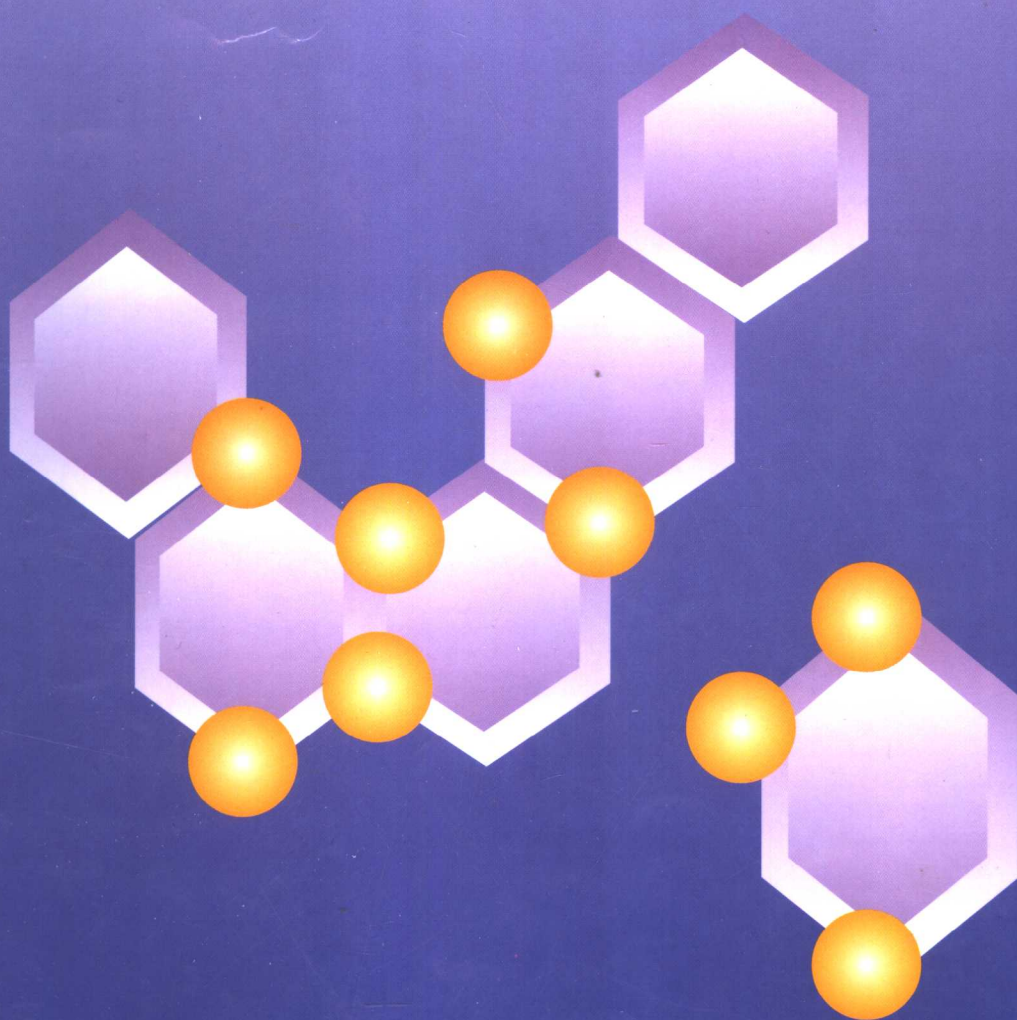




中等专业学校教材

# 基本有机化工工艺学

河北化工学校 谭弘 主编



-43

化学工业出版社

ISBN 7-5025-2016-3



9 787502 520168 >

ISBN 7-5025-2016-3/G·578  
定价：26.00 元



中等专业学校教材

# 基本有机化工工艺学

河北化工学校 谭 弘 主编

化学工业出版社

·北京·

(京)新登字039号

图书在版编目(CIP)数据

基本有机化工工艺学/谭弘主编,一北京:化学工业出版社,1998.5

中等专业学校教材

ISBN 7-5025-2016-3

I.基… II.谭… III.有机化工-工艺学-专业学校-教材 IV.TQ2

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第04198号

---

中等专业学校教材

基本有机化工工艺学

河北化工学校 谭弘 主编

责任编辑:何丽

责任校对:王安达 麻雪丽

封面设计:田彦文

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

发行电话:(010)64982530

<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 18¼ 字数 469千字

1998年5月第1版 2005年4月北京第6次印刷

ISBN 7-5025-2016-3/G·578

定价:26.00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

本书依据全国化工中专教学指导委员会 1996 年 5 月制定的全日制普通化工中等专业学校“基本有机化工工艺学教学大纲”而编写。

本书根据基本有机化学工业的生产特点，按反应类型分章，结合反应阐述有代表性产品的生产工艺，总结归纳重要反应的基本规律。依据反应基本规律，确定同反应类型的其他产品的生产工艺。按照由浅入深、循序渐进的教学原则，先后阐述了催化氧化反应、催化脱氢等反应以及烃类热裂解反应。本书对产率进行了深入地阐述，提出产率实质概念和用于计算产率的反应式写法等，充实了工艺计算内容。本书注意对工艺名词给出规范的定义。

