

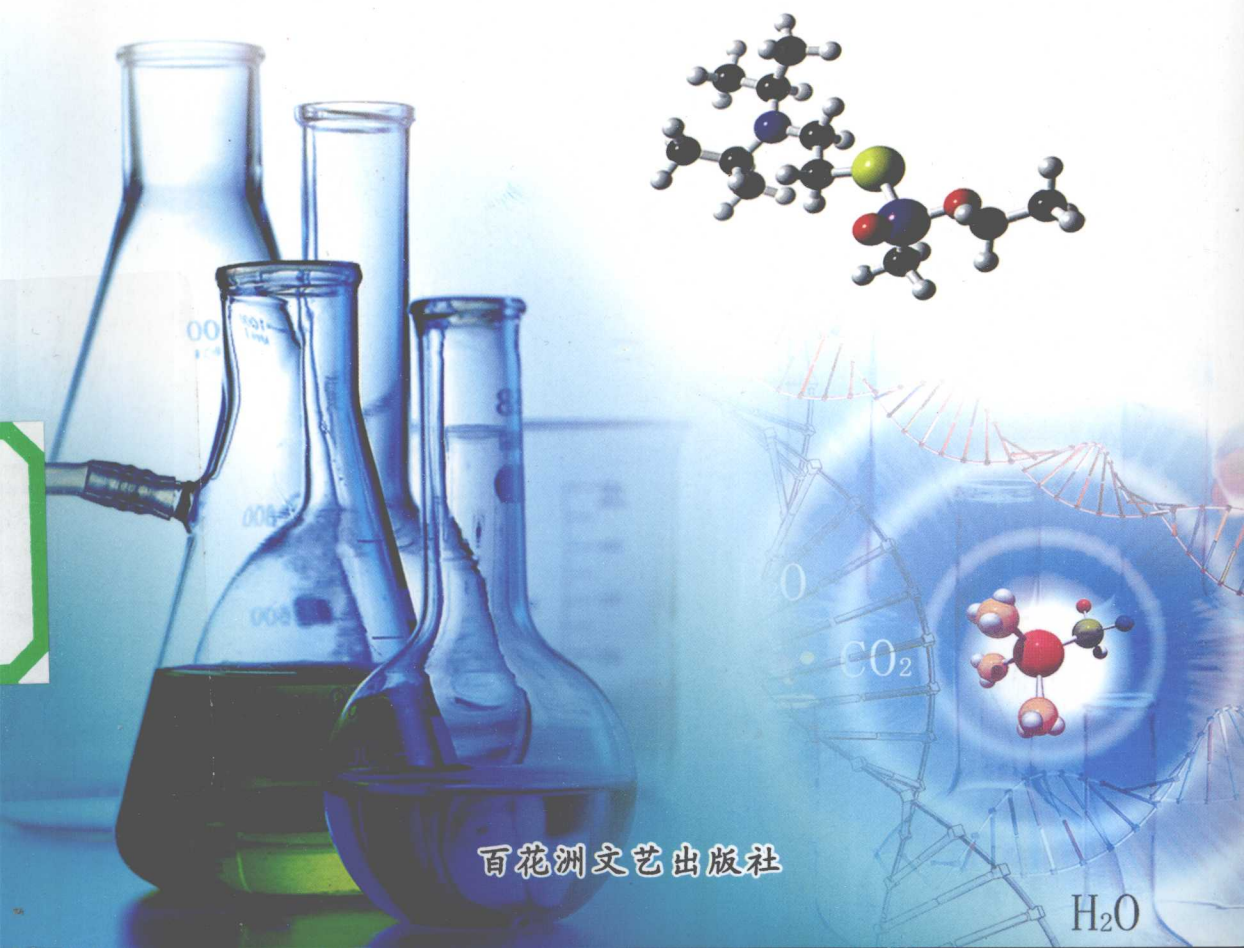
图文版 · 自然科学新导向丛书

TUWENBAN ZIRAN KEXUE XIN DAOXIANG CONGSHU

变化莫测的分子王国

BIANHUAMOCED E [化学工业]
FENZIWANGGUO 主 编◎谢 宇

知识性 趣味性 可读性 实用性



百花洲文艺出版社

H₂O

图书在版编目(CIP)数据

变化莫测的分子王国——化学工业/谢宇主编. —南昌:
百花洲文艺出版社, 2009.10
(图文版自然科学新导向丛书)
ISBN 978-7-80742-838-1

