

# 2024 年硕士研究生招生考试大纲

考试科目名称：材料科学基础

考试科目代码：875

## 一、考试要求

材料科学基础考试大纲适用于北京工业大学材料与制造学部材料科学与工程系（0805）材料科学与工程和（085601）材料工程（专业学位），及北京工业大学材料与制造学部激光工程研究院（085408）光电信息工程（专业学位）中 01 方向的硕士研究生招生考试。此课程是材料科学与工程学科的重要基础理论课，是理解并学习各种材料其结构、加工工艺与性能之间联系的基础。材料科学基础的考试内容主要包括各类材料共性基础知识部分（原子结构与结合键、晶体结构、晶体缺陷、相图与相平衡、材料的凝固）、金属材料基础知识部分（金属晶体中位错、表面与界面、塑性变形与再结晶、金属晶体中扩散、固态相变、金属材料强韧化）和无机材料基础知识部分（无机材料化学键结构与晶体结构、无机材料的缺陷、无机材料的相图与相变过程、无机材料的基本制造加工原理、无机材料的机械性能、无机材料的光学和电学性能），要求考生对其中的基本概念和基础理论有深入的理解，系统掌握各类基本概念、理论及其计算和分析的方法，具有综合运用所学知识分析和解决材料科学与工程实际问题的能力。

## 二、考试内容

考试内容分为材料共性知识、金属材料基础知识和无机材料基础知识三大部分，总分 150 分。其中，材料共性知识部分所有学生均需作答，共 105 分；金属材料基础知识部分和无机材料基础知识部分考生需根据自己的专业背景二选一作答，不能混做，共 45 分。题型一般包括名词解释、填空、判断正误、问答、计算、分析题等。

### （一）材料共性知识部分

#### 1. 原子结构与结合键

（1）熟练掌握电离能、电子亲和能、电负性、金属间化合物、电子化合物等概念，熟练掌握原子核外电子排布，理解光的波粒二象性、测不准原理、泡利不相容原理、洪特规则、能量最低原理、电子能带结构理论

（2）熟练掌握各种结合键的概念、特点、代表材料，通过结合键及原子间作用

力和键能分析材料的物理化学性质

## 2.晶体结构

(1) 掌握空间点阵、晶胞、空间群等晶体学基本概念，三大晶族与七大晶系分类，理解晶体的宏观对称性

(2) 熟练掌握简单立方、体心立方、面心立方、密排六方等结构的堆积方式、配位数、致密度、晶胞原子数、点阵常数与原子半径之间的关系，熟练掌握各种结构中晶向指数和晶面指数的表征，晶向族、晶面族的确定，晶面间距的计算，晶带定律的应用

## 3.晶体缺陷

(1) 熟练掌握晶体缺陷的分类，点缺陷的平衡浓度计算，固溶体的分类、概念、特点、形成条件及影响因素，缺陷反应方程计算

(2) 熟练掌握各类位错的定义及相关的基本概念，如滑移、滑移面、滑移方向、滑移系、临界分切应力、全位错、不全位错、位错密度等；掌握刃位错、螺位错的特点及其柏氏矢量的概念、确定与表征方法，掌握发生位错反应的条件及其产物

(3) 熟悉各类面缺陷及体缺陷的定义及其对材料性能的影响

## 4.相图与相平衡

(1) 熟练掌握组元、组织、相、相平衡等重要概念的区别，理解相平衡时系统的特点，相律的计算，能够根据冷却曲线建立相图

(2) 熟练掌握各类二元基本相图的分析，熟练掌握匀晶、包晶、共晶、亚共晶、过共晶、共析、亚共析、过共析转变的概念、表达式、平衡结晶过程及组织特点，熟练利用杠杆定律计算相组成物和组织组成物

(3) 熟练掌握作为二元相图的典型代表—铁碳相图的分析，包括但不限于各特性点和特性线的温度与碳浓度、相区名称、不同转变过程的组织特点等

(4) 熟悉三元系相图的表示方法、直线法则、杠杆定律、重心法则

## 5.材料的凝固

(1) 熟练掌握晶体材料结晶与长大过程中相关的重要概念，如过冷度、均匀形核、非均匀形核、正（负）温度梯度、成分过冷、相变潜热、伪共晶等

(2) 熟练掌握纯金属的结晶过程，形核的热力学条件与结构条件，熟悉晶体长大机制，温度梯度对晶体生长形态的影响

(3) 熟练掌握固溶体结晶的成分起伏、结构起伏和相起伏的概念，掌握显微偏析、宏观偏析等非平衡结晶过程对材料性能的影响，深入理解成分过冷的形成过程及不同温度梯度对晶体形貌的影响

