

四川轻化工大学课程实施大纲

课程名称：化工原理 C

授课班级：自动 2021 级

任课教师：赵晨

工作部门：化学工程学院

联系方式：15895875001

四川轻化工大学 制

2023 年 9 月

《化工原理》课程实施大纲

基本信息

课程代码:

课程名称: 化工原理 C Unit Operations of Chemical Engineering C

学 分: 4

总 学 时: 48

学 期: 2025-2026-1

上课时间: 星期二 5-6 节, 7-8 节、星期四 5-6 节, 7-8 节

上课地点: 临港校区-LA5502、LA4507、LA5336

答疑时间和方式: 课前, 课间, 办公室, 邮件答疑, 电话答疑

答疑地点: 汇南校区第二实验楼 221

授课班级: 自动 2023 级

任课教师: 赵晨

学 院: 化学工程学院

邮 箱: 9370136890@qq.com

联系电话: 15895875001

目录

1. 教学理念	5
2. 课程介绍	5
2.1 课程的性质	5
2.2 课程在学科专业结构中的地位、作用	5
2.3 课程的历史与文化传统	6
2.4 课程的前沿及发展趋势	6
2.5 课程与经济社会的发展	6
2.6 课程内容可能涉及到的伦理与道德问题	7
2.7 学习本课程的必要性	7
3. 教师简介	7
3.1 教师的职称、学历	7
3.2 教育背景	7
3.3 研究兴趣（方向）	7
4. 先修课程	7
5. 课程目标	8
6. 课程内容	8
6.1 课程的内容概要	8
6.2 教学重点、难点	12
6.3 学时安排	13
7 课程实施	8
7.1 教学单元一	14
7.2 教学单元二	15
7.3 教学单元三	16
7.4 教学单元四	18
7.5 教学单元五	错误！未定义书签。
7.6 教学单元六	19
8. 课程要求	43

8.1 学生自学要求	43
8.2 课外阅读要求	43
8.3 课堂讨论要求	43
8.4 课程实践要求	43
9. 课程考核	44
9.1 出勤（迟到、早退等）、作业、报告等的要求	44
9.2 成绩的构成与评分规则说明	44
9.3 考试形式及说明	44
10. 学术诚信	45
10.1 考试违规与作弊处理	45
11. 课堂规范	45
12. 课程资源	46
12.1 教材与参考书	46
12.2 专业学术著作	46
12.3 专业刊物	47
12.4 网络课程资源	47
13. 教学合约	47
13.1 教师师德承诺	47
13.1 阅读课程实施大纲，理解其内容	48
13.2 同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望	48
14. 其他说明	48

1. 教学理念

由于化工原理 C 课程研究内容极为广泛，化学工程学科中除了反应过程以外，其他物理过程都是本课程涉及的范畴，化工原理课概念多、公式多、计算多，章节间缺乏衔接，是学生历来反应难学的课程。我校化工原理 C 的教材选择的是廖辉伟、杜怀明主编的《化工原理》。在多年的化工原理理论教学和化工原理课程设计指导过程中，积累了一些教学心得，本学期的教学应着重注重以下方面：

(1) 剖析领会教材主旨，在理论教学中强调工程设计理念。

(2) “教学形式和手段的多样化”也是大多数学生所期望的。采用结构合理、制作精美的多媒体课件进行教学，既能激发学生的学习兴趣，又可节约大量板书时间，从而提高教学效率。

(3) 尽可能多进行课堂练习。在完成某一知识点的讲授后，在课堂上及时给出一些相关的思考题让学生人人参与练习。

(4) 化工原理是一门工程性很强的课程。理论教学中注重学生工程观念的培养和处理工程问题的科学方法论的引导，注重学生分析、解决问题能力和创新能力的培养，对于培养学生的工程设计能力和专业素质，有着重要的意义。

2. 课程介绍

2.1 课程的性质

《化工原理 C》是自动化与信息工程专业一门重要的专业基础课，它的内容是讲述化工单元操作的基本原理、典型设备的结构原理、操作性能和设计计算。化工单元操作是组成各种化工生产过程、完成一定加工目的的基本过程，其特点是化工生产过程中以物理为主的操作过程，包括流体流动过程、传热过程和传质过程。

2.2 课程在学科专业结构中的地位、作用

化工原理为学生在具备了高等数学、物理学、计算机技术、分析化学、物理化学等基础知识后必修的技术基础课。

2.3 课程的历史与传统文化

《化工原理》这本教材最早是在 1923 年出版。《化工原理》阐述了各种单元操作的物理化学原理,提出了它们的定量计算方法,并从物理学等基础学科中吸取了对化学工程有用的研究成果(如雷诺关于湍流、层流的研究)和研究方法(如因次分析和相似论,奠定了化学工程作为一门独立工程学科的基础,影响了此后化学工程师的培养和化学工程的发展。

继《化工原理》后,也出现一批专门论述各种单元操作的著作,如 C. S. 鲁宾逊的《精馏原理》(1922)和《蒸发》(1926)、刘易斯的《化工计算》(1926)、麦克亚当斯的《热量传递》(1933)、T. K. 舍伍德的《吸收和萃取》(1937)相继问世。在《化工原理》中,华克尔等已经吸取了流体力学、传热学和关于质量传递的研究成果,因此在每一种单元操作中都贯穿质量质量传递。动量传递和热量传递。

现在出版的《化工原理》传承了以前教材的有点,还是从基本的质量守恒和能量守恒出发,推导各种单元操作中各种变量之间的关系,最终用于解决化工工程问题。

2.4 课程的前沿及发展趋势

培养学生地的工程观念、分析和解决单元操作中各种问题的能力。突出课程的实践性,使学生受到利用自然科学的基本原理解决实际工程问题的初步训练,提高学生的定量运算能力、实验技能、设计能力、单元操作的分析与调节能力。

2.5 课程与经济社会的发展

从十九世纪初期到本世纪,从化学工程概念的提出到单元操作概念的提出再到化工原理的出版,这个过程都是一个出现问题解决,最终形成理论的过程。化工原理不断发展的过程也是化学工业不断进步的过程,在社会经济的发展做出过巨大贡献,比如合成工业为农业提供氮肥,才有农业的腾飞,也为载人航天工程提供特殊宇航材料等等。课程不但与人息息相关,也为社会经济发展做出巨大贡献。

2.6 课程内容可能涉及到的伦理与道德问题

课程涉及到的伦理道德主要是在单元操作实验过程中应该保持实事求是的态度，对实验数据认真分析，不能编造实验数据。对实验结果认真分析。

2.7 学习本课程的必要性

通过本课程的学习，使学生掌握化工单元操作的基本原理、计算方法、典型设备以及有关的化学工程实用知识。并能用以分析和解决工程技术中的一般问题。以便对现行的化学工业生产过程进行管理，使设备能正常运转，进而对现行的生产过程及设备作各种改进以提高其效率，从而使生产获得最大限度的经济效益。为深入学习本专业后续课程及从事化工专业的实际工作打下基础。