本书绪论、第一、三、五、八、十、十一章和附录由河北化工学校谭弘编写，第二、四、六、七、九章由吉林化工学校尹学贵编写。全书由谭弘主编，由天津化工学校闫友诚主审。本书稿由化工中专教学指导委员会有机化工工艺组在河北化工学校召开审稿会审定，参加审稿的除闫友诚、谭弘、尹学贵外，还有陕西化工学校张毅安，湖南化工学校舒均杰，常州化工学校李跃中，天津化工学校梁凤凯等，与会同志提出了许多宝贵的修改意见，并提供了重要的编写资料。本书在编写和出版过程中得到了河北化工学校的领导、北京市化工学校副校长潘茂椿及有关老师和同志们的大力支持，在此表示衷心的感谢。

限于编者水平，书中难免存在缺点和不妥之处，深切希望使用本书的教师及广大读者批评指正。

**编 者**

**邮编：050031**

**地址：石家庄跃进路 120 号**

**1997 年 7 月**

# 目 录

<b>绪论</b> .....	1
一、基本有机化工与有机化工.....	1
二、基本有机化工在国民经济中的作用.....	1
三、基本有机化工的发展概况.....	1
四、基本有机化工的生产特点.....	2
五、基本有机化工工艺学的性质、任务、要求和学习方法.....	3
复习思考题.....	4
<b>第一章 化工生产过程中的常用指标与催化剂</b> .....	5
第一节 化工生产过程中的常用指标.....	5
一、转化率、产率和收率.....	5
二、消耗定额.....	9
三、空间速度和接触时间.....	10
第二节 催化剂.....	11
一、催化剂的基本特性.....	12
二、催化剂的活性、选择性和作用.....	13
三、催化剂的组成.....	14
四、固体催化剂的物理性能.....	17
五、固体催化剂的制备方法.....	19
六、催化剂的活化、使用和再生.....	21
七、对工业催化剂的要求.....	23
复习思考题.....	24
习题.....	24
<b>第二章 基本有机化工原料</b> .....	25
第一节 煤及其化工利用.....	25
一、煤的干馏.....	25
二、煤的气化.....	27
三、电石生产乙炔.....	29
第二节 天然气及其化工利用.....	36
一、天然气的组成和分类.....	36
二、天然气裂解制乙炔.....	36
三、天然气转化制合成气.....	37
第三节 石油及其化工利用.....	39
一、石油的组成和分类.....	39
二、石油常减压蒸馏.....	40
三、催化裂化.....	41

