

文章编号: 2097-0021 (2021) 01-0032-06

“碳中和”目标下中国天然气不可或缺 但发展空间将被压缩

洪涛*

(国务院发展研究中心资源与环境政策研究所)

洪涛. “碳中和”目标下中国天然气不可或缺但发展空间将被压缩. 油气与新能源, 2021, 33 (1): 32~37

摘要: 在中国明确提出“碳中和”目标的背景下, 天然气作为一种低碳化石能源, 在中国能源系统中具有特殊的地位和意义。通过分析中国天然气的发展空间、发展路径、应用场景以及多种影响因素, 得出结论: “碳中和”目标下中国天然气发展的时间、空间将被压缩, 但在去碳化进程中不可或缺。具体而言, 中国天然气消费将在 2040 年左右达峰, 峰值高点约 6 000 亿立方米, 一次能源占比低于 15%。“碳达峰”后, 电气化、CCS (碳捕获与封存) 等各种因素叠加会影响天然气的终端渗透率, 尤其是碳定价的影响将越来越大。因此, 中国天然气发展需要未雨绸缪, 创造条件以争取更多发展空间。

关键词: 气候变化; 碳中和; 碳定价; 天然气; 能源转型

中图分类号: TE-9 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.2097-0021.2021.01.007

Under the Goal of “Carbon Neutrality” China's Natural Gas is Indispensable but its Development will be Compressed

HONG Tao

(Research Institute of Resources and Environment Policies, Development Research Center of the State Council)

Abstract: Carbon neutrality orientation renders low-carbon natural gas a unique position in China's energy mix. This paper conducts a study on the future development of natural gas in China in terms of its development potential and application. The result shows that China's consumption peaking of natural gas will be up to about 600 billion cubic meters in 2040, accounting for less than 15% of primary energy resources. The post-carbon-peak effects of electrification, CCS (Carbon Capture and Storage) and particularly carbon pricing on terminal gas market share make it necessary to explore advanced strategies for the optimization of natural gas development. Overall, natural gas development is indispensable in the process of decarbonization despite its constrained development in time and space associated with carbon neutrality orientation.

Keywords: Climate change; Carbon neutrality; Carbon pricing; Natural gas; Energy transition

0 引言

天然气被誉为低碳清洁的化石能源, 是能源转型进程中的过渡能源, 被中国能源主管部门定位为“主体能源之一”^[1-3]。当前, 气候变化已成为最重要的全球性问题之一, 综合考虑能源安全、气候安全、环境安全等方面, 各能源品种、能源形式的地

位和竞争优势也将此消彼长。可再生能源、电气化、氢能与储能将在电力系统及终端应用场景与天然气产生竞争。加之碳定价等因素的介入, 天然气在内的化石能源的地位将受到更大程度冲击。

随着中国日益接近“碳达峰”, “碳中和”约束下的天然气发展也将面临新形势, 亟待未雨绸缪, 谋划未来发展。

* 洪涛, 男, 高级经济师。现任职于国务院发展研究中心资源与环境政策研究所, 从事能源公共政策研究。地址: 北京市东城区朝内大街 225 号, 100010。
E-mail: ht0118@163.com

1 中国“碳中和”目标将对天然气产生重要影响

中国国家主席习近平在 2020 年 9 月 22 日召开的联合国大会上表示：“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，争取在 2060 年前实现碳中和。”

1.1 中国“碳中和”的承诺具有深远意义

一是对国内能源转型提供了确定性预期。这一承诺明确了“碳中和”目标，以及在时点、强度等方面提出了确定性的碳约束指标。制定“碳中和”实施路线图，考虑各种政策的优先序与协同性将成为下一步工作重点。

二是难度大、压力大，机遇与挑战并存。“碳中和”完成时间提前，客观上压缩了能源转型的时间与空间，增加了纵向分年度、横向分部门的成本。同时，加速转型成本前置，预计短期成本或增加更快。

