

中等职业学校教材

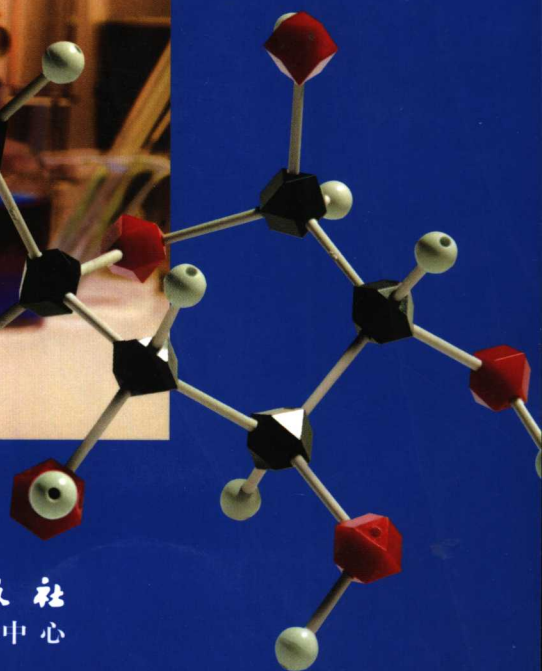
基本有机化工 生产及工艺

第二版

陈性永 刘健 编
赵伟 主审



化学工业出版社
职业教育教材出版中心



中等职业学校教材

基本有机化工生产及工艺

第二版

陈性永 刘 健 编
赵 伟 主审



化学工业出版社
职业教育教材出版中心

· 北京 ·

全书包括绪论,从煤获取基本有机原料、乙炔系主要合成产品,从石油加工获取烃类,经裂解与分离获得乙烯、丙烯等乙烯系主要合成产品、丙烯系主要合成产品、碳四主要合成产品、芳烃系主要合成产品,以及化工生产中主要反应器,工业催化剂与生产过程中常用技术经济指标的计算和化工生产中的污染与防治等十三章。书中阐述了基本有机化工与国民经济部门的密切联系,基本有机化工的原料来源和利用,主要化工产品的性能、用途、工业生产方法、影响因素、工艺流程、生产中不正常现象发生原因与处理方法、化工生产中技术经济指标的计算,以及某些典型产品的生产安全技术和操作技能训练要求等。每章后均附有复习思考题,实用性强,突出反映了技工教育的特点。

本书适用于中等职业学校有机化工专业、石油化工专业教材、相关化工厂在职工工人的培训教材,亦可作为高职高专院校有机、石油化工专业的实习教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

基本有机化工生产及工艺/陈性永,刘健编. —2版.
北京:化学工业出版社,2006.4
中等职业学校教材
ISBN 7-5025-8088-3

I. 基… II. ①陈…②刘… III. 有机化工-生产
工艺-专业学校-教材 IV. TQ206

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第040752号

中等职业学校教材
基本有机化工生产及工艺

第二版

陈性永 刘健 编

赵伟 主审

责任编辑:蔡洪伟 陈有华

责任校对:顾淑云

封面设计:胡艳玮

*

化学工业出版社 出版发行
职业教育教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

http://www.cip.com.cn

*

新华书店北京发行所经销
化学工业出版社印刷厂印装

开本787mm×1092mm 1/16 印张20 字数496千字

2006年6月第2版 2006年6月北京第12次印刷

ISBN 7-5025-8088-3

定价:29.00元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

1985年出版的《基本有机化工生产及工艺》至今已二十多年了。在这期间，我国基本有机化工工业和石油化学工业发展迅速，为我国经济建设的发展做出了巨大的贡献。但在二十年的教学改革实践中，深感教材的内容不能适应生产发展的需要，需对该教材进行修订。

本教材是根据化工工种《教学计划》（修订）和本学科《教学大纲》要求进行修编的，保留了教材中适用于现代工业的生产工艺及其内容，增添了煤的化工利用和石油加工的生产工艺，充实了原教材中部分工艺的内容，删除了陈旧且有污染的生产工艺，使教材内容更切合当前的生产实际。

为突出中等职业教育特点，加强学生能力的培养，在教材的每章后编有复习思考题。在生产工艺中编有操作中不正常现象及产生原因与处理方法。还编了部分工艺的操作训练等内容。从而使教材更具有适用性和可接受性。教材中所用计量单位，均符合最新标准要求。

基本有机化工产品种类繁多，本书较全面地介绍了各种化工产品的合成路线和生产方法，因此，各校在保证教学基本要求的原则下，可选择适宜的内容进行授课，以适应各地区工业生产的需要。

教材在使用过程中，编者收集了原教材编审学校和教材使用学校对教材的使用意见。在本次修订中，也得到吉林化工技工学校 and 有关的化工集团公司的热情支持与协助，在此，谨向他们表示衷心的感谢。

