

## 《化工原理》（一、二）教学大纲

课程编号	1008720049、1008720051	课程性质	专业基础课
课程名称	化工原理	学时/学分	108/6
英文名称	Principles of Chemical Engineering	考核方式	闭卷笔试
选用教材	《化工原理》谭天恩 窦梅 周明华等编著 化学工业出版社	先修课程	高等数学、物理化学
适用专业	化学工程与工艺及相近专业		
执笔人签字	赵鹏	专业（系）负责人签字	黄明芳
学院负责人签字	荆国华	日期	2019年3月

### 一、课程简介

化工原理是研究化工过程“三传一反”中除了化学反应之外的动量传递、热量传递和质量传递的过程，这些共有的物理性加工过程即为“单元操作”。化工原理课程围绕重要且常用的单元操作，重点讲述其基本原理，工艺计算，典型设备结构，操作性能和设计、选型等问题。化工原理属于工程学科，是理论课向工程专业课过渡的桥梁，是解决生产问题的基石。掌握实验研究法和数学模型法有助于增强分析问题和解决问题的能力。培养工程思维和解决工程实际问题的能力是这门课程的最终目的。

化工原理是化学工程与工艺专业核心课程之一，通过学习重要且常用的单元操作的基本原理，工艺计算，典型设备结构，操作性能和设计、选型等，培养学生工程思维和解决工程实际问题的能力，为从事化工生产和管理打下基础。

### 二、课程目标

通过本课程的理论教学和实验训练，使学生具备下列能力：

- 1、能够正确的描述单元操作，划定控制体系，并运用物料衡算方程，对单元操作中物料流量及组成进行计算。能够根据单元操作流体能量衡算关系，对单元操作过程能量转移过程进行设计计算并对过程进行合理性分析，能够根据扩散原理正确表述不同单元的传质过程，并进行相关计算。
- 2、能够对不同体系中物料衡算和相平衡的关系进行正确表述，并用于解释其在单元操作中所起的作用。能够使用物料衡算关系对单元过程进行分析，并结合相平衡关系对单元操作进行计算。
- 3、能够根据动量、热量、质量传递等单元操作的工程原理，提出解决实际问题不同的途径，通过查阅文献优选出合适的解决方案。
- 4、能够理解并掌握化工单元操作的基本原理，分析复杂过程的影响因素，对过程计算的逻辑关系阐述清楚，表达清晰准确，证实解决方案的合理性。

### 三、课程目标与毕业要求的对应关系

表1 《化工原理》课程目标与毕业要求的对应表

课程目标	毕业要求	二级观测点
课程目标 1	1. 工程知识	1.1: 能够将数学、自然科学、工程基础和专业知识用于复杂化工问题的合理描述;
课程目标 2	1. 工程知识	1.2: 能针对一个化工系统或过程建立合适的数学模型, 并利用恰当的限制条件求解。
课程目标 3	2. 问题分析	2.2: 能依据科学和工程原理及文献调研, 认识到解决化工问题有多种方案可选择。
课程目标 4	3. 问题分析	2.4: 能运用化学工程学的基本原理, 分析过程的影响因素, 证实解决方案的合理性。

### 四、教学基本内容

#### 绪论（支撑课程目标 1）

主要内容：介绍化工单元操作的历史、内容，组成、物料衡算、能量衡算、传递速率，研究方法。

要求学生：了解本课程的特点及学习要求；熟悉本课程的基本研究内容、方法；掌握课程学习的要求和考核，以及单位和单位换算。

重点：组成表示方式，物料衡算

难点：物料衡算

思政元素：工程观念的引入，严谨、逻辑性强；化工单元操作用于实际，投入产出比。

引申到大学学习生活的成本核算，发展规划。

#### 第一章：流体流动（支撑课程目标 1、2、3、4）

主要内容：流体的密度和压强；流体静力学基本方程及其应用；流体流动连续性方程和机械能衡算方程—柏努利方程及其应用；牛顿粘性定律；层流和湍流；管流速度分布；流动边界层概念；管内流动的阻力损失的计算；管路计算；流速、流量的测定。

要求学生：理解与掌握连续性方程和柏努利方程，掌握牛顿粘性定律及其应用；掌握管内流动阻力的计算；掌握各种局部阻力的计算；掌握各种管路的计算；了解各种测速装置；掌握各种测速装置的流量计算及其校正方法；根据流体流动原理及过程计算对工程中各种复杂管路计算进行设计计算并能够根据具体情况进行分析。

