

183

面向 21 世纪课程教材  
Textbook Series for 21st Century

TA02-43

Z32

# 化工基础

张 近 主编



A0963110



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

## 内容提要

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容与课程体系改革计划”的研究成果,是“面向 21 世纪课程教材”。本书以“如何实现化学反应工业化”为主线,从化工生产过程的介绍入手,以典型产品示例,系统地分析有代表性的化工产品工艺,涉及化工单元操作、工业化学反应过程、工艺过程优化、技术经济分析、环境保护与三废处理及化工过程开发等内容。本书重视化学工程学基本知识、基础理论的阐述,注重工程观点和方法的传授,并适当介绍化学工业和化学工程的新进展,力求由浅入深、重点突出、主次分明、系统连贯。每章均有小结,并配有复习题和习题。

本书可作为高等师范院校及综合大学化学专业、应用化学专业的教材,亦可作为化学、化学工程技术人员的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

化工基础/张近主编. —北京:高等教育出版社,  
2002.6

ISBN 7-04-010421-0

I. 化... II. 张... III. 化学工业—高等学校—教材 IV. TQ

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 079252 号

化工基础

张近 主编

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市东城区沙滩后街 55 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100009	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
传 真	010-64014048		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>

经 销 新华书店北京发行所  
印 刷 国防工业出版社印刷厂

开 本	787×960	1/16	版 次	2002 年 6 月第 1 版
印 张	24		印 次	2002 年 6 月第 1 次印刷
字 数	440 000		定 价	27.50 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**

# 前 言

1997年11月,教育部师范司组织实施“高等师范教育面向21世纪教学内容和课程体系改革计划”,旨在推动高等师范教育的全面改革。陕西师范大学等院校承担了该计划的“面向21世纪《化工基础》课程教学内容和体系改革的研究”项目(项目编号178B),并展开了深入的研究。

1999年8月,经教育部师范司批准,在西安举行了“面向21世纪高等师范院校《化工基础》课程教学内容和体系改革研讨会”,与会代表一致认为现行的《化工基础》课程教学内容和体系以及现有的《化工基础》教材急需改革,应该认真总结过去的教学经验,分析现状,展望未来,研究面向21世纪《化工基础》课程教学内容和体系的新模式,编写和出版新的教材。

这本《化工基础》教材就是在此形势下,由陕西师范大学牵头,六所院校共同编写完成的。

该书以21世纪对化学人才的知识 and 能力结构的要求为依据,结合化学和应用化学专业的培养目标,寻求《化工基础》课程的最佳编排体系和适宜的教学内容。

本书以“如何实现化学反应工业化”为课程主线,从化工生产过程介绍入手,以典型产品示例,系统地分析有代表性的化工产品工艺,涉及化工单元操作、化学反应工程、工艺过程优化、技术经济分析、环境保护与三废处理及化工过程开发等内容(课程框架)。全书将主线与课程框架有机地结合起来,并覆盖学科知识面、涵盖教学内容,力求达到整体上的系统和完整。

我们将传统教学内容中的“三传一反”内容予以压缩,把化学工业的新发展如精细化工、生物化工等以及化学工业在发展中所面临的诸如资源和能源利用、洁净生产和环境保护等世界性问题纳入新的教学内容。在内容组织上把重心放在原理和方法,只安排必要的计算以验证概念为目的,给拓宽课程覆盖面提供空间。

本书在编排上,有意识、有目的地对《化工基础》涉及的工程技术研究思想和方法进行科学阐述与传授,让学生熟悉各种研究方法,了解不同的研究对象采用不同研究方法的原因,体察各种研究方法的实质,学会根据具体对象,按照问题认识程度不同,选择正确的研究方法,以培养学生独立思考、自我获取知识、扩展知识的能力,突出素质教育。

