



近年来,CCUS作为实现碳中和战略的关键路径,对推动化石能源清洁高效利用、带动传统产业转型升级、培育发展新质生产力具有战略意义,已经成为全球技术创新和产业布局的热点,未来CCUS技术将在全球性气候与环境治理中发挥越来越重要的作用,CCUS产业发展也将迎来多方面的机遇与挑战

全球CCUS产业发展方兴未艾

●侯明扬 王锐

7月11日,由中国科学技术协会指导、中国石化牵头,覆盖亚洲、欧洲、美洲、大洋洲4个区域12个国家相关企业、协会团体、研究机构及院士专家团队的国际二氧化碳捕集利用封存(CCUS)技术创新合作组织正式成立。近年来,CCUS作为实现碳中和战略的关键路径,对推动化石能源清洁高效利用、带动传统产业转型升级、培育发展新质生产力具有战略意义,已经成为全球技术创新和产业布局的热点。未来CCUS技术将在全球性气候与环境治理中发挥越来越重要的作用,CCUS产业发展也将迎来多方面的机遇与挑战。

全球CCUS产业发展进入新阶段

2015年《巴黎协定》签署以来,CCUS一直被认为是将全球气温升幅限制在工业化前水平两摄氏度内乃至更低水平的关键技术。联合国政府间气候变化专门委员会指出,对工业排放的二氧化碳进行捕集、利用与封存是碳减排最有效的途径。在经济增长低于预期叠加区域性地缘风险高企的背景下,石油和天然气等传统化石能源在保障全球能源供给安全方面仍将发挥不可替代的作用,CCUS对世界能源低碳转型的意义也愈加重要。

根据国际能源署(IEA)全球CCUS项目数据库统计,截至2025年一季度,全球运营的CCUS项目年产能已突破5000万吨,较2024年实现快速增长,其中超过60%的产能集中在天然气加工领域。按照目前规划的项目测算,到2030年,全球碳捕集能力将达到4.3亿吨/年,碳封存能力将达到6.7亿吨/年。

另据能源咨询公司伍德麦肯兹测算,今年底,全球CCUS项目年产能将从9400万吨增加到1.2亿吨,或将有记录以来的最大增幅。与此同时,2025年全球将有约200个CCUS新项目进入审批阶段,其中合计年产能将2.85亿吨的项目将做出最终投资决定,或创单年获批产能的新纪录。伍德麦肯兹还预测,到2035年,全球碳捕集能力将从7000万吨/年大幅增至4.5亿吨/年。

