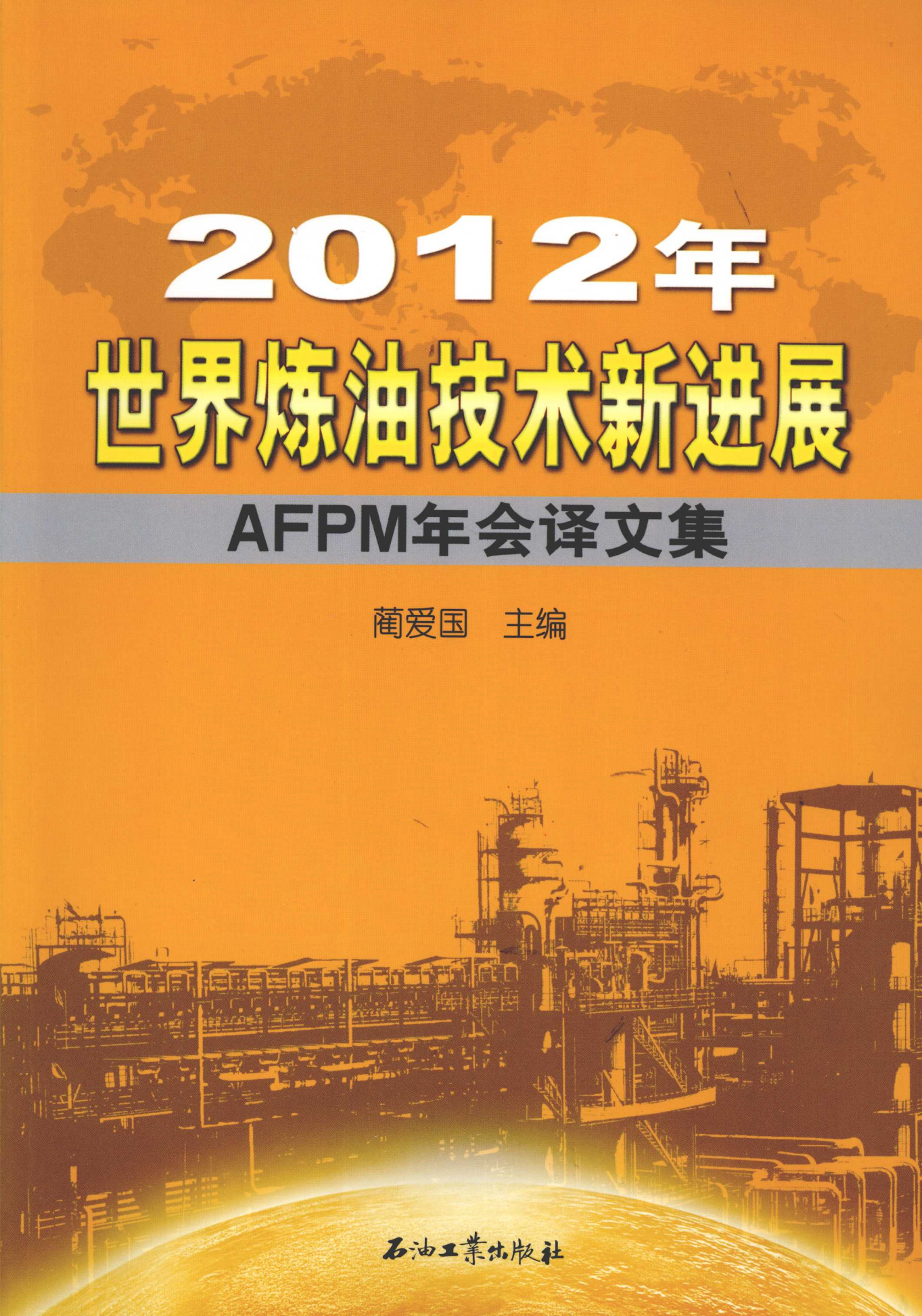


The background of the cover features a stylized world map in a dark orange hue at the top. Below the map, the title is prominently displayed. The lower half of the cover is dominated by a detailed, high-contrast image of an oil refinery, showing various distillation columns, pipes, and structural frameworks. At the very bottom, a bright, glowing arc, resembling a horizon or a lens flare, curves across the width of the page.

