



普通高等教育“十三五”规划教材

戴咏川 赵德智 主编

石油化学基础

(第二版)

中国石化出版社

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

普通高等教育“十三五”规划教材

石油化学基础

(第二版)

戴咏川 赵德智 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书结合现代最新科研成果,贴近我国石油化工行业的发展实际,适时反映学科的前沿和动态,并针对目前工科学生专业知识的要求,拓展、加深学生专业基础理论知识。本书重点介绍石油和石油馏分以及石油产品的理化性能;通过压缩式发动机以及喷气式发动机的工作原理的差异,介绍发动机燃料(汽油、柴油和喷气燃料)的主要性能指标与其化学组成的关系,并介绍了提高或改善这些性能指标的方法与途径;还介绍了石油热转化过程和催化加工过程的化学反应。

本书不仅可以作为石油化工专业方向学生的重要专业基础课程教材,也可以作为其他非石油化工专业学生掌握石油化学基础知识的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

石油化学基础 / 戴咏川, 赵德智主编. —2 版.
—北京: 中国石化出版社, 2016. 11
ISBN 978-7-5114-4319-9

I. 石… II. ①戴…②赵… III. ①石油化学—基
本知识 IV. TE621

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 255786 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

北京柏力行彩印有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 17.5 印张 443 千字
2017 年 1 月第 2 版 2017 年 1 月第 1 次印刷
定价:45.00 元

序

化学知识能帮助我们更加深入地了解石油的形成、组成和性质，从而更有效地开采、加工和利用石油资源。随着石油工业的发展，《石油化学》课程应运而生，并陆陆续续派生出许多分支(例如石油地球化学、油田化学或油田应用化学、石油化学组成分析、石油加工原理、油品化学及应用、石油产品应用技术基础，等等)。其中，对于从事石油炼制与化工专业科学研究和理论教学人士而言，梁文杰等人编著的《石油化学》学术内容最全面、理论研究最前沿。

随着高等教育改革不断深入，为了适应化学工程与工艺专业应用型人才培养的需要，辽宁石油化工大学戴咏川、赵德智两位教授将《石油炼制工程》内容进行整合，单独开设了《石油化学基础》作为专业基础课。他们为了拓宽专业，巩固专业基础理论知识，利用这次《石油化学基础》重版机会，在他们前几年自编出版的《石油化学基础》和《石油化学(双语课程)》的基础上，参考国内外石油化学最新科研动态，对书中内容进行重新梳理修订。出版之前将书稿内容让我看，并约我为之作序。

我匆匆阅读了一遍书稿，觉得内容丰富翔实，新修订的《石油化学基础》有如下3个特点，可以推荐给国内同类工科院校作为化工专业的教材或相关专业的技术参考书，遂为作序。

1. 石油及石油产品的化学组成的分析方法、石油及石油产品各种理化性质及其相互影响关系、石油炼制过程(热转化及各种催化转化)的化学原理，都离不开石油化学知识。针对目前工科学生应用型人才培养的要求，《石油化学基础》力求从认识规律出发，不单全面阐述石油化学的基本理论，而且详尽介绍石油化学基本理论的应用，这为后续专业课程的学习打下扎实的理论基础。

2. 针对目前工科学生创新型人才培养的要求，《石油化学基础》除了拓展、加深学生石油化学基础理论知识外，还以掌握现代石油化工领域新理论、新标准、新技术的发展趋势为目标。作者努力做到把本领域最新科研的成果引入到教学中，不仅包括国内外知名学者的研究成果，也体现作者的科研成果。通过对石油化学的学习，培养学生的分析问题、逻辑推理能力、自学能力、独立思考能力和创新能力，并培养其将化学基础理论知识与石油加工工程实践相结合的能力。

3. 通过近二十年的教学实践我们都意识到：化学工程与工艺专业石油炼制与化工教材中的石油化学基本理论和基本内容不能削弱，面对日新月异的科技进步，与新理论、新技术、新产品相关的内容还要充实进来，而《石油化学基础》课程教学时数不能突破，教材的篇幅不但不应增加，反而应该压缩。作者在修订《石油化学基础》过程中对这个问题给予特别关注，在内容的取舍和深度的把握上做了大量的工作，较好地满足当前教学改革的需要。



