



四川轻化工大学课程实施大纲

课程名称：《有机化工工艺学》

授课班级：应化 2019 级选修

任课教师：陈晓峰

工作部门：化学工程学院

联系方式：13890051170

四川轻化工大学 制

2022 年 08 月

《有机化工工艺学》课程实施大纲

基本信息

课程代码：16153002

课程名称：有机化工工艺学

学 分：2 分

总 学 时：32 学时

学 期：第 7 学期

上课时间：2022-2023 学年第 1 学期 5-12 周周三 1、2 节，周五 9、10 节

上课地点：汇南校区 N1-304, N1-106

答疑时间和方式：课前答疑、课间答疑和平时答疑；
教室答疑、电子邮件、电话等形式

答疑地点：授课教室、教研室、网络及电话

授课班级：应化 2019 级

任课教师：陈晓峰

学 院：化学工程学院

邮 箱：2260998945@qq.com

联系电话：13890051170

1. 教学理念	1
1.1 关注学生的发展	1
1.2 关注教学的有效性	1
1.3 关注教学的策略	1
1.4 关注教学价值观	1
2. 课程介绍	2
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 课程的前沿及发展趋势	2
2.4 学习本课程的必要性	3
3. 教师简介	3
3.1 教师的职称、学历	3
3.2 教育背景	4
3.3 研究方向	4
4. 先修课程	4
5. 课程目标	4
5.1 知识与技能方面	4
5.2 过程与方法方面	5
5.3 情感、态度与价值观方面	5
6. 课程内容	5
7. 课程教学实施	7
8. 课程要求	30
8.1 学生自学要求	30
8.2 课外阅读要求	30
8.3 课堂讨论要求	30
8.4 课程实践要求	30
9.课程考核方式及评分规程	30
10. 学术诚信	31
10.1 考试违规与作弊处理	31
10.2 杜撰数据、信息处理等	31
10.3 学术剽窃处理等	31
11. 课堂规范	31
11.1 课堂纪律	31
11.2 课堂礼仪	32
12. 课程资源	32
12.1 指定教材:	32
12.2 主要参考书目:	32
13. 教学合约	33
13.1 阅读课程实施大纲, 理解其内容	33
13.2 同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望	33
14.其他说明	33

1. 教学理念

1.1 关注学生的发展

教学过程充分体现课程定位和人才培养目标，注重理论和实际相结合，将学生视为“具有巨大潜能的人、处于发展中的人、具有主体性的人、一个个独立的人”，体现学生的主体地位，重视探究性学习、研究性学习。注重学生职业能力培养，按照“加强基础，增强能力，发展个性，提高素质”的要求合理运用教学方法与手段。

1.2 关注教学的有效性

直接为培养学生的工程观点和经济观念服务，使学生掌握生产基本有机化工产品的生产原理、生产方法、工艺过程、主要设备及操作；并针对工艺的实际使用情况，相关介绍工艺过程中产生的废水，废气的基本处理方法，对生产工艺的技术经济指标和能量的回收加以评价。本课程的目的是增强学生的工艺观点，经济观点，培养学生工艺分析的初步能力。

1.3 关注教学的策略

在课程教学中，以学校的办学目标定位为指导，为学生提供优质教学服务和教学资源；以现代教育思想为先导，融知识传授、能力培养、素质教育于一体；不断推进课程建设，通过现代教育技术手段的运用，不断改善教学手段，进一步改革教学内容和教学方法，不断提高教学质量和教学效果。

1.4 关注教学价值观

以培养创新精神为灵魂，以培养实践能力为根本，以现代教育思想为先导，融知识传授、能力培养、素质教育于一体，使学生初步树立工程观和经济观，为适应工业生产和科研开发的需要。

通过学习本门课程，重在培养学生的工艺分析方法论、工程能力、化学工艺计算能力，树立工程观念和技术经济观念，为将来解决化工工程中的实际问题和技术创新打下良好的基础。

2. 课程介绍

2.1 课程的性质

通过这门课程的学习，使学生掌握生产基本有机化工产品的生产原理、生产方法、工艺过程、主要设备及操作；并针对工艺的实际使用情况，相关介绍工艺过程中产生的废水，废气的基本处理方法，对生产工艺的技术经济指标和能量的回收加以评价。本课程的目的增强学生的工艺观点，经济观点，培养学生工艺分析的初步能力。

本课程为化学工艺与工程、应用化学、能源化工等理工类各专业的专业选修课。

2.2 课程在学科专业结构中的地位、作用

本课程是化工类专业的一门专业课程，是化工工艺学的一个组成部分，是一门专门探讨化工产品生产过程相关原理、工艺操作条件、所用设备、节能、环保安全等专门知识的学科，是化学工艺与工程、应用化学、能源化工等理工类各专业学习专门工艺的重要专业课。通过本课程知识的系统学习，从化工生产工艺角度出发，运用化工过程的基本原理，阐明基本有机化工工艺的基本概念和基本理论，介绍典型基本有机化工工艺的生产方法与工艺原理、典型流程与关键设备、工艺条件与节能降耗分析；通过本门课程学习，培养学生应用已学过的基础理论解决工程实际问题的能力，要求了解当今化学工业概貌及其发展方向；掌握基本有机化工过程的基本原理，典型工艺过程的方法、原理、流程、及工艺条件；了解化工生产中的设备材质、安全生产、三废治理等问题；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；通过本课程的学习，使学生理解化学工程规律在化工生产中的应用，获得化工计算及设计的基础训练，培养学生分析和解决有关化工操作中各种问题的能力，以便在化工生产、科研和设计工作中达到强化生产过程、提高产品质量、提高设备生产能力和效率、降低设备投资及产品成本、节能、防止污染及加速新技术开发等方面的目的。

2.3 课程的前沿及发展趋势

化工工艺学是研究各种专门化工产品生产工艺过程的科学。有机化工工艺学是化工工艺学的重要分支，随着石油和化学工业的发展不断赋予了化工工艺学新的内涵。

进入 21 世纪，化工工艺学迎来了新的发展并具有新的特征，突出表现在化工产品的精细化和个性化、原料路线转变，以及发展绿色化工工艺等。有机化工工艺在煤、石

油、天然气三大传统原料的基础上，大力开展资源综合利用研究，并不断向可再生生物资源为原料路线方向发展，成为 21 世纪化工原料路线变迁的大趋势。

原料路线的改变必须以新工艺和新技术为依托，实现高收率、低废弃物工艺，“零排放”工艺，低成本，高效益工艺，废弃物再生利用和循环工艺为特征的绿色化工工艺。

21 世纪化工工艺学研究也将因学科的交叉和融合得到扩展，特别是能源科学、信息科学、材料科学和生命科学的发展将大大推动化工工艺学的发展，纳米尺度上的研究将为化工工艺学提供更加广阔的发展空间。理论和计算方法的应用将大大加强，理论和实践结合更加紧密。总之，未来化工工艺学必将是根据用户的需求，资源、设备、技术和管理等条件，应用最新的科学技术，开发最经济、最有效的新的绿色化工工艺，实现资源、技术、能源、环境、安全等全方位有机统一的产品生产工艺。

2.4 学习本课程的必要性

通过本课程知识的系统学习，从化工生产工艺角度出发，运用化工过程的基本原理，阐明基本有机化工工艺的基本概念和基本理论，介绍典型基本有机化工工艺的生产方法与工艺原理、典型流程与关键设备、工艺条件与节能降耗分析。

