

引文: 周莹, 叶嘉乐, 于珊, 等. “双碳”目标下天然气分布式能源发展现状及机遇[J]. 天然气工业, 2024, 44(2): 23-29.
ZHOU Ying, YE Jiale, YU Shan, et al. Development status and opportunities of natural gas distributed energy resource under the goal of "dual carbon"[J]. Natural Gas Industry, 2024, 44(2): 23-29.

“双碳”目标下天然气分布式能源发展现状及机遇

周莹^{1,2} 叶嘉乐^{1,2} 于珊^{1,2} 赵连仁³ 王永刚³ 朱思吉³ 邓立⁴ 段元刚^{1,2}

1. 油气藏地质及开发工程全国重点实验室·西南石油大学 2. 西南石油大学新能源与材料学院
3. 中石油昆仑燃气有限公司重庆分公司 4. 天府新能源研究院

摘要: 为实现碳达峰碳中和(以下简称“双碳”)目标,必须建设清洁低碳、安全高效的新型能源体系。天然气分布式能源具有相对清洁高效、综合能源利用效率高、输出能源类型多等优点,是我国实现“双碳”目标的重要发展路径之一。为此,剖析了我国天然气分布式能源存在的问题和发展机遇,进而对天然气分布式能源项目的发展提出了建议。研究表明:①中国天然气分布式能源整体发展相对较慢,且不同地区之间发展速度也存在差异,现有项目主要集中在经济较发达的京津冀鲁、长三角、珠三角以及天然气资源丰富的川渝等地区;②中国天然气分布式能源发展面临的主要问题包括前期投入成本较高、电网企业与项目用户端存在利益冲突使得项目上网困难、项目用户端对能源消纳程度的不确定性影响其投资回报等;③随着政策普及、技术发展、碳交易市场完善及经济性的提高,天然气分布式能源项目发展有望进入快速发展期。结论认为,在“双碳”目标引领下,中国天然气分布式能源产业正处于重要的战略机遇期,建议从政策支持、调峰需求、碳排放收益以及技术突破4个方面加强研究;天然气分布式能源的高质量推进对我国构建清洁低碳、安全高效的新型能源体系,助力实现“双碳”目标具有重要的现实意义。

关键词: 碳达峰; 碳中和; 能源转型; 天然气分布式能源; 发展现状; 挑战; 机遇

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2024.02.003

Development status and opportunities of natural gas distributed energy resource under the goal of "dual carbon"

ZHOU Ying^{1,2}, YE Jiale^{1,2}, YU Shan^{1,2}, ZHAO Lianren³, WANG Yonggang³, ZHU Siji³, DENG Li⁴, DUAN Yuangang^{1,2}

(1. National Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Southwest Petroleum University, Chengdu, Sichuan 610500, China; 2. School of New Energy and Materials, Southwest Petroleum University, Chengdu, Sichuan 610500, China; 3. Chongqing Branch of PetroChina Kunlun Gas Co., Ltd., Chongqing 400025, China; 4. Research Institute of Tianfu New Energy, Chengdu, Sichuan 610095, China)

Natural Gas Industry, Vol.44, No.2, p.23-29, 2/25/2024. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

Abstract: A clean, low-carbon, safe and efficient new energy system is highly demanded for achieving the "carbon peak and carbon neutrality" ("dual carbon") goals. Natural gas distributed energy resource (NGDER), a relatively clean and efficient energy resource with high integrated utilization efficiency and multiple derivative types, is one of the crucial solutions to the "dual carbon" goals. The challenges and opportunities for NGDERs are dissected, and some suggestions are put forward for the future development of NGDER in China. The results show that, in China, NGDERs as a whole develop slowly, and at different rates among regions. The existing NGDER projects are concentrated in economically developed regions (e.g. Beijing-Tianjin-Hebei-Shandong, Yangtze River Delta, and Pearl River Delta), and Sichuan and Chongqing Regions rich in natural gas resources. The development of NGDER in China is mainly challenged by high initial investment, difficult access to the power grid due to interest conflicts between power grid enterprises and users, and indeterminate return on investment in the projects resulting from the uncertainties in users' energy affordability. Along with the policy promotion, technical advancement, carbon trade market perfection, and energy economy improvement, a rapid development of NGDER can be expected. Under "dual carbon" goals, China's NGDER sector is in a period of important strategic opportunities. Therefore, it is suggested to devote more efforts to NGDER in terms of policy support, peak-shaving demand, carbon revenue, and technical breakthrough. High-quality development of NGDER is of practical significance for China to build a clean, low-carbon, safe and efficient energy system, so as to realize the "dual carbon" goals.

