



“十四五”，  
我们见证这些硬核突破②

中国首个海上碳封存项目累计封存二氧化碳破1亿立方米——

# 把二氧化碳“锁”回深海

本报记者 李 婕



▲位于南海珠江口盆地的中国首个海上二氧化碳捕集、利用与封存项目恩平15-1平台。该平台于今年5月22日投入使用。  
中国海油供图（新华社发）

破亿方！中国海油近期宣布，中国首个海上二氧化碳封存示范项目——恩平15-1油田碳封存项目累计封存二氧化碳突破1亿立方米。

这是什么概念？据测算，减少的碳排放量相当于植树220万棵，也标志着中国海上二氧化碳封存技术、装备和工程能力已臻成熟。“十四五”以来，中国加速推进海上二氧化碳封存与利用，系列示范项目加速落地，打开绿色发展空间。

## 既实现二氧化碳封存，又驱动原油增产

在海底数千米深的地下岩层中，蕴含着丰富的油气资源，也潜藏着大量二氧化碳。恩平15-1油田作为中国南海东部首个高含二氧化碳的油田，若按常规模式开发，二氧化碳将随原油一起被采出地面，不仅对海上平台设施和海底管线造成腐蚀，还将逸散至大气，增加二氧化碳排放量。

今年5月，中国首个海上CCUS（二氧化碳捕集、利用与封存）项目在该油田平台投用。什么是碳捕集、利用与封存技术？据了解，碳捕集技术是指从排放源捕获二氧化碳并进行收集、压缩的过程；碳利用技术是指通过工程技术手段将捕集的二氧化碳实现资源化利用；碳封存技术是指将捕集的二氧化碳注入于特定地质构造中，实现与大气长期隔绝的技术过程。

中国海油将CCUS示范工程建设确定为“十四五”节能降碳行动的主要举措之一，历时4年开展地质油藏、钻完井、工程一体化等重点课题研究，形成10余项国内首创技术。“推进CCUS示范工程是响应国家碳达峰碳中和目标的要求。”中国海油有关负责人说。

实现过程分两步走：第一步，碳捕集与封存。2023年6月，中国海油率先推动我国海上首个二氧化碳捕集与封存项目投用，实现将产出的油气流中的二氧化碳进行分离、脱水干燥、压缩，然后通过回注井高压注入油田浅部水层中，年二氧化碳封存量超4000万立方米。

第二步，向碳捕集、利用与封存升级。今年5月项目新增二氧化碳利用项目投用，通过将油田开发伴生的二氧化碳加压至超临界状态，精准注入地下油藏，驱动原油增产，开创“以碳驱油、以油固碳”的海洋能源循环利用新模式。

“该项目的成功投用，实现了我国海上二氧化碳捕集、利用、封存装备技术的全链条升级。”中国海油恩平油田作业区总经理万年辉说，项目通过技术手段既驱动原油增产，又实现二氧化碳封存，未来10年将规模化回注二氧化碳超100万吨，并驱动原油增产达20万吨。

据介绍，项目自正式投运以来，已持续安全运行超1.5万小时，高峰日注气量达到21万立方米，以“生态保护与能源开发协同推进”的创新模式，为我国海洋油气田绿色



▲山东省东营市是国内二氧化碳驱油与封存装备种类较为齐全的区域之一，CCUS产业集群入选山东省级未来产业集群。图为位于东营胜利油田的一处CCUS区块。  
刘智峰摄（人民视觉）

►在渤海，渤中26-6油田二氧化碳捕集利用示范工程于今年2月投产。图为渤中26-6油田一期开发项目海上作业平台。  
杜鹏辉摄（新华社发）

低碳开发提供可复制、可推广的新路径。

## 构建成套工程装备体系，设备国产化率达100%

在茫茫大海，既要采油，又要捕碳，具体是如何实现的？换句话说，如何将开采油气时逸散的二氧化碳“锁”回深海？又如何

让其成为提升油田效率的“催化剂”？

据介绍，近年来，我国通过持续攻关技术瓶颈、优化运营管理模式，已形成一套完整规范的标准操作流程，为我国海上碳封存技术规模化应用提供了重要的实践经验和数据支撑。

恩平15-1油田二氧化碳捕集、利用与封存项目距离深圳西南约200公里，作业水深约90米。同时，油田所在区域发育了多套厚

度大、物性好、展布连续的“咸水层”，为封存提供了最佳“储集空间”。

但为了更有效地利用这些二氧化碳，科技人员开展另一项尝试——用二氧化碳“驱油”。将高压二氧化碳打入海底地层，将地下的油“驱赶”到地下井口附近，溶解在原油中的二氧化碳还能使原油流动性更强，从而让更多的原油能够被开采出来。