2016年5月15日

第二版前言

《石油化学基础》第一版十分成功，是辽宁省“十二五”规划教材，并获得中国石油和化学工业优秀出版物奖(教材奖)二等奖。第二版在保留第一版的优点和特色的基础上，引入了新环境保护要求下对燃料，主要是针对汽油和柴油的化学组成变化与指标新要求之间的关系，石油产品的新质量标准，并根据编者多年的教学经验，改进了部分内容的叙述方式。根据国家《化学工程与工艺专业标准》要求，构建以能力为本位的新型课程体系。以用定学、学以致用，以能力为本位、以应用为主旨和特征构建、更新、优化教学内容体系，结合新环境保护法，以掌握现代石油化工领域新理论、新标准、新技术的发展趋势为目标，并兼顾当今高等学校应用型人才的培养要求。

本书在编写过程中，得到了广东石油化工学院有关领导和教师的支持和帮助，特别是梁朝林教授等。在此，对所有帮助过我们的家人和同事一并表示衷心的感谢！

本书共分八章。第一至第四章、第八章由辽宁石油化工大学戴咏川编写，第五至第七章由辽宁石油化工大学赵德智编写。

限于编者水平，本书在内容取舍、编写方面难免存在不妥之处，恳请读者批评指正。

2016年5月于抚顺

前 言

《石油化学基础》课程是化学工程与工艺专业的主要专业基础课程之一。20世纪80年代以前,化学工程与工艺专业的主要专业课程教材仅是简单的自编《炼油工艺学》,石油化学仅仅是其中的一部分章节。1977年恢复高考后,专业课程教材选用《石油炼制工程》(林世雄主编),石油化学成为该课程中主要的一个教学环节,但是仍然未单独设课。1997年后,随着专业课程的建设和资金的不断投入,加大了专业课程改革的力度,为了拓宽专业,巩固专业基础理论知识,将《石油炼制工程》内容进行整合,单独开设了《石油化学》作为专业基础课。

《石油化学基础》课程是在无机化学与分析化学、有机化学、物理化学以及仪器分析等课程的基础上进行的,是这些化学基础理论在石油加工领域中的应用。通过本门课程的学习,可以使学生了解石油化学组成的研究方法、石油的烃类和非烃类组成的特点;熟悉主要石油产品的物理性质及化学组成,着重掌握物理性质和化学组成之间的关系,以及发动机燃料(汽油、柴油和喷气燃料)的使用规格和发展趋势;熟悉石油加工过程中的主要过程及其主要化学反应,掌握石油加工(包括天然气化学等)中催化反应及非催化反应的一般规律。为了适应“宽专业、厚基础”,全面培养现代石油化工企业高级专业技术人员的需要,在本书的编写过程中,针对目前工科学生专业知识的要求,拓展、加深了学生专业基础理论知识,以掌握现代石油化工领域新理论、新标准、新技术的发展趋势为目标。通过石油化学的学习,培养学生的分析问题、逻辑推理能力、自学能力、独立思考能力和创新能力,并培养其将化学基础理论知识与石油加工工程实践相结合的能力。

本书共分8章,其中,第一、二、三、四、七、八由戴咏川编写,第五、六章由赵德智编写。

由于水平有限,书中会存在疏漏,敬请读者指正。

编 者

目 录

绪论	(1)
第一章 石油及石油馏分的化学组成	(9)
第一节 原油的一般性质、元素组成、馏分组成	(9)
第二节 石油的化学组成	(13)
第三节 石油的成因	(50)
第二章 石油及其产品的物理化学性质	(52)
第一节 基本理化性质	(52)
第二节 蒸发性能	(73)
第三节 热性质	(81)
第四节 石油馏分的临界性质、压缩因数和偏心因数	(90)
第五节 低温性能	(103)
第六节 光学性质	(105)
第三章 发动机燃料	(109)
第一节 汽油	(109)
第二节 柴油	(134)
第三节 喷气燃料	(151)
第四章 其他石油产品	(162)
第一节 石油蜡	(162)
第二节 石油焦	(166)
第三节 石油沥青	(168)
第四节 燃料油	(174)
第五章 天然气	(176)
第一节 概述	(176)
第二节 天然气的储量和产量	(180)
第三节 天然气的质量要求	(186)
第四节 天然气组分的一般性质	(188)
第五节 天然气的物理性质	(194)
第六节 天然气化工技术	(209)
第六章 原油评价	(212)
第一节 石油评价方法概述	(212)
第二节 原油的分类方法	(218)
第三节 渣油的评价	(219)

第七章 石油热转化过程的化学反应 (222)

 第一节 烃类热反应的基本理论 (222)

 第二节 石油和石油馏分的热转化过程 (227)

第八章 石油催化加工过程的化学反应 (231)

 第一节 催化裂化 (231)

 第二节 催化重整 (242)

 第三节 催化加氢 (251)

参考文献 (271)

