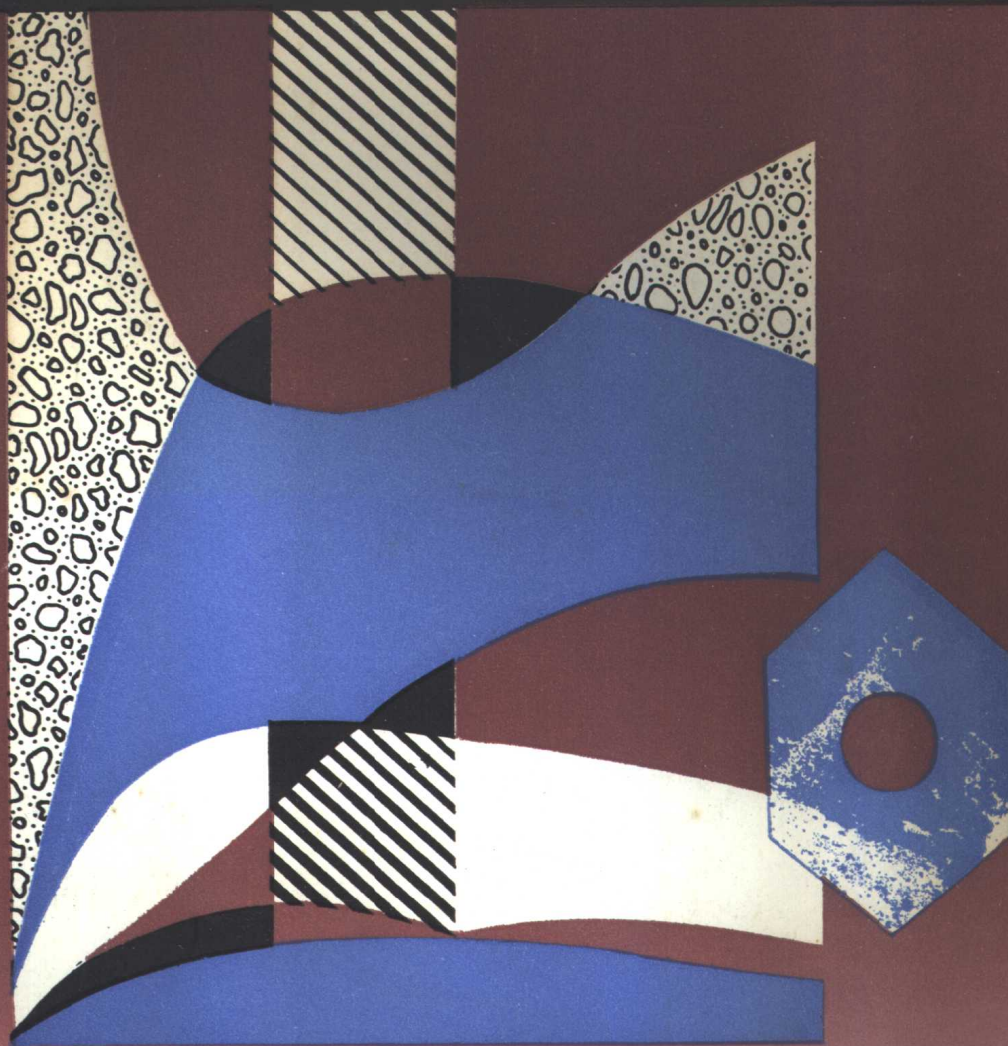


GONGYE HUAXUE · HUADONG

HUAGONG XUEYUAN CHUBANSHE

WU ZHIQUAN
TU JINLIN
BIA



工业化学



吴志泉 涂晋林 编
华东化工学院出版社

工 业 化 学

吴志泉 涂晋林 编

华东化工学院出版社

内 容 提 要

本书从化工生产工艺角度出发,结合化学工程基础知识,综合阐明了近代重要化学品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,较全面地反映了当今世界化学工业的概貌及其发展方向。内容涉及无机化工、石油炼制、石油化工、基本有机化工、精细化工、高分子化工、生物化工等诸多产品的生产,有助于读者在庞大而繁杂的化工生产领域中拓宽知识面,在生产与开发研究工作中开拓思路、触类旁通、灵活应用。