本书的编写以简明扼要、文字流畅、图片直观、教学容易为目标。每章都有

小结、复习题和习题,就该章涉及内容进行总结,对进一步学习提供资讯,希望在教学上有较好的适用性。

参加本书编写的有陕西师范大学张近(第1、8章和附录,第2章2.1节,第6章6.5节及小结和习题);陕西师范大学杨荣榛(第2章2.2节);河南师范大学席国喜、娄向东(第2章2.3节)、湖南师范大学杨春明(第3章)、陕西师范大学段兴潮(第4章)、广西师范大学陈孟林、唐明明、刘葵(第5章);华南师范大学吕向宏(第6章6.1~6.4节);华中师范大学李德华(第7章)。全书由张近担任主编,统一修改、定稿。陕西师范大学段兴潮和杨荣榛在该书的出版过程中做了大量的工作。

本书在编写中,参考了诸多的相关书籍和资料,在此对有关作者表示谢意。该书在试用、审稿、出版过程中得到读者、审稿人、编辑的关心和支持,对此表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限,书中欠缺和谬误之处在所难免,恳请各方面批评、指正。

编者

2001年1月

# 符号说明

## 1 英文符号

- $A$  传热面积、流体作用面积,  $\text{m}^2$
- $a$  反应级数
- $c$  物质的量浓度,  $\text{kmol}\cdot\text{m}^{-3}$
- $c^*$  平衡时物质的量浓度,  $\text{kmol}\cdot\text{m}^{-3}$
- $c_p$  比定压热容,  $\text{kJ}\cdot\text{kg}\cdot\text{K}^{-1}$
- $D$  扩散系数,  $\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$   
塔径,  $\text{m}$
- $D_e$  内扩散系数,  $\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$
- $d$  直径,  $\text{m}$
- $E$  亨利系数,  $\text{Pa}$
- $E_M$  单板效率即莫夫里板效率
- $E(\tau)$  停留时间分布密度函数
- $F$  流体垂直作用于面积  $A$  上的力,  $\text{N}$
- $F(\tau)$  停留时间分布函数
- $Gr$  格拉晓夫数,  $Gr = \frac{l^3 \rho^2 g \beta \Delta t}{\mu^2}$
- $H$  溶解度系数,  $\text{mol}\cdot\text{N}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$  或  $\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{Pa}^{-1}$   
焓,  $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$
- $H_e$  泵的扬程,  $\text{m}$
- $H_s$  离心泵吸上真空高度,  $\text{m}$
- $H_{s,\max}$  最大吸上真空高度,  $\text{m}$
- $H_T$  板间距,  $\text{m}$
- $h$  表面传热系数,  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$
- $h_f$  直管阻力损失,  $\text{m}$
- $h_l$  管路局部阻力损失,  $\text{m}$
- $K$  反应速率常数  
传热系数,  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$

$K_g$	外扩散传质系数, $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
$K_s$	内表面反应速率常数
$K_v$	催化剂反应速率常数
$K_G$	以气相分压差( $p - p^*$ )为推动力的总传质系数, $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Pa}^{-1}$
$K_L$	以液相浓度差( $c^* - c$ )为推动力的总传质系数, $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
$K_X$	以液相摩尔比差( $X^* - X$ )为推动力的总传质系数, $\text{kmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
$K_Y$	以气相摩尔比差( $Y - Y^*$ )为推动力的总传质系数, $\text{kmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
$k_G$	气膜传质分系数, $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Pa}^{-1}$
$k_L$	液膜传质分系数, $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
$L$	相变热, $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$
$l$	长度, $\text{m}$
$l_e$	当量长度, $\text{m}$
$m$	流体的质量, $\text{kg}$
	提馏段理论塔板数
$M_r$	相对分子质量
$N$	釜数
$N_e$	泵的有效功率, $\text{W}$
$N_a$	轴功率, $\text{W}$
$N_P$	精馏塔实际塔板数
$N_T$	精馏塔理论塔板数
$Nu$	努塞尔数, $Nu = \frac{Kl}{\lambda}$
$n$	物质的量, $\text{mol}$
	离心泵的转速, $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$
	精馏段理论塔板数
$p$	压力, $\text{Pa}$
$p^*$	纯组分的饱和蒸气压, $\text{Pa}$
$Pe$	传质贝克来数, $Pe = \frac{ul}{D}$
$Pr$	普朗特数, $Pr = \frac{\mu c_p}{\lambda}$
$Q$	热量, $\text{J}$
$q$	进料热状况参数
	面积热流量, $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$
$q_m$	质量流量, $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$