2012年 世界炼油技术新进展

AFPM年会译文集

蔺爱国 主编

石油工业出版社

2012 年世界炼油技术新进展

——AFPM 年会译文集

蔺爱国 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书精选翻译了2012年美国燃料与石化生产商协会(AFPM)年会发布的重要论文,全面反映了2011—2012年世界炼油行业各领域重要技术的最新进展与发展趋势;深刻阐述了在经济复苏乏力和高油价形势下,世界炼油工业的最新动向及热点、焦点问题,并对我国炼油技术的进一步发展提出了战略性对策建议。

本书可供国内炼油行业科研人员、企业技术人员、管理人员以及石油院校相关专业的师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

2012年世界炼油技术新进展——AFPM年会译文集/蔺爱国主编.
北京:石油工业出版社,2013.1
ISBN 978-7-5021-9392-8

I. 2...

II. 蔺...

III. 石油炼制-文集

IV. TE62-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第294607号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010)64523738 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2013年1月第1版 2013年1月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:23.75

字数:575千字

定价:120.00元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《2012 年世界炼油技术新进展 ——AFPM 年会译文集》

编 译 人 员

主 编：蔺爱国

副 主 编：何盛宝

参加编译：李振宇 于建宁 钱锦华 刘志红

李雪静 王建明 黄格省 薛 鹏

杨延翔 张兰波 乔 明 任文坡

郑轶丹 任 静 李顶杰 曲静波

朱庆云 王红秋 朱雅兰

前 言

美国燃料与石化生产商协会(American Fuel & Petrochemical Manufacturers,简称 AFPM)年会,即原美国石油化工与炼制者协会(National Petrochemical & Refiners Association,简称 NPRA,2012 年 1 月更名为 AFPM)年会,是当今世界上炼油行业最重要的专业技术交流会议,每年召开一次。AFPM 年会规模宏大,每次参会人数达上千人,在全世界炼油行业产生了广泛影响。AFPM 年会发布的论文报告集中反映了世界炼油工业各主要技术领域发展的最新动态、重点、热点和难点,对于我国炼油工业的技术研发、推广应用和产业发展具有较高的参考价值。

从 2007 年开始,中国石油天然气集团公司(以下简称中国石油)每年派出有关人员参加 AFPM 年会,及时从会上获取年会论文及有关重要技术进展信息,再由中国石油科技管理部 and 石油化工研究院共同组织论文翻译。截至 2012 年 10 月,已连续 6 年完成 AFPM 年会技术进展跟踪、年会论文翻译工作,为中国石油领导和相关管理部门提供了决策支持,为中国石油有关专业公司、各地区炼化公司、研究院的广大科研人员、工程技术人员和管理人员提供了技术信息参考。

第 110 届 AFPM 年会于 2012 年 3 月 11—13 日在美国加利福尼亚州圣迭戈市召开。来自美国 40 多家大型石油公司、石化咨询机构和其他 10 多个国家的部分石油公司、研究与设计单位以及技术服务机构的共约 1200 多名代表参加了会议。会上,共有 60 多位代表作了大会报告发言,内容涵盖催化裂化装置操作运行、加氢精制与加氢裂化、清洁燃料、炼油工艺安全、炼油战略、原油供给和可再生能源等方面。

为使我国炼油行业相关技术人员、管理人员及科研人员全面掌握 2012 年 AFPM 年会相关重要技术信息,深入了解世界炼油技术的新进展、新趋势,学习国外先进、适用的技术和经验,进一步推动中国炼油技术水平的提高和炼油业务发展,中国石油科技管理部和石油化工研究院共同组织了 2012 年 AFPM 论文的翻译工作,并将本次年会部分论文的译文公开出版。同时,对这次年会的内容进行提炼总结,撰写了《世界炼油工业现状、炼油技术新进展和发展预测》、《2012 年 AFPM 年会加氢技术综述》和《2012 年 AFPM 年会催化裂化技术综述》3 篇特约述评,全面总结了此次年会有关重要技术进展。

本书收录的 25 篇 AFPM 年会论文的译文,均获得论文原作者授权。将 AFPM 年会论文的译文结集公开出版,这在国内尚属首次。希望本书的出版面世,能够使我国炼油行业相关专业人员对 2012 年世界炼油技术新进展与发展趋势有一个较为全面的了解,促进我国炼油技术不断进步和产业进一步发展。

由于水平有限,书中难免存在不足之处,欢迎读者批评指正。

编者

2012 年 10 月

目 录

特 约 述 评

世界炼油工业现状、炼油技术新进展和发展预测	(3)
2012 年 AFPM 年会加氢技术综述	(50)
2012 年 AFPM 年会催化裂化技术综述	(77)