3. 教师简介

3.1 教师的职称、学历

职称：讲师；学历：研究生

3.2 教育背景

2017.09~2022.06 南京工业大学读研究生 化学工程 工学博士；

2013.09~2017.06 江苏海洋大学读大学 化学工程与工艺 工学学士；

3.3 研究兴趣（方向）

主要从事氟材料的制备与应用方面的研究。

4. 先修课程

先修高等数学、无机化学、有机化学、分析化学、物理化学等课程。

5. 课程目标

化工原理课程的目的是使学生获得常见化工单元操作过程及设备的基础知识、基本理论和基本计算能力，并受到必要的基本操作技能训练。为学生学习后续专业课程和将来从事工程技术工作，实施常规工艺、常规管理和常规业务打好基础。具体目的如下：

- (1). 掌握流体流动、传热、传质等化工过程的基本原理和典型设备的构造及性能；
- (2). 通过本课程知识的系统学习，培养学生的工程观点和解决工程实际问题的能力，包括对化工单元操作进行工程计算的能力、正确运用工程图表的能力以及运用技术经济观点分析、解决工程实际问题的能力；
- (3). 通过学习一些处理工程问题的基本方法，如因次分析法、数学模型法、过程分解法、试差计算法和图解计算法等，使学生具备在不同场合选用不同方法处理工程问题的能力；
- (4). 通过对基本原理、工程计算和典型设备的讲授，培养学生从过程的基本原理出发，观察、分析、综合、归纳众多影响因素，从中找出问题的主要方面，运用所学知识解决工程问题的科学思维能力和创新思维能力；
- (5). 通过本课程学习，培养学生的自学能力和独立工作能力，能根据所处理问题的需要，寻找、阅读有关手册、参考书、文献资料并理解其内容。

6. 课程内容

6.1 课程的内容概要

绪论

(一) 内容概要

§ 一、本课程的研究对象、目的

§ 二、化学工程发展简介

§ 三、单位制与单位换算

§ 四、几个基本概念

第一章 流体流动

(一) 内容概要

§ 1-0 概述

§ 1-1 流体静力学基本方程式

§ 1-1-1 流体的密度

§ 1-1-2 流体的静压强

§ 1-1-3 流体静力学基本方程式

§ 1-1-4 流体静力学基本方程式的应用

§ 1-2 流体在管内的流动

§ 1-2-1 流量与流速

§ 1-2-2 定态流动与非定态流动

§ 1-2-3 连续性方程式

§ 1-2-4 能量衡算方程式

§ 1-2-5 柏努利方程式的应用

§ 1-3 流体的流动现象

§ 1-3-1 牛顿粘性定律与流体的粘性

§ 1-3-2 流动类型与雷诺准数

§ 1-3-3 滞流与湍流

§ 1-3-4 边界层的概念

§ 1-4 流体在管内的流动阻力

§ 1-4-1 流体在直管中的流动阻力

§ 1-4-2 管路的局部阻力

§ 1-4-3 管路系统中的总能量损失

§ 1-5 管路计算

§ 1-6 流量测量

第二章 流体输送机械

§ 2-1 离心泵

§ 2-1-1 离心泵的工作原理和主要部件

§ 2-1-2 离心泵的主要性能参数与特性曲线

§ 2-1-3 离心泵的气蚀现象和安装高度

§ 2-1-4 离心泵的工作点和流量调节

§ 2-1-离心泵的类型、选择与使用

§ 2-2 其他类型液体输送机械

§ 2-3 气体输送和压缩机械

第三章 传热

(一) 内容概要

§ 4-1 概述

§ 4-1-1 传热的基本方式

§ 4-1-2 传热过程中热、冷流体（接触）热交换的方式

§ 4-1-3 典型的间壁式换热器

§ 4-1-4 载热体及其选择

§ 4-2 热传导

§ 4-2-1 基本概念和傅立叶定律

§ 4-2-2 导热系数

§ 4-2-3 平壁的热传导

§ 4-2-4 圆筒壁的热传导

§ 4-3 对流传热

§ 4-3-1 对流传热速率方程和对流传热系数

§ 4-3-2 对流传热机理

§ 4-3-3 保温层的临界直径

§ 4-4 传热过程计算

§ 4-4-1 热量衡算

§ 4-4-2 总传热速率微分方程和总传热系数

§ 4-4-3 平均温度差法

§ 4-4-4 传热单元数法

§ 4-5 对流传热系数关联式

§ 4-5-1 影响对流传热系数的因素

§ 4-5-2 对流传热过程的因次分析

§ 4-5-3 流体无相变时的对流传热系数

§ 4-5-4 流体有相变时的对流传热系数

§ 4-5-5 壁温的估算

§ 4-6 辐射传热

§ 4-6-1 基本概念

§ 4-6-2 物体的辐射能力和有关定律

§ 4-6-3 两固体间的辐射传热

§ 4-6-4 对流和辐射的联合传热

§ 4-7 换热器

§ 4-7-1 间壁式换热器的类型

§ 4-7-2 列管式换热器的设计和选用

第四章 蒸馏

(一) 内容概要

§ 5-1 概述

§ 5-2 两组分溶液的气液平衡

§ 5-3 平衡蒸馏和简单蒸馏

§ 5-4 精馏原理和流程

§ 5-5 两组分连续精馏计算

§ 5-5-1 理论板的概念及恒摩尔流假定

§ 5-5-2 物料衡算和操作线

§ 5-5-3 进料热状况的影响

§ 5-5-4 理论板层数的计算

§ 5-5-5 回流比的影响及其选择

§ 5-5-6 简捷法求理论板层数

§ 5-5-7 塔高和塔径的计算

§ 5-5-8 精馏塔的操作和调节

6.2 教学重点、难点

绪 论

重 点：化工原理的工程性及研究方法。

难点：物、热衡算。

第一章 流体流动

重点：连续性方程；机械能衡算式。

难点：柏努利方程式的应用；边界层的形成与分离

第二章 流体输送机械

重点：离心泵的结构、工作原理、性能参数、特性曲线及应用

难点：离心泵的汽蚀余量和允许安装高度

第三章 传热

重点：传热基本方程式；对流传热系数的影响因素及计算。

难点：对流传热过程分析；最小值流体；

第四章 蒸馏

重点：理论板层数的计算，回流比的选择。

难点：气液平衡关系；精馏原理

6.3 学时安排

绪论 (2 学时)

第一章 流体流动 (10)

第二章 流体输送机械 (6 学时)

第三章 传热 (12 学时)

第四章 蒸馏 (14 学时)

7 课程实施

7.1 教学单元一

绪论

7.1.1 教学日期

课次：第 1 次。

7.1.2 教学目标

通过本章的教学，使学生掌握单位换算的方法，熟悉单元操作的概念及其在化工过程中的地位，物、热衡算的原则、衡算的方法和步骤了解化工原理的目的、任务、化学工程的发展简史，过程速率、平衡关系。

7.1.3 教学内容（含重点、难点）

一、本课程的研究对象、目的

二、化学工程发展简介

三、单位制与单位换算

四、几个基本概念

7.1.4 教学过程

教师介绍《化工原理》这门课的性质，举例说明它的基本研究内容，是学生对这门课有个初步、大致的了解。强调“三传”的重要性，举例单位换算的方法，解释物料衡算和能量衡算的守恒性。

7.1.5 教学方法

板书+多媒体。

7.1.6 作业安排及课后反思

无。

7.1.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

可以通过图片、期刊、杂志等，了解一下化工方面的概况。

7.1.8 参考资料

[1]顾玲，申奕主编.《化工单元操作训练》.天津大学出版社，2008.9 第1版，P1—7.

