

北京化工大学硕士研究生入学考试  
《化工综合》复试大纲

第一部分《化工原理》

一、适用的招生专业

化学工程与技术：化学工艺、化学工程、工业催化。

二、考试的基本要求

1. 掌握的内容

流体的密度和粘度的定义、单位及影响因素，压力的定义、表示法及单位换算；流体静力学方程、连续性方程、柏努利方程及其应用；流动型态及其判据，雷诺准数的物理意义及计算；流体在管内流动的机械能损失计算；简单管路的计算；离心泵的工作原理、性能参数、特性曲线，泵的工作点及流量调节，泵的安装及使用等。

非均相混合物的重力沉降与离心沉降基本计算公式；过滤的机理和基本方程式。

热传导、热对流、热辐射的传热特点；传导传热基本方程式及在平壁和圆筒壁定态热传导过程中的应用；对流传热基本原理与对流传热系数，流体在圆形直管内强制湍流时对流传热系数关联式及其应用；总传热过程的计算；管式换热器的结构和传热计算。

相组成的表示法及换算；气体在液体中溶解度，亨利定律各种表达式及相互间的关系；相平衡的应用；分子扩散、菲克定律及其在等分子反向扩散和单向扩散的应用；对流传质概念；双膜理论要点；吸收的物料衡算、操作线方程及图示方法；最小液气比概念及吸收剂用量的确定；填料层高度的计算，传质单元高度与传质单元数的定义、物理意义，传质单元数的计算（平推动力法和吸收因数法）；吸收塔的设计计算。

双组分理想物系的气液相平衡关系及相图表示；精馏原理及精馏过程分析；双组分连续精馏塔的计算（包括物料衡算、操作线方程、 $q$  线方程、进料热状况参数  $q$  的计算、回流比确定、求算理论板层数等）；板式塔的结构及气液流动方式、板式塔非理想流动及不正常操作现象、全塔效率和单板效率、塔高及塔径计算。