炼油工业宏观问题

加氢催化剂研发新工具:新一代高通量评价实验装置(AM-12-53)	(105)
美国炼油工业向全球出口中心转变(AM-12-02)	(110)
重油加工(AM-12-35)	(117)
路在何方? 全球石化工业展望(AM-12-10)	(125)
炼油装置的全面客观检查方法(AM-12-23)	(143)

清洁燃料生产及新能源开发

如何应对处于衰退期汽油市场中的 Tier 3 规格(AM-12-08)	(151)
美国页岩气资源开发对炼油工业的影响(AM-12-04)	(160)

加氢处理与加氢裂化

控制加氢裂化副产物多环重芳烃的新工艺(AM-12-40)	(169)
加氢处理使炼油厂效益最大化(AM-12-41)	(179)
用 Z-NP10 生产石脑油提高加氢裂解的价值(AM-12-42)	(190)
增产高质量柴油的解决方案——缓和加氢裂化(AM-12-55)	(196)
巴西采用催化裂化原料加氢预处理应对清洁燃料质量升级挑战(AM-12-57)	(204)

催化裂化与重整

超低二氧化硫排放的催化裂化装置运行(AM-12-46)	(217)
UOP 重油催化裂化装置多产丙烯新模式(AM-12-45)	(223)
改善催化裂化装置操作弹性的创新工艺(AM-12-26)	(234)
低稀土技术在催化裂化操作中的应用(AM-12-28)	(247)

替换稀土的催化裂化催化剂——REpLaCeR™在 Montana 炼油厂的商业评价(AM-12-29) (268)

以催化裂化为中心的炼油厂最大化柴油生产(AM-12-43) (280)

世界未来的超级硫氧化物模型(AM-12-47) (301)

连续重整装置更换催化剂后的经济效益(AM-12-09) (319)

炼油厂制氢及炼油厂气回收等

甲烷蒸汽转化制氢装置能效的低成本改进(AM-12-52) (327)

氢气管理(AM-12-49) (333)

利用福斯特·惠勒的阶梯式转化技术降低制氢成本(AM-12-51) (341)

如何处理炼油厂尾气以生产聚合级烯烃(AM-12-20) (350)

烃加工液流中的汞:取样/分析方法、接触量监测、设备净化和废料最少化(AM-12-22) (361)

附 录

附录1 英文目录 (369)

附录2 计量单位换算 (370)

特 约 述 评

世界炼油工业现状、炼油技术新进展和发展预测

蔺爱国 姚国欣

受国际金融危机和欧洲债务危机的影响,世界经济仍在艰难复苏,不确定和不稳定性仍然很大。世界经济低迷不振,发达国家石油需求下降,新兴经济体国家石油需求增速减缓。世界炼油工业面临一系列巨大挑战,正处于调结构转方式的关键时期,但前景看好,前途光明。预计在今后 30 ~ 50 年甚至更长的时间里,炼油工业仍然是世界经济发展中不可替代的支柱产业。

1 世界炼油工业现状

世界人口增多,经济增长,石油需求增加,国际油价也在上涨。近 10 年来,世界石油探明储量、产量、消费量和国际油价如表 1 所示。由表 1 的数据可见,在 2001—2011 年世界石油探明储量逐年递增,世界石油产量和消费量除受到 2008 年金融危机的影响有 1 ~ 2 年稍有减少外也是递增的。

表 1 2001—2011 年世界石油探明储量、产量、消费量和国际平均油价

时间		2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
世界人口 ^① ,亿		60. 47	61. 45	62. 23	62. 99	64. 10	64. 87	65. 68	66. 49	67. 34	68. 15	68. 65
探明储量,10 ⁸ bbl		12674	13219	13400	13462	13570	13645	14045	14754	15182	16221	16526
同比增加量,10 ⁸ bbl		-5	545	181	62	108	75	400	709	428	1039	305
同比增加百分数,%		-0.04	4. 3	1. 4	0. 46	0. 80	0. 55	2. 9	5. 0	2. 9	6. 8	1. 9
产量,10 ⁴ bbl/d		7476. 7	7449. 3	7686. 0	8035. 8	8139. 1	8168. 7	8172. 9	8233. 5	8073. 2	8248. 0	8357. 6
同比增加量,10 ⁴ bbl/d		—	-27. 4	236. 7	349. 8	103. 3	29. 6	4. 2	60. 6	-160. 3	174. 8	109. 6
同比增加百分数,%		—	-0. 37	3. 2	4. 55	1. 3	0. 36	0. 05	0. 74	-1. 9	2. 1	1. 3
消费量,10 ⁴ bbl/d		7724. 5	7818. 7	7968. 6	8274. 6	8392. 5	8487. 3	8632. 1	8576. 8	8463. 1	8743. 9	8803. 4
同比增加量,10 ⁴ bbl/d		—	94. 2	149. 9	306	117. 9	94. 8	144. 8	-55. 3	-113. 7	280. 8	59. 5
同比增加百分数,%		—	1. 2	1. 9	3. 8	1. 4	1. 1	1. 9	-0. 64	-1. 3	3. 3	0. 68
国际平均油价 美元/bbl	WTI	25. 89	26. 10	31. 06	41. 40	56. 44	66. 00	72. 26	100. 06	61. 92	79. 45	95. 90
	布伦特	24. 55	25. 01	28. 83	38. 21	54. 38	65. 14	72. 52	97. 26	61. 67	79. 50	111. 38

