

# 全球CCUS产业 从概念验证走向工程化落地阶段

## 数据显示,全球正在运营的碳捕集能力已达7300万吨/年,处于推进阶段的项目约1300个,但距离真正规模化仍需跨越经济性与监管体系等现实挑战

●赵华

标普全球近日发布的CCUS行业展望报告指出,2026年全球碳捕集、利用与封存(CCUS)产业正加速从概念验证走向工程化落地。数据显示,全球正在运营的碳捕集能力已达7300万吨/年,处于推进阶段的项目约1300个。不过,项目延期与审慎投资也表明,CCUS产业距离真正规模化仍需跨越经济性与监管体系等现实挑战。

### AI需求重塑电力格局:科技巨头首购碳捕集电力

AI数据中心的电力需求正促使电力行业转型。标普全球报告指出,科技巨头不仅签署可再生能源购电协议,而且开始直接采购清洁稳定电力,即全天候可调度的低碳基荷电源。

2025年10月,谷歌签署购电协议,从美国伊利诺伊州Broadwing能源项目购电。该项目是发电装机容量为400兆瓦的燃气电厂,配备碳捕集技术,设计捕集率为90%,可为谷歌AI数据中心提供稳定的清洁电力。这是美国首个由超大规模科技企业签署的碳捕集购电协议,标志着AI算力需求成为CCUS产业新商业驱动力之一。

2026年1月,NextEra能源公司与埃克森美孚深化合作,开发装机容量为1.2吉瓦的燃气发电项目。但能源需求增长也是双刃剑。2025年12月,bp退出英国蒂赛德氢能项目,原因是土地所有者将同一块地优先用于AI数据中心建设。这表明,脱碳基础设施与数字基础设施正在

争夺同一块土地和电网资源。

标普全球指出,科技巨头愿意为可调度的低碳电力支付溢价,为碳捕集项目提供了商业可行性,但也推高了项目选址和并网成本。随着AI算力持续扩张,清洁稳定电力将成为CCUS产业最确定的增长引擎。

### BECCS加速商业化:负排放超直接空气捕集

负排放技术也加速走向产业化。生物能源与碳捕集封存(BECCS)技术已从边缘概念成长为工程化碳移除的重要方向。2025年,BECCS技术(不含乙醇项目)的碳移除能力首次超过直接空气捕集(DAC)技术。相比之下,DAC仍属于高成本前沿技术,而BECCS技术已在发电和工业供热领域大规模应用。

但原料问题成为关键挑战。标普全球研究表明,大部分规划中的BECCS产能依赖木屑颗粒。在许多大型生产设施中,40%~60%的原料并非来自残余物(如锯末),而是涉及商业采伐。如果木屑颗粒原料中包含大量采伐获得的木材,其土地利用变化、土壤碳流失,以及“碳债”带来的隐含排放,可能抵消BECCS技术原本的负排放效益。标普全球强调,BECCS技术的成功取决于供应链透明度和可持续性。

从经济性看,碳价需达到每吨150~200美元,才能使BECCS技术实现规模化发展。欧洲正在提供首个商业案例,瑞士CO<sub>2</sub> Energie AG公司已与英力士(INEOS)签署封存协议,计划将生物源二氧化碳运送至北海Greensand Future项目进行

永久封存。该项目是全球首个跨境碳捕集与封存设施。这表明,在高碳价和成熟监管框架下,BECCS技术具备从试点走向商业化的可行性。

### 工业现实:项目延迟与区域分化并存

2026年,CCUS产业进入务实调整期。陶氏化学将加拿大Path2Zero项目推迟至2029年,理由是全球化行业正处于下行周期、市场疲软,需优先节省资本支出。马来西亚国家石油公司的卡萨瓦里海上碳捕集项目正面临持续的技术挑战,该气田含有高浓度二氧化碳,需要专用的碳捕集与回注平台,但由于水下连接和平台集成的复杂性,平台投用时间已推迟至21世纪20年代末。