$q_n$	摩尔流量, $\text{kmol}\cdot\text{s}^{-1}$
$q_V$	体积流量, $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$
$R$	气体常数, $\text{J}\cdot\text{mol}\cdot\text{K}^{-1}$ 热阻, $\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ 催化剂颗粒半径, $\text{m}$
$Re$	雷诺数, $Re = \frac{du\rho}{\mu}$
$r$	反应速率, $\text{kmol}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{s}^{-1}$
$S$	管道横截面积, $\text{m}^2$
$S_e$	催化剂床层(外)比表面积, $\text{m}^2\cdot\text{m}^{-3}$
$S_i$	单位床层体积催化剂的比表面积, $\text{m}^2\cdot\text{m}^{-3}$
$Sc$	施密特数, $Sc = \frac{\mu}{\rho D}$
$Sh$	舍伍德数, $Sh = \frac{kd}{D}$ , $k$ 为 $k_G$ 或 $k_L$ , $d$ 为特殊尺寸
$T$	热流体温度, $^{\circ}\text{C}$ 或 $\text{K}$ 反应时间, $\text{s}$
$t$	冷流体温度, $^{\circ}\text{C}$ 或 $\text{K}$ 生产辅助时间, $\text{s}$
$u$	流速, $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
$V$	反应器实际体积, $\text{m}^3$
$V_T$	反应物料体积, $\text{m}^3$
$V_R$	反应器有效体积, $\text{m}^3$
$v$	流体的比体积, $\text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$
$w$	质量流速, $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ 混合物中各组分的质量分数
$X$	液相摩尔比
$x$	转化率 液相摩尔分数
$Y$	气相摩尔比
$y$	气相摩尔分数
$Z$	位压头, $\text{m}$
$z$	填料层高度, $\text{m}$

## 2 希腊文符号

$\alpha$  相对挥发度

$\beta$	热膨胀系数, $K^{-1}$ 选择性
$\delta$	厚度, m
$\epsilon$	管壁的粗糙度, mm
$\eta$	容积效率
$\theta$	相对时间
$\lambda$	摩擦阻力系数
$\rho$	密度, $kg \cdot m^{-3}$
$\sigma$	方差
$\mu$	粘度, $Pa \cdot s$
$\nu$	运动粘度, $m \cdot s^{-1}$ 挥发度 Pa
$\tau$	内摩擦应力、剪应力, $N \cdot m^{-2}$ 空间时间、停留时间, s
$\Phi$	传热速率, W 催化剂形状系数
$\varphi$	收率、装料系数 西勒数 $\varphi = \frac{R}{3} \sqrt{\frac{k_v}{D_c}}$
$\psi$	气体混合物中各组分的体积分数
$\zeta$	局部阻力系数



# 目 录

符号说明 .....	1
<b>第 1 章 绪论 .....</b>	<b>1</b>
1.1 化学工业概况 .....	1
1. 化学工业在国民经济中的地位与作用 .....	1
2. 化学工业行业范畴与产品分类 .....	2
3. 化学工业的原料及选择原则 .....	3
4. 化学工业的特点 .....	4
5. 化学工业的发展与现状 .....	6
1.2 化工生产过程概述 .....	12
1. 化工生产过程分析 .....	12
2. 化工生产过程的工业特征 .....	14
3. 化工生产过程的检测与控制 .....	14
4. 化工生产过程的研究与开发 .....	15
5. 化工生产过程的技术经济分析 .....	16
6. 化工生产过程的资源和能源综合利用 .....	17
7. 化工生产过程的优化 .....	17
8. 化工生产过程的流程图 .....	19
1.3 化学工程学简介 .....	19
1. 化学工程学及其研究对象和任务 .....	19
2. 化学工程学的研究方法 .....	20
3. 化学工程学的几个基本概念 .....	21
小结 .....	23
复习题 .....	23
<b>第 2 章 典型化工产品工艺学 .....</b>	<b>24</b>
2.1 硫酸生产 .....	24
1. 概述 .....	24
2. 二氧化硫炉气的制造 .....	26
3. 二氧化硫的催化氧化 .....	33
4. 三氧化硫的吸收 .....	43
5. 接触法生产硫酸的全流程 .....	45
6. 硫酸生产三废治理、能量回收利用及技术经济指标 .....	46
小结 .....	48
复习题 .....	48

