

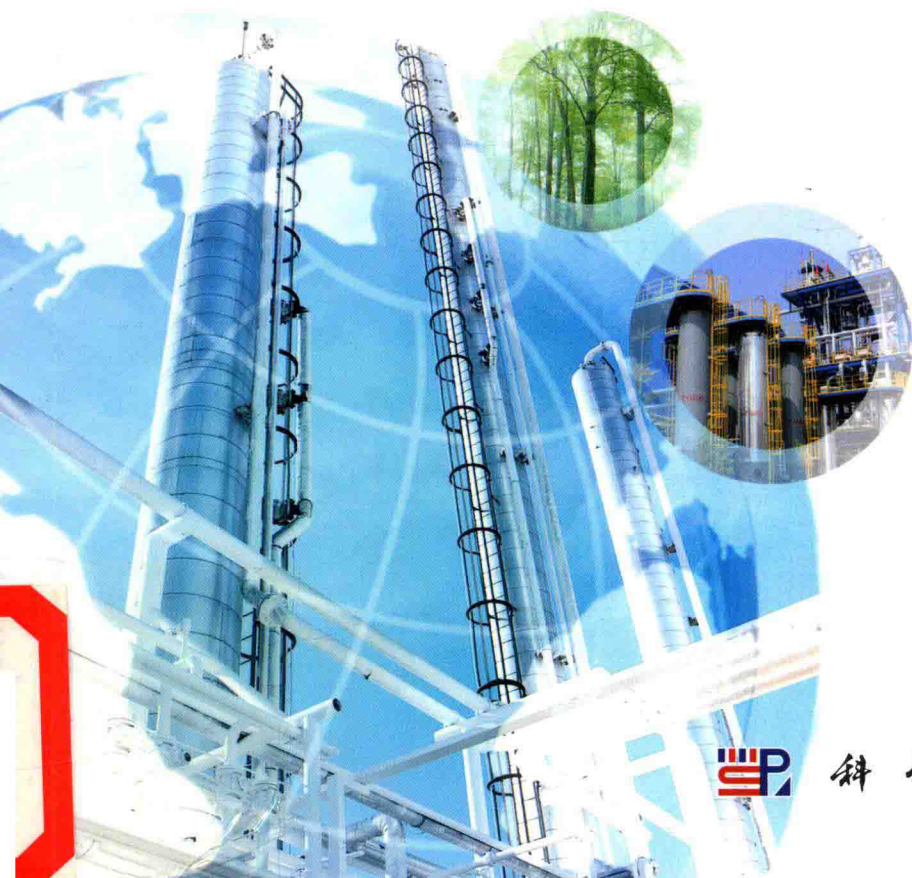


碳捕集、利用与封存技术进展丛书

THE GLOBAL INTELLECTUAL
PROPERTY ANALYSIS OF CCUS AND
ITS IMPORTANT TECHNOLOGIES

全球CCUS及其重要技术 知识产权分析

中国21世纪议程管理中心 编著



科学出版社



碳捕集、利用与封存技术进展丛书

THE GLOBAL INTELLECTUAL
PROPERTY ANALYSIS OF CCUS AND
ITS IMPORTANT TECHNOLOGIES

全球CCUS及其重要技术 知识产权分析

中国21世纪议程管理中心 编著

科学出版社
北京

内 容 简 介

本书结合我国的国情,从知识产权风险与技术研发及市场应用相结合的角度,较为系统地分析了碳捕集、利用与封存(CCUS)及其各阶段全球专利发展的总体态势、国别比较、技术分布、主要专利权人、热点专利等,提出CCUS关键技术清单,并针对乙醇胺法脱碳、压缩机、地质建模等重点技术开展专利权人、发明人、专利保护、机构合作、核心技术遴选等分析,同时还调研了欧美日技术转移转化模式,期望为我国CCUS技术研发与工程应用提供参考。

本书可供科研决策机构、行业管理部门、企业等使用,也可供电力、油田、地质、环境、气候、化工等领域的科研与教学人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

全球CCUS及其重要技术知识产权分析/中国21世纪议程管理中心编著.—北京:科学出版社,2016

(碳捕集、利用与封存技术进展丛书)

ISBN 978-7-03-048447-5

I. ①全… II. ①中… III. ①二氧化碳-收集-知识产权-研究-世界
②二氧化碳-利用-知识产权-研究-世界③二氧化碳-保藏-知识产权-研究-世界 IV. ①0613.71

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第119703号

责任编辑:王 倩/责任校对:邹慧卿
责任印制:张 倩/封面设计:无极书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年6月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2016年6月第一次印刷 印张:14 1/4 插页:2

字数:330 000

定价:88.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

本书得到“中欧煤炭利用近零排放合作项目”(NZEC)和中国清洁机制发展基金项目的资助

编写委员会

主 笔 张九天 魏 凤 余 翔 李小春

副 主 笔 张 贤 周 洪

主要编撰人员 (按姓氏汉语拼音顺序)

邓阿妹 冯 灵 高 林 侯鑫鑫

江 娴 李春美 李小春 梁 鹏

刘 珊 刘 鑫 柳朝晖 陆诗建

魏 凤 魏 宁 伍亚萍 尹聪慧

余 翔 张 奔 张 栋 张 贤

张九天 赵 德 周 洪

总序

工业革命以来的人类活动，尤其是发达国家在工业化过程中大量温室气体的排放，引起全球气候近 50 年来以变暖为主要特征的显著变化，对全球自然生态系统产生了显著影响。全球气候变化问题日益严峻，已经成为威胁人类可持续发展的主要因素之一，削减温室气体排放以减缓气候变化成为当今国际社会关注的焦点。

