

加快构建CCUS零碳/负碳产业链

阅读提示

CCUS(二氧化碳捕集、利用与封存)是目前实现化石能源零碳利用的唯一途径,是碳中和必不可少的技术选择。经过多年努力,中国石化打造了化学法捕集、驱油-封存及检测、咸水层封存的试验测试平台,研发形成了二氧化碳捕集、管输、驱油、咸水封存等全产业链技术,建立了包括捕集、输送、地质利用与封存、化学转化、碳足迹研究等多专业的一体化研究团队。目前,我国首个百万吨级CCUS全流程项目——齐鲁石化—胜利油田CCUS项目已全面建成投产,标志着我国CCUS技术和工程示范进入了一个新的阶段。在中国石化近日举办的科技创新未来发展论坛上,中国工程院院士李阳总结了中国石化CCUS技术进展,展望了我国CCUS技术与产业未来发展趋势。本版整理刊发,敬请关注。

本版文字由本报记者 程强 整理

捕集

利用

封存

中国石化CCUS研究历程

- 早期研究阶段(1990~2007年): 小规模化工分离提纯利用,开展提高采收率室内研究及单井试验。
- 技术储备研究阶段(2008~2019年): 开展碳捕集和油田驱油利用新技术研究和试验。
- 技术研发及工程示范阶段(2020年至今): CCUS全技术链研发,全流程示范应用。

我国CCUS技术潜力

生物转化

——高附加值

微生物、酶和微藻转化,产品涉及食品、医药品、肥料等,每年可转化量在**十万吨到千万吨级**。

化学转化

——高附加值

化学转化为多种有机和无机产品,每年可转化量在**千万吨到亿吨级**。

二氧化碳矿化

——广泛应用

主要用于水泥、矿渣等,应用前景每年**亿吨级**。

二氧化碳驱油驱气

——传统应用

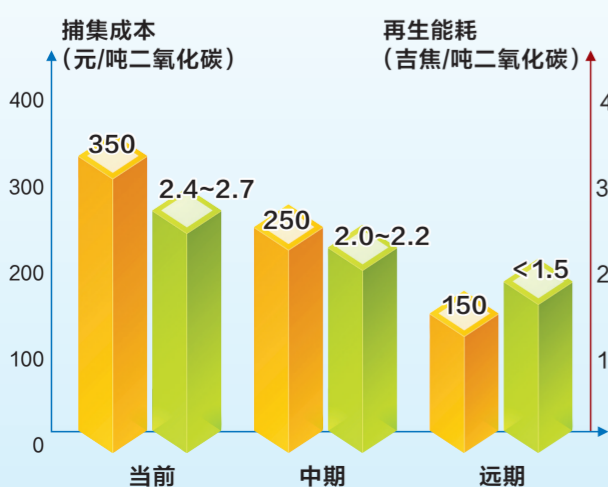
可消纳大量二氧化碳,提高石油、天然气、煤层气采收率,每年规模在**千万吨到亿吨级**。

二氧化碳封存

——潜力最大

咸水层封存,应用前景每年**亿吨级以上**。

二氧化碳捕集成本和再生能耗规划



二氧化碳的捕集,有物理吸收法、化学吸收法、深冷分离法、膜分离法、吸附法等方法,中国石化均开展了相关研究,并针对燃煤电厂、炼化厂和高碳天然气三种主要排放源,形成了以醇胺吸收法为主的捕集技术,分别建成了捕集示范项目。



国内首套100万吨/年二氧化碳回收利用项目全景。曹业琦 摄

其中,燃煤电厂是我国主要的碳排放源,其特点是二氧化碳浓度低,约为14%,捕集难度大。中国石化开发了Ma-2复合吸收剂,以MEA(乙醇胺,常用作酸性气体,如二氧化碳的吸收剂,具有吸收速率快、价格低等特点)法为主,辅助活性胺、缓蚀剂、抗氧化剂等成分,同时研发了解吸液多梯级热能利用节能工艺,有效降低再生能耗和循环用水量。

利用中国石化燃煤电厂烟气二氧化碳捕集技术,示范工程二氧化碳捕集率>80%,二氧化碳纯度≥99.5%,再生能耗为2.4吉焦/吨二氧化碳。

可以相比较的是,全球首个燃煤电厂百万吨级二氧化碳捕集与封存工程——加拿大边界大坝项目,再生能耗为3.0吉焦/吨二氧化碳;全球最大燃煤电厂二氧化碳捕集与驱油封存商业化工程——美国佩特拉诺瓦项目,再生能耗为2.4吉焦/吨二氧化碳。



国内首套百万吨级二氧化碳驱油封存井场采油井。沈志军 摄

产业

技术

输送

国外提出的是CCS,以地质封存为主导,没有收入,投入和运行费用比较高。我国提出CCUS,强调“U”,通过利用使碳资源化,“以用减排”增加碳汇,通过利用获取收入,降低运行费用。更关键的是,通过利用可以使传统产业和新兴产业耦合,重塑工艺流程,形成新的生产方式。

