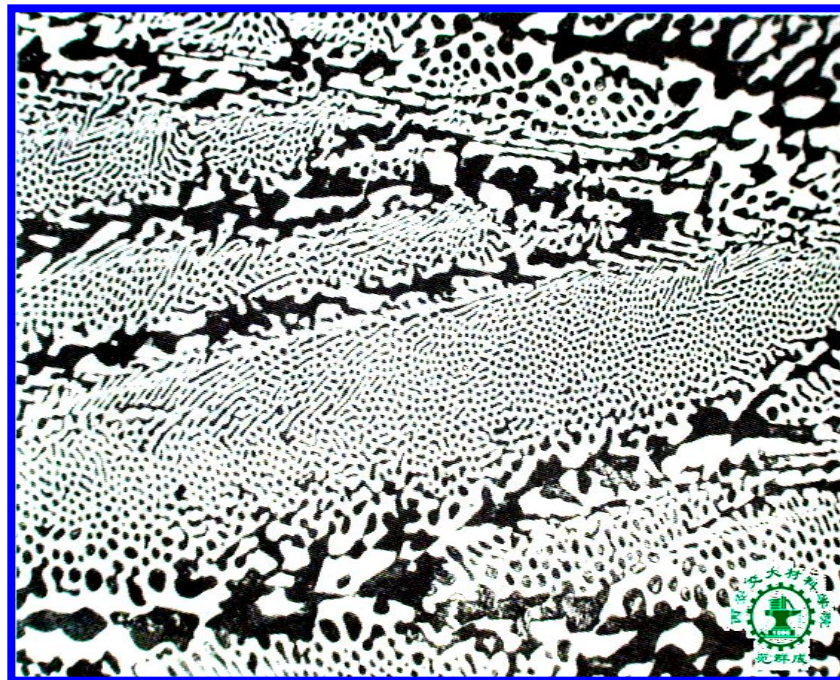
过共析钢(T 12钢)的室温组织, a)硝酸酒精侵蚀, b)苦味酸钠侵蚀

4. 共晶白口铸铁 ($W_C = 4.3\%$) 的结晶过程



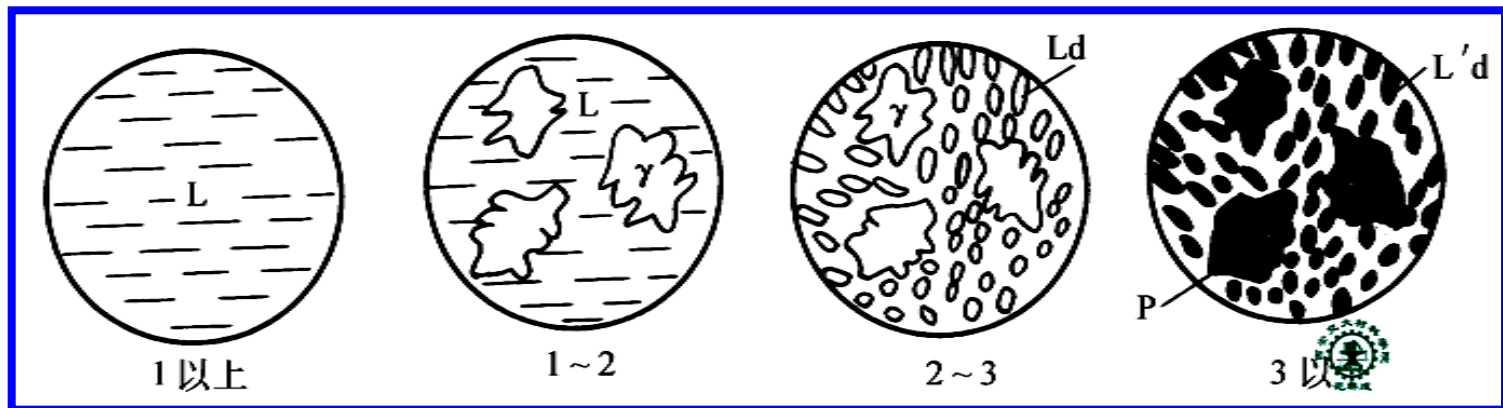
- 室温组织: $L'd$

共晶白口铸铁的
室温组织($\times 200$)



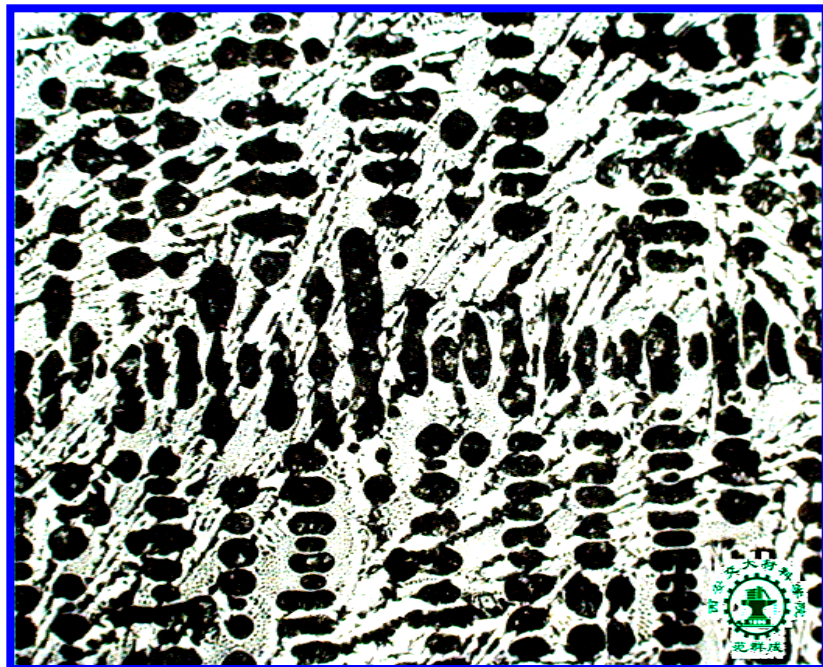
THE END

5. 亚共晶白口铸铁 ($2.11\% < W_C < 4.3\%$) 结晶过程

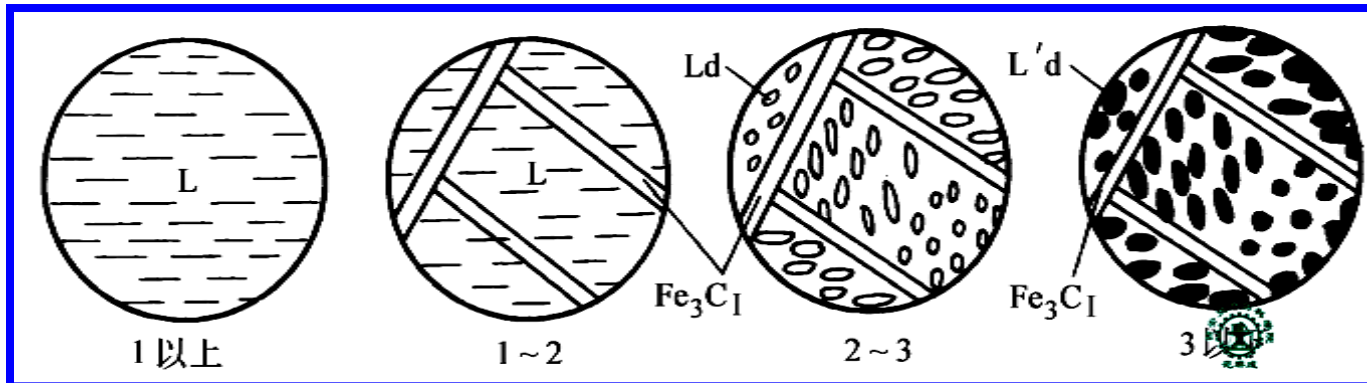


- 室温组织：
 $L'd + P + Fe_3C_{II}$

亚共晶白口铸铁的
室温组织($\times 250$)



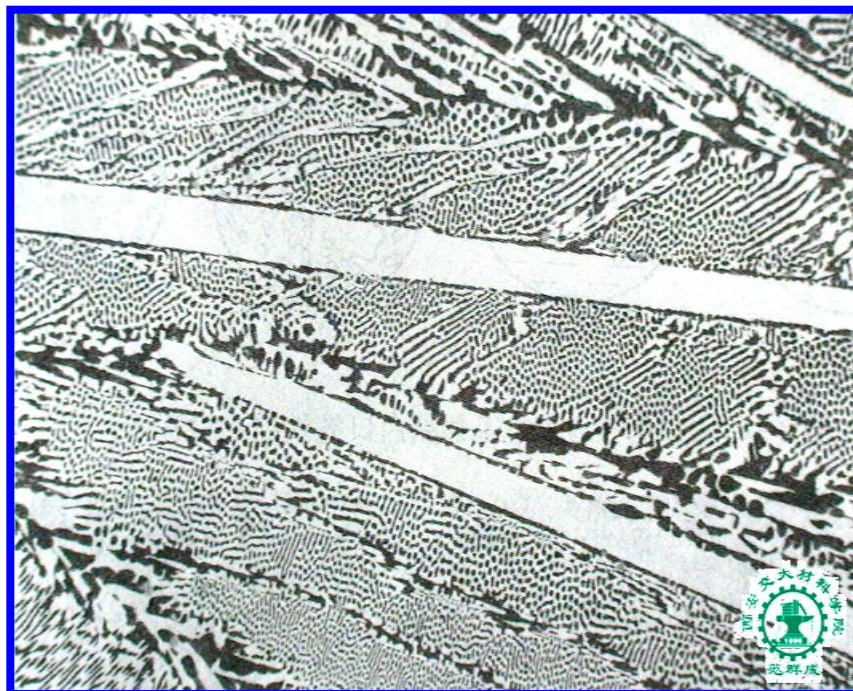
6. 过共晶白口铸铁 ($4.3\% < W_C < 6.69\%$) 结晶过程



■ 室温组织:



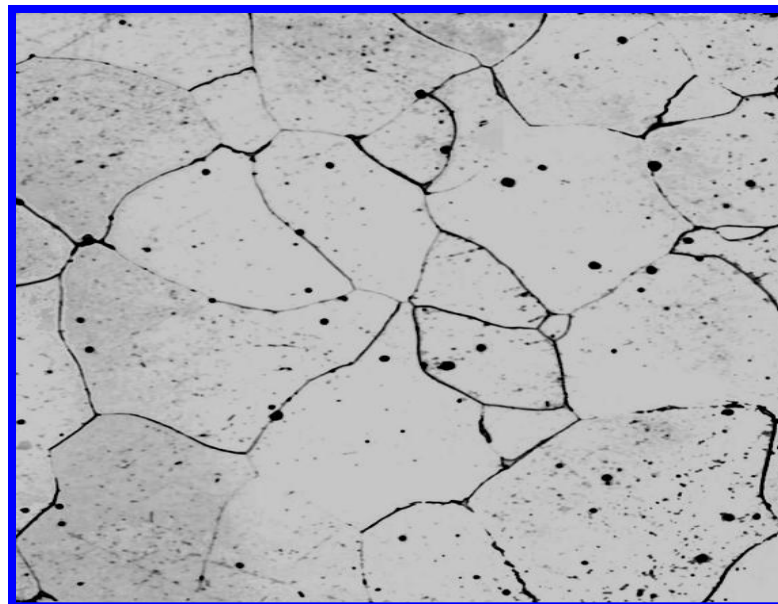
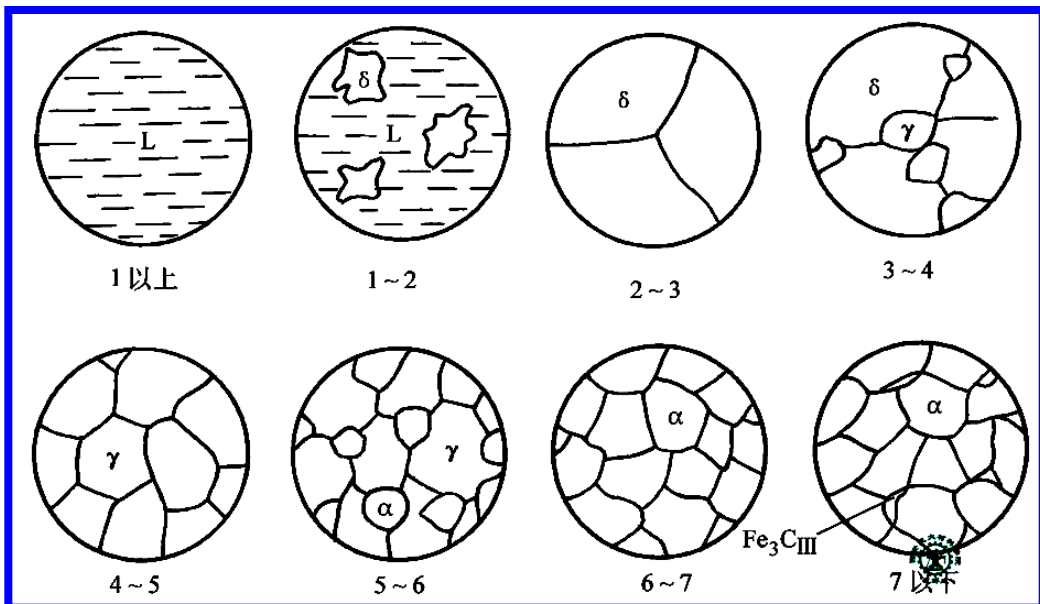
过共晶白口铸铁的
室温组织($\times 100$)



