

# 中国天然气发展态势及战略预判

邹才能 赵群 陈建军 李剑 杨智 孙钦平 陆家亮 张刚雄

中国石油勘探开发研究院

**摘要** 北美非常规天然气产量的增长改变了全球供给格局,使天然气供应总体宽松,贸易中心东移。在分析国内外能源发展态势的基础上,结合世界天然气大市场发展态势分析了中国天然气发展的大形势,多方位、多角度研判了中国天然气的发展状况:①天然气需求增长强劲,2050年需求量将达到 $6\,500\times 10^8\sim 7\,000\times 10^8\text{m}^3$ ;②2030年天然气产量可能的高、中、低3种峰值情景分别为 $1\,800\times 10^8\text{m}^3$ 、 $2\,000\times 10^8\text{m}^3$ 、 $2\,200\times 10^8\text{m}^3$ ;③陆上管道气极限供给能力在 $1\,600\times 10^8\text{m}^3$ 左右;④LNG将成为填补天然气需求量缺口的主要途径;⑤在国产气、管道气峰值基本明确的前提下,未来LNG、储气库气将在我国整个天然气工业产业链中发挥极其重要的作用。进而从中国的基本国情出发,提出了对未来天然气发展战略的初步思考:①提速国内油气生产能力、管道输送能力、LNG与储气库能力等“三个能力”建设;②在人工智能和大数据的基础上分析油气供给和消费特征,建立中国油气“安全消费峰值”预警体系;③从我国“富煤、贫油、少气”的能源资源国情出发,急速推进煤炭清洁化工业技术和新能源主体工业技术的提前突破;④把握国内外能源发展形势,全方位战略布局国家能源安全格局,加快煤炭、油气和新能源“三足鼎立”新时代的到来。

**关键词** 中国 常规天然气 非常规天然气 致密气 页岩气 煤层气 管道气 LNG 地下储气库 煤炭清洁化 新能源

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2018.04.001

## Natural gas in China: Development trend and strategic forecast

Zou Caineng, Zhao Qun, Chen Jianjun, Li Jian, Yang Zhi, Sun Qinqing, Lu Jialiang & Zhang Gangxiong

(PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Beijing 100083, China)

NATUR. GAS IND. VOLUME 38, ISSUE 4, pp.1-11, 4/25/2018. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

**Abstract:** Based upon an analysis of global energy developing trend, a discussion was made on the natural gas developing trend in China with the following pre-estimating results from multiple perspectives. (1) Natural gas will be strongly demanded and in 2050 it will be up to 650–700 billion cubic meters (bcm). (2) The high–medium–low peaking scenarios of natural gas production rate in 2030 will be 180 bcm, 200 bcm and 220 bcm, respectively. (3) Up till now, the supply capacity of inland pipeline gas will be about 160 bcm. (4) LNG will be the main approach to filling the gap in the natural gas demand. (5) When the peak value of domestic production and pipeline gas is definite, LNG and storage gas will play an important role in the whole natural gas industrial chain in the future. Also, according to the basic condition of China, the strategies for future natural gas development were presented as follows: to enhance the capabilities of domestic gas productivity, pipeline transportation, gas storage (such as LNG terminals, UGS, etc.); to set up an early warning system for oil & gas peak security consumption with detailed supply and demand information based upon AI technology and big data analysis; to make breakthroughs in coal cleaning and new energy production technologies for lack of non-renewable oil and gas resources; and to get a better understanding of global energy developing trend and have an omni-direction strategic layout for national energy security thus to quicken the pace of a new tripartite confrontation era of coal, petroleum and new energy sources.

**Keywords:** China; Conventional natural gas; Unconventional natural gas; Tight gas; Shale gas; Coalbed methane gas; Pipeline gas; LNG; Underground gas storage; Coal cleaning; New energy

**基金项目:** 国家科技重大专项(编号:2016ZX05047、2016ZX05015)、国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(编号:2014CB239000)。

**作者简介:** 邹才能, 1963年生, 中国科学院院士, 李四光地质科学奖获得者, 本刊第八届编委会委员、《Natural Gas Industry B》编委会委员, 博士生导师; 现任中国石油勘探开发研究院副院长; 主要从事非常规油气地质学、常规岩性—地层油气藏与大油气区等地质理论技术研究和勘探生产实践等工作。地址:(100083)北京市海淀区学院路20号910信箱院办。ORCID:0000-0001-5912-1729。E-mail: zcn@petrochina.com.cn

## 0 引言

全球天然气资源充足, 能源发展正进入天然气时代, 当前全球能源发展已形成石油、天然气、煤炭和新能源“四分天下”的新格局<sup>[1]</sup>。研究中国天然气发展态势, 一是离不开中国能源发展的大势, 即在加强环境治理、建设美丽中国的大形势下, 能源结构调整加快, 天然气需求量将高速增长; 二是离不开中国天然气发展的大势, 即中国 14 亿人口且生活水平不断提高, 从而形成巨量的天然气消费需求, 尽管国内天然气产量保持快速增长<sup>[2-3]</sup>, 但未来天然气供气结构仍将由目前的国产气占主体地位转变为进口气占主体地位; 三是离不开世界天然气大市场发展的大势, 即随着北美页岩气产量巨量增长, 中东、中亚、深海天然气产量快速增长, 世界天然气有望长期进入供应宽松态势<sup>[4]</sup>, 为中国天然气进口带来有利的机遇; 四是需加强产供能力建设, 提高供气保障, 随着国内产气能力、进口 LNG 能力、储气能力和管输能力等建设的提速, 中国天然气快速发展, 正在进入第二次高潮; 五是以能源消费革命为指导, 建立天然气“安全消费峰值”, 通过合理确定天然气消费峰值, 加大煤炭清洁利用(如煤地下气化、煤制气)规模, 推动天然气水合物有效开发, 加快新能源发展, 优化中国能源结构, 保障天然气供应安全。

本文基于上述 5 个方面的分析, 多方位、多角度研判中国天然气发展大势, 提出了关于中国天然气发展战略的几点思考。

## 1 世界能源发展进入天然气时代

### 1.1 天然气作为能源的三大特性

天然气是最优质的化石能源, 具有清洁性、民生性和过渡性等三大特性。

1) 天然气低碳环保, 是最清洁的化石能源, 具有清洁性。天然气具有无色、无味、无毒, 易散发, 热值高的特征。1 m<sup>3</sup> 天然气燃烧热值相当于 10 kW·h 电和 1.25 kg 标准煤的热值。等热值下燃烧天然气, CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>、粉尘的排放量分别是煤的 50%~60%、10%、1/682、1/1479, 分别是石油的 70%~75%、20%、1/389、1/140。

2) 天然气可以满足人类最基本的生活需求, 具有民生性。与煤炭和石油相比, 天然气具有洁净、方便和安全等特征, 可作为居民生活烹饪和取暖的能源, 与居民生活更加密切相关。但由于居民用户很

难单独储存天然气, 一般都需要通过管道输送。因此天然气的稳定供应, 关系到居民的基本生活需求, 具有很强的民生性。

3) 天然气是化石能源向新能源过渡的桥梁, 具有过渡性。在社会文明发展和科学技术进步两大动力的推动下<sup>[1]</sup>, 能源发展从固态(木材+煤炭)、液态(石油)向气态(天然气)转换, 天然气成为化石能源向新能源跨越中不可逾越的桥梁, 将最终推动人类能源消费与生态环境的和谐发展。

