



高等院校“十一·五”规划教材

石油化学

廖久明 邱 奎 温守东 主 编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

高等院校“十一五”规划教材

石油化学

廖久明 邱 奎 温守东 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

石油化学是一门关于石油天然气及其产品的化学性质、组成与结构、石油加工过程中烃类和非烃类的转化反应和化学原理以及研究方法的学科。本书涵盖了有关石油天然气的内容, 主要包括: 石油天然气成因与组成、石油天然气分类、石油天然气性质、石油天然气生产、石油组分分离和组成、石油产品性质、石油化工产品性质、天然气化工产品性质、石油生产环境保护等。

本书可作为高等院校化学工程与工艺、应用化工、石油炼制、石油工程、钻井技术、油气开采技术、油气储运技术等专业的教材, 也可作为石油天然气行业中的现场技术人员和管理人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

石油化学 / 廖久明, 邱奎, 温守东主编. —北京: 中国石化出版社, 2009
高等院校“十一五”规划教材
ISBN 978-7-5114-0119-9

I. 石… II. ①廖…②邱…③温… III. 石油化学—高等学校—教材 IV. TE621

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 189267 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址: 北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编: 100011 电话: (010) 84271850

读者服务部电话: (010) 84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

北京宏伟双华印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 15.25 印张 365 千字

2009 年 11 月第 1 版 2009 年 11 月第 1 次印刷

定价: 32.00 元

前 言

《石油化学》主要是为“化学工程与工艺”、“应用化工”、“石油炼制”等石油高等院校专业，以及石油类(非化工)专业，例如，“石油工程”、“钻井技术”、“油气开采技术”、“油气储运技术”等专业的学生，认识 and 了解石油天然气及产品分类、性质，增强石油天然气生产及化工产品意识而撰写的教材，也可作为非石油类专业人员、在石油天然气行业中的现场技术人员和管理人员的参考书。

自从 1955 年我国出版了第一本《石油化学》教材以来，已有多本教材出版，这些教材重点论述了石油炼制与加工以及石油化工产品。随着我国经济快速发展，对能源需求日益增大，天然气的开发和利用受到极大的重视。本书涵盖了石油天然气成因、石油与天然气开发、石油炼制、天然气净化、石油天然气化工产品、石油生产的环境保护等知识，以飨读者。

全书共有九章。其主要内容包括：石油天然气成因与组成、石油天然气分类、石油天然气性质、石油天然气生产、石油组分分离和组成、石油产品性质、石油化工产品性质、天然气化工产品性质、石油生产环境保护等。

本书由廖久明、邱奎、温守东主编，王勇、车现红、张利亚、刁显珍、邱会东等同志参编，在此向他们表示衷心的感谢。

限于编者的水平，书中错误和不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

目 录

绪 论	(1)
第一章 石油天然气成因与组成	(12)
第一节 石油天然气成因	(12)
第二节 石油组成	(21)
第三节 天然气组成	(23)
第二章 石油天然气分类	(25)
第一节 石油的分类	(25)
第二节 天然气的分类	(28)
第三章 石油天然气性质	(30)
第一节 石油的性质	(30)
第二节 天然气的性质	(32)
第四章 石油天然气生产	(35)
第一节 石油天然气开发	(35)
第二节 石油炼制	(47)
第三节 天然气加工与处理	(77)
第五章 石油组分分离及分析方法	(82)
第一节 蒸馏	(82)
第二节 萃取精馏、共沸精馏、萃取和吸收	(93)
第三节 吸附	(103)
第四节 结晶	(107)
第五节 色谱法分离方法	(111)
第六节 石油的质谱分析方法	(118)
第七节 红外光谱	(120)
第八节 核磁共振波谱法	(126)
第六章 石油产品性质	(130)
第一节 汽油	(130)
第二节 柴油	(136)
第三节 喷气燃料	(141)
第四节 润滑油及润滑脂	(146)
第五节 石油蜡	(158)
第六节 石油沥青	(160)
第七节 其他石油产品	(162)
第七章 石油化工产品性质	(165)
第一节 石油化学中间产品	(165)
第二节 石油化学终端产品	(187)

第八章 天然气化工产品性质	(196)
第一节 合成氨	(196)
第二节 甲 醇	(198)
第三节 甲 醛	(202)
第四节 乙 炔	(207)
第五节 炭 黑	(209)
第九章 石油生产环境保护	(211)
第一节 环境保护基础	(211)
第二节 石油生产大气污染及防治	(214)
第三节 石油生产水污染及防治	(221)
第四节 石油生产固体废弃物处理	(232)

绪 论

一、我国石油生产的历史

1. 古代中国对石油的认识

我国石油、天然气的开发利用是一项新兴而古老的事业。石油天然气工业作为中国现代能源生产的一个重要工业部门，是新中国建立以后的事情；而中国发现和利用石油和天然气技术的历史却可追溯到两千年以前，并且在技术上曾经创造过光辉的成就。

石油最初由于从地下自然冒出并且能够燃烧而被发现。在古代西方人还不知道石油是何物时，中华民族的祖先就已经用它来烧饭和照明。我国人民发现和使用石油的时间为世界最早。据考证，人们于三四千年前就已发现和利用石油。