本教材由陈性永、刘健合作修订，陈性永统稿，吉林化工技工学校赵伟负责审稿。由于时间仓促，不当之处，敬请广大读者批评指正。

编者
2006年1月于吉林

目 录

第一章 绪论	1
第一节 概述	1
一、有机化学工业与有机化工生产工艺课程	1
二、有机化工产品的分类	1
三、有机化工生产的特点	2
四、有机化学工业在国民经济中的作用	5
五、我国有机化学工业的发展概况	5
第二节 化工生产工艺中的有关基本概念	6
一、化工原料和化工成品、半成品与副产品	6
二、催化剂	7
三、化工生产中开、停车的一般要求	12
复习思考题	15
第二章 煤的化工利用	17
第一节 煤的焦化	17
一、高温焦化	17
二、低温干馏	18
第二节 煤的气化	19
一、固定床间歇气化法制水煤气	19
二、沸腾床气化法制取水煤气	23
第三节 电石的生产	25
一、反应原理	25
二、工艺流程	26
三、电石的性质及其用途	26
复习思考题	26
第三章 石油加工	28
第一节 石油的化学组成	28
一、石油的一般物理性质	28
二、石油的化学组成	28
三、石油中的非烃化合物	30
第二节 常减压蒸馏	32
一、原油的预处理	32
二、常减压蒸馏工艺流程	34
三、影响常减压蒸馏操作的主要因素	35
四、常减压蒸馏装置主要工艺指标的控制	36
第三节 催化裂化	37
一、催化裂化在炼油工业中的作用及其主要特点	37

二、催化裂化的化学反应原理	38
三、催化裂化装置的主要设备	40
四、催化裂化的工艺流程	42
五、影响催化裂化反应的因素	43
六、两器（反应器、再生器）的正常操作与不正常操作	44
复习思考题	45
第四章 烃类裂解生产乙烯和丙烯	47
第一节 乙烯、丙烯的性质及其用途	47
一、物理性质	47
二、化学性质	47
三、用途	48
第二节 烃类裂解过程的化学反应	48
一、烃类裂解的一次反应	48
二、烃类裂解的二次反应	50
三、烃类裂解反应的特点	51
第三节 裂解过程的影响因素	51
一、裂解温度和停留时间	51
二、裂解反应的压力和稀释剂	53
第四节 倒梯台裂解炉生产乙烯和丙烯	55
一、倒梯台下吹式裂解炉结构的特点	55
二、生产工艺流程	56
三、裂解炉的结焦与清焦	59
四、烃类裂解中不正常现象产生的原因与处理方法	60
第五节 裂解气的分离	61
一、裂解气的组成及分离方法简介	61
二、裂解气分离前的预处理	62
三、制冷	72
四、深冷分离	75
五、脱甲烷过程	81
六、乙烯和丙烯的精馏	86
七、裂解气净化与分离操作中的不正常现象及产生原因	89
复习思考题	89
第五章 丁二烯的生产	91
第一节 丁二烯的性质及其用途	91
一、物理性质	91
二、化学性质	91
三、用途	92
第二节 丁二烯的生产方法	93
一、由乙醇生产丁二烯	93
二、丁烯氧化脱氢制丁二烯	93
三、C ₄ 抽提丁二烯	93

第三节 乙腈法 C_4 抽提丁二烯	93
一、 C_4 馏分的组成及利用	93
二、乙腈法 C_4 抽提丁二烯	94
第四节 二甲基甲酰胺法抽提丁二烯	98
第五节 丁烯氧化脱氢生产丁二烯	100
一、反应原理	100
二、影响因素	101
三、工艺过程	102
复习思考题	104
第六章 石油芳烃	106
第一节 芳烃的来源及用途	106
第二节 石油芳烃的制备	106
一、催化重整法	106
二、裂解汽油加氢法	109
第三节 芳烃的分离	112
一、芳烃的抽提过程	112
二、环丁砜溶剂抽提芳烃	113
第四节 对二甲苯的制备	117
一、甲苯歧化制苯与二甲苯	117
二、 C_8 混合芳烃的异构化	119
三、 C_8 混合芳烃的分离	121
四、制取对二甲苯的总流程	123
复习思考题	124
第七章 乙炔的生产	125
第一节 乙炔的性质及用途	125
一、物理性质	125
二、化学性质	126
三、乙炔的用途	126
第二节 电石法生产乙炔	126
一、乙炔生产的基本原理	126
二、影响因素	128
三、生产乙炔的反应设备及工艺流程(湿法)	129
四、操作技能训练	133
第三节 天然气(甲烷)部分氧化裂解生产乙炔	137
一、反应原理	137
二、反应设备	137
三、气体的分离	138
复习思考题	138
第八章 反应器、化工基本计算	140
第一节 化工生产中的反应器	140
一、化工生产对反应设备的基本要求	140