[2]王志魁主编.《化工原理》（第二版）.化学工业出版社，2004.6，P1—8.

7.2 教学单元二

7.2.1 教学日期

课次：第2次—第6次。

7.2.2 教学目标

通过本章的教学，使学生掌握流体的密度和粘度的定义、单位、影响因素及数据获取，压强的定义、表达方法、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，流体的流动类型及其判断、雷诺准数的计算，流体阻力的影响因素、流体在管内流动的机械能损失计算，管路的分类、简单管路计算及输送能力核算，液柱式压差计、测速管、孔板流量计和转子流量计的工作原理、基本结构、安装要求，因次分析的目的、意义、原理、方法、步骤。

7.2.3 教学内容（含重点、难点）

概述；流体静力学基本方程式：流体的密度，流体的静压强；流体静力学基本方程式；流体静力学基本方程式的应用；流体在管内的流动：流量与流速，定态流动与非定态流动，连续性方程式，能量衡算方程式，柏努利方程式的应用；流体的流动现象：牛顿粘性定律与流体的粘性，流动类型与雷诺准数，滞流与湍流，边界层的概念；流体在管内的流动阻力：流体在直管中的流动阻力，管路的局部阻力，管路系统中的总能量损失；管路计算；流量测量。

7.2.4 教学过程

教师用多媒体和板书讲解本章的基本概念、基本原理。用动画展示雷诺管、测速管、孔板流量计、U 管压差计、转子流量计的工作原理及工作过程。用插图展示流体静力学装置。

7.2.5 教学方法

板书+多媒体。

7.2.6 作业安排及课后反思

作业：本章课后习题：5、7、8、9、10、12、20、22

思考题：P81：1、5

7.2.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

可以通过图片、期刊、杂志、化工厂或实验室等，了解一下流体的管道、压差计方面的知识。

7.2.8 参考资料（具体到哪一章节或页码）

[1] 姚玉英，黄凤廉，陈常贵，柴诚敬编. 天津科学技术出版社，2005.7 第2版，P7-66.

[2] 张宏丽，周长丽，闫志谦编. 化学工业出版社，2006.6 第1版，P6—39.

7.3 教学单元三

7.3.1 教学日期

课次：第7次—第9次。

7.3.2 教学目标

通过本章的教学，使学生掌握以下内容：

离心泵的结构（主要部件及其作用）；工作原理；类型；气缚现象产生的原因及消除措施；离心泵的理论流量与理论扬程、离心泵的基本方程式及影响扬程、流量的主要因素；离心泵的主要性能参数（流量、扬程、轴功率、效率）；特性曲线的测定、换算和应用；离心泵的工作点及其调节；汽蚀现象（避免措施）、最小汽蚀余量、允许汽蚀

余量、最大吸上真空高度；允许吸上真空高度等概念及测定；泵的安装高度的确定；泵的主要型号及选择原则；正位移式输送设备的特点及操作要点。

7.3.3 教学内容（含重点、难点）

重点掌握：离心泵的结构、工作原理、性能参数、特性曲线及应用；影响离心泵性能的主要因素，离心泵特性曲线测定；管路特性曲线，离心泵的工作点及流量调节；离心泵的设计型计算与操作型计算、离心泵的操作要点

难点是允许吸上真空高度、必须汽蚀余量，确定泵的安装高度；

7.3.4 教学过程

教师用多媒体和板书讲解本章的基本概念、基本原理。用动画展示泵的气蚀现象和气缚现象。

7.3.5 教学方法

板书+多媒体+动画

7.3.6 作业安排及课后反思

作业：本章课后习题：1、2、3、5、8

思考题：P140：1、2、4

7.3.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

可以通过图片、期刊、杂志、化工厂或实验室等，了解一下泵及其结构方面的知识。

7.3.8 参考资料（具体到哪一章节或页码）

[1] 姚玉英，黄凤廉，陈常贵，柴诚敬编. 天津科学技术出版社，2005. 7 第2版，P67-90.

[2] 张宏丽，周长丽，闫志谦编. 化学工业出版社，2006. 6 第1版，P40—57.

7.4 教学单元四

传热

7.4.1 教学日期

课次：第 10 次—第 15 次。

7.3.2 教学目标

通过本章的教学，使学生掌握以下内容：

- 1、热传导基本原理，一维定常态傅立叶定律及应用，平壁及圆筒壁一维定常态热传导计算与分析
- 2、牛顿冷却定律，影响对流传热的主要因素
- 3、无相变管内强制对流的 α 关联式及应用；Nu、Re、Pr、Gr 等的物理意义及计算。正确选用 α 的计算式，注意其用法和使用条件。
- 4、传热计算：传热速率方程与热负荷的计算、平均温差推动力、总传热系数、污垢热阻、壁温计算、传热面积、加热程度和冷却程度计算、强化传热的途径。

7.3.3 教学内容（含重点、难点）

传热的基本方式及特点；定常传热及非定常传热的概念；傅立叶定律，一维定常导热的计算（平壁圆筒壁及球壁）；导热系数及其影响因素；对流传热过程分析，牛顿冷却定律，传热基本方程式及其应用（传热速率、平均温差、传热系数、污垢热阻和控制热阻）；热效率与传热单元数的概念及计算；对流传热的主要影响因素，对流传热系数准数关联式（熟练掌握管内强制湍流对流传热系数），壁温估算；辐射传热的基本概念，黑体、白体（镜体）、透热体和灰体，普朗克定律，斯蒂芬-波尔茨曼定律，克希霍夫定律，两物体间的辐射传热速率计算，角系数的概念，热损失的计算；常用换热器的结构特点，换热器设计原则、步骤。

7.3.4 教学过程

教师用多媒体和板书讲解本章的基本概念、基本原理。用动画展示管壳式换热器、套管式换热器的操作过程。用插图展示换热器的基本结构。

7.3.5 教学方法

板书+多媒体。

7.3.6 作业安排及课后反思

作业：本章课后习题：2、3、7、10、11、13

思考题：P293：2、9

7.3.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

可以通过图片、期刊、杂志、化工厂或实验室等，了解一下换热器及其结构方面的知识。

7.3.8 参考资料

[1] 姚玉英，黄凤廉，陈常贵，柴诚敬编. 天津科学技术出版社，2005.7 第2版，P199-284.

[2] 张宏丽，周长丽，闫志谦编. 化学工业出版社，2006.6 第1版，P92—124.

