

2023 年硕士研究生招生专业考试大纲

(专业学位-材料与化工-材料工程)

学院代码：017

学院名称：化学化工学院（材料与机电学院）

专业代码及专业名称：085601 材料工程

研究方向：01 新能源材料工程

02 材料加工工程

03 先进陶瓷材料工程

初试科目名称：

材料科学基础； 适用方向：新能源材料工程 材料加工工程

先进陶瓷材料工程

复试科目名称：

材料综合； 适用方向：新能源材料工程 材料加工工程 先进陶瓷材料工程

加试科目名称：材料化学、材料研究方法

初试科目代码及名称：923 材料科学基础

参考书目及考试大纲：

一、 试题范围

1. 材料结构、扩散、界面与固态相变（35-45%）

1.1 材料的结构（10-15%）

目的与要求：掌握常见金属的晶体结构、离子化合物结构，了解高分子材料的结构

1) 常见的晶体结构

晶体化学基本原理、典型金属的晶体结构、无机化合物晶体结构

重点：晶体紧密堆积原理，常见的金属和离子化合物结构类型

2) 固溶体和金属间化合物的晶体结构、置换固溶体及影响因素、间隙固溶体、有序固溶体

重点：固溶体的类型及特点、固溶体的影响因素

3) 高分子材料结构，硅酸盐晶体结构

高分子链结构、聚集态结构、硅酸盐晶体结构：岛状结构、组群状结构、链状结构、层状结构和架状结构

重点：硅酸盐的晶体结构类型及特点

4) 非晶态固体结构及准晶体

玻璃的概念、通性、结构、硅酸盐玻璃和金属玻璃、准晶体的结构模型、制备、性能与应用

重点：非晶体的结构特点

1.2 晶态固体中的扩散（5-10%）

目的与要求：掌握扩散的宏观规律，微观机制，热力学驱动力和反应扩散

1) 扩散的宏观规律

菲克第一定律与稳态扩散、菲克第二定律与非稳态扩散

重点：菲克第一、二定律的定义及应用

2) 扩散的微观机制

扩散机制、固态原子的无规行走及相关效应、原子跳动与扩散系数的微观表达式

重点：扩散的微观机制及与宏观机制的联系

3) 扩散系数

扩散系数与扩散激活能、扩散系数的测定及影响扩散系数的因素、本征扩散系数与互扩散系数

重点：扩散系数的推导及影响因素，柯肯达尔效应

4) 扩散的热力学分析

推动扩散原子定向迁移的“力”、菲克定律的普遍形式、上坡扩散

重点：扩散热力学分析和上坡扩散

5) 反应扩散与离子晶体中的扩散

反应扩散概念、离子晶体的缺陷、离子晶体中扩散系数的确定、离子电导率与扩散系数的关系

重点：扩散规律，扩散机制，扩散热力学

1.3 晶态固体材料中的界面（5-10%）

目的与要求：掌握表面、界面的定义、分类、性质，了解相界面的定义、分类和特点

1) 晶体表面

表面结构与性质、表面能与晶体的平衡外形

重点：表面的定义和结构特点

2) 晶界结构与晶界的能量

界面的5个自由度、小角度、大角度晶界

重点：小角度晶界的分类，结构特点，晶界的能量

3) 晶界的偏析与迁移

晶界的平衡偏析及影响因素、晶界迁移速度、晶界迁移驱动力、影响晶界迁移率的主要因素、

重点：晶界迁移的驱动力及影响因素

4) 相界面

共格界面、半共格、非共格界面、界面能与显微组织形貌

重点：相界结构

1.4 固态相变 (10-15%)

目的与要求：掌握固态相变的一般规律以及脱溶沉淀、调幅分解、共析转变和马氏体相变等几种典型相变的特点

1) 固态相变总论

固态相变的特点及分类、固态相变的形核与长大、固态相变动力学

重点：固态相变的分类，特点及形核、长大

2) 成分保持不变的相变

多型性转变、块体转变、有序—无序转变

重点：有序参量，有序转变特点

3) 过饱和固溶体的分解

脱溶沉淀过程、方式、脱溶沉淀热力学、等温沉淀的动力学、调幅分解、沉淀相粗化、沉淀强化机制

重点：脱溶沉淀的过程，沉淀相的结构及对性能的影响

4) 共析转变

共析转变的热力学、珠光体的形成过程、共析转变动力学、先共析与伪共析转变、珠光体的组织特点及力学性能

重点：共析转变的形核、长大和转变的热力学

5) 马氏体转变、贝氏体转变与过冷奥氏体转变动力学图

马氏体转变的基本特征、马氏体转变的晶体学、马氏体转变的动力学、热力学、贝氏体转变特征、过冷奥氏体转变动力学图

重点：马氏体转变的特点和热力学

2. 相图与材料的凝固 (20-25%)