I. 变… II. 谢… III. 化学工业—青少年读物 IV. TQ-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第182971号

书 名: 变化莫测的分子王国——化学工业
作 者: 谢 宇
出版发行: 百花洲文艺出版社(南昌市阳明路310号)
网 址: <http://www.bhzwy.com>
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京市昌平新兴胶印厂
开 本: 700mm×1000mm 1/16
印 张: 10
字 数: 182千字
版 次: 2010年1月第1版第1次印刷
印 数: 1—5000册
定 价: 19.80元
书 号: ISBN 978-7-80742-838-1

版权所有, 盗版必究

邮购联系 0791-6894736 邮编 330008

图书若有印装错误, 影响阅读, 可向承印厂联系调换。

编委会名单

主 编: 谢 宇

副 主 编: 裴 华 何国松 薛 平

执行主编: 李 翠 刘 芳 杨 辉

编 委: 魏献波 高志伟 刘 红 罗树中 方 颖 刘亚飞 汪 锦 杨 芳
周 宁 张玉文 杨 勇 李建军 张继明 李 坤 汪剑强 张锦中

责任校对: 唐中平 李为猛 戴 锋 刘 艳 刘迎春 王兴华 马 靖 杨 波

版式设计: 天宇工作室+孙 娇 (xywenhua@yahoo.cn)

图文制作: 张俊巧 张 娇 张亚萍 徐 娜 张 森 张丽娟

目 录

第一章 化工原料	1
化工基础原料与基本原料	1
辅助性化工材料	3
石油炼制	3
从石油获取的有机化工原料	6
天然气的化工利用	8
煤化工的加工途径	9
煤的干馏	10
煤的汽化	11
电石及乙炔的生产	12
生物质的化工利用	13
矿物质的化工利用	16
原料综合利用	16
第二章 化工生产管理	20
化工企业的生产特点	20
化工生产管理的含义	21
化工生产工艺管理	23
生产作业计划	25
产品质量管理	26
设备管理	27
化工生产效果评价	29

第三章 化工安全管理	36
化工安全生产的地位	36
安全技术管理的基本原则	37
安全管理的主要内容	38
安全标准与规章制度	39
安全培训教育	40
安全检查	42
安全事故管理	43
物料输送安全管理	46
粉碎安全管理	50
混合安全管理	50
加料安全管理	51
出料安全管理	53
加热安全技术	54
加压、负压安全管理	54
冷却与冷凝安全管理	55
过滤安全管理	56
蒸发安全管理	57
干燥安全管理	58
蒸馏安全管理	58
吸收安全管理	60
氧化还原反应安全管理	60
电解反应安全管理	62
裂化反应安全管理	63
氯化反应安全管理	64
硝化反应安全管理	65
污水排放过程安全管理	66
第四章 常见化学品的制备	68
生产硫酸的原料	68

二氧化硫炉气的制备	69
炉气的净化	71
二氧化硫的催化氧化	73
三氧化硫的吸收	76
甘油的生产工艺	77
维生素PP的生产工艺	85
皂基的制备方法	89
牙膏生产工艺	94
原料输送系统	97
牙膏的灌装与包装材料	98
皮革用日化产品的生产工艺	100
家具上光剂的生产工艺	101
除臭剂的生产工艺	102
空气清新剂的生产工艺	103
干洗剂的生产工艺	103
香料的生产工艺	104
涂料的生产工艺	109

第五章 绿色化工与绿色化工产品 111

绿色化工的内涵	111
绿色化工产品	113
绿色催化剂	113
绿色环保玻璃	114
绿色环保焊膏	117
绿色磷酸盐工业	121
软化学——绿色无机合成化学	124
先驱物法	125
水热法	126
助熔剂法	127
溶胶—凝胶法	127

局部化学反应法·····	128
低热固相反应·····	129
流变相反应·····	129
绿色精细化学品·····	130
水处理药剂绿色化·····	130
绿色表面活性剂·····	135
绿色生物化工产品·····	139
绿色生物制药·····	148

第一章

化工原料



化工基础原料与基本原料

化学工业的基础原料指的是一些可以用来加工生产化工基本原料或产品的、在自然界天然存在的资源。它们既有有机的，又有无机的。有机原料有石油、天然气、煤和生物质，无机原料有空气、水、盐、矿物质和金属矿。这些天然资源来源丰富，价格低廉，经过一系列化学加工以后，即可得到很有价值的化工基本原料和化工产品。在从天然资源加工得到的产物中，往往还可以利用那些价格低廉的副产物进一步生产化工基本原料，这对降低原料成本更有意义。如利用石油炼制的副产品轻汽油和炼厂气，煤焦化副产的焦炉气和煤焦油等进一步生产化工原料等。

