

## 0856 材料与化工专业学位研究生核心课程指南

## 01 材料与化工现代研究方法

## 一、课程概述

本课程是材料与化工类(材料、化工、纺织、林业等)工程专业研究生学习的一门重要平台基础课程。在本学科类别研究生课程体系中具有重要地位。

学习目的在于为材料与化工类工程专业研究生提供一个完整系统的分析与研究测试方法的知识体系,以材料、化工、纺织、林业等物质的结构表征、测试技术为主线,通过其基本原理的介绍、测试研究的实例分析和综合实验练习,使工程专业研究生在掌握材料物质、产物结构的表征技术的基础上,了解材料与化工相关专业对于物质的研究与应用过程的一般性思维与技术方法,培养工程专业研究生的综合应用物质的基本知识和分析方法以及开展研究方面的能力。通过本课程的学习,使得所培养工程专业研究生在今后的实际工作中,发挥出所学现代测试研究方法的知識体系的作用。

## 二、先修课程

物理化学、有机化学、方向基础课程(由材料与化工类别领域方向选定)。

## 三、课程目标

本课程讲授不同的现代测试与研究方法的基本原理、测试方法、主要用途、适用范围及数据处理等知识内容。涉及的物质研究测试的范围主要有物质的结构、形貌、组成和相变等。

与此相应的物质测试研究方法的知识体系有:用于物质表面化学组成分析的电子能谱和电子探针等;用于物质结构及相变分析的X射线衍射及电子衍射等;用于物质的形貌与形态观察研究的透射及扫描电镜、扫描隧道显微镜等;用于物质热现象分析的DTA、DSC、TG和DMTA等;以及用于物质的化学组成及物质分子结构测试的红外吸收光谱、核磁共振波谱、激光拉曼光谱、紫外-可见光谱等。

通过本课程的学习,使得材料与化工类工程专业研究生应了解不同种类的物质分析方法的基本原理,掌握材料与化工类需要的各种表征方法及相应的制样、测试技术,并能够综合各种研究手段,针对不同材料、产物和分析目标,设计合理的实验测试方案,进行完整合理的表征和分析等方面的能力。

## 四、适用对象

本课程适用于材料与化工类所有工程专业硕士研究生,也可以作为材料与化工类工程专业博士生的参考学习的内容。

## 五、授课方式

课堂理论教学与讨论课和典型案例分折教学方式(网络教学资源等)相结合。可以根据各学校情况安排相应的实验、实践教学环节。

实验课建议:

1. X射线物相定性与定量分析
2. 电镜(SEM、TEM)图像观察与能谱仪应用
3. 差热分析与差示扫描量热技术
4. 红外、紫外光谱表征与测试技术
5. 热重分析与动态力学分析技术
6. 核磁共振测试分析技术
7. 典型材料物质的综合分析测试技术

## 六、课程内容

参考 32~48 学时,2~3 学分

本课程主要讲授材料与化工类工程硕士研究生工程应用中涉及到的多类物质的分析测试与表征方法,即组织形貌分析、物相分析、成分价键(电子结构)分析和有机物的组成结构分析等内容。

## 第一章 绪论

掌握物质研究的基本内容和四大类分析手段(组织形貌分析、物相分析、成分价键分析和分子结构分析)的分类原则和研究内容。初步了解各种分析手段的基本原理。

## 第二章 形貌与形态观察

1. 了解组织形貌分析的发展历程。
2. 光学显微分析。阿贝成像原理,实验技术。
3. 扫描电子显微镜。掌握电子束与固体样品作用时产生的信号种类(二次电子、背散射电子、俄歇电子、特征X射线)、扫描电镜的结构、工作原理、扫描电镜衬度像(二次电子像、背散射像)扫描电镜的制样方法子显微分析的信号、电子显微镜的工作原理和成像模式。
4. 掌握扫描探针显微镜的工作原理,扫描隧道显微镜和原子力显微镜的工作原理和工作模式。

## 第三章 物质结构分析

1. 物相分析的意义及含义,掌握物相分析的基本原理,物相分析的手段、倒易点阵的概念及与正点阵的对应关系。
  2. 电磁波及物质波的衍射理论
- 衍射的概念与原理、衍射方向(布拉格方程、厄瓦尔德图解)、衍射强度的计算思路。

## 3. X 射线衍射物相分析

X 射线的产生及其与物质的作用方式,X 射线衍射仪的结构和工作原理,掌握 X 射线衍射谱的标定方法,了解定量分析的基本原理。

## 4. 电子衍射及显微分析

透射电镜的工作原理,透射电镜的结构,掌握电子衍射的基本公式及衍射花样的标定方法,四种衬度及其形成机理。了解衍射衬度的运动学理论。

## 第四章 成分和价键分析

1. 掌握成分和价键分析的基本原理、原子中电子的分布和跃迁、各种特征信号的产生机制、各种成分分析手段的比较。

## 2. X 射线光谱分析

电子探针仪,能谱仪,波谱仪的构造和工作原理,WDS 和 EDS 成分分析模式及应用,波谱仪与能谱异同。

## 3. X 射线光电子能谱分析

掌握 X 射线光电子能谱分析的基本原理、设备构造和实验技术,XPS 谱图分析、了解 X 光电子能谱的应用。

## 4. 俄歇电子能谱

俄歇过程理论,俄歇电子谱仪,俄歇电子能谱图的分析技术、俄歇电子能谱的应用。

## 第五章 物质的化学组成及分子结构测试

## 1. 掌握分子结构分析的基本原理

2. 分子光谱和核磁共振波谱技术。了解分子光谱和核磁共振技术的基本原理和谱图解析方法。了解红外光谱的特征、定量分析基本原理,傅里叶变换红外光谱在制备物质中的应用。拉曼光谱与红外光谱的区别,在物质结构研究中的应用。核磁共振基本概念,质子核磁共振,碳-13 核磁共振,溶液核磁共振在制备物质研究中的应用。了解固体核磁共振技术。

## 第六章 物质的热现象分析

差热分析技术、差示扫描量热技术、热重分析技术、动态力学分析技术等,在材料与化工领域中所能解决的问题及基本原理和方法。

## 第七章 综合案例分析

以一种典型的工程(化工、纺织、林业、轻工中的物质)材料进行综合研究和应用为例,讲授现代分析测试手段在材料与化工诸方向的研究手段以及物质应用中的工程实际案例,强化工程专业研究生掌握现代测试技术的实际应用中的测试方法,加强工程能力的训练,提高材料与化工类工程专业硕士研究生的综合分析能力。

本课程的重点与难点主要包括

1. 组织形貌分析部分,主要学习光学显微镜、电子显微镜、扫描探针显微镜的工作原理和图像分析方法。

2. 物相分析部分重点学习物相定性和定量分析的基本原理,和两种主要的物相分析手段:X 射线衍射和电子衍射。

3. 在成分和价键分析部分,重点学习基本原理和三种重要的分析研究技术:能量分散谱、X 射线光电子能谱和俄歇电子能谱。

4. 在分子结构分析部分,重点学习基本原理和三种分析手段:红外光谱、拉曼光谱和核磁共振。

5. 在热分析部分,重点学习基本原理和两种分析手段:差热分析技术及差示扫描量热技术、热重分析。

6. 此外,还有材料与化工类不同专业工程领域涉及物质测试、表征的特色方向部分。

## 七、考核要求

考核采用课程作业、讨论与考试相结合的方式。

作业 要求:完成作业是基本条件;

讨论典型案例分析(以小组或者个人参与);

试卷所有学习课程与实验的专业硕士研究生;

考核成绩由以上部分组成(具体成绩比例由各学校确定)。

## 八、编写成员名单

蒋成保(北京航空航天大学)、宫声凯(北京航空航天大学)、杨光(北京航空航天大学)、俞有幸(北京航空航天大学)、段辉平(北京航空航天大学)、赵立东(北京航空航天大学)、朱立群(北京航空航天大学)、陆馨(华东理工大学)、杨睿(清华大学)、李光(东华大学)、谢孔良(东华大学)、刘若华(东华大学)、杨全红(天津大学)、高振华(东北林业大学)、刘传富(华南理工大学)

## 02 材料与化工传输原理

## 一、课程概述

本课程阐述材料、化工、冶金等相关过程中传输现象的基本原理,内容包括动量的传输、质量的传输、质量的传输。材料、化工、冶金等学科的众多相关过程研究都离不开对传输原理的解析。因此,研究生充分了解和掌握动量、热量及质量的传输现象的本质,对相关工艺研究、过程优化、设备研发以及工艺流程的模型化和智能化起着举足轻重的作用。

