

天然气助力未来世界发展

——第 27 届世界天然气大会 (WGC) 综述

李鹭光¹ 王红岩² 刘合² 李群¹ 张磊夫²

1. 中国石油天然气股份有限公司 2. 中国石油勘探开发研究院

摘 要 以天然气为代表的低碳清洁能源是当前世界能源行业关注的热点。第 27 届世界天然气大会 (WGC) 于 2018 年 6 月 25—29 日在美国首都华盛顿召开, 本次会议对过去 3 年世界天然气业务的发展进行了系统回顾、展望了发展前景, 并达成了以下共识: ①天然气是低碳、清洁、绿色、多元的“三可”(可靠的、可承受的、可持续的)能源; ②全球天然气产业快速发展, 市场呈现出相对宽松的态势; ③ LNG 是目前世界天然气发展的重点; ④甲烷泄漏与排放已成为公众关注的焦点; ⑤天然气的灵活性、碳捕集封存技术和碳排放定价机制成为天然气与可再生能源组成“互补搭档”的推手; ⑥提高天然气自给度是平抑区域性价格差异和决定定价话语权的有力手段; ⑦争取政府对天然气产业的支持, 重视公众的关注和参与。基于在本次大会上所取得的认识与收获, 对中国天然气业务下一步的发展提出了如下建议: ①进一步加大对国内常规和非常规天然气的勘探开发力度; ②重点补齐工程技术等制约天然气业务发展的关键核心技术短板; ③统筹考虑天然气上下游业务; ④加强全业务链甲烷泄漏管控; ⑤统筹制定天然气进口贸易对策。

关键词 第 27 届世界天然气大会 天然气供应 天然气价格 自给度 进口贸易 LNG 非常规天然气 甲烷泄漏

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2018.09.001

Natural gas fueling the world's future: A brief summary from the 27th World Gas Conference (WGC)

Li Luguang¹, Wang Hongyan², Liu He², Li Qun¹ & Zhang Leifu²

(PetroChina Company Limited, Beijing 100007, China; 2. PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Beijing 100007, China)

NATUR. GAS IND. VOLUME 38, ISSUE 9, pp.1-9, 9/25/2018. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

Abstract: Natural gas, one of low-carbon energy sources, has become great concern of the global energy industry. The 27th World Gas Conference (WGC) took place in Washington DC, USA, from 25 to 29 June in 2018, offering a comprehensive and systematic retrospect and prospect concerning the development of world natural gas industry over the past three years. This conference has reached the following common views: natural gas is a kind of low-carbon, clean, green and diversified "reliable, affordable & sustainable" energy source; the world natural gas market displays a relatively loose status; LNG is the focus of the current world natural gas development; methane leakage and emission has become one of the public concerns; the flexibility of the natural gas, the carbon storage technologies and carbon pricing regime have been making natural gas become complemented with renewable energy sources; increasing natural gas self-sufficiency is a powerful means to stabilize regional prices and to decide the price fixing right; and to strive for government support and attract public attention and participation. Based upon the information and understandings obtained from this conference, the following suggestions are thus proposed for further development of natural gas industry in China: to make greater efforts to domestic conventional and unconventional natural gas exploration and development; to complement such bottlenecks of key core technologies such as engineering technology; to take into full account both upstream and downstream natural gas business; to prevent and control the methane leakage all through the whole industrial chain; and to formulate policies on natural gas import trade as a whole.

Keywords: 27th World Gas Conference; Natural gas supply; Natural gas price; Self-sufficient; Import trade; LNG; Unconventional natural gas; Methane leakage

作者简介: 李鹭光, 教授级高级工程师, 博士, 本刊第八届编委会顾问; 现任中国石油天然气股份有限公司副总裁, 兼任中国石油勘探与生产分公司总经理; 主要从事石油天然气综合研究和管理工作, 在中国石油行业拥有近 35 年的工作经验。地址: (100007) 北京市东城区东直门北大街 9 号。ORCID: 0000-0003-3589-4000。E-mail: liluguang@petrochina.com.cn

1 第 27 届世界天然气大会概况

世界天然气大会 (World Gas Conference, 缩写为 WGC) 是国际天然气联盟 (International Gas Union, 缩写为 IGU) 最重要的交流活动, 每 3 年召开一次, 于每届 IGU 轮值主席任期的最后一年在该届轮值主席国举办。美国是 IGU 2015—2018 年轮值主席国, 第 27 届世界天然气大会 (以下简称本届大会) 由美国天然气协会 (American Gas Association, 缩写为 AGA) 主办。本届大会的主题是“清洁能源助力未来发展” (Fueling the future), 来自全球 90 多个国家的政府官员、产业领袖、工程师和学术机构研究人员共计约 1 2000 人出席了会议。

本届大会于 2018 年 6 月 26 日上午在美国首都华盛顿的沃尔特会展中心举行了开幕式。美国能源部部长 Rick Perry 和 IGU 主席 David Carroll 出席开幕式并致辞。Rick Perry 在讲话中指出, 近 30 年来美国天然气产业取得了惊人发展, 主要得益于持之以恒的创新, 在全球能源低碳转型进程中, 化石能源不应被简单地排斥, 而应被创新性地拥抱, 特别是最清洁的化石能源——天然气^[1]。David Carroll 则表示, 近年来全球天然气工业正经历快速变化: 美国已从天然气净进口国变成世界上最大的新兴天然气出口国之一; 中国、印度等发展中国家出于发展经济、改善城市空气质量的需求, 带动全球天然气消费量快速增长; 一个充满活力的全球天然气市场已经出现^[1]。