### 1.2 理论技术进步持续推动天然气大发展

天然气地质理论技术在世界天然气工业建立、发展、壮大的过程中, 发挥了至关重要的作用<sup>[5-6]</sup>。早在 1885 年, White 就以“天然气地质”为题提出了著名的“背斜学说”<sup>[7]</sup>, 但近代石油工业兴起以后相当长的历史时期内, 仅将天然气作为成油过程的伴生物, 天然气藏的被发现也仅仅是找油的副产品, 一直未能对其独立开展勘探和开发<sup>[5-6]</sup>。直至 20 世纪 40 年代到 70 年代末, 天然气理论技术快速发展, 有力地推动了天然气工业迅速崛起<sup>[6,8]</sup>。这一时期, 天然气地质地球化学研究取得了重大进展, 如德国学者提出了煤成气理论, 碳、氢同位素分析逐步被引入天然气研究, 《天然气地质学原理》等一系列重要天然气地质地球化学论著问世等等, 推动了新类型非伴生气大气田的不断发现, 以著名的北海南部格罗宁根煤成大气田(1959)、西西伯利亚北部乌连戈伊煤成大气田(1966)等的发现为重要标志, 世界天然气工业成为独立工业巨擘<sup>[5-9]</sup>。20 世纪末, 致密气、煤层气、页岩气等非常规天然气工业实践活跃, 非常规天然气地质理论技术研究规模展开, 以 1995 年美国联邦地质调查局提出“连续气聚集”理念<sup>[10]</sup>、2002 年页岩气水平井多段压裂技术试验成功为标志, 非常规天然气产量快速跃升, 在全球范围内掀起了“非常规油气革命”<sup>[11-16]</sup>, 深远影响了未来天然气工业的发展。

### 1.3 全球天然气供应宽松

全球天然气资源充足, 产量和消费量持续快速增长, 但总体上产量增速快于消费量增速, 表现为供气形势宽松态势, 天然气产业进入跨越式发展的“黄金时期”。据 BP 的数据<sup>[17]</sup>, 截至 2016 年底全球探明天然气可采储量为 185.4×10<sup>12</sup> m<sup>3</sup>, 2016 年产量为 3.530 6×10<sup>12</sup> m<sup>3</sup>, 储采比高达 52.2, 即在当前产量下可开采 52 年<sup>[17]</sup>。全球已经形成中东、亚太和北美 3 个天然气产量增长中心和天然气产量消费量增长中

心。2007—2017 年，全球天然气产量比消费量多增长 2.5%，表现为天然气供应总体宽松的状态。

2017 年全球天然气产量  $3.640 0 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，比 2007 年的  $2.947 5 \times 10^{12} \text{ m}^3$  增长了 23.49%<sup>[3,17]</sup>。随着中东地区北方—南帕斯气田开发提速、亚太地区天然气开发加速和北美地区页岩气产量持续高速增长，使中东、亚太和北美的天然气产量分别贡献了全球天然气产量增长量的 41.2%、31.1% 和 24.6%。

#### 1.4 全球天然气贸易中心东移

亚太地区中国、印度等新兴经济体的发展，使天然气需求量大幅增加，受资源限制，天然气产量增长远低于消费量增长，天然气贸易在亚太地区表现活跃，全球天然气贸易中心向东转移。2007—2017 年，亚太地区天然气消费量比产量增长量多出  $1 007 \times 10^8 \text{ m}^3$ <sup>[3,17]</sup>；而中东和北美地区却恰好相反，天然气产量比消费量增长量分别多出  $817 \times 10^8 \text{ m}^3$  和  $135 \times 10^8 \text{ m}^3$ <sup>[3,17]</sup>。

据 BP 的数据<sup>[17]</sup>，北美、亚太和欧洲是全球天然气贸易的 3 个中心，其中北美和欧洲天然气进口量基本稳定，而亚太则是全球天然气贸易量增长

的主要地区。2007—2016 年，全球天然气贸易量由  $0.776 1 \times 10^{12} \text{ m}^3$  增长至  $1.084 1 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，增长了 39.7%。其中，管道气由  $5 497 \times 10^8 \text{ m}^3$  增长至  $7 375 \times 10^8 \text{ m}^3$ <sup>[17]</sup>，增长了 34.2%；LNG 由  $2 264 \times 10^8 \text{ m}^3$  增长至  $3 466 \times 10^8 \text{ m}^3$ <sup>[17]</sup>，增长了 53.1%（表 1）。预计 2017 年全球管道气贸易量约为  $7 630 \times 10^8 \text{ m}^3$ <sup>[3]</sup>，比上年增长 3.5%；LNG 贸易量为  $3 900 \times 10^8 \text{ m}^3$ <sup>[3,17]</sup>，比上年增长 12.5%。

LNG 技术的突破使得天然气贸易摆脱了距离的限制，亚太地区成为天然气贸易量增长最主要的地区。2007 年全球 LNG 贸易量为  $2 264 \times 10^8 \text{ m}^3$ <sup>[3,17]</sup>，占天然气贸易总量的 29.2%；2016 年全球 LNG 贸易量达  $3 466 \times 10^8 \text{ m}^3$ <sup>[3,17]</sup>，占天然气贸易总量的 19.2%。2007 年北美、欧洲和亚太天然气贸易量分别为  $1 549 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $4 291 \times 10^8 \text{ m}^3$  和  $1 651 \times 10^8 \text{ m}^3$ <sup>[3,17]</sup>，LNG 分别占其贸易量的 15.5%、12.4% 和 65.6%；2016 年北美、欧洲和亚太天然气贸易量分别为  $1 515 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $5 330 \times 10^8 \text{ m}^3$  和  $3 072 \times 10^8 \text{ m}^3$ <sup>[3,17]</sup>（表 1），LNG 分别占其贸易量的 5.7%、48.0% 和 78.6%。

表 1 2007—2016 年全球天然气进口量及其变化情况表

$10^8 \text{ m}^3$

地区	2007 年天然气进口量			2016 年天然气进口量			2007—2016 年天然气进口增长量		
	管道进口	LNG 进口	合计	管道进口	LNG 进口	合计	管道进口	LNG 进口	合计
北美	1 309	240	1 549	1 428	87	1 515	119	-153	-34
中南美	144	11	155	168	155	323	24	144	168
欧洲	3 758	533	4 291	4 766	564	5 330	1 008	31	1 039
中东	102	0	102	269	142	411	167	142	309
非洲	13	0	13	88	102	190	75	102	177
亚太	171	1 480	1 651	656	2 416	3 072	485	936	1 421
合计	5 497	2 264	7 761	7 375	3 466	10 841	1 878	1 202	3 080

注：数据来自于 BP<sup>[17]</sup>

天然气产量和贸易量的增加，推动了储气库的建设，以实现规模储备。据国际天然气联盟（International Gas Union，简称 IGU）2015 年的数据<sup>[18]</sup>，从 1915 年加拿大首次储气实验到目前，全球共建有储气库 715 座，其中北美占 37%、欧洲占 28%、独联体占 30%，总工作气量为  $3 930 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，其中北美占 67%、欧洲占 20%、独联体占 6%。

#### 1.5 全球形成“四分天下”的能源新格局

世界能源发展在木柴向煤炭、煤炭向油气的转化已经基本完成之后，将经历油气向新能源的第三次重大转换（图 1）<sup>[1]</sup>。天然气在实现第三次重大转换

的过程中发挥着重要的桥梁作用，世界能源已形成石油、天然气、煤炭、新能源“四分天下”的新格局。社会文明发展驱动能源需求向清洁、高效和便捷方向发展，科学技术进步驱动能源生产变革<sup>[1]</sup>，最终实现人类文明与能源需求的平衡发展。

18 世纪 80 年代，在第一次科技革命的推动下，煤炭在一次能源消费比例中超过木柴，完成了第一次能源转换；1965 年，在第二次科技革命的推动下，油气在一次能源消费比例中超过了煤炭，完成了第二次重大转换；当前，在第三次科技革命的推动下，人类发展对环境的要求不断提高，天然气和新能源

