

**硕士研究生招生考试**

**《材料科学与工程》科目大纲**

**（科目代码：788 ）**

学院名称（盖章）： 化学化工学院

学院负责人（签字）：

编 制 时 间： 2024年6月25日

**《材料科学与工程》科目大纲**

**（科目代码：788 ）**

**一、考核要求**

1 掌握材料各种性能相关基本知识，包括力学（弹性、塑性、韧性、硬度、低温脆性、疲劳、磨损、强韧化等）、光学、电、磁、声、热、化学等性能的基本概念、物理本质、变化规律以及性能指标的工程意义；了解材料性能的主要因素，掌握材料性能与其成分、组织结构之间的关系，基本掌握提高材料性能的主要途径。

2 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、表征方法和技术。能正确选择材料分析、测试方法，看懂或分析一般的图谱、图像测试结果等，包括电磁辐射与材料结构、X-射线衍射、电子衍射、原子光谱、电子能谱、分子光谱、色谱、电化学方法、热分析方法等。
3 掌握材料化学相关基本知识，掌握一些材料的制备合成原理、材料结构与性能测定等方面的基础知识和基本原理，包括缺陷化学理论、表面与界面、固体中的扩散、离子导体、半导体等；

4 掌握材料加工制备工程的基本过程，理解不同材料使用不同加工制备方法及原因；理解金属、无机非金属、高分子及复合材料的制取与合成、加工与成形、改性与表面改性、复合方法与原理，能根据材料的性能、结构与应用的要求，提出材料制备加工方案和方法。

5 掌握高分子化学的发展简史、趋势，掌握高分子化学的基本概念、聚合反应类型、方法、机理、动力学和热力学等基本知识；掌握高分子材料结构与性能之间的内在联系以及高聚物分子运动规律，理解高分子链结构、凝聚态结构、高分子溶液、高分子的运动和高分子材料的高弹性、粘弹性、流变性和力学性能。

**二、考核评价指标**

材料科学与工程是针对材料科学与工程学术型硕士生的专业课复试科目。考试对象为参加全国硕士研究生入学考试的准考考生。该课程旨在考查学生对材料科学与工程有关基础理论知识的掌握程度，以及运用基础理论知识，分析和解决材料组成与结构、制备与加工、性质、使用性能等之间相互关系及制约规律的能力。它的评价标准是高等学校优秀本科毕业生能达到的水平，以保证被录取者具有较好的材料科学与工程基础理论和应用基础知识，能较好的适应入学后学习与科研工作。

**三、考核内容**

1 材料性能学：

（1）材料的弹性变形：包括金属、陶瓷及高分子材料材料的弹性变形机理异同，弹性模量、比例极限与弹性极限等弹性变形力学性能指标，滞弹性、黏弹性、伪弹性、包申格效应和内耗等非理想弹性变形概念及特点，弹性变形理论，应力-应变关系；

（2）材料的塑性变形：塑性行为的特征、塑性变形机理、回复与再结晶、塑性变形的力学性能指标，应力-应变曲线的解读；

（3）材料的断裂与断裂韧性：断裂的类型及机理、断裂韧性的概念、含义及其测量方法，以及断裂韧性在工程中的应用；

（4）材料的扭转、弯曲、压缩性能：应力状态软性系数、扭转、弯曲、压缩性能的概念、特点及其测试实验和应用

（5）材料的硬度：硬度的意义及试验方法、布氏/洛氏/维氏/显微硬度的测试原理、表示方法、特点、影响因素及其与其他力学性能的关系；

（6）材料的冲击韧性及低温脆性：冲击韧性和低温脆性的概念、特点、机制和评价方法，温度对材料性能的影响，韧性转变和温度转变；

（7）材料的疲劳性能：金属/陶瓷/高分子材料的疲劳性能，循环载荷及疲劳断裂的特点，疲劳断口形貌及疲劳破坏机理，疲劳抗力指标，影响材料疲劳强度的因素，静态疲劳，循环疲劳；