三是技术的重要性更加凸显。先进的脱碳能源技术、现代电网技术是支撑去碳化目标的核心所在。实现能源脱碳后，中国能源安全将从过去依靠化石能源资源保障（资源约束）转向技术保障。

1.2 “碳中和”将重新配置不同能源的形式与组合

过去十余年，中国能源转型目标与控碳政策强度呈现正相关关系（见表 1）。碳约束从“务虚、弹性”到“明确、刚性”，能源转型路径从单一到多元，更加务实地针对去碳化。同时，影响能源转型的因素也日益复杂化。

表 1 不同碳约束目标下的中国去碳转型路径变迁

时间	碳约束目标	典型路径与政策
2014 年以前	加快能源转型，推进化石能源清洁利用	发展可再生能源，推进化石能源清洁利用
2014—2016 年	加快能源转型，加强控碳政策，但未明确碳中和	大规模核电 + 高比例可再生
2017—2018 年	更强碳约束政策，开始探讨净零目标	高水平电气化 + 高比例可再生
2019—2020 年	受欧盟《绿色政纲》及 2050 年净零排放目标影响，开始重视约束性碳目标的研究	“双高”路径脱碳转型 + 高渗透绿氢
2020—2030 年	促进有条件的地区率先碳达峰，中国整体达峰	—
2035 年后	能源碳排放稳中有降，缩短平台期	碳汇、CCS（碳捕获与封存）、CCUS（碳捕获利用与封存）等

碳中和目标下的能源转型需要重新考虑以下议题及优先序：一是高比例可再生 + 高水平电气化的“双高”模式；二是化石能源清洁利用，煤炭煤电短期地位；三是负碳技术应用场景、规模上限、贡献率，CCS、CCUS、BECCS（生物能源碳捕获和存储），不同技术、路径的实现条件及可能性、机遇挑战、困难障碍、成本收益风险、基础设施及增量成本等^[4-6]。

不同于德国单纯依靠可再生能源及电气化，和美国主要靠天然气及可再生能源的转型路径，国情决定中国将采取更具包容性的混合转型路径。在明确的“碳中和”目标下，深度电气化及高渗透绿氢都不能一蹴而就，天然气仍将在中国扮演重要作用，但其作用将从大气污染治理时的减污调整为减污降碳协同发挥。

综上，中国“碳中和”目标提供了能源脱碳转型的确定性预期，也影响包括天然气在内的不同能源的地位和竞争力。

2 中国天然气预计在 2040 年左右达峰

通过综合比较国内外权威机构于 2019—2020 年 8 月发布的中长期能源展望数据，可以发现各机构对中国天然气消费预测呈现收敛趋势^[7-8]。无论在更快转型（更强控碳）情景下，还是与前期预测相比，中国天然气消费规模和一次能源占比的峰值高点有下调趋势，峰值时点有提前趋势。这些研究报告发布于中国官宣 2060 年碳中和目标前，预测至 2050 年的长期趋势，对中国天然气的判断如下：中国天然气将在 2040 年左右达峰，峰值高点约 6 000 亿立方米，一次能源占比低于 15%。