化学工业的基本原料指的是一些低碳原子的烷烃、烯烃（包括双烯烃）、炔烃、芳香烃和合成气，三酸二碱以及无机盐等。如最常用的乙烯、丙烯、丁烯、丁二烯、苯、甲苯、二甲苯、乙炔、萘、甲烷、乙烷、一氧化碳、氢气、氮气、水、氯化钠等。由这些基本原料出发，可以合成一系列有机中间产品和最终产品，也可以合成一系列无机产品，如氨等。

石油、天然气、煤等原料都是矿物能源。任何其他工业部门都不像化学工业那样在原料和能源之间有着如此密切的联系，因此，矿物原料的供应情况和价格对化学工业的影响远远大于其他工业部门。由于化学工业大量消耗能源，所以，每一次能源供应的变化都会对化学工业产生能源和原料产生双重的影响。

在现代大型化工发展的初期，其原料是以煤为基础，20世纪50年代中期以来，煤逐渐被石油和天然气所取代。1950~1975年间，世界范围内能源消耗的结构发生了很大变化，煤的比例从60%逐渐下降到30%，而石油的比例则从25%上升到45%。



20世纪80年代，由于石油和天然气开采加工技术成熟，应用广泛以及运输和分配费用低等原因，使其无论在绝对数量还是在能源构成百分比上都成为主要的能源，其次是煤。80年代初期，全世界每年消耗石油28亿~30亿吨，其中用作化工原料和化工生产消耗的能源共约2.5亿吨，约占8%~9%。可见，用作化工原料的石油和天然气只是一小部分，绝大部分都作为能源消耗了。由于技术路线的改变是个复杂的问题，因此在相当长的一段时间内仍将依靠石油作为主要能源。但从化工的观点看，石油产品作为能源（燃料）消耗是不经济的。

石油和天然气的优势在于其所含化合物的碳氢比对化工产品的生产更为有利。石油、天然气的碳氢比为1:2~1:4，而煤的碳氢比仅大于1，因此采用石油和天然气生产碳氢比为1:2的乙烯和丙烯成本较低。碳氢比为1:1的苯约有10%来自煤，碳氢比大于1的萘、蒽等芳烃则主要从煤中提取。

确切预测矿物原料的可供量是不容易的，如在1979年布加勒斯特世界石油会议上预言石油可用30年，而1983年在伦敦举行的世界石油大会上则认为可用65年。

根据德国地质科学和原料局的资料，世界矿物原料的估计储量相当于120000亿吨标准煤（1吨标准煤相当于 29.3×10^6 千焦能量），而被证明有经济开采价值的储量约为9000亿吨标准煤。目前，世界年需求量约为90亿吨标准煤，但这些数字未考虑发展中国家消费的增长，而且可开采储量在地球上各处也不是均匀分布的。在工业发达的国家，其石油储量不足全世界石油储量的10%，所以，必须依靠从产油的发展中国家进口。

随着消费量的增加，若没有新的原料储量发现，能源的缺口将变得更大。总之，以天然资源为主要基础原料的化学工业与其能源市场的发展紧密相关，要在不久的将来摆脱对原料与能源的依赖是不现实的。据专家预测，20世纪不会出现石油和天然气紧缺，但在2000年以后，以煤为原料的化学工业将会有上升的趋势。

辅助性化工材料

在化工企业，除消耗原料来生产目的产品以外，还要消耗一些辅助材料，这些材料与原料一起统称为原材料。辅助材料是相对主要原料而言的，它是反应过程中的辅助原料成分，如助剂和各种添加剂，有些辅助材料则不进入产品分子中，如催化反应使用的催化剂，溶液聚合法使用的溶剂等。

