

【简讯与热点】

欧洲与北美 55 个碳减排关键技术：碳捕获/利用和存储技术(CCUS)项目简介与启示

Introduction and implication of 55 European and North American carbon emission reduction key technology: carbon capture/utilization and storage (CCUS) projects

碳达峰、碳中和已成为世界研究热点。欧洲(表1)和北美(表2)已启动 55 个项目超前研究碳捕获/利用和存储技术(CCUS),目标瞄准未来万亿元的碳减排市场,抢占技术与市场先机。本刊列出这些项目,供我国有关部门、企业和科技人员参考,追踪国际动态,研发自己的技术,做到未雨绸缪。

表 1 欧洲 31 个碳捕获、利用和存储技术(CCUS)项目一览表

编号	位置	项目名称	项目类型	行业	说明	所捕获 CO ₂ /a	开始日期 (运营)	项目状态	参与者	涉及的石油企业
1	比利时	莱拉克	工业捕获	水泥	水泥厂碳捕获(试点项目)	N/A	2018—2020	2 年 CO ₂ 捕获试验	海德堡水泥公司, 可利士公司	
2	比利时 安特卫普	安特卫普 (安特卫普港)	工业捕获	N/A	配备碳捕获与存储(CCS)的产业集群、北海 CO ₂ 输送与封存及再利用	N/A	N/A	可行性研究	液化空气公司、巴斯夫、北欧化工、英力士集团、埃克森美孚、福拉克西斯公司、安特卫普港和道达尔公司	埃克森美孚、道达尔
3	比利时 根特	碳连接三角洲 (根特港)	工业捕获	N/A	连接到荷兰的跨境碳连接三角洲	2023 年达到 100 万吨, 2030 年达到 650 万吨	2023	预可行性研究	智慧三角洲资源、北海港、安赛乐米塔尔、美国陶氏、泽兰省能源公司、雅苒国际、泽兰炼油厂、荷兰天然气联合公司、福拉克西斯公司	
4	克罗地亚 萨格勒布县	克罗地亚 二氧化碳提高 采收率项目	提高采收率	N/A	提高采收率项目在 Ivanić 和 Žutica 油田注入 1400 t CO ₂	56 万 t/a	2015	运行中	INA 匈牙利油气集团	匈牙利油气集团
5	克罗地亚 克罗地亚中部	iCORD	工业捕获	肥料	捕获克罗地亚化肥厂和混凝土生产厂产生的 CO ₂ , 并将其封存在油田	约 100 万 t/a	2025	可行性研究将在 2019 年底前完成, 并在 2020 年第 3 季度前就绪	INA 匈牙利油气集团	匈牙利油气集团
6	克罗地亚 Sisak- Moslavina 县	生物炼油厂	工业捕获	生物乙醇生产	生物乙醇生产位于 9Sisak 炼油厂。将新建 16km 长的管道用于封存 CO ₂	6 万 t/a	2024	签订基础设计和技术选择合同	INA 匈牙利油气集团	匈牙利油气集团
7	丹麦 绿砂	绿砂	捕获存储	天然气	项目目的是证明枯竭的丹麦北海油气田中古新世砂岩和相关基础设施可用于安全、长期封存 CO ₂	封存 50~100 万 t CO ₂ /a	2023 年前试点 CO ₂ 注入项目; 2025 年前全油田	第一阶段: 可行性研究阶段, 目前正在进行可行性研究和实验室测试, 目标是技术示范和启动中试工厂(第二阶段) 捕获和存储阶段于 2013 年 3 月 15 日结束	丹麦英力士石油天然气公司、Wintershall Dea 有限公司、马士基钻探公司	Wintershall Dea 公司
8	法国, 比利牛斯山脉	拉克	捕获存储 (含氧燃烧)	天然气	在比利牛斯枯竭天然气田捕获和存储 CCS 氧燃料燃烧 CO ₂	约共计 5 万 t	2009		道达尔	道达尔