绪 论

1859年美国小镇梯特斯维尔钻成了世界上第一口现代油井，现代石油工业就此拉开序幕。今天，石油作为现代工业的“血液”，已经成为一个遍及全世界、对各国政治、经济、军事和人们生活都有重大影响的产业，不仅仅成为决定一个国家命运的关键，也可以“控制世界，特别是控制靠东方提供石油的欧洲”（法国《震旦报》1955年夏在第四届世界石油大会举行时发表的评论）。

一、世界石油工业的开启

人类认识和使用石油的历史可以追溯到三四千年前。公元前3500年古巴比伦人开始利用沥青浇灌水坝；或将其涂于船体防渗、防腐。世界上最早的油井是2500多年前古波斯首都苏萨附近的阿尔利卡地区的油井。公元前5世纪，波斯帝国开始用原始手工方式掘井采油，并命名为“拉迪那凯”（rhadinace，渗流的意思），这是自有文字记载以来人类给石油所起的第一个名称。

中国关于石油最早的记录出现在北宋。沈括在他的《梦溪笔谈》中，记述了他在西北发现的一种可燃烧黏稠液体，并命名为“石油”，并称“此物后必大行于世”。14世纪中期，人们将希腊文中的“Petra”（岩石）+罗马文“Oleum”（油）组成“petroleum”（岩石中的油）一词，并沿用至今。

世界上有关天然气的记载，可以追溯到公元前10世纪以前，在伊朗发现了从地表渗出的天然气，崇拜火的古代波斯人对天然气有了“永不熄灭的火炬”的称谓。

“火井”，是古代人对天然气从井中喷出而能够燃烧的形象命名。中国是世界火井之乡，是利用天然气最早的国家，首先开凿天然气井的国家就是中国。

中东首次发现石油是在1908年的波斯（今伊朗）。在伊拉克第一口成功的油田是1928年由英国、法国和美国的石油公司联合发现的。目前世界上约80%可以开采的石油储藏于该地区，其中62.5%位于沙特阿拉伯（12.5%）（1938年发现石油）、阿拉伯联合大公国、伊拉克、卡达和科威特。

在第二次世界大战之后，对于全球石油市场的拥有权发生了巨大的变化。在很多新独立的中东国家，民族主义的意识驱使他们要求更多地分享他们的石油财富。

二、石油天然气在能源结构中的地位

随着社会经济发展水平的提高，能源的消费持续增长。1850~1950年间，世界能源消费量从100Mt增长至2500Mt，而人均能源消费量从115kg增加到1000kg。根据《BP世界能源统计年鉴2015》统计，到2014年，世界一次能源消费总量达到129.3亿吨油当量，人均一次能源消费量达到了1.82吨油当量。而世界能源署（IEA）于2015年11月最新出版的《世界能源展望2015》估计，如今依然有大概12亿人（占全球人口的17%）因用不上电而不能享用现代能源所提供的舒适条件、机动性和高生产效率。有27亿人（占全球人口的38%）是以传统的方式使用固体生物质用于日常餐饮燃料。

从20世纪60年代到2014年，世界一次能源（主要包括石油、煤炭、天然气、核能和水

电等)的消费量一直呈上升趋势。从 20 世纪 60 年代到 80 年代,世界石油的消费量经历了一次飞速发展时期,尽管 1973 年和 1979 年两次石油危机几乎使所有的发达国家经济增长速度放缓甚至出现衰退,但是使世界上大多数国家放弃了高能源消费确保经济高速增长信念,转向走高科技节能之路,因此在 1980 年后石油消费量出现下降。随后到 2014 年 30 年间世界一次能源消费一直在稳步增长,2014 年的世界一次能源消费总量是 1965 年的 3.3 倍,其中石油消费在一次能源消费中所占比例在 1973 年达到了 48.03%,接近总量的一半。而随后的 1985 年到 2000 年其消费比例基本保持在 38.5% 左右,但是到 2014 年已经下降到了 32.65%,而天然气产量虽然在近十年间一直在持续增长,由 2004 年的 $2711.3 \times 10^9 \text{m}^3$ 增加到 2014 年的 $3460.6 \times 10^9 \text{m}^3$,但是天然气在世界一次能源结构中的比例基本保持在 23.5%~23.8%。在全球能源结构中,非化石能源所占比例从 2004 年的 12.7% 提高到 2014 年的 19%,而化石能源中天然气的产量和消费量一直是明显增加,市场份额也在增加。