四、催化加氢 .....	42
五、催化重整 .....	43
六、从石油获取基本有机产品的途径 .....	44
第四节 生物质及其化工利用 .....	48
一、生物质概述 .....	48
二、糠醛的生产 .....	49
三、癸二酸的生产 .....	53
第五节 基本有机化工的主要产品 .....	54
一、碳一系统产品 .....	54
二、乙烯系统产品 .....	56
三、丙烯系统产品 .....	56
四、碳四系统产品 .....	57
五、芳烃系统产品 .....	57
六、乙炔系统产品 .....	58
复习思考题 .....	58
习题 .....	59
<b>第三章 催化氧化</b> .....	60
第一节 氧化反应的类型和氧化剂 .....	60
一、氧化反应的类型 .....	60
二、氧化剂 .....	61
第二节 乙烯环氧化生产环氧乙烷 .....	61
一、反应原理 .....	62
二、催化剂和反应机理 .....	64
三、工艺条件 .....	65
四、反应设备 .....	67
五、工艺流程 .....	68
六、工艺计算 .....	71
七、环氧乙烷生产中的安全技术 .....	71
八、化工工艺流程的组织原则 .....	72
九、氧化反应的一般规律 .....	74
第三节 乙醛氧化生产醋酸 .....	75
一、反应原理 .....	77
二、催化剂和反应机理 .....	77
三、工艺条件 .....	78
四、反应器 .....	79
五、工艺流程 .....	81
第四节 甲醇氧化生产甲醛 .....	83
一、反应原理 .....	84
二、工艺条件 .....	84
三、反应设备 .....	85

四、工艺流程 .....	86
五、工艺计算 .....	86
第五节 邻苯二甲酸酐的生产 .....	87
一、萘氧化生产苯酐 .....	88
二、邻二甲苯氧化生产邻苯二甲酸酐 .....	92
第六节 丁烷氧化生产顺丁烯二酸酐 .....	94
一、反应原理 .....	94
二、工艺条件 .....	95
三、工艺流程 .....	95
第七节 乙烯络合氧化生产乙醛 .....	96
一、反应原理 .....	96
二、工艺条件 .....	98
三、反应器与除沫器 .....	99
四、工艺流程 .....	99
第八节 乙烯与醋酸氧化偶联生产醋酸乙烯 .....	100
一、反应原理 .....	101
二、工艺条件 .....	102
三、工艺流程 .....	103
第九节 丙烯氨氧化生产丙烯腈 .....	104
一、反应原理 .....	105
二、工艺条件 .....	106
三、工艺流程 .....	108
复习思考题 .....	110
习题 .....	110
<b>第四章 催化加氢</b> .....	112
第一节 加氢反应的类型、特点及应用 .....	112
一、加氢反应的类型和特点 .....	112
二、加氢反应在基本有机化工生产中的应用 .....	113
第二节 一氧化碳加氢合成甲醇 .....	115
一、反应原理 .....	115
二、高压法合成甲醇 .....	118
三、低压法合成甲醇 .....	123
四、高压法与低压法比较 .....	126
第三节 加成反应的共同规律 .....	126
复习思考题 .....	128
习题 .....	128
<b>第五章 催化脱氢和氧化脱氢</b> .....	129
第一节 乙苯脱氢生产苯乙烯 .....	129
一、反应原理 .....	130
二、工艺条件 .....	133



三、反应器	134
四、工艺流程	135
五、粗苯乙烯的分离与精制	136
六、工艺计算	138
第二节 脱氢-分解反应的一般规律	140
第三节 丁烯氧化脱氢生产丁二烯	141
一、反应原理	141
二、工艺条件	142
三、工艺流程	143
复习思考题	144
习题	144
<b>第六章 芳烃转化</b>	145
第一节 苯烷基化生产乙苯	145
一、反应原理	145
二、工艺条件	147
三、反应器	149
四、粗乙苯的精馏方案	150
五、工艺流程	151
六、烷基化反应的类型及应用	152
第二节 甲苯歧化生产二甲苯	153
一、反应原理	153
二、工艺条件	153
三、工艺流程	154
复习思考题	155
习题	155
<b>第七章 羰基合成</b>	157
第一节 羰基合成反应和分类	157
一、羰基合成反应	157
二、羰化反应类型	157
第二节 甲醇低压羰化生产醋酸	159
一、反应原理	159
二、工艺条件	159
三、工艺流程	160
第三节 羰基合成生产丁辛醇	161
一、丙烯羰化的反应原理	162
二、丙烯羰化的工艺条件	162
三、工艺流程	165
复习思考题	169
<b>第八章 氯化</b>	170
第一节 乙炔与氯化氢加成氯化生产氯乙烯	170