编号	位置	项目名称	项目类型	行业	说明	开始日期 (运营)	所捕获 CO ₂ /a	项目状态	参与者	涉及的 石油企业
9	法国 敦刻尔克	敦刻尔克 DMX示范	工业捕获	炼钢	配备CCS的炼钢厂,在北海输送和封存CO ₂	2025	约100万t/a		安赛乐米塔尔、法国石油与新能源研究院、阿克森斯、道达尔、ACP、布雷维克工程、CMI、丹麦技术大学、挪威天然气运输管理公司、德国亚琛工业大学、Uetikon	道达尔
10	德国 北莱茵— 威斯特伐利亚	H-morrow	天然气制氢 (预燃烧)	天然气	将进口的天然气转化为氢气,并在近海捕获和封存CO ₂	N/A	N/A	可行性研究	挪威国家石油公司、OGE公司	挪威国家石油公司
11	爱尔兰	埃尔维亚	发电和捕获 (燃烧后)	天然气发电	配备CCS的燃气轮机联合循环(CCGT)发电和炼钢,以及凯尔特的CO ₂ 运输和封存	2028	200万t/a	可行性研究	埃尔维亚公司	
12	冰岛	虎鲸	直接空气 捕获	发电	虎鲸将把直接空气捕获技术与地下CO ₂ 封存相结合,成为迄今为止最大的直接空气捕获工厂,所需的能源将由赫利舍迪地热发电厂提供	N/A	4000 t	在建	Carbfix、Climeworks公司、ON Power公司	
13	冰岛	赫利舍迪	工业捕获	发电	自2014年以来,冰岛赫利舍迪地热发电厂的工业规模捕获显著减少了发电厂的CO ₂ 和H ₂ S排放	运行中	12000 t	在建	Carbfix, ON Power公司	
14	意大利, 皮亚努拉 帕达纳	CCS拉文那 枢纽	发电和捕获 (燃烧后)、 蓝氢	发电和潜在 蓝氢	从意大利北部工业综合体捕获CO ₂ ,运输和封存在废弃天然气田。封存量为3~5亿t	2025-2028	4~500万t/a	预可行性研究	埃尼集团	埃尼集团
15	荷兰 鹿特丹港	波尔多斯	工业捕获	化学、 炼钢	配备CCS的产业集群-北海CO ₂ 运输和封存	2024	约500万t/a	可行性研究	荷兰天然气联合公司、港务局和EBN公司	英国石油公司、壳牌
16	荷兰 艾蒙德	阿索斯	工业捕获	炼钢	CCUS网络从塔塔钢铁厂捕获CO ₂ ,并将其再利用或封存在北海的气田中	2030	每年750万tCO ₂	可行性研究	荷兰天然气联合公司、阿姆斯特丹港、EBN和塔塔钢铁公司	
17	荷兰 埃姆斯哈文	马格南	天然气制氢 (预燃烧)	制氢	配备CCS的氢气生产装置,用于北海的发电、CO ₂ 运输和封存	2023	约400万t/a	可行性研究	挪威国家石油公司、瀑布电力、荷兰天然气联合公司、三菱日立	挪威国家石油公司
18	荷兰 登海尔德	阿拉米斯	工业捕获		CO ₂ 由第三方从登海尔德供应并封存在北海海底	N/A	N/A	N/A	N/A	
19	荷兰 泰尔谟曾港 和弗利辛恩港	碳连接三角 洲	工业捕获	N/A	利用CCUS,北海港区CO ₂ 排放量可减少30%	2023年达到100 万t,2030年达到2023 年650万t	2023年达到100 万t,2030年达到2023 年650万t	预可行性	智慧三角洲资源、北海港、安赛乐米塔尔、美国陶氏、泽兰省能源公司、雅甫国际、泽兰炼油厂、荷兰天然气联合公司、福拉克西斯公司	
20	挪威 北海	斯莱普纳 CO ₂ 封存	工业捕获	天然气	配备CCS的天然气生产,将CO ₂ 直接注入北海储集层	自开始至今,约 100万t/a,已注1996 入超过1700万t	100万t/a,已注1996 入超过1700万t	运行中	挪威国家石油公司(经营者)、Var Energi、道达尔	挪威国家石油公司 (经营者)、Var Energi、道达尔
21	挪威 巴伦支海	斯塔赫维特 CO ₂ 封存	工业捕获	液化天然气 设施	液化天然巴伦支海配备CCS的液化天然气设施、CO ₂ 运输和封存	2008	70万t/a	运行中	挪威国家石油公司(运营商) Petoro、道达尔、前苏伊士环保、挪威水电集团、挪威Hess公司	挪威国家石油公司 、道达尔、Hess公司
22	挪威	长航(包括北 极光)	工业捕获	水泥与拉 取发电	从海德堡水泥厂和奥斯陆的废物焚烧设施捕获CO ₂ ,并将其运输至北海盆地的海上封存	2023—2024 (FID)	80万t/a,来自可 能的两个工业工 厂,水泥和垃圾 发电	最终投资决策	壳牌、挪威国家石油公司、道达尔	壳牌、挪威国家石油公司、道达尔