2.2 丙烯腈生产 .....	49
1. 概述 .....	49
2. 丙烯氨氧化反应理论 .....	52
3. 合成工艺条件 .....	55
4. 合成反应器 .....	58
5. 工艺流程 .....	59
6. 副产物的利用及废水处理 .....	63
小结 .....	64
复习题 .....	65
2.3 合成氨生产 .....	65
1. 概述 .....	65
2. 氨合成理论基础 .....	67
3. 氨的合成与分离 .....	72
4. 原料气的制造和净化 .....	78
5. 合成氨全流程 .....	86
6. 技术经济分析和综合利用 .....	87
7. 联合生产 .....	90
小结 .....	93
复习题 .....	94
<b>第 3 章 流体流动过程及流体输送设备 .....</b>	<b>95</b>
3.1 流体的基本性质 .....	95
1. 密度 .....	95
2. 比体积 .....	96
3. 压力 .....	97
4. 流量和流速 .....	98
5. 粘度 .....	98
3.2 流体流动的基本规律 .....	101
1. 定态流动和非定态流动 .....	101
2. 流体定态流动过程的物料衡算——连续性方程 .....	101
3. 流体定态流动过程的能量衡算——柏努利方程 .....	102
4. 流体流动规律的应用举例 .....	105
3.3 流体压力和流量的测量 .....	107
1. 流体压力的测量 .....	108
2. 流体流量的测量 .....	109
3.4 管内流体流动的阻力 .....	113
1. 管、管件及阀门简介 .....	113
2. 流动的形态 .....	115
3. 管内流动阻力的计算 .....	119

3.5 流体输送设备·····	128
1. 离心泵·····	128
2. 往复压缩机·····	133
小结·····	136
习题·····	137
<b>第4章 传热过程及换热器</b> ·····	<b>140</b>
4.1 化工生产中的传热过程及常见换热器·····	140
1. 化工生产中的传热过程·····	140
2. 传热基本方式·····	141
3. 间壁式换热器·····	142
4.2 传导传热·····	143
1. 热传导基本方程——傅里叶定律·····	143
2. 间壁式换热器壁面的热传导·····	144
4.3 对流传热·····	149
1. 对流传热机理·····	149
2. 对流传热系数的影响因素及其求取·····	150
4.4 间壁式热交换的计算·····	154
1. 传热总方程·····	154
2. 传热系数 $K$ ·····	155
3. 传热过程的平均温度差·····	157
4. 热负荷及热量衡算·····	159
4.5 换热器的选择及传热过程的强化·····	161
1. 换热器的选择·····	161
2. 传热过程的强化·····	162
小结·····	164
复习题·····	164
习题·····	165
<b>第5章 传质过程及塔设备</b> ·····	<b>168</b>
5.1 传质过程及塔设备简介·····	168
1. 传质过程的类型·····	168
2. 传质过程的共性·····	169
3. 塔设备简介·····	171
小结·····	179
复习题·····	179
5.2 气体的吸收·····	179
1. 概述·····	179
2. 吸收的相平衡·····	181
3. 吸收速率·····	184