最早发现石油的记录源于《易经》：“泽中有火”、“上火下泽”。泽，指湖泊池沼。“泽中有火”，是石油蒸气在湖泊池沼水面上起火现象的描述。此书在西周时(公元前 11 世纪至公元前 771 年)已编成，距今 3000 多年。

最早认识性能和记载石油产地的古籍，是 1900 年以前东汉文学家、历史学家班固(公元 32 ~ 92 年)所著的《汉书·地理志》。书中写道：“高奴县有洧水可燃。”高奴县指现在的陕西延安一带，洧水是延河的一条支流。这里明确记载了石油的产地，并说明石油是水一般的液体，可以燃烧。

最早采集和利用石油的记载，是南朝(公元 420 ~ 589 年)范晔所著的《后汉书·郡国志》。此书在延寿县(指当时的酒泉郡延寿县，即今甘肃省玉门一带)下载有：“县南有山，石出泉水，大如，燃之极明，不可食。县人谓之石漆。”“石漆”，当时即指石油。晋代(公元 265 ~ 420 年)张华所著的《博物志》和北魏地理学家酈道元所著的《水经注》也有类似的记载。《博物志》一书既提到了甘肃玉门一带有“石漆”，又指出这种石漆可以作为润滑油“膏车”(润滑车轴)。这些记载表明，我国古代人民不仅对石油的性状有了进一步的认识，而且开始进行采集和利用了。

我国古代人民除了把石油用于机械润滑外，还用于照明和燃料。唐朝(公元 618 ~ 907 年)段成武所著的《酉阳杂俎》一书称石油为“石脂水”。“高奴县石脂水，水膩，浮上如漆，采以膏车及燃灯极明”。由此可见，当时我国已应用石油作为照明灯油了。随着生产实践的发展，我国古代人民对石油的认识逐步加深，对石油的利用日益广泛。到了宋代，石油能被加工成固态制成品——石烛，且石烛点燃时间较长，一支石烛可顶蜡烛三支。宋朝著名的爱国诗人陆游(公元 1125 ~ 1209 年)在《老学庵笔记》中，就有用“石烛”照明的记叙。

石油还是我国古代最早使用的药物之一。明朝李时珍(1522 ~ 1596 年)的《本草纲目》曾经记载，石油可以“主治小儿惊风，可与他药混合作丸散，涂疮癣虫癩，治铁箭入肉”。

早在 1400 年以前，我国古代人民就已看到石油在军事方面的重要性，并开始把石油用于战争。

此外，我国古代在火药配方中，开始使用石油产品沥青，以控制火药的燃烧速度。这一技术，比外国早了近 1000 年。

最早给石油以科学命名的是我国宋代著名科学家沈括(1031~1095年,浙江钱塘人)。他在百科全书《梦溪笔谈》中,把历史上沿用的石漆、石脂水、火油、猛火油等名称统一命名为石油,并对石油作了极为详细的论述。“延境内有石油……予疑其烟可用,试扫其煤以为墨,黑光如漆,松墨不及也。……此物后必大行于世,自予始为之。盖石油至多,生于地中无穷,不若松木有时而竭”。“石油”一词,首用于此,沿用至今。沈括曾于1080~1082年任延路经略使,对延安、延长县一带的石油资源亲自作了考察,还第一次用石油制成石油炭黑(黑色颜料),并建议用石油炭黑取代过去用松木、桐木炭黑制墨,以节省林业资源。他首创的用石油炭黑制作的墨,久负盛名,被誉为“延州石液”。事实证明,我国有大量的石油蕴藏,石油和石油产品不仅自给有余,还出口国外几十个国家和地区,确实“生于地中无穷”,并“大行于世”。900年前,我国人民对石油就有了这样的评价,在世界上是罕见的,尤其是对未来石油潜力的预言,更是难能可贵的。

我国古代人民采集石油有十分悠久的历史,特别是通过钻凿油井和气井来开采石油和天然气的技术,在世界上也是最早的。晋代张华所著的《博物志》记载了四川地区,从两千多年以前的秦代就开始凿井取气煮盐的情况。公元1041年以后,钻井用的工具有了很大改进,方法也有所更新。据《蜀中广记》记载,东汉时期,“蜀始开筒井,用环刃凿如碗大,深者数十丈”。据古籍记载,古代在陕西、甘肃、新疆、四川、台湾等省发现了石油矿。据《台湾府志》记载,清朝咸丰十年,台湾新竹县发现了石油,一个名叫邱苟的人,挖坑3m,每天收集6kg左右石油,并用其点燃手提马灯。

我国明代以后,石油开采技术逐渐流传到国外。明朝科学家宋应星(生于1587年,江西奉新县人)所著的科学巨著《天工开物》,把长期流传下来的石油化学知识作了全面的总结,对石油的开采工艺作了系统的叙述。全书18卷,图文并茂,出版于明末崇祯十年,即1637年,是当时世界上仅有的一部化学工艺百科全书。书中记载,不但反映出丰富的化学知识,亦反映出当时的化学工艺生产水平。我国古代石油开采的许多技术环节和技术项目,皆有赖于此书而得以流传。该书16世纪传到日本,1771年的日本翻刻本受到日科技界的注意。18世纪传到欧洲,19世纪上半叶起,陆续出现了欧洲文节译本,1869年出现了比较详细的法文节译本。20世纪后半叶以来,全部被译为日、英、俄文,成为世界科技史的名著之一。难怪有的国家石油技术资料也公认,我国早在公元1100年就钻成了1000米的深井。说明在那时,我国的石油钻井技术就达到了比较高的水平。