2.1 峰值高点区间：多分散于 6 000 亿立方米以下

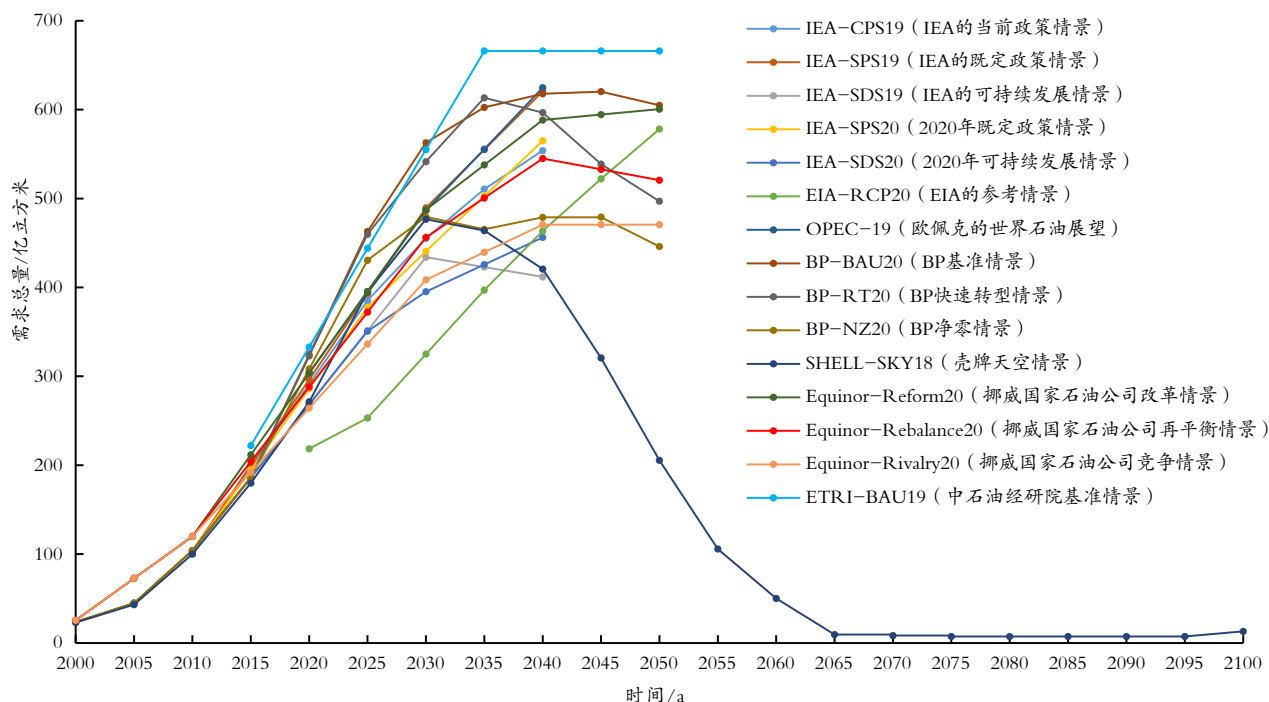
从各机构发布的预测数据看，中国天然气需求在 2050 年的预测结果为 185 百万吨油当量（低限）~ 600 百万吨油当量（高限），折合实物量约 2 054 亿

立方米（低限）~6 660 亿立方米（高限）。ETRI（中国石油经济技术研究院）给出了最为乐观的预测，ETRI-BAU19（中国石油经济技术研究院基准情景）预测 2050 年天然气需求量最高，约合 6 660 亿立方米（如图 1）。

2.2 峰值时点分布：集中于 2030—2040 年

在各机构预测的 15 个情景中，仅 6 个情景在预测期内达峰，其中 3 个情景集中分布于 2030 年，2

个情景分布于 2035 年。较早的达峰时间多集中在 2030 年，对应的达峰情景有 IEA-SDS19、BP-NZ20、SHELL-SKY18，其中峰值最高是 BP-NZ20，对应峰值约合 4 794 亿立方米。最晚的达峰期为 2045 年，对应的达峰情景为 BP-BAU20，峰值约合 6 202 亿立方米，同时它也是所有机构预测峰值最高情景。峰值最低是 IEA-SDS19 情景，于 2030 年达峰，约合 4 340 亿立方米（见表 2）。



数据来源：李天泉、洪涛，2020 年 12 月的《多情景达峰时点高点比较》系列文章，多情景达峰时点高点比较（五）天然气需求，<https://mp.weixin.qq.com/s/-SbeNTXrvXkA5s59U2hhiw>

