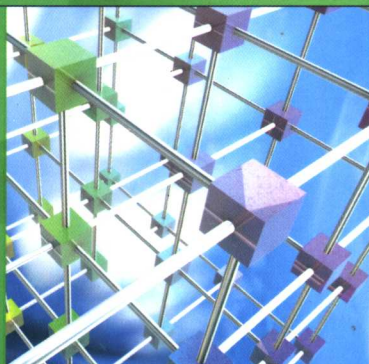




普通高等教育“十一五”国家级规划教材



刘振河 主编

化工生产技术



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是根据最新高等职业教育化工技术类专业人才培养目标而编写的。

全书共分 16 章,选材上紧密结合化学工业的实际,既包含必要的基础理论又有实际应用,主要内容包括:绪论、化工生产过程、化工生产过程分析与组织、典型无机化工产品生产技术、典型有机化工产品生产技术、物料衡算与热量衡算等,适应教学学时数约为 120 学时。在教材内容组织上突出了运用物理化学原理并结合化工生产实际分析和讨论问题,并且通过大量的工程实例进行分析说明,做到了理论与实际相结合,强化了对学生分析和解决生产实际问题的能力培养。每章中设有“知识链接”、“技能链接”、“想一想”、“查一查”、“实例分析”、“知识拓展”等板块,注重了与化工生产实际、实验室操作,尤其是与化工操作工技能培训和考评取证的有机结合。

本教材适用于应用性、技能型人才培养的各类教育的化工技术类专业及相关专业,也可供相关企业、科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

化工生产技术 / 刘振河主编. —北京:高等教育出版社,2007.3

ISBN 978 - 7 - 04 - 021203 - 7

I. 化... II. 刘... III. 化工过程 - 高等学校 - 教材 IV. TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 027805 号

策划编辑	王冰	责任编辑	刘佳	封面设计	于涛	责任绘图	朱静
版式设计	王艳红	责任校对	王效珍	责任印制	毛斯璐		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010 - 58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 国防工业出版社印刷厂

开 本 787 × 1092 1/16
印 张 22.5
字 数 540 000

购书热线 010 - 58581118
免费咨询 800 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2007 年 3 月第 1 版
印 次 2007 年 3 月第 1 次印刷
定 价 31.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 21203 - 00

前 言

为适应高职教育教学改革的需要,根据高等职业教育应用性、技能型人才的培养目标以及2005年7月在北京召开的高等职业教育化学化工类教学资源建设研讨会确定的“化工生产技术”教学基本要求,依据化工技术类专业面宽的实际情况和化工产品生产技术(工艺)的特点,本教材本着从理论高度解析化工产品生产过程的原则,以化工生产的共性进行归类编排,教材体系由两大部分构成:

一是化工生产技术基础篇(第一、二、十六章),即化工产品生产过程原理部分,此部分内容是把化工产品生产技术的共性内容抽提出来,包括化工生产过程及化工生产过程分析与组织等内容,这些问题的集中研究和学习,也有利于教师教学组织和学生知识的掌握。

二是化工生产技术工艺篇(第三至第十五章),即典型化工产品生产技术部分,教材中对每一个典型产品的生产过程的研究描述,按“原料”板块、“反应过程”板块、“分离”板块、“产品后加工”板块、“三废治理”板块等四个或五个方面(板块)进行编排。

本教材体系的安排突出了化工生产过程这条主线,按认识发展的规律性和教学活动的规律性,在学习典型化工产品的工艺之前,按照产品生产过程的共性,介绍化工生产过程及其分析与组织的基本知识,为后续工艺课程提供强有力的理论基础,同时在产品生产工艺过程的解析处理中穿插基本原理知识,形成基础理论和工艺、工程应用前后呼应,相互融合渗透的知识体系。

本教材的第三至第十五章是典型无机化工和有机化工为主导的产品生产工艺,都有各自特点,在内容组织上突出了将工艺、工程处理问题的科学方法贯穿到各个产品生产工艺中去,使学生学习化工生产过程和工艺基本知识的同时,掌握处理工程、工艺问题的基本方法,实现了学生创造能力的培养。

本教材在内容组织上特别强调工程技术观点和实践技能的训练,突出了运用物理化学原理并结合化工生产实际分析和讨论问题,并且通过大量的工程实例进行分析说明,做到了理论与实际相结合,强化了对学生分析和解决生产实际问题的能力培养。

