

《综合化工实验》课程教学大纲

一、课程说明

(一) 课程名称、所属专业、课程性质、学分

课程名称：综合化工实验

所属专业：化学工程与工艺、应用化学

课程性质：专业课

学 分：3 学分（108 学时）

(二) 课程简介、目标与任务、先修课与后续相关课程

课程简介：化工综合实验是综合运用化学和化工基础知识和实验技能，处理比较复杂的实际工程问题的实践性课程。它在培养学生的工程能力，创新思维和创新能力方面起着重要的作用。通过本实验训练，学生对过程工业中具有普遍性的反应、分离过程及与之相关的单元操作的传递规律和理论基础有更深入的理解，对生产化工产品的基本原理和实现工业化生产的工程技术有更进一步认识。

目标与任务：深化理论知识。学生将化学和化工课程中讲授的理论、概念或公式，通过化工综合实验，用于解决工程实际问题，加深对理论的理解，加强理论和实践的结合，反过来从实验中总结提炼规律，上升至理论水平，体会理论与实践交互作用。培养学生从事实验研究的能力。制定实验目标、设计实验方案的能力；进行实验、观察和分析实验现象的能力；正确选择和使用测量仪表的能力；利用实验的原始数据进行数据处理以获得实验结果的能力；运用文字表达技术报告的能力。培养学生实事求是、严肃认真的学习态度。从实验预习、实验操作、现象观察到数据处理等各个环节培养学生一丝不苟的工作作风和严肃认真的工作态度。

先修课程与后续相关课程：

先修课程：化学、化工原理、化工热力学、反应工程、化工仪表及自动化、化工设计等。

后续相关课程：毕业设计。

(三) 教材与主要参考书

教材：常彦龙，冯庆华等 编著，化工综合实验讲义，2009。

主要参考书:

1. 朱开宏, 李伟, 钱四海译, 产品与过程设计原理——合成、分析与评估, 华东理工大学出版社, 2006。
2. 中国石化集团上海工程有限公司编, 化工工艺设计手册 (第 3 三版), 化学工业出版社, 2003。
4. 蔡尔辅, 陈树辉著, 化工厂系统设计(第二版), 化学工业出版社, 2004。
5. J. D. Seader, Ernest J. Henley. Separation process principles(分离过程原理), 化学工业出版社, 2002。

二、课程内容与安排

教学思路:

主要培养学生综合运用化学和化工基础知识解决工程问题的能力, 实验内容涵盖反应工程、化工分离、传递过程和化工模拟等专业知识点, 以创新性、设计性实验为主。

(一) 实验名称与学时分配

实验讲座 化工实验方法和实验数据处理

实验一 中空纤维超滤膜分离 (7 学时)

实验二 反应精馏法制醋酸乙酯 (7 学时)

实验三 乙醇气相脱水制乙烯反应动力学 (7 学时)

实验四 减压精馏 (7 学时)

实验五 共沸精馏 (7 学时)

实验六 填料流体力学性能测定 (7 学时)

实验七 甲醇水蒸汽重整制氢 (7 学时)

实验八 玉米秸秆制燃料乙醇 (7 学时)

实验九 甲醇制汽油 (7 学时)

实验十 超临界干燥法制备纳米材料 ZnO (7 学时)

实验十一 甲醇合成工段仿真 (7 学时)

实验十二 甲醇精制工段仿真 (7 学时)

实验十三 三十万吨/年合成氨转化工段仿真 (7 学时)

实验十四 石油炼制常压减压蒸馏装置仿真 (7 学时)

实验十五 催化裂化反应再生系统仿真 (7 学时)

实验十六 透平与往复压缩仿真（3 学时）

考核方式:

学生成绩由实验操作成绩得到。实验操作成绩采用逐个实验计分法，每个实验中预习占 10%，基本操作占 40%、实验结果、报告占 40%，纪律、卫生占 10%。

(二) 实验内容、实验目的难点及注意事项

实验项目	主要内容及实验目的	难点及注意事项
0. 实验讲座	<p>主要内容: 1. 实验方法分类, 正交实验法; 2. 实验数据的测量值、误差与有效位数; 3. 数据的整理方法及回归分析; 4. 测量技术, 仪器仪表的使用; 5. 实验预习、实验分工和实验安全。</p> <p>实验目的: 掌握综合实验的实验设计方法和数据处理方法。</p>	<p>难点: 实验方法。</p> <p>注意事项: 实验室安全知识。</p>
1. 中空纤维超滤膜分离	<p>实验内容: 掌握中空纤维超滤膜分离技术, 理解超滤膜分离机理——“筛分”理论, 理解膜的孔径大小和膜表面的化学性质对超滤的共同影响; 用聚乙二醇 20000 作为溶质, 考察不同压力、流量下聚乙二醇的回收率和膜的渗透通量。用 origin 软件绘制渗透流率 J—压力 P 的关系曲线, 并回归出曲线方程, 绘制回收率 Y—流量 Q 的关系曲线, 并回归出曲线方程。</p> <p>实验目的: 了解和熟悉超滤膜分离的原理、工艺过程; 了解膜分离技术的特点、影响因素; 了解膜分离设备的结构; 培养学生的实验操作技能。</p>	<p>难点: J-P, Y-Q 关系曲线绘制, 曲线方程回归。</p> <p>注意事项: 压力不能过高, 防止损坏膜组件; 磁力泵不能空转, 防止烧坏。</p>
2. 反应精馏法制醋酸乙酯	<p>实验内容: 本实验用乙醇和乙酸在硫酸催化下反应生成乙酸乙酯, 在反应同时用精馏方法分离产物。实验分间歇精馏和连续精馏两种情况, 在部分回流比下操作, 产物分析用气相色谱。</p> <p>实验目的: 了解反应精馏是既服从质量作用定律又服从相平衡规律的复杂过程; 掌握反应精馏的操作; 能进行全塔物料衡算和塔操作的过程分析; 了解反应精馏与常规精馏的区别; 学会分析塔内物料组成。</p>	<p>难点: 反应精馏中化学平衡和相平衡之间的相互作用。</p> <p>注意事项: 精馏塔的正确操作。</p>

<p>3. 乙醇气相脱水制乙烯反应动力学</p>	<p>实验内容：本实验是在固定床和流化床反应器中，进行乙醇气相脱水制乙烯，测定反应动力学参数。</p> <p>实验目的：巩固所学有关反应动力学方面的知识；掌握获得反应动力学数据的手段和方法；学会实验数据的处理方法，并能根据动力学方程求出相关的动力学参数值；熟悉固定床和流化床反应器的特点及多功能催化反应装置的结构和使用方法，提高自身实验技能。</p>	<p>难点：反应动力学参数的获取和计算。</p> <p>注意事项：反应器的正确操作。</p>
<p>4. 减压精馏</p>	<p>实验内容：本实验选用正庚烷-甲基环己烷二元理想体系，在不同的真空度下，用填料精馏塔分离此混合物，测定理论塔板数和填料性能，考察塔压对相平衡和相对挥发度的影响，考察塔压对再沸器负荷和节能的影响，考察塔压对理论级数和回流比的影响。</p> <p>实验目的：熟悉减压精馏的特点及应用；熟悉填料塔的结构、流程及操作；了解填料的性能；掌握测定填料精馏塔理论塔板数（传质单元数）的方法。</p>	<p>难点：塔压对相对挥发度的影响。</p> <p>注意事项：塔釜液位急剧下降，看不到液位指示，应立即停止釜加热。</p>
<p>5. 共沸精馏</p>	<p>实验内容：本实验用共沸精馏的方法制备无水乙醇。在乙醇—水系统中加入共沸剂苯，利用共沸剂能和被分离系统中的一种或几种物质形成最低共沸物的特性，将共沸物从塔顶蒸出，塔釜则得到无水乙醇。</p> <p>实验目的：通过实验加深对共沸精馏过程的理解；熟悉精馏设备的构造，掌握共沸精馏操作方法；能够对精馏过程做全塔物料衡算；学会使用阿贝折射仪分析液体组成。</p>	<p>难点：共沸剂的选择，共沸剂加入量的计算。</p> <p>注意事项：共沸精馏塔的正确操作。</p>