与此同时,我国继续在大型煤电基地推进CCUS示范项目,将碳捕集视为减排工具与战略产业。标普全球数据显示,我国在运营及规划的CCUS项目已超过50个,涵盖发电、化工、直接空气捕集等多个领域,成本曲线正在快速下移。与此同时,由bp、Equinor(挪威国家石油公司)、道达尔能源组成的合资企业英国北方耐力合作伙伴公司(NEP)逆势而上,签署海床租约并启动前端工程设计,这表明结构良好的产业集群仍能吸引资本。

CCUS产业下一阶段的竞争重点正从单纯技术验证转向政策协同、产业配套与经济性建设。美国州级主导审批正成为破解二氧化碳封存专用井许可积压难题的主要方式;欧盟则将碳捕集纳入《净零工业法案》重点支持方向;日本和韩国也将

CCUS视为长期脱碳路径的重要组成部分。

### 战略新定位:从“附加项”到全球能源安全核心支柱

经过2025年~2026年的调整后,CCUS产业正从“附加项”逐步转变为能源体系的重要组成部分,成为支撑AI算力扩张、工业脱碳和低碳基荷电力需求的重点。从运营层面看,CCUS项目正处于交付关键期,如埃克森美孚在美国路易斯安那州的商业碳捕集项目已开始运营,每年可捕集超过200万吨二氧化碳;加拿大艾伯塔省的Meadowbrook碳捕集项目也进入投运阶段。

在物流创新层面,CCUS产业正通过枢纽和跨境合作解决基础设施难题。美国的州级主导权打破了许可僵局,欧洲则将内陆捕集的生物源二氧化碳跨境运输至北海封存,碳封存经济基础设施网络正逐步形成。

不过,CCUS产业仍面临现实挑战。在全球近1300个处于推进阶段的项目中,多数仍停留在前端工程设计或可行性研究阶段,最终投资决定率偏低。业内普遍认为,碳差价合约、公共资金撬动和跨境碳交易机制,将成为推动CCUS产业从百万吨级迈向亿吨级的重要政策工具。

标普全球预测,到2050年,全球碳捕集能力有望超过每年20亿吨,从概念到执行的转型充满挑战。但当前面临的问题更多集中在融资、工程建设、设备制造和审批落地等现实环节,而不是理论层面的技术验证。未来,CCUS产业竞争的关键将取决于工程建设能力、融资能力和项目执行效率。

链接

## 挪威船级社将认证NEP碳运输网络

本报讯 挪威船级社(DNV)近日表示,获英国天然气与电力市场办公室批准,其已被北方耐力合作伙伴公司(NEP)选定为独立认证机构。挪威船级社1864年成立,是以“捍卫生命与财产安全,保护环境”为宗旨的全球领先风险管理专业机构。作为NEP的独立认证机构,挪威船级社将验证NEP运营的英国东海岸岸群碳运输与封存项目,是否符合英国能源安全与净零排放许可证要求。

NEP将把英国蒂赛德工业排放源捕集的二氧化碳运至北海南部海底永久封存。挪威船级社的认证范围包括整个运输链:从压缩设施接收二氧化碳,到进入海上管道。

独立认证是英国碳捕集与封存(CCS)产业的新监管要求,旨在确保国家重要基础设施投运前能获得许可证要求。挪威船级社最新《能源转型展望》报告预测:到2060年,欧洲将占全球CCS总量的23%。

挪威船级社能源系统部高级副总裁哈里·瓦马德万表示:“独立认证使监管机构和合作伙伴确信,复杂基础设施已按许可证要求交付。对NEP而言,这意味着验证设计完整性和施工质量,确保系统输气顺利。”

NEP董事总经理里奇·丹尼表示:“独立认证在交付英国首个碳运输与封存资产时将发挥关键作用,确保这一重要基础设施符合最高安全与质量标准。挪威船级社的丰富经验将助力NEP的安全与成功交付。”(潘欣)