根据 IEA 和 EIA 的预测,到 2020 年全球天然气产量仍保持在以年均 1.7%~2.0% 的增速稳步增长。考虑全球非常规气发展及各国对改变能源供应结构需求不断增大,结合 Exxon Mobil、BP 等多家能源石油公司对未来天然气的发展展望,认为到 2020 年全球天然气供应量接近 $4.0 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。

世界石油和天然气的消费量及在一次能源中所占的比例分别见图 0-1 和图 0-2。

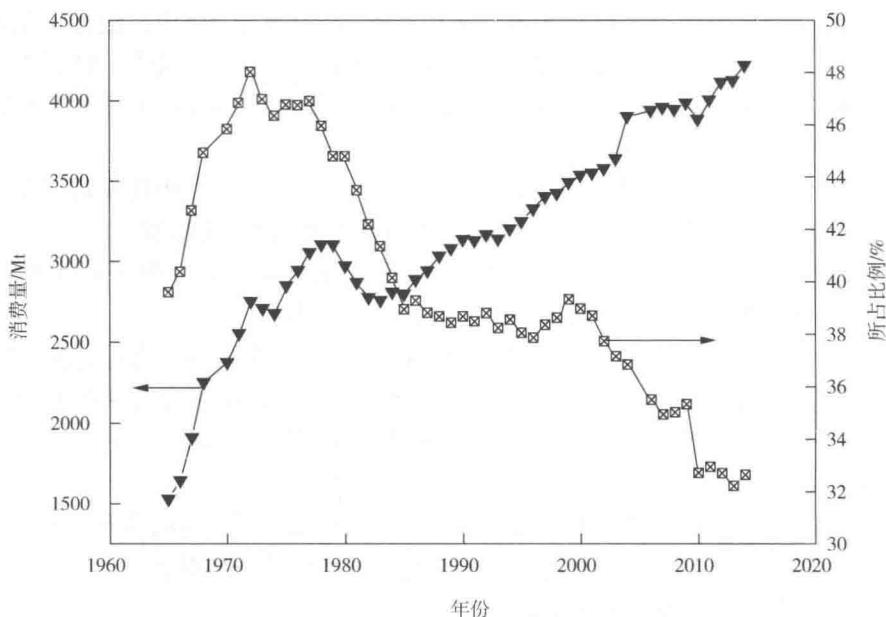


图 0-1 世界石油的消费量以及在一次能源中所占的比例

数据来源:美国《BP 世界能源统计年鉴 2015》

三、世界石油和天然气的生产现状

到 2015 年底世界石油探明储量中东拥有全球 48.46% 的石油储量,另外美洲约占 33.31%,非洲约占 7.60%,东欧和前苏联约占 7.25%,亚太地区约占 2.78%,西欧约占 0.60%。其中 OPEC 国家拥有 72.82%。有资料显示,世界上储量在 10 亿桶以上的重大油田发现有十几个,主要集中在西非几内亚湾一带、中东、中亚、墨西哥、拉丁美洲、俄罗斯远东地区和北非等地区。2014 年俄罗斯在 Exxon Mobil 石油公司的支持下已经在北极地区找到

一储量大约 10 亿桶的大型油田，2014 年中国石油新疆油田公司在准噶尔盆地西北缘发现了新的大油区，预计总资源量超过 1000Mt。这些油气田的重大发现呈现出分布不均衡的特点，相对集中在中东、西非、北非、中亚、俄罗斯、拉丁美洲和中国西部地区。

