



河北工业大学考研专业课辅导

考试点  
kaoshidian.com

# 880材料科学基础（I）

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

主讲老师：池祥

## 课程适用范围

- 1、报考河北工大材料科学与工程学院材料物理与化学专业（080501）
- 2、报考河北工大材料科学与工程学院材料学专业（080502）
- 3、报考河北工大材料科学与工程学院材料加工工程专业（080503）
- 4、报考河北工大材料科学与工程学院材料工程专业（专业学位）（085204）
- 5、报考相同专业但非报考本校的学生，也可使用该课程作为学习时的参考

## 课程导学

本课程主要包括材基中一些重要考点的讲解及冲刺阶段需要重视的考点。不仅如此，本课程还额外给大家出了考前的模拟四套卷，这些题目都是根据该考试点的名师及优秀的高分研究生总结出来的，包括了材基中全部的考点和内容，是大家复习复试阶段值得练习和总结的资料。需要说明的是，冲刺阶段的讲解和基础阶段有所不同，主要是针对一些比较难理解的部分考点的详细讲解和其他考点的讲解，这些都是极容易出现考点，希望能够引起大家重视。这些模拟的试卷难度比真题略大，如果考生有不清楚的地方也实属正常，它们的目的是帮助大家找出自己薄弱的地方，帮助大家考出一个理想的成绩。

## 课时安排

名称	重要性	课时安排
应试技巧及备考策略	★★★★★	1讲
知识点串讲总结	★★★★★	3讲
冲刺模拟试卷精讲（一）	★★★★★	3讲
冲刺模拟试卷精讲（二）	★★★★★	3讲
冲刺模拟试卷精讲（三）	★★★★★	3讲
冲刺模拟试卷精讲（四）	★★★★★	3讲





河北工业大学考研专业课辅导

考试点  
kaoshidian.com

# 880材料科学基础（I）

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

第一讲 应试技巧及备考策略

主讲老师：池祥

## 主要内容

### 一、命题规律分析

- 卷面分析
- 重要考点举例及命题规律

### 二、冲刺阶段复习备考策略

- 结合自身经验提供备考策略
- 答题技巧
- 考试需要注意的事项等

## 一、命题规律分析

### 1 卷面分析：

题型	数量	分值	小计	总分
选择题	10	2	20	150
填空题	10	2	20	
名词解释	5~10	4	20~40	
简答题	5~7	8~10	50~70	
相图题	1~2	15~30	30~40	

考试的方向与特点	注重考查基础知识，知识点较多且杂乱，每年考察的知识点和题型变化不大，不排除有特例
难度	适中
题型	填空题、选择题出一种，简答题、相图题、名词解释。 一般大题为8道110分左右，填空或选择和名词解释40分左右
题量	适中,两个半小时左右做完（如果对每一个知识点都非常清楚，不排除2小时以内答完的可能）
分值分布	简答题分布范围广，除了五六讲相图以外各章都可能考察，每道题8~10分左右，填空（选择），名词解释, 40分左右

## 2 重要考点举例及命题规律分析

### 第一章重要考点

#### 1) 晶体的描述方法：晶向、晶面、晶带

- 晶向：原子（或阵点）联成的直线。
- 晶面：原子（或阵点）联成的平面。

平行于（或相交于）同一晶向的一组晶面构成一个晶带。该晶向称为晶带轴。  
该组晶面称为晶带面。

## 2) 典型金属的结构

- 晶格常数与原子半径的关系
- 密排方向与密排面的概念
- 致密度、配位数的计算
- 间隙位置、数量与尺寸

## 3) 合金相结构

- 固溶体与化合物的分类、结构与性能特点（组成、键、晶体结构、性能）
- **命题规律**：晶体的描述，如在晶胞中画出晶向、晶面指数；计算面间距；晶体参数的计算，如致密度、配位数、间隙半径；写出合金相结构的特点及分类等

## 第二章重要考点

### 1) 点缺陷

- 点缺陷的分类: 空位、间隙
- 点缺陷是平衡缺陷, 不能完全消除
- 点缺陷与温度的关系
- 点缺陷的运动与扩散
- 点缺陷对导电率、密度的影响

### 2) 位错

- 位错线、滑移方向、柏氏矢量、滑移面、位错线运动方向、半原子面之间的关系



- 滑移与攀移、交滑移
- 滑移阻力（ $P-N$ 力）与滑移力
- 实际晶体中的位错
- 位错反应
- **命题规律：**点缺陷的特点及对金属性能的影响；位错的滑移、攀移与交滑移；位错反应；位错线、滑移方向、柏氏矢量、滑移面、位错线运动方向、半原子面之间的关系等

### 第三章重要考点

- 1) 扩散的分类
- 2) 扩散的驱动力
- 3) 扩散第一、二定律
- 4) 扩散方程及应用
- 5) 影响扩散的因素
- **命题规律：**扩散方程的应用（计算题），扩散分类、驱动力及影响扩散的因素等

## 第四章重要考点

### 1) 结晶的条件

- 过冷度
- 结构起伏
- 能量起伏

### 2) 晶核长大及晶体形态

- 晶核长大
- 液固界面的微观形态
- 晶体生长机制
- 晶体形态

### 3) 凝固理论应用

- 晶粒大小控制
- 铸锭组织控制
- **命题规律**：液态金属凝固的条件；成分过冷的产生及对凝固的影响；影响晶体长大时界面形态的因素；偏析产生的原因及控制等

## 第五章重要考点

### 1) 相图的有关概念

- 相、相平衡、组元、自由度
- 相律
- 杠杆定律

### 2) 相图热力学基础

- 相平衡条件
- 公切线法则

### 3) 简单相图

- 匀晶相图、共晶相图、包晶相图

#### 4) 合金不平衡凝固

- 晶内偏析
- 宏观偏析

#### 5) 成分过冷

- 平衡分配系数
- 成分过冷条件
- 成分过冷对组织形态的影响

#### 6) 铁碳相图

- 基本相：铁素体、奥氏体、渗碳体、石墨

- 需明确典型合金的凝固与组织，如亚共析、共析、过共析、工业纯铁、亚共晶、共晶、过共晶钢的冷却过程（组织组成物相对量、相组成计算）

### 7) 碳含量对铁碳合金组织及性能的影响

- 碳钢的性能
- 铸铁的性能

### 8) 杂质对铁碳合金的作用

- S和P：S主要以FeS, MnS形式存在；造成合金的热脆性
- P固溶在铁素体中，产生显著的固溶强化；降低韧性，尤其是低温韧性，造成合金的冷脆性



- Si,Mn：固溶强化；降低塑性；Mn与S作用，防止热脆。一般作为钢铁中的有益元素
- 气体元素
- **命题规律：**液态合金凝固到室温的过程和期间发生的相变反应；不同含量合金室温下的相组成和组织组成注：多考察铁碳相图，有时还考察含碳量对铁碳合金性能及组织的影响