## 荷兰环保组织起诉壳牌要求停止新油气田开发

本报讯 据油价网报道,荷兰环保组织“地球之友荷兰分会”近期正式对壳牌提起新一轮气候诉讼,要求该公司立即停止所有新油气田投产,以遏制温室气体排放增长。这是该组织对壳牌发起的第二起气候相关法律诉讼。

此次诉讼源于双方长期的气候责任博弈。2021年,海牙地方法院曾判决壳牌大幅削减自身及全价值链温室气体排放,成为全球首个强制企业落实《巴黎协定》目标的案例。但2024年,海牙上诉法院推翻判决,认定无权强制企业调整核心经营策略,壳牌暂时摆脱强制减排义务。此后,“地球之友荷兰分会”上诉至荷兰最高法院,要求恢复原判。

虽然壳牌已将总部迁出荷兰,但仍保留阿姆斯特丹泛欧交易所第二上市地位,受荷兰司法管辖。新诉讼的核心诉求是禁止壳牌投产任何新油气田。“地球之友荷兰分会”援引气候科学指出,全球已开发油气储量超出《巴黎协定》温控允许范围,新增产能将加剧气候风险,违背碳中和路径。起诉方还强调,上诉法院虽然改判,但明确认可新增油气田投资可能违背《巴黎协定》,成为本次诉讼的关键法律依据。

壳牌首席执行官瓦埃尔·萨旺曾多次反对激进减产,称在全球能源危机、化石燃料需求仍在上升的背景下,人为压低产量危险且不负责任,企业需兼顾能源安全与低碳转型。壳牌认为其减排承诺与投资布局符合市场规律,不应受司法干预。

“地球之友荷兰分会”则坚持气候责任优先,并表示,新诉讼直指企业扩张行为本质,即使旧案未终审,也必须阻止壳牌扩大碳排放基数。能源企业有不可推卸的法律与道义责任,而停止新增产能是气候义务的基本底线。

此案再次凸显能源转型期的深层矛盾:全球仍依赖化石能源保障供应,国际社会与环保力量却持续施压企业放弃高碳扩张。荷兰作为气候司法实践前沿,其判例具有示范效应。随着诉讼的推进,壳牌将面临法律、舆论与监管多重压力。本案将推动油气行业审视产能扩张与气候目标的兼容性,加速低碳转型。(张杰)

## “微型龙卷风”干燥技术提升纤维素纳米纤维制备效率

本报讯 纤维素纳米纤维是一种植物基材料,可应用于高强度混凝土、可降解包装、医用植入物等领域。其原料浆料通常由97%的水与3%的纤维素纳米纤维组成,干燥过程中避免纤维团聚是长期存在的技术难题。传统冷冻干燥方法能耗高且仅适合小批量生产,喷雾干燥则易导致纤维聚集,使材料性能下降。

为消除这一瓶颈,美国橡树岭国家实验室(ORNL)与缅因大学合作开发了新型高剪切干燥技术,利用加热压缩空气形成的反向旋转涡流,对纤维素纳米纤维进行干燥处理,效率、质量与规模化能力均优于传统工艺。该技术可产生速度达3马赫的超音速气流,形成“微型龙卷风”效应,对纤维素浆液滴施加强

剪切作用,有效防止纤维团聚并实现快速脱水。与传统冷冻干燥和喷雾干燥工艺相比,能耗更低,并可提升成品获得率与材料质量。

该研究由美国能源部先进材料与制造技术办公室支持的“SM2ART”计划资助,旨在为包装、建筑和汽车行业提供低成本、低能耗的天然材料解决方案。相关技术方案已完

成原理验证,研究团队将联合开展流体动力学分析及规模化应用研究,以推动工艺优化。

未来,研究人员计划针对更大浆料流量进行工艺设计,推动干燥纳米纤维素产能由实验室克级规模向干克级规模提升,为工业化应用奠定基础。

(燕春晖)