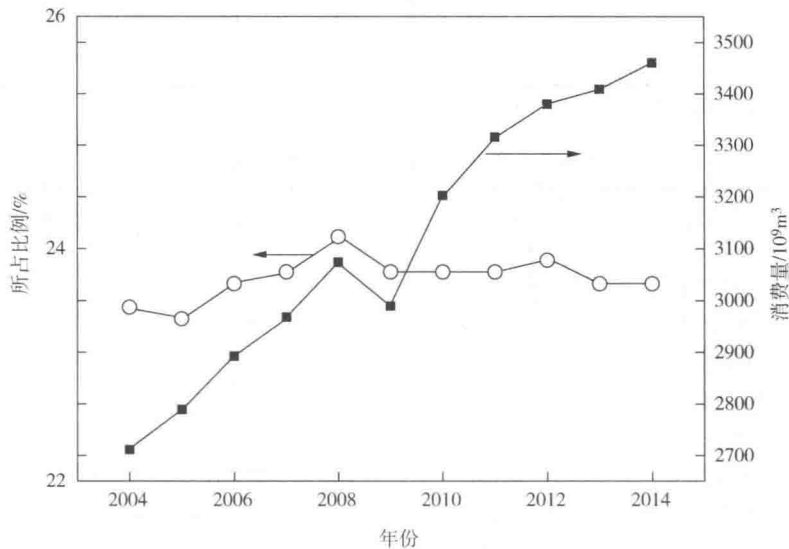


图 0-2 世界天然气的消费量以及在一次能源中所占的比例
数据来源：美国《BP 世界能源统计年鉴 2015》

尽管自 2014 年 7 月以来，布伦特原油价格持续走低，尤其是在 11 月中旬跌至 80 美元/桶以下，2015 年国际原油价格再创新低，全年布伦特均价 54.4 美元/桶，但是根据美国《油气杂志》2015 年 12 月 7 日数据，2015 年世界石油供需失衡，石油产量(绝对量)78.5 百万桶/天，消费量 92.8 百万桶/日，而且区域性供需严重失衡。

2015 世界前十大石油和天然气探明储量国和产量国见表 0-1 和表 0-2。结果表明，世界前三的国家(委内瑞拉、沙特阿拉伯和加拿大)石油探明储量超过世界总探明储量的 44%，石油产量为世界总产量的 20.73%。天然气探明储量前三位的是俄罗斯、伊朗和卡塔尔，其探明储量超过世界的 54%，天然气产量为世界总产量的 26.84%。

世界石油产量前三的国家为俄罗斯、沙特阿拉伯和美国，石油产量超过世界石油总产量的 38%，石油探明储量为世界总探明储量的 23.34%；这三个国家天然气产量为世界总产量的 40.9%，探明储量为世界总探明储量的 33.90%。

表 0-1 世界前十石油和天然气探明储量国

名次	国 家	石油占世界总探明储量/%	国 家	天然气占世界总探明储量/%
1	委内瑞拉	18.11	俄罗斯	24.29
2	沙特阿拉伯	16.10	伊朗	17.29
3	加拿大	10.32	卡塔尔	12.46
4	伊朗	9.51	美国	5.31
5	伊拉克	8.64	沙特阿拉伯	4.31
6	科威特	6.13	土库美斯坦	3.81
7	阿联酋	5.91	阿联酋	3.10

续表

名次	国 家	石油占世界总探明储量/%	国 家	天然气占世界总探明储量/%
8	俄罗斯	4.83	委内瑞拉	2.85
9	利比亚	2.92	尼日利亚	2.60
10	美国	2.41	中国	2.51

数据来源：美国《油气杂志》2015 年 12 月 7 日。

表 0-2 世界前十石油和天然气产量国

名次	国 家	石油占世界总产量/%	国 家	天然气占世界总产量/%
1	俄罗斯	13.57	美国	21.05
2	沙特阿拉伯	12.98	俄罗斯	16.72
3	美国	12.00	卡塔尔	5.12
4	中国	5.51	伊朗	4.99
5	伊拉克	4.94	加拿大	4.68
6	加拿大	4.67	中国大陆	3.89
7	阿联酋	3.67	挪威	3.14
8	伊朗	3.66	沙特阿拉伯	3.13
9	科威特	3.56	阿尔及利亚	2.41
10	巴西	3.13	印度尼西亚	2.12

数据来源：美国《油气杂志》2015 年 12 月 7 日，美国《BP 世界能源统计年鉴 2015》。

据统计，世界上约 48.5%的石油产量和 33.90%的天然气产量来自中东和东欧及前苏联地区，但这部分地区的石油消费量却不足世界消费总量的 15%，天然气消费量约占 30%。相反，世界石油和天然气消费集中在北美、欧洲和亚太地区，亚太、北美和欧盟的石油产量只占世界石油总产量的 30.5%，而消费量却占世界消费总量的 72.3%，天然气消费占世界总消费量的 60%。其中，2015 年亚太地区石油产量为 767.2 万桶/天，占世界总产量的 9.77%，而石油消费量占世界总消费量的 33.9%，供需严重失衡；北美地区 2014 年石油和天然气需求量分别为 2334.7 万桶/天和 $949.4\times10^9\text{m}^3$ ，占世界总需求量的 24.3%和 28.3%，而石油和天然气产量分别占世界总产量的 20.5%和 27.2%，供需失衡，尤其是石油供需失衡较严重，石油产地与消费地明显分离。

到 2015 年底世界天然气探明储量中中东拥有全球 40.54%的储量，美洲约占 10.49%，非洲约占 8.71%，东欧和前苏联约占 31.49%，在世界天然气探明储量中占第二，亚太地区约占 7.22%，西欧约占 1.55%。尽管天然气需求有较强劲回升态势，但是东亚国家缺乏天然气资源，日本、欧洲天然气对外依存度大，中国也不例外。预计 2040 年，化石燃料占一次能源需求结构中的比例下降到四分之三以下。