THE END

7. 工业纯铁 ($W_C \leq 0.0218\%$) 的结晶过程

■ 室温组织: $F + Fe_3C_{III}$



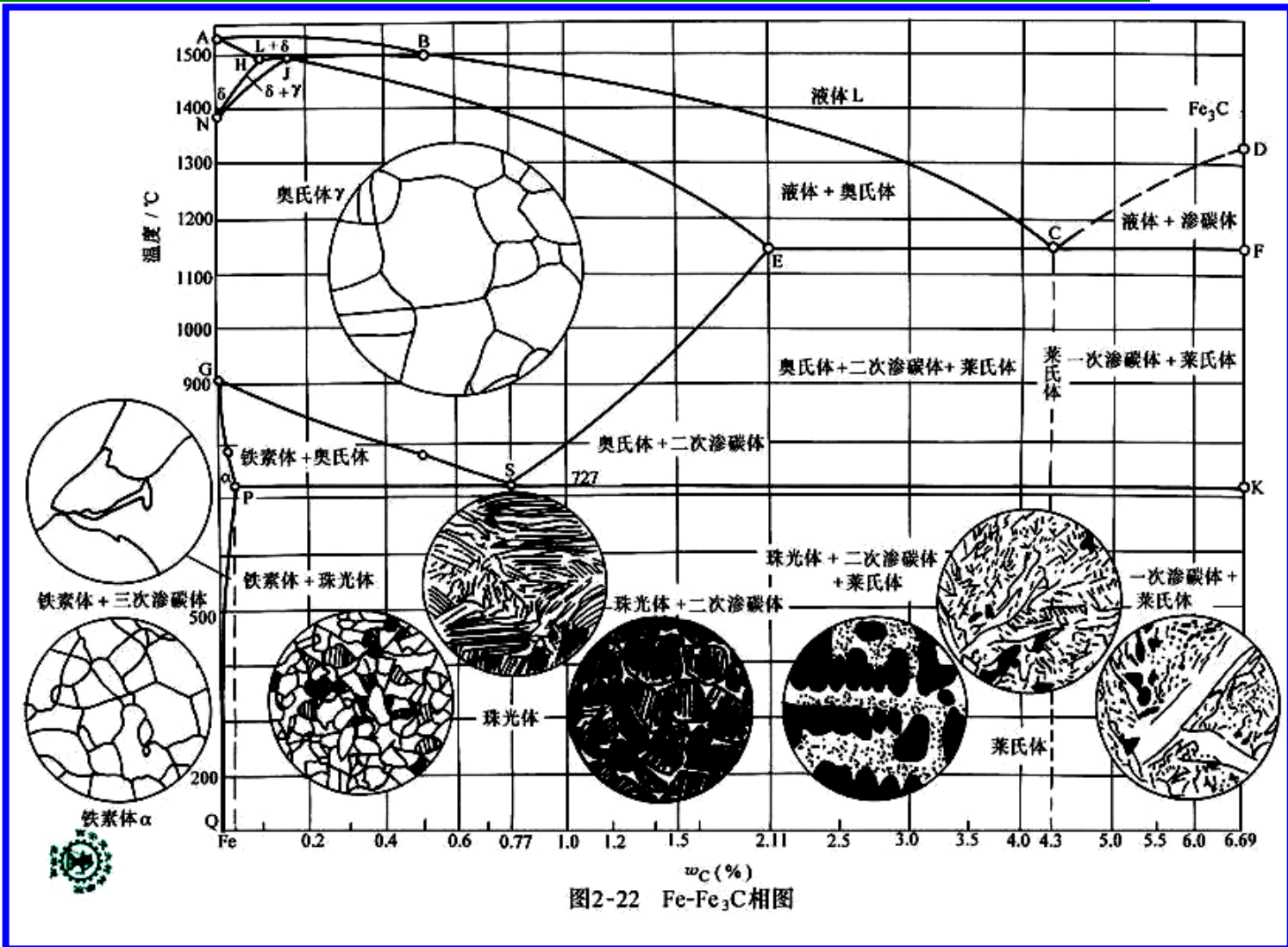
工业纯铁的结晶过程示意图

工业纯铁的室温组织 ($\times 125$)

THE END

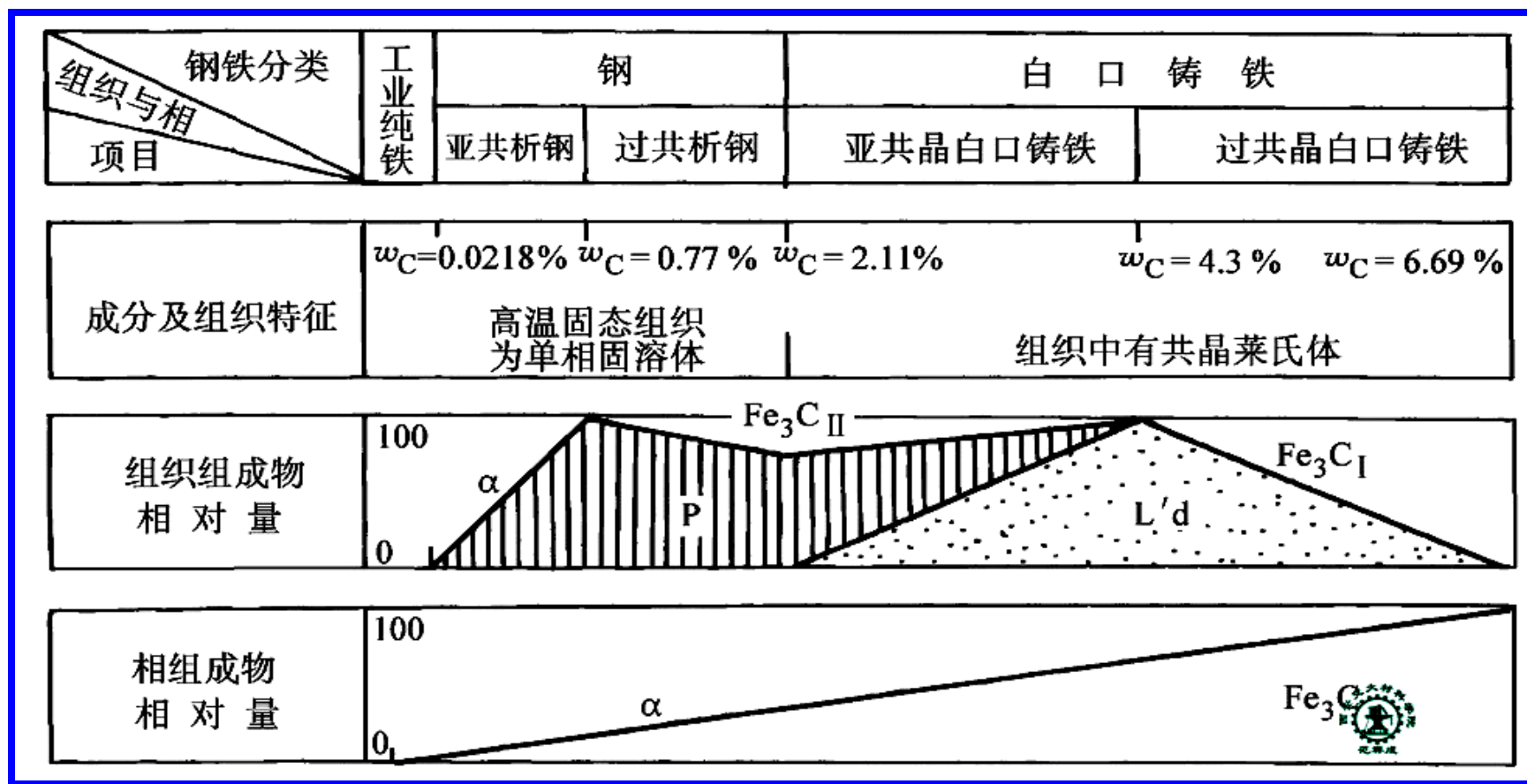
四、碳对铁碳合金平衡组织和性能的影响

1. 对平衡组织的影响



THE END

组织 — 对组成材料的相的类型、形状、数量、大小、分布等特征的描述，特征相同的部分归为一种组织组成物。

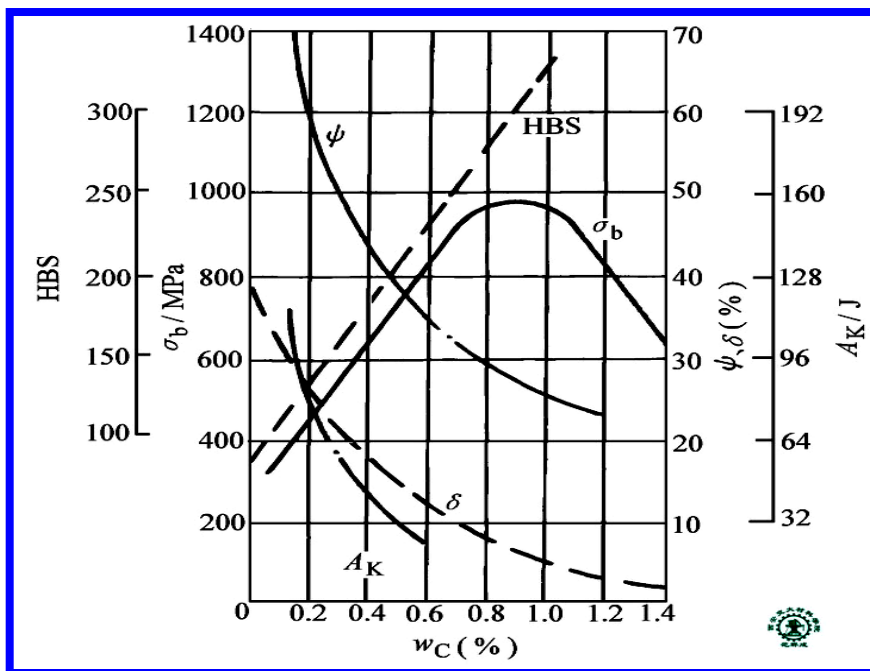


2. 对力学性能的影响

表 2-3 铁碳合金平组织中几种组织组成物的力学性能

组织成物	σ_b / MPa	硬度	δ (%)	A_K / J
铁素体 (α)	230	80HBS	50	160
渗碳体 (Fe_3C)	30	800HBS	≈ 0	≈ 0
珠光体 (P)	750	180HBS	20~25	24~32