2.1 相平衡与相图 (15%)

目的与要求：掌握相图的基本规律，铁碳相图的基本知识和相图热力学

1) 相与相平衡

组元、相、相平衡、自由度与相律

重点及难点：相图的基本概念，相律

2) 单元系相图

单元系相图的表示和实验测定方法、相图分析、有晶型变化的单元系相图

重点：单元系相图的标示及有晶型变化相图的特点

3) 二元系相图

杠杆定律、二元系相图的类型和几何规律、二元系相图的分析

重点：杠杆定律和二元相图的几何规律

4) 铁碳相图

铁碳合金的组元及基本相、Fe—Fe₃C相图分析、铁碳合金及平衡结晶分析、碳对铁碳合金的组织与性能的影响、铁—石墨相图

重点：铁碳相图的分析和组织组成物特点

5) 相图的热力学解释

单元系相图热力学、二元系相图热力学、由自由能-成分曲线合成相图

重点：相平衡的判据，自由能-成分曲线的特点

6) 三元系相图

三元系相图的表示方法、三元系平衡相的定量法则、三元匀晶、共晶相图

重点：三元系平衡相的定量法则、三元匀晶相图

2.2 材料的凝固 (5-10%)

目的与要求：掌握纯金属、固溶体合金、共晶合金结晶的原理，特点，了解常见凝固技术及机制

1) 纯金属的结晶

结晶的过冷现象及热力学条件、液态金属结构、金属的结晶过程、形核与长大

重点：过冷的定义和晶体的形核、长大

2) 固溶体合金的结晶

非平衡态的结晶、固溶体合金结晶过程时溶质的重新分布、合金凝固过程中的成分过冷、界面稳定性与晶体生长形态

重点：非平衡凝固，成分过冷

3) 共晶合金结晶

共晶转变机制、共晶组织形貌、亚共晶与过共晶合金中初生相形态、共晶系合金的非平衡结晶、铸锭组织的形成与控制

重点：共晶合金的形核、长大，非平衡结晶

4) 凝固技术

定向凝固、单晶制取及区域提纯

重点：结晶热力学，共晶合金结晶，凝固技术

3. 缺陷、材料形变与强韧化 (35-45%)

3.1 晶体结构缺陷 (15-20%)

目的与要求：掌握点缺陷、线缺陷的定义、分类、特点以及实际晶体中的位错

1) 点缺陷

点缺陷的形成、点缺陷的平衡浓度、运动与作用、过饱和点缺陷

重点：点缺陷的类型，缺点浓度方程的推导及点缺陷浓度的计算

2) 位错的结构

位错的类型、柏氏矢量、晶体中位错的组态和位错密度

重点：柏氏矢量的定义，位错的分类及各自特点

3) 位错的应力场和运动

位错的应力场、弹性应变能与线张力、位错的运动

重点：位错的受力和滑移、攀移

4) 位错与晶体结构缺陷的交互作用，位错的增殖、塞积与交割

位错间的交互作用，与点缺陷的交互作用、位错的增殖、塞积与交割

重点：位错间的交互作用，位错的增殖机制

5) 实际晶体中的位错

全位错和不全位错、位错反应、扩展位错、其他晶体中的位错

重点：面心立方晶体中的位错

3.2 材料的变形与再结晶 (15-20%)