本教材共分16章,选材上紧密结合化学工业的实际,既有必要的理论又有实际应用,主要包括:化工生产过程、化工生产过程分析与组织、典型无机化工产品生产技术、典型有机化工产品生产技术、物料衡算与热量衡算等。在每一章内容中都安排了“技能链接”、“知识链接”、“想一想”、“查一查”等板块环节;每章开始都提出了本章的“知识目标 and 能力目标”,章后附有框架型的“本章小结”以及“思考题与习题”、“实例分析”、“知识拓展”等板块,以期达到明确学习目标和技能训练目标,巩固所学知识、锻炼提高能力和了解化工产品生产的新成果、新技术的目的;强化了与化工生产实际、实验室操作,尤其是化工操作工技能培训和考评取证的有机结合。

本教材由天津石油职业技术学院刘振河主编,苗顺玲、陈学梅任副主编。编写的具体分工如下:绪论、第一章、第二章、第十六章由刘振河编写;第四章、第七章、第九章由苗顺玲编写;第十章由曹慧英、马倩芸编写;第十二章由李英波、杨宇航编写;第三章、第八章、第十四章、第十五章由

陈学梅编写;第五章、第六章、第十一章、第十三章由徐丽萍编写。刘有余、梁杰、刘德元、马红波、肖健欣、高喆等同志参与了本书的 CAD 绘图工作。

天津大学米镇涛教授仔细地审阅了全稿,并提出了宝贵的意见和建议,承德石油高等专科学校曹克广教授和南京化工职业技术学院丁志平院长也给予了很大的帮助和指导,教育部高等学校高职高专化工技术类专业教学指导委员会、中国职业技术教育学会教学工作委员会化学教学研究分会(高职)、各合作院校及高等教育出版社给予了大力的支持,特表示衷心的感谢。

在教材的编写过程中,编者参考了大量的文献资料,在此特向文献资料作者表示感谢。参考文献所列如有遗漏之处,敬请谅解。由于编者水平所限,加之时间仓促,难免有不妥之处,敬请同仁和读者批评指正。

编者

2006 年 12 月

目 录

绪论	1	思考题与习题	30
一、化学工业的分类	1	【实例分析】 化工产品合成路线	
二、化学工业的行业特征	1	方案选择	30
三、“化工生产技术”的主要内容	2		
四、“化工生产技术”的研究方法	2		
五、“化工生产技术”课程的性质、任务	3		
思考题与习题	3		
第一章 化工生产过程	4	第二章 化工生产过程分析与组织	35
第一节 概述	4	第一节 化工生产工艺指标	35
一、化工生产工序	4	一、反应时间和操作周期	35
二、化工生产过程组成	4	二、生产能力与生产强度	36
第二节 化工生产原料准备过程	5	三、反应转化率、选择性和收率	37
一、化工原料及产品	6	四、消耗定额	41
二、原料预处理的原则	8	第二节 化工生产过程热力学分析	43
三、原料预处理方案的制订	9	一、化学反应可能性分析	43
第三节 化工生产反应过程	10	二、反应系统中反应难易程度分析	44
第四节 化工生产产物分离和		三、化学反应限度分析	44
提纯过程	11	四、化学反应平衡移动分析	45
一、分离方法	11	【实例分析】 烃类热裂解反应的	
二、分离流程方案选择	13	热力学分析	46
第五节 产品后加工	14	第三节 化工生产过程动力学分析	48
第六节 化工三废治理	14	一、化学动力学与化学热力学的关系	48
一、化工三废的来源	15	二、影响化学反应速率因素分析	48
二、化工三废的监控	15	三、温度对化学反应速率的影响分析	49
三、化工三废的治理原则	16	四、催化剂对化学反应速率的影响	
四、化工三废的处理方法	16	分析	50
第七节 化工生产过程组织	17	【实例分析】 烃类热裂解动力学	
一、化工生产操作	17	分析	51
二、化工生产主要设备及选择	19	第四节 化工生产过程影响因素	
三、化工生产工艺流程组织	22	分析	52
四、化工生产工艺流程图	22	一、化工生产能力影响因素分析	52
五、化工生产过程评价	27	二、化学反应过程影响因素分析	52
本章小结	29	第五节 化工生产过程检测与	
		操作控制	56
		一、化工生产过程工艺参数的确定	57
		二、化工生产过程操作控制	59