通过本门课程学习，培养学生应用已学过的基础理论解决工程实际问题的能力，要求了解当今化学工业概貌及其发展方向；掌握基本有机化工过程的基本原理，典型工艺过程的方法、原理、流程、及工艺条件；了解化工生产中的设备材质、安全生产、三废治理等问题。

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。

通过本课程工艺分析方法和工艺计算方法的训练，培养学生分析和解决有关化工操作中各种问题的能力，以便在化工生产、科研和设计工作中达到强化生产过程、提高产品质量、提高设备生产能力和效率、降低设备投资及产品成本、节能、防止污染及加速新技术开发等方面的目的。在培养学生的工程方法论、工程能力、化学工程计算能力、技术经济观念及解决化工工程中的实际问题的能力和技术创新能力方面都具有重要意义。

3. 教师简介

3.1 教师的职称、学历

教师姓名：陈晓峰，讲师，博士。

任职部门：四川轻化工大学化学工程学院化学工艺教研室。

3.2 教育背景

1994 年 6 月，四川联合大学，应用化学系，学士；

1994 年 7 月-至今，四川轻化工大学任教；

2004 年 9 月-2007 年 6 月，四川大学，高分子科学与工程学院，硕士；

2012 年 9 月-2018 年 6 月，四川大学，高分子科学与工程学院，博士。

3.3 研究方向

化工新材料、涂料、资源综合利用、精细化工等

4. 先修课程

有机化学、物理化学、化工原理、化工工艺学概论等。

5. 课程目标

5.1 知识与技能方面

通过这门课程的学习，使学生掌握生产基本有机化工产品的生产原理、生产方法、工艺过程、主要设备及操作；并针对工艺的实际使用情况，相关介绍工艺过程中产生的废水，废气的基本处理方法，对生产工艺的技术经济指标和能量的回收加以评价。本课程的目的增强学生的工艺观点，经济观点，培养学生工艺分析的初步能力

1. 通过本课程知识的系统学习，从化工生产工艺角度出发，运用化工过程的基本原理，阐明基本有机化工工艺的基本概念和基本理论，介绍典型基本有机化工工艺的生产方法与工艺原理、典型流程与关键设备、工艺条件与节能降耗分析；

2. 通过本门课程学习，培养学生应用已学过的基础理论解决工程实际问题的能力，要求了解当今化学工业概貌及其发展方向；掌握基本有机化工过程的基本原理，典型工艺过程的方法、原理、流程、及工艺条件；了解化工生产中的设备材质、安全生产、三废治理等问题；

3. 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。

5.2 过程与方法方面

本课程教学过程中，将授课、讨论、作业、实践、考核、教材与教学等各环节作为一个整体考虑，充分利用现代化教育技术手段和教学方式，形成传统教学方式与现代化教学方式相结合的多层次教学体系。

该课程除了讲授基本有机化工产品生产的基本概念、基础知识、原料来源、处理方法和主要产品外，重点选取几个典型的有机产品的生产工艺进行学习、突出本课程在实际生产、研究过程的实用性。通过多个有机产品生产工艺实例讲授，将有机化工产品生产常用的主要反应特性贯穿在具体工艺中加以学习，培养学生“举一反三、融会贯通”的能力。教学中注重灵活机动、精讲多练的多种方法结合，并根据需要持续不断地调整各环节教学的主、次、轻、重，调整讲授和实践练习的比例，调整课程内容顺序，达到学生更容易理解之目的。

5.3 情感、态度与价值观方面

该课程坚持学习先进的教育理论，以积极向上的情感、态度和价值观为教育方向，以转变教育思想、更新教育观念为先导，吸取国内外同行的先进经验，持续进行教学内容和课程体系深层次的改革，不断完善现有教学体系，再根据实践效果进行修订，使之更适合学生的要求，形成一套满足时代需求的课程体系。

遵循针对性、有效性原则，坚持三个“贴近”——贴近学生、贴近实际应用和贴近学科专业，使学生加深对课程理论知识的理解，并把这种领悟用来指导自己的实践，如此循环互动，使这门课程促进学生能力素质提升的作用落到实处。

6. 课程内容

绪论

- 1.重点：基本有机化学工业的原料；基本有机化学工业主要产品。
- 2.知识点：基本有机化学工业的原料；基本有机化学工业主要产品。
- 3.学时安排（参考）：2 学时

烃类热裂解

- 1.重点：热裂解过程的化学反应与反应机理；烃类管式炉裂解生产乙烯；裂解气的净化与分离；裂解气的深冷分离流程。
- 2.知识点：热裂解过程的化学反应与反应机理；烃类管式炉裂解生产乙烯；裂解气的净化与分离；裂解气的深冷分离流程；裂解分离系统的能量有效利用。

3.学时安排（参考）:8 学时

芳烃的转化

- 1.重点：芳烃转化过程的化学过程；芳烃的歧化与烷基转移；C8 芳烃的分离与异构化；芳烃的烷基化。
- 2.知识点：芳烃的来源，供需与芳烃间的相互转化；芳烃转化过程的化学过程；芳烃的歧化与烷基转移；C8 芳烃的分离与异构化；芳烃的烷基化；芳烃的脱烷基化。

3.学时安排（参考）:4 学时

催化加氢

- 1.重点：催化加氢反应的一般规律。
- 2.知识点：催化加氢的应用与反应类型，氢的性质与来源；催化加氢反应的一般规律；CO 加氢合成甲醇。

3.学时安排（参考）:4 学时

催化脱氢与氧化脱氢

- 1.重点：烃类催化脱氢反应的化学；烃类的氧化脱氢。
- 2.知识点：烃类催化脱氢反应的化学；烃类的氧化脱氢；乙苯催化脱氢合成苯乙烯；正丁烯氧化脱氢合成丁二烯。

3.学时安排（参考）:2 学时

催化氧化

- 1.重点：氧化过程的共同性质；均相催化氧化；非均相催化氧化。
- 2.知识点：氧化过程的共同性质；均相催化氧化；非均相催化氧化；乙醛自氧化制醋酸；乙烯络合催化制乙醛；丙烯环氧化制环氧丙烷；乙烯环氧化生产环氧乙烷。

3.学时安排（参考）:6 学时

羰化反应

- 1.重点：羰化的概念；烯烃氢甲酰化反应。
- 2.知识点：羰化的概念；烯烃氢甲酰化反应；甲醇低压羰化制醋酸。。

3.学时安排（参考）:4 学时

氯化

- 1.重点：烃的取代氯化；不饱和烃的加成氯化；烃的氧氯化。
- 2.知识点：烃的取代氯化；不饱和烃的加成氯化；烃的氧氯化；烷烃的热氯化制氯代烷烃；乙烯氯化制 1, 2-二氯乙烷；平衡氧氯化法生产氯乙烯。

3.学时安排（参考）:2 学时

7. 课程教学实施

有机化工工艺学课程在教学实施过程中，每 2 个课时为一个教学单元，共 16 个教学单元，总计 32 个课时，以下为每个教学单元的课程实施安排表，包括教学日期、教学目标、教学内容（含重点、难点）、教学方法、教学过程、作业安排及相关阅读材料，请同学们仔细阅读。

教学单元一

上课次数	第一次	日期		课时	2
教学目标					
化工工艺学的基础知识，对化工工艺学特点与学习方法予以说明，让学生明确在本课程要学习培养的能力。					
教学内容					
(1) 化学工业发展状况与趋势； (2) 化工工艺学的范畴和作用； (3) 基本有机化学工业的原料； (4) 基本有机化学工业的主要产品。					
教学方法					
课堂讲授、实例分析、课堂讨论					
教学过程					
1.化学工艺学的研究范畴和任务 化学工业(chemical industry): 又称化学加工工业，泛指生产过程中化学方法					