本书可作为大专院校化工类及化学类专业的教材,也可供从事化工生产、设计、研究的工程技术人员及管理干部阅读参考。

责任编辑 沈瑞祥

责任校对 黄黎峥

工 业 化 学

Gongye Huaxue

吴志泉 涂晋林 编

华东化工学院出版社出版发行

(上海市梅陇路 130 号)

新华书店上海发行所发行经销

江苏句容排印厂排版

上海市印刷三厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 17.25 字数 418 千字

1991 年 8 月第 1 版 1991 年 8 月第 1 次印刷

印数 1-5000 册

ISBN 7-5628-0154-1/TQ·22 定价 6.90 元

前 言

近二三十年来,国内外化学工业迅速发展,新工艺、新技术、新产品和新设备不断涌现,不仅促进了国民经济的发展,也为人们的日常生活提供了丰富多彩的新产品,大大提高了人们的物质和文化生活水平。但至今还没有一本能较全面地反映近代化学工业概貌的书,社会各界和学校教育都对此提出了要求。编写本书就是为了适应这一要求。本书的编写过程也是化学工业生产中的化学工艺与工程学科的研究探索过程,它涉及化学工业中各类化工生产过程,概括性地反映了现代国内外整个化学工业的基本面貌。

本书作为教材,可拓宽学生的专业知识面,加强化学与化学工程、反应工程等工程基础知识的结合,为开发新工艺、新技术、新产品和新设备提供完整的知识与实例,若能灵活运用,触类旁通,有助于学生应用化学与工程基础知识,了解并掌握一般化工生产过程及其方法。

本书各章内容相对独立成文,作为教材,各专业可按需要选择其中若干章作为讲授内容,其余可供学生自学时参考。

本书初稿已在华东化工学院试用多年,并根据教学实践作了多次修改补充。现正式出版。学生在学习中应着重了解:

- 1) 化工生产过程中的原料路线及其系列产品;
- 2) 典型的生产工艺过程、方法、原理、流程及工艺条件;
- 3) 关键生产设备上的化学工程及化学反应工程问题;
- 4) 化工生产中的设备材质、生产安全、三废治理等问题;
- 5) 类似化工产品生产的相似点及其区别;
- 6) 新的发展方向。

在此学习基础上,参阅本书所列的主要参考书及有关各工艺过程的主要参考杂志作进一步深入学习与了解,使读者能尽快胜任所从事的某一领域中化工生产的工作。本书还能使读者具有广博的化工生产知识,以提高其从事多种工作的适应能力。

本书由施亚钧教授审阅,在编写过程中得到张礼权教授的指导及其他有关教师的帮助,在此表示感谢。

由于涉及面广,编者水平有限,恳请读者指正。

编 者

目 录

1 绪论

1.1 化学工业	1
1.1.1 无机化学工业	1
1.1.2 有机化学工业	1
1.2 化学工业的发展史	1
1.3 化工原料及产品	3
1.3.1 原料	3
1.3.2 产品	3
1.4 化工过程分析	4
1.4.1 化工过程的组合	4
1.4.2 过程选择	4
1.4.3 过程的确立	5
1.5 我国化学工业的发展	6

2 能源资源与煤化工

2.1 能源的需求与来源	9
2.1.1 能源的需求	9
2.1.2 能源的来源	10
2.1.3 能源供应展望	11
2.2 煤化工	12
2.2.1 煤的气化	12
2.2.2 煤的液化	13
2.2.3 焦化	14
2.2.4 煤氧化制取腐植酸	17
2.2.5 电石乙炔	17

3 合成气

3.1 合成气的生产	19
3.1.1 煤气化	19
3.1.2 蒸汽转化	22
3.1.3 部分氧化法	25
3.2 合成气的净化	26
3.2.1 脱硫	26

3.2.2 一氧化碳变换	27
3.2.3 脱碳	29
3.2.4 少量一氧化碳和二氧化碳的脱除	30
3.3 合成气系化学品	31
3.3.1 氨	31
3.3.2 甲醇	31
3.3.3 费托合成产品	34
3.3.4 氢甲酰化产品	34

4 合成氨

4.1 概述	35
4.2 合成氨生产的基本过程	35
4.3 氨合成的机理	37
4.3.1 氨合成反应的化学平衡	37
4.3.2 氨合成的化学反应速度及反应机理	40
4.3.3 催化剂	41
4.4 氨合成的工艺与设备	42
4.4.1 氨合成工艺流程	42
4.4.2 氨合成塔	45
4.4.3 合成工艺操作条件	49
4.5 设备材料	50