重点：压强的表达；流体静力学基本方程；物料衡算：连续性方程；能量衡算（机械性衡算）：柏努利方程；管路设计及操作性问题。

难点：边界层及其分离；流体静力学和流动基本方程的应用；转子流量计。

思政元素：

1、首先介绍流体力学简史，在讲授流体机械能衡算方程的过程中介绍伯努利生平，强调创新和协作精神在科学研究中的重要性；然后介绍流体动力学方程在我国重大工程项目（如南水北调、西气东输等）中的广泛应用，增强民族自豪感、树立正确人生观。

2、流体从层流到湍流的转变过程是量变引起质变的过程，将马克思主义哲学原理中的发展观运用到科学研究中。

3、在讲授顾毓珍摩擦系数经验式（顾氏公式）时，介绍我国著名爱国留学归国化学工程专家顾毓珍先生生平，培养学生家国情怀、民族自豪感和奉献精神，激发内生学习动力，树立正确的价值观和人生观。

4、管道设计、选型需要符合国家标准和行业规范，让学生理解标准化对国民生产的重要性，建立科学的资源利用观念，并增强法律和规范意识。

5、介绍毕托管设计原理及使用时，引入多个由于毕托管不正常使用导致航班失事的警示性案例，教育学生在日常学习和实验过程中要养成认真负责、踏实敬业的科研/工作态度和严谨细致的科研/工作作风。

## 第二章：流体输送机械（支撑课程目标 1、2、3、4）

主要内容：离心泵结构、操作原理和类型；离心泵的理论压头和实际压头；离心泵特性参数和特性曲线；管路特性曲线；离心泵的工作点和流量调节；离心泵安装高度的确定；离心泵的选用；往复泵和其它类型泵；通风机、鼓风机、压缩机和真空泵。

要求学生：掌握离心泵操作原理、构造与类型，理解气缚和汽蚀现象；理解流量、压头、功率和效率的概念；掌握离心泵的特性曲线及其应用；理解离心泵工作点概念，掌握管路特性方程的求取方法和流量调节方法；掌握离心泵安装高度的计算和离心泵的选型方法，了解离心泵的组合操作。

重点：离心泵的结构及工作原理；离心泵的特性曲线；离心泵的最大安装高度；离心泵选型

难点：离心泵机械能损耗；离心泵工作点的确定；离心泵的组合操作

思政元素：

1、在学习流体输送设备—离心泵的过程中介绍泵的发展简史，充分理解工匠精神在生产实践中的重要性。

2、介绍离心泵组合问题—两台离心泵串联及并联的特性曲线及应用，揭示其变化规律类似于电路中的欧姆定律，从而理解马克思主义哲学原理中的联系观在解决复杂工程问题中的重要作用。

3、在介绍离心泵的选型过程中对学生进行国家及行业标准和规范教育。

## 第三章：机械分离（支撑课程目标 1、2、3、4）

主要内容：非均相物系分离的特点；筛及筛分；颗粒特性；自由沉降和离心沉降；沉降速度和沉降设备；旋风分离器的结构和操作原理；板框和叶虑过滤原理；过滤基本方程及其应用；过滤机生产能力。

要求学生：理解筛分方法和颗粒特性；掌握颗粒沉降速度的计算；理解沉降分离的原理和应用，掌握降尘室处理能力和分离最小颗粒直径的计算方法。了解旋风分离器的构造及操作原理；理解过滤过程的基本原理，掌握板框压滤机、转筒过滤机的构造和操作原理；掌握过滤速率方程及其在恒压操作条件下的应用；掌握过滤机生产能力的计算；能够根据计算结果选择合适的设备，并对分离过程进行合理分析。

重点：自由沉降速度的计算；降尘室的设计原理；离心沉降速度的计算；恒压过滤方程式和恒速过滤方程式；过滤常数和压缩指数

难点：自由沉降及设备设计原理；离心沉降及设备设计原理；流体在固定床内流动的简

化模型及其假定；恒压过滤和恒速过滤的不同及恒压恒速方程的联合工业应用

思政元素：

1、收看硬币分拣小装置设计及运行，引导学生理论知识有效结合实际需求，学习不是目的，应用和创新才是关键；

2、日常生活中水果大小、价格，引导学生工程观念的建立，深入思考水果大小分离的方式和方法。

3、在介绍颗粒自由沉降过程及斯托克斯公式时，结合新冠肺炎疫情，理论联系实践，科学地理解口罩在流行性病毒爆发期中如何发挥作用以及如何正确使用口罩。

4、在讲授滤饼过滤的数学模型建立及推导过程中，介绍数学模型法在解决复杂工程问题中的重要应用。关联讲解目前市面上前置过滤器、净水器等工作原理，海水淡化、直饮水、实验室用水、废水处理（华侨大学中水站）等具体实例增加学生对知识点的理解和兴趣。