## 第六章重要考点

### 1) 三元相图基础概念

- 合金浓度，特殊线
- 直线法则、杠杆定律与重心法则

### 2) 等温截面与变温截面

- 平衡结晶过程与室温组织
- **命题规律**：液态合金凝固到室温的过程和期间发生的相变反应；不同含量合金室温下的相组成和组织组成

## 第七章重要考点

### 1) 单晶体的塑性变形

- 滑移系
- 滑移所需的临界分切应力
- 临界分切应力的计算

### 2) 晶体滑移的位错机制

- 滑移的实质是位错线沿一定的滑移面和滑移方向运动，当位错线滑出晶体时就形成了一个b的滑移台阶

### 3) 金属的强化

- 固溶强化、细晶强化、第二相强化、加工硬化、弥散强化等
- **命题规律**：塑性变形的微观机制；滑移所需的临界分切应力（计算）；晶体滑移的位错机制；屈服现象产生的原因；金属的强化手段及强化机理等

## 第八章重要考点

1) (动态) 回复、再结晶、正常与异常长大的概念

2) 回复、再结晶和晶粒长大的驱动力

- 回复的驱动力是形变储存能
- 再结晶的驱动力也是形变储存能 (位错能量)
- 晶粒长大的驱动力是界面两侧的畸变能差

3) 热加工与冷加工

- 冷加工就是在再结晶温度以下进行的塑性加工, 即通常的加工硬化, 使金属的强度提高

- 热加工就是在再结晶温度以上进行的塑性加工，热加工的过程是加工硬化和回复再结晶同时进行的过程
- **命题规律：**回复与再结晶的驱动力；回复与再结晶的过程及对金属材料组织和性能的影响；冷热加工的区别及各自的特点

## 第九章重要考点

### 1) 固态相变的形核及长大

- 为了降低表面能，新相倾向于呈球状。
- 若相变后应变能显著增加，则新相趋向于呈片状或针状

### 2) 马氏体相变的特点

- 无扩散性。
- 切变共格与表面浮凸。
- 惯习面及位向关系。
- 转变是在一个温度范围内进行的。
- 转变不完全（有残余奥氏体）

### 3) 扩散型相变

- 脱熔转变
- 调幅分解
- **命题规律:** 固态相变的类型及特点；几种常见的固态相变的特点（重点了解马氏体相变的特点）



## 二、冲刺阶段复习备考策略

### 1 冲刺阶段如何备考

- 冲刺阶段与前期准备阶段有所不同，考生应该把大部分精力放在那些高频率的考点及自己不太擅长的考点上。尤其是前面提到过的那些高频率的考点，它们都是历年命题人非常爱出的考点，大家应该引起足够重视。这个阶段，考生应该根据自己的不同情况来复习备考，因为不同的考生前面复习的针对性一定有所不同，所以这个阶段就是用来查缺补漏，把自己不清晰的知识点全部拿下来。一般经过前面复习了几遍仍然不清楚的考点都是比较难理解的知识点，而这些知识点往往也是老师愿意用来考察大家的地方，这些一般也都是材基中最难的知识点。所以，冲刺就是把这些冲过去！

## 2 答题技巧

- 专业课考试的答题时间一般都是3个小时，一般材基考试的时候，如果考试能够熟练每一个知识点及清楚每种题型的答题方法的话，一般只需要2个多小时就能够全部做完，所以考试不需要担心考试时间不够用的情况发生。
- 一般选择、填空题一定要全部答对才能给分，而且这些题目出题范围非常广，几乎包含材基全书的内容，这就需要大家要把每一个知识点都复习到位才可以。如果实在有不清楚题目，大家可以通过这个空的前后提示再根据自己对这道题考察的知识点的理解，用自己的话把这道题写上，一定不要空着。

- 至于简答题，大家一定要把题目仔细读几遍，再根据题目问的知识点按照自己的理解把它们写出来，记住，一定不要背书，因为老师喜欢真正理解这些问题的人，不喜欢背书的人。还有一点，简答题，要多写，尽量把答题纸写满。如果万一遇到了不会的简答题，就把与这道题所问的知识点类似的相关知识点全部写出来，这样不至于把分全部丢掉，说不定还可以歪打正着得到大部分的分。
- 相图题要注意，如果要画出相图（Fe-Fe<sub>3</sub>C），大家一定要把相图上面全部的自己知道的线、点、相图标记全部写上去。相图题一般要求用杠杆定律计算合金的组织成分，大家一定要仔细，不要算错，如果真的不会，就把杠杆定律的公式写在上面。

### 3 考试注意事项

- 材基专业课考试前，会发给考生一个信封，要求大家把信封打开，把试卷拿出来，再开始答题，所以要求大家带上小刀和固体胶用来拆封和封装试卷。
- 另外，大家一定要带上铅笔，因为如果要求画出铁碳相图，大家最好先用铅笔画，这样方便修改，然后再用黑色签字笔描上去，这样可以画的既漂亮又准确，防止因为画错修改，影响相图的美观。
- 另外，简答题一定要尽量把字写得漂亮点，尽量慢点写，因为时间一定够用，这样可以提高分数。因为专业课都是学校内部批卷，如果字迹好，多少会提高一点分数。
- **最后，祝大家考出一个好成绩！！！！**



河北工业大学考研专业课辅导

考试点  
kaoshidian.com

# 880材料科学基础（I）

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

第二讲 冲刺串讲（1）

主讲老师：池祥

<http://www.kaoshidian.com/course/17487.html>

考试点  
kaoshidian.com

# 材料科学基础知识点冲刺串讲

## 学校及专业简介

- 河北工业大学材料学院是其四大院之一，具有很强的师资力量，其研究方向宽，研究内容深，并多次在国内外重要期刊上发表论文，对材料专业的发展做出了重要的贡献
- 一般来说，河北工业大学的材料科学基础比较重视基础，但题目覆盖范围较广，需要大家必须完全理解各个知识点，不能死记硬背，否则不会取得很高的分数
- 录取分数
- 295左右（国家线），但是实际录取分数应该在310~320左右
- 另外材料科学基础 **II** 与材料科学基础**I** 没有实质性区别，知识考察的深度没那么高，但差距也不是很大，所以按材料科学基础**I** 的内容复习即可