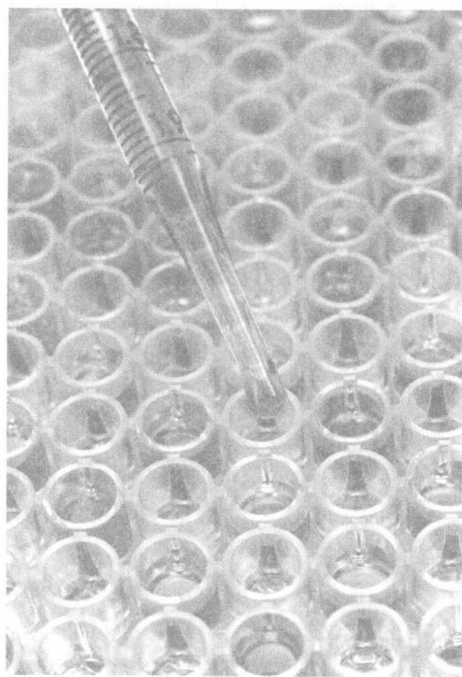
石油炼制

从地下开采出来未经加工处理的石油称为原油。原油一般不直接利用，而是经过加工处理制成各类石油产品。将石油加工成各种石油产品的过程称为石油炼制。石油炼制的主要目的是根据石油中各种成分沸点的不同，将其按不同沸程分离得到不同质量的油品，作为不同性质和用途的燃料油；石油炼制的另一个目的是通过一定的加工方法，提高油品的质量，即提高高质量油品的产量。根据不同的需要，对油品沸程的划分略有不同，一般可分为：轻汽油（50~140℃），汽油（140~200℃），航空煤油（145~230℃），煤油（180~310℃），柴油（260~350℃），润滑油（350~520℃），重油或渣油（>520℃）等。各炼油厂根据不同的要求往往拟定不同的炼油工艺方案。在石油炼制的各种方法中与化学工业关系较大的是常减压蒸馏、裂化和催化重整。

1. 常减压蒸馏

常减压蒸馏是石油加工方法中最简单，也是历史上使用最久的方法。通常是先采用常压蒸馏、后采用减压蒸馏的方法将原油粗分为若干不同的馏程（沸点范围）的馏分。

常压蒸馏又称为直馏（直接蒸馏），是在常压和300~400℃条件下进行的。在常压蒸馏塔的不同高度分别取出汽油、煤油、柴油等油品，塔底蒸余组分为常压重油。常压重油中含重柴油、润滑油、沥青等高沸点组分，要在



常压下继续蒸出这些油品必须采用更高温度,但在 $350\sim 400^{\circ}\text{C}$ 以上时,这些组分发生碳化分解而被破坏,严重影响油品质量。因此,炼油厂根据物质的沸点随外界压力降低而下降的规律,将常压重油于负压和 $380\sim 400^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行减压蒸馏,这样不仅能防止油品的炭化结焦,还降低了热能消耗,加快蒸馏速度。

常减压蒸馏的工艺流程按其加工方向的不同,有一级、二级、三级和四级蒸馏四大类型。原油经预热到 $220\sim 240^{\circ}\text{C}$ 后进入初馏塔,塔顶控制在 140°C 。蒸出的轻烃经冷凝分离得“原油拔顶气”和“轻汽油”。拔顶气约占原油的 $0.15\%\sim 0.4\%$,含乙烷、丙烷、丁烷及少量C5以上组分,一般用作燃料,也可作生产乙烯的原料。初馏塔底油送常压加热炉加热至 $360\sim 370^{\circ}\text{C}$ 入常压塔,塔顶温度根据产品要求控制在 $150\sim 200^{\circ}\text{C}$,得“重汽油”。轻汽油和重汽油的馏程从初馏点 130°C 左右至终馏点 201°C ,也称直馏汽油或石脑油,约占原油的 10% 左右,是催化重整装置生产芳烃的原料,也是裂解生产乙烯的很好原料。常压塔侧线分割出的煤油、柴油,约占原油的 25% ,也是重要的裂解原料。

常压塔塔底重组分经减压炉加热到 $380\sim 400^{\circ}\text{C}$ 入减压塔,从减压塔侧线采出的减压柴油、变压器油等统称为减压馏分油,塔底为减压渣油。减压柴油也可作裂解或催化裂化的原料,减压渣油可作锅炉燃料或用于生产石油焦、石油沥青。