四、世界石油和天然气的消费现状

近十年来世界石油消费呈现出逐年增长的趋势，尤其是中东和亚太地区的增长尤为明显，中国是最典型的一个。发达国家仍然是石油消费的主体，虽然发展中国家的消费量增长较快，但是在短期内还不可能超过发达国家。

石油日消费量最大的当然要数美国，2014 年美国的石油日消耗量接近 2000 万桶，占世界石油总消费量的 19.9%，遥遥领先于其他国家，仍是全球最大石油消耗国。石油日消费

排名第二的是中国。据 IEA 报道, 由于经济快速增长, 中国已超过日本, 成为全球第二大石油消耗国, 仅次于美国。中国日消耗石油超过 1100 万桶, 占世界石油总消费量的 12.4%。由于中国经济的稳步增长, IEA 表示, 中国有可能会在 20 年内超越美国, 成为全球最大的石油消费国。石油日消费排名第三的是日本, 日本每日石油消费达 429.8 万桶, 占世界石油总消费量的 4.7%, 预计今年中国与日本之间的石油消耗量差距将进一步扩大。石油日消费排名第四的是印度, 日消耗原油达到 384.6 万桶, 占世界石油总消费量的 4.3%。印度或将在未来几年内超过日本, 成为仅次于美国和中国的全球第三大石油消费国。

石油最主要的消费部门是运输部门、工业和民用部门、发电部门。估计 1995~2020 年间, 世界运输部门的石油消费将以年平均 2.3% 的速度增长, 在工业和民用部门的增长率为 2.6%/年, 用于发电燃料的石油的增长率为 2.3%/年。

尽管两次能源危机改变了世界能源消费观念和消费结构, 但是石油仍然是全球主导性燃料, 而其市场份额已经连续出现下滑, 在全球一次能源消费中的份额已经不足 33.0%, 天然气份额稳定在 24.0% 左右。在全球经济疲软、石油需求增长迟缓的背景下, 全球石油和天然气产量增长依旧强劲, 石油输出国组织占全球产量增长的 3/4。非经合组织经济体石油消费的持续增长超过经合组织消费的减量。

预计到 2040 年, 全球天然气的需求将增长 50% 以上, 是化石燃料中增长最快的。虽然推动全球天然气需求增长的主要地区是中国和中东。但是, 面对二氧化碳排放限值等因素, 到 2030 年左右天然气也将在经合组织国家的能源结构中成为主要燃料。

五、世界炼油工业生产情况

全球炼油能力的发展并不平衡, 北美、欧洲和亚太地区呈现差异化发展态势。近年来全球新增炼油能力绝大部分位于亚洲和中东。美国炼油能力出现明显增长态势, 亚太地区中发达国家的炼油能力正在下降。据美国《油气杂志》统计, 全球炼油总能力增长已趋缓, 2015 年达到 4474Mt/a, 其中亚洲、北美、西欧、中东、非洲地区炼油能力小幅上涨, 只有东欧、南美地区有所下降。亚太地区仍为全球炼油能力最大的地区, 占世界总加工能力的 29.4%。北美地区炼油能力占世界总加工能力 24.2%; 西欧地区炼油能力为世界总加工能力 15.1%。预计未来新增炼油能力投产, 将主要集中在亚太、中东和北美地区。

2015 年全球共有炼厂 634 座, 炼厂平均规模达 7056kt/a。规模在 20Mt/a 以上的炼厂达到 30 家, 其中有 20 家位于亚洲和中东。印度信诚工业公司贾姆纳格尔炼油中心总炼油能力达到 62Mt/a, 成为世界最大炼油基地。2015 年, 中国石化的茂名石化、镇海炼化, 中国石油的大连石化的炼油能力均已超过 20Mt/a, 成为世界特大型炼厂。为持续降低成本, 提高资源的综合利用效率, 炼厂大型化、超大型化的趋势仍在持续。

现代炼油技术经过近百年的发展, 已能够满足装置大规模生产的要求。受原油质量的变化、市场对产品需求的变化, 以及日益严格的环保要求的驱动, 技术创新焦点集中在传统的清洁燃料、重油加工技术的更新换代, 以及传统技术与各种高新技术的集成应用上, 未来的技术将更多地向着多学科集成、综合一体化解决方案发展。未来炼油企业将进一步提升企业数字化、自动化、智能化水平, 促进企业生产方式、管理方式和商业模式的创新, 为炼化企业持续健康发展注入新动力。

