

高等学校“十二五”规划教材

石油化工概论

INTRODUCTION TO CHEMICAL AND PETROCHEMICAL INDUSTRY

■ 魏寿彭 丁巨元 编



化学工业出版社

高等学校“十二五”规划教材

石油化工概论

魏寿彭 丁巨元 编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书提纲挈领地介绍了无机化工、有机化工、石油炼制、乙烯裂解、高分子化工、精细化工、新材料化工、生物化工与制药、现代煤化工、天然气化工；并涉及化学工业和石油化学工业产品生产的基础理论知识，包括化学反应、化学热力学、化学动力学、工业催化剂的应用、单元操作与单元过程、“三传一反”规律与化学工程的基本常识；以及主流产品的分类与性质、生产方法与工艺、生产过程原理、产品的应用等方面，是一本高级科普教材和教学用书。

本书为高等院校非化工类相关专业教材，也可供石化企业从事教学、科研、设计和管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

石油化工概论/魏寿彭,丁巨元编. —北京:化学工业出版社, 2011.6

高等学校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-11446-4

I. 石… II. ①魏…②丁… III. 石油化工-概论
IV. TE65

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第103864号

责任编辑:唐旭华 薛春瑜

责任校对:郑捷

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张13½ 字数334千字 2011年7月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:28.00元

版权所有 违者必究

前言

改革开放以来,以国内“化学工业出版社”,“石油工业出版社”,“中国石化出版社”为主体的出版单位,以“化工”,“石油化工”概论,导论,基础等名义出版的图书不下几十种。随着石油化工、煤化工和能源化工等领域的飞速发展,为了适应时代发展的步伐,作者认为有必要重写一本《石油化工概论》以满足市场上对此类图书经久不衰的需求。

本书既是一本教材,又是一本高级科普读物,采用系统工程的理论与方法,从全局的角度审视各分支学科的内在联系,从学科的发展与工艺生产过程的改进出发,通过提纲挈领、举一反三、由浅入深、深入浅出地对各章节既系统完整地,又有区别地加以论述,从而使本书循序渐进、通俗易懂、便于自学,让读者花尽量少的时间和精力获得更多有用的知识。本书不是包罗万象的百科全书,但是却能帮助读者快速进入感兴趣的领域,再进一步查阅各种工具书,快速获取自己所需要的知识。

本书特别重视对科学技术术语定义的介绍,由于立场、观点和学科特点的不同,对同一术语可以给出不同的定义。不过,由于学识的差异、对问题深度和广度理解上的不同,对交叉学科和相关学科知识掌握程度的不同,使术语定义的水平参差不齐。而科学技术术语定义的水平直接影响人们对科学技术术语的理解和掌握,因此,作者通过查阅大量文献资料,通过比较选出最为合适的科学技术术语定义。

本书的19个章节是一个整体,中心思想是通过作者提纲挈领式的介绍使读者对石油化工有一概要了解,并对读者的工作有所帮助。在绪论中只讲述石油化工在国民经济中的地位与作用,以期引起读者的注意和重视;接着再重点介绍石油化工与能源、环境的关系,使读者对国内外能源和环境的现状和相关政策有一概要了解。

从第2章到第14章,本书将沿着石油化学工业的发展沿革分别介绍无机化工、有机化工、石油炼制、乙烯裂解、高分子化工、精细化工、生物化工的概貌,并单独编写了新材料化工、现代煤化工和天然气化工,重点介绍最新相关内容。本书的第15章从全局的角度介绍化工生产中最核心的问题——化学反应。第16章从工程的角度深入浅出地介绍与化学工业、石油化学工业产品生产密切相关的基础理论知识。第17章介绍化工生产过程中使用的主要生产设备。第18章介绍化工生产过程模拟与优化。本书的最后一章,向读者介绍石油化工企业的现代化管理。

本书的两名作者长期从事该领域的教学、科研与生产工作，有良好的国外留学背景与从事国际学术交流合作经验，熟悉该领域的发展沿革、学科重点、难点、前沿及发展方向。本书加入了作者个人 40 余年从事教学、科研和生产工作的实践经验，相信会对读者有所帮助。但编写一本内容如此广泛、涉及众多学科的综合性教学用书，仍感力不从心。书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

