

# 湖南省高等教育自学考试

## 课程考试大纲

### 化学反应工程

(课程代码: 06117)

湖南省教育考试院组编  
2016 年 12 月

# 高等教育自学考试课程考试大纲

课程名称：化学反应工程

课程代码：06117

## 第一部分 课程性质与目标

### 一、课程性质与特点

化学反应工程是高等教育自学考试化学工程（本科）专业的专业核心课程，化学反应工程是研究化学反应工程问题的学科，主要研究如何在工业规模的基础上，运用化学，物理，数学和工程知识解决工业生产过程中遇到的实际问题。

本课程内容包括反应动力学和反应器分析、设计、优化与放大，主要研究化学反应动力学的基本原理和反应器内物料传递规律及其相互作用的影响，并寻求它们之间的定量关系，找出最优工艺和反应器的最佳型式，以获得最大的经济效益。本课程在化工设计、生产研究开发中占有极其重要的地位，是化工专业人员的整体知识结构及能力的重要部分。

### 二、课程目标与基本要求

通过本课程的学习，其目的就是要使考生建立化学反应在工业生产过程中的工程观念，使考生掌握反应工程的基本研究方法，运用化学反应与传递过程的相互作用的规律，分析各种反应过程，制订出最合理的技术方案和操作条件，对反应器进行设计、放大和优化。

### 三、与本专业其它课程的关系

化学反应工程是化学工程（本科）专业的重要的专业核心课之一，它与化学工程专业的其他课程有着密切的关系。先修课程有高等数学、物理化学和化工原理等课程，这些课程作为学习本课程的基础。本课程后续课程有化工过程开发等。

## 第二部分 考核内容与考核目标

### 第一章 绪论

#### 一、学习目的与要求

通过本章学习，理解反应动力学和传递现象及其相互作用的规律，掌握转化率、收率和选择性的概念和计算方法，理解化学反应器的分类及结构、反应器的操作方式和特点，理解和掌握反应器设计的基本方程，理解工业反应器的放大方法。

#### 二、考核知识点与考核目标

##### （一）化学反应的转化率、收率（重点）

识记：转化率，收率，选择性

理解：转化率、收率和选择性的定义及相关概念

应用：求取转化率、收率和选择性

- (二) 反应器设计的基本方程 (重点)
  - 识记: 物料衡算方程, 热量衡算方程, 动量衡算方程
  - 理解: 基本方程的意义, 反应器设计的任务
- (三) 工业反应器的放大 (次重点)
  - 识记: 经验放大方法, 数学模型方法
  - 理解: 数学模型方法实质意义和概念, 数学模型方法的步骤
- (四) 化学反应工程的核心内容 (次重点)
  - 识记: 反应工程的概念, 反应动力学, 传递过程
  - 理解: 反应动力学和传递现象及其相互作用的规律
- (五) 化学反应器的分类及操作方式 (一般)
  - 识记: 反应器型式及分类, 操作方式
  - 理解: 反应器的型式、结构及操作特点

## 第二章 反应动力学基础

### 一、学习目的与要求

通过本章学习, 理解和掌握反应速率及速率方程, 理解影响速率的因素, 理解和掌握复合反应的速率求取及产物分布, 了解变容过程, 掌握反应速率的解析方法。了解通过实验建立反应动力学方程的方法。理解和掌握理想吸附等温方程, 理解和掌握气固相催化反应动力学及求取方法。

### 二、考核知识点与考核目标

- (一) 化学反应动力学 (重点)
  - 识记: 反应速率, 反应速率方程
  - 理解: 反应速率定义, 影响反应速率的因素
  - 应用: 反应速率方程的解析
- (二) 复合反应 (重点)
  - 识记: 复合反应速率, 平行反应、连串反应及反应网络, 瞬时选择性
  - 理解: 复合反应类型及其动力学, 瞬时选择性的意义
  - 应用: 求取复杂反应动力学方程, 分析产物的分布
- (三) 化学反应速率方程的变换与积分 (次重点)
  - 识记: 速率方程的变换, 恒容及变容过程, 膨胀因子
  - 理解: 速率与转化率的关系, 膨胀因子意义, 变容过程各参数的表征
  - 应用: 单一反应和复合反应速率的解析式, 数值积分
- (四) 多相催化与吸附 (重点)
  - 识记: 吸附与脱附, 吸附模型, 吸附等温方程
  - 理解: 物理吸附与化学吸附概念, 吸附类型, 理想吸附模型
  - 应用: 求取吸附等温方程
- (五) 多相催化反应动力学 (重点)
  - 识记: 速率控制步骤, 气固相催化反应速率方程, 真实吸附