一、反应原理	172
二、催化剂和反应机理	172
三、工艺条件	174
四、反应设备	175
五、工艺流程	176
第二节 乙烯氧氯化	178
一、氧氯化反应原理	178
二、催化剂和反应机理	179
三、工艺条件	179
四、反应器	180
五、工艺流程	181
第三节 二氯乙烷裂解	182
一、反应原理	182
二、工艺条件	182
三、反应器	183
四、工艺流程	183
复习思考题	184
习题	184
<b>第九章 烃类热裂解</b>	186
第一节 热裂解反应原理	186
一、热裂解过程的化学反应	186
二、化学热力学分析	189
三、化学动力学分析	192
第二节 管式炉裂解生产乙烯	196
一、工艺条件	196
二、工艺流程	205
第三节 裂解气分离前预处理	209
一、裂解气的组成与分离要求	209
二、裂解气的压缩	209
三、酸性气体的脱除	211
四、脱水	213
五、脱炔和脱一氧化碳	215
第四节 裂解气深冷分离	218
一、顺序分离流程	219
二、脱甲烷塔及其操作条件	221
三、乙烯塔和丙烯塔	222
四、影响乙烯回收率的因素	224
第五节 裂解分离系统的能量利用	227
一、裂解系统	227
二、分离系统	228

三、制冷及冷量的有效利用·····	229
四、热泵·····	231
复习思考题·····	233
习题·····	234
<b>第十章 其他反应</b> ·····	235
第一节 乙炔与醋酸加成生产醋酸乙烯·····	235
一、反应原理·····	236
二、工艺条件·····	237
三、反应设备·····	240
四、工艺流程·····	241
第二节 环氧乙烷水合生产乙二醇·····	243
一、反应原理·····	243
二、工艺条件·····	244
三、工艺流程·····	244
复习思考题·····	245
习题·····	245
<b>第十一章 反应过程的物料衡算和热量衡算</b> ·····	246
第一节 物料衡算·····	246
一、定义和作用·····	246
二、一般反应过程的物料衡算方法·····	246
三、循环过程的物料衡算方法·····	251
四、反应过程物料衡算的步骤·····	254
五、工艺过程物料衡算举例·····	255
六、物料流程图·····	264
第二节 热量衡算·····	265
一、定义和作用·····	265
二、热量衡算的方法·····	265
三、反应过程热量衡算的步骤·····	268
四、举例·····	269
五、热量流程图·····	272
六、有效能·····	272
复习思考题·····	273
习题·····	273
<b>附录</b> ·····	274
<b>参考文献</b> ·····	280

# 绪 论

## 一、基本有机化工与有机化工

有机化学工业包括三大门类：即基本有机化学工业，有机精细化学工业和高分子化学工业。

基本有机化学工业简称基本有机化工，是利用天然气、石油、煤、农林副产品等天然资源，通过化学加工的方法，生产烃、醇、醚、醛、酮、羧酸、酯、烃的卤素衍生物等有机化合物产品的工业。其中烃主要指乙烯、丙烯、丁二烯、乙炔、苯、甲苯、二甲苯、乙苯、苯乙烯、萘等。基本有机化学工业是其他有机化学工业的基础。

有机精细化学工业是经过深度精细加工，生产质量要求高，产量较少，合成过程较复杂，分子结构较复杂，品种较多，具有功能性和最终使用性的有机化合物产品的工业。有机精细化学工业包括：表面活性剂、塑料助剂、橡胶助剂、粘合剂、合成染料、合成农药、合成药物、涂料、香料、添加剂等行业。

高分子化学工业是生产大分子量的有机化合物产品的工业。高分子化学工业包括：合成树脂及塑料工业、合成橡胶工业、合成纤维工业等。

人们通常把有机化学工业比做一棵果树。天然气、石油、煤和农林副产品（或称生物质）是肥沃的土壤，它供给果树生长的各种营养；烃、醇、醚、醛、酮、羧酸、酯等基本有机化工产品，则是果树的树根、树干和枝叶；而精细有机化工和高分子有机化工的产品就是果实。根基牢固，主干茁壮，枝叶茂盛，才能收获丰盛的果实。没有强大的基本有机化学工业，有机化学工业就如无米之炊。

