



传统 CCUS 的痛点分析



国际能源署(IEA)2020年10月发布报告《碳捕获、利用与封存(CCUS)在能源转型中的作用》,表示:“如果不广泛应用碳捕捉、利用和封存(CCUS, Carbon Capture, Utilization and Storage)技术,各国的净零排放目标几乎都将无法实现,只有在全球范围内大规模部署 CCUS 设施,才能达到深度减排目标以缓解气候变化的不利影响。”此前,英国皇家工程院向全球发布权威报告《温室气体移除》中提出:“唯一有希望的、可以直接掌控和驾驭温室气体的工程化方法,就是直接空气捕集(DAC, Direct Air Capture),以及后续的碳元素大规模利用和永久封存。”现世界首富特斯拉 CEO 埃隆·马斯克在 2021 年 1 月 22 日宣布将捐赠 1 亿美元奖励最佳碳捕集技术,随后原世界首富微软创始人比尔·盖茨表示将投资约 20 亿美元用于开发清洁技术,并看好碳捕集技术的发展潜力。

CCUS 和工程化负排放(直接空气捕集, DAC)两个板块,都属于碳天平右端的工程化技术路线。国际上之所以如此重视碳天平右端,是因为其出发点与碳天平左端的截然不同。上一期专栏《“碳中和天平”左端主要技术路线及其痛点》,我们分析了碳天平左端的典型技术路线,其本质是通过新旧动能转换来减少碳排放,虽然可以让大气中二氧化碳的含量增速不断变缓,却无法将大气中二氧化碳的含量降下来,且目前仍然存在诸多的以大规模储能为代表的技术上的“卡脖子”难点。基于化石能源的强大惯性,碳天平右端直接针对“碳”这个核心,包括集中源烟气排放以及已经排放到大气和大气中原有的“碳”,分别通过 CCUS 和 DAC 等工程化的捕碳、用碳及封存,可以实现对大气中二氧化碳含量的有效控制。做大做

强碳天平右端不仅一定程度上可为碳天平左端“兜底”，减缓左端部分企业急于转型而面临能源结构调整的压力，而且对现有的产业结构冲击最小。碳天平右端在打造新赛道将二氧化碳变废为宝的同时，能够兼顾绿色发展和经济效益要求，从而左右端一起循序渐进地迈向碳中和（图 1）。



（图 1）碳中和天平：做大做强碳中和天平右端，可以减缓天平左端能源结构调整的压力

CCUS 和 DAC 是实现碳中和的必然选择，由于碳既是燃料也是原料的双重属性，保守估计 2060 年中国还会有至少数十亿吨的碳排放，届时只能依靠碳天平右端来兜底。更进一步来说，碳中和只是应对气候变化万里长征第一步：碳天平左端的各路径以及 CCUS 只能减缓大气中二氧化碳含量的增速；在全球所有国家实现碳中和之日，大气中二氧化碳含量将会达到最高峰——彼时的温室效应、极端气候等也会达到顶峰。想要扭转该趋势的唯一工程化路径就是必须从大气中直接捕集二氧化碳 (DAC)，将大气中二氧化碳含量有效地降下来，最终消除历史上由工业进程产生的碳排放。也就是说，CCUS 是实现碳达峰碳中和的必经之路，而 DAC 和工程化负排放代表着地球的未来。

但是，由于受到投资成本和二氧化碳利用场景的限制，目前国内外 CCUS 在整个碳天平中所占的比例普遍不高。从全球来看，在最早实施 CCUS 项目的美国和加拿大，目前二氧化碳捕集量仅能占到总排放量的 4‰-5‰，而在碳排放排名全球第一，排放量超过十亿吨的中国，CCUS 项目实际运行所能捕集的二氧化碳更不到排放总量的 1‰。根据生态环境部发布的《2021 年中国二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)年度报告》数据显示，目前中国已投运和建设中的 CCUS 示范项目约有 40 个，多以石油、煤化工、电力行业的小规模集中捕集，二氧化碳捕集量 10 万吨级规模为主。然而这些已经建成 CCUS 项目的企业其实也都非常苦恼，受制于项目高昂的投资成本，以及所捕集的二氧化碳找不到合适的下游应用场景，导致 CCUS 项目根本无法产生经济效益，严重缺乏经济可行性，从而进一步导致中国 CCUS 历经 20 多年的发展，至今依然停滞在建设示范阶段，无法走向商业化、规模化推广应用这条能够保障 CCUS 长久发展的必经道路。

项目名称	地点	捕集能力/ ($10^4 t \cdot a^{-1}$)	CO ₂ 来源	CO ₂ 去向	运行年份
中国石油吉林油田 CO ₂ -EOR 研究与示范	吉林	35	天然气处理	EOR	2007
华能集团上海石洞口捕集示范项目	石洞口	12	燃煤电厂	商业用途	2009
胜利油田 CCU 示范项目	山东	40	燃煤电厂	EOR	2010
国电投重庆合川双槐电厂碳捕集示范项目	重庆	1	火力电厂	商业用途	2010
鄂尔多斯煤制油 CO ₂ 捕集和封存项目	鄂尔多斯	10	煤制油装置捕集	咸水层封存	2011
连云港清洁能源动力系统研究设施	江苏	3	燃煤电厂	盐水层+工业使用	2011
天津北塘电厂 CCUS 项目	天津	2	燃煤电厂	商业用途	2012
延长石油榆林煤化工公司碳捕集项目	靖边	5	甲醇和乙酸生产装置	EOR	2012
华能绿色煤电 IGCC 电厂捕集利用和封存示范	天津	6~10	燃煤电厂	EOR	2016
新疆敦华利二氧化碳捕集项目	克拉玛依	10	甲醇厂 PSA 弛放气	EOR	2016
华中科技大学 35 兆瓦富氧燃烧项目	湖北	10	热电厂	商业用途	2014 年建成, 暂停运营
华润海丰电厂碳捕集测试平台项目	广东	2	电厂	商业用途	2019