三、化工生产过程中中间分析和现场检测	60	三、沸腾焙烧与沸腾焙烧炉	100
本章小结	62	四、焙烧的工艺条件	101
思考题与习题	63	第三节 炉气的净化及干燥	101
【实例分析】 烃类热裂解生产乙烯工艺		一、炉气净化的目的和要求	101
参数选择及控制	63	二、净化的原理及方法	102
知识拓展	70	三、炉气净化的工艺流程	103
		四、炉气的干燥	105
第三章 合成氨生产技术	72	第四节 二氧化硫的催化氧化	106
第一节 概述	72	一、二氧化硫催化氧化的基本原理	106
第二节 原料气的制备	73	二、二氧化硫氧化用催化剂	107
一、固体燃料气化法	73	三、二氧化硫催化氧化工艺条件的	
二、烃类蒸气转化法	75	选择	108
三、重油部分氧化法	76	四、主要设备	110
第三节 原料气的净化	78	五、转化工艺流程	113
一、原料气的脱硫	78	第五节 三氧化硫的吸收	113
二、一氧化碳变换	79	一、三氧化硫吸收的工艺条件	114
三、二氧化碳的脱除	80	二、三氧化硫吸收的工艺流程	115
四、原料气的精制	81	第六节 “三废”处理	115
第四节 氨合成工艺原理	82	一、尾气的处理	115
一、氨合成反应原理及特点	82	二、烧渣及污水、污酸的处理	117
二、氨合成反应热力学和动力学分析	82	本章小结	118
第五节 合成氨工艺操作条件	84	思考题与习题	119
第六节 氨的分离和合成氨系统		知识拓展	119
工艺流程	86		
一、氨的分离	86	第五章 氯碱生产技术	121
二、合成氨系统工艺流程	87	第一节 概述	121
三、氨合成反应器	89	一、氯碱工业及产品的性质、规格及	
本章小结	92	用途	121
思考题与习题	93	二、氯碱的生产方法	121
知识拓展	93	三、氯碱工业的特点	122
		第二节 食盐水溶液电解的基本	
第四章 硫酸生产技术	95	原理	123
第一节 概述	95	一、法拉第定律	123
一、硫酸的性质、产品规格及用途	95	二、分解电压与电压效率	124
二、生产硫酸的原料	95	三、电流效率和电能效率	125
三、硫酸的生产方法简介	97	第三节 离子交换膜法电解	125
第二节 二氧化硫炉气的制备	97	一、离子交换膜法电解原理	125
一、硫铁矿的焙烧原理	97	二、离子膜电解条件	127
二、原料预处理	99	三、离子膜法生产工艺流程	128
		四、离子膜电解槽	131

第四节 盐酸的生产	133	第四节 工艺流程	171
一、生产原理及特点	133	一、原料准备流程	171
二、合成工艺条件	134	二、丙烯氨氧化法的生产工艺流程	172
三、合成炉	134	第五节 三废处理及安全卫生防护	174
四、工艺流程	135	一、三废治理	174
本章小结	136	二、安全卫生防护	175
思考题与习题	137	本章小结	177
知识拓展	137	思考题与习题	178
		知识拓展	178
第六章 化学肥料	140	第八章 顺丁烯二酸酐生产技术	180
第一节 概述	140	第一节 概述	180
第二节 氮肥生产技术	141	一、顺丁烯二酸酐的性质、产品规格及用途	180
一、尿素的生产	141	二、原料路线和生产方法	181
二、硝酸铵的生产	148	第二节 苯氧化法生产顺丁烯二酸酐	182
第三节 磷肥的生产	151	一、工艺原理	182
一、磷肥的分类与品种	151	二、工艺条件和控制	183
二、生产工艺条件选择	152	三、工艺流程	183
三、过磷酸钙生产工艺流程	153	第三节 正丁烷氧化法生产顺丁烯二酸酐	184
第四节 钾肥的生产	154	一、工艺原理	184
一、氯化钾溶解结晶法原理	154	二、工艺条件和控制	185
二、氯化钾生产工艺流程	155	三、主要设备	186
第五节 复合肥料	156	四、工艺流程	187
一、磷酸铵的性质	156	五、回收精制技术	189
二、氨与磷酸中和过程工艺条件	156	第四节 三废治理和安全卫生防护	190
三、磷酸铵生产的工艺流程	157	一、三废治理	190
本章小结	158	二、安全卫生防护	190
思考题与习题	159	本章小结	191
知识拓展	159	思考题与习题	192
		知识拓展	192
第七章 丙烯腈生产技术	162	第九章 苯乙烯生产技术	194
第一节 概述	162	第一节 概述	194
一、丙烯腈的性质、产品规格及用途	162	一、苯乙烯的性质、产品规格及用途	194
二、生产方法简介	162	二、苯乙烯原料来源和生产方法简介	195
第二节 丙烯腈生产的工艺原理	163	第二节 乙苯脱氢生产苯乙烯的	
一、丙烯氨氧化法合成丙烯腈的		工艺原理	196
反应原理	163		
二、反应机理及动力学分析	163		
第三节 反应工艺及设备	165		
一、工艺条件的影响及控制	165		
二、反应器	170		