2. 中国近代石油工业的发展历史

中国近代石油工业萌芽于19世纪中叶,经过了多年的艰苦历程,直到新中国前夕,它的基础仍然极其薄弱。回顾这一历史过程,将有助于认识当代中国石油工业的崛起。

(1) 新中国成立时的石油状况

玉门老君庙油矿是我国现代石油工业的摇篮,也是新中国成立后建市较早的工业城市之一。它位于甘肃省玉门境内,面积1761km²。玉门老君庙油田原始地质储量5300万t,是中国历史上第一个投入开发的大型背斜油藏。

老君庙油矿是在抗日战争的特殊历史条件下投入开发的。1939年至1949年9月,老君庙油矿共生产原油近50万t,占同期全国石油总产量的90%以上,是旧中国规模最大、职工人数最多、工艺技术领先的石油矿场。

为创建新中国的石油工业,1952年8月,毛泽东主席命令将中国人民解放军第19军第

57 师转业为石油工程第一师,为建设一支具有严格组织纪律、高度献身精神的石油产业大军打下了良好的基础。东北地区的几个人造油厂在设备、材料、技术人员严重缺乏的情况下,依靠技术人员和老工人,仅用两年半的时间,就恢复了抚顺、桦甸、锦州等几个主要人造油厂的生产。

经过三年恢复,到 1952 年底,全国原油产量达到 43.5 万 t,为 1949 年的 3.6 倍,为旧中国最高年产量的 1.3 倍。其中天然油 19.54 万 t,占原油总产量的 45%,人造油 24 万 t,占 55%。生产汽、煤、柴、润四大类油品 25.9 万 t,比 1949 年提高 6 倍多。

按照第一个五年计划的部署,石油勘探首先在我国西北地区展开。1955 年 10 月,克拉玛依第一口井——克 1 井喷油。从 1956 年开始,调整勘探部署,集中力量在大盆地和地台上进行区域勘探,把重点从准葛尔盆地南缘的山前拗陷转向西北缘,当年就拿下了一定面积,很快就探明了克拉玛依油田,实现了新中国成立后石油勘探上的第一个突破。

克拉玛依油田的开发建设,有力地支援了建国初期的经济建设。1958 年青海石油勘探局在发现冷湖构造带的基础上,在冷湖 5 号构造上打出了日产 800t 的高产油井,并相继探明了冷湖 5 号、4 号、3 号油田。在四川,发现了东起重庆、西至自贡、南达叙水的天然气区。1958 年石油部组织川中会战,发现南充、桂花等 7 个油田,结束了西南地区不产石油的历史。

到 50 年代末,全国已初步形成玉门、新疆、青海、四川 4 个石油天然气基地。1959 年,全国原油产量达到 373.3 万 t。其中 4 个基地共产原油 276.3 万 t,占全国原油总产量的 73.9%,四川天然气产量从 1957 年的 6000 多万 m^3 提高到 2.5 亿 m^3 。

在人造油方面,经过扩建和改造,东北各人造油厂的产量有了大幅度的增长。同时,还在广东茂名兴建了一座大型页岩油厂。1959 年人造油产量达到 97 万 t,当时在世界上处于领先地位。

炼油工业在十分薄弱的基础上,先后扩建、新建了上海、克拉玛依、冷湖、兰州、大连等 8 个年加工能力为 10 万 ~ 100 万 t 的炼油厂。1959 年生产汽、煤、柴、润四大类油品 234.9 万 t,主要石油产品自给率达到 40.6%。

(2) 我国石油工业的历史性转变

从 1955 年起,我国先后在华北平原与松辽盆地展开了全面的综合地质调查。

1960 年 3 月,国家抽调 3 万多名复转官兵参加了大庆石油会战。全国有 5000 多家工业企业为大庆生产机电产品和设备,200 个科研设计单位在技术上支援会战,石油系统 37 个厂矿院校的精兵强将和大批物资陆续集中大庆。

1963 年,全国原油产量达到 648 万 t,同年 12 月,周恩来总理在第二次全国人民代表大会第四次会议上庄严宣布:“中国需要的石油,现在已经可以基本自给,中国人民使用‘洋油’的时代,即将一去不复返了!”

大庆油田的开发,原油产量的急剧增长,需要炼油工业同步发展。在此期间,扩建了上海炼油厂、石油七厂,将石油一、二、五厂和茂名石油公司由生产人造油改为主要加工天然原油,并大力开发新工艺、新技术、新产品。1963 ~ 1965 年,先后完成了硫化催化、铂重整、延迟焦化、尿素脱蜡以及配套所需的催化剂、添加剂等 5 个攻关项目。此外,还研究、设计、建设了加氢裂化等装置。到 1965 年止,共新建以上装置 13 套,全部实现了工程质量、试车、投产、出合格产品四个一次成功,大大缩小了同当时国外炼油技术水平的差距。