二、反应器的分类	140
三、反应器类型的介绍	141
第二节 技术经济指标的计算	145
一、转化率、产率和收率	145
二、空间速率、接触时间和消耗定额	149
第三节 化工过程的物料与热量衡算	150
一、物料衡算	150
二、热量衡算	159
复习思考题	163
第九章 甲醇、甲醛的生产	165
第一节 甲醇的生产	165
一、甲醇的性质及其用途	165
二、甲醇的工业生产方法	165
三、一氧化碳和氢合成甲醇	166
四、合成甲醇的主要设备	171
五、安全与储存	173
第二节 甲醛的生产	173
一、甲醛的性质及用途	173
二、甲醛的生产方法简介	174
三、甲醇氧化生产甲醛	175
四、甲醇氧化生产甲醛中的异常现象及处理方法	177
复习思考题	178
第十章 乙烯系产品	180
第一节 乙醇的生产	180
一、乙醇的性质及用途	180
二、乙烯气相直接水合生产乙醇	181
三、生产中不正常现象产生的原因及处理方法	187
第二节 乙醛的生产	189
一、乙醛的性质及用途	189
二、乙醛的生产方法	189
三、乙烯液相氧化法制乙醛	190
四、生产中不正常现象发生的原因及处理方法	194
第三节 乙酸的生产	197
一、乙酸的性质及用途	197
二、乙酸的生产方法	197
三、乙醛氧化生产乙酸	198
四、生产中不正常现象产生的原因及处理方法	203
第四节 乙酸酐的生产	205
一、乙酸酐的性质及用途	205
二、乙酸酐的生产方法	206
三、乙酸裂化生产乙酸酐	207

四、稀乙酸的浓缩	214
第五节 氯乙烯的生产	217
一、氯乙烯的性质及用途	217
二、乙烯法(二氯乙烷法)生产氯乙烯	218
三、乙烯氧氯化法生产氯乙烯	222
第六节 环氧乙烷的生产	226
一、环氧乙烷的性质及用途	226
二、乙烯空气氧化法生产环氧乙烷	228
三、生产中不正常现象的发生原因及处理方法	233
四、环氧乙烷生产的安全技术	234
第七节 乙二醇的生产	235
一、乙二醇的性质及用途	235
二、环氧乙烷水合法生产乙二醇	236
三、生产中不正常现象的发生原因及处理方法	239
复习思考题	241
第十一章 丙烯系产品	243
第一节 丙烯腈的生产	243
一、丙烯腈的性质及用途	243
二、丙烯腈的工业生产方法	244
三、丙烯氨氧化法生产丙烯腈	245
第二节 苯酚、丙酮和异丙苯的生产	251
一、苯酚和丙酮的生产	251
二、异丙苯的生产	253
三、由异丙苯合成苯酚和丙酮	256
第三节 丁辛醇的生产	261
一、丁辛醇的性质及其用途	261
二、丁醇和辛醇的生产方法	261
三、高压羰基合成醇	262
四、低压法羰基合成醇	274
复习思考题	278
第十二章 芳烃产品	280
第一节 苯烷基化生产乙苯	281
一、乙苯的性质和用途	281
二、反应原理	282
三、影响因素	282
四、生产流程	283
五、生产中不正常现象发生的原因及处理方法	284
六、从混合二甲苯(C ₈ 馏分)中分离乙苯	285
第二节 乙苯脱氢生产苯乙烯	286
一、苯乙烯的性质和用途	286
二、反应原理	286

三、影响乙苯脱氢的因素	286
四、生产流程	288
五、生产中不正常现象发生的原因及处理方法	289
六、生产苯乙烯的其他方法简介	290
第三节 邻苯二甲酸酐的生产	291
一、邻苯二甲酸酐的性质及用途	291
二、萘氧化制邻苯二甲酸酐	292
三、邻二甲苯氧化制邻苯二甲酸酐	296
第四节 苯胺的生产	298
一、苯胺的性质及用途	298
二、硝基苯氢气还原法生产苯胺简介	298
复习思考题	299
第十三章 化工生产中的污染与防治	301
第一节 化工生产中三废处理的重要意义	301
一、环境保护的重要意义	301
二、污染物的来源	303
第二节 防治污染的主要措施	304
一、工艺改革	304
二、采用闭路循环	304
三、综合利用	305
第三节 污染物的处理方法	305
一、生化法处理废水	305
二、废气的处理简介	309
复习思考题	310

第一章 绪 论

第一节 概 述

一、有机化学工业与有机化工生产工艺课程

有机化学工业是一门用合成的方法生产有机化学产品的工业。随着工业生产和科学技术的发展,有机化工产品的种类和产量与日俱增,而各项事业的发展,对这些产品的需要量也越来越多。因此,有机化学工业就不得不分出许多部门和分支,按产品性能可分为以下几个门类。