在编写过程中，查阅了国内外大量百科全书大全、辞典、字典、手册和年鉴等工具书；以及大量的网络资料，在此，对资料的编写者和提供者表示由衷感谢。

编 者
2011 年 5 月

目录

1 引言	1	3.2.2 烯烃	19
1.1 石油化工在国民经济中的地位与 作用	1	3.2.3 炔烃	20
1.2 石油化工与能源的关系	2	3.2.4 芳香烃	20
1.2.1 近年来我国化石能源的储量、生产量和进出 口量	2	3.3 重要的含氧有机化合物	21
1.2.2 能源的分类和利用	3	3.3.1 醇和酚	21
第一篇 传统无机与有机化工		3.3.2 醛和酮	23
2 无机化工	6	3.3.3 醚和酯	23
2.1 元素周期表	6	3.3.4 有机酸	24
2.2 工业用酸	7	3.4 含硫有机化合物	26
2.2.1 硫酸	7	3.5 含氮有机化合物	26
2.2.2 盐酸	9	3.5.1 己内酰胺	26
2.2.3 硝酸	9	3.5.2 苯胺	27
2.3 工业用碱	10	3.5.3 丙烯腈	28
2.3.1 氢氧化钠	10	3.5.4 硝基化合物	28
2.3.2 碳酸钠	11	3.6 含卤素有机化合物	28
2.4 无机盐与化学肥料	12	第二篇 炼油化工	
2.4.1 无机盐	12	4 石油炼制	32
2.4.2 化学肥料	12	4.1 石油的组成与物理性质	33
2.5 合成氨的工业生产过程	13	4.1.1 石油的组成	33
2.5.1 合成氨的工艺流程	13	4.1.2 石油的物理性质	34
2.5.2 合成氨的催化机理	14	4.2 几个重要的炼油装置	36
2.5.3 我国合成氨工业的发展情况	15	4.2.1 常减压装置	36
3 有机化工	16	4.2.2 催化裂化装置	38
3.1 有机化合物的命名方法	16	4.2.3 催化重整装置	40
3.1.1 俗名	16	4.2.4 延迟焦化装置	40
3.1.2 普通命名(习惯命名)法	16	4.2.5 加氢裂化装置	41
3.1.3 系统命名法	17	4.3 石油炼制的主要产品	43
3.2 重要的烃类化合物	18	4.3.1 汽油	43
3.2.1 烷烃	18	4.3.2 煤油	43
		4.3.3 轻柴油	44
		4.3.4 重柴油	44

4.3.5 渣油	45	指数	68
4.3.6 重油	45	6.5.2 聚合物的黏度和黏均分子量	69
4.3.7 石脑油	45	6.6 聚合方法	70
4.3.8 液化石油气	45	6.6.1 本体聚合	70
4.3.9 石油焦	45	6.6.2 溶液聚合	71
4.3.10 润滑油	46	6.6.3 悬浮聚合	71
5 乙烯裂解	47	6.6.4 乳液聚合	71
5.1 乙烯装置的主要生产原料	48	6.6.5 四种聚合方法的不同特点	72
5.1.1 轻烃	48	6.7 典型新型高分子材料	72
5.1.2 石脑油	48	6.7.1 高分子分离膜	72
5.2 裂解流程及裂解炉	49	6.7.2 高分子磁性材料	72
5.2.1 裂解流程	49	6.7.3 光功能高分子材料	73
5.2.2 裂解炉	49	6.7.4 高分子复合材料	74
5.3 裂解产物的深冷分离	50	7 合成树脂与塑料	75
5.3.1 裂解气的分离程序	51	7.1 合成树脂的分类	75
5.3.2 裂解气的分离过程	51	7.1.1 碳链、杂链和非碳链合成树脂	75
5.4 乙烯装置的主要产品	52	7.1.2 加聚型和缩聚型合成树脂	75
5.4.1 三烯	52	7.1.3 热塑性树脂和热固性树脂	75
5.4.2 三苯	54	7.2 合成树脂的原料及塑料助剂	76
5.5 乙烯工业采用的几个重要技术	55	7.2.1 合成树脂的原料	76
5.5.1 芳烃分离技术	55	7.2.2 塑料助剂	76
5.5.2 甲苯脱烷基化技术	56	7.3 塑料的成型加工	81
5.5.3 甲苯歧化和烷基转移技术	57	7.3.1 配料与配混机械	81
5.5.4 混合二甲苯的分离技术	57	7.3.2 成型与塑料成型机械	82
6 高分子化工概述	59	7.3.3 机械加工	86
6.1 聚合反应及其分类	59	7.3.4 连接和修饰	86
6.1.1 加聚反应和缩聚反应	59	7.3.5 装配	86
6.1.2 逐步聚合反应和链式聚合反应	60	7.4 通用塑料	86
6.1.3 常见聚合反应	61	7.4.1 聚乙烯	86
6.2 聚合反应机理、动力学与聚合反应器	62	7.4.2 聚丙烯	87
6.3 高分子材料及其分类	63	7.4.3 聚氯乙烯	88
6.3.1 高分子材料概述	63	7.4.4 聚苯乙烯	88
6.3.2 高分子材料的分类	64	7.4.5 ABS 树脂	89
6.4 高分子材料结构及其性能	65	7.5 工程塑料	89
6.4.1 单组分均聚物的序列结构	65	7.5.1 聚酰胺	89
6.4.2 结构单元的顺、反异构体	65	7.5.2 聚碳酸酯	90
6.4.3 共聚物的序列结构	65	7.5.3 聚甲醛	91
6.4.4 结构单元的立体异构	66	7.5.4 热塑性聚酯	91
6.4.5 高分子化合物的几何结构	66	7.5.5 聚苯醚	92
6.4.6 高分子的聚集态结构	67	8 合成纤维	93
6.5 聚合物的分子量与分子量分布	68	8.1 纤维的分类	93
6.5.1 聚合物的相对分子质量和分子量分布	68	8.1.1 天然纤维	93
		8.1.2 化学纤维	93