全球CCUS产业快速发展也受益于各国政府的大力支持。在欧洲地区,英国政府去年底表示,计划从

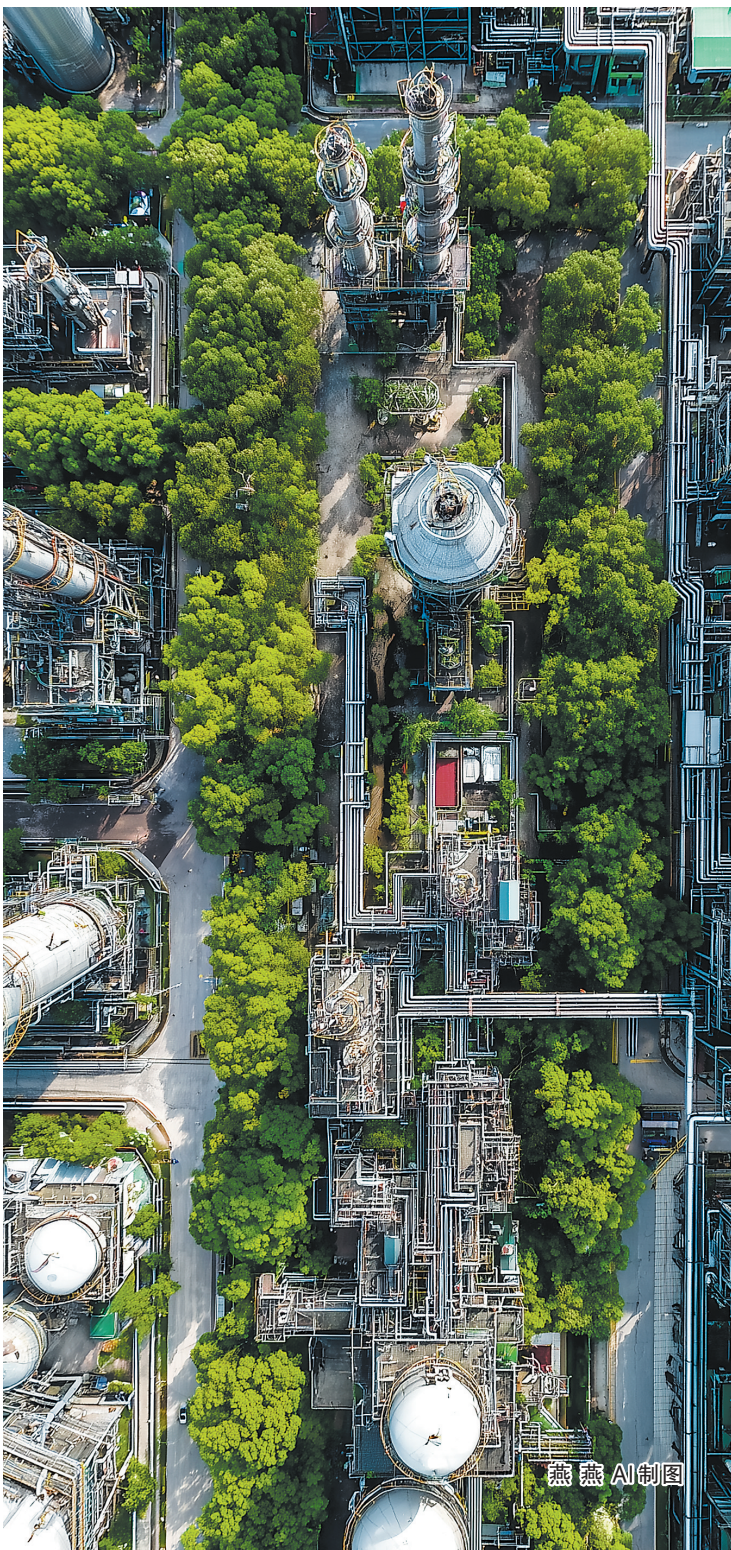
2028年开始的25年内提供高达217亿英镑(约合2000亿元人民币)的资金,用于支持与能源、工业、氢能相关的CCUS项目开发;瑞典和丹麦政府也承诺为CCUS新项目招标提供大量财政支持。在亚洲地区,日本政府去年5月通过了《二氧化碳储存业法》,为CCUS项目商业化提供了法律框架。同时,日本经济产业省和日本金属与能源安全组织(JOGMEC)通过了“先进CCUS项目”支持计划,推动多个CCUS项目商业化,目标是2030年碳封存能力达到600万~1200万吨/年。

石油公司是CCUS产业发展的“先行者”

整体而言,CCUS可为石油公司上游业务解决三个层次的问题。一是通过二氧化碳驱油提高老油田采收率。例如,20世纪70年代初,美国部分石油公司为了提高采收率,从天然气处理厂捕集二氧化碳,回注到得克萨斯州的油田用于驱油。二是通过封存油气勘探开发活动中排放的二氧化碳,实现项目总体“碳中和”。例如,阿布扎比国家石油公司去年10月获批的Gha-sha海上酸性气田项目,计划配套150万吨/年的碳捕集产能,建成后有望成为全球首个碳净零排放天然气开发项目。三是拓展石油公司上游板块未来的盈利模式。根据牛津大学测算,如果将全球气温升幅控制在1.5摄氏度内,到2050年,全球碳去除能力需要达到70亿吨/年,按150美元/吨碳当量的碳价计算,这将形成一个年规模超过1万亿美元潜在市场,也将为石油公司提供新的利润增长点。

事实上,随着传统化石能源行业面临的“去碳化”压力逐渐增大,CCUS已被众多石油公司纳入能源转型战略。埃克森美孚、雪佛龙、道达尔能源、埃尼、Equinor(挪威国家石油公司)、OMV(奥地利石油天然气集团)等国际石油公司,以及卡塔尔能源、阿布扎比国油等国家石油公司都已宣布各自的CCUS发展目标。据伍德麦肯兹统计,上述公司设定的2030年CCUS发展目标大多在1000万~2500万吨/年。

其中,埃克森美孚2023年以49亿美元并购Denbury自然资源公司后,拥有了美国最大的二氧化碳管道运输网络,并获得位于得克萨斯州水域、面积超过27万英亩的美



燕燕AI制图

国最大海上碳封存基地的租约。此外,该公司在路易斯安那州200万吨/年的碳捕集项目预计今年投产,设计产能分别为80万吨/年和220万吨/年的Nucor Steel项目和Beaumont Blue Ammonia项目均计划2026年投产。预计2030年初,埃克森美孚CCUS项目运营现

金流将达到20亿美元。

埃尼公司也构建了涵盖碳捕集、运输、封存全链条的CCUS业务体系,其位于意大利的拉文纳CCUS项目去年9月已开始第一期注气活动。同时,该公司Hynet和Bacton两大CCUS项目作为英国东海岸集群的核心组成部分,有望