2. 裂化

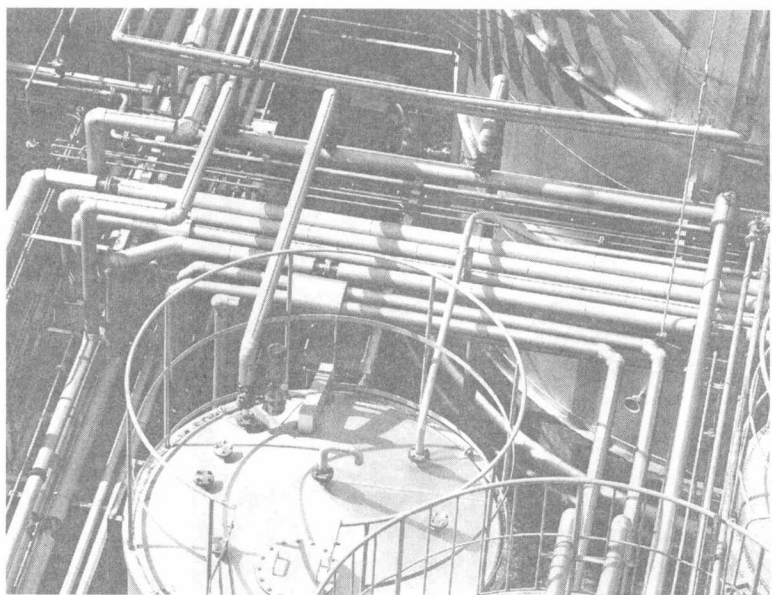
原油经常减压蒸馏得到的直馏汽油一般不超过 25% ,这是因为蒸馏过程是物理过程,直馏汽油量不可能超出原油中所含的汽油,而且主要成分是直链烷烃,其辛烷值低,质量差,从数量和质量上均不能满足交通事业和其他工业部门对燃料油品的要求。裂化操作是将不能用作轻质燃料的常减压馏分油经过化学加工生产出辛烷值较高的汽油等轻质燃料。裂化是一个化学加工过程,主要发生下列各种化学变化,从而得到各种不同的产物:原料中大分子烃分裂成氢气、 C_4 以下的低级烷烃和烯烃,而产生气态混合物,称为裂化气;原料中的大分子烃裂化为 $\text{C}_4\sim \text{C}_{20}$ 的烃,其结果是环烷烃、芳香烃和带有侧链的烃增多了,这就使汽油等馏分的产量增加,质量也提高了;此外,由于叠合、脱氢缩合等反应,也会有分子量更大的烃及焦、碳生成。

裂化工艺大体上可分为热裂化、焦化、催化裂化和加氢裂化等方法。热裂化不使用催化剂,是在一定压力和温度条件下进行的裂化过程,由于热裂化的产品质量较差,开工周期短等缺点,已逐渐被催化裂化所取代。焦化实质上是一种深度裂化,它是重质油加热裂化并伴有聚合反应而生成轻质油、

中间馏分油、焦、碳，同时也生成大量气体产品的石油炼制过程。焦化过程产生的大量气体约占进料的5%~12%（质量分数），其中含有的大量甲烷、乙烷可作燃料或有机合成的原料，所含乙烯、丙烯、丁烯可回收利用。

在催化剂上进行的裂化过程称为催化裂化。催化裂化是炼油工业广泛采用的一种裂化过程，就其加工原料的数量而言，在各种炼油方法中仅次于常减压蒸馏。由于有催化剂（硅酸铝等）的存在，使过程可以在比热裂化较低的温度和压力下进行，而且促进了异构化、芳构化、环构化等反应发生，故可得到高辛烷值汽油（辛烷值可达到80以上）。催化裂化的液体产品为汽油、柴油等组分，同时可得到副产品催化裂化气，气体收率一般为10%~17%（质量分数）左右，其组成随原料、催化剂、反应条件的不同而不同，一般含乙烯3%~4%，丙烯13%~20%，丁烯15%~30%，烷烃约50%（均为质量分数），都是很有价值的基本有机化工原料。

加氢裂化是有氢存在下的催化裂化反应，所用催化剂有贵金属（Pt，Pd）和非贵金属（Ni，Mo，W）两种，多以固体酸（如硅酸铝分子筛等）为载体。加氢裂化主要以减压柴油为原料，近年来已逐渐扩展到以重油为原料。加氢裂化以生产航空煤油和柴油为主，产品还有汽油或重整原料油（石脑油）等。因为加氢裂化可由重质油生产质量好、收率高的油品，所以，此法已成为现代炼油厂的主要加工方法之一。



