



我国首个海上注碳增气技术示范应用项目运行模式模拟示意图。



我国首个海上注碳增气技术示范应用项目海上平台开工建造场景。

揭秘我国首个海上注碳增气技术示范应用项目

二氧化碳『入海』老气田『新生』

海南日报全媒体记者 邵长春 通讯员 吴盛龙

如果说地球是一位巨大的“呼吸者”，那么二氧化碳无疑是其体内循环中最复杂也最受关注的一种气体。

如今，在南海波涛之下，一项我国首创的绿色能源技术正在悄然酝酿：将原本排放的二氧化碳“抓”回来，送回海底深处，不仅实现了固碳，还能帮助老化气田“焕发新生”。

这，就是东方1-1气田二氧化碳捕集封存利用项目。

日前，中国海油正式宣布该项目开工建设。这是我国首个海上注碳增气技术示范应用项目。项目全面投产后，预计每年最多可在地层封存超100万吨二氧化碳，相当于100万棵树超过80年的吸碳总量。

什么是注碳增气？二氧化碳又如何从“废气”变成“能源”？海南日报全媒体记者近日深入采访该项目核心团队，为你揭开这项海上“黑科技”的神秘面纱。

东方1-1： 老气田“青春重启”

东方1-1气田在我国能源圈拥有特殊地位：它是我国首个海上自营气田，也是开发建设最早的海上富碳气田之一。该气田自2003年投产至今，已累计产气超500亿立方米，在点亮海岛万家灯火的同时，也为海南天然气化工产业提供了充足原料。

然而，任何能源资源都有生命周期。如今的东方1-1气田，已步入开发中后期，面临三大核心挑战：区块开发不均衡、难采储量、二氧化碳含量持续升高。

就像一位实力深厚却已年届中年的“老将”，要想激发出更大潜能，需要一套精准的“焕新方案”。注碳增气技术，就顺理成章成为最佳“疗法”。

技术人员用一个比喻来形容：“原来的气田就像一台运行多年的电动机，随着地层能量慢慢下降，运转效率逐渐降低。我们把二氧化碳注回去，相当于给电池重新充满‘电’，让它把原本采不出来的天然气‘推’出来。”更关键的是，这里的地质条件理想、地下空间稳定，堪称海上碳封存的“天然保险柜”。

可以说，东方1-1气田，既是我国海上天然气自主开发的起点，也是能源转型创新技术的最佳试验场。

二氧化碳变废为宝： 分离、回注、封存

海上注碳增气技术，其实不难理解。我们可以把它想象成一场“二氧化碳环游记”：

第一步：分离提纯。

从海底采上来的天然气，原本混有大量二氧化碳。传统做法是将混有二氧化碳的天然气输送到陆地统一处理。但这次项目团队将直接把采用创新工艺的脱碳处理系统搬到海上平台，让天然气在踏上“由海向陆”的长途旅程前，先把“体内”的二氧化碳都排出来，再轻松上路。而被强制“下车”的“纯纯的”二氧化碳则在海上平台上集合，变换形态后又回到海底。

技术人员强调：“这项技术最大的亮点是节能、高效、设备集成度高，大大降低了海上脱碳的成本和难度。”

第二步：加压回注。

提纯后的二氧化碳并非随意丢回，而是被加压到“超临界态”。技术人员表示，这种状态可以理解成一种“既像气体又像液体”的致密状态，密度大、流动性强，是封存和驱气的最佳状态。

随后，这些超临界态的二氧化碳，在压力驱动下沿着新钻井“一路向深”，回到和出发地相邻的海底地层深处。

第三步：驱气增采。

二氧化碳进入地层后，会填充孔隙，驱动难采储量流动起来，把那些原本难采的天然气“推”向生产井。此举相当于既把碳存住了，又额外采出了天然气。

第四步：永久封存。

驱气任务完成后，二氧化碳会稳定“居住”在地下孔隙中，实现百年甚至永久封存。最终的结果就是“能源增产+碳封存”双赢。

“菜地旁建作坊”： 海洋能源绿色开发新路径

为了帮助人们更好地理解海上注碳增气这项技术，中国海油技术人员给出了另一个更形象的比喻，从菜地收菜的思路来理解地底采气：从菜地采摘的新鲜蔬菜直接外运，难免会带上残枝败叶等杂质，就像从地底开采的天然气未经深度处理，混杂着大量二氧化碳。

现在，在生产气田旁边建起一个拥有脱碳装置的平台，就好像紧挨着菜地的旁边建起一座加工作坊，在这里把蔬菜洗净分装的操作，恰似脱除海洋天然气中的二氧化碳，实现了海上天然气开采“源头减碳”。

干净的蔬菜运进城市商户，正如纯净的高品质天然气输往下游；而被剔除的蔬果残枝，以肥料的形式回到菜地，又恰如从天然气中脱除的二氧化碳，回注到地底补充地层压力。这样，不拓宽运送蔬菜的公路，即在无须拓宽“由海向陆”海底输气管线的情况下，就能把更多高价值货物送到用户手中，同时还破解了“地越种肥力越小、气越采动力越弱”的难题。

需要特别说明的是，建在大海中央的气田，好似沙漠中的菜地，向外拓展分毫都需要大量经济投入，所以建设“加工作坊”既要考虑和原有设施充分兼容，又要在最小空间内发挥最大的功能。

因此，此次开工建设的东方1-1气田二氧化碳捕集封存利用项目，仅新建两座规模不大的导管架平台，并全面接入东方气田群现有海上生产装置。技术人员通过精细化设计，在极其宝贵的海上平台空间内塞进低温脱碳系统、余热回收装置、有机朗肯循环发电机等一系列设备，确保低投入也能发挥大作用。

每年固碳超100万吨： 相当于减少50万辆燃油车1年碳排放量

据介绍，该项目全面投产后，预计每年最多可在地层封存超100万吨二氧化碳。这相当于20万户家庭一年生活碳排放量的总和，或减少了50万辆燃油车一年的碳排放量。在海南加快绿色低碳转型的大背景下，这项技术的意义格外突出。

当前，海南正全力建设国家生态文明试验区，包括东方1-1气田二氧化碳捕集封存利用项目在内的海上CCUS（碳捕集、利用与封存的英文简称）项目将成为自贸港绿色基建的新标杆。中国海油计划以东方1-1气田二氧化碳捕集封存利用项目为核心，在海南打造一个海上CCUS产业基地，为环海南岛的气田群提供固碳与增产方案。

其好处不只是固碳。东方1-1气田不仅能“多产天然气”，还能稳住海南能源供给格局。

目前，海南天然气需求持续增长，尤其在保供、工业用能中占据重要地位。东方1-1气田群若能实现稳产、超产，将为海南自贸港的能源安全提供坚实保障。更重要的是，天然气更清洁、碳排放更低，整个海南的能源结构也将随之更优质。

事实上，中国海油早已在南海布局多条绿色新赛道，东方1-1气田二氧化碳捕集封存利用项目将是一系列探索中技术含量最高、示范意义最强的一项。

未来，随着海上CCUS技术不断成熟，海南有望成为全国海上固碳产业高地，二氧化碳将从排放物变成资源，从资源变成产业，形成一条全新的“碳产业链”。



东方1-1气田海上平台。本版图片均由受访者提供