<p>6. 填料流体力学性能测定</p>	<p>实验内容: 本实验以空气-水为测量物系, 在常温常压下测定填料的流体力学性能。实验主要测定不同液体喷淋密度下, 填料层压降随流速的变化。1.测定干填料压力降, 即无水喷淋时, 填料压降随流速的变化。2.测定湿填料压力降, 固定在某一液体喷淋密度下(本实验喷淋密度分别取 1、2、3、4、5 L/h), 逐渐加大气量, 并记录各气量下的温度、压差与流量。得出填料压降随流速的变化曲线; 3.采用重量法或容量法测定静持液量; 4.采用重量法或容量法测定动持液量; 5.计算动持液量与静持液量之和即总持液量。</p> <p>实验目的: 观察填料塔的载液及液泛现象; 测定干填料及湿填料层的阻力 Δp, 关联一定喷淋密度下填料层阻力 Δp 与空塔流速 u 的关系, 绘出 Δp 与 u 的关系曲线; 测定一定空塔流速下, 填料层的阻力 Δp 与喷淋密度 L 的关系; 测定填料的载点和液泛速度, 关联液泛流速 U_f 与操作液、气比(L/G) 的关系, 确定常数 A; 测定填料静持液量、动持液量和总持液量; 关联填料持液量与空塔流速, 填料持液量与液体喷淋密度的关系曲线。</p>	<p>难点: 关联压降 $\Delta p \sim u$, $\Delta p \sim L$ 的关系曲线。</p> <p>注意事项: 仔细观察填料塔的载液及液泛现象, 记录液泛流速。</p>
<p>7. 甲醇水蒸汽重整制氢</p>	<p>实验内容: 本实验采用 Cu/ZnO/4X 分子筛和 Ni/ZnO/4X 分子筛催化剂, 用甲醇水蒸汽重整制氢。将甲醇和水蒸汽通过固定床反应器的催化剂床层, 甲醇发生裂解反应和一氧化碳变换反应, 制得氢气和二氧化碳混合气, 经过进一步处理得到纯净的氢气。</p> <p>实验目的: 了解甲醇水蒸汽重整制氢的工艺流程和工业化生产方法; 了解甲醇重整反应器的结构特点和操作要求; 掌握甲醇重整制氢的工艺条件。</p>	<p>难点: 反应温度对反应速率的影响。</p> <p>注意事项: 反应温度和进料速率的准确控制。</p>
<p>8. 玉米秸秆制燃料乙醇</p>	<p>实验内容: 以玉米秸秆为原料, 采用稀硫酸水解和酶水解的方法制取水解糖化液, 然后用酵母菌发酵制取乙醇, 从而探究用生物质制备燃料乙醇的工艺路线。</p> <p>实验目的: 了解生物质制燃料乙醇的工艺路线和应用前景; 掌握玉米芯水解工艺参数; 掌握葡萄糖发酵制乙醇的工艺参数; 掌握纯化和精制乙醇工艺参数。</p>	<p>难点: 水解条件的优化。</p> <p>注意事项: 水解温度的控制。</p>

9. 甲醇制汽油	<p>实验内容：用甲醇做原料，在固定床反应器中，用 ZSM-5 催化剂制备汽油。考察反应温度，进料速度，反应时间等因素对汽油产率和质量的影响，得出最佳的甲醇制备汽油的工艺条件。</p> <p>实验目的：了解甲醇制汽油的反应机理；了解甲醇制汽油的工艺流程和设备结构；简单掌握甲醇制汽油催化剂的制备；掌握甲醇制汽油的工艺参数。</p>	<p>难点：用正交实验法确定实验条件。</p> <p>注意事项：反应温度、进料速率的控制。</p>
10. 超临界干燥法制备纳米材料 ZnO	<p>实验内容：用溶胶凝胶法在恒温水浴中制备 ZnO 前驱物；用乙醇洗脱前驱物中的水份，制备醇溶胶；用超临界乙醇干燥法制备纳米 ZnO 粉末，用 XRD 表征。</p> <p>实验目的：了解纳米材料 ZnO 的制备方法；了解超临界干燥法的基本原理；学习超临界干燥法的基本操作。</p>	<p>难点：溶胶凝胶制备。</p> <p>注意事项：制备溶胶时的滴速控制。</p>
11. 甲醇合成工段仿真	<p>实验内容：本实验模拟甲醇合成工段。本合成工段采用 ICI 低压工艺合成甲醇。甲醇合成工段仿真系统的设备包括蒸汽透平、循环气压缩机、甲醇分离器、精制水预热器、中间换热器、最终冷却器、甲醇合成塔、蒸汽包以及开工喷射器等。甲醇合成是强放热反应，进入催化剂层的合成原料气需先加热到反应温度 (>210℃) 才能反应，而低压甲醇合成催化剂 (铜基触媒) 又易过热失活 (>280℃)，就必须将甲醇合成反应热及时移走，本反应系统将原料气加热和反应过程中移热结合，反应器和换热器结合连续移热，同时达到缩小设备体积和减少催化剂层温差的作用。低压合成甲醇的理想合成压力为 4.8~5.5MPa，在本仿真中，假定压力低于 3.5MPa 时反应即停止。</p> <p>实验目的：了解 ICI 低压法合成甲醇的原理、工艺流程及特点；了解甲醇合成工段的设备及工艺参数；了解合成工段控制系统；掌握甲醇合成工段的操作规程。</p>	<p>难点：工艺流程的理解。</p> <p>注意事项：反应器温度控制在设定值。</p>