(1) 对碳钢的影响



硬度：不断升高

塑性：不断降低

韧性：不断降低

强度：先升后降

碳的质量分数对缓冷碳钢力学性能的影响

(2) 白口铸铁的力学性能特点

硬度高

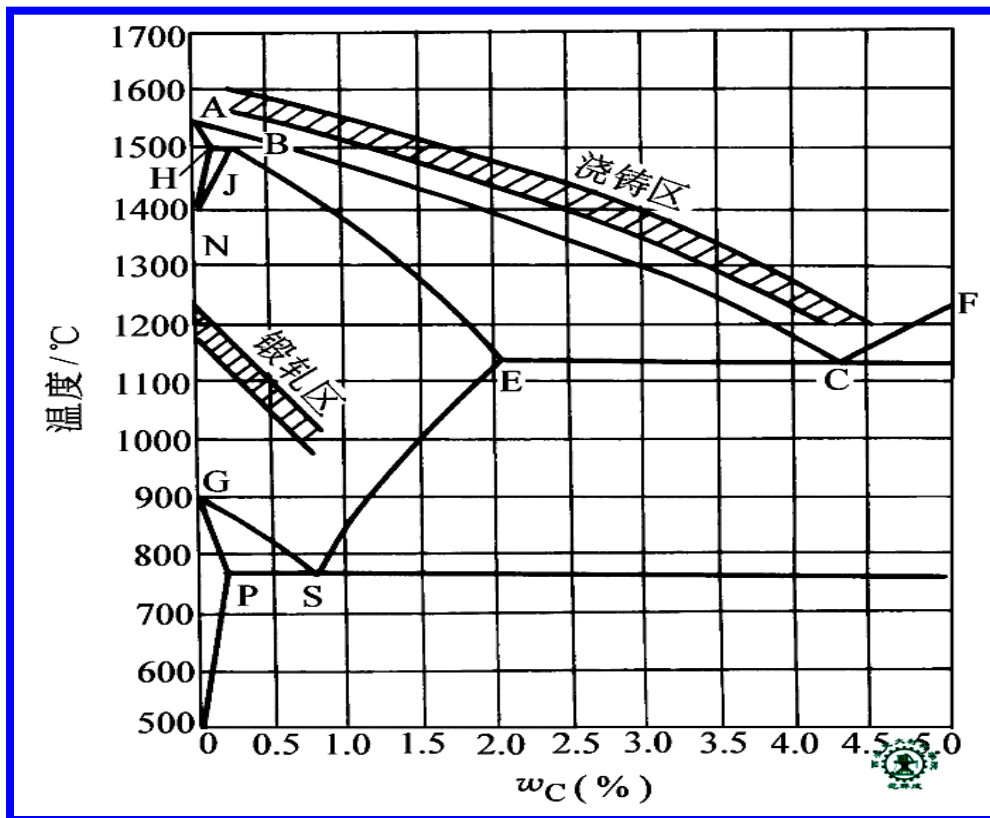
脆性大

强度低

THE END

五、Fe-Fe₃C 相图的实际应用

1. 为选材提供成分依据
2. 为制订热加工工艺提供依据



Fe-Fe₃C 相图与铸
锻工艺的关系

THE END

浇注



铸锭



轧钢



第四节 常存杂质元素对钢性能的影响

EFFECTS OF COMMON IMPURITY ELEMENTS ON PROPERTIES OF STEEL

钢中常存杂质元素

硫

磷

硅

锰

氧

氢

THE END

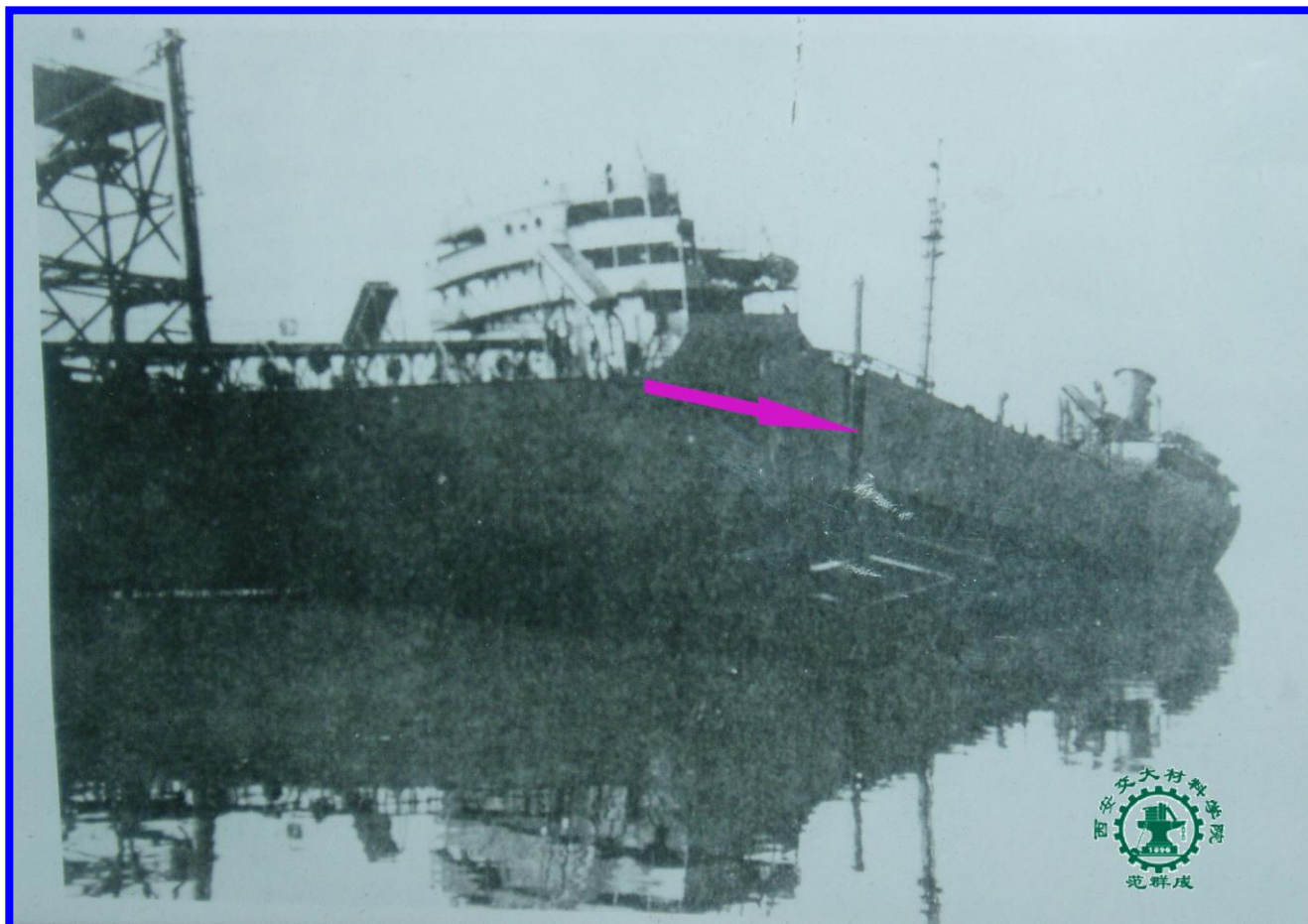
一、硫的影响

——增大钢的热脆性

二、磷的影响

——增大钢的冷脆性

泰坦尼克号沉没之谜



THE END

三、硅的影响

——量少起强化作用，量多增大钢的脆性

四、锰的影响

——量少起强化作用，量多增大钢的脆性

五、氧的影响

——增大钢的脆性

六、氢的影响

——增大钢的脆性

第五节 钢锭的组织 and 缺陷

STRUCTURE AND DEFECT OF STEEL INGOT

钢锭 { 镇静钢锭—脱氧充分、凝固时钢液平静
沸腾钢锭—脱氧不充分、凝固时钢液沸腾

THE END

一、镇静钢锭的组织

