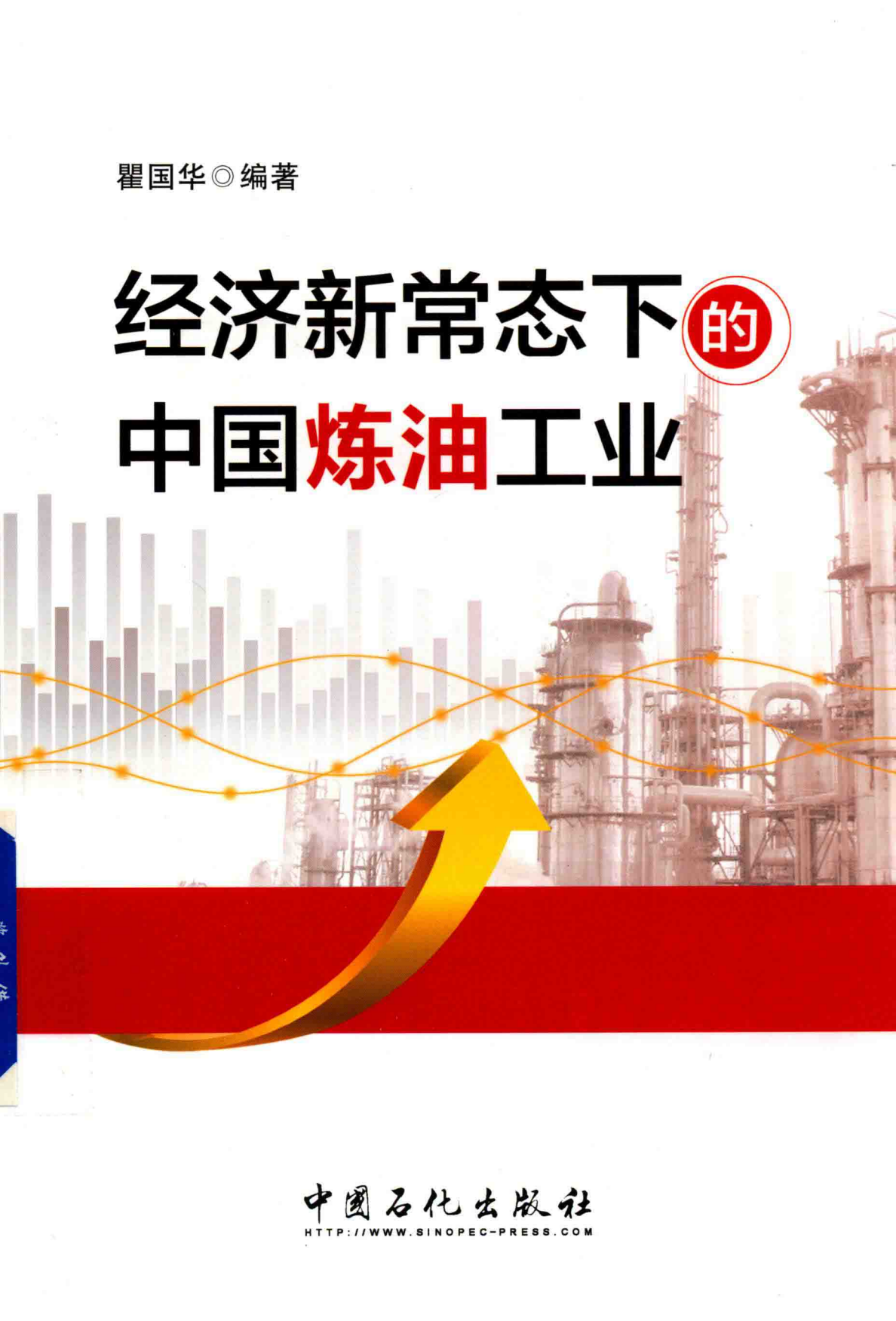


瞿国华◎编著

经济新常态下的 中国炼油工业

The background of the book cover is a composite image. On the right side, there is a photograph of an industrial refinery with tall distillation columns and complex piping. On the left side, there is a stylized bar chart with vertical bars of varying heights in shades of grey and blue. Overlaid on these elements are several orange wavy lines with small circular markers at their peaks and troughs. A large, 3D yellow arrow with a black outline curves upwards from the bottom left towards the center of the cover.