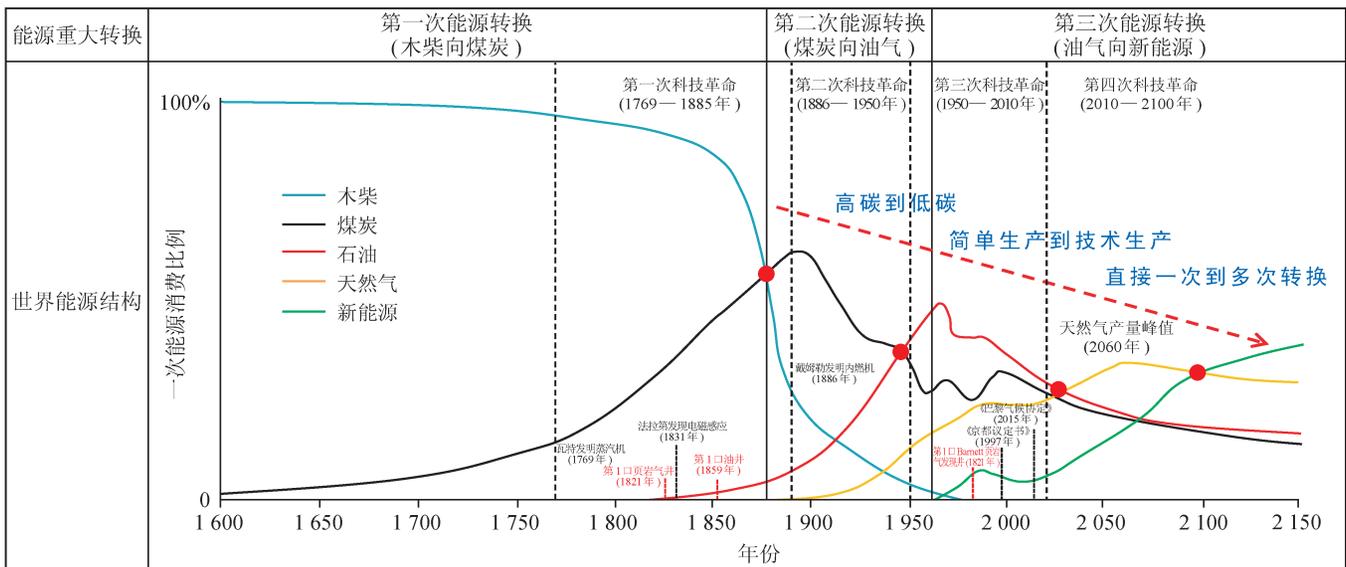


图1 世界科技发展与能源革命路线图（据邹才能等，《石油勘探与开发》2018年第4期，待出版，有修改）

作为清洁能源的消费比例大幅度提高，在一次能源消费结构中，石油占33%、天然气占24%、煤炭占28%、新能源占15%，石油、天然气、煤炭和新能源“四分天下”的格局已经基本形成（图1）<sup>[1, 3, 17]</sup>。

天然气作为最清洁的化石能源，是当前满足人类生态环境需求的最佳选择<sup>[4]</sup>，随着生态环境需求的升级和科学技术的进步，世界能源在21世纪中叶将进入“天然气新时代”（图1）。能源消费结构进一步向清洁化、低碳化加速转变，2017年全球煤炭消费比重下降了0.31%，天然气和非水可再生能源消费比重分别上升0.14%和0.16%<sup>[3, 17]</sup>。预计天然气在2030年前后将超越煤炭、2040年将超越石油，成为向非化石能源发展路途上最主要的能源，进入“天然气时代”。最终，随着经济社会对能源需求的持续增长和低碳社会的到来，传统化石能源向非化石新能源的第三次重大转换将成为必然（图1）。

### 1.6 新能源发展已进入突破期

新能源技术快速发展，互联网+、人工智能和新材料等技术的不断进步，推动新能源产业迅猛发展，新能源发展已处于突破期。核能、可再生等新能源开发利用技术已经实现突破，成本已经接近常规能源。据国际可再生能源机构（International Renewable Energy Agency，简称IREA）2018年发布的数据<sup>[19]</sup>，到2020年所有类型的可再生能源都将具有相当的成本竞争力。2017年陆上风电和太阳能光伏发电的全球平均成本分别为0.06美元/kW·h和0.10美元/kW·h。预计到2020年，可再生能源发电成本将再下降50%。目前新能源汽车最大续航能力已经超过

1 000 km，但与常规动力汽车相比，成本仍相对较高、充电时间相对较长。当前制约新能源应用的主要是储能技术，随着石墨烯等新材料技术的突破，制约新能源发展的最后一道技术瓶颈正在逐步被突破。不难预见，新能源产业将迎来加快发展的大好时机。

## 2 中国天然气发展面临全新的形势

### 2.1 天然气发展进入“黄金时代”

中国天然气发展已进入新时代，生态文明建设需求增长强劲、全球供应环境宽松、“一带一路”倡议、国内资源前景、科技进步与市场化降低成本等都将促进新一轮的天然气产业链建设步伐<sup>[20-25]</sup>。在蓝天计划制定、能源结构调整、油气价格、“一带一路”以及新型城镇化进程加快的新背景下，天然气在能源结构中的地位日益凸显，中国天然气发展迎来“黄金时代”。

1) 国家对天然气清洁能源高度重视，制定发展蓝图。《能源发展“十三五”规划》明确提出，2020年非化石能源和天然气消费增量将占能源消费增量的68%以上，天然气在一次能源中的消费比重力争达到10%。“十三五”时期中国将推进油气并举、稳油增气的发展思路，石油消费量稳定发展，大力发展天然气产业。

2) 三大理论技术进步推动了天然气资源大发现，奠定了国内较大的天然气储量、产量基础：①煤成气理论<sup>[5-6, 9]</sup>，明确了煤系地层的规模生气潜力，指导了鄂尔多斯盆地上古生界、四川盆地上三叠统须家河组等大面积岩性气藏的勘探发现；②有机质“接力

成气”理论，论证了热演化程度高、过成熟烃源层系仍然具有大量生气的潜力，坚定了塔里木盆地古生界、四川盆地震旦系—寒武系等深层超深层古老地层天然气勘探的信心<sup>[26-30]</sup>；③非常规连续型天然气聚集理论，抓住了非常规天然气分布的标志特征，为页岩气等非常规天然气的工业起步提供了有力的依据<sup>[31-33]</sup>。此外，前陆冲断带构造气藏<sup>[26-27]</sup>、深层海相碳酸盐岩气藏<sup>[28-30]</sup>、大面积岩性气藏<sup>[31-32]</sup>、全过程生烃（图 2）<sup>[32-33]</sup>等重要理论，高精度地震勘探、高效安全钻完井、储层压裂改造增产等核心技术，为推动中国天然气储量快速增长均发挥了重要作用。目前全国共发现气田 509 个，累计探明天然气储量

$13.4 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，已建成长庆、塔里木、四川 3 个储量超过  $1 \times 10^{12} \text{ m}^3$  的大气区，为中国天然气快速发展奠定了基础。

3) 在全球天然气供给宽松的条件下，LNG 技术推动了天然气进口的多元化。中国 LNG 资源进口来源主要为澳大利亚、卡塔尔、印度尼西亚等国家，2017 年 1—11 月中国通过国际贸易商资源池进口美国 LNG 现货  $127 \times 10^4 \text{ t}$ ，占中国 LNG 进口总量的 4%。未来，美国将有可能成为中国 LNG 进口长期协议资源国，并由此带来新的天然气进口价格机制。

4) 天然气产业链趋于完备，人工智能+大数据促进全产业链建设协同发展。中国已形成上游勘探生产、中游运输到下游销售完整的天然气产业链。截至 2015 年底，全国已建成天然气集输管网  $6.4 \times 10^4 \text{ km}$ ，LNG 接收能力达  $484.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，地下储气库工作气量为  $55 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。按照国家规划，“十三五”期间将新增天然气探明地质储量  $3 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 、新建天然气管网  $4 \times 10^4 \text{ km}$ 、地下储气库累计形成工作气量  $148 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，天然气产业链将保持持续快速发展。

