



# 四川理工学院课程实施大纲

课程名称：化工原理（下）

---

授课班级：生物 2016（卓越）

---

任课教师：杜怀明

---

工作部门：化学工程学院

---

联系方式：13541669678

---

四川理工学院 制

2017 年 1 月

# 《化学原理（下册）》课程实施大纲

## 基本信息

课程代码：

课程名称：化工原理（下）

学 分：3.5

总 学 时：56

学 期：2018-2019-1

上课时间：3-17 周

上课地点：LA4-405

答疑时间和方式：课前，课间和课后，考前集中

答疑地点：上课教室，N2S-215

授课班级：生物 2016（卓越）

任课教师：杜怀明

学 院：化学工程学院

邮 箱：susedhm@163.com

联系电话：13541669678

# 目 录

<b>1. 教学理念</b> .....	<b>1</b>
<b>2. 课程描述</b> .....	<b>2</b>
2.1 课程的性质.....	2
2.2 课程在学科专业结构中的地位、作用.....	2
2.3 课程的历史与文化传统.....	2
2.4 课程的前沿及发展趋势.....	2
2.5 课程与经济社会发展的关系.....	3
2.6 课程内容可能涉及到的伦理与道德问题.....	3
2.7 学习本课程的必要性.....	4
<b>3. 教师简介</b> .....	<b>5</b>
3.1 教师的职称、学历.....	5
3.2 教育背景.....	5
3.3 研究方向（兴趣）.....	5
<b>4. 先修课程</b> .....	<b>6</b>
<b>5. 课程目标</b> .....	<b>7</b>
<b>6. 课程内容</b> .....	<b>8</b>
6.1 课程的内容概要.....	8
6.2 教学重点、难点.....	9
6.3 学时安排.....	11
<b>7. 课程教学实施</b> .....	<b>12</b>
7.1 教学单元一.....	12

7.1.1 教学日期.....	12
7.1.2 教学目标.....	12
7.1.3 教学内容（含重点、难点）.....	12
7.1.4 教学过程.....	12
7.1.5 教学方法.....	13
7.1.6 作业安排及课后反思.....	13
7.1.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	13
7.1.8 参考资料.....	13
7.2 教学单元二.....	13
7.2.1 教学日期.....	13
7.2.2 教学目标.....	13
7.2.3 教学内容（含重点、难点）.....	13
7.2.4 教学过程.....	14
7.2.5 教学方法.....	14
7.2.6 作业安排及课后反思.....	14
7.2.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	14
7.2.8 参考资料.....	14
7.3 教学单元三.....	14
7.3.1 教学日期.....	14
7.3.2 教学目标.....	15
7.3.3 教学内容（含重点、难点）.....	15
7.3.4 教学过程.....	15



7.3.5 教学方法.....	15
7.3.6 作业安排及课后反思.....	15
7.3.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	15
7.3.8 参考资料.....	16
7.4 教学单元四.....	16
7.4.1 教学日期.....	16
7.4.2 教学目标.....	16
7.4.3 教学内容（含重点、难点）.....	16
7.4.4 教学过程.....	16
7.4.5 教学方法.....	17
7.4.6 作业安排及课后反思.....	17
7.4.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	17
7.4.8 参考资料.....	17
7.5 教学单元五.....	17
7.5.1 教学日期.....	17
7.5.2 教学目标.....	17
7.5.3 教学内容（含重点、难点）.....	18
7.5.4 教学过程.....	18
7.5.5 教学方法.....	19
7.5.6 作业安排及课后反思.....	19
7.5.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	19
7.5.8 参考资料.....	19

7.6 教学单元六.....	19
7.6.1 教学日期.....	19
7.6.2 教学目标.....	19
7.6.3 教学内容（含重点、难点）.....	19
7.6.4 教学过程.....	20
7.6.5 教学方法.....	20
7.6.6 作业安排及课后反思.....	20
7.6.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	20
7.6.8 参考资料.....	20
7.7 教学单元七.....	21
7.7.1 教学日期.....	21
7.7.2 教学目标.....	21
7.7.3 教学内容（含重点、难点）.....	21
7.7.4 教学过程.....	21
7.7.5 教学方法.....	22
7.7.6 作业安排及课后反思.....	22
7.7.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	22
7.7.8 参考资料.....	22
7.8 教学单元八.....	22
7.8.1 教学日期.....	22
7.8.2 教学目标.....	22
7.8.3 教学内容（含重点、难点）.....	22

7.8.4 教学过程.....	23
7.8.5 教学方法.....	23
7.8.6 作业安排及课后反思.....	23
7.8.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	23
7.8.8 参考资料.....	24
7.9 教学单元九.....	24
7.9.1 教学日期.....	24
7.9.2 教学目标.....	24
7.9.3 教学内容（含重点、难点）.....	24
7.9.4 教学过程.....	24
7.9.5 教学方法.....	25
7.9.6 作业安排及课后反思.....	25
7.9.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	25
7.9.8 参考资料.....	25
7.10 教学单元十.....	25
7.10.1 教学日期.....	25
7.10.2 教学目标.....	25
7.10.3 教学内容（含重点、难点）.....	25
7.10.4 教学过程.....	26
7.10.5 教学方法.....	26
7.10.6 作业安排及课后反思.....	26
7.10.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	26

7.10.8 参考资料.....	26
7.11 教学单元十一.....	26
7.11.1 教学日期.....	26
7.11.2 教学目标.....	27
7.11.3 教学内容（含重点、难点）.....	27
7.11.4 教学过程.....	27
7.11.5 教学方法.....	28
7.11.6 作业安排及课后反思.....	28
7.11.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	28
7.11.8 参考资料.....	28
7.12 教学单元十二.....	28
7.12.1 教学日期.....	28
7.12.2 教学目标.....	28
7.12.3 教学内容（含重点、难点）.....	28
7.12.4 教学过程.....	29
7.12.5 教学方法.....	29
7.12.6 作业安排及课后反思.....	29
7.12.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	29
7.12.8 参考资料.....	30
7.13 教学单元十三.....	30
7.13.1 教学日期.....	30
7.13.2 教学目标.....	30

7.13.3 教学内容（含重点、难点） .....	30
7.13.4 教学过程.....	30
7.13.5 教学方法.....	31
7.13.6 作业安排及课后反思.....	31
7.13.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	31
7.13.8 参考资料.....	31
7.14 教学单元十四 .....	31
7.14.1 教学日期.....	31
7.14.2 教学目标.....	31
7.14.3 教学内容（含重点、难点） .....	32
7.14.4 教学过程.....	32
7.14.5 教学方法.....	33
7.14.6 作业安排及课后反思.....	33
7.14.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	33
7.14.8 参考资料.....	33
7.15 教学单元十五 .....	33
7.15.1 教学日期.....	33
7.15.2 教学目标.....	33
7.15.3 教学内容（含重点、难点） .....	33
7.15.4 教学过程.....	34
7.15.5 教学方法.....	34
7.15.6 作业安排及课后反思.....	34

7.15.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	34
7.15.8 参考资料.....	35
7.16 教学单元十六.....	35
7.16.1 教学日期.....	35
7.16.2 教学目标.....	35
7.16.3 教学内容（含重点、难点）.....	35
7.16.4 教学过程.....	35
7.16.5 教学方法.....	36
7.16.6 作业安排及课后反思.....	36
7.16.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	36
7.16.8 参考资料.....	36
7.17 教学单元十七.....	36
7.17.1 教学日期.....	36
7.17.2 教学目标.....	36
7.17.3 教学内容（含重点、难点）.....	36
7.17.4 教学过程.....	37
7.17.5 教学方法.....	37
7.17.6 作业安排及课后反思.....	37
7.17.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	37
7.17.8 参考资料.....	38
7.18 教学单元十八.....	38
7.18.1 教学日期.....	38

7.18.2 教学目标.....	38
7.18.3 教学内容（含重点、难点） .....	38
7.18.4 教学过程.....	38
7.18.5 教学方法.....	39
7.18.6 作业安排及课后反思.....	39
7.18.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	39
7.18.8 参考资料.....	39
7.19 教学单元十九.....	39
7.19.1 教学日期.....	39
7.19.2 教学目标.....	39
7.19.3 教学内容（含重点、难点） .....	39
7.19.4 教学过程.....	40
7.19.5 教学方法.....	40
7.19.6 作业安排及课后反思.....	40
7.19.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	40
7.19.8 参考资料.....	40
7.20 教学单元二十.....	41
7.20.1 教学日期.....	41
7.20.2 教学目标.....	41
7.20.3 教学内容（含重点、难点） .....	41
7.20.4 教学过程.....	41
7.20.5 教学方法.....	41

7.20.6 作业安排及课后反思.....	41
7.20.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	42
7.20.8 参考资料.....	42
7.21 教学单元二十一.....	42
7.21.1 教学日期.....	42
7.21.2 教学目标.....	42
7.21.3 教学内容（含重点、难点）.....	42
7.21.4 教学过程.....	42
7.21.5 教学方法.....	43
7.21.6 作业安排及课后反思.....	43
7.21.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	43
7.21.8 参考资料.....	43
7.22 教学单元二十二.....	43
7.22.1 教学日期.....	43
7.22.2 教学目标.....	43
7.22.3 教学内容（含重点、难点）.....	43
7.22.4 教学过程.....	44
7.22.5 教学方法.....	44
7.22.6 作业安排及课后反思.....	44
7.22.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	44
7.22.8 参考资料.....	44
7.23 教学单元二十三.....	44



7.23.1 教学日期.....	44
7.23.2 教学目标.....	45
7.23.3 教学内容（含重点、难点） .....	45
7.23.4 教学过程.....	45
7.23.5 教学方法.....	45
7.23.6 作业安排及课后反思.....	45
7.23.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	46
7.23.8 参考资料.....	46
7.24 教学单元二十四.....	46
7.24.1 教学日期.....	46
7.24.2 教学目标.....	46
7.24.3 教学内容（含重点、难点） .....	46
7.24.4 教学过程.....	46
7.24.5 教学方法.....	47
7.24.6 作业安排及课后反思.....	47
7.24.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	47
7.24.8 参考资料.....	47
7.25 教学单元二十五.....	47
7.25.1 教学日期.....	47
7.25.2 教学目标.....	47
7.25.3 教学内容（含重点、难点） .....	47
7.25.4 教学过程.....	48