① 国际货币基金组织(IMF)2012 年 4 月发表的数据。

1.1 两大变化

可是,经过 100 多年发展的世界炼油工业正在发生巨大变化,这种巨大变化主要体现在以下两个方面^[1~4]。

1.1.1 西半球供油中心正在形成

所谓“西半球供油中心”是指拥有丰富油砂沥青资源的加拿大,拥有丰富页岩油气资源的美国(北达科他州和得克萨斯州),拥有丰富深海石油资源的墨西哥湾(墨西哥/美国),以及拥有丰富超重原油资源的委内瑞拉和拥有丰富深海盐下石油资源的巴西。美国剑桥能源咨询公司总裁 Danie Yergin 称,随着非常规油气资源的开发渐成规模,西半球供油中心将取代中东在世界能源格局的中心位置。美国能源分析师认为,受需求减少和西半球供油中心非常规油气资源快速增长的影响,2020 年以前美国从中东进口原油的数量将减半,到 2035 年美国将彻底停止从中东进口原油。这一变化有望实现美国长期追求的目标,即减少从遥远不稳定地区的原油进口量,增加附近稳定来源地区的供油量。欧佩克最近也预测,到 2035 年从中东出口到美国的原油将几乎不再存在。

BP 公司发表的 2011 年世界石油探明储量、产量和消费量如表 2 ~ 表 4 所示。由表 2 ~ 表 4 的数据可见,目前加拿大的石油储量为 1752×10^8 bbl,居世界第 3 位,其中油砂沥青的储量是 1692×10^8 bbl,占加拿大全国石油储量的 96.6%,而且储采比在 100 年以上。最近发表的数据表明,2030 年加拿大原油产量将增加到 624×10^4 bbl/d,其中油砂沥青产量为 502×10^4 bbl/d (占 80%)。美国的石油储量只有 309×10^8 bbl,而且储采比只有 10.8 年。可是,美国页岩油气的产量在快速增长,最近美国能源信息署预测,在今后 20 年间美国的页岩油产量可能翻一番以上,到 2035 年美国页岩油产量将占到美国原油产量 599×10^4 bbl/d 的 20.5%。目前巴西的石油储量只有 151×10^8 bbl,但巴西在深海盐丘下找到近 10 多年来最大的油田,预计其探明储量会有大幅度增加。2011 年巴西生产石油 219.3×10^4 bbl/d,2012 年将达到 240×10^4 bbl/d,2015 年更增加到 310×10^4 bbl/d。委内瑞拉目前的石油储量为 2965×10^8 bbl,居世界第 1 位,其中奥里诺科重油带超重原油储量为 2200×10^8 bbl,占委内瑞拉全国石油储量的 74.2%,而且储采比在 100 年以上。委内瑞拉计划将其石油产量从目前的 272×10^4 bbl/d 提高到 2019 年的 600×10^4 bbl/d。2011 年加拿大、美国、墨西哥、巴西和委内瑞拉 5 国的石油储量为 5291×10^8 bbl,占美洲石油储量 5429×10^8 bbl 的 97.5%,占世界石油储量的 32.0%。2011 年上述 5 国的石油产量为 1921.4×10^4 bbl/d,占美洲产量 2168.2×10^4 bbl/d 的 88.6%,占世界石油产量的 23%。2011 年上述 5 国的石油消费量为 2664×10^4 bbl/d,占美洲消费量 2939.7×10^4 bbl/d 的 90.6%,占世界石油消费量 8803.4×10^4 bbl/d 的 30.3%,其中美国消费量为 1883.5×10^4 bbl/d,占美洲消费量的 64.1%,占世界消费量的 21.4%。美国石油的对外依存度是 58.4%。