理解：速率控制步骤的意义，表面反应控制，吸附控制，脱附控制，控制步骤速率的建立方法

应用：推导求取控制步骤的速率方程

#### (六) 化学反应速率方程的建立（一般）

识记：微分法，积分法

理解：微分法和积分法的数据处理，建立速率方程的步骤

应用：通过实验求取动力学方程

## 第三章 釜式反应器

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握各类釜式反应器的特性及基本设计方法，计算各类釜式反应器的体积，求取间歇釜式反应器的最优反应时间。理解和掌握复合反应体系的收率与选择性，进行反应器型式的选取及操作方式的评选。理解连续釜式反应器的定态操作及稳定态的条件。了解变温间歇釜式反应器及半间歇釜式反应器。

### 二、考核知识点与考核目标

#### (一) 等温间歇釜式反应器的设计（单一反应）（重点）

识记：釜式反应器的物料衡算式，等温间歇釜式反应器的基本设计方程，最优反应时间

理解：间歇操作的特点，间歇釜式反应器的结构及传递规律，物料衡算方程

应用：反应时间及反应体积的计算，求取最优反应时间

#### (二) 等温间歇釜式反应器的计算（复合反应）（重点）

识记：复合反应体系的物料衡算式，复合反应物系的组成与反应时间的关系

理解：复合反应物系的组成与时间的变化关系，连串反应中间产物的浓度随反应时间的变化规律

应用：复合反应体系的反应时间及反应体积的计算，求取连串反应中间产物的最大浓度及最大收率

#### (三) 连续釜式反应器的设计（重点）

识记：连续釜式反应器的定态操作特性，连续釜式反应器的基础设计式，空时，空速

理解：连续釜式反应器的流体流动模型（全混流），空时和空速的意义，连续釜式反应器的物料衡算式

应用：连续釜式反应器的体积计算

#### (四) 连续釜式反应器的串联与并联（重点）

识记：釜式反应器的串联与并联，连续釜式组合反应器的基础设计式，图解法

理解：釜式反应器的串联与并联的作用与意义，反应动力学与釜式组合反应器的关系

- 应用：求取釜式组合反应器的体积，图解法求反应器的釜数和转化率
- (五) 釜式反应器中复合反应的收率与选择性（重点）
- 识记：总收率与总选择性，复合反应的产物分布
- 理解：不同操作方式及加料方式的收率与选择性的比较，连串反应中间产物的最大收率及最佳空时，转化率与收率的关系
- 应用：反应器操作方式及加料方式的评选，反应器型式与操作条件的选取
- (六) 连续釜式反应器的定态操作（次重点）
- 识记：定态操作，连续釜式反应器的热量衡算式，连续釜式反应器的稳定态操作，定态操作曲线（移热-放热）
- 理解：稳定态操作的必要条件，着火点，熄火点
- (七) 变温间歇釜式反应器（一般）
- 识记：间歇釜式反应器的热量衡算方程，等温过程，绝热过程，变温过程，绝热温升
- 应用：变温间歇釜式反应器的计算
- (八) 半间歇釜式反应器（一般）
- 识记：半间歇操作，半间歇釜式反应器的基础设计式
- 理解：半间歇操作的实际应用，反应组分浓度与时间的关系
- 应用：求取半间歇釜式反应器的体积

## 第四章 管式反应器

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握管式反应器的特性及基本设计方法，理解和掌握复合反应体系的收率与选择性，进行不同反应器型式的比较，选取管式反应器操作方式和加料方式。进行变温管式反应器的设计，分析最佳温度序列和最佳进料温度。

### 二、考核知识点与考核目标

- (一) 等温管式反应器的设计（单一反应）（重点）
- 识记：活塞流模型，等温管式反应器的基础设计方程，复合反应的收率和选择性，拟均相模型
- 理解：管式反应器的物料衡算式，管式反应器与间歇釜式反应器的比较，拟均相模型处理
- 应用：管式反应器的体积计算，气固拟均相模型管式反应器的计算
- (二) 管式反应器与釜式反应器反应体积的比较（重点）
- 识记：管式反应器与不同型式釜式反应器的反应体积比较，管式反应器的加料方式
- 理解：正常动力学与反常动力学的反应体积比较，反应速率与转化率关系曲线上比较反应体积，管式反应器的加料方式的选择
- 应用：反应器型式的选取，加料方式的选择
- (三) 变温管式反应器的设计（一般）