编号	位置	项目名称	项目类型	行业	说明	所捕获CO ₂ /a	开始日期 (运营)	项目状态	参与者	涉及的石油 企业
23	瑞典	Preem CCS	工业捕获,天然 气制氢(预燃 烧)	天然 精炼	北海炼油厂配备CCS的制氢装置,CO ₂ 50万t 运输和封存	50万t (全规模)	2025	试验阶段	Preem, 查尔默斯理工大学、挪威 科技工业研究院能源研究、挪威 国家石油公司和挪威阿克集团	挪威国家石油 公司和挪威阿 克集团
24	瑞典 斯德哥尔摩	Exer- g生物-CCS	发电和捕获(燃 烧后)、配备 CCS的生物质 能源(BECCS)	生物能源	Värtan生物质燃烧热电联产工厂的一 个试验工厂能够从燃烧后烟气中的生 物质燃料中捕获CO ₂ 。CO ₂ 将被压缩成 液态并封存在地下岩层中	估计为80万t (全规模)	N/A	试点阶段	斯德哥尔摩 Exergi-北极光联盟 (挪威国家石油公司、壳牌、道 达尔)	挪威国家石油 公司、壳牌、道 达尔
25	英国 苏格兰 圣弗格斯	橡子	工业捕获	天然气发电	配备CCS的天然气处理厂,在北海输送 和封存CO ₂ 。	基准情景假设 可以从圣弗格 斯的一个天然 气终端捕获二 氧化碳,固定速 率为20万t/a	2023	可行性研究	该项目由淡蓝点能源公司牵头, 由英国和苏格兰政府的行业合 作伙伴(Chrysaor、壳牌和道达尔) 提供资金和支持	Chrysaor、壳牌 和道达尔
26	英国 苏格兰 格兰杰默斯	喀里多尼亚清洁 能源	发电和捕获	天然气发电	正在审查的新天然气原料发电厂配有 集成的CO ₂ 捕获设施。电力公司正在 开发喀里多尼亚清洁能源项目 (CCEP),该项目将使用集成捕获的 天然气原料,并有可能为现代供热和运 输应用共同生产清洁氢	300万t/a	2023	可行性研究	Summit 电力公司	
27	英国 英格兰北部	英格兰北部H21	天然气制氢(预 燃烧)	制氢	利用CCS技术实现天然气制氢,CO ₂ 在 北海和盐洞中的输送和封存	约300万t/a	2020年代	可行性研究	北方天然气网络、Cadent 和挪威 国家石油公司	挪威国家石油 公司
28	英国 利物浦 曼彻斯特	利物浦—曼彻斯特 制氢集群	天然气制氢(预 燃烧)	制氢	利用CCS实现天然气制氢及北海CO ₂ 输送和封存	150万t/a(10% 氢气)~950万t/a (100%氢气)	2020年代	可行性研究	CADENT	
29	英国 北海南部	净零赛德	发电和捕获(燃 烧后)	天然气发电	配备CCS的天然气发电厂,在北海输送 和封存CO ₂ 。	500万t/a	2026	技术评估和商业模式 选择	英国石油公司、油气行业气候倡议 组织	英国石油公 司、埃尼、雷普 索尔、壳牌、挪 威国家石油公 司、道达尔
30	英国 北海	亨伯零碳集群	工业捕获	制氢、生物能 源	配备CCS的产业集群和制氢、BECCS、 北海的CO ₂ 输送和封存	N/A	2020年代	技术评估和商业模式 选择	德拉克西斯集团、挪威国家石油公司、 国家电网企业	挪威国家石油 公司
31	英国 东爱尔兰海	利物浦湾区 CCS 项目	碳捕获封存	化工、精炼、 制氢	从英格兰西北部现有工业设施和新制 氢厂捕获CO ₂ 。	100~300万t/a 分阶段计划	2025	概念选择阶段	埃尼集团	埃尼集团