### 2.2 天然气产量进入持续增长期

中国常规天然气产量进入持续增长期，非常规天然气产量步入快速发展期。较之于 2016 年，2017 年全国天然气产量增长 10%，达到  $1490 \times 10^8 \text{ m}^3$ （图 3），增长主要来自四川盆地、塔里木盆地和南海东部海域。随着常规、非常规天然气接续产量的快速增长，中国天然气总产量将持续增长。

常规天然气产量即将达到峰值，进入稳定发展期。自 2000 年以来，全国常规天然气产量持续快速增长，由 2000 年的  $280 \times 10^8 \text{ m}^3$  增长至 2014 年的  $950 \times 10^8$

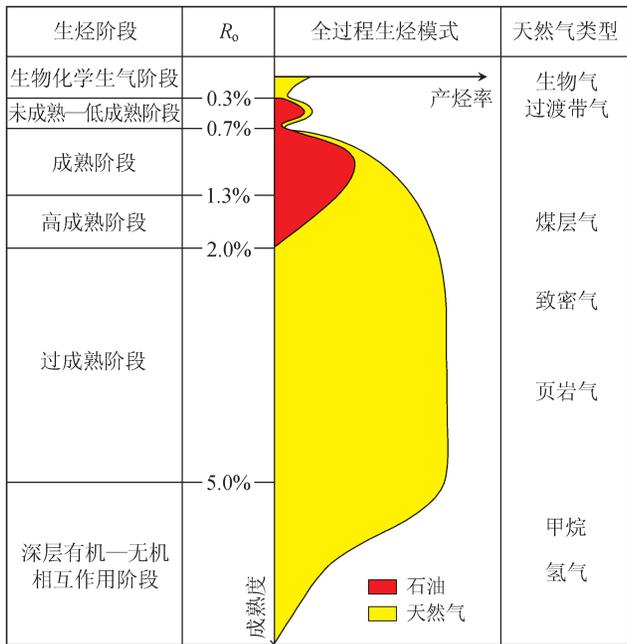


图 2 全过程生烃模式与天然气类型图

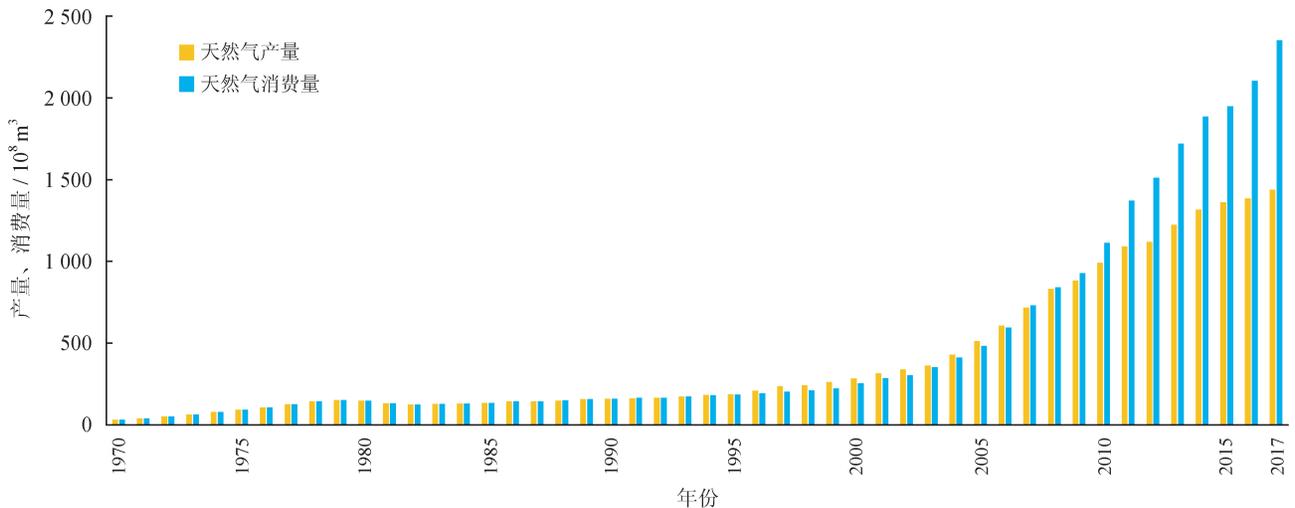


图 3 1970—2017 年中国天然气产量与消费量对比图

$\text{m}^3$ , 年均增长  $48 \times 10^8 \text{m}^3$ 。2014—2017 年, 中国常规天然气产量基本保持在  $950 \times 10^8 \text{m}^3$  左右, 2017 年产量为  $1\,002 \times 10^8 \text{m}^3$ , 占天然气总产量的 67.2%, 是天然气产量的主体。

致密气、煤层气和页岩气等非常规天然气开发相继取得突破, 产量接续能力快速增长, 步入快速发展期, 已成为天然气产量增长的新主力。较之于 2016 年, 2017 年全国非常规天然气产量增长 14%, 达到  $398 \times 10^8 \text{m}^3$ , 占天然气总产量的 28.6%。2005 年致密气产量取得突破, 2012 年其产量超过  $300 \times 10^8 \text{m}^3$ , 2015 年产量达到  $350 \times 10^8 \text{m}^3$  后趋于稳定, 2017 年产量为  $343 \times 10^8 \text{m}^3$ , 占天然气总产量的 23.7%。2006 年煤层气开发取得突破后, 受多方面因素的影响产量增长相对较慢, 2017 年产量为  $45 \times 10^8 \text{m}^3$ , 占天然气总产量的 3.0%。2013 年页岩气开发取得突破后产量快速增长, 2017 年产量已达到  $90 \times 10^8 \text{m}^3$ , 占天然气总产量的 6.0%。

尽管中国天然气产业取得了重大进展, 但天然气上产仍面临诸多挑战: ①国际油价持续低位徘徊, 石油企业上游勘探投资减少, 制约了天然气储量、产量的增加; ②天然气储量中开发难度较大的储量比例逐年增高, 天然气产量增长难度大<sup>[34-36]</sup>; ③主力气田稳产形势严峻, 保持稳产需要新建产能来弥补; ④部分老气田开发进入中后期, 保持稳产或延缓递减难度大<sup>[37-40]</sup>; ⑤非常规气效益开发的工艺技术尚不完善, 开发成本相对较高, 需要国家补贴支持其发展。

### 2.3 天然气对外依存度进入跨越式增长期

中国天然气消费量快速增长, 对外依存度呈现出加速扩大的趋势。由图 3 可见, 2007 年, 中国天然气消费量超过产量后, 对外依存度不断加大; 2017 年全国天然气消费量达  $2\,352 \times 10^8 \text{m}^3$ <sup>[3,17]</sup>, 同比增长 15.3%, 远高于天然气产量的增速, 天然气消费量已进入快速增长期。国内天然气产量远不能满足天然气消费量的增长, 2017 年天然气进口量为  $926 \times 10^8 \text{m}^3$ , 对外依存度已达到 39%<sup>[3,17]</sup>。

LNG 进口量超过管道气, 成为填补国内天然气需求缺口的主力。进口管道气主要来自土库曼斯坦、缅甸、乌兹别克斯坦和哈萨克斯坦, 2017 年供气量为  $427 \times 10^8 \text{m}^3$ <sup>[3,17]</sup>, 比 2016 年增长 10.9%。受消费需求拉动, LNG 进口量快速增长, 2017 年进口量达到  $499 \times 10^8 \text{m}^3$ <sup>[3,17]</sup>, 同比增长 39.0%。进口 LNG 主要来自澳大利亚、卡塔尔、印度尼西亚等国家, 其中从澳大利亚的进口量占 LNG 进口总量的 46%。