7.5 教学单元五

教学日期：

课次：第16次—第22次

章节 名称	第五章 蒸馏	课次/ 学时	16/2
----------	-----------	-----------	------

教学目标
1. 了解蒸馏的概念及分类； 2. 掌握相平衡关系。
主要内容
知识点： 1. 蒸馏、精馏； 2. 挥发度、相对挥发度、泡点方程、露点方程； 3. t-x-y 图。
重点：两组分相平衡关系 难点：相平衡关系的应用
教学过程及方法
1. 蒸馏、轻组分、重组分的概念（讲授法）： 蒸馏——利用溶液中各组分挥发性的差异，加热溶液使之部分汽化而分离溶液的操作。 轻组分：易挥发组分，沸点低、饱和蒸汽压高。 重组分：难挥发组分，沸点高、饱和蒸汽压低。 2. 蒸馏分类（讲授法），提出本章重点双组分常压连续精馏的原理和计算； <div><div><div>按操作原理</div><div>{</div><div>简单蒸馏</div><div>平衡蒸馏</div><div>精馏</div><div>特殊精馏</div></div><div><div>按操作压强</div><div>{</div><div>常压蒸馏</div><div>减压蒸馏</div><div>加压蒸馏</div></div></div> <div><div>按组分数</div><div>{</div><div>双组分精馏</div><div>多组分精馏</div></div>
本章重点：双组分常压连续精馏的原理和计算

3. 讨论蒸馏、精馏的分类及区别特点（比较法）；

精馏——在精馏设备内，使上升蒸汽与回流液体相互作用，进行多次部分汽化和多次部分冷凝，使溶液得以较完全分离的操作。

蒸馏是一次部分汽化

4. 特殊精馏：加盐精馏、共沸精馏（举例法）；

5. 相律、拉乌尔定律（讲授法）；

利用相律，让学生得出两组分常压连续精馏的自由度，当压强一定，组成可以表示成温度的函数，即温度与组成由意义对应关系。

拉乌尔定律：
$$p_A = p_A^0 x_A$$

1. 函数式、图形表达的相平衡关系。

相对挥发度表示的平衡关系

$$y = \frac{\alpha x}{1 + (\alpha - 1)x}$$

7. 下次课将介绍相平衡关系的应用及精馏原理，请预习相关内容。

本讲师生互动

1. 概念和定律讲解比较枯燥在讲蒸馏分类时可以引导学生去思考。
2. 让学生回答相律表达式，将相律应用到蒸馏中是自由度为多少？
3. 问学生在蒸馏过程中可以独立变化的量有哪些？

作业安排及课后反思

P73 1；课后要求阅读参考教材相关内容。

课前准备情况及其他相关特殊要求
预习教材相关内容。
参考资料
教材 P2~9，另参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

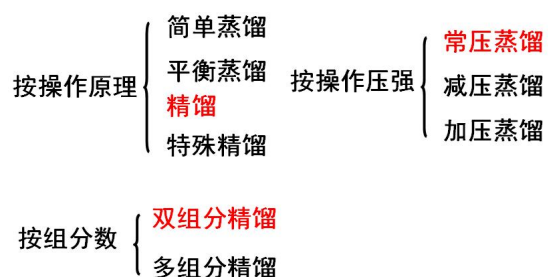
章节 名称	第六章 蒸馏	课次/ 学时	17/2
教学目标			
1. 了解蒸馏的概念及分类； 2. 掌握相平衡关系。			
主要内容			
知识点： 1. 蒸馏、精馏； 2. 挥发度、相对挥发度、泡点方程、露点方程； 3. $t-x-y$ 图。			
重点： 两组分相平衡关系 难点： 相平衡关系的应用			
教学过程及方法			
4. 蒸馏、轻组分、重组分的概念（讲授法）；			

蒸馏——利用溶液中各组分挥发性的差异，加热溶液使之部分汽化而分离溶液的操作。

轻组分：易挥发组分，沸点低、饱和蒸汽压高。

重组分：难挥发组分，沸点高、饱和蒸汽压低。

5. 蒸馏分类（讲授法），提出本章重点双组分常压连续精馏的原理和计算；



本章重点：双组分常压连续精馏的原理和计算

6. 讨论蒸馏、精馏的分类及区别特点（比较法）；

精馏——在精馏设备内，使上升蒸汽与回流液体相互作用，进行多次部分汽化和多次部分冷凝，使溶液得以较完全分离的操作。

蒸馏是一次部分汽化

4. 特殊精馏：加盐精馏、共沸精馏（举例法）；

5. 相律、拉乌尔定律（讲授法）；

利用相律，让学生得出两组分常压连续精馏的自由度，当压强一定，组成可以表示成温度的函数，即温度与组成由意义对应关系。

拉乌尔定律：
$$p_A = p_A^0 x_A$$

<p>2. 函数式、图形表达的相平衡关系。</p> <p>相对挥发度表示的平衡关系</p> $y = \frac{\alpha x}{1 + (\alpha - 1)x}$ <p>7. 下次课将介绍相平衡关系的应用及精馏原理，请预习相关内容。</p>	
本讲师生互动	
<p>4. 概念和定律讲解比较枯燥在讲蒸馏分类时可以引导学生去思考。</p> <p>5. 让学生回答相律表达式，将相律应用到蒸馏中是自由度为多少？</p> <p>6. 问学生在蒸馏过程中可以独立变化的量有哪些？</p>	
作业安排及课后反思	
P73 1；课后要求阅读参考教材相关内容。	
课前准备情况及其他相关特殊要求	
预习教材相关内容。	
参考资料	
教材 P2~9，另参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。	

章节 名称	第六章 蒸馏	课次/ 学时	18/2
教学目标			
1. 掌握两组分相平衡关系及其应用；			

<p>2. 理解精馏原理；</p> <p>3. 掌握恒摩尔流，全塔物料衡算。</p>
<p>主要内容</p>
<p>知识点：</p> <p>1. $x-y$ 图，相平衡关系应用；</p> <p>2. 精馏原理；</p> <p>3. 恒摩尔流，全塔物料衡算式。</p>
<p>重点：精馏原理</p> <p>难点：精馏原理</p>
<p>教学过程及方法</p>
<p>1. 提问式复习上次课内容；</p> <p>2. 讨论相平衡关系的影响及应用（举例法）；</p> <p>画出温度组成相图深入分析相图的构成（$t-x-y$ 图——四点、两线、三区），温度组成相图的应用（A. 分析精馏原理，B. 确定物料的温度），如何将温度组成相图演变成组成相图？组成相图的应用（精馏计算）</p> <p>7. 精馏原理（讲授法）；</p> <p>多次部分汽化</p> <p>多次部分冷凝</p> <p>用 $t-x-y$ 图分析经过多次部分汽化、多次部分冷凝可以分离混合溶液</p>

作业安排及课后反思
P73 5；课后要求阅读参考教材相关内容。
课前准备情况及其他相关特殊要求
预习教材相关内容。
参考资料
教材 P14~18，另参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

章节 名称	第六章 蒸馏	课次/ 学时	19/2
教学目标			
1. 掌握精馏塔的操作线方程和提馏段操作线方程。 2. 掌握进料热状况参数的计算			
主要内容			
知识点： 1. 精馏段操作线及其物理意义； 2. 提馏段操作线及其物理意义； 3. 进料热状况参数。			
重点：操作线及其意义 难点：进料热状况			