本届大会举行了 10 场主旨演讲、5 场午餐会主旨演讲、23 场时事辩论会、48 场行业洞察分会和 28 场技术与创新分会, 内容涉及世界各地天然气发展、天然气市场展望、地缘政治、环境保护、能源安全、能源领域技术开发、天然气质量、LNG、非常规天然气等议题。

与本届大会同期还举办了展览, 包括埃克森美孚、雪佛龙、壳牌、BP、道达尔、贝克休斯 (GE)、威德福、卡梅伦 (斯伦贝谢) 等在内的石油公司、技术服务公司、情报机构和媒体共计 350 余家参展, 展场总面积超过 10 000 m², 划分为可持续能源、机器人和自动化、天然气运输 3 个展区。

中国石油天然气集团有限公司 (以下简称中石油) 在本届大会上重点展示了以“四川盆地地下寒武统龙王庙组气藏”为代表的常规气勘探开发、以“塔里木盆地克深气田”为代表的深层气勘探开发、以“鄂尔多斯盆地苏里格气田”为代表的致密气勘探开发、以“四川盆地南部地区”为重点的海相页岩气勘探

开发、以“吉林油田 CCS-EOR (二氧化碳捕集、埋存与提高采收率技术)”为代表的低碳发展实践、以“中俄亚马尔 LNG”项目为代表的国际能源合作项目。

2 认识与收获

通过参加本届大会, 笔者了解了世界天然气发展现状、技术动态和发展前景。概括大会交流的整体情况, 主要取得了以下认识与收获。

2.1 天然气是低碳、清洁、绿色、多元的“三可”能源

天然气是“三可”能源, 即“可靠的” (Reliable)、 “可承受的” (Affordable) 和“可持续的” (Sustainable), 天然气正在改变着人类的生活方式, 可满足全球天然气市场长期消费需求。这是本届大会的主要观点和话题。

2.1.1 天然气是未来的主体能源, “三可”能源的内涵得到业界的广泛认同

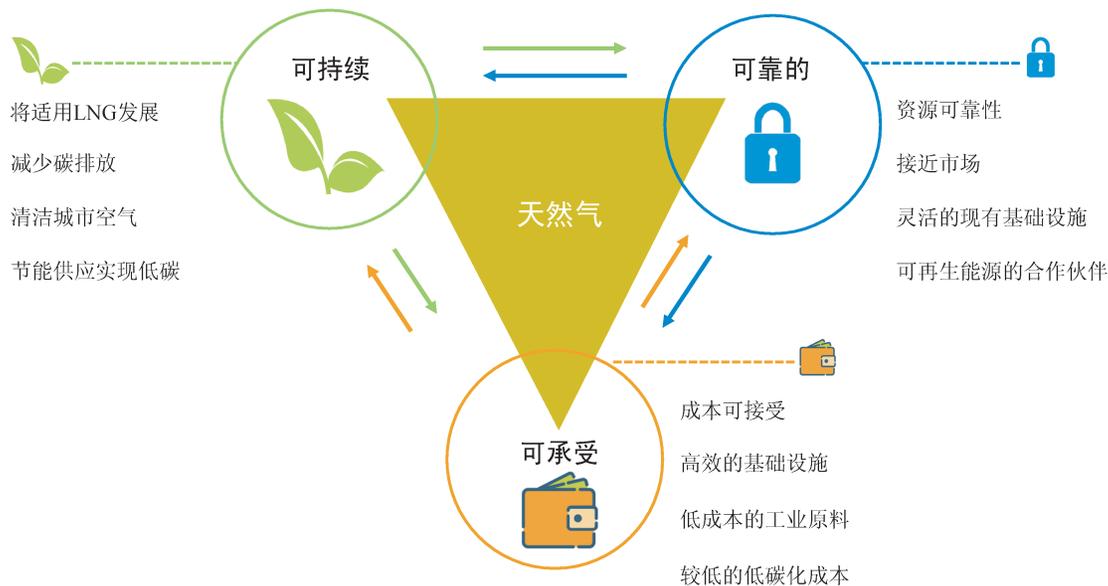
天然气作为“三可”能源的内涵包括: “可靠的”指资源的可靠性; “可承受的”指成本的可接受性; “可持续的”指适用 LNG 发展和环保要求的可持续性 (图 1)。

要作为未来的能源, 需要满足以下 3 个条件: ①全球人口在 2050 年将达到 90 亿的高峰, 未来需要储量丰富的能源; ②全球 20% 以上的人口由于贫困, 尚无电可用, 要求未来能源必须经济、廉价; ③各国的发展具有不平衡的特性, 能源供需矛盾较大, 要求未来能源便于交易。天然气资源完全满足以上要求, 因而可作为未来的主要能源^[3]。

2.1.2 天然气资源丰富, 可满足全球天然气消费市场的长期需求, 产量、消费量将大幅度增长

全球天然气可采资源量介于 $783 \times 10^{12} \sim 900 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 与煤炭资源量相当, 可供开采 235 年, 目前已累计探明天然气储量 $186.9 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 非常规气与常规气资源量基本相当。全球天然气资源的开采成本有望控制在北美地区平均水平 3 美元 /MMBtu (相当于 0.69 元 /m³, 其中 MMBtu 表示百万英热单位) 以下, 天然气可以成为被社会广泛接受的清洁能源。

天然气在全球能源消费结构中的比重 2010—2016 年一直稳定在 22%, 未来将长期持续增长。这主要归功于美国页岩气持续高产和液化设施的不断完善、中东和亚洲地区天然气市场的发展以及运输等行业天然气利用率的增长。

图 1 天然气的三大优势示意图^[2]