中国石化出版社

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

经济新常态下的中国炼油工业

瞿国华 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书着重讨论了在经济新常态下 21 世纪我国炼油工业发展战略的两个重要方面：一是讨论我国炼油工业产业结构调整的问题；另一是讨论创新驱动发展引领我国炼油工业由炼油大国向炼油强国转变的问题。产业结构调整主要介绍了炼油规模结构、炼油行业结构、炼油产品结构与优化调整三方面；创新驱动发展结合我国炼油工业当前发展的实际情况主要介绍了清洁油品生产技术、重油加工技术（着重于轻质化技术）和炼化一体化（着重于原料优化）三个方面。同时作者在本书中提出了一些新的观点与若干建议，供炼油同行们参考。

图书在版编目(CIP)数据

经济新常态下的中国炼油工业 / 瞿国华编著. —北京: 中国石化出版社, 2017. 4
ISBN 978-7-5114-4438-7

I. ①经… II. ①瞿… III. ①炼油工业-研究-中国
IV. ①F426. 22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 086832 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: 北京市朝阳区吉市口路 9 号
邮编: 100020 电话: (010) 59964500
发行部电话: (010) 59964526
<http://www.sinopec-press.com>
E-mail: press@sinopec.com
北京富泰印刷有限责任公司印刷
全国各地新华书店经销

*

700×1000 毫米 16 开本 8 印张 148 千字
2017 年 5 月第 1 版 2017 年 5 月第 1 次印刷
定价: 35.00 元

前 言

2013年年底中央首次提出中国经济“新常态”概念，在经济“新常态”大环境中，我们国家要实现从经济大国向经济强国的转变，我国炼油工业也要实现从炼油大国向炼油强国的转变。对此，我国炼油工业就有一个认识新常态、适应新常态、把握新常态和引领新常态的问题，这其中涉及很多的方方面面，产业结构调整和创新驱动发展则是引领中国炼油工业由炼油大国向炼油强国转变的关键，并贯穿炼油工业今后发展的全过程。

对此，本书从对21世纪中国炼油工业发展影响比较大的有关产业结构调整和创新驱动发展两大方面进行一定的分析和讨论。产业结构调整主要从炼油规模结构、炼油行业结构、炼油产品结构与优化调整三方面进行。

炼油工业是一个庞大而又复杂的技术体系，有关原油加工技术非常多，创新驱动发展的内容也很多。作者结合当前我国炼油工业发展的实际情况在梳理分析后仅对以下三个方面，即清洁油品生产技术、重油加工技术(着重于轻质化技术)和炼油化工一体化(着重于原料优化)在本书中进行了一定的分析和讨论，同时作者在本书中提出了一些新的观点及若干建议供炼油同行们参考，并请指正。

总之，我国已经进入世界炼油大国的行列，在炼油核心技术方面，许多已达到或接近世界先进水平，如果能继续努力，有所创新，有所发展，则在不远的将来登上世界炼油更高峰是指日可待、完全可能的。

2016年8月，作者应广东石油学会邀请赴珠海为“2016年沿海沿江石油学会学术年会”作了一个题为“21世纪经济新常态下的中国炼

油工业”的报告，得到了一定的反响。回沪后在此基础上做了一些补充、修改，成为本书的主要内容并出版。在此谨向广东石油学会、上海石油学会和中国石化出版社致以衷心的感谢！

应指出的是，本书没有将芳烃工艺列入并进行讨论，在国际上催化重整工艺是列入炼油范畴的，大芳烃则列入化工自成一个复杂系统。近年来我国芳烃生产技术有飞跃进步，取得了丰富的科技成果，近年来又有高水平专著出版，读者可以参考有关著作（如戴厚良主编的《芳烃技术》，中国石化出版社出版，2014年12月）。

对本书错误、不足之处敬请读者给予批评指正。

瞿国华

2017年2月20日于上海

目 录

1 经济新常态和中国炼油工业	(1)
2 中国炼油工业产业结构调整	(4)
2.1 我国炼油产能总体过剩, 高端产品供给不足, 极需产业结构调整	(4)
2.2 我国炼油规模结构及其优化调整	(5)
2.3 我国炼油行业结构及其优化调整	(7)
2.4 我国炼油产品结构及其优化调整	(10)
3 创新驱动发展引领中国由炼油大国走向炼油强国	(17)
3.1 科技创新的重大突破可以推动整个工业发展	(17)
3.1.1 页岩气革命及对世界能源业产生的重大影响	(17)
3.1.2 炼油技术的重大突破推动世界炼油工业快速发展	(19)
3.2 我国炼油工业创新驱动发展的重点 ^[14]	(21)
3.2.1 清洁油品生产技术	(21)
3.2.2 扶持需提升和突破的炼油关键技术及前沿性技术研究	(51)
3.2.3 十大石化关键核心技术之一——重油加工技术的发展	(53)
3.2.4 渣油加氢技术及其发展	(70)
3.2.5 重油加工过程中抑制、减少石油焦生成新技术和石油焦 升值技术新进展	(79)
3.2.6 炼油化工一体化中两个值得关注的乙烯工业原料优化的 重大创新	(92)
4 小 结	(112)
附录 汽油和柴油组成中影响车辆排放尾气的主要组分	(113)
参考文献	(119)

1 经济新常态和中国炼油工业

2013 年底中央首次提出中国经济“新常态”概念，要求我们要理性对待我国经济由高速增长转向中高速增长的新常态。从国家层面上分析，新常态主要包含着经济增长速度转换，产业结构调整，经济增长动力变化，资源配置方式转换，经济福祉包容共享等全方位转型升级在内的六个特征。