4. 填料吸收塔的计算 .....	191
小结 .....	198
复习题 .....	198
习题 .....	200
5.3 液体的精馏 .....	201
1. 概述 .....	201
2. 双组分物系的气液相平衡 .....	201
3. 连续精馏分析 .....	206
4. 连续精馏的物料衡算 .....	208
5. 精馏塔的计算 .....	214
小结 .....	224
复习题 .....	226
习题 .....	226
5.4 新型传质分离技术与特殊传质分离过程简介 .....	227
1. 超临界流体萃取 .....	227
2. 膜分离 .....	230
3. 反应精馏 .....	235
4. 冷冻干燥 .....	237
5. 超重力传质技术 .....	237
小结 .....	238
复习题 .....	238
<b>第6章 工业化学反应过程及反应器 .....</b>	<b>239</b>
6.1 概述 .....	239
1. 工业化学反应过程的特征 .....	239
2. 化学反应工程学的任务和研究方法 .....	239
3. 工业反应器简介 .....	240
4. 反应器的基本计算方程 .....	242
6.2 理想反应器及其计算 .....	243
1. 间歇搅拌釜式反应器(BSTR) .....	243
2. 活塞流反应器(PFR) .....	245
3. 全混流反应器(CSTR) .....	246
4. 多釜串联反应器(MMFR) .....	248
6.3 理想反应器的评比与选择 .....	252
1. 理想反应器的评比 .....	252
2. 理想反应器的选择 .....	255
6.4 非理想流动及实际反应器的计算 .....	260
1. 非理想流动对理想流动的偏离 .....	261
2. 停留时间分布的表示方法 .....	261

3. 停留时间分布的测定方法 .....	262
4. 停留时间分布的数学特征 .....	263
5. 理想流动反应器的停留时间分布 .....	265
6. 非理想流动模型 .....	266
7. 实际反应器的计算 .....	271
6.5 气固相催化反应器 .....	273
1. 气固相催化反应过程 .....	273
2. 固定床催化反应器 .....	278
3. 流化床催化反应器 .....	280
小结 .....	282
习题 .....	283
<b>第 7 章 化工过程开发与评价 .....</b>	<b>286</b>
7.1 化工过程开发的步骤及内容 .....	286
1. 化工过程开发步骤 .....	286
2. 化工过程开发中的两种开发研究 .....	289
7.2 化工过程开发的放大方法 .....	290
1. 逐级经验放大法 .....	290
2. 相似放大法 .....	291
3. 数学模拟法 .....	291
4. 部分解析法 .....	292
7.3 化工过程开发实例 .....	293
7.4 化工过程技术经济评价 .....	295
1. 技术经济评价的内容 .....	295
2. 技术经济评价的指标 .....	296
3. 技术经济评价的方法 .....	297
4. 经济效益分析 .....	305
7.5 可行性研究 .....	313
1. 可行性研究内容与作用 .....	313
2. 可行性研究报告 .....	314
小结 .....	316
复习题 .....	316
<b>第 8 章 化学工业和化学工程学的发展趋势与展望 .....</b>	<b>317</b>
8.1 化学工业的发展趋势 .....	317
1. 行业结构、产品结构向“精细化”发展 .....	317
2. 原料结构多样化将长期存在 .....	319
3. 环境保护问题成为化学工业发展的一个关键 .....	319
4. 化学工业的可持续发展战略 .....	322
8.2 新兴化学工业及其发展前景 .....	324

---

1. 精细化学工业 .....	324
2. 生物化学工业 .....	326
3. 煤化学工业 .....	328
8.3 化学工程学前沿 .....	330
1. 化学工程学与高新技术学科结合形成的前沿学科 .....	330
2. 化学工程学的前沿研究 .....	333
小结 .....	336
参考文献 .....	336
<b>参考书目</b> .....	<b>338</b>
<b>附录</b> .....	<b>341</b>
<b>常用化工术语汉英对照及索引</b> .....	<b>360</b>

# 第1章 绪 论

## 1.1 化学工业概况

### 1. 化学工业在国民经济中的地位与作用

化学工业是国民经济的重要部门之一,它在各国经济发展中举足轻重。美、日、德、英、法、意等化学工业发达国家,化工生产总值一般占国民生产总值的5%~7%,占工业总产值的7%~10%,列于各工业部门的2~4位。世界化学工业的发展速度长期以来超前于工业平均增长速度,在各工业部门中居前列。过去十年,世界化学工业以高于世界经济增长率的20%~30%的速度发展。