## 课程内容体系

### 一、绪论

### 二、材料结构、缺陷与性能

固体材料的结构、晶体缺陷、扩散、塑性变形和回复再结晶、固态相变、复合材料基本理论

### 三、相平衡与相变

凝固、二元相图、铁碳合金、三元合金相图

# 1 材料的结构

- 本章主要介绍各种晶体材料的结构特点。

## 晶体学基础

- 晶体与非晶体，各向异性

晶体与非晶体的区别：是否长程有序

- 晶体的描述方法：
  - 晶向、晶面、晶带

- 晶向：原子（或阵点）联成的直线。

- 晶面：原子（或阵点）联成的平面。

平行于（或相交于）同一晶向的一组晶面构成一个晶带。该晶向称为晶带轴。该组晶面称为晶带面。

- 如所有与 $[001]$ 平行的 $(100)$   $(010)$

- 等是一组晶带面

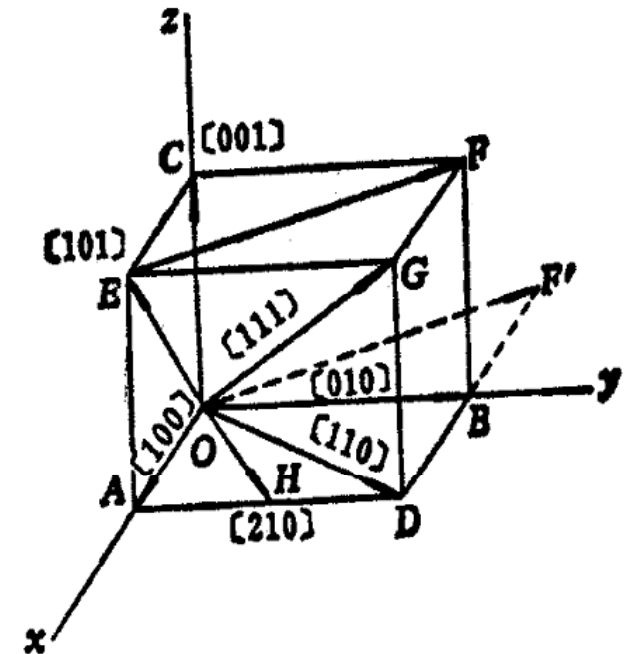
- 题型：画出晶向，写出晶向、晶面和

- 晶带轴的密勒指数

- 2007真题

- $(112)$   $(\bar{1}10)$  和  $(123)$  晶面为共带面

- ，其晶带轴的晶向指数为（ ）

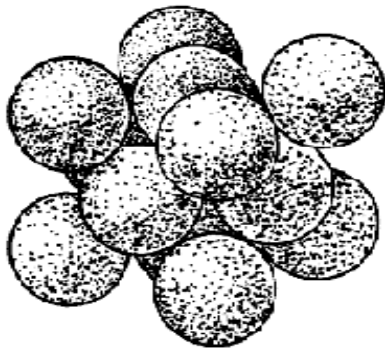


立方晶系中一些重要的晶向指数

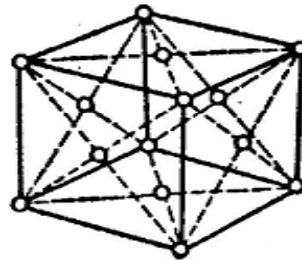
- 典型金属的结构

- 1) 原子位置与原子数

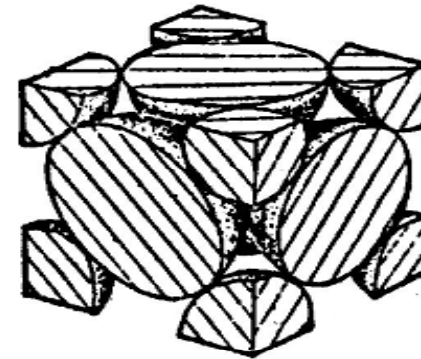
空间点阵是原子位置的抽象



(a)



(b)



(c)

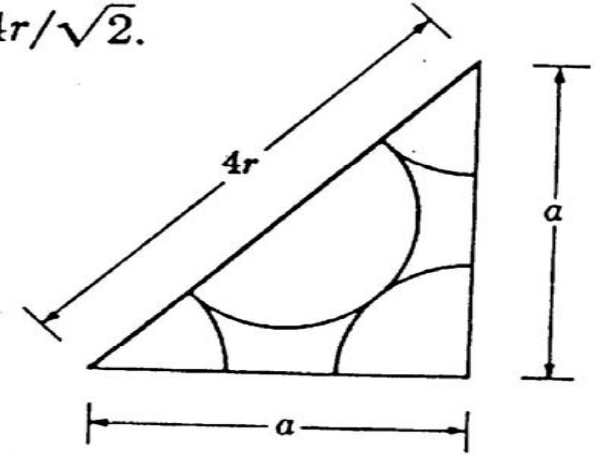
面心立方晶胞

晶胞的原子数要注意哪些原子是几个晶胞共有的

## 2) 晶格常数与原子半径的关系

— 如面心立方结构

$$a_{\text{fcc}} = 4r/\sqrt{2}.$$



## 3) 密排方向与密排面

密排方向就是原子数最多的晶向，同理密排面就是原子数最多的晶面

## 4) 致密度、配位数

致密度和配位数都是表示晶体原子密堆程度的参数

### 5) 间隙位置、数量与尺寸

可以看出，晶胞中不是所有位置都存在原子，原子之间总有间隙存在

题型：间隙尺寸的计算

- 如2007年真题

- 画图并计算bcc结构晶体的八面体和四面体的间隙半径

- 合金相结构

- 固溶体与化合物的分类、结构与性能特点（组成、键、晶体结构、性能）

- 固溶体有置换固溶体和间隙固溶体，它们的区别是溶质原子在溶剂原子中的位置
- 金属间化合物（中间相），包括正常价化合物、电子化合物、间隙化合物等
- 电负性相差较大的元素之间形成，符合化合价规律  
电子化合物由电子浓度决定晶体结构，不符合原子价规则。
- 形成金属间化合物时，如果原子半径差别很大时，便可形成原子尺寸因素化合物。

## 2 晶体缺陷

- 通过本章的学习，掌握晶体缺陷的类型、缺陷的结构特征、位错的弹性性质及其对材料性能的影响。包括以下内容
  - 一、点缺陷
  - 二、界面
  - 三、位错的基本概念
  - 四、位错的弹性性质
  - 五、实际晶体中的位错

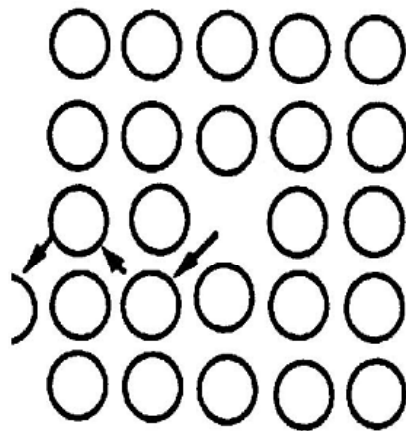


## 2.1 点缺陷

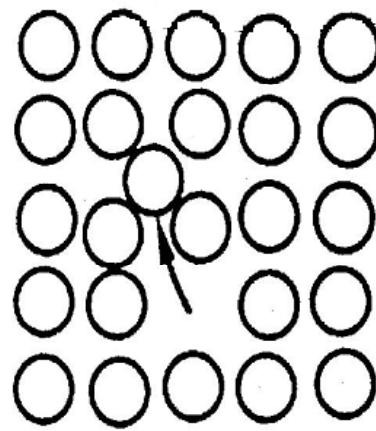
- 1)点缺陷的分类: 空位、间隙

正常结点位置没有被质点占据, 称为空位。

同类质点进入间隙位置成为间隙原子。



(a)肖脱基空位



(b)弗兰克尔空位

- 2)点缺陷是平衡缺陷，不能完全消除
- 点缺陷是热力学平衡的，出现缺陷时，提高内能，但是也引起较大的熵增。
- 3)点缺陷与温度的关系



- 4)点缺陷的运动与扩散
- 迁移 — 空位或间隙原子由一个位置运动到另一个位置的过程。
- 复合 — 间隙原子与空位相遇时，将落入空位，两者同时消失，这一过程称为复合。