## 二、基本有机化工在国民经济中的作用

某些基本有机化工产品具有独立用途，如乙酸乙酯、乙酸丁酯、苯、丙酮、氯仿、二氧环杂己烷等可以做溶剂；糠醛、苯、乙腈等可以做萃取剂；乙二醇可做抗冻剂（其58%的水溶液的冰点是 $-48^{\circ}\text{C}$ ）；邻苯二甲酸二辛酯等可做增塑剂；二氯乙烷、六氯乙烷等可做农药；四氯化碳等可做灭火剂。

基本有机化学工业产品更重要的用途，是为高分子化学工业和有机精细化学工业提供原料。如环氧乙烷与醇、酚等缩合，可生产表面活性剂；烷基苯磺化，可生产合成洗涤剂；甲醛与苯酚缩聚，可生产酚醛树脂；乙烯、丙烯、氯乙烯、苯乙烯、甲醛等聚合，可生产相应的聚合物树脂，进一步制备多种塑料产品；丁二烯、氯丁二烯、苯乙烯等聚合，可生产合成橡胶；醋酸乙烯、丙烯腈等聚合，可生产合成纤维。

高分子化学工业产品和有机精细化学工业产品具有功能性和使用性，广泛用于农业、轻工业、交通、能源、建筑、国防等国民经济各部门。

## 三、基本有机化工的发展概况

20世纪初，基本有机化学工业形成独立的工业部门。1895年建成电石工厂，由电石生产乙炔。乙炔最初用于金属切割和焊接。1910年开始将乙炔用于生产基本有机化工产品，如乙醛、乙酸、丙酮、氯乙烯等。这一时期的化学工业是以煤为原料发展起来的，称之为煤化学工业。当时的基本有机化工产品差不多都由乙炔制取，把当时的基本有机化学工业称之为乙

炔化学工业，并以乙炔的产量做为发展水平的标志。

在煤化工蓬勃发展的时期，以石油、天然气为原料制取基本有机化工产品的工业也开始出现。1920 年发现，石油馏分经过 700~800℃ 高温裂解；石油中碳链较长的烷烃，可以变成大量乙烯、丙烯，以及相当量的丁二烯、苯、甲苯、二甲苯等基本有机化工产品。从而开辟了比从乙炔出发制取基本有机化工产品的更多、更为先进的新原料技术路线。由于石油、天然气制取烯烃、芳烃的方法比电石乙炔法简单，成本低廉，到 50 年代初期，以石油、天然气为原料的基本有机化学工业迅速发展。把以石油、天然气为原料发展起来的化学工业，称为石油化学工业。60 年代末，就世界范围来说，有机化工产品的 75% 是以石油、天然气为原料生产的。乙烯是基本有机化工最重要的产品，它的发展带动着整个有机化工的发展。因此，乙烯产量往往做为一个国家基本有机化工发展水平的标志。

石油资源比煤少得多，不能只发展石油化工而忽视煤化工；石油化工与煤化工宜取长补短，因地制宜，协同发展。

我国是一个煤炭石油资源丰富的国家。旧中国，有机化学工业基础十分薄弱，丰富的原料资源被帝国主义侵占和掠夺。石油的年产量仅 12 万 t，除有少量炼焦苯和发酵酒精外，大量基本有机化工产品依靠进口。解放后，随着大庆、胜利等新油田的相继开发和新炼油厂的陆续建成，我国由所谓“贫油国”转变成石油出口国。与此同时，对煤、天然气资源的化工利用，也取得很大发展。“八五”期间，通过引进与开发，相继建设了一批以石油加工为龙头，炼油、化工、化纤、化肥相结合的生产基地。例如：上海石油化工股份有限公司、北京燕山石油化工公司、扬子石油化工公司、大庆石油化工总厂、齐鲁石油化工公司、吉林化学工业公司、抚顺石油化工公司、天津石油化工公司等，年加工原油 1 亿 t，初步形成了完整的石油化工生产体系。我国乙烯年产量如表 0-1 所示。