① 为生产其他有机化学产品提供原料的基本有机化学工业。

② 生产合成树脂及塑料、合成纤维、合成橡胶的高分子化学工业。

③ 生产合成染料、医药、农药、香料、专门助剂、洗涤剂、添加剂等精细有机化学品的精细有机化学工业。

当然,还可以分得更细。

基本有机化学工业是用有机合成的方法,生产乙烯、丙烯、丁二烯、苯、甲苯、二甲苯、乙炔和萘以及其他有机原料的工业。由于它生产的产品主要是供其他工业部门作为原料,而且所需的数量又非常大,所以,又称为重有机合成工业。这个工业部门的最原始的原料是煤、石油和天然气,还有产量较大的农、林副产品等,这些都是发展基本有机化学工业的资源基础。

《基本有机化工生产及工艺》,是讲述基本有机化工产品生产过程的一门课程。根据教学特点,本课程主要讲述有机化工产品的生产原理、工艺影响因素、主要反应设备的结构、生产工艺流程以及生产操作中异常现象的发生原因与处理方法,也讲述一些生产中的一般化工计算知识。

二、有机化工产品的分类

有机化工的特点,是它的范围广,产品的品种很多,许多重点产品都可以由不同的原料来制取,即使用同种原料,也会有好几种不同的生产方法。因此,各种产品之间的关系错综复杂,难以严格分类,如果从产品在生产过程中的作用和国民经济中的地位来看,大体可以分为以下四类。

1. 最基本的有机原料

这一类产品最重要的有乙烯、丙烯、丁二烯、乙炔、苯、甲苯、二甲苯、萘等八种,即所谓“三烯、三苯、一炔、一萘”,它们是从天然资源开始,经过一次或几次化学加工,再经过适当的方法处理制得。例如石油经裂解分离获得烯烃;煤经干馏得到煤焦油、粗苯等,再从粗苯中分离出芳烃。这一类产品是有机化学工业的基础,也是制取各种有机化工产品的最基本的起始原料。

2. 重要的有机原料

一些重要的有机原料可利用最基本的有机原料,经过进一步的化学加工而获得。例如,利用石油裂解气中的乙烯和丙烯来合成乙醇和丙烯腈,利用煤焦油和粗苯中的对二甲苯,制

取合成纤维的单体对苯二甲酸等。这类产品主要有甲醇、乙醇、乙二醇、甘油、甲醛、乙酸、乙醚、丙酮、邻苯二甲酸酐、苯乙烯、苯酚、丙烯腈、氯乙烯等几十种。在这类产品中，有些本身就可作为产品，具有独立的用途，如当作溶剂、萃取剂、解冻剂等；而大部分则作为生产“三大合成”材料（塑料、橡胶、纤维）的原料。也就是说，这类产品是合成第三类、第四类产品的原料。

3. 助剂、辅助材料和专用中间体

它们包括增塑剂、表面活性剂、燃料抗振剂、橡胶配合剂（如促进剂、防老剂、软化剂等）和印染行业所用的各种助剂，以及合成医药、农药、染料、炸药等产品的专用中间体。这类产品的特点是化学结构复杂，品种也较多。

4. 有机化工产品

它们包括合成橡胶、合成塑料、合成纤维以及各种农药、医药、染料、涂料、香料、炸药等。这类产品种类繁多，是与广大消费者直接相关的。

以上四类产品相互间的关系，我们可以作一个形象的比喻，天然资源好比是肥沃土壤，有机化学工业好比是一棵果树，第一类产品好比这棵果树的根基，第二类产品好比树干，第三类和第四类产品好比这棵果树的树杈和果实。要使树叶茂盛，果实丰硕，必须使根基深固，主干茁壮。可见发展基本有机原料工业是首要的任务。为了更明确这种重要性，下面用图 1-1、图 1-2 和图 1-3 来说明最基本的有机原料的制造工业与其他有机化工产品之间的关系。

三、有机化工生产的特点

有机化学工业为什么发展得如此迅速？有机化工产品又为何几乎涉及国民经济的各个部门？这些都是和原料资源及它的生产特点分不开的。

1. 原料来源丰富，生产路线多

我国有着丰富的煤、石油和天然气资源。继大庆油田之后，又在东北、西北、西南、华东、中南及沿海大陆架，相继发现和开发了许多油田。天然气资源也相当丰富。煤产量已进入世界先进行列。因此，将煤、石油和天然气作为化工原料，潜力是很大的。

生产路线多，即可以用不同的原料以不同的生产方法获得同一产品。如乙烯，以前用乙醇脱水制取，现在则是从石油裂解气中取得。目前，由于乙烯来源丰富，工业上已用乙烯水合制取乙醇了。又如丁二烯的生产，可以用六种原料（乙醇、乙烯、丙烯、丁烷、丁烯和石油裂解气）采用九种不同的生产方法制得。这些生产方法所用的原料、设备及操作条件都不同。所以，各厂可以根据资源情况，以及生产技术水平、设备条件，采用不同的生产技术路线，并尽量采用最新的工艺、最新的技术和最简化的流程来生产。

2. 有联产品和副产品产生，综合利用率高

例如，在粗汽油裂解制取乙烯的同时，还可以回收大量的有用副产品丙烯、丁二烯和芳烃等，并可以进行全面的综合利用。又如，把天然气经过催化转化可制成合成气，或用部分燃烧法制取乙炔时，可以综合利用副产气来生产合成氨等。

