

《分离工程》课程教学大纲

课程类别：专业教育课程

课程名称：分离工程

开课单位：化工与环境学院

课程编号：Z03040102

课程性质：必修

总学时：32

学 分：2

适用专业：化学工程与工艺

先修课程：化工原理、化工热力学等

大纲编写（修订）时间：2019年7月5日

一、课程性质与教学目标

1. 课程性质与任务

分离工程是化学工程学科的重要分支，是研究混合物分离与提纯的工程学科。本课程以传统分离过程为主，是化工原理、化工热力学等基本理论知识在实际化工中的应用及延伸。课程以分离过程的特征为出发点，以多组分物系的分离能耗用于推动传质分离为主线，涉及精馏、吸收等重要化工单元操作。

通过本课程的学习，要求学生牢固掌握分离过程的基本原理及应用方法，熟练进行简化计算，了解多种数值算法；通过工程案例和习题，培养学生基于问题的学习、基于项目的学习、基于案例的学习等多种研究性学习方法，强化学生的工程实践能力、解决复杂工程问题的能力。

2. 课程目标

通过分离工程的理论教学和案例学习，使学生具备下列能力：

课程目标 1：能够运用化工原理、化工热力学等科学理论识别和判断混合物分离过程的特征，

理解传质分离是各组分物性差异与环境能耗的共同作用。（支撑毕业要求 2-1）

课程目标 2：能够运用“归一法”的计算要求，对传质分离过程的设计变量进行分析，确定相平衡

状态下关键组分的设计变量，获得有效结论。（支撑毕业要求 2-4）

课程目标 3：能够运用“简捷法”的思维方法，研究和解决混合物分离的设计及问题，建立多

组分物系分离的解决方案。（支撑毕业要求 4-1）

二、课程内容、学时分配及对毕业要求指标点的支撑

章节	内 容	讲 课	实 验	小 计	支撑课程目 标	支撑的毕业要 求指标点
第 1 章	1 绪论 1.1 分离工程理论的形成和特性；主要内容：分离工程的特性 1.2 分离过程的特征与分类；主要内容：分离工程的特性，分离过程的分类 1.3 分离过程的研究内容与研究方法；主要内容：研究方法 重点：分离工程的特性 难点：分离方法的比较	2	0	2	1	2-1
第 2 章	2 多组分分离基础 2.1 分离过程的变量分析及设计变量的确定；主要内容：设计变量 2.2 相平衡关系的计算；主要内容：相平衡关系 2.3 多组分物系的泡点和露点的计算；主要内容：泡点温度和压力的计算 2.4 单级平衡分离过程的计算；主要内容：绝热闪蒸 重点：相平衡关系 难点：泡点温度和压力的计算	12	0	14	2	2-4
第 3 章	3 精馏 3.1 多组分精馏；主要内容：多组分精馏过程的分析 3.2 多组分精馏的简捷算法；主要内容：多组分精馏的简捷算法 重点：清晰分割的物料衡算 难点：非清晰分割的物料衡算	8	0	22	3	4-1
第四章	4 多组分多级分离的严格计算 4.1 平衡级的理论模型 4.2 三对角矩阵法 4.3 逐级算法 4.4 非稳态方程计算方法和模拟计算方法的改进 重点：平衡级的理论模型 难点：对三种计算方法应用差异的区别	4	0	26	3	4-1
第五章	5 分离过程及设备的效率与节能 分离过程的最小功；主要内容：分离过程的最小功；热力学效率 重点：分离过程的最小功	4	0	30	1	2-1

	难点：热力学效率					
第六章	6 膜分离技术 6.1 膜分离；主要内容：膜的种类；膜组件 6.2 超滤与反渗透；主要内容：反渗透 6.3 电渗析；主要内容：电渗析 重点：电渗析；反渗透 难点：电渗析	2	0	32	1	2-1
合计		32	0	32		

三、达成课程目标的途径和措施

1. 把握教学主线，以“实例-原理-模型-应用”的教学方式进行教材内容的组织，并注意每个环节有机衔接；通过工程案例和习题，培养学生基于问题的学习、基于项目的学习、基于案例的学习等多种研究性学习方法，强化学生的工程实践能力、解决复杂工程问题的能力。

2. 采用多媒体教学，配合例题的讲解和适当的思考题，保证讲课进度的同时，注意学生的掌握程度和课堂的气氛；

3. 采用案例式教学，结合工程实际，使学生了解工程的设计和科学技术进步的新成果，实现学生从知识课堂向能力课堂转变，从而具备相关知识和方法的实际应用能力。

四、考核方式

1. 课程考核方式包括随堂测验、课后作业情况和期末考试等。

2. 定量评价

本课程包含 3 个分课程目标，有 3 个考核方式，各考核方式对课程目标达成评价的权重占比分配如下：

表 4.1 各考核方式对课程目标达成评价的权重占比分配

课程目标	分课程目标权重 (本列总和为 1) $\sum P_i=1$	各考核方式评价比例分配 (每行总和为 1) $\sum W_{ik}=1$			各考核方式在课程目标达成中的占比 (所有行列总和为 1) $\sum \sum S_{ik}=1$ $S_{ik}=P_i \times W_{ik}$		
		作业	测试	期末考试	作业	测试	期末考试
1	0.30	0.10	0.30	0.60	0.03	0.09	0.18
2	0.30	0.10	0.30	0.60	0.03	0.09	0.18
3	0.40	0.10	0.30	0.60	0.04	0.12	0.24
各考核环节对课程目标达成的贡献率					0.10	0.30	0.60

那么第 i 个分课程目标的评价基于各环节 k 的贡献加权求和，就是该分课程目标的达成度 A_i ，

$$\text{即 } A_i = \sum G_{ik} \times W_{ik} \quad 4-1$$

而多个分课程目标再根据比例加权求和，就得到本门课程的课程目标达成度 A 。

$$A = \sum A_i \times P_i \quad 4-2$$

其中： k 表示不同的考核环节， i 表示不同的分课程目标；

$S_{ik} = P_i \times W_{ik}$ 是第 k 种评价方式通过第 i 个课程目标反映在总的课程目标评分占比；

W_{ik} 表示第 k 种评价方式对第 i 个课程目标百分占比；

P_i 表示第 i 个课程目标在课程总评价中的占比；

G_{ik} 表示第 k 种考核方式支撑第 i 个课程目标的达成度。

表 4.2 第 k 个考核环节对分课程目标的达成度 G_{ik}

课程目标 环节内容	课程目标 1	课程目标 2	课程目标 3
分课程目标权重 (P)	P1	P2		Pi
考核内容覆盖率要求 (%)	$S1k \times 100 / \sum S_{ik}$	$S2k \times 100 / \sum S_{ik}$		$S3k \times 100 / \sum S_{ik}$
考核题目
各题目分数总和 ($\sum B$)	$\sum B1$	$\sum B2$		$\sum Bi$
考核内容覆盖率实际占比 (%)	$\sum B1 \times 100 / \sum \sum Bi$	$\sum B2 \times 100 / \sum \sum Bi$		$\sum Bi \times 100 / \sum \sum Bi$
各题目得分平均值总和 ($\sum A$)	$\sum A1$	$\sum A2$		$\sum Ai$
考核环节支撑分课程目标的达成度 (G_{ik})	$G1K = \sum A1 / \sum B1$	$G2K = \sum A2 / \sum B2$		$G_{iK} = \sum Ai / \sum Bi$

3. 定性评价

定性评价指利用学生的调查问卷进行课程目标达成情况评价，按照各课程目标分项设计合适的问卷，调查学生掌握知识及获得能力等课程目标达成情况。其中成绩均采用百分制统计，五级分制转换为百分制时，优对应 95 分，良对应 85 分，中对应 75 分，及格对应 65 分，不及格对应 55 分。

综合定性与定量评价结果，取最小量为最终评价结果。

五、评价标准

1. 课堂情况评价标准

基本要求	评价标准				权重
	90-100 分	75-89 分	60-74 分	0-59 分	
掌握分离工程的特征、分类及方法等；掌握分离最小功及热力学效率；掌握膜分离的基本原理、分类。 (支撑课程目标 1、支撑毕业要求指标点 2-3)	基本概念正确、论述逻辑清楚；层次分明、语言规范。	基本概念正确、论基本清楚；语言较规范。	基本概念基本正确、论述基本清楚；语言较规范。	基本概念不清楚甚至错误、原理论述不清楚。	0.30

掌握设计变量、相平衡关系、多组分物系的泡点与露点等基本概念。 (支撑课程目标 2、支撑毕业要求指标点 2-4)	能够应用相关知识分析解决实际工程问题, 论述逻辑清楚, 语言规范。	能够应用相关知识分析解决实际工程问题, 论述清楚, 语言较规范。	基本能够应用相关知识分析解决实际工程问题, 论述基本清楚, 语言较规范。	基本概念不清楚甚至错误、论述不清楚。	0.30
掌握多组分物系的清晰分割等概念, 掌握 FUG 简捷法的方程表达式(支撑课程目标 3、支撑毕业要求指标点 4-1)	能够应用相关知识分析解决实际工程问题, 论述逻辑清楚, 语言规范。	能够应用相关知识分析解决实际工程问题, 论述清楚, 语言较规范。	基本能够应用相关知识分析解决实际工程问题, 论述基本清楚, 语言较规范。	基本概念不清楚甚至错误、论述不清楚。	0.40