一、反应原理及特点	196	一、甲醇的性质、产品规格及用途	232
二、热力学和动力学分析	197	二、甲醇的生产方法	232
第三节 乙苯脱氢生产苯乙烯的		第二节 低压法合成甲醇工艺原理	233
工艺条件选择	199	一、反应原理及特点	233
第四节 乙苯脱氢生产苯乙烯的		二、热力学和动力学分析	233
工艺流程	200	第三节 甲醇合成工艺条件	236
一、原料准备过程——乙苯生产技术	200	第四节 甲醇合成工艺流程	238
二、反应过程	205	一、工艺流程	238
三、粗苯乙烯的分离与精制流程	207	二、甲醇合成反应器	239
四、乙苯脱氢反应器	210	第五节 甲醇下游产品的开发与	
本章小结	212	应用	241
思考题与习题	213	一、甲醇燃料	241
知识拓展	213	二、甲醇化学	242
第十章 苯酚生产技术	216	本章小结	244
第一节 概述	216	思考题与习题	245
一、苯酚的性质、产品规格及用途	216	知识拓展	245
二、苯酚生产方法简介	218	第十二章 氯乙烯生产技术	249
三、原料来源	220	第一节 概述	249
第二节 异丙苯法合成苯酚工艺		一、氯乙烯的性质、产品规格及用途	249
原理	220	二、生产方法简介	249
一、异丙苯氧化反应原理及特点	220	第二节 乙炔法合成氯乙烯	251
二、CHP 的分解反应原理及特点	221	一、工艺原理	251
第三节 异丙苯法合成苯酚工艺		二、工艺条件的选择和控制	252
条件选择	222	三、工艺流程	254
一、异丙苯氧化过程工艺条件选择	222	第三节 乙烯氧化法生产氯乙烯	259
二、CHP 分解反应工艺条件选择	223	一、二氯乙烷生产	259
第四节 异丙苯法合成苯酚工艺		二、二氯乙烷裂解制氯乙烯	266
流程	224	本章小结	269
一、苯烷基化合成异丙苯(原料		思考题与习题	270
准备过程)	225	知识拓展	270
二、异丙苯氧化合成过氧化氢异丙苯	226	第十三章 醋酸生产技术	273
三、过氧化氢异丙苯分解	227	第一节 概述	273
本章小结	229	一、醋酸的性质、产品规格及用途	273
思考题与习题	230	二、醋酸的原料来源及生产方法	273
知识拓展	230	第二节 乙醛氧化生产醋酸	275
第十一章 甲醇生产技术	232	一、工艺原理	275
第一节 概述	232	二、工艺条件	277
		三、反应器	278

四、工艺流程	279	第十五章 十二烷基苯磺酸钠生产	
第三节 甲醇低压羰化合成醋酸	281	技术	302
一、工艺原理	281	第一节 概述	302
二、工艺条件	281	一、产品概述	302
三、工艺流程	282	二、产品规格	302
四、甲醇低压羰化法制醋酸的主要		三、原料路线和生产方法	303
优缺点	283	第二节 工艺原理	303
本章小结	284	一、反应原理	303
思考题与习题	285	二、反应特点	304
知识拓展	285	三、热力学和动力学分析	304
第十四章 邻苯二甲酸二辛酯		第三节 工艺条件和控制及主要	
生产技术	288	设备	305
第一节 概述	288	一、工艺条件和控制	305
一、邻苯二甲酸二辛酯的性质、产品		二、反应器	305
规格及用途	288	第四节 工艺流程	307
二、原料来源	289	一、原料准备	307
三、生产方法	290	二、生产工艺流程	309
第二节 工艺原理	290	第五节 三废治理和安全卫生防护	309
一、反应原理	290	一、三废治理	309
二、反应特点	291	二、安全卫生防护	310
三、热力学和动力学分析	291	本章小结	311
第三节 工艺条件和主要设备	292	思考题与习题	311
一、工艺条件	292	知识拓展	312
二、主要设备	292	第十六章 物料衡算和热量衡算	315
第四节 工艺流程	293	第一节 物料衡算	315
一、酸性催化剂间歇生产邻苯二甲		一、物料衡算及其分类	315
酸二辛酯	293	二、物料衡算的依据和衡算范围	316
二、非酸性催化剂连续生产邻苯二甲		三、物料衡算式	316
酸二辛酯	294	四、物料衡算基本步骤	316
第五节 三废治理、安全卫生防护及		五、物料衡算方法	317
应用配方	295	【应用实例 I】 设计年产 1 000 t 苯乙烯	
一、三废治理	295	车间的物料衡算	327
二、安全卫生防护	295	【应用实例 II】 丙烯氨氧化合成丙烯腈	
三、邻苯二甲酸二辛酯应用配方		物料衡算	334
参考实例	295	第二节 热量衡算	337
本章小结	297	一、热量衡算及其分类	337
思考题与习题	298	二、热量衡算的依据	337
知识拓展	298	三、单元操作过程热量衡算	337
		四、反应过程热量衡算	338