1965 年生产汽、煤、柴、润四大类油品 617 万 t, 石油产品品种达 494 种, 自给率达 97.6%, 提前实现了我国油品自给。

(3) 我国石油工业的崛起

在大庆石油会战取得决定性胜利以后, 为继续加强我国东部地区的勘探, 石油勘探队伍开始进入渤海湾地区。1964 年, 我国在天津以南、山东东营以北的沿海地带, 开展了华北石油会战。到 1965 年, 在山东获得了 83.8 万 t 原油年产量的胜利油田, 在天津拿下了大港油田。到 1978 年, 大港油田原油年产量达到 315 万 t。胜利油田到 70 年代达到原油产量增长最快的高峰期, 年产量从 1966 年的 130 多万 t, 提高到 1978 年的近 2000 万 t, 成为我国仅次于大庆的第二大油田。

70 年代以来, 在渤海湾北缘的盘锦沼泽地区, 勘探开发了兴隆台油田、曙光油田、欢喜岭油田, 1978 年原油产量达到 355 万 t。

1970 年 4 月, 大庆开始了油田开发调整工作。到 1973 年, 全油田原油产量比 1970 年增长了 50% 以上。1976 年, 大庆油田年产量突破 5000 万 t, 为全国原油年产上 1 亿 t 打下了基础。石油三厂、六厂经过扩建, 改造成为加工天然原油的炼油厂, 陆续兴建了茂名、大庆、南京、胜利、东方红、荆门、长岭等 7 个大型炼油厂; 并以地方为主先后建设了天津、武汉、安庆、浙江、广州、九江、乌鲁木齐、吉林、鞍山、石家庄、洛阳等 11 个大中型炼油厂。到 1978 年, 全国原油年加工能力已达 9291 万 t, 基本上与我国原油生产规模相适应, 当年实际加工原油 7069 万 t, 生产四大类油品 3352 万 t, 品种达 656 种。从 1966 ~ 1978 年的 13 年中, 原油产量以每年递增 18.6% 的速度增长, 年产量突破了 1 亿 t, 原油加工能力增长 5 倍多, 保证了国家的需要, 缓和了能源供应的紧张局面。从 1973 年起, 我国还开始对日本等国出口原油, 为国家换取了大量外汇。

(4) 我国石油工业发展的新时期

自 70 年代以来, 我国石油工业生产发展迅速, 到 1978 年突破了 1 亿 t。

为了多元发展我国的石油工业, 我国于 1982 年成立了中国海洋石油总公司, 1983 年 7 月, 中国石油化工总公司成立。

1998 年 7 月 1 日, 中国石油天然气总公司与中国石油化工总公司重组, 成立中国石油天然气集团公司与中国石油化工集团公司。

3. 我国石油生产与消费现状

1985 年, 我国石油产量已达 1.2 亿 t, 奠定了世界石油生产大国的地位。随着经济的高速发展, 我国跨入了石油消费大国的行列。在过去的 10 年间, 由于经济迅速发展, 我国的石油消费量年均增长 6.66%。而受国内资源及开采条件地制约, 同期石油产量年均增速仅为 1.75%。因此, 我国从 1983 年开始进口石油, 当年进口量为 905 万 t; 1994 年, 我国成为石油净进口国, 进口量逐年增加。表 1 是我国近年来的原油产量。

表 1 我国近年来原油产量统计

年 度	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000
原油产量/万 t	13830.6	14900	156420	15881	15914	15945	16210.0
年 度	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
原油产量/万 t	16409	16932	16960.0	17587.3	18135.3	18367.6	18665.7

据权威机构预计：2010 年，我国石油消费量将达到 2.7 亿 ~ 4 亿 t，而 2005 ~ 2020 年，我国的石油产量仅在 1.8 亿 ~ 2.1 亿 t 之间，每年的缺口大约为 0.7 亿 ~ 1.8 亿 t，对海外石油的依存度超过 30%。2020 年，我国石油的进口依存度可能高达 50% ~ 60%。2020 年，我国石油进口将达 3.6 亿 t，这个数字为 2001 年的 6 倍。表 2 是我国近年来的石油工业产品产量的统计结果。

表 2 中国历年石油工业产品产量统计

万 t

产 品	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年
原油	14764.7	14975.0	15733.4	16074	16100	16000	16300	16396	16700
汽油	2854.0	3052.0	3281.0	3518.0	3465.4	3741.3	4134.7	4154.7	4336.1
柴油	3479.5	3973.0	4419.0	4924.0	4884.1	6302.7	7079.6	7485.7	7735.9

我国石油短缺有三方面的原因：经济的迅速发展，石油产量增加速度低于石油消费增长速度，以及能源效率低。按照国家统计局近期的数据，近 20 多年间，我国 GDP 年均增长率 9.7%。而近 10 年间，石油生产年均增长率仅为 1.8%，但石油消费增长速度却达到 4.9%。目前，我国已成为世界石油消费增长最快的国家。与此同时，我国的单位 GDP 石油消耗量比美国高约 30%，是日本的 2 倍多。因此，石油短缺是我国经济发展过程中必然出现的现象。