第五章：传热及传热设备（支撑课程目标 1、2、3、4）

主要内容：传热方式；傅立叶定律及其在一维稳态（平壁和圆筒壁）热传导中的应用；两流体通过间壁的传热分析；传热方程和传热系数；牛顿冷却定律；对流传热膜系数及其影响因素和半经验公式；传热效率和传热单元数法；热辐射传热；辐射、对流的联合传热。常用换热设备；列管式换热器的结构、选型和设计计算；强化传热的措施。

要求学生：理解一维稳态傅立叶定律，熟练掌握一维稳态导热的计算；理解两流体通过固体壁传热的概念；掌握传热速率方程、热量衡算方程和传热系数的计算；理解对流传热的概念以及牛顿冷却定律；掌握对流传热系数的经验式，并能分析各种因素对不同情况下对流传热的影响；掌握传热效率和传热单元数法；理解热辐射的概念，掌握两固体间的辐射传热的计算和设备热损失的计算。了解化工生产中常用的换热设备；掌握列管式换热器的结构，根据生产任务选型和设计并对过程进行合理性分析；掌握换热器的强化途径。

重点：导热系数及一维稳态导热速率方程；牛顿冷却定律及其给热系数的获取；总传热系数的计算；传热单元数法计算间壁式换热器传热过程。列管式换热器的结构、选型和设计计算

难点：温度边界层概念及其与流体流动边界层的联系和区别；对流给热系数与量纲分析；传热单元数法中三个无因次数群的物理意义；传热过程定性分析；强化传热途径

思政元素：

1、介绍传热基本概念的过程中融入生活中传热学知识的实践运用，比如：随手泡、空调、暖气、暖手宝等运行原理，激发学生学习兴趣。

2、讲授导热中的傅里叶定律时，介绍法国科学家傅里叶生平，通过探寻科学家足迹，激励学生成长，引领价值。

3、在介绍换热器设计与选型的过程中对学生进行国家及行业标准和规范教育。

4、讲授传热强化途径时，培养学生节能降耗和可持续发展意识，树立科学的能源/资源利用观念。

第七章：蒸发（支撑课程目标 1、3）

主要内容：基本概念；单效蒸发计算；蒸发设备中的温度差损失；溶液的沸点升高与

杜林规则；液柱静压头和加热管内摩擦损失对溶液沸点的影响；真空蒸发；多效蒸发；蒸发设备。

要求学生：掌握单效的物料和热量衡算以及溶液沸点的计算；了解多效蒸发的特点、效数的确定原则以及节约蒸汽消耗的措施；了解多效蒸发的计算方法；了解各种蒸发设备的构造，特点和应用场合。

重点：单效蒸发过程，多效蒸发过程，节约蒸汽消耗的措施

难点：溶液蒸发特点，与纯溶剂蒸发的区别。

思政元素：

培养学生节能降耗和可持续发展意识，树立科学的能源/资源利用观念。

## 第八章：传质过程导论（支撑课程目标 1）

主要内容：工业传质过程；相组成的表示方法；菲克定律及扩散过程分析；传质过程分析；设备简介。

要求学生：了解工业生产过程中的传质过程；掌握不同相组成的表示方法；熟练掌握菲克定律的内容及应用；了解传质设备。

重点：相组成的表示方法；等摩尔相互扩散和单向扩散的传质速率公式；界面上有化学反应的稳态传质计算；传质双膜模型；对流传质速率方程

难点：各种组成之间的转换关系；等摩尔相互扩散和单向扩散的区别；化学反应速率与分子扩散速率的关系；对流传质过程解析；溶质渗透和表面更新传质模型

思政元素：

1、举例说明环境工程中常见的传质过程，激发学生学习热情，增强专业认同感和专业自信。

2、介绍分子扩散中的菲克定律，与热传导中的傅里叶定律进行对比，揭示“三传”（即传动力、传热、传质）的类似性。

3、在介绍双膜理论建立的过程中，让学生能够运用马克思主义哲学理论中的发展观来理解传质理论在不同阶段的发展历程。

## 第九章：吸收（支撑课程目标 1、2、3、4）

主要内容：吸收概述；气体在液体中的溶解度与亨利定律；吸收速率方程；吸收塔物料衡算和操作线；液气比及吸收剂用量的确定；低浓度气体吸收塔填料层高度计算；传质单元和传质单元高度；双膜理论；高浓度气体吸收塔计算简介；脱吸和其它类型吸收简介；传质系数关联和传质理论简介。