目 录

五、热量流程图	342	思考题与习题	346
六、有效能	343		
本章小结	345	参考文献	347

绪论

学习导言

化学工业是国民经济的支柱性产业之一,通过本章的学习,了解化学工业的行业划分及特征、化学工业的发展趋势与重点,并了解“化工生产技术”研究的主要内容及课程学习要求。

一、化学工业的分类

化学工业既是原材料工业,又是加工工业,不仅包括生产资料的生产,还包括生活资料的生产,是一个多行业、多品种的产业。

(1) 按化学工业使用的原料来划分则有:煤化工、石油化工、天然气化工、海洋化工、矿产化工、生物化工、林产化工、核化工、电化工等;

(2) 按产品的用途和产品形态等分为:国防化工(军事化工)、环境化工、食品化工、日用化工、农用化工、能源化工、信息化工、材料化工、皮革化工、冶金化工、药物化工、硅酸盐化工、建筑化工等;

(3) 按产品归类分为:无机化工、有机化工、高分子材料化工、精细化工等;

(4) 按产品行业和工业规模可以分为:硫酸、硝酸盐、无机酸、纯碱、氯碱、无机盐、基本有机原料、化学肥料、农药、医药、染料、颜料、涂料、胶黏剂、合成树脂、化学纤维、合成橡胶、感光材料和磁性材料、日用化学品、表面活性剂、化学试剂、催化剂、助剂、陶瓷和无机非金属材料、水泥、玻璃、生物化工、专用精细化学品以及塑料加工、橡胶加工、化学矿冶炼、化工机械等。

(5) 按统计归属分为:基本化工原料、化肥、农药、医药、有机化学品、日用化学品、合成材料、化纤、橡胶制品、塑料制品和专用化学品等大宗门类。

二、化学工业的行业特征

化学工业的行业范围很广,归纳它们的大体特征是:

(1) 发展和更新速度快 化工产品产值的发展速度历来快于整个工业的发展速度,而且化工生产技术进步快,产品更新快,可以说是日新月异地进步,新产品、新工艺不断涌现,创新是化工发展的源泉。

(2) 设备特殊,设备投资高、更新快 化学工业可称为装置工业,设备分为通用设备和专用设备,标准设备和非标准设备。由于数千万个品种,生产工艺流程不尽相同,往往专用设备多于通用设备,非标准设备多于标准设备,因此建厂投资中,设备投资大,而且设备寿命短,设备技术进步快。

(3) 知识技术密集,投资和资金密集 产品的更新,技术的进步,需要先进的测试仪表和高科技含量的技术,许多开发的技术具有知识产权,而研究开发的经费投资较高,往往一个开发研究要投入较多的技术人员协作攻关,经过数年才能突破。当市场上有某种化工产品时,就同时必须研究第二代更新换代产品和第三代技术储备,才能应对不断更新的市场。

(4) 能量消耗密集和物质消耗密集 化工生产,尤其是基本原料化工的生产,消耗较多的自然原料或经过初加工的原料材料,许多化工产品消耗较多的能量,因此研究节能、降耗是创造更大效益的重要环节。

(5) 有一定的规模效益 化工产品的设备和原材料在成本中占的比例大,而劳动力费用占成本费一般不到10%,装置能力增加的倍数小于投资增加的倍数,存在规模效益。许多基本化工均朝大型化方向发展。

(6) 环境保护和防治要求及自动控制条件比较严格 化工生产中往往存在着有毒、有害和易燃、易爆、腐蚀或有不愉快气味或各种刺激性的原材料、辅助材料、产品、副产品和中间体等,要求连续化生产不排放或少排放有害环境的物质。在治理环境、处理“三废”时,化工生产又可以获得变废物为有用的副产物,充分利用资源。所以化工企业是环境保护和治理的重点企业。

三、“化工生产技术”的主要内容

化工生产技术本质上是研究化工产品生产的“技术”、“过程”和“方法”的学科,是用先进的和经济的技术、过程和方法生产出合乎质量要求的产品的技术。概括起来化工生产技术研究的主要内容包括三个方面:即生产的工艺流程;生产的工艺操作控制条件和技术管理控制;化工三废治理和安全、环保措施。

化工产品生产技术必然要有一个合理的、先进的、经济上有利的“工艺流程”,这个流程要保证从原料进入流程直至产品下线,过程顺畅、经济合理,原料的利用率高,能耗和物耗较少。而这个流程是通过一系列设备和装置体现出来,组成一个有机的流水线,在流水线上设备串联或并联其中。因此,微观上的工艺流程形成了宏观上的硬件设备设施。

化工产品生产技术有了“工艺流程”(宏观上的硬件设备设施——流水线),还要有一套合理的、先进的、经济上有利的“工艺操作控制条件”和“质量保证体系”。包括反应的温度、压力、催化剂、原料和原料准备、投料配比、反应时间、生产周期、分离水平和条件、后处理加工包装等,以及对这些操作参数监控、调节的手段。此即化工生产中的软件控制部分。

