

# 金属材料学

Metal Material and Heat Treatment

主讲教师：曾燕屏

## § 2-3 钢的珠光体转变

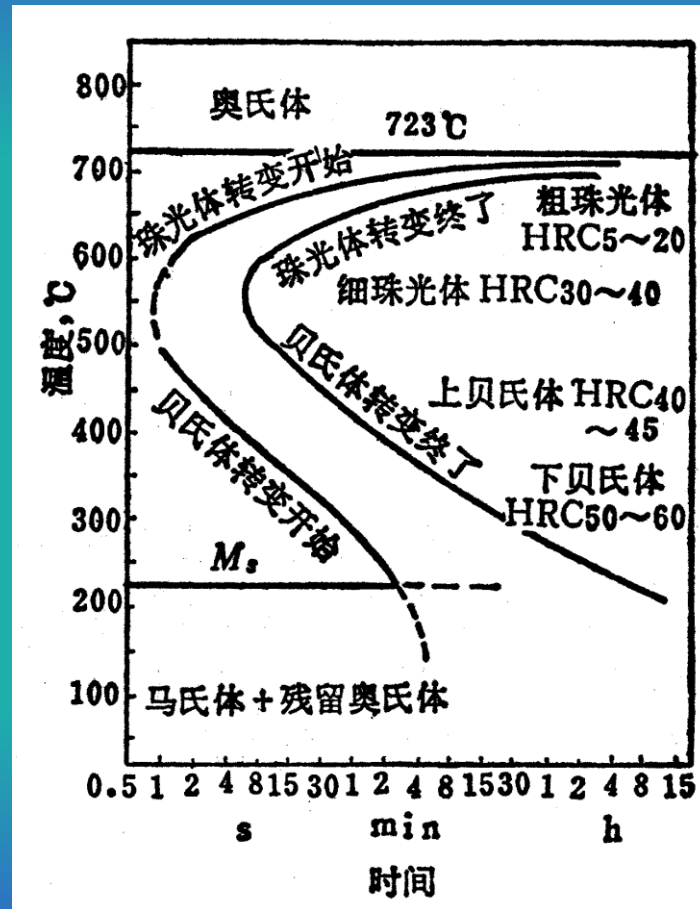


图2-17 共析碳钢的C曲线

# 一、珠光体的组织形态与性能特点

## 1. 珠光体的组织形态

根据在铁素体基体上分布的渗碳体的形状，珠光体可分为片状珠光体和粒状珠光体。



图2-18 粒状珠光体

典型组织形态为：在铁素体基体上分布着颗粒状渗碳体的组织。

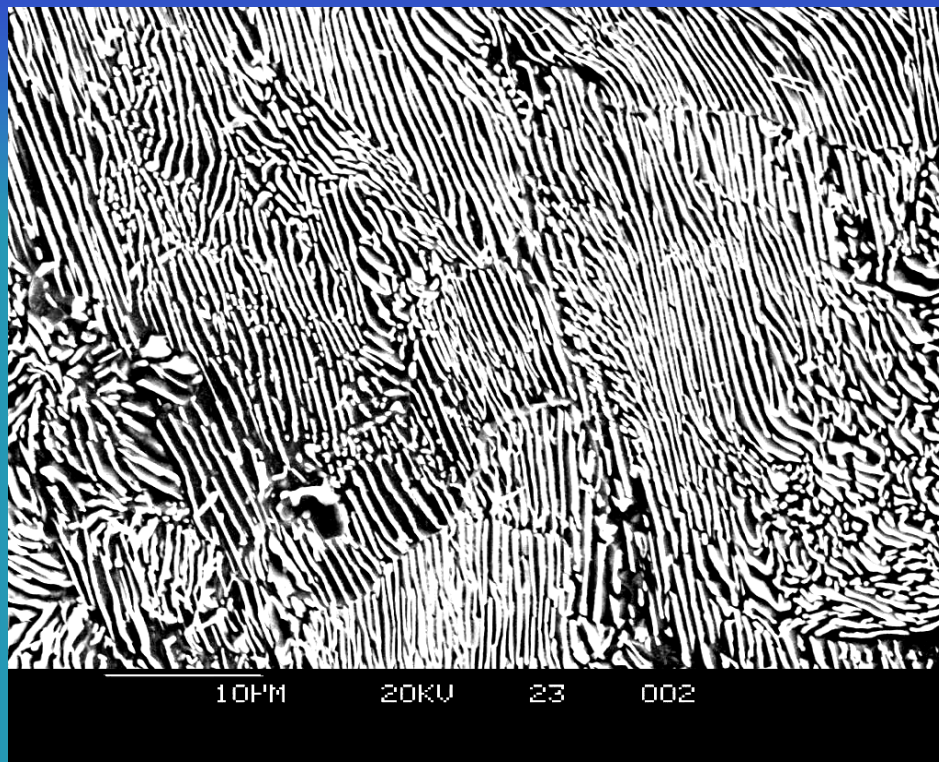


图2-19 片状珠光体

典型组织形态为：厚片状铁素体与薄片状渗碳体交替排列的片层状组织。

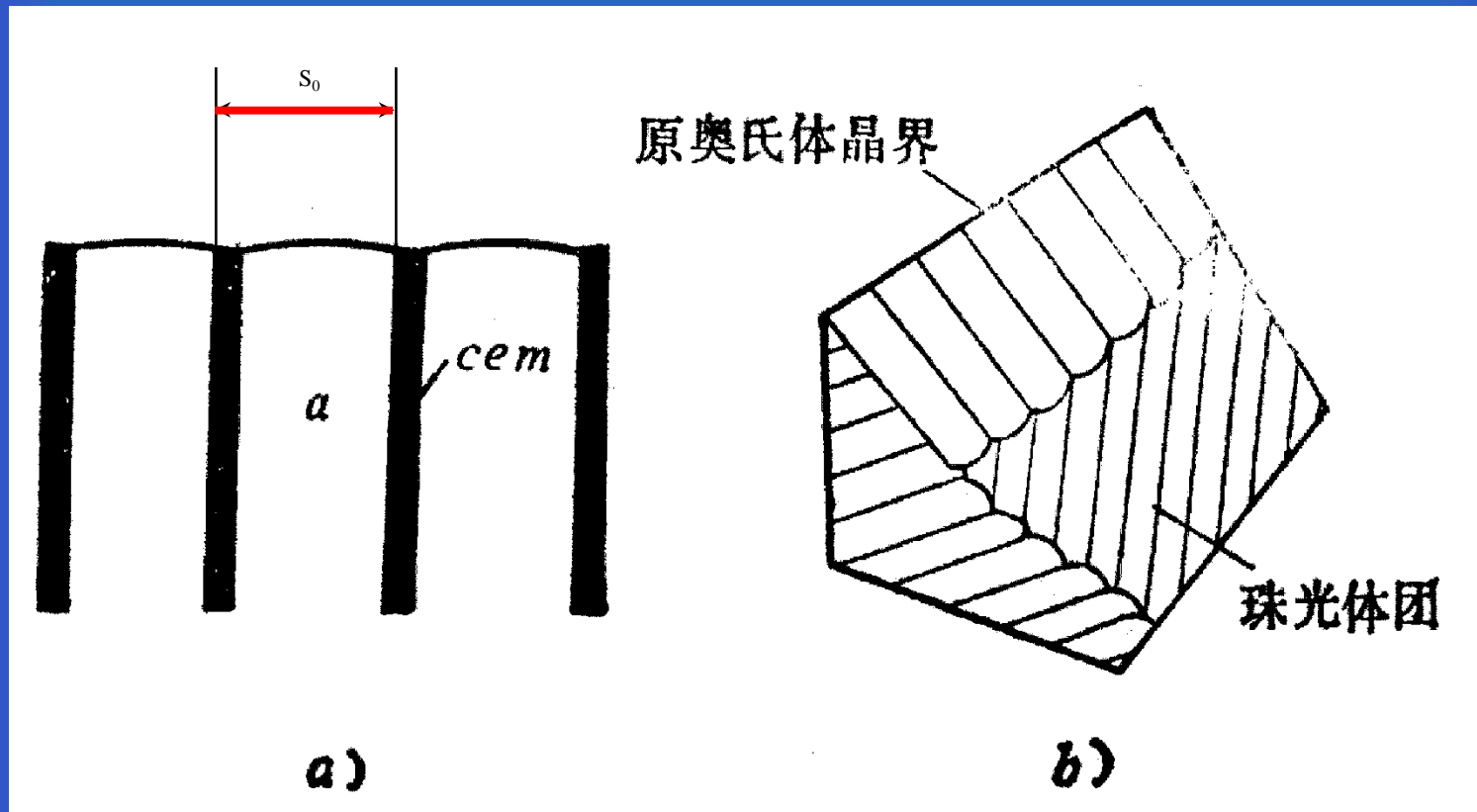


图2-20 片状珠光体的片层间距和珠光体团的示意图  
a) 珠光体的片层间距； b) 珠光体团



根据片层间距的大小，可将片状珠光体细分为以下三类：

(1) **珠光体**：在 $A_{r1}$ ~650℃范围内形成，片层较厚，平均片层间距大于 $0.5\mu\text{m}$ ，在低于400倍的光学显微镜下就能分辨出层片；

(2) **索氏体**：在650~600℃范围内形成，片层较细，平均片层间距为 $0.3\sim 0.4\mu\text{m}$ ，在大于500倍的光学显微镜下可分辨出层片；

(3) **屈氏体**：在600~550℃范围内形成，片层很细，平均片层间距小于 $0.1\mu\text{m}$ ，即使在高倍光学显微镜下也无法分辨出层片，只有在电子显微镜下才能分辨出层片。