表2 北美24个碳捕获、利用和存储技术(CCUS)项目一览表

编号	位置	项目名称	项目类型	行业	说明	所捕获的CO ₂ /a	开始日期 (运行)	项目 状态	参与者	涉及的 石油企业
1	加拿大 阿尔伯塔省	探索	工业捕获、 提高采收率	炼油	将CO ₂ 捕获设施改造为蒸汽甲烷转化炉,通过管道输送至 专用地质存储	100万t/a	2015	运行中	壳牌	壳牌
2	加拿大 萨斯喀彻温省	边界大坝(CCS)	发电和捕获 (燃烧后)、 提高采收率	发电	它将燃烧后 CCS 与燃煤发电相结合,一些捕获的CO ₂ 用于 提高采收率,一部分CO ₂ 永久封存在地下	100万t/a	2014	运行中	萨省电力	
3	加拿大 阿尔伯塔省	阿尔伯塔省碳干线 与西北红水伙伴关 系的鲟鱼炼油厂	工业捕获、 提高采收率	炼油	从化肥厂和精炼厂捕获CO ₂ 。从化肥厂排放流中回收的 CO ₂ 通过入口冷却、分离、压缩、脱水 and 制冷来生产液化 CO ₂ 。该项目计划将来从阿尔伯塔省工业中心地带的多种 来源输送CO ₂ 。	120-140万t/a	2020	运行中	加强能源公司 (和西北红水合作伙伴关系)	
4	加拿大 阿尔伯塔省	Lehigh的埃德蒙顿 工厂	工业捕获	水泥 产业	从水泥厂的烟气中捕获大部分的二氧化碳	估计每年60万t		可行性研究	Lehigh水泥与国际CCS 知识中心	
5	加拿大 阿尔伯塔省	阿尔伯塔省碳干 线,含阿格里姆 CO ₂ 流	工业捕获、 提高采收率	肥料 生产	在新世界资源(NWR)炼油厂,CO ₂ 将在气化氢供应装置内 被捕获	30-60万t/a	2020	运行中	增强能源公司	
6	美国 伊利诺伊州	伊利诺伊工业碳捕 获和封存(ICCS)	工业捕获	乙醇 生产	从发酵过程中捕获的CO ₂ ,用于在伊利诺伊州生产乙醇, 运输至专用地质封存地点	100万t/a	2017	运行中	由美国能源部化石能源 办公室执行,由国家能 源技术实验室管理	
7	美国 得克萨斯州	佩特拉诺瓦	发电和捕获 (燃烧后), 提高采收率	发电	德克萨斯发电厂改装了燃烧后CO ₂ 捕获设施,在休斯顿附 近运输用于提高采收率	140万t/a	2017	运行中		
8	美国 堪萨斯州	科菲维尔气化厂	工业捕获、 肥料生产、 提高采收率	肥料 生产	科菲维尔的化肥厂改造了CO ₂ 压缩和脱水设施,将石油输 送至石油装置,用于提高采收率	100万t/a	2013	运行中	科菲维尔资源氮有限 责任公司,Chapparral 能量与蓝源	
9	美国 德克萨斯州	空气产品蒸汽甲烷 转化炉	工业捕获、 提高采收率	炼油厂 制 氢	德克萨斯州亚瑟港炼油厂内蒸汽甲烷转化炉的空气产品 改造,运输至德克萨斯州油田进行提高采收率	100万t/a	2013	运行中	空气产品公司、科思创 公司	
10	美国 怀俄明州	Lost Cabin天然 气厂	工业捕获、 提高采收率	天然气 处理	怀俄明州的天然气工厂向压缩厂供应CO ₂ ,并通过管道将 其输送至贝尔溪油田,以提高采收率	约100万t/a	2013	运行中	康菲石油	康菲石油
11	美国 德克萨斯州	世纪工厂	工业捕获、 提高采收率	天然气 处理	德克萨斯州的天然气处理设施,通过管道运输以提高 采收率	840万t/a	2010	运行中	西方石油	
12	美国 北达科他州	大平原合成燃料厂 和维本-米代尔	工业捕获 (燃烧前)、 提高采收率	合成 天然气	这家位于北达科他州的工厂生产CO ₂ ,作为煤气化过程的 一部分,输送到维本和米代尔石油装置进行提高采收率	300万t/a	2000	运行中	达科他气公司	
13	美国 怀俄明州	舒特溪天然气处理 厂	工业捕获、 提高采收率	天然气 处理	怀俄明州的天然气处理设施,部分注入CO ₂ 用于封存,处 置,部分用于提高采收率	700万t/a	1986	运行中	埃克森美孚	埃克森美孚