① 新常态的第一个特征就是经济增速的调整、减缓。实际上中国炼油行业已经进入中低速增长阶段。尤其是炼油行业主要为交通运输业和材料工业提供燃料和原料，目前我国油品的质量、数量都能基本满足国内需求，并有少量出口，原油加工量不存在大幅度增加的客观需求。

② 新常态的第二个特征是发展方式由规模速度型的粗放增长向质量效率型的集约增长转变。这是实现从一个经济大国向经济强国转变的关键所在，也是我国炼油工业今后发展的主要方向，就是从炼油大国向炼油强国转变。

③ 新常态的第三个特征是产业结构由中低端向中高端转换。新常态下，我国产业结构由中低端向中高端提升将是一个长期趋势。对炼油工业而言这个问题同样重要，主要表现是在油品质量的升级换代、重油深度加工和炼油化工一体化等方面。

④ 新常态的第四个特征是增长动力由要素驱动向创新驱动转换。

随着我国劳动力、资源、土地等价格上扬，过去依靠低要素成本驱动的经济发展方式已难以为继，必须把发展动力转换到科技创新上来。新常态下，实施创新驱动战略，经济增长速度就可能会放缓，并要为结构调整腾出空间、留出时间。

这里有必要提到与此有密切关系的全要素生产率(TFP: Total Factor Productivity)概念。

全要素生产率是一个衡量单位总投入的总产量的生产率指标，又称为“索罗余值”，即总产量与全部要素投入量之比。全要素生产率的增长率常常被视为科技进步的指标。全要素生产率的来源包括技术进步、组织创新、专业化和生产创新等。图 1 是 1978~2013 年我国全要素生产率水平变化示意图。图 2 是近年来我国研究与试验发展(R&D)经费支出水平(2006~2012 年)，2012 年我国研究与试

验发展(R&D)经费支出达到国民经济 GDP 的 1.45%。

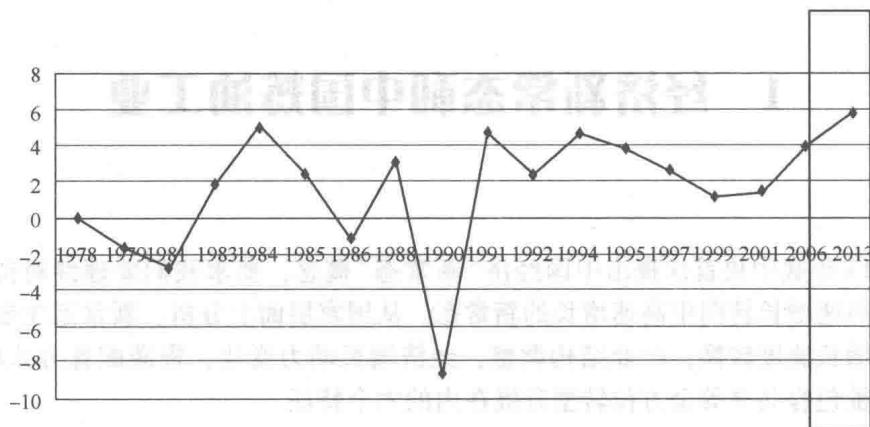


图1 1978~2013年我国全要素生产率水平示意图

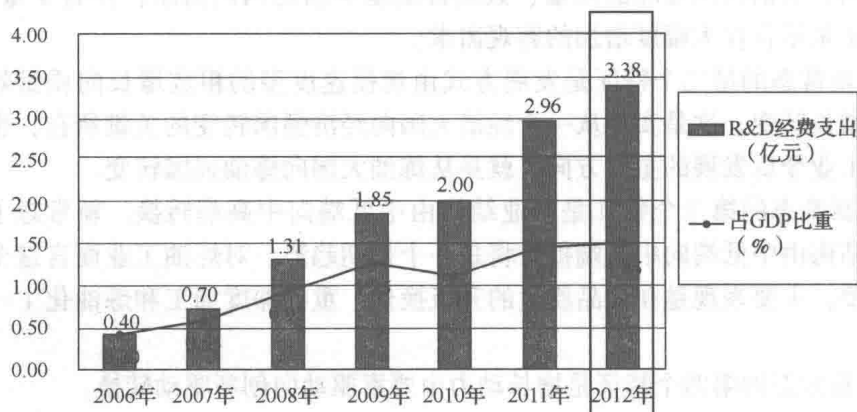


图2 我国研究与试验发展(R&D)经费支出水平(2006~2012年)

⑤ 新常态的第五个特征是，资源配置由市场起基础性作用向起决定性作用转换。市场升至“决定性作用”，市场决定资源配置是市场经济的一般规律。充分用好“无形之手”和“有形之手”：一方面，发挥市场在资源配置中的决定性作用；另一方面，更好发挥政府作用。对我国炼油工业而言，由于原油/天然气资源主要由国家控制，资源成本占据生产成本的绝大部分，因此这一特征更为明显。