根据《国家能源和产业发展规划》,分析消费侧碳排放特征,建立能源、产业及CCUS之间交互关系模型,构建CCUS固碳计算方法,评价CCUS在“双碳”进程中的贡献为:到2060年CCUS技术减排贡献量10.4亿吨。其中,到2025年建成多个基于现有技术的工业示范项目并具备工程化能力,到2030年实现大规模驱油利用和封存,到2050年实现大规模地质封存和化学固碳利用。

我国工业产业直接碳排放占全国的39%,加上使用电和热,碳排放占比在60%~70%。工业领域特别是难脱碳产业须加快CCUS技术利用,推动产业重塑,构建零碳/负碳产业链,助力“双碳”目标实现。

我国含油气盆地分布范围广,有多个油气藏及大量咸水层,具有万亿吨级的二氧化碳封存潜力,兼具良好的“源-汇”匹配性。通过“源-汇”优化,建设“驱油封存中心”,形成二氧化碳捕集、输送、利用、封存产业集群,可推动CCUS规模化、产业化、集群化、经济化发展。

二氧化碳地质封存可利用的地下空间类型多样,因此要进行地下空间的优化,开展安全性及降低成本的研究,攻关关键技术,推动产业发展。

二氧化碳捕集和利用有很多场景,应建立不同场景下的碳足迹评价模型,进行碳排放核算与核查,加快建设碳交易体系,实现碳利用的价值化。

当前阶段,应注重CCUS技术与产业发展生态建设,包括技术链创新、技术与产业融合、创新人才培养、完善政策法规、开展国际合作等,推动形成国家创新高地。

在CCUS全流程中,捕集成本占总成本的65%~70%,而目前捕集能耗高、成本高,因此要研发形成低成本、低成本的捕集技术。二氧化碳浓度小于15%的低浓度排放源,碳排放量占总量的85%,因此,重点是研发新一代吸收剂,包括复合胺、离子液体、相变吸收剂等,以及膜分离和膜吸收等捕集技术。

目前使用的技术,再生能耗在2.4~2.7吉焦/吨二氧化碳。近年来,中国石化经过研发,形成基本成熟的新技术,再生能耗可以降为2.0~2.2吉焦/吨二氧化碳,准备开展示范应用。同时,中国石化也已着手研究再生能耗低于1.5吉焦/吨二氧化碳的CCUS技术体系。

CCUS技术的研发要突出捕集-转化一体化,加强技术的交叉融合,特别是化学转化与生物转化的融合,前者效率高,后者选择性好,二者融合可实现高品质液体燃料及化学品可持续绿色制造,这也是目前国际上的发展趋势。

在CCUS全流程中,捕集成本占总成本的65%~70%,而目前捕集能耗高、成本高,因此要研发形成低成本、低成本的捕集技术。二氧化碳浓度小于15%的低浓度排放源,碳排放量占总量的85%,因此,重点是研发新一代吸收剂,包括复合胺、离子液体、相变吸收剂等,以及膜分离和膜吸收等捕集技术。

目前使用的技术,再生能耗在2.4~2.7吉焦/吨二氧化碳。近年来,中国石化经过研发,形成基本成熟的新技术,再生能耗可以降为2.0~2.2吉焦/吨二氧化碳,准备开展示范应用。同时,中国石化也已着手研究再生能耗低于1.5吉焦/吨二氧化碳的CCUS技术体系。

CCUS技术的研发要突出捕集-转化一体化,加强技术的交叉融合,特别是化学转化与生物转化的融合,前者效率高,后者选择性好,二者融合可实现高品质液体燃料及化学品可持续绿色制造,这也是目前国际上的发展趋势。

2021年7月5日,中国石化正式启动建设我国首个百万吨级CCUS全流程项目——齐鲁石化—胜利油田CCUS项目。该项目是目前我国规模最大的CCUS全流程项目,也是石化行业零碳产业链构建示范项目,标志着我国CCUS技术和工程示范进入了一个新的阶段。该项目目前已全面建成投产。

该项目还建成了我国首条大规模二氧化碳输送管道,全长109公里,起自齐鲁石化首站,终至高青末站,后经支线输往各注入站。

此前,我国二氧化碳输送管道以小规模、气相输送为主。该管道规模达百万吨/年,输送超临界状态二氧化碳。二氧化碳要想保持超临界状态,压力须高于7.3兆帕,该管道设计压力12兆帕,实现高压常温密相输送。

中国石化研发了二氧化碳管道工艺动态仿真软件,建立了基于压力控制的管输工艺孪生仿真平台,研制了低温增压泵、40兆帕高压注入泵等首台(套)设备,实现二氧化碳从捕集端到注入井口“泵到泵”连续注入,极大提高了二氧化碳输送和注入效率及压能的利用,补齐了我国CCUS全链条规模化发展的技术短板。

该示范工程动用储量2500多万吨,预计15年累计注气超千万吨,累计增油近300万吨,提高采收率11.6个百分点。

2021年7月5日,中国石化正式启动建设我国首个百万吨级CCUS全流程项目——齐鲁石化—胜利油田CCUS项目。该项目是目前我国规模最大的CCUS全流程项目,也是石化行业零碳产业链构建示范项目,标志着我国CCUS技术和工程示范进入了一个新的阶段。该项目目前已全面建成投产。

该项目还建成了我国首条大规模二氧化碳输送管道,全长109公里,起自齐鲁石化首站,终至高青末站,后经支线输往各注入站。