Keywords: Carbon peak; Carbon neutrality; Energy transition; Natural gas distributed energy resource; Development status; Challenge; Opportunity

基金项目: 四川省重点研发项目“温室气体二氧化碳与天然气低温耦合利用关键技术研究与应用”(编号: 23ZDYF0179)、四川省科技智库调研课题“‘双碳’背景下四川天然气(页岩气)综合利用策略及路径研究”(编号: sckxkjzk2022-3)。

作者简介: 周莹, 1981年生, 教授, 博士研究生导师, 现任西南石油大学副校长; 主要从事油气资源的清洁开发利用方面的研究工作。地址: (610500) 四川省成都市新都区新都大道8号。ORCID: 0000-0001-9995-0652。E-mail: yzhou@swpu.edu.cn

通信作者: 于珊, 女, 1986年生, 教授, 博士; 主要从事天然气资源的清洁高值化利用方面的研究工作。地址: (610500) 四川省成都市新都区新都大道8号。ORCID: 0000-0003-2253-9448。E-mail: yushan@swpu.edu.cn

0 引言

随着“双碳”目标的提出,我国能源发展面临着新的机遇与挑战^[1],推动能源结构转型迫在眉睫。实现能源结构转型的根本,在于发展清洁高效安全稳定的能源形式^[2],促进能源系统低碳化、电气化、智能化,关注低碳燃料转化以及应用负排放技术。推进能源转型的基本路径之一,则是能源生产从“集中式”逐渐向“集中式与分布式”并重转变,迅速发展各种分布式能源系统^[3]。其中,天然气分布式能源作为一种成熟的综合能源利用系统,有较高的能源利用效率和经济性^[4],还可以接入配电网,凭借自身灵活、分散、高效的特点,协助电网的调峰工作,可有效保障电网的稳定性^[5],具有巨大的发展潜力。

然而当前,相关主体对天然气分布式能源产业发展现状和在“双碳”目标实现过程中的机遇等方面的认识仍有待进一步完善,造成相关项目发展面临多方面的压力和问题。为此,梳理了天然气分布式能源项目的发展现状和存在的问题,分析了天然气分布式能源项目的发展机遇,以期对相关产业的发展提供参考。

1 我国天然气分布式能源发展现状

1.1 我国天然气分布式能源发展整体现状

国家发展和改革委员会(以下简称“国家发展改革委”)文件《关于发展天然气分布式能源的指导意见》中,将天然气分布式能源明确定义为利用天然气为燃料,通过冷热电三联供等方式实现能源的梯级利用,综合能源利用效率在 70% 以上,并在负荷中心就近实现能源供应的现代能源供应方式。因此,从严格意义上来说,区别于天然气热电联产和天然气自备机组,只有符合“配电网并网”“就近消纳”和“通过梯级利用实现较高的综合能源利用效率”这 3 个特点的才是天然气分布式能源^[6]。

从 2014 年开始我国就在多个发展战略、规划等宏观政策文件中鼓励推动发展天然气分布式能源。国务院办公厅《能源发展战略行动计划(2014—2020 年)》中提及要提高天然气消费比重,大力发展分布式能源。顺应“双碳”目标的发展,对天然气分布式能源的支持政策持续发布,国务院 2021 年发布的《2030 年前碳达峰行动方案》中明确指出要有序引导天然气消费,优化利用结构,大力推动天然气与多种能源融合发展,提升电力系统综合调节能力。

根据国家发展改革委和国家能源局印发的

《“十四五”现代能源体系规划》统计数据显示,2020 年我国天然气发电装机容量达 1×10^8 kW, 占总发电装机容量的 4.6% (图 1)^[7]。据中国城市燃气协会分布式能源专业委员会不完全统计,截至 2020 年我国天然气分布式能源项目共计 632 个,总装机容量达 $2\,274 \times 10^4$ kW, 占天然气发电总装机容量的 22.7%。但上述数据与国家发展改革委在《关于发展天然气分布式能源的指导意见》中提出的 2020 年装机容量达 $5\,000 \times 10^4$ kW 的目标相比仍有较大差距,故在后续的发展中仍有加快发展速度的空间。随着“双碳”目标的推进,国家对具有较高能源利用效率且技术相对成熟的天然气分布式能源的项目数量将有进一步的需求,预计近年将迎来天然气分布式能源项目数量的增长期。

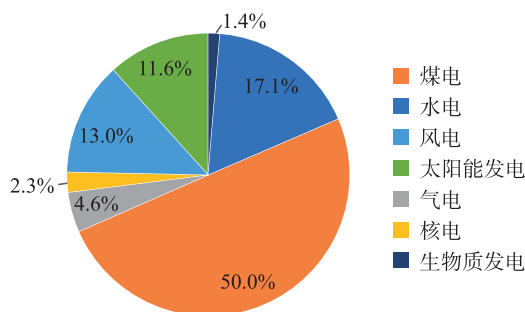


图 1 2020 年各类能源发电装机容量在电力系统中的占比图

1.2 各地区天然气分布式能源发展现状

目前天然气分布式能源系统在我国城市化程度高、产业投资能力强、能源价格承受能力强、天然气资源丰富的地区发展较快。截至 2021 年初,项目主要分布在经济较发达的京津冀鲁、长三角、珠三角以及天然气资源丰富的川渝等地区,其他地区虽有一定发展但相对上述地区而言发展较慢。其中长三角地区项目数量占比最多,项目数量占总数量的 30.7%^[8];珠三角的装机容量最多,占比达 25.42%。