（8）材料的磨损性能：磨损的概念、分类、机制、过程及基本类型，金属/陶瓷/高分子材料的磨损性能及实验方法；

（9）材料的高温力学性能：高温下的变形行为、力学性质，高温蠕变和疲劳的概念及特点，高温下材料失效机制和寿命预测；

（10）材料在环境介质作用下的腐蚀：腐蚀机理、行为和条件，腐蚀防护和控制，金属/陶瓷/高分子材料的腐蚀特点、类型及应力腐蚀；

（11）材料的强韧化：金属/无机非金属/高分子材料的强化、韧化原理与方法，复合改性，纤维的增强、增韧作用，材料韧性的评估和测试方法；

（12）材料的热学性能：晶体的点阵振动，热容的基本概念、热容理论及其影响因素，材料热容性能测试及应用，热膨胀/热传导/热稳定性的基本概念、机理、影响因素及应用；

（13）材料的刺血性能：固体物质的各种磁性（抗磁性、顺磁性、铁磁性、反铁磁性、亚铁磁性）的形成机理及宏观表现；磁性表征参量、各类磁性物质的内部相互作用；磁性材料在交变磁场中的磁化过程及宏观磁性；磁性材料及其应用；

（14）材料的电学性能：电导性、电阻性、介电性、磁电性的基本概念、机理及影响因素，材料的导电机理与性能、热电性能、半导体导电性的敏感效应和介电性能及其影响因素和测试方法，

（15）材料的光学性能：光与固体的作用（折射率和透明性、吸收和散射、发光和荧光），材料的不透明性与半透明性，典型光学材料的发展与应用。

2 材料工程基础

（1）材料工程的基本过程，不同材料使用的不同加工制备方法及原因；

（2）钢铁、铝、铜冶炼的基本原理、主要工艺和使用设备，单晶材料制备的方法与主要工艺，玻璃生产的动力学条件，真空冶金的特点、原理与工艺；

（3）粉末材料的制备原理、基本方法、性质与表征手段，机械制粉、物理制粉和化学制粉的区别与应用，粉末的测量方法；

（4）高分子材料的分类和聚合方法，高分子材料的制备工艺；

（5）金属液态成形方法、原理、工艺、影响因素及缺陷产生原因及防止措施，半固态成形和快速凝固成形的工艺原理及过程；

（6）塑性加工的理论基础、原理与主要工艺，塑性加工方法的分类、发展及工艺过程；

（7）粉末的成形理论机理、粉体烧结机理、过程与工艺；

（8）三种典型高分子材料成形加工原理、成形方法与工艺；

（9）材料焊接的原理与方法，焊接的工艺与质量检验，材料粘结的分类、理论与实质；

（10）不同金属材料的常规处理基本原理、方法与应用，常规热处理的工艺；

（11）材料的表面改性基本方法与原理，材料表面改性方法的工艺，三束表面改性；

（12）材料腐蚀与摩擦的定义、分类、产生的原因及防护措施，材料腐蚀和摩擦的过程及评价；

（13）薄膜材料的概念、分类及基本制备方法，薄膜材料的性质与制备工艺；

（14）复合材料的特点、基本结构模式、界面结合形式与性能，复合材料的分类与复合理论。

3 材料现代分析方法

（1）材料现代分析技术的分类及相关应用；

（2）电磁辐射的波粒二象性，电磁波谱、物质波的基本概念和区别；

（3）电磁辐射与材料的相互作用：电磁辐射与材料相互作用产生的辐射的吸收、发射、光电离、散射等现象的概念，各类特征谱的原理和特点，X-射线的产生及其与物质的相互作用，特征X-射线概念；

（4）粒子（束）与材料的相互作用：电子束的激发产生，电子（束）与材料的相互作用所产生的各种现象，背散射电子和二次电子，离子束与材料的相互作用的特征，弹性散射和非弹性散射，溅射与二次离子；

（5）材料分析的目的、内容，材料现代分析主要采用的方法、分类、以及分析过程，电磁辐射或运动电子束、中子束等与材料相互作用产生相干散射(弹性散射)，相干散射相长干涉，光谱分析方法和电子能谱分析方法，电子显微分析方法，色谱分析及电化学分析方法；

（6）X-射线衍射原理：布拉格方程的导出、布拉格方程的讨论、布拉格方程应用，衍射矢量方程，厄瓦尔德图解，劳埃方程，X射线衍射强度的计算过程，即从一个电子的散射强度、原子散射强度、晶胞衍射强度、小晶体散射与衍射积分强度到多晶体衍射积分强度的计算；

（7）X-射线衍射方法：照相法的成像原理与衍射花样特征，德拜相机与实验技术，衍射仪法的原理与应用，衍射仪的基本组成；

（8）X射线衍射分析的应用：PDF卡片(规范化工作)，物相分析中的定性分析基本原理、过程，物相分析中的定量分析基本原理、过程和定量分析方法，点阵常数测定原理，系统误差额的主要来源，点阵参数精确测定的应用；