运输和封存英国所有工业集群碳排放量的50%,并计划到2030年将碳封存量提升至2700万吨/年。

CCUS产业发展面临多重挑战

从技术发展角度看,CCUS在捕集和封存等环节均存在技术瓶颈。在碳捕集环节,虽然当前主流技术的捕集效率普遍在90%以上的较高水平,但第一代以胺基溶液化学吸收为主的捕集技术存在能耗高、捕集溶剂损耗大且易降解等问题,尚未完全成熟,导致捕集成本居高不下。在碳封存环节,地质条件的不确定性或将带来潜在风险。部分碳封存点能否完全满足地质构造稳定、盖层封闭性好、远离活动断裂带和敏感生态区等条件存在不确定性;同时,大规模注入二氧化碳可能改变地层压力,在特定地质条件下存在诱发微小地震的风险,还可能导致地层流体(如咸水)发生运移,进而污染浅层地下水。

从政策法规角度看,部分国家的CCUS产业支持政策缺乏前瞻性、连续性和可操作性。以美国为例,今年5月,美国能源部宣布终止7个CCUS项目,涉及资金为16.65亿美元,包括4个示范工程项目和3个大型中试项目。业界分析认为,此次政策反复可能引发技术断层和人才外流等风险。此外,国际社会和多数国家缺乏涵盖CCUS运输、封存、认证、激励和风险管理等环节的立法框架。在国际层面,为保护海洋环境,《伦敦议定书》原则上禁止以离岸封存为目的的碳出口,必须通过双边或多边协议才能实现碳出口并接收海上封存的二氧化碳;在国家层面,部分国家的碳封存活动受前期油气勘探开发、饮用水资源保护和采矿等领域的法律法规约束,产业发展面临较大制度障碍。

从经济效益角度看,现阶段CCUS项目从捕集、运输到封存的全过程成本仍然较高,不仅包括初始建设需要的资本投入,而且包括项目运营过程中的能耗和维护费用等。以碳运输环节的管网建设为例,虽然碳管道运输具有运营成本低、高效、环保、安全等特点,特别适合大批量、长距离的碳运输,但铺设数百公里的公共运输管网,投资巨大且难以获得金融机构充分的信贷支持。

(作者单位:中国石化石油勘探开发研究院)

EIA下调今年美国原油产量预测

本报讯 近日,美国能源信息署(EIA)发布的《短期能源展望》报告下调了此前对美国今年原油产量的预期。这是美国石油生产商因油价下跌减少生产活动所致。

美国能源信息署预计,2025年美国原油日产量为1337万桶,低于6月预测的1342万桶。不过,该机构维持了此前对2026年原油产量为1337万桶/日的预测。

2024年,美国原油日产量为1321万桶。其实,特朗普重返白宫前一直在竞选过程中强调要扩大国内能源生产规模。6月美国袭击伊朗核设施后,市场对能源价格可能飙升的担忧加剧,特朗普再次呼吁增加原油产量。

美国能源信息署预计,2025年布伦特原油均价为每桶68.89美元,高于此前预测的每桶65.97美元;2026年布伦特原油均价为每桶58.48美元。预测上调的主要原因是冲突导致的地缘政治风险溢价比以往更高。此外,全球原油库存的增加也将给油价带来下行压力。

美国能源信息署预计,2025年WTI均价为每桶65.22美元,高于此前预测的每桶62.33美元;2026年WTI均价为54.82美元。此外,预计美国原油日需求将从2024年的2030万桶增至2025年的2040万桶。

(王英斌)

加拿大跻身LNG出口国行列

本报讯 近期,加拿大液化天然气(LNG)公司在不列颠哥伦比亚省基蒂马特的基地成功装载并运出首批LNG,这标志着加拿大正式跻身LNG出口国行列。加拿大是全球第五大天然气生产国和第四大天然气出口国,但与卡塔尔、美国等天然气出口大国不同的是,此前该国一直不具备LNG出口能力。

公开信息显示,加拿大LNG公司是由壳牌领衔成立的合资公司,参与方还包括马来西亚国家石油公司、中国石油、日本三菱和韩国天然气公司。2018年10月,加拿大LNG项目做出最终投资决定,造价约400亿加元(约合2095亿元人民币)。今年6月,该项目一期投产,随着产能爬坡,LNG年出口量有望达到1400万吨。

分析认为,加拿大LNG从加拿大西海岸外运出口,有利于对接亚洲主要LNG进口大户。与美国LNG出口商相比,加拿大LNG出口亚洲无须经过拥堵的巴拿马运河,这是一大优势。