各地出台的天然气分布式能源政策各有差异,主要体现为补贴力度和补贴方式的不同^[9]。其中,上海市颁布了全国首部分布式供能系统的地方性法规,市区二级单位建立相关的推进办公室并发布相关优惠政策,并发布《上海市天然气分布式能源供能系统发展专项扶持办法》,根据能源综合利用效率不同给予 4 档不同的补贴^[10];广州市在《广州市能源发展第十三个五年规划》中强调,要建设一批各具特色的天然气分布式能源站;重庆市在《重庆市应对气候变化“十四五”规划(2021—2025 年)》中指出,要推动医院、交通枢纽等大型综合体内建设天然气分布式能源系统,增强重庆市的能源需求响应能力^[11];

四川省则发布《关于做好天然气分布式能源发展有关事项的通知》，对楼宇式和区域式的天然气分布式能源项目执行不同的标准规范，对电网企业收取“过网费”的行为进行限制^[12]。

在项目建设方面，部分典型天然气分布式能源项目如表 1 所示。各省市天然气分布式能源的发展时间大致相同，但总体发展水平和项目建设规模却有所差距。上海市发展天然气分布式能源的进程较为缓慢，尽管已推进 20 年，但从项目总量上来看天然气分布式能源项目装机规模占上海全市电力装机规模总量的占比仍然较小，天然气分布式能源市场还有较大的开发空间。北京市目前正在运行及建设中的天然气分布式能源项目达数十个，项目类型涉及能源中心、医院、火车站等，其中已建成的项目有中国石油科技创新基地大数据能源中心、金雁饭店能源中心、通州中医院天然气分布式能源项目等，天然气供应体系较为完善，小型分布式能源系统的运用也较为成熟。四川省在 2013—2017 年期间共核准

建设天然气分布式能源项目 30 个，电力装机容量共计 $86.65 \times 10^4 \text{ kW}$ ，项目投资金额总计达 72.81 亿元^[13]；而据四川省发展改革委官网以及四川省公共资源交易信息网的项目统计，在 2020—2023 年期间，四川省只核准了 10 个天然气分布式能源项目，电力装机容量共计 $32.84 \times 10^4 \text{ kW}$ ，项目的发展速度有所减缓。

1.3 典型项目

本文选取了重庆弹子石 CBD 总部经济区分布式能源项目进行分析。通过项目当前的发展情况以及项目的具体配套设施介绍，对天然气分布式能源的发展现状进行补充，同时项目的应用场景是商业区，具有一定的代表性，对后续天然气分布式能源建设具有较高的参考价值。

重庆弹子石 CBD 总部经济区分布式能源项目位于重庆市南岸区。该项目利用重庆长江水资源和丰富的天然气资源，通过建设天然气分布式能源系统为 CBD 总部经济区能源大厦、重庆出版传媒中心等 15 幢高层建筑共计约 $80 \times 10^4 \text{ m}^2$ 的建筑群供冷、供热以及提供卫生热水及部分电力负荷。总共两层的项目能源站建于地下，包括取水泵房、设备机房和控制机房等。该项目采用了天然气分布式能源和江水源热泵的复合系统，为全国首个采取分布式复合再生能源系统且获得余电上网批准的区域供能项目。该分布式复合再生系统工作原理如图 2 所示，系统按照“以热定电，余电上网”的模式进行发电。在需要冷热能源的季节，根据冷负荷/热负荷的需求确定发电机和吸收式机组的开启台数，冷/热量不足的部分由江水源单冷机组或者江水源热泵机组补充；电量不足的部分由公共电网补充，电量多余部分输送给公共电网。该项目自 2014 年年底正式投入运营以来，系统运行稳定正常，各项参数都达到了项目最初的设计要求。

在供能效益方面，作为西南地区唯一的电力受端城市，重庆市电力缺口不断增大，对电力系统调

表 1 国内典型天然气分布式能源项目建设情况表 单位: MW

序号	项目名称	城市	装机规模
1	国家会展中心（上海）天然气分布式能源站项目	上海	26.40
2	日月光半导体（上海）有限公司天然气分布式供能系统项目	上海	6.16
3	中国石油科技创新基地（A-29 地块）能源中心项目	北京	16.75
4	华电产业园综合能源服务项目	北京	6.70
5	北京雁栖湖日出东方酒店能源中心项目	北京	2.55
6	广州超级计算中心天然气分布式能源站项目	广州	15.90
7	广州万博中央商务区分布式能源站项目	广州	29.34
8	广州发展从化明珠生物医药健康产业园能源站	广州	80.00
9	广安市回乡创业园区分布式能源项目	四川	36.80
10	邛崃市羊安工业园区天然气分布式能源项目	四川	45.00
11	自贡晨光科技园天然气分布式能源项目	四川	70.00
12	四川能投新都华润雪花啤酒分布式能源项目	四川	6.00
13	永川区人民医院红河分院天然气分布式能源项目	重庆	1.20
14	重庆环保科技产业园分布式能源项目	重庆	0.63
15	重庆弹子石 CBD 总部经济区分布式能源项目	重庆	7.46