识记：变温管式反应器的热量衡算方程，绝热管式反应器，非绝热变温管式反应器

理解：绝热反应过程和变温过程的转化率与温度的关系，最佳进料温度，最佳温度序列

应用：变温管式反应器的计算

## 第五章 停留时间分布与反应器的流动模型

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，理解和掌握停留时间分布函数、停留时间分布密度函数及其特征值，掌握停留时间分布函数测定方法，理解理想流动模型和非理想流动模型，实验确定实际反应器内流体流动模型。

### 二、考核知识点与考核目标

#### （一）停留时间分布函数（重点）

识记：停留时间分布函数，停留时间分布密度函数

理解：停留时间分布函数及停留时间分布密度函数的定义及意义

#### （二）停留时间分布的实验测定（重点）

识记：脉冲法，阶跃法，示踪剂

理解：实验测定停留时间分布的方法及意义，分布函数及分布密度函数实验计算公式

应用：实验测定停留时间分布函数及停留时间分布密度函数

#### （三）停留时间分布的统计特征值（重点）

识记：平均停留时间，方差

理解：平均停留时间及方差的意义，平均停留时间及方差计算公式

#### （四）理想反应器的停留时间分布（重点）

识记：平推流模型，全混流模型，理想模型的停留时间分布函数及特征值

应用：理想模型的停留时间分布函数及特征值的求取

#### （五）非理想流动模型（次重点）

识记：离析流模型，多釜串联模型，轴向扩散模型，模型参数，非理想流动模型的停留时间分布函数及特征值

理解：产生非理想流动的原因，多釜串联模型和轴向扩散模型的定义及意义，模型参数定义及其意义

应用：非理想反应器的计算

## 第六章 多相系统中的化学反应与传递现象

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，理解和掌握理想吸附等温方程，理解和掌握流体与催化剂颗粒外表面间的传质与传热，理解和掌握多孔催化剂中的扩散及其与反应的关系，判定多相催化反应过程的内外扩散的影响

## 二、考核知识点与考核目标

### （一）多相催化反应过程步骤（次重点）

识记：固体催化剂的多孔结构及性质，床层空隙率，多相催化过程步骤

理解：固体催化剂的多孔结构与气相组分的孔内扩散，外扩散的影响，表面反应过程，扩散与物料浓度的变化

### （二）流体与催化剂颗粒外表面间的传质与传热（重点）

识记：流体与催化剂颗粒外表面间的传质速率，流体与催化剂颗粒外表面间的传热速率，传递系数，传递因子及其关联式，流体与颗粒外表面间的浓度差和温度差，外扩散有效因子

理解：相间传递基本方程，传递系数的意义及其影响因素，传递因子的定义和作用，流体与颗粒外表面间的浓度差和温度差关系式，外扩散有效因子的定义与意义

### （三）多孔催化剂中的扩散与反应（重点）

识记：孔扩散类型，扩散通量和有效扩散系数，孔内反应组分的浓度分布，反应扩散方程，梯尔模数，内扩散有效因子，非一级反应的内扩散有效因子，总有效因子

理解：多孔催化剂中的扩散与反应的关系，梯尔模数的定义和意义，内扩散有效因子的意义，总有效因子的意义

应用：求取内扩散有效因子、梯尔模数

### （四）多相催化反应过程中扩散影响的判定（次重点）

识记：外扩散影响的判定，内扩散影响的判定

理解：内外扩散影响的判定依据

## 第七章 多相催化反应器的设计与分析

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，理解和掌握固定床内的传递现象，理解和掌握一维拟均相平推流模型，掌握绝热式固定床反应器的设计，理解换热式固定床反应器的分析及设计，了解流态化现象及流化床催化反应器的类型及结构