根据国际能源署 (IEA) 最新发布的《2018 年天然气报告》显示, 到 2022 年, 全球天然气年产量将超过 $4 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 而到 2023 年预测期之间的年平均增长率有望达到 1.6%, 预计 2023 年全球天然气产量增量将达到 $3\ 600 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右, 美国将占到其中的 45%, 全球 LNG 出口增量的 75% 也将来自于美国。中东多国、中国、埃及等发展中国家的天然气产量增量将绝大多数被用于本国消费。受政策的影响, 欧洲将可能出现天然气产量负增长^[4]。

挪威船级社对业内 813 位资深专业人士的调查结果表明, 绝大多数人 (占比 86%) 都认为, 在未来 10 年内, 天然气将在全球能源结构中发挥越来越重要的作用。天然气将在 2035 年超越石油成为全球第二大能源, 在能源结构中的占比将超过 24%^[1]。

2.2 天然气产业快速发展, 市场呈现出相对宽松的态势

依靠技术创新, 开发技术进一步升级换代, 大幅度降低作业成本, 全球天然气产业快速发展, 供应量将持续增长, 天然气市场呈现出相对宽松的态势, 非常规气将是未来天然气产量增长的主体。

2.2.1 页岩气助力美国天然气产量再获增长, 实现天然气净出口

与 30 年前相比, 世界能源版图发生了巨变, 如今美国不仅是世界第一大天然气消费国, 而且还成为了世界第一大天然气生产国。推动这种转变的关键在于创新, 水平井与水力压裂技术的创新与持续发展, 孕育了“页岩气革命”, 使美国一举成为世界上最大

的天然气生产国^[1]。

2017 年, 美国近 60 年来首次实现天然气净出口, 向世界五大洲 30 个国家出口 LNG。2018 年上半年美国又创造了天然气产量的纪录, 平均每天生产天然气 $23.4 \times 10^8 \text{ m}^3$, 未来还有可能继续打破这一纪录。创新不仅使美国逐步实现了能源独立, 而且还保障了其能源安全、经济安全、国家安全。同时还降低了制造成本, 促进了经济发展, 增加了就业率, 改善了环境。随着未来美国页岩气进一步降低成本、提高产量, 美国的天然气出口量将在世界能源市场占据更多的份额。

美国是页岩气理论技术的创新者和规模开发的引领者, 其页岩气产量快速增长, 已成为美国天然气产量构成中的主体。2017 年美国天然气产量为 $7\ 345 \times 10^8 \text{ m}^3$, 其中页岩气达 $4\ 740 \times 10^8 \text{ m}^3$ (占 64.5%)。据美国能源信息署 (EIA) 2016 年的预测, 2040 年美国页岩气产量可达 $8\ 000 \times 10^8 \text{ m}^3$, 其中 Marcellus、Utica 和 Haynesville 地区的页岩气增长潜力为最大, 合计将占全美页岩气产量增长率的 75%。

2.2.2 中国、阿根廷等新兴国家页岩气开发提速, 对国际天然气市场的影响不断加大

2017 年我国天然气产量为 $1\ 478 \times 10^8 \text{ m}^3$, 消费量达 $2\ 373 \times 10^8 \text{ m}^3$, 天然气对外依存度达到 39.4%。预计 2020 年中国天然气消费量将达到 $3\ 200 \times 10^8 \text{ m}^3$, 2030 年将达到 $5\ 000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。天然气需求量的攀升, 助推了页岩气勘探开发业务的快速发展。

经过 10 年的努力,中国页岩气已经进入了规模开发阶段,目前探明页岩气储量超过 $1 \times 10^{12} \text{ m}^3$,建成了涪陵、威远、长宁、昭通等 4 个国家级示范区。2017 年页岩气产量为 $90 \times 10^8 \text{ m}^3$,并形成了 3 500 m 以浅的配套开发技术,预计 2020 年页岩气产量将达到 $300 \times 10^8 \text{ m}^3$,2030 年将达到 $800 \times 10^8 \sim 1\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

阿根廷是继美国、中国之后的世界第三大页岩气资源国,目前正在和道达尔、埃尼、埃克森美孚、阿纳达科等公司洽谈合作开发页岩气资源。阿根廷内乌肯(Neuquen)盆地巴卡穆埃尔塔(Vaca Muerta)页岩气资源量为 802 Tcf(相当于 $22.9 \times 10^{12} \text{ m}^3$,其中 Tcf 表示万亿立方英尺),可以通过大规模投资在未来几十年内实现大规模商业开发^[5]。阿根廷正努力在国际天然气舞台提高竞争力和话语权,近期正致力于降低成本。其天然气开发成本不断降低,从 2016 年的 4.4 美元/MMBtu(1.01 元/ m^3)下降到现在的最低的 1.7 美元/MMBtu(0.39 元/ m^3),但仍然比美国二叠盆地高出约 25%^[6]。

阿根廷通过开放市场不断降低成本,目前有 17 个项目在运行,200 多口水平井正钻。2017 年页岩气年产量为 $20 \times 10^8 \text{ m}^3$,致密气产量为 $50 \times 10^8 \text{ m}^3$,主要来自内乌肯盆地。根据阿根廷的页岩气储量情况,预计可以使用 200 ~ 300 年。随着页岩气项目的快速推进,按照现有的政策,预计 2025 年阿根廷的页岩气产量将介于 $250 \times 10^8 \sim 300 \times 10^8 \text{ m}^3$,2030—2040 年将达到 $700 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[6]。

阿根廷未来的天然气出口对象主要为南美的智利、巴西、玻利维亚等国家。阿根廷页岩气的发展也同样面临着季节性需求量与供应量、进口量与出口量不均衡的问题。

2.3 LNG 是目前世界天然气发展的重点,成为未来地缘政治进一步深刻变化的推手

LNG 产能拓展空间巨大,市场竞争力和发展格局主要受控于未来非常规天然气供应潜力和前景,贸易方式呈现出长期协议(以下简称长协)和短期贸易(以下简称短贸)并存的态势。资源国迫切地向国际市场输出 LNG,将进一步重塑天然气市场的格局^[7]。