六、中国石油和天然气的生产与消费

中国石油资源集中分布在渤海湾、松辽、塔里木、鄂尔多斯、准噶尔、珠江口、柴达木

和东海陆架八大盆地,其可采资源量 17200Mt, 占全国的 81.13%; 天然气资源集中分布在塔里木、四川、鄂尔多斯、东海陆架、柴达木、松辽、莺歌海、琼东南和渤海湾九大盆地,其可采资源量 $18.4 \times 10^{12} \text{m}^3$, 占全国的 83.64%。

从地理环境分布看,中国石油可采资源有 76% 分布在平原、浅海、戈壁和沙漠,天然气可采资源有 74% 分布在浅海、沙漠、山地、平原和戈壁。自 20 世纪 50 年代初期以来,我国先后在 82 个主要的大中型沉积盆地开展了油气勘探,发现油田 500 多个。

中国的海洋油气资源也十分丰富。中国近海海域发育了一系列沉积盆地,总面积达近百万平方公里,具有丰富的含油气远景。这些沉积盆地自北向南包括:渤海盆地、北黄海盆地、南黄海盆地、东海盆地、冲绳海槽盆地、台西盆地、台西南盆地、台东盆地、珠江口盆地、北部湾盆地、莺歌海——琼东南盆地、南海南部诸盆地等。中国海上油气勘探主要集中于渤海、黄海、东海及南海北部大陆架。

到目前为止,渤海湾地区已发现 7 个亿吨级油田,其中渤海中部的蓬莱 19-3 油田是迄今为止中国最大的海上油田,又是中国目前第二大整装油田,探明储量达 600Mt,仅次于大庆油田,成为中国油气增长的主体。

截至 2015 年底,中国石油探明储量 3430Mt, 位于世界石油探明储量第十四位;天然气探明可采储量 $4.94 \times 10^{12} \text{m}^3$, 位于世界天然气探明储量第十位。

中国目前是世界第一大石油进口国。近年来,国内石油产量一直稳定在 190~200Mt,但这个产量相比国内巨大需求还差得较多,每年需要进口石油约 200Mt。2015 年对外依存度首次突破 60%, 达到 60.6%; 成品油净出口量连续三年大幅递增;天然气消费增速减缓。中国石化经济技术研究院报告数据显示,2015 年国内石油表观消费量约为 543Mt,石油净进口量 328Mt。预计到 2030 年,中国将超过美国成为全球最大的石油消费国。

中国天然气需求量近十年间一直在迅猛增长(见图 0-3),产量在世界天然气总产量中所占比例也在逐年增加。中国天然气进口量达到 $530 \times 10^8 \text{m}^3$ 以上,对外依存度超过 30%。根据《中国能源展望 2030》预计,2020 年国内天然气消费量将为 $2900 \times 10^8 \text{m}^3$,2030 年达到 $4800 \times 10^8 \text{m}^3$,2020 年到 2030 年间年均增长 5.2%,占一次能源消费总量比重升至 12%。

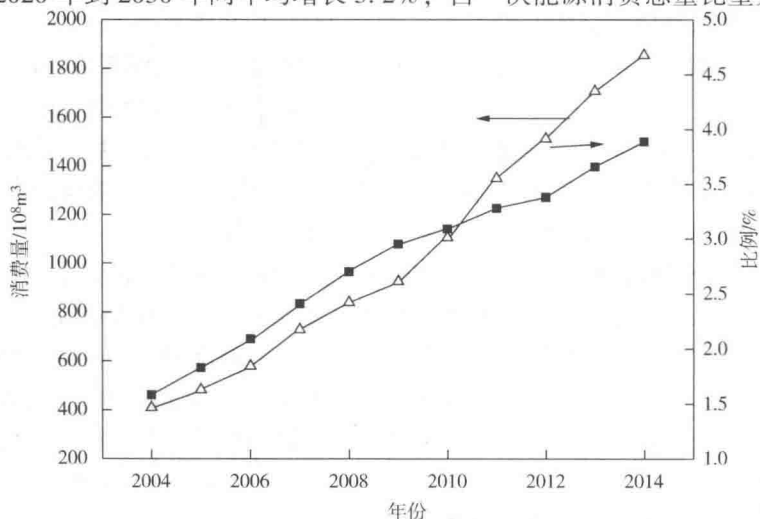


图 0-3 中国天然气产量占世界总产量比例和消费量

数据来源: 美国《BP 世界能源统计年鉴 2015》

七、中国的炼油能力

近十几年来，中国炼油企业通过改扩建和新建相结合，规模迅速扩大，原油一次加工能力已从 2005 年的 716.5 万桶/天，2010 年的 1030.2 万桶/天，猛增到 2014 年的 1409.8 万桶/天(见图 0-4)，成为仅次于美国的全球第二大炼油国。中国已经形成了以中国石化、中国石油集团为主导，中国海油、中国化工、中国兵器等央企、陕西延长集团(地方国企)、地方炼厂参与，道达尔、埃克森美孚、沙特阿美等国外公司参股参与的全新多元化市场格局。