（9）电子衍射：电子衍射的基本原理、形成过程、分类和基本公式的导出，电子衍射花样特征及应用，多晶电子衍射成像原理与衍射花样特征，多晶电子衍射花样的标定，单晶电子衍射成像原理与衍射花样特征，单晶电子衍射花样的标定；

（10）透射电子显微分析：透射电子显微镜工作原理及构造，选区电子衍射的原理和操作，间接样品(复型)的制备，直接样品的制备，透射电镜基本成像操作，像衬度的概念，透射电子显微分析的应用；

（11）扫描电子显微分析与电子探针：扫描电子显微镜工作原理、构造与主要功能，像衬原理，二次电子像衬度及特点，成分衬度和形貌衬度，电镜在材料研究中的应用；

（12）原子光谱分析法：原子发射光谱的产生，分析过程，谱线强度，分析仪器组成、分析方法与应用，原子吸收光谱法的原理，测试过程，光吸收定律和吸收系数，原子吸收分光光度计组成，原子吸收定量分析，原子荧光类型和荧光强度；分析仪器组成、分析方法与应用；

（13）分子光谱分析法：紫外、可见吸收光谱法的基本原理、分光光度计结构及应用，分子荧光光谱的基本原理、荧光光谱仪结构及应用，红外吸收光谱法的基本原理、红外光谱仪的结构及应用；

（14）电子能谱分析法：俄歇电子的产生，通过检测俄歇电子的能量和强度，从而获得有关表面层化学成分和结构的信息的方法，X射线光电子能谱的基本原理、能谱仪的结构、X射线光电子能谱的分析与应用，紫外光电子能谱的基本原理、分析与应用；

（15）色谱分析法：色谱法的产生及发展，色谱法的分类，色谱法的特点，色谱法基本原理，色谱图及色谱基本参数；气相色谱仪与分析流程，高效液相色谱法的特点和应用；

（16）电化学分析法：化学电池及几个概念，电极电位的产生原理及电极电位的测量，指示电极和参比电极，电位滴定法，电解分析的基本原理，电解分析方法和应用，库仑分析法，伏安和极谱分析法概述，极谱分析法，循环伏安法。

4 材料化学

（1）晶体化学基础：离子类型，原子半径和离子半径，配位数和配位多面体，化学键和晶格类型；

（2）结构与缺陷化学理论与应用：晶体结构，结构优化设计，缺陷化学反应方程式，点缺陷的化学平衡，缺陷化学优化设计，纳米结构材料，团簇及其组装材料；

（3）无机材料软化学：胶体化学中溶胶、溶胶特性、四种电学特性的基本概念；三种双电层理论的基本模型、原理及概念，电动电势的基本概念和影响因素；胶体粒子的基本构造和胶团结构式的书写；溶胶稳定性的和聚沉作用的基本概念和原理，影响溶胶稳定性的因素；胶体的制备方法；黏土胶体的特性和稳定机制；溶胶-凝胶法、水热法、化学气相沉积法和插层法的原理、制备工艺和应用；

（4）固体表面与界面行为：与表面、界面等有关的一些基本概念和基本知识；固体表面的相关理论和吸附的本质，以及吸附对表面结构和性质的影响；润湿现象的分类和尺度，影响润湿的因素，黏附现象的概念和影响因素，固体的表面活性和改性的机理和基本方法；

（5）无机材料化学特种合成理论与应用：新型无机材料的合成和制备发展的几种类型和发展趋势；等离子体合成的原理和优缺点，微波等离子体化学法制备纳米粉体材料的原理、制备工艺和特点、及其应用，微波等离子体表面改性的应用。掌握微波合成的基本概念、加速反应的机理和微波加热的特点，微博在材料合成中的应用，光化学合成的基本原理和过程，光化学反应的特性，高温自蔓燃合成原理和热力学基础，及其应用；仿生合成技术的机理模型、固体基底对结构的影响、表面活性剂分子与无机离子间的作用机理；

（6）离子导电材料：材料电学性质的基本术语和概念，不同类型材料导电能力随温度变化的影响，以及温度对载流子浓度和运动速率的影响机制，影响离子电导率的因素，快离子导体的结构特征，以及成为快离子导体的条件，几种快离子导体的类型、基本特征和应用；