## 2. 珠光体的机械性能

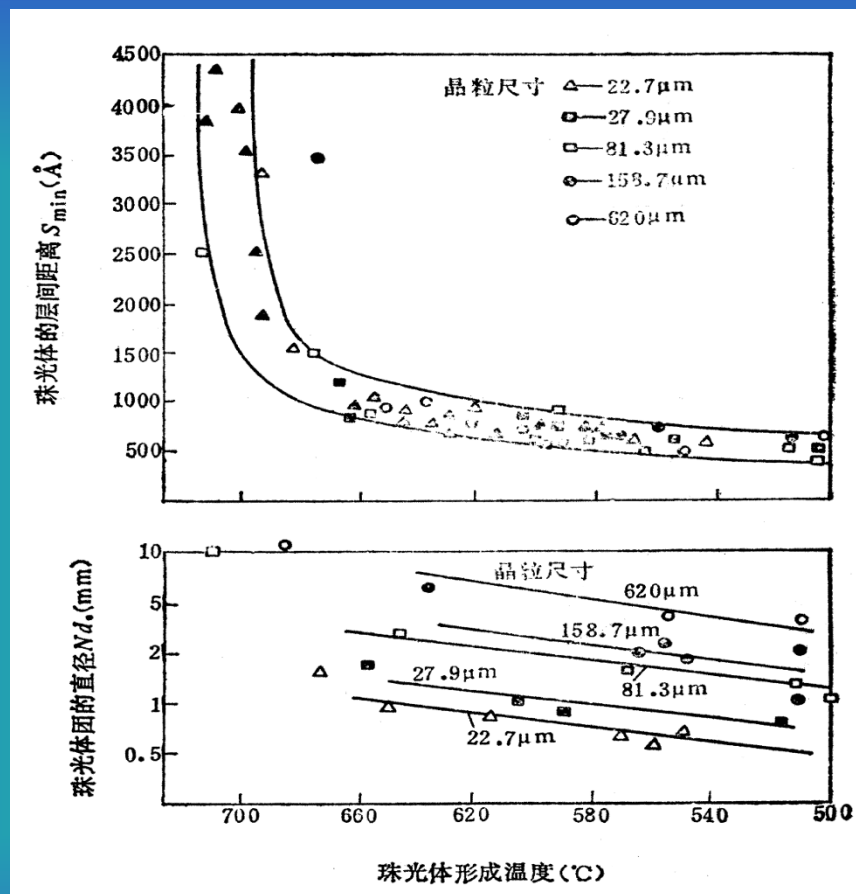


图2-21 共析碳素钢的珠光体形成温度对片层间距和团直径的影响



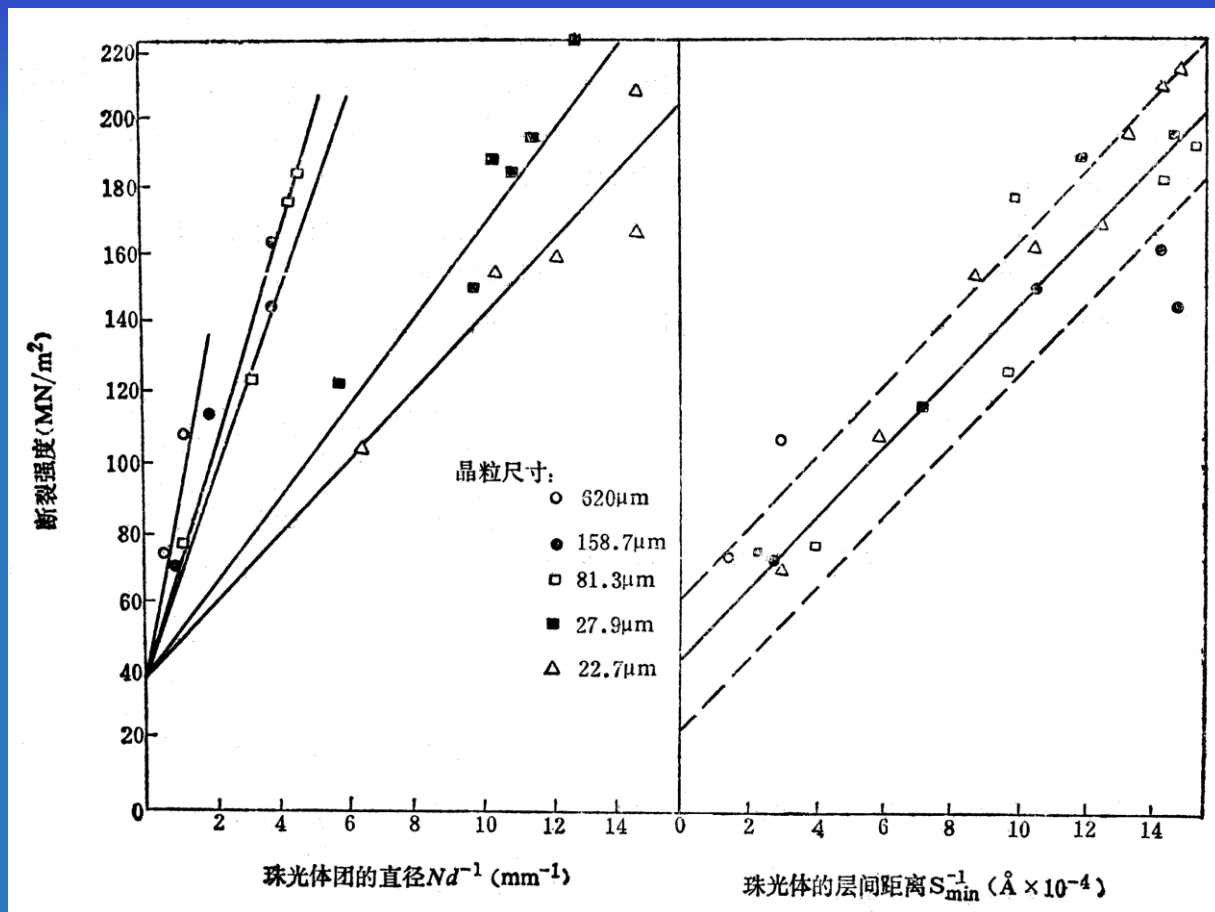


图2-22 共析碳素钢珠光体团的直径和片层间距对断裂强度的影响

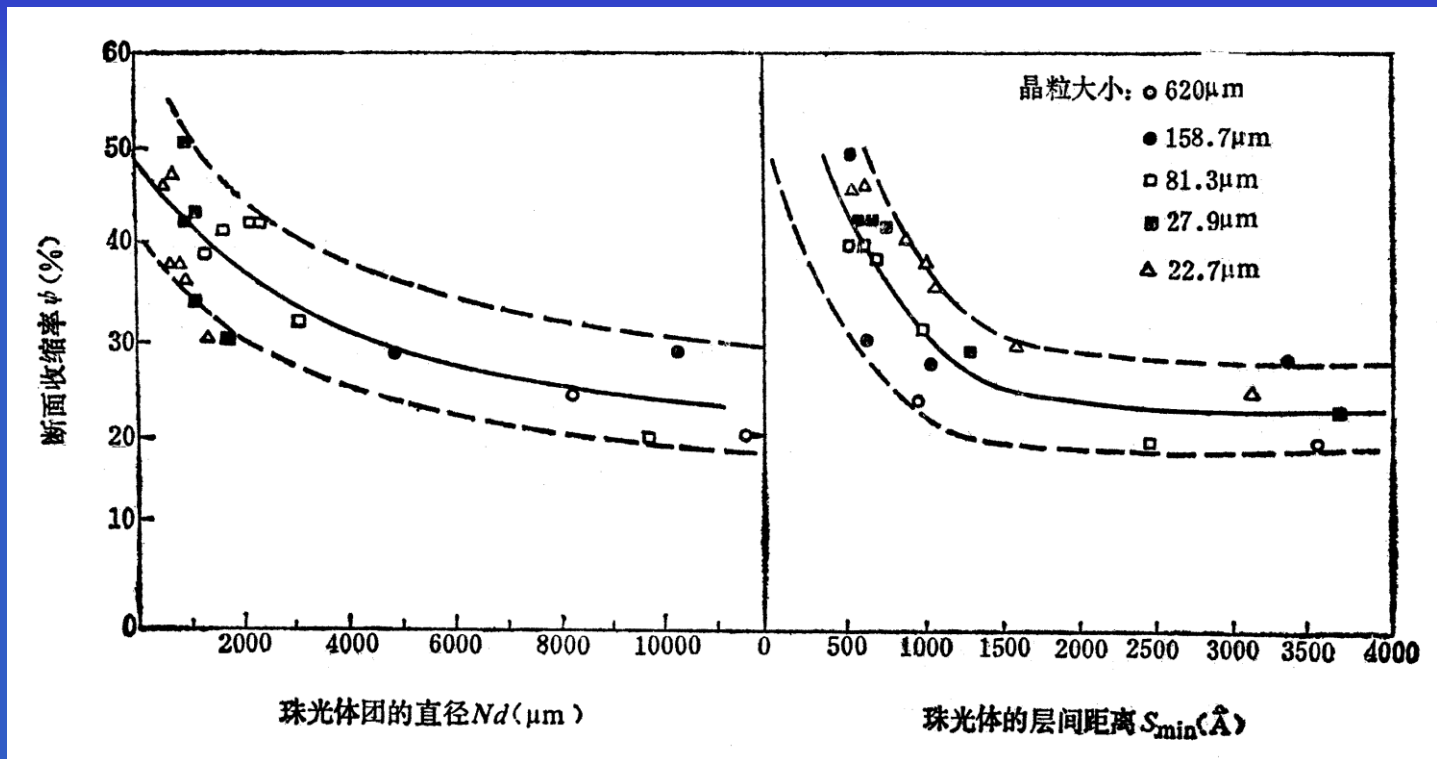


图2-23 共析碳素钢珠光体团的直径和片层间距对断面收缩率的影响

珠光体团直径和片层间距越小，其强度、硬度越高，塑性也越好。

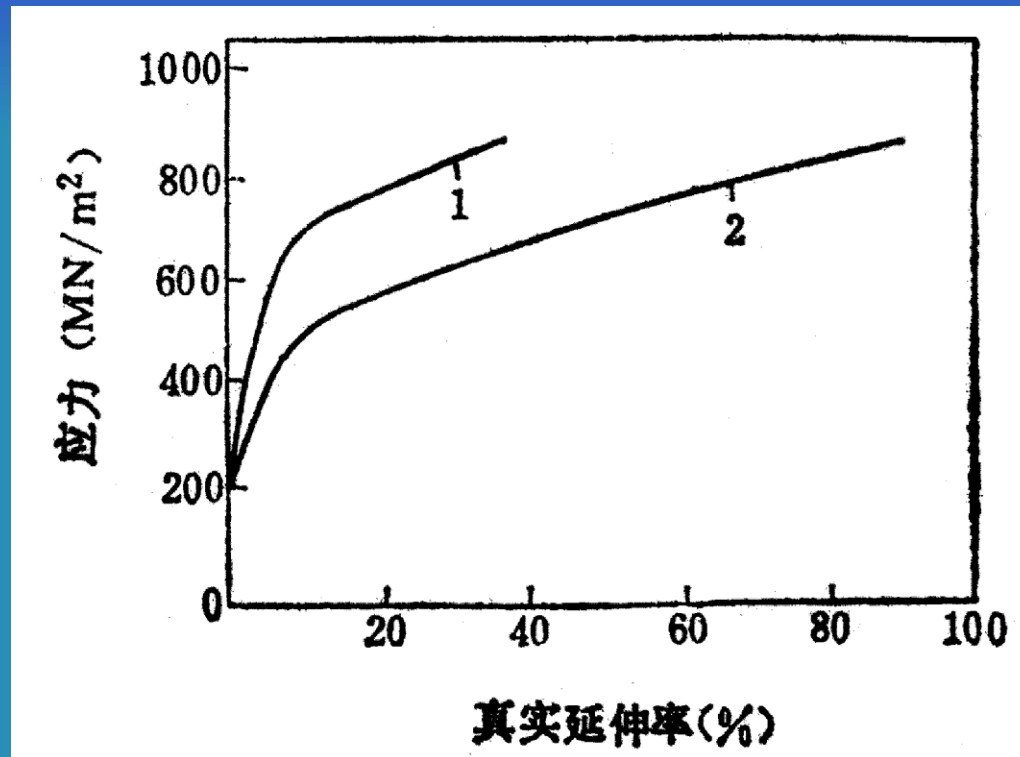