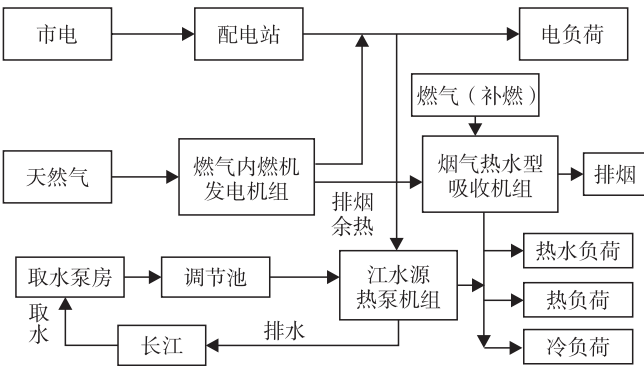


图 2 重庆弹子石 CBD 总部经济区分布式能源项目能源流程图

峰能力的需求同步增长,重庆弹子石 CBD 总部经济区分布式能源项目系统为周围供能的建筑减少了 40% 的电力装机容量,同时节约了 75% 的建筑内空调所需机房面积,极大地提高了建筑的土地使用效率,为用户节约了 15% 的运营成本。在环境收益方面,若采用传统的常规供能和空调系统,其冷热源侧全年运行能耗折合标准煤为 10 128 t,而采用天然气分布式能源和江水源热泵复合系统的区域能源站全年运行能耗折合标煤为 3 568 t,全年冷热源部分节能率达到 65%。通过将项目节约的电量按火电进行转化,估算得出项目每年节省标准煤约 6 500 t,减少二氧化碳排放量约 2 200 t,减少二氧化硫排放量约 150 t,减少氮氧化物排放量约 50 t,减少粉尘排放量约 1 000 t,节省自来水约 $4.2 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。项目的运行能够有效缓解弹子石 CBD 经济区周围区域的热岛效应,对重庆市的环境保护具有重要意义。在经济收益方面,通过天然气分布式能源和江水源热泵复合系统,项目每消耗 1 m^3 的天然气可以产生 $3.8 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 的电能和对应的冷热能源,而产生等量能源的情况下则需要消耗市电 $5.4 \text{ kW} \cdot \text{h}$ (其中的电能通过传统中央空调转化为冷热源)。2023 年重庆市非居民用天然气最高销售价格为 2.576 元/ m^3 ,最低为 1.96 元/ m^3 ;根据用电量不同,市电每度电价格介于 0.52 ~ 0.82 元区间。以天然气价格每立方米 2.576 元、市电每度电价格 0.52 元计算,系统每消耗 1 m^3 天然气就可以节省 0.232 元。此外,以 2023 年国内碳交易市场碳税最低成交价 50.54 元/t 计算,若将该项目一年减少的碳排放量进行交易,每年可额外获利约 110 万元。

2 我国天然气分布式能源存在的问题

2.1 影响项目成本因素多

天然气分布式能源项目成本主要受 3 个方面因素影响:建设成本、天然气价格和运维成本。在建设成本方面,规模为千瓦级别的分布式能源项目的投资成本普遍介于 1 000 万 ~ 2 000 万元,当规模达到数万千瓦级别时投资金额动辄上亿元,对普通公司而言建设成本较高。加之分布式能源项目自身实现盈利的时间偏长,对公司或者个体而言短期的经济压力相对较大,需要充盈的资金水平支撑项目发展。在天然气价格方面,需要有关部门在政策制定实施及协调时进一步系统谋划,尽可能稳定天然气价格^[14-16]。在运维成本方面,受下游用户经营状况影响,项目运行情况也可能发生相应调整,运行成本存在不确

定性,需要科学调控项目的运行水平以使能源产出量与消耗量达到平衡^[15-16]。此外,进口大型燃气机组仍有较高的市场占有率,加上国内尚未完全掌握相应进口燃气机组的维修技术,所需的安全检查与维修费用通常较高,进而抬高了运维成本。