要求学生：掌握气体在液体中溶解度的表示方法和亨利定律的三种形式；熟练掌握吸收速率方程各种表示形式及相互联系，总传质系数与分传质系数之间的关系；熟练掌握吸收塔物料衡算和操作线方程；熟练掌握低浓度气体吸收塔溶剂用量和填料层高度、理论塔板的计算；能够正确分析吸收过程并进行操作参数的调节。了解脱吸、多组分吸收、化学吸收、非等温吸收的基本概念；理解双膜、渗透、表面更新这三种传质模型。

重点：溶剂的选择原则；物理吸收速率方程（多种形式）；吸收塔的操作线方程和操作线推导及应用；对数平均推动力法和吸收因子法求解传质单元数的推导及对比；低浓气体吸

## 收计算

难点：气液相平衡表示方式之间的相互转换；双膜理论在吸收过程中的应用；吸收剂用量的确定以及用量变化时对操作的影响；最小液气比的确定；平衡线为直线时的吸收塔填料层高度的计算；吸收塔设备操作型定性分析以及试差计算

思政元素：

1、导入案例介绍吸收在环境工程中的应用，让学生建立环保、资源循环利用、绿色可持续发展理念，增强专业认同感和专业自信，激发学习主观能动性。

2、介绍吸收剂的选择原则以及吸收流程设计（双塔循环）时，培养学生环保、健康与安全，以及可持续发展理念，体现人文关怀与社会责任担当。

3、在介绍吸收塔填料层高度计算的过程中，重点讲授最适宜吸收剂用量的确定，让学生树立科学的资源利用观念。

## 第十章：蒸馏（支撑课程目标 1、2、3、4）

主要内容：蒸馏概述；双组分混合物的汽液平衡；简单蒸馏和平衡蒸馏；精馏原理；双组分混合物连续精馏 的分析和计算；物料衡算和操作线；回流比、进料状况和  $q$  线方程； $M-T$  图解法；捷算法；逐板法；理论板、实际板和全塔效率；单板效率；热量衡算；回流比的影响和选择；其它类型蒸馏简介。

要求学生：理解双组分混合液平衡概念，掌握理想系统的相平衡计算。理解简单蒸馏，平衡蒸馏的基本原理。理解精馏过程原理。掌握精馏过程物料衡算和双组分混合液常压连续精馏操作线、进料线方程，理解各种进料状态和精馏的影响及  $q$  值的计算。掌握  $M-T$  图解法和逐板计算理论塔板数。理解全塔效率、单板效率、理论塔板、实际塔板概念。理解回流比对精馏操作的影响，熟练掌握回流比的选取方法，了解精馏操作经济核算方法，理解操作优化概念；掌握用捷算法求理论塔板数。掌握精馏塔的热量衡算方法。了解水蒸汽蒸馏、间歇精馏、恒沸精馏、萃取精馏、多元精馏的基本概念。

重点：相平衡关系，双组分混合物连续精馏 的分析和计算；物料衡算和操作线；回流比的影响和选择、进料状况和  $q$  线方程；

难点：蒸馏到精馏过程转变、区别；回流比， $q$  线方程在操作过程中的应用。

思政元素：

1、精馏单元为高能耗过程，培养学生节能降耗和可持续发展意识，树立科学的能源/资源利用观念。

2、介绍我国精馏发展历史，重要贡献者余国琮院士。

3、最优回流比的确定中，引导学生对成本的概念，生活中的取舍，人生规划中的方向。

## 第十一章：气液传质设备（支撑课程目标 2、3、4）

主要内容：板式塔和填料塔的典型结构、分类和特点；流体力学性能与传质性能。

要求学生：了解板式塔和填料塔的典型结构、分类和特点；掌握板式塔流体力学性能计算及操作极限校验方法，塔板操作负荷性能图的绘制；掌握板式塔流体力学性能定性分析及计算。