(4) 掌握铸锭组织的特点、形成机制及影响因素

## (二) 金属材料基础知识部分

### 1. 金属晶体中位错

(1) 熟悉位错弹性力学性质与位错能量

(2) 掌握位错运动特点、位错运动的驱动力、阻力及对金属材料组织和性能的影响

(3) 熟悉主要位错源及位错增殖发生临界条件

(4) 掌握面心立方金属晶体中的位错

(5) 熟练掌握位错与其它晶体缺陷交互作用及对于金属材料性能影响

### 2. 表面与界面

(1) 熟悉表面与晶界结构（小角度晶界、大角度晶界）、晶界的能量

(2) 熟练掌握晶界的平衡偏析产生原因、影响因素及对于金属材料性能影响

(3) 熟练掌握晶界的迁移机制、影响因素及对于金属材料性能影响

(4) 熟悉相界面界面结构及界面能对于显微组织形貌影响

### 3. 塑性变形与再结晶

(1) 熟悉金属材料变形机制

(2) 熟练掌握金属多晶体塑性变形特点及细晶强化机制

(3) 熟练掌握合金塑性变形特点及固溶强化及第二相强化机制

(4) 熟练掌握塑变过程中的位错交互作用及缺陷强化机制

(5) 熟悉塑性变形对金属材料组织、结构、性能的影响

(6) 熟悉冷变形金属的回复与再结晶及晶粒长大过程、影响因素及应用

(7) 熟悉金属热加工及超塑性机制、特点及应用

### 4. 金属晶体中扩散部分

(1) 熟练掌握扩散宏观规律、扩散的微观机制及相关问题计算

(2) 熟悉扩散热力学分析、扩散系数及影响因素

(3) 熟悉反应扩散过程及反应扩散层结构确定

## 5. 固态相变部分

(1) 掌握固态相变一般特征

(2) 熟练掌握成分不变的相变、钢在加热时转变及共析转变、马氏体转变、贝氏体转变、脱溶转变相变过程，以及在金属材料领域的应用

## 6. 金属材料强韧化部分

(1) 熟练掌握金属材料强化类型、基本原理及在金属材料中的应用

(2) 熟练掌握金属材料韧化机理及在金属材料中的应用

## (三) 无机材料基础知识部分

### 1. 无机材料化学键结构与晶体结构

(1) 熟练掌握离子键、共价键、混合键、范氏键和氢键的定义，与材料性能之间的主要关系

(2) 熟练掌握鲍林规则、推算结构的方法和牢记相关数据

(3) 熟练掌握基本无机材料的结构特点，能够画出相关结构示意图

(4) 熟练掌握硅酸盐结构的分类和特点，无机玻璃的定义、通性和结构特点，了解相关材料的结构与应用之间的关系

(5) 掌握碳及含碳材料的结构与应用

(6) 学会计算和推算无机材料密度的方法

### 2. 无机材料的缺陷

(1) 熟练掌握缺陷的分类、定义和表达方式

(2) 学会分析缺陷与材料性能的关系

### 3. 无机材料的相图与相变过程

(1) 熟练掌握基本相图的分析，包括  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO-SiO}_2$ 、 $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZrO}_2\text{-CaO}$ 、 $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$

(2) 能够利用相关相图来讨论相变过程，例如，石英各相、莫来石和尖晶石、硅酸钙各相、锆石各相和堇青石的形成和相变过程，进而可以推测材料结构的形成和性能的变化规律

(3) 掌握玻璃材料的相变过程、结构和性能特点，学会通过相图设计组成和分析玻璃及其缺陷的形成过程

(4) 掌握玻璃分相现象的定义、表述、结构特点和应用

(5) 掌握普通陶瓷的相变过程和岩相分析；常用耐火材料和硅酸盐水泥熟料各相的特点和基本分析判别方法

#### **4.无机材料的基本制造加工原理**

- (1) 粘土陶瓷、玻璃、微晶玻璃、硅酸盐水泥熟料
- (2) 掌握成型、烧结、扩散、熔化、冷却和后加工的定义、控制和测量

#### **5.无机材料的机械性能**

- (1) 掌握单晶和多晶陶瓷断裂机制，材料脆性断裂的特点
- (2) 非晶材料的断裂和性能特点
- (3) 掌握无机材料增强的基本原理和方法

#### **6.无机材料的光学和电学性能**

- (1) 掌握基本光学性能的定义、与材料组成结构的关系
- (2) 掌握基本电学性能的定义、与材料组成结构的关系
- (3) 了解陶瓷和玻璃着色的原理和生产技术
- (4) 了解陶瓷压电性能的控制和应用

### **三、参考书目**

1. 《材料科学基础》，徐恒钧主编，刘国勋主审，北京工业大学出版社，2002年出版
2. 《材料科学与工程基础》，郭福等译，化学工业出版社，2016年出版，（译自于，Fundamentals of Materials Science and Engineering, 4th Edition, William D. Callister Jr., John Wiley & Sons Inc., 2013）
3. 《金属学与热处理》，崔忠圻主编，机械工业出版社，1989年出版（第二版为2011年出版）
4. 《陶瓷导论》，清华大学新型陶瓷与精细工艺国家重点实验室译，高等教育出版社，2016年出版，（译自于，Introduction to Ceramics, 2nd Edition, Kingery, W. D, John Wiley & Sons Inc., 1976）