教学过程及方法

1. 抽问引导复习上一章课程要求内容；

2. 精馏段操作线方程、特点、意义（讲授法和图解法）；

通过物料衡算可得精馏段操作线方程

$$y_{N+1} = \frac{L}{V} x_N + \frac{Dx_D}{V} \quad \text{或} \quad y_{N+1} = \frac{R}{R+1} x_N + \frac{x_D}{R+1}$$

特点：直线，斜率 $R/(R+1)$ ，过 (x_D, x_D) 及 $(0, x_D/(R+1))$

要求学生能够在 x - y 相图中画出精馏段操作线

3. 提馏段操作线方程、特点、意义（讲授法和图解法）；

通过物料衡算可得提馏段操作线方程

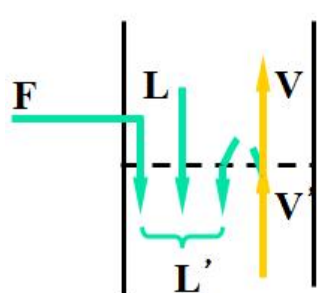
$$y_m = \frac{L'}{V'} x_{m-1} - \frac{W}{V'} x_W$$

特点：直线，斜率 L'/V' ，过 (x_W, x_W)

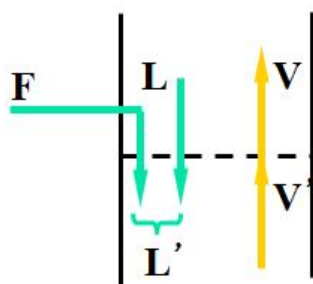
要求学生能够在 x - y 相图中画出精馏段操作线

4. 进料热状况参数及其求解推导（讲授法和图解法）。

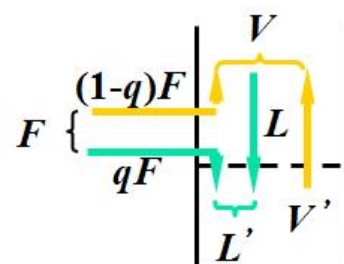
q ——进料热状况参数（每千摩尔进料能为提馏段带入的液体千摩尔数）



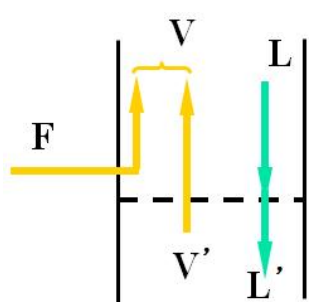
冷液进料



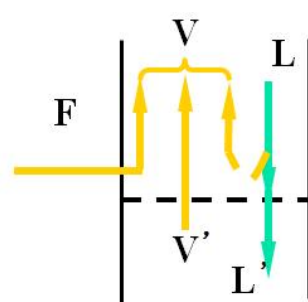
泡点进料



汽液混合进料



饱和蒸汽进料



过热蒸汽进料

通过对进料板进行物料和热量衡算，得到热状况参数 q 的计算式

$$q = \frac{L' - L}{F} = \frac{I_V - I_F}{I_V - i}$$

$$q \begin{cases} \text{冷液: } t < t_b & q > 1 \\ \text{泡点: } t = t_b & q = 1 \\ \text{露点: } t = t_d & q = 0 \\ \text{混合物: } t_b < t < t_d & 0 < q < 1 \\ \text{过热蒸气: } & q < 0 \end{cases}$$

4. 这部分内容重要要进行小结（比较法）

小结

$$y_{N+1} = \frac{R}{R+1} x_N + \frac{x_D}{R+1} \quad \text{过 } (x_D, x_D) \text{ 及 } (0, x_D/(R+1))$$

$$y_m = \frac{L'}{V'} x_{m-1} - \frac{W}{V'} x_W \quad \text{过 } (x_W, x_W) \text{ 及 } (x_q, y_q)$$

$$y = \frac{q}{q-1} x - \frac{x_F}{q-1} \quad \text{过 } (x_F, x_F), \text{ 斜率 } q/(q-1)$$

$$\begin{cases} L' = L + qF = RD + qF \\ V' = V - (1-q)F = (R+1)D - (1-q)F \end{cases}$$

6. 操作线方程及进料热状况参数讲完, 我们将进入本章的另一个重要内容理论板的求取请同学们认真预习相关内容。

本讲师生互动

1. 当推导出精馏段操作线后问精馏段操作线经过那两点? 能否在相图中画出精馏段操作线?

<p>2. 当推导出提馏段操作线后问提馏段操作线经过那两点？能否在相图中画出提馏段操作线？</p> <p>3. 根据现在已有的知识举出流体的热状况？能够举出多少来？</p> <p>4. 什么进料热状况能够使精馏段和提馏段的液相流量相等？</p> <p>5. 什么进料热状况能够使精馏段和提馏段的汽相流量相等？</p>
作业安排及课后反思
P73 6~7；课后要求阅读参考教材相关内容。
课前准备情况及其他相关特殊要求
预习教材相关内容。
参考资料
教材 P18~22，另参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

章节名称	第六章 蒸馏	课次/ 学时	20/2
教学目标			

1. 掌握理论板数的求取。
主要内容
<p>知识点：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 进料热状况方程及其物理意义； 2. 逐板计算法求解理论板数； 3. 图解法求解理论板数。 4. 进料位置的选择
<p>重点：理论板数求取</p> <p>难点：进料热状况方程</p>
教学过程及方法
<ol style="list-style-type: none"> 1. 抽问引导，复习上次课主要内容； 2. 进料热状况方程及其物理意义（图解法） <p>进料热状况方程即为精馏段操作线和提馏段操作线交点的轨迹方程</p> $\left\{ \begin{array}{l} Fx_F = Dx_D + Wx_W \\ V - V' = (1 - q)F \\ L'F - L = qF \\ V'y = L'x - Wx_W \\ Vy = Lx + Dx_D \end{array} \right. \quad \longrightarrow \quad y = \frac{q}{q-1}x - \frac{x_F}{q-1}$ <p>特点：特点：直线，斜率 $q/(q-1)$，过 (x_F, x_F)</p> <p>要求能在相图中画出五种进料热状况的 q 线</p>

7. 逐板计算法求理论板数（推导法和讲授法）；

$$x_D = y_1 \xrightarrow{\text{平衡}} x_1 \xrightarrow{\text{精操}} \dots \xrightarrow{\text{平衡}} x_n$$