我国作为正在兴起的国际石油消费大国，还应充分利用目前已形成的国际石油利益格局，开展能源外交，积极参与多种形式的世界和地区性的能源合作组织，进一步加强与世界石油生产国和消费国政府、国际能源组织和跨国石油公司间的交流与合作，建立稳定的协作关系和利益纽带。通过政治、外交途径，改善与石油出口国，特别是中东、中亚、俄罗斯等国的关系，争取签订政府间长期石油合作贸易协议，改善进出口结构，形成稳定供应的多元化油气进口渠道，完善我国的石油贸易体系。应积极参与期货和现货交易，将市场作为获得石油产品的主要手段，把在国外获得的份额油作为重要的经营手段，开辟国内石油期货市场，力争在石油价格上有更多的发言权，从目前的防御型体系向主动出击型体系转变。在积极利用国外资金、技术和管理经验的同时，鼓励我国石油企业实行跨国经营战略，从事境外油气勘探开发，形成一定规模的境外油气生产基地，同时，带动国内技术、装备、物资出口和劳务输出。

二、我国天然气生产历史

我国天然气开采有着悠久的历史。据《史记》载，在公元前 3 世纪，当时担任蜀郡太守的水利专家李冰就曾在今天的四川邛崃一带凿井汲卤，并利用开采盐井过程中取得的天然气煮卤熬盐。到了距今 1700 多年前的东汉时期，四川的盐井已遍及临邛、成都、南充等地十多个县，利用天然气做饭熬盐随着也普及到上述地区。

从公元 13 世纪开始，我国古代劳动人民已能够对四川自贡、富顺和荣县一带的浅层天然气进行大规模的开发和利用。为了克服天然气运输的困难，并且严防泄漏而造成的危害，在缺少金属材料的情况下，我国古代劳动人民发挥了聪明才智，因地制宜，利用当地唾手可得的竹子和木材，创造性地制造出一种叫做“笕”的运输管线。“笕”能翻山越岭，还能穿河

过湖,把天然气和盐水输送到一二十千米以外的地方。到明朝中期,自流井天然气的开发规模已相当庞大,地面的输送管线已能形成比较完善的集输系统。这不仅在当时是一项令人惊叹的工程,今天看来,仍然闪烁着智慧的光芒。

近年来,我国天然气虽然在不断加速发展,但无论是在绝对产量、速度增长,还是在能源构成中的比例,都远远落后于发达国家。这与这样一个人口众多的资源大国的地位极不相称。为此,有人说中国是一个石油大国,但是一个天然气小国。不过应该在这句话后边加上一行注脚:这只是一种暂时性的现象。到 21 世纪中叶,我国将成为一个发达的天然气大国。

1949 年新中国成立以前,我国只有 3 个小气田,年产量仅为 1000 m^3 。开采方法落后简陋,在能源生产和消费中所占比例微乎其微,不具备工业规模,根本谈不上有什么天然气工业。

新中国成立以来,随着石油工业的发展,我国天然气获得了相应的发展。到 2003 年底,已发现天然气田 380 个,已探明天然气储量 38735 亿 m^3 。2006 年我国的天然气产量已达到 408 亿 m^3 ,2005 年我国累计天然气产量为 499.5 亿 m^3 ,2006 年我国天然气产量为 585.5 亿 m^3 ,2007 年我国生产天然气 693.1 亿 m^3 ,与上年相比增长 23.1%。

2005 年,中国石化南方勘探公司勘探的位于四川东北部的普光气田,已经成为四川盆地已发现的最大天然气田,跻身内地特大天然气田之列。四川普光气田位于四川省宣汉县,已探明天然气储量约为 7000 亿 m^3 。

2006 年 4 月 19 日,中国石油在南充市仪陇县、营山县和平昌县交界处发现了更为巨大的龙岗天然气储气构造,预测龙岗气田探明储量在 10000 亿 m^3 以上,保守估计至少也在 7000 亿 m^3 以上,相当于目前我国最大的气田内蒙古苏里格气田的 2 倍。

三、现代石油工业的发展

1. 世界石油工业开采的历史及现状

从 19 世纪中叶起,近代石油工业迅速兴起,石油作为一种重要的能源、优质的有机化工原料,在世界政治和经济中的地位日趋重要,它在各国的国民经济和国防建设中可以说起着举足轻重的作用。

近代石油工业的历史,一般是从 19 世纪中叶各国采用机械钻井开始算起。1859 年美国在宾夕法尼亚州打出了第一口油井,井深为 21m,日产原油约 2t;俄国也于 1860 年开始采油。所以,现代石油工业的历史约有 149 年。

在 19 世纪后半叶,可以说是石油的“灯油时期”。人们开采石油的目的,主要是为了制取灯油以供照明用。从 20 世纪初开始,随着内燃机的不断扩大应用,石油的利用进入了“动力时期”。石油的轻、重馏分可以作为汽油机和柴油机的燃料,石油动力的利用使得交通运输和军事装备有了质的飞跃。至 20 世纪后半叶,石油的利用又进入了一个“综合利用时期”,也就是说,石油除用作动力燃料外,又成为主要的有机化工原料,这使石油工业在国民经济中的地位变得更加重要了。

石油和天然气都是不可再生的能源,因此确定石油和天然气储量非常重要。但是储量的评定十分复杂。表 3 是全世界历年石油探明储量统计结果。

表 3 全世界历年石油探明储量统计(1999~2003)