7.25.5 教学方法.....	48
7.25.6 作业安排及课后反思.....	48
7.25.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	48
7.25.8 参考资料.....	48
7.26 教学单元二十六.....	49
7.26.1 教学日期.....	49
7.26.2 教学目标.....	49
7.26.3 教学内容（含重点、难点）.....	49
7.26.4 教学过程.....	49
7.26.5 教学方法.....	50
7.26.6 作业安排及课后反思.....	50
7.26.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	50
7.26.8 参考资料.....	50
7.27 教学单元二十七.....	50
7.27.1 教学日期.....	50
7.27.2 教学目标.....	50
7.27.3 教学内容（含重点、难点）.....	50
7.27.4 教学过程.....	51
7.27.5 教学方法.....	51
7.27.6 作业安排及课后反思.....	51
7.27.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	51
7.27.8 参考资料.....	51

7.28 教学单元二十八.....	52
7.28.1 教学日期.....	52
7.28.2 教学目标.....	52
7.28.3 教学内容（含重点、难点）.....	52
7.28.4 教学过程.....	52
7.28.5 教学方法.....	53
7.28.6 作业安排及课后反思.....	53
7.28.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	53
7.28.8 参考资料.....	53
7.29 教学单元二十九.....	53
7.29.1 教学日期.....	53
7.29.2 教学目标.....	53
7.29.3 教学内容（含重点、难点）.....	53
7.29.4 教学过程.....	54
7.29.5 教学方法.....	54
7.29.6 作业安排及课后反思.....	54
7.29.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	54
7.29.8 参考资料.....	54
7.30 教学单元三十.....	54
7.30.1 教学日期.....	54
7.30.2 教学目标.....	54
7.30.3 教学内容（含重点、难点）.....	54

7.30.4 教学过程.....	55
7.30.5 教学方法.....	55
7.30.6 作业安排及课后反思.....	55
7.30.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	55
7.30.8 参考资料.....	55
<b>8. 课程要求.....</b>	<b>56</b>
8.1 学生自学要求.....	56
8.2 课外阅读要求.....	56
8.3 课堂讨论要求.....	56
8.4 课程实践要求.....	56
<b>9. 课程考核.....</b>	<b>57</b>
9.1 出勤（迟到、早退等）、作业、报告等的要求.....	57
9.2 成绩的构成与评分规则说明.....	57
9.3 考试形式及说明（含补考）.....	58
<b>10. 学术诚信.....</b>	<b>59</b>
10.1 考试违规与作弊处理.....	59
10.2 杜撰数据、信息处理等.....	59
10.3 学术剽窃处理等.....	59
<b>11. 课堂规范.....</b>	<b>60</b>
11.1 课堂纪律.....	60
11.2 课堂礼仪.....	60
<b>12. 课程资源.....</b>	<b>61</b>

12.1 教材与参考书.....	61
12.2 专业学术著作.....	61
12.3 专业刊物.....	61
12.4 网络课程资源.....	61
<b>13. 教学合约.....</b>	<b>62</b>
13.1 教师作出师德师风承诺.....	62
13.2 阅读课程实施大纲，理解其内容.....	62
13.3 同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望.....	62
<b>14. 其他说明.....</b>	<b>63</b>

## 1. 教学理念

大学教育围绕一个“育人目标”核心，着眼于人的全面发展需要，重点培养学生的自学能力、实践能力和创新能力。即以学生为“中心”，教师为“主体”的教与学的关系。在具体的教学中，以“课”为教学活动单位，将学生能力锻炼作为核心，遵循理论联系实际、学以致用和因材施教的原则，使学生在循序渐进的教学过程中短时、优效地获得系统的科学知识。

化工原理是化学工程、应用化学、安全工程、环境工程专业必修的一门专业基础课程。主要运用数学和物理知识分析、解决过程工业生产涉及到的各物理过程的工程问题，该课程具有较强的理论性和实践性。

我校培养应用型工程技术人才的培养目标，并考虑到我校学生数学、物理基础较薄弱的特点，教学过程重点强调理论知识的应用，弱化各种公式的推导，以通俗易懂的方式将课程内容传达给学生。课程实施主要采用讲授法、引导法、提问法、对比法、练习法以及案例分析法等多种教学方法，同时结合教师自身的研究，充分调动学生的学习热情，使学生通过积极的思维、操作、演练，主动地获取知识，确保学生学有所得。在上课形式上，运用多媒体教学手段，方便对新近前沿研究领域、成果的介绍，以实现良好的教学效果。

整个教学实施过程中，我将秉承以下的教学风格：

(1) **公平对待每一位学生。**在教学过程中，我将对学生持民主与尊重的态度，对不同出身、性别、智力、相貌、年龄、个性以及关系密切程度不同的学生尽量做到一视同仁，同等对待，对每一位学生都关心、爱护、无偏袒、不以个人的私利和好恶作标准；

(2) **以一种有趣的教学方式传递知识。**在教学过程中，我尽量寻求有趣的方式向学生传递知识，例如：教学讲授环节，尽量多举与实际生活息息相关的例子，用最浅显易懂、幽默的语言表达课程中比较复杂抽象的概念。其目的是让学生积极参与整个教学环节，通过参与和体验，高效的学习该课程；

(3) **积极引导学生的主动学习。**在教学过程中，我将通过案例分析、知识点对比、归纳等多种讲授方式引导学生积极主动的学习，使学生深刻体会所学知识对实际工程、未来科研道路或职场工作的价值。

## 2. 课程描述

### 2.1 课程的性质

化工原理属于工程科学课程，即用自然科学的原理分析和处理实际工程问题；课程内容是化工生产过程中的物理操作过程及其设备；课程主要任务是：培养学生运用辩证唯物主义观点和科学方法考察、分析和处理工程实际问题，培养学生的工程观点以及实验技能和设计能力。课程的主要特点是：(1)兼有“科学”与“技术”的双重特点，(2)实验科学，强调理论课与实验课相结合，(3)实践性强，辅以多种实践环节。

### 2.2 课程在学科专业结构中的地位、作用

化工原理是化工及其相近专业的一门主干课，也是一门很重要的技术基础课，本课程担负着由理论到工程、由基础到专业、由理及工的桥梁作用。该课程教学水平的高低，对化工类及相近专业学生的业务素质 and 工程能力的培养起至关重要的作用。

### 2.3 课程的历史与文化传统

继 1915 年 Little. A. D 提出了“单元操作”的概念，1923 年 Walker. W. H、Lewis. W. K 和 Mcadams. W. H 合著了第一部以“单元操作”为线索的《化工原理》著作，包括了流体流动、过滤、传热、蒸发、蒸馏、干燥等单元操作。该著作从以产品来划分的化工生产工艺中抽象出各种单元操作，从特殊性中总结出普遍性，是对化学工程认识上的一个飞跃。

### 2.4 课程的前沿及发展趋势

随着对单元操作物理本质更深入的认识人们希望能从中得出更为一般性的规律指导实践，由此推动了“传递过程”理论的发展。即在质量守恒、动量守恒、能量守恒三大定律的基础上，按“单元操作”的物理本质将其归纳为动量传递、热量传递和质量传递三大类传递过程，并以物理学中普遍遵循的“唯象方程”来统一描述过程传递机理，可称之为“化工原理的原理”。

近来随着人们对化学工程进一步认识，学界将化学工程视为一种复杂系统，并试图在高层次组织化学工程的知识基础，为此不断在寻找易于进入化工复杂系统研究的切入

点。

## 2.5 课程与经济社会发展的关系

随着经济全球化的到来，各国都面临着不同的机遇与挑战，提高自己国家的经济实力，提高国家的文化软实力，提高国家的综合实力等都需要和国家民族工业相联系，而且化学工业在又是国家基础工业之一，因此化学工业与国民经济有着不可分割的关系。

化学工业（包括化工、轻工、食品、生物等工程学科）属于实业工业，它能够直接创造出非凡的经济价值，直接提高国家 GDP 水平。从各国的经济增长速度和工业发展状况的比照表中可以了解到，国家的经济增长速度有相当一部分得益于化学工业的直接推动，现在中国的 GDP 已经超过了美国，从工业能源的消耗情况可以看到，中国的化学能源消耗已经超过美国，当然化学能源消耗大并不代表着一个国家的经济一定强盛，但它多多少少可以从一个侧面反映出国家当前的经济发展状况，是处于高速发展，还是处于低迷状态。

发展化学工业，对于改进工业生产工艺、发展农业生产、合成新材料、巩固国防建设、发展高精尖技术、提高国家的综合实力都有很大作用，它是国民经济中的一个重要组成部分。

## 2.6 课程内容可能涉及到的伦理与道德问题

化学工业具有一般工程的特点，同时高危险性高污染性使其与一般工程又不尽相同。化学工业对环境和人类健康的影响更为迅速和直接，与公众的生存环境和自身健康息息相关。因此，化学工业的伦理规范要高于一般工程。

化工伦理规范的构建应该考虑生产和社会实践两方面。从生产方面看，首先应降低化学原料的威胁；其次应确保生产过程的规范和安全；再次应治理和修复化工对环境的危害。从社会实践方面看：应明确不同角色的不同权利义务。如：化学工程师应保证化工科学合理的论证和设计，全力参与、全程跟踪化学工程活动，同时对化学工程的每个生产环节进行监督，从而降低化工风险；工程决策者应根据针对工程中可能存在的问题和风险进行分析，制定不同的备选方案，选择合适方案，实现工程最优化；政府部门应该在道德约束和伦理规范尚不完善的情况下，对工程中的每个参与者进行监督，明确他们的权利义务，监督和管理工程的实施；公众是有关监督化工的运行和实施，捍卫自身健康和生存环境安全，对其工程的负面影响提出正当的伦理诉求。



## 2.7 学习本课程的必要性

化工原理是化学工程及相近工程学科的技术基础课，它在基础课和专业课之间起着承前启后、由理及工的桥梁作用，它是综合运用数学、物理、化学等基础知识分析和解决化工过程中各种单元操作问题的工程学科。从基础理论、设备构造、设计方法、工程操作及组织实施实验等方面对学生进行全面训练。该课程在教学内容上强调工程观点，强调理论和实际相结合，提高学生分析、解决实际工程问题的能力等方面有着重要的作用。