⑥ 新常态的第六个特征是，经济福祉由先富先好型向包容动向平衡型转变。我国炼油工业在地域发展和分布方面也同样存在不平衡现象，需要重视和优化调整，包括对于民营炼油企业的调整和优化。

总之中国经济进入新常态后对中国的炼油工业也有一个认识新常态、适应新常态、把握新常态和引领新常态问题。本书将从对 21 世纪中国炼油工业影响比较大的有关炼油工业产业结构调整和创新驱动发展等两大方面进行分析和讨论。

2015 年 10 月 26 日，十八届五中全会审议通过了《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十三个五年规划的建议》。《建议》指出，我国发展仍处于重要战略机遇期，我们要坚持发展这个第一要务，坚持经济新常态，坚持创新驱动发展，着力推进供给侧结构性改革，着力提高供给质量和效率，着力以更多有效供给激发生产要素潜能，着力办好民生实事，着力推动经济持续健康发展，保持经济在合理区间，实现更高质量、更有效率、更加公平、更可持续的发展，为全面建成小康社会和实现第二个百年奋斗目标打下坚实基础。

《建议》提出，要着力推进供给侧结构性改革，着力提高供给质量和效率，着力以更多有效供给激发生产要素潜能，着力办好民生实事，着力推动经济持续健康发展，保持经济在合理区间，实现更高质量、更有效率、更加公平、更可持续的发展，为全面建成小康社会和实现第二个百年奋斗目标打下坚实基础。



图 1-1 2007—2014 年中国 GDP 增长率

《建议》提出，要着力推进供给侧结构性改革，着力提高供给质量和效率，着力以更多有效供给激发生产要素潜能，着力办好民生实事，着力推动经济持续健康发展，保持经济在合理区间，实现更高质量、更有效率、更加公平、更可持续的发展，为全面建成小康社会和实现第二个百年奋斗目标打下坚实基础。

2 中国炼油工业产业结构调整

中国炼油工业产业结构调整的本质属于供给侧结构性改革范畴，可以用“供给侧+结构性+改革”这样一个方式来理解。

2.1 我国炼油产能总体过剩，高端产品供给不足，极需产业结构调整^[1]

图 3 是 2005~2014 年国内炼油能力、加工量和开工负荷率情况。

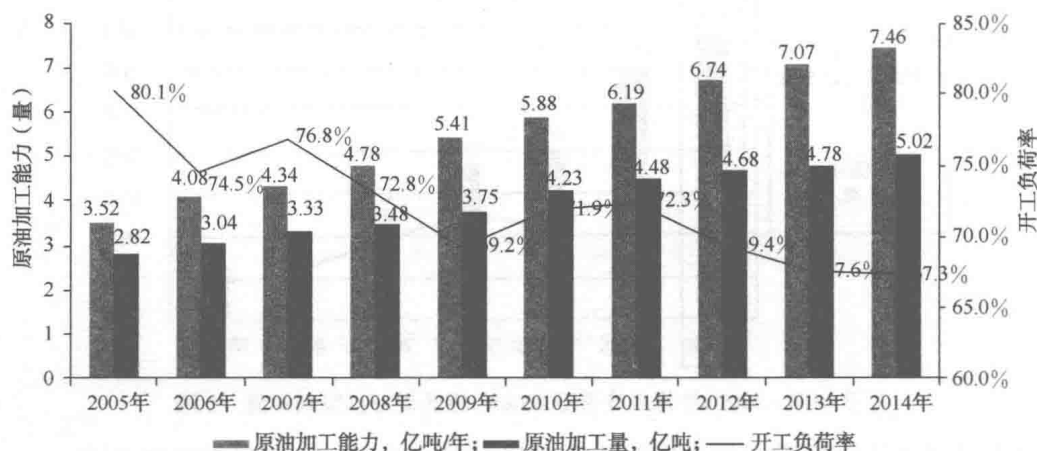


图 3 2005~2014 年国内炼油能力和加工量情况

纵观我国炼油工业发展情况，1995 年我国炼油产能为 2 亿吨/年，2015 年我国炼油产能为 7.10 亿吨/年，预计 2016 年我国新增炼油能力 3000 万吨，淘汰落后产能 2100 万吨，产能净增 900 万吨/年，炼油能力可达到 7.2 亿吨/年左右，20 年内炼油产能增加了 2.6 倍左右。炼油产能发展迅速，导致总体出现过剩局面。一个表现是炼厂开工率在 2007 年达到 76.17% 高值后一直下降，在 60%~75% 内波动。2015 年全国炼厂平均开工率为 65.5%，明显低于 84% 的国际平均水平。其中，主营炼厂开工率为 86.2%，情况还属于可以，地方炼厂开工率为

31.4%。值得引起有关方面高度重视的是中国石化和中国石油两家国有企业原油加工量占全国的份额由 2014 年的 77% 降至 2015 年的 75%，出现了下降局面。