$x_n \leq x_q$, 进入提馏段, $N_{\text{精}} = n - 1$

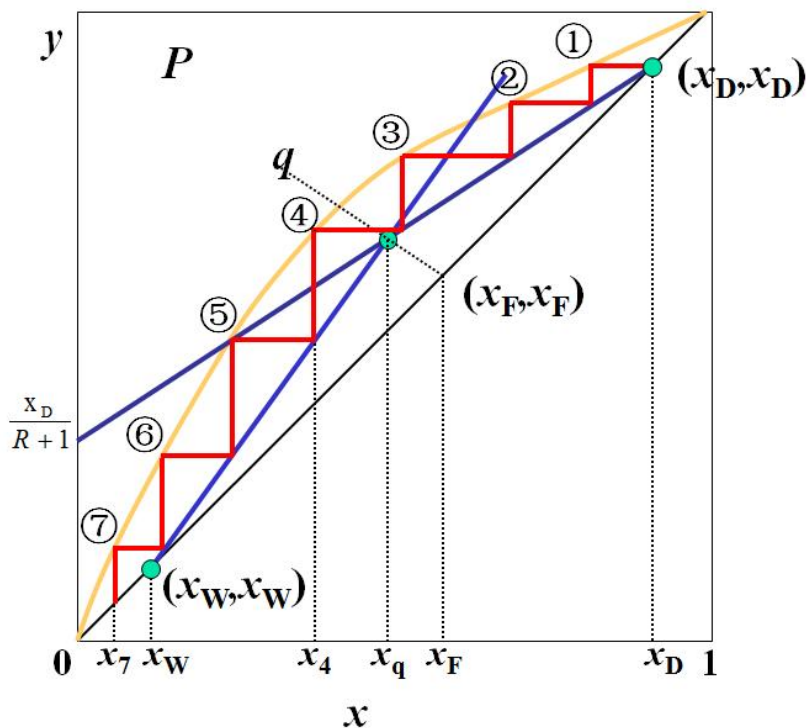
$$x_n = x_1 \xrightarrow{\text{提操}} y_2 \xrightarrow{\text{平衡}} \dots \xrightarrow{\text{平衡}} x_m$$

$x_m \leq x_w$, 计算结束

$$N_{\text{提}} = \begin{cases} m & x_m = x_w \\ m - 1 + \frac{x_{m-1} - x_w}{x_{m-1} - x_m} & x_m < x_w \end{cases} \quad N \text{ 含再沸器}$$

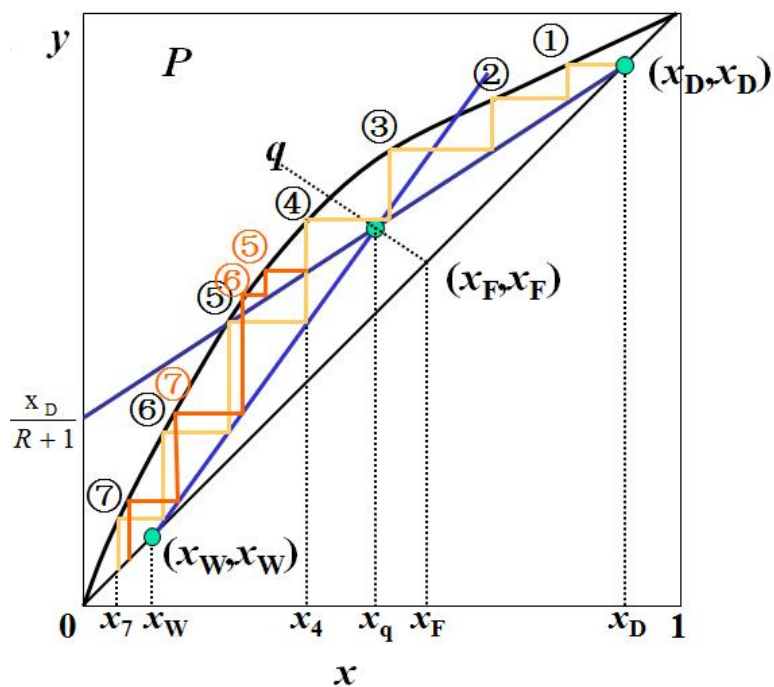
5. 梯级图法求理论板数

讲解如何绘制梯级图如何计算理论板数



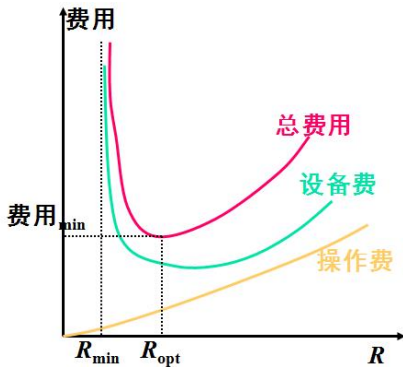
4. 图解法求理论板（图解法）；用画图的方式详细介绍求解过程；

5. 适宜的进料位置（图解法和比较法），在图中比较的画出不同进料位置所需的理论板数



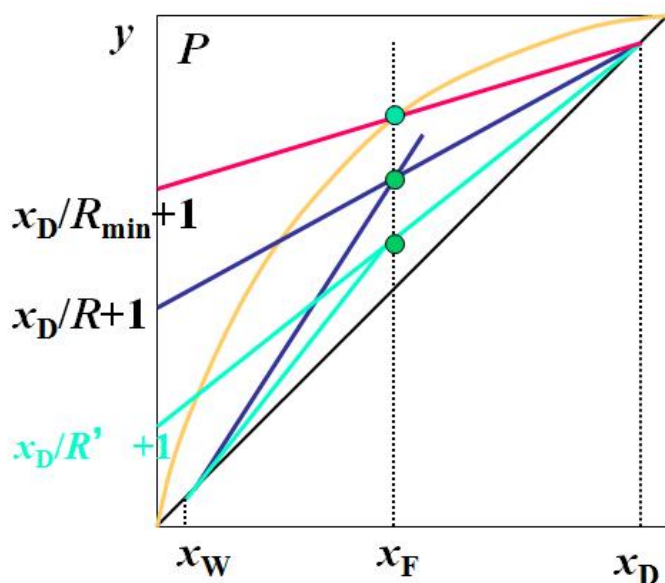
6. 理论板数应该能求取了,但能否清楚理论板数主要受什么条件影响? 主要受回流比的影响下次课将讲回流比的影响及求取, 请预习相关内容。
本讲师生互动
1. 比较两种求取理论板层数的方法找出优缺点? 2. 在用梯级图法求理论板数时, 为什么跨过交点要交换操作线做图? 3. 回流比要影响理论板数吗?
作业安排及课后反思
P73 6~7; 课后要求阅读参考教材相关内容。
课前准备情况及其他相关特殊要求
预习教材相关内容。
参考资料
教材 P18~22, 另参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

章节 名称	第六章 蒸馏	课次/ 学时	21/2
教学目标			
1. 了解回流比的影响 2. 掌握回流比的求取 3. 了解全回流和简捷法求理论板层数 4. 掌握最少理论板层数的求取			

<p>主要内容</p>
<p>知识点：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 回流比的影响及求取 2. 全回流及最少理论板层数 3. 简捷法求理论板层数
<p>重点：回流比</p> <p>难点：最少理论板</p>
<p>教学过程及方法</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. 回流比的影响（讲授法和图解法） <p>从设计的角度分析回流比对设备费用和操作费用及总费用的影响并画出费用与回流比的关系图进行说明</p>  <p>从产品质量的角度分析回流比与产品质量的关系</p> 2. 全回流及最小理论板层数（讲授法） <p>全回流的特点和应用</p> <p>最小理论板层数的推导求取并得到最小理论板层数的计算公式</p>

$$N_{\min} = \frac{\lg \left[\frac{x_D (1 - x_W)}{(1 - x_D) x_W} \right]}{\lg \alpha}$$