图 1 中国天然气消费规模峰值（实物量）

表 2 中国天然气预测结果乐观程度排序

高点预测类型	2030 年情景及规模	2050 年情景/规模	峰值预测类型	年份	情景及规模
最高预测前三	BP-BAU20, 5 627 亿立方米	ETRI-BAU19, 6 660 亿立方米	最早达峰前三	2030	IEA-SDS19, 4 340 亿立方米
	ETRI-BAU19, 5 550 亿立方米	BP-BAU20, 6 049 亿立方米		2030	SHELL-SKY18, 4 767 亿立方米
	BP-RT20, 5 415 亿立方米	Equinor-Reform20, 6 005 亿立方米		2030	BP-NZ20, 4 794 亿立方米
最低预测前三	EIA-RCP20, 3 250 亿立方米	SHELL-SKY18, 2 054 亿立方米	最晚达峰前三	2045	BP-BAU20, 6 202 亿立方米
	IEA-SDS20, 4 340 亿立方米	BP-NZ20, 4 460 亿立方米			
	Equinor-Rivalry20, 4 085 亿立方米	Equinor-Rivalry20, 4 706 亿立方米			

2.3 平台期：集中于 2040 年左右

多数预测结果显示这个时期的天然气消费不再增长，4 个情景（IEA-SDS19、BP-RT20、SHELL-SKY18、Equinor-Rebalance20）预测显示在 2040 年及以前就开始负增长，仅 1 个情景（EIA-RCP20）显示在 2045 年仍处于高速增长。

2.4 天然气在一次能源中占比峰值（高点）：中值低于 15%

至 2050 年的预测结果是天然气在一次能源中占比峰值介于 4.61%（低限，SHELL-SKY18 情景）~19.09%（高限，SHELL-SKY18 情景）（见图 2）。

2.5 天然气在一次能源占比峰值时间分布：横跨2030—2045年，集中于2035—2040年

15个情景中，仅3个情景在预测期内达峰，分别为2030年的SHELL-SKY18、2035年的BP-RT20和2045年的BP-NZ20，其中BP-RT20情景预测峰

值最高，为15.15%。SHELL-SKY18情景预测峰值最低，为11.51%，同时，这也是情景预测达峰最早值。未达峰或最晚达峰（预测期内）的3个情景（ETRI-BAU19、BP-BAU20、BP-NZ20）中，最晚达峰的是BP-NZ20情景，达峰时间为2045年。