项目通过“捕集—提纯—加压—注入”



扫码观看视频



全链条技术，将油田开发伴生的二氧化碳转化为超临界状态，以每小时8吨的速度注入地下1200米—1600米的油藏，既提升原油采收率，又实现二氧化碳永久封存。

为实现精准、高效注气驱油，恩平15-1平台在原有的设备基础上，自主研发、增设二氧化碳压缩机、气体处理及冷却系统等装备。同时新增一套气体处理及冷却系统，实现气液分离、杂质过滤、回注温度精准控制等功能，充分保障回注气体质量。

如今，项目所在的恩平15-1平台是亚洲最大的海上原油钻采平台，集成了钻井、无人化远程操控、自主发电与电力组网、油气水综合处理等众多功能模块。构建的国内海上首套二氧化碳捕集、利用与封存成套工程装备体系，设备国产化率达100%。

在恩平15-1平台下方，一口深达3243米的二氧化碳捕集、利用与封存井承担着二氧化碳回注的核心任务。“我们在狭窄井筒内集成了自主研发的测控一体化系统，可实时监测各层位注气量和气密性，确保二氧化碳‘听从指挥’，既不逃逸也不串层。”中国海油深圳分公司恩平区域钻完井项目工作人员介绍，通过地下油藏精细描述，创新应用海上首个智能液控分层注气工艺，项目实现对地下不同注气层位的精准注气。

为了更细致地掌握井下情况，技术人员在油管外壁敷设了数千米的光纤，这些光纤就像井筒的神经末梢，能够将井下每米的温度变化、流量波动等信息实时传送到平台中控室。“项目的成功投用为海上原油生产注入动力，并为后续油气田开发以及沿海企业的大规模减排开放提供了‘技术模板’。”项目相关负责人说。

## 形成完整且具有国际竞争力的海上CCUS产业链

海洋作为碳循环的重要载体，正成为二氧化碳治理的关键场景。

另一方面，海洋作为碳封存的“天然宝库”，因远离人口密集区、封存容量大，正成为全球二氧化碳捕集、利用与封存技术的“蓝海”。

据了解，目前全球二氧化碳捕集、利用与封存商业化项目大都集中在陆上，海上项目较少。这背后是作业难度、成本等方面的显著差异。

“十四五”以来，中国加速推进海上二氧化碳封存与利用。系列示范项目加速落地，推动海洋碳封存从试验走向规模化应用。

在渤海，渤中26-6油田二氧化碳捕集利用示范工程于今年2月投产，全生命周期预计埋存二氧化碳150万吨。在珠江口，白云气田群7个气田的二氧化碳回收项目于2024年8月在珠海投产，年生产食品级液态二氧化碳20万吨，实现资源循环利用。此外，惠州32-5平台伴生气回收脱碳项目每年可回收伴生气超500万立方米。

据了解，中国海域地壳稳定性好、沉积盆地分布广、地层厚度大、构造地层圈闭多，二氧化碳地质封存潜力巨大。相关数据显示，我国海域二氧化碳封存潜力达2.58万亿吨，为规模化应用提供广阔空间。随着技术迭代和政策支持，我国海上二氧化碳捕集、利用与封存产业正从单点示范走向集群化发展。

目前，中国海油已在广东惠州启动中国首个千万吨级碳捕集与封存集群项目，将精准捕集大亚湾区各企业排放的二氧化碳，输送至珠江口盆地海域进行封存，形成完整且具有国际竞争力的海上CCUS产业链。