本课程是材料化工类各专业的一门重要专业基础必修课程。本课程的教学目的是要求学生掌握传输原理的基础概念、基本定律、基本方程及基本应用。本课程的核心任务是让学生运用传输原理基础知识分析材料化工类各专业相关研究的过程,深入了解传输原理及影响因素的作用机理,建立物理模型和数学模型,学习计算机求解的基本方法,并领会三个物理传输过程的类似性,从而为解决材料化工过程的关键问题、提高设计水平、优化设备及工艺操作、提高控制水平及实现智能化打下理论基础。

## 二、先修课程

高等数学、大学物理、化工原理。

## 三、课程目标

通过学习本课程,使学生掌握动量、热量、质量传输的基本原理,深入了解材料、化工、冶金等学科众多相关过程的传输现象,以及各种因素对传输过程和速率的影响,深刻理解动量传输、热量传输和质量传输的类似性,为今后从事专业基础研究、技术开发打下坚实的基础。通过本课程的理论学习,使学生在知识和技能上达到目标——深刻地理解传输原理的基本内涵,熟练地掌握流体流动、热量传递和质量传递过程的基本概念、基本理论和基本应用。

## 四、适用对象

本课程适用于材料与化工专业类别(材料工程、化学工程、冶金工程、纺织工程、林业工程、轻工技术与工程、石油与天然气加工工程、材料化工安全工程等领域方向)硕士研究生,也可供相关专业博士研究生参考。

## 五、授课方式

采用课堂教学、课外讨论、完成研究报告(大作业)等相结合的教学方法,加强计算机应用。

课堂教学采用多媒体与板书的结合形式展开,同时加强理论知识在实际案例的运用,让学生们分组讨论课外习题,加深学生对知识点的运用,同时通过举一反三的习题巩固对知识点的理解。

研究报告则每一种传输原理的课堂教学结束后进行一次大作业的测试,主要巩固学生对每一种传输原理知识点的理解。同时,最后一堂课采用计算机模拟专业学科的传输现象并进行解释,让学生实实在在地明白传输原理对专业的贡献。

## 六、课程内容

(一) 教学内容:包括传输原理概述、动量传输、热量传输、质量传输四个部分,课堂教学 32 学时,2 学分,学时分配分别为 2 学时、12 学时、12 学时和 6 学时。

### 第一部分 传输原理概述

#### 第一章 传输原理概述(2 学时)

1. 流体的特性
2. 拉格朗日法和欧拉法
3. 全导数和随体导数
4. 传输现象的物理机理
5. 传输速率
6. 边界层概念

### 第二部分 动量传输(12 学时)

#### 第二章 连续性方程与运动方程(2 学时)

1. 连续性方程
2. 用应力表示的运动方程

#### 第三章 层流(4 学时)

1. 奈维-斯托克斯方程式
2. 奈维-斯托克斯方程式的若干解

#### 第四章 湍流流动(6 学时)

1. 湍流的基本概念和处理方法
2. 雷诺方程及其应用案例

### 第三部分 热量传输(12 学时)

#### 第五章 热量传输概论与能量方程(1 学时)

1. 热量传输方式
2. 能量方程

#### 第六章 导热(5 学时)

1. 导热的机理和微分方程
2. 一维稳态导热的应用
3. 多维稳态导热
4. 非稳态导热
5. 导热问题的数值算法

#### 第七章 对流传热(6 学时)

1. 对流传热概述
2. 平板层流传热分析解法
3. 平壁传热
4. 圆形直管内强制对流传热
5. 对流传热的工程应用案例

### 第四部分 质量传输(6 学时)

#### 第八章 传质基本概念和传质微分方程(2 学时)

1. 传质的基本概念
2. 传质微分方程

#### 第九章 分子扩散(2 学时)

#### 第十章 对流传质(2 学时)

(二) 课程重点及难点说明



表 1 课程内容及重点、难点分类

课程内容	教学 要求	重点 (☆)	难点 (Δ)	学时 安排	备注
第一章 传输原理概述				2	
1. 流体的特性	A	☆			
2. 拉格朗日法和欧拉法	A	☆			
3. 全导数和随体导数	A	☆			
4. 传输现象的物理机理	A	☆	Δ		
5. 传输速率	A	☆			
6. 边界层概念	A	☆	Δ		
第二章 连续性方程与运动方程				2	
1. 连续性方程	A	☆			
2. 用应力表示的运动方程	A	☆			
第三章 层流				4	
1. 奈维-斯托克斯方程式	A	☆	Δ		
2. 奈维-斯托克斯方程式的若干解	B				
第四章 湍流流动		☆	Δ	6	
1. 湍流的基本概念和处理方法	A	☆	Δ		
2. 雷诺方程及其应用案例	A	☆	Δ		
第五章 热量传输概论与能量方程				1	
1. 热量传递方式	A	☆			
2. 能量方程	A	☆			
第六章 导热				5	
1. 导热的机理和微分方程	A	☆			
2. 一维稳态导热的应用	A	☆			
3. 多维稳态导热	C				
4. 非稳态导热	C				
5. 导热问题的数值算法	B		Δ		
第七章 对流传热(6学时)				6	
1. 对流传热概述	A				
2. 平板层流传热分析解法	A	☆	Δ		
3. 平壁传热	A				
4. 圆形直管内强制对流传热	A	☆			

续表

课程内容	教学 要求	重点 (☆)	难点 (Δ)	学时 安排	备注
5. 对流传热的过程应用案例	C				
第八章 传质基本概念和传质微分方程				6	
1. 传质的基本概念	A	☆			
2. 传质微分方程	A	☆			
第九章 分子扩散	A	☆			
第十章 对流传质	A	☆			

说明:

(1) 教学要求分为三个级别,A 级为核心掌握内容,意指本课程必须通过各种教学手段使学生重点理解、掌握和具有一定应用能力的内容;B 级为一般掌握内容,即需要教师讲解同时辅以作业,使学生对该教学内容具有清晰的概念、透彻的理解,但并不一定对该知识具有应用能力;C 级为一般了解内容,一般指本学科知识的扩展和工程应用知识,可不占用课堂教学时间,教师可采取课外讨论、作业和小论文的形式组织教学。

(2) 关于教学重点:教学重点是指核心掌握内容中与冶金工程专业密切相关的必须掌握的教学内容,例如,欧拉方程式核心掌握内容,但是由于它是关于理想流体的运动方程,相较于粘性流体的 N-S 方程,欧拉方程与冶金工程的关联性稍差。

(3) 关于教学难点:教学难点是指在教学过程中涉及较难的理论和方法的教学内容,需要教师更多地运用教学技巧和手段进行教学。教学难点大部分涉及 A 级教学内容,少部分涉及 B 级教学内容,不涉及 C 级教学内容。

(三) 课程实践环节(课堂讨论/课程大作业)

(1) 课堂讨论

针对材料、化工、冶金工程等实际问题,特别是与流体流动、传热和传质结合较强的应用问题,组织学生进行课程讨论,如何从传输原理的知识出发,给出理论分析和建立数学模型;在理论与实际结合的基础上,探讨运用传输原理解决相关领域的工程问题的思路和方法。在开阔思路和新工艺探索讨论中,使学生能自觉运行更高层次的传输理论,提高解决实际问题的能力。

(2) 课程大作业

课程大作业是学生在课下时间,通过对课堂知识的理解,结合先前学过的相关课程,针对材料化工过程完成。要求学生以小论文的形式提交,包括:问题的提出;热力学或动力学理论分析;建立模型;理论模型的计算结果和实际数据的对比;分析讨论等。其目的是提高学生分析问题和解决问题的能力,为提高科研水平打下基础。

课程大作业(一)

大作业内容:根据各专业情况,给定某个工序、流程或设备,分析过程中涉及的传输现象,抽象出数学模型,并进行理论分析,结合文献,找出限过程制性环节和瓶颈,并提出改进和优化方案。

课程大作业(二)