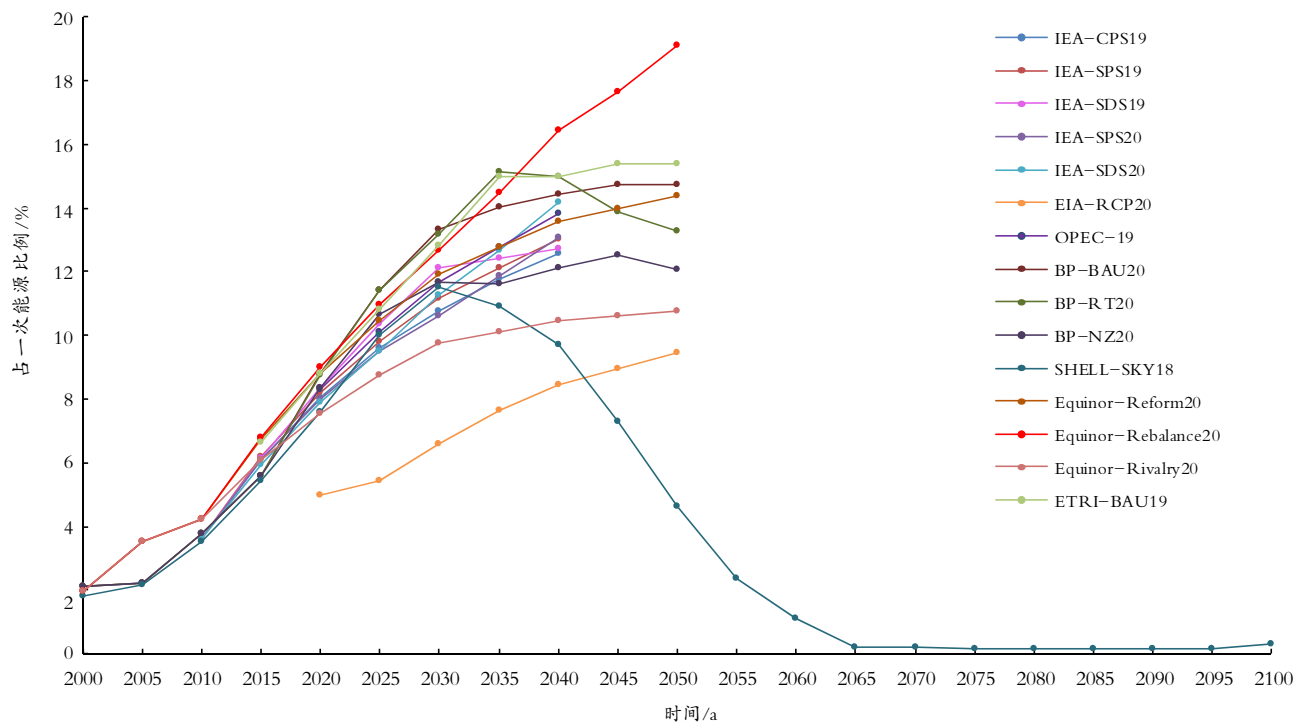


图2 中国天然气需求占一次能源需求比例

3 “碳中和”目标下天然气发展的影响因素和风险识别

中国“碳达峰”后，电气化、碳定价、CCS等各种因素会叠加影响天然气的终端渗透率。“碳中和”目标下，中国天然气发展的时间、空间被压缩，低于没有明确气候目标时的预期，但在去碳化进程中不可或缺。

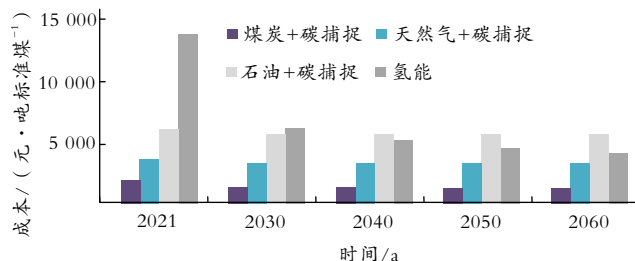
3.1 “碳达峰”后的中国天然气的影响因素、应用场景及替代关系

在中国“碳达峰”至“碳中和”的碳排放下坡阶段，天然气发展的驱动力将发生变化，各应用场景的替代关系较之“碳达峰”前将发生显著变化（见表3）。

在电力领域，天然气调峰装机将有巨大增长空间，虽面临储能挑战，但仍是备用电源的最佳选择。天然气将成为高水平电气化的补充，并对电力系统提供保障和支持。据BNEF（彭博新能源财经）的

预测，2020—2050年，中国的调峰气电至少有7倍左右的增长空间，联合循环气电也将有增长，但增幅比调峰气电低很多。

如果CCS可以快速降本并规模部署，天然气或有更广阔的发展空间，但同时也不能忽略“CCS+煤炭”的竞争能力（见图3）。



资料来源：中金研究院，2021，《碳中和经济学：新约束下的宏观与行业分析》

图3 非电零碳能源的成本对比预测

3.2 碳定价将对天然气发展的影响越来越大

中国碳定价目前很低，未来将呈现先慢后快、加速增长的趋势。在中国多年碳交易试点运行中，

碳配额交易均价在 20 元/吨左右，北京中创碳投科技有限公司预测全国碳交易市场开市后的交易均价大概率在 30~50 元之间。欧洲机构预测至 2050 年实现净零排放时的碳定价将高达 230 欧元/吨以上。2021 年 2 月 26 日，美国拜登政府已宣布将 2021 年碳排放社会成本定为 51 美元/吨，恢复至奥巴马政府时期水平。因此，晚去碳的成本将相当高昂^[9-12]。