目的与要求：掌握单晶、多晶塑性变形的机制、特点，掌握塑性变形对材料组织结构和性能的影响，掌握回复、

再结晶对塑性变形材料组织结构和性能的影响

1) 材料的弹性变形

基本概念、广义虎克定律及弹性系数、弹性的不完整性

重点：材料的弹性变形和弹性的不完整性

2) 单晶体的塑性变形

滑移系及临界分切应力、滑移的位错机制、滑移过程中的晶面转动现象、孪生、扭转

重点：滑移和孪生特点及区别，临界分切应力定律

3) 多晶体的塑性变形

多晶体变形时晶界的作用、多晶体塑性变形特点、晶界对强度的影响

重点：多晶体塑性变形的特点，晶界对变形的影响

4) 塑性变形对材料组织和性能的影响

冷变形金属的组织与结构变化、冷变形金属的加工硬化、形变织构、高分子材料的塑性变形结构变化

重点：冷变形的组织结构特点，加工硬化的定义及特点

5) 晶体的断裂

晶体断裂机理、冷变形金属的内应力和储存能

重点：断裂机理

6) 冷变形金属的回复

回复过程特征，机制、回复动力学

重点：回复的定义和机制，回复对材料的亚结构、性能影响

7) 冷变形金属的再结晶

再结晶的形核与长大、再结晶动力学、再结晶温度及晶粒大小、晶粒长大、晶体的高温变形

重点：再结晶的形核、长大，再结晶温度的影响因素、高温晶体的塑性变形，动态回复，动态再结晶

3.3 材料的强韧化（5%）

目的与要求：总结归纳材料的强韧化措施及其机理

1) 材料强化的基本原理

2) 材料韧化的基本原理及常用方法

重点：强化方法及强化机理

二、考试题型和出题原则说明

1. 题型

考题共分名词解释、理论分析题和工程应用基础题三个板块，原则上名词解释分值不超过总分值的 15%，其余部分由出题教师自由调配。

2. 出题原则

考研专业基础课的试题以中等偏上的题为主，类型以基础性、综合类试题为主，尽量避免对于广大考生来说过于专业和抽象难懂的内容，考研试题的内容要求涵盖提纲所有要求考核的内容，提纲中所列重点必须考，考研试题的小题量控制在 20--30 道之间，保证考生基本能答完试题并有时间检查。

三、主要参考教材（参考书目）

1、《材料科学基础》（第三版），胡庚祥 蔡珣 戎咏华 编著，上海交通大学出版社。

2、《材料科学基础辅导与学习》（第三版），蔡珣 戎咏华 编著，上海交通大学出版社。

3、《热处理原理与工艺》，石湘琴 编著，机械工业出版社

二、复试科目名称：材料综合

参考书目及考试大纲：

一、考试组成

材料综合是材料科学与工程专业研究生入学考试的综合考试内容，试卷涵盖材料制备技术、仪器分析和主观能力测试三部分。其中，材料制备技术部分占 40 分，仪器分析 40 分，主观能力测试 20 分，共 100 分。

二、材料制备技术部分大纲

需要掌握 溶胶-凝胶法、水热与溶剂热合成、电解合成、化学气相沉积、定向凝固技术、低温固相合成、热压烧结、自蔓延高温合成、等离子体烧结合成技术

三、仪器分析部分大纲

需要掌握 X 射线衍射原理、X 射线衍射仪的使用及应用。扫描电镜的结构原理及应用，透射电镜的结构原理及应用，以及化学结构分析常用的紫外红外光谱等。

四、主观能力部分测试大纲

通过主观论述题的形式来考察研究生是否具有严谨的科学态度和细致、踏实的工作作风，是否具有分析和解决实际问题的能力。

四、参考书目

《材料概论》(第三版)周达飞、陆冲、宋鹂 编，化学工业出版社，2015-05

《材料分析原理与应用》，多树旺，谢冬柏编著，冶金工业出版社 2021 年 6 月第一版。

三、同等学力考生加试科目

1. 科目名称：材料化学

参考书目及考试大纲：

一、考试内容与考试要求

(一) 理论部分考试内容

1. 材料的内禀性质(intrinsic properties)，外赋性质(extrinsic properties)的含义。
2. 材料化学与其他化学学科之间的联系与差别。
3. 无机材料的主要制备方法。
4. 无机材料的主要研究方法。
5. 材料化学的基本知识：晶体结构、电子结构、相平衡、缺陷及晶体对称性与材料性质的关系。
6. 功能材料的基本知识：光、电、磁功能材料相关知识。
7. 材料的性质与形态：如玻璃材料、纳米材料和多孔材料等。

(二) 应用部分考试内容

8. 根据无机材料的主要制备方法、研究方法、缺陷化学理论，在给定的实验条件下，设计某种无机材料的合成(制备)步骤、写出表征所得材料的仪器或设备。
9. 无机材料在很多领域获得应用。论述题给出一种或几种无机材料某领域的一些信息，要求考生说明应用原理，分析涉及哪些理论知识。