表 0-1 乙烯年产量

时间/年	1977	1978	1980	1983	1988	1994	1995	1996
产量/万 t	30	38	49	65	123	213	239	301

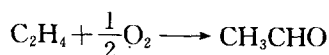
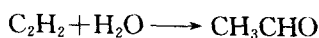
#### 四、基本有机化工的生产特点

##### 1. 生产规模大

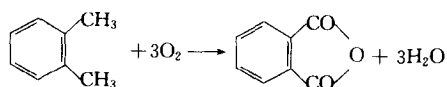
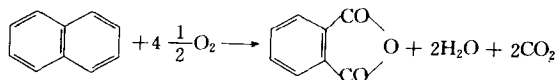
基本有机化工产品的生产装置具有流程长、设备大的特点，大型化能量利用较合理。如国内年产 45 万 t 的乙烯装置。

##### 2. 原料技术路线多

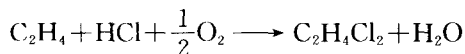
同一产品可以由几种不同原料生产。如乙醛可以由乙炔水合生产，也可以由乙烯氧化生产。



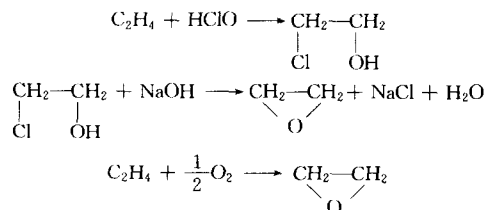
又如邻苯二甲酸酐可以由萘氧化生产，也可以由邻二甲苯氧化生产。



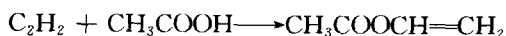
同一原料生产同一产品，可以有不同生产路线，且由多步骤简化为直接合成。如乙烯氯化 and 氧氯化都可以生产二氯乙烷。



又如乙烯次氯酸化、皂化生产环氧乙烷，可简化为直接环氧化。



同一原料可以制取不同产品。如由乙炔可以生产氯乙烯、乙酸乙炔等。



### 3. 综合利用率高

生产过程中对于各种原料、中间产物、主要产物、副产物等，可尽量做到物尽其用，以提高经济效益。如石油裂解生成的裂解气，经分离后，可以得到乙烯、丙烯、甲烷、氢、丁二烯、苯、乙苯等多种基本有机化工产品。乙烯可以生产环氧乙烷、乙二醇、聚乙烯、苯乙烯。甲烷、氢可以生产甲醇、氨等；氨进而可以生产化肥。氨与丙烯可以合成丙烯腈；丙烯腈可以生产合成纤维。生产丙烯腈的副产物乙腈，可以做萃取剂，用于萃取蒸馏，分离丁二烯。丁二烯可以生产合成橡胶。苯乙烯可以生产合成树脂、塑料，也可以与丁二烯生产丁苯橡胶等。

### 4. 生产过程中广泛采用先进技术

生产过程中为了加快反应速度和提高反应的选择性，广泛采用高效催化剂；为了快速而准确地测定复杂物料的组成，广泛采用现代化分析方法；为了提高生产效率，降低成本，改进产品质量，采用了集散控制系统、智能仪表、自动化技术、高压高温或深冷技术。