3. 催化重整

催化重整是使石油馏分经过化学加工转变成芳烃的重要方法之一。该方法最初是用来生产高辛烷值的汽油，现在已成为生产芳烃的一个重要方法。催化重整是将适当的石油馏分在贵金属催化剂Pt（或Rê、Rh、Ir等）的作用下，进行碳架结构的重新调整，使环烷烃和烷烃发生脱氢芳构化反应而形成芳烃，即催化重整；此外也有正构烷烃的异构化、加氢裂化等反应同时发生。

催化重整通常选取沸程为60~200℃的汽油馏分作为原料油，这一范围内含C₆~C₈较多。经重整后得到的重整油含有30%~60%的芳烃（改进催化剂可达80%），还含有烷烃和少量环烷烃。将重整油中芳烃抽提分离后，余下部分称为抽余油，可作商品油，也可作裂解制乙烯的原料。

从石油获取的有机化工原料

从石油炼制的气体产物和液体产物出发，经过加工处理都可以得到基本有机化工原料，而一般作化工利用的总是选用价格低廉的炼厂气、轻质油（所含低分子烃较多，沸点较低，如拔头油、抽余油、直馏汽油、煤油、柴油等）及重质油（含大分子烃类较多，沸点较高，如重油、渣油、甚至原油）。

石油炼制过程中各种加工方法副产的气体，以及各种稳定塔气体总称为炼厂气。主要含比C₄轻的烯烃和烷烃、氢气和其他杂质气体，其组成因炼厂

的产品和工艺的不同而不同。炼厂气是裂解制取低级烯烃的重要原料之一。如在常减压蒸馏中获得的原料拔顶气中，约含2%~4%的乙烷，30%的C₃，50%的C₄，16%~18% C₅及少量C₃以上的馏分，是裂解的优质原料。各种炼厂气的代表性组成如下表所示。



各种炼厂气（石油加工副产气）的代表性组成（体积）/%

气体组成	热裂化气		催化裂化气	稳定塔气体				焦化气体
	高压裂化	低压裂化		来自高压裂化汽油	来自低压裂化汽油	来自催化裂化汽油	来自直馏汽油	
氢气	1~3	7~9	5~7		0.5		1	5~7
甲烷	35~50	28~30	10~18	10		8	11~46	18~20
乙烷	17~20	12~14	3~9	15	8.2	6	3~17	15~20
丙烷	10~15	3~4	14~20	26	10.4	14	9~28	12~18
丁烷	5~10	1~3	21~46	17	2.6	36	14~34	8~12
饱和烃总量	80~84	45~55	71~81	68	21.7	64	35~85	65~72
乙烯	2~3	20~24	3~5	2	9.2	2		5~7
丙烯	6~8	14~18	6~16	16	40.3	17		10~14
丁烯	4~7	6~10	5~10	12	28.4	15		11~15
不饱和烃总量	12~18	40~52	14~31	30	77.9	34		26~36
五个碳以上的烃	4	3	5~12	2	0.3	2	14~30	
按原料计算的气体产率	4~10	20~25	10~17					5~8

常用作化工原料的液体石油产品主要有三类。

1. 直馏汽油

将原油直接蒸馏时得到的汽油叫直馏汽油。这部分汽油用作汽车和飞机燃料时，性能不好，因而常用作生产基本有机化工产品的原料，特别是沸点在40~150℃之间的称为石脑油的汽油馏分。一些不产石油和天然气的西欧国家主要依靠石脑油作原料来生产化工产品。

2. 重整油

由于重整油中含有大量的芳烃，而芳烃作化工原料比用作燃料更合算，因此，重整油目前成为提供芳烃的最主要来源。抽提芳烃后的抽余油，可混入商品汽油，也可作为石油化工厂的裂解原料。

3. 重油、渣油和原油

炼油过程中的重油和渣油，一般用作锅炉燃料，也可以用于生产化工产品。近年来，化工产品的生产为了避免过分依赖炼油工业，甚至直接采用原油为原料。

天然气的化工利用

天然气是埋藏在地下主要含有甲烷的可燃性气体，除甲烷外还含有其他各种烷烃，如乙烷、丙烷、丁烷等，此外还含有硫化氢、氮气、氦气、二氧化碳等气体。

根据天然气中甲烷和其他烷烃含量的不同，通常将天然气分为干气和湿气两种。干气也称贫气，主要成分是甲烷，其他烷烃很少，多由开采气田得到，个别气田的甲烷含量高达99.8%。湿气也称富气，除含甲烷外还含有相当数量的其他低级烷烃。湿气往往和石油产地连在一起，油田气就是开采石油时析出含烷烃的气体，故又称油田伴生气或多油天然气。各种天然气的成分随产地不同而不同，甚至随开采的时间和气候条件不同也有变化。