3. 回流比减小过程分析（图解法）

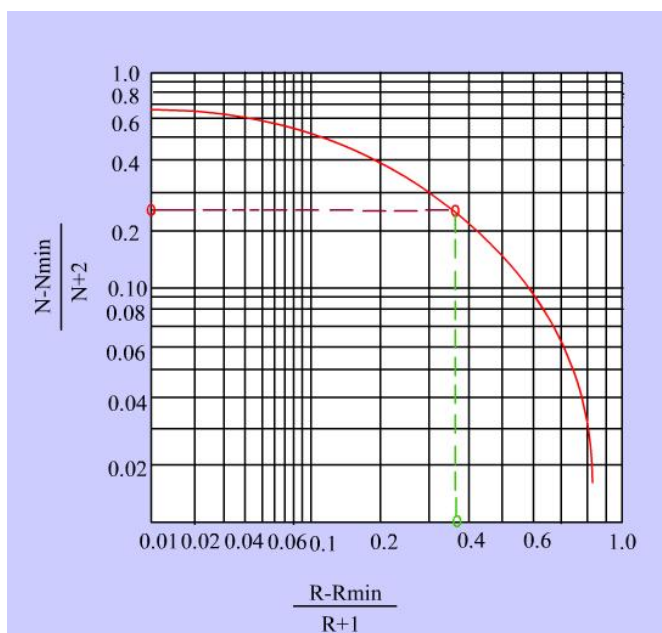


4. 最下回流比的计算

通过图解得到斜率与交点之间的关系，然后求出最小回流比

$$\frac{R_{\min}}{R_{\min} + 1} = \frac{x_D - y_q}{x_D - x_q} \quad \rightarrow \quad R_{\min} = \frac{x_D - y_q}{y_q - x_q}$$

5. 简捷法求理论板数（图解法和动画法）



如何用吉利兰图求理论板数，吉利兰图求解的步骤。

6. 引出下节课的主要内容，预习相关内容

本讲师生互动

1. 回流比增大和减小，操作费用和设备费用如何变化？
2. 交点落到平衡线以外会出现什么情况？
2. 回流比增大产品质量会如何变化？

作业安排及课后反思

P8、11、12；课后要求阅读参考教材相关内容。

课前准备情况及其他相关特殊要求

预习教材相关内容。

参考资料

教材 P28-35，另参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

章节 名称	第六章 蒸馏	课次/ 学时	22/2
教学目标			
1. 了解其他情况理论板的求取			
主要内容			
<p>知识点：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 塔顶采用分凝器和冷液回流 2. 提留塔 3. 直接蒸气加热 4. 多侧线塔 			
<p>重点：理论板的求取</p> <p>难点：多侧线塔的物料衡算</p>			
教学过程及方法			
<ol style="list-style-type: none"> 1. 塔顶采用分凝器的理论板求取（比较法） 与饱和液体回流比较，可以得出分凝器就相当于一层理论板，当把分凝器看成理论板后计算过程与饱和液体回流一模一样。 2. 塔顶冷液回流的理论板求取（讲授法） 重点讲解实际回流比与控制回流比之间的关系 3. 提留塔的理论板求取（讲授法） 			

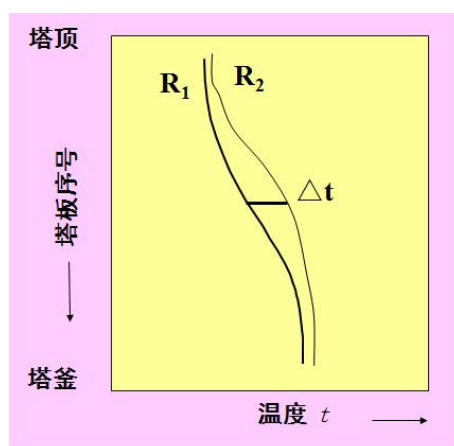
<p>找出这种塔的特殊性，只有提馏段没有精馏段。</p> <p>4. 直接蒸气加热（比较法）</p> <p>比较间接蒸气加热与直接蒸气加热提馏段操作线的区别，直接绘制直接蒸气加热的提馏段操作线求理论板层数</p> <p>5. 多侧线塔</p> <p>主要是通过物料衡算求取各段的操作线，关键是物料衡算范围和侧线处的物料衡算</p> <p>6. 引出下节课的主要内容，预习相关内容</p>
本讲师生互动
<ol style="list-style-type: none"> 1. 分析完分凝器后，问分凝器与理论板的关系？ 2. 冷液回流的 K 值计算，与冷液进料的 q 值之间的关系？ 3. 画出提留塔的流程后问这种塔有什么特殊性？
作业安排及课后反思
P13；课后要求阅读参考教材相关内容。
课前准备情况及其他相关特殊要求
预习教材相关内容。
参考资料
教材 P35-41，另参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

章节 名称	第三章 蒸馏	课次/ 学时	23/2
教学目标			
1. 掌握板效率和全塔效率的计算 2. 掌握精馏装置的热衡算 3. 掌握灵敏板的概念			
主要内容			
知识点： 1. 点效率、板效率、全塔效率 2. 冷凝器和再沸器的热衡算 3. 塔高、塔径的计算 4. 灵敏板的概念			
重点：效率的计算 难点：灵敏板的理解			
教学过程及方法			
1. 点效率（讲授法） $E_{mp} = \frac{y'_n - y'_{n+1}}{y'_n - y'_{n+1}} = \frac{\text{考察点的实际传质效果}}{\text{考察点最大可能传质效果}}$ 写出公式解释点效率的定义 2. 板效率（讲授法和图解法）			

$$E_{mv} = \frac{y_n - y_{n+1}}{y_n^* - y_{n+1}} = \frac{\text{实际平均传质效果}}{\text{最大可能平均传质效果}}$$

重点介绍板效率的定义，画出某一块板对液相和气相进行分析

3. 全塔效率（讲授法）
4. 热量衡算（讲授法）
5. 塔高、塔径的计算（讲授法）
6. 灵敏板（图解法）



通过绘制塔板与温度之间的关系解释灵敏板的概念。

7. 引出下节课的主要内容，预习相关内容

本讲师生互动

1. 讲完点效率和板效率后可以提出点效率与板效率之间的关系给学生讨论。
2. 如果全塔各板效率相同，是否等于 ET？
3. 讨论进料的温度如何对理论板层数及精馏热量的影响？

作业安排及课后反思

P14-15；课后要求阅读参考教材相关内容。

课前准备情况及其他相关特殊要求
预习教材相关内容。
参考资料
教材 P41-51，另参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

8. 课程要求

8.1 学生自学要求

- (1) 完成课后习题。
- (2) 一些浅显易懂的需要了解的内容学生自己看书。
- (3) 预习可以是自己能快速有效的跟上老师的教学思路，事先完成对教科书及其他相关资料的阅读，才能更好的理解老师所讲所做，才能在课堂中提出问题并有效解决问题。