表 2 2011 年世界石油探明储量

国家和地区	储量 ^① , 10^8 bbl	占世界比例, %	储采比, a
委内瑞拉 ^{②③}	2965	17.9	>100
沙特阿拉伯 ^②	2654	16.1	65.2
加拿大 ^④	1752	10.6	>100
伊朗 ^②	1512	9.1	95.8
伊拉克 ^②	1431	8.7	>100

续表

国家和地区	储量 ^① , 10 ⁸ bbl	占世界比例, %	储采比, a
科威特 ^②	1015	6.1	97.0
阿联酋 ^②	978	5.9	80.7
俄罗斯	882	5.3	23.5
利比亚 ^②	471	2.9	>100
尼日利亚 ^②	372	2.3	41.5
美国	309	1.9	10.8
哈萨克斯坦	300	1.8	44.7
卡塔尔 ^②	247	1.5	39.3
巴西	151	0.9	18.8
中国	147	0.9	9.9
安哥拉 ^②	135	0.8	21.2
阿尔及利亚 ^②	122	0.7	19.3
墨西哥	114	0.7	10.6
苏丹/南苏丹	67	0.4	40.5
厄瓜多尔 ^②	62	0.4	33.2
世界总计	16526	100	54.2
美洲	5429	32.9	>100
欧洲/欧亚	1411	8.5	22.3
中东	7950	48.1	78.7
非洲	1324	8.0	41.2
亚太	413	2.5	14.0
经合组织	2347	14.2	34.7
非经合组织	14179	85.8	59.7
欧佩克	11963	72.4	91.5
非欧佩克	3294	19.9	26.3
欧盟	67	0.4	10.8
前苏联	1269	7.7	25.8

① 包括常规原油、非常规原油(页岩油、重质原油、超重原油、油砂沥青)、凝析油和天然气液,不包括生物燃料和煤制油。

② 欧佩克(OPEC)成员国。

③ 其中奥里诺科超重原油储量为 2200×10^8 bbl。

④ 其中油砂沥青储量为 1692×10^8 bbl。

表 3 2011 年世界石油产量

国家和地区	产量 ^① , 10 ⁴ bbl/d	占世界比例, %
沙特阿拉伯	1116.1	13.4
俄罗斯	1028.0	12.3
美国	784.1	9.4
伊朗	432.1	5.2
中国	409.0	4.9
加拿大	352.2	4.2
阿联酋	332.2	4.0
墨西哥	293.8	3.5
科威特	286.5	3.4
伊拉克	279.8	3.3
委内瑞拉	272.0	3.3
尼日利亚	245.7	2.9
巴西	219.3	2.6
挪威	203.9	2.4
哈萨克斯坦	184.1	2.2
安哥拉	174.6	2.1
阿尔及利亚	172.9	2.1
英国	110.0	1.3
阿塞拜疆	93.1	1.1
哥伦比亚	93.0	1.1
世界总计	8357.6	100
美洲	2168.2	26.3
欧洲/欧亚	1731.4	21.0
中东	2769.0	32.6
非洲	880.4	10.4
亚太	808.6	9.7
经合组织	1854.3	21.7
非经合组织	6503.2	78.3
欧佩克	3583.0	42.4
非欧佩克	3425.8	41.0
欧盟	169.2	2.0
前苏联	1348.7	16.5

① 包括常规原油、非常规原油(页岩油、重质原油、超重原油、油砂沥青)、凝析油和天然气液,不包括生物燃料和煤制油。

表 4 2011 年世界石油消费量

国家和地区	消费量 ^① , 10 ⁴ bbl/d	占世界比例, %
美国	1883.5	20.5
中国	975.8	11.4
日本	441.8	5.0
印度	347.3	4.0
俄罗斯	296.1	3.4
沙特阿拉伯	285.6	3.1
巴西	265.3	3.0
德国	236.2	2.7
韩国	239.7	2.6
加拿大	229.3	2.5
墨西哥	202.7	2.2
伊朗	182.4	2.1
法国	172.4	2.0
英国	154.2	1.8
意大利	148.6	1.8
西班牙	139.2	1.7
印度尼西亚	143.0	1.6
新加坡	119.2	1.5
荷兰	105.2	1.2
泰国	108.0	1.2
世界总计	8803.4	100
美洲	2939.7	33.4
欧洲/欧亚	1892.4	21.5
中东	807.6	9.1
非洲	333.6	3.8
亚太	2830.1	32.2
经合组织	4592.4	51.5
非经合组织	4211.1	48.5
欧盟	1347.8	15.9
前苏联	411.0	4.7