不同产地的天然气组成（体积分数）/%

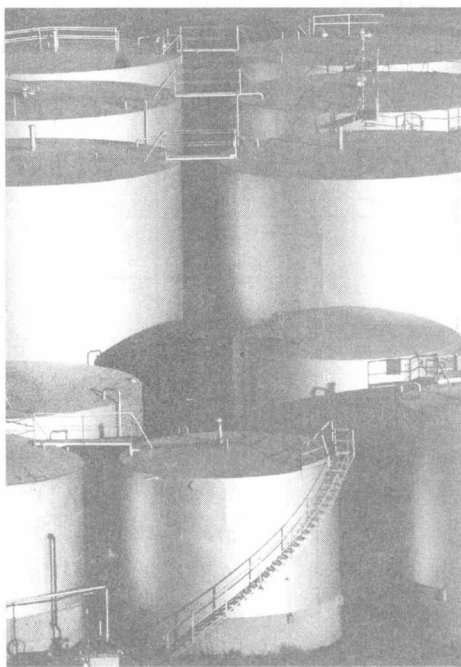
成分	国外天然气产地		国内天然气产地		
	阿尔及利亚	利比亚	四川地区	大庆地区	胜利油田
甲烷	83.0	66.8	97.84	84.56	92.07
乙烷	7.2	19.4	1.32	14.53	6.38
丙烷	2.3	9.1			
丁烷	1.0	3.5			
C ₅ 以上烷烃	0.2	—			
N ₂	5.8	—	0.53	1.78	0.84
CO+CO ₂	0.2	—	0.35	0.3	0.68

天然气因含有硫化氢等杂质而有臭味。与空气或氧气可组成爆炸性混合物，在空气中的爆炸极限（体积）约为5%~16%。

天然气的化学性质较为稳定，高温下才能分解。湿气中丙烷、丁烷能以“液化气体”的形式分离出来（即液化石油气）， C_5 以上烷烃能以“气体汽油”的形式分离出来（凝析油）。

天然气的利用主要有两个方面，即用作燃料和化工原料。天然气的化工利用主要有三个途径：经转化制合成气（ $CO+H_2$ ）或含氢很高的气体，然后进一步合成甲醇、高级醇、合成氨等；经部分氧化法（裂解）制造乙炔，发展乙炔化学工业；直接用于生产各种化工产品，如氢氰酸、各种氯化甲烷、硝基甲烷、甲醇、甲醛等。

中国有丰富的天然气资源，已探明的天然气储量很大，尤其是四川省最多，东北、天津、上海、贵州等地也找到了天然气资源。中国天然气具有储气构造多、气层厚、气量大、钻探成功率高、气井压力大、气体质量好、含硫量低、绝大多数是干气等特点，同时天然气的开采、运输、使用都方便，价格便宜，易于实现生产自动化，故便于化工综合利用。



煤化工的加工途径

煤是自然界蕴藏量最丰富的资源，在世界能源总储量中，煤占79%左右，石油和天然气只占12%。从能源消耗构成来看，石油和天然气的总消耗量约为煤消耗量的两倍，也就是说，目前全世界能源需求量的三分之二是靠石油和天然气来满足的。如果能源消耗年平均增长率按3%估计，石油和天然气仅够使用几十年，而煤可供开采几百年之久。因而，从长远观点看，发展煤炭综合利用，合理使用煤炭资源和研究新的煤炭转化技术有广阔的发展前景。

煤的品种虽然很多，然而它们都是由有机物和无机物两部分组成。无机

物主要是水分及矿物质，有机物主要由碳、氢与少量的氮、硫、磷等元素组成。各种煤所含的主要元素组成见下表：

煤的元素组成（质量分数）/%

煤的种类		泥煤	褐煤	烟煤	无烟煤
元素分析	C	60 ~ 76	70 ~ 80	80 ~ 90	90 ~ 98
	H	5 ~ 6	5 ~ 6	4 ~ 5	1 ~ 3
	O	25 ~ 35	15 ~ 25	5 ~ 15	1 ~ 3