湿空气的性质及计算；湿空气的焓湿图及应用；干燥过程的物料衡算和热量衡算；恒速干燥阶段与降速干燥阶段的特点；物料中所含水分的性质。

液液萃取过程；三角形相图及性质。

柏努利演示实验；雷诺演示实验；流体阻力实验；离心泵性能实验；精馏实验；吸收（解吸）实验。

基本结构与计

基本结构与计

基本结构与计

基本结构与计

2. 熟悉的内容

层流与湍流的特征；复杂管路计算要点；测速管、孔板流量计及转子流量计的工作原理、基本结构与计算；往复泵的工作原理及正位移特性；离心通风机的性能参数、特性曲线。

沉降区域的划分；降尘室生产能力的计算。

有相变对流传热过程及影响因素；复杂流动的平均温度差求算；列管式换热器的设计要点；传热过程强化措施。

各种形式的传质速率方程、传质系数和传质推动力的对应关系；各种传质系数间的关系；气膜控制与液膜控制；吸收剂的选择；吸收塔的操作型分析；解吸的特点及计算。

理论板层数简捷算法；精馏装置的热量衡算；平衡蒸馏、简单蒸馏的特点及计算；塔板的主要类型、塔板负荷性能图的特点及作用。

空气通过干燥器时的状态变化；临界含水量的含义及影响因素；恒速干燥阶段干燥时间的计算方法；干燥过程的强化。

物料衡算与杠杆定律。

### 3. 了解的内容

层流内层与边界层；其它化工用泵的工作原理及特性；往复压缩机的工作原理。

降尘室、沉降槽、离心沉降、过滤等设备的构造、原理及选择；非均相混合物分离过程的强化。

常用换热器类型、结构及工作原理；热辐射基本概念及计算；对流与辐射联合传热。

分子扩散系数及影响因素；塔高计算基本方程的推导。

其它精馏方式的特点；精馏过程的强化及展望。

各种干燥器的结构及工作原理；干燥器的设计要点。

部分互溶物系的相平衡；分配系数与选择性系数；单级萃取；多级错流萃取；多级逆流萃取；萃取设备。

## 三、考试的方法和考试时间

考试为闭卷笔试，可以使用无字典和编程功能的电子计算器；考试时间为 1.5 小时。

## 四、考试的主要内容与要求

### 1. 流体流动概述与流体静力学

流体流动及输送问题；流体流动的考察方法；定态流动与非定态流动；流体流动的作用力；牛顿粘性定律；流体的物性；压强特性及表示方法；静力学方程及应用；液柱压差计。

### 2. 流体流动的守恒原理

流量与流速的定义；流体流动的质量守恒；流体流动的机械能守恒；柏努利方程及应用；动量守恒原理及应用。

### 3. 流体流动的内部结构与阻力计算

雷诺实验；两种流动型态及判据；层流与湍流的特征；管流剪应力分布和速度分布；边界层概念；边界层分离现象；直管阻力；层流阻力；摩擦系数；湍流阻力——因次分析法；当量的概念(当量直径，当量长度)；局部阻力；流动总阻力计算。

### 4. 管路计算与流量测量

简单管路计算：管路设计型计算特点及方法、管路操作型计算特点及方法；复杂管路的特点及计算方法；流动阻力对管内流动的影响；孔板流量计、文丘里流量计及转子流量计的测量原理和计算方法。

### 5. 离心泵

流体输送机械分类；管路特性方程；带泵管路的分析方法——过程分解法；离心泵工作原理与主要部件；气缚现象；理论压头及分析；性能参数与特性曲线；工作点和流量调节；泵组合操作及选择原则；安装高度与汽蚀现象；离心泵操作与选型。

## 6. 其它类型泵与气体输送机械

正位移泵工作原理与结构、性能参数与流量调节（往复泵、旋转泵等）；旋涡泵的结构、工作原理及流量调节；气体输送机械分类；离心式通风机工作原理；性能参数与计算；罗茨鼓风机、真空泵、离心压缩机与往复压缩机。

## 7. 液体搅拌

搅拌的目的及方法；机械搅拌装置的基本构件；常用搅拌器的类型及特点；搅拌器的功能；均相液体的混合机理；非均相物系的混合机理；常见搅拌器的性能；强化湍动的措施。

## 8. 流体通过颗粒层的流动

非均相分离概论；颗粒床层的特性；流体通过颗粒层的压降——数学模型法；过滤原理与设备；过滤速率、推动力和阻力的概念——过滤速率工程处理方法；过滤基本方程及应用；过滤常数；恒压过滤与恒速过滤；板框过滤机性能分析与计算；加压叶滤机性能分析与计算；回转真空过滤机性能分析与计算；加快过滤速率的途径。

## 9. 颗粒的沉降与流态化

沉降原理；流体对颗粒运动的阻力；球形颗粒的曳力系数与斯托克斯定律；自由沉降过程；重力沉降速度；重力沉降设备（降尘室性能分析）；离心沉降速度；离心沉降设备（旋风分离器性能分析）；固体流态化概念；散式流态化与聚式流态化；流化曲线与流化床特征；起始流化速度与带出速度；流化床操作及其强化。

## 10. 传热概述与热传导

传热过程在化工生产中的应用；传热的基本方式；工业换热过程；传热速率；傅立叶定律；导热系数及影响因素；一维定态热传导计算（单层与多层平壁、单层与多层圆筒壁）。

## 11. 对流传热

对流传热过程分析；牛顿冷却定律；对流传热系数及其影响因素；无相变对流传热系数经验关联式的建立；准数方程与准数的物理意义；管内强制对流传热、管外强制对流传热、自然对流传热、蒸汽冷凝传热、液体沸腾传热。

## 12. 热辐射

物体的辐射能力；斯蒂芬-波尔兹曼定律；克希霍夫定律；两灰体间的辐射传热。

## 13. 传热过程的计算

间壁换热过程；热量衡算式及总传热速率方程；总传热系数计算、热阻及传热平均温度差——传热速率的工程处理方法；污垢热阻；壁温的计算；传热设计型问题的参数选择和计算方法；传热操作型问题的分析和计算方法（传热效率及传热单元数）。