3. 技术水平高，集中采用了近代的许多科学技术

① 生产过程中所进行的化学反应，通常在有催化剂存在的条件下，在气相或液相中进行，如加氢脱氢、水合脱水、卤化与卤化氢加成、硝化等。催化剂性能的优劣，对产品的产量和质量影响很大，所以要求催化剂活性高，寿命长，选择性好，并且耐磨损。

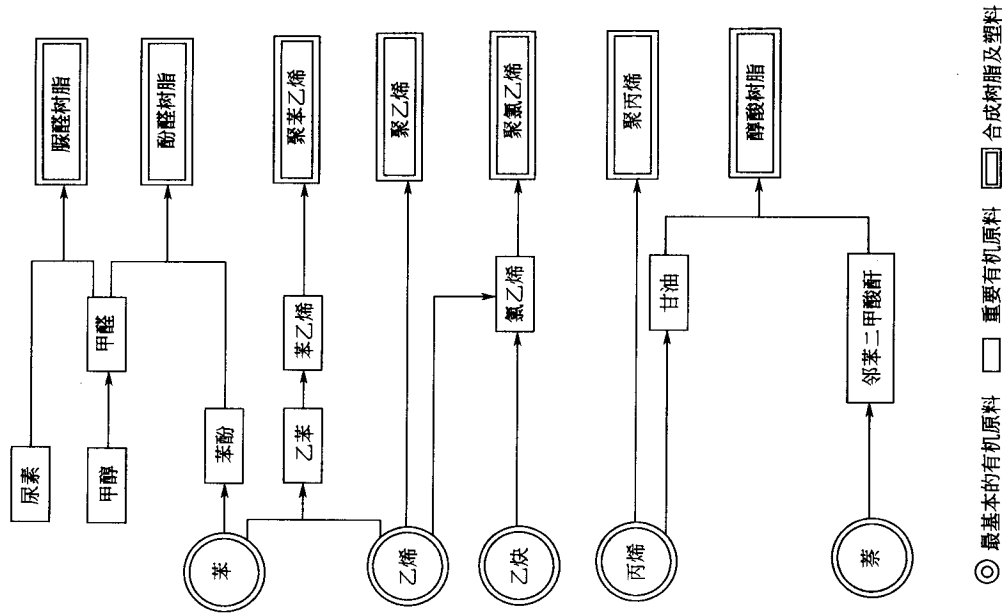


图 1-2 主要合成树脂及塑料的原料示意图

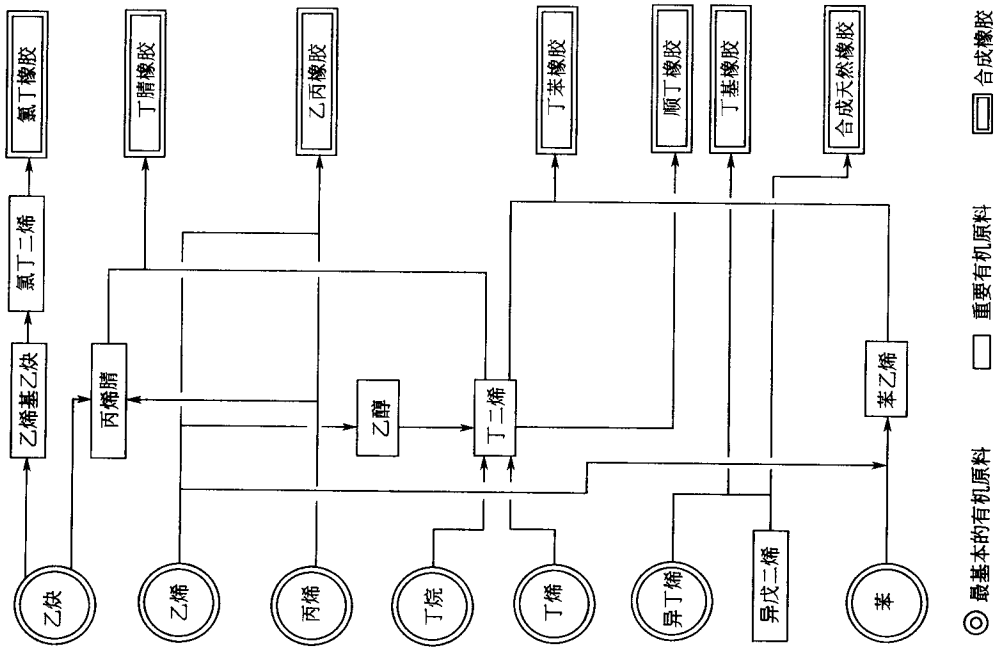


图 1-1 主要合成橡胶的原料示意图

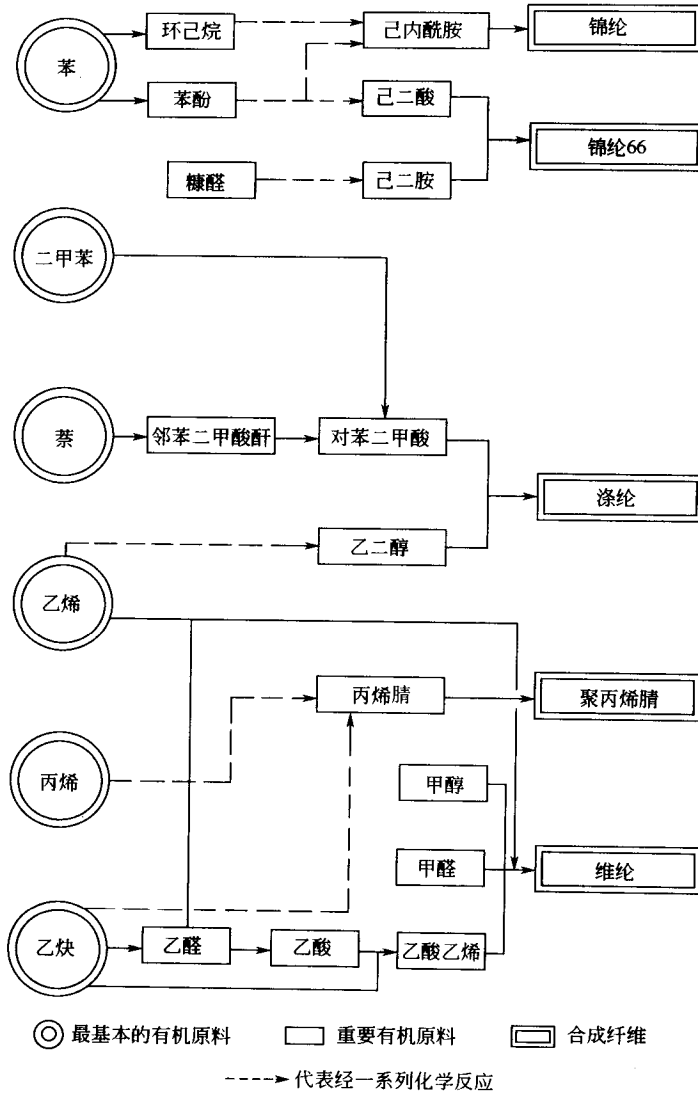


图 1-3 主要合成纤维的原料示意图

② 许多化工操作是在高温或低温、高压或负压下进行的。例如石油气裂解为乙烯与丙烯时，操作温度 1073~1123K；裂解气的分离却是在 173K 的低温和几兆帕的压力下进行；由异丙苯制苯酚和丙酮则是在负压下进行。高温或深冷都会引起金属材料机械性能的变化。因此，工艺上要求提供优质的耐高温或耐低温的合金钢材。