占主要地位的制造工业，又可以详细表述为运用化学工艺、化学工程及设备，通过各种化工单元操作，高效、节能、经济、环保和安全地将原料生产成化工产品的特定生产部门。

化学工艺(chemical technology): 即是化工生产技术，是指将各种原料主要经过化学反应转变为产品的方法和过程，包括实现这种转变的全部化学的和物理的措施。

化学工艺学: 是根据化学、物理和其他科学的成就，来研究综合利用各种原料生产化工产品的方法原理、操作条件、流程和设备，以创立技术上先进、经济上合理、生产上安全的化工生产工艺的学科。

化学工艺学的研究范畴: 一般包括原料的选择和预处理；生产方法的选择及方法原理；设备（反应和其他）的作用、结构和操作；催化剂的选择和使用；其他物料的影响；操作条件的影响和选定；流程组织；生产控制；产品规格和副产物的分离与利用；能量的回收和利用；对不同工艺路线和流程的技术经济评比等问题。

化学工程 (chemical engineering): 为适应化学工艺的需要，以化学、物理、数学为基础，结合化学工业和其他过程工业生产的共同规律，用以指导化工装置的放大、设计和生产操作的工程学科，称化学工程。

化学工程学: 主要研究化学工业和其他过程工业生产中所进行的化学过程和物理过程的共同规律，它的一个重要任务就是研究有关工程因素对过程和装置的效应，特别是放大中的效应。

化学工艺与化学工程相配合，可以解决化工过程开发、装置设计、流程组织、操作原理及方法等方面的问题；此外，解决化工生产实际中的问题也需要这两门学科的理论指导。

化学工业的发展促进了这两门学科的不断发展和完善，它们反过来能更加促进化学工业迅速发展和提高。

2.化学工业的历史、现状及其在国民经济中的作用

化学工业的历史和现状

化学工业是应人类生活和生产的需要发展起来的，化工生产的发展推动了社会的发展。

<p>(1) 世界化学工业的发展历史和现状</p> <p>发展史:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.生产生活必需品 2.应对战争 <p>(2) 我国的化学工业</p> <p>化学工业在国民经济中的作用</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 发展农业的支柱 (2) 工业革命的助手 (3) 战胜疾病的武器 (4) 改善人类生活的手段 <p>3.现代化学工业的特点和发展方向</p> <p>现代化学工业的特点:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 原料、生产方法和产品的多样性与复杂性 (2) 多学科合作、生产技术密集、化学工业装备复杂、技术密集,属于高度自动化和机械化的生产部门,并进一步朝着智能化发展。 (3) 高能耗、高风险、高投入、高利润 <p>化学工业发展的方向:</p> <p>21 世纪,化学工业的发展趋势是:产品结构精细化和功能化;生产装置的微型化和柔性化;生产过程绿色化和高科技化;市场经营国际化、信息化。另外,化工过程的高效、节能、智能化及废弃物的再生利用也都是未来化学工业的发展趋势。</p> <p>4. 基本有机化学工业的原料</p> <p>天然气、石油、煤、生物质。</p> <p>5. 基本有机化学工业的主要产品</p> <p>碳一系统、乙烯系统、丙烯系统、碳四烃系统、芳烃系统、乙炔系统。</p>
<p>课外作业</p>
<p>化学工程与化工工艺之间关系</p>

教学单元二

上课次数	第二次	日期		课时	2
教学目标					
烃类热裂解过程的化学反应与反应机理					
教学内容					
1.理解烃类裂解一次反应与二次反应的区别 2.掌握各族烃类热裂解的反应规律					
教学方法					
课堂讲授、实例分析、课堂讨论、自主学习法					
教学过程					
<p>一、烃类热裂解</p> <p>烃类热裂解是指以石油系（包括天然气、炼厂气、石脑油、柴油等）烃类为原料，利用石油烃在高温下不稳定、易分解的性质，在隔绝空气和高温条件下使大分子的烃类发生断裂和脱氢等反应，以制取低级烃的过程。</p> <p>烃类热裂解的主要目的是生产乙烯，同时可得到丙烯、丁二烯以及苯、二甲苯等产品。</p> <p>烃类热解乙烯的生产工艺主要有原料的热裂解和裂解产物的分离精制两部分组成。</p> <p>一次反应是指原料烃（主要是烷烃和环烷烃）经热解生成乙烯和丙烯等低级烯烃的反应；二次反应是指一次反应的产物乙烯、丙烯等低分子烯烃进一步发生反应生成多种产物，直至最后生成焦或炭。</p> <p>一次反应是希望发生的，二次反应的发生不仅多消耗原料，降低烯烃的收率，还增加各种阻力，严重时还会阻塞设备、管道，造成停工停产，对裂解操作和稳定生成都带来不利的影响，所以要设法阻止其发生。</p> <p>二、各族烃类热裂解的反应规律</p> <p>烷烃：正构烷烃有利于生成乙烯、丙烯。</p>					

<p>环烷烃：易于生成芳烃。</p> <p>烯烃：裂解为乙烯和丙烯等低级烯烃。</p> <p>芳烃：有侧链的芳烃主要是侧链逐步断裂及脱氢，无侧链的芳烃基本上不易裂解为烯烃。</p> <p>各类烃热裂解的难易顺序可归纳为：异构烷烃>正构烷烃>环烷烃（C6>C5）> 芳烃。</p>
课外作业
<p>（1）烃类热裂解的主要目的？</p> <p>（2）各族烃类裂解的反应规律？</p>

教学单元三

上课次数	第三次	日期		课时	2
教学目标					
<p>1.了解烃类裂解反应机理和动力学；</p> <p>2.理解裂解原料的特性参数；</p> <p>3.理解烃类热裂解工艺条件。</p>					
教学内容					
<p>1.烃类裂解反应机理和动力学；</p> <p>2.裂解原料的特性参数；</p> <p>3.烃类热裂解工艺条件。</p>					
教学方法					
课堂讲授、实例分析、课堂讨论、自主学习					
教学过程					
<p>一、烃类热裂解的反应机理</p> <p>烃类裂解过程是一个十分复杂的反应过程，其反应机理目前有两种观点：一是分子反应机理，一是自由基反应机理。但研究表明，裂解时发生的基元反应大部分为基元反应。自由基反应，烃类裂解过程包括链引发反应、链增长反应和链终止反应三个阶段。链引发反应是自由基的产生过程；链增长反应是自由基的转变过程，在这个过程中一种自由基的消失伴随着另一种自由基的产生，反应前后均保持着自由基的存在；链终止是自由基消亡生成分子的过程。</p>					

二、烃类裂解的反应动力学

烃类裂解时，一次反应的反应速率基本上可作为一级反应动力学处理：

烃类裂解时的主反应可按一级反应处理。

三、裂解原料的特性参数

（1）组成：裂解原料油中各种烃，按其结构可以分为四大族，即链烷烃族（P）、烯烃族（O）、环烷烃族（N）、芳香族（A）。这四大族的族组成以 PONA 值（各族烃的质量百分含量）来表示。