## 14. 换热器

间壁式换热器类型、结构及应用；列管式换热器的设计与选用；换热器的强化及其它类型。

## 15. 气体吸收概述与气液相平衡

吸收依据；吸收目的；吸收过程的工业实施；吸收与解吸的特征；吸收过程的分类；吸



收剂的选择；吸收过程的经济性；气体在液体中的溶解度；亨利定律；温度、压力对相平衡的影响；相平衡与吸收过程的关系。

#### 16. 扩散与单相传质

分子扩散与费克定律；气相和液相中的分子扩散（等摩尔反向扩散、单相扩散）；扩散系数及其影响因素；涡流扩散与对流传质；相内传质速率方程与传质分系数。

#### 17. 相际传质

双膜理论；相际传质速率方程与总传质系数；传质推动力与传质系数的关系——传质速率的工程处理方法；吸收过程传质阻力分析及控制质阻。

#### 18. 低浓度气体吸收（解吸）的计算

低浓度气体吸收的假定；物料衡算与操作线方程；传质速率与填料层高度的计算；传质单元数与传质单元高度——过程分解法；传质单元数的计算；吸收塔的设计型计算（吸收过程设计中参数的选择；最小液气比；塔内返混的影响）；吸收塔的操作型计算（计算方法及吸收过程的强化）；吸收与解吸过程的对比分析；板式吸收塔计算。

#### 19. 液体蒸馏概述与二元物系的气液相平衡

蒸馏依据；蒸馏目的；蒸馏过程的工业实施；蒸馏操作的经济性；理想溶液的气液相平衡；拉乌尔定律、相图及相平衡曲线；泡点及露点的计算；相对挥发度；非理想溶液的气液平衡。

#### 20. 平衡蒸馏与简单蒸馏

平衡蒸馏；简单蒸馏；平衡蒸馏与简单蒸馏的比较。

#### 21. 精馏

精馏原理；全塔物料衡算；恒摩尔流假定；理论板及板效率；加料板过程分析；精馏段与提馏段操作方程。

#### 22. 双组分精馏的设计型计算和操作型计算

理论塔板的逐板算法及图解法；回流比影响及选择；全回流及最少理论板数；最小回流比；进料热状况影响及选择；双组分精馏过程的其它类型；实际塔板与全塔效率；填料精馏塔计算；操作参数对精馏过程的影响；精馏塔的温度分布与灵敏板。

#### 23. 间歇精馏与特殊精馏

间歇精馏的特点；恒回流比操作与恒馏出液组成操作；恒沸精馏的原理及应用；萃取精馏的原理及应用；恒沸精馏与萃取精馏的比较。

#### 24. 气液传质设备

气液传质过程对塔设备的一般要求；塔设备类型及特点；板式塔的设计意图；板式塔的结构；板上气液接触状态；塔板水力学性能和不正常操作现象；塔板负荷性能图；板式塔的效率；评价板式塔的性能指标；常见塔板型式及特点；筛板塔工艺计算内容；填料塔结构；填料种类及特性；气液两相在填料塔内的流动；填料塔压降与空塔气速的关系；最小喷淋密度；填料塔工艺计算方法；填料塔内的传质。

## 25. 液液萃取

液液萃取过程；三角形相图及性质；物料衡算与杠杆定律；部分互溶物系的相平衡；分配系数与选择性系数；单级萃取；多级错流萃取；多级逆流萃取；萃取设备。

## 26. 固体干燥概述与干燥静力学

物料的去湿方法；干燥过程的分类；干燥操作的经济性；湿空气的性质及计算；空气的湿度图及应用；湿空气状态的变化过程；水分在气固两相间的平衡（结合水分与非结合水分，平衡水分与自由水分）