2.3.1 全球 LNG 贸易量持续增长,是目前世界天然气工业发展的焦点,产能拓展空间乐观

IGU 的《2018 年世界 LNG 报告》显示,全球 LNG 贸易量在 2017 年连续第 3 年增长,达到 $2.93 \times 10^8 \text{ t}$,同比增长 12%(增长量为 $3\,520 \times 10^4 \text{ t}$),

连续 3 年打破行业纪录。这一显著增长在很大程度上归因于澳大利亚和美国新增的 LNG 供应量。澳大利亚太平洋 LNG 公司(Australia Pacific LNG)、高更 LNG 公司(Gorgon LNG)在 2017 年增加了 $1\,190 \times 10^4 \text{ t}$ 的产量;美国萨宾帕斯 LNG 公司(Sabine Pass LNG)增加了 $1\,020 \times 10^4 \text{ t}$ 的产量^[8]。

截至 2018 年 3 月底,全球 LNG 液化总能力已达到 $3.69 \times 10^8 \text{ t/a}$,开机负荷率达到 84%,同比增长 7%,建设中的 LNG 液化能力达到 $9\,200 \times 10^4 \text{ t/a}$,增长量主要来自于澳大利亚和美国。正在提议建设或完成预可研的 LNG 液化总能力已达 $8.76 \times 10^8 \text{ t/a}$,其中美国为 $3.36 \times 10^8 \text{ t/a}$ 、加拿大为 $2.55 \times 10^8 \text{ t/a}$ 。

全球 LNG 液化能力持续增长。IEA 预计到 2023 年,全球 LNG 液化总能力将增长 28%,其中,美国在“页岩气革命”所带来的巨大天然气产量增量的驱使下,未来 5 年中其天然气液化能力增长将超过 200%。

除计划建设的阿拉斯加 $2\,000 \times 10^4 \text{ t/a}$ 的 LNG 加工厂外,美国其余的绝大多数 LNG 加工厂都位于墨西哥湾。加拿大的大部分 LNG 加工厂都将建在西海岸的英属哥伦比亚区^[8]。

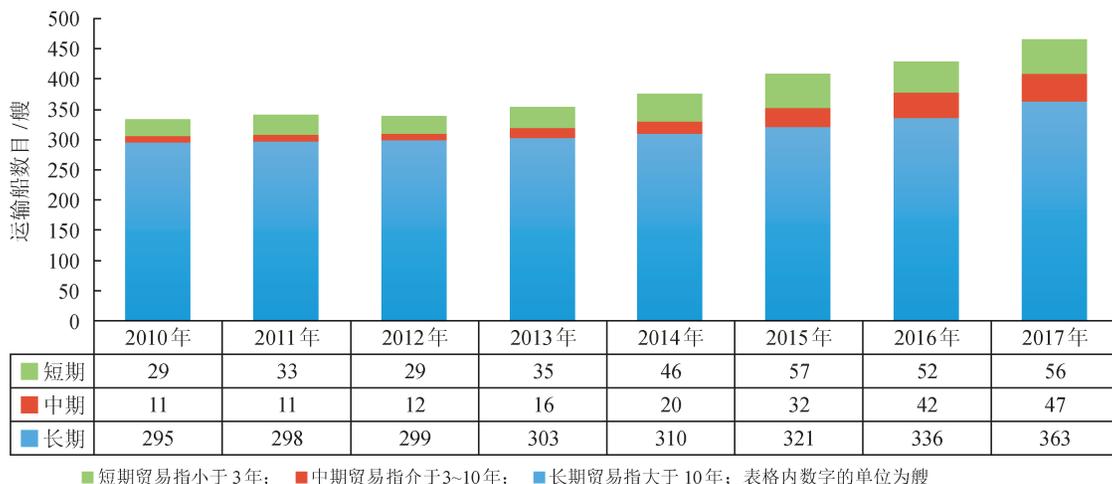
2.3.2 LNG 贸易方式更加灵活,呈现出长协和短贸并存的态势

LNG 贸易呈现出长协和短贸并存的态势,但目前仍以长协为主,中—短期贸易量比例逐渐增长^[9],如图 2 所示。2017 年中—短期贸易量达到 $8\,830 \times 10^4 \text{ t}$,同比增加 $1\,600 \times 10^4 \text{ t}$,占全球 LNG 贸易总量的 30%。新的短期供应量主要来自环大西洋区域的增产,预计到 2022 年,LNG 短期贸易量将达到 $1.3 \times 10^8 \text{ t}$,将对 LNG 贸易格局产生深远的影响^[8]。

2.3.3 资源国迫切地向国际市场输出 LNG,成为未来地缘政治深刻变化的推手

在未来 5 年时间内,随着经济的持续增长以及相关政策的推出,中国将在 2019 年成为全球最大的天然气进口国,需求量年增长约 8%,占全球天然气需求增长总量的 1/3,其中工业用量将取代发电成为消费主体。中国作为潜在的天然气消费大国,吸引了各大“战略卖家”的目光,将对未来 LNG 的发展产生深远的影响。

美国将成为全球天然气出口增量最大的国家,澳大利亚和俄罗斯分列第二、第三位。美国 LNG 出口对象主要为中国和欧洲,未来美国能否在中国和欧

图 2 全球 2010—2017 年 LNG 贸易类型比例柱状图^[9]