2.2 余电上网压力大

项目余电能否上网一直是影响天然气分布式能源发展的重要原因之一。目前天然气分布式能源项目的运行多为“自发自用,余电上网”,而在实际操作过程中,多数情况下项目发电量仅够维持自身使用,只有少数情况会有余电上网。电网公司和项目用户对项目上网的需求各有不同。电网公司对待天然气分布式能源的态度主要取决于其带来的经济利益。由于天然气分布式能源“配电网并网”“就近消纳”的特点,使得其产生的电量大多直接在配电网中进行消纳,电网只能赚取少部分输配电费或者几乎没有收益,电力企业实际获益有限。对项目用户而言,项目产生的余电若需先低价卖给电力企业再由其他用户高价买回,则会对项目经济性产生不利影响。对此,相关部门明确提出了“隔墙售电”政策,以促进电网企业向平台化服务转型,同时提高项目经济性。但目前部分区域并未完全放开“隔墙售电”政策,仍有过网费较高的情况出现。因此,在多方的不同需求下,天然气分布式能源余电上网问题往往难以得到有效解决。此外,天然气分布式能源余电上网对项目的发电质量和发电频率有着较高的要求,而项目的发电情况又往往取决于用户端的使用情况,两者之间能否有效匹配也是影响天然气分布式能源上网的突出问题之一。

2.3 下游用户端能源消纳水平不稳定

尽管天然气分布式能源对环境保护效益效果较好,但受气价调整、冷热电价调整、税收优惠等多种因素影响,其价格核算往往比普通用电更为复杂,因而用户端对天然气分布式能源的接受度并不高。与此同时,不同项目的用户对能源消纳的水平也不同。例如,学校用户在寒暑假期间对冷热源的需求量直线下滑,较之于其他类型用户,项目运营时间更短、空闲期更长;商业区用户通常只在白天部分时段对能源有明显需求,夜晚需求量普遍较少;工业区用户的天然气分布式能源项目则需要对工业流程中的能源需求量进行具体分析才能进行经济性评估。通常而言,为保证园区在满负荷运行时能有充裕的能源供应量,工业园区项目规模普遍较大,但产业链如因

特殊原因停止,则会产生较大的能源空损并影响电网稳定运行。此类项目若遵循“自发自用,余电上网”,对电网而言将是不稳定的电能来源。

3 “双碳”目标下我国天然气分布式能源发展机遇与建议

尽管面临诸多问题,但随着“双碳”目标的推进,天然气分布式能源凭借在能源全系统效率上的明显优势以及低碳性、稳定性和成熟性,有望成为能源转型过程中的重要发展方式。据《中国天然气发展报告(2022)》显示,我国2021年人均天然气消费量为 261 m^3 ,仅为世界平均水平的51%,天然气分布式能源作为天然气市场的重要组成部分必然会进一步发展^[17-21]。下面将分别从政策支持、调峰需求、碳排放收益以及技术突破4个方面对天然气分布式能源发展策略及机遇进行阐述。

3.1 政策支持有利于天然气分布式能源发展

国家和各地政府相继颁布的一系列文件和政策将有效推进天然气分布式能源的快速发展^[22]。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》指出,要“推进能源革命,建设清洁低碳、安全高效的能源体系,提高能源供给保障能力”以及“推动煤炭等化石能源清洁高效利用”。从各地先后出台的天然气发电的支持政策来看,总体趋势主要有两个方面,一是对项目进行直接的经济补贴,例如上海、青岛、长沙等项目给予对应的金额补贴;二是规范项目发电上网电价,例如重庆发布了《重庆市发展和改革委员会关于天然气发电上网电价有关事项的通知》,其内容包括鼓励天然气发电的各类机组参与电力市场,并参与市场电量的交易,其上网电价亦不再由政府部门独立定价。

在国家政策对发展天然气分布式能源项目的支持下,各地区对发展天然气分布式能源项目的政策数量势必还会增长,尤其是在目前已有部分省市发布对应政策作为参考的情况下,政策的发展将会得到促进。建议项目相关从业者时刻关注项目所在地区的政策发布,充分利用政策优势:对于经济补贴性政策,平衡项目规模和补贴金额;对于上网电价规范政策,积极与当地电力企业沟通,根据实际价格进行项目评估,提高项目经济性。

3.2 发展天然气分布式能源有利于协助能源调峰

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个

五年规划纲要》《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》均明确表示要加快煤改气的能源结构转型过程,增加燃气的使用量。在转型过程中,随着用气量的增加,势必出现用气高峰。为有效调节天然气峰谷差,需要大力发展天然气分布式能源等灵活运用天然气的项目。此外,天然气分布式能源项目不仅可以满足调峰需求,也能在一定程度上协助配电网调峰。当前,风能和太阳能等新能源项目发展迅速,但这类新能源本身的间歇性导致其提供的电量具有波动性,对应的电网不可避免有调峰需求;很多新能源项目都将能量密集时期产生的额外电量通过抽水蓄能的方式进行储能,但该方式在我国内陆等缺少水资源的地方并不适用,亦不能满足能量需求较大的高峰期电量需求。在一些风光资源丰富又缺水富气的西部地区,发展天然气分布式能源项目可以进一步稳定能源结构。