大作业名称:根据各专业情况,给定某加热(冷却)情景,建立多维稳态导热数学模型或非稳态导热数学模型,通过建立离散的差分方程、编程和数值计算,对结果进行分析。

七、考核要求

考试结合大作业等形式,分数比例按照各专业要求自定。



## 八、编写成员名单

张立峰(燕山大学)、白皓(北京科技大学)、范晓彬(天津大学)、曾作祥(华南理工大学)、金君素(北京化工大学)、周铁涛(北京航空航天大学)、李树索(北京航空航天大学)

## 03 高等物理化学——原理与应用

### 一、课程概述

本课程是在大学物理化学基础上的提高和深入,介绍物理化学基本原理的拓展和最新进展,及其在化学工程、材料工程、冶金工程等领域的应用,包括普适的热力学、动力学基本原理和不同应用对象的物质特性。重点关注不同领域的物质特性,如化工领域的状态方程、活度因子模型,冶金领域的金属熔体、熔渣理论模型等。难点是化工、冶金领域相平衡和化学平衡计算,材料领域热处理过程物相变化的理论计算等,在具体讲授时,建议在物理化学共性原理基础上,根据不同领域的具体情况灵活处理不同章节的内容。

本课程是化工、材料、冶金、纺织、林业、轻工技术、能源化工、石油与天然气加工和材料与化工安全工程等领域方向专业硕士研究生核心课程,是一门重点介绍高级物理化学基本原理及其在这些领域的工艺过程中应用的专业基础课。

### 二、先修课程

物理化学、普通物理。

### 三、课程目标

通过本课程的学习使学生学会用经典热力学、统计热力学、传输原理、化学反应动力学等原理和方法,研究相关领域生产过程的物理化学现象,分析和解决生产中出现的新问题。引导学生向相关学科渗透,学习研究各个相关工程领域普适性的科学问题,揭示反应机理,达到能对本领域相关的反应过程进行理论模拟和预报。

### 四、适用对象

本课程适用于化学工程、冶金工程、材料工程、纺织工程、林业工程、轻工技术与工程、能源化工、石油与天然气加工工程和材料与化工安全工程等领域方向专业硕士研究生。

### 五、授课方式

授课方式主要以课堂讲授和课程大作业的方式进行,辅以专题讨论。课程大作业主要针对本专业的实际问题,进行分析和计算。部分作业要求学生以小论文的形式提交,其中包括问题

的提出;问题的分析;理论模型的建立和求解;对比、分析讨论等。通过完成作业,提高学生分析问题和解决问题的能力。

## 六、课程内容

课程的重点内容:(1) 热力学及其应用部分。包括热力学基本方程,平衡和稳定性判据,流体的  $pVT$  关系和状态方程,电解质与非电解质溶液热力学,高分子溶液热力学,相平衡和化学平衡计算及其在化工、冶金、材料等领域的应用,界面与吸附现象的热力学。(2) 动力学及其应用部分。包括传递现象的基本原理,相变动力学,材料微观结构形成动力学,化学反应动力学等。

课程的难点:活度标准态的建立和不同标准态活度的相互换算;相平衡、多元多相化学平衡的计算;复杂反应的机理;反应限制环节的确定等。

建议课程学时 32~64 学时,2~4 学分,其中热力学部分五章,动力学部分三章。课程教学内容如下:

### 第一章 热力学基本定律与基本方程 (8 学时)

- 1.1 热力学基本定律
- 1.2 热力学基本方程
- 1.3 热力学平衡判据和相律
- 1.4 热力学体系的稳定性判据、临界现象

### 第二章 流体的 $pVT$ 关系和状态方程 (6 学时)

- 2.1 逸度和逸度因子
- 2.2 偏离函数和剩余函数
- 2.3 流体的状态方程
- 2.4 高分子系统的状态方程

### 第三章 液体的混合热力学性质和活度因子模型 (6 学时)

- 3.1 活度与活度因子
- 3.2 混合函数和过量函数
- 3.3 活度因子模型
- 3.4 电解质溶液

### 第四章 相平衡和化学平衡 (6 学时)

- 4.1 相图的基本类型
- 4.2 气-液、液-液、液-固相平衡计算
- 4.3 化学平衡计算与应用
- 4.4 相平衡和化学平衡耦合计算
- 4.5 热力学平衡计算在化工、材料、冶金等领域的应用

### 第五章 界面与吸附现象热力学 (6 学时)

- 5.1 界面吸附与 Gibbs 界面模型
- 5.2 界面热力学基本方程
- 5.3 Laplace 方程、Kelvin 方程和 Gibbs 吸附等温式
- 5.4 界面张力和杨氏方程

## 5.5 气固吸附等温式

## 5.6 界面结构的经典密度泛函理论

## 5.7 界面与吸附现象热力学的应用

## 第六章 化学反应动力学基础 (6 学时)

## 6.1 非基元反应机理与动力学方程

## 6.2 耦合反应与局部平衡

## 6.3 电化学反应机理与材料防腐

## 6.4 复杂动力学体系基本理论与材料制备

## 第七章 组元在介质中传质动力学 (8 学时)

## 7.1 非稳态扩散的分类与求解

## 7.2 相际传质

## 7.3 传质理论应用实例

## 第八章 多相反应动力学 (18 学时)

## 8.1 气/固反应动力学

## 8.2 气/液反应动力学

## 8.3 液/液反应动力学

## 8.4 固/液反应动力学(凝固形核及长大)

## 8.5 固/固反应动力学

课程知识单元、知识点及教学要求(\*\*\*表示熟练掌握;\*\*表示掌握;\*表示了解)

## 第一章 热力学基本定律和热力学基本方程

## (1) 热力学基本定律(\*\*)

## (2) 热力学基本方程(\*\*\*)

## (3) 热力学平衡判据和相律(\*\*\*)

## (4) 热力学体系的稳定性判据、临界现象(\*\*\*)

第二章 流体的  $pVT$  关系和状态方程

## (1) 逸度和逸度因子(\*\*\*)

## (2) 偏离函数和剩余函数(\*\*)

## (3) 流体的状态方程(\*\*\*)

## (4) 高分子系统的状态方程(\*)

## 第三章 液体的混合热力学性质和活度因子模型

## (1) 活度与活度因子(\*\*\*)

## (2) 混合函数和过量函数(\*\*)

## (3) 活度因子模型(\*\*\*)

## (4) 电解质溶液(\*\*\*)

## 第四章 相平衡和化学平衡

## (1) 相图的基本类型(\*\*)

## (2) 气-液、液-液、液-固相平衡平衡计算(\*\*\*)

## (3) 化学平衡计算与应用(\*\*\*)

## (4) 相平衡和化学平衡耦合计算(\*\*\*)

## (5) 热力学平衡计算在化工、材料、冶金等领域的应用(\*\*)

## 第五章 界面与吸附现象热力学

## (1) 界面吸附与 Gibbs 界面模型(\*\*\*)

## (2) 界面热力学基本方程(\*\*\*)

## (3) Laplace 方程、Kelvin 方程和 Gibbs 吸附等温式(\*)

## (4) 界面张力和杨氏方程(\*\*)

## (5) 气固吸附等温式(\*\*\*)

## (6) 界面结构的经典密度泛函理论(\*)

## (7) 界面与吸附现象热力学的应用(\*\*)

## 第六章 化学反应动力学基础

## (1) 非基元反应与动力学方程(\*\*)

## (2) 耦合反应与局部平衡(\*\*\*)

## (3) 电化学反应机理与材料防腐(\*\*)

## (4) 复杂动力学体系基本理论与材料制备(\*\*\*)

## 第七章 组元在介质中传质动力学

## (1) 非稳态扩散的分类与求解(\*\*)

## (2) 相际传质(\*\*\*)

## (3) 传质理论应用实例(\*\*\*)

## 第八章 多相反应动力学

## (1) 气/固反应动力学(\*\*\*)

## (2) 气/液反应动力学(\*\*\*)

## (3) 液/液反应动力学(\*\*\*)

## (4) 固/液反应动力学-(凝固形核及长大)(\*\*\*)

## (5) 固/固反应动力学(\*\*)

课程实践环节(课堂讨论/课程大作业)

## 1. 课堂讨论

针对化工、材料、冶金、纺织、林业、轻工技术、能源化工、石油与天然气加工和材料与化工安全工程等过程的实际问题,组织学生进行课程讨论,寻求从物理化学原理上给出解决问题的最佳方案和模型;灵活运用热力学、动力学理论模型解决相关领域的工程问题。在共性普适的物理化学理论指导下,使学生开阔思路,提高分析问题和解决实际问题的能力。