表层细晶区

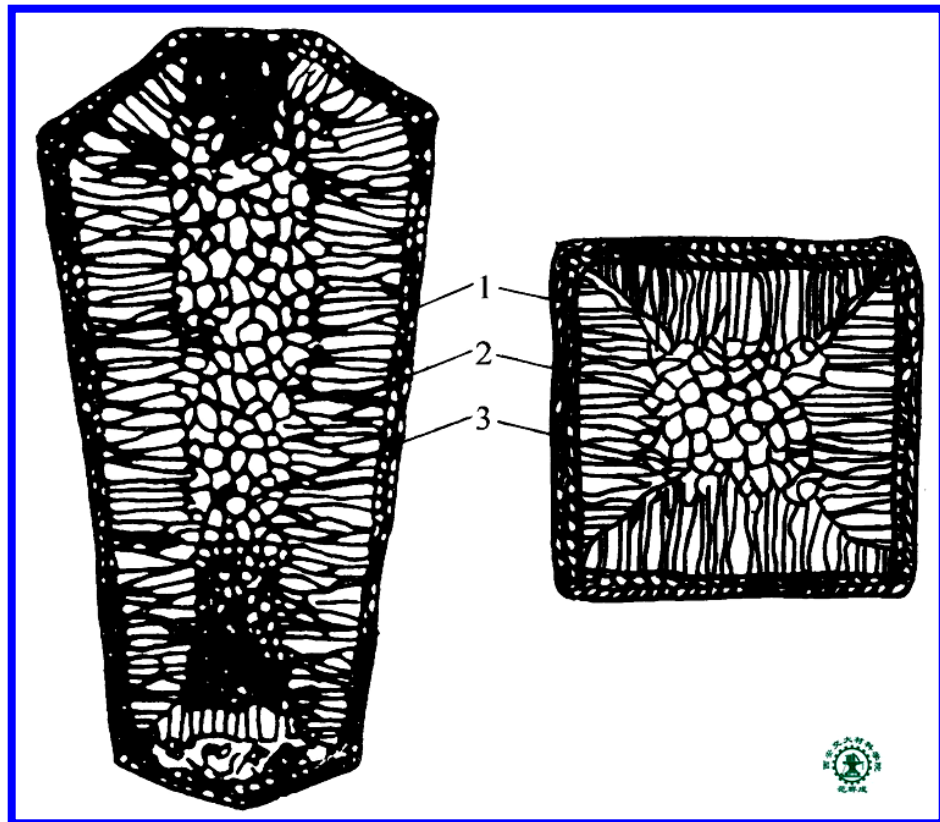
——冷速快

柱状晶区

——定向散热

中心等轴晶区

——非定向缓冷



镇静钢锭宏观组织示意图

1—表层细晶区 2—柱状晶区

3—中心等轴晶区

二、镇静钢锭的缺陷

缩孔和疏松

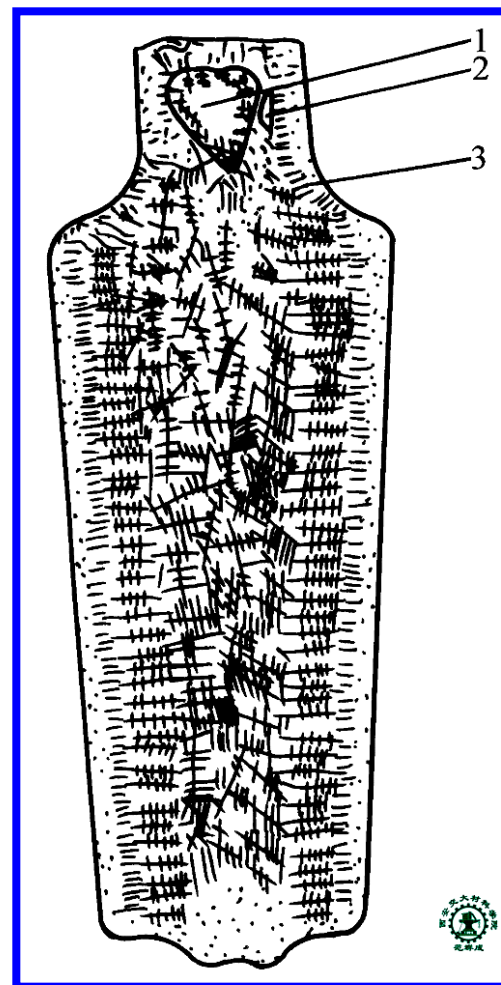
——凝固时体积收缩

区域偏析

——杂质元素分布不均匀

气泡

——气体残留



镇静钢锭中的缺陷

1—缩孔 2—气泡

3—疏松

小铝锭



第六节 压力加工对钢组织和性能的影响

EFFECTS OF PRESS PROCESSING ON STRUCTURE AND PROPERTY OF STEEL

冷压力加工对钢组织和性能的影响

冷变形钢在加热过程中组织和性能的变化

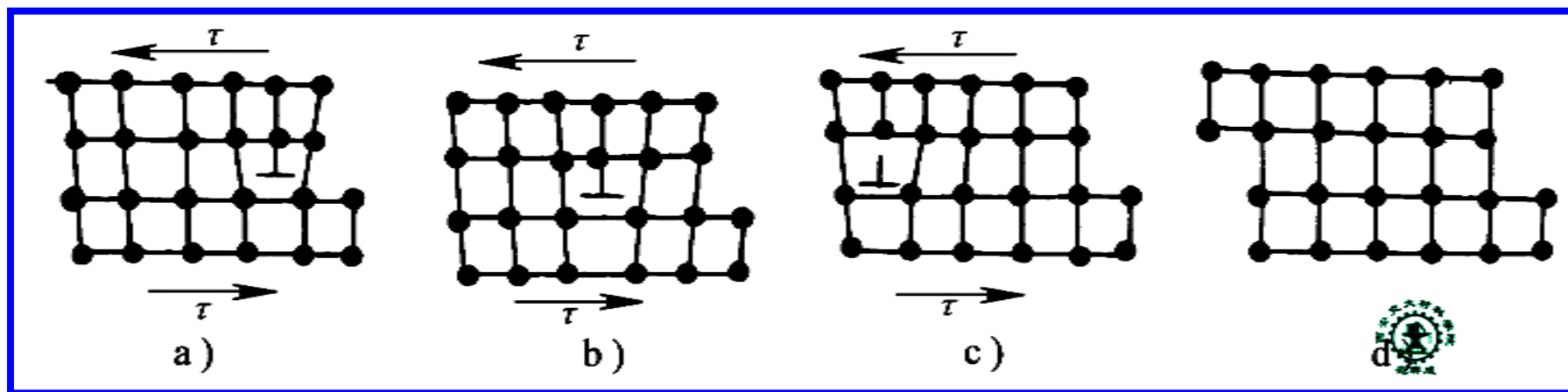
热压力加工对钢组织和性能的影响

THE END

一、冷压力加工对钢组织和性能的影响

1. 塑性变形的最主要方式—滑移

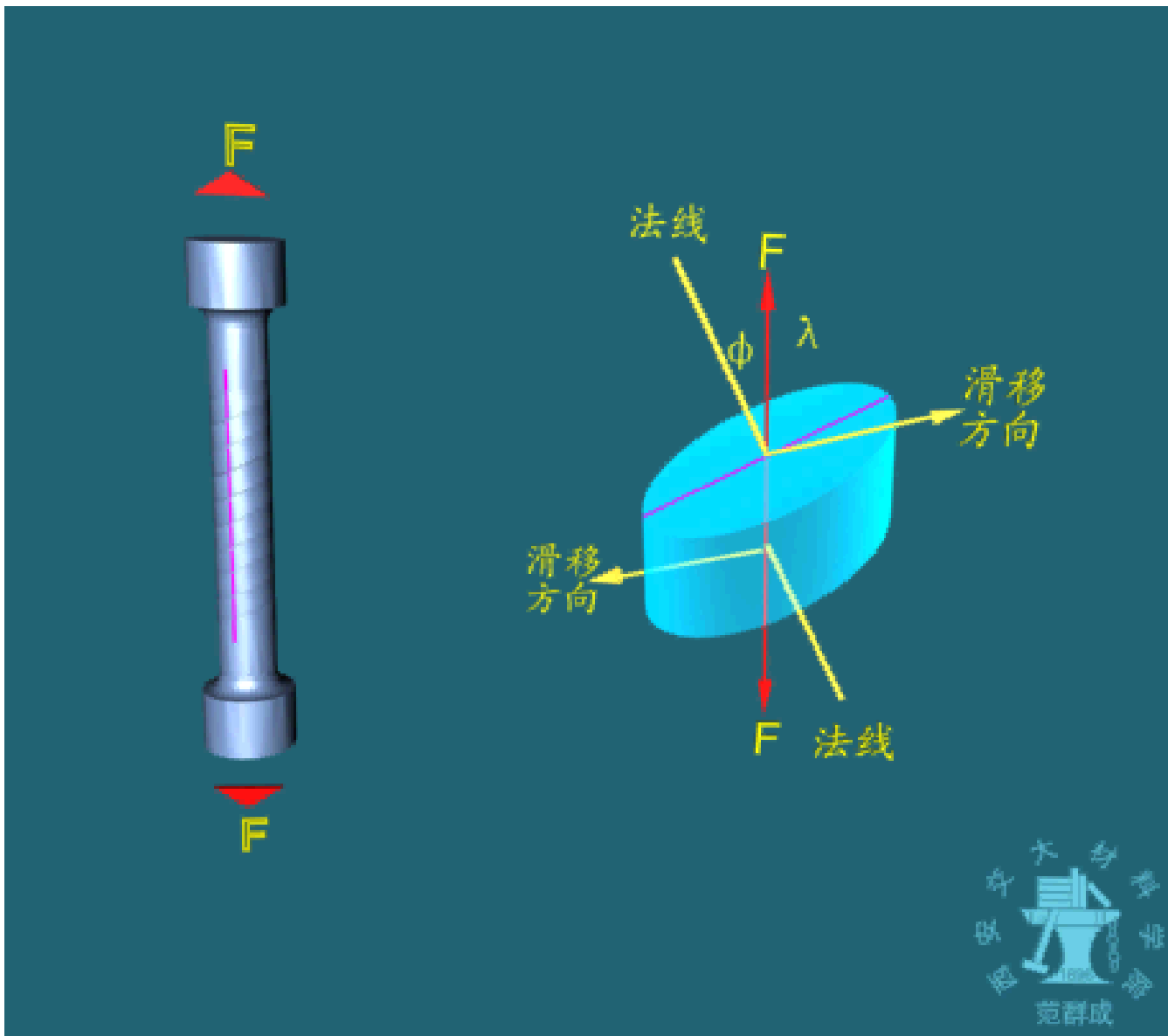
滑移 — 晶体中一部分相对于另一部分的滑动

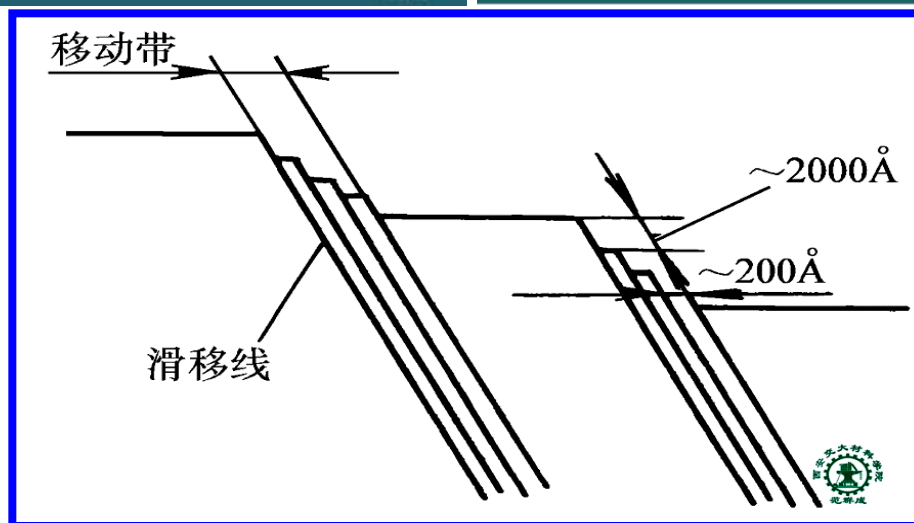
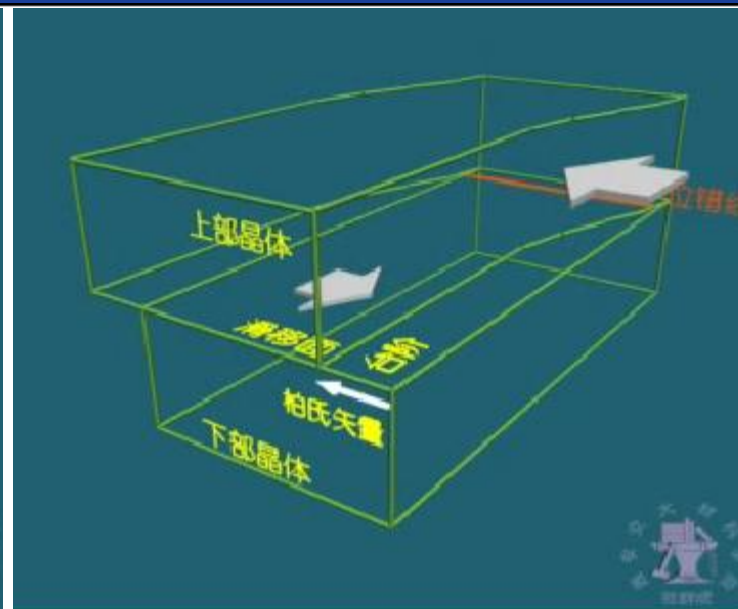
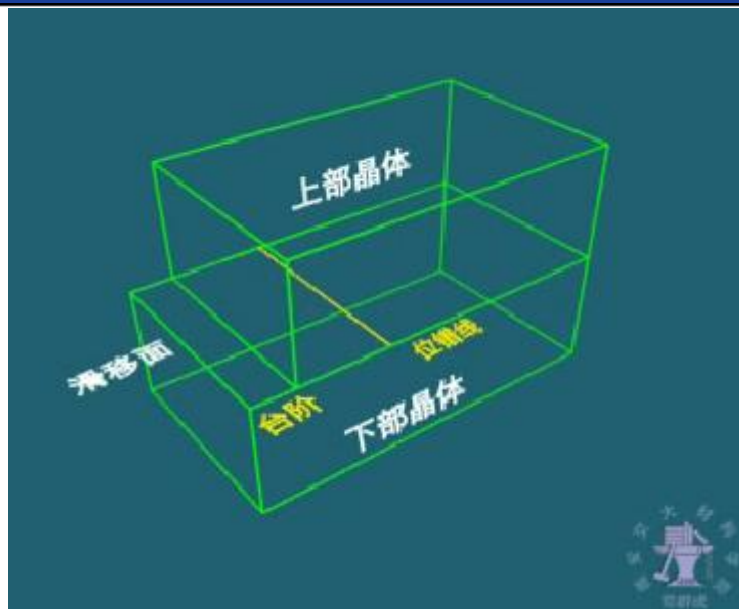