为避免对气候系统造成不可逆转的不利影响，世界各国必须采取有效措施减少和控制温室气体的产生和排放。在众多温室气体减排技术方案中，碳捕集、利用与封存（CCUS）技术是一项新兴的、可实现化石能源大规模低碳利用的技术，将可能成为未来全球减少二氧化碳（CO₂）排放和保障能源安全的重要战略技术选择。CCUS 技术可以与能效技术、新能源技术、可再生能源技术等共同形成更稳妥、更经济的技术组合，能够更有效地实现保障发展和应对气候变化的双重目标。

为推动 CCUS 技术的发展，目前全球已有多个国家开展了相关的技术研发和示范，一批全流程的商业规模示范正在筹备和建设中，一些国家和国际机构还提出了未来 20 年或更长时期该技术的发展路线和目标，CCUS 技术在全球范围呈现出加速发展的态势。

近年来，中国政府也对 CCUS 技术的发展给予了积极的关注，围绕相关技术政策、研发示范、能力建设、国际合作开展了一系列工作推动 CCUS 技术的发展：

（1）技术政策方面，《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》、《中国应对气候变化国家方案》、《中国应对气候变化科技专项行动》、《国家“十二五”科学和技术发展规划》等均将 CCUS 技术列为重点发展的减缓气候变化技术，积极引导 CCUS 技术的研发与示范。

（2）研发示范方面，从“十五”期间的技术跟踪和调研，到“十一五”期

间国家重大科技专项、国家主体科技计划围绕 CCUS 技术较系统的研发部署，公共研发投入的力度不断加大，支持范围从侧重单一技术环节的研究和中试，迈向支持工业规模的全流程技术示范；从侧重局部的 CO₂ 封存潜力评估，扩大到覆盖全国范围的封存潜力调查。

(3) 能力建设方面，积极推动建立产学研结合的 CCUS 技术合作平台。在科学技术部的动员和推动下，国内相关企业、研究机构、高校等正在酝酿成立“中国 CCUS 产业技术创新战略联盟”，将成为行业间、机构间开展 CCUS 技术研发与示范合作的平台。

(4) 国际合作方面，积极参与并推动 CCUS 技术相关多边和双边合作。中国是碳收集领导人论坛（CSLF）创始成员国之一，积极参与清洁能源部长级会议（CEM）框架下 CCUS 技术工作组、全球碳捕集与封存研究院（GCCSI）等合作机制的工作。CCUS 已成为我国双边科技合作的重点领域之一，近年先后与欧盟、美国、澳大利亚、意大利等国家和组织开展了全方位、多层次的 CCUS 技术合作。

尽管起步较晚，中国在 CCUS 技术方面都取得了长足进步。已经在上海建成了 10 万吨级燃煤电厂捕集示范，获得了与电厂热系统集成的宝贵经验；在吉林油田连续多年开展了提高采收率试验，充分验证了中国低渗油田采用 CO₂ 驱油技术的适宜性；在河北成功开展了微藻固定 CO₂ 制生物柴油中试，探索了 CO₂ 资源化利用的技术方向；在内蒙古开展的 10 万吨级咸水层封存示范已开始稳定注气，将为中国咸水层封存 CO₂ 积累宝贵工程数据和经验。这些不仅是中国 CCUS 技术发展的里程碑，也是中国为全球 CCUS 技术发展作出的重要贡献。

但是，从全球 CCUS 技术的总体发展来看，该技术仍处于研发和早期系统示范阶段，尚存在高成本、高能耗和长期安全性、可靠性待验证等突出问题。为解决这些问题，有必要进一步开展创新型技术的研发，降低 CCUS 技术系统的成本和能耗；有必要进一步加强全流程技术示范的开展，验证技术的应用效果并提升其成熟度；有必要推动形成科学的技术标准，保障 CCUS 技术应用的长期安全性；有必要探索建立有效的法律框架和监管体系，为全流程 CCUS 技术示范的开展和未来的应用提供保障。

为促进中国 CCUS 技术的发展，我们组织有关单位和专家编写了《碳捕集、利用与封存技术进展丛书》，包括《碳捕集、利用与封存技术——进展与展望》、

《中国碳捕集、利用与封存技术发展路线图研究》、《中国二氧化碳地质封存选址指南研究》等，旨在梳理和综述当前全球和中国 CCUS 技术发展现状，辨识 CCUS 技术未来发展的重点方向和路线，探索并提出 CCUS 技术相关政策、监管制度和标准的建议等。丛书凝聚了中国 CCUS 技术领域众多专家学者的智慧和心血，具有较强的参考价值，希望能对国内相关科研机构、有关企业以及相关领域的研究与实践起到积极的促进作用。

全球气候变化问题日益严峻，已经成为威胁人类可持续发展的主要因素之一。削减温室气体排放量以减缓气候变化成为当今国际社会关注的热点。在众多温室气体减排技术方案中，碳捕集、利用与封存（CCUS）是一项新兴的、可实现化石能源大规模低碳利用的技术。CCUS 是