### 5. 处理物料危险性大，安全技术要求高

基本有机化工生产过程中所用的原料和得到的产品、副产品，绝大多数易燃、易爆、有毒、有腐蚀性。

一些气态原料和产品，特别是烃类气体，是燃烧和爆炸危险性很大的气体。这些气体与空气混合，能形成爆炸混合物。

可燃气体或蒸气的浓度处于爆炸极限内时，遇到明火、电火花、撞击等外界因素，就会发生爆炸，造成重大事故。

随着压力和温度增加，爆炸极限也将扩大。如甲烷在 4 MPa 时，爆炸极限扩大为 5%~28%（常压时为 5.8%~14.9%）。

生产、储存、运输和使用有燃烧和爆炸危险的物质时，要测定该物质的浓度是否处于爆炸极限内，遵守安全技术规程；确保安全生产。

## 五、基本有机化工工艺学的性质、任务、要求和学习方法

基本有机化工工艺学是有机化学工艺专业的一门专业课，其主要学习内容：基本有机化工典型反应的规律，主要产品生产的反应原理，工艺影响因素的分析与工艺条件确定，工艺

流程组织与评价等。

学习基本有机化工工艺学课程的任务是使学生掌握基本有机化工主要产品生产的反应原理，最佳工艺条件确定，工艺流程组织，掌握基本有机化工过程的基本工艺规律，掌握进行工艺计算的基本方法。

学习本课程的基本要求：

1. 了解基本有机化工生产概况、特点及发展方向；
2. 熟悉基本有机化工中主要产品的基本性质、用途和生产方法；
3. 掌握基本有机化工生产中常用催化剂的性能、制备和使用；
4. 掌握基本有机化工生产中典型反应的基本原理和最佳工艺条件确定；
5. 掌握工艺流程组织的原则和方法，对主要产品生产工艺流程具有初步分析、评价的能力，并能组织简单的工艺流程；
6. 能对反应过程中常用工艺指标进行计算，能对反应设备、生产工序进行物料衡算和热量衡算；
7. 初步具有技术经济观念和安全观念，并能结合我国和本地区原料资源等条件，较合理地选择生产技术路线。

本课程强调工程技术观点，重视学生智力的开发和能力的培养，注重理论联系实际和提高学生分析和解决工程实际问题的能力。

本课程的教学方式以课堂教学（包括课堂练习）为主，课后学生应对照复习思考题认真复习巩固，并及时独立完成习题作业，加深对所学知识的理解；除课堂教学以外，还可以采用专题讲座、自学讨论、观看生产工艺录像片、现场教学等方式，提高教学效果。在学好本课程的基础上，要求学生通过实习、综合实验、设计等实践性教学，理论联系实际，掌握典型产品的生产工艺，提高分析问题和解决问题的能力。

### 复 习 思 考 题

- 0-1 何谓基本有机化工？它与有机化工的关系如何？
- 0-2 简述基本有机化工在国民经济中的作用。
- 0-3 何谓煤化工？何谓石油化工？其标志各如何？
- 0-4 简述基本有机化工的生产特点。

# 第一章 化工生产过程中的常用指标与催化剂

## 第一节 化工生产过程中的常用指标

### 一、转化率、产率和收率

衡量有机化学反应优劣的指标有两个：一是加入反应器的反应物（原料）有多少参加了反应，二是这些参加反应的反应物有多少转变成为所需要的目的产物。通常用转化率和产率分别表示这两个指标，用收率表示这两个方面的综合指标。

#### 1. 转化率

有机化合物分子中各原子之间多是共价键结合，其反应能力较无机物分子的反应能力弱。而且在反应条件下，由于化学平衡常数的影响和反应时间有限，通入反应器的反应物并没有完全参加反应，离开反应器的产物混合物中，还含有未反应的反应物。

转化率表示反应物参加反应的程度，是指某一反应物参加反应的量占其加入量的百分率。转化率用  $X$  表示，定义式表示如下。

$$X_A = \frac{m_{A反}}{m_{A加}} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中  $X_A$ ——反应物 A 的转化率，%；

$m_{A反}$ ——反应物 A 参加反应的总量，kg；

$m_{A加}$ ——反应物 A 的加入量，kg；

反应量等于加入量与未反应量之差。

$$m_{A反} = m_{A加} - m_{A未反}$$

反应量等于主反应量与副反应量之和（注意：反应量不单指主反应量）。

$$m_{A反} = m_{A主反} + m_{A副反}$$

从转化率定义可以看出，只有反应物才有转化率。若有两种反应物进行反应，其中某种反应物（B）过量越多，则该反应物的转化率（ $X_B$ ）越低；而另一种不过量的反应物（A）的转化率（ $X_A$ ）相对较高。