亿 t

国家(地区)/年份		2003	2002	2001	2000	1999	2003 年份额/%	2003 年储采比/%
中南美洲国家	美国	41.8	41.4	41.4	40.4	38.9	2.7	11.3
	加拿大	23.0	9.4	9.0	8.7	9.3	1.5	15.5
	墨西哥	21.8	17.1	36.6	38.5	38.6	1.4	11.6
	北美国家合计	86.5	67.9	86.9	87.6	86.7	5.5	12.2
	阿根廷	4.4	3.9	4.1	4.2	3.7	0.3	11.0
	巴西	14.4	11.3	11.6	11.0	9.9	0.9	18.7
	哥伦比亚	2.0	2.4	2.4	3.5	3.5	0.1	7.3
	厄瓜多尔	6.3	6.3	2.9	2.9	2.9	0.4	29.6
	秘鲁	1.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.1	28.4
	特立尼达及多巴哥	2.6	1.0	1.0	1.0	0.8	0.2	31.1
	委内瑞拉	106.1	105.9	105.7	104.6	98.8	6.8	71.5
	其他中南美洲国家	2.0	2.7	2.6	1.9	1.6	0.1	24.8
	合 计	139.0	134.1	130.6	129.5	121.8	8.9	41.5
欧洲与欧亚大陆国家	阿塞拜疆	9.5	9.5	9.5	9.4	9.5	0.6	61.2
	丹麦	1.8	1.8	1.5	1.5	1.5	0.1	9.5
	意大利	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.1	19.0
	哈萨克斯坦	12.2	12.2	10.9	10.9	10.9	0.8	22.3
	挪威	13.7	14.0	12.8	12.8	14.7	0.9	8.5
	罗马尼亚	1.2	1.4	1.4	1.9	1.9	0.1	20.6
	俄罗斯联邦	94.0	81.6	66.1	66.1	66.1	6.0	22.2
	土库曼斯坦	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	②	7.1
	英国	6.1	6.4	6.7	6.8	7.1	0.4	5.4
	乌兹别克斯坦	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.1	9.8
	其他欧洲和欧亚大陆国家	2.9	0.0	3.1	3.1	3.1	0.2	11.9
	合 计	144.1	0.0	114.4	114.8	117.0	9.2	17.1
中东国家	伊朗	177.8	122.0	122.0	122.0	122.0	11.4	92.9
	伊拉克	156.5	153.1	153.1	153.1	153.1	10.0	①
	科威特	131.3	131.3	131.3	131.3	131.3	8.4	①
	阿曼	7.6	7.5	7.5	7.5	7.2	0.5	18.5
	卡塔尔	20.7	20.7	20.7	18.0	5.0	1.3	45.5
	沙特阿拉伯	357.4	356.2	356.2	356.1	358.5	22.9	73.3
	叙利亚	3.1	3.4	3.4	3.4	3.4	0.2	10.5
	阿联酋	133.1	133.1	133.1	133.1	133.1	8.5	①
	也门	1.0	5.4	5.4	5.4	5.4	0.1	4.2
	其他中东国家	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	②	6.1
	合 计	988.6	932.8	932.8	930.1	919.3	63.3	88.1

续表

国家(地区)/年份		2003	2002	2001	2000	1999	2003 年份额/%	2003 年储采比/%
非洲国家	阿尔及利亚	15.4	12.5	12.5	12.5	12.5	1.0	16.7
	安哥拉	12.1	7.3	7.3	7.3	7.3	0.8	27.5
	喀麦隆	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	②	9.0
	刚果共和国	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	0.1	17.1
	埃及	4.9	5.0	3.9	3.9	3.9	0.3	13.2
	加蓬	3.3	3.4	3.4	3.4	3.4	0.2	27.0
	利比亚	49.0	40.1	40.1	40.1	40.1	3.1	66.3
	尼日利亚	46.7	32.7	32.7	30.6	30.6	3.0	43.1
	苏丹	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	7.5
	突尼斯	0.7	0.4	0.4	0.4	0.4	②	20.8
	其他非洲国家	3.1	0.4	1.2	0.8	0.8	0.2	17.5
	合 计	138.5	105.3	104.4	101.8	101.9	8.9	33.2
亚太国家	澳大利亚	6.0	4.8	4.8	3.9	3.9	0.4	19.3
	文莱	1.5	1.9	1.9	1.9	1.9	0.1	14.1
	中国	32.2	24.9	32.7	32.7	32.7	2.1	19.1
	印度	7.6	7.3	6.5	6.4	6.5	0.5	19.3
	印度尼西亚	6.0	6.8	6.8	6.8	6.8	0.4	10.3
	马来西亚	5.4	4.1	4.1	5.3	5.3	0.3	12.5
	巴布亚新几内亚	0.5	0.3	0.3	0.4	0.4	②	22.5
	泰国	1.0	0.8	0.7	0.5	0.0	0.1	8.7
	越南	3.4	0.8	0.8	0.8	0.8	0.2	18.4
	其他亚太国家	1.2	1.1	1.0	1.1	1.1	0.1	15.4
	合 计	64.9	52.7	59.6	59.9	6.0	4.2	16.6
世界总计		1561.5	1425.4	1428.6	1423.7	1406.5	100.0	41.0
经合组织		116.7	98.0	115.6	115.4	116.5	7.5	11.1
欧佩克		1200.0	1114.3	1114.0	1108.0	1091.8	76.9	79.5
非欧佩克③		243.3	20.5	225.6	226.8	225.7	15.6	13.6
独联体		118.2	0.0	0.0	0.0	0.0	7.6	22.7