重点：填料塔设计计算

难点：板式塔流体力学性能计算

思政元素：

1、介绍填料塔的设计规程，对学生进行国家及行业标准和规范教育。

2、介绍国内外新型填料的发展概况，紧跟行业发展动态，拓展国际化视野，并增强民族自豪感。

## 第十二章：萃取（支撑课程目标 1、2、3、4）

主要内容：液液萃取概述；三角形相图及其在单级萃取中的应用；单级萃取计算；最少溶剂的计算；萃取剂的选择；单级萃取、多级错流和多级逆流萃取的流程和计算；萃取设备简介。

要求学生：掌握三元物系组成、液液平衡关系、萃取过程在三角形相图图解中的表示方法。掌握萃取剂的选择原则。掌握萃取剂和原溶剂部分互溶和不互溶两种情况下的单级萃取、多级错流萃取、多级逆流萃取的流程和计算。了解各种常用萃取设备的结构特点及其适用场合。

重点：三角形相图，单级萃取计算

难点：多级萃取过程计算及图解法

思政元素：

1、介绍液液萃取在环境领域的应用，增强学生环保意识，激发学习动力，增强专业自信和认同；

2、介绍萃取剂选择原则以及最适宜萃取剂用量的确定过程中，培养学生环保、健康与安全理念和绿色可持续发展意识，树立科学的资源利用观念，体现人文关怀与社会责任担当。

## 第十三章：干燥（支撑课程目标 1、2、3、4）

主要内容：湿空气的性质；空气湿度图及其应用；空气对流干燥器的物料衡算和热量衡算；物料含湿分性质；恒定条件下的干燥速度和干燥时间；各类干燥器结构和特点；气体增减湿的操作原理。

要求学生：理解湿空气性质参数的意义，熟练掌握各种湿空气性质参数计算方法。理解湿度图的绘制方法，掌握湿度图及其应用。熟练掌握空气对流干燥器的物料衡算和热量衡算。理解干燥机理，掌握应用干燥曲线和干燥速度曲线计算在恒定干燥条件下的干燥速度和干燥时间。了解各种常用干燥设备的操作原理、结构特点、适用场合和选用。了解气体增湿的操作原理。

重点：湿空气性质，物料衡算，热量衡算，干燥速率及干燥时间计算

难点：湿度图，干燥过程热量的用途及效率，降速干燥过程数学处理

思政元素：

1、在介绍干燥设备选型和结构的过程中对学生进行国家及行业标准和规范教育。

2、讲授干燥过程中热量的用途及效率时，培养学生节能降耗和可持续发展意识，树立科学的能源/资源利用观念。

3、空气性质作为日常生活中经常接触的一个性能，引导学生对空气质量、空气中温湿度变化及环境保护的意识。

## 五、建议教学进度

课程内容	授课时数	讨论及习题讲解	小计
绪论	2		2
第一章 流体流动	12	2	14
第二章 流体输送机械	8	2	10
第三章 机械分离	8	2	10
第五章 传热及传热设备	12	2	14
第七章 蒸发	2		2
复习辅导		2	2
第八章 传质过程导论	2		2
第九章 吸收	10	2	12
第十章 蒸馏	12	2	14
第十一章 气液传质设备	4	0	4
第十二章 萃取	8	2	10
第十三章 干燥	8	2	10
复习辅导		2	2
合计	88	20	108

课内外时间约为 1:1.2~1.5

## 六、教学方法

- 1、阐述基本原理，讲述单元操作过程，培养学生联想认知能力
- 2、采用多媒体课件、黑板板书和联系单元操作在实际生活中应用的例子相结合进行教学
- 3、通过实际工程问题，建立简化模型，培养学生逻辑思维方法建立和应用及解决实际工程问题的能力
- 4、理论教学与生产过程案例相结合，强化学生工程观点的建立和工程分析能力的培养
- 5、每次课后除经典课后习题，要求学生在没有答案的习题册中自选适应自己学习深度的题目 1-3 题，上交，逐一逐步批改，对难点及答题错误率较高的习题进行集中讲解分析。

## 七、课程评价标准

### 1、考核方式及内容

本课程的教学环节包括课堂授课、课堂研讨、习题作业，考核方式包括过程考核和期末考试。过程考核指课堂研讨、习题作业和期中考试的综合评定，平时成绩占 30%；期中及期末考试基于课堂讲授、课外阅读、课上研讨的内容进行闭卷笔试，考试题型包括选择题、简答题和计算题，占 70%。考核方式和比例如表 2 所示。