**【例 1-1】** 乙炔和氯化氢加成生产氯乙烯，同时有二氯乙烷的副反应。加入反应器中的乙炔 1000 kg/h，氯化氢 1474 kg/h。从反应器输出的产物气中，未反应乙炔 10 kg/h，未反应氯化氢 56 kg/h，生成氯乙烯 2332 kg/h，生成二氯乙烷 76 kg/h。计算乙炔和氯化氢的摩尔比，乙炔转化率和氯化氢转化率各是多少？

**解：**以 1h 为计算基准

$$\text{乙炔加入量 } n(\text{C}_2\text{H}_2) = 1000 \div 26 = 38.5 \text{ kmol}$$

$$\text{氯化氢加入量 } n(\text{HCl}) = 1474 \div 36.5 = 40.4 \text{ kmol}$$

$$\text{摩尔比 } n(\text{C}_2\text{H}_2) : n(\text{HCl}) = 38.5 : 40.4 = 1 : 1.05$$

$$\text{乙炔总反应量} = 1000 - 10 = 990 \text{ kg}$$

$$\text{乙炔转化率 } X(\text{C}_2\text{H}_2) = (990 \div 1000) \times 100\% = 99.0\%$$

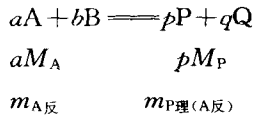
$$\text{氯化氢总反应量} = 1474 - 56 = 1418 \text{ kg}$$

$$\text{氯化氢转化率 } X(\text{HCl}) = (1418 \div 1474) \times 100\% = 96.2\%$$



## 2. 产率

(1) 理论产量 是指按化学反应方程式计算的产物产量。对某一反应:



化学计量系数与相对分子质量乘积之比等于质量比, 即

$$aM_A : pM_P = m_{A反} : m_{P理(A反)}$$

故

$$m_{P理(A反)} = m_{A反} \times \frac{pM_P}{aM_A} \quad (1-2)$$

式中  $m_{P理(A反)}$  —— 以反应物 A 参加反应的总量来计算产物 P 的理论产量, kg;

$m_{A反}$  —— 反应物 A 参加反应的总量, kg;

$p$ 、 $a$  —— 产物 P、反应物 A 的计量系数;

$M_P$ 、 $M_A$  —— 产物 P、反应物 A 的相对分子质量。

有机化合物的反应比较复杂, 其分子中各个原子或原子团之间都可能发生反应, 除参加主反应以外, 同时还参加一些副反应, 生成一些副产物。目的产物的实际产量比理论产量要少。某反应物参加主反应的量越多, 则由该反应物所生成的目的产物的实际产量占理论产量的百分数越大; 该反应物参加副反应的量越少, 则由该反应物所生成的副产物的实际产量占理论产量的百分数越小。

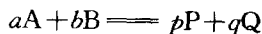
(2) 产率 是指某一产物的实际产量占按某一反应物参加反应的总量计算, 所得到的该产物的理论产量的百分率, 称为这种产物对应于该反应物的产率。只有产物才有产率。产率用  $Y$  表示, 产率定义式用下式表示。

$$Y_{P(A)} = \frac{m_{P实}}{m_{P理(A反)}} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中  $Y_{P(A)}$  —— 产物 P 对应于反应物 A 的产率, %;

$m_{P实}$  —— 产物 P 的实际产量, kg。

产率可分为: 目的产物产率 (简称主产率) 和各副产物产率 (简称副产率)。若主反应为:



各副反应为:



则, 副产物 R 的理论产量

$$m_{R理(A反)} = m_{A反} \times \frac{rM_R}{a'M_A} \quad (1-4)$$

以反应物 A 参加反应的总量计算, 副产物 R 的产率 (副产率) 为:

$$Y_{R(A)} = \frac{m_{R实}}{m_{R理(A反)}} \times 100\% \quad (1-5)$$

式中  $Y_{R(A)}$  —— 产物 R 对应于反应物 A 的产率, %;

$m_{R实}$  —— 产物 R 的实际产量, kg。

## (3) 产率的实质

① 主产率 主产率是某反应物参加主反应的量占该反应物总反应量的百分率。产物 P 的产率和产物 Q 的产率相等。

对主反应