天然气进口量不断加大, 地下储气库将成为极端气候、突发事件、战略储备等条件下供气不可或缺、不可替代的应急备用“粮仓”。中国储气库建设启动于 1999 年, 目前已建储气库 25 座, 形成调峰能力  $108 \times 10^8 \text{m}^3$ , 日最大调峰能力达  $9\,000 \times 10^4 \text{m}^3$ 。随着天然气消费市场的不断扩大, 储气库的调峰保供作用日益凸显, 尤其是在北方重点城市冬季调峰保供中发挥了关键作用。2016 年中国实际天然气调峰总量为  $155 \times 10^8 \text{m}^3$ , 其中储气库调峰占 34.2%、气田调峰占 26.0%、进口管道气调峰占 18.1%、LNG 调峰占 18.0%、用户调峰占 3.7%; 2017 年环渤海地区高月高日天然气需求量接近  $1.9 \times 10^8 \text{m}^3$ , 储气库最高日调峰能力达  $9\,000 \times 10^4 \text{m}^3$ , 可满足最大需求量的 47%。天然气对外依存度越高, 储气库、LNG 就越显得迫切和重要。

## 3 中国天然气发展战略预判

### 3.1 天然气需求强劲, 2050 年需求量将介于 $6\,500 \times 10^8 \sim 7\,000 \times 10^8 \text{m}^3$

中国的能源需求量可能在 2030 年前后达到峰值, 约  $44 \times 10^8 \text{t}$  油当量。中国人口基数大, 油气资源相对匮乏。因此需要从国情出发, 寻求一条低能耗可持续发展之路。参考英、德、法、日等发达国家人均能源消费量介于 2.9 ~ 3.5 t 油当量, 结合中国经济和人口发展情况, 预计人均能源消费量需控制在 3.0 t 油当量的水平以下。根据原国家卫生和计划生育委员会 2016 的统计数据, 2030 年中国人口将达到峰值的 14.5 亿人、2050 年将为 13.8 亿人。据此预测, 2030 年中国能源消费量将达到峰值  $44 \times 10^8 \text{t}$  油当量, 2050 年将下降至  $40 \times 10^8 \text{t}$  油当量。

中国天然气需求将呈现出持续快速增长的态势, 2050 年中国天然气需求量将为  $6\,500 \times 10^8 \sim 7\,000 \times 10^8 \text{m}^3$ 。结合人口、经济、资源、环境和政治等多因素综合分析认为, 2020 年中国天然气需求量达到  $3\,500 \times 10^8 \text{m}^3$ , 占一次能源消费结构的 10%; 2030 年天然气需求量将介于  $5\,500 \times 10^8 \sim 6\,000 \times 10^8 \text{m}^3$ , 占一次能源消费结构的 12%; 2050 年天然气需求量将介于  $6\,500 \times 10^8 \sim 7\,000 \times 10^8 \text{m}^3$ , 占一次能源消费结构的 15%。

### 3.2 2030 年 3 种峰值情景下的中国天然气产量将分别达到 $1\,800 \times 10^8 \text{m}^3$ 、 $2\,000 \times 10^8 \text{m}^3$ 、 $2\,200 \times 10^8 \text{m}^3$

基于不同资源类型的天然气资源、储量、产量

和成本情况,初步预测了中国高、中、低3种峰值情景下的天然气产量和消费量(图4)。

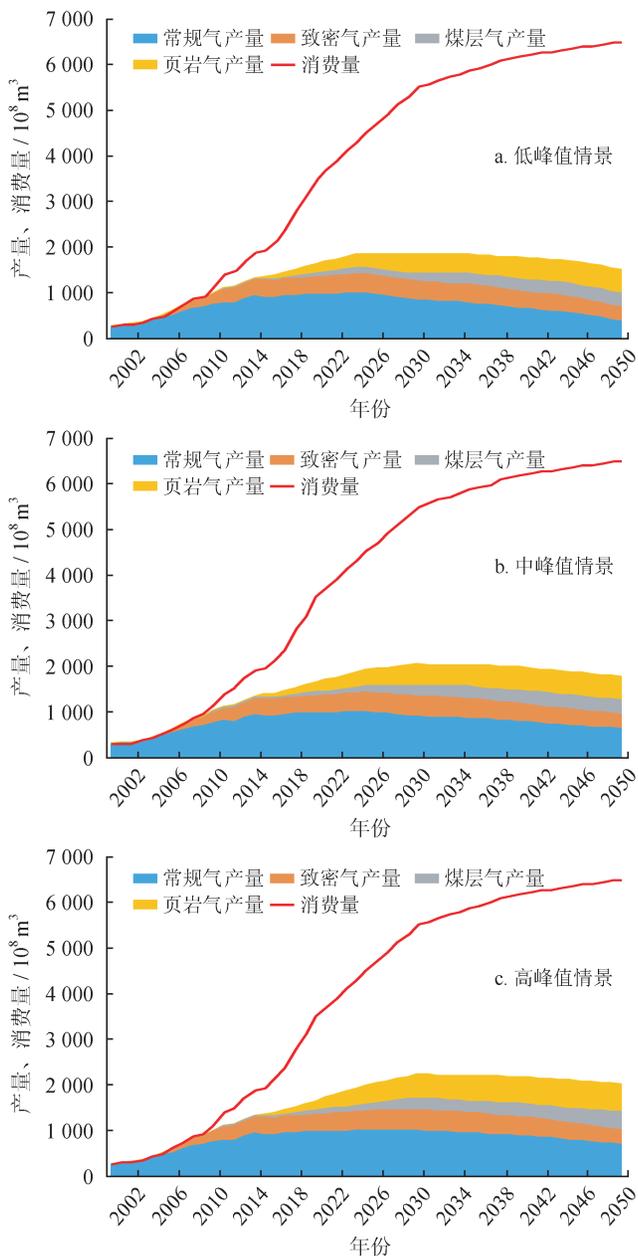


图4 3种峰值情景下的2000—2050年中国天然气产量与消费量预测图

### 3.2.1 低峰值情景下2030年产气量为 $1\ 800 \times 10^8 \text{ m}^3$

若常规天然气勘探无重大发现,2020年产量将维持在 $1\ 000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右,2030年产量将递减至 $850 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,2050年将为 $400 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。非常规气产量在现有领域稳步上升:致密气产量总体稳定,预计2020年将为 $400 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,之后保持稳产,预计2030年将保持在 $400 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,2050年将递减至 $300 \times 10^8 \text{ m}^3$ ;海相页岩气是产量增长的主力,2020年产量有望介于 $150 \times 10^8 \sim 200 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,2030年将

达到 $400 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,2050年将达到 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$ ;煤层气产量持续稳步增长,2020年有望介于 $60 \times 10^8 \sim 100 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,2030年将为 $200 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,2050年将达到 $300 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

### 3.2.2 中峰值情景下2030年产气量为 $2\ 000 \times 10^8 \text{ m}^3$

若常规天然气勘探获得较大发现,2020年产量将维持在 $1\ 000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右,2030年产量将保持在 $1\ 000 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,2050年将达到 $600 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。非常规气在现有领域产量相对较快增长:致密气产量总体稳定,预计2020年将为 $400 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,2030年将为 $450 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,2050年将递减至 $350 \times 10^8 \text{ m}^3$ ;海相、陆相和海陆过渡相页岩气全面实现有效开发,2020年产量有望介于 $150 \times 10^8 \sim 200 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,2030年将达到 $450 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,2050年将达到 $600 \times 10^8 \text{ m}^3$ ;煤层气产量持续稳步增长,2020年有望介于 $60 \times 10^8 \sim 100 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,2030年将为 $200 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,2050年将达到 $300 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

### 3.2.3 高峰值情景下2030年产气量为 $2\ 200 \times 10^8 \text{ m}^3$

若常规天然气勘探获得重大发现,2020年产量将维持在 $1\ 000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右,2030年产量将保持在 $1\ 000 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,2050年将为 $700 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。非常规气在现有领域产量相对快速增长:致密气产量总体稳定,预计2020年将为 $400 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,2030年将为 $450 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,2050年将递减至 $350 \times 10^8 \text{ m}^3$ ;海相、陆相和海陆过渡相页岩气全面实现有效开发,2020年产量有望介于 $150 \times 10^8 \sim 200 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,2030年将为 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,2050年将达到 $600 \times 10^8 \text{ m}^3$ ;煤层气产量持续稳步增长,2020年有望介于 $60 \times 10^8 \sim 100 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,2030年将为 $250 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,2050年将达到 $400 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