- 5 ) 点缺陷对导电率、密度的影响
- 高能射线辐射、严重变形、高温淬火等可以获得过饱和缺陷
- 空位引起点阵畸变，使传导电子受到散射，存在过饱和缺陷提高电阻;
- 存在过饱和缺陷降低密度
- 对室温力学性能影响 “不大”
- 空位对材料的高温蠕变、沉淀、回复、表面氧化、烧结有重要影响
- 题型：写出点缺陷对金属性能的影响

## 2.2 界面

- 界面分类与结构
  - 表面、晶界、相界
- 表面是固体与液体、气体之间的界面

晶界是晶体中不同位相的晶粒之间的边界，晶界两侧都是同一个相

相界两侧是不同的相

- 共格界面与非共格界面
- 大角度界面与小角度界面

小角度晶界是位错墙，大角度晶界中原子排列混乱，类似非晶体

- 界面能
  - 来源：化学能和应变能
- 与内部原子相比，界面原子所处的环境不同
  - 界面能影响稳定外形

晶体外部表面往往都是界面能最低的晶面，使晶体满足能量最小

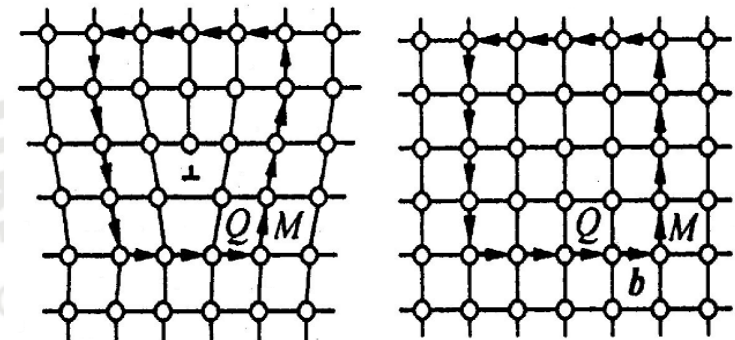
- 界面与界面成分

界面往往偏聚一些异类原子，因为它们进入界面可使界面能降低

- 界面能与界面可动性
- 界面能越高，可动性最强

## 2.3 位错

- 基本概念
- 位错是一个方向尺寸较大，而另外两个方向上尺寸较小的线缺陷。（缺陷管道）
- 位错分为刃型位错和螺型位错两类
  - 1) 柏氏矢量物理意义及特性
- 柏氏矢量就是指原子偏离其平衡位置的位移



(a) 实际晶体的柏氏回路

(b) 完整晶体的相应回路

2) 位错线、滑移方向、柏氏矢量、滑移面、位错线运动方向、半原子面之间的关系

简单的说：刃型位错线与柏氏矢量垂直，与运动方向垂直

螺型位错线与柏氏矢量平行，与运动方向垂直

正刃型位错的半原子面在滑移面上方，负刃型位错的半原子面在滑移面下方。  
——用右手定则可简单判断

题型（填空或简答）：写出柏氏矢量、位错线、滑移面和滑移方向之间的关系

如2008年真题：面心立方结构晶体中有一单位位错  $\vec{b} = \frac{a}{2}[\bar{1}10]$

若该位错为单位螺型位错，则位错线方向为（ ），位错线运动方向为（ ）



### 3) 滑移与攀移、交滑移

- 攀移是指位错线在垂直于滑移面上的运动，为半原子面的扩大或缩小。
- 注意：只有刃型位错才能发生攀移。
- 交滑移是位错受阻时，从一个滑移面到与之相邻的另一滑移面上，但滑移方向不变的运动方式
- 注意：只有螺型位错才能发生交滑移

### 4) 滑移阻力 (P-N力) 与滑移力

位错滑移过程中会受到晶格阻力，其他缺陷和位错的交互作用力。

滑移力指使位错滑移的驱动力



- 5)弹性性质

- 应力场、应变能和线张力： $E=\alpha Gb^2$

- 位错与其它缺陷的作用

如位错与位错的交割，位错与空位及间隙原子的交互作用等

题型：位错交割以后位错的变化

- 6) 实际晶体中的位错

- 实际晶体中的位错有：单位位错、不全位错、层错

实际晶体中的位错多为不全位错，这是由于能量最低原理造成的，单位位错

有时可以扩展成全位错加层错

**注意：需要清楚立方晶体中的单位位错**

**如2007真题**

面心立方晶体中单位位错的柏氏矢量为 ( ) , 体心立方晶体中单位位错的柏氏矢量为 ( ) , 密排六方点阵的单位位错的柏氏矢量为 ( )

7) 位错反应

位错在一定条件下可以发生位错反应, 如几个位错形成一个位错, 一个位错形成几个位错等

需明确位错发生反应的条件: 能量条件、几何条件

**如2007真题**

在体心立方中  $\vec{b} = a[100]$  的位错 ( 能/不能 ) 分解为  $\frac{a}{2}[111] + \frac{a}{2}[\bar{1}\bar{1}\bar{1}]$

### 3 扩散

- 通过本章学习，掌握固态扩散的分类、条件、扩散定律及其应用、扩散机理以及影响扩散系数的因素

#### • 3.1 扩展的分类

- 置换扩散、间隙扩散
- 借助晶体中正常结点的原子进行的扩散称为置换扩散。
- 借助晶体中原子间隙进行的扩散成为间隙扩散

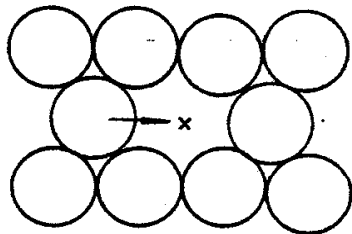
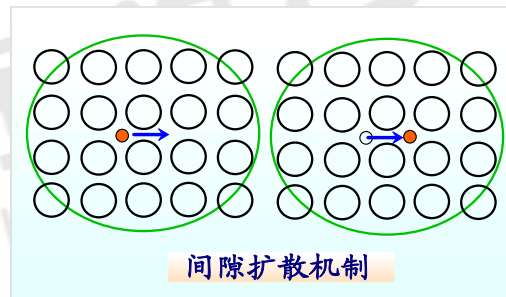


图 10-13 空位扩散机制



## 3.2 扩散的驱动力

- 扩散的真正驱动力不是浓度梯度，即原子不是所有情况下都由高浓度流向低浓度
- 扩散的真正驱动力是化学位梯度，所以有时候原子会从低浓度扩散到高浓度
- 如有些脱熔分解，调幅分解等

## • 3.3 扩散定律与扩散方程

- 1) 扩散第一定律（浓度梯度不随时间变化，即稳态扩散）

$$J = -D \frac{dC}{dx}$$

- 2) 扩散第二定律 (浓度梯度随时间变化, 即非稳态扩散)

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D \frac{\partial C}{\partial x} \right)$$

- 3) 扩散方程
- 利用扩散定律可以求出各种边界条件、初始条件下微分方程的解
- 一般只考半无限边界问题

$$C = C_s - (C_s - C_0) \cdot \operatorname{erf} \left( \frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right)$$