5 化肥工业

5.1 概述	52
5.2 氮肥	53
5.2.1 尿素	53
5.2.2 碳酸氢铵	58
5.2.3 硫酸铵	59
5.2.4 硝酸铵	59
5.3 磷肥	60
5.3.1 过磷酸钙	61
5.3.2 高浓度磷肥(磷铵)	62
5.4 钾肥	65
5.4.1 氯化钾	65
5.4.2 硫酸钾	67

6 硫酸

6.1 概述	69
6.2 硫酸生产原理(接触法)	69

6.2.1	硫铁矿焙烧过程	70
6.2.2	二氧化硫转化	71
6.2.3	吸收	75
6.3	工艺流程和设备	77
6.3.1	原料及其预处理	77
6.3.2	焙烧	77
6.3.3	炉气净化	79
6.3.4	转化	81
6.3.5	吸收	83
6.3.6	尾气回收与污水处理	84
7	纯碱	
7.1	纯碱的制造方法	85
7.1.1	索尔维法	85
7.1.2	联合制碱法	86
7.1.3	天然碱加工法	87
7.2	联碱法生产原理	88
7.2.1	制碱系统的相图分析	88
7.2.2	氯化铵结晶的原理	90
7.2.3	循环过程中的工艺指标	91
7.3	联碱法的工艺流程	91
7.4	联碱法生产过程	93
7.4.1	盐的精制	93
7.4.2	母液吸氨	94
7.4.3	氨母液Ⅱ碳酸化	94
7.4.4	重碱过滤	96
7.4.5	重碱煅烧	96
8	无机化学矿物加工	
8.1	无机化学矿物	98
8.2	主要生产过程的	100
8.2.1	矿石的精选	100
8.2.2	矿石的热化学加工	102
8.2.3	浸取	104
8.2.4	电化学方法	105
8.2.5	分离提取方法	107
8.3	无机矿物加工示例	111
8.3.1	食盐电解制取烧碱	111
8.3.2	硫酸法钛白生产	114

8.3.3 稀土元素的提取	116
---------------------	-----

9 石油炼制

9.1 概述	119
9.1.1 原油及其组成	119
9.1.2 原油的性质	119
9.1.3 石油产品及加工方法	120
9.1.4 炼油厂类型	122
9.2 常减压蒸馏	123
9.2.1 工艺流程	123
9.2.2 石油精馏塔的工艺特点	124
9.2.3 工艺操作条件、产品收率和质量	126
9.2.4 常减压蒸馏设备	127
9.3 催化裂化	128
9.3.1 催化裂化反应	129
9.3.2 催化剂	130
9.3.3 工艺过程	131
9.3.4 装置型式	132
9.4 催化重整	133
9.4.1 催化重整的化学反应	133
9.4.2 催化剂	134
9.4.3 过程条件	134
9.4.4 工艺流程	135

10 石油化工

10.1 烃类裂解	137
10.1.1 烃类裂解过程的化学反应	137
10.1.2 工艺过程参数	139
10.1.3 裂解原料和产品分布	141
10.1.4 管式裂解炉	143
10.2 裂解气的分离和精制	144
10.2.1 概述	144
10.2.2 深冷分离法	145
10.2.3 精馏塔	149
10.3 碳四馏分	150
10.3.1 碳四馏分分离	150
10.3.2 丁二烯	151
10.4 芳烃	155
10.4.1 芳烃抽提(环丁砜法)	155

10.4.2 对二甲苯	156
-------------	-----

11 基本有机化工

11.1 甲烷系产品	157
11.1.1 甲醛	158
11.1.2 甲烷氯化物	159
11.2 乙烯系产品	161
11.2.1 氯乙烯	161
11.2.2 环氧乙烷与乙二醇	165
11.2.3 乙醇	169
11.2.4 乙醛	170
11.3 丙烯系产品	174
11.3.1 丙烯腈	175
11.3.2 环氧丙烷	177
11.3.3 丙酮	179
11.3.4 丙烯酸	180
11.3.5 异丙醇	181
11.4 碳四系产品	181
11.4.1 仲丁醇	182
11.4.2 顺丁烯二酸酐	182
11.4.3 氯丁二烯	183
11.5 芳烃系产品	183
11.5.1 苯乙烯	183
11.5.2 苯酚	187
11.5.3 环己烷和己二酸	189
11.5.4 对苯二甲酸	191