## 3. 教师简介

### 3.1 教师的职称、学历

杜怀明，副教授，工学博士。

### 3.2 教育背景

起止时间	学校名称	专业	学位	证明人
2005.09-2008.12	四川大学	化学工程	工学博士	朱家骅
2002.09-2005.07	四川大学	化学工程	工学硕士	朱家骅
1997.09-2001.07	四川轻化工学院	化学工程与工艺	工学学士	颜杰

### 3.3 研究兴趣（方向）

无机精细化工，化工过程模拟与优化，化工过程装备开发，钒电池。

#### 4. 先修课程

高等数学、大学物理、物理化学。

## 5. 课程目标

化工原理课程教育目标如下：

- ① 培养学生将高等数学、大学物理、物理化学等学科知识用于化工原理学科的综合能力；
- ② 培养学生的工程意识以及分析、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、运用工程图表的能力；
- ③ 培养学生处理工程问题的基本方法；
- ④ 培养学生化工单元设备选型与校核的能力。

## 6. 课程内容

### 6.1 课程的内容概要

化工原理（下）授课内容包括：第 1 章蒸馏、第 2 章气体吸收（含传质概论）、第 3 章蒸馏和吸收塔设备、第 4 章 固体物料干燥共四部分内容。各部分教学内容如下：

#### 第 1 章 蒸馏

##### 主要知识点：

① 两组分物系的汽液平衡关系， $t$ - $x$ - $y$  图， $x$ - $y$  图，拉乌尔定律，泡点方程、露点方程、相对挥发度及其影响因素；

② 精馏原理；双组分连续精馏塔物料衡算，恒摩尔流假设，理论板的概念，操作线方程，进料热状况， $q$  的意义及计算，最小回流比的概念及确定，回流比对精馏过程的影响；

③ 理论板数的确定（图解法，逐板算法及简捷法）；

④ 点效率、板效率和塔效率的概念，精馏塔全塔效率及点效率的测定方法，实际塔板数的确定；

⑤ 精馏装置的热衡算；

⑥ 平衡蒸馏、简单蒸馏的特点及计算，间歇精馏的特点及计算步骤；

⑦ 恒沸精馏、萃取精馏的概念；

#### 第 2 章 气体吸收

##### 主要知识点：

① 分子扩散及对流扩散的概念，菲克定律，一维定常分子扩散速率，等分子反向扩散，单向扩散，总体流动；

② 浓度的不同表示法及其关系，膜模型，相内传质速率式；

③ 相平衡关系，传质的方向、限度和推动力、双膜模型及传质理论简介；

④ 相际传质速率式，传质阻力，气膜控制、液膜控制；

⑤ 吸收操作的基本概念，典型吸收设备与流程，吸收过程的相平衡关系（溶解度曲线，亨利定律），影响平衡的主要因素；

⑥ 吸收过程的物料衡算，操作线方程，吸收剂的选择及用量的确定，最小溶剂用量的概念；

⑦ 传质单元数及传质单元高度的概念，吸收因子（解吸因子）的概念，低浓吸收填料层高度的计算；

⑧ 传质系数的测定与准数关联式；

⑨ 高浓度吸收的特点及计算的主要方程及步骤以及非等温吸收的特点及平衡关系的确定。

### 第3章 蒸馏和吸收塔设备

主要知识点：

① 塔设备的性能参数；

② 典型塔板的结构特点及分类，塔板上的流体力学特性，正常与非正常操作情况及调节；

③ 板式塔的设计原则及步骤；

④ 填料及填料塔的结构特点，填料塔的流体力学特性，填料塔的设计原则及步骤；

⑤ 板式塔与填料塔的比较，塔的选用原则。

### 第4章 固体物料干燥

主要知识点：

① 干燥过程的基本概念，干燥介质的作用；

② 干燥介质的性质与  $t-H(I-H)$  图；

③ 干燥过程的物、热衡算，对特殊干燥过程热衡算式的简化，干燥过程的热效率与干燥效率；

④ 干燥过程的平衡关系，结合湿份、非结合湿份、平衡湿份、自由湿份及最大吸湿湿含量的概念，传质方向与限度的确定；

⑤ 恒定干燥条件下的干燥曲线及干燥速率曲线及测定方法，恒速段降速段、临界湿含量的概念及影响因素，恒定干燥条件下干燥时间的计算；

⑥ 典型干燥设备的结构特点及设计原则。

## 6.2 教学重点、难点

化工原理（下）授课内容包括：第1章蒸馏、第2章气体吸收（含传质概论）、第3章蒸馏和吸收塔设备、第4章固体物料干燥共四部分内容。各部分教学重点、难点如下：

### 第1章 蒸馏

**重点:**

- ① 两组分的相平衡关系;
- ② 两组分联系精馏的计算;
- ③ 影响精馏过程的主要因素。

**难点:**

- ① 单板效率;
- ② 确定回流比;
- ③ 间歇精馏。

## 第 2 章 气体吸收

**重点:**

- ① 传质速率方程;
- ② 低浓吸收填料层高度的计算。

**难点:**

- ① 单向扩散;
- ② 操作型问题定性分析。

## 第 3 章 蒸馏和吸收塔设备

**重点:**

- ① 板式塔与填料塔的特点;
- ② 板式塔与填料塔的设计原则。

**难点:**

- ① 塔的不正常操作现象及排除。

## 第 4 章 固体物料干燥

**重点:**

- ① 干燥介质的性质;
- ② 干燥过程的物、热衡算;
- ③ 干燥过程的平衡及速率关系。

**难点:**

- ① 平衡关系;
- ② 绝热饱和温度。

### 6.3 学时安排

各教学章节的学时安排如下：

第 1 章 蒸馏：18 学时

第 2 章 气体吸收：22 学时

第 3 章 蒸馏和吸收塔设备：6 学时

第 4 章 固体物料干燥：12 学时

总复习：2 学时



## 7. 课程教学实施

《化工原理（下）》课程教学实施如下：

### 7.1 教学单元一

#### 7.1.1 教学日期

课次/学时：1/2

#### 7.1.2 教学目标

- (1) 了解蒸馏的概念及分类；
- (2) 掌握相平衡关系。

#### 7.1.3 教学内容（含重点、难点）

**知识点：**

- (1) 两组分物系的汽液平衡关系；
- (2)  $t$ - $x$ - $y$  图及  $x$ - $y$  图；
- (3) 拉乌尔定律；
- (4) 泡点方程、露点方程、相对挥发度及其影响因素。

