## 《化工原理》教学大纲

**一、基本信息**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程代码**： | FSE066 | **课程性质**： | 专业核心课 | |
| **课程名称**： | 化工原理 | **英文名称**： | Units operation in Chemical Engineering | |
| **学时/学分**： | 64/4.0 | **开课时间**：大二（下）、大三（上） | |  |
| **适用对象**： | 食品科学与工程、生物工程专业 | | | |
| **先修课程**： | 高等数学、物理化学、机械制图 | | | |
| **大纲执笔人**： | 房升、傅玉颖、石玉刚 | **大纲审核人**： | 孟岳成 | |
| **修订时间**： | 2023-7 | **当前版本**： | 2023级培养方案 | |

**二、课程描述**

《化工原理》课程是食品科学与工程专业的一门理论和实践性很强的重要的专业基础课，是专业课程体系中的基本骨架课程之一。本课程结合化工原理基本理论来讲述食品生产加工过程中的“三传”及典型单元操作的工作原理、设备基本构造及设计计算等，培养学生运用各种技术手段，分析解决工程设计及生产操作中各类实际问题的能力。本课程作为食品科学与工程专业一门主干技术基础课，是高等数学、物理、物理化学、机械制图等基础课的后继课程；同时，本门课程的学习也为食品机械与设备、食品加工工艺学和食品工厂设计等专业课的学习打基础。在本专业课程教学中起着承前启后的作用，起到由理及工作用。通过对食品工业单元操作的科学文化素养思维训练和课程思政元素教育，培养拥有高度社会责任感和强烈爱国主义精神，德智体美劳全面发展的社会主义事业建设者和接班人。

**三、教学目标**

通过本课程的理论教学和相关实验训练，使学生具备如下能力：

**目标1**、具有流体流动、机械分离（沉降、离心和过滤）和传热方面的基本理论和知识，能正确选择适宜单元操作并解释相关过程和设备的工作原理；能够运用这些基本单元操作的原理来分解和描述食品加工过程中的流体输送、机械分离和传热问题。掌握精馏、吸收、萃取、干燥等单元操作的基本概念、应用和基础理论，对相关单元过程的典型设备具备基础的判断和选择能力。能够运用单元基础知识对食品加工过程进行模块化分析，能够基于物料和能量衡算，对单元操作进行物质和能量计算。

**目标2**、根据食品生产和加工过程具体要求，能够正确进行流体流动、机械分离（沉降、离心和过滤）和传热过程的物料衡算、能量衡算；针对具体工艺设计和过程优化问题，能够寻找和分析关键因素，基于系统分析提出改进过程及设备的途径。掌握精馏、吸收、萃取、干燥等常用单元操作的计算和优化方法，能够基于物料和能量衡算对过程进行操作型问题分析；能够对分离过程可行性、有效性和性能表现进行分析判断，并获得合理有效的解决方案。

**目标3**、能够利用单元操作原理对典型设备进行设计和选型，能正确查阅工程手册并获取设计计算有关参数；能够对典型过程和设备设计进行调节和优化，对操作性问题和过程合理性进行分析判断并获得优化结果；能践行工程伦理的核心理念，设计中体现创新意识。根据生产上的具体要求，对各单元操作进行调节，对研发和设计方案进行系统分析；能够知道食品工程和生产的各单元操作中的故障，能够寻找和分析原因，并提出消除故障和改进过程及设备的途径。对分离过程能够进行满足食品工程要求的设计和典型设备的选型。

**四、课程目标对毕业要求的支撑**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **毕业要求** | **指标点** | **课程目标** |
| （1）工程知识：能够将数学、自然科学、工程基础和专业知识用于解决现代食品产品加工中的过程、营养与健康、质量与安全等复杂工程与技术问题。 | 1-3 能够运用基础知识，对复杂的食品产品加工过程与解决方案进行模块化分析并求解； | 目标1 |
| （2） 问题分析：能够应用数学、自然科学和食品工程的基本原理，识别、表达并通过文献研究分析食品加工技术、食品营养与健康、食品质量与安全等问题。 | 2-3 能够通过模拟或者实验提出复杂食品产品工程问题的多个方案或不同步骤的具体问题，对各种解决途径的可行性、有效性和性能表现进行对比或者验证以获得有效的解决方案并分析其合理性。 | 目标2 |
| （3） 设计/开发解决方案：能够设计针对复杂食品产品工程问题的解决方案，设计满足食品工程的系统、单元（部件）或工艺流程，并能够在设计环节中体现创新意识，考虑社会、健康、安全、法律、文化及环境等因素。 | 3-2 能够利用食品科学与工程基本原理和技术手段，对研发和设计方案进行系统分析，设计满足食品工程要求的系统、单元（部件）或工艺流程； | 目标3 |

**五、教学内容**

**绪论（上册） （支撑课程目标1）**

**重点内容：**本课程的性质和研究对象，单元操作在食工中应用，食品工程设计中相关单元操作的物料衡算与能量衡算。

**难点内容：**衡算方法和思维建立。

**教学内容：**掌握本课程的性质、目的、内容和学习方法；知道化工原理单元操作在食品工程中的应用；掌握单元操作基本概念，会针对某个单元框图进行物料衡算与能量衡算；熟悉物理量的单位制度及单位换算。

**第一章 流体流动（上册） （支撑课程目标1，2，3）**

**重点内容：** 静力学方程式和柏努利方程式中各项能量的意义、解题要点及工程应用，流体在管内流动型态的确定和流动阻力的计算，管路计算和流量测量。

**难点内容：**柏努利方程的灵活应用，管路计算中操作型问题的分析。

**教学内容：**熟悉流体的主要物性（密度、粘度）的定义、单位、影响因素及求取方法；压强的定义、单位和不同的表示方法。掌握流体静力学基本方程式的应用，连续性方程、柏努利方程的物理意义、适用条件，伯努利方程中各项互相转换和解题要点；掌握牛顿型流体和非牛顿型流体概念，了解食品体系中非牛顿型流体流变特性对加工影响。流动阻力的计算，简单管路计算和流量测量；

**第二章 流体输送机械 （上册） （支撑课程目标2，3）**

**重点内容：**离心泵的主要部件和工作原理，离心泵的主要性能、特性参数、工作点及流量调节，离心泵的选用及操作。

**难点内容：**离心泵性能的改变与换算，离心泵的安装高度。

**教学内容：**掌握离心泵的结构、工作原理、主要性能参数和特性曲线、离心泵的选型、安装及操作中应注意事项。掌握离心泵的流量调节方法，离心泵工作点和管路特性方程计算方法。了解其它类型的液体输送设备（往复泵、旋转泵、齿轮泵等）和气体压缩与输送设备的工作原理，了解食品体系中常用的流体输送机械。

**第三章 非均相物系的分离 （上册） （支撑课程目标1，2，3）**

**重点内容：**沉降分离的原理、过程计算及沉降设备（降尘室、旋风分离器）的工作原理、结构特点；过滤操作的原理、恒压过滤的计算、过滤常数的测定及常用过滤设备的选型等。

**难点内容：**沉降速度、过滤基本方程式。

**教学内容：**掌握沉降的基本原理，沉降速度的定义、计算方法，斯托克斯方程及其在食品中应用；掌握沉降设备（降尘室、旋风分离器）的结构、工作原理、生产能力及主要性能；熟悉过滤操作的基本概念和应用、恒压过滤基本方程式及常用过滤设备（板框压滤机）的构造、工作原理、操作及使用场合。

**第四章 传 热（上册） （支撑课程目标2，3）**

**重点内容：**单层平壁、多层平壁、单层圆筒壁及多层圆筒壁的导热速率方程及其应用；换热器的能量衡算，总传热速率方程式和总传热系数的计算，并用平均温度差法进行传热计算；对流传热系数的影响因素及其准数关联式；食品加工中传热原理的应用。

**难点内容：**对流传热系数的影响因素及其准数关联式；总传热系数K的计算和列管换热器的设计。

**教学内容：**熟悉传热的三种基本方式及特点，工业上的换热方法；掌握傅立叶定律及导热系数，单层平壁、多层平壁、单层圆筒壁及多层圆筒壁导热速率方程；牛顿冷却定律及对流传热系数，对流传热机理及对流传热系数的准数关联式；传热速率方程式，传热量（热负荷）、平均温度差、及传热总系数K的计算； 掌握两固体间的辐射传热机理及应用。换热器的结构型式和强化传热的途径；了解食品加工中传热过程原理的应用和一般设备，以及一般传热设备设计应考虑的的问题。

**第五章 蒸 发（上册） （支撑课程目标1，2）**

**重点内容：**蒸发操作的特点、溶液的沸点升高及单效蒸发过程的计算（包括物料衡算、热量衡算和传热面积的计算）。

**难点内容：**溶液的沸点升高及温度差损失。

**教学内容：**掌握蒸发操作的特点、溶液的沸点升高及单效蒸发过程的计算（包括物料衡算、热量衡算和传热面积的计算）；掌握多效蒸发的操作流程、多效蒸发与单效蒸发比较，及多效蒸发最佳效数的概念。蒸发器的生产强度和蒸发操作的节能途径。熟悉常用蒸发器的结构与特点，蒸发器性能的比较与选型。

**第一章 蒸 馏 （下册） （支撑课程目标1，2，3）**

**重点内容：**平衡关系的表达和应用；精馏塔的物料衡算和操作线关系；回流比的确定和理论塔板数的求法；影响精馏操作主要因素的分析等。

**难点内容：**回流比的确定，进料热状况参数计算及影响精馏操作主要因素的分析等。直接蒸汽加热精馏及多侧线精馏塔。

**教学内容：**要求掌握二组分溶液的气液平衡关系，二组分连续精馏的计算（包括物料衡算和操作线方程、回流比的确定、进料热状况参数计算和理论塔板数的求法）；影响精馏操作主要因素的分析等。熟悉精馏原理和流程；恒摩尔流假设及不同进料状况下精馏塔内汽、液流量关系。了解平衡蒸馏、简单蒸馏、间歇蒸馏的特点和适用场合；直接蒸汽加热精馏及多侧线精馏塔特点和应用。

**第二章 吸 收 （下册） （支撑课程目标2，3）**

**重点内容：**气液平衡关系的表达和应用，吸收过程的机理和吸收速率方程式；吸收塔的物料衡算、操作线关系和液气比的确定；填料层高度计算；影响吸收过程的因素分析等

**难点内容：**吸收过程的机理和吸收速率方程式；吸收系数及液气比的确定；传质单元高度及传质单元数的计算；影响吸收过程因素的分析。

**教学内容：**要求掌握吸收操作的气液平衡关系（亨利定律）的表达式和应用；吸收过程的机理（双膜论）和吸收速率方程式；吸收塔的物料衡算、操作线关系和液气比的确定；填料层高度计算（传质单元高度与传质单元数）；影响吸收过程的因素分析等。了解分子扩散与菲克定律；扩散系数、脱吸及其它吸收。

**第三章 蒸馏和吸收塔设备（下册） （支撑课程目标2,3）**

**重点内容：**板式塔（浮阀塔）的工艺设计（包括浮阀塔工艺尺寸的计算和流体力学验算）。

**难点内容：**塔板结构设计和流体力学验算

**教学内容：**要求掌握板式塔和填料塔的基本结构，流体力学及传质特性（包括板式塔的负荷性能图）。板式塔（浮阀塔）的设计基本方法和步骤。熟悉气液传质设备的分类及性能优劣的评价指标；板式塔的发展趋势及强化方向。了解填料塔的设计基本方法和步骤；填料的特性、类型及填料塔的附件。

**第四章 萃 取 （下册） （支撑课程目标2，3）**

**重点内容：**萃取分离的原理及流程，萃取过程的相平衡关系和单级萃取过程的计算。

**难点内容：**萃取过程的平衡关系，单级萃取和多级萃取过程的计算。

**教学内容：**要求掌握萃取操作分离液体混合物的原理及其操作过程，三元体系的液～液相平衡理论及平衡关系的表达形式（三角形相图）；单级萃取过程在三角形相图上的表示及其计算。熟悉三角形相图、溶解度曲线与联结线，辅助线、分配系数和分配曲线的定义及应用，萃取剂的选择。了解多级萃取过程的计算、萃取设备的类型及传质特性。

**第五章 干 燥（下册） （支撑课程目标2,3）**

**重点内容：**湿空气的性质和湿度图及其应用；湿物料中含水性质；干燥过程的物料衡算及热量衡算；

**难点内容：**湿空气的性质参数计算，干燥操作各过程在湿度图上的表示；湿物料含水的性质；干燥机理、干燥速率及干燥时间的计算；真空冷冻干燥升华的原理与干燥时间的计算。

**教学内容：**要求掌握湿空气的性质参数的计算、湿度图及其应用；湿物料中含水的性质、干燥过程的物料衡算及热量衡算；干燥器出口状态的确定。 熟悉固体物料的干燥机理、干燥速率及干燥时间的计算。了解干燥器的类型及适用场合，提高干燥效率及强化干燥过程的措施。掌握真空冷冻干燥基本原理，了解真空冷冻干燥时间的计算。

**第六章 新型分离技术 （下册） （支撑课程目标1）**

**重点内容：**吸附；膜分离及其应用；超临界流体萃取。

**难点内容：**吸附平衡与洗脱曲线；超滤和微滤性质；膜分离材料制备及过程计算。

**教学内容：**掌握吸附基本原理，了解吸附平衡与洗脱曲线；掌握膜分离、超临界流体萃取、超滤和微滤等技术的基本概念，了解新型单元操作的基本设计原理和方法；了解新型分离单元操作在食品加工过程中的应用。

**六、教学安排**

该课程每周4学时，16周，64学时为课堂授课教学时间。实验实践单独设课。

建议教学进度如下：

|  |  |
| --- | --- |
| **章节** | **学时数** |
| **绪论** | **2** |
| **第1章 流体流动 （上册）** | **8** |
| **第2章 流体输送机械（上册）** | **4** |
| **第3章 非均相物系分离（上册）** | **6** |
| **第4章 传热（上册）** | **8** |
| **第5章 蒸发（上册）** | **4** |
| **第一章 蒸馏（下册）** | **8** |
| **第二章 吸收（下册）** | **6** |
| **第三章 蒸馏和吸收塔设备（下册）** | **4** |
| **第四章 萃取（下册）** | **4** |
| **第五章 干燥（下册）** | **8** |
| **第六章 新型分离技术（下册）** | **2** |

**七、课内实验内容、要求及学时**

实验实践单独设课。

**八、教学方法与手段**

本课程具有理论性强、应用性广、计算量大和教学环节多等特点，它由课堂教学、实验教学和课程设计等三个教学环节所组成。教学方法以课堂教学为主（包括课堂讲授、课堂讨论、习题课和大作业）。

在教学过程中，可运用模型、实物及多媒体等直观教具和教学手段以提高教学效果。通过食工专业化工原理教学，不断总结归纳经验，在化工原理教学中，注重理论与实践的结合，认识类比归纳式教学对提高学生思维能力、提高教学质量和教学效果的重要性。结合一定的实验、课堂讨论、课程设计和课外作业等，以达到理论联系实际，提高学生分析问题和解决问题和能力。

**九、考核方式及成绩评定**

**考核方式**：过程性评价+期末考试（闭卷）

**成绩评定标准**：过程性评价占30%，期末考试成绩占总成绩70%。（成绩评定为百分制）。

本课程考核环节包括理论教学、课堂测验、课后作业、学期大作业等，其中理论教学考核方式是期末闭卷笔试，其它方面进行教学过程性评价。课程考核具体要求及评分方法如下：

**（1）、**理论教学70%（70分），期末闭卷考试（笔试）。考试题型为：选择20%、填空30%、简答10%、计算40%等题型。考试考点分布：根据教学目标及单元操作与食品工程相关性，根据教学目标分配各章节一定的分值。

**（2）、**过程性评价成绩30%（30分），按照每学期课堂教学实际情况安排包括课堂测验课后作业和学期大作业，评价标准如下。

* 课堂测验标准，对教学目标1、2、3进行一次初步考核，该项得分，100×（学生总得分）/（试题总分）。
* 课后作业标准，本课程每章节安排一定量的习题，完成得分根据完成习题成绩总分占满分总分的百分率计分，每小题满分10分。最后作业得分：100\*（学期学生总得分）/（学期习题总分）。

|  |  |
| --- | --- |
| 课后作业 | 得分 |
| 严格按要求并及时完成；作业书写规范完整；正确率100%，没有抄袭情况 | 10分 |
| 按要求及时完成；作业书写较为规范完整；正确率80%至90%，没有抄袭情况 | 8-9分 |
| 基本按要求完成；作业书写规范及完整一般，正确率70%至80%，没有抄袭情况 | 6-7分 |
| 不能按照作业要求，未及时上交，但改正及时，态度端正；作业规范完整性一般，没有抄袭情况 | 3-5分 |
| 不能按照作业要求，未及时完成，作业规范完整性一般，老师指出后仍不改进或不上交作业情况。有抄袭情况为0分。 | 0-2分 |

* 学期大作业标准，本课程安排1次学期大论文作业，每人自定1个大作业主题，规定第15周上交大作业，教师第16周进行评分，满分100分。要求就食品加工过程中的某个单元操作或相关设备进行分析，通过文献和实际调研、学习，提出该单元操作或设备的基本原理、公式、设计方法和在食品中的典型应用要求。具体考虑食品加工过程中的某个单元操作或设备：（1）能够将基础专业知识用于该单元操作或设备；（2）能够识别、表达并通过文献研究分析其中的食品加工技术、食品营养与健康、食品质量与安全等问题；（3）能够说明设计方法，并能够在设计环节中体现创新意识，考虑社会、健康、安全、法律、文化及环境等因素。

按百分制评分：

|  |  |
| --- | --- |
| 选题意义大；技术先进，可行性强；论文内容完整；论文制作质量高；表述清晰，逻辑性强；体现创新意识. | 80-100分 |
| 选题意义大；技术较先进，可行性较强；论文内容完整；论文制作质量较高；表述较清晰，逻辑性强。 | 60-80分 |
| 选题意义大；技术较先进，有一定可行性；论文内容基本完整；表述较清晰，逻辑性好。 | 40-60分 |
| 选题有一定意义；技术有一定先进性和可行性；论文内容不完整；表述尚清晰，但逻辑性较差。 | 0-40分 |

**十、教材及主要参考书**

|  |
| --- |
| **指定教材：** |
| [1]、姚玉英主编，《化工原理》上下册，天津大学出版社，修订版，2011年7月。 |
|  |
| **参考书目：** |
| [1]、何潮洪，《化工原理》上册，科学出版社，第二版， 2015年2月。 |
| [2]、姜绍通，《食品工程原理》，化学工业出版社，2010年第1版 |