图2-24 共析碳素钢不同组织的应力-应变图  
1-片状珠光体 2-粒状珠光体

结论：在退火状态下，对于相同含碳量的钢料，粒状珠光体的强度、硬度比片状珠光体低，塑性、切削加工性和淬火工艺性等比片状珠光体好。

## 二、珠光体转变的机理



面心立方      体心立方      复杂斜方

0.77%C      0.0218%C      6.69%C

1. 珠光体的形核

2. 珠光体晶核的长大

(1) 协作长大

① 横向长大



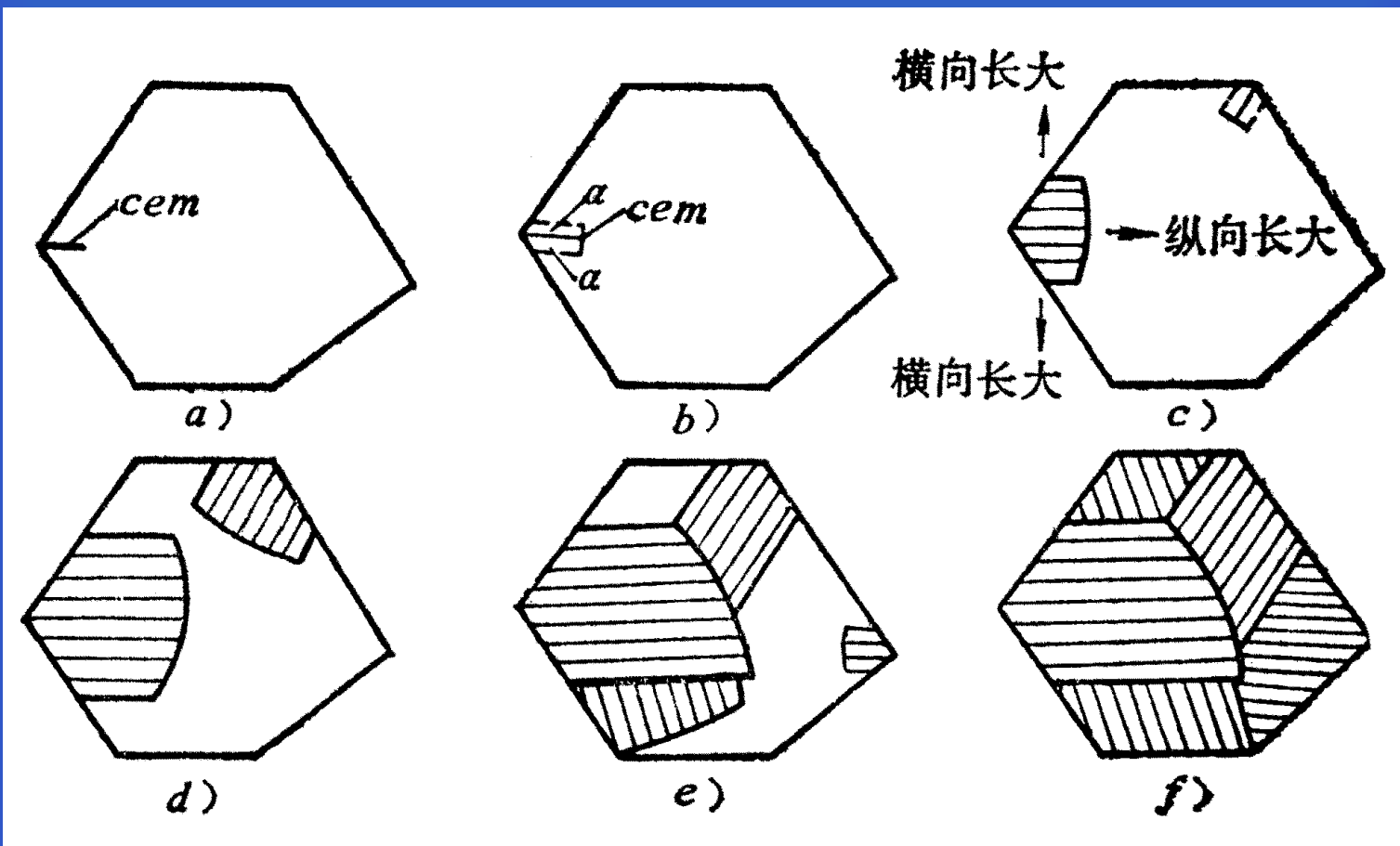


图2-25 片状珠光体形核与长大过程示意图





## ② 纵向长大

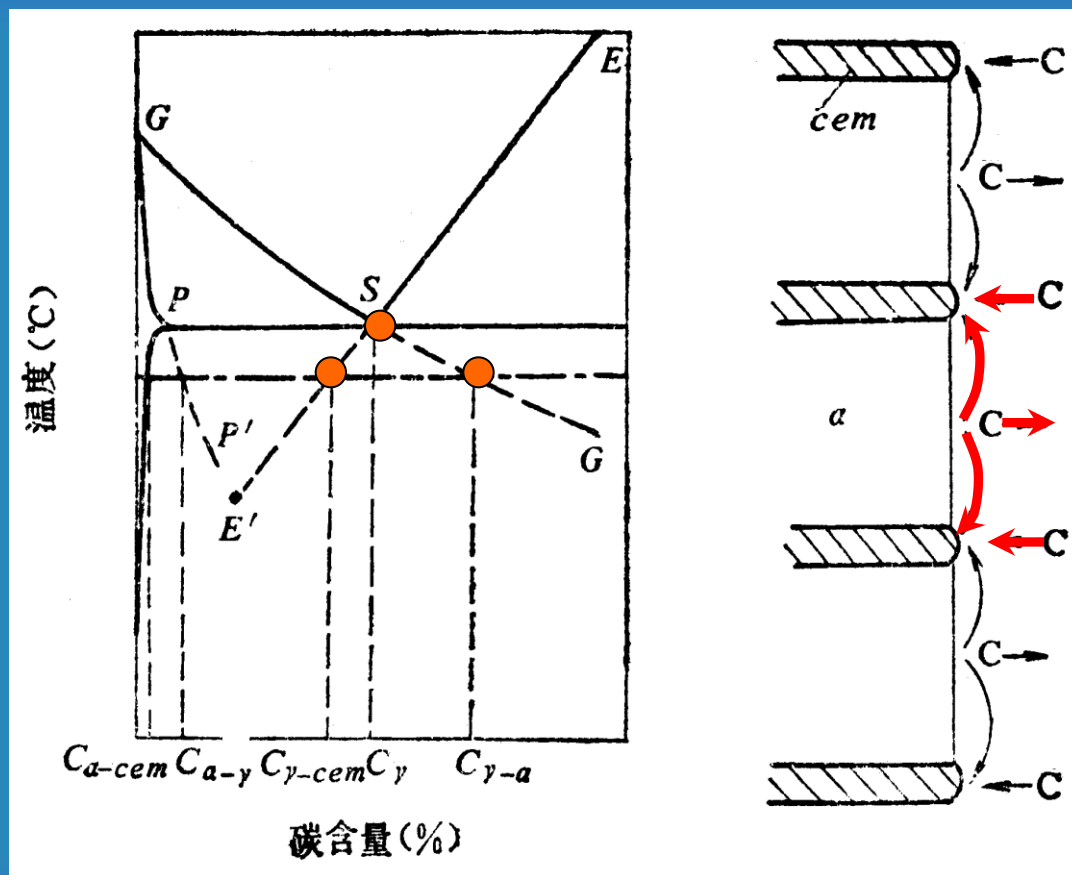