## 2. 课程大作业

课程大作业是学生在课下就解决本领域中的相关问题完成的。要求学生查阅相关文献,以小论文的形式提交,包括:问题的提出;热力学或动力学理论分析;建立模型;理论计算和实际的对比;分析讨论等。其目的是提高学生分析问题和解决问题的能力。

## 课程大作业(一)

大作业名称:分析理想溶液、正规溶液、稀溶液和实际溶液的基本热力学参数( $H$ 、 $S$ 、 $G$ )在混合、过剩函数方面的区别和联系。

大作业的目的:熟悉各个溶液的特征,能熟练应用到相关领域,如在材料学科,能计算、设计高熵合金的热力学参数。

大作业的内容:通过分析典型溶液模型的基本热力学参数,对各溶液的特征有进一步的认识,为以后学习和研究现代化工、材料、冶金、纺织、林业、轻工技术、能源化工、石油与天然气加工和材料与化工安全工程等工艺建立扎实的基础。

#### 课程大作业(二)

大作业名称:利用溶液理论模型计算本领域某一工艺过程的液相或固相中组元的活度或活度因子,并分析其对化学反应的影响,对所采用的计算模型进行评价。

大作业的目的:熟练掌握溶液中组元活度(或活度因子)的计算方法,分析其随热力学状态函数的变化规律。

大作业的内容:溶液模型的选择、建模和计算;所得结果与实际数据的对比分析。

#### 课程大作业(三)

大作业名称:多元多相反应平衡的计算。

大作业目的:掌握多元多相反应的原理及其计算方法。

大作业内容:选择相关领域中一个典型问题,通过多元多相平衡计算,得到所研究问题的最佳工艺参数。

#### 课程大作业(四)

大作业名称:传质模型与多相反应动力学的数学模拟

大作业目的:掌握不同的相际传质模型在多相反应动力学建模中的应用。

大作业内容:分别用相关的动力学理论为依据,建立本学科领域中某个典型工艺问题的多相反应动力学模型,分析讨论其适用范围。

### 七、考核要求

考试方式:期末考试(70%)+大作业(30%)

### 八、编写成员名单

郭汉杰(北京科技大学)、刘洪来(华东理工大学)、陈骏(北京科技大学)、赵新青(北京航空航天大学)

## 04 试验设计及最优化

### 一、课程概述

本课程是材料与化工类专业研究生最重要的基础课程之一,在本学科类别研究生课程中具有重要的作用。本课程能够培养研究生解决实际工程中有关工艺参数和产品质量最优化

问题的能力。

本课程主要讲解工程领域中经常遇到的试验方案设计和参数最优化的问题。其主要内容包括试验设计的方法,试验数据的分析,以及针对试验结果进行参数的最优化求解。本课程还通过工程应用中的大量案例分析,进一步说明了有关试验设计、数据分析和最优化求解的方法和实际应用。

本课程是材料与化工类专业硕士的核心课程,旨在培养学生解决实际工程中,有关工艺参数和产品质量最优化问题的能力。

### 二、先修课程

线性代数、数理统计、数值计算。

### 三、课程目标

工程领域中,各参数间的相互关系及影响是最普遍的问题,了解各参数间的相互影响的目的往往是寻求各参数的最优值。本课程旨在通过合理设计试验方案,并对试验结果(数据)进行分析,建立各参数间较准确的相互关系(方程)以及根据工程要求建立工程的最优化方程模型,从而对其进行参数的最优化求解,解决工程参数的最优化问题。因此,本课程着重强调对学生解决工程应用中实际问题的能力培养,包括根据工程目标进行试验方案设计、试验结果分析、寻求最优的工程参数等。课程还将并通过有关案例的讲解和分析,进一步加深对有关知识的理解和掌握。

### 四、适用对象

本课程大量结合工程应用中的案例与应用分析,强调工程实际应用,适合于材料与化工类(材料工程、化学工程、冶金工程、纺织工程、林业工程、轻工技术与工程、石油与天然气加工工程、材料化工安全工程)等专业硕士研究生。

### 五、授课方式

主要采用课堂讲授、课堂讨论、课程实验和综合练习等形式。课堂讲授是由教师讲解有关的理论、方法和应用实例;课堂讨论是组织学生在课堂上针对有关问题,包括案例应用进行讨论分析;课程实验是组织学生在 Matlab、SPSS 等软件平台上进行编程、计算等练习;综合练习是学生利用所学的知识,借助于计算机软件平台,解决工程实际问题的综合训练。内容包括根据所学的专业知识,或在文献中看到的有关工程的优化问题,形成综合练习的问题,根据此问题,自行设计试验方案,获得试验数据(也可以模拟产生数据),进行数据分析,各参数间的关系建立(回归方程等),最优化目标的设定,以及最优化求解等。

各学校课根据本课程的知识体系,结合自己的特点,对有关内容进行讲授,课时可在 32~48 学时,主要应包括试验数据的处理与检验、线性回归分析、试验的正交设计、试验结果的优化等方面内容,尤其要结合自身行业的特点和应用实例进行讲解,注意强化理论与案例的结合。



## 六、课程内容(32 学时)

### 第一篇 基础知识

#### 第一章 绪论

1. 课程的特点与内容
2. 课程的体系和学习建议

#### 第二章 试验数据的处理与检验(2 学时)(重点)

1. 假设检验方法

知识要点:假设检验基本原理、小概率事件原理

2. 正态性检验

知识要点:W 检验

3. 合理性检验

知识要点:t 检验

4. 等方差性检验

知识要点:巴特莱特检验、Fmax 检验、Levene 检验

#### 第三章 测定值的误差估计(2 学时)

1. 误差分类与特性

知识要点:误差分类、误差特性

2. 误差方差估计

知识要点:误差数学期望、误差方差估计方法

3. 误差区间估计

知识要点:已知误差方差的区间估计、未知误差方差的区间估计

4. 误差方差传递

知识要点:线性函数的方差传递、非线性函数的方差传递、利用误差方差传递决策测量手段

5. 数据计算应注意的问题

#### 第四章 线性回归分析(4 学时)(重点)

1. 一元线性回归分析(2 学时)

- (1) 数学模型与最小二乘估计

知识要点:最小二乘法估计原理与方法

- (2) 回归方程显著性检验

知识要点:偏差平方和、回归平方和、剩余平方和、F 检验

- (3) 回归方程拟合性检验

知识要点:误差平方和、失拟平方和、重复试验

2. 多元线性回归分析(2 学时)

- (1) 数学模型与最小二乘估计

知识要点:矩阵运算计算回归系数

- (2) 回归方程显著性检验

知识要点:偏差平方和、回归平方和、剩余平方和、F 检验

- (3) 回归方程拟合性检验

知识要点:误差平方和、失拟平方和、重复试验

- (4) 回归系数显著性检验

知识要点:系数检验、如何剔除不显著系数

- (5) 线性回归的编程练习与应用分析

3. 统计软件及其使用

- (1) SPSS 简介

介绍 SPSS 软件的统计功能及使用方法。

- (2) Matlab 软件及使用

介绍 Matlab 软件的功能及使用方法。

### 第二篇 试验设计

#### 第五章 配对比较试验设计和析因试验设计(4 学时)

1. 单组对比试验

知识要点:T 检验,置信区间单组对比试验的次数

2. 两组间的比较试验设计

知识要点:平均值比较,两组间比较试验的次数

3. 配对比较试验和随机化区组试验的设计

知识要点:配对比较试验的计算及设计,重复次数及抽样方案,区组试验设计

4. 两个水平析因设计

知识要点:方差分析,二交互效应

5. 两个以上水平析因设计

知识要点:方差分析,多交互效应

6. 混区设计

知识要点:定义对照群,主区组

#### 第六章 正交试验(4 学时)(重点)

1. 正交试验表及特点

知识要点:如何判断正交试验表、正交试验表表示方法、正交拉丁方

2. 直观分析方法

知识要点:计算方法、判断依据、绘制趋势图

3. 方差分析

知识要点:计算方法、判断依据、方差计算、与直观分析方法的差异

4. 多指标正交试验问题

知识要点:多指标转为单指标方法、综合平衡法

5. 交互作用下的正交表

知识要点:如何确定交互列,如何设计表头避免混杂

6. 混合正交表(难点)