当然,在整个生产过程中,要保证安全,即保证人身安全和设备设施的安全运行,遵守卫生标准和要求,在保证先进、合理、经济、安全的同时,要求保护环境、杜绝公害、减少污染,对产生的污染一定要综合治理,这也是化工产品生产技术研究的主要内容。

四、“化工生产技术”的研究方法

化工产品数以百万计,按大的类型来分,也可以分为千百个类型,每个类型中各个产品生产的方法、技术、流程、设备又千差万别,因此,我们不可能去研究、介绍、熟悉每一个产品生产过程,而必须从理论高度解析化工产品的生产过程,这就是“化工生产技术”学科重要的研究方法。

依据上述化工生产技术研究的主要内容,任何一个复杂的化工产品生产过程,我们把它从技术工艺上分为三个部分,第一部分是工艺流程;第二部分是工艺操作参数;第三部分是三废治理。

这三个部分既相对独立,又互相依存,互相联系。工艺流程主要体现出来的是设备或装置的一个流水线,而它的每一个设备,必须有工艺操作参数条件作为它的软件 and 核心。也就是说,生产的工艺操作参数条件是灵魂,而生产的工艺、设备流程是躯壳。三废治理是我们研究灵魂和躯壳时,必须铭记在心的一个“规矩”。有了这一纲领性认识,就有了化工生产技术研究的方法和思路,并可以用来指导实践。

五、“化工生产技术”课程的性质、任务

“化工生产技术”是应用化工技术等化工技术类专业学生的必修课。本教材根据化工生产过程的内在关系、组织特点和工艺规律,阐述化工生产技术的基本知识和基本原理;根据化工过程的特点,选择具有代表性的化工产品,介绍其工艺原理、生产方法、主要工艺条件和典型反应设备的基本结构与操作;重点学习讨论化学反应部分的工艺原理、工艺条件、反应设备的结构特点以及工艺流程等;对于物质和能量的回收及综合利用、环境保护、新工艺、新技术和新方法等,予以适当介绍。

通过本课程的学习,了解化工生产原料及主要化工产品,了解不同类型的化工生产技术的特点;熟悉典型化学品的特性、合成原理和生产方法,理解化工工艺流程、工艺条件对生产的影响、典型化学反应器的基本结构和基本操作方法;掌握化工生产技术的共性,包括基本概念、基本原理和基本工艺计算,具有化工生产的基本技能、分析和处理一般的工艺问题的基本能力。学会如何把一个具有工艺条件的化学反应,通过工艺向工程的飞跃,变成一个由具体生产设备组成的生产流程。

本教材强调理论联系实际,重视化工生产技术基本知识、基本原理和基本技能的培养;重视分析和解决问题能力的培养;注重安全生产意识、经济技术观点、环境生态意识和创新意识的培养;为学生从事化工生产,具备实事求是的科学态度、良好的化工职业素质奠定基础。



思考题与习题

1. 化学工业在国民经济中的地位如何?
2. 在化学工业的发展历史上,中国有哪些创造和贡献?
3. 举例说明化学工业的产品及应用?
4. 按生产原料及产品划分,化学工业分为哪些行业?
5. 进入 21 世纪,化学工业的发展面临哪些机遇和挑战?
6. 现代化学工业有何特点?
7. 什么是化工生产技术?本课程的主要内容与要求是什么?
8. 怎样才能具备较好的化工职业素质?
9. 生物技术、信息技术等高新技术的发展,对化学工业的发展有何促进?

第一章 化工生产过程

知识目标

- 了解化工生产工序及化工生产过程的组成、操作方式;
- 了解化工生产原料路线的选择及原料预处理方案;
- 了解化工反应过程的操作分类;了解产物分离方法及分离方案的选择;
- 理解固体催化剂特性及使用;理解产物分离流程方案的选择;
- 掌握工业生产对催化剂的要求;
- 掌握化工生产过程的组织及化工生产流程方案选择。

能力目标

- 具有初步的化工生产原料路线的选择能力;
- 具有对化工生产过程进行分析评价的初步能力。

第一节 概 述

化工(化学工业)是生产化学产品的工业,简单地讲,就是利用一系列化学反应将自然界存在的天然资源转变成我们所需要的各种各样的新物质的加工过程。在这一加工过程中,原料转化成产品需通过各种设备,经过一系列的化学和物理的加工程序,最终才能转化成合格的产品,此即为化工生产过程(简称化工过程)。因此,化工生产过程是若干个加工程序(简称工序)的有机组合,而每一个加工工序又由若干个(组)设备组合而成。