8.2 纤维助剂与纤维纺丝	94	10.5.1 农药	123
8.2.1 纤维助剂	94	10.5.2 染料	124
8.2.2 化学纤维纺丝	94	10.5.3 涂料	125
8.3 几种重要的合成纤维	98	10.5.4 黏合剂	126
8.3.1 聚丙烯纤维	98	10.5.5 表面活性剂	127
8.3.2 聚丙烯腈纤维	99	11 新材料化工	129
8.3.3 聚酯纤维	100	11.1 材料及其分类	129
8.3.4 聚酰胺纤维	101	11.1.1 金属材料	129
8.3.5 聚乙烯醇纤维	102	11.1.2 无机非金属材料	129
8.3.6 聚氨基甲酸酯纤维	103	11.1.3 有机高分子材料	130
9 合成橡胶	105	11.2 新材料及其分类	130
9.1 天然橡胶与合成橡胶	105	11.2.1 复合材料	130
9.1.1 天然橡胶	105	11.2.2 功能高分子材料	131
9.1.2 合成橡胶	105	11.2.3 精细陶瓷材料	132
9.2 合成橡胶的命名与分类	105	11.2.4 纳米材料	133
9.2.1 合成橡胶的命名	105	12 生物化工与制药	135
9.2.2 合成橡胶的分类	106	12.1 遗传工程	136
9.3 合成橡胶生产工艺	107	12.2 细胞工程	137
9.4 橡胶助剂	107	12.3 基因工程	138
9.4.1 橡胶硫化剂	107	12.4 蛋白质工程	140
9.4.2 橡胶防老剂	108	12.5 发酵工程	141
9.5 橡胶的成型加工及加工设备	109	12.6 酶与酶工程	142
9.5.1 塑炼、混炼与炼胶机	109	12.7 生物制药	144
9.5.2 成型与成型设备	110	12.8 生物产业	145
9.5.3 硫化与硫化机	110	13 现代煤化工	146
9.6 几种重要的合成橡胶	111	13.1 煤化学与煤化工	146
9.6.1 丁苯橡胶	111	13.1.1 煤化学简介	146
9.6.2 顺丁橡胶	112	13.1.2 煤化工发展概述	147
9.6.3 异戊橡胶	113	13.2 煤气化	148
9.6.4 乙丙橡胶	113	13.2.1 煤制天然气	148
9.6.5 氯丁橡胶	114	13.2.2 煤制合成气	149
9.6.6 丁基橡胶	115	13.2.3 现代煤气化工艺	149
9.6.7 丁腈橡胶	115	13.2.4 煤炭地下气化	152
9.6.8 硅橡胶	116	13.3 煤液化	152

第三篇 新兴的现代化工

10 精细化工	120	13.3.1 煤直接液化工艺	153
10.1 精细化工产品及其分类	120	13.3.2 煤间接液化工艺	154
10.2 精细化工产品的生产过程及其特点	120	13.3.3 煤制烯烃	156
10.3 发展精细化工的战略意义	121	13.3.4 煤制乙二醇	157
10.4 精细化工的发展重点与方向	122	13.3.5 煤制二甲醚	158
10.5 几类有代表性的精细化工产品	123	13.4 煤焦化	158
		14 天然气化工	160
		14.1 天然气的热裂解	161
		14.2 天然气制氢	161