**重点：**

- (1) 两组分相平衡关系。

**难点：**

- (1) 相平衡关系的应用。

#### 7.1.4 教学过程

- (1) 讲授什么是蒸馏过程以及蒸馏的应用

- (2) 蒸馏的特点及其分类

讲授蒸馏的特点及分类。

- (3) 相律、拉乌尔定律

引导学生回忆物理化学中相律、拉乌尔定律。

- (4) 两组分溶液的气液平衡

引导学生回忆物理化学中  $t$ - $x$ - $y$  图并讲授泡点方程、露点方程。

通过讲授  $x$ - $y$  图，引出相对挥发度及其影响因素。

### 7.1.5 教学方法

本节主要采用讲授法、提问法。

### 7.1.6 作业安排及课后反思

课后思考蒸馏的应用；复习  $t$ - $x$ - $y$  图、 $x$ - $y$  图以及拉乌尔定律。

### 7.1.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

- (1) 《物理化学》多组分热力学以及相平衡。

### 7.1.8 参考资料

本课程使用教材：第 1 章“蒸馏”部分。

## 7.2 教学单元二

### 7.2.1 教学日期

课次/学时：2/2

### 7.2.2 教学目标

- (1) 理解平衡蒸馏特点及计算；
- (2) 理解简单蒸馏特点及计算。

### 7.2.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

- (1) 平衡蒸馏的特点及计算；
- (2) 简单蒸馏的特点及计算。

重点：

- (1) 平衡蒸馏的特点及计算。

难点：

- (1) 非定态过程计算方法。

## 7.2.4 教学过程

(1) 复习上节课知识点

① 相律？

② 拉乌尔定律？

③ 什么是泡点方程、露点方程？

④ 影响相对挥发度的因素？

(2) 平衡蒸馏的流程

讲授平衡蒸馏的流程。

(3) 平衡蒸馏的计算

讲授平衡蒸馏的物料衡算及热量衡算。

(4) 简单蒸馏的特点与流程

对比平衡蒸馏，引出简单蒸馏的特点与流程。

(5) 简单蒸馏过程的计算

讲授简单蒸馏过程的计算。

## 7.2.5 教学方法

本节主要采用讲授法、对比法。

## 7.2.6 作业安排及课后反思

课后思考平衡蒸馏和简单蒸馏的特点。

## 7.2.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

(1) 平衡蒸馏的物料衡算和热量衡算。

## 7.2.8 参考资料

本课程使用教材：第1章“蒸馏”部分。

# 7.3 教学单元三

## 7.3.1 教学日期

课次/学时：3/2

### 7.3.2 教学目标

- (1) 理解精馏原理；
- (2) 了解精馏操作流程。

### 7.3.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

- (1) 精馏原理；
- (2) 精馏操作流程。

重点：

- (1) 精馏原理。

难点：

- (1) 精馏原理。

### 7.3.4 教学过程

- (1) 复习上节课知识点

① 平衡蒸馏与简单蒸馏的特点？

- (2) 精馏原理

引导学生从  $t$ - $x$ - $y$  图思考精馏的原理，并引出“精馏段”、“提馏段”；

- (3) 精馏与简单蒸馏的区别

引导学生思考精馏与简单蒸馏的区别。

- (4) 精馏操作流程

以“多级逆流接触板式塔”为例，讲解相邻几块板的温度、组成的关系。

### 7.3.5 教学方法

本节主要采用提问法、讲授法、引导法。

### 7.3.6 作业安排及课后反思

课后思考精馏的原理。

### 7.3.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

- (1)  $t$ - $x$ - $y$  图、 $x$ - $y$  图；

(2) 平衡蒸馏和简单蒸馏的特点。

### 7.3.8 参考资料

本课程使用教材：第1章“蒸馏”部分。

## 7.4 教学单元四

### 7.4.1 教学日期

课次/学时：4/2

### 7.4.2 教学目标

- (1) 理解理论板概念以及恒摩尔流；
- (2) 掌握精馏过程全塔物料衡算；
- (3) 掌握精馏段操作线方程。

### 7.4.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

- (1) 理论板概念；
- (2) 恒摩尔流假定；
- (3) 精馏过程全塔物料衡算；
- (4) 精馏段操作线方程。

重点：

- (1) 精馏过程全塔物料衡算；
- (2) 精馏段操作线方程。

难点：

- (1) 恒摩尔流假定；
- (2) 精馏段操作线方程。

### 7.4.4 教学过程

- (1) 复习上节课知识点
  - ① 精馏原理？
  - ② 理论板概念

引导学生思考什么是理论板。

### (3) 恒摩尔流假定

讲授什么是恒摩尔流假定，恒摩尔流满足的条件，为什么要有该假定。

### (4) 精馏过程全塔物料衡算

以**稳定操作连续精馏塔**为例，讲授如何选控制体，并进行全塔物料衡算，并详细讲解全塔物料衡算的例题。

### (5) 精馏段操作线方程

以**稳定操作连续精馏塔**为例，讲授如何选控制体，并对精馏段进行物料衡算，获得精馏段操作线方程。

## 7.4.5 教学方法

本节主要采用提问法、讲授法。

## 7.4.6 作业安排及课后反思

课后作业：教材 P73，5。

## 7.4.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

- (1) 复习精馏原理。

## 7.4.8 参考资料

本课程使用教材：第1章“蒸馏”部分。

# 7.5 教学单元五

## 7.5.1 教学日期

课次/学时：5/2

## 7.5.2 教学目标

- (1) 掌握精馏段操作线方程；
- (2) 理解进料热状态；
- (3) 掌握  $q$  线方程。

### 7.5.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

- (1) 精馏段操作线方程；
- (2) 进料热状态参数  $q$  的物理意义及表达式；
- (3)  $q$  线方程。

重点：

- (1) 精馏段操作线方程；
- (2) 进料热状态参数  $q$  的物理意义及表达式；
- (3)  $q$  线方程。

难点：

- (1) 进料热状态参数  $q$  的物理意义及表达式。

### 7.5.4 教学过程

(1) 复习上节课知识点

- ① 什么是理论板？
- ② 满足恒摩尔流假定的条件？
- ③ 精馏段操作线方程的表达。

(2) 精馏段操作线方程

以**稳定操作连续精馏塔**为例，讲授如何选控制体，并对提馏段进行物料衡算，获得提馏段操作线方程。

讲解如何求提馏段操作线方程的例子。

(3) 进料热状态参数  $q$  的物理意义及表达式

讲授实际生产中，入塔原料可有五种不同的热状态：

- ① 温度低于泡点的冷液体， $I_F < I_L$ ；
- ② 泡点下的饱和液体， $I_F = I_L$ ；
- ③ 温度介于泡点和露点之间的汽液两相混合物， $I_L < I_F < I_V$ ；
- ④ 露点下的饱和蒸汽， $I_F = I_V$ ；
- ⑤ 温度高于露点的过热蒸汽， $I_F > I_V$ 。

(4)  $q$  线方程

讲授  $q$  线方程:  $y = \frac{q}{q-1}x - \frac{x_F}{q-1}$

### 7.5.5 教学方法

本节主要采用提问法、讲授法。

### 7.5.6 作业安排及课后反思

课后作业: 教材 P73, 5; P74, 8。

### 7.5.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备:

(1) 复习如何通过物料衡算获得精馏段操作线方程。

### 7.5.8 参考资料

本课程使用教材: 第 1 章“蒸馏”部分。

## 7.6 教学单元六

### 7.6.1 教学日期

课次/学时: 6/2

### 7.6.2 教学目标

- (1) 掌握理论板数的求取;
- (2) 理解精馏塔的适宜进料位置确定。

### 7.6.3 教学内容(含重点、难点)

知识点:

- (1) 逐板计算法求解理论板数;
- (2) 图解法求解理论板数;
- (3) 精馏塔的适宜进料位置确定。

重点:

- (1) 逐板计算法求解理论板数;
- (2) 图解法求解理论板数。

难点:



(1) 精馏塔的适宜进料位置确定。

#### 7.6.4 教学过程

(1) 复习上节课知识点

① 进料热状态参数  $q$  的物理意义及表达式。

(2) 逐板计算法求解理论板数

讲授如何通过平衡线方程、精馏段操作线方程、提馏段操作线方程以及  $q$  线方程逐板计算理论板数。

(3) 图解法求解理论板数

讲授如何绘制平衡线方程、精馏段操作线方程、提馏段操作线方程以及  $q$  线方程，并图解获得计算理论板数。

讲授利用图解法求解理论板数的例题。

(4) 精馏塔的适宜进料位置确定

通过图例讲授如何确定精馏塔的适宜进料位置。

#### 7.6.5 教学方法

本节主要采用提问法、讲授法。

#### 7.6.6 作业安排及课后反思

课后作业：教材 P74，9。

#### 7.6.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

(1) 平衡线方程；

(2) 精馏段与提馏段操作线方程；

(3)  $q$  线方程。

#### 7.6.8 参考资料

本课程使用教材：第1章“蒸馏”部分。

## 7.7 教学单元七

### 7.7.1 教学日期

课次/学时：7/2

### 7.7.2 教学目标

- (1) 掌握最小回流比的求解；
- (2) 理解适宜回流比的选择。

### 7.7.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

- (1) 全回流与最少理论板层数；
- (2) 最小回流比以及适宜回流比的选择；
- (3) 简捷法求理论板层数。

重点：

- (1) 最小回流比以及适宜回流比的选择。

难点：

- (1) 最小回流比以及适宜回流比的选择。

### 7.7.4 教学过程

(1) 复习上节课知识点

- ① 求解理论板数的方法？
- ② 如何确定精馏塔的适宜进料位置？
- (2) 全回流与最少理论板层数
- (3) 最小回流比

通过图例讲解如何获得最小回流比。

讲授选择获取最小回流比的例题。

(4) 适宜回流比的选择

通过回流比的确定对操作费用与设备费用的影响讲解如何选择适宜回流比。

(5) 简捷法求理论板层数

通过吉利兰关联图讲解简捷法求理论板层数。

### 7.7.5 教学方法

本节主要采用提问法、讲授法。

### 7.7.6 作业安排及课后反思

课后作业：教材 P74，11、12。

### 7.7.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

- (1) 复习回流比的定义。

### 7.7.8 参考资料

本课程使用教材：第1章“蒸馏”部分。

## 7.8 教学单元八

### 7.8.1 教学日期

课次/学时：8/2

### 7.8.2 教学目标

- (1) 理解塔径、塔高的计算；
- (2) 掌握塔板效率及实际塔板数的计算；
- (3) 了解间歇精馏、恒沸精馏及萃取精馏的特点。

### 7.8.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

- (1) 塔径、塔高的计算；
- (2) 塔板效率（包括全塔板效率、单板效率、点效率）及实际塔板数的计算；
- (3) 理论板当量高度；
- (4) 连续精馏装置的热量衡算；
- (5) 间歇精馏、恒沸精馏及萃取精馏。