（7）半导电材料：半导体的发展历程、应用领域和主要的制备方法；半导体材料的分类，几种主要半导体的基本性质、优点和应用领域；掺杂半导体的基本原理、N型和P型半导体的制备和应用；硅半导体的制备方法和太阳能电池的基本原理；

（8）无机材料的化学制备理论与技术：无机材料化学制备技术的前沿科学；零维、一维、二维、三维材料的基本特性和前沿的制备技术以及其特点；前沿领域的特殊材料和特殊结构的性质以及制备技术，复合材料的理论、类型和方法；

（9）薄膜材料的前沿科学；纳米薄膜材料的功能特性；薄膜材料的制备技术、应用领域和前景。

5 高分子化学与物理

（1）高分子化合物的基本概念、聚合反应的分类方法，书写聚合物结构式的一般方法，聚合物平均分子量、分子量分布的几种表示方法；高分子的特点；线型、支链和体型大分子以及高分子的微观结构、聚合物的分类及几种命名方法；聚合物分子量、分子量分布对聚合物性能的影响，聚合物的物理状态和主要性能；

（2）缩聚和逐步聚合：逐步聚合反应类型、反应的特点，缩聚反应单体与反应类型的关系、缩聚反应的副反应；聚合反应程度、官能度、线型缩聚、体型缩聚、官能团等活性、凝胶现象、凝胶点等基本概念；重要线型逐步聚合物的聚合反应方程，无规预聚物和结构预聚物，体型缩聚中的凝胶点的预测；利用Carothers 方程计算体型缩聚产物的平均聚合度及凝胶点；线型缩聚反应的机理与动力学，线型缩聚中影响聚合度的因素及控制聚合度的方法；反应性官能团等摩尔配比的线型缩聚产物的平均聚合度、反应程度及平衡常数的关系，缩聚反应动力学；线型缩聚物分子量的控制与计算；体型缩聚单体的官能团与官能度、平均官能度的计算、体型缩聚的特点；逐步聚合反应的实施方法；

（3）自由基聚合：自由基聚合中单体结构特征以及单体结构与连锁聚合机理的关系，自由基聚合机理、动力学及特征，引发效率、笼蔽效应、诱导分解、凝胶效应、动力学链长、自由基寿命、链转移常数、阻聚、缓聚、自阻聚、诱导期、聚合上限温度、自动加速现象等基本概念；自动加速现象产生的原因及其对聚合反应的影响，链转移反应及其对聚合的影响和在聚合物分子量控制等方面的应用。常用单体、引发方式、引发体系、分子量调节剂、阻聚剂、缓聚剂及主要聚合物品种；

（4）自由基共聚合：共聚合反应、共聚物的概念以及分类、研究共聚合反应的意义；共聚物组成与单体组成的关系、竞聚率的概念并能运用其进行单体、自由基活性的分析；二元共聚组成曲线，转化率与共聚物组成的关系，二元共聚物组成的相关计算自由基及单体的活性与取代基的关系及对反应速率的影响，共聚物组成的控制方法；组成均一性的影响因素、控制方法以及运用共聚物组成方程、序列分布函数及平均序列长度计算公式进行相关计算；多元共聚，共聚合速率以及共聚物组成序列分布；

（5）聚合方法：本体、溶液、悬浮、乳液等各种聚合实施方法的特点；经典悬浮聚合、乳液聚合的机理及其动力学特征，以及一些重要的典型聚合物的聚合方法；

（6）离子聚合：阴、阳离子聚合的单体与引发剂及其相互间的匹配关系；几种典型的阴 离子聚合反应体系、阳 离子聚合反应体系的组成与聚合条件，离子聚合活性种的主要形式以及影响因素；阴离子聚合的机理、特点以及引发剂与单体间的匹配关系，一些主要的阴、阳离子聚合单体及聚合物品种，如丁基橡胶、SBS等；

（7）配位聚合：配位聚合的概念及特点，聚合物的异构现象、立构规整性及其对聚合物性能的影响， Ziegler-Natta 引发催化体系的基本组成；一些主要配位聚合单体及聚合物品种，如聚丙烯、低压聚乙烯等；

（8）开环聚合：杂环开环聚合热力学和动力学特征，三元环醚的阴离子开环聚合、环醚的阳离子开环聚合；羰基化合物和三氧六环的阳离子开环聚合以及己内酰胺的阴离子开环聚合；

