

# 北方工业大学 2025 年硕士研究生招生考试大纲

考试科目名称：材料科学基础二

考试科目代码：844

## 一、考试性质与范围

适用于北方工业大学 085601 “材料工程”（专业学位）硕士研究生入学考试，为初试考试科目。

## 二、考试基本要求

主要考查考生对材料科学基础基本概念、基础理论的掌握及其在材料制备、加工、组织、结构和性能等方面的运用。

要求考生携带的作答工具包括：黑色签字笔、2B 铅笔、橡皮、尺子、圆规、无声无记忆功能无文字编辑功能的计算器。

## 三、考试形式与分值

1. 闭卷，笔试；
2. 满分为 150 分；
3. 题型为单项选择题、判断题、作图题、简答题、计算题等。

## 四、考试内容

### 1. 晶体结构

(1) 晶体学的基本概念和基础知识，包括：

晶体与非晶体的微观区别；晶体结构、空间点阵、结构基元、晶胞、晶格常数、晶系、布拉维点阵、晶向/晶面指数、晶向族/晶面族、晶带与晶带定律、晶面间距等的基本概念及简单应用；晶体结构点阵类型的判断；晶向指数与晶面指数的标定与晶向晶面的绘制。

(2) 金属键与共价键、离子键、分子键的区别，金属键基本特征

及其对金属晶体原子堆垛形态的影响。

(3) 三种典型的金属晶体结构 (fcc, bcc 与 hcp) 的结构特征、代表金属、密排面、密排方向、各向异性特征; 三种结构的原子半径、晶胞中所含原子数、配位数、结构致密度、质量密度、原子密度等基本表征参数及计算方法。

(4) 金属多晶型转变与热处理的关系; 金属 Fe 的多晶型转变规律及意义。

(5) 固溶体的定义、结构特征、分类及溶质原子对材料性能的影响; 金属间化合物的结构特点及其对材料性能的影响; 单相、多相组织的识别。

## 2. 晶体缺陷

各种点缺陷、线缺陷、面缺陷的基本概念、结构特征、运动特征、彼此之间交互作用以及上述内容与材料组织性能演化的关系, 主要包括:

(1) 空位、间隙原子、自间隙原子、杂质原子等点缺陷的基本概念; 点缺陷的平衡浓度 (热平衡点缺陷与过饱和点缺陷) 的概念及相关工程问题的计算。

(2) 刃型位错、螺型位错、混合位错等线缺陷的基本类型和特征; 伯氏矢量的基本概念、位错的基本运动方式; 位错类型 (正刃型位错、负刃型位错、左螺型位错、右螺型位错) 的判断方法; 位错运动方向的判断方法; 柯垂耳气团的成因及其强化作用; 位错交割与割阶硬化的概念、割阶与扭折的判断方法; 位错能量的基本组成、线张力的基

本概念、位错增殖与弗兰克-里德源 (F-R 位错源)；位错反应判据；位错密度与金属力学性能的关系。

(3) 材料外表面、晶界 (亚晶界、孪晶界)、相界等面缺陷的基本概念和类型；小角晶界、大角晶界的结构与能量特点；共格、半共格、非共格界面的结构特点；孪晶的三种形成方式 (形变、生长、退火)；面缺陷对材料力学性能的影响。

### 3. 材料的形变

(1) 理想弹性变形的特征、微观机制；弹性模量的基本概念及影响因素。

(2) 金属单晶体塑性变形的典型现象与滑移机制，包括：滑移线、滑移带、滑移系、滑移时晶面转动、滑移的临界分切应力等基础知识及其与孪生机制的对比；金属多晶体塑性变形及合金塑性变形的基本特征。