在管式裂解炉裂解条件下，原料越轻，乙烯收率越高。

四、烃类裂解工艺条件

（1）裂解温度：750-900℃

（2）停留时间：取决于容器容积、裂解管面积、管长。

停留时间是指裂解原料由进入裂解管到离开裂解辐射管所经过的时间，即反应原料在反应管中的停留时间。

（3）烃分压：降低裂解压力对增产乙烯的一次反应有利。工业上常采用的办法是在裂解原料气中添加稀释剂以降低烃分压。一般采用蒸气为稀释剂。

总之，石油烃热裂解的操作条件宜采用高温、短停留时间、低烃分压，产生的裂解气要迅速离开反应区。

课外作业

（1）裂解原料的特性参数主要有那些？

（2）石油烃热裂解的操作条件？

教学单元四

上课次数	第四次	日期		课时	2
教学目标					
1.熟悉烃类的裂解过程的特点； 2.了解裂解炉的发展历程； 3.理解裂解气的急冷方法					
教学内容					
烃类裂解过程的特点					

<p>SRT 型管式炉的特点</p> <p>裂解炉的优化及改进措施</p> <p>裂解气的急冷方法</p>
<p>教学方法</p>
<p>课堂讲授、实例分析、课堂讨论</p>
<p>教学过程</p>
<p>一、烃类的热裂解过程特点：</p> <p>①烃类热裂解是吸热反应；②烃类热裂解需在高温下进行，反应温度一般在 750℃ 以上；③为了避免烃类热裂解过程中二次反应发生，反应停留时间很短，一般在 0.05~1s 之间；④烃热裂解反应是分子数增加的反应，烃低压有利于原料分子向产物分子的反应平衡方向移动；⑤裂解反应产物是复杂的混合物，除了裂解气和液态烃之外，尚有固体产物焦生成。</p> <p>热裂解工艺要实现在短时间内将原料迅速加热到所需温度，并供给大量裂解反应所需的热量等要求，关于在于采用合适的裂解方法和选择先进的裂解设备。裂解供热方式有直接供热和间接供热两类。到目前为止，间接供热的管式裂解法仍然是世界各国广泛采用的方法。</p> <p>管式裂解技术的反应设备是裂解炉，它是乙烯装置的核心，又是挖掘节能潜力的关键设备。</p> <p>二、烃类管式裂解炉</p> <p>1、20 世纪 40 年代美国首先建立了管式裂解炉裂解乙烯的工业装置；</p> <p>2、20 世纪 50 年找到了高温—短停留时间的技术措施，可以大幅提高乙烯收率；</p> <p>3、60 年代初期 SRT- I 型炉（短停留时间裂解炉）</p> <p>双辐射立管 实现了高温、短停留时间</p> <p>4、60 年代中期 SRT- II 型炉</p> <p>分叉变径炉管 降低烃分压</p> <p>5、70 年代中期 SRT-III型炉</p> <p>材质 炉内管排增加 提高热强度 提高生产 能力</p> <p>6、80 年代 SRT-IV、V、VI型炉</p> <p>多分支变径管 带内翅片 2 程 停留时间缩短 降低管内热阻 延长清焦周期</p>

三、裂解气的急冷、急热换热器

从裂解炉出来的裂解气含有烯烃和大量蒸气，温度为 $727\sim 927^{\circ}\text{C}$ 。烯烃反应性很强，若任它们在高温下长时间停留，仍会继续发生二次反应，引起结焦、烯烃收率下降及生成经济价值不高的副产物，因此需要将裂解炉出口高温裂解气尽快冷却，以终止其裂解反应。

裂解气的急冷

急冷的方法有两种：一种是直接急冷，一种是间接急冷。

(1) 直接急冷 根据冷却介质的不同，直接急冷可分为水直接急冷和油直接急冷。

(2) 间接急冷 高温裂解气温度在 $800\sim 900^{\circ}\text{C}$ 左右，在急冷降温过程中要释放出大量热，是一个可利用的热源，为此可用换热器进行间接急冷，回收部分热量发生蒸气，以提高裂解炉的热效率，降低成本。用此目的换热器称为急冷换热器。

急冷换热器

急冷换热器是裂解气和高压水经列管式换热器间接换热并使裂解气骤冷的重要设备，也是裂解装置中五大关键设备之一（裂解炉、急冷换热器、裂解气压缩机、乙烯压缩机和丙烯压缩机），它使裂解气在极短的时间（ $0.01\sim 0.1\text{s}$ ）内温度从 800°C 下降至露点附近。

为了减少结焦，一、在增大裂解气在急冷换热器中的线速度，以避免返混使停留时间过长，造成二次反应；二是必须控制急冷换热器出口温度，要求裂解气在急冷换热器中冷却温度不低于露点，如果冷却到露点以下，在急冷换热器管壁上形成缓慢流动的液膜，既影响传热，又因停留时间过长发生二次反应而结焦。

课外作业

- (1) 烃类的热裂解过程的特点？
- (2) 裂解气急冷的方法？

教学单元五

上课次数	第五次	日期		课时	2
教学目标					
1.熟悉裂解气的预分离的作用及裂解工艺流程；					
2.熟悉裂解气的组成、分离要求、分离净化方法。					

3.熟悉裂解气深冷分离的流程。
教学内容
1.裂解气的预分离的作用及裂解工艺流程； 2.裂解气的组成、分离要求、分离净化方法。 3.裂解气深冷分离的流程。
教学方法
课堂讲授、实例分析、课堂讨论
教学过程
<p>一、裂解气的预分馏与裂解工艺流程</p> <p>（1）裂解气的预分馏</p> <p>裂解气出口温度很高（800~900℃左右），高温裂解气经急冷换热冷却，再经油急冷器进一步冷却后，温度可降至 200~300℃。将急冷后的裂解气进一步冷却至常温，并在冷却过程中分馏出裂解气中的重要组分（如燃料油、裂解汽油、水分等），这个环节称裂解气的预分馏。</p> <p>①裂解气的预分馏的作用</p> <p>（i）尽可能降低裂解气的温度，从而保证裂解气压缩机的正常运转，并降低裂解气压缩机的功耗。</p> <p>（ii）回收裂解气中稀释蒸气以冷凝水的形式分离回收，用以再发生稀释蒸气，从而大大减少污水排放量。</p> <p>（iii）尽可能分留出裂解气中的重要组分，减少进入压缩系统的进料负荷。</p> <p>（iv）回收裂解气的低能位热量。</p> <p>②预分馏工艺过程 根据裂解原料不同而不同。</p> <p>（2）裂解工艺流程</p> <p>裂解工艺流程包括原料油和预热系统、裂解和高压蒸汽系统、急冷油和燃料油系统、急冷水和稀释蒸气系统，不包括压缩、深冷分离系统。</p> <p>（3）烃类热解的副产物</p> <p>烃类热裂解在预分馏阶段出来的副产物有裂解汽油和裂解燃料油两类。</p> <p>①裂解汽油 烃类裂解副产的裂解气包括 C5 至沸点 204℃ 以下的所有裂解副产物，作为乙烯装置的副产品。</p>

②裂解燃料油 烃类裂解副产的裂解燃料油是指沸点在 200℃以上的重要组分，其中 200~360℃的馏分称为裂解轻质燃料油，沸点在 360℃以上的馏分称为裂解重质燃料油。

二、裂解气的净化

裂解气中含有少量的 H_2S 、 CO_2 、 H_2O 、 C_2H_2 、 CO 等气体杂质。其来源主要有三个方面：一是原料带入；二是裂解反应过程中生成；三是裂解气处理过程引入。