14.3	天然气制合成气	162	17	化工生产设备	194
14.4	天然气部分氧化制乙炔	163	17.1	反应设备	194
第四篇 化工生产基本原理					
15	化学反应与化工产品生产	166	17.2	分离设备	195
15.1	化学学科及化学反应的分类	166	17.2.1	精馏塔	195
15.1.1	化学学科的分类	166	17.2.2	吸收塔	195
15.1.2	化学反应的分类	167	17.2.3	萃取塔	196
15.2	化学热力学与化学平衡	168	17.3	热交换器	197
15.2.1	化学热力学	168	17.4	流体输送设备	197
15.2.2	化学平衡	170	17.4.1	泵	197
15.3	化学动力学与化学反应速率	172	17.4.2	压缩机	198
15.3.1	化学动力学	172	18	化工生产过程模拟与优化	199
15.3.2	化学反应速率	172	18.1	化工系统的数学模拟与数学模型	199
15.4	工业催化剂	174	18.2	化工生产过程的流程模拟软件	200
15.4.1	工业催化剂的分类	174	18.2.1	Aspen Plus	200
15.4.2	催化剂的组成、结构与作用	175	18.2.2	Hysys	202
15.4.3	催化剂的活性、选择性与收率	176	19	石油化工企业的现代化管理	203
15.4.4	催化剂的中毒与使用寿命	177	19.1	管理与现代化管理	203
16	化学工程与化工产品生产	179	19.2	管理软件及其应用	203
16.1	单元操作与单元过程	179	19.2.1	MIS	203
16.2	传递过程	181	19.2.2	MRP与MRPⅡ	204
16.2.1	动量传递与伯努利方程	182	19.2.3	ERP	205
16.2.2	热量传递及其计算方法	183	19.3	企业流程重组与新的经营战略	206
16.2.3	质量传递	188	19.3.1	企业流程重组	206
16.3	化学反应工程	190	19.3.2	企业新的经营战略	206
16.4	化学工程热力学	192	参考文献	208	
16.5	化工系统工程	193			

1.1 石油化工在国民经济中的地位与作用

石油化学工业简称石油化工,根据《国民经济行业分类》(GB/T 4754—2002),在《三次产业划分规定》中,石油化学工业属于第二产业,是国民经济支柱产业部门之一。它与工农业生产、国防建设以及人民生活密切相关,在国民经济中具有举足轻重的地位。

石油化学工业的主要生产原料是煤、石油和天然气,是不可再生能源。石油化学工业的主要产品是燃料油、润滑油、乙烯类化工原料、塑料、纤维、橡胶等高分子合成材料。

据《中国能源报》(2011-02-28)报道,国务院国有资产监督管理委员会副主任邵宁 2011 年 2 月 22 日在国务院新闻办公室新闻发布会上表示:“2006~2010 年,中央企业累计向国家上缴税金 5 万亿元。中央企业承担着全国几乎全部的原油、天然气和乙烯生产,2010 年美国《财富》杂志公布的 500 强中,国资委监管的中央企业有 30 家,比 2005 年增加 20 家,中石化、国家电网、中石油进入前十强。”

又据《中国能源信息网》(2011-03-03)报道,2010 年中国能源消费总量为 32.5 亿吨标准煤,比 2005 年上扬 46%。五年间,中国几乎超越美国成为第一大能源消费国,石油对外依存度也越过了 50% 的国际警戒线。2010 年中国能源消费情况如下:①总量 32.5 亿吨标准煤,比上年增长 5.9%;煤炭消费量增长 5.3%,原油消费量增长 12.9%,天然气消费量增长 18.2%,电力消费量增长 13.1%。②2010 年中国原油进口 2.39 亿吨,出口 303 万吨,国内产量 2.03 亿吨,2010 年原油对外依存度为 53.8%,较 2009 年的 51.3% 增长了 2.5 个百分点。因此,石油化工在国民经济中的地位与作用是不言而喻的,下面将从六个方面加以论述。

① 石油化工是能源的主要供应者。石油炼制板块生产的汽油、煤油、柴油、重油、燃料油以及天然气是当前能源的主要供应者,其提供的能源主要用作汽车、拖拉机、飞机、轮船、锅炉的燃料。

② 石油化工促进了农业的发展。农业是我国国民经济的基础产业,石化工业提供的农用塑料薄膜、农药、化肥等,对支援农业的发展,起到了无可替代的作用。

③ 石油化工是材料工业的重要支柱之一。21 世纪是高分子合成材料时代,石油化工为国家提供了合成树脂与塑料、工程塑料、合成纤维、合成橡胶以及其他新型功能高分子材

料，为国家建设做出了不可磨灭的贡献。

④ 石油化工不仅在交通、农业、材料等部门发挥着无可替代的作用，国民经济的任何一个部门的存在和发展都离不开它。因为任何部门都离不开能源的供应，任何一种机械都离不开润滑。

⑤ 石油化学工业的发展，关系着国计民生和国防建设。人类生存需要的粮食、衣物、住房以及各种生活日用品，都离不开化学工业和石油化学工业；而各种常规军事武器（飞机、大炮、坦克等）的燃料和润滑油，宇宙飞行中所用的火箭燃料以及宇宙飞行器生产过程中所用的新型材料都和石油化工密切相关。