编号	位置	项目名称	项目类型	行业	说明	所捕获的CO ₂ /a (运行)	开始日期 (运行)	项目 状态	参与者	涉及的 石油企业
14	美国 俄克拉荷马州	伊尼德肥料	工业捕获、 肥料生产、 提高采收率	肥料生产	在俄克拉荷马市南部的油田,从肥料制造、 运输中捕获的CO ₂ 用于提高采收率	70万t/a	1982	运行中	科赫氮公司	
15	美国 得克萨斯州	特雷尔天然气处理厂	工业捕获、 提高采收率	天然气 处理	在天然气处理厂捕获CO ₂ ,通过管道将CO ₂ 输送至德克萨斯州,用于提高采收率	约50万t/a	1972	运行中	蓝源等	
16	美国 印第安纳州	沃巴什CO ₂ 封存	工业捕获	肥料生产	印第安纳州气化厂将改造为无水氨生产厂和 CCS工厂,在沃巴什CO ₂ 封存枢纽进行专门地质封存	150-175万t/a	2022	先进开发	沃巴什山谷资源公司	
17	美国 路易斯安那州	查尔斯湖甲醇	工业捕获、 提高采收率	化工生产	路易斯安那的气化设施从合成气中提取的 CO ₂ 用于德克萨斯州的提高采收率	约400万t/a	2024	先进开发	柳卡迪亚能源	
18	美国 怀俄明州	Dry Fork综合 商业性CCS	发电与捕获 (燃烧后)、 提高采收率	发电	针对邻近的地质储层目前正在研究中, 考虑提高采收率	300万t/a	2025	先进开发	盆地电力合作社	
19	美国 伊利诺伊州	伊利诺伊州—梅肯县	电力和工业捕获 (燃烧后)、 提高采收率	发电与乙 醇生产	CCS将压缩和脱水设施整合到乙醇厂, 运输和注入到专用地质封存	200-500万t/a	2025	先进开发	美国能源部国家能源技术实验 室	
20	美国 北达科他州	Tundra项目	发电和捕获 (燃烧后)、 提高采收率	发电	在北达科他州的燃煤发电站改造CO ₂ 捕获装置, 并提供一个专用的封存场地。提高采收率正在研究	310-360万t/a	2025-2026	先进开发	明戈塔电力合作社	
21	美国 内布拉斯加州, 堪萨斯州	综合中部大陆堆叠 式碳封存枢纽	乙醇生产、 发电和/或 炼油厂 提高采收率	乙醇生产、 发电和/或 炼油厂	在堪萨斯州和内布拉斯加州,从乙醇厂、 发电厂和炼油厂收集CO ₂ ,并进行综合封存	约200万t/a	2025-2035	先进开发	巴特尔纪念研究所领导,参加 者:阿彻丹尼尔斯米德兰公司、 堪萨斯地质调查局、北达科他大 学能源与环境研究中心、斯伦贝 谢、内布拉斯加—林肯大学保护 与调查部门等	斯伦贝 谢
22	美国 德克萨斯州	西方石油和怀特能源 乙醇提高采收率设施	工业捕获、 提高采收率	乙醇生产	德克萨斯州两个乙醇工厂的CO ₂ 捕获。 捕获的CO ₂ 将通过提高采收率封存在 二叠盆地的西方油田	60-70万t/a	2021	早期开发	西方石油公司与怀特能源	
23	美国 德克萨斯州	西方石油和碳工程直接 空气捕获和提高采收率 设施	直接空气捕获、 提高采收率	N/A	二叠盆地西方油田CO ₂ 捕获, 并用于提高采收率	100万t/a	2025	早期开发	西方石油低碳企业与碳工程有 限公司	
24	美国 密西西比	ECO ₂ S项目: 青珀县早期CO ₂ 封存 综合设施	评估中	N/A	密西西比州Keper县能源设施附近的区域 CO ₂ 封存枢纽,来自电力和工业来源	300万t/a	2026	早期开发	在识别(捕获)项目ECO ₂ S中,能 源部支持的CarbonSAFE项目	

(中国地质调查局地质文献中心 贾凌霄、王欢 供稿)