洲天然气市场抗衡俄罗斯成为业界关注的焦点，并将成为未来地缘政治深刻变化的推手。

2.4 甲烷泄漏与排放成为大会的关注焦点

天然气的大量利用降低了二氧化碳的排放量，但随着天然气产销量的逐步增加、市场和应用范围的不断扩大，天然气中的主要成分——甲烷泄漏也成为业界关注的焦点。甲烷比二氧化碳的温室效应更严重，是二氧化碳的 20 倍以上，全球每年的天然气产量中有 7% 左右在生产过程中被泄漏到大气当中，对环境和经济造成双重负面影响。进入天然气的“黄金时代”就必须减少其排放量，有效降低甲烷回收及防止泄漏技术的成本，使天然气成为名副其实的清洁能源^[6]。

2.4.1 甲烷泄漏对温室效应的贡献甚于二氧化碳，对环境和经济造成双重负面影响

根据 IEA 和美国环保基金会所提供的数据，全球天然气上游业务的甲烷泄漏率为 1.8% 左右，由于甲烷在 100 年尺度内的升温作用是二氧化碳的 28 倍，温室效应显著，全球天然气甲烷排放所产生的升温效应，已抵消了天然气替代煤炭所产生的清洁减排作用。因此能源业内关于天然气是否属于清洁能源的争议一直没有间断，直接影响了民众对天然气的接受程度，部分国家和地区的居民用气业务开始萎缩，甲烷排放已成为制约天然气行业发展的瓶颈因素^[6]。

美国环境保护基金会对甲烷排放量进行了更精确地测量，结果表明，美国油气行业排放的甲烷比目前联邦能源监管部门测算的数据多出了将近 60%，每年泄漏到大气中的甲烷量是非洲天然气消费量的 2

倍。另一项来自对 400 多口气井为期 6 年的统计数据则表明，美国每年有价值 20 亿美元的天然气泄漏^[6]。

2.4.2 甲烷泄漏监测技术受到关注，有效减少甲烷泄漏量将进一步提升天然气全产业链的价值

油气公司通过提高减排意识、加强生产管理等措施，可降低目前甲烷泄漏量 50% 以上，从而大幅度提升天然气的全产业链价值和清洁性。2017 年埃克森美孚公司启动了减少甲烷泄漏项目，通过管理提升、泄漏监测与检测、新技术开发、员工培训等一系列措施，有效降低了甲烷泄漏量，同时承诺，2020 年之前其甲烷泄漏总量将减少 15%。BP 公司已将甲烷泄漏率控制在 0.2% 以内。其他各大公司也正在积极采取措施，以期有效减少甲烷的泄漏量。

2.5 天然气不仅是化石能源中最清洁的能源，而且还可以成为可再生能源的互补搭档

天然气将在能源格局中扮演更加重要的角色，在能源转型中发挥核心作用，天然气的灵活性、碳捕集封存技术和碳排放定价机制促使天然气与可再生能源由对手变为伙伴。

2.5.1 天然气将与可再生能源实现结合，成为推动能源变革的“互补搭档”

受技术和成本等因素的限制，核能、风能、太阳能等可再生能源将无法撼动化石能源的主导地位。据 IEA 预计，到 2035 年可再生能源在一次能源中所占比例将保持在 10% 左右的水平。总体而言，可再生能源虽然在二氧化碳减排等方面具有一定的优势，但考虑到其发展受到的种种约束，未来很长一段时间内将无法成为能源供应的主体，天然气等化石能源仍将担任能源供应的主力军^[4]。

2018—2022年天然气消费量将维持1.6%的增长速度,但也存在着一定的不确定性,主要受制于全球天然气的价格走势以及其与可再生能源的竞争结果。同时天然气行业并非与煤炭等其他化石能源展开竞争,而是转变为与可再生能源业务的竞争并逐渐融合。BP首席执行官戴德立认为,天然气不仅仅是通向更加低碳未来的桥梁,而且也是符合碳排放要求并可与风能、太阳能等可再生能源互补的重要资源,正在深度影响着全球的能源格局^[4]。

天然气与可再生能源协同发展,可打造稳定绿色的能源系统。风能、潮汐能、太阳能等间歇性发电技术在使用期间需要有后备电源来供能,而天然气发电启停迅速、运行灵活、便于调峰,是不二首选。建立气电与可再生能源互补的联合机组,充分发挥不同能源的优势,可以提升发电机组的总输出水平和电网运行的可靠性,实现天然气与可再生能源的协同发展。

当今世界面临着在满足全球人口增长和改善生活水平愿望的同时,减少经济活动带来的气候变化的挑战。可再生能源将在应对这一挑战中发挥越来越大的作用,从长远来看,储能技术能解决上述问题,但远水不解近渴。而天然气发电在灵活性和减排方面具有明显优势。全球著名能源咨询公司IHS评估了在特定的市场环境下天然气与可再生能源联合使用的互补优势,结果表明,天然气发电可以和可再生能源发电互为补充,无论是从经济性还是环保效果来说都是最佳的发电组合。

2.5.2 天然气的灵活性、碳封存技术和碳排放定价机制将成为天然气与可再生能源结合的推手

可再生能源发展的多项难题都可以通过与天然气协同发展来加以解决。风能、太阳能等可再生能源发电输入与输出的不稳定性是制约其发展水平的重要因素,如何解决现有电网对可再生能源发电的消纳问题是一个关键。天然气发电功率容易控制,具有较强的灵活性,天然气发电与可再生能源发电紧密配合,可以保证发电输出的稳定性^[6]。

在天然气全产业链中,上游业务(即从生产井口到处理厂外输端口,含试采气排放)是主要碳排放源,只有将上游碳排放率控制在0.2%以内,才能满足《巴黎协议》规定的2℃控温目标的要求、消除业内和民众对天然气清洁能源属性的质疑、提升天然气在全球能源结构中的清洁能源价值。