⑥ 生产化学工业和石油化学工业产品的煤、石油和天然气都是化石能源，是不可再生资源。能源是重要的战略物资，国际上石油价格的涨落直接影响股票市场的变化，以争夺石油资源为目标的中东局部战争不断，能源的储备直接关系到国家安全。

1.2 石油化工与能源的关系

化石能源与化工是密不可分的，化石能源既是重要的燃料来源，又是重要的化工原料；另一方面，化石能源的主要成分是碳和氢，无论作为燃料或化工原料，在加工、生产和使用过程中，都会对环境造成污染。因此，石油化工与环境污染和保护密切相关，与节能减排、低碳经济、循环经济密切相关。

1.2.1 近年来我国化石能源的储量、生产量和进出口量

要发展石油化学工业，必须要有资源保障，因次，首先从能源的储量和生产量谈起。根据美国《油气杂志》2009年12月21日发布的全球石油产量和油气储量年终统计，全球石油和天然气估算探明储量分别为1855.04亿吨和187.16万亿立方米，沙特阿拉伯和俄罗斯仍分列石油、天然气储量之首，分别为356.02亿吨和47.57万亿立方米。

2009年，我国石油储量增长了27.2%，增至27.88亿吨，排名仍居世界第13位；天然气储量猛增33.8%，达到3.03万亿立方米，排名由第16位也升到了第13位。另据国家统计局公布的数据，2008年我国探明的石油储量为28.90亿吨，天然气为3.40万亿立方米，煤为3261亿吨。2009年我国探明的石油储量为29.49亿吨，天然气为3.71万亿立方米，煤为3189.60亿吨。

2009世界石油产量排名：俄罗斯仍以4.96亿吨高居榜首，沙特阿拉伯以4.1亿吨位居第二，排名第三的美国为2.67亿吨，中国石油产量为1.89亿吨，略高于伊朗的1.86亿吨，排名第4。

又据国家能源局2010年1月22日公布的数据，2009年我国生产原油1.89亿吨，净进口原油1.99亿吨，原油对外依存度达到了51.3%。前已述及，2010年能源消费不断增长。2010年，中国原油进口2.39亿吨，出口303万吨，国内产量2.03亿吨，据此计算，2010年原油对外依存度为53.8%，较2009年的51.3%增长了2.5个百分点。

此外，2009年，国内一次性能源消费结构中，煤炭所占比例为68.7%，石油占18%，天然气占3.4%，可再生能源上升到9.9%，不过离到2020年达到15%的目标还有很大差距。

以上几个方面的数据表明：我国能源的态势是“以煤为主体，石油一半靠进口，非化石能源有待进一步发展”。了解了上述情况就会明白为什么当西方发达国家以石油和天然气为原料发展石油化学工业时，我们国家还在大力发展煤化工，发展煤制天然气、煤制油和煤制烯烃等新型的煤化工。如果说，西方发达国家石油化学工业的生产原料是石油和天然气，与西方发达国家有所不同的是，我们国家石油化学工业所用的生产原料则是煤、石油和天然气。

1.2.2 能源的分类和利用

按能源的基本形态分类，有一次能源和二次能源之分。一次能源又称天然能源，是指自然界中以原有形式存在的、未经加工转换的能量资源。主要包括化石燃料（如煤炭、石油、天然气等）、核燃料、生物质能、水能、风能、太阳能、地热能、海洋能、潮汐能等。二次能源（人工能源）是指由一次能源直接或间接转换成其他种类和形式的能量资源，例如：电力、煤气、汽油、柴油、焦炭、洁净煤、激光和沼气等能源都属于二次能源。

为了进一步加深对能源可利用性的认识，人们对一次能源又进一步加以分类。凡是可以不断得到补充或能在较短周期内再产生的能源称为可再生能源，反之称为不可再生能源。风能、水能、海洋能、潮汐能、太阳能和生物质能等是可再生能源；煤、石油和天然气等是不可再生能源。地热能基本上是不可再生能源，但从地球内部巨大的蕴藏量来看，又具有可再生的性质。核能的新发展将使核燃料循环而具有增殖的性质。核聚变能比核裂变能高出5~10倍，核聚变最合适的燃料重氢（氘）大量存在于海水中，可谓“取之不尽，用之不竭”。因此，核能将是未来能源系统的支柱之一。