### 二、考核知识点与考核目标

#### （一）固定床内的传递现象（重点）

识记：床层孔隙率，床层内流体流动，固定床的压降及计算公式，轴向扩散，径向传递

理解：床层孔隙率及分布，轴向扩散系数与导热系数，径向传热方式，径向传质

#### （二）固定床反应器的数学模型（重点）

识记：拟均相，一维拟均相平推流模型，一维拟均相平推流模型的传递模型

理解：模型合理简化，数学模型的建立

#### （三）绝热式固定床反应器（重点）

识记：绝热反应器的类型，绝热反应器的传递方程，单段和多段绝热式固定床反应器

理解：绝热反应器的优缺点及适用场合，多段绝热式固定床反应器的结构及其换热方式

应用：绝热反应器催化剂体积的求取

#### （四）换热式固定床反应器（次重点）

识记：换热式固定床反应器的结构，换热式固定床反应器的传递方程，传热介质，单一反应和复合反应时的分析

#### （五）流化床反应器（一般）

识记：流态化，最小和临界流化速度，流化床催化反应器的类型及结构

## 第八章 多相反应器

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，理解和掌握双膜理论及气液反应的步骤，理解有效因子的定义及意义，比较传质速率和反应速率，理解气液反应器类型及其特点，进行鼓泡塔及搅拌釜式反应器的设计。

### 二、考核知识点与考核目标

#### （一）气液反应（一般）

识记：双膜理论，气液反应的步骤，传质速率，有效因子

理解：气相和液相中的传递，有效因子的定义及意义，传质速率和反应速率的分析

#### （二）气液反应器（一般）

识记：气液反应器类型及其特点，鼓泡塔的设计，搅拌釜式反应器的设计

理解：各类气液反应器的特点，鼓泡塔的设计方程及分析，搅拌釜式反应器的设计方程

## 第九章、第十章、第十一章

（不作考试要求）

## 第三部分 有关说明与实施要求

### 一、考核的能力层次表述

本大纲在考核目标中，按照“识记”、“理解”、“应用”三个能力层次规定其应达到的能力层次要求。各能力层次为递进等级关系，后者必须建立在前者的基础上，其含义是：

识记：能知道有关的名词、概念、知识的含义，并能正确认识和表述，是低层次的要求。

理解：在识记的基础上，能全面把握基本概念、基本原理、基本方法，能掌



握有关概念、原理、方法的区别与联系，是较高层次的要求。

应用：在理解的基础上，能运用基本概念、基本原理、基本方法联系学过的多个知识点分析和解决有关的理论问题和实际问题，是最高层次的要求。

## 二、教程

指定教程：反应工程，李绍芬，化学工业出版社，2013 年第 3 版

## 三、自学方法指导

1. 在开始阅读指定教材某一章之前，先翻阅大纲中有关这一章的考核知识点及对知识点的能力层次要求和考核目标，以便在阅读教材时做到心中有数，有的放矢。
2. 阅读教材时，要逐段细读，逐句推敲，集中精力，吃透每一个知识点，对基本概念必须深刻理解，对基本理论必须彻底弄清，对基本方法必须牢固掌握。
3. 在自学过程中，既要思考问题，也要做好阅读笔记，把教材中的基本概念、原理、方法等加以整理，这可从中加深对问题的认知、理解和记忆，以利于突出重点，并涵盖整个内容，可以不断提高自学能力。
4. 完成书后作业和适当的辅导练习是理解、消化和巩固所学知识，培养分析问题、解决问题及提高能力的重要环节。在做练习之前，应认真阅读教材，按考核目标所要求的不同能力层次，掌握教材内容。在练习过程中，对所学知识进行合理的回顾和发挥，注重理论联系实际和具体问题具体分析，解题时应注意培养逻辑性，针对问题围绕相关知识点进行层次（步骤）分明的论述或推导，明确各层次（步骤）间的逻辑关系。

## 四、对社会助学的要求

1. 应熟知考试大纲对课程提出的总要求和各章的知识点。
2. 应掌握各知识点要求达到的能力层次，并深刻理解对各知识点的考核目标。
3. 辅导时，应以考试大纲为依据，指定的教材为基础，不要随意增删内容，以免与大纲脱节。
4. 辅导时，应对学习方法进行指导，宜提倡“认真阅读教材，刻苦钻研教材，主动争取帮助，依靠自己学通”的方法。
5. 辅导时，要注意突出重点，对考生提出的问题，不要有问即答，要积极启发引导。
6. 注意对考生能力的培养，特别是自学能力的培养，要引导考生逐步学会独立学习，在自学过程中善于提出问题，分析问题，做出判断，解决问题。
7. 要使考生了解试题的难易与能力层次高低两者不完全是一回事，在各个能力层次中会存在着不同难度的试题。
8. 助学学时：本课程共 7 学分，建议总课时 126 学时，其中助学课时分配如下：