（9）聚合物的化学反应：聚合物化学反应的特点，高聚物的降解、老化及防老化原理；聚合物化学反应的活性及其影响因素，聚合物相似转变、接枝、扩链，交联等基本概念及反应原理；聚合度变大的化学转变进行聚合物改性及新品种开发的基本原理、方法及重要实例；

（10）高分子链的结构：高分子链结构的组成、构造及其与高聚物性能之间的关系；构型、构象、高分子链的内旋转、链柔性、均方末端距等基本概念；高聚物链结构、温度、外力等因素对高聚物柔性的影响，以及完全伸直链、自由结合链、自由旋转链的均方末端距的计算；

（11）高分子的凝聚态结构：内聚能密度的概念，内聚能密度大小与分子间作用力之间的关系；结晶度的概念、测定方法和计算方法；理解聚合物（聚乙烯、聚丙烯）的晶体结构，聚合物的结晶形态、晶态高聚物的结构模型；理解非晶态高聚物的结构模型；取向和解取向的概念、机理以及取向结构对高聚物性能的影响；

（12）高分子溶液：高分子溶液、溶度参数的基本概念，求取高聚物溶度参数的实验方法和计算方法；不同的线型高聚物（结晶、非晶、极性、非极性）的溶解特性和交联高聚物的溶胀；高分子稀溶液的Huggins参数、混合热、混合熵、混合自由能和化学位表达式；超额化学位、θ溶剂、θ溶液、渗透压的概念；

（13）聚合物的分子量及分子量分布：不同分子量和分子量分布宽度的表示方法；端基分析法、沸点上升法、冰点降低法、蒸气压下降法、膜渗透压法、粘度法和凝胶渗透色谱法（GPC）测定聚合物分子量的原理和方法；Mark-Houwink方程、GPC方法中的普适校正曲线、校正曲线以及第二维利系数等内容；

（14）聚合物的分子运动与转变：高分子运动单元的多重性、分子运动的时间依赖性和温度依赖性；非晶共高聚物、结晶高聚物的温度-形变曲线以及分子量对温度-形变曲线的影响；Tg的影响因素、Tg的测定、Tg转变的自由体积理论；聚合物结晶能力与结构的关系；均相成核、异相成核的概念、结晶速度的表示方法、结晶速度和温度的关系；熔点的概念以及影响聚合物Tm的因素；次级转变的概念；

（15）橡胶弹性：橡胶弹性的特征、橡胶弹性与结构之间的关系；泊松比、杨氏模量、切变模量的概念；橡胶弹性的热力学分析、交联橡胶状态方程；热塑性弹性体的概念，嵌段共聚热塑性弹性体的结构、使用的上下限温度；

（16）聚合物的黏弹性：蠕变、应力松弛、滞后和内耗的基本概念，线性和交联高聚物的蠕变和回复曲线；线性和交联高聚物的应力松弛曲线，聚合物内耗-温度曲线；聚合物结构与内耗之间的关系；Boltzmann叠加原理、时温等效原理；会用WLF方程进行计算；黏弹性的数学描述；

（17）聚合物的屈服和断裂：杨氏模量、屈服强度、屈服伸长、断裂强度（拉伸强度）、断裂伸长、断裂能、应变硬化、应变软化、弯曲强度、冲击强度的概念；强迫高弹形变、非晶和结晶高聚物的应力-应变曲线、银纹屈服和剪切屈服机理；脆性断裂、韧性断裂以及断裂面的形态、断裂机理；

（18）聚合物的流变性：牛顿流体、非牛顿流体、假塑性流体、胀塑性流体和表观粘度的概念；聚合物的普适流动曲线，刚性高聚物和柔性高聚物的粘流活化能大小以及粘度对温度和剪切速率的敏感性，影响聚合物粘流温度和粘度的因素；聚合物熔体的弹性表现（法向应力效应、挤出胀大效应、不稳定流动）。

参考书目：

《材料性能学》（第二版），付华、张光磊主编，北京大学出版社，2017年

《材料工程基础》，周美玲、谢建新、朱宝泉主编，北京工业大学出版社，2001年

《材料现代分析方法》，左演声、陈文哲、梁伟主编，北京工业大学出版社，2015年，第10次印刷

《无机材料化学》，季慧明，天津大学出版社，2014年，第三版

《高分子化学》，潘祖仁，化学工业出版社，2015年

《高分子物理》，金日光等，化学工业出版社，2013年