与传统的调峰电站不同,天然气分布式能源更加灵活,能源利用效率也更加清洁高效,建议项目分散安装在配电网中,天然气分布式能源有助于提高增量配电网的自身调节能力,弥补部分能源空缺,确保配电网整体稳定运行,有利于系统整体的安全稳定,同时增量配电网也可从就近消纳中获得一定的电价差收益。

3.3 碳配额收益增加有利于提高天然气分布式能源经济性

碳交易即温室气体排放权交易,主要指将排放温室气体的权力进行量化并交易,是推动“双碳”目标进程发展的重要政策之一。2011年以来,根据国家发展改革委文件要求,我国先后在北京、天津、上海、重庆、广东、湖北、福建等省市启动了碳排放权交易市场。据统计,2020年我国8个碳交易试点地区的总成交量为 $5\,885.07\times 10^4\text{ t}$,日均成交量为 $35.67\times 10^4\text{ t}$,成交均价为32.32元/t。2021年7月16日,全国碳市场正式开市,全国碳市场的第一个履约周期碳排放配额累计成交量达到了 $1.79\times 10^8\text{ t}$,累计成交额76.61亿元。截至2022年底,我国累计成交量约 $2.3\times 10^8\text{ t}$,累计成交额约104亿元,最高成交价61.60元/t,最低成交价50.54元/t,相比2021年具有明显的增长。目前,欧盟碳交易市场的成交均价已突破50欧元/t,较之于前者,我国碳价格水平仍然较低,这主要与国情和市场成熟度有关。除碳交易市场外,碳税也有望成为促进碳减排的重要激励工具。政府通过设定税率、确定碳价,从而对生产和消费过程中的碳排放进行征税。

总体来看,未来我国的碳排放权还有升值空间,通过天然气分布式能源项目获得的碳配额带来的经济收益亦会随之增加。随着碳税相关政策出台,使用天然气分布式能源项目供能的企业更容易达到政府设定的碳排放量,其对应的碳税支出相对较少,进一步增加了项目的经济可行性。建议天然气分布式能源项目设计之初加入对未来碳配额收益的经济性评估,合理设计较高经济效益和环保效益的项目。

3.4 技术发展更新有利于降低天然气分布式能源成本

传统天然气分布式能源项目中的主要发电设备多为燃气轮机组以及内燃机发电机组,其发电效率随产品规模以及质量变化,往往介于 15%~45%,平均每立方米天然气产电 3~5 kW·h。最新技术能够提供更高的发电效率,从而提升项目经济性。例如,若将固体氧化物燃料电池(SOFC)发电应用于天然气分布式能源项目中,其发电效率能够达到 45%~68% 区间水平,平均每立方米天然气可产电 6 kW·h。此外,SOFC 采用电化学反应进行发电,具有无机械运行以及无振动等优势,其工作噪声较低,安装地点更为方便灵活,可在工作区域、休闲区域、住宅区域和楼顶等位置安装,并且目前该技术已初步商业化。在燃气轮机方面,我国自主研发技术也取得了明显的进步。2020 年 11 月 27 日,中国东方电气集团有限公司自主研发的国内首台 F 级 50 MW 重型燃气轮机达到满负荷,各项指标均正常运行,这是国内首台自主研发的 F 级 50 MW 重型燃气轮机,其满负荷试验的成功填补了国内重型燃机的技术空白,也为天然气分布式能源项目等实际运用提供了技术支持,增加了未来燃气轮机市场的产品多样性,有利于降低燃气轮机的采购和维修成本。

技术的发展进一步拓宽了天然气分布式能源项目的使用范围,建议后续的新项目在设计之初多考虑发电系统的新技术应用,一方面降低项目成本以及拓宽项目的应用场景,另一方面促进国内技术发展研究,形成良性循环。

4 结束语

1) 我国天然气分布式能源起步较晚,但受益于其低碳清洁等特点,相关部门给予了高度重视。在一系列政策支持下,目前天然气分布式能源装机量已占天然气发电总装机量的 20%。然而,受制于项目发电上网难度较大以及用户端能源消纳水平不稳定性等因素,我国天然气分布式能源整体发展相对较慢,

且不同地区之间发展速度也存在差异。

2) 目前,我国天然气分布式能源发展面临的主要问题包括:燃气机组建设以及运维费用较高使得天然气分布式能源前期投入成本较高;电网企业与项目用户端存在利益冲突使得项目发电上网困难;项目用户端对能源消纳水平的不确定性影响其投资回报等。