## 27. 干燥速率与干燥过程的计算

恒定干燥条件下的干燥速率；干燥曲线与干燥速率曲线；干燥机理；间歇干燥过程的计算；连续干燥过程的特点；连续干燥过程的物料衡算、热量衡算及干燥器的热效率。

## 28. 干燥设备

工业常用的干燥器；干燥器的性能要求与选型原则。

## 29. 实验。

### （1）柏努利演示实验

实测静止和流动的流体中各项压头及其相互转换；验证流体静力学原理和柏努利方程；实测流体流动压头变化及相应压头损失，确定两者相互之间关系。

### （2）雷诺演示实验

观测雷诺数与流体流动类型关系；观察层流中流体质点的速度分布。

### （3）流体阻力实验

掌握流体流动阻力测定方法，测定直管摩擦阻力系数及局部阻力系数；验证层流区摩擦阻力系数与雷诺数和管子相对粗糙度关系。

### （4）离心泵性能实验

测定离心泵性能曲线并确定最佳工作范围；测定孔板流量计的孔流系数。

### （5）强制对流传热膜系数的测定实验

通过实验确定传热膜系数准数关联式中的系数和指数；分析影响传热膜系数的因素；了解强化传热的途径。

### （6）精馏实验

掌握精馏塔的操作方法与调节方法；测定全回流全塔效率及单板效率。

### （7）吸收（解吸）实验

观察填料塔流体力学状态，测定压降与气速的关系曲线；测定总传质系数，分析其影响因素。

## 五、试卷结构

试卷满分 50 分，解答题和计算题。

## 六、主要参考书

陈敏恒等编，化工原理（上、下册）（第三版），北京：化学工业出版社，2006。

## 第二部分《反应工程》

### 一、适用的招生专业

化学工程与技术：化学工艺、化学工程、工业催化。

### 二、考试的基本要求

要求考生掌握化学反应工程的基本原理，理想反应器的基本计算，非理想反应器的基本概念，具备利用化学反应工程的基本知识分析和解决工程实际问题的能力。

1. 掌握均相化学反应动力学的基本概念和建立动力学方程的方法。
2. 掌握理想反应器的形式、特点和基本计算。
3. 掌握简单级数反应、连串反应、平行反应、可逆反应及自催化反应的特性及不同反应器型式与反应转化率、选择性及收率的关系。
4. 掌握非理想流动反应器的基本概念及表述方法，停留时间分布的概念及停留时间分布参数的意义和测定。了解非理想流动模型的形式及处理问题的方法。
5. 掌握气固相催化反应本征动力学的概念及动力学模型的建立方法。
6. 掌握气固相催化反应宏观动力学的内容，有效因子的概念及基本计算。
7. 掌握气固相催化固定床反应器的模型化方法。

### 三、考试的方法和考试时间

考试为闭卷笔试，可以使用无字典和编程功能的电子计算器；考试时间为 45 分钟。

### 四、考试的主要内容与要求

1. 均相化学反应动力学  
等温条件下简单级数反应、连串反应、平行反应、可逆反应及自催化反应的计算。
2. 均相理想反应器  
了解返混的概念，理想反应器的形式与操作方式及特点。  
简单级数反应、连串反应、平行反应、可逆反应及自催化反应在理想反应器中进行时，反应时间、反应器体积、转化率、收率、选择性的计算。
3. 非理想流动反应器  
非理想流动的基本概念，停留时间分布及非理想流动模型的简单计算。
4. 气固相催化反应动力学  
催化剂表面吸附、反应的基本概念，本征动力学、宏观动力学建立的方法，催化剂有效因子的计算方法。
5. 气固相催化固定床反应器  
固定床反应器的模型化方法，简单的模型推导，模型参数的意义。

### 五、试卷结构

试卷满分 25 分，全部为解答题。



## 六、主要参考书

郭锴, 唐小恒, 周绪美, 化学反应工程. 北京: 化学工业出版社, 2000

## 第三部分《化工热力学》

### 一、适用的招生专业

化学工程与技术: 化学工艺、化学工程、工业催化。

### 二、考试的基本要求

要求考生系统地理解化工热力学的知识结构, 掌握基本定义和基本概念, 掌握热力学性质数据的获取方法(查阅文献、建立数学模型、利用实验数据等)与评价方法; 以及掌握热力学原理的应用方法(针对化工生产中的相平衡和化学平衡问题、能量转换与利用问题, 进行过程条件或系统特性的分析与计算)。具体包括:

掌握截项 virial 方程、立方型方程、普遍化关联式的使用;

熟悉状态方程的基本选择方法;

掌握饱和液体体积的计算方法;

掌握剩余性质的计算, 单组分流体的焓变与熵变的计算;

掌握水蒸汽表、热力学性质图的使用;

掌握偏摩尔性质及其与混合物性质关系的分析与计算;

掌握多组分流体的焓变与熵变的计算;

掌握系统能量平衡方程的表述方法;

掌握气体压缩过程与膨胀过程在 T-S 图和  $\ln p$ -H 图上的分析与计算;

熟悉简单蒸汽动力循环在 T-S 图和  $\ln p$ -H 图上的分析与计算;

掌握气体纯组分逸度的计算, 液体纯组分逸度的计算, 多组分体系中的组分逸度的计算;