通过上述讨论，我们知道作为石油化工的生产原料煤、石油和天然气属于不可再生的一次能源，储量有限，将来总有耗尽的一天，同样，以它们为原料生产的产品也有耗尽的一天。所以，最好的方法就是用可再生能源替代不可再生能源。也就是说用可再生的清洁能源、绿色能源、新能源替代不可再生能源。

那么什么是清洁能源呢，根据百度百科的介绍：清洁能源是不排放污染物的能源，包括核能和“可再生能源”。

绿色能源也称清洁能源，是环境保护和良好生态系统的象征和代名词。它可分为狭义和广义两种概念。狭义的绿色能源是指可再生能源，如水能、生物能、太阳能、风能、地热能和海洋能。这些能源消耗之后可以恢复补充，很少产生污染。广义的绿色能源则包括在能源的生产和消费过程中，选用对生态环境低污染或无污染的能源，如天然气、清洁煤和核能等。

石油化工产品在加工、生产和利用过程中，必然要使用一次能源和二次能源，使用一次能源和二次能源必然会排放温室气体二氧化碳。石油化学工业产品在生产、加工和使用过程中，所排放的废气、废液、废渣，即通常所说的“三废”，给环境造成了严重污染。石油化学工业是一把既造福人类又同时给人类带来了灾难的双刃剑。尤其值得一提的是，二氧化碳的大量排放所造成的温室效应给气候带来的变化。据预测，在21世纪，每10年气温将升高0.3℃，同时，海平面每10年将上涨6cm。为了全面控制二氧化碳等温室气体的排放，以应对全球气候变暖给人类经济和社会带来的不利影响，必须减少温室气体排放，减少人为活动对气候系统的危害，减缓气候变化，增强生态系统对气候变化的适应性，确保粮食生产和经济的可持续发展。中国政府已作出承诺“在2020年前，碳减排40%~45%”。

要实现节能减排就要实施低碳经济和减碳经济，就是首先要考虑最省钱的减排办法。减

碳经济 40% 的份额可以通过节能的办法来实现，其中建筑节能的方法最经济；剩余 60% 的减碳则要通过减排来实现，包含混合动力、煤电和太阳能减排。为了实现节能减排，减碳经济产业应运而生，包括火电减排、新能源汽车、建筑节能、工业节能和循环经济、资源回收、环保设备和节能材料等。在节能设备中，垃圾综合利用，钢铁，水泥、冶金、石化工业等领域的低温余热发电以及节能材料的生产与应用等占据重要位置。

发展石油化学工业需要消耗大量的资源，并给环境造成一定污染。在当今社会资源匮乏、环境污染严重的时代，发展石油化学工业必须走低消耗、低污染、高效率、高效益的道路，走节能减排、绿色发展的道路，正确处理石油化工和能源的关系。

考虑到国内外资源，特别是能源的背景，为确保石油化学工业健康发展，我们必须从以下三方面入手。

第一，在石油化工产品生产过程中实行节能减排。在政策管理层面上，实行节能减排的政策导向，强化节能管理；在技术层面上，以热力学第一、第二定律为指导，以焓平衡、有效能分析以及夹点分析为依据，应用相应的计算机软件，研究并实现反应过程、分离过程、换热过程、流体输送过程和总能系统的节能。

第二，调整石油化工产品生产原料结构，大力发展新型煤化工，用煤制气、煤制油、煤制烯烃的方法替代石油和天然气，生产石油化工产品。用液化石油气、液化天然气、压缩石油气、压缩天然气、工业甲醇、工业乙醇、工业二甲醚替代汽油，用做清洁车用燃料等。

第三，大力发展新型清洁能源、绿色能源，用新能源替代不可再生能源。即利用风能、水能、海洋能、潮汐能、太阳能和生物质能等可再生能源替代不可再生的煤、石油和天然气等不可再生能源。随着能源结构的变化，无形中增加了石油和天然气等不可再生能源用做石油化工产品生产原料的可能性。

第一篇

传统无机与有机化工

2

无机化工

尽管无机化工产品品种繁多、性质各异、应用五花八门，但只要掌握了元素周期表，就进入无机化工产品大门；进一步掌握了三酸（硫酸、盐酸和硝酸）、二碱（苛性碱、纯碱）和化肥（氮肥、磷肥和钾肥）的性质、生产和应用后，就基本上掌握了无机化工产品的相关知识。

2.1 元素周期表

化学元素周期表是 1869 年俄国科学家门捷列夫首创的，他将当时已知的 63 种元素依原子量大小以表格的形式排列，并将化学性质相似的元素作为一列，从而形成了元素周期表的雏形。

周期表的编排显示出不同元素化学性质的周期性，元素按原子序（即原子核内的质子数目）递增次序排列，在同一行中的称为同一周期；而同一列中的则称为同一族，同一族的元素有着相似的化学性质。