知识要点:如何判定混合正交、如何计算分析

7. 正交试验的案例及应用分析

**第七章 均匀设计(2学时)****1. 概述**

知识要点:均匀设计的创立

**2. 均匀设计表及其构造**

知识要点:设计表的构造方法、使用方法

**3. 均匀设计的试验方案**

知识要点:使用均匀设计表布局试验空间点

**4. 均匀设计的数据回归分析**

知识要点:对均匀设计的数据进行回归分析,得到优化的条件

**5. 均匀设计的其他应用**

知识要点:拟水平均匀设计、混合水平均匀设计、定性因素的均匀设计

**6. 均匀设计的案例分析****第八章 回归的正交设计(2学时)(重点)****1. 回归正交设计**

知识要点:了解回归正交设计的数学表达

**2. 二次回归正交设计**

知识要点:破坏二次回归设计正交性的因素、如何消除

**3. 二次回归正交设计方差分析**

知识要点:分析方法、方程检验、系数检验

**4. 二次回归正交设计分析及举例**

知识要点:上述知识的综合运用

**第九章 回归的旋转设计(2学时)****1. 何为旋转设计**

知识要点:旋转设计的条件

**2. 二次回归旋转设计**

知识要点:如何得到旋转性

**3. 二次回归正交旋转设计方差分析**

知识要点:分析方法、方程检验、系数检验

**4. 何为通用性**

知识要点:通用设计的条件

**5. 二次通用设计分析及(难点)**

知识要点:分析方法、方程检验、系数检验、正交性、通用性和旋转性设计的关系与转换

**6. 旋转设计的编程练习及应用分析****第十章 灰关联分析法及试验设计(2学时)****1. 灰关联分析法的特点及优势**

知识要点:灰关联分析法的特点、优势及运用场景

**2. 灰关联分析方法**

知识要点:无量纲化处理、两级最小及最大差、关联度计算

**3. 参考数列和比较数列的设计**

知识要点:如何在系统中恰当的选取参考数列和比较数列

**4. 无量纲化方法设计**

知识要点:如何选择分析数据的无量纲化方法,提高分析效果

**5. 灰关联分析法的编程练习及应用分析****第三篇 最优化分析****第十一章 优化方法及模型(2学时)(重点)****1. 最优化模型**

知识要点:设计变量、目标函数、约束条件

**2. 最优化模型求解方法**

知识要点:解析方法、迭代原理

**3. 最优化模型求解的几何解释**

知识要点:可行域、最大值、最小值、等高线

**第十二章 线性规划(2学时)****1. 线性规划问题模型****2. 单纯形方法****3. 对偶及灵敏度分析**

知识要点:线性规划的原理

**第十三章 非线性规划(重点)****1. 无约束优化方法(2学时)****(1) 坐标轮换法**

知识要点:原理、迭代步长计算

**(2) 梯度法、牛顿法和变尺度法**

知识要点:原理及特点

**2. 约束优化方法(2学时)****(1) 随机方向法**

知识要点:随机方向产生、迭代原理

**(2) 复合形法(难点)**

知识要点:复合形法的迭代原理

**(3) 惩罚函数法**

知识要点:原理及特点

**第十四章 现代优化方法(2学时)****1. 启发式算法****2. 模拟退火算法****3. 遗传算法****4. 神经网络算法****5. 粒子群优化算法**

知识要点:现代化方法的原理及特点

## 第十五章 实例分析

1. 试验设计及数据处理的实例及应用分析
2. 多目标优化计算的实例及应用分析

## 七、考核要求

考核方式分为课程考试和综合练习。课程考试为开卷考试,占比 50%,综合练习包括大作业等,占比 50%。

## 八、编写成员名单

郁崇文(东华大学)、汪军(东华大学)、王新厚(东华大学)、曹贵平(华东理工大学)、张金利(天津大学)、张震(华南理工大学)、沈文浩(华南理工大学)、罗文嘉(西南石油大学)

## 05 生物质材料及产品工程

### 一、课程概述

本课程是一门材料与化工类专业研究生重要的核心课程,通过构建生物质材料绿色加工产业链与循环经济的知识体系,全面提高研究生对国内外生物质材料及产品工程方面的研究深度,启发学生创造性思维,培养学生理论联系实际和解决工程实际问题的能力。

本课程主要讲授国内外生物质材料及产品方面的理论基础与工程应用,从生物质基本构成的共性特点入手,全面阐述生物质材料及产品结构-性能的构效关系与工程应用特点及优势。课程内容主要包括生物质基本概念、种类、结构特点和基本属性,植物、动物等代表性生物质的组分分离原理与技术,生物质基本组成(纤维素、半纤维素、木质素、蛋白质、淀粉等)的结构、性质、功能化、转化及产品应用。本课程还讲授生物质产品工程,包括生物质产品多 R 特性、储碳特性、绿色加工、产品回收与循环利用、产品生命周期及市场需求等内容,重点对代表性生物质产品——木质材料及制品、纸和造纸、皮革制品、纺织品、生物质能源、生物质化学品及其他制品等展开讨论和案例教学。同时,本课程对领域前沿的仿生智能材料、催化吸附材料、绿色储能材料、光电功能材料、生物医用材料等先进生物质复合材料进行介绍。

课程内容的设计注重夯实学生的基础理论,提升学生的工程应用能力,结合课堂讲授、专题讨论及案例教学等方式,使学生全面掌握生物质材料及产品工程的基础理论与技术,具备解决实际工程问题的能力。

### 二、先修课程

高分子物理、高分子化学、植物纤维化学、木材学、无机及分析化学、有机化学、化工原理、高等数学、现代仪器分析。

## 三、课程目标

通过本课程学习,使学生理解生物质基本概念和种类,掌握生物质材料的结构特征和生物质组分分离技术,重点掌握纤维素、半纤维素、木质素、蛋白质及淀粉等构成生物质材料的基本要素、结构、性质、改性等基本科学问题,深刻理解生物质材料的共性问题以及产品类别、成型技术和工程应用等知识,同时要了解先进生物质复合材料的最新发展与前沿科学,为今后从事专业基础研究、技术开发打下坚实的基础。通过本课程的学习,培养学生发现问题、分析问题和解决问题的能力,向相关领域渗透,扩大知识视野,实现学科的交叉融合。

## 四、适用对象

本课程为材料与化工专业类别研究生的核心课程,适合于轻工技术与工程、林业工程、纺织工程、化学工程、材料工程、冶金工程、石油天然气加工工程及安全工程等领域方向以及相关领域方向专业学位硕士研究生使用,同时可作为相关领域博士研究生、教师、技术人员、管理人员和相关研究人员参考。

## 五、授课方式

采用课堂理论教学与讨论课和典型案例分析教学相结合的授课方式。

## 六、课程内容

课程设置 32~48 学时,计 2~3 学分。具体内容如下:

### 第一章 绪论

- 1.1 生物质的含义及种类
- 1.2 生物质的资源及分布
- 1.3 生物质的结构及特性
- 1.4 生物质材料与产品
- 1.5 生物质材料的基础科学问题
- 1.6 生物质材料加工技术及成型原理
- 1.7 生物质材料及产品应用

习题与案例

### 第二章 生物质组分分离原理及技术(难点)

- 2.1 木质生物质组分分离
- 2.2 动物生物质组分分离
- 2.3 其他生物质组分分离

习题与案例

### 第三章 纤维素化学及应用基础(重点)

- 3.1 纤维素结构
- 3.2 纤维素性质
- 3.3 天然纤维素纤维



- 3.4 再生纤维素
- 3.5 纳米纤维素
- 3.6 纤维素功能化
- 3.7 纤维素转化
- 3.8 纤维素产品与应用

习题与案例

#### 第四章 半纤维素化学及应用基础

- 4.1 半纤维素结构
- 4.2 半纤维素性质
- 4.3 半纤维素功能化
- 4.4 半纤维素转化
- 4.5 半纤维素产品与应用

习题与案例

#### 第五章 木质素化学及应用基础(难点)

- 5.1 木质素结构
- 5.2 木质素性质
- 5.3 木质素模型化学
- 5.4 木质素功能化
- 5.5 木质素转化
- 5.6 木质素产品和应用

习题与案例

#### 第六章 蛋白质化学及应用基础

- 6.1 蛋白质结构
- 6.2 蛋白质性质
- 6.3 蛋白质鞣制化学
- 6.4 蛋白质功能化
- 6.5 蛋白质转化
- 6.6 蛋白质产品和应用

#### 第七章 淀粉及其他组分

- 7.1 淀粉
- 7.2 壳聚糖
- 7.3 油脂
- 7.4 松香
- 7.5 其他组分

#### 第八章 生物质产品工程特性(重点)

- 8.1 产品和产品工程
- 8.2 生物质产品多 R 特性
- 8.3 生物质产品储碳特性

- 8.4 生物质产品绿色加工
- 8.5 产品回收与循环利用
- 8.6 产品生命周期
- 8.7 产品市场需求

习题与案例

#### 第九章 生物质产品及工程案例(重点)

- 9.1 木质材料及制品
- 9.2 纸和造纸
- 9.3 皮革制品
- 9.4 纺织品
- 9.5 生物质能源
- 9.6 生物质化学品
- 9.7 其他制品