③ 很多原料对普通钢材具有腐蚀性。如有机酸或无机酸、碱、盐的溶液以及福尔马林、高压氢气等。为了防止化学腐蚀，工厂采用合金钢或合成材料（如工程塑料）制造设备，或在普通钢材表面采取防腐措施，例如涂耐酸搪瓷、衬塑料、橡胶等，用来保护设备，以防腐蝕。

④ 在生产中，由于化学反应复杂，除获得主要产品外，还会得到不少副产物，而高分子合成材料的生产，对聚合级原料单体的纯度要求较高，必须采用分离新技术，如萃取、共沸蒸馏、超吸附等特殊分离技术，才能把沸点相接近的组分进行分离，得到符合标准的产品。

⑤ 由于生产连续化程度高，生产工艺条件要求严格，同时生产中经常处理有毒、易燃、

易爆、有腐蚀性的物料，靠手工操作很难实现安全、文明的生产，必须采取严格的安全措施，借助于现代化仪表及自动化操作和控制，大大提高了生产的操作水平，减少或避免意外事故的发生，创造了一个文明、安全的生产环境，保证安全生产和产品质量的稳定。

四、有机化学工业在国民经济中的作用

有机化学工业是我国国民经济的重要基础工业。与农业、轻纺、交通、能源、电机、建筑、电讯和国防等工业有着密切的关系。它的显著特点是多行业、多品种、数量大、应用范围广、配套性强，对国民经济的发展和人民生活的改善起着十分重要的作用。