熟悉溶解度参数模型、van Larr 模型、Margulars 模型和 Wilson 模型的使用(包括模型参数的获取);

熟悉活度系数模型的基本选择方法;

掌握焓损失的概念以及能量质量不守恒定理;

熟悉焓的计算;

熟悉系统焓平衡方程的表述方法以及焓分析的基本方法;

掌握 VLE 关系的基本模型及选用;

掌握互溶系 VLE 平衡问题的计算;

熟悉平衡组成的反应进度表示方法;

掌握化学平衡关系的基本模型及选用;

掌握均相气相反应计算方法。

### 三、考试的主要内容与要求

#### 1. 流体的 pVT 关系

理解气体的非理想性, 掌握状态方程的基本选择方法;

掌握截项 virial 方程、立方型方程、普遍化关联式的使用;

熟悉状态方程的混合规则(基本类型)与交互作用参数的使用(简化原则与获得方法),

熟悉混合物  $pVT$  关系的原理求解方法；  
熟悉状态方程的基本选择方法；  
掌握饱和液体体积的计算方法；  
理解学习流体的  $pVT$  关系的应用意义。

## 2. 流体的热力学性质：焓和熵

了解单组分流体的热力学基本关系；  
熟悉 Bridgeman 表的使用；  
熟悉蒸汽压方程，掌握蒸汽压的计算；  
掌握剩余性质的计算，单组分流体的焓变与熵变的计算；  
掌握水蒸汽表、热力学性质图的使用；  
了解多组分流体的热力学基本关系；  
理解多组分流体的非理想性，掌握混合物与溶液的概念区别；  
掌握理想混合物的概念，熟悉混合性质的基本关系；  
掌握偏摩尔性质及其与混合物性质关系的分析与计算；  
掌握多组分流体的焓变与熵变的计算。

## 3. 能量利用过程与循环

掌握系统能量平衡方程的表述方法；  
掌握气体压缩过程与膨胀过程在  $T-S$  图和  $\ln p-H$  图上的分析与计算；  
熟悉简单蒸汽动力循环 (Rankine cycle) 在  $T-S$  图和  $\ln p-H$  图上的分析与计算；  
熟悉简单蒸汽压缩制冷循环在  $T-S$  图和  $\ln p-H$  图上的分析与计算；  
了解热泵的概念与基本原理；  
了解深度冷冻与液化的基本原理。

## 4. 流体的热力学性质：逸度与活度

了解多组分流体热力学性质标准态的规定；  
掌握气体纯组分逸度的计算，液体纯组分逸度的计算，多组分体系中的组分逸度的计算；  
了解超额性质及其与活度系数的关系；  
了解用活度计算混合焓；  
熟悉溶解度参数模型、van Larr 模型、Margulars 模型和 Wilson 模型的使用（包括模型参数的获取）；  
熟悉活度系数模型的基本选择方法；  
了解其它常用的活度系数模型。

## 5. 过程热力学分析

掌握熵产生、 $\text{㏑}$  损失的概念、以及能量质量不守恒定理；

掌握  $\text{㏑}$  函数的概念，熟悉环境基准态的概念，以及物质标准  $\text{㏑}$  的计算；

掌握热量  $\text{㏑}$  的计算；

熟悉稳定流动体系  $\text{㏑}$  函数的原理求解方法；



熟悉系统焓平衡方程的表述方法；

熟悉焓效率与焓损失率；

熟悉焓分析的基本方法。

#### 6. 流体相平衡

熟悉二元体系 VLE 与 LLE 相图

掌握 VLE 关系的基本模型及选用；

了解 VLE 数据的热力学一致性检验方法；

了解 LLE 关系的基本模型及选用；

掌握互溶系 VLE 平衡问题的计算；

熟悉共沸现象的判别方法。

#### 7. 化学平衡

熟悉平衡组成的反应进度表示方法；

熟悉反应体系的独立反应数的确定方法；

掌握化学平衡关系的基本模型及选用；

掌握均相气相反应计算方法；

了解液体混合物反应、溶液反应和非均相反应平衡的计算方法。

### 四、试卷结构

试卷满分 25 分。试题形式为解答题、计算题等。

### 五、主要参考书

郑丹星. 流体与过程热力学. 北京: 化学工业出版社, 2005