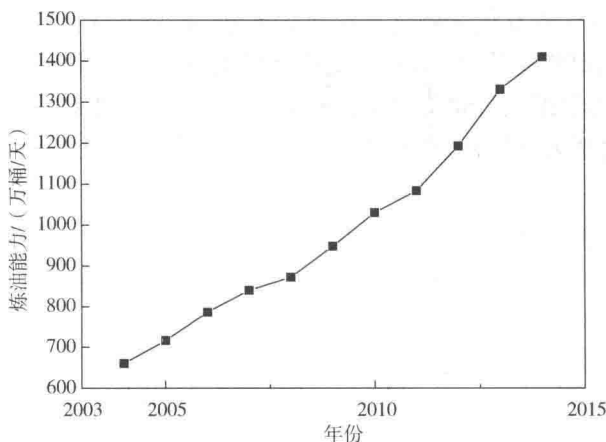


图 0-4 中国的炼油能力变化图

2015 年全年加工原油为 710Mt，原油加工负荷率约为 85%。根据中国石油天然气集团公司年报，中国石油 2015 年加工原油 9.981 亿桶，其中，加工公司自产原油 6.978 亿桶，占加工原油总量的 69.9%；生产成品油 91.933Mt。中国石化作为国内最大的原油加工企业 2015 年原油加工量 236Mt，在成品油产量方面，柴油产量 70.05Mt，汽油产量 53.98Mt。加上中国海油三大石油公司的总原油加工量约占全国总加工量的 70%，更是以中国石化和中国石油为主，两大公司的加工量占国内加工量超过 60%。

目前中国地方炼油厂的产能超过 150Mt，达到全国总炼油能力的 1/5，其炼厂数量多达 147 家，山东地方炼厂(包括被收购的企业)超过 80 家，占据地方炼厂一半的产能，而地方炼厂在成品油市场上约占 10%的份额。延长集团仅有延安炼厂、永坪炼厂和榆林炼厂三家，一次加工能力在 225Mt/a，约占到全国总炼油能力的 3%。

未来中国石油将立足海上、中哈、中俄和中缅原油管道四大战略通道，加快大型炼化项目布局；中国石化将围绕做大做强长三角、珠三角、环渤海湾三大炼化企业集群，做精做优沿江及内地炼化企业；中国海油正在进一步对旗下惠州炼油项目、海化炼厂和河北中捷炼厂进行扩能改造。到 2015 年，外资在我国的权益炼油能力增至 31.5Mt/a，约占我国总炼油能力的 4.2%。中国炼油企业在提高加工能力和加工量的同时，调整优化炼油工业格局，炼油加工能力的区域分布构成也发生明显变化。到 2015 年，华中、西南两个地区合计将存在 20Mt/a 左右的供应缺口；东北、西北两个地区仍将是重要的成品油外输地；华东、华南、华北地区未来几年新建和扩建项目较多，产能增长迅速，将逐步满足当地成品油需求量增长的要求，形成供需大致平衡的局面。未来中国将主要建成环杭州湾(含长三角)、珠三角、环渤海和西北炼化工业区，形成与区域经济协调发展和配套的基本格局。

八、石油化学简介

石油化学是研究石油的组成、性质以及在加工成为燃料、润滑剂和石油化学品过程中的化学问题的一门学科，与有机化学、物理化学及分析化学等课程密切相关。

本课程领域大体包括：石油及其产品的化学组成与性质；石油中烃类和非烃类的反应，尤其是催化转化反应；石油加工过程的化学理论基础；合成燃料、合成润滑油、石油产品添加剂、石油化学品合成的化学原理等。

本课程旨在使学生了解石油化学组成的研究方法、石油的烃类和非烃类组成的特点；熟悉主要石油产品的物理性质及化学组成，着重掌握物理性质和化学组成之间的关系，以及发动机燃料(汽油、柴油和喷气燃料)的使用规格和发展趋势，掌握发动机燃料质量标准中主要指标的意义以及与化学组成之间的关系；熟悉石油加工过程中的主要过程及其主要化学反应，掌握石油加工(包括天然气化学等)中催化反应及非催化反应的一般规律。