① 包括国内需求、国际航空和海运用油、炼厂燃料和损失, 不包括生物乙醇和生物柴油。

可是,2011 年中东的石油储量高达 $7950 \times 10^8 \text{ bbl}$,居世界各大洲(地区)之首,占世界储量的 48.1%,储采比为 78.7 年。其中,沙特阿拉伯的储量为 $2654 \times 10^8 \text{ bbl}$,居世界第 2 位,占世界储量的 16.1%;伊朗的储量为 $1512 \times 10^8 \text{ bbl}$,居世界第 4 位,占世界储量的 9.1%;伊拉克的储量为 $1431 \times 10^8 \text{ bbl}$,居世界第 5 位,占世界储量的 8.7%;科威特的储量为 $1015 \times 10^8 \text{ bbl}$,居世界第 6 位,占世界储量的 6.1%;阿联酋的储量为 $978 \times 10^8 \text{ bbl}$,居世界第 7 位,占世界储量的 5.9%。2011 年中东的石油产量为 $2769 \times 10^4 \text{ bbl/d}$,占世界产量的 32.6%,居世界各大洲(地区)之首。2011 年中东的石油消费量为 $807.6 \times 10^4 \text{ bbl/d}$,占世界消费量的 9.1%,居世界各大洲(地区)的倒数第 2 位。2011 年中东石油大国出口原油 $1766 \times 10^4 \text{ bbl/d}$,占世界原油出口量的 46%,居世界各大洲(地区)之首。所有这些都是美洲和其他洲(地区)无法相比的。可以认为,中东在世界石油市场上的地位无论是目前还是可以预见的将来都是难以动摇的,在世界石油市场的重要性不会削弱。但是,一个显而易见的事实是,西半球的非常规石油资源经过 20 年左右的开发,基本上可以满足自身的石油需求,再也不用大量进口中东石油,至少是进口量会越来越少。西半球供油中心虽不能完全取代中东全球供油中心的地位,但将大大削弱其政治价值,并将从根本上改变全球石油生产的现状和流向,这是一个值得关注的重大变化。此外,还应该关注的是,美国官员强调,中东在美国外交政策中仍非常重要,这是因为在在一定程度上中东仍对国际原油价格有重大影响。美国国务院负责能源事务的官员称,美国会继续关注国际石油市场的运作,因为石油市场的稳定关系到美国的基本利益。

1.1.2 世界炼油重心加速东移

2001—2011 年,世界、美国和欧盟炼油厂的原油加工能力、实际加工量和炼厂负荷率如表 5 所示。2001—2011 年,美国、欧盟、亚太和中东炼油厂原油加工能力占世界原油加工能力的比例如表 6 所示。

表 5 2001—2011 年世界、美国和欧盟炼油厂原油加工能力、实际加工量和炼厂负荷率

时间		2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
世界	石油需求, 10^4 bbl/d	7724.5	7818.7	7968.6	8274.6	8392.5	8487.3	8632.1	8576.8	8463.1	8743.9	8803.4
	原油加工能力, 10^4 bbl/d	8335.5	8406.8	8430.8	8519.8	8602.7	8734.7	8849.5	8932.4	9094.6	9161.6	9300.4
	实际加工原油, 10^4 bbl/d	6902.6	6848.1	7046.5	7289.7	7396.0	7449.4	7533.0	7496.0	7310.8	7518.8	7556.3
	炼油厂负荷率, %	82.8	81.5	83.6	85.6	86.0	85.3	85.1	83.9	80.4	82.1	81.2
美国	石油需求, 10^4 bbl/d	1964.9	1976.1	2003.3	2073.2	2080.2	2068.7	2068.0	1949.8	1877.1	1918.0	1883.5
	原油加工能力, 10^4 bbl/d	1678.5	1675.7	1689.4	1712.5	1733.9	1744.3	1759.4	1767.2	1768.8	1759.4	1773.0
	实际加工原油, 10^4 bbl/d	1512.8	1494.7	1530.4	1547.5	1522.0	1524.2	1515.6	1464.8	1433.6	1472.4	1483.3
	炼油厂负荷率, %	90.1	89.2	90.6	90.4	87.8	87.4	86.1	82.9	81.0	83.7	83.7
欧盟	石油需求, 10^4 bbl/d	1479.7	1470.4	1475.4	1489.1	1503.0	1504.4	1475.5	1468.5	1394.9	1386.0	1347.8
	原油加工能力, 10^4 bbl/d	1554.0	1569.1	1572.9	1580.3	1581.1	1585.7	1578.4	1565.8	1555.3	1522.9	1523.4
	实际加工原油, 10^4 bbl/d	1364.6	1344.0	1368.3	1402.8	1410.1	1394.1	1370.1	1359.4	1258.3	1251.1	1219.3
	炼油厂负荷率, %	87.8	85.6	87.0	88.8	89.2	87.9	86.8	86.8	80.9	82.2	80.0