通过位错运动进行滑移的示意图

THE END

单晶体通过滑移塑性变形





滑移线和滑移带示意图

THE END

滑移带

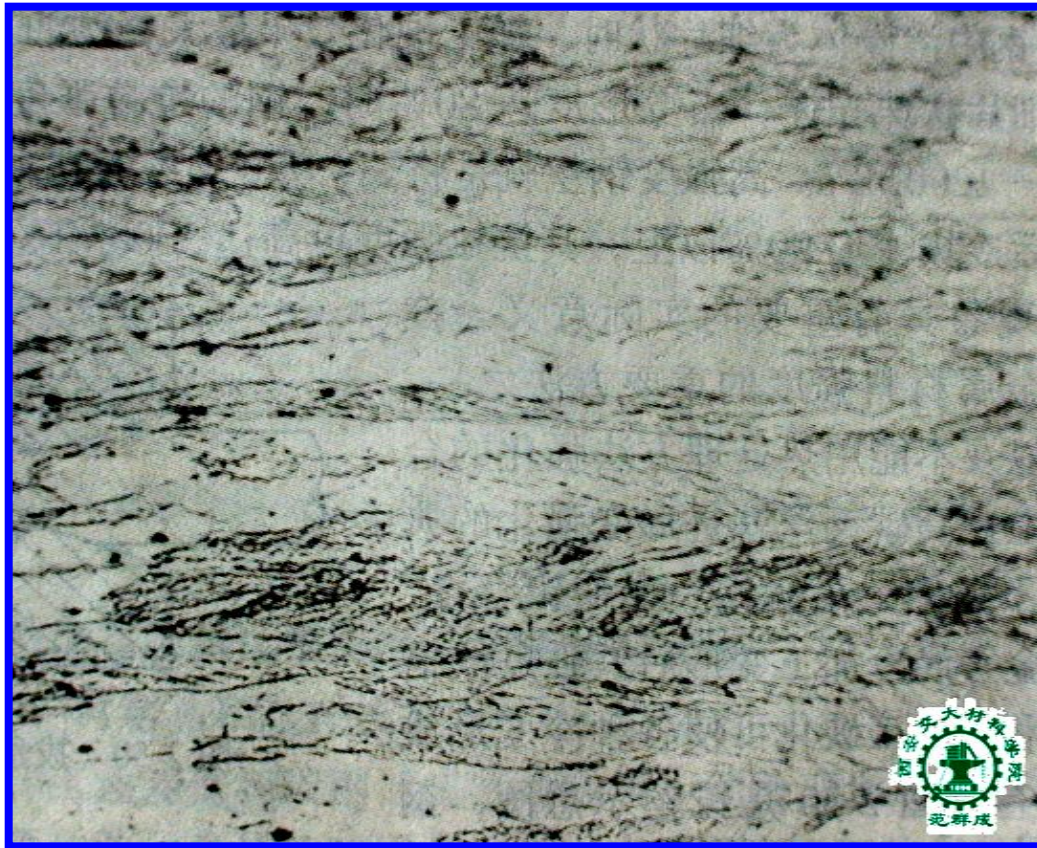


工业纯铁晶粒表面的滑移带 ×250

THE END

2. 纯铁和钢在冷塑性变形过程中的组织变化

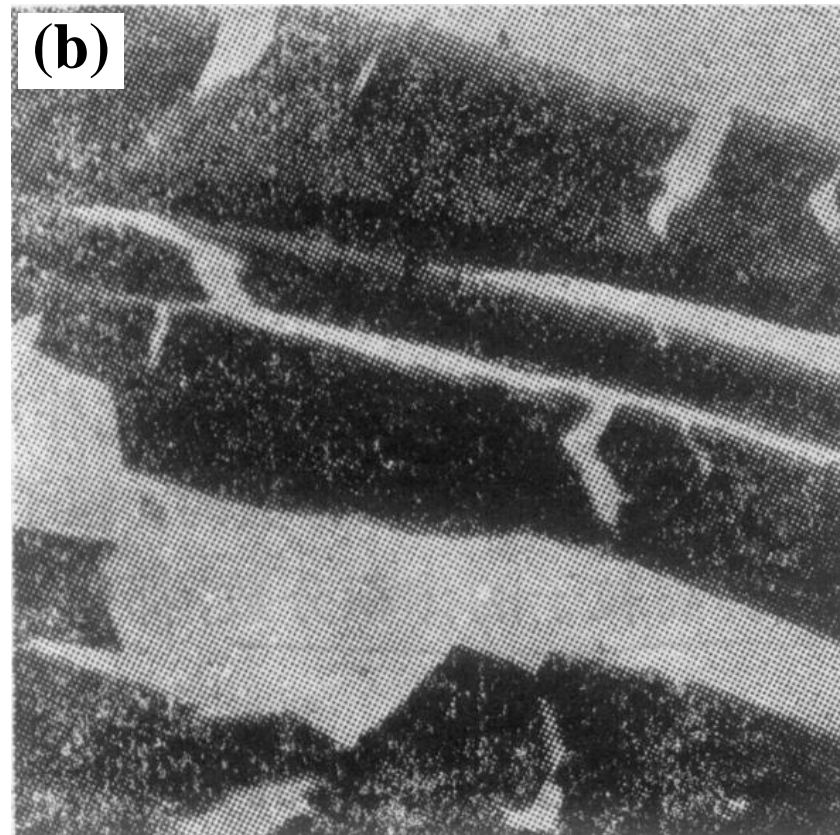
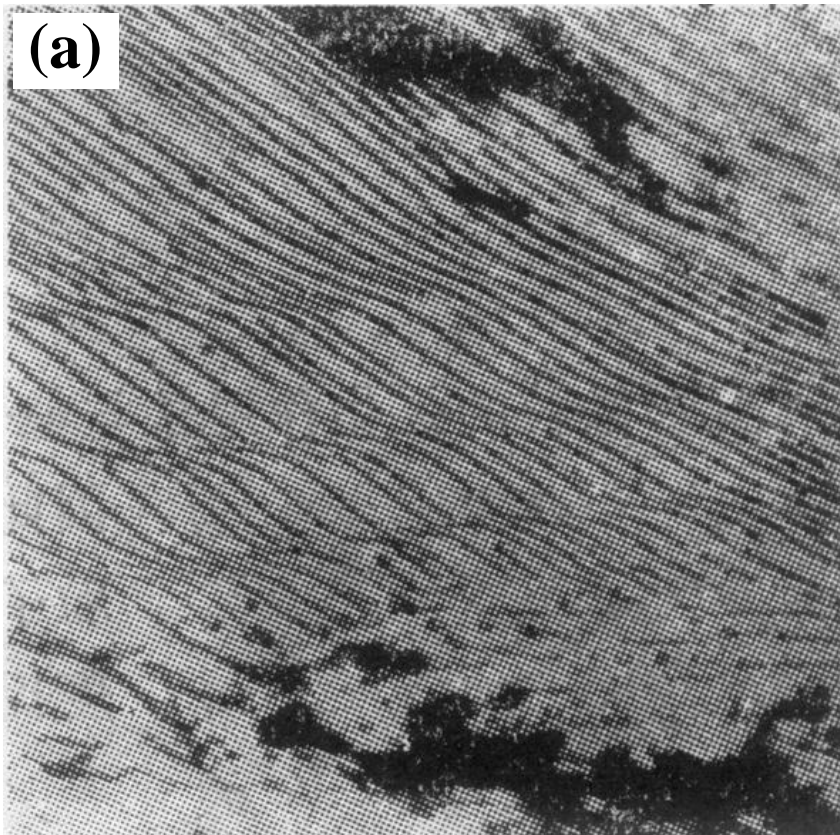
- 铁素体晶粒拉长、破碎



工业纯铁变形度为 80% 的显微组织 ($\times 125$)

THE END

- 珠光体中的渗碳体片弯曲、断裂



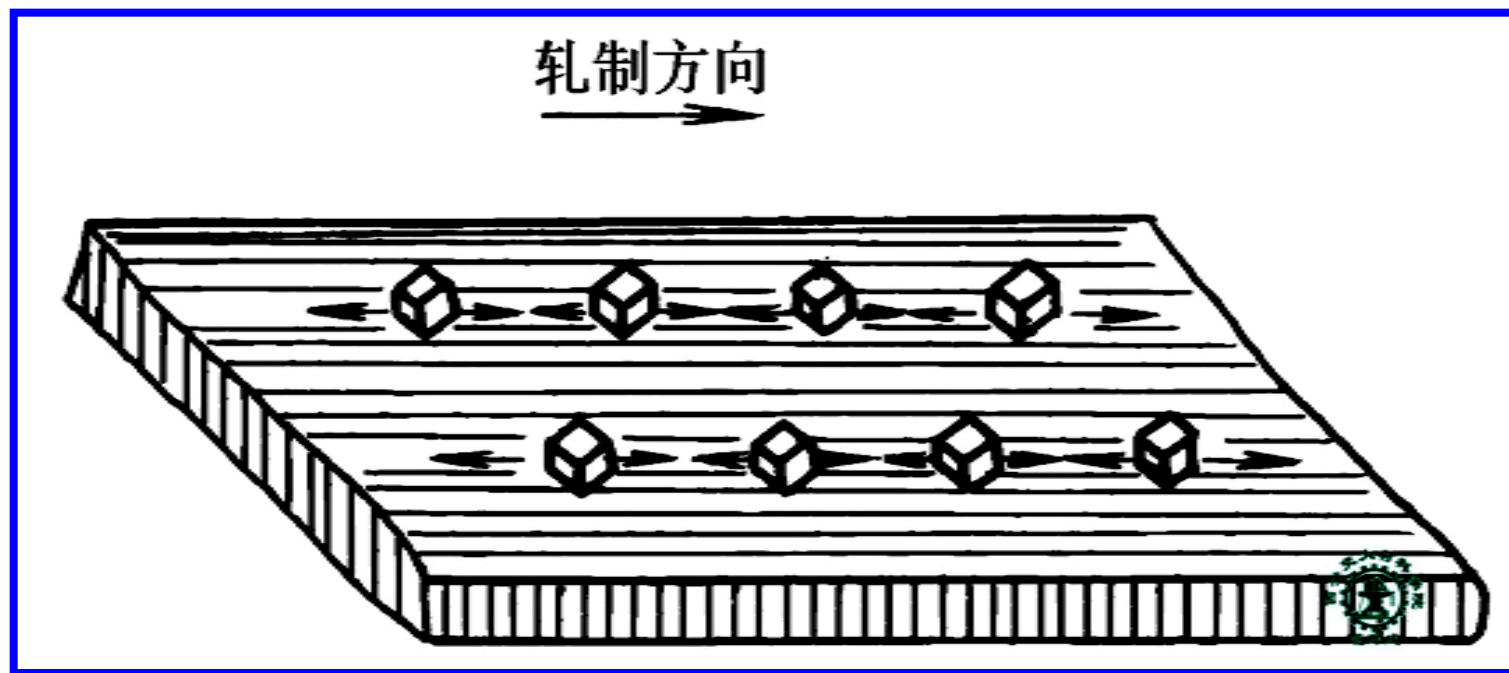
冷变形后珠光体中渗碳体片的变形 (a) 与断裂 (b) 15000 \times