章 次	内 容	学 时
第一章	绪 论	4

第二章	反应动力学基础	16
第三章	釜式反应器	22
第四章	管式反应器	16
第五章	停留时间分布与反应器的流动模型	16
第六章	多相系统中的化学反应与传递现象	22
第七章	多相催化反应器的设计与分析	22
第八章	多相反应器	8
第九章	不作考核要求	0
第十章	不作考核要求	0
第十一章	不作考核要求	0
总 计		126

## 五、关于命题考试的若干规定

1. 本大纲各章所提到的内容和考核目标都是考试内容。试题覆盖到章，适当突出重点。
2. 试卷中对不同能力层次的试题比例大致是：“识记”为 20%、“理解”为 30%、“应用”为 50%。
3. 试题难易程度应合理：易、较易、较难、难比例为 2：3：3：2。
4. 每份试卷中，各类考核点所占比例约为：重点占 60%，次重点 30%，一般占 10%。
5. 试题类型一般分为：单项选择题、填空题、推导题、问答题、计算题。
6. 考试采取闭卷笔试，考试时间 150 分钟，采用百分制，60 分合格

## 六、题型示例

### 一、单项选择题（本大题共■小题，每小题■分，共■分）

在每小题列出的四个备选项中只有一个是符合题目要求的，请将其选出并将“答题卡”上的相应字母涂黑。错涂、多涂或未涂均无分。

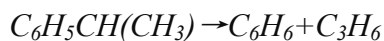
1. 分批式操作的完全混合反应器非生产性时间 $t_0$ 不包括
  - A. 加料时间
  - B. 反应时间
  - C. 物料冷却时间
  - D. 清洗釜所用时间
2. 关于非理想流动与停留时间分布，论述正确的是
  - A. 一种流动必然对应着一种停留时间分布
  - B. 一种停留时间分布必然对应着一种流动
  - C. 一种停留时间分布可能对应着多种流动
  - D. 流动与停留时间分布存在一一对应关系

### 二、填空题（本大题共■小题，每小题■分，共■分）

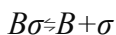
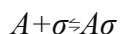
1. 全混流反应器稳定的定常态操作点的判据为\_\_\_\_\_。
2. 多级混合模型的模型参数为\_\_\_\_\_。

### 三、推导题（本大题共■小题，每小题■分，共■分）

1. 在 Pt 催化剂上进行异丙苯分解反应



以 A、B 及 R 分别表示异丙苯、苯及丙烯，反应步骤如下：



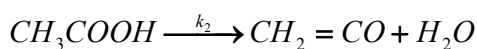
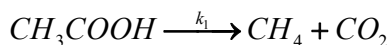
若表面反应为速率控制步骤，试推导异丙苯分解的速率方程。

#### 四、问答题（本大题共■小题，每小题■分，共■分）

1. 均相和非均相反应器形式有哪几类？操作方法和加料方式有哪几种？不同的加料方式目的是什么？
2. 简述 Langmuir 等温吸附模型。

#### 五、计算题（本大题共■小题，每小题■分，共■分）

1. 在一间歇恒容反应器中，高温裂解乙酸制取烯酮，反应式为



910℃时， $k_1 = 4.80 \text{ s}^{-1}$ ， $k_2 = 7.48 \text{ s}^{-1}$ ，且进料中无产物。试求：

- (1) 乙酸反应掉 99% 时，所需时间；
  - (2) 此温度下烯酮的选择性。
2. 二级均相反应  $A \rightarrow P$  的速度方程为  $(-r_A) = 0.2C_A^2 (\text{mol} / \text{L min})$ ，在全混釜中进行，已知进料浓度  $C_{A0} = 2 (\text{mol} / \text{L})$ ，进料流量为  $v_0 = 10 (\text{L} / \text{min})$ ，反应器体积为 20L，求：
  - (1) 出口转化率  $x_A$ ；
  - (2) 如果反应器体积为原来的 5 倍，其他条件不变，则转化率为多少？
  - (3) 如果反应器为平推流反应器，其他条件不变，则转化率又为多少？