- 题型：扩散方程的实际应用
- 如2005真题
- 渗碳气氛的碳势为1.0%，问15钢在900°C渗碳5小时后，距表面5mm处的碳浓度
- 有时候也可能求扩散系数
- 如上题可改成：渗碳气氛的碳势为1.0%，15钢在900°C渗碳5小时后，距表面5mm处的碳浓度为0.05%，求扩散系数D

## • 3.4 扩散激活能

- 跳跃过程中克服的能垒称为扩散激活能。
- 1) 空位扩散激活能
  - 原子借助空位扩散时，会引起空位周围点阵局部畸变，存在扩散能垒。
- 2) 间隙扩散激活能

间隙原子扩散时，将使相邻的阵点原子位置位移，晶格局部发生瞬时畸变，这是间隙原子扩散的阻力，原子要克服阻力需要额外的能量，这就是间隙扩散的激活能

### 3.5 影响扩散系数的因素

- 1) 温度
  - 温度越高扩散系数越大
- 2) 晶体结构
  - 晶体结构密堆程度越大，扩散系数越小
- 3) 固溶体类型
  - 间隙固溶体的扩散系数大于置换固溶体
- 4) 晶体缺陷
  - 晶体缺陷处，原子扩散系数大





河北工业大学考研专业课辅导

考试点  
kaoshidian.com

# 880材料科学基础（I）

冲刺串讲及模拟四套卷精讲

第三讲 冲刺串讲（2）

主讲老师：池祥

## 4 凝固理论与应用

- 掌握纯金属结晶的条件、结晶规律以及凝固理论的简单应用
- 首先介绍过冷现象
- 任何物体要想凝固，必须要有一定的过冷度，它是材料热力学的要求
- 过冷度是液体材料的理论结晶温度( $T_m$ ) 与其实实际温度之差
- $\Delta T = T_m - T$
- 所以，结晶的驱动力就是过冷度，见图

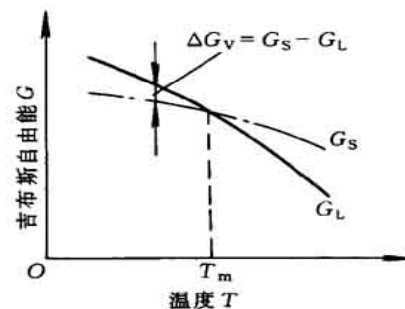


图 6-1 液态和固态的吉布斯自由能-温度曲线

## 4.1 结晶的条件

- 1) 过冷度
- 2) 结构起伏
- 凝固的结构条件是过冷液相中必须要形成具有一定尺寸的晶核，晶核才能长大，进而液体凝固成固体
- 3) 能量起伏
- 具有临界晶核尺寸的晶核要想继续长大，必须要有一定的额外能量，这些能量是依靠液相中能量的局部不均匀提供的，这些能量起伏是结晶的能量条件

## 4.2 晶核长大与晶体形态

- 1) 晶核长大
- 晶体生长是液固界面向液相一侧推移的过程。

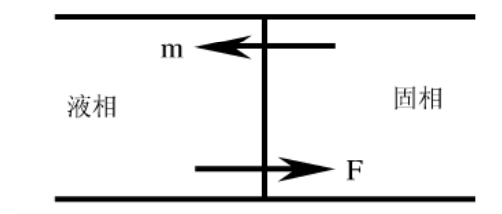


图2-5 固—液界面处的原子迁移

- 2) 液固界面的微观形态
- 光滑界面：当物质的熔化熵较大时，其液/固界面都是光滑界面。一些非金属、亚金属和金属间化合物符合这个条件。

- 粗糙界面：当物质的熔化熵较小时，其液/固界面多为粗糙界面，如典型的金属
- 3 ) 晶体生长机制
- 粗糙界面生长机制：过渡层中的液相原子直接填补在空闲位置，晶体就能长大，属于垂直生长
- 光滑界面生长机制：先在界面上形成二维片状晶核，然后液相原子依附在台阶的侧面，实现长大；不仅如此，缺陷露头也能提供生长需要的台阶，实现长大
- 4 ) 晶体形态
- 正温度梯度：平面状
- 负温度梯度：树枝状

- 题型：叙述并说明晶体的生长机制

- 2007真题

- 固液界面的微观结构为（                      ），（                      ）。界面的微观结构不同，其晶体的长大机制不同。（                      ）界面的晶体长大机制为（                      ），（                      ）界面的晶体长大机制为（                      ）

## 4.3 凝固理论的应用

- 1) 晶粒大小控制
- 因为细化晶粒可以提高强度、韧性，所以一般工业上多采用细化晶粒方法提高材料的性能
- 细化晶粒的方法：
- 提高冷速
- 孕育处理
- 搅拌、振动等物理方法
- **题型：**如何获得细晶组织
- **2013真题：**工业上如何细化晶粒，叙述并说明原理

- 2 ) 铸锭组织控制
- 典型铸锭包括三个晶区：表面细晶区；柱状晶区和中心粗大等轴晶区。这三个区域的相对比例与加热和冷却条件、合金成分、变质剂的加入等因素有关。
- 采用冷却能力强的铸型可以增大表层细晶区的比例
- 较长时间保持正温度梯度，方向性散热有利于柱状晶区的发展
- 均匀散热易于形成发达的等轴晶。



## 5 二元合金相图

- 掌握二元合金相图的意义、基本类型、合金的结晶过程分析方法。
- 相图的意义
- 相图热力学
- 匀晶相图和固溶体的凝固
- 共晶相图及共晶转变
- 包晶相图及包晶转变
- 合金铸件的缺陷

## 5.1 相图的意义

### 1) 常用概念：相、相平衡、组元、自由度

相是体系中均匀的组成部分，相与相之间有界面分开

如果系统中各相经历很长时间，各相的状态（成分、结构、数量等）不随时间发生变化，则是处于相平衡状态

- 组元是组成材料的最简单、最基本、可以独立存在的物质
- 自由度是可以在一定范围内改变而不会引起旧相消失新相产生的独立变量的数目
- 2) 相图的意义
- 相图可用于材料研究设计、选材、制定热加工工艺等。