(3) 冷塑性变形对金属材料内应力、组织、性能的影响规律。

(4) 金属与合金常见强化方式 (细晶强化、固溶强化、第二相强化、形变强化) 的机理、规律、工艺措施等。

(5) 金属材料晶体结构类型对滑移、孪生以及塑性变形能力的影响。

### 4. 再结晶

(1) 冷变形金属在加热过程中发生的组织结构及性能的变化规律。

(2) 回复、再结晶、再结晶后晶粒长大各个阶段发生的驱动力；

再结晶温度与退火工艺（去应力退火、再结晶退火）的关系及其应用；金属热加工过程特点。

## 5. 固态扩散

固态扩散的基本理论、概念和应用，包括菲克定律、扩散系数、扩散微观机制、分类及其影响因素等内容：

(1) 扩散对/扩散偶、扩散通量、扩散系数（含表达式）、稳态扩散、非稳态扩散等固态扩散的基本概念。

(2) 菲克第一定律的公式表达形式、适用条件及工程计算。

(3) 菲克第二定律的公式推导途径及其在衰减薄膜源扩散问题、两端成分不受扩散影响的扩散偶扩散问题以及表面渗碳类问题中的初步应用；表面渗碳类问题的工程计算。

(4) 固态扩散不同微观机制的过程和特点，柯肯达尔实验与双晶体扩散实验结果的科学分析。

(5) 固态扩散的分类（上坡扩散/下坡扩散，自扩散/互扩散）及扩散的影响因素，尤其温度对扩散的影响规律和机理。

## 6. 纯晶体的凝固

(1) 金属的液态结构特征及其与结晶形核过程的关系。

(2) 晶体凝固热力学条件的分析。冷却曲线的基本概念。

(3) 均匀形核、非均匀形核的概念及对比；润湿角、基底曲率对非均匀形核的影响规律；晶体长大机制（垂直/连续长大、二维形核长大、借螺位错长大）、生长形态（平面生长、枝晶生长）与固液界面微观结构、界面前沿液相中温度分布等的基本关系。

(4) 金属凝固理论的工程应用案例：金属铸锭典型组织的三个晶区；细化铸件晶粒及单晶材料制备的工艺思路。

(5) 纯晶体与单相固溶体合金凝固过程的区别：变温结晶、异分结晶。

## 7. 相图基础

相律、相图的基本概念及常见单组元相图的分析方法，主要包括：

(1) 相图的基本特征与用途、吉布斯相律、平衡凝固与非平衡凝固的概念。

(2) 二元相图杠杆定律的推导和基本应用。

(3) 常见单组元相图的分析。

## 8. 相图应用

(1) 三大基本二元相图（匀晶、共晶/共析、包晶）的基本理论，包括：结构特点及相图示意图的绘制，平衡凝固过程中组织演化的定性、定量分析，非平衡凝固现象。

(2) Fe-Fe<sub>3</sub>C 相图的绘制、分析与计算；钢铁材料（工业纯铁、碳钢、白口铸铁）平衡凝固组织的定性、定量分析；碳含量对铁碳合金室温平衡组织及对应力学性能的影响规律。马氏体转变的非扩散性、贝氏体转变的半扩散性。

(3) 三元相图的基本特征，成分三角形的应用方法，三元相图分析中等温截面与垂直截面的意义。

## 9. 原子结构与能带理论

(1) 描述孤立原子电子结构的四个量子数、核外电子排布原则。

(2) 描述固体材料中电子状态的能带理论。

(3) 费米-狄拉克分布。

## 10. 材料的物理性能概论

(1) 电性能：不同材料体现不同电性能的微观机理(基于电子能带结构)；温度对不同材料电阻率的影响规律及原因；本征与非本征半导体导电的微观机制(基于电子键合模型及能带模型)、半导体材料的基本应用(如pn结)；绝缘体的介电性及基本应用。

(2) 磁性能：材料抗磁性(反磁性)、顺磁性、铁磁性、反铁磁性、铁氧体磁性、磁畴、磁滞、软磁、硬磁、居里温度的基本概念和产生原因；磁性材料的基本应用(如磁盘)。

(3) 热性能：热吸收、热膨胀、热传导现象的衡量参数和微观机制。热应力的产生原因。

(4) 光性能：不同材料呈现透明或不同颜色的微观机理及一般规律。

## 五、参考书目

《材料科学基础(第3版)》，胡赓祥、蔡珣、戎咏华编著，上海交通大学出版社，2010。