12 精细化工

12.1 概述	193
12.1.1 染料	193
12.1.2 农药	195
12.1.3 医药	196
12.1.4 涂料	196
12.1.5 颜料	198
12.1.6 表面活性剂	198
12.2 重要的中间体	200
12.2.1 中间体	200
12.2.2 主要中间体生产示例	202
12.3 典型精细化工产品示例	206

12.3.1 染料产品	206
12.3.2 农药产品	208
12.3.3 医药产品	212
12.3.4 表面活性剂	217

13 高分子化工

13.1 概述	220
13.1.1 基本概念	220
13.1.2 聚合物的分类	221
13.1.3 聚合反应原理	221
13.1.4 聚合方法	224
13.1.5 高分子化合物的生产过程	226
13.2 合成塑料	227
13.2.1 聚乙烯	227
13.2.2 聚丙烯	231
13.2.3 聚氯乙烯	232
13.2.4 聚苯乙烯	233
13.2.5 酚醛树脂	233
13.3 合成纤维	236
13.3.1 聚酰胺纤维	236
13.3.2 聚酯纤维	239
13.3.3 聚丙烯腈	242
13.4 合成橡胶	244
13.4.1 丁苯橡胶	244
13.4.2 顺丁橡胶	247

14 生物化工

14.1 微生物	249
14.1.1 微生物	249
14.1.2 微生物的培养	250
14.1.3 灭菌	250
14.1.4 培养基	251
14.2 菌种	251
14.2.1 菌种的选育	252
14.2.2 细胞融合技术	252
14.2.3 重组 DNA 技术	252
14.3 酶	253
14.4 发酵工艺	254
14.5 生物化工产品	255

14.5.1 酒精(乙醇).....	255
14.5.2 丙酮、丁醇	256
14.5.3 柠檬酸.....	257
14.5.4 抗生素.....	258
参考文献	260

1 绪 论

1.1 化学工业

化学工业是国民经济中的一个重要组成部分，它既为农业、轻工业、重工业和国防工业等提供生产资料，也为人类提供衣、食、住、行各方面必不可少的化工产品。因此，它对国民经济的发展和人民物质生活的提高起着十分重要的作用。

化学工业，又称化学加工工业，广义地说，是指生产过程中化学方法占主要地位的制造工业，也即原料经化学反应转化为产品的生产过程。目前通常采用狭义的定义，将冶金、建筑材料、纸张、食糖及皮革等的生产列为独立的工业部门，或划属其他工业部门，而不包括在化学工业中。

化学工业的分类方法较多，例如按原料资源可分为煤炭化学工业、石油化学工业、农副产品化学工业等，按产品吨位可分为基本化学工业、精细化学工业等，按产品用途又可分为肥料、染料、医药、涂料、合成洗涤剂、食品、农药、试剂、助剂、合成纤维、塑料、橡胶等。习惯上，一般将化学工业分为无机化学工业和有机化学工业。

1.1.1 无机化学工业

- 1) 无机酸工业：硫酸、硝酸、盐酸、磷酸、硼酸等；
- 2) 氯碱工业：烧碱、氯气、漂白粉、纯碱；
- 3) 化肥工业：氮肥、磷肥、钾肥、复合肥料、微量元素；
- 4) 无机精细化工：无机盐、试剂、助剂、添加剂等。

1.1.2 有机化学工业

- 1) 石油炼制工业：汽油、煤油、柴油、润滑油；
- 2) 石油化学工业：有机原料(有机酸、酯、醚、酮、醛等)、合成塑料及树脂、合成纤维、合成橡胶；
- 3) 有机精细化工：染料、农药、医药、涂料、颜料、香料、试剂、表面活性剂、化学助剂、感光材料、催化剂等；
- 4) 食品工业：饮料、生物化学制品；
- 5) 油脂工业：油脂、肥皂、硬化油。