习题与案例

#### 第十章 先进生物质复合材料

- 10.1 引言
- 10.2 仿生智能材料
- 10.3 催化吸附材料
- 10.4 绿色储能材料
- 10.5 光电功能材料
- 10.6 生物医用材料
- 10.7 其他生物质复合材料

习题与案例

#### 七、考核要求

考核方式可分为期末考试、平时作业、课堂讨论和 PPT 汇报。期末考试应视各学校情况决定开卷或闭卷的考试形式,期末考试比重占 50%;平时作业占比 20%;课堂讨论占比 10%;PPT 汇报占比 20%。

#### 八、编写成员名单

刘传富(华南理工大学)、许民(东北林业大学)、辛忠(华东理工大学)、张素风(陕西科技大学)、杜赵群(东华大学)、单志华(四川大学)、付时雨(华南理工大学)、母军(北京林业大学)、吴智慧(南京林业大学)、吴义强(中南林业科技大学)、齐崴(天津大学)、王华平(东华大学)、赵雪冰(清华大学)

## 06 高等反应工程

### 一、课程概述

本课程是材料与化工类专业研究生一门重要的专业核心课程,在本学科类别研究生课程中具有重要的地位。

材料与化工专业学位类别由材料工程、化学工程、冶金工程、纺织工程、林业工程、轻工技术与工程、能源化工、石油与天然气加工工程和材料化工安全工程等领域方向构成,其共同之处在于材料与化工过程均以反应为核心,以反应器的设计与操作为共性需求。高等反应工程课程兼顾了上述领域方向的共性和个性问题,以物质转化的工业过程为背景,以反应工程基本原理为基础,结合各种工业反应过程案例,重点对均相反应器、宏观混合和微观混合、多相催化和非催化反应器,以及聚合反应过程、电化学反应过程和反应器热稳定性等进行量化分析,从而实现工业反应器的开发放大、设计和操作优化。

### 二、先修课程

高等数学、有机化学、无机化学、物理化学、热力学、化工原理。

### 三、课程目标

高等反应工程是以材料与化工过程的反应工程原理为基础,以材料与化工生产为背景,通过反应动力学和传递过程特性的研究,运用数学模型的方法,重点分析各类反应过程的动力学、热力学、质量和能量的传递、大型反应器开发等案例,培养工程专业学位硕士研究生掌握反应动力学、质量衡算和能量衡算等反应器设计模型的建立方法,具备运用本课程传授的科学原理结合现代计算工具解决工业反应过程开发、反应器设计与操作优化等实际问题的工程实践能力。

### 四、适用对象

适用于材料与化工类专业学位硕士研究生,也可供工程专业博士生及相关人员参考学习。

### 五、授课方式

1. 以反应工程基本原理为基础,注重基础理论与工程实际的紧密结合;
2. 通过典型工程案例的剖析,强化数学建模能力和工程分析能力的培养;
3. 采用课堂讲授为主、专题讨论为辅的教学方式;
4. 采用现代化的教学手段,将多媒体课件、虚拟实训、网络资源和传统教学方法相结合。

### 六、课程内容

课程设置 32~48 学时,计 2~3 分。具体内容如下:

## 第一章 绪论(2 学时,一般)

### 1.1 引言

要点:高等反应工程的历史沿革

### 1.2 反应工程研究内容

要点:概述化学反应器中的反应过程和传递过程以及相互关系

### 1.3 反应工程研究方法

要点:概述数学模型、现代计算方法的特征和应用

## 第二章 化学反应的热力学和动力学(6 学时,重点)

### 2.1 化学反应的热效应

要点:反应热的计算和绝热温升的定义

### 2.2 化学平衡分析

要点:反应条件对平衡的影响以及化学平衡的计算

### 2.3 反应速率与动力学方程

要点:反应速率的影响因素,复杂反应动力学的表达

### 2.4 案例分析

(1)  $\text{SO}_2$  转化制  $\text{SO}_3$  工艺过程优化分析

(2) 对二甲苯氧化反应动力学分析

## 第三章 均相反应器(6 学时,重点)

### 3.1 反应器概述

要点:工业反应器分类

### 3.2 理想间歇反应器

要点:物料衡算和热量衡算;等温和非等温间歇反应器设计计算

### 3.3 活塞流反应器

要点:物料衡算和热量衡算;等温和非等温活塞流反应器设计计算

### 3.4 全混流反应器

要点:物料衡算和热量衡算;等温和非等温全混流反应器设计计算

### 3.5 反应器组合与操作优化

要点:复杂反应的反应器选型,平行反应的反应器组合,串联反应的最优操作条件

### 3.6 案例分析

(1) 间歇反应釜设计与操作

(2) 乙烷裂解炉的设计

(3) 乙烯氧化制醋酸反应器

(4) 环己酮氨肟化反应器设计

## 第四章 宏观混合与微观混合(6 学时,难点)

### 4.1 混合现象

要点:宏观混合、微观混合和反应器预混合

### 4.2 非理想流动模型

要点:轴向扩散模型以及轴向扩散对反应的影响;多釜串联模型的停留时间分布以及计算

## 4.3 物系聚集状态

要点:反应物系的聚集状态,对反应的影响

## 4.4 化学反应器预混合

要点:特征扩散时间和特征反应时间,预混合对反应的影响

## 4.5 案例分析

(1) 烃类氧化反应过程建模

(2) 丁二烯氯化反应过程开发

## 第五章 流固相催化反应动力学(6学时,重点)

## 5.1 传递过程与宏观动力学

要点:本征动力学和表观动力学

## 5.2 外部传递过程的影响

要点:外部传递效率因子,对反应的影响以及消除方法

## 5.3 内部传递过程的影响

要点:内部传递对反应的影响,催化剂的工程设计

## 5.4 案例分析

(1) 异丁烯二聚反应过程的研究

(2) 甲苯歧化形状选择性催化剂的应用

## 第六章 流固相非催化反应动力学(4学时,重点,材料工程、冶金工程等)

## 6.1 不同形状颗粒的反应速率

要点:不同形状的固体颗粒和粒径变化时的反应速率定义式。

## 6.2 固相反应速率的缩核模型

要点:缩核模型研究反应动力学,固体颗粒内组分浓度随位置和时间变化关系。

## 6.3 速率控制步骤的判定

要点:量化描述宏观反应动力学模型下的未反应核随时间变化的规律,建立数学模型,判断实际反应过程所属的类别

## 6.4 案例分析

(1) 煤颗粒气化反应的动力学分析

(2) 集成电路制备的化学气相沉积反应的模型计算

(3) 炼铁过程的矿石还原反应

## 第七章 多相反应器(6学时,难点)

## 7.1 固定床反应器

要点:固定床反应器特征,绝热式与换热式固定床反应器

## 7.2 流化床反应器

要点:流化床反应器特征,流态化与气泡现象,反应器模型

## 7.3 鼓泡床反应器

要点:鼓泡床反应器特征,流动状态与传递特性分析

## 7.4 滴流床反应器

要点:滴流床反应器特征,流动状态与传递特性分析

## 7.5 案例分析

(1) 大型甲醇合成反应器开发(视频和VR)

(2) 二甲苯异构化反应器(视频案例)

(3) 丙烯氨氧化制丙烯腈反应器设计

(4) 石油加氢脱硫滴流床反应器

## 第八章 聚合反应过程(4学时,难点,材料工程、化学工程等)

## 8.1 概述

要点:聚合反应分类,聚合方法

## 8.2 聚合反应特征

要点:介绍各类聚合反应机理,聚合反应动力学分析

## 8.3 聚合反应器

要点:介绍常用聚合反应器的特点,特殊型式搅拌反应器设计

## 8.4 案例分析

缩聚反应和大型聚酯反应器(视频和VR)