1. 为农业现代化提供了物质条件

有机化学工业的许多产品不仅为农业现代化提供橡胶和塑料等合成材料，而且还为农业的高产丰收提供农用薄膜、化肥、杀虫剂、除草剂和植物生长调节剂等支农产品，据估算，每年使用化学农药防治病虫害，可增收粮食 150×10^8 kg。有的化工产品可直接替代由农产品经加工而制得的产品，例如，合成酒精替代由粮酿造的酒精，这就大大地节省了粮食，减少食用物资的工业消耗。据估算，每生产 1t 95% 的合成酒精，可节省 4t 玉米或 10t 左右的红薯。发展合成纤维和合成橡胶工业及其所需的原料，既可使人类摆脱单纯地依赖农业来解决穿衣、工业用织物和多类橡胶用品的问题，又可扩大农田面积，为农业增产提供了保证。例如，生产 1×10^4 t 合成纤维，相当于增产 7×10^7 m 棉布，节省 1.675×10^5 m² 耕地生产的棉花。又如，生产 1kt 异戊二烯合成橡胶，相当于节省 2×10^4 m² 的耕地所种植的三百多万棵橡胶树，同时还可节省大量的劳动力。

2. 为冶金、交通、能源、机电、建筑、电讯、国防等各部门提供各种配套的原材料

有机化工产品的种类多、数量大，其中某些产品有其独立用途，如溶剂、萃取剂、增塑剂、抗冻剂等，都是直接地被用于其他部门的有机产品。更重要的是合成材料，它不仅代替了钢材、有色金属、传统的建筑材料、天然橡胶、棉、麻等天然材料，而且在某些性能方面比天然材料更为优越。如 1t 聚甲醛可代替 7t 铜，一辆汽车的部分零件，平均需用 45kg 的塑料，可代替 100 多千克的金属材料；一架喷气式飞机需特种性能橡胶 600kg 以上，而一艘 3.5 万吨级的军舰，需多达 60t 的特种合成橡胶；又如一种特殊性能的新型的酚醛塑料用于制造火箭的锥形头；用不饱和的聚酯塑料可作汽车、游艇的外壳，质轻而又节省了大量钢材。这些合成材料所制成的管、板、棒、设备、容器等，都广泛应用于冶金、交通、能源、机电、建筑、电讯、国防等各部门。

3. 为微电子、信息、生物工程、航天技术等高新产业提供新型化工材料和产品

随着高新技术产业部门的开发与发展，某些有机化工产品，已成为一些高新技术产业部门的特种溶剂、高能燃料和具有特殊性能的合成材料和原材料等。我国自行研制成功的长征二号捆绑型运载火箭和卫星，需化工配套的有化学推进剂、特种胶片、橡胶制品，涂料及高性能复合材料等。

4. 为人们提供大量的生活用品

有机化工产品直接为人们日常的吃、穿、用、住提供许多物品，化学工业的发展，可以使人们的生活变得更加丰富多彩。

五、我国有机化学工业的发展概况

一个工业部门的发展，除具有丰富易得的生产原料外，还应具有生产所需产品的生产技术和配套的生产装置。事实上，我国有机化学工业的发展过程，也就是上述条件不断完善、发展的过程。

早在公元前 2000 年,人们就利用农、林产品生产某些化工原料,如应用粮食、薯类的发酵酿酒。由于耗用大量的粮食,因而受到限制。到 19 世纪中叶,随着钢铁工业的发展,以煤为基础的染料化学工业得到迅速发展,用煤焦油中的芳烃来制取染料、香料和药物等。1895 年,第一个电石厂建成,最初利用电石乙炔气切割和焊接金属,直到 1910 年,发展了乙炔化学工业,利用乙炔生产乙醛、醋酸、丙酮等化工原料及三大合成材料的单体。到 20 世纪 30 年代初,以天然气、石油为原料的石油化学工业开始出现,由于天然气、石油资源丰富,用其生产烯烃、炔烃、芳烃的生产方法远比电石乙炔法简单、先进,且成本较低。因而,到 20 世纪 50 年代初,引起世界各国的普遍关注。

以天然气、石油为化工原料是化学工业的一次技术革命,使化学工业的原料,迅速由无机物、煤炭、农林副产品转向为天然气、石油,同时生产技术也发生了重大改变,如催化技术、分离技术、分析技术以及大型化工程技术等方面的发展,使整个化学工业的生产技术水平得到大幅度的发展。

我国具有丰富的煤炭、天然气和石油等原料资源。为大力发展有机化学工业提供了优厚的条件。然而,解放前,我国丰富的天然资源被外国列强侵占和掠夺,有机化学工业基础十分薄弱,并得不到发展,当时,我国的石油勘探和开发技术也很落后,被称为“贫油”国,连点灯用的煤油也得靠进口,石油化工更是谈不上。解放后,在社会主义革命和建设,煤炭工业和天然气、石油工业都发展得很快,煤的年产量已跃居世界先进行列,煤化工相继在吉林、锦州、太原、南京等地发展起来,为我国化学工业的发展奠定了基础。大庆油田开发后,我国石油工业得到蓬勃的发展,摘掉了“贫油”的帽子,进口“洋油”的时代一去不复返,现在石油产品除满足自给外,还有相当数量出口,以石油加工为龙头,炼油、化工、化纤、化肥相结合的化工生产基地,已建成了 40 多个,其中十多个具有现代化的特大、大型石油化工生产企业,形成了一个较为完整的有机化学工业体系。