表 2 课程目标达成考核与评价方式及成绩评定

课程目标	支撑毕业要求 观测点	考核与评价方式及成绩比例（%）		成绩比例 （%）
		平时成绩	期末考试	
课程目标 1	观测点 1.1	6	14	20
课程目标 2	观测点 1.2	7	18	25
课程目标 3	观测点 2.2	10	22	32
课程目标 4	观测点 2.4	7	16	23
合计		30	70	100

## 2、评分标准

（1）习题作业、课堂研讨的评分标准具体如表 3 所示。

表 3 课堂研讨、习题作业的评分标准

考核指标	权重	90-100 分	80-89 分	70-79 分	60-69 分	0-59
习题作业	0.40	问题分析清楚，计算过程逻辑完整，表达清楚	问题分析较清楚，计算过程逻辑完整，表达较清楚	问题分析一般，计算过程基本逻辑完整，需仔细辨认，表达较清楚	未及时交作业或者概念不清楚，分析问题不正确，逻辑关系错误，表达不清楚	未交作业或分析问题错误，逻辑关系混乱，表达错误
课堂研讨	0.10	概念清晰分析得当	主要概念清晰分析不完整	部分概念清晰分析部分正确	有基本概念，分析明显漏洞	无概念，分析不正确

（2）期中和期末考试评分标准：按照期中和期末考试评分标准百分制评分，期中考试占平常成绩权重为 0.5。总分折算后纳入平时成绩。期中和期末考试内容和评分标准可参考表 4 中的教学目标达成情况评价标准来设置。

表 4 课程目标达成情况评价参考标准

课程目标	80-100 分	60-79 分	45-59 分	0-39 分
课程目标 1	准确描述单元操作，划定控制体系，并运用物料衡算方程，对单元操作中物料流	基本描述单元操作，划定控制体系，并运用物料衡算方程，对单元操作中物料流	描述单元操作，划定控制体系，并运用物料衡算方程，对单元操作中物料流量及	无法描述单元操作，划定控制体系，并运用物料衡算方程，对单元操作中物料流

	量及组成进行计算	量及组成进行计算	组成进行计算有一定的难度	量及组成进行计算
课程目标 2	正确表述不同体系中物料衡算和相平衡的关系，正确使用物料衡算关系对单元过程进行分析，并结合相平衡关系对单元操作进行计算。	能够基本表述不同体系中物料衡算和相平衡的关系，较正确使用物料衡算关系对单元过程进行分析，并结合相平衡关系对单元操作进行计算。	会表述不同体系中物料衡算和相平衡的关系，部分使用物料衡算关系对单元过程进行分析，并结合相平衡关系对单元操作进行计算。	不会表述不同体系中物料衡算和相平衡的关系，不会使用物料衡算关系对单元过程进行分析，并结合相平衡关系对单元操作进行计算。
课程目标 3	能够根据动量、热量、质量传递等单元操作的工程原理，提出解决实际问题不同的途径，通过查阅文献优选出合适的解决方案。	能够根据动量、热量、质量传递等单元操作的工程原理，提出解决实际问题的途径。	基本能够根据动量、热量、质量传递等单元操作的工程原理，提出实际问题的途径，但不够准确。	无法根据动量、热量、质量传递等单元操作的工程原理，提出解决实际问题的途径。
课程目标 4	正确理解并掌握化工单元操作的基本原理，分析复杂过程的影响因素，对过程计算的逻辑关系阐述清楚，表达清晰准确，证实解决方案的合理性。	基本理解并掌握化工单元操作的基本原理，分析复杂过程的影响因素，对过程计算的逻辑关系阐述较清楚。	基本理解化工单元操作的基本原理，会分析复杂过程的影响因素，过程计算逻辑关系不清楚，表达尚可。	没有理解化工单元操作的基本原理，不会分析复杂过程的影响因素，对过程计算的逻辑关系混乱。

## 八、教学参考书

- 1、《化工原理（第四版）》，陈敏恒等编著，化学工业出版社，2015。
- 2、《化工原理》，夏清等编著，天津大学出版社，2012。
- 3、《化工原理习题精解》，何潮洪等编著，科学出版社，2015。

4、 《Elements of Chemical Reaction Engineering ( 5th edition)》 , H.S. Fogler, et.al., Pearson, 2016.