3) 随着政策普及、技术发展、碳交易市场完善及经济性的提高,天然气分布式能源项目发展有望得到更多助力。相关补助政策以及技术发展可降低项目的成本,有利于项目的建设;完善的能源交易平台将有助于解决各主体间的利益冲突并且增加天然气分布式能源的经济收益。随着未来电网对分布式能源系统的电量消纳能力增强,天然气分布式能源项目有望在工业设施、商业综合体和数据中心等领域得以广泛应用,有效促进节能减排,助力我国实现“双碳”目标。

参 考 文 献

- [1] 庄贵阳. 我国实现“双碳”目标面临的挑战及对策[J]. 人民论坛, 2021(18): 50-53.
ZHUANG Guiyang. Challenges and countermeasures for achieving the Carbon Peaking and Carbon Neutrality goals in China[J]. People's Tribune, 2021(18): 50-53.
- [2] 朱兴珊, 陈蕊, 潘继平, 等. 天然气在清洁能源体系中的关键支撑作用及发展建议[J]. 国际石油经济, 2021, 29(2): 23-29.
ZHU Xingshan, CHEN Rui, PAN Jiping, et al. Key supporting role of natural gas in clean energy system and development suggestions[J]. International Petroleum Economics, 2021, 29(2): 23-29.
- [3] 北京大学能源研究院, 中国城市燃气协会分布式能源专业委员会. 燃气分布式能源产业报告(2022)[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2022.
Peking University Energy Research Institute, China Gas Association Distributed Energy Committee. Gas distributed energy industry report (2022)[M]. Beijing: Social Sciences Academic Press, 2022.
- [4] 尹余生, 王小伍. 从全方位评价看发展分布式能源站的必要性[J]. 工业工程, 2008, 11(1): 15-18.
YIN Yusheng, WANG Xiaowu. The necessity of distributed power station development through global cycle assessment[J]. Industrial Engineering Journal, 2008, 11(1): 15-18.
- [5] 张吉, 魏子章, 孙晓蓉, 等. 分布式能源站对区域大气环境影响分析[J]. 城市环境与城市生态, 2013, 26(1): 18-21.
ZHANG Ji, WEI Zizhang, SUN Xiaorong, et al. Impact of distributed energy stations on regional atmospheric environment[J]. Urban Environment & Urban Ecology, 2013, 26(1): 18-21.
- [6] 周震宇. 关于天然气分布式能源发展的思考[J]. 能源, 2021(11): 31-35.
ZHOU Zhenyu. Reflections on the development of distributed natural gas energy[J]. Energy, 2021(11): 31-35.