中东局势持续扰动全球能源格局与贸易流向,导致能源成本高企、供应链风险加剧

## 欧洲化工行业将加速推进竞争力改革

●庞晓华

全球能源化工行业市场信息服务商安迅思近日称,中东局势持续扰动全球能源格局与贸易流向,欧盟决定加速推进酝酿已久的化工行业竞争力改革。能源价格飙升、供应链风险与地缘政治不确定性叠加,各方再度聚焦欧洲化工行业的结构性短板。行业领军企业表示,欧盟已口头表态转向实际行动。

欧洲化学工业委员会(Cefic)总干事马尔科·门辛克认为,中东冲突已成为改革催化剂。能源成本高企重回欧盟议事日程核心,并出台紧急干预政策。

欧盟已放宽国家援助规则,允许成员国为高耗能化工企业削减用电成本及电网收费。门辛克称,现行政策框架允许各国政府将电价调整至能恢复国际竞争力的合理水平,关键在于各国落地执行情况。除能源领域外,气候政策调整也有重大利好。化工行业对欧盟碳排放交易体系(ETS)的诉求已体现在政策提案中。欧洲化学工业委员会呼吁称,若因电网、碳捕集等基础设施缺失导致企业短期内无法推进脱碳,应予以政策豁免。门辛克表示,“在配套能源落地前削减免费碳排放配额,只会倒逼工厂关停。欧



德国下萨克森州陶氏化学的化工厂和生物处理厂。视觉中国 供图

盟2050年碳中和目标不应改变,核心在于如何实现”。

欧盟贸易政策也同步调整,反倾销税立案裁决流程提速。欧洲化工生产商表示,快速裁决机制有助于本土产品与低价进口商品竞争。虽然贸易执法部门人员不足,但门辛克仍对改革表示认可。另一项对行业至关重要的利好是监管政策暂缓收紧。欧盟原计划全面修订《化学品注册、评估、授权和限制法规(REACH)》,目前该计划已搁置,缓解了化工行业在经营承压期额外背负监管成本的担忧。

中东冲突确实改变了实体市场的运行逻辑。需求走高、供应趋紧,大量欧洲化工企业装置检修延迟,下游客户也开始调整采购策略。门辛克指出:“接连不断的危机使产业链始终笼罩在不确定性中,区域供应链均衡布局已成为企业的战略目标。”

长远来看,中东局势的经济影响远超短期供应链扰动。门辛克预测,市场大幅波动将延续至2027年。今年下半年,食品与能源成本高企或将抑制欧洲居民消费,化工产品需求随之萎缩。与此同时,中

东局势将推动欧洲化工行业内部的结构变革,如部分装置永久关停、加速整合并购、区域性龙头企业崛起、向精简高效转型。

新常态咨询公司董事长保罗·霍奇斯认为,“化工行业是全球经济最敏感的先行指标,当下的市场动向,其他行业可能3~6月后才能感知。而欧盟每逢危机必加速改革,如今的格局就是一次次危机倒逼形成的。地缘危机出现时,欧盟往往会在凝聚共识、主动作为。目前虽未面临临界点,但已处在变革边缘,欧洲化工行业将迎来突破契机。”

## 外刊视点 Global Insights

### 比利时丙烷脱氢项目 今年下半年将投产

《化学周刊》近日报道称,比利时丙烷脱氢(PDH)项目已进入建设收尾阶段,将于下半年投产,可为欧洲化工原料供应注入新动力。

该项目位于比利时安特卫普—布鲁日港化工园区,依托港口优越的物流条件与完善的产业配套,采用行业先进脱氢工艺,主产高纯度丙烯,设计产能可覆盖欧洲下游聚丙烯、化工新材料等领域的原料需求。项目建设过程中严格执行欧盟低碳环保要求,通过工艺优化与节能设计,有效降低生产能耗与碳排放,符合欧洲绿色化工发展趋势。