①100 年以上；②小于 0.05%；③不包括独联体。

资料来源：《BP 能源统计》2004 年。

值得注意的是，在 1960 年 9 月成立的石油输出国组织（Organization of Petroleum Exporting Countries——OPEC，目前有 13 个成员国，它们是伊朗、伊拉克、科威特、沙特阿拉伯、委内瑞拉、卡塔尔、印度尼西亚、利比亚、阿拉伯联合酋长国、阿尔及利亚、尼日利亚、安哥拉和厄瓜多尔），简称“欧佩克”，其石油探明储量达 1200 亿 t，占全世界总储量的 77%；其天然气探明储量达 57 万亿 m³，占全世界总储量的 40%，其中，尤其是沙特阿拉伯的石油探明储量为 357.4 亿 t，占到世界总储量近四分之一。可见，欧佩克国家在世界石油经济中的地位是举足轻重的。

世界上最大的油田有(括号内的数字表示原始的可采储量)沙特阿拉伯的加瓦尔(101 亿 t)和萨法尼亚(29 亿 t),科威特的布尔干(22 亿 t),伊拉克的基尔库克(21 亿 t)和鲁迈拉(18 亿 t),委内瑞拉的拉古尼亚斯(15 亿 t),阿尔及利亚的哈西梅萨乌德(14 亿 t),伊朗的加奇萨兰(15 亿 t)、马荣(14 亿 t)和阿加贾里(13 亿 t),利比亚的萨里尔(11 亿 t),美国阿拉斯加的普拉德霍湾(14 亿 t)。

实际上,由于技术水平等的限制,世界上还有一部分石油及天然气的储量尚未探明。据估计,世界常规石油的总资源量约为 3000 亿 t。此外,还有重质油、油砂、油页岩等非常规石油资源,它们的储量折算为石油估计有八九十亿吨之多,这些将是未来石油的重要来源。

2. 世界炼油工业的历史及现状

1823 年,俄国杜比宁三兄弟建立了世界上第一座釜式蒸馏炼油厂。1860 年, Silliman 建立了美国最早的原油分馏装置。至 19 世纪末,全世界已建起了许多炼油厂,大多采用的是釜式蒸馏,主要生产照明用煤油,而汽油和重质油则因当时还没有找到合适的用途,成了难以处理的废料。

到 20 世纪初,由于内燃机的问世、汽车工业的突飞猛进以及第一次世界大战的刺激,汽油的需求量激增,仅从原油蒸馏中得到的汽油远不能满足需要。这样,石油的二次加工便应运而生,1913 年, W. M. Burton 首先在美国使石油热裂化生产汽油的工艺付诸工业化。至 20 世纪 30 年代,炼油工业的另一重要进展是润滑油生产技术和完善。40 年代则是炼油工业由热加工转向催化加工的时期,固定床催化裂化工艺在 1936 年的工业化是炼油工业发展中的一项重大突破。50 年代是炼油工业催化加工全面发展的时期,除流化床催化裂化得到迅速发展外,又开发了以生产高辛烷值汽油为主要目的的催化重整工艺。与此同时,催化重整装置副产的大量廉价氢气又促进了加氢精制技术的发展,此后,又出现了加氢裂化等工艺。近年来,炼油技术进一步发展,炼油催化剂日新月异,性能不断改进;添加剂生产技术的进步,使润滑油的质量有很大的提高;高效节能设备的采用,使炼油能耗明显下降;在环境保护方面,措施也日臻完善。

3. 我国炼油工业的历史及现状

由于历史原因,我国现代炼油工业起步比较晚。1907 年,陕西地方当局兴办了延长石油官矿局炼油房,在我国首先用单独釜生产灯用煤油。1909 年,新疆也开始炼油。至 1940 年,在玉门建起了日炼 200t 原油的蒸馏装置,并用热裂化装置进行原油的二次加工。但是,直到 1949 年,全国只是在玉门、独山子、延长、大连等地有少数几个规模很小的炼油厂,以及在东北抚顺、锦州、锦西、桦甸等地有几个以煤和油页岩为原料的人造石油厂。当时所需要的油品绝大部分仰仗进口,在 50 年代,先是对一些在战争中被破坏的炼油厂和人造石油厂进行了恢复和扩建,接着就从前苏联引进技术和设备,在兰州兴建了我国第一座年加工能力为 100 万 t 的现代化炼油厂。兰州炼油厂的建成投产使我国炼油工业在技术水平、装备水平和产品质量等方面都有了很大的提高。进入 60 年代以后,随着大庆油田的开发,我国原油产量迅速增长,与此相适应,我国的炼油工业也突飞猛进地发展。依靠自己的力量先后建起了大庆炼油厂、胜利炼油厂、东方红炼油厂等,其年加工能力为 150 万~250 万 t。相继掌握了流化床催化裂化、催化重整、延迟焦化、加氢裂化、烷基化等工艺,以及配套的催化剂制造技术。这样就大大缩小了我国与世界炼油先进技术水平的差距。

至 80 年代, 随着我国的改革开放, 炼油工业又进入一个新的发展时期, 在积极开发应用新技术新工艺的同时, 扩大了与国外的技术合作, 有选择地引进国外先进技术, 有计划有重点地对原有工艺与设备进行技术改造。突出表现在: ① 重油催化裂化技术的掌握和迅速推广; ② 催化加氢能力的扩大和技术水平的提高; ③ 炼厂气较充分的综合利用; ④ 石油产品逐步按照国际标准更新换代。

