

## 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，还将逸散至大气中，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，形成十余项国内首创技术。“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”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



5月22日，我国首个海上二氧化碳捕集、利用与封存(CCUS)项目在珠江口盆地的恩平15-1平台投用。(资料照片)

新华社发(中国海油供图)

破亿方!中国海油近期宣布，我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，也标志着我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，我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。

## 相关新闻

### “碳坟场”，是怎么回事?

众所周知，二氧化碳是气候变化的罪魁祸首之一。那么问题来了，把二氧化碳“关起来”，总共分几步?最近，挪威尝试回答了这个问题。今年夏末，全球首个全链条碳捕集与封存(CCS)项目在挪威投入全面运营，陆续运抵的二氧化碳开始注入挪威西部北海的海底储层，并永久封存。这里，被媒体形象地称为“碳坟场”。挪威凭借优势资源禀赋、地理条件和财力，率先实现该项目的商业化落地。

### 怎样“关起”二氧化碳

全球首个全链条碳捕集与封存项目——“长船”(Longship)经过近5年建设，于今年6月中旬在挪威首都奥斯陆竣工;8月中旬，运营方宣布，第一批捕集的二氧化碳已开始注入海底。

根据挪威官方信息，该项目现阶段正在执行的内容包括两个部分:首先，在奥斯陆一个垃圾焚烧厂和布雷维克一家水泥厂进行二氧化碳捕集;然后，将捕集到的二氧化碳通过船舶运输至海上平台，由挪威国家石油公司、壳牌集团和道达尔能源公司联合成立的运营方北极光公司将二氧化碳注入挪威西部城市卑尔根附近深达2600米的海底地质层进行封存。

海底封存二氧化碳就像“把二氧化碳关进海底”，先把捕集来的二氧化碳加压并运至海上封存平台，然后注入海底地层中，将二氧化碳与大气和海水隔离。二氧化碳被深海地层封闭后，

会逐渐溶解、吸附、矿化，从而实现永久封存，不再成为温室气体。

挪威政府介绍，在“长船”项目的第一阶段，即2028年前，每年可封存150万吨二氧化碳;2028年后第二阶段的封存能力将提升至每年500万吨。这一项目总投资高达340亿挪威克朗(约合33.8亿美元)，是挪威迄今规模最大的气候投资项目。

### “挪威模式”能复制吗

作为全球首个全链条碳捕集与封存项目，“长船”项目在政府支持、商业运营、风险分担等方面获得的经验教训，可为其他国家相关产业发展提供借鉴和参考。

首先，项目通过政府补贴建设，借助商业模式推动运行。2023年，“长船”项目北极光公司先后与丹麦、荷兰企业签署协议，计划每年从丹麦2个沼气发电厂捕集和储存43万吨二氧化碳，从荷兰一家化肥厂捕集和储存80万吨二氧化碳，协议拟从明年开始陆续执行。2025年3月，北极光公司又与瑞典斯德哥尔摩能源公司签署为期15年的合同，自2028年起每年处理最多90万吨生物源二氧化碳。

其次，政府专门机构负责统筹管理。挪威政府专门在能源部旗下设立了国有企业Gassnova，作为二氧化碳处理产业项目和技术发展的“整合者”，形成了“国家意志+工业执行”的高效合作模式，为全球提供了制度参考。据新华社

# 我国首个海上碳封存项目累计封存二氧化碳破1亿立方米

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，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井项目工作人员介绍，通过对地下油藏精细描述，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。

## 形成完整且具国际竞争力的海上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。另外，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，我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，我国海域地壳稳定性好、沉积盆地分布广、地层厚度大、构造地层封闭多，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。据人民日报