8.2 课外阅读要求

可以在图书馆阅读一些《化工原理》、《化工原理习题集》、《化工手册》及《化工物性手册》等相关方面的书籍；可以在期刊杂志或电子网刊上阅读与本课程相关的参考资料。

8.3 课堂讨论要求

课堂讨论积极、活跃、课堂氛围及秩序好。

8.4 课程实践要求

本门课程理论讲完后，会自己动手做化工原理实验（包括原理及操作部分）；做化工原理课程设计时，会设计某一单元设备，比如换热器、吸收塔、精馏塔等。

9. 课程考核

9.1 出勤（迟到、早退等）、作业、报告等的要求

出勤：本课程的学习中，选课同学应该主动遵守四川理工学院学生管理条例中关于出勤的相关政策规定。 本课程将采用倒扣分的形式， 即对无故缺席的同学，每缺席 1 次平均平时成绩扣 5 分，直至扣完。此外，请假的同学务必在上课前出示假条，后补假条无效。

迟到与早退：上课铃后进入教室的同学算迟到，下课铃前擅自离开教室的同学算早退。迟到和早退一次扣 2 分

作业：每缺交一次作业平均平时成绩扣扣 5 分。

9.2 成绩的构成与评分规则说明

根据《化工原理 C》课程教学大纲要求，总评成绩 = 30~40% 平时成绩 + 70~60% 卷面成绩。平时成绩主要由出勤、课堂发言和课后作业组成。出勤不加分，仅扣分，具体扣分细节详见 9.1 节出勤作业考核方式；课堂发言随机抽点同学的方式，也可主动回答，教师根据题目的难易程度以及抽点同学回答情况给出等级分数， 等级分数与百分制分数换算如下：A+:95，A:90，B+:85，B:80，以此类推。

9.3 考试形式及说明

《化工原理》课程考试为闭卷考试，具体考试要求按四川理工学院教务处规定执行。如果该课程总评成绩不及格（即该课程总评成绩 <60 分），将有且仅有一次补考机会，如果补考仍不及格，则需要重修本课程。

10. 学术诚信

10.1 考试违规与作弊处理

考试违规与作弊处理依据《四川理工学院学生考试违纪和作弊处理办法》执行

11. 课堂规范

教学过程中应遵守必要的道德礼仪规范，请同学尽量做到以下几点：

- (1) 上课期间不玩手机，请关闭手机，或将手机调至振动模式；
- (2) 请注意服装礼仪，无故穿拖鞋、背心的同学请不要进入教室；
- (3) 上课期间请不要说话或大声喧哗，干扰其他同学听课与思考；
- (4) 迟到的同学请安静地找座位坐下，并认真听讲；
- (5) 若在课堂期间有私事需要处理，请安静离开，到教室外解决后安静地回到座位上；
- (6) 课堂讲授过程中若需表达自己的观点前，请举手示意，得到允许后发言；
- (7) 课堂提问过程中请不要随意提醒或帮答，若想阐述自己的观点，需在答题同学言毕后，举手示意，得到允许后发言；
- (8) 课堂讨论过程中请注意聆听别人的观点，发表自己观点时不许涉及人身攻击。

12. 课程资源

12.1 教材与参考书

教材:

(1)廖辉伟, 杜怀明主编《化工原理》化学工业出版社

参考书:

(1)谭天恩, 麦本熙, 丁惠华《化工原理》化学工业出版社

(2)陈敏恒编《化工原理》化学工业出版社(二十一世纪教材)

(3)Warren L.McCabe, Julian C.Smith and Peter Harriott Unit
Operations of Chemical Engineering(Sixth Edition) 化学工业出版社(英文影印版)

12.2 专业学术著作

李裕.化工原理课堂教学中生活常识联想.化工高等教育,2005,(2):32—34. 本文章针对化工原理课程具有概念多、公式烦琐、单元操作多样和实践性强的特点,在化工原理课堂教学中引入生活常识联想,通过提问、讨论、置疑、引导等方式增加了教学过程中的科学性和趣味性,从而激发了学生学习的积极性,提高了教学效果和教学质量。

田怡. 提高学生对“化工原理”学习兴趣的探索. 乐山师范学院学报,2005,30(4):122—125. 本文章介绍了化工原理是化工类及相近专业的一门重要专业基础课,是由基础课学习过渡到专业课学习的一座桥梁,对学生工程观念的养成、工程分析和实践能力的培养起着重要作用。文章通过问卷调查结合教学经验的方式,分析了目前教学中存在的问题,并主要针对如何提高学生学习兴趣这个问题做了一些探索。

12.3 专业刊物

(1) 中国科学院基础科学局、化学部、文献情报中心和国家自然科学基金委员会化学科学部共同主办，化工进展；

(2) 中国科学技术协会主管、中国化工学会和化学工业出版社共同主办，化工学报

12.4 网络课程资源

(1) <http://emuch.net/bbs> 小木虫论坛

(2) <http://bbs.hcbbs.com> 海川化工论坛

(3) 学校图书馆的超星数字图书

13. 教学合约

13.1 教师师德承诺

我作为一名光荣的大学教师，担负着教书育人的重任，为了认真履行教师职责，严格遵守教师职业道德规范，形成自己良好的师德师风，争做一名师德高尚的教育工作者，我郑重承诺：

一、爱国守法。拥护党的领导，自觉遵守《义务教育法》、《教师法》等法律法规，全面贯彻国家教育方针，教育教学中同党和国家的方针政策保持一致，不得有违背党和国家方针政策的言行。

二、爱校敬业。热爱学校，勤于进取，精于业务，无私奉献。自觉维护学校荣誉，努力做到认真备课、上课、作业、批改、辅导、考查，切实改进教法，高质量地完成教学工作。

三、教书育人。以培养创新能力为目标，造就有理想、有道德、有文化、有纪律的，德、智、体全面发展的社会主义建设和接班人。自觉抵制封建迷信和邪教活动，不传播有害学生身心健康的思想。

四、为人师表。坚守高尚情操，遵守社会公德。知荣明耻，身体力行、言行一致。衣着得体，语言规范，举止文明。关心集体，团结协作，尊重同事，尊重家长。自觉抵制社会不良风气影响。

五、终身学习。崇尚科学精神，树立终身学习理念，拓宽知识视野，更新知识结构。潜心钻研业务，勇于探索创新，不断提高专业素养和教育教学水平。

六、关爱学生。关心爱护全体学生，尊重学生人格，平等公正对待学生，保护学生安全，关心学生健康，维护学生权益。

13.1 阅读课程实施大纲，理解其内容

学生应仔细阅读本大纲，了解本课程的重要性及实用性，熟悉各章节的重点、难点，以便在学习过程中实施。

13.2 同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望

每个学生应认真阅读本大纲，并遵守本大纲

14. 其他说明

如果同学们对本课程实施有意见和建议，欢迎大家提出，我会在今后的教学过程中不断的完善课程实施大纲，以便更进一步的提高教育质量。