在没有较强碳约束的情形下，天然气的竞争力

主要受国际油价的影响。能源可获得视角的天然气供应安全、交易成本视角的天然气体制改革等，都会影响天然气的终端渗透率。

过去几年，中国在大气污染治理目标下，强力环保政策促进了天然气的较快发展。但该阶段碳成本很低，非电领域的天然气几乎不承担碳成本。开展碳交易首先会对电力部门的碳排放形成强约束。

表 3 “碳中和”以及“3E+S”*多元目标的天然气竞争替代关系

一级分类	二级分类	应用场景&替代模式		备注
		保蓝天—“碳达峰”前 ^①	“碳达峰”后—“碳中和” ^②	
一次能源	1 煤炭	◆, ◇, ▲, ↑	◇, ▲, ↑↑	新增替代电量主要让位于脱碳电力，气电主要作为灵活性电源（尤其是北方） ^[13-14] 如清洁取暖双替代、工业煤改气等，目前仍具成本优势，但达峰后面临被氢和电替代的趋势 发展规模受碳排放控制能力及 CCS、CCUS 能力影响
	1.1 电煤	/	/	
	1.2 非电燃料用煤	▲	▲, ↓	
	1.3 化工原料用煤		▲	
	2 石油	/	/	液态交通燃料的天然气替代贡献率很低 天然气发展取决于含碳价格比
	2.1 成品油	/	/	
	2.2 化工用油		▲	
	3 核能（核电）	/	/	/
	4 可再生能源			
	4.1 水电	×	×	与水电尤其抽水蓄能相比，气电在大部分省区特别是南方不具优势
二次能源	4.2 风电、光伏等非水可再生能源	✓	✓	物理上可协同发展，但经济上未必可行
	4.3 生物质能源	▲	×	生物质能源利用方式将是 BECCS 等
	4.4 地热能	/	/	地热主要为局部地区，资源可用范围有限
	4.5 海洋能等其他	/	/	/
	1 电力	✓	✓	电力系统灵活性的重要程度远高于电量（气量）；未来现代脱碳电力系统中，负荷越来越碎片化。气电对于电力系统最重要的价值就是提供灵活性，但气电并非唯一选择。非管制开放电力市场中，高成本电源将被优先挤出市场
	1.1 灵活性电源	✓, ▲, ↑	✓, ▲, ↑↓	气电灵活性或将被多储能、DSM、电力基础等替代
	2 氢能	✓	✓	管道混输贡献率具有不确定性
	3 储能（非水非氢的电化学储能等）	/	/	电化学储能低成本学习曲线向右下的斜率明显高于气电；氢储能也将在未来 15 年内具有较快降成本的潜力
	4 热能/供热	▲	▲, ↓	工业供热氢代气，民用供热电代气
	5 车用燃油			
	5.1 机动车：乘用车（轿车等）燃油	↓	↓↓	已被电动汽车挤出市场
	5.2 机动车：商用车（重卡等）燃油	▲	×	特定条件下 LNG 车有优势，但将被电池技术或氢能替代

注：竞争关系：◆；替代关系：◇；协同关系：✓；被替代领域：×；优势领域：▲；优势程度变化：↓↑；相关性差：/

*“3E+S”表示能源、经济、环境（含气候）、安全。①清洁化为主：以短期清洁化带动长期低碳化；常规污染物减量更重要。

②去碳化为主：长期去碳化巩固清洁化；碳排放减量成为主要矛盾。

天然气发展还受到碳定价的影响。国际油价与碳定价将成为影响天然气竞争力的“双标杆”。天然气终端应用场景包括发电、灵活性工业及民用供热等，均受到其他形式能源的竞争。在化工与原材料领域，碳定价及碳捕集、封存与利用成本将影响天然气在该领域的竞争力。