## 3.3 2020年后进口资源将成为天然气供给的主体

基于对天然气进口方式、路径、资源和政治等因素的分析结果认为,2020年后进口资源将成为中国天然气供给的主体。我国陆上管道气进口极限供给能力为 $1\ 600 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,其余需求缺口主要以进口LNG的方式来加以填补。

### 3.3.1 陆上管道气极限供给能力为 $1\ 600 \times 10^8 \text{ m}^3$

天然气管道输送的距离有限,中国陆上管道气主要从俄罗斯、中亚这2个天然气产区进口,此外中东也是管道天然气进口的潜在对象。综合考虑陆上天然气进口的路径、资源、产量、政治等因素,按照目前俄罗斯和中亚两大管道气进口路径,2020、2030、

2050年的供给能力将分别为 $750 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $1\,200 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $1\,400 \times 10^8 \text{ m}^3$ ；若能成功开辟中东管道气进口路径，2030、2050年的供给能力将有望分别达到 $1\,350 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $1\,600 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

### 3.3.2 LNG成为填补需求缺口的主要途径

未来全球天然气供给相对宽松，多元化的LNG供给市场将有利于填补中国天然气需求缺口。目前国内已建和在建的LNG接收站能力为 $6\,940 \times 10^4 \text{ t}$ ，2020年按80%负荷测算接收能力将为 $750 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。若满足全国天然气消费需求，2030年需要进口LNG的数量将介于 $2\,000 \times 10^8 \sim 2\,500 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，将占中国天然气消费量的36%~45%、占天然气进口量的52%~66%；2050年LNG进口量将介于 $3\,000 \times 10^8 \sim 3\,500 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，将占中国天然气消费量的46%~53%、占天然气进口量的66%~77%。

### 3.4 积极发展天然气水合物和煤化工等，可缓解天然气进口的压力

天然气水合物开发技术尚未取得实质性重大突破，资源储量规模虽然很大，但仍具较大的不确定性，从目前的情况来看，其天然气供给前景尚不明朗。中国煤炭资源丰富，煤化工技术成熟，煤制气项目年产量超过 $100 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，但受环境和成本等因素影响，部分项目处于停滞状态。煤制气产业可在环境有效监管的条件下，稳妥适度发展，以缓解中国天然气进口的压力。

## 4 关于中国天然气发展战略的几点思考

中国天然气工业发展进入全新时代，天然气需求、生产和进口面临全新形势，结合当前天然气发展的大背景，从中国基本国情出发，针对中国天然气未来发展提出几点战略思考：

1) 提速国内油气生产能力、管道输送能力、LNG与储油气库能力等“三个能力”建设。全力提升国内天然气生产能力，实现西南、长庆、塔里木三大常规天然气产量基地稳产增产，强力推进海相页岩气、低煤阶煤层气等非常规天然气产量的快速增长，积极推动南海天然气水合物“甜点区”技术工业化试验。强力提升陆上管道气输送能力，积极推动陆上管道气进口新路径。为保证管道气稳定供给，需在“一带一路”倡议的大背景下，积极参与供给端天然气项目开发，同时探索建设管道气引进的新路径，推动管道气进口的多元化。全力提升LNG和储

气库的战略地位，结合国内市场、地理和环境等因素，有序建设LNG和储气库相关基础设施，保障天然气消费需求。

2) 在人工智能和大数据的基础上，分析油气供给和消费特征，建立中国油气“安全消费峰值”预警体系。油气“安全消费峰值”是从中国的能源国情出发，在全球能源供需的大背景下，综合油气供给结构、地缘政治、进口路径、油气库存、气候变化和人口规模等多种因素，在确保油气稳定供应条件下而确定的油气消费量安全可控最大值。按照2030年 $5\,500 \times 10^8 \sim 6\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的天然气消费量，需要国内天然气产量达到 $1\,800 \times 10^8 \sim 2\,200 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、陆上管道气进口量达到 $1\,600 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、LNG进口量达到 $2\,000 \times 10^8 \sim 2\,500 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，天然气对外依存度将超过64%。鉴于天然气资源特点，高比例对外依存度将加大天然气供应安全风险，2017年冬季天然气供给“气荒”已充分体现中国天然气进口的安全风险。因此，需要在人工智能和大数据分析的基础上，紧密跟踪国内外天然气产量、消费量、气候、输送路径、库存和政治等多项因素，建立“安全消费峰值”预警体系，有效规避天然气供应安全风险。

3) 从我国“富煤、贫油、少气”的能源资源国情出发，急速推进煤炭清洁化工业技术和新能源主体工业技术的提前突破。从能源发展的历史规律出发，天然气是化石能源向新能源转换的过渡“桥梁”，“富煤、贫油、少气”的资源国情迫使我国能源发展需通过缩短化石能源向新能源转换的历史进程，以降低能源发展过程中对天然气资源的依赖。因此，需要急速突破煤炭清洁化工业技术，以在清洁的前提下延长煤炭资源的工业生命周期；需要急速突破新能源主体工业技术，以加快新能源时代的提前到来。

4) 把握国内外能源发展形势，全方位战略布局国家能源安全格局，加快煤炭、油气和新能源“三足鼎立”新时代的到来。从全球能源发展角度来看，随着油气理论和技术的不断进步，油气资源储量丰富，产量供应总体相对宽松，国内能源结构调整进入难得的历史机遇期。当前国内一次能源消费结构中煤炭、油气和新能源分别约占61%、26%和13%，高化石能源消费比例过高导致环境污染严重，能源清洁化发展已经成为人民群众的迫切需求。因此，需要尽快改变煤炭“一枝独大”的一次能源消费结构，在考虑能源安全的前提下，国内外全方位战略布局，加快能源结构调整，尽快实现煤炭、油气和新能源的“三足鼎立”。

## 5 讨论

在“美丽中国”建设过程中,天然气是一项民生性、低碳性与价值性的战略工程,生产、运输、储集、销售等各个环节及其一体化发展都具有极其重要的作用和意义。在国产气、管道气的峰值基本明确的前提下,未来 LNG、储库气能力的加快提升,将在我国整个天然气工业中发挥极其重要的作用,需要天然气生产企业、地方政府与国家高层等,充分认识到我国天然气工业快速发展、替代发展等带来的有利机遇与安全挑战。

预测天然气产量、消费量是一项系统工程,难度很大。随着中国理论技术的发展,自产气的数量可能将会有所变化,进口管道气、液化天然气、储气库气等的预测值将有所增减,消费量预测结果也将随着工业化进程、城市燃料与运输等节奏调整而有所变化。