- 位错密度大大提高

THE END

- 形成**形变织构** ——多晶体中各晶粒的某些位向与变形方向趋于一致

形变织构不能够在显微镜下观察到，但可通过X光衍射检测到

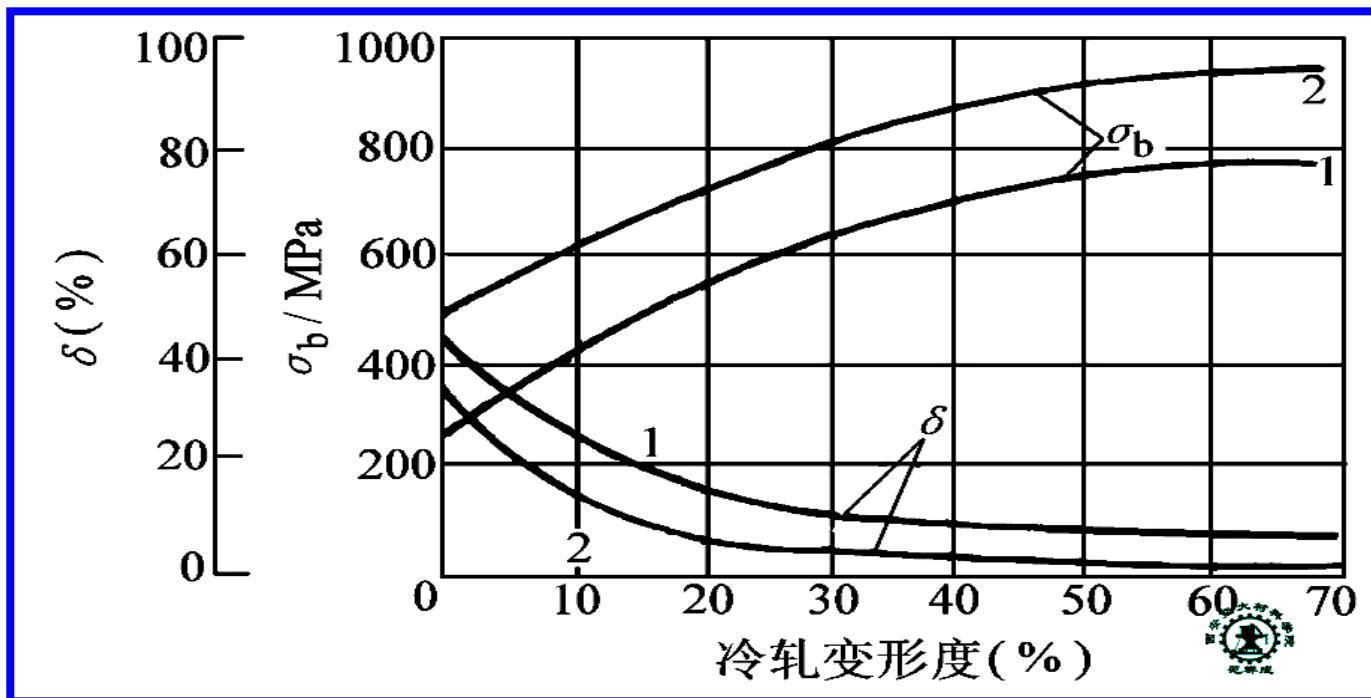


工业纯铁的织构示意图

THE END

2. 纯铁和钢在冷塑性变形过程中的性能变化

- 产生**形变强化**（**加工硬化**）——金属经冷塑性变形后，其强度、硬度升高，塑性、韧性下降



工业纯铁（1）和低碳钢（2）的加工硬化

THE END

加工硬化

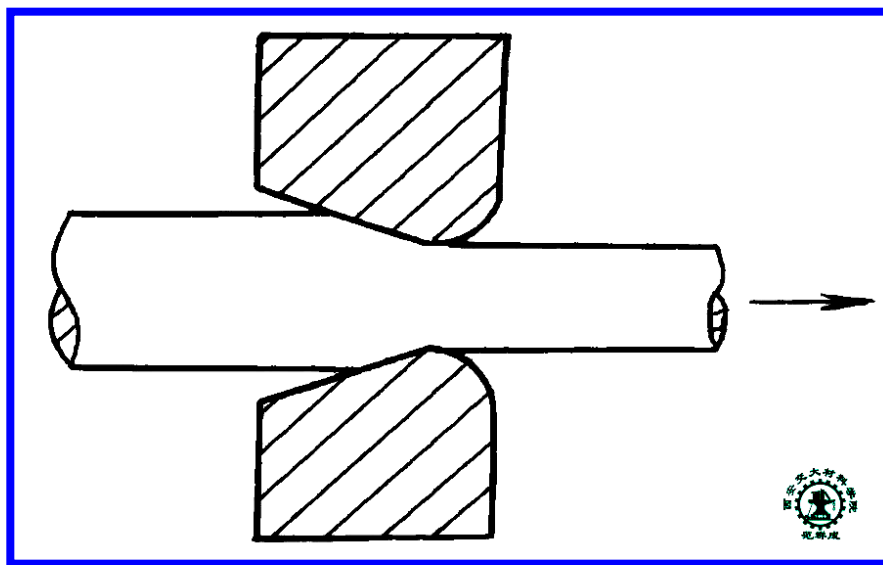
有利

重要的强化手段
使冷塑性成型工艺得以顺利进行
抵抗偶然过载

有害

使进一步塑性变形困难

拉拔示意图

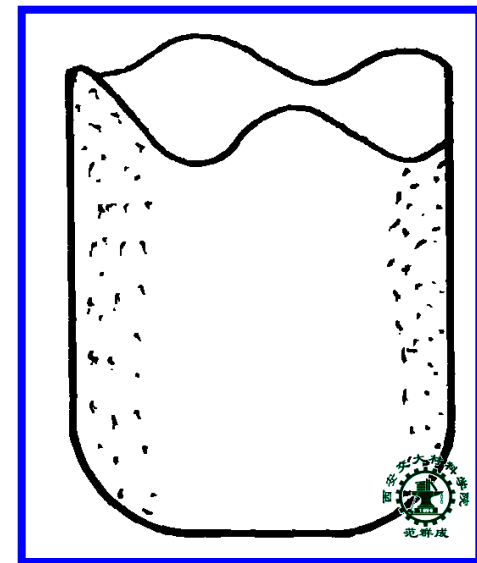


THE END

- 产生**各向异性**

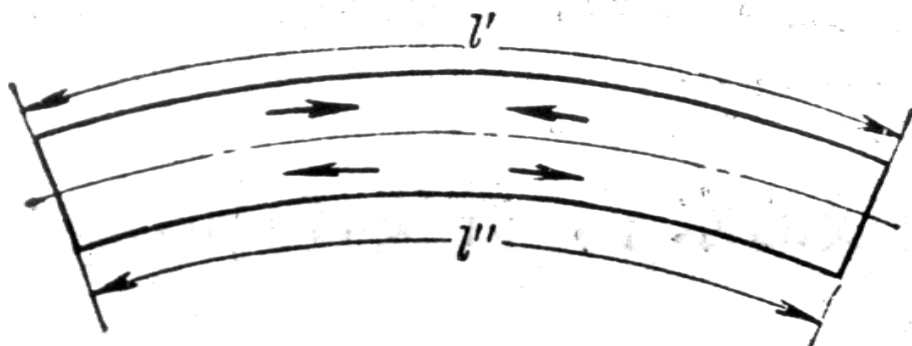
有害 变形量不均匀—制耳

利用 如变压器硅钢片



冷冲压件的制耳现象

- 产生**残余应力**



有害

使用中变形
应力腐蚀