1.2 化学工业的发展史

化学加工在形成工业之前的历史，可以从 18 世纪中叶追溯到远古时期，从那时起人类

就能运用化学加工方法制作一些生活必需品,如制陶、酿造、染色、制漆、造纸以及制造医药、火药和肥皂。当时生产规模较小,技术落后,只能算是手工工艺。

18世纪中叶,英国发生工业革命,机器的出现使纺织工业机械化。由于纺织工业的兴起,纺织物的漂白与染色技术的改进,需要纯碱、氯等无机产品,农业上需要化学肥料,采矿业需要大量炸药,因而使化学工业开始形成,并有了一个较大的发展。

18世纪40年代,英国第一个用铅室法从硫磺和硝石中制造硫酸,此法几乎沿用了100多年。20世纪初期,钒催化剂用于接触法制硫酸工业化以来,接触法成为硫酸生产的主要方法。1783年,法国N·吕布兰提出了以食盐、煤、石灰石、硫酸等为原料的制碱法,此法综合利用原料,除了生产碱,同时还生产芒硝、硫代硫酸钠、苛性钠、盐酸、漂白粉等,形成了综合生产过程。所用的气体洗涤、固体煅烧、结晶、过滤、干燥等化工单元操作的设计原理沿用至今,成为化工单元操作基础。1861年,比利时索尔维实现了氨碱法制碱的工业化,使制碱生产连续化。由于氨碱法产品纯度高,价格便宜,因而取代了吕布兰法并成为纯碱的主要生产方法。中国著名化学家侯德榜于1938年开始致力于联合制碱法研究,创造了侯氏制碱法。19世纪末叶出现电解食盐的氯碱工业。这样,整个化学工业的基础——酸、碱的生产已初具规模。

为了适应农业的发展,1841年开始了磷肥生产。1870年后兴起了制钾工业。氨是在1754年由普里斯特利加热氯化铵和石灰石时发现,其后通过分析确定了氨的组成,在基础理论研究的基础上,经过100多年的努力,于1913年实现了氨合成的工业化。1916年实现了氨氧化制取硝酸的过程。合成氨工业的出现,标志着化学工业史进入了一个新的阶段,它不仅生产了廉价的氨和硝酸,而且为有机合成工业提供了良好的技术条件:

19世纪初叶,随着炼铁工业的发展和城市对煤气及工业燃料的要求,促进了炼焦工业和煤气工业的发展。其后又从炼焦副产物煤焦油中分离出苯、甲苯、二甲苯、萘、蒽、苯酚等化合物。这些物质是有机合成特别是染料合成的重要原料。19世纪下半叶形成了以煤焦油化学为主体的有机合成工业,焦炭、煤焦油的利用逐步形成了煤化学工业体系。

农药使用很早,20世纪40年代,瑞士P·H·米勒发明第一个有机氯农药滴滴涕之后,开发了一系列有机氯、有机磷杀虫剂,植物性荷尔蒙等,50年代又制成了氨基甲酸酯类,如西维因等。这些农药毒性较大,对环境污染严重,因此,又研究开发了高效、低毒、不环境的有机杀虫剂,如拟除虫菊酯类、杀菌剂、除草剂及抗生素农药。

1854年,西利曼建立了原油分馏装置,随着汽油及柴油发动机的发明,促进了石油的开采和加工,1923年出现了减压蒸馏,使石油炼制发展成现代的加工路线。

20世纪20年代开始兴起石油化学工业,在60年代得到了大发展,由此形成了第二次工业革命。许多石油化学品取代了人类日常生活的传统材料,提供了价廉物美的各种物品。在40年代,催化裂化生产汽油及乳液聚合技术制取丁苯橡胶研制成功,推动了石油化工的发展。50年代,许多由煤化工制取的产品,包括烯烃、芳烃、氨等都相继转为利用石油、天然气生产。目前已有90%以上的有机化工产品来源于石油、天然气,石油化学工业已成为非常重要的基础工业部门。

20世纪30年代,建立了高分子化学体系,高分子材料的化学工业得到迅速发展。1872年,制得了酚醛树脂。1938年,尼龙66实现了工业化生产。其后又相继发明了尼龙6,聚酯纤维,聚丙烯腈纤维。至今,涤纶和腈纶是合成纤维中发展最快,产量最大的品种。30年代在美国实现了氯丁橡胶的生产,不久又生产出丁苯橡胶、丁腈橡胶。与此同时,聚氯乙烯、聚