## 第九章 电化学反应过程(4学时,难点,化学工程、石油与天然气加工工程、冶金工程等)

## 9.1 概述

要点:电化学反应的基本原理和工程应用

## 9.2 电化学反应分类及特点

要点:电子在导体界面上的转移过程,以及评价该过程的质量指标

## 9.3 电化学反应器

要点:针对不同电化学工程的电化学反应器分类、工作特性和设计方法

## 9.4 案例分析

燃料电池的设计计算

## 第十章 反应器的热稳定性和安全性(4学时,重点)

## 10.1 基本概念

要点:定态、热稳定性和参数敏感性

## 10.2 反应器热稳定性

要点:全混流反应器的热稳定性分析,飞温与熄火

## 10.3 反应器安全分析

要点:化学品安全分析,反应器稳定性分析,反应器控制

## 10.4 案例分析

(1) 美国2007年T2实验室的爆炸事故分析

(2) 国内的生产事故分析

## 七、考核要求

考核方式可分为笔试成绩和平时成绩。笔试占比不少于60%,平时(含大作业、课程实践等)占比不超过40%。



## 八、编写成员名单

许志美(华东理工大学)、辛峰(天津大学)、王安杰(大连理工大学)、唐盛伟(四川大学)、应卫勇(华东理工大学)、程易(清华大学)、刁鹏(北京航空航天大学)、杨光(北京航空航天大学)

## 07 高等分离工程

### 一、课程概述

本课程是材料与化工类别共性问题的一门学位核心课程,其主要涉及材料工程、化学工程、冶金工程、纺织工程、林业工程、轻工技术与工程、能源化工、石油与天然气加工工程和材料与化工安全工程等行业领域。目的在于讲授材料与化工过程中分离的基本原理,结合案例阐述分离技术的工程应用,介绍分离工程的新进展与新方法。主要课程内容分为绪论、多组分平衡分离过程、速率分离过程、分离设备结构与性能、分离材料结构与性能、分离过程强化、分离过程案例与分析等七章。通过本课程的学习,提高研究生独立分析、解决分离工程问题的能力。

### 二、先修课程

物理化学、化工原理、工程制图、高分子化学物理、分离工程、反应工程、化工热力学。

### 三、课程目标

使工程硕士研究生掌握平衡分离过程和速率分离过程的基本原理,结合分离设备及材料结构与性能等方面的学习,分析、解决材料与化工领域的实际工程问题,深刻理解动量传递、热量传递和质量传递的类似性。了解分离工程的前沿科技动态,采用现代分离工程的先进技术与手段,优化分离过程与装备,形成独立的创新思维,提高解决工程实际问题的能力。

### 四、适用对象

适用于材料工程、化学工程、冶金工程、纺织工程、林业工程、轻工技术与工程、能源化工、石油与天然气加工工程和材料与化工安全工程等材料与化工类别硕士研究生,也可供博士研究生或领域工作人员学习参考。

### 五、授课方式

采用混合式教学模式,授课方式可采用:

#### 1. 课堂教学与讨论

授课方式以课堂讲授为主,以专题讨论和案例教学为辅。专题和案例内容与方法可包括:针对某些材料与化工领域中实际问题,尤其是综合性较强的实际问题,对要研讨的问题提前进

行布置和安排,让学生在课下做好充分准备的条件下,组织课堂讨论和交流,以及案例分析。以达到学习思考、探索研究、动手实践、合作交流、参与研讨、举一反三的教学效果。主要是选择有实际意义的讨论课题和组织形式,以保证有良好的课堂讨论效果。

#### 2. 视频课程

视频课程针对教材和授课内容可利用《高等分离工程》在线课程:<http://www.xuetangx.com/courses>,主要以课下自学为主。

#### 3. 课程作业

课程作业是指要学生在课下完成的实际训练,要针对工程领域综合性较强的一个实际问题,利用所学习的知识和方法,进行分析并建立模型,借助于计算机软件进行优化计算,并对计算结果进行解读。要求学生以小论文的形式提交,其内容包括:问题的提出、问题的分析、问题的分离装置建立、问题的结果分析等。对于完成较好的结果可以在课堂讨论中交流,同时作为课程考核的一个重要内容。作业主要目的是训练学生自主研究解决工程领域实际问题的能力,掌握解决问题的过程和方法。在实际教学中,授课教师可以根据材料与化工领域的特点和侧重点,设计适合相关领域或专业的作业问题,意在激发学生的学习兴趣 and 突出实际的应用效果。

## 六、课程内容

课程设置 32~48 学时,计 2~3 学分。具体内容如下:

### 第一章 绪论(2 学时)

#### 1.1 发展历史

#### 1.2 现状分析

#### 1.3 应用进展

■重点:采用课堂和 PPT 在线视频等教学手段,通过材料与化工过程中分离方法的历史发展脉络,叙述分离工程的基本原理,分析分离方法工业应用现状,以及分离工程的新进展。

### 第二章 多组分平衡分离过程(10 学时)

#### 2.1 多组分精馏

#### 2.2 多组分萃取

#### 2.3 多组分吸收

#### 2.4 多组分吸附

#### 2.5 多组分结晶

#### 2.6 特殊精馏

■重点:采用课堂、PPT 在线视频、案例库在线视频等教学手段,叙述平衡分离过程的基本原理,尤其汽-液相平衡、液-液相平衡、气-液相平衡、气-固相平衡等,讨论其分离过程的传递规律和计算方法。结合不同应用案例,进行分析并建立模型,借助于计算机软件进行优化计算,并对计算结果进行解读。

### 第三章 速率分离过程(8 学时)

#### 3.1 膜分离

#### 3.2 电场分离

#### 3.3 磁场分离

### 3.4 超重力分离

■重点:采用课堂、PPT 在线视频、案例库在线视频等教学手段,叙述速率分离过程的基本原理,并与平衡分离过程进行比较分析,讨论其分离过程的推动力和优点,以及相应过程的计算方法。结合速率分离过程的应用案例,进行模型分析,借助于计算机软件进行优化计算,从而提高解决工程领域实际问题的能力。

## 第四章 分离设备结构与性能(6 学时)

### 4.1 气液分离设备

### 4.2 液液分离设备

### 4.3 液固(气固)分离设备

■重点:采用课堂、PPT 在线视频、案例库在线视频等教学手段,叙述气液分离设备(塔器、散装填料和规整填料、塔板类型与性能)、液液分离设备、液固(气固)分离设备等结构与性能,讨论其适宜应用的分离过程。结合相应的工业应用案例,进行分离设备筛选,并进行分离设备结构与性能优化设计与计算,掌握解决问题的过程和方法。

## 第五章 分离材料结构与性能(8 学时)

### 5.1 微介孔材料

### 5.2 树脂结构材料

### 5.3 功能膜材料等

### 5.4 离子液体

### 5.5 其他分离材料

■重点:采用课堂、PPT 在线视频、案例库在线视频等教学手段,叙述不同分离材料的结构与性能,讨论其材料结构与性能的构效关系,以及适宜应用的分离过程。结合相应的工业应用案例,进行分离材料筛选,从而掌握解决实际问题的过程和方法。

## 第六章 分离过程强化(6 学时)

### 6.1 分离与反应复合过程强化

### 6.2 超重力强化分离过程

### 6.3 其他强化分离方法

■重点:采用课堂、PPT 在线视频、案例库在线视频等教学手段,叙述强化分离过程的方法,提高分离效率和节能分离,讨论其适宜应用的分离过程。结合相应的工业应用案例,筛选适宜的强化分离过程,从而掌握解决实际问题的过程和方法。

## 第七章 分离过程案例与分析(8 学时)

### 7.1 多组分精馏案例

■重点:采用案例库在线视频教学手段讲解冷氢化混合氯硅烷的精馏分离过程案例;

### 7.2 共沸精馏案例

■重点:采用案例库在线视频教学手段讲解燃料乙醇生产案例;

### 7.3 吸收案例

■重点:采用案例库在线视频教学手段讲解  $\text{CO}_2$  吸收及其吸收剂再生过程案例;

### 7.4 萃取案例

■重点:采用案例库在线视频教学手段讲解疏普罗宁萃取工艺及其填料塔初步计算案例;