### 3) 相律

吉布斯相律： $f=c-p+2$

- 对于不含气相的凝聚系统，可视为恒压条件，相律表述为

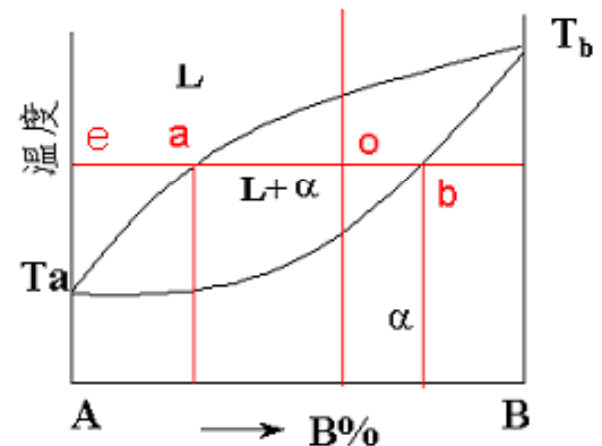
$$f=C - P+1$$

题型：有时会要求求出某个系统的自由度，或者反求组元数和相数，一般比较简单

### 4) 杠杆定律

$$W_{\alpha} \cdot ob = W_L \cdot oa$$

注意：一般不会只考杠杆定律，而是结合铁碳相图计算组织百分比或相百分比



## 5.2 相图热力学

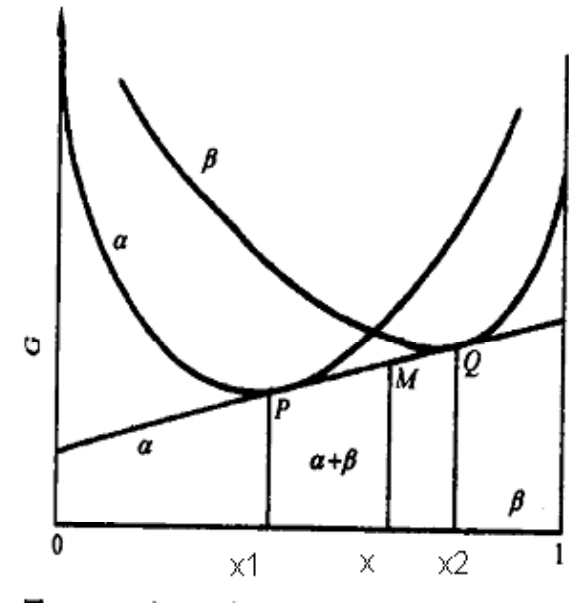
### 1) 相平衡条件

- 化学势相等

$$\mu_A = \mu_B = \dots = \mu_n$$

### 2) 公切线法则

与两相自由能曲线相切的直线，处于  
切点上的成分在两相的平衡状态



## 5.3 简单相图

### 1) 匀晶相图

- 匀晶转变的特点
- 匀晶转变：由液相结晶得到单相固体的转变。
- 匀晶相图就是只有匀晶转变的相图

### 2) 共晶相图

- 共晶转变:从一个液相结晶出两个成分不同的固相。
- 共晶相图就是存在共晶转变的相图

### 3) 包晶相图

- 包晶转变：一个液相和一个固相生成一个固相的转变
- 包晶相图就是存在包晶转变的相图

## 5.4 合金的不平衡凝固

- 晶内偏析：晶粒内部出现的化学成分不均匀现象。也称枝晶偏析。这是由于快速凝固时，固相、液相中溶质原子的扩散不充分，不能达到相图中的浓度曲线上的浓度
- 宏观偏析：较长距离的化学成分不均匀现象。是由于合金在凝固时溶质原子的重新分布导致。
- 宏观偏析的程度与凝固的速度有关，速度越快，偏析的程度越低
- 区域熔炼就是根据溶质原子的重分布来实现的

## 5.5 成分过冷

- 1) 平衡分配系数

是指一定温度下，固/液两平衡相中溶质浓度之比值

$$K_0 = C_s / C_L$$

- 2) 成分过冷：由S/L界面附近温度分布和溶质分布共同决定的过冷度称为成分过冷，即由成分差异形成的过冷度

- 3) 成分过冷条件

$$\frac{G}{R} < \frac{mC_0}{D} \cdot \frac{1 - K_0}{K_0}$$

- 4) 成分过冷对组织形态的影响

- 随成分过冷度的增大，晶体形态由平面状→胞状→树枝状

- **2007年真题**：何谓成分过冷，成分过冷的大小受哪些因素的影响，它是如何影响晶体的生长方式和晶体形态的

## 5.6 铁碳合金

- 铁碳合金相图是复杂二元合金相图的例子，通过本章学习，掌握不同铁碳合金的平衡结晶规律，了解合金成分对合金组织及性能的影响。
- 1 ) 基本相
  - 铁素体、奥氏体、渗碳体、石墨
- 2 ) 需明确典型合金的凝固与组织，如亚共析、共析、过共析、工业纯铁、亚共晶、共晶、过共晶钢的冷却过程（组织组成物相对量、相组成计算）
- 题型：考察各种钢从高温冷却到室温的过程，如组织变化、成分变化、组织形态等



- **如2007年真题**

- 分析含碳量为4.30%的Fe-C合金平衡结晶的过程，画出冷却曲线、写出反应式及室温组织。并求室温组织中 $\text{Fe}_3\text{C}_{\text{II}}$ 、 $\text{Fe}_3\text{C}_{\text{共晶}}$ 和 $\text{Fe}_3\text{C}_{\text{共析}}$ 的相对重量

- **如2008年真题**

- 写出Fe-Fe<sub>3</sub>C相图中固态下基本相的名称，并说明各相的结构及类型
- 分析45钢平衡结晶过程，写出三相平衡反应式及室温组织

- **几乎是每年的必考题**

## 5.7 碳含量对钢铁组织性能的影响

- 1) 碳钢的性能
- 碳钢由柔软的 $\alpha$ 和硬脆的 $\text{Fe}_3\text{C}$ 组成；
- 合金的性能取决于两相的性质、相对含量和分布状态；
- $\text{C}\% \uparrow$ ，硬度 $\uparrow$ ，而塑性、韧性 $\downarrow$
- 强度在 $\sim 1\% \text{C}$ 出现极值。
- 2) 铸铁的性能
- 性能取决于固溶体以外多余C的存在方式
  - 白口铸铁，全部形成 $\text{Fe}_3\text{C}$ ，硬脆，耐磨；
  - 灰口铸铁，主要是G，切削性能好，缺口敏感性低，减振性好；
  - 麻口铸铁，介于二者之间。

**题型：**有可能考察不同含碳量钢的性能对比

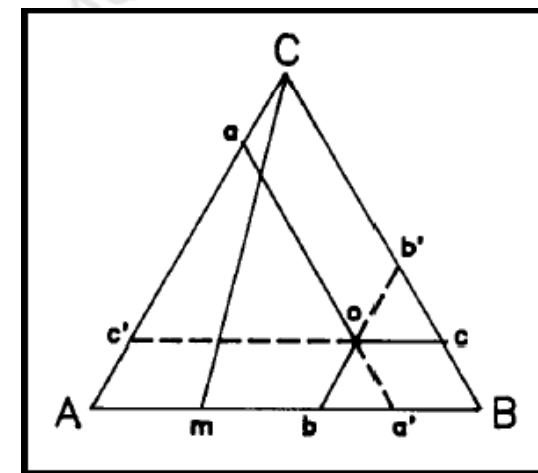
- **如2007真题：**解释退火态45钢的强度、硬度高于20钢的原因

## 5.8 有害杂质对铁碳合金的作用

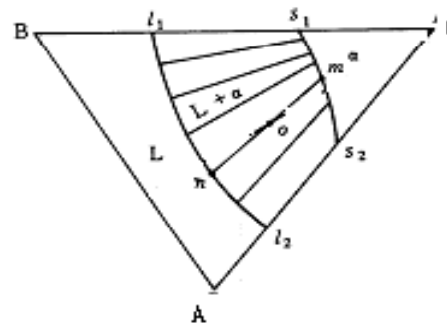
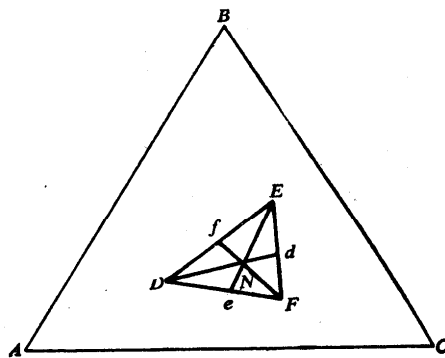
- 1) S和P
  - S主要以FeS, MnS形式存在；造成合金的热脆性
  - P固溶在铁素体中，产生显著的固溶强化；降低韧性，尤其是低温韧性，造成合金的冷脆性
- 2) Si, Mn
  - 固溶强化；降低塑性；Mn与S作用，防止热脆。一般作为钢铁中的有益元素
- 3) 气体元素