苯乙烯、高压聚乙烯、聚四氟乙烯又相继实现了工业化生产，塑料工业得到了迅速发展。至此形成了三大合成材料为主的高分子化学工业体系。

目前，化学工业的产品已深入到我们生活的各个方面，占有极为重要的地位。在某些国家，化学工业的产值已占整个工业产值的9%。今后，化学工业将会为人们提供更多的新产品，并获得更大的发展。

1.3 化工原料及产品

1.3.1 原料

原料是指化工生产中能全部或部分转化为产品的物质。当应用两种以上原料时，能构成产品主体的原料为主要原料，如氯苯为生产苯酚的主要原料。而在合成氨中，氢和氮就难分主次。有时原料与产品的地位也可以互换，如乙烯水合生成乙醇，则乙烯为原料，乙醇为产品；而乙醇脱水生产乙烯，恰好相反。有时，某一生产过程的产品，也可能是后一生产过程的原料，如氨是合成氨工业的产品，同时也是生产硝酸的原料。由此可见，就生产程序来说，有起始原料、基本原料和中间原料。起始原料是人类开采、种植、收集等得到的原料；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加工得到的原料。值得指出的是这种区分方法不是绝对的。

起始原料主要有：

- 1) 空气 空气是工业用氮气、氧气及惰性气体的来源。
- 2) 水 水是最便宜和最丰富的溶剂，广泛应用于洗涤、冷却介质及锅炉给水，也可以作为制取氢气的原料。
- 3) 矿物资源 矿物包括煤、石油、天然气及无机化学矿。煤是氨、染料、煤化学产品和有机合成的原料，随着石油化工的发展，石油和天然气已成为化学工业的主要原料。无机化学矿是无机化工生产的主要原料，主要有硫化物、氯化物、氟化物、碳酸盐、硝酸盐及磷酸盐等，如黄铁矿(硫铁矿)，石盐(岩盐)，萤石(氟石)，石灰石，钾硝石，磷灰石(主要是含氟磷灰石)等。除了上述矿物外，还有各种金属矿物，如金、银、铜、汞、锌、镁、铝、铅、锡、钒、铬、镍等矿物，可分别为金属、金属氧化物或化合物。如钛铁矿，滑石，高岭土，纤维硼镁矿，等。
- 4) 生物原料 粮食、农产废料及林业中木材加工副产物，可用于生产有机产品，如粮食发酵生产乙醇、丙酮、丁醇、柠檬酸等。随着石油化工的发展，生物原料已逐步由石油为原料代替之。因而，就目前整个化学工业而言，除生产少量生物制品外，其所占比例是很小的。

1.3.2 产品

化工企业使化工原料经过单元过程和单元操作而制得的可作为生产资料和生活资料的成品，都是化工产品。但是习惯上往往把不再供生产其他化学品的成品，如化学肥料、农药、塑料、合成纤维、合成橡胶等称为化工产品。而把再生产其他化学品的成品，如酸、碱、盐等无机产品和烃类、中间体等有机成品称为化工原料。因此，有些成品，在不同场合，根据使用的目的，称为化工原料或化工产品。

在生产目的产品中，有时先得到某阶段产物，常称为半成品或中间体。如一个尿素工

厂,合成氨车间的产品为液氨,若液氨出售则为产品;若将液氨全部加工为尿素,则液氨又称为半成品。在有机化合物中,如硝基苯、苯胺、氯苯、苯酚等可用于各种化工产品的制备,故称为中间体。

在生产主要产品的同时,也生产次要的但有一定价值的产品,称为副产品。如裂解柴油馏分生产乙烯的过程中,也生产裂解汽油等副产品。

化工产品应符合产品要求的各项指标,如外观、颜色、粒度、晶形、粘度、杂质含量等,产品质量通常以纯度或浓度来表示。根据其质量好坏可分为不同等级,各有一定的规格和指标。主要化工产品有化学肥料、农药、合成树脂、塑料、合成橡胶、化学纤维、染料、颜料、涂料、药物等。

1.4 化工过程分析

1.4.1 化工过程的组合

化学生产过程是将原料物经过化学反应转变为产品的工艺过程,其一般可概括为三个主要步骤:

1) 原料处理 为了使原料符合进行化学反应所要求的状态和规格,通常根据具体情况,对原料进行预处理,如净化、提浓、混合、粉碎(对固体原料)等。

2) 化学反应 这是生产的关键步骤。经过预处理的原料,在一定温度、压力及催化剂等条件下进行反应,以达到所要求的反应转化率和收率。通过化学反应,获得目的产品或其混合物。反应类型可以有氧化、还原、复分解、磺化、硝化、烷基化、异构化、聚合、焙烧,并在相应的反应器中进行。