同时，充分挖掘二氧化碳在提高油气采收率方面的巨大潜力，中国海油计划以渤中19-6气田为中心打造北方二氧化碳驱油中心、依托南海万亿方大气区建设南方二氧化碳驱气中心。

“CCUS技术的稳步发展，将为我国实现‘双碳’目标提供技术支撑，推动能源行业向绿色、低碳、可持续方向转型升级，并为全球气候治理贡献中国方案和中国力量。”中国海油深圳分公司生产部经理吴意明说。

公园办起“逛吃购”一体的多样市集——

# “公园市集”，你打卡了吗？

孔德晨 武宝鹏

上海中山公园对口商品展销会单日销售额破万，北京地坛书市11天累计吸引读者55万人次，常德西洞庭沙河嘉年华推出六大主题互动与消费券……“低门槛、强体验、高融合”模式的“公园市集”近期火热起来，通过显著提升消费频次和客单价，吸引了不少消费者。

从文化消费到生活采购，“公园市集”正以多元业态激活消费潜力。这样的烟火气，你打卡了吗？

在成都人民公园的鹤鸣茶社，一场以茶文化为主题的市集，让这座历史悠久的老公园焕发出新的活力。00后罗哲文从浙江宁波远道而来，他是个茶文化爱好者，虽然平时参与市集活动时购买不多，但遇到心仪的手工艺品和特色饮食从不吝啬。“这里能喝到地道的成都特色茶，更重要的是能结识志同道合的茶友，深入感受当地的茶文化。”罗哲文说。他对茶叶的多样性和服务人员热情周到的服务赞不绝口。

数据显示，去年成都人民公园共接待游客850万人次，其中70%为旅游客群。公园的商家说，选择在公园举办市集，正是看中了这里既是本地人的主要休闲场所，也是外来游客的必到之地。

前不久，今年的北京书市活动在北京地坛公园落下帷幕。95后的张庆语是地坛书市的常客，她发现今年的书市比往年发放消费券的力度更大，叠加商家打折、购书非常划算。除了书摊，一些餐饮快闪店、与国学相关的文创店也都在公园里扎起帐篷，人气十分旺盛。

书市组委会数据显示，今年书市累计吸引读者55万人次，图书销售额突破9000万元。“出版业文创发展迅速，让阅读以千姿百态融入人间烟火。”中国社会科学出版社营销中心主任王斌观察，本次书市文创销售热度高，占销售额的60%至70%。

各地公园市集的成功经验正在不断复制和创新。山东省临沂市去年推出30场“公园+市集”活动，市民游客参与规模超200万人次；浙江省杭州市运河体育公园举办长三角美好生活季，汇集武林夜市、南孔市集等特色市集，成为文旅交流的重要平台；上海市黄浦区世博崧园打造常态化公园市集，5天吸引7.5万人参与，融合多元美食和文创产品，让逛公园晚市成为都市生活新方式；在广东深圳华侨城创意文化园的T街创意市集，来自江西景德镇的瓷器手艺人李思

奇直言感觉氛围很好，“我觉得文创产品是需要知音的，而这里的客群是对味的，人们认可创意文化的价值对从业者来说至关重要。”

“公园市集的成功，在于打破了传统消费场景的局限，创造了自然与文化相融合的新型消费体验。如今公园市集已不再满足于单纯的商品售卖，而是致力于提供多元复合的消费体验。”中央财经大学教授沈建峰说。

公园市集快速发展的同时也面临着一些挑战。“避免同质化是亟待解决的问题。如果市集只是出售常见的首饰、纪念品，很难打动消费者。”沈建峰说。同时，运营成本高也是公园市集面临的难题之一。不少市集除了要支付每天数百元的场地费外，还要承担搭设、人工、住宿、交通等成本。在社交媒体上，不时有市集参与者发布“避雷”信息，反映出部分市集在品质把控上还存在不足。

面对这些挑战，挖掘地方特色成为公园市集持续发展的关键。“现代市集的特点是‘青年力为主导’‘多元社交’，其可持续发展需要实现环保与商业间的平衡，推动传统市集的‘年轻化’与‘社区参与’。”沈建峰说。



近日，市民和游客在云南省昆明市翠湖公园内的市集上游览、购物。  
新华社记者 李溪岩摄