3.3 中国天然气仍将取得长足发展，但发展时间、空间被压缩

与宣布“碳中和”目标前的预测相比，中国天然气发展将呈现如下特点：快增长、早达峰、高点

低、平台缩小、更早更快下坡，即长尾变短（见图 4）。

国内一些著名专家和机构认为，中国天然气应在 2035 年甚至更早实现达峰，2050 年的消费规模，应在 3 000 亿立方米甚至更低，最早的达峰时点是 2030 年左右，2050 年时较低的消费总量在 1 000 亿立方米左右。如全球能源互联网发展合作组织于 2021 年 3 月发布的《中国 2060 年前碳中和研究报告》对中国化石能源达峰的高点时点做出了预测：化石能源消费总量于 2028 年左右达峰，其中天然气消费总量 2035 年前后达到峰值，峰值高点约 5 000

亿立方米^[15-16]。

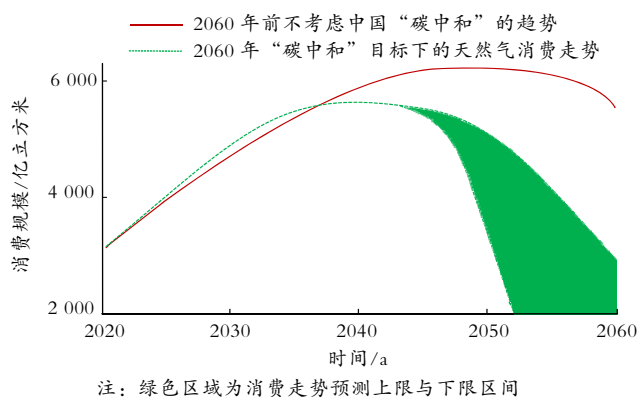


图4 中国天然气消费规模的未来形态示意图

3.4 中国天然气发展需要未雨绸缪,创造条件争取更多发展空间

国内天然气需要快速上产、快速降本,更快更多抢占2035年前能源消费空间。该时期碳定价较低,电力和可再生能源的终端渗透率尚不足,天然气仍具有一定竞争力。

快速增强保障能力,短期实现中国页岩革命突破,是延续天然气窗口期和争取更多时间空间的必要条件。若中国页岩革命能在短期发生,天然气需求增速将保持在6%~8%,既可获得更稳定的用户黏性,又可确保国家和区域的能源安全。

近中期,尤其是“十四五”时期,天然气依然是发展最快的化石能源,但增速不会高于两位数,将从2017—2018年间的过高增长回归合理区间。在中国实现“碳达峰”前,天然气仍将增长。“碳达峰”后,天然气仍不可或缺。未来天然气发展的主要机会在电力领域,涉及调峰气电及与消费终端,以及分布式或综合能源系统的结合。

长期看,天然气作为一种低碳化石能源,将向“脱碳天然气”过渡,以满足能源系统的脱碳需求。脱碳氢能也将参与其中,并与天然气共享目前的储运基础设施。深度减碳及较高碳定价的情形下,合成天然气(P2G)等脱碳天然气或将有更大份额。碳捕集、封存与利用将成为化石能源天然气的标配,尤其在天然气消费集中的气电和气化工领域。在去碳化进程中,天然气将面临其他能源形式的竞争,尤其是气电将面临储能(含氢能)的竞争。但在极端气候条件下,气电依然是应急电源的最优选择之一。

若中国天然气消费达峰时点较晚或峰值高点更高,在碳排放及天然气消费规模“双减量”的下坡阶段,相应基础设施将变得冗余甚至有成为低效资

产的风险。存量基础设施的定位转型及新建基础设施的规模布局都值得进一步研究。

面对“碳中和”目标及不同能源竞争的新形势,中国天然气需要进一步加强产供储销能力,争取更多发展空间,并未雨绸缪应对天然气达峰后的去碳化转型。(感谢清华大学李天泉博士的数据整理)