中国炼油工业存在供给侧结构性改革问题，控制炼油能力的增长将是“十三五”期间炼油、石化行业的工作重点之一（参见：中国石油和化学工业联合会《石油和化学工业“十三五”发展指南》）。《指南》预测，2020 年我国炼油产能将达到 8.8 亿吨，力争控制在 8.5 亿吨。目前国内炼油产能超过实际需求，大约在 1.2 亿吨/年左右，也就是讲有 10%~15% 的炼油产能是过剩的。有关专家一致认为落后炼油产能主要集中在分布于国内几个沿海省份的小炼油厂产能（国外称之为“茶壶炼厂”，Teapot refinery）以及少数原料配置不合理、油品质量不达标的炼油产能部分。

炼油产能过剩还有一个重要标志，就是为了缓解产能过剩的矛盾大幅提升成品油出口（尤其是柴油）。2015 年，我国成品油（包括汽油、煤油、柴油）出口 2542 万吨，同比增长 30.4%，其中汽油 590 万吨，增长 18.4%，柴油 716 万吨，同比增速高达 79.2%，成品油出口占原油加工量的 5% 左右（不包括沥青、石油焦等出口）。最近我国山东等地的一些民营炼厂也开始单独出口柴油等油品。

正常情况下，国际上炼油工业是一个微利产业，尤其是当今社会环保排放标准越来越严，油品质量越来越高的情况下，炼油厂投资和加工成本更是日益高涨，国外已出现许多炼厂关闭、重组情况。我国炼油产能虽然业界一直呼吁要严格控制，但事与愿违，一些小规模、低质量、高污染的茶壶炼厂并没有被淘汰，这就成为我国炼油产业“十三五”结构调整的一个主要任务和目的。

可以从以下三个方面来进一步讨论炼油产业结构调整课题，即：炼油规模结构及其优化调整；炼油行业结构及其优化调整；炼油产品结构及其优化调整。

2.2 我国炼油规模结构及其优化调整

炼油装置大型化、集约化是世界炼油业一个重要的发展方向，这有助于发挥炼厂节能降耗方面的规模效应，降低成本、提升绩效，增强整体抗风险能力。

据美国《油气杂志》统计，2015 年全球炼油能力比 2014 年增长 1.72%，达到 44.74 亿/年；共有炼厂 634 座，比 2013 年减少 12 座；炼厂平均规模达 705.6 万吨/年，规模进一步扩大。同时炼厂大型化、超大型化的趋势仍在持续。2015 年规模在 2000 万吨/年以上的炼厂达到 27 家，预计 2020 年为 30 家，其中有 20 家位于亚洲和中东，详见表 1。

表 1 2000~2020 年世界大型炼厂数量变化情况

1000 万吨级炼厂	数量/座	产能/(亿吨/年)	占世界总产能比例/%
2000 年	134	19. 75	46. 90
2014 年	165	24. 94	51. 93
2015 年	171	26. 47	54. 68
2020 年预计	187	28. 83	56. 22

2000 万吨级炼厂	数量/座	产能/(亿吨/年)	占世界总产能比例/%
2000 年	17	4. 45	10. 567
2014 年	26	6. 92	14. 41
2015 年	27	7. 20	14. 87
2020 年预计	30	7. 84	15. 29

世界第一炼油大国是美国，共有炼厂 121 座，总炼油能力达到 9.05 亿吨/年，平均规模接近 750 万吨/年；平均炼厂规模最大的是韩国，仅有 5 座炼厂，总炼油能力达到 1.48 亿吨/年，平均规模达到 2959 万吨/年，韩国拥有世界级的蔚山炼厂、丽水炼厂和汶山炼厂，炼油能力分别达到 4200 万吨/年、3925 万吨/年和 3345 万吨/年。与韩国相似的还有新加坡，从国家排名来看，新加坡仅居世界第 17 位，但就其 3 座炼厂而言，炼油能力超过 6700 万吨/年，平均规模达到 2240 万吨/年，成为世界平均炼厂规模超过 2000 万吨/年的两个国家之一。新加坡炼油厂的加工能力和复杂程度在全球居领先地位，其中埃克森美孚在裕廊岛的亚逸查湾岛炼厂达 2962.5 万吨/年，壳牌武公岛炼厂规模为 2310 万吨/年。

2015 年，我国镇海炼化、茂名石化、大连石化的炼油能力均已超过 2000 万吨/年，跻身世界最大炼厂之列。为持续降低成本，提高资源的综合利用效率，炼油装置正在向大型化方向继续发展。国家已明确要求，今后新建炼油项目应布局在产业基地内，按照炼化一体化、装置大型化的要求建设。单系列常减压装置原油年加工能力达到 1500 万吨及以上，一、二次加工设施配套齐全，油品质量达到国 V 标准，炼油装置单位能量因数低于 7，炼厂排放的 COD、氨氮、二氧化硫、细颗粒物等污染物均应达标排放或近零排放^[2]。