化学工业的蓬勃发展反映了人类文明对化工产品的需求日益增加,显示了化学工业在人类社会生活中的作用愈来愈重要。究其原因,化学工业提供了数以万计化工产品,包括生产资料和生活资料,涉及工农业生产、国防建设和人民生活各个方面,极大地满足了国民经济发展的需要。

化学工业为机械工业提供切割用的电石、模型浇铸用的成型剂、零件修复用的粘合剂以及热处理后酸洗、表面镀等等过程用的诸多化学产品。汽车制造业使用合成纤维、合成树脂、橡胶、涂料、石棉、玻璃等化工材料的比例已超过20%。化学工业给冶金工业不但提供了传统的基本无机化工原料酸和碱;还生产着钢材轧制用的金属表面活性剂等精细化学品,上百种化学试剂以及各种橡胶制品,对冶金工业提高产品质量、增加新品种起着很大作用。化学工业为电子工业提供的化学品有光刻胶、焊接剂、超高纯试剂、特种气体、塑料封装材料以及显像管用的碳酸锶、硅烷、高分子凝聚剂等多类产品;为国防工业提供稳定的同位素、推进剂、密封材料、特种涂料、高性能复合材料等许多化工新材料;为建筑行业提供大量的轻质建筑材料,如塑料门窗、聚氯乙烯管道及卫生间塑料制品等。化学建材在建筑材料中比重已超过25%。

在农业方面,化工产品能补充天然物质的不足并替代天然物质,从而节省了大面积的耕地。例如,生产1万吨合成纤维相当于200 km<sup>2</sup>棉田所产棉花,制造1万吨合成橡胶相当于166.5 km<sup>2</sup>橡胶园所产的天然橡胶。化学工业提供的化学肥料在农业增产中仍起着主导作用,20世纪90年代世界化肥以年平均增长

率2%左右的速度增长,2000年世界化肥需求接近2亿吨。我国化肥产量从1949年的2.7万吨增加到1999年的2350万吨,增产近1000倍,但仍不能满足农业2000年达4000万吨的需求。此外,化学工业还为农业提供了农膜及灌溉用材、土壤改良、水土保持、农业机械、水利建设、人工降雨、农副产品深加工等方面需要的化学品,在农业生产中发挥着重要的作用。

化学工业产品渗透到人类衣、食、住、行的各个领域,从色泽鲜艳的化纤服装到五光十色的塑料制品;从性能各异的食物添加剂、果蔬保鲜剂到用途广泛的一次性卫生用品以及医用高分子材料;从绚丽多彩的室内装饰材料到新型轻质的建筑材料;从琳琅满目的家用商品到美观耐久的海、陆、空各种交通工具使用的轮胎、板材、管类等橡胶制品,都是由化学工业提供的原料而制成。随着人口增长、寿命延长、生活水平的提高,人类将在环保、医疗、保健、文体等方面具有更高的要求,为化学工业开辟了广阔的用武之地。

## 2. 化学工业行业范畴与产品分类

化学工业门类复杂,是一个包含多个行业的工业部门。在我国,化学工业包括石油炼制和裂解工业、煤焦化及煤焦油工业、基本有机合成工业、合成高分子工业、氯碱工业、制酸工业、肥料工业以及精细化学工业等行业。

化工产品归纳起来可分为25类。第1类:氨、电石、硫酸、化学肥料;第2类:碱工业产品;第3类:无机化工产品;第4类:高压气体;第5类:火药;第6类:芳香族及焦油产品;第7类:有机化工产品;第8类:石油化工和石油炼制产品;第9类:塑料;第10类:增塑剂及稳定剂;第11类:合成橡胶;第12类:橡胶助剂及炭黑;第13类:人造纤维及合成纤维;第14类:医药和染料中间体;第15类:合成染料;第16类:颜料(无机和有机);第17类:油脂及油剂;第18类:涂料及粘合剂;第19类:香料及食品添加剂;第20类:生活化学产品;第21类:催化剂;第22类:照相药品和拔染剂;第23类:农药;第24类:天然药品及天然产物;第25类:各种不同用途的药剂。