二、题型

填空题、简答题、实验题、论述题

三、参考书目：

《材料化学》，朱光明,机械工业出版社,2009-6-1

2. 科目名称：材料分析方法

参考书目及考试大纲：

第一部分 概述

1.课程性质

本课程是针对材料类专业本科生而开设专业基础课。目的是使学生掌握材料主要分析技术方法的基本原理和应用，了解较先进的材料分析方法和应用，培养学生的材料微观组织结构分析测试及研究的能力。

2. 考试范围

x-射线分析、电子显微分析及红外光谱

第二部分 考试要点

1、绪论 课程性质

2、X射线物理学基础

掌握X射线的本质、连续X射线谱，特征X射线谱、X射线与物质相互作用、经典散射与经典散射强度；二次特征辐射；X射线的衰减。

3、X射线衍射的几何原理

掌握布拉格定律、倒易点阵的定义，了解倒易点阵的某些关系式，倒易点阵的性质倒易空间中表示衍射条件的矢量方程，掌握埃瓦尔德图解。

4、X射线衍射束的强度

理解一个电子对 X 射线的散射、一个原子对 X 射线的散射、单胞对 X 射线的散射；掌握结构因子计算；理解一个小晶体对 X 射线的散射；一个小晶体衍射的积分强度；粉末多晶体衍射的积分强度。

5、X 射线衍射方法

了解类型和发展；粉末照相法；粉末法成象原理，德拜-谢乐法；劳厄实验方法：劳厄法成象原理和衍射斑点分布规律；劳厄衍射花样指数化；掌握多晶衍射仪法；了解测角器，探测器，计数电路，实验条件选择及试样制备。

6、多晶体的物相分析

掌握基本原理，了解 PDF 卡片，PDF 卡片索引，掌握物相的定性和定量分析原理和方法。

7、点阵常数的精确测定

掌握立方晶体衍射花样的指标化；理解点阵常数测量中误差的来源；照相法中 θ 测量误差的来源，衍射仪法中的测量误差；掌握点阵常数精确测定的方法

8、X 射线衍射的其他应用

了解 X 射线应力测定的基本原理；理解 X 射线应力测定方法。了解 X-射线在材料应用状态，X-射线衍射仪分析技术的进展及 X 射线在 X 荧光分析、波谱、能谱上的应用。

9、电子光学基础

理解电子光学的原理。

10、电子与物质的交互作用

理解原子核对电子的弹性散射，原子核对电子的非弹性散射，核外电子对入射电子的非弹性散射；高能电子与样品物质交互作用产生的电子信息。二次电子（SE），背散射电子（BE），吸收电子（AE），特征 X 射线及俄歇电子，自由载流子形成所伴生效应，入射电子和晶体中电子云相互作用，入射电子和晶格相互作用，周期脉冲电子入射的电声效应，透射电子（TE）。

11、透射电子显微分析

了解透射电镜的结构、成象原理；样品制备方法，掌握电子衍射和电子衍射花样的标定；了解电子像衬度分类，薄晶体样品的衍衬成象、相位衬度原理成，透射电镜薄膜电子成像的基本方法。

12、扫描电子显微分析及扫描隧道显微镜、原子力显微镜

理解扫描电镜工作基本原理，扫描电镜的结构，扫描电镜的主要性能，样品制备；扫描电镜在材料研究中的应用；掌握表面形貌衬度及其应用。

了解扫描隧道显微镜、原子力显微镜基本原理、基本结构及在应用。其他表面分析方法俄歇、x 光电子能谱等的基本概念及应用范围。

13、光谱分析

掌握紫外-可见、拉曼、红外光谱仪的分析原理，仪器结构，基本的实验方法，以及在材料科学与工程的应用。了解原子光谱的基本原理及应用。

14、热分析

热分析技术分类，TG/DTA/DSC 实验原理，仪器结构，基本实验方法，了解在材料科学中的应用

15、其他测试方法

了解激光粒度分析方法、沉降天平分析、孔径分析、色谱分析、电化学分析测试方法。

参考书目：

《材料分析原理与应用》，多树旺，谢冬柏编著，冶金工业出版社 2021 年 6 月第一版