- [7] 国家发展和改革委员会, 国家能源局. 国家发展改革委 国家能源局关于印发《“十四五”现代能源体系规划》的通知 [EB/OL]. (2022-01-29)[2023-12-13]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-03/23/content_5680759.htm.
National Development and Reform Commission, National Energy Administration. Notice of National Development and Reform Commission and the National Energy Administration on issuing "14th Five-Year Plan for Modern Energy System"[EB/OL]. (2022-01-29)[2023-12-13]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-03/23/content_5680759.htm.
- [8] 孙曼丽, 蒙青山, 秦锋, 等. 中国天然气分布式能源“十四五”前景预测及重点区域分析 [J]. 国际石油经济, 2022, 30(6): 74-79.
SUN Manli, MENG Qingshan, QIN Feng, et al. Prospect forecast and key area analysis on natural gas distributed energy in China during the 14th Five-Year Plan period[J]. International Petroleum Economics, 2022, 30(6): 74-79.
- [9] 王涛. 国内外天然气分布式能源发展的相关政策及分析 [J]. 上海节能, 2016(9): 477-481.
WANG Tao. Relevant policies and analysis of domestic and foreign natural gas distributed energy development[J]. Shanghai Energy Conservation, 2016(9): 477-481.
- [10] 上海市发展和改革委员会. 上海市发展和改革委员会等关于印发《上海市天然气分布式供能系统发展专项扶持办法》的通知 [EB/OL]. (2020-07-23)[2023-12-13]. https://www.shanghai.gov.cn/nw12344/20200813/0001-12344_65392.html.
Shanghai Municipal Development & Reform Commission. Notice of Shanghai Municipal Development & Reform Commission and others on issuing "Special Supports for the Development of Shanghai Natural Gas Distributed Energy Supply System"[EB/OL]. (2020-07-23)[2023-12-13]. https://www.shanghai.gov.cn/nw12344/20200813/0001-12344_65392.html.
- [11] 重庆市生态环境局. 重庆市生态环境局关于印发《重庆市应对气候变化“十四五”规划(2021—2025年)》的通知 [EB/OL]. (2022-05-13)[2022-05-13]. https://sthjj.cq.gov.cn/zwgk_249/zfxgkzl/fdzdgknr/ghjh/202205/t20220513_10712793.html.
Chongqing Municipal Bureau of Ecological Environment. Notice of Chongqing Municipal Bureau of Ecology and Environment on issuing "14th Five-Year Plan of Chongqing to Address Climate Change (2021-2025)"[EB/OL]. (2022-05-13)[2022-05-13]. https://sthjj.cq.gov.cn/zwgk_249/zfxgkzl/fdzdgknr/ghjh/202205/t20220513_10712793.html.
- [12] 四川省发展和改革委员会, 四川省能源局. 四川省发展和改革委员会 四川省能源局关于做好天然气分布式能源发展有关事项的通知 [EB/OL]. (2021-01-21)[2022-05-13]. <https://fgw.sc.gov.cn/sfgw/c106098/2021/1/21/8022d0f3325141708c6f5d3cc6e58858.shtml>.
Sichuan Provincial Development and Reform Commission, Sichuan Province Resource Administration. Notice of Sichuan Provincial Development and Reform Commission and Sichuan Province Resource Administration on Matters Related to the Development of Natural Gas Distributed Energy (2021-2025)[EB/OL]. (2021-01-21)[2022-05-13]. <https://fgw.sc.gov.cn/sfgw/c106098/2021/1/21/8022d0f3325141708c6f5d3cc6e58858.shtml>.
- [13] 杨竞. 天然气分布式能源产业发展研究 [M]. 成都: 四川大学出版社, 2021.
YANG Jing. Research on the development of natural gas distributed energy industry[M]. Chengdu: Sichuan University Press, 2021.
- [14] 张涛, 胡泽春, 张丹阳. 楼宇综合能源系统容量配置优化 [J]. 电力建设, 2019, 40(8): 3-11.
ZHANG Tao, HU Zechun, ZHANG Danyang. Study on optimal capacity planning of building integrated energy system[J]. Electric Power Construction, 2019, 40(8): 3-11.
- [15] 王雁凌, 徐丹蕾, 马洪宇, 等. 天然气分布式能源分阶段补贴机制 [J]. 电力系统自动化, 2018, 42(4): 202-207.
WANG Yanling, XU Danlei, MA Hongyu, et al. Mechanism of subsidy by stages for natural gas distributed energy resource[J]. Automation of Electric Power Systems, 2018, 42(4): 202-207.
- [16] 晁亮亮, 刘青荣, 阮应君. 天然气分布式能源系统的能源价格策略研究 [J]. 热能动力工程, 2017, 32(6): 7-11.
CHAO Liangliang, LIU Qingrong, RUAN Yingjun. Study on energy price strategy for natural gas distributed energy system[J]. Journal of Engineering for Thermal Energy and Power, 2017, 32(6): 7-11.
- [17] 王雁凌, 李蓓, 崔航. 天然气分布式能源站综合价值分析 [J]. 电力系统自动化, 2016, 40(1): 136-142.
WANG Yanling, LI Bei, CUI Hang. Comprehensive value analysis for gas distributed energy station[J]. Automation of Electric Power Systems, 2016, 40(1): 136-142.
- [18] 詹天津, 谢玉荣, 王世朋, 等. 中国天然气分布式能源发展现状研究 [J]. 上海电力大学学报, 2021, 37(6): 546-550.
ZHAN Tianjin, XIE Yurong, WANG Shipeng, et al. Development status and consideration on domestic natural gas distributed energy[J]. Journal of Shanghai University of Electric Power, 2021, 37(6): 546-550.
- [19] 张烈辉, 曹成, 文绍牧, 等. 碳达峰碳中和背景下发展 CO₂-EGR 的思考 [J]. 天然气工业, 2023, 43(1): 13-22.
ZHANG Liehui, CAO Cheng, WEN Shaomu, et al. Thoughts on the development of CO₂-EGR under the background of carbon peak and carbon neutrality[J]. Natural Gas Industry, 2023, 43(1): 13-22.
- [20] 郑小强, 巩雪瑾, 李雯涛, 等. 2022 年第四季度中国天然气行业景气指数分析 [J]. 天然气工业, 2023, 43(1): 188.
ZHENG Xiaoqiang, GONG Xuejin, LI Wentao. Analysis of China's natural gas industry prosperity index in the fourth quarter of 2022[J]. Natural Gas Industry, 2023, 43(1): 188.
- [21] 马新华, 张国生, 唐红君, 等. 天然气在构建清洁低碳能源体系中的地位与作用 [J]. 石油科技论坛, 2022, 41(1): 18-28.
MA Xinhua, ZHANG Guosheng, TANG Hongjun, et al. Natural gas position and role in construction of clean low-carbon energy system[J]. Petroleum Science and Technology Forum, 2022, 41(1): 18-28.
- [22] 王圣, 论立勇. 我国天然气分布式能源产业政策发展及相关建议 [J]. 中国环境管理, 2018, 10(3): 41-43.
WANG Sheng, LUN Liyong. Industry policy development and relative suggestion of natural gas distributed energy system in China[J]. Chinese Journal of Environmental Management, 2018, 10(3): 41-43.

(修改回稿日期 2024-01-14 编辑 陈 嵩)



本文互动