重点：

- (1) 塔径、塔高的计算；
- (2) 塔板效率（包括全塔板效率、单板效率、点效率）及实际塔板数的计算。

难点：

- (1) 塔板效率（包括全塔板效率、单板效率、点效率）及实际塔板数的计算；
- (2) 理论板当量高度。

#### 7.8.4 教学过程

(1) 复习上节课知识点

- ① 什么是最小回流比，如何求解？
- ② 如何选择适宜回流比？

(2) 塔径、塔高的计算

(3) 塔板效率及实际塔板数的计算

讲授常用表达塔板效率有全塔板效率和单板效率，并引导学生思考实际精馏过程中在某一塔板上是否存在温度、浓度的分布不均，进而引出点效率。

讲授如何通过理论板数与塔板效率的关系获得实际塔板数。

(4) 理论板当量高度

讲授如果采用填料塔实现精馏过程，填料层高度又怎么计算，进而引出理论板当量高度。

(5) 连续精馏装置的热量衡算

讲授如何选择控制体计算塔顶冷凝器所需移走的热量以及塔底再沸器所提供的热量。

(6) 间歇精馏、恒沸精馏及萃取精馏

介绍间歇精馏、恒沸精馏及萃取精馏的特点及应用。

#### 7.8.5 教学方法

本节主要采用讲授法、引导法、案例法。

#### 7.8.6 作业安排及课后反思

课后作业：教材 P75，15。

#### 7.8.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

- (1) 复习如何求解理论板层数。

### 7.8.8 参考资料

本课程使用教材：第1章“蒸馏”部分。

## 7.9 教学单元九

### 7.9.1 教学日期

课次/学时：9/2

### 7.9.2 教学目标

- (1) 理解精馏塔的灵敏板；
- (2) 掌握精馏塔的操作与调节。

### 7.9.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

- (1) 精馏塔的灵敏板；
- (2) 掌握精馏塔的操作与调节；
- (3) 本章小结

重点：

- (1) 掌握精馏塔的操作与调节。

难点：

- (1) 精馏塔的灵敏板；
- (2) 掌握精馏塔的操作与调节。

### 7.9.4 教学过程

- (1) 复习上节课知识点
  - ① 塔板效率及实际塔板数的计算
- (2) 精馏塔的灵敏板

通过精馏塔内温度不同分布，引出精馏塔的灵敏板，并提问灵敏板通常在哪里？

- (3) 精馏塔的操作性问题

引导学生定性分析在改变操作参数的条件下（如：回流比、进料热状态等），塔顶及塔底产品质量的变化。

- (4) 本章小结

### 7.9.5 教学方法

本节主要采用提问法、讲授法、引导法、讨论法、归纳法。

### 7.9.6 作业安排及课后反思

课后思考：精馏塔的操作与调节问题。

### 7.9.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

(1) 复习平衡线方程、精馏段操作线方程、提馏段操作线方程和  $q$  线方程。

### 7.9.8 参考资料

本课程使用教材：第 1 章“蒸馏”部分。

## 7.10 教学单元十

### 7.10.1 教学日期

课次/学时：10/2

### 7.10.2 教学目标

- (1) 了解什么是气体吸收；
- (2) 理解气体的溶解度及亨利定律；
- (3) 掌握气体吸收过程的传质方向及传质推动力的表达。

### 7.10.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

- (1) 气体吸收概述；
- (2) 气体的溶解度及亨利定律；
- (3) 气体吸收过程的传质方向及传质推动力的表达。

重点：

- (1) 气体的溶解度及亨利定律；
- (2) 气体吸收过程的传质方向及传质推动力的表达。

难点：

- (1) 气体吸收过程的传质方向及传质推动力的表达。

#### 7.10.4 教学过程

##### (1) 气体吸收概述

引导学生思考什么是气体吸收，并举实际工程中气体吸收的例子。

##### (2) 气体的溶解度及亨利定律

从已学过的“物理化学”中多组分系统热力学入手，讲授气体的溶解度以及亨利定律，并强调这是描述吸收过程的相平衡关系。

通过实验数据阐述几种气体溶于水时的亨利系数与温度的关系。同时给出亨利定律的其他表达形式，以及相互之间的关系。

##### (3) 吸收剂的选择

引导学生思考吸收剂选择应考虑哪些问题？

##### (4) 气体吸收过程的传质方向及传质推动力的表达

通过图例讲授气体吸收过程的传质方向，同时结合图例讲授如何定量表达吸收过程的传质推动力。

结合“清水吸收 A 组分”的例题，讲授吸收过程的传质推动力及限度。

#### 7.10.5 教学方法

本节主要采用讲授法、提问法、引导法。

#### 7.10.6 作业安排及课后反思

课后作业：教材 P148，3。

#### 7.10.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

(1) 复习物理化学多组分系统热力学。

#### 7.10.8 参考资料

本课程使用教材：第 2 章“吸收”部分。

### 7.11 教学单元十一

#### 7.11.1 教学日期

课次/学时：11/2

### 7.11.2 教学目标

- (1) 理解分子扩散与菲克定律；
- (2) 理解等摩尔反向稳态分子扩散；
- (3) 理解组分 A 通过静止组分 B 的分子扩散。

### 7.11.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

- (1) 分子扩散与菲克定律；
- (2) 等摩尔反向稳态分子扩散；
- (3) 组分 A 通过静止组分 B 的分子扩散。

重点：

- (1) 菲克定律；
- (2) 等摩尔反向稳态分子扩散；
- (3) 组分 A 通过静止组分 B 的分子扩散。

难点：

- (1) 等摩尔反向稳态分子扩散；
- (2) 组分 A 通过静止组分 B 的分子扩散。

### 7.11.4 教学过程

(1) 复习上节课知识点

- ① 亨利定律；
- ② 气体吸收过程的传质方向及传质推动力的表达。

(2) 分子扩散与菲克定律

引导学生回忆描述分子动量扩散的牛顿粘性定律以及描述分子热量扩散的傅里叶定律，引出描述分子扩散的菲克定律。

(3) 等摩尔反向稳态分子扩散

动画示意等摩尔反向稳态分子扩散过程，并导出等摩尔反向稳态分子扩散通量。

(4) 组分 A 通过静止组分 B 的分子扩散

动画示意组分 A 通过静止组分 B 的分子扩散过程，并导出 A 组分浓度分布以及 A 组分扩散通量。



对比“等摩尔反向稳态分子扩散”和“组分 A 通过静止组分 B 的分子扩散”的传质通量表达式，引出漂流因子，并解释漂流因子的物理意义。

### 7.11.5 教学方法

本节主要采用讲授法、引导法、对比讲授法。

### 7.11.6 作业安排及课后反思

课后作业：教材 P148，4。

### 7.11.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

- (1) 复习牛顿粘性定律；
- (2) 复习傅里叶定律。

### 7.11.8 参考资料

本课程使用教材：第 2 章“吸收”部分。

## 7.12 教学单元十二

### 7.12.1 教学日期

课次/学时：12/2

### 7.12.2 教学目标

- (1) 了解扩散系数；
- (2) 掌握对流传质通量的表达；
- (3) 掌握双膜理论。

### 7.12.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

- (1) 扩散系数；
- (2) 对流传质以及传质通量的表达；
- (3) 吸收过程机理(双膜理论、溶质渗透理论和表面更新理论)。

重点：

- (1) 对流传质以及传质通量的表达；
- (2) 双膜理论。

难点：

- (1) 对流传质以及传质通量的表达；
- (2) 溶质渗透理论和表面更新理论。

#### 7.12.4 教学过程

- (1) 复习上节课知识点

- ① 菲克定律；
- ② 漂流因子的物理意义。

- (2) 扩散系数

讲授气相扩散系数与液相扩散系数，并讲授扩散系数的影响因素。

- (3) 对流传质以及传质通量的表达

引导学生思考对流传热用什么定律表达，其表达式是什么？每一项物理意义是什么？

并给出描述物理过程普适性的唯象方程，引出对流传质通量的表达式： $N_A = k\Delta$ 。其中 $N_A$ 为A的传质通量， $k$ 为相内传质系数， $\Delta$ 为传质推动力。(注意：对同一个传质体系，若以不同的推动力表达其分子扩散通量，应相应使用不同的传质分系数与之匹配。)

- (4) 吸收过程机理

分析吸收过程的三个步骤引出“双膜理论”；通过讲授双膜理论的弊端，引出“溶质渗透理论”和“表面更新理论”。

#### 7.12.5 教学方法

本节主要采用引导法、讲授法。

#### 7.12.6 作业安排及课后反思

课后思考：双膜理论、溶质渗透理论和表面更新理论。

#### 7.12.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

- (1) 复习描述对流传热过程的牛顿冷却定律。

### 7.12.8 参考资料

本课程使用教材：第2章“吸收”部分。

## 7.13 教学单元十三

### 7.13.1 教学日期

课次/学时：13/2

### 7.13.2 教学目标

- (1) 掌握气膜吸收速率方程；
- (2) 掌握液膜吸收速率方程；
- (3) 掌握界面组成。

### 7.13.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

- (1) 气膜吸收速率方程；
- (2) 液膜吸收速率方程；
- (3) 界面组成。

重点：

- (1) 气膜吸收速率方程；
- (2) 液膜吸收速率方程。

难点：

- (1) 气膜吸收速率方程；
- (2) 液膜吸收速率方程。

### 7.13.4 教学过程

- (1) 复习上节课知识点
  - ① 双膜理论；
  - ② 对流传质通量的表达。
- (2) 气膜吸收速率方程

讲授吸收过程的三个步骤：气膜内传质、界面溶解、液膜内传质。

讲授以分压差为推动力的气膜吸收速率方程：
$$N_A = k_G (p_A - p_{A_i}) = \frac{(p_A - p_{A_i})}{\frac{1}{k_G}}。$$

引导学生思考以其他推动力表达的气膜吸收速率方程，对应的传质系数的单位以及气相分传质系数之间的关系。

### (3) 液膜吸收速率方程

讲授以摩尔浓度差为推动力的液膜吸收速率方程：
$$N_A = k_L (c_{A_i} - c_A) = \frac{(c_{A_i} - c_A)}{\frac{1}{k_L}}。$$

引导学生思考以其他推动力表达的液膜吸收速率方程，对应的传质系数的单位以及液相分传质系数之间的关系。

### (4) 界面组成

引导学生思考“双膜理论”，引出吸收过程界面达热力学平衡，即界面阻力为0，进而讲授图解法和计算法求解界面组成。

## 7.13.5 教学方法

本节主要采用提问法、讲授法、引导法。

## 7.13.6 作业安排及课后反思

课后思考：气膜吸收速率方程、液膜吸收速率方程，界面组成的求解。

## 7.13.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

- (1) 复习“双膜理论”。

## 7.13.8 参考资料

本课程使用教材：第2章“吸收”部分。

## 7.14 教学单元十四

### 7.14.1 教学日期

课次/学时：14/2

### 7.14.2 教学目标

- (1) 掌握总吸收速率方程的表达；

(2) 掌握“气膜控制”、“液膜控制”。

### 7.14.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

(1) 总吸收速率方程的表达；

(2) 气膜控制和液膜控制。

重点：

(1) 总吸收速率方程的表达；

(2) 气膜控制和液膜控制。

难点：

(1) 总吸收速率方程的表达；

(2) 气膜控制和液膜控制。

### 7.14.4 教学过程

(1) 复习上节课知识点

① 气膜吸收速率方程；

② 液膜吸收速率方程。

(2) 总吸收速率方程的表达

引导学生思考为什么通常使用总吸收速率方程表达传质通量？

提问：总吸收速率方程的表达和上节课讲的气膜吸收速率方程以及液膜吸收速率方程的关系。

引出不同推动力以及所对应的总传质系数表达的总吸收速率方程。

(3) 总传质系数与分传质系数的关系

引导学生思考在间壁传热过程中，忽略污垢热阻以及管壁热阻条件下，总传热系数与冷热流体给热系数的关系。

运用相同的方法导出总传质系数与分传质系数的关系，并引出传质阻力的表达，同时引导学生思考在不同条件下，过程阻力主要集中在哪里，进而引出气膜控制和液膜控制。

通过工程实例引导学生分析过程阻力问题，进而分析强化传质速率的方法。

(4) 小结吸收传质速率方程的几种形式及传质系数换算关系

### 7.14.5 教学方法

本节主要采用提问法、讲授法、引导法、归纳法。

### 7.14.6 作业安排及课后反思

课后作业：教材 P149，7。

### 7.14.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

- (1) 复习间壁传热过程以及总传热系数的表达式；
- (2) 复习气膜吸收速率方程与液膜吸收速率方程。

### 7.14.8 参考资料

本课程使用教材：第2章“吸收”部分。

## 7.15 教学单元十五

### 7.15.1 教学日期

课次/学时：15/2

### 7.15.2 教学目标

- (1) 理解吸收过程的物料衡算；
- (2) 掌握操作线方程；
- (3) 掌握吸收剂用量确定。

### 7.15.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

- (1) 吸收过程的物料衡算；
- (2) 操作线方程；
- (3) 吸收剂用量确定。

重点：

- (1) 操作线方程；
- (2) 吸收剂用量确定。

难点：

- (1) 操作线方程;
- (2) 吸收剂用量确定。

#### 7.15.4 教学过程

- (1) 复习上节课知识点

- ① 总吸收速率方程的表达;
- ② 给出一些工程实例, 提问学生其传质过程为气膜控制还是液膜控制?