图2-26 片状珠光体形成时碳原子扩散示意图

## (2) 分枝长大

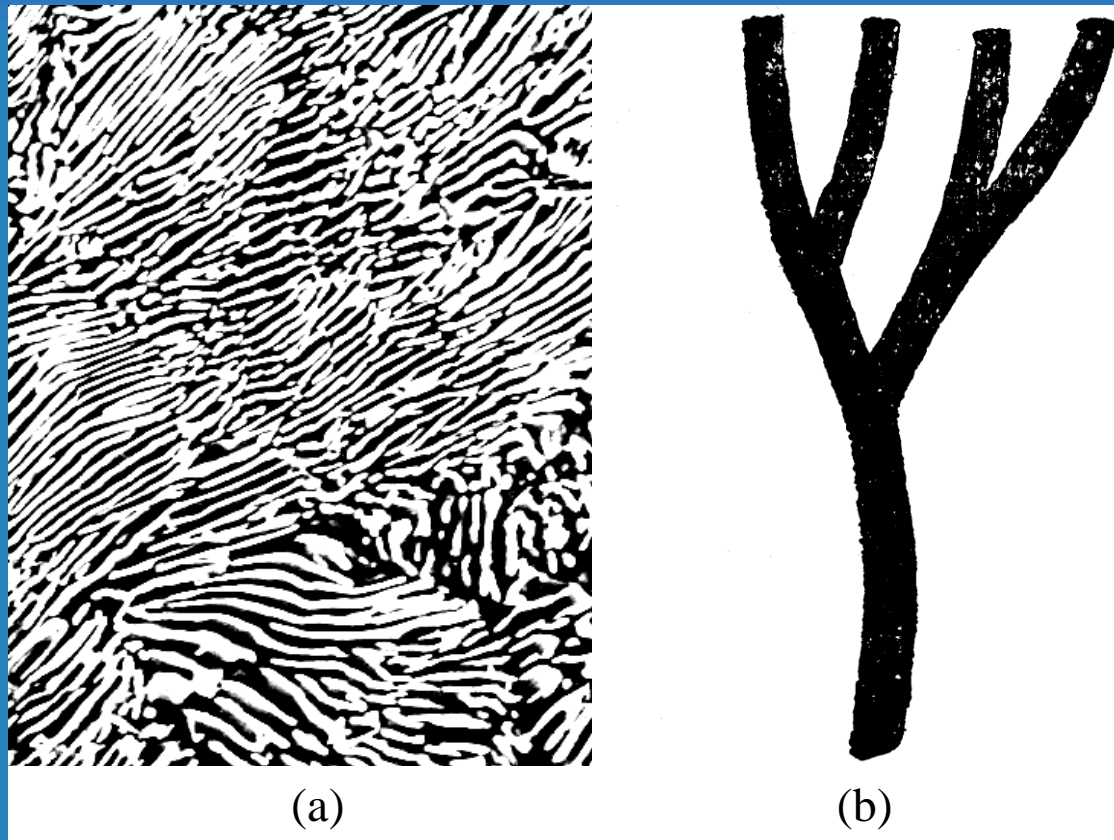


图2-27 珠光体中渗碳体片的分枝长大  
(a) 扫描电镜照片 (b) 示意图

### 三、亚(或过)共析钢的珠光体转变

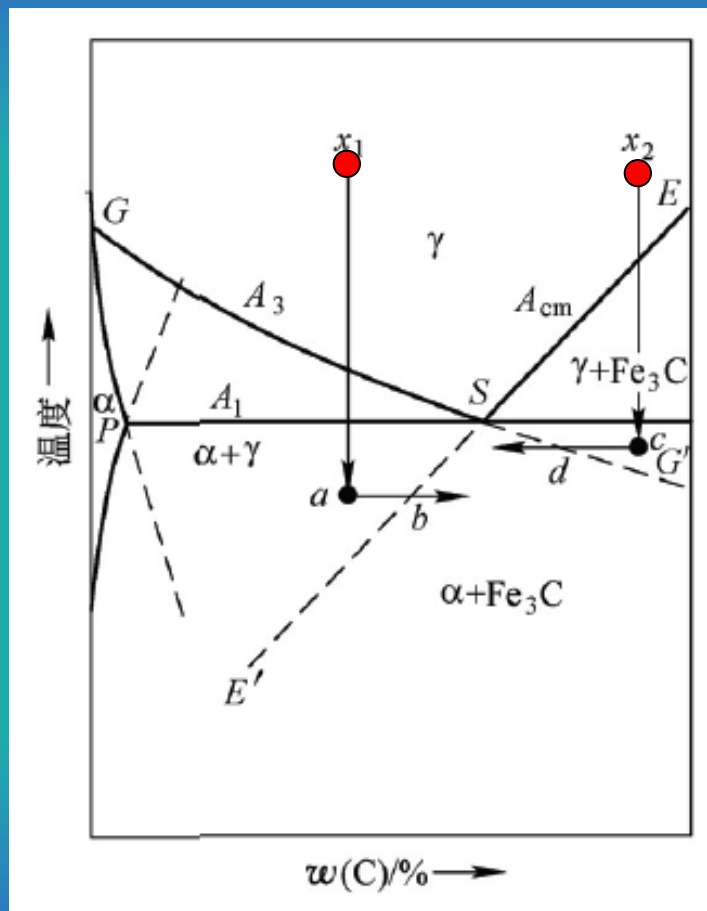


图2-28 铁碳准平衡示意图

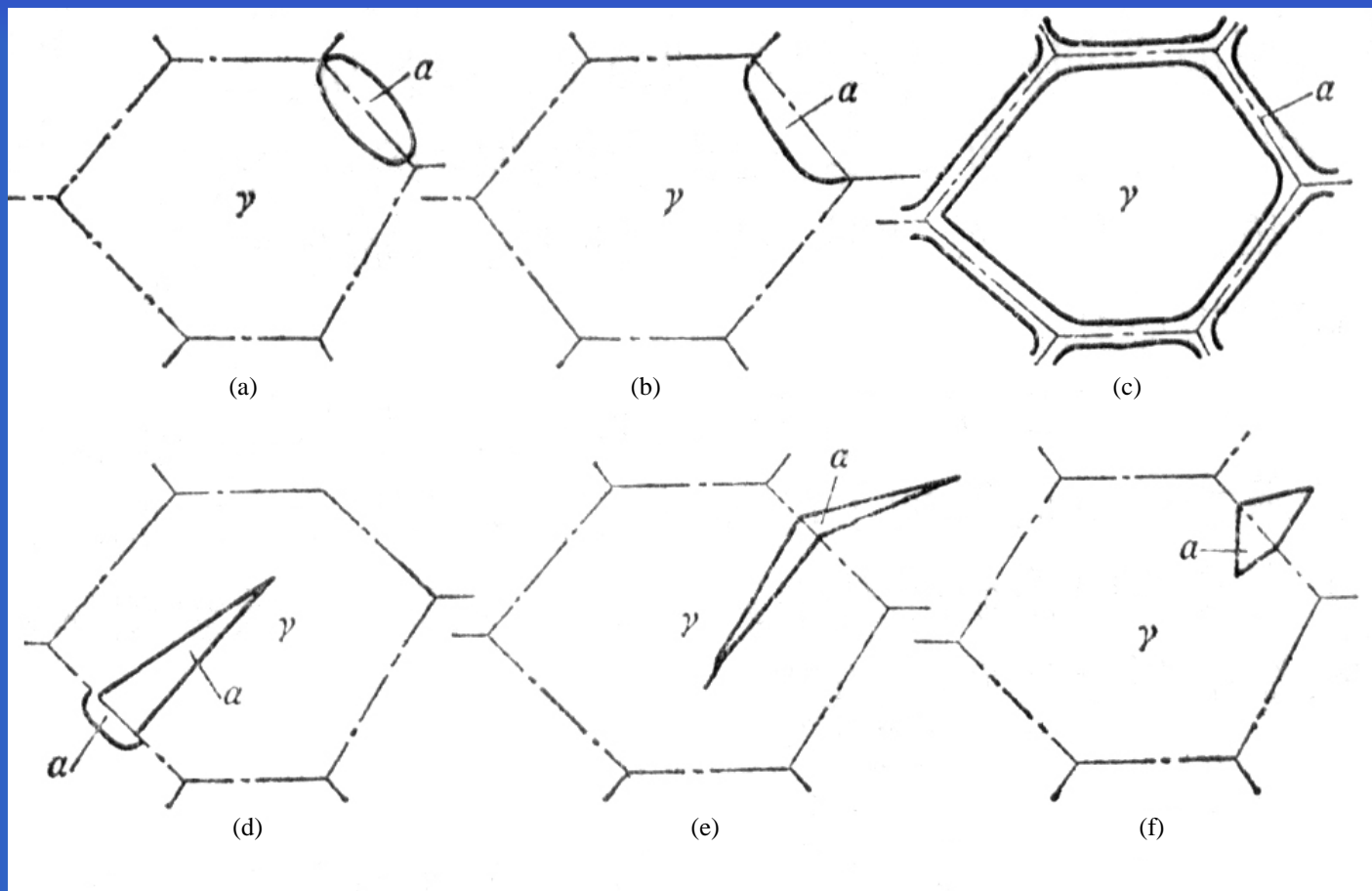


图2-29 亚共析钢中先共析铁素体的各种金相形态示意图  
(a)、(b) 块状铁素体，(c) 网状铁素体，(d)、(e)、(f) 片状铁素体