### 7.5 吸附案例

■重点:采用案例库在线视频教学手段讲解合成氨原料气变压吸附脱碳案例;

### 7.6 结晶案例

■重点:采用案例库在线视频教学手段讲解年产 1 200 吨 7-ADCA 结晶分离工艺优化设计案例;

### 7.7 膜分离案例

■重点:采用案例库在线视频教学手段讲解煤化工废水“零排放”案例;

### 7.8 膜反应器案例

■重点:采用案例库在线视频教学手段讲解膜强化乙苯催化脱氢制苯乙烯案例。

### 7.9 其他案例

## 七、考核要求

考核方式可采用:考试、作业、课程论文、部分实验等多种形式。如:平时成绩 20%~30%(课外作业、课程讨论和考勤记录,以及期中考试。);期末成绩 70%~80%。

## 八、编写成员名单

许振良(华东理工大学)、陈晓春(北京化工大学)、袁希钢(天津大学)、罗仕忠(四川大学)、汤志刚(清华大学)、鲁金明(大连理工大学)、刘艳升(中国石油大学)、刘纪昌(华东理工大学)、魏永明(华东理工大学)、马晓华(华东理工大学)、杨虎(华东理工大学)、任俊莉(华南理工大学)

## 08 材料与化工安全工程

### 一、课程概述

对材料加工及化工生产过程中的主要灾害进行全面介绍,例如中毒,火灾,爆炸和反应热失控等。课程将对可能发生的安全生产事故的主要过程安全原理进行全面介绍,熟悉各种过程安全事故发生的根本原因及过程,提高学生的灾害防范意识,使其掌握相应的事故预防技术及措施。

### 二、先修课程

高等数学、物理化学、热工学、工程材料、化工原理、有机化学。

### 三、课程目标

使学生较系统地掌握有关材料加工及化工生产过程中的危险源识别方法、风险评估方法、

燃烧(火灾)、爆炸、毒物泄漏扩散、反应热失控、爆炸泄压、金属非金属材料危险特性等材料及化工过程安全原理的有关内容及损失预防措施和应急处理方法。通过对课程的学习,提高学生对于材料加工和化工过程的安全意识,掌握过程安全的基本原理,提升工艺本质安全化设计与及时处理危害性问题的能力。

#### 四、适用对象

适用于材料与化工专业工程专业学位硕士研究生,也适用于涉及危险品使用和操作的技术人员和管理人员阅读参考。

#### 五、授课方式

面授及课堂讨论和案例视频观摩与分析。

#### 六、课程内容

课堂教学设置 32 学时,2 学分,具体内容如下:

##### 第一章 绪论(2 学时)

- 1.1 安全生产的重要性(含视频观摩)
- 1.2 事故致因理论
- 1.3 风险识别及评估(事故树、事件树、HAZOP、LOPA)
- 1.4 可接受风险

##### 第二章 毒物学(2 学时)

- 2.1 毒物对生物体的影响(含视频观摩)
- 2.2 剂量与反应的关系
- 2.3 剂量-反应曲线模型
- 2.4 相对毒性
- 2.5 阈值

##### 第三章 泄漏源模型(2 学时)

- 3.1 源模型介绍
- 3.2 液体通过孔洞流出
- 3.3 液体通过储罐上的孔洞流出
- 3.4 液体通过管道流出
- 3.5 蒸气通过小孔流出
- 3.6 气体通过管道流出
- 3.7 液体闪蒸
- 3.8 液池蒸发或沸腾

##### 第四章 有毒物质泄漏及扩散模型(2 学时)

- 4.1 影响扩散参数
- 4.2 中性浮力扩散模型
- 4.3 重气扩散

##### 4.4 释放动量和浮力的影响

#### 第五章 火灾爆炸(4 学时)

- 5.1 燃烧三角形及燃烧四面体(含视频观摩)
- 5.2 燃烧条件及机理
- 5.3 爆燃与爆轰
- 5.4 喷射火灾
- 5.5 池火灾
- 5.6 蒸汽云爆炸
- 5.7 喷雾爆炸
- 5.8 沸腾液体扩展蒸汽爆炸
- 5.9 粉尘爆炸

#### 第六章 防火防爆(4 学时)

- 6.1 防静电
- 6.2 惰化
- 6.3 可燃性图表
- 6.4 通风
- 6.5 灭火系统

#### 第七章 泄压系统(2 学时)

- 7.1 泄压的概念
- 7.2 泄压设备的位置
- 7.3 泄压设备的类型
- 7.4 泄放情景
- 7.5 定制泄放尺寸的数据
- 7.6 泄压系统

#### 第八章 泄放计算(4 学时)

- 8.1 液体系统的传统弹性泄放
- 8.2 蒸气或气体系统的传统弹性泄放
- 8.3 液体系统的爆破片泄放
- 8.4 蒸气或气体系统的爆破片泄放
- 8.5 失控反应泄放中的两相流动
- 8.6 粉尘和蒸气爆炸的爆燃泄放
- 8.7 火灾环境下过程容器泄放
- 8.8 过程流体的热膨胀泄放

#### 第九章 反应热危险性(4 学时)

- 9.1 反应热失控(含视频观摩)
- 9.2 反应量热分析
- 9.3 反应热危险性评估



**第十章 纳米材料危险特性(2 学时)**

10.1 毒理特性

10.2 燃爆特性

**第十一章 金属材料安全可靠(2 学时)**

11.1 金属腐蚀

11.2 金属疲劳

11.3 可靠性分析

**第十二章 重大事故案例分析(2 学时)**

12.1 天津滨海新区爆炸事故

12.2 青岛输油管道爆炸事故

12.3 台湾高雄燃气爆炸事故

12.4 印度博帕尔毒气泄漏事故

12.5 菲利普斯灾难

12.6 美国墨西哥湾原油泄漏事故

**七、考核要求**

考核方式分为期末考试、平时作业和课程大作业,分别占比 30%、30%、40%。期末考试为两小时试卷考试,将对本课程的教学内容做整体考查;平时作业为每章节后习题作业,用于复习加强学习效果;课程大作业为课程论文,利用课程知识进行案例分析,跟踪总结行业进展。

**八、编写成员名单**

潘旭海(南京工业大学)、张彬(南京工业大学)、潘勇(南京工业大学)、陈国华(华南理工大学)、赵东风(中国石油大学(华东))、邢志祥(常州大学)、卫宏远(天津大学)、修光利(华东理工大学)、吴德群(东华大学)、张弘楠(东华大学)、张建文(北京化工大学)、赵劲松(清华大学)、张峥(北京航空航天大学)、李卫平(北京航空航天大学)

**0857 资源与环境专业学位研究生核心课程指南****01 地质资源勘查与评价**

各培养单位可根据自身特色确定具体课程名称,如:矿产资源勘查与评价、石油天然气勘查与评价、煤及煤系气勘查与评价、铀矿勘查与评价等。

**一、课程概述**

本课程主要讲述成矿成藏规律、资源潜力评价、综合勘查技术、经济和环境评价等内容。重点阐述地质资源勘查过程中地质理论知识,在此基础上剖析矿产综合勘查与评价技术。

本课程是地质工程领域专业硕士学位研究生的必修课,亦可作为涉及资源勘查的其他专业的选修课。建议 3 学分。

**二、先修课程**

学生应具备比较系统的矿产勘查的基本概念和地质学基础知识,建议先修地质学基础、矿床学/石油天然气地质学/煤田地质学/能源地质学/铀矿地质学、矿产勘查学等相关基础课。

**三、课程目标**

通过本课程的学习,要求学生掌握地质资源勘查与评价原理、主要技术和方法,掌握各种勘查手段的适用范围和条件,了解国内外地质资源勘查与评价技术的最新进展,熟悉勘查工程设计的基本方法和规范,具备针对复杂勘查工程的研究、设计、部署和实施管理的能力,以及综合评估法律、伦理、社会、安全、健康、环境等影响的能力。

**四、适用对象**

适用于地质工程等领域的硕士专业学位研究生。

**五、授课方式**

授课方式秉持理论与实践紧密结合的原则,以课堂教学为主,辅以案例教学,结合自学、课堂讨论、阳光课堂等,鼓励线上、线下混合式教学,充分利用 MOOC、SPOC 等网络教学资源;鼓励行业及企业专家参与教学。

**六、课程内容**

本课程主要内容包括地质资源勘查与评价理论、地质资源勘查与评价技术及找矿案例,根