- (1) 化工单元设备的计算: 设计型; 操作型

- (2) 全塔物料衡算

引导学生回忆如何对精馏过程进行全塔物料衡算, 以逆流操作填料塔为例, 引导学生选控制体, 并对全塔进行物料衡算。

- (3) 操作线方程

引导学生回忆如何获得精馏段操作线方程, 并启发学生以类似的方法获得逆流操作的吸收操作线方程。

引导学生讨论, 如果是并流操作, 操作线方程又是如何表达?

- (4) 吸收剂用量确定

引导学生回忆最小回流比的确定, 并启发学生以类似的方法获得逆流操作的吸收过程的最小液气比。

同时从经济性角度讲授吸收剂用量的确定。

#### 7.15.5 教学方法

本节主要采用提问法、讲授法、引导法、讨论法。

#### 7.15.6 作业安排及课后反思

课后作业: 教材 P149, 9。

#### 7.15.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备:

- (1) 复习精馏段操作线方程;
- (2) 复习最小回流比。

### 7.15.8 参考资料

本课程使用教材：第2章“吸收”部分。

## 7.16 教学单元十六

### 7.16.1 教学日期

课次/学时：16/2

### 7.16.2 教学目标

- (1) 理解塔径的计算；
- (2) 掌握低浓度吸收过程填料层高度的计算；
- (3) 掌握传质单元高度及传质单元数的表达及物理意义。

### 7.16.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

- (1) 塔径的计算；
- (2) 低浓度吸收过程填料层高度的计算。

重点：

- (1) 低浓度吸收过程填料层高度的计算；
- (2) 传质单元高度及传质单元数的表达及物理意义。

难点：

- (1) 传质单元高度及传质单元数的表达及物理意义。

### 7.16.4 教学过程

- (1) 复习上节课知识点
  - ① 逆流操作的吸收操作线方程；
  - ② 吸收剂用量确定。
- (2) 塔径的计算
- (3) 低浓度吸收过程填料层高度的计算

讲授填料重要的特性数据——填料有效比表面积；

以逆流操作的填料塔为例，通过物料衡算方程以及传质速率方程，讲授如何根据一工程任务计算填料层高度。



讲授对于低浓度吸收过程，如何简化填料层高度的计算式，并以此得到以气相为基准、低浓度条件下填料层高度的计算式： $Z = H_{OG} \cdot N_{OG}$ 。

(4) 传质单元高度  $H_{OG}$  及传质单元数  $N_{OG}$  的表达及物理意义

通过给出传质单元高度  $H_{OG}$  及传质单元数  $N_{OG}$  的表达式，引导学生思考其物理意义。

### 7.16.5 教学方法

本节主要采用讲授法、引导法。

### 7.16.6 作业安排及课后反思

课后思考：传质单元高度及传质单元数的物理意义。

### 7.16.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

(1) 高等数学微积分的部分内容。

### 7.16.8 参考资料

本课程使用教材：第2章“吸收”部分。

## 7.17 教学单元十七

### 7.17.1 教学日期

课次/学时：17/2

### 7.17.2 教学目标

- (1) 掌握平衡线为直线的传质单元数  $N_{OG}$  的求法；
- (2) 了解数值积分法求解传质单元数  $N_{OG}$ 。

### 7.17.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

- (1) 解析法求解传质单元数  $N_{OG}$  的求法；
- (2) 数值积分法求解传质单元数  $N_{OG}$ 。

重点：

(1) 解析法求解传质单元数  $N_{OG}$  的求法。

难点：

(1) 数值积分法求解传质单元数  $N_{OG}$ 。

#### 7.17.4 教学过程

(1) 复习上节课知识点

① 什么是填料有效比表面积，其单位是什么？

② 传质单元高度  $H_{OG}$  及传质单元数  $N_{OG}$  的表达及物理意义。

(2) 解析法求解传质单元数  $N_{OG}$  的求法

引导学生思考对于  $N_{OG} = \int_{y_2}^{y_1} \frac{dY}{Y-Y^*}$ ，在什么条件下可用解析法求解，

讲授两种方法求解传质单元数  $N_{OG}$ ：

① 脱吸因子法；

② 平均推动力法。

对比两种方法，尤其介绍当用纯溶剂，即  $X_2=0$ ，进行吸收时，脱吸因子法的优势。

(3) 数值积分法求解传质单元数  $N_{OG}$

引导学生思考对于  $N_{OG} = \int_{y_2}^{y_1} \frac{dY}{Y-Y^*}$ ，若不能获得解析解，怎么办？

讲授为什么要可用数值积分法求解传质单元数  $N_{OG}$ ，并提问：平衡线为直线条件下是否可用数值积分法求解  $N_{OG}$ 。

讲授数值积分法求解  $N_{OG}$  的思路。

#### 7.17.5 教学方法

本节主要采用提问法、讲授法、引导法。

#### 7.17.6 作业安排及课后反思

课后作业：教材 P149，11；P150，14。

#### 7.17.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

(1) 传质单元高度  $H_{OG}$  及传质单元数  $N_{OG}$  的表达及物理意义；

(2) 高等数学微积分的部分内容。

### 7.17.8 参考资料

本课程使用教材：第2章“吸收”部分。

## 7.18 教学单元十八

### 7.18.1 教学日期

课次/学时：18/2

### 7.18.2 教学目标

- (1) 了解传质系数的测定；
- (2) 理解吸收系数的量纲为1数群关联式。

### 7.18.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

- (1) 传质系数的测定；
- (2) 理解吸收系数的量纲为1数群关联式；
- (3) 吸收系数的经验关联式。

重点：

- (1) 传质系数的测定；
- (2) 吸收系数的量纲为1数群关联式。

难点：

- (1) 吸收系数的量纲为1数群关联式。

### 7.18.4 教学过程

(1) 复习上节课知识点

① 脱吸因子法和平均推动力法求解传质单元数  $N_{OG}$  的表达式。

(2) 传质系数的测定

引导学生思考影响填料层高度计算式中传质系数的因素有哪些？进而引出传质系数获得的途径：实验测定、针对特定体系的经验公式、适用范围更广的准数关联式。

引导学生思考如何设计实验测定传质系数？

(3) 吸收系数的经验关联式

讲授在不同条件下，吸收系数的经验关联式。

#### (4) 吸收系数的量纲为 1 数群关联式

引导学生思考流体流动以及传热单元操作中涉及到哪些准数？其物理意义是什么？这些准数是如何得到的？

引出传质中常用准数：修伍德数  $Sh$ 、雷诺数  $Re$  及施密特数  $Sc$ ，并讲授其物理意义，引出一些条件下吸收系数的量纲为 1 数群关联式。

#### 7.18.5 教学方法

本节主要采用提问法、讲授法、引导法。

#### 7.18.6 作业安排及课后反思

课后思考：传质中常用准数：修伍德数  $Sh$ 、雷诺数  $Re$  及施密特数  $Sc$  的表达式及物理意义。

#### 7.18.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

- (1)  $\pi$  定理。

#### 7.18.8 参考资料

本课程使用教材：第 2 章“吸收”部分。

### 7.19 教学单元十九

#### 7.19.1 教学日期

课次/学时：19/2

#### 7.19.2 教学目标

- (1) 了解高浓度吸收特点及计算方法；
- (2) 了解非等温吸收平衡关系求取；
- (3) 理解解吸计算。

#### 7.19.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

- (1) 高浓度吸收特点及计算方法；

(2) 非等温吸收平衡关系求取；

(3) 解吸计算。

重点：

(1) 高浓度吸收特点；

(2) 解吸计算。

难点：

(1) 非等温吸收平衡关系求取。

#### 7.19.4 教学过程

(1) 复习上节课知识点

① 传质中常用准数有哪些？其物理意义是什么？

(2) 高浓度吸收特点及计算方法

引导学生思考高浓度吸收与低浓度吸收有何异同；引出高浓度吸收的特点，并介绍其计算方法。

(3) 非等温吸收平衡关系求取

讲授非等温吸收特点以及随温度变化平衡关系的求取。

(4) 解吸计算

强调吸收与解吸是完整过程，解吸效果成本决定吸收的效果；通过一实际例子讲授解吸计算。

#### 7.19.5 教学方法

本节主要采用讲授法、引导法、对比法。

#### 7.19.6 作业安排及课后反思

课后思考：高浓度吸收的特点；解析计算思路。

#### 7.19.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

(1) 吸收平衡关系。

#### 7.19.8 参考资料

本课程使用教材：第2章“吸收”部分。

## 7.20 教学单元二十

### 7.20.1 教学日期

课次/学时：20/2

### 7.20.2 教学目标

(1) 掌握吸收塔的调节与操作性计算。

### 7.20.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

- (1) 吸收塔的调节与操作性计算；
- (2) 本章小结。

重点：

- (1) 吸收塔的调节与操作性计算。

难点：

- (1) 吸收塔的调节与操作性计算。

### 7.20.4 教学过程

(1) 复习上节课知识点

① 高浓度吸收特点？

(2) 吸收塔的调节与操作性计算

引导学生定性分析在改变操作参数的条件下(如：吸收剂进口浓度、吸收剂用量等)，气体出口浓度的变化。

通过实例，讲授吸收塔的调节与操作性定量计算。

(3) 本章小结

### 7.20.5 教学方法

本节主要采用提问法、讲授法、引导法、讨论法、归纳法。

### 7.20.6 作业安排及课后反思

课后作业：教材 P150，15。

### 7.20.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备:

- (1) 亨利定律;
- (2) 逆流条件下吸收操作线方程。

### 7.20.8 参考资料

本课程使用教材：第2章“吸收”部分。

## 7.21 教学单元二十一

### 7.21.1 教学日期

课次/学时：21/2

### 7.21.2 教学目标

- (1) 了解气液传质设备;
- (2) 了解典型塔板的结构特点及分类。

### 7.21.3 教学内容（含重点、难点）

知识点:

- (1) 气液传质设备概述;
- (2) 典型塔板的结构特点及分类。

重点:

- (1) 典型塔板的结构特点及分类。

难点:

- (1) 典型塔板的结构特点及分类。

### 7.21.4 教学过程

- (1) 气液传质设备概述

讲授气液传质设备的功能以及分类，进而引出填料塔和板式塔。

动画展示填料塔和板式塔，并列举相关工程实例。

对比填料塔和板式塔的性能参数。

介绍塔型选择。

## (2) 典型塔板的结构特点及分类

讲授板式塔中几种典型塔板，如泡罩塔板、筛孔塔板、浮阀塔板等。并通过动画或图片展示。

### 7.21.5 教学方法

本节主要采用讲授法。

### 7.21.6 作业安排及课后反思

课后思考：典型塔板的结构特点及分类。

### 7.21.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

- (1) 蒸馏及吸收相关内容。

### 7.21.8 参考资料

本课程使用教材：第3章“蒸馏和吸收塔设备”部分。

## 7.22 教学单元二十二

### 7.22.1 教学日期

课次/学时：22/2

### 7.22.2 教学目标

- (1) 掌握塔板上的流体力学特性；
- (2) 理解塔板上正常与非正常操作情况及调节；
- (3) 了解板式塔的设计原则及步骤。

### 7.22.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

- (1) 塔板上的流体力学特性；
- (2) 塔板上正常与非正常操作情况及调节；
- (3) 板式塔的设计原则及步骤。

重点：



- (1) 塔板上的流体力学特性；
- (2) 塔板上正常与非正常操作情况及调节。

难点：

- (1) 塔板上正常与非正常操作情况及调节。

#### 7.22.4 教学过程

- (1) 塔板上的流体力学特性

讲授板式塔塔板上流体力学特性：塔板上气液两相的接触状态、塔板压降、液面落差。

- (2) 塔板上正常与非正常操作情况及调节

引导学生从塔板上的流体力学特性，思考塔板上有哪些非正常操作情况，以及如何调节。

引出负荷性能图及操作弹性。

- (3) 板式塔的设计原则及步骤

通过一具体实例介绍板式塔的设计原则及步骤。

#### 7.22.5 教学方法

本节主要采用讲授法、引导法。

#### 7.22.6 作业安排及课后反思

课后作业：教材 P195，思考题 1、2、3。

#### 7.22.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

- (1) 板式塔中典型塔板的结构特点。

#### 7.22.8 参考资料

本课程使用教材：第 3 章“蒸馏和吸收塔设备”部分。

### 7.23 教学单元二十三

#### 7.23.1 教学日期

课次/学时：23/2

### 7.23.2 教学目标

- (1) 了解填料塔的结构特点以及填料的分类及特点；
- (2) 掌握填料塔的流体力学特性；
- (3) 了解填料塔的设计原则及步骤。

### 7.23.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

- (1) 填料塔的结构特点以及填料的分类及特点；
- (2) 填料塔的流体力学特性；
- (3) 填料塔的设计原则及步骤。

重点：

- (1) 填料塔的流体力学特性。

难点：

- (1) 填料塔的流体力学特性。

### 7.23.4 教学过程

- (1) 复习上节课知识点

- ① 塔板上可能存在哪些非正常操作情况以及如何调节？
- ② 负荷性能图及操作弹性。

- (2) 填料塔的结构特点以及填料的分类及特点

- (3) 填料塔的流体力学特性

对比板式塔的流体力学特性，引导学生学习填料塔的流体力学特性。

- (4) 填料塔的设计原则及步骤

通过一具体实例介绍填料塔的设计原则及步骤。

### 7.23.5 教学方法

本节主要采用提问法、讲授法、对比法。

### 7.23.6 作业安排及课后反思

课后作业：教材 P195，思考题 4。

### 7.23.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备:

- (1) 板式塔的流体力学特性。

### 7.23.8 参考资料

本课程使用教材：第3章“蒸馏和吸收塔设备”部分。

## 7.24 教学单元二十四

### 7.24.1 教学日期

课次/学时：24/2

### 7.24.2 教学目标

- (1) 了解什么是干燥；
- (2) 了解干燥介质的作用；
- (3) 掌握干燥介质(湿空气)的性质。

### 7.24.3 教学内容（含重点、难点）

知识点:

- (1) 干燥过程的基本概念；
- (2) 干燥介质(湿空气)的性质。

重点:

- (1) 干燥介质(湿空气)的性质。

难点:

- (1) 干燥介质(湿空气)的性质。

### 7.24.4 教学过程

- (1) 什么是干燥以及干燥的应用

从生活中晾衣服以及食品工业中奶粉的生产引出什么是干燥，以及干燥应用领域。

- (2) 热质同时传递的干燥过程

引导学生分析干燥过程的机理，理解干燥是热质同时传递的；理解气体预热并不是干燥的充要条件，其目的在于加快湿份汽化和物料干燥的速度，达到一定的生产能力。

(3) 干燥介质(湿空气)的性质;

详细讲授湿空气干球温度、绝对湿度、相对湿度、比体积、比热容、湿焓的定义。

#### 7.24.5 教学方法

本节主要采用讲授法、引导法。

#### 7.24.6 作业安排及课后反思

课后作业：教材 P296, 1。

#### 7.24.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备:

(1) 传热学和传质学相关知识。

#### 7.24.8 参考资料

本课程使用教材：第 5 章“干燥”部分。

### 7.25 教学单元二十五

#### 7.25.1 教学日期

课次/学时：25/2

#### 7.25.2 教学目标

- (1) 掌握干燥介质(湿空气)的性质;
- (2) 掌握湿空气的  $H-I$  图及其应用。

#### 7.25.3 教学内容（含重点、难点）

知识点:

- (1) 干燥介质(湿空气)的性质;
- (2) 湿空气的  $H-I$  图及其应用。

重点:

- (1) 湿球温度、绝热饱和温度;
- (2) 湿空气的  $H-I$  图及其应用。

难点:

(1) 湿球温度、绝热饱和温度。

#### 7.25.4 教学过程

(1) 复习上节课知识点

- ① 什么是干燥？
- ② 预热气体是不是干燥过程的充要条件？
- ③ 绝对湿度与相对湿度。

(2) 干燥介质(湿空气)的性质

对比讲授干燥介质的干球温度、湿球温度、绝热饱和温度及露点温度的概念，计算以及应用。

(3) 湿空气的  $H-I$  图的构成

讲授湿空气的  $H-I$  图主要由等  $I$  线、等  $H$  线、等  $t$  线、等  $\phi$  线和蒸汽分压线等构成。

(4) 湿空气的  $H-I$  图的应用

引导学生在已知两独立参数的条件下，应用湿空气的  $H-I$  图确定其他状态点。如：已知湿空气的  $H$  和  $t$ 、湿空气的  $t_d$  和  $t$ 、湿空气的  $t_w$  和  $t$  等条件下，确定其他状态点。