这里提到了单系列常减压装置原油年加工能力应达到 1500 万吨/年以上，这是一个比较新的严格的要求，因为我国目前的情况是炼厂年总加工能力可能有超过 2000 万吨/年以上的，但单套常减压装置能力最大的基本在 1000 万~1200 万吨/年上下变化，没有一套产能达到 1500 万吨/年。从常减压装置工程设计而言，随着加工原油的轻重不同，最理想的规模也有变化，关键是由减压塔系统所控制。原油重质化以后，常减压装置后部负荷增加，装置加工能力有所下降，一般而言加工轻质原油的常减压设备配置比较简单，适宜的加工能力比较大，达到

1500 万吨/年比较容易做到,相反,如果加工重质原油(包括超重原油)情况就不一样了。作者认为:从我国目前实际情况出发,新建单套常减压装置能力要求安排随加工原油性质的不同可以有一个弹性范围,如在 1000 万~1500 万吨/年之间。

印度信诚工业公司(Reliance)的经验对中国炼油工业发展可以有所借鉴,其贾姆纳格尔炼油中心(Jamnagar)目前总炼油能力达到 6200 万吨/年,是世界最大炼油基地之一,也是一个很典型的油化纤一体化企业。该厂炼油部分于 1996 年建设,1999 年投产,用三年时间建成,总投资约 60 亿美元。该炼油厂初期设计加工能力为 2700 万吨/年,主要装置产能均达到大型化要求,包括 2 套 1350 万吨/年的常减压蒸馏装置,650 万吨/年的催化裂化装置、245 万吨/年连续重整装置和 671 万吨/年的延迟焦化装置等。设计加工硫含量 2%~3%的中东中质原油,没有考虑加工重质原油,炼厂总流程设计思路是先进、实用和灵活,一些深度重油加工的炼油装置早期没有安排,很适合当时印度的实际情况。图 4 是贾姆纳格尔炼厂早期总工艺流程图^[3,4]。

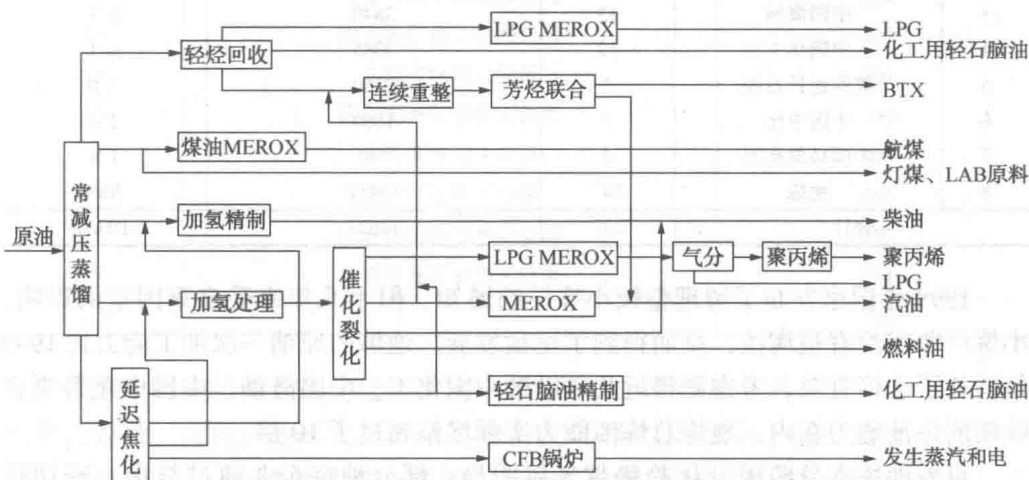


图 4 印度信诚炼油化工公司的贾姆纳格尔炼厂早期炼油总流程图

2.3 我国炼油行业结构及其优化调整

从行业结构分析,目前我国原油一次加工能力中,中国石化和中国石油一直是国内炼油行业的主要力量,在成品油供应方面更占据绝对主导地位。但随着国内炼油行业蓬勃发展,中国海油、中国化工等大型国企资本纷纷加入,民营资本也迅速介入,致使近年来国内炼油格局发生了重大变化。2014 年中国石化、中

国石油、中国海油、中国化工、陕西延长石油、中国中化和中国兵器集团等七大国企的炼油能力分别达到 2.916 亿吨/年、1.824 亿吨/年、0.384 亿吨/年、0.3045 亿吨/年、0.225 亿吨/年、0.18 亿吨/年和 0.084 亿吨/年，分别占全国炼油总能力比例的 39.1%、24.4%、5.1%、4.1%、3.0%、2.4% 和 1.1%；地方炼油企业(以下简称地炼)的炼油能力也达到 1.5452 亿吨/年(见表 1)，占比例为 20.7%。可见当今国内炼油格局已演变成中国石化、中国石油、地炼三足鼎立局面，炼油行业日趋多元化，市场竞争程度更加激烈是一个不争的事实。