值得注意的是,除目前已建成投产并出口的基蒂马特项目外,加拿大还在积极推动西海岸其他两个规模较小的LNG项目。

也有分析认为,虽然加拿大LNG出口有一定的成本优势,但后续发展也将面临挑战。加拿大卡尔加里大学公共政策学院能源与自然资源政策主任约翰斯顿近期表示,在不列颠哥伦比亚省偏远的北部海岸新建LNG管道和设施,成本明显高于美国墨西哥湾沿岸地区,且墨西哥湾周边已具备成熟的LNG产业基础设施。不过,对加拿大LNG产业发展有利的是,加拿大总理卡尼在油气开发领域相对于其前任特鲁多表现出更积极的态度,明确表示要将加拿大建设成能源超级大国,并承诺加快境内油气开采项目推进速度。

(辛尚吉)

链接

评论

碳抵消和CCUS市场或保持高速发展

本报讯 能源咨询公司伍德麦肯兹近日发布研究报告称,全球碳市场正迎来变革性增长,碳捕集、利用与封存(CCUS)和碳抵消已成为脱碳努力的关键领域。预计到2050年,全球碳捕集能力将增长28倍,达到20.61亿吨/年;碳封存能力也将出现类似增长,仅针对点源排放的投资就将高达1.2万亿美元;碳抵消市场也将走向成熟,交易量将增加6倍,平均价格将提高5倍以上,市场规模将超过1500亿美元。此外,CCUS与碳抵消相互协同,可为企业提供全面减少碳足迹的工具包,重塑企业的可持续战略,并将在气候战略中发挥重要作用。

伍德麦肯兹认为,2035年前,蓝氢将引领CCUS需求增长,并保持对绿氢的替代能力;虽然

面对高成本压力,但亚太地区新燃煤电厂和钢铁厂仍在推动CCUS发展;水泥业和炼油业则因为减排压力大和替代方案有限,不得不投资CCUS。

在净零排放目标下,大部分公司选择综合利用CCUS技术和碳抵消,而且后者具备灵活性和即时可用性,对那些难减排或不可避免产生排放的领域尤为重要。伍德麦肯兹称,碳抵消价格上涨有助于增加CCUS的商业可行性,减少对政府补贴的依赖,推动其在2035年后被快速采用。不过伍德麦肯兹同时也警告称,以上预期转化为现实仍面临短期障碍,包括提高抵消质量、明确使用案例、扩大碳移除技术规模等,至少未来十年内,CCUS产业发展仍需各国政府持续支持。

(木易)

我国石油企业推动CCUS产业发展任重道远

●鲁东侯

近年来,我国石油企业深入学习贯彻习近平生态文明思想,大力实施绿色低碳发展战略,全方位推进化石能源洁净化、洁净能源规模化、生产过程低碳化。中国石化作为大型能源化工央企,致力于引领我国碳捕集、利用与封存(CCUS)产业发展,已建立中国首个碳全产业链科技公司,建成投产首个百万吨级CCUS示范项目,启动首个开放式千万吨级CCUS集群项目可行性研究,为推动CCUS产业化发展贡献了石化力量。

然而,面对CCUS产业发展过程中的诸多挑战,我国石油企业仍然任重道远,需要推动构建更高效的CCUS全产业链技术体系,加快部署规模化、集群化CCUS示范应用,探索形成可持续发展的CCUS商业化模式,为CCUS产业发展提

供新路径。

在国家层面,建议优化完善相关法律法规,推动成立由政府主导、石油企业和科研院所等多方参与的协调管理机构,制定科学合理的CCUS建设、运营、监管、终止等标准体系,明确相关交叉产业边界,完善市场机制,保障各方利益。

建议完善政策支持体系,加快推动对CCUS商业化发展的财政与金融支持,包括建立相关激励政策体系、税收优惠和补贴政策,拓宽融资渠道,为规模化CCUS示范项目优先授信和提供优惠贷款等。

建议将CCUS纳入碳交易市场,推动确定定价机制持续完善,加快CCUS减排方法学出台,探索将CCUS纳入自愿减排碳交易市场(CCER),推动形成投融资不断增加、成本持续降低的良性循环。

建议加强顶层设计和中长期规划,制定涵盖捕集、输送、利用与封

存全流程的中长期规划,推动全链条CCUS产业示范项目建设。

在企业层面,应持续攻关全产业链技术,降低CCUS项目运行成本。深入总结CCUS全链条技术发展现状及短板,尽快突破捕集、压缩、运输、注入、封存等环节的技术瓶颈。特别是要加大中低浓度碳源低成本捕集技术、长距离大规模二氧化碳管道输送核心技术、适合我国地质特征的二氧化碳高效驱油与封存技术,以及低成本二氧化碳全产业链生命周期监测技术的研究力度。要重视人才培养,深化校企合作,尤其是结合CCUS产业发展特点与高校碳中和学科加强交流,参与CCUS重点实验室建设,让更多的科技成果尽快转化为生产力,为CCUS产业发展储备人才力量。还要积极参与全球绿色低碳发展,加强国际合作,培养具有国际视野的“双碳”战略支撑人才。