### 参 考 文 献

- [1] 邹才能,赵群,张国生,熊波. 能源革命:从化石能源到新能源[J]. 天然气工业, 2016, 36(1): 1-10.  
Zou Caineng, Zhao Qun, Zhang Guosheng & Xiong Bo. Energy revolution: From a fossil energy era to a new energy era[J]. Natural Gas Industry, 2016, 36(1): 1-10.
- [2] 马新华. 天然气与能源革命——以川渝地区为例[J]. 天然气工业, 2017, 37(1): 1-8.  
Ma Xinhua. Natural gas and energy revolution: A case study of Sichuan-Chongqing gas province[J]. Natural Gas Industry, 2017, 37(1): 1-8.
- [3] 刘朝全,姜学峰. 2017 年国内外油气行业发展报告[R]. 北京:石油工业出版社, 2018.  
Liu Chaoquan & Jiang Xuefeng. The Chinese and international oil and gas industry: 2017 development report[R]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2018.
- [4] 侯启军,朱兴珊,王武. 提高天然气竞争力是优化中国能源结构的关键问题[J]. 国际石油经济, 2015(6): 20-22.  
Hou Qijun, Zhu Xingshan & Wang Wu. The importance of improved natural gas competitiveness in China's energy industry restructuring[J]. International Petroleum Economics, 2015(6): 20-22.
- [5] 陈荣书,袁炳存. 天然气地质学[M]. 武汉:武汉地质学院出版社, 1986.  
Chen Rongshu & Yuan Bingcun. Geology of natural gas[M]. Wuhan: Wuhan College of Geology Press, 1986.
- [6] 戴金星,戚厚发,郝石生. 天然气地质学概论[M]. 北京:石油工业出版社, 1989.  
Dai Jinxing, Qi Houfa & Hao Shisheng. Introduction of natural gas geology[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1989.
- [7] White IC. The geology of natural gas[J]. Science, 1885, 125: 521-522.
- [8] 戴金星,邹才能,陶士振,刘全有,周庆华,胡安平,等. 中国大气田形成条件和主控因素[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(4): 473-484.  
Dai Jinxing, Zou Caineng, Tao Shizhen, Liu Quanyou, Zhou Qinghua, Hu Anping, et al. Formation conditions and main controlling factors of large gas fields in China[J]. Natural Gas Geosciences, 2007, 18(4): 473-484.
- [9] 包茨. 天然气地质学[M]. 北京:科学出版社, 1988.  
Bao Ci. Geology of natural gas[M]. Beijing: Science Press, 1988.
- [10] Schmoker JW. Resource-assessment perspectives for unconventional gas systems[J]. AAPG Bulletin, 2002, 86(11): 1993-1999.
- [11] 贾承造. 论非常规油气对经典石油天然气地质学理论的突破及意义[J]. 石油勘探与开发, 2017, 44(1): 1-11.  
Jia Chengzao. Breakthrough and significance of unconventional oil and gas to classical petroleum geological theory[J]. Petroleum Exploration and Development, 2017, 44(1): 1-11.
- [12] 邹才能. 非常规油气地质学[M]. 北京:地质出版社, 2014.  
Zou Caineng. Unconventional petroleum geology[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2014.
- [13] 金之钧,蔡立国. 中国海相层系油气地质理论的继承与创新[J]. 地质学报, 2007, 81(8): 1017-1024.  
Jin Zhijun & Cai Ligu. Inheritance and innovation of marine petroleum geological theory in China[J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(8): 1017-1024.
- [14] 马永生. 四川盆地普光超大型气田的形成机制[J]. 石油学报, 2007, 28(2): 9-14.  
Ma Yongsheng. Generation mechanism of Puguang Gas Field in Sichuan Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2007, 28(2): 9-14.
- [15] 赵文智,汪泽成,张水昌,王红军. 中国叠合盆地深层海相油气成藏条件与富集区带[J]. 科学通报, 2007, 52(增刊 1): 9-18.  
Zhao Wenzhi, Wang Zecheng, Zhang Shuichang & Wang Hongjun. Hydrocarbon accumulation conditions and enrichment zone of deep marine facies in China's superimposed basin[J]. Chinese Science Bulletin, 2007, 52(S1): 9-18.
- [16] 付金华,魏新善,任军峰. 伊陕斜坡上古生界大面积岩性气藏分布与成因[J]. 石油勘探与开发, 2008, 35(6): 664-667.  
Fu Jinhua, Wei Xinshan & Ren Junfeng. Distribution and genesis of large-scale Upper Paleozoic lithologic gas reservoirs on Yi-Shaan Slope[J]. Petroleum Exploration and Development, 2008, 35(6): 664-667.
- [17] BP. BP 世界能源统计年鉴[R/OL].(2016-12-21)[2017-06-01] [https://www.bp.com/zh\\_cn/china/reports-and-publications/\\_bp\\_2017-.html](https://www.bp.com/zh_cn/china/reports-and-publications/_bp_2017-.html)  
BP. BP statistical review of world energy[R/OL].(2016-12-21)[2017-06-01] [https://www.bp.com/zh\\_cn/china/reports-and-publications/\\_bp\\_2017-.html](https://www.bp.com/zh_cn/china/reports-and-publications/_bp_2017-.html)
- [18] International Gas Union. Natural gas facts & figures[R/OL]. (2015-12-01)[2015-06-01]<http://www.igu.org/sites/default/files/Part%204%28Oct14%29-%20Underground%20Gas%20Storage>.