3) 产品精制 将由化学反应得到的混合物进行分离,除去副产物或杂质,以获得符合组成规格的产品。

由此可见,化工生产过程主要分为:

1) 与化学变化有关的操作,称为单元过程;

2) 与物理变化有关的操作,称为单元操作。

单元操作约在 1910 年提出,以后逐渐发展成为化学工程学科,并由此应用完备的数学方法对化工厂进行设计计算。单元过程是 1930 年由 P·H·Groggins 提出的,这一新概念虽然并不像单元操作那样有用,也未能简化成为以数学方法来进行处理,但在广泛研究或学习各种类型的化学过程的基础上,对设计一个新的工艺过程还是十分有用的。

从工程观点看,将与传质有关的单元操作称为分离工程,由于原料的纯化及产品的提纯在化工过程占相当比例,在基本有机化工中甚至达到 50%~80% 之多。所以,化工过程中的分离工程是十分重要的。此外,将单元操作中的流体输送、传热、流体的压缩与减压、能源供应、给排水均作为公共工程的范畴。因此,化工过程也可认为由化学反应工程、分离工程及公共工程所组成。

1.4.2 过程选择

在生产某一化工产品时,可能存在着不同的原料路线及化学加工方法。如氯乙烯生产,可采用乙炔路线,也可采用乙烯路线。而乙烯路线中,也有几种工艺流程。因此,工程师首

先应对已有的或新开发的工艺路线进行选择,以能进行工业生产。在工艺过程选择中,必须符合技术上可行性和经济上合理性的要求。

(1) 技术上的可行性

对一个新开发的工艺路线,技术可行性尤为重要。因为从实验室开发研究到实现工业化,需要包括一系列的环节,如化学反应工程研究、化学工程研究、工艺过程与装置、机械设备材料、调节控制等。一般说来,实验室研究的结果,只能说明过程方法的可能性,但还不足以用来设计一个生产装置。实验室研究的结果,其所提供的数据和资料通常还必须通过模型装置或中试装置上进行运转考查,并提出工业生产所必需的化学工程数据,以供设计工业装置之用。同时应指出,当第一套生产装置设计、投产之后,并不意味着过程开发的结束,还必须根据工业装置上获得的数据,核对设计模型,并修改原设计,进一步考虑生产装置的最优化方案,这样才能使今后建立的装置达到最优化设计和最优控制。

目前,国内常采用计算机进行化学工程模拟放大,以加速工业化的实施。

(2) 经济上的合理性

除了国家急需的特殊产品外,一个过程能实现工业化的另一个条件是经济上的合理性,也即生产过程在经济上能过关,有利可图,否则工厂很难接受这一过程。例如一项对金有特效的离子交换树脂的专利,是否可用于从海水中提取金呢?在对这一过程的分析中,知道海水中金的浓度是很低的,约为 5×10^{-6} ppm。因此,回收单位质量的金需抽取大量的海水,计算其抽取海水的能耗约为所得金价值的 13.5 倍,显然,此法从海水中回收金在经济上是不合理的,因此,不能用于工业生产。

经营工厂的费用称为生产成本,常以每单位质量产品的成本来表示,例如元/吨。生产成本主要包括原材料费(包括运费)、动力费、工资、设备折旧费、维修费等。各种费用在成本中所占的比例,因生产规模、生产方式、技术水平、管理水平而异。

对大多数化工过程来说,原料价格是生产成本中最重要的部分,因此,最希望工艺过程能使用便宜的原料,并能有效地将原料转变为产品,这就不仅希望过程的产率高,还要尽可能避免使用在产品中不存在的物料。

一般原料费约占总成本的 60%~70%,动力费占 10% 左右(电化过程除外),工人工资对机械化、自动化程度较高的过程约占 4%,而间歇、小批量、手工操作的生产过程可达 20% 以上,设备折旧费所占比例约为 5% 左右。

产品的销售收入减去全部生产成本叫毛利,根据毛利国家征收 5%~10% 的所得税,毛利减去所得税即为利润。

为了使所选的过程符合要求,通常对生产过程进行技术经济指标的评价,然后再进行工艺过程、化学工程和设备设计,最后安装投产。

1.4.3 过程的确立

在对过程进行技术经济指标评价、确立过程中,一般需考虑以下一些因素:

- 1) 原料的纯度、价格、供应来源、运输及贮存。
- 2) 产品的质量指标、收率,产品销售的数量与价格。
- 3) 在运行方面,连续运转的可靠性、安全性,运转周期,失控时的对策,开、停车方法,公共工程运转情况。

- 4) 工艺操作条件。
- 5) 公共工程中的水源与电力供应。
- 6) 三废治理,根据国家环境保护法是否允许建厂。

1.5 我国化学工业的发展

旧中国的化学工业基本上是一些加工性质的中小企业,生产一些低级染料、油漆、试剂、药剂等。各种化工原料大都靠进口,比较大一些的化学工业主要是:南京、塘沽的永利化学公司生产合成氨、硫酸、硫酸铵和纯碱;上海的天原、天利化工厂生产氯、烧碱、硝酸等;东北的大化、沈化及几个炼油厂。因此,我国的化学工业的基础是十分薄弱的。

新中国建立后,在苏联的帮助下,建起了三大化工基地和一个抗生素基地,即:

吉林化工公司,包括氮肥厂、电石厂、染料厂;

太原化工公司,包括氮肥厂、化工厂、合成药厂;

兰州化学公司,包括氮肥厂、合成橡胶厂、兰州炼油厂;

华北制药厂,包括抗生素厂、淀粉厂、玻璃厂。

经过几年努力,建成了一大批骨干联合企业,为新中国的化学工业奠定了基础。

60年代开始,世界石油化工的发展,原料路线发生了变化,石油化工路线逐步替代煤化工路线。中国在60年代中期,兰州化学公司引进了西欧的砂子炉乙烯等几套装置,国内也相继建成 $25\sim 50\text{kt}\cdot\text{a}^{-1}$ 级的合成氨厂,如上海吴泾化工厂、石家庄化肥厂、四川化工厂。同时,成功地开发了丁烯氧化脱氢制丁二烯及乙腈法分离,制得了顺丁橡胶,并建立了4个 $10\text{kt}\cdot\text{a}^{-1}$ 级装置。又建立了 $6\text{kt}\cdot\text{a}^{-1}$ 重水分离装置,为中国原子能工业发展起了重要作用。由于大庆、胜利、大港等油田的相继发现,中国的炼油工业得到了大发展,建成多个 $2.5\text{Mt}\cdot\text{a}^{-1}$ 的炼油装置。70年代初期开始,有一大批更大规模的化工装置引进,如13套 $300\text{kt}\cdot\text{a}^{-1}$ 合成氨及配套的 $480\text{kt}\cdot\text{a}^{-1}$ 尿素装置。3套石油化工联合企业,如上海石化总厂 $115\text{kt}\cdot\text{a}^{-1}$ 乙烯装置,以生产涤纶、维纶、腈纶;辽阳石化化纤总厂,以生产尼龙丝;天津石油化工总厂,以生产涤纶。1978年又引进了大庆、扬子、齐鲁、上海等四套 $300\text{kt}\cdot\text{a}^{-1}$ 乙烯为核心的联合企业。与此同时,国内也相继开发建成了南京、岳阳的尼龙丝、大型催化裂化及加氢精制脱蜡等大型装置。

由此可见,中国的化学工业正在迅速发展,尤其是石油化工的发展,为化工发展提供了各种原料,对国民经济的发展起着重要作用。

从1949~1987年,中国化学工业各个时期产值平均增长大于10%,1987年化工总产值约占全国工业总产值的4.4%,主要品种的产量,合成氨居世界第二位,硫酸、纯碱、化肥均居世界第三位,烧碱居世界第五位,如表1-1所示。

从国内外化学工业的发展看,现代化学工业的特点可归纳为:

(1) 企业大型化

在化工过程的经济分析中,生产规模是一个影响较大的因素,也就是说,对大部分化工过程,单位年生产能力的投资及生产成本,随着生产规模的增加而减小(在某一极限的规模范围内)。因此,从20世纪50年代起,生产规模明显增大,如乙烯单系列规模,从50年代年产50kt发展到70年代年产 $100\sim 300\text{kt}$,80年代初新建的乙烯装置最大生产能力达年产