参考文献:

- [1] 国家发展改革委. 发改能源[2016]2743号天然气发展“十三五”规划[Z]. 北京:2016.
- [2] 国家发展改革委,发改能源[2016]2744号能源发展“十三五”规划[Z]. 北京:2016.
- [3] 国家发展改革委. 发改基础[2016]2795号能源生产和消费革命战略(2016—2030)[Z]. 北京:2016.
- [4] IEA. 天然气在当今能源转型中的作用[R]. 巴黎:IEA, 2019:72-91.
- [5] OIES. 能源转型中的液化天然气:从不确定性到不确定性[R]. 英国:OIES, 2019:8-12.
- [6] CSIS. 天然气在能源转型中将如何发展[R]. 美国:CSIS, 2020:3-10.
- [7] 李天泉,洪涛. 多情景达峰时点高点比较(五)天然气需求[R/OL]. (2020-12-11)[2021-03-23]. <https://mp.weixin.qq.com/s/-SbeNTXrvXkA5s59U2hhiw>.
- [8] 李天泉,闫瑾,洪涛. 多情景达峰时点高点比较(十)达峰时点跨度比较、总结与展望[R/OL]. (2020-12-11)[2021-03-23]. <https://mp.weixin.qq.com/s/14X-ju8AtnfGtEth2oNNBA>.
- [9] CCC. 碳定价的未来[R]. 出版地:CCC, 2019:1-3.
- [10] WORLD BANK GROUP. State and trends of Carbon Pricing, 2020[R]. Washington DC:WORLD BANK GROUP, 2020:9-13.
- [11] Refinitiv. 2020年碳市场年度回顾(中文版)[R]. 北京:Refinitiv, 2021:1-3, 14-15, 17.
- [12] 秦炎. 欧洲碳市场推动电力减排的作用机制分析[J]. 全球能源互联网, 2021, 4(1):37-45.
- [13] RFF. Benefits and Costs of Power Plant Carbon Emissions Pricing in New York [R/OL]. (2021-03-10)[2019-08-23]. <https://www.rff.org/publications/reports/benefits-and-costs-of-the-new-york-independent-system-operators-carbon-pricing-initiative>.
- [14] GP. 中国电力系统灵活性的多元提升路径研究[R]. 北京:GP, 2020:23-25.
- [15] GEIDCO. 中国2060年前碳中和研究报告[R/OL]. (2021-03-23)[2021-03-18]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1694752545502909683&wfr=spider&for=pc>.
- [16] 项目综合报告编写组. 《中国长期低碳发展战略与转型路径研究》综合报告[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(11):1-25.

修改回稿日期:2021-03-10

编辑:倪杰清



镝数聚，你身边的宝藏数据库

【声明】

本数字作品由合作方提供，稻壳儿尊重知识产权，并注重保护合作方及用户享有的各项权利。

更多优质内容前往 <https://www.docer.com/?from=pinpai>

郑重提醒：您对数字作品的使用行为应当遵循《WPS 稻壳儿平台服务使用协议》（https://www.wps.cn/privacy/clean_docer）的相关约定，包括但不限于：

- 1、数字作品本身（包括但不限于文字模板、表格模板、演示模板等）及其包含的全部素材（包括但不限于字体、图片、图标、文本框、艺术字等）均不支持商用，仅能为您个人学习、研究或欣赏目的使用。
- 2、您不可将数字作品中的全部或部分内容用于复制再出售，或以出租、出借、转让、分销、发布等其他任何直接、间接方式提供给他人使用。
- 3、您不可将数字作品接入网站、平台等，或以任意方式为他人提供数字作品下载。
- 4、数字作品中包含的内容仅供参考，稻壳儿不保证真实性、正确性、有效性、完整性和准确性，不代表稻壳儿的立场和观点，也不构成对您的任何建议。



扫码了解更多特权