一、化工生产工序

化工生产是将若干个单元反应过程、若干个化工单元操作,按照一定的规律组成生产系统,这个系统包括化学、物理的加工工序。

化学工序:即以化学的方法改变物料化学性质的过程,也称单元反应过程。化学反应千差万别,按其共同特点和规律可分为若干个单元反应过程。例如:磺化、硝化、氯化、酰化、烷基化、氧化、还原、裂解、缩合、水解等。

物理工序:只改变物料的物理性质而不改变其化学性质的操作过程,也称化工单元操作。例如:流体的输送、传热、蒸馏、蒸发、干燥、结晶、萃取、吸收、吸附、过滤、破碎等加工过程。

二、化工生产过程组成

化工产品种类繁多,性质各异。不同的化学产品,其生产过程不尽相同;同一产品,原料路线

和加工方法不同,其生产过程也不尽相同。但是,一个化工生产过程一般都包括:原料的净化和预处理、化学反应过程、产品的分离与提纯、三废处理及综合利用等。

1. 生产原料的准备(原料工序)

包括反应所需的各种原、辅料的贮存、净化、干燥、加压和配制等操作。

2. 反应过程(反应工序)

以化学反应为主,同时还包括反应条件的准备,如原料的混合、预热、汽化,产物的冷凝或冷却以及输送等操作。

3. 产品的分离与提纯(分离工序)

反应后的物料是由主、副产物和未反应的原料形成的混合物,该工序是将未反应的原料、溶剂、主、副产物分离,对目的产物进行提纯精制。

4. 综合利用(回收工序)

对反应生成的副产物、未反应的原料、溶剂、催化剂等进行分离提纯、精制处理以利回收使用。

5. 三废处理(辅助工序)

化工生产过程中产生的废气、废水和废渣的处理,废热的回收利用等。

化工生产过程的组成如图 1-1 所示。

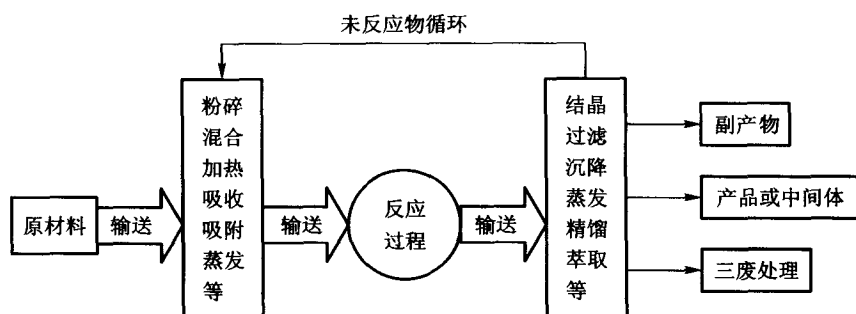


图 1-1 化工生产过程的组成

为保证化工生产的正常运行,还需要动力供给、机械维修、仪器仪表、分析检验、安全和环境保护、管理等保障和辅助系统。

第二节 化工生产原料准备过程

生产化工产品的起始物料称为化工原料。化工原料的共同特点,就是原料的部分原子必须进入到化工产品当中。一种原料经过不同的化学反应可以得到不同的产品;不同的原料经过不同的化学反应也可以得到同一种产品。这一点决定了化学工业的丰富多彩和强大的生命力。原料在化工产品生产中是牵一发而动全身的一环,在产品生产成本中原料费所占的比例很高,有时高达 60%~70%。

一、化工原料及产品

(一) 化工原料

1. 化工基础原料

基础原料是指用来加工化工基本原料和产品的天然资源。通常是指石油、天然气、煤和生物质以及空气、水、盐、矿物质和金属矿等自然资源。

这些天然资源来源丰富,价格低廉,但经过一系列化学加工以后,就可得到很多、很有价值的、更方便利用的化工基本原料和化工产品。

石油、天然气、煤都是矿物能源,对化学工业有双重意义,既是原料,又是能源。

现代化学工业发展初期,基础原料以煤为基础,第二次世界大战结束后,科学技术得到了空前的发展,化学反应技术也得到了很大的发展,自 20 世纪 50 年代中期以来,石油和天然气逐渐取代了煤,成为化学工业的主要基础原料。

但随着人类技术的进步和生活水平的提高,人类对于自然的开采也日益无节制,到 20 世纪 90 年代,资源的枯竭问题已经成为威胁人类发展的重要问题,可持续发展成为 21 世纪人类发展的必由之路,化学工业也同样面临着一次新的革命,那就是如何利用有限的资源创造出更多的产品,为推动人类发展做出更多的贡献。