碳排放定价机制的建立及完善,将加大煤炭、石油等高碳化石能源的消费成本,天然气和可再生

能源消费将得到促进。天然气的优点包括高加热强度和高效率,低排放量和几乎没有污染,同时可以为几乎任何用途提供能源。这些特性使天然气作为一种丰富、灵活和具有成本效益的燃料而具有独特性,它还可以解决城市环境中的环保挑战。日益增长的城市化趋势,为天然气需求量的持续增长提供了重大机遇。

未来天然气的用途之一就是从中提取出氢气,用于发电厂发电,所产生的二氧化碳则被捕获并储存起来。挪威石油公司正尝试将荷兰燃气发电厂由燃烧天然气改变为氢气,并辅以二氧化碳捕获储存工艺(CCS)。

2.6 提高天然气自给度是平抑区域性价格差异和决定定价话语权的有力手段

全球天然气竞争性定价模式已成趋势,不同区域天然气价格差异较大,气源竞价机制仍将是主流。

2.6.1 美国对全球现有天然气定价体系产生冲击,全球天然气竞争性定价模式已成趋势

全球天然气市场发展受限于地理上的区域分割,天然气国际贸易大多数是通过管线或船运达成交易,地理上的限制与昂贵的运输费用都在不同程度上限制了区域之间的贸易往来,使得天然气市场具有区域特性,形成了多个相互独立的天然气定价体系。

由于页岩气技术的革命性突破,美国天然气产量大幅度增长,成为全球第一大天然气生产国,而且低成本开采技术促使这一地区天然气的供应量转瞬之间扩大。这带来了天然气供应市场与消费市场价格的两极分化。美国LNG出口给市场带来了巨大的影响,北美天然气价格从2008年的10美元/MMBtu(2.3元/m³)以上,跌至2012年的3美元/MMBtu(0.69元/m³)以下。

美国将亨利港(Henry Hub,简称HH)天然气期货从美国本土天然气市场作价引入全球LNG贸易,逐渐演变为国际天然气价格基准。使世界LNG贸易的定价基础从原来的原油、英国国家平衡点(NBP)作价,丰富到HH作价和油价、HH混合计价,增强了全球LNG市场的关联性。未来美国通过出口提高天然气价值,美国LNG出口的两个目的地分别是欧洲和亚洲。

目前亚洲和欧洲的天然气价格依然坚挺,导致其价格远高于美国市场价格。北海地区的天然气生产为欧盟提供了大量的本土供应,为其与俄罗斯的谈判提供了议价筹码。若不考虑贸易壁垒等因素,单

从价格来讲，北美和亚洲之间的天然气存在着巨大的套利空间。这也是北美天然气出口亚洲的主要驱动因素。天然气市场“亚洲溢价”折射出亚洲天然气进口国在国际天然气定价权中缺乏话语权。

预计到 2024 年，日韩市场（JKM）价格和 NBP 价格差距将大幅度扩大，全球新增 LNG 需求量超过了美国新增 LNG 产能，同时卡塔尔 LNG 产能不断减少，由此造成气价上升。

2.6.2 天然气定价类型多样，油价渐进和气间竞争两种方式并存

IGU 在《2018 年全球天然气价格报告》中指出，目前世界天然气定价方式可以分为 4 类：①油价渐进（OPE）：气价通常通过一个基准价和价格调整条款与竞争燃料价格相关联，典型的就是同原油、柴油和燃料油价格相关联，在某些情境下也可以通过煤炭价格来定价，在全球范围内，采用油价渐进方式定价的有 59 个国家，占比约为 19.5%；②气间竞争（GOG）：按照交易中心的现货和期货定价，2005 年以来，气间竞争定价方式的占比逐渐上升，2017 年其在全球占比达到 46%；③双边垄断（BIM）：气价由大买方和大卖方的双边协议来决定，价格设定一个固定期，通常是 1 年；④管制成本（RCS）：价格由一个监管机构或一个部门决定或批准，该价格覆盖“服务成本”，包括投资的回收和合理的回报率，管制定价方式占比约为 30%^[10]。

分地区来看，2005 年以来，随着气源更充足、买家越来越多，欧洲地区逐渐由油价渐进为主的天然气定价方式转向以气间竞争定价为主，目前气间竞争方式占比高达 70% 左右；而亚洲地区油价渐进方式的占比则日趋上升，由 2005 年的 35% 上升为 2017 年的 69%，主要受中国 LNG 和管道气进口量不断增长的影响。

2.6.3 全球尚未形成统一的天然气市场，油价依然深刻地影响着天然气价格

尽管目前全球 LNG 供给国与需求国都大量增加、LNG 贸易路线愈发丰富、定价机制更为透明、与油价指数脱钩的呼声大量出现，但从近期的研究结果来看，全球尚未形成统一的天然气市场。

各国的天然气价格指数关联度较低，唯一关联度较高的为美国、加拿大以及部分欧洲国家；与过去 10 年相比，目前全球各国天然气价格关联系数并没有实质性的增长，甚至还略有下降；运输距离依然阻碍着全球天然气市场的协同发展；油价比天然气价格关联度更高，这意味着油价依然是天然气价格的重要影响因素。

2.7 争取政府对天然气产业的支持，重视公众的关注和参与

据 IGU 的调查结果，近两年社会对于天然气的信任度不断下降，成年人和青少年持有几乎相同的观点（图 3）^[11]。水力压裂是一个反映公众力量的典型案例。正如美国商业巨头沃伦巴菲特的话“形成一个声誉需要 20 年的时间，而毁掉它则只需要 5 分钟”。这就需要天然气从业者对公众的评价和需求及时做出反馈，对话力度和透明度要大幅度的增加。企业可以借助于新媒体，采用多种方法让公众进一步了解天然气，给公众描绘出非常清晰的天然气发展蓝图。国际大石油公司惯用的做法是在大型天然气项目运行初期成立一个包括经验丰富的专业人员、社区顾问、社区联络官、政府关系顾问、环境和监管专家、宣传小组等在内的综合团队，以对各种问题做出迅速响应，特别要注重对生态环境的保护。