pdf

- [19] International Renewable Energy Agency. Renewable energy prospects for the European Union[R/OL].(2015-03-01)[2018-02-01]. <http://www.irena.org/publications/2018/Feb/Renewable-energy-prospects-for-the-EU>
- [20] 薛洁琼. 石油经济要闻 [J]. 国际石油经济, 2017, 25(5): 107-109.  
Xue Jieqiong. Petroleum economic news[J]. International Petroleum Economics, 2017, 25(5): 107-109.
- [21] 姜子昂, 王富平, 段言志, 周建. 新形势下中国天然气市场发展态势与应对策略——以川渝气区为例 [J]. 天然气工业, 2016, 36(4):1-7.  
Jiang Zi'ang, Wang Fuping, Duan Yanzhi & Zhou Jian. China's gas market under new situations: Trends and countermeasures—Taking Sichuan and Chongqing gas provinces as an example[J]. Natural Gas Industry, 2016, 36(4): 1-7.
- [22] 潘继平, 杨丽丽, 王陆新, 娄钰, 王思滢. 新形势下中国天然气资源发展战略思考 [J]. 国际石油经济, 2017, 25(6): 12-18.  
Pan Jiping, Yang Lili, Wang Luxin, Lou Yu & Wang Siying. Strategy on the development of natural gas resources in China under the new situation[J]. International Petroleum Economics, 2017, 25(6): 12-18.
- [23] 王震, 薛庆. 充分发挥天然气在中国现代能源体系构建中的主力作用——对《天然气发展“十三五”规划》的解读 [J]. 天然气工业, 2017, 37(3): 1-8.  
Wang Zhen & Xue Qing. To fully exert the important role of natural gas in building a modern energy security system in China: An understanding of *China's National 13<sup>th</sup> Five-Year Plan for Natural Gas Development*[J]. Natural Gas Industry, 2017, 37(3): 1-8.
- [24] 陈建军, 王南, 唐红君, 李君, 熊波. 持续低油价对中国油气工业体系的影响分析及对策 [J]. 天然气工业, 2016, 36(3): 1-6.  
Chen Jianjun, Wang Nan, Tang Hongjun, Li Jun & Xiong Bo. Impact of sustained low oil prices on China's oil & gas industry system and coping strategies[J]. Natural Gas Industry, 2016, 36(3): 1-6.
- [25] 刘毅军, 马莉. 低油价对天然气产业链的影响 [J]. 天然气工业, 2016, 36(6): 98-109.  
Liu Yijun & Ma Li. Impacts of low oil price on China and the world natural gas industry chain[J]. Natural Gas Industry, 2016, 36(6): 98-109.
- [26] 贾承造, 魏国齐, 李本亮, 肖安成, 冉启贵. 中国中西部两期前陆盆地的形成及其控气作用 [J]. 石油学报, 2003, 24(2): 13-17.  
Jia Chengzao Wei Guoqi, Li Benliang, Xiao Ancheng & Ran Qigui. Tectonic evolution of two-epoch foreland basins and its control for natural gas accumulation in China's mid-western areas[J]. Acta Petrolei Sinica, 2003, 24(2): 13-17.
- [27] 王招明. 塔里木盆地库车坳陷克拉苏盐下深层大气田形成机制与富集规律 [J]. 天然气地球科学, 2014, 25(2): 153-166.  
Wang Zhaoming. Formation mechanism and enrichment regularities of Kelasu subsalt deep large gas field in Kuqa Depression, Tarim Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2014, 25(2): 153-166.
- [28] 杜金虎, 邹才能, 徐春春, 何海清, 沈平, 杨跃明, 等. 川中古隆起龙王庙组特大型气田战略发现与理论技术创新 [J]. 石油勘探与开发, 2014, 41(3): 268-277.  
Du Jinhu, Zou Caineng, Xu Chunchun, He Haiqing, Shen Ping, Yang Yueming, et al. Theoretical and technical innovations in strategic discovery of a giant gas field in Cambrian Longwangmiao Formation of central Sichuan paleo-uplift, Sichuan Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2014, 41(3): 268-277.
- [29] 郭旭升, 胡东风. 川东北礁滩天然气勘探新进展及关键技术 [J]. 天然气工业, 2011, 31(10): 6-11.  
Guo Xusheng & Hu Dongfeng. Newest progress and key techniques in gas exploration of reef-bank reservoirs in the northeastern Sichuan Basin[J]. Natural Gas Industry, 2011, 31(10): 6-11.
- [30] 杨华, 付金华, 魏新善, 任军峰. 鄂尔多斯盆地奥陶系海相碳酸盐岩天然气勘探领域 [J]. 石油学报, 2011, 32(5): 733-740.  
Yang Hua, Fu Jinhua, Wei Xinshan & Ren Junfeng. Natural gas exploration domains in Ordovician marine carbonates, Ordos Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2011, 32(5): 733-740.
- [31] 赵文智, 王红军, 徐春春, 卞从胜, 汪泽成, 高晓辉. 川中地区须家河组天然气藏大范围成藏机理与富集条件 [J]. 石油勘探与开发, 2010, 37(2): 146-157.  
Zhao Wenzhi, Wang Hongjun, Xu Chunchun, Bian Congsheng, Wang Zecheng & Gao Xiaohui. Reservoir-forming mechanism and enrichment conditions of the extensive Xujiahe Formation gas reservoirs, central Sichuan Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2010, 37(2): 146-157.
- [32] 邹才能, 杜金虎, 徐春春, 汪泽成, 张宝民, 魏国齐, 等. 四川盆地震旦系一寒武系特大型气田形成分布、资源潜力及勘探发现 [J]. 石油勘探与开发, 2014, 41(3): 278-293.  
Zou Caineng, Du Jinhu, Xu Chunchun, Wang Zecheng, Zhang Baomin, Wei Guoqi, et al. Formation, distribution, resource potential, and discovery of Sinian-Cambrian giant gas field, Sichuan Basin, SW China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2014, 41(3): 278-293.
- [33] 张水昌, 张宝民, 边立曾, 金之钧, 王大锐, 张兴阳, 等. 中国海相烃源岩发育控制因素 [J]. 地学前缘, 2005, 12(3):39-48.  
Zhang Shuichang, Zhang Baomin, Bian Lizeng, Jin Zhijun, Wang Darui, Zhang Xingyang, et al. Development constraints of marine source rocks in China[J]. Earth Science Frontiers, 2005, 12(3): 39-48.
- [34] 杜金虎, 杨涛, 李欣. 中国石油天然气股份有限公司“十二五”油气勘探发现与“十三五”展望 [J]. 中国石油勘探, 2016, 21(2): 1-15.  
Du Jinhu, Yang Tao & Li Xin. Oil and gas exploration and discovery of PetroChina Company Limited during the 12<sup>th</sup> Five-Year Plan and the prospect during the 13<sup>th</sup> Five-Year Plan[J]. China Petroleum Exploration, 2016, 21(2): 1-15.
- [35] 冯建辉, 蔡勋育, 牟泽辉, 高山林. 中国石油化工股份有限公司“十二五”油气勘探发现与“十三五”展望 [J]. 中国石油勘探, 2016, 21(3): 1-13.  
Feng Jianhui, Cai Xunyu, Mou Zehui & Gao Shanlin. Oil and gas

- exploration of China Petroleum and Chemical Corporation during the 12<sup>th</sup> Five-Year Plan and the prospect for the 13<sup>th</sup> Five-Year Plan[J]. China Petroleum Exploration, 2016, 21(3): 1-13.
- [36] 朱伟林, 张功成, 钟锴. 中国海洋石油总公司“十二五”油气勘探进展及“十三五”展望[J]. 中国石油勘探, 2016, 21(4): 1-12.
- Zhu Weilin, Zhang Gongcheng & Zhong Kai. Oil and gas exploration progress of China National Offshore Oil Corporation during the 12<sup>th</sup> Five-Year Plan and the prospect during the 13<sup>th</sup> Five-Year Plan [J]. China Petroleum Exploration, 2016, 21(4): 1-12.
- [37] 侯启军, 何海清, 李建忠, 杨涛. 中国石油天然气股份有限公司近期油气勘探进展及前景展望[J]. 中国石油勘探, 2018, 23(1): 1-13.
- Hou Qijun, He Haiqing, Li Jianzhong & Yang Tao. Recent progress and prospect of oil and gas exploration by PetroChina Company Limited[J]. China Petroleum Exploration, 2018, 23(1): 1-13.
- [38] 金之钧, 蔡勋育, 刘金连, 张宇, 程喆. 中国石油化工股份有限公司近期勘探进展与资源发展战略[J], 中国石油勘探, 2018, 23(1): 14-25.
- Jin Zhijun, Cai Xunyu, Liu Jinlian, Zhang Yu & Cheng Zhe. The recent exploration progress and resource development strategy of China Petroleum and Chemical Corporation[J]. China Petroleum Exploration, 2018, 23(1): 14-25.
- [39] 谢玉洪. 中国海洋石油总公司油气勘探新进展及展望[J]. 中国石油勘探, 2018, 23(1): 26-35.
- Xie Yuhong. New progress and prospect of oil and gas exploration of China National Offshore Oil Corporation[J]. China Petroleum Exploration, 2018, 23(1): 26-35.
- [40] 王香增. 陕西延长石油(集团)有限责任公司油气勘探开发进展与展望[J]. 中国石油勘探, 2018, 23(1): 36-43.
- Wang Xiangzeng. Advances and prospects in oil and gas exploration and development of Shaanxi Yanchang Petroleum (Group) Co., Ltd.[J]. China Petroleum Exploration, 2018, 23(1): 36-43.

(收稿日期 2018-03-19 编辑 居维清)

## 中国天然气行业景气指数持续发布

在推进能源革命及供给侧改革的大背景下,我国能源结构正面临着调整,将天然气培育成主体能源之一是实现我国能源低碳化的必由之路。为此,依托于石油与天然气工程学科60年积累的优势,西南石油大学中国天然气行业景气指数研究中心正式成立,并定期公开发布由沈西林教授团队设计开发的“中国天然气行业景气指数”。该指数是中国天然气行业运行状态与繁荣程度的度量,展示天然气行业总体运行状况,揭示天然气行业波动原因,预测天然气行业短期、中期、长期运行走势和荣衰变化。该指数可以为政府制定产业发展政策提供参考,为企业制定发展战略和投资决策提供依据,为相关研究人员提供天然气行业发展形势分析资料。

中国天然气行业景气指数指标体系由5个二级指标、23个三级指标构成。其中,二级指标有宏观经济背景指标、天然气进出口状态指标、天然气行业专家判断指标、天然气生产企业经营状态指标、天然气销售公司经营状态指标。指标数据调查对象覆盖行业科研、生产、销售等多个领域的专家。

西南石油大学中国天然气行业景气指数研究团队自2016年4月起,在每季度首月18日公开发布“中国天然气行业景气指数”“天然气生产企业景气指数”“天然气销售公司景气指数”和“中国天然气行业未来一年走势指数”等一系列指数。上述指数较好地反映了天然气行业运行状态,受到业界的高度关注。从2018年开始,除了发布“季度报告”外,还将发布首个年度运行报告——《中国天然气行业年度运行报告(2017)》,2018年4月由石油工业出版社正式出版。

(西南石油大学 供稿)