煤的结构很复杂，是以芳香烃结构为主，具有烷基侧链和含氧、含氮、含硫基团的高分子混合物。因此，以煤作为原料，可加工得到许多石油化工较难得到的产品，如萘、蒽、菲、酚类、喹啉、吡啶、呋唑等。长期以来煤主要作为燃料，其结果是大量的煤由于燃烧不完全，变成黑烟跑掉或残留在灰渣中，很多宝贵的化学产品被烧掉了，造成很大浪费，而且还会对环境造成污染。因此，开展煤的综合利用，为化学和冶金工业提供有价值的原料，具有重要的经济意义。

以煤为原料，经过化学加工生产化工产品的工业，称为煤化学工业（简称煤化工）。煤的化工综合利用途径很多，主要是以煤为原料经过汽化、液化、焦化，生产合成气、城市煤气、工业用燃料气、液化烃、焦炉气、煤焦油等产品；再用这些产品为原料，进行化学加工和深度加工，生产合成氨、甲醇、芳烃、电石、液体燃料、多种化学肥料以及农药、医药、涂料、炸药和有机化工基本原料，进而生产合成树脂、合成纤维、合成橡胶等产品。

中国的化学工业是以煤化工为基础发展起来的，目前化学工业中煤化工的比重仍很大，尤其是少数的萘及杂环化合物等焦化产品全部来自煤的炼焦。



煤的干馏

将煤隔绝空气加热，随着温度的上升，煤中的有机物逐渐分解，其中挥发性产物呈气态逸出，残留的不挥发性产物就是焦炭。这种加工方法称为煤的干馏（又称炼焦）。煤的炼焦过程，由于加热的温度不同、发生的变化各异，所得的产品也有所不同。一般加热到1000 ~ 1200℃为高温炼焦

(或称焦化), 700~800℃为中温焦化, 500~600℃为半焦化(或称低温干馏)。高温炼焦与化学工业的关系最为密切。由于高温炼焦是在密闭的炼焦炉内进行, 隔绝了空气, 煤不会燃烧。焦化分解生成气体产物——出炉煤气和固体产物焦炭。出炉煤气经冷却、吸收、分离等方法处理后, 可以得到煤焦油、粗苯、氨和焦炉煤气等。其中对生产有机原料最有价值的是煤焦油、粗苯和焦炉煤气等。焦炭用于冶金工业炼铁或用来生产电石。各产物的收率(以原料煤计)分别为: 焦炭70%~80%, 煤焦油3%~4.5%, 氨0.25%~0.35%, 粗苯0.8%~1.4%, 焦炉煤气15%~19%。

煤焦油是黑褐色黏稠的油状液体, 组成十分复杂, 主要含有芳香烃(苯、甲苯、二甲苯、萘、蒽等), 含氧有机物(酚类)和含氮有机物(吡啶、吡啶碱、喹啉、吡啶等), 用精馏方法可分成若干馏分, 再从各馏分中分离出有机原料苯、甲苯、二甲苯、萘等芳香烃。目前, 已验证出煤焦油中约有500多种有机物, 而且有多种物质是石油加工过程不能得到的很有价值的成分, 但因分离困难, 目前能分离出的种类仅有几十种到一百多种不等, 因而煤焦油至今尚未得到充分利用。

粗苯主要由苯、甲苯、二甲苯、三甲苯所组成, 也含有少量不饱和化合物、硫化物、酚类和吡啶。将粗苯进行分离精制, 可以得到重要的芳香烃原料。

焦炉煤气是热值很高的气体燃料, 同时也是宝贵的化工原料。用吸附分离法分离焦炉煤气可得纯度高达99.9999%的氢气, 从焦炉煤气中也可分离出甲烷馏分(含甲烷75%~85%)和乙烯馏分(含乙烯40%~50%)。

煤的汽化

以固体燃料煤或焦炭为原料, 在一定高温的条件下通入汽化剂, 使炭经过一系列反应生成含有一氧化碳、二氧化碳、氢气、氮气及甲烷等可燃性混合气体煤气的过程称为煤的汽化。常用的汽化剂主要是水蒸气、空气或它们的混合气。煤的汽化是获得基本化工原料——合成气($\text{CO} + \text{H}_2$)的重要途径。煤气的另一用途是作气体燃料使用, 与固体燃料相比是一种有广泛用途的理想燃料, 不仅运输、使用方便, 容易储存、管理, 而且出厂时已经过脱硫处理, 减轻了环境污染, 热效率也比煤高, 因而广泛运用于钢铁工业、化学工业以及民用。

工业煤气的成分取决于燃料、汽化剂的种类和汽化条件, 常用的煤气有如下表所示的四种类型: