

二氧化碳捕集利用与封存项目纳入碳市场的现状、挑战与对策

翟明洋¹, 周长波^{1*}, 张永波¹, 李广宇¹, 王幸智¹, 王晓萌¹, 刘晓宇¹, 李明奎²

(1. 生态环境部环境发展中心, 北京 100029; 2. 中国人民大学, 北京 100872)

【摘要】 二氧化碳捕集、利用与封存 (CCUS) 被认为是燃煤和燃气电厂以及钢铁、水泥和石化等行业实现碳中和的重要技术选项, 而碳市场则是重要的市场化减排机制, 提高两者的衔接水平, 对于我国“双碳”目标的实现具有重要意义。通过总结国际上 CCUS 项目与碳市场衔接的成功经验, 可以为我国 CCUS 项目与碳市场衔接提供相关借鉴。本文系统梳理了国内外 CCUS 项目纳入碳市场的立法、激励政策、CCUS 减排核算方法学研究情况, 识别出我国在 CCUS 项目与碳市场衔接方面尚存在法律支撑不足、缺乏激励政策以及 CCUS 项目碳减排核算方法不准确等一系列问题, 最后提出多项建议以推动我国 CCUS 项目与碳市场的衔接: ①完善碳市场监管和法律体系, 促进 CCUS 与碳市场衔接; ②研判 CCUS 优先领域, 分阶段促进不同行业 CCUS 项目纳入碳交易市场; ③强化政策激励, 打通 CCUS 与碳市场衔接的投融资与成本疏导路径; ④分阶段完善碳交易市场建设, 充分发挥碳市场金融属性促进 CCUS 与碳交易市场衔接; ⑤建立完善的监测、报告和核查 (MRV) 标准体系和证书制度, 保证 CCUS 项目减排量核证的准确性和规范性。

【关键词】 碳中和; 碳捕集、利用与封存; 碳市场; 自愿核证减排量; 证书制度

【中图分类号】 X324; X24

【文章编号】 1674-6252 (2023) 06-0087-07

【文献标识码】 A

【DOI】 10.16868/j.cnki.1674-6252.2023.06.087

引言

当前我国是以化石能源为主的国家, 特别是电力、石油化工等行业主要依赖化石能源, 而大量化石燃料的使用将必然导致温室气体排放的持续增长。鉴于新能源难以在短期内替代传统化石能源, 我国不得不在继续保持传统发电绝对量的前提下, 寻求一种能够降低温室气体排放的新型技术。碳捕集、利用与封存 (Carbon Capture, Utilization and Storage, CCUS) 技术则是一种与火力发电、油气开采和石油化工相结合的减排技术^[1], 该技术能够将 CO₂ 从能源利用、工业过程等排放源捕集分离, 通过罐车、管道、船舶等输送到适宜的场地加以利用或封存, 最终实现 CO₂ 的减排^[2]。据预测, 随着 CCUS 技术进步和商业化应用, 到 2050 年, CCUS 的减排潜力可达全球碳排放总量的 33%^[3], 碳减排效果远远高于其他方式。正是在这种

背景下, CCUS 被认为是最有可能实现化石能源大规模低碳化利用的新兴技术, 其也将成为中国未来实现碳减排和保障能源安全的重要战略技术选择。我国自 2006 年开始出台 CCUS 相关政策, 有效推动了 CCUS 技术和产业发展。2021 年 10 月 24 日, 国务院印发《2030 年前碳达峰行动方案》, 将 CCUS 技术列为绿色低碳科技创新行动之一, 提出开展低成本 CCUS 技术创新, 建设全流程、集成化、规模化 CCUS 示范项目。但与国际先进技术和发展状况对比, 我国 CCUS 发展仍然存在一定差距。发展 CCUS 技术可以为国家低碳发展提供有力支撑, 碳市场则是重要的市场化减排机制^[4], 碳市场碳价反映碳排放外部成本, 可以引导私人投资优化资源配置、调剂资金流向、促进环境制定政策等推动 CCUS 发展, 两者的衔接可以实现协同促进, 共同助力实现碳中和^[5]。

资助项目: 生态环境部环境发展中心科技发展基金项目“全国碳市场数据质量监管体系优化路径研究”(ZRZXJJ-202208)。

作者简介: 翟明洋 (1988—), 男, 高级工程师, 研究方向为应对气候变化、能源化工行业绿色低碳技术及碳市场研究, E-mail: zhaimingyang@edcmep.org.cn。

*** 责任作者:** 周长波 (1973—), 男, 研究员, 研究方向为绿色低碳生产政策、标准和技术等, E-mail: zhoucb@edcmep.org.cn。

1 文献综述

我国是温室气体排放大国,根据2020年联合国环境规划署最新发布的《碳排放差距报告》,中国温室气体排放量占全球总排放的26.7%^[6]。2020年9月,国家主席习近平关于中国将“力争二氧化碳排放于2030年前达到峰值、努力争取2060年前实现碳中和”的宣示为中国经济和社会发展的深刻变革提出了清晰的愿景和时间表^[7]。CCUS作为重要的负排放技术,未来可有效服务我国经济体系的低碳转型,因而全国碳市场的制度建设和配套规则应为CCUS技术的融入提供重要衔接。随着碳排放约束的力度不断加大,碳排放成本不断提高,必然倒逼行业中部分企业寻求更加高效的技术进行减排,CCUS技术很可能成为使用化石能源行业实现深度减排的最佳减排工具。目前,国外已经积极开展CCUS项目与碳市场的衔接实践,欧美国家始终在积极开展推动CCUS技术纳入碳市场的探索,并在实践层面进行了一系列值得借鉴的制度设计。在碳达峰与碳中和目标的约束下,我国未来也需要将CCUS这样的负排放技术通过有效的途径纳入碳市场建设当中,通过总结国际上CCUS项目与碳市场衔接的成功经验,可以为我国CCUS项目与碳市场衔接提供相关借鉴。本文通过总结国外将CCUS项目纳入碳市场的案例经验,结合我国CCUS项目和碳市场的发展现状,探讨在碳中和背景下CCUS技术与碳市场衔接过程中的关键问题,并探索推动CCUS纳入碳市场的具体方法,将有利于进一步发挥CCUS项目在碳中和进程中的积极作用,助力我国实现碳中和。

1.1 CCUS项目纳入碳市场的立法现状

目前,欧盟和美国在将CCUS项目纳入碳市场的过程中均进行了各自的探索,并且二者都建立了较完善的CCUS技术法律体系,但在如何与碳市场进行衔接的问题上,欧盟与美国对CCUS技术持有不同的态度。

欧盟最早开启碳市场实践并对CCUS技术进行立法,但其始终没有完全将CCUS项目运营商纳入统一碳市场当中,并且对CCUS技术的大规模商业推广持谨慎态度。欧盟于2009年4月6日通过2009/31/EC指令,即著名的《二氧化碳地质封存指令》(下文简称《CCS指令》)。在法律协调上,该指令明确了CCUS项目活动的法律地位,要求二氧化碳的捕获必须获得欧盟《综合污染预防与控制指令》(2008/1/EC

指令)下的许可证,而是否颁发许可证取决于CCS活动环境影响评价的结果。此外,欧盟还修改了《大型燃烧工厂指令》(2001/80/EC指令),要求适合进行CCS项目建设的发电厂必须预留空间。在CCS运行规则方面,《CCS指令》针对二氧化碳运输、选址和探勘、许可证申请和要求、封存地点的运营、封存责任及法律责任转移,以及项目应急措施等方面进行了详细规定。欧盟碳排放交易立法对CCUS项目进行了衔接规定,但是整体上将CCUS项目引入碳排放交易市场处于缓慢发展阶段^[8]。总体来看,欧盟的做法是通过直接立法建立对CCUS技术项目开发和全流程的广泛管理。授权CCUS项目用作示范和渐进式推广,并从已有碳配额池中划拨一部分支持符合技术标准和透明度要求的CCUS项目,碳市场事实上发挥了财政补贴作用。

美国是较为重视CCUS项目技术研发推广及与碳排放交易衔接的国家。美国于2005年《能源政策法》专门规定了关于碳捕获研究与发展计划,在2007年的《能源自主和安全法》专章规定了CCUS的研发与推广。近些年,美国的加利福尼亚州(简称加州)政府也在此背景下修改了《全球变暖法》(AB32),通过颁布条例推出全球首个基于CCUS项目减排的碳市场规则^[9],即低碳燃料标准制度(Low Carbon Fuel Standard, LCFS)。加州政府于2018年对LCFS条例进行了大幅修订,其中允许满足CCUS项目减排规则的运营商成为LCFS制度的参与主体,从而获得可用于市场交易的减排量,该条例可以利用LCFS制度的市场手段对CCUS项目的开发起到经济激励的作用。2019年1月,修改后的LCFS条例正式生效,LCFS制度内容的扩展对通过市场手段促进CCS项目开发量增加发挥了强有力的经济激励作用。CCS项目运营商限定为两类主体:一类是纳入企业,它们要承担强制履约义务,包括各类炼油厂和油气生产设施,其将实施的CCS项目必须分别申请炼油厂投资减排量计划及创新原油供应商项下的减排量,CCS减排规则具体规定了对于这类项目的规模、地点和时间限制。另一类则属于通过投资CCS项目而加入LCFS碳市场的运营商,它们不需要承担碳市场的强制履约义务,而仅仅通过投资CCS项目获得减排量,用于碳市场销售并获取经济收益^[6]。

对比国外,一方面,我国的碳市场自身体系建设依然处于起步阶段。《碳排放权交易管理暂行条例》处于征求意见阶段,生态环境部正式发布了《碳排放权交易管理暂行办法(试行)》,规定2021年符合要求的火电厂将全面纳入碳排放约束管理。目前也仅有

生态环境部出台的部门规章,更高位阶的行政法规仍然有待通过。作为碳市场法律上位法的国家《应对气候变化法》或《低碳经济促进法》仍然有待纳入未来的立法规划之中^[10]。另一方面,CCUS项目与碳市场衔接规则之间仍然存在空隙。当前的《温室气体自愿减排暂行管理办法》并没有纳入具体的CCS技术减排规则,这也会直接影响控排企业或其他参与者投资CCUS技术并获得减排收益^[11]。

1.2 CCUS项目纳入碳市场衔接的激励政策情况

为了推动CCUS项目与碳市场的有效衔接,加拿大阿尔伯塔省及美国等地区都出台了相应的支持政策,通过CO₂减排核证量奖励或税收补贴等形式鼓励CCUS项目的实施,大大提升了利益相关者对CCUS项目投资的积极性。

加拿大阿尔伯塔省政府出台了特殊的支持政策,对辖区内的CCUS项目,通过阿尔伯塔排放抵消体系(Albert Emission Offset System, AEOS)可给予项目基于减排量的两倍核证量的奖励,如某CCUS项目每年可以实现50万t的CO₂减排量,那么在AEOS中,该项目的核证减排量为100万t CO₂。这提高了CCUS项目利益相关者对该技术的信心。再加上阿尔伯塔省油气开采和石油炼化行业发达,与CCUS项目的契合度较高,综合各方面因素,促进了该地区CCUS项目与碳市场的衔接。

2010年,美国专门针对CCUS项目颁布了相关激励政策,即Form-45Q,直接给CCUS项目提供税收补贴,2018年修订后进一步提高了补贴力度。现在,对于提高石油采收率和其他带来减排效果的CO₂利用项目,补贴35美元/t CO₂封存或利用量(最初为10美元/t);而对于纯粹地质封存的项目,则给予50美元/t CO₂封存补贴(最初为20美元/t)。该政策极大地提高了能源行业对CCUS项目投资的积极性,推动了CCUS项目的大规模部署。

综合加拿大及美国的相关经验来看,CCUS项目的核证减排量可以在碳市场中进行交易或直接用于企业税收补贴。而我国虽然已经建立了用于碳市场的国家核证自愿减排量(Chinese certified emission reduction, CCER)制度,许多可再生资源及林业碳汇等项目可以通过备案认证用于抵消企业的碳排放。但由于我国碳排放相应制度建设刚刚起步,且CCUS项目本身具有其特殊性,目前国内还没有将CCUS项目与碳市场进行有效衔接的政策激励案例。

1.3 制定CCUS减排核算方法学研究现状

碳排放监测、报告和核查(Monitoring, Reporting and Verification, MRV)体系是构建碳市场的基础的环节,是企业或项目对内部碳排放水平和相关管理体系进行系统摸底盘查的重要依据。CCUS项目对整体碳减排的实际贡献量也需要尽快核算和报告。建立CCUS全流程碳核算方法体系,是检验减排效果、开展碳市场交易、兑现政府激励及惩戒违规排放的基础。目前国内外在CCUS温室气体排放核算出台了一些更偏向宏观层面的指导性的、框架式的规范或CCUS各个某个技术环节减排核算方法。

目前《2006年IPCC国家温室气体清单指南》第2卷《能源》提出了CCUS实施中的碳排放核算方法指南^[12]。在《二氧化碳捕集、运输和地质封存的量化和审核技术报告》(ISO/TR27915:2017)中介绍了国际上几种关于CCUS核算的方法学,并分别讨论了它们的差异与适用条件^①。2018年12月19日,欧盟委员会出台《温室气体排放监测和报告条例》(欧盟EU2018/2066),其中第21至第23条中给出指令2009/31/EC确定二氧化碳捕获活动、运输及地质封存产生的温室气体排放量。美国《加州CCUS执行报告》梳理了CCUS技术在加利福尼亚州的实施现状,报告第5章提到了二氧化碳地质封存的监测、验证和报告(MVR)方法。《澳大利亚设施排放评估技术指南》中给出了计算澳大利亚设施层面排放量的方法,其中包含了CCS各环节的泄漏排放量化方法和对于数据的监测要求。由澳大利亚政府发布并于2021年10月1日生效的《2021年碳信用(碳农业倡议—碳捕集和封存)方法学》中给出CCS各环节排放量的初步计算方法。加拿大Blue Source Canada ULC 2010年发布《Quest碳捕集与封存项目》,其中第1卷附录K《量化Quest碳捕集与封存(CCS)项目的温室气体减排效益》中给出Quest项目CCS全流程碳排放核算边界和核算结果^[13]。Ma等针对中石化胜利油田开展的CCUS项目,讨论了中国CCUS项目验证和量化地下封存CO₂的方法并给出核算步骤^[14]。

虽然我国已建立温室气体清单编制的技术标准并在多个领域实施,但因排放因子的行业性、区域性差异较大,很多领域因缺乏量化的技术方法而导致无法开展核算工作。我国目前颁布的24个重点行业温室气体排放核算和报告指南中,只有化工、石化等行业

① 具体参见ISO/TR 27915:2017 Carbon dioxide capture, transportation and geological storage-Quantification and verification[S]. 2017。

提到了在核算时要扣除外供给其他企业的 CO_2 ，此外并没有 CO_2 捕集、运输、封存过程温室气体排放量化方法的描述，仍缺乏采用 CCUS 技术进行减排的温室气体量化方法。

2 CCUS 项目衔接碳市场的现状与挑战

2.1 中国 CCUS 项目融入碳市场的法律体系仍不健全

当前我国的碳市场自身法律体系建设处于初始起步阶段。作为国家最为重视的碳排放交易立法，目前仅有生态环境部出台的部门规章，更高位阶的行政法规尚有待通过。作为碳市场法律上位法的国家《应对气候变化法》或《低碳经济促进法》还有待纳入未来的立法规划之中。

CCUS 技术与碳市场之间的衔接仍然存在法律空隙。由于 CCUS 技术未来可以用在基于项目的温室气体减排方面，碳排放交易法律除需对项目减排进行参与主体、项目类型和纳入比例等提出要求之外，仍然需要针对配套项目减排实施规则进行更新。由国家发展改革委修订的《温室气体自愿减排交易管理暂行办法》虽然为全社会自觉参与碳减排活动奠定了一定的技术和规则基础，但其并没有纳入具体的 CCUS 技术减排规则，这也会直接影响控排企业或其他参与者投资 CCUS 技术并获得减排收益^[11]。

2.2 缺乏激励政策影响 CCUS 项目与碳市场衔接的积极性

目前国外高度重视 CCUS 项目并出台了相关经济激励措施，推动 CCUS 项目与碳市场衔接。例如，美国和加拿大等地制定了 CO_2 减排核证量奖励或税收补贴等激励政策，这些政策极大地提高了能源行业对 CCUS 项目投资的积极性，推动了 CCUS 项目的大规模部署。

而当前我国 CCUS 项目普遍处于示范或商业化示范早期阶段，现阶段 CCUS 技术成本偏高。根据 2019 年发布的中国 CCUS 报告的相关测算结果，燃煤电厂（低浓度源）和煤化工企业（高浓度源）的 CO_2 捕集成本分别为 300 元/t 和 180 元/t，罐车运输成本为 0.9~1.4 元/(t·km)。封存技术的成本因技术水平、气源来源、源汇距离等不同而差异较大，CCUS 全流程成本达 300~400 元/t，远高于我国碳市场交易均价 20~30 元/t^[15]。当前我国企业的 CCUS 节能减排收益仍无法得到充分体现，需要有效的激励政策推动

CCUS 与碳市场的进一步衔接。

2.3 清晰、准确的 CCUS 碳减排核算方法学空缺导致 CCUS 与碳市场衔接困难

碳减排核算方法学能够为 CCUS 项目减排的科学量化提供支持，也是推动 CCUS 项目纳入碳市场的重要基石。我国当前推动 CCUS 与碳市场衔接中缺乏清晰准确的碳减排核算方法学，影响了 CCUS 项目碳减排核算的准确性，主要体现在以下几个方面：

2.3.1 碳捕集工艺技术核算边界模糊

CCUS 项目往往需要跨越多个行业，各个企业由于自身技术流程的差异，所采用的碳捕集技术不同，能耗和捕集效率也有所差异。由于应用碳捕集技术一定会产生额外的能耗（如用电、用热、用水等），额外能耗产生的排放量应在核证排放量中扣除，即使对额外能耗产生的碳排放也进行了碳捕集，这部分的捕集量也不应该纳入核证减排量中。集群和枢纽建设是未来 CCUS 项目发展的趋势，当涉及多个企业参与同一个 CCUS 集群项目时，每一个企业都会由于应用不同的碳捕集技术而产生额外的能源消耗，同一个 CCUS 集群项目下，需要核算和区分不同碳捕集源的实际减排量。前述多行业不同技术的选用带来了核算边界模糊的问题，极大制约了核算的准确性。

2.3.2 CO_2 封存技术环节核算不准确

一般来说，利用 CO_2 强化地质资源开采封存利用项目，在向地质构造中注入 CO_2 后，会有一部分 CO_2 与各类地质资源一同采出，而该部分 CO_2 不仅包括一些项目向地下注入的 CO_2 ，还可能包括一些天然存在于储层里的伴生 CO_2 气体，导致项目 CO_2 核算得不准确。此外，在应用 CO_2 开展地质利用项目时一定会加装新的设备，从而产生额外能耗，额外能耗对应的碳排放应当从项目减排量核算中扣除。而前述情况在当前的碳减排核算方法学中都缺乏清晰全面的指导规则，直接影响着核算结果的准确性。

2.3.3 CCUS 项目核证减排量存在双重计算

在我国现有碳市场交易试点体系下，开展 CCUS 项目建设的企业如果将 CCUS 项目用于自身减排量计算，则不允许进行 CCER 项目申请。目前国内已成立了专门负责各行业 CCUS 项目开发的公司，可以通过将 CCUS 项目申请 CCER 后售卖给企业进行减排。这就可能引发双重计算问题，即 CCUS 项目的实施企业可以宣称通过 CCUS 项目实现了减排效果，同时企业又可

以通过购买专业公司获得已备案的核证减排量进一步抵消其碳排放，导致 CCUS 项目核证减排量的双重计算。

2.3.4 缺乏适合我国国情的 CCUS 减排核算标准规范体系

我国已发布《工业企业温室气体排放核算和报告通则》以及发电、钢铁、民航、化工、水泥等 10 个重点行业温室气体排放核算的国家标准，有效推动了碳市场针对不同行业开展温室气体核算和开展碳交易。但是当前国家标准还缺乏对 CCUS 项目的减排核算指导。鉴于 CCUS 技术涉及的技术链条长、领域广，不同行业的相关技术发展速度不同步等特点，急需针对不同行业 CCUS 项目的发展特点，对温室气体核算标准指南进行补充完善。而且，目前国内针对 CCUS 项目也缺乏有效的核算认证体系，不能准确规范地核定 CO₂ 减排量，给 CCUS 项目与碳市场的衔接带来一定的阻碍。

3 我国 CCUS 项目纳入碳市场策略建议

3.1 构建碳市场监管体系和法律建设，促进 CCUS 与碳市场衔接

为确保 CCUS 项目平稳纳入碳交易市场，应加强和统一对碳市场金融属性在碳市场和碳金融产品市场监管，建议生态环境部和金融主管部门做好分工及合作。建议生态环境部主要负责碳配额总量以及交易体系的规则整体设计，监管碳配额交易市场和未来可能重启的 CCER 交易市场，在碳配额交易市场生态环境部重点监管内容包括碳排放数据核算、报告与核查、碳配额分配与清缴、碳配额交易监管，在 CCER 市场重点监管 CCER 项目开发及交易。金融主管部门重点监管在碳配额和 CCER 基础上衍生的碳金融产品市场，其中人民银行重点监管碳资产抵质押融资等碳金融产品市场，证监会重点监管碳期货等碳金融产品市场，银保监会重点监管碳保险等碳金融产品市场。同时未来碳配额市场随着覆盖行业、参与主体的扩容，交易规模和流动性将显著提升，根据欧盟碳市场的经验，碳配额市场交易规模提升可能伴随而来的是交易投机与欺诈风险也将上升，金融主管部门在监管交易投机与欺诈风险方面更有经验，应将金融主管部门也纳入对碳配额交易市场的监管。生态环境部作为碳市场建设的牵头单位，应协调金融部门做好碳配额市场和碳金融市场的监管工作。综合来看，碳市场中存在排放流、资金流、信息流，生态环境部主要负责监管碳市场中的排放流与碳配额市场的资金流，金融主管部门

主要负责碳金融产品市场的资金流。同时碳金融市场由于有投资者的监督，能够反馈额外信息给生态环境部帮助对控排企业进行监管。

将 CCUS 技术融入碳市场需要在不同层面加强法律体系的建设。在国家层面，可将大型 CCUS 项目纳入国家自愿减排机制，修订《温室气体自愿减排交易管理暂行办法》相关条款，支持大型能源企业、金融机构等投资 CCUS 项目；地方层面可以探索选择运行良好、碳价较高的区域碳市场，通过修改地方碳排放交易立法，直接将 CCUS 项目运营方纳入其中，并允许一些有实力的大企业投资 CCUS 项目，以抵消其在区域碳市场中的义务，剩余减排量可以存储或出售。从 2060 年实现碳中和远景目标来看，我国需要加快构建碳减排法律体系。在制定《应对气候变化法》的背景下，我国需要提高碳市场管理的立法层级，其至少应该是行政法规，以 CCUS 技术为代表的负排放手段也应该写入碳市场立法。同时，生态环境部门还应引入和实施具体的减排规则，将 CCUS 技术纳入碳市场。另外，需要考虑其他 CCUS 项目参与者的利益分配问题，可以通过修改企业所得税法、增值税法等相关法律，在相关税收条款中增加针对 CCUS 项目开发商缓征、经营所得减免税、加速折旧等优惠性规定，来激发其投资 CCUS 项目的热情。

3.2 研判 CCUS 优先领域，分阶段推动不同行业 CCUS 项目纳入碳交易市场

CCUS 技术发展需要立足中国能源结构和化石能源资源禀赋基本国情，加强统筹规划布局。明确中国实现碳中和目标不同阶段的 CCUS 技术战略定位，将其纳入国家实现碳中和目标重大战略中进行统筹考虑。未来我国的发展应参考 IEA 预测 CCUS 的发展，可以大致分为三个阶段：第一阶段是 2030 年之前，重点将放在已有发电厂和工业过程的碳捕集，比如煤电、化学制品、肥料、水泥以及炼钢冶金。第二阶段为 2030—2050 年，CCUS 部署将快速增加，尤其是在水泥、钢铁和化工产业中，将占到这个阶段中碳捕集增量的近三分之一。生物质能—碳捕集与封存（BECCS）的部署也将快速增加，占到 15%，尤其是在发电和低碳生物燃料方面。第三阶段是 2050—2070 年，捕集比前一阶段增长 85%，其中 45% 来自 BECCS，15% 来自空气中直接捕获。

根据不同行业对 CCUS 技术的减排需求以及 CCUS 技术发展的成熟度，开发构建面向 CCUS 技术全链条的 CCER 核算方法学和监测方法学，探索将

CCUS 纳入碳交易市场。按照全国碳市场规划,可以首先在 2030 年前对电力行业,细分不同发电企业类型,如煤电、天然气发电、垃圾焚烧发电等,制定具体的核算方法,尤其需要关注因加装 CCUS 设施而导致的额外排放问题。以此为基础,在 2030—2050 年探索石化、钢铁水泥等行业 CCUS 项目纳入碳市场的机制和流程。

3.3 分阶段完善碳交易市场,充分发挥碳市场金融属性促进 CCUS 与碳交易市场衔接

在短期(未来 2 年)内全国碳市场仍处于建设初期,应着力推动碳市场扩容,使市场流动性有实质性提高。碳市场扩容工作有以下几层内涵:一是推动控排行业扩容。在提升碳排放数据质量基础上,加快将钢铁等高碳排放行业纳入全国碳市场,要明确纳入其他高碳排放行业的时间表和路线,并在此基础上分步骤按照“成熟一个核算一个”的原则分批将高碳排放行业相关 CCUS 项目纳入全国碳市场。二是推动将金融机构、非控排企业纳入碳配额交易市场,这有利于提高碳市场流动性和价格发现功能。做好非控排主体进入碳市场的交易制度、风险管控等一系列政策研究和储备,在合适时机尽快推动将非控排主体纳入全国碳市场。三是丰富交易产品类型,尤其是加快重启 CCER 市场,使其与全国碳市场形成有益补充。

在中期(未来 3~5 年)应着力发展碳金融市场,在参与主体层面,导致能源类企业 CCUS 项目观望情绪较重、参与碳交易积极性不高的主要原因是企业对自身减排潜力没有清晰认知,以及缺乏完善的碳资产管理和交易策略。建议在中期内整合目前已有的碳交易员等考试类型或与人社部合作设立新的碳市场准入资格考试,对全国碳市场的参与企业设置强制的培训和准入考试要求,规定企业必须有 1~2 个通过相应考试的持证人方能参与碳市场交易,以有效解决企业参与碳市场能力不足的问题。除此之外,中期应探索引入拍卖机制,研究推出配额拍卖的实施细则,未来在经济形势转好、条件合适的时候,探索引入碳配额拍卖分配机制,通过市场手段鼓励企业采取 CCUS 技术手段实现深度减排,弥补企业减排的高昂成本;其次,探索引入做市商机制,金融机构除作为做市商外,还可以提供控制排放企业管理等中介服务,建议制定相关标准引导金融机构更好地提供经纪、代客管理等中介服务。

在长期(未来 6~10 年)内,建议国家进一步完善碳配额总量与分配长效管理机制,收紧碳配额总量,发展多层次的碳市场。探索全国碳市场与国际碳市场

联通,增强全国碳市场碳定价的影响力。建议长期内碳配额总量递减速率,优化制定碳配额分配方案,使之与顺利如期实现“双碳”目标保持一致。长期碳市场和碳金融市场已基本发展成熟,各参与方充分发挥自身作用。其中控排企业主要参与碳配额市场交易进行履约,也可以通过 CCUS 项目减排参与 CCER 市场交易获得 CCER。此外非控排企业还能向控排企业提供碳资产交易、咨询等服务。金融机构的角色也更加多元化,不仅可以直接参与碳配额和碳期货交易,还可以做市商身份参与碳配额交易,并能够向控排企业提供碳资产交易、咨询、金融和经纪等服务。

3.4 强化政策激励,打通 CCUS 与碳市场衔接的投融资与成本疏导路径

在我国 CCUS 技术发展早期无疑需要政府的大力投入和财政补贴支持。随着 CCUS 技术的逐渐成熟,推广 CCUS 技术必然要从资金支持过渡到完全的市场竞争。建议采取以下措施打通 CCUS 与碳市场衔接的投融资与成本疏导路径:将 CCUS 纳入产业和技术发展目录,打通金融融资渠道,为 CCUS 项目优先授信和优惠贷款;建立适合我国国情的 CCUS 补贴激励政策,制定 CCUS 减排碳定价机制,在配额分配机制上提供激励,推动 CCUS 碳减排量的认定;推进 CCUS 项目形成的 CCER 优先进入国内碳排放权交易市场,逐渐形成投融资不断增加、成本持续降低的良性循环格局;通过减免采油特殊收益金、对部署 CCUS 的电厂优先分配发电量和进行绿色电力认证等适合中国国情的政策性激励手段,以及设立 CCUS 专项基金等方式打通 CCUS 产业低成本投融资渠道;鼓励 CCUS 各技术环节的利益相关方通力合作,促进形成适合中国国情的有效商业模式。

3.5 持续完善 CCUS 项目 MRV 标准体系和证书制度,保障 CCUS 项目标准化和规范化

为推动 CCUS 项目在碳市场有效流通,建议碳交易主管部门建立标准化的 CCUS 项目证书管理体系,给予通过官方备案的 CCUS 实施企业颁发特定的“CCUS 项目减排证书”,强调该证书仅在碳市场使用,即帮助企业进行配额履约或作为 CCER 进行交易,企业可以自行选择或在下一个履约期前进行转换,从而进一步对 CCUS 项目进行规范化和标准化管理。

4 结论

当前 CCUS 被认为是燃煤和燃气电厂以及钢铁、

水泥和石化等行业实现碳中和的重要技术选项。而碳市场则是重要的市场化减排机制,碳交易可以通过优化资源配置、调节资金流向、促进环境政策制定等方式推动 CCUS 发展。探究将 CCUS 技术纳入碳市场,提高两者的相互促进作用,对于我国“双碳”目标的实现具有重要意义。本文提出多项建议以推动 CCUS 项目与碳市场进行衔接:①构建碳市场监管体系和法律建设,促进 CCUS 与碳市场衔接;②研判 CCUS 优先领域,分阶段促进不同行业 CCUS 技术纳入碳交易市场;③强化政策激励,打通 CCUS 与碳市场衔接的投融资与成本疏导路径;④分阶段完善碳交易市场建设,充分发挥碳市场金融属性促进 CCUS 与碳交易市场衔接;⑤建立完善的 MRV 标准体系和证书制度,保证 CCUS 项目减排量核证的准确性和规范性。

参考文献

- [1] 范英,朱磊,张晓兵.碳捕获和封存技术认知、政策现状与减排潜力分析[J].气候变化研究进展,2010,6(5):362-369.
- [2] 钟骅.面向未来的二氧化碳捕集、利用和封存技术[J].中国工业和信息化,2022(S1):16-22.
- [3] STANGELAND A. A model for the CO₂ capture potential[J]. International journal of greenhouse gas control, 2007, 1(4): 418-429.
- [4] 翁智雄.中国实现碳中和远景目标的市场化减排机制研究[J].环境保护,2021,49(3-4):66-69.
- [5] 翁智雄,吴玉锋,李伯含,等.征收差异化行业碳税对中国经济与环境的影响[J].中国人口·资源与环境,2021,31(3):75-86.
- [6] 潘晓滨.碳中和背景下碳捕获与封存技术纳入碳市场的立法经验及中国启示[J].太平洋学报,2021,29(6):13-24.
- [7] 于宏源.《巴黎协定》、新的全球气候治理与中国的战略选择[J].太平洋学报,2016,24(11):88-96.
- [8] 彭峰.碳捕捉与封存技术(CCS)利用监管法律问题研究[J].政治与法律,2011(11):18-26.
- [9] TARUFELLI B, SNYDER B, DISMUKES D. The potential impact of the U.S. carbon capture and storage tax credit expansion on the economic feasibility of industrial carbon capture and storage[J]. Energy policy, 2021, 149: 112064.
- [10] 林红珍,白胜庆.促进我国低碳经济发展的法律保障研究[J].理论界,2013(9):88-90.
- [11] 姜冬梅,刘庆强,佟庆.相似的经历相同的结局?—以 CDM 为基础分析我国温室气体自愿减排机制的发展趋势[J].生态经济,2018,34(2):14-17,29-29.
- [12] IGES. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006[R]. Japan: IGES, 2008.[14] ISO/TR 27915:2017 Carbon dioxide capture, transportation and geological storage-Quantification and verification[S]. 2017.
- [13] Appendix K: Quantifying the GHG Reduction Benefits from the Quest Carbon Capture and Storage (CCS) Project[R]. Blue Source Canada ULC, 2010.
- [14] MA J F, YANG Y, WANG H F, et al. How much CO₂ is stored and verified through CCS/CCUS in China?[J]. Energy procedia, 2018, 154: 60-65.
- [15] 生态环境部环境规划院,中国科学院武汉岩土力学研究所,中国 21 世纪议程管理中心.中国二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)年度报告(2021)—中国 CCUS 路径研究[R].生态环境部环境规划院,中国科学院武汉岩土力学研究所,中国 21 世纪议程管理中心,2021.

Current Status, Challenges and Countermeasures for Carbon Dioxide Capture, Utilization and Storage (CCUS) Projects Linking Carbon Emission Trading Market

ZHAI Mingyang¹, ZHOU Changbo^{1*}, ZHANG Yongbo¹, LI Guangyu¹, WANG Xingzhi¹, WANG Xiaomeng¹, LIU Xiaoyu¹, LI Mingkui²
(1. Environmental Development Center, Ministry of Ecology and Environment, Beijing 100029, China; 2. Renmin University of China, Beijing 100872, China)

Abstract: Carbon dioxide capture, utilization and storage (CCUS) is considered as an important technology option for achieving carbon neutrality especially for coal-fired and gas-fired power plants, as well as in the steel, cement and petrochemical industries. The carbon emission trading market is an important market-based emission reduction mechanism, and improving the connection level of the two is important for the achievement of China's dual carbon goals. This paper systematically reviews the legislation, incentive policies, and CCUS emission reduction accounting methodology of CCUS projects in the carbon market at home and abroad, and identifies a series of problems in the connection between CCUS projects and the carbon market in China, such as insufficient legal support, lack of incentive policies, and inaccurate carbon emission reduction accounting methods for CCUS projects. Finally, this paper proposes a number of recommendations to improve the connection between CCUS projects and the carbon market: ① improve the carbon market supervision and legal system, and thence promote the convergence of CCUS and carbon market; ② identify the CCUS priority areas and promote the integration of CCUS technology of different industries into the carbon trading market in stages; ③ strengthen policy incentives to open up the path of investment, financing and cost diversion for the interface between CCUS and the carbon market; ④ improve the construction of carbon trading market in stages, fully leverage the financial attributes of the carbon market to promote the connection between CCUS and the carbon trading market; ⑤ establish a comprehensive monitoring, reporting and verification (MRV) standard system and certificate system to ensure the accuracy and standardization of the certification of emission reductions from CCUS projects.

Keywords: carbon neutral; carbon capture, utilization and storage; carbon trading market; voluntary certified emission reductions; certification system