想一想

在人类可持续发展中,化学工业面临的挑战和机遇

2. 化工基本原料

基本原料是指自然界不存在,需经一定加工得到的原料。通常是指低碳原子的烷烃、烯烃、炔烃、芳香烃和合成气、三酸(盐酸、硫酸、硝酸)、二碱(氢氧化钠、碳酸钠)、无机盐等。如常用的乙烯、丙烯、丁烯、丁二烯、苯、甲苯、二甲苯、乙炔、甲烷、一氧化碳、氢气、氯气、氨气等。这些基本原料都是通过石油、天然气、煤等基础原料经过一定的途径生产而来。

由化工基本原料出发,可以合成一系列化工中间产品和最终产品。



查一查

石油、天然气、煤的用途和化工利用途径以及它们在现代人类生活中的重要性

3. 辅助材料

在化工企业生产中,除必须消耗原料来生产目的产品外,还要消耗一些辅助材料,通常我们将这些材料与原料一起统称为原材料。辅助材料是相对于原料而言的,它是反应过程中辅助原料的成分,可能在反应过程中进入产品,也可能不进入产品中,这是和原料的最本质区别。化工生产中常用的辅助材料有助剂、添加剂、溶剂、催化剂等。

(二) 化工产品

1. 化工产品概念

原料经过化学变化和一系列加工过程所得到的目的产物称为化工产品。化工产品中一般都含有原料中的部分原子。一种物质是化工原料还是化工产品不是绝对的,要根据实际生产过程

的需要具体确定。有时是原料,有时又是产品。

化工生产过程中所得到的目的产物在很多情况下是作为下一道工序的原料,我们把这种产物称为中间产品。中间产品一般不能直接应用,需经过进一步加工才能变成可直接利用的产品。化工企业所生产的产品,大多属于中间产品。

一套生产装置在生产过程中可以同时得到两种或两种以上的目的产物,我们将这两种或两种以上的目的产物互称为联产品。

由于化学反应的多样性和复杂性,一个化工生产过程在得到目的产物的同时,往往会伴随着生成几种非目的产物,即副产物。将这些副产物进行回收,提供给其他生产过程或部门,我们称这样的产品为化工副产品。化工生产过程中副产物非常多而且复杂,如何进行有效回收,是降低产品成本和减少环境污染非常重要的问题,必须引起我们的重视。



观察与思考

看一看国民经济各个部门的发展,看一看人们的吃、穿、住、行,你能感受到化学化工的重要性吗?

2. 化工生产主要产品

化工产品是原料经化学反应转变而来,化学反应的多样性,决定了化工产品的多样性。化工产品种类繁多,这里根据化工产品的类属给出化工生产的主要产品。

(1) 无机化工主要产品 无机酸主要有硫酸、硝酸、盐酸等;常用碱类主要有“两碱(纯碱、烧碱)”;化学肥料,主要有氮肥、磷肥、钾肥和复混肥等;即“三酸、两碱”与化学肥料。

无机盐种类很多,主要有碳酸钙、硫酸铝、硝酸锌、硅酸钠、高氯酸钾、重铬酸钾等。

工业气体包括氧、氮、氢、氯、氨、氩、一氧化碳、二氧化碳、二氧化硫等。

元素化合物主要有氧化物、过氧化物、卤化物、硫化物、碳化物、氰化物等;单质主要有氧、硅、铝、铁、钾、钠、镁、磷、氟、溴、碘等。

(2) 基本有机化工主要产品 以碳氢化合物及其衍生物为主的通用型化工产品,如乙烯、丙烯、丁二烯、苯、甲苯、二甲苯、乙炔、萘(即“三烯、三苯、乙炔、萘”)、合成气等。这些产品是以石油、煤、天然气等为原料,经过初步化学加工制造的有机化工基本产品。由这些基本产品出发,经过进一步的化学加工,可生产出种类繁多、品种各异、用途广泛的有机化工产品。例如,醇、酚、醚、醛、酮、酸、酯、酐、酰胺、腈以及胺等重要的基本有机化工产品。

基本有机化工产品主要用于生产制造塑料、合成橡胶、合成纤维、涂料、黏合剂、精细化工产品及其中间体的原料,也可以直接作为溶剂、吸收剂、萃取剂、冷冻剂、麻醉剂、消毒剂等。基本有机化工产品的用量和生产能力都很大。例如乙烯,2000年中国年产量达470.0万t,消费量为1115.0万t。

(3) 高分子化工主要产品 高分子化工产品是通过聚合反应获得的相对分子质量高达 $10^4 \sim 10^6$ 的高分子化合物。按用途分,高分子化工产品有塑料、合成橡胶以及橡胶制品、合成纤维、涂料和黏合剂等;按功能分,有通用、特种高分子化工产品。

通用高分子化工产品产量较大、应用广泛,如聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、涤纶、腈纶、锦纶,丁苯橡胶、顺丁橡胶、异戊橡胶、乙丙橡胶等。