## 6 三元合金

- 掌握三元相图类型、各种相区的立体图与平面图之间的关系，三元相图的分析和使用方法。
- 1) 合金浓度，特殊线
- 合金浓度一般用浓度三角形表示
- 平行于某一条边的直线和经过某一个
- 三角形顶点的直线都是所谓的特殊线
- 题型：三元相图浓度三角形中合金浓度的判定
- **2006年真题**：写出浓度三角形中A点的成分
- **2007年真题**：作A-H变温截面图，用相组成填写相图各区并说明该截面图上三元合金成分特点

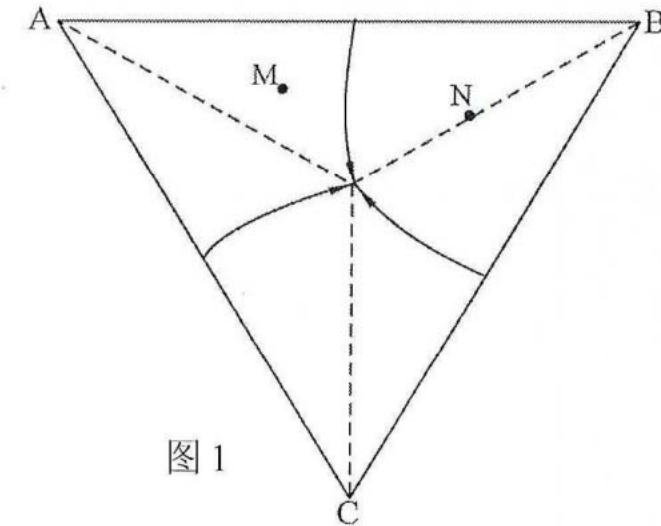
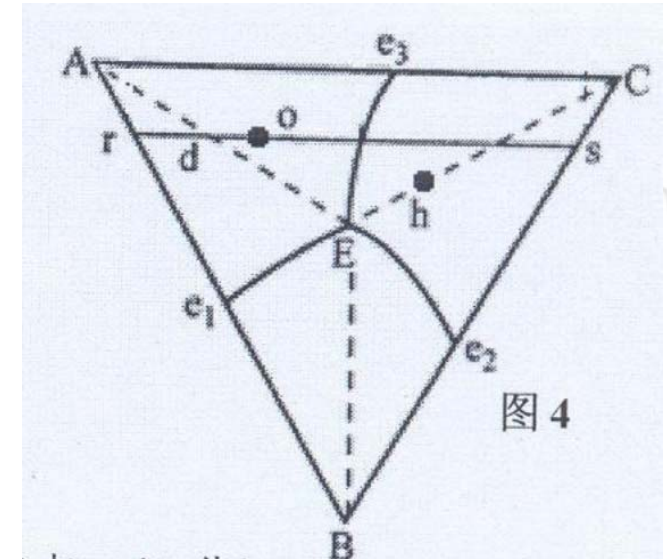


- 2) 直线法则、杠杆定律与重心法则
- 直线法则：浓度三角形中合金成分与两平衡相成分均位于同一共轭线上。而且合金成分位于两平衡相成分之间。
- 杠杆定律：与二元合金类似，利用杠杆定律可求出两平衡相的重量百分比。
- 重心法则：合金成分点位于共轭三角形的重心位置。

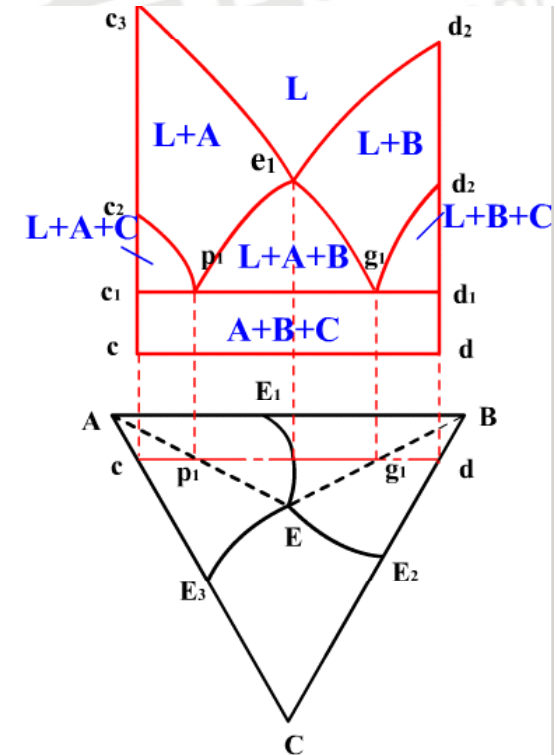
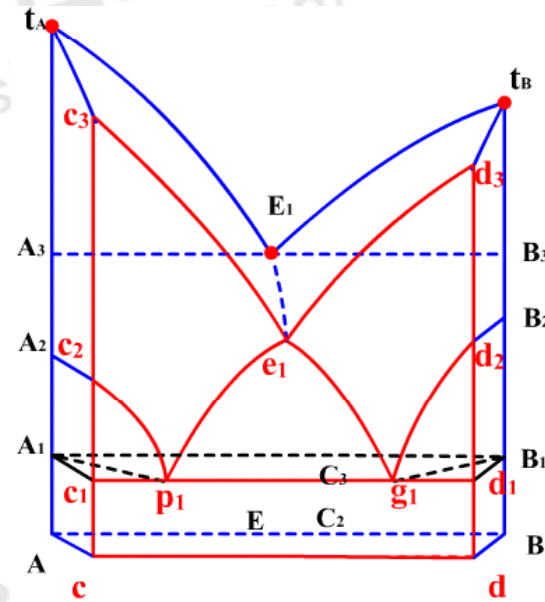
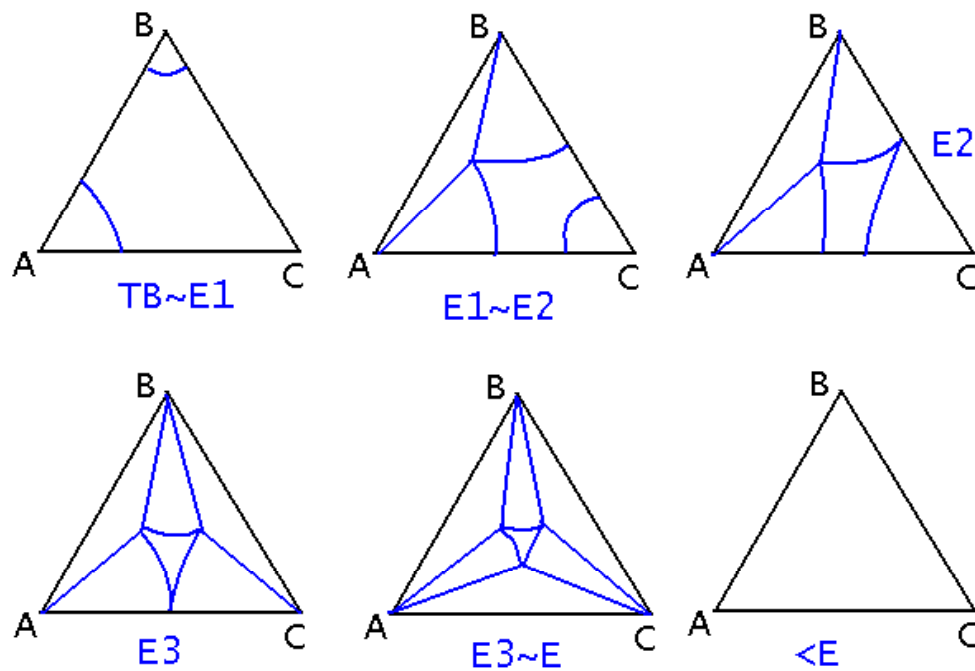