12. 甲醇精制工段仿真	<p>实验内容: 本实验模拟甲醇精制工段。本精制工段是根据甘肃某化工厂年产 20 万吨甲醇项目开发的, 采用四塔(3+1)精馏工艺, 包括预塔、加压塔、常压塔及甲醇回收塔。预塔的主要目的是除去粗甲醇中溶解的气体(如 CO_2、CO、H_2 等)及低沸点组分(如二甲醚、甲酸甲酯), 加压塔及常压塔的目的是除去水及高沸点杂质(如异丁基油), 同时获得高纯度的优质甲醇产品。另外, 为了减少废水排放, 增设甲醇回收塔, 进一步回收甲醇, 减少废水中甲醇的含量。</p> <p>实验目的: 了解甲醇精制的工艺流程和特点; 了解甲醇精制的设备组成; 了解甲醇精制的控制系统; 熟悉甲醇精制操作规程和工艺参数。</p>	<p>难点: 工艺流程的理解。</p> <p>注意事项: 塔压控制。</p>
13. 三十万吨/年合成氨转化工段仿真	<p>实验内容: 本实验模拟三十万吨/年合成氨转化工段。从终脱硫送来的含硫小于 0.2 ppm 的石脑油气与来自辅助锅炉的 3.8 MPa、390℃ 的中压蒸汽混合, 经一段转化炉 F1201 对流段中的 E1201 换热器预热到 460℃ 后, 进入 F1201 炉管, 然后进入 F1202 催化剂床层完成烃类蒸汽高温催化转化反应, 制取氢气。同时在二段炉 F1202 中加入工艺空气, 燃烧掉氧气余下氮气。最后得到初始的单质氢气和氮气混合的合成氨工艺气。</p> <p>实验目的: 了解石脑油和水蒸汽重整制氢的反应机理; 了解一段和二段转换的工艺流程; 了解转换工段的三部分: 工艺物料系统; 燃料系统; 水汽系统的工艺参数、设备结构和控制系统。</p>	<p>难点: 控制参数的掌握。</p> <p>注意事项: 反应温度的控制。</p>
14. 石油炼制常压减压蒸馏装置仿真	<p>实验内容: 常压炼油系统的组成、流程和操作; 减压炼油系统的组成、流程和操作。</p> <p>实验目的: 了解常减压炼油的工作原理; 了解常减压炼油的设备组成; 了解常减压炼油的工艺流程; 掌握常减压炼油的工艺参数。</p>	<p>难点: 工艺参数的掌握。</p> <p>注意事项: 塔压控制。</p>
15. 催化裂化反应再生系统仿真	<p>实验内容: 反应再生系统是催化裂化装置的核心组成部分。本仿真软件模拟了 80 万吨/年处理量, 高低并列式提升管反应器结构的反应再生系统。</p> <p>实验目的: 了解催化裂化反应再生系统的设备组成; 了解反应再生系统的工艺流程和控制系统; 掌握反应再生系统的工艺参数。</p>	<p>难点: 控制系统的理解。</p> <p>注意事项: 正确控制反应器温度。</p>

<p>16. 透平与往复压缩仿真</p>	<p>实验内容：本压缩系统由蒸汽透平驱动的往复式压缩机组成，此外还包括了复水系统和润滑油系统的主要操作。本系统将两种典型的动力设备集成在一起，可以同时训练两种动力设备的操作。采用自产蒸汽驱动蒸汽透平取代电动机，是国际流行的节能方法。</p> <p>实验目的：了解往复式压缩机的工艺流程和控制系统；了解透平膨胀机的结构和工作原理；了解透平膨胀机和往复式压缩机的集成操作和控制系统。</p>	<p>难点：动力设备的操作和控制。</p> <p>注意事项：防止压缩机超压。</p>
----------------------	---	--

制定人：常彦龙 冯庆华

审定人：柳明珠、周蕊

批准人：梁永民

日期：2012年6月