第二节 化工生产工艺中的有关基本概念

一、化工原料和化工成品、半成品与副产品

1. 化工原料

化工原料按物质来源可分为无机原料和有机原料。若按生产程序,又可分为起始原料、基本原料和中间原料。起始原料是指人们经过开采、种植、收集等生产劳动而获得的原料。基本原料是从起始原料经过加工制得的原料。中间原料是从基本原料再加工制得的原料。这样的区分不是绝对的,而是相对的。譬如,从矿山中开采出来的煤,可用作燃料,但它又可当作起始原料与石灰在电炉中熔融制得电石,这又是基本原料;而后由电石与水作用得到乙炔,又由乙炔生产乙醛、醋酸、丙酮等中间原料。

(1) 无机原料 起始的无机原料主要是空气、水和化学矿物,通过一系列的工艺过程,制出了作为无机原料的酸、碱、盐和氧化物等四大类产品。这些原料不仅在化工生产中用途很广,而且在其他工业部门的许多生产中,也是离不开的。

酸、碱、盐及氧化物,在某些生产部门是化工原料,但在某些生产部门又是化工产品。

(2) 有机原料 起始的有机原料主要是农、林副产品,以及煤、天然气和石油。在基本有机原料中,主要是烃类,如脂肪烃,脂环烃,芳香烃等。中间有机原料往往是中间体,它们的种类很多,如烃类的含氧化合物(甲醇、乙酸、丙酮等),烃类含氮化合物(苯胺等),烃类的含氯、含氟及含磷的化合物等。

2. 成品、半成品与副产品

(1) 成品 在生产过程中, 为了获得所需的产品, 往往要经过几个生产步骤的处理, 由最后一个生产步骤所获得的产品称为成品。

(2) 半成品 在原料经过几个生产步骤的处理过程中, 其中任一中间步骤所获得的产品, 均称为半成品或中间产品。

(3) 副产品 是指生产过程中附带生产出来的非主要产品称为副产品。副产品与产品是相对的, 主要是根据生产任务来决定的。

二、催化剂

有机化工生产中的反应, 大多是错综复杂的有机化学反应, 其类型多、反应条件要求高, 绝大多数化学反应, 都是在催化剂的作用下进行的。合理地选择、使用催化剂, 对改进工艺流程, 增加生产能力; 降低设备要求, 缓和操作条件; 综合利用资源, 回收利用副产物; 降低生产成本, 改善环境保护等都起到了积极的推进与保证作用。可以说, 没有催化理论, 就没有近代的有机化学工业。

所谓催化剂 (或触媒), 就是在化学反应系统中, 能改变反应速率而本身在反应前后的量和化学性质均不发生变化的一种物质。该物质的这种作用称为催化作用。凡催化作用是加快反应速率的, 称为正催化作用, 降低反应速率的, 称为负催化作用 (或阻化作用)。

在有机化工生产中, 催化反应约占 80%~90%, 根据其反应类型, 可分为催化裂化、催化异构化、催化加氢、催化脱氢、催化脱水, 催化烷基化和催化卤化等。在催化反应中, 反应物多为气相, 催化剂为固相的气-固多相催化过程。

1. 催化剂的性能标志

工业上使用的优良固体催化剂, 一般应具有活性好、稳定性强、选择性高、寿命长、耐毒、耐热、机械强度高, 有合理的流体流动性, 并且原料易得, 制造时有重现性, 毒性小和造价低廉等特点。这些要求彼此间有些是矛盾的, 一般难以完全满足, 但活性、选择性和使用寿命应是考虑的主要方面。

(1) 催化活性 催化剂的活性是指催化剂改变反应速率的能力, 它是与催化剂的化学本性、物理结构等性质相关的, 活性的表示方法一般有以下几种。

① 利用单位面积上反应速率常数来表示活性。多相催化反应是在催化剂表面上进行的, 一般情况下, 催化剂的表面积愈大, 催化剂活性愈高, 促使反应速率加快; 因此, 采用单位面积上的反应速率即比活性来表示活性的大小。

在一定条件下, 比活性与催化剂的化学本性有关, 而与其他物理结构无关, 用它来评价催化剂是比较严格的。

② 利用单位质量或单位体积的催化剂对反应物的转化程度, 即用转化率来表示活性。在一定条件下, 转化率高, 则催化剂活性高, 反之, 则催化剂活性低, 此种表示方法是工业上常用的方法之一, 比较直观, 但不够确切。

③ 利用空时收率来表示催化剂活性。空时收率是指单位时间内, 在单位催化剂 (单位质量或单位体积) 上所得的产品量, 常表示为目的产物千克数/米³ 催化剂·时。即

$$\text{空时收率} = \frac{\text{产品量}}{\text{催化剂容积(或质量)} \times \text{时间}}$$

【例 1-1】 某厂以乙烯直接水合法生产乙醇, 反应器内装有磷酸/硅藻土催化剂 150m³, 2h 后获得产品乙醇 25t, 问该催化剂的空时收率为多少?