同样来自 IGU 的调查结果，81% 的高管都认为在未来 10 年，天然气行业将需要更多接受过良好教育、拥有高技能的人才，而不是大量的体力劳动者^[7]。

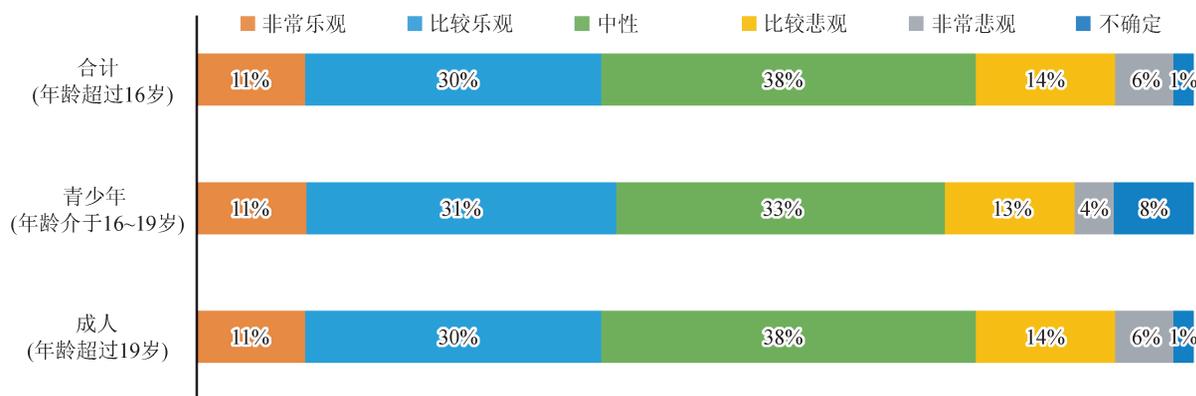


图 3 对天然气行业看法调查统计图^[11]

天然气主要生产国的政府高度重视本届大会和天然气业务，政府官员积极参会，积极阐述本国天然气发展经验和前景，政府积极出台更多有利于天然气发展的利好政策和发展对策，积极统筹做好业务发展和监管管理，利用政策杠杆促进天然气发展。本届大会有超过 10 个国家的政府部长参加了会议，带来了政府重视天然气发展的讯息和声音^[10]。

来自美国、加拿大、澳大利亚等国家的 10 余名国会议员纷纷亮相大会并发言，多方面介绍政府在天然气业务支持和监管中的重要作用。

美国联邦能源管理委员会（FERC）负责监管州际商业中电力和天然气的输送和批发销售，并对州际商业中的石油管道运输进行监管，近期加快了对 16 个 LNG 出口终端建设的审批工作，以确保 2020 年美国的 LNG 出口能力翻两番。

澳大利亚政府为了减少天然气产业竞争中的障碍，对天然气行业进行市场化改革，进一步强化了能源部长理事会（MCE）的职能和作用，形成一个较为全面的能源监管框架，同时高度整合全国大部分州（地区）的电力批发市场，促进天然气和电力市场共同发展。近期澳大利亚政府允许能源部部长根据来自市场运营商和监督机构的建议，对 LNG 出口进行控制，首先保证本国天然气供应。

阿根廷政府逐步改善天然气投资环境，继续推进天然气生产商延长一项一揽子经济刺激计划——“天然气规划”直到 2020 年。同时，阿根廷政府继续支持 7.5 美元/MMBtu (1.8 元/m³) 的补贴气价政策，这个气价比当前的市场价高出不少^[6]。

3 对中国天然气业务发展的建议

天然气已经进入高速发展阶段，油气行业和油气公司正抓住这一历史性的时间窗口，调整现在的决策、谋求未来的发展。通过参加本届大会，总结收获体会，进而对中国天然气业务的发展提出以下建议。

3.1 进一步加大国内常规和非常规天然气勘探开发力度，增强供给能力和话语权

未来中国将致力于解决空气污染和推动能源转型^[12]，将推动民用、工业、发电和交通运输大规模、高效地使用天然气。在实现这一能源结构转型升级的过程中，天然气的作用不可替代^[13]。预计到 2021 年前，中国将替代 1.5×10^8 t 散煤，天然气将占到中国一次能源消费结构的 10%。

因此加大对国内天然气的勘探开发力度、提高

天然气的自我供给能力，是争得市场主动、保障国家能源安全的重要战略手段。天然气战略布局应立足于中国天然气资源的特点，坚持勘探开发理论和技术创新，持续推进上游加快发展，夯实天然气供应体系，保障天然气供给安全。

3.2 瞄准天然气科技前沿，加强技术与管理创新，重点补齐工程技术等制约天然气业务发展的关键技术短板，努力降低天然气开发成本

技术创新和技术进步对于推进天然气勘探开发尤为重要，理论技术进步推动了天然气资源的大发现，奠定了国内较大的天然气储量、产量基础^[14]。自主高效的高精度储层描述、深海钻完井、超深层钻完井、长水平段水平井钻完井和水平井分段压裂等技术是天然气勘探开发的核心技术；LNG、甲烷泄漏监测和地下储气库等技术是影响天然气输配和可持续发展的关键技术。