除第一周期外，其余每个周期都是以金属元素开始逐渐过渡到非金属元素，最后以稀有气体元素结束。

在原子中，原子序数 = 核电荷数 = 质子数 = 核外电子数；同一周期的元素电子层数相同；同一主族元素最外层电子数相同。

元素性质随着原子序数递增呈现出周期性变化，是元素的原子核外电子排布周期性变化的必然结果。也就是说，原子结构上的周期性变化必然引起元素性质上的周期性变化，这充分体现了结构决定性质的规律。

原子最外层电子数越少，失电子越易，金属性越强；原子最外层电子数越多，得电子越易，非金属性越强。

同一周期中，从左到右，随着原子序数的递增，原子半径递减，失电子能力减弱，获电子能力增强，元素的金属性递减，非金属性递增；

同一族中，从上到下，随着原子序数的递增，元素的金属性递增，非金属性递减。

例如，在元素周期表的第一列，主族元素为锂（Li）、钠（Na）、钾（K）、铷（Ru）、铯（Ce），尽管随着原子核外电子数目的增加，电子组态结构各不相同，但它们原子最外层都只有一个电子，只要去掉这个电子，就可形成稳定态，所以，它们都是金属性质极强的元素，且随着电子层的增加从上到下金属性递增；

在元素周期表的第二列，主族元素为铍（Be）、镁（Mg）、钙（Ca）、锶（Sr）、钡（Ba），因为它们原子最外层有两个电子，必须去掉这两个电子，才能形成稳定态，去掉两个电子当然不如去掉一个电子容易，所以，它们的金属性质不如第一列主族元素的金属性质强，不过从上到下金属性递增，非金属性递减。

在元素周期表的第七列，主族元素为氟（F）、氯（Cl）、溴（Br）、碘（I）。由于原子最外层有七个电子，只要再获取一个电子，就可形成稳定态，所以非金属性质极强。不过，从上到下，随着原子序数的递增，因电子层数增加，再获取一个电子形成稳定态的难态加大，所以元素的金属性递增，非金属性递减。

在元素周期表的第六列，主族元素为氧（O）、硫（S）、硒（Se）、碲（Te）。由于原子最外层有六个电子，必须再获取二个电子，才能形成稳定态，所以非金属性质不如第七列主族元素的非金属性质强。不过从上到下也是金属性递增，非金属性递减。

在元素周期表的第五列，主族元素为氮（N）、磷（P）、砷（As）、锑（Sb）、铋（Bi），由于原子最外层有五个电子，必须再获取三个电子，才能形成稳定态，所以非金属性质不如第六、七列主族元素的非金属性质强。不过从上到下也是金属性递增，非金属性递减。

无论是金属还是非金属与氧反应后，都能生成氧化物。其中，金属性质极强的锂（Li）、钠（Na）、钾（K），氧化后生成的氧化锂（Li₂O）、氧化钠（Na₂O）、氧化钾（K₂O）与水反应后，生成强碱。因此，这三种氧化物被称之为碱金属氧化物。金属性质次之的铍（Be）、镁（Mg）、钙（Ca）、锶（Sr）、钡（Ba），氧化后生成的氧化铍（BeO）、氧化镁（MgO）、氧化钙（CaO）、氧化锶（SrO）、氧化钡（BaO）与水反应后，生成的弱碱被称为碱土金属氧化物。而非金属性质极强的氟和氯，可直接与水反应，生成氢氟酸（HF）和氢氯酸（HCl）；非金属性质次强的硫和氮与磷，氧化后生成的三氧化硫、五氧化二氮、五氧化二磷与水反应后，生成硫酸（H₂SO₄）、硝酸（HNO₃）和磷酸（H₃PO₄），被称为酸性氧化物。酸和碱相互作用生成盐。