引导学生应用湿空气的  $H-I$  图描述湿空气状态变化。

#### 7.25.5 教学方法

本节主要采用提问法、讲授法、对比法、引导法。

#### 7.25.6 作业安排及课后反思

课后作业：教材 P297，2。

#### 7.25.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

(1) 上节课所学的干燥介质(湿空气)的性质。

#### 7.25.8 参考资料

本课程使用教材：第 5 章“干燥”部分。

## 7.26 教学单元二十六

### 7.26.1 教学日期

课次/学时：26/2

### 7.26.2 教学目标

- (1) 掌握干燥过程的物料衡算；
- (2) 掌握干燥过程的热量衡算。

### 7.26.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

- (1) 干燥过程的物料衡算；
- (2) 理想干燥过程；
- (3) 干燥过程的热量衡算。

重点：

- (1) 干燥过程的物料衡算；
- (2) 理想干燥过程；
- (3) 干燥过程的热量衡算。

难点：

- (1) 干燥过程的热量衡算。

### 7.26.4 教学过程

(1) 复习上节课知识点

- ① 湿球温度与绝热饱和温度区别和联系？
- ② 湿空气的  $H-I$  图。

(2) 干燥过程的物料衡算

引导学生选择控制体，对干燥过程进行物料衡算，获得物料衡算式。

(3) 理想干燥过程

讲授什么是理想干燥过程，理想干燥过程的特点。

(4) 干燥过程的热量衡算

引导学生选择控制体，对干燥过程进行热量衡算，获得热量衡算式。

通过获得的热量衡算式，引导学生分析干燥过程中，热空气降温释放的热量主要用于湿份的汽化、物料的升温以及散热损失。

讲授干燥系统热效率，并引导学生分析提高干燥系统热效率的方法。

### 7.26.5 教学方法

本节主要采用提问法、讲授法、引导法。

### 7.26.6 作业安排及课后反思

课后作业：教材 P297，4。

### 7.26.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

- (1) 如何选择控制体；
- (2) 干燥介质的性质。

### 7.26.8 参考资料

本课程使用教材：第5章“干燥”部分。

## 7.27 教学单元二十七

### 7.27.1 教学日期

课次/学时：27/2

### 7.27.2 教学目标

- (1) 掌握干燥过程物料衡算及热量衡算的应用；
- (2) 理解干燥过程的平衡关系及应用。

### 7.27.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

- (1) 干燥过程物料衡算及热量衡算的应用；
- (2) 干燥过程的平衡关系及应用。

重点：

- (1) 干燥过程物料衡算及热量衡算的应用。

难点：

(1) 干燥过程物料衡算及热量衡算的应用。

#### 7.27.4 教学过程

(1) 复习上节课知识点

- ① 理想干燥过程；
- ② 干燥过程的物料衡算式；
- ③ 干燥过程的热量衡算式。

(2) 干燥过程物料衡算及热量衡算的应用

- ① 讲授某一理想干燥过程的例题；
- ② 讲授某一实际干燥过程的例题。

(3) 干燥过程的平衡关系及应用

引导学生思考干燥过程的平衡关系是热力学问题还是动力学问题。

对比讲授平衡水分和自由水分、结合水分和非结合水分；讲授平衡关系的获取及应用。

#### 7.27.5 教学方法

本节主要采用提问法、引导法、对比法、讲授法。

#### 7.27.6 作业安排及课后反思

课后作业：教材 P297，5。

#### 7.27.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

- (1) 复习干燥过程的物料衡算式；
- (2) 复习干燥过程的热量衡算式；
- (2) 复习理想干燥过程。

#### 7.27.8 参考资料

本课程使用教材：第5章“干燥”部分。



## 7.28 教学单元二十八

### 7.28.1 教学日期

课次/学时：28/2

### 7.28.2 教学目标

- (1) 掌握干燥过程的速率关系；
- (2) 掌握干燥过程的时间计算。

### 7.28.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

- (1) 干燥曲线和干燥速率曲线；
- (2) 干燥过程的速率关系；
- (3) 干燥过程的时间计算。

重点：

- (1) 干燥过程的速率关系；
- (2) 干燥过程的时间计算。

难点：

- (1) 干燥过程的时间计算。

### 7.28.4 教学过程

- (1) 复习上节课知识点
  - ① 什么是平衡水分、自由水分？
  - ② 什么是结合水分、非结合水分？
- (2) 干燥曲线和干燥速率曲线

引导学生思考干燥过程分为那几个阶段，并讲授干燥曲线，通过干燥曲线引出干燥速率曲线。

- (3) 干燥过程的速率关系

讲授恒速干燥段的速率表达式及其影响因素。

讲授降速干燥段的速率的影响因素。

- (4) 干燥过程的时间计算

讲授恒速干燥段时间计算。

讲授降速干燥段时间计算(解析法和图解积分法)。

### 7.28.5 教学方法

本节主要采用提问法、引导法、讲授法。

### 7.28.6 作业安排及课后反思

课后作业：教材 P298，9。

### 7.28.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

(1) 高等数学微积分相关部分；

(2) 数值积分法。

### 7.28.8 参考资料

本课程使用教材：第5章“干燥”部分。

## 7.29 教学单元二十九

### 7.29.1 教学日期

课次/学时：29/2

### 7.29.2 教学目标

(1) 了解典型干燥设备的结构特点及设计原则。

### 7.29.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

(1) 典型干燥设备的结构特点及设计原则；

(2) 本章小结。

重点：

(1) 典型干燥设备的结构特点及设计原则。

难点：

(1) 典型干燥设备的结构特点及设计原则。

#### 7.29.4 教学过程

(1) 复习上节课知识点

- ① 恒速干燥段时间计算；
- ② 降速干燥段时间计算。

(2) 典型干燥设备的结构特点及设计原则

通过动画或图片讲授典型干燥设备的结构特点及设计原则。

(3) 本章小结

#### 7.29.5 教学方法

本节主要采用提问法、讲授法。

#### 7.29.6 作业安排及课后反思

课后思考：典型干燥设备的结构特点。

#### 7.29.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前准备：

- (1) 复习干燥概述。

#### 7.29.8 参考资料

本课程使用教材：第5章“干燥”部分。

### 7.30 教学单元三十

#### 7.30.1 教学日期

课次/学时：30/2

#### 7.30.2 教学目标

- (1) 巩固化工原理(下)所学内容的基本概念，强化理解应用。

#### 7.30.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：

- (1) 化工原理(下)所学内容的基本知识点。

重点：

(1) 化工原理(下)所学内容的基本知识点及其应用。

难点:

(1) 化工原理(下)所学内容的基本知识点及其应用。

#### **7.30.4 教学过程**

(1) 化工原理(下)所学内容的基本知识点

以每章节典型例题为引线, 贯穿核心基本概念、基本公式;

抽问强化记忆, 分析存在问题, 启发思路扩展。

#### **7.30.5 教学方法**

本节主要采用提问法、讲授法。

#### **7.30.6 作业安排及课后反思**

总复习。

#### **7.30.7 课前准备情况及其他相关特殊要求**

课前准备:

(1) 复习化工原理(下)所学内容的基本知识点。

#### **7.30.8 参考资料**

本课程使用教材: 第1章“蒸馏”、第2章“吸收”、第3章“蒸馏和吸收塔设备”、第5章“干燥”。

## 8. 课程要求

我将根据自己多年来的学习经验总结与同学们交流分享如何学好《化工原理》这门专业基础课，希望能给同学们的学习提供一些启发。

### 8.1 学生自学要求

由于课时有限，教学过程中未涉及的部分，如教材后续章节萃取、结晶等需要学生自学。

### 8.2 课外阅读要求

课后根据自己的兴趣适当的阅读与本课程相关的书籍、论著以及资料等。这不仅能激发学习兴趣，还可以拓展知识面。

### 8.3 课堂讨论要求

上课时做好笔记，以备后续复习查阅们注意重点记下教科书中未出现而老师却一再强调的内容及知识点，积极参与课堂提问及课堂讨论，这是对所学知识加深理解的重要途径。

### 8.4 课程实践要求

课后及时复习是很有必要的，这不仅可以巩固所学知识，还可以加深对所学知识的理解以及很好的锻炼自己对知识的概括和总结能力。

课后复习遇到问题时，多问几个为什么，尽量依靠自己的能力解决这些问题。在解决问题的过程中会学到包括查阅文献资料、利用各种软件在内的各种知识。同时也可在保持自己意见的情况下与同学进行讨论。学会使用集体的力量解决问题，当然，也可以及时与老师讨论解决问题。

认真对待课堂及课后作业，每次作业都是对所学知识的检验，不仅检验了运用知识的能力，更在很大程度上强化记忆，让自己能对所学知识有系统的认识。

## 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（包括课后补课的同学），每缺席 1 次平时成绩扣 5 分，直至扣完。此外，本课程允许每一位同学无理由请假 5 次，但需在授课前提交请假条。

**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。5 次无故迟到 10 分钟及 10 分钟以内的同学算缺席 1 次，1 次无故迟到 10 分钟及 10 分钟以上的同学算缺席 1 次；1 次无故早退的同学算缺席 1 次。

**作业、报告：**根据教学要求，须按时保质保量完成作业或报告。

### 9.2 成绩的构成与评分规则说明

根据化工原理课程教学大纲要求，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 节出勤考核方式；课堂发言主要采用随机摇号程序随机抽点同学的方式，教师根据提问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详见表 1；每一次课后作业根据同学完成情况给出等级分数，未交者该次作业按等级“E”计，补交作业按等级“D”计。等级分数与百分制分数换算亦详见表 1。

表 1 等级分数与百分制分数换算

等级分数	百分制分数
A <sup>+</sup>	98
A	95
A <sup>-</sup>	90
B <sup>+</sup>	88
B	85
B <sup>-</sup>	80
C <sup>+</sup>	78

等级分数	百分制分数
C	75
C <sup>-</sup>	70
D	60
D 以下	0

在出勤不扣分的情况下，最终平时成绩为每一次课堂发言和课后作业换算成百分制分数的算术平均分。若存在出勤扣分，平时成绩为先按出勤不扣分的情况计算的算数平均分，然后再依出勤扣分标准计算最终平时成绩。

卷面成绩为期末考试试卷百分制成绩。

### 9.3 考试形式及说明（含补考）

通常情况下，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、考试作弊、协助他人作弊视为违反学术诚信。考试作弊、协助他人作弊是指任何利用或企图利用不诚实、欺诈或未经认可的手段以力图获得学分或协助他人获得学分的行为。考试作弊行为一经证实，严格按四川理工学院相关规定处理。

### 10.2 杜撰数据、信息处理等

杜撰数据、信息亦视为违反学术诚信。杜撰数据、信息是指任何利用或企图利用不诚实或未经认可的手段抄袭、伪造数据、信息以力图获利的行为。杜撰数据、信息行为一经证实，按四川理工学院相关规定处理。

### 10.3 学术剽窃处理等

学术诚信问题零容忍。学术剽窃是指把他人的观点表达成自己的，而不注明引用来源的行为。学术剽窃一经证实，按四川理工学院相关规定处理。



## 11. 课堂规范

### 11.1 课堂纪律

- (1) 不迟到、缺席，有事、有病事先请假；
- (2) 课堂上发言应先示意；
- (3) 上课期间不得随意进出教室。

### 11.2 课堂礼仪

- (1) 师生间应相互理解相互尊重；
- (2) 进入课堂，不得穿拖鞋、背心；
- (3) 教室内不得吸烟；
- (4) 不在教室吃东西；
- (5) 爱护公物，不得随意在课桌椅、墙壁上乱写乱画；
- (6) 离开教室时随手带走自己的垃圾。

## 12. 课程资源

### 12.1 教材与参考书

本课程使用教材：

夏青等编，化工原理(下册)(第2版)[M]. 天津：天津大学出版社，2012。

参考书：

- (1) 陈敏恒，丛德滋，方图南. 化工原理[M]. 北京：化学工业出版社，2006；
- (2) 谭天恩. 化工原理[M]. 北京：化学工业出版社，2010；
- (3) 柴成敬，王军，陈常贵，等. 化工原理课程学习指导[M]. 天津：天津大学出版社，2003；
- (4) 马江权，冷一欣，韶晖，等. 化工原理学习指导(第二版)[M]. 上海：华东理工大学出版社，2012。

### 12.2 专业学术著作

- (1) 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*；
- (2) 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*；

### 12.3 专业刊物

CNKI、万方各类期刊均可。

### 12.4 网络课程资源

- (1) <http://bbs.hcbbs.com> 海川化工论坛；
- (2) 各高校化工论坛。

## 13. 教学合约

### 13.1 教师作出师德师风承诺

我承诺不断努力完善自己，遵纪守法，履行教师应有的职责，按照本课程教学大纲的要求认真完成其教学工作。

### 13.2 阅读课程实施大纲，理解其内容

对课程实施大纲内容请认真阅读，不理解之处请与任课教师联系沟通。

### 13.3 同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望

- (1) 我已经认真阅读了化工原理课程实施大纲，并清楚理解其中所陈述的内容；
- (2) 任课教师已预备足够的时间让我咨询课程实施大纲的相关内容；
- (3) 我认同任课教师针对课程实施所提的课程标准；
- (4) 我同意遵守本课程实施大纲中所阐述的课程考核方式、学术诚信规定、课堂规范等规定。

签名：

日期：

## 14. 其他说明

欢迎同学们对本课程教学实施提出意见和建议，我会在今后的教学过程中不断的完善课程实施大纲，以便进一步提高教学质量。