弯曲变形后金属板中的残余应力

利用 喷丸强化、滚压强化等

THE END

二、冷变形钢在加热过程中组织和性能的变化

1. 回复和再结晶及晶粒长大

回复

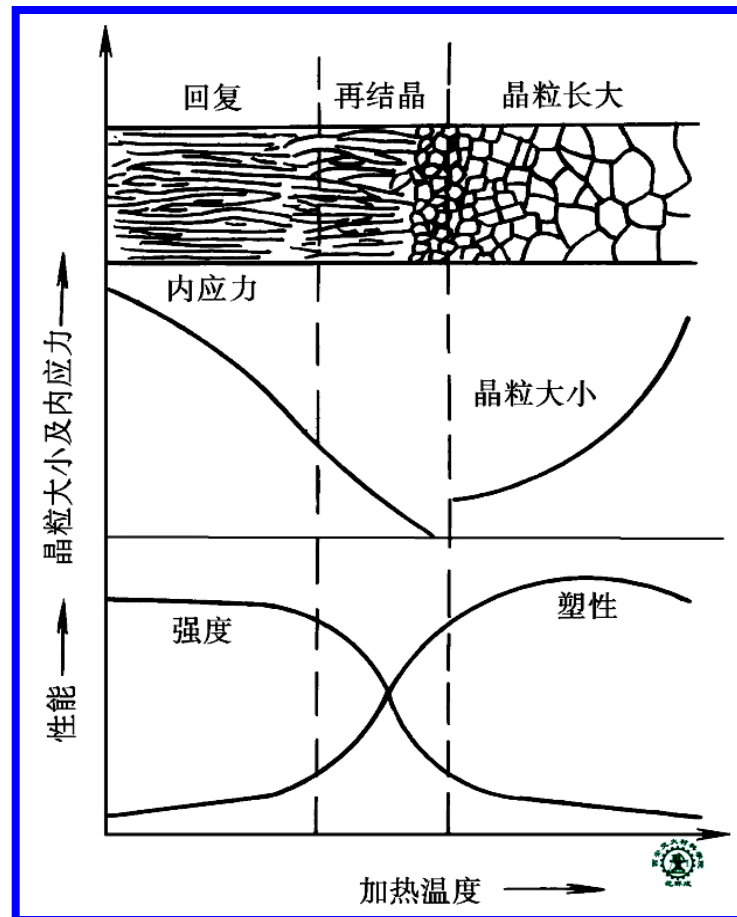
组织无明显变化
 强度略有下降
 塑性略有升高
 内应力大部去除

再结晶

再结晶形成新等轴晶
 强度大大下降
 塑性大大升高
 内应力完全去除

晶粒长大

晶粒进一步长大
 强度进一步下降
 塑性先升后降



变形金属在不同加热温度时组织和性能变化示意图

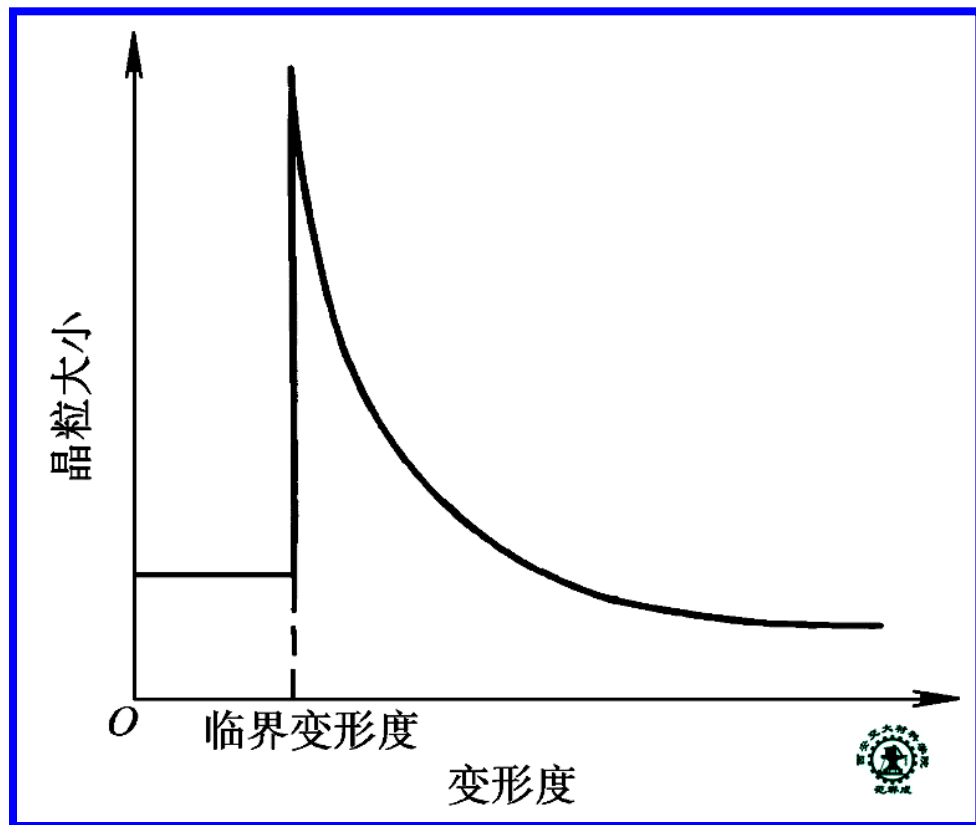
2. 影响再结晶晶粒大小的因素

1) 变形度

- 存在**临界变形度**

小于临界变形度,
不发生再结晶

大于临界变形度,
变形度越大,再结
晶晶粒越小



再结晶晶粒大小与冷变形度的关系

2) 退火温度

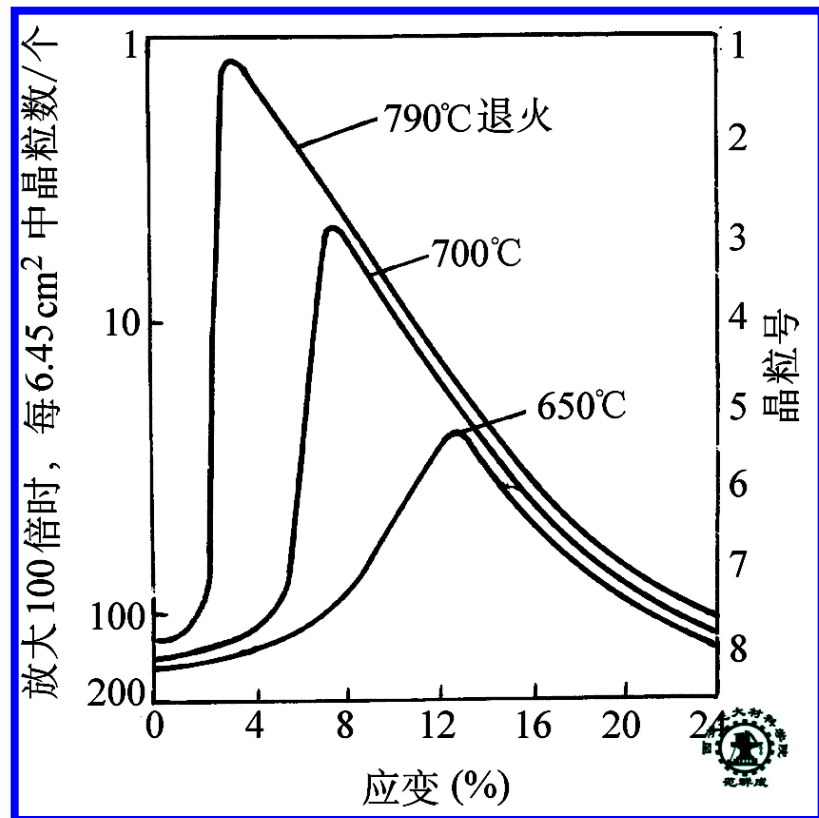
- 存在**最低再结晶温度** $T_{再} = 0.4 T_{熔}$

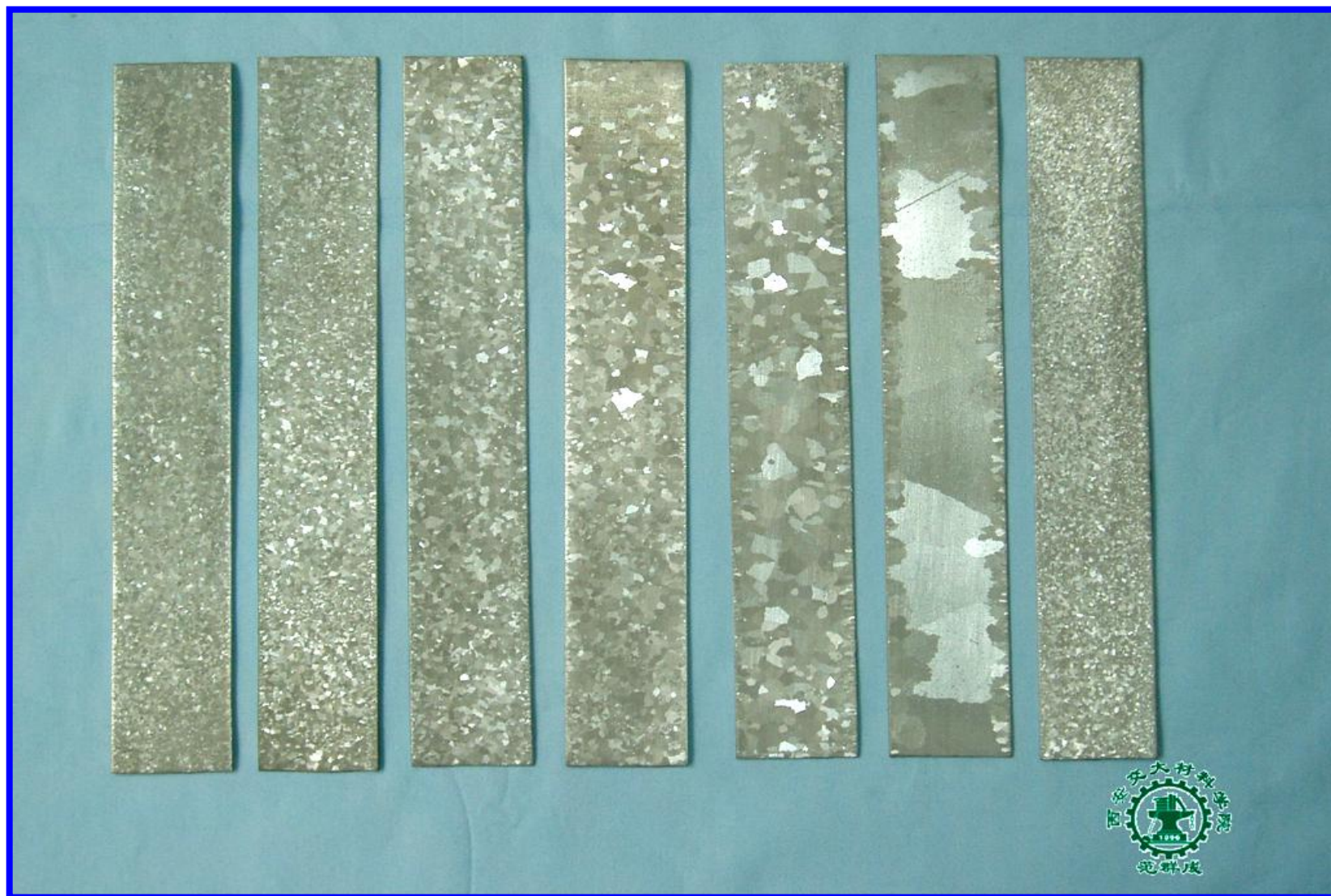
式中, $T_{熔}$ — 金属的熔点 (K)