需要开展天然气数字化、大数据、云计算、智能井下机器人、储层高精度描述技术、深海钻完井、超深层钻完井、超长水平段水平井钻完井和分段压裂、井间接替和成本控制等技术攻关。通过技术引进和自主研发，实现 LNG 技术的国产化，实现对甲烷泄漏的有效监测，提高国内天然气勘探开发核心技术的竞争力。

3.3 统筹考虑天然气上下游业务，完善天然气业务链建设，科学规划基础设施建设布局，加快 LNG 进口配套设施和地下储气库建设，实现产供储销的一体化

天然气进口环节体现了整个上、中、下游产业链的配合联动。LNG 接收站建设需要锁定资源和确定市场范围。设施建设具有投资大、投资同步性高的特点，需要结合管网的分布，科学合理地加快建设 LNG 接收站和地下储气库，保证 LNG 的进口量和储备量，同时配套建设天然气利用设施和升级换代，跟上天然气发展的步伐。

此外，跨国天然气进口不只是一个简单的贸易问题，因而需要将上游天然气储量资源、中间运输管道、下游消费市场等都有效地衔接起来。

3.4 高度重视甲烷泄漏对环境的影响，加强全业务链甲烷泄漏管控，提升天然气综合利用水平和效益

在本届大会上，甲烷泄漏的议题被频频提及，全球天然气甲烷排放所产生的升温效应，已抵消了天然气替代煤所产生的清洁减排作用，关于天然气是否属于清洁能源的争议不断，直接影响了民众对

天然气的接受程度，部分国家和地区的居民用气业务开始萎缩，甲烷泄漏已成为制约天然气行业发展的瓶颈因素。

欧美国家已开始重视和应对甲烷泄漏带来的环境污染和对天然气能源的负面影响问题，并已取得了一些积极成效。国内在这方面尚未起步，需要通过加强生产管理和提高减排意识，加大全业务链甲烷泄漏的监管和防治力度。

3.5 适应国际天然气供应新的格局，统筹制定天然气进口贸易对策，实现 LNG 和管道气、短贸和长协、国内和国外两种资源的科学合理布局

LNG 成为我国天然气供应的重要组成部分已是不争的事实。为此需要科学预测世界 LNG 供应能力和价格趋势，准确把握我国 LNG 的发展前景，确定灵活多变的引进机制。同时立项研究美国 LNG 出口相关政策法规，以最大限度地规避资源、技术和价格风险。

资源国大都希望签署长期 LNG 销售合同以获得融资。而我们一方面可以签署短期、小批量、高灵活度的供货合同，通过现货贸易以市场价购买 LNG；另一方面，也可以通过长协价进口 LNG，占据主导地位，进一步降低供应风险。

致谢：成文中，得到了中国石油西南油气田公司马新华教授级高级工程师、中油国际俄罗斯公司蒋奇教授级高级工程师、中国石油长庆油田公司付金华教授级高级工程师、中国石油塔里木油田公司江同文教授级高级工程师、中国石油勘探开发研究院李熙喆教授级高级工程师的悉心指导，并得到中石油参会参展领导专家和代表的大力支持，在此谨表谢意。

参 考 文 献

- [1] International Gas Union. WGC 2018 Day 1 Newspaper [R/OL] (2018-06-27). <https://www.igu.org/the-case-of-natural-gas/wgc2018-day-1-newspaper>.
- [2] Skalmraas O. The pivotal role of natural gas in the future energy supply[C]//27th World Gas Conference, 25-29 June 2018, Washington DC, USA.
- [3] International Gas Union. 2018 global gas report[R/OL] (2018-06-27). <https://www.igu.org/news/2018-global-gas-report>.
- [4] International Energy Agency. Gas 2018[R/OL] (2018-06-27). <https://www.iea.org/gas2018/>.
- [5] International Gas Union. WGC 2018 Day 2 Newspaper[R/OL] (2018-06-28). <https://www.igu.org/the-case-of-natural-gas/wgc2018-day-2-newspaper>.
- [6] International Gas Union. WGC 2018 Day 3 Newspaper[R/OL] (2018-06-29). <https://www.igu.org/the-case-of-natural-gas/wgc2018-day-3-newspaper>.
- [7] International Gas Union. WGC 2018 Day 4 Newspaper[R/OL] (2018-06-30). <https://www.igu.org/the-case-of-natural-gas/wgc2018-day-4-newspaper>.
- [8] International Gas Union. 2018 world LNG report[R/OL] (2018-06-28). <https://www.igu.org/news/2018-world-lng-report>.
- [9] Matsuzaka K. Shipping Perspective-towards sustainable LNG market growth[C]//27th World Gas Conference, 25-29 June 2018, Washington DC, USA.
- [10] International Gas Union. Wholesale Price Survey - 2018 Edition [R/OL] (2018-06-28). <https://www.igu.org/news/wholesale-price-survey-2018-edition>.
- [11] Everaard R. How do we regenerate this generation's view of oil and gas?[C]//27th World Gas Conference, 25-29 June 2018, Washington DC, USA.
- [12] 国家能源局，国务院发展研究中心，国土资源部. 中国天然气发展报告 (2018) [M]. 北京：石油工业出版社，2018. National Energy Administration, Development Research Center of the State Council & Ministry of Land and Resources. China Natural Gas Development Report (2018)[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2018.
- [13] 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.
- [14] 邹才能，赵群，陈建军，李剑，杨智，孙钦平，等. 中国天然气发展态势及战略预判 [J]. 天然气工业，2018, 38(4): 1-11. Zou Caineng, Zhao Qun, Chen Jianjun, Li Jian, Yang Zhi, Sun Qiping, et al. Natural gas in China: Development trend and strategic forecast[J]. Natural Gas Industry, 2018, 38(4): 1-11.

(收稿日期 2018-08-30 编辑 居维清)