表 2 是 2014 年国内各炼油主体炼油能力及比例情况，由表可知，我国原油 7.46 亿吨/年的一次加工能力中，147 家地炼的加工能力为 1.5452 亿吨/年，每家地炼平均加工能力为 105 万吨/年，其中低效炼油产能约 9000 万吨/年。

表 2 2014 年国内炼油主体炼油能力及比例

序号	炼油主体	炼厂数量/家	原油一次加工能力/(万吨/年)	所占比例/%
1	中国石化	32	29160	39.1
2	中国石油	26	18240	24.4
3	中国海油	13	3840	5.1
4	中国化工	12	3045	4.1
5	陕西延长石油	3	2250	3.0
6	中国中化	2	1800	2.4
7	中国兵器集团	2	840	1.1
8	地炼	147	15452	20.7
合计		237	74627	100.0

1999 年国家发布了清理整顿小炼厂的通知，但十几年来受多重因素的影响，小炼厂非但没有被淘汰，反而得到了迅猛发展。地炼的原油一次加工能力比 1999 年增长了 7 倍有余，考虑到将近几年已被中国化工、中国海油、中国中化等央企收购的炼油能力在内，地炼总炼油能力实际增幅超过了 10 倍。

目前地炼本身两极分化趋势越来越明显，部分地炼企业通过与央企密切联系，或者被兼并收购转身为央企，或者与央企合资合作，并在地方政府的大力支持下，在一定的时间阶段内借助于管理、税费、环保等“优势”，以经济效益不断增长为目标，稳步扩张规模，逐步配套二次装置，持续提升技术水平，引进了一些国外先进的炼油技术，在重油加工和成品油质量方面有了一定的提高，综合竞争能力有一定提升。地炼中原油一次加工能力在 200 万吨/年以上的共有 19 家，常减压蒸馏能力合计为 7800 万吨/年，分别占地炼总能力的 50% 左右。其中，山东地炼又占据其中的绝大多数，加工能力占到全国地炼的 76.2%，如山东东明石化原油一次加工能力达到了 1200 万吨/年，山东利华益集团等 5 家地炼原

油一次加工能力也达到了 500 万吨/年规模(见表 3)。

表 3 2014 年加工能力 200 万吨/年以上地炼主要装置能力

序 号	企业名称	常减压蒸馏/(万吨/年)
1	山东东明石化集团公司	1200
2	山东利华益集团公司	550
3	山东京博石油化工有限公司	530
4	东营亚通石化公司	500
5	山东垦利石化公司	500
6	新疆奎山宝塔石化公司	500
7	淄博汇丰石化公司	360
8	辽宁宝来北方石化公司	350
9	山东晨曦石油化工有限公司	350
10	宁夏宝塔石化公司	350
11	四川盛马化工公司	350
12	山东金诚石化集团公司	330
13	山东海科化工集团公司	300
14	东营齐润化工公司	300
15	山东恒源石油化工有限公司	300
16	江苏新海石化公司	300
17	山东神驰化工公司	250
18	山东滨化滨阳燃化公司	250
19	东营万通石油化工有限公司	230
合 计		7800

以炼油行业结构及其优化调整这一课题而言,主要研究内容之一是今后我国地炼的发展,而我国地炼大部分是民营企业(国际上绝大部分炼厂都属于私营企业)。前已指出,2014 年原油一次加工能力在 200 万吨/年(含)以下的小炼厂共有 144 家,产能合计 8967 万吨/年,平均规模为 62 万吨/年。其中地炼有 128 家,合计 7652 万吨/年,平均规模 60 万吨/年。这些小炼厂由于规模过小,资源利用效率极低,技术经济指标尤其是能耗相对落后,在产品质量方面和污染排放方面存在严重的问题,出厂的汽柴油质量达到国Ⅳ标准非常困难,更不要说达到国Ⅴ标准,随着国家对产品质量和环境保护的日益重视,对于这些原油加工总量近 1 亿吨小炼厂在“十三五”期间进行调整、优化和淘汰是势在必行。

这些小炼厂绝大部分集中在我国东部山东等少数几个省份,对此,如果通过疏导和堵塞两方面同时进行优化调整的话对全局影响不会很大。历史经验已证

明，仅仅依靠各级政府从审批渠道上加以堵塞不会有很好效果，而通过中央和地方在政策方面进行疏导，特别是通过市场兼并、收购、合资、合作方式可以形成若干个千万吨级具有规模经济的民营炼厂，少数有条件省份也可以新建具有千万吨级以上的以民营为主混合所有制的炼化一体化的大型/特大型炼厂。今后中央和各级地方政府对于无论是国有还是民营炼油企业的运行，都要在财经政策(主要是税收政策)、油品质量标准和环保要求(废水、废气排放)等方面采取统一、严格的政策管理和政府监管，不能有所偏废。对于有关不符合政策、标准的行为，做法要一视同仁从法治角度出发，坚决加以堵塞。炼油行业如此按照有疏有堵的思路去进行优化调整，用若干年时间我国炼油行业结构及其优化调整的目标是可以达到的。