先共析铁素体的金相形态大致可分为块状、网状和片状(或针状)三类；

先共析渗碳体的金相形态只有网状和片状(或针状)两类；

工业上将片状或针状先共析相加珠光体的组织，称为魏氏组织。

## 四、合金元素对珠光体转变的影响



(1) 碳的扩散与重新分布

(2) 晶格的改建

(3) 合金元素的扩散与重新分布

# 1. 合金元素对珠光体转变时碳化物形成的影响

- 对于碳化物形成元素，由于它们不仅阻碍碳的扩散，而且自身的扩散也很缓慢，故必然延缓碳化物的形核与长大，推迟珠光体转变。
- 对于非碳化物形成元素Al、Si等，由于它们不溶解于渗碳体，所以在渗碳体形核和长大的地区，它们必须扩散开去，渗碳体才能形核和长大，于是Al和Si就减慢了珠光体的形成。



## 2. 合金元素对珠光体转变时 $\gamma \rightarrow \alpha$ 转变的影响

- 对于碳化物形成元素W、Mo、Cr、Mn和非碳化物形成元素Si等，由于它们增大 $\gamma$ 相中原子间的结合力，提高铁原子的自扩散激活能，减小铁原子的自扩散系数，故推迟 $\gamma \rightarrow \alpha$ 的转变。
- 对于非碳化物形成元素Ni和Co，由于Ni增大 $\alpha$ 相的形核功，故Ni推迟 $\gamma \rightarrow \alpha$ 的相变；由于Co增大铁原子的自扩散系数，故Co加速 $\gamma \rightarrow \alpha$ 的相变。

### 3. 合金元素对先共析铁素体析出的影响

- 由于碳化物形成元素(特别是强碳化物形成元素)增大碳在奥氏体中的扩散激活能，因而显著推迟先共析铁素体的析出和长大。
- 由于强奥氏体形成元素Ni和Mn必须扩散开去，先共析铁素体才能形成，故Ni和Mn也推迟先共析铁素体的析出和长大。
- 此外，硼、磷、稀土等元素的原子偏聚在奥氏体晶界，可大大降低其晶界能，因而这类元素也显著阻碍铁素体和碳化物的形核，推迟先共析铁素体和珠光体转变。

- 综上所述，就单个元素而言，除Co以外，所有常用合金元素，只要溶于奥氏体，就会或多或少地增大过冷奥氏体向珠光体转变的稳定性，推迟珠光体转变。

# 思考题

1. 简述钢中珠光体的组织形态与性能特点。
2. 试讨论过冷度对珠光体片层间距和力学性能的影响。
3. 简述共析碳钢珠光体转变的机理。