当 $T > T_{再}$ 时

退火温度越高,
再结晶晶粒越大

应变量及退火温度对低碳
钢 ($w_C = 0.06\%$) 再结晶
后晶体粒子大小的影响



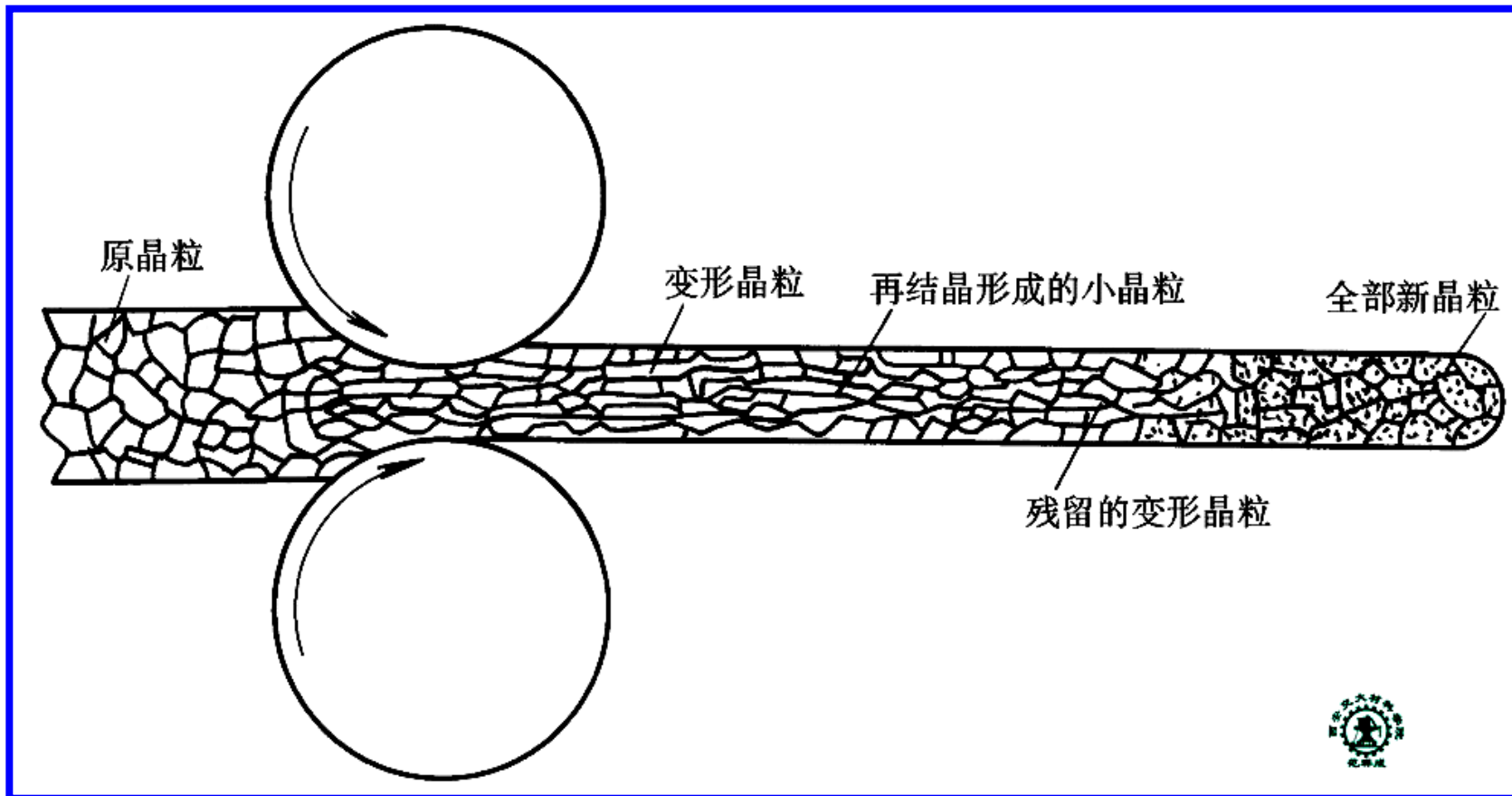


不同变形度的工业纯铝相同温度再结晶退火后的晶粒大小比较

3. 再结晶理论的应用

- 回复 — 去应力退火
- 再结晶 — 消除加工硬化
- 晶粒长大 — 制备单晶体

三、热压力加工对钢组织和性能的影响



钢在热轧时奥氏体的变形和再结晶

THE END

1. 热加工与冷加工的区别

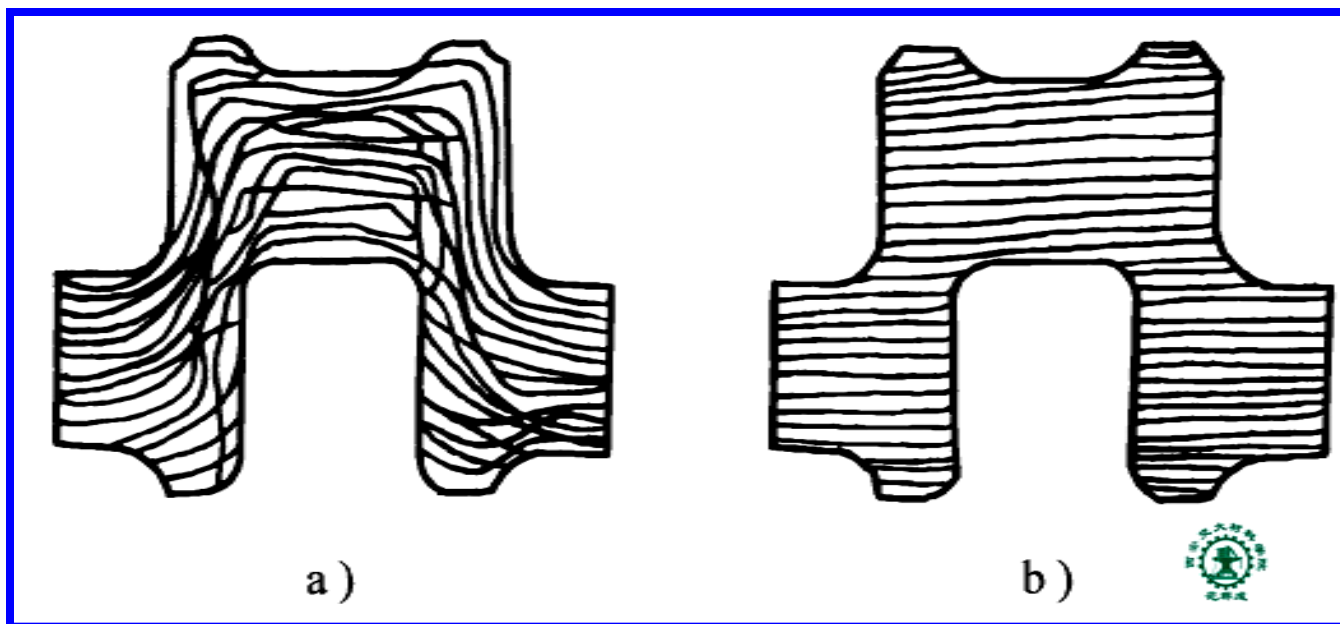
- 冷加工： $T < T_{\text{再}}$ ，只有加工硬化，无再结晶软化
- 热加工： $T > T_{\text{再}}$ ，有加工硬化，也有再结晶软化

2. 热压力加工钢的组织 and 性能

- 焊合气孔
- 细化组织
- 形成热加工流线

表 2-4 ω_c 为 0.45% 的钢经热轧后力学性能与流线方向的关系

试样方向	σ_b / MPa	$\sigma_{0.2} / MPa$	δ (%)	ϕ (%)	$a_K / (J \cdot cm^{-2})$
纵向	715	470	17.5	62.8	62
横向	672	440	10.0	31.0	30



曲轴流线分布示意图

THE END

第六节 碳钢的分类、牌号 及用途

CLASSIFICATION AND NAME AND USE OF CARBON STEEL

碳钢的分类

碳钢的牌号和用途

THE END

一、碳钢的分类

按碳含量

低碳钢

$$w_C \leq 0.25\%$$

中碳钢

$$w_C = 0.30\% \sim 0.60\%$$

高碳钢

$$w_C > 0.60\%$$

按质量

普通碳素钢

$$\begin{cases} w_S \leq 0.035\% \\ w_P \leq 0.035\% \end{cases}$$

优质碳素钢

$$\begin{cases} w_S \leq 0.030\% \\ w_P \leq 0.030\% \end{cases}$$

高级优质碳素钢

$$\begin{cases} w_S \leq 0.020\% \\ w_P \leq 0.030\% \end{cases}$$

按用途

碳素结构钢

碳素工具钢

THE END

二、碳钢的牌号和用途

1. 普通碳素结构钢

表 2-5 普通碳素结构钢的牌号和化学成分 (GB/T700-1988)

牌号	等级	化学成分 ω (%)					脱氧方法
		C	Mn	Si	S	P	
Q195	—	0.06~0.12	0.25~0.50	0.30	0.050	0.045	F、b、Z
Q215	A	0.09~0.15	0.25~0.55	0.30	0.050	0.045	F、b、Z
	B				0.045		
Q235	A	0.14~0.20	0.30~0.65 ⁽¹⁾	0.30	0.050	0.045	F、b、Z
	B	0.12~0.20	0.30~0.70 ⁽¹⁾		0.045		
	C	≤ 0.18	0.35~0.80	0.30	0.040	0.040	Z
	D	≤ 0.17			0.035	0.035	TZ
Q255	A	0.18~0.28	0.40~0.70	0.30	0.050	0.045	Z
	B				0.045		
Q275	—	0.28~0.38	0.50~0.80	0.35	0.050	0.045	Z

注：1. Q235A、B 级沸腾钢锰的质量分数上限为 0.60%。

2. “F” 沸腾钢，“b” 半镇静钢，“Z” 镇静钢，“TZ” 特殊镇静钢。

1) 牌号: Q × × ×

表 2-6 普通碳素结构钢的力学性能 (GB/T700-1988)

牌号	等级	拉 伸 试 验												冲击试验			
		屈服点 σ_s / MPa						抗拉强度 σ_b / MPa	伸长率 δ_s / (%)						湿 度 / ℃	V形冲 击功 (纵 向)/J 不小于	
		钢材厚度 (直径) /mm							钢材厚度 (直径) /mm								
		≤16	>16~ 40	>40~ 60	>60~ 100	>100~ 150	>150		≤16	>16~ 40	>40~ 60	>60~ 100	>100~ 150	>150			
Q195	—	(195)	(185)	—	—	—	—	315~390	33	32	—	—	—	—			—
Q215	A	215	205	195	185	175	165	335~410	31	30	29	28	27	26	—	27	
	B														20		
Q235	A	235	225	215	205	195	185	375~460	26	25	24	23	22	21	—	27	
	B														20		
	C																0
	D																-20
Q255	A	255	245	235	225	215	205	410~510	24	23	22	21	20	19	—	27	
	B														20		
Q275	—	275	265	255	245	235	225	490~610	20	19	18	17	16	15	—	—	

2) 用途: 构件, 不重要的零件

3) 使用状态: 供应态

THE END

2. 优质碳素结构钢

表 2-7 优质碳素结构钢的化学成分 (GB/T 699-1999)

牌号	化学成分 ω (%)							
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu
08F	0.05~0.11	≤ 0.03	0.25~0.50	0.035	0.035	0.30	0.10	0.25
10F	0.07~0.14	≤ 0.07	0.25~0.50	0.035	0.035	0.30	0.15	0.25
08	0.05~0.12	0.17~0.37	0.35~0.65	0.035	0.035	0.30	0.10	0.25
10	0.07~0.14	0.17~0.37	0.35~0.65	0.035	0.035	0.30	0.15	0.25
15	0.12~0.19	0.17~0.37	0.35~0.65	0.035	0.035	0.30	0.25	0.25
20	0.17~0.24	0.17~0.37	0.35~0.65	0.035	0.035	0.30	0.25	0.25
25	0.22~0.30	0.17~0.37	0.50~0.80	0.035	0.035	0.30	0.25	0.25
30	0.27~0.35	0.17~0.37	0.50~0.80	0.035	0.035	0.30	0.25	0.25
35	0.32~0.40	0.17~0.37	0.50~0.80	0.035	0.035	0.30	0.25	0.25
40	0.37~0.45	0.17~0.37	0.50~0.80	0.035	0.035	0.30	0.25	0.25
45	0.42~0.50	0.17~0.37	0.50~0.80	0.035	0.035	0.30	0.25	0.25
50	0.47~0.55	0.17~0.37	0.50~0.80	0.035	0.035	0.30	0.25	0.25
55	0.52~0.60	0.17~0.37	0.50~0.80	0.035	0.035	0.30	0.25	0.25
60	0.57~0.65	0.17~0.37	0.50~0.80	0.035	0.035	0.30	0.25	0.25
65	0.62~0.70	0.17~0.37	0.50~0.80	0.035	0.035	0.30	0.25	0.25

1) 牌号及用途

08 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65

└───┬───┬───┬───┬───┬───┬───┬───┬───┬───┬───┬───┬───┘

构件 渗碳件 轴 类 弹 簧

2) 使用状态：各种热处理

表 2-8 优质碳素结构钢的力学性能 (GB/T699-1999)

牌号	试样 毛坯 尺寸 /mm	推荐热处理/°C			力学性能					钢材交货状态硬 度 HBS	
					σ_b / MP_a	σ_s / MP_a	$\delta_5(\%)$	$\phi(\%)$	A_K / J	不 大 于	
		正火	淬火	回火	不 小 于					未热处理	退火钢
08F	25	930			295	175	35	60		131	
10F	25	930			315	185	33	55		137	
08	25	930			325	195	33	60		131	
10	25	930			335	205	31	55		137	
15	25	320			375	225	27	55		143	
20	25	910			410	245	25	55		156	
25	25	900	870	600	450	275	23	50	71	170	
30	25	880	860	600	490	295	21	50	63	179	
35	25	870	850	600	530	315	20	45	55	197	
40	25	860	840	600	570	335	19	45	47	217	187
45	25	850	840	600	600	355	16	40	39	229	197
50	25	830	830	600	630	375	14	40	31	241	207
55	25	820	820	600	645	380	13	35		255	217
60	25	810			675	400	12	35		255	229
65	25	810			695	410	10	30		255	229

3. 工具钢

1) 牌号

T7 T8 T9 T10 T11 T12 T13

2) 用途：各种工具

3) 使用状态：各种热处理

表 2-9 常用碳素工具钢的牌号、成分、热处理和用途 (GB/T1298-1986)

钢号	化学成分 ω (%)					热处理					应用举例		
	C	Mn	Si	S	P	淬火			回火				
						温度/ $^{\circ}\text{C}$	冷却介质	硬度 HRC (不小于)	温度/ $^{\circ}\text{C}$	硬度 HRC (不小于)			
T7	0.65~0.74	≤ 0.40	≤ 0.35	≤ 0.030	≤ 0.035	800~820	水	62	180~200	60~62	制造承受振动与冲击载荷、要求较高韧性的工具,如凿子、打铁用模、各种锤子、木工工具、石钻(软岩石用)等		
T7A	0.65~0.74			≤ 0.020	≤ 0.030	800~820	水	62	180~200	60~62			
T8	0.75~0.84			≤ 0.030	≤ 0.035	780~800	水	62	180~200	60~62		制造承受振动与冲击载荷、要求足韧性和较高硬度的各种工具,如简单模子、冲头、剪切金属用剪刀、木工工具、煤矿用凿等	
T8A	0.75~0.84			≤ 0.020	≤ 0.030	780~800	水	62	180~200	60~62			
T10	0.95~1.04					≤ 0.030	≤ 0.035	760~780	水,油	62	180~200	60~62	制造不受突然振动、在口上要求有韧性的工具,如刨刀、冲模、丝锥、板牙、手锯锯条、卡尺等
T10A	0.95~1.04			≤ 0.020	≤ 0.030	760~780	水,油	62	180~200	60~62			
T12	1.15~1.24					≤ 0.030	≤ 0.035	760~780	水,油	62	180~200	60~62	制造不受振动、要求极高硬度的工具,如钻头、丝锥、锉刀、刮刀
T12A	1.15~1.24			≤ 0.020	≤ 0.030	760~780	水,油	62	180~200	60~62			