金属、非金属、酸性氧化物、碱性氧化物、氢氧化物、酸、碱和盐构成了无机化合物的主体。

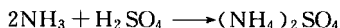
2.2 工业用酸

2.2.1 硫酸

（1）硫酸在国民经济中的重要地位

在众多的无机酸中，最重要的“三酸”是指硫酸、盐酸和硝酸；其中，由于硫酸在国民经济中的重要性，使其地位最为关键。

① 硫酸在肥料生产中的应用。硫酸铵（俗称硫铵或肥田粉）和过磷酸钙（俗称过磷酸石灰或普钙）的生产过程都需要消耗大量的硫酸，反应式如下式所示。



每生产 1t 硫酸铵，就要消耗硫酸（折合成 100% 计算）760kg；每生产 1t 过磷酸钙，就要消耗硫酸 360kg。

② 硫酸用于农药的生产。许多农药都要以硫酸为原料。例如作为植物的杀菌剂硫酸铜、

硫酸锌；杀鼠剂的硫酸铊；除莠剂的硫酸亚铁、硫酸铜等。普通的杀虫剂，如 1059 乳剂（45%）和 1605 乳剂（45%）的生产都需用硫酸。

③ 硫酸用于冶金工业和金属加工。利用电解法精炼铜、锌、镉、镍时，电解液就需要使用硫酸；某些贵金属的精炼，也需要用硫酸来溶解其中夹杂的金属杂质；在钢铁工业中进行冷轧、冷拔及冲压加工之前，都必须用硫酸清除钢铁表面的氧化铁；在轧制薄板、冷拔无缝钢管以及其他质量要求较高的钢材，都必须每轧一次用硫酸洗涤一次。

④ 硫酸用于石油工业。汽油、煤油、柴油和润滑油等石油产品的生产过程中，都需要浓硫酸精炼，以除去其中的含硫化合物和不饱和烃类化合物。

⑤ 硫酸在其他工业生产中的应用。在浓缩硝酸中，以浓硫酸为脱水剂；在氯碱工业中，以浓硫酸来干燥氯气、氯化氢气等；无机盐工业中，如冰晶石（ Na_3AlF_6 ）、硼砂（ $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ）、磷酸三钠（ Na_3PO_4 ）、磷酸氢二钠（ Na_2HPO_4 ）、硫酸铅（ PbSO_4 ）、硫酸锌、硫酸铜、硫酸亚铁以及其他硫酸盐的制备都要用硫酸；许多无机酸如磷酸、硼酸、铬酸（ H_2CrO_4 ，有时也指 CrO_3 ）、氢氟酸、氯磺酸（ ClSO_3H ），有机酸如草酸〔 $(\text{COOH})_2$ 〕、醋酸（ CH_3COOH ）等的制备，也常需要硫酸做原料；此外，炼焦化学工业用硫酸来同焦炉气中的氨起作用副产硫酸铵，电镀业、制革业、颜料工业、橡胶工业、造纸工业、涂料工业（有机溶剂的制备）、工业炸药和铅蓄电池制造业等，都消耗相当数量的硫酸。

硫酸还可用于化学纤维的生产，黏胶丝需要使用硫酸、硫酸锌、硫酸钠的混合液作为黏胶抽丝的凝固浴。

此外，每生产 1t 环氧树脂，需用硫酸 2.68t；号称“塑料王”的聚四氟乙烯，每生产 1t，需用硫酸 1.32t；有机硅树胶、硅油、丁苯橡胶及丁腈橡胶等的生产，也都要使用硫酸。

几乎所有染料（或其中间体）的制备都需要使用硫酸。例如，偶氮染料中间体制备的硝化反应和苯胺染料中间体制备的硝化反应都需使用大量浓硫酸或发烟硫酸，所以有些染料厂就设有硫酸车间，以配合生产需要。

生产合成洗涤剂需要用发烟硫酸和浓硫酸。例如，塑料的增塑剂（如苯二甲酸酐和苯二甲酸酯）、赛璐珞制品所需的原料硝化棉；玻璃纸、羊皮纸的制造；此外，纺织印染工业、搪瓷工业、小五金工业、肥皂工业、人造香料工业等生产部门，也都需要使用硫酸。

磺胺药物的制备过程中的硝化反应，强力杀菌剂呋喃西林的制备过程中的硝化反应，都需用硫酸。此外，很多抗生素的制备，常用药物如阿斯匹林、咖啡因、维生素（ B_2 、 B_{12} 和 C）、激素、异烟肼、红汞、糖精等的制备，无不需用硫酸。

某些国家硫酸工业的发展，曾经是和军用炸药的生产紧密连接在一起的。无论军用炸药（发射药、爆炸药）或工业炸药，大都是以硝基化物或硝酸酯为其主要成分。主要有硝化棉、三硝基甲苯（TNT）、硝化甘油、苦味酸等。虽然这些化合物的生产原料是硝酸，但生产过程中必须同时使用浓硫酸或发烟硫酸。

⑥ 硫酸在国防工业和尖端科学技术中的应用。原子反应堆用核燃料的生产，反应堆用的钛、铝等合金材料的制备，以及用于制造火箭、超音速喷气飞机和人造卫星材料的钛合金，都和硫酸有直接或间接的关系。从硼砂制备硼烷的过程也需要大量硫酸，而硼烷的衍生物是最重要的一种高能燃料，制备分离铀 235 的硼氢化铀也要以硼烷为原料。由此可见，硫酸与国防工业、尖端科学技术都有着密切的关系。不难看出，硫酸是重要的基础化工原料之