(图 2) 国内部分 CCS/CCUS 项目情况 图片来源:《现代化工》

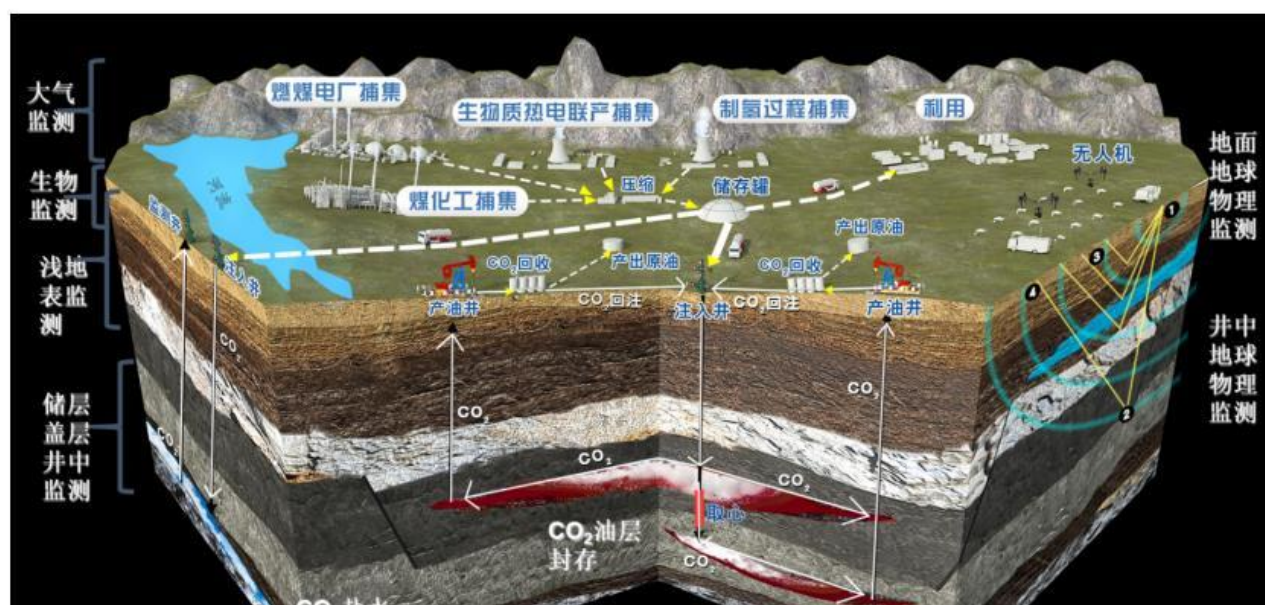
EOR (Enhanced oil recovery, 强化采油)

那么传统 CCUS 的问题到底出在哪里了呢? 首先, “谁排放谁治理”的观点并不完全地市场化, 不能把处理二氧化碳的问题全部推给煤电厂、化工厂这些高排放企业, 而是要从全国和全产业一盘棋的角度来综合考虑二氧化碳的捕集、利用与封存。

不可否认煤电厂、化工厂等确实是二氧化碳大排放源, 但是他们普遍建设在比较偏远的地方, 本身的盈利能力也有限, 对企业而言, 负担建设一个二氧化碳捕集设施的投资成本压力已然很大了, 后续所集中捕集二氧化碳的高昂运输成本将难以承压。常见的煤电厂每年排放数百万吨二氧化碳, 而仅仅建设一个年 10 万吨级的二氧化碳捕集设施投资就需要 1 亿多元 (另有年运行费数千万元), 而且所捕集二氧化碳无法就地利用, 还需要通过建设管道或者槽车 (将造成新的碳排放) 把液化的二氧化碳运输出去给需求二氧化碳的企业。但是高昂的二氧化碳运输管道建设成本是任何一方

都缺乏意愿去承担的。

其次，二氧化碳的封存也存在不少问题。二氧化碳封存不产生任何经济效益，纯靠政府补贴，而中国此类机制的建设尚待时日。二氧化碳封存还可能产生巨大的安全隐患。封存本意上是希望二氧化碳作为酸性气体，遇到碱性岩石或者咸水层通过化学反应将二氧化碳固化。但这个化学反应很慢，反应充分的速度以千万年计；这就意味着如果建设一个二氧化碳封存设施，可能长期运行的监测系统，投入巨大。因此二氧化碳封存在中国还处于非常初步的阶段，而且从经济性上是单纯增加经济性负担。



预览已结束，完整报告链接和二维码如下：

https://www.yunbaogao.cn/report/index/report?reportId=1_45020