表 6 美国、欧盟、亚太和中东炼油厂原油加工能力占世界原油加工能力的比例 单位: %

地区	时间			
	2001 年	2007 年	2010 年	2011 年
美国	20.1	19.8	19.2	19.0
欧盟	18.6	17.8	16.6	16.3
亚太	26.2	28.9	31.0	31.3
中东	8.0	8.5	8.65	8.61

2008 年的国际金融危机使世界经济发展遭受重创。美国经济在缓慢复苏,但不稳定和不确定性仍然很大,欧盟经济在金融危机和债务危机的双重压力下仍在下滑。经济萧条,石油需求减少,欧美发达国家的许多炼油厂负荷率下降,利润减薄,新建和扩建项目推迟或取消,有些炼油厂停产甚至出售。自 2008 年以来,欧美国家已减少了 $180 \times 10^4 \text{ bbl/d}$ 原油加工能力;美国关闭了 3 家炼油厂;欧洲关闭了 7 家炼油厂,还有几家炼油厂出售给了新兴经济体国家的石油公司。发达国家经济疲软、需求减少,无疑为世界炼油能力的重新分配提供了难得的机遇,世界炼油格局在继续改变,世界炼油重心在加速东移。发展中国家特别是主要新兴经济体国家需求旺盛,正在加紧建设大型现代化炼油厂,大幅度提高炼油能力。国际能源机构 2011 年中期市场报告称,预计 2010—2016 年世界炼油能力增加 $970 \times 10^4 \text{ bbl/d}$, 达到 $1.03 \times 10^8 \text{ bbl/d}$, 其中约 95% 的新增能力来自发展中国家,特别是亚洲,仅中国就占了 1/3, 达 $330 \times 10^4 \text{ bbl/d}$; 印度的炼油能力将增加 60% 以上,由目前的 $380 \times 10^4 \text{ bbl/d}$ 增加到 $620 \times 10^4 \text{ bbl/d}$, 成为油品出口中心。

中东产油国继续利用丰厚的石油资源优势正在加快炼油能力建设。沙特阿美公司重启了一度搁浅的雄心勃勃的炼油厂扩能计划。与道达尔公司合资建设的原油加工能力 $40 \times 10^4 \text{ bbl/d}$ 的 Jubail 炼油厂已经建成,计划 2012 年 12 月份投产;与中国石化合资建设的原油加工能力 $40 \times 10^4 \text{ bbl/d}$ 的延布炼油厂已经建设,计划 2014 年投产;沙特阿美公司独资建设的原油加工能力 $40 \times 10^4 \text{ bbl/d}$ 的 Jizan 炼油厂已经建设,计划 2016 年投产。科威特已重新恢复 2009 年放弃的原油加工能力 $61.5 \times 10^4 \text{ bbl/d}$ 的 Al-Zour 炼油厂的建设,同时对原有的 3 座炼油厂进行技术改造,使科威特的炼油能力从目前的 $93 \times 10^4 \text{ bbl/d}$ 提高到 $140 \times 10^4 \text{ bbl/d}$, 既满足国内又满足出口石油产品的需求。阿联酋正在对阿布扎比炼油厂进行扩能改造,使原油加工能力从目前的 $2075 \times 10^4 \text{ t/a}$ ($41.5 \times 10^4 \text{ bbl/d}$) 提高到 $4500 \times 10^4 \text{ t/a}$ ($90 \times 10^4 \text{ bbl/d}$), 计划 2013 年底投产。据介绍,到 2015 年底中东新增炼油能力的 70% 以上将以满足出口的需求为主。与此同时,拉美地区的巴西和委内瑞拉也投资新建和扩能改造老炼油厂。巴西国家石油公司在巴西 Marabao 建设原油加工能力 $3000 \times 10^4 \text{ t/a}$ ($60 \times 10^4 \text{ bbl/d}$) 的炼油厂已经开始施工,一期工程 2018 年投产,二期工程 2019 年投产;在巴西 Ceara 建设原油加工能力 $1500 \times 10^4 \text{ t/a}$ ($30 \times 10^4 \text{ bbl/d}$) 的炼油厂,原计划 2017 年投产,现决定暂缓。委内瑞拉国家石油公司 (PDVSA) El Palite 炼油厂原油加工能力由 $13 \times 10^4 \text{ bbl/d}$ 提高到 $28 \times 10^4 \text{ bbl/d}$ 的扩能工程已经启动,计划 2016 年投产。