四、石油化学工业的历史及现状

所谓石油化学工业是指以石油及天然气为原料生产石油化学品的工业, 也就是习惯上称为的石油化工, 当然, 广义地说炼油工业也属于石油化学工业的一部分。

1. 世界石油化学工业的历史及现状

石油化学工业是以石油(包括天然气)为基础的有机合成工业。石油化学工业的兴起始于美国。西·埃利斯(Ellis)于 1908 年创建了世界上最早的石油化工实验室, 经过约 10 年的努力, 于 1917 年用炼厂气中的丙烯制成最早的石油化工产品——异丙醇。1920 年美孚石油公司采用他的研究成果, 进行工业生产, 成为世界上第一个石油化学品, 这标志着石油化工的开始。

1940 年, 该公司又建成第一套用炼厂气为原料生产乙烯的装置。然而, 这一时期, 石油化学工业只在美国得到了发展。50 年代, 德、日、英、意、苏等国相继建立起石油化工企业, 使这一工业领域迅速扩大。60 年代和 70 年代是石油化学工业飞速发展的年代, 产品产量成倍增长, 不断开辟新的原料来源和增加新的品种, 不仅使化学工业的原料构成发生重大变化, 而且促进和带动了整个化学工业, 特别是有机化学工业的发展。

1923 年, 出现了第一个以裂解乙烯为原料的石油化工厂, 从此改变了单纯用煤及农林产品为原料制取有机化学品的局面。此后, 以石油及天然气为原料生产合成纤维、塑料、合成橡胶的技术迅速发展。至 1950 年, 美国的乙烯年产量达 68 万 t, 石油化工产品占有机化工产品的 60% (1940 年仅占 5%)。

从石油化学工业的代表产品——乙烯和石油化学工业的主要加工产品——塑料、合成纤维及合成橡胶的产量增长情况, 可以看到它的发展规模。1960 年全世界乙烯的总产量为 291.2 万 t, 1970 年为 1976.2 万 t, 1980 年增长到约 3000 万 t, 20 年之内乙烯产量增长近 10 倍。在同一时期, 塑料的产量增长幅度与乙烯差不多, 合成纤维产量增长 15 倍, 合成橡胶产量增长 3 倍多。表 4 是 1996~2003 年世界各地的乙烯产量。

表 4 1996~2003 年世界各地乙烯产量一览

万 t

地 区	1996 年产量	2000 年产量	2003 年产量	年均增长率/%
北美	2680.1	3022.5	2907.6	1.2
亚太	1792	2550.4	2924.7	7.2
西欧	1818.2	1968.5	2089.6	2.0
中东	422.6	625.1	931.2	11.9
其他	642.2	821.8	897.8	4.9
合计	7355.1	8988.3	9750.9	4.1

2. 我国石油化学工业的历史及现状

1949 年前的中国化学工业基础十分薄弱, 特别是有机合成工业更是落后, 全国有机化

工原料的年产量才只有 900t。我国的石油化工起步于 50 年代末、60 年代初。第一套工业规模的乙烯装置是在 50 年代由前苏联援助，在兰州合成橡胶厂内建立的年产 5000t 乙烯装置。该装置于 1961 年投产，取代了原来以粮食酒精为原料合成橡胶的路线，从此开始了我国的石油化学工业。

经过 50 多年努力，我国石化工业从无到有，从小到大，特别是改革开放以来取得了世人瞩目的成绩。1983 ~ 1998 年，我国石化工业进入高速发展时期，建成了燕山、大庆、齐鲁、扬子、上海石化、茂名及吉化等七大乙烯装置及石油化工基地，兰化、辽化的乙烯进行了改造，新建了盘锦、独山子、天津、中原、广州、北京乙烯装置，乙烯装置总数达 18 套，燕山、齐鲁、上海石化、大庆的 30 万 t/a 乙烯装置相继进行了扩能至 40 万 ~ 45 万 t/a 的技术改造；形成了辽化、上海石化、天津、仪征四大合纤基地。至此，我国基本上建成了门类比较齐全的石油化工体系。2000 年，我国乙烯及三大合成材料产量、生产能力见表 5。

表 5 我国乙烯和三大合成材料产量及生产能力

产 品	产量/(万 t/a)					2000 年生产能力/(万 t/a)
	1960 年	1970 年	1980 年	1990 年	2000 年	
乙 烯	0.07	1.51	48.99	157.21	470.00	446.32
合成树脂	5.4	17.60	89.80	227.00	1096.70	1072.00
合成纤维	0.03	3.62	31.41	143.43	639.85	709.85
合成橡胶	0.36	2.54	12.30	31.84	88.84	98.90

在世界石油化工生产能力排序中，我国乙烯、合成树脂、合成纤维、合成橡胶分别列第 7、第 5、第 1 和第 4 位。2007 年我国的乙烯产量高达 1000 万 t，预计到 2010 年，中国乙烯产量提高到 1400 万 t。届时，中国乙烯生产将超过日本 (720 万 t)，成为仅次于美国 (2776 万 t) 的世界第二大乙烯生产国。