4.4.2.1 酸性气体的脱除

裂解气中的酸性气体主要有 CO_2 、 H_2S 和其他气态硫化物。采用的方法主要有碱洗法脱除酸性气体和乙醇胺法脱除酸性气体。

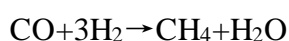
4.4.2.2 脱水

裂解气的水分中带入低温分离系统会造成设备和管道堵塞。除水分在低温下结冰造成冻堵外，在加压和低温条件下水分尚可与烃类生产白色结晶的水合物，这些水合物也会在设备和管道内积累而造成堵塞现象，因而需要进行干燥脱水处理。目前广泛采用的是分子筛脱水法。

4.4.2.3 炔烃和 CO 的脱除

为了保证聚合催化剂的使用寿命，聚合级乙烯要严格限制乙炔的含量。 CO 会使加氢脱炔催化剂中毒，要求 CO 含量在乙烯产品中的含量低于 $5 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ 。

炔烃和 CO 的脱除方法：①甲烷化法脱 CO ，其反应如下：



②催化加氢脱炔：就是将裂解气中乙炔加氢成为乙烯或乙烷，由此到达脱除乙炔的目的。

三、裂解气的深冷分离流程

经压缩、制冷和净化过程，为裂解气深冷分离创造了条件—高压、低温、杂质含量符合分离要求。深冷分离任务就是根据裂解气中各低碳烃相对挥发度的不同，用精馏的方法逐一进行分离，最后获得纯度符合要求的乙烯和丙烯产品。

课外作业

裂解气分离主要方法？

教学单元六

上课次数	第六次	日期		课时	2
教学目标					
芳烃转化					
教学内容					
1. 了解芳烃的来源与生产技术 2. 掌握芳烃的烷基化、脱烷基化、烷基转移、歧化					
教学方法					
课堂讲授、实例分析、课堂讨论、启发式教学					
教学过程					
<p>一、芳烃的来源与生产技术</p> <p>来源：煤焦化芳烃和石油芳烃。</p> <p>1、焦化芳烃生产</p> <p>煤干馏→粗煤气→初冷、净化、冷却、洗油吸收、蒸馏脱吸→粗苯。</p> <p>2、石油芳烃生产</p> <p>石油芳烃来源于两种加工过程：其一为石油馏分的催化重整油；另一种烃裂解副产的裂解汽油。以石脑油和裂解汽油为原料生产芳烃的过程可分为反应、分离和转化三部分。</p> <p>二、裂解汽油生产芳烃</p> <p>裂解汽油中的芳烃与重整生成油中的芳烃在组成上有较大差别，从裂解汽油中获取芳烃的工艺过程由裂解汽油预处理和裂解汽油加氢精制两部分组成。</p> <p>①裂解汽油预处理</p> <p>②裂解汽油加氢精制</p> <p>裂解汽油中含大量的二烯烃、单烯烃，因此裂解汽油的稳定性极差，在受到热和光的作用下很易氧化并聚合生成称为胶质的胶黏物质，在加热条件下二烯烃更易聚合。这些胶质在生产芳烃的后加工过程中极易结焦和析碳。既影响过程的操作，又影响最终所得芳烃的质量。</p> <p>目前普遍采用两段催化加氢精制工艺。第一段是低温液相加氢，其目的使易生胶的二烯烃转化为单烯烃，烯基芳烃转化为烷基芳烃。采用贵金属钯为主要活性组分，并以氧化铝为载体。第二段高温气相加氢，使单烯烃加氢成饱和烃，</p>					

硫化物、氮化物等有害杂质加氢裂解为相应的烃和 H_2S 、 NH_3 等除去。催化剂普遍采用非贵金属钴-钼系列。

③氢炔芳构化与重芳炔轻质化

三、芳烃馏分的分离

不论是从裂解汽油还是从重整汽油得到的含芳烃馏分都是由芳烃和非芳烃构成的混合物，同碳数的芳烃和非芳烃沸点非常接近，有的还形成共沸物，用一般的精馏方法难以将它们分离。通常采用溶剂萃取法和萃取蒸馏法。

溶剂萃取

溶剂萃取分离是利用一种或一种以上的溶剂（萃取剂）对芳烃和非芳烃选择溶剂分离出芳烃。芳烃萃取过程在塔式设备中连续进行，原料从塔的中部加入，溶剂从塔的上部加入，溶剂自上而下流动，与原料逆流接触，实现萃取分离的目的。

萃取蒸馏

萃取蒸馏是利用极性溶剂与烃类混合时能降低烃类蒸气压，使混合物处沸点提高的原理设计的工艺过程，此种效应对芳烃的影响最大，对环烷烃的影响次之，对烷烃的影响最小，这样有利于芳烃和非芳烃的分离。

四、芳烃的转化

不同来源的各种芳烃馏分组成不同，能得到的各种芳烃的产量也不同。因此，如仅从这些来源获得各种芳烃，必然会发生供需不平衡的矛盾。开发了芳烃的转化工艺，可根据市场需求调节各种芳烃的产量。

已开发成功并在工业上广泛应用的芳烃转化反应主要有 C8 芳烃的异构化、甲苯的歧化和 C9 芳烃烷基的转移、芳烃的烷基化、烷基芳烃的脱烷基化等。

课外作业

(1) 芳烃的主要来源？

(2) 芳烃转化的意义？

教学单元七

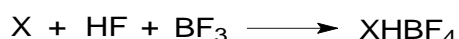
上课次数	第七次	日期		课时	2
教学目标					
掌握 C8 芳烃单体的分离					

教学内容
1.C ₈ 芳烃单体的分离 2. C ₈ 芳烃的异构化
教学方法
课堂讲授、教师分析、课堂讨论、启发式教学
教学过程
<p>一、C₈ 芳烃的分离</p> <p>C₈ 芳烃的组成</p> <p>由于 C₈ 芳烃各异构体的沸点很接近，难于采用一般精馏的方法进行分离。尤其是对二甲苯和间二甲苯的分离更为困难。</p> <p>C₈ 芳烃单体的分离</p> <p>邻二甲苯和乙苯的分离</p> <p>(1) 邻二甲苯的分离</p> <p>C₈ 芳烃中邻二甲苯的沸点最高，与关键组分间二甲苯的沸点相差 5.3℃，可以用精馏法分离，产品纯度为 98%-99.6%。</p> <p>(2) 乙苯的分离</p> <p>C₈ 芳烃中乙苯的沸点最低，与关键组分对二甲苯的沸点仅差 2.2℃，可以用精馏法分离，但较困难。工业上采用三塔串连可得到纯度在 99.6% 以上的乙苯。其他方法有络合萃取法如日本三菱瓦斯化学公司的 Pomex 法以及吸附法如美国 UOP 公司的 Ebex 法。</p> <p>对、间二甲苯的分离</p> <p>由于对二甲苯与间二甲苯的沸点只有 0.75℃，难于采用精馏方法进行分离。目前工业上分离对二甲苯的方法主要有：深冷结晶分离法、络合萃取分离法和吸附分离法三种。</p> <p>A、深冷结晶分离法</p> <p>该法 50 年代已工业化，技术较成熟。C₈ 芳烃深度冷却至 -60~-75℃ 时，熔点最高的对二甲苯首先被结晶出来。在对二甲苯结晶过程中，晶体内不可避免地包含一部分 C₈ 芳烃混合物，影响了对二甲苯的纯度，为提高对二甲苯纯度，工业上多采用二段结晶工艺。第一阶段结晶，对二甲苯纯度约为 85%~90%，但可以得到最大的对二甲苯回收率；第二阶段是将第一阶段分出的对二甲苯进行重</p>

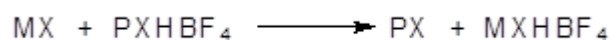
结晶，得到对二甲苯的纯度可达 99.2%~99.5%。

B、络合萃取分离法

利用一些化合物与二甲苯异构体形成络合物的特性可以达到分离各异构体的目的。络合分离法中最成功的工业实例是日本三菱瓦斯化学公司发展的 MGCC 法。此法是有效分离间二甲苯的唯一工业化方法，同时也使其他 C8 芳烃分离过程大为简化。C8 芳烃四个异构体与 HF 共存于一个系统时，形成两个互相分离的液层：上层为烃层，下层为 HF 层。当加入 BF₃ 后，发生下列反应而生成在 HF 中溶解度大的络合物。



式中 X 代表二甲苯。由于间二甲苯碱度最大，所形成的 MXHBF₄ 络合物的稳定性最大，故在系统中能发生如下置换反应。



式中 MX、PX、OX 分别代表间、对、邻二甲苯。络合物置换的结果，HF—BF₃ 层中的间二甲苯浓度越来越高，烃层中的间二甲苯浓度越来越低，从而达到选择分离的目的。

该法的特点是将二甲苯中含量 40%~50% 的间二甲苯首先除去，使乙苯浓度提高，这不仅可以降低乙苯分离塔的塔径、回流比和操作费用，而且还可以提高单程收率。其主要缺点是 HF 有毒，且有强腐蚀性。

C、吸附分离法

吸附分离是利用固体吸附剂吸附二甲苯各异构体的能力不同进行的一种分离方法。吸附分离首先由美国 UOP 公司解决了三个关键问题而实现了工业化。一是研制成功一种对各种二甲苯异构体有较高选择性吸附的固体吸附剂；二是研制成功以 24 通道旋转阀进行切换操作的模拟移动床技术；三是选到一种与对二甲苯有相同吸附亲和力的脱附剂。吸附分离比结晶分离有较多的优点，工艺过程简单，单程回收率达 98%，生产成本较低，已取代深冷分离，成为一种广泛采用的二甲苯分离技术。

二、芳烃生产技术的发展方向

芳烃在化工原料中占有十分重要的地位，其生产技术受到广泛重视。芳烃生产技术发展主要有以下几个方面：

1、扩大芳烃的来源。继续提高催化重整和乙烯裂解技术，增产更多的芳烃，大力发展芳烃其他来源。
2、工艺革新，提高技术水平。研发更好的催化剂。催化剂的选择性能提高反应的选择性，大大减少甚至能消除生产装置的物料内循环，能降低费用。
3、产品新用途促进产品的结构调整，二甲苯是生产聚酯的重要原料，增加二甲苯的用途，对芳烃生产的产品构成、加工流程和生产工艺都产生深远的影响。
4、化学工程技术发挥重要的作用。化工工程技术的发展对生产芳烃组化化合物的影响十分重大。
5、新老技术共同开发。
课外作业
对二甲苯和间二甲苯的分离方法主要有那些？

教学单元八

上课次数	第八次	日期		课时	2
教学目标					
芳烃的烷基化和脱烷基化					
教学内容					
1. 芳烃的烷基化					
2. 芳烃的脱烷基化					
教学方法					
学生讲授、教师分析、课堂讨论、启发式教学					
教学过程					
<p>一、芳烃的烷基化</p> <p>芳烃的烷基化是芳烃分子中苯环上的一个或几个氢被烷基取代而生成烷基芳烃的反应，其中苯的烷基化最为重要，这类反应在工业中主要用于生产乙苯、异丙苯和十二烷基苯等。能为烃的烷基化提供烷基的物质称为烷基化剂，可采用的烷基化剂有多种，工业上常用的有烯烃和卤代烷烃。</p> <p>以苯和乙烯烷基化的酸性催化剂分类，烷基化工艺分为三氧化铝法、$\text{BF}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ 和固体酸法。若以反应状态分，可分为液相法和气相法两种。液相三</p>					

氯化铝法又可分为传统的两相工艺和单相高温工艺，前者的典型代表是 Dow 法、旧 Monsanto 法等，后者典型代表是新 Monsanto 法。而气相固体催化剂烷基化法的典型代表是 Mobil Hadger 新工艺。

二、芳烃的脱烷基化

烷基芳烃分子中与苯环直接相连的烷基，在一定的条件下可以被脱去，此类反应为芳烃的脱烷基化。工业上主要应用于甲苯脱甲基制苯、甲基萘脱甲基制萘。脱烷基制苯是甲苯最大的化工利用，也是苯的主要来源之一，但随着苯的使用收到限制，此类装置发展趋于停滞。我国仅有甲苯脱烷基制苯。脱烷基制苯工艺分为催化脱烷基与热脱烷基两种。

热脱烷基与催化脱烷基两种工艺各有特点，催化脱烷基，气态烃产量较少，氧耗较低；热脱烷基，工艺过程简单，对原料适应性强，允许原料中非芳烃含量可达 30%，C9 芳烃可达 15%，补充氢气中杂质不受限制，运转期长，不需停车进行催化剂再生，但其反应温度较高（600~700℃），对反应器材质要求高。一般认为热脱烷基工艺优点较多。

课外作业

教学单元九

上课次数	第九次	日期		课时	2
教学目标					
催化加氢					
教学内容					
1.催化加氢的应用与反应类型； 2.氢的性质与来源； 3.催化加氢反应的一般规律； 4.一氧化碳加氢合成甲醇。					
教学方法					

课堂讲授、实例分析、课堂讨论、启发式教学					
教学过程					
<p>催化加氢反应分为多相催化加氢和均相催化加氢两种，相比之下，多相催化加氢的选择性较低，反应方向不易控制，而均相催化加氢采用可溶性催化剂，选择性较高，反应条件温和。</p> <p>催化加氢除了合成有机产品外，还用于许多化工产品的精制过程：</p> <p>1、裂解气乙烯和丙烯的精制</p> <p>从烃类裂解气分离得到的乙烯和丙烯中含有少量乙炔、丙炔和丙二烯等有害杂质，可利用催化加氢方法，使炔烃和二烯烃进行选择加氢，转化为相应的烯烃而除去。</p> <p>2、裂解汽油的加氢精制（芳烃转化章节中讲过）</p> <p>3、精制氢气</p> <p>氢的来源</p> <p>电解法，烃类转化，副产氢气</p> <p>利用催化脱氢反应，可将低级烷烃、烯烃及烷基芳烃转化为相应的烯烃、二烯烃及烯基芳烃，这些都是高分子材料的重要单体</p> <p>一氧化碳加氢制甲醇始于 20 世纪初，1923 年德国 BASF 公司首先建立了一套采用 Zn-Cr 催化剂、合成压力为 30.0MPa、规模为 300 吨/年的高压法甲醇生产装置。20 世纪 60 年代，甲醇工业随着选择性好、低温活性高的铜基催化剂开发成功而取得重大进展。1966 年英国 ICI 公司研制成功 Cu-Zn-Al 催化剂后，推出 ICI 低压甲醇合成工艺，在所属 Billingham 工厂建立了工业化装置；1971 年德国 Lurgi 公司成功开发出采用活性更高的 Cu-Zn-Al-V 催化剂的另一著名低压法工艺-Lurgi 工艺；此后，世界各大公司竞相开发了各具特色的低压法工艺技术。</p>					
课外作业					
加氢反应对催化剂有什么要求？					

教学单元十

上课次数	第十次	日期		课时	2
------	-----	----	--	----	---

教学目标
催化脱氢与氧化脱氢
教学内容
1. 烃类催化脱氢反应化学； 2. 乙苯催化脱氢合成苯乙烯； 3. 烃类的氧化脱氢。
教学过程
<p>催化脱氢和氧化脱氢的概念</p> <p>(1) 脱氢反应是加氢反应的逆反应；吸热反应；</p> <p>(2) 分子数增加的反应； 随着脱氢反应的进行，生成物和氢气逐渐增多，平衡不利于脱氢；</p> <p>(3) 脱氢反应受到化学平衡的限制，转化率不可能很高</p> <p>(4) 要使平衡向有利于脱氢方向进行，可以采取将生成的氢气除去的方法—氧化脱氢</p> <p>(5) 氧化脱氢</p> <p>氧是氢“接受体”；放出大量反应热可补充热量消耗。</p> <p>氢接受体有：</p> <p>O₂（空气）、卤素和含硫、氮化合物等，这类反应称之为氧化脱氢反应。</p> <p>催化剂</p> <p>脱氢反应受热力学限制需在高温下进行，应使用能耐高温催化剂，一般采用金属氧化物 Cat. 常见的脱氢催化剂：</p> <p>Cr₂O₃-Al₂O₃、Fe₂O₃-Cr₂O₃-K₂O、Ca₈Ni(PO₄)₆-Cr₂O₃-石墨脱氢反应器：列管等温式 — 反应物料走管内，管间走载热体</p> <p>绝热式—过热水蒸汽直接带入反应系统 以提供热量 多段式—在段间设置中间加热器以保证反应所需温度</p> <p>催化脱氢的工业化应用：乙苯脱氢制苯乙烯</p> <p>氧化脱氢的工业化应用：丁烯氧化脱氢制丁二烯</p>
课外作业

教学单元十一

上课次数	第十一次	日期		课时	2
教学目标					
催化氧化概述					
教学内容					
催化氧化的一般规律					
教学过程					
<p>一、催化氧化在有机化工中的重要地位</p> <p>主要化学品中 50% 以上和氧化反应有关</p> <p>含氧：醇、醛、酮、酸、酯、酸酐、环氧化物、过氧化物等</p> <p>不含氧：丁烯氧化脱氢制丁二烯</p> <p style="padding-left: 40px;">丙烯氨氧化制丙烯腈</p> <p style="padding-left: 40px;">乙烯氧氯化制二氯乙烷</p> <p>二、氧化过程的一些共同特点</p> <p>（一）氧化剂</p> <p>规模大</p> <p style="padding-left: 40px;">空气</p> <p style="padding-left: 40px;">纯氧</p> <p>规模小</p> <p style="padding-left: 40px;">过氧化氢</p> <p style="padding-left: 40px;">其它过氧化物</p> <p style="padding-left: 40px;">反应生成的烃类过氧化物或过氧酸</p> <p>（二）强放热反应</p> <p style="padding-left: 40px;">热量的转移</p> <p>（三）热力学都有利</p> <p>（四）多种氧化途径</p> <p>三、氧化反应器的选择</p>					
课外作业					

--

教学单元十二

上课次数	第十二次	日期		课时	2
教学目标					
均相催化氧化					
教学内容					
1.催化自氧化反应 2.络合催化氧化反应 3.烯烃液相环氧化					
教学过程					
<p>一、催化自氧化</p> <p>具有自由基链式反应特征，能自动加速的氧化反应。使用催化剂加速链的引发，称为催化自氧化。</p> <p>工业上生产有机酸、过氧化物。</p> <p>自氧化反应机理及影响因素。</p> <p>乙醛自氧化制醋酸。</p> <p>二、络合催化氧化</p> <p>催化剂的过渡金属中心原子与反应物分子构成配位键使其活化，并在配位上进行反应。</p> <p>代表性的反应：Wacker 法乙烯均相络合催化氧化制乙醛。</p> <p>乙烯钯盐络合催化氧化制乙醛的原理及工艺。</p> <p>三、烯烃液相环氧化</p> <p>丙烯液相环氧化生产环氧丙烷的原理及工艺。</p>					
课外作业					

教学单元十三

上课次数	第十三次	日期		课时	2
------	------	----	--	----	---

教学目标					
非均相催化氧化					
教学内容					
1.乙烯环氧化制环氧乙烷 2.丙烯氨氧化制丙烯腈					
教学过程					
<p>一、非均相催化氧化反应机理</p> <p>氧化还原机理，又称晶格氧作用机理</p> <p>反应物首先与催化剂的晶格氧结合，生产氧化产物，催化剂变成还原态，然后还原态的催化剂再与气相中氧气反应，重新生成氧化态催化剂，由此构成氧化还原循环。</p> <p>化学吸附氧化机理</p> <p>氧以吸附态形式化学吸附在催化剂表面的活性中心上，再与烃分子反应。</p> <p>混合反应机理-化学吸附和氧化还原机理的结合。</p> <p>二、乙烯环氧化制环氧乙烷</p> <p>乙烯环氧化制环氧乙烷反应机理。</p> <p>乙烯环氧化制环氧乙烷生产工艺。</p> <p>三、丙烯氨氧化制丙烯腈</p> <p>丙烯氨氧化制丙烯腈反应机理。</p> <p>丙烯氨氧化制丙烯腈生产工艺。</p>					
课外作业					
1、比较非均相催化氧化和均相催化氧化的特点？ 2、丙烯氨氧化制丙烯腈工艺参数选择的依据是什么？ 3、非均相催化氧化常见的反应器有哪几种？各有什么优缺点？					

教学单元十四

上课次数	第十四次	日期		课时	2
教学目标					

羰化反应
教学内容
1.概述 2.烯烃氢甲酰化反应
教学过程
<p>一、羰化反应</p> <p>烯烃与合成气或一定比例的一氧化碳及氢气在过渡金属配位化合物的催化作用下发生加成反应,生成比原料烯烃多一个碳原子的醛,这反应叫做羰化反应。分为不饱和化合物的羰化和甲醇的羰化。</p> <p>二、烯烃氢甲酰化反应</p> <p>烯烃羰化的初级产品是醛,由于醛基十分活泼,可以通过加氢、氧化等反应得到一系列的有机化合物。</p> <p>烯烃氢甲酰化反应的重要化工应用是丙烯羰化合成丁醇和辛醇。</p> <p>丙烯羰化合成丁醇和辛醇的原理和工艺。</p>
课外作业

教学单元十五

上课次数	第十五次	日期		课时	2
教学目标					
羰化反应					
教学内容					
甲醇羰化合成醋酸					
教学过程					
<p>一、甲醇羰化合成醋酸的反应原理。</p> <p>二、甲醇羰化合成醋酸的工艺流程。</p>					