新兴经济体国家和发展中国家正在新建的炼油厂,不仅技术和装备先进,而且具有经济规模 and 加工重质劣质原油的灵活性,能够深度转化重质劣质原油,生产低硫和超低硫清洁燃料,

不仅能满足本国的需求,而且在国际市场有竞争优势,无疑给设备陈旧、灵活性差的发达国家炼油厂造成极大的压力。国际能源机构预测,今后几年全球炼油能力的继续大幅度增加,将导致炼油能力过剩,石油产品供过于求,炼油厂利润下滑,可能迫使发达国家特别是欧洲更多的炼油厂关闭。

1.2 八大挑战

由于国际油价、石油资源、油品需求结构、环境生态和法律法规的变化,世界炼油工业也面临着一系列史无前例的巨大挑战,这些挑战主要体现在以下 8 个方面^[5-8]。

1.2.1 高油价、高成本、低利润的挑战

2001—2011 年的国际油价如表 1 所示。最近美国能源信息署预测,2012 年全年 WTI 原油的平均价格可能与 2011 年持平,布伦特原油的平均价格可能是 106 美元/bbl。从总体上讲,鉴于全球经济已进入高油价时代,全球石油需求将重现紧平衡,国际油价将持续处于高位。预计在今后 20 年间,如不发生重大突发事件,国际油价长时间超过 150 美元/bbl 或低于 80 美元/bbl 的可能性都比较小,最大可能的波动区间为 80 ~ 130 美元/bbl。国际油价高位震荡,炼油厂原油成本占生产成本的比重已达到 90% 左右,有的已达到 95%。利润空间大大缩小,有的已处于难以为继的地步。BP 公司 2011 年发表的数据表明,在过去几年间西北欧加工布伦特原油的炼油厂利润为 2.5 ~ 5.0 美元/bbl,负荷率最高时的利润也只有 7 美元/bbl;一些小炼油厂的利润为 0,甚至是负值;一些上下游一体化的大石油公司,如道达尔公司 2010 年炼油和销售的利润只有 7% 和 20%,而上游的利润分别是 18% 和 36%;印度 Reliance 公司 Jamnagar 炼油厂加工能力为 130×10^4 bbl/d, Nelson 复杂程度指数为 12.6,是世界上最大也是最先进的炼油厂之一,能加工重质劣质原油生产清洁燃料。由于国际油价高位震荡,加上布伦特轻原油与迪拜重原油的价差由 2011 年同期的 6.06 美元/bbl 收窄到 2.53 美元/bbl,加上出口市场需求减少,2012 年第 2 季度的利润从 1 年前的 10.3 美元/bbl 下滑到 7.60 美元/bbl。

1.2.2 原油重质化、劣质化的挑战

近 10 多年来,轻质原油的产量都在减少,非欧佩克国家和欧佩克国家都在不断增加重质含硫原油的供应,来满足日益增长的需求。目前世界炼油厂加工的原油中 50% 以上都是重质含硫/高硫原油,10% 以上是中质和重质高酸原油。预计这种原油重质化、劣质化的趋势还将加速,其原因主要有以下 3 点:

(1) 美国 Tumer Mason 公司发表的报告表明,世界原油储量中中重质原油的储量大于轻质原油,其储量比约为 60:40,可是目前轻质原油产量占其储量的比例远高于中重质原油产量占其储量的比例;高硫原油的储量大于低硫原油的储量,其储量比约为 75:25,可是目前低硫原油产量占其储量的比例远大于高硫原油产量占其储量的比例。

(2) Hart 能源咨询公司发表的报告预测,在今后 20 年间,欧洲和亚太地区的原油产量会有所减少,独联体和非洲的原油产量占世界原油产量的份额大体上和目前一样,能够增产较多原油的地区主要是北美/拉美和中东。

(3) BP 公司发表的数据表明,2011 年北美/拉美的石油储量为 5429×10^8 bbl,占世界储量的 32.9%,居世界各大洲(地区)的第 2 位;其储采比在 100 年以上,居世界第 1 位。中东的石油储量为 7950×10^8 bbl,占世界储量的 48.1%,居世界第 1 位;其储采比为 78.7 年,居世界第 2