2. 作业评价标准

基本要求	评价标准				权重
	90-100 分	75-89 分	60-74 分	0-59 分	
掌握分离工程的特征、分类及方法等; 掌握分离最小功及热力学功; 掌握膜分离的基本原理、分类。 (支撑课程目标 1、支撑毕业要求指标点 2-3)	按时交作业; 基本概念正确、论述逻辑清楚; 层次分明、语言规范。	按时交作业; 基本概念正确、论基本清楚; 语言较规范。	按时交作业; 基本概念基本正确、论述基本清楚; 语言较规范。	不能按时交作业, 有抄袭现象; 或者基本概念不清楚、论述不清楚。	0.30
结合所学相关知识, 能够对传质分离过程中的设计变量赋值, 并用归一法验证结论有效性。 (支撑课程目标 2、支撑毕业要求指标点 2-4)	按时交作业; 能够应用相关知识分析解决实际工程问题, 计算逻辑清楚, 结论合理。	按时交作业; 能够应用相关知识分析解决实际工程问题, 计算逻辑清楚, 结论较合理。	按时交作业; 基本能够应用相关知识分析解决实际工程问题, 计算逻辑清楚, 结论较合理。	不能按时交作业, 有抄袭现象; 或者计算逻辑不清楚, 结论不合理。	0.30
能够基于化工原理, 运用“简捷法”的思维方法, 形成对多组分物系分离的解决方案。(支撑课程目标 3、支撑毕业要求指标点 4-1)	按时交作业; 能够应用相关知识分析解决实际工程问题, 计算逻辑清楚, 结论合理。	按时交作业; 能够应用相关知识分析解决实际工程问题, 计算逻辑清楚, 结论较合理。	按时交作业; 基本能够应用相关知识分析解决实际工程问题, 计算逻辑较清楚, 结论较合理。	不能按时交作业, 有抄袭现象; 或者计算逻辑不清楚, 结论不合理。	0.40

3. 考试评价标准

基本要求	评价标准				权重
	90-100 分	75-89 分	60-74 分	0-59 分	

<p>掌握分离工程的特征、分类及方法等；掌握分离最小功及热力学效率；掌握膜分离的基本原理、分类。 (支撑课程目标 1、支撑毕业要求指标点 2-3)</p>	<p>分离工程的特征、分类及方法和膜分离的基本原理、分类等基本概念正确，分离最小功和热力学效率等判断问题正确，论述正确，语言简练。</p>	<p>分离工程的特征、分类及方法和膜分离的基本原理、分类等基本概念正确，分离最小功和热力学效率等判断问题正确，论述正确，语言较简练。</p>	<p>分离工程的特征、分类及方法和膜分离的基本原理、分类等基本概念较正确，分离最小功和热力学效率等判断问题正确，论述基本正确，语言较简练。</p>	<p>分离工程的特征、分类及方法和膜分离的基本原理、分类等基本概念不正确，分离最小功和热力学效率等判断问题不清或有原则性错误。</p>	<p>0.30</p>
<p>结合所学相关知识，能够对传质分离过程中的设计变量赋值，并用归一法验证结论有效性。 (支撑课程目标 2、支撑毕业要求指标点 2-4)</p>	<p>设计变量的选值正确，学会采用轻烃列线图估计相平衡常数，掌握多组分物系的泡点计算，计算逻辑清楚，结论合理。</p>	<p>设计变量的选值正确，学会采用轻烃列线图估计相平衡常数，掌握多组分物系的泡点计算。计算逻辑较清楚，结论较合理。</p>	<p>设计变量的选值正确，学会采用轻烃列线图估计相平衡常数，掌握多组分物系的泡点计算。计算逻辑较清楚，结论较合理。</p>	<p>设计变量的选值正确，学会采用轻烃列线图估计相平衡常数，掌握多组分物系的泡点计算。计算逻辑不清楚，结论不合理。</p>	<p>0.30</p>
<p>能够基于化工原理，运用“简捷法”的思维方法，形成对多组分物系分离的解决方案。(支撑课程目标 3、支撑毕业要求指标点 4-1)</p>	<p>能够根据清晰分割对多组分物系进行物料衡算，掌握多组分物系的“简捷法”计算，计算逻辑清楚，方案可行。</p>	<p>能够根据清晰分割对多组分物系进行物料衡算，掌握多组分物系的“简捷法”计算，计算逻辑清楚，方案较可行。</p>	<p>能够根据清晰分割对多组分物系进行物料衡算，掌握多组分物系的“简捷法”计算，计算逻辑较清楚，方案较可行。</p>	<p>能够根据清晰分割对多组分物系进行物料衡算，掌握多组分物系的“简捷法”计算，计算逻辑清楚，方案可行。</p>	<p>0.40</p>

六、参考书目及学习资料（主编，书名及版次，出版社，出版时间）

1. J. D. Seader 等[美]. 分离过程原理. 上海: 华东理工大学出版社. 2007.
2. 叶庆国等. 分离工程(第二版). 北京: 化学工业出版社. 2017.
3. 罗川南等. 分离科学基础. 北京: 科学出版社. 2012.
4. 邓修等. 化工分离工程. 北京: 科学出版社. 2013.

制定人:

审定人:

批准人:

年 月 日