课外作业

教学单元十六

上课次数	第十六次	日期		课时	2
教学目标					
氯化					
教学内容					
1. 烃的取代氯化 2. 不饱和烃的加成氯化 3. 烃的氧氯化					
教学过程					
<p>氯代烃的主要应用领域：溶剂、中间体和单体。</p> <p>一、烃的取代氯化</p> <p>以氯取代烃分子中的一个或多个氢原子生产氯代烃。</p> <p>典型的自由基连锁反应机理。</p> <p>甲烷热氯化制氯代甲烷的工艺。</p> <p>二、不饱和烃的加成氯化</p> <p>乙烯液相加氯制 1, 2-二氯乙烷的工艺。</p> <p>乙炔气相加氯化氢合成氯乙烯的工艺。</p> <p>三、烃的氧氯化</p> <p>取代氯化中氯的利用率只有 50%，生产的氯化氢的需求量低于生产力量，通过氧氯化可以解决 HCl 的回收利用</p> $4\text{HCl} + \text{O}_2 \xrightleftharpoons{\text{CuCl}_2} 2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ <p>平衡氧氯化生产氯乙烯：将氧氯化法与乙烯直接氯化结合在一起，既不产生氯化氢，也不消耗氯化氢。</p> <p>平衡氧氯化生产氯乙烯的机理。</p> <p>平衡氧氯化生产氯乙烯的工艺。</p>					
课外作业					

8. 课程要求

8.1 学生自学要求

学习本门课程的每一位学生需要准备好本课程所指定的正版教材，并要求做到“四认真”即课前认真预习、上课认真听课、课后认真复习、课后认真做作业。积极参与课堂讨论，课下积极阅读教师提供的课程实施大纲、相关参考书籍、刊物和网络资料，按时保质保量完成老师布置的各项学习任务。

8.2 课外阅读要求

本课程为学生指定了参考文献资料，学生可以根据自己学习的兴趣和研究题目选择不同的文献资料阅读，并运用现代信息技术在图书馆、中国知网、维普数据库、万方数据库和互联网上相关其他网站自行查找资料学习。

8.3 课堂讨论要求

课堂讨论发言分为随堂讨论和专题讨论。随堂讨论根据知识重点随堂进行，学生可自主发言的形式进行，也可根据学生学习情况提问式进行；专题讨论在课程某部分理论课结束后进行，可分成小组进行，由小组在对选择的讨论题目组织进行调研的基础上，讨论形成意见提交教师，最后由教师组织讨论得出合理意见。

8.4 课程实践要求

本课程为实践性强的课程，在课程理论教学进行到一定阶段或完成后，可根据需要组织学生进行认知实践。通过在工厂、化工实验中心参观、动手实验等方式强化理论知识，提高对化工设备、单元操作过程的感性认知。

9.课程考核方式及评分规程

1、该课程为考查课程，考核可根据课程特点采取多种形式，可结合分阶段、看过程、重能力、多样化的考核方式。

2、课程成绩可由平时成绩和课程结束考核成绩两部分组成。平时成绩包括：学习态度、出勤情况、听课情况、作业、课堂提问、课堂讨论、阶段考核等。课程结束考核成绩由课程结束时的课堂大作业评定。

3、本课程成绩由平时成绩占 60%、课程结束考核成绩占 40%进行综合评定课程成绩。

10. 学术诚信

10.1 考试违规与作弊处理

考试违规与作弊行为按学校相关规定及要求执行及处理。

10.2 杜撰数据、信息处理等

杜撰数据、信息等，按学校相关规定及国家的法律法规执行及处理。学习本门课程的每一位学生必须使用本课程所指定的正版教材，为保护教师的知识产权不得使用盗版教材或复印件，违者按学校相关规定及国家的法律法规执行及处理，教师有权追究其法律责任。

10.3 学术剽窃处理等

学术剽窃等，按学校相关规定及国家的法律法规执行及处理。

11. 课堂规范

11.1 课堂纪律

为保证课程的顺利进行，教师和学生必须共同遵守以下课堂纪律：

1、教师和学生必须准时上课和下课，不得迟到、早退，对于早退者视为旷课，按旷课处理。迟到学生必须先报告并经教师同意后方可进入教室听课。

2 上课期间不得使用一切电子通讯设备，并关机或调为静音。

3、上课前学生应做好课前准备，如带好教材、笔、笔记本等。

4、上课学生要专心听课，认真记笔记，禁止随意交谈和高声喧哗、阅读与课程无关的读物、做与本课程无关的一切事情及扰乱课堂秩序，对违反的学生，教师应予以制止和批评，对于严重违反课堂纪律的学生教师可以令其退出课堂，课后按学校有关规定处理。

5、教室内必须保持清洁整齐，不得随意吐痰和扔废弃物。

6、学生必须爱护学校及教室内的所有教学设施，不得损坏或乱涂乱画。

7、上课期间学生发言或有特殊情况应举手示意，征得教师同意。

8、课程结束后最后一位离开教室者，请关好电灯、风扇及门窗等。

11.2 课堂礼仪

1、上课时应衣着大方，夏天不穿背心、短裤、拖鞋进入教室。

2、进门面带微笑，平视教室。

3、如果老师在教室，应向老师致意。

4、如果迟到，应向老师报告致歉。

5、上课不睡觉，不吃零食，听课不出声。

6、下课不起哄，按秩序离开教室。

7、最后一个离开教室，应自觉关灯，关风扇等。

8、发言或提问要举手经老师同意并起立。

9、课堂提问过程中不要随意提醒或者帮答，若想阐明自己的观点，举手示意，得到允许后发言。

10、课堂讨论过程中要注意倾听别人的观点，观点不一致时不要进行人身攻击，要尊重别人。

课堂是严肃的教学场所，要体现学生尊敬师长，师生之间应互相尊重，文明礼貌。

12. 课程资源

12.1 指定教材：

米镇涛,等. 化学工艺学(第二版).北京：化学工业出版社，2006

12.2 主要参考书目：

[1] 黄仲九,等. 化学工艺学. 北京：高等教育出版社，2001

[2] 田春云, 有机化工工艺学. 北京：中国石化出版社,1998

[3] 徐绍平,等. 化工工艺学. 大连：大连理工大学出版社，2012

[4] 吴指南. 基本有机化工工艺学（修订版）. 北京：化学工业出版社，1990

[5] 北京化工学院化工史编写组. 化学工业发展简史. 北京：科学技术文化出版社，

12.3 网络及课外阅读资源等

- 1、教材与参考书：以教师提供的参考书为准
- 2、专业学术专著：教师根据教学需要提供相关资源信息，学生根据自己实际情况自由选择参阅
- 3、专业刊物：教师根据教学需要提供相关资源信息，学生根据自己实际情况自由选择参阅
- 4、网络课程资源：教师根据教学需要提供相关资源信息，学生根据自己实际情况自由选择参阅
- 5、课外阅读资源：教师提供相关资源，学生根据自己实际情况自由选择参阅

13. 教学合约

13.1 阅读课程实施大纲，理解其内容

学生在上本门课程之前必须认真阅读《有机化工工艺学》课程实施大纲，深刻理解课程实施大纲的教学活动及内容要求，按照课程实施大纲所规定的内容及要求进行学习，保质保量完成《有机化工工艺学》课程的学习任务。

13.2 同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望

学生和教师同意遵守《有机化工工艺学》课程实施大纲中阐述的标准和期望，明确《有机化工工艺学》课程实施大纲当中所确定的责任与义务，并认真执行《有机化工工艺学》课程实施大纲。

14.其他说明

本课程实施大纲由于是首次编写，编写时间仓促，难免存在许多不足之处和考虑不周到的地方，深表歉意。在今后的教学过程中将根据课程实施的实际情况和学生的反馈意见，不断修改、补充和完善，不断提高教学质量是师生共同的心愿。本课程未尽事宜解释权归任课教师所有。本课程实施大纲在实施过程中可能会根据学生的实际情况及接受的程度以及其他不可控的客观条件、环境的变化做适当的微调。