作为欧洲重要的丙烯原料保障项目,丙烷脱氢装置投产后将直接缓解区域丙烯供给偏紧、对外依存度较高的局面,提高欧洲化工产业链自主可控能力。同时,该项目投产将带动上游丙烷原料贸易、中游仓储物流,以及下游塑料、化纤、特种化学品等产业协同发展,提升欧洲化工行业整体竞争力。

分析指出,该项目投产后,将进一步优化欧洲丙烯供应格局,稳定区域化工原料价格,为欧洲化工行业低碳转型与可持续发展提供坚实支撑。

张文杰 译自《化学周刊》

### 全球首套农场沼气 直接液化系统投用

《烃加工网》近期报道,法国SUBLIME Energie公司正式启用Charlie示范装置,这是全球首套在农场直接将沼气液化的系统,无须依赖天然气管网,可为分散式生物质能源高值化利用提供颠覆性解决方案。

Charlie示范装置采用专利工艺,在农场直接液化厌氧发酵产生的沼气,并通过低温蒸馏分离提纯,产出生物液化天然气(bioLNG)与生物液态二氧化碳(bioCO<sub>2</sub>)。该项目年产能约为180吨生物液化天然气和330吨生物液态二氧化碳,可直接为重型交通、农业装备、航运等领域提供低碳燃料,全生命周期碳减排最高可达85%。

传统沼气利用受产量小、距管网远、投资门槛高等限制,大量分散资源无法有效开发。Charlie示范装置借鉴了乳制品的集散模式,将农场沼气就地液化后短途集运至中心枢纽提纯,彻底突破了管网约束,使中小规模、偏远养殖场均可参与可再生燃料生产,同时延长了现有热电联产装置的使用寿命,提升了项目经济性。

该项目兼具环保、经济与能源安全多重价值。上游通过畜禽粪污厌氧发酵减少温室气体排放,替代部分化肥;下游通过生物液化天然气替代柴油,生物液态二氧化碳应用于农业和食品工业等领域,实现全链条低碳增值。

法国沼气资源潜力巨大,预计2050年发电量将达到26太瓦时。据悉,SUBLIME Energie公司首个商业化项目Delta计划2028年投运,将联合十座农场共建处理枢纽,并快速向欧洲推广,推动分散式沼气资源的规模化开发,助力交通与农业深度脱碳。

华言 译自烃加工网

### 欧洲夏季航班 面临航煤断供风险

欧洲航空业近期预警称,受中东航煤供应中断影响,今夏欧洲多个主要机场可能被迫削减航班,甚至停飞部分航线。这场危机再次暴露了欧洲依赖进口、本土炼油能力持续萎缩的结构性短板。过去25年,欧洲已关闭超过30家炼厂,占欧洲炼油总产能的16%。

欧洲对航煤进口的依赖度高于其他交通燃料。国际能源署(IEA)数据显示,去年欧洲航煤消费量约160万桶/日,其中约50万桶/日依赖进口,且75%的进口来自中东。

受亚洲炼油产能缩减影响,全球航煤供应趋紧。欧洲航煤价格3月中旬飙升至每吨1800美元的历史高点。数据显示,3月欧洲航煤进口量较去年平均水平下降13%,阿姆斯特丹—鹿特丹—安特卫普仓储中心库存降至近3年最低。

欧洲机场行业组织警告称,近期可能面临系统性航煤短缺困境。大型航空公司已制订应急计划,包括削减运力、提前退役老旧飞机等。部分廉价航空公司预期机票价格可能上涨。行业组织呼吁欧盟出台应对措施,包括监控航煤供应、暂时调整老市场机制等。这场危机给欧洲一个战略教训,即在不可靠替代方案的情况下,任由本土炼油能力萎缩,将付出沉重的供应安全代价。

田青 译自烃加工网