随着现代化学工业的发展,化工新产品迅猛增长。人们按其生产技术密集度的高低、附加值和利润的大小、品种类型和产量的多少、产品更新速度的快慢以及应用范围的不同,又将化工产品分为两大类。一类是通用化学品,是利用煤、石油、天然气、农副产品等天然资源为原料,经过简单、初步的化学加工,而得到的大吨位产品,其附加价值与利润率较低,但应用范围较广。如基本有机化工原料乙烯、乙炔、甲醇、乙醇和乙酸及苯、甲苯、二甲苯、萘和蒽等,基本无机化工产品三酸两碱及合成氨和各种肥料。另一类为精细化学品,或称之为专用化学品,它是以通用化学品为原料,经深度加工,而得到的生产技术密集度高,附加值和利润大,能增进或本身就具有某种特殊应用性能的小批量、多品种、高纯度,并



配有应用技术服务的化工产品。如农药、染料、涂料、颜料、试剂和高纯物、信息化学品(感光材料等)、粘合剂、催化剂和各种助剂、日用化学品、功能高分子材料等。

### 3. 化学工业的原料及选择原则

虽然化工产品种类繁多,但制取这些产品的化工原料却数目有限,就其物质来源划分,有无机原料和有机原料两大类。前者主要有空气、水和化学矿物;后者主要是煤、石油、天然气和生物质。

#### (1) 无机化工原料

空气经液化和精馏可提供化工生产用的氧气和氮气。氧气与诸多化工原料反应生成含氧的产品;氮气既可作为原料,也可用于洗涤、分离气体混合物。水是化工生产必需的物质,它能作原料,可作为溶剂,还可用作冷却剂,亦能用来生产水蒸气以作为热源或动力。化学工业是用水大户,例如生产1吨烧碱便需要100吨水,生产1吨人造纤维需水1000吨。地球上水资源很丰富,总体积达13.6亿(km)<sup>3</sup>,但可供人类生产、生活用的淡水却很少,只占总水量的0.62%,因此合理利用至关重要。化学工业上通常将水循环使用,例如,生产1吨合成氨耗用一次水150~450吨,二次水达到600~1850吨。

重要的化学矿物有用于制硫酸的黄铁矿和硫,制磷酸盐的磷灰石等等。

#### (2) 有机化工原料

煤气化获得的合成气进一步催化转化可得到液态或气态烃和甲醇;煤热分解,除了生成焦炭外,还可得到各种芳烃化合物。事实上,自从19世纪中叶以来,煤就成为化学工业的重要原料之一。

石油和天然气组分稳定、氢碳比高且几乎能全部转化为化工产品的有效成分。石油经蒸馏、热裂解、催化裂化工艺可得到各种烯烃、苯烃以及乙炔,进一步加工得到醇、醛、酸、酯、酐、醚、腈、酚等产品,再合成可获得塑料、合成纤维、合成橡胶及医药、农药、炸药、涂料、染料、香料以及各种试剂。

以石油和天然气为原料生产某产品比从煤出发获得该产品,投资少,能耗小,具有很大的优越性和合理性。随石油工业发展,石油和天然气已在很大程度上替代了煤。然而,用作化工原料的石油和天然气只是它们产量的一部分(国外7%~8%,国内3%~4%),大部分却作为燃料消耗掉了。据估计,世界能源消耗中50%以上依赖于石油和天然气。按如此用量,1983年在伦敦举行的世界石油大会认为石油还可用65年。另一方面,世界矿物原料的估计储量相当于120000亿吨标准煤,有经济开采价值的储量约9000亿吨标准煤。目前,世界年能源需求量约为90亿吨标准煤,所以在近100年内无需担忧有无煤的问题。从充分利用地球煤炭资源讲,应重新把煤作为化工的主要原料,但要使煤化工达