

加拿大碳捕集、利用与封存技术现状 及中加合作的有关问题与建议

胡璇

(中国电力国际发展有限公司, 北京 100080)

摘要: 加拿大在碳捕集、利用与封存 (CCUS) 领域处于全球领先地位, 建成全球首座 CCUS 一体化项目, 形成较为完整的产业链和创新集群。本文介绍了加拿大在该领域取得的主要科技成果以及相关产业发展现状, 归纳了加拿大技术路线的优点, 梳理了我国在引进该技术过程中面临的主要问题, 并提出若干建议。

关键词: 加拿大; 碳捕集、利用与封存; 产业

中图分类号: F263 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2020.02.006

碳捕集、利用与封存 (CCUS) 是减少温室气体排放、应对气候变化的重要技术手段之一^[1]。加拿大在该领域处于全球领先地位, 已形成较为完整的产业链和创新集群。引进加拿大先进 CCUS 技术, 有助于我国保障能源安全、优化能源结构、应对气候变化以及推动传统能源产业的可持续发展。

1 加拿大 CCUS 技术发展现状

2014 年加拿大萨斯喀电力公司在边界坝 3 号燃煤发电机组改造项目的基础上, 建成全球首座 CCUS 一体化项目。该项目捕集燃煤电厂排放废气中的二氧化碳, 经管道输送给附近的韦本 (Weyburn) 油田, 采用二氧化碳驱油技术提高石油的采收率 (即可开采量与储量的比例)。同时基于研究目的, 将少部分二氧化碳注入地下含咸水岩层进行封存。该项目的成功, 向世界证实了 CCUS 商业化运营的可行性^[1]。

加拿大采用上述技术路线有其独特的背景。加拿大中部的萨斯喀彻温省是重要的石油产区, 自 20 世纪 50 年代以来, 油产量逐年下降, 采用新的

二氧化碳驱油技术成为优先选择。为获得稳定的二氧化碳供应源, 燃煤电厂碳捕集改造项目于 20 世纪 80 年代启动。项目实施过程中遭遇多次失败, 历经 30 年的探索与积累才获得成功。特别是 2008 年联邦政府提供 2.4 亿加元的一次性赠款补助, 成为项目取得成功的催化剂。可见该项目是市场机遇、政府扶持、长期探索等因素综合作用的结果^[2]。

在过去成绩的基础上, 加拿大进一步加大创新力度。一是建立碳捕集与封存知识国际中心。依托边界坝示范项目, 汇聚全球 CCUS 技术知识。着眼于降低成本、控制风险, 采用模块化设计和施工方案, 并将技术推广应用到水泥、钢铁等其他行业。二是启动尚德 (Shand) 电厂示范项目, 探索和验证第二代 CCUS 技术。该项目设计捕集能力翻倍, 达到 200 万吨/年, 二氧化碳捕集率从 90% 提高到 97%, 基建投资成本 (捕集每吨二氧化碳的基建成本) 降低 67%, 捕集成本降低至 45 美元/吨^[3]。

从技术特征来看, 加拿大 CCUS 技术具有若干显著优点, 且适应我国相关行业的发展需求。

(1) 实现煤炭清洁化利用。据专家分析, 即

作者简介: 胡璇 (1980—), 男, 博士, 主要研究方向为能源产业、环境管理、国际投资等。

收稿日期: 2020-01-19

使考虑碳捕集带来的成本，燃煤发电仍然比使用天然气更具有经济性^[4]。我国现有能源结构中煤炭占较大比重，实现煤炭的清洁化利用将有助于保障能源安全，推动燃煤相关产业的可持续发展。

(2) CCUS 全过程实现增值。通常情况下，二氧化碳的利用将造成新的排放，而封存又会提高成本，二者的矛盾是制约 CCUS 技术及产业发展的关键。而二氧化碳驱油可将 30% 的二氧化碳有效封存于地下，即利用与封存一步完成^[5]。结合井口回收二氧化碳，可进一步提高封存率。这是迄今为止唯一兼顾经济效益和环境效益的途径。

(3) 挖掘石油开采潜力。加拿大自 20 世纪 90 年代起大规模采用二氧化碳驱油技术，至今已非常成熟。我国通常采用的注水驱油技术，采收率仅 30% 左右^[6]。如改用二氧化碳驱油技术，采收率可提高超过 10 个百分点^[7]。不仅能大大提高石油的自给率，一些资源枯竭型的老工业基地还有望通过该技术迎来第二春。

2 技术引进面临的问题

(1) 行业分割，缺乏统筹。加拿大 CCUS 技术路线涉及燃煤发电和石油开采两个行业，尽管目前我国已有不少单位与加方开展 CCUS 技术合作，但都关注单一行业，没有着眼全产业链进行整体引进。例如，华能集团实施了燃煤电厂碳捕集示范项目，神华实施了地质封存示范项目，胜利油田、延长石油实施了二氧化碳驱油技术试点。单一技术的引进无法发挥整个技术路线的优势，也限制了合作成果。

(2) 支持分散，不成规模。据加拿大 CCUS 知识中心的初步统计，国内各部门支持中加 CCUS 技术合作的资金达 30 亿，但分散在约 15 个项目，每个项目得到的支持均不足以支撑全产业链的技术引进与消化吸收。

(3) 石油开采工艺相对落后，不利于技术转移。自 20 世纪 90 年代起，加拿大石油行业调整掘井工艺，以适应后续采用的二氧化碳驱油技术。我国由于掘井工艺以及地质性状差异，无法直接照搬二氧化碳驱油技术，需要进一步研究以适应自身情况，这也一定程度上延缓了技术引进的步伐，提高了技术推广成本。

(4) 碳封存减排尚未纳入碳交易体系。2017 年底我国建立了全国碳交易体系，但目前对碳封存实现的减排量没有相应的监测和认证机制，无法将其纳入交易体系^[8]。这导致 CCUS 技术及产业无法从应对气候变化的激励性政策中获得支持，得不到来自市场的正向反馈。

3 对未来发展路径的启示

(1) 建立跨行业跨领域的综合协调机制，搭建燃煤发电与石油开采行业合作的机构与平台，着眼于全产业链引进消化 CCUS 技术。利用市场机制合理分配上下游的利益，理顺二氧化碳供需双方的合作关系与定价机制，实现技术应用与市场反馈的良性循环。

(2) 集中力量支持少数示范项目，使之有能力承担全产业链的技术引进，尽快实现该技术的产业化应用。加强该领域的技术攻关，努力提高自主知识产权，培育具有国际竞争力的产业集群。

(3) 加快完善 CCUS 减排的监测和认证机制，通过与加拿大 CCUS 知识国际中心合作，结合相关国际标准的制定（CCUS 相关国际标准 ISO/TC265 正在制定过程中，中国是参与方^[9]），吸收与国际接轨的监测认证的技术与经验。尽快将 CCUS 实现的减排纳入碳交易体系，促进该技术及产业健康有序发展。

(4) 推进中加省级科技合作。加拿大实施联邦制，省级政府具有较大的自主权。尽管当前中加外交关系面临一些摩擦，但萨斯喀彻温省等地方政府对于中加合作仍持积极态度。建议考虑推动科技部与萨省之间签署部省科技合作协议，维持中加科技合作态势，减轻外交摩擦对科技合作的负面影响，并为项目层面的深入合作铺平道路。■

参考文献：

- [1] International Energy Agency. Integrated Carbon Capture and Storage Project at Saskpower's Boundary Dam Power Station[M]. Cheltenham: IEA Environmental Projects Ltd, 2015: 31.
- [2] International Energy Agency. Integrated Carbon Capture and Storage Project at Saskpower's Boundary Dam Power Station[M]. Cheltenham: IEA Environmental Projects Ltd,

- 2015: 17-24.
- [3] International CCS Knowledge Centre. Summary for Decision Makers on Second Generation CCS[M]. Regina: International CCS Knowledge Centre, 2018: 8-11.
- [4] International Energy Agency. World Energy Outlook 2018 [M]. Paris: IEA, 2018: 501-502.
- [5] International CCS Knowledge Centre. The Shand CCS Feasibility Study Public Report[M]. Regina: International CCS Knowledge Centre, 2018: 5.
- [6] 常晨, 牛菲. 水驱采收率与原油驱水采收率的比较 [J]. 油气地球物理, 2012, 10 (1) : 54-56.
- [7] 施玉萍. 浅析二氧化碳驱油技术机理及发展前景 [J]. 中国科技博览, 2014, 36 (2) : 57.
- [8] 国家发展改革委. 全国碳排放权交易市场建设方案 (发电行业) [EB/OL]. [2020-01-18]. <http://qhs.mee.gov.cn/tscjs/201904/P020190419528391772305.pdf>.
- [9] International Organization for Standardization. ISO/TC 265: Carbon dioxide capture, transportation, and geological storage[EB/OL]. [2020-01-18]. <https://www.iso.org/about-us.html>.

Canadian Carbon Capture, Usage and Storage Technology and the Corresponding Cooperation with China

HU Xuan

(China Power International Development Limited, Beijing 100080)

Abstract: Canada is one of the global leaders in the field of carbon capture, usage and storage (CCUS). This country built the world's first commercial-scale, coal-fired carbon capture and storage electricity project and lately fostered a complete CCUS industry chain, which included several CCUS innovation clusters. This paper introduces the main technical and industrial achievements of Canadian CCUS industry, based on which the priorities of its technology are concluded. This paper also identifies the key problems that China has to face in the process of CCUS technology transferring from Canada. Some recommendations are put forward in the end of this paper.

Key words: Canada; CCUS; industry