2.4 我国炼油产品结构及其优化调整

炼油产品结构优化调整主要目的之一是为了满足建设绿色低碳的交通运输燃料体系，当然也有一部分供作石油化工原料(石脑油)、家庭民用燃料(液化气)、润滑油料、溶剂油料、沥青和石油焦等用途。从油品消费而言，经过过去几十年的快速工业化，我国已从工业化中期转向中后期，经济发展将逐步放缓，柴油消费能力随之下降；同时，随着人民生活水平的提高，家用汽车保有量保持高速增长，汽油消费量有望在未来 10 年内继续呈现稳定增长态势。柴油消费增速低于汽油消费增速将成为今后的常态，消费柴汽比将不断下降。表 4 是 2010~2030 年我国主要石油产品需求情况及预测。其中汽油消费 2014 年达到 1.10 亿吨，预测到 2025 年前每年增加 4.5%，年均增长 550 万吨左右，2025 年达到 1.70 亿吨的峰值。柴油消费在 2014 年达到 1.76 亿吨的峰值后将出现零增长或负增长。

表 4 2010~2030 年我国主要石油产品需求情况及预测^① 万吨

项 目	2010 年	2015 年	2020 年	2025 年
汽油	7149	11200	15000	17000
煤油	1750	2680	3650	4810
柴油	15755	16650	17000	16800
液化气	2338	2525	3000	3400
化工轻油(石脑油)	5560	6930	8790	10250
燃料油	3430	3120	2630	2460
其他	9741	10356	11115	12420
合计	45723	53460	61185	67140

① 数据来源：中国石化经济技术研究院。其中 2020 年、2025 年数据为预测值。

从“十二五”时期开始,我国汽柴油供需差不断扩大,已出现从平衡到过剩的局面,2014年国内成品油消费量增幅由2013年的5%,回落到1.8%,柴油消费量比2013年减少了1.5%,出现负增长。当年国内成品油供需差达到1611万吨,较2013年增加81%。2015年过剩局面进一步发展,成品油供需差达到2448万吨,较2013年增加52%,油品出口大量增加。

柴汽比是用于衡量炼厂产品结构是否满足市场需求的一个重要指标,对炼厂经济效益也有重要的影响。自1978年改革开放以来,国内消费的柴汽比呈先降后升再回落的变化趋势,柴汽比高峰值出现在2005年的2.31,以后开始下降。据统计,2015年上半年全国表观消费柴汽比降至1.50,接近一些西方大国的柴汽比水平(美国柴汽比为1.3左右)。据权威机构预测^[2],2030年以前柴汽比将呈继续下降的趋势。中国石油经济研究院预测结果是,2020年我国成品油消费的柴汽比为1.41。这表明,对我国炼油行业目前不仅存在产能过剩问题,也存在着以柴油产品为主的油品结构性过剩问题^[5,6]。

应该指出的是,消费柴汽比的变化导致炼厂必须解决柴油过剩问题,沿海沿江炼厂柴油出口可以大量增加,对此一些中西部炼厂开始将柴油馏分作为乙烯裂解原料使用,如中国石油兰州石化45万吨/年乙烯裂解装置中五台裂解炉中就有一台从2015年下半年起开始长期投用轻柴油为乙烯原料,乙烯收率下降,从资源利用角度出发是不合理的。

以下讨论改变以柴油产品为主的炼油产品结构性过剩问题的二个基础方案:

基础方案之一,是重油加工部分采用渣油加氢(RDS)-重油催化裂化(RFCC)-加氢裂化的流程,其中重油催化裂化是炼厂调整柴汽比的主要手段。如采用常规催化方案,汽、柴油收率分别为40.8%和26.7%。采用最大化多产汽油方案(如MIP方案),汽油收率可提高至45.5%,柴油收率降至16.7%。这对于调整全厂汽柴油产品结构贡献最大。在加氢裂化产能富裕的炼厂可以考虑将一部分劣质柴油送加氢裂化装置进行轻质化。

基础方案之二,是在炼厂总流程中气体加工装置部分考虑配置石脑油异构化和烷基化装置,其生产的异构化油和烷基化油(工业异辛烷)可作为汽油池中清洁高辛烷值汽油调和组分,不仅增加了汽油的数量,更可以改变汽油组成,满足国V或国VI高标号清洁汽油的要求。表5是某千万吨级炼厂规划设计汽油调和组分成分表。一般全厂汽油调合组分包括脱硫催化汽油、异构化油、重整汽油调合组分及MTBE等。其中,脱硫催化汽油占全厂汽油总量的近60%,MTBE占8%,前者来自催化裂化装置,而后的原料之一为催化液化气中的异丁烯;剩余33%为重整汽油和异构化油,加氢裂化轻石脑油和重整拔头油是异构化油的原料。表5中方案1、方案2配方中只有异构化油,方案3配方中有一定数量的烷基化油,