- 题型：计算某成分点合金室温下的相组成物、组织组成物的相对重量

- **2008年真题**
- 求合金O室温相组成物的相对重量
- **2011年真题**
- 写出M点合金中各组织相对含量的表达式

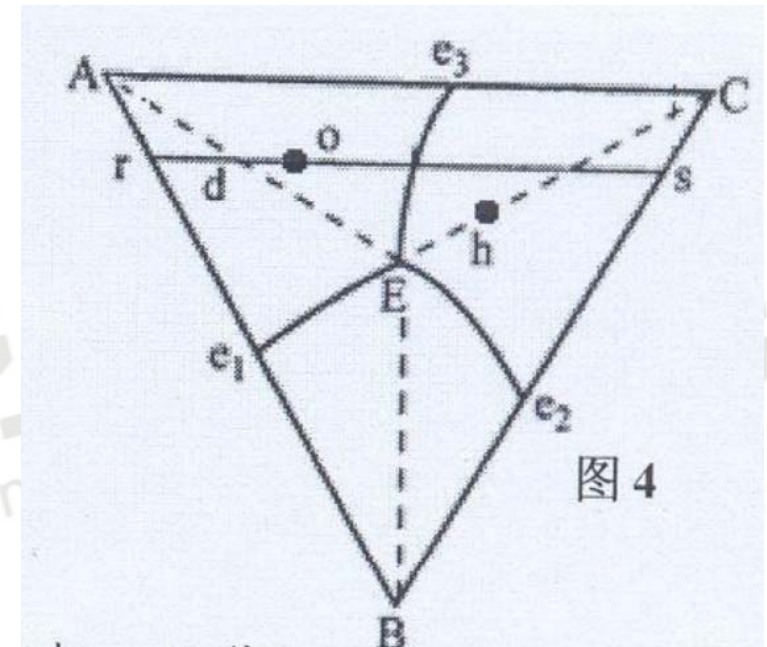


## 6.1 三元共晶相图的等温截面与变温截面





- 题型：画出某三元合金相图的截面图（等温、变温）
- **2008年真题**
- 作r-s变温截面图，填写各相区，并说明该面上的三元合金成分特点

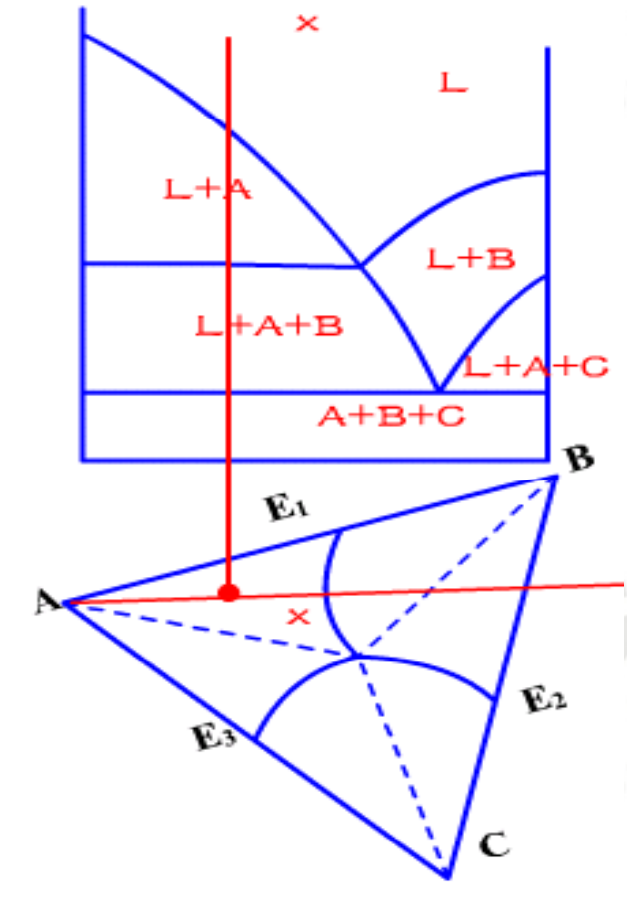




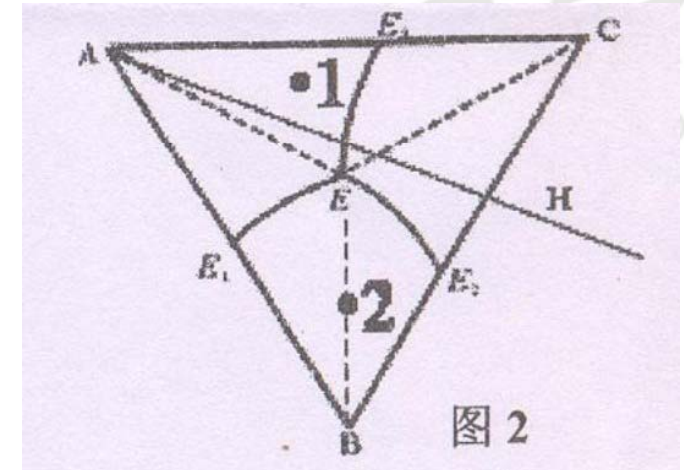
## 6.2平衡结晶过程与室温组织

- 利用适当的垂直截面可以分析凝固过程
- 在了解相图空间结构（面、相区相互位置关系）的基础之上，利用投影图
- 同样可以分析凝固过程

- 题型：写出合金从液相平衡凝固到固相的过程及室温组织



- **2007真题**：分析三元合金1、2的平衡结晶过程，写出反应式及室温组织



- **2008年真题**：分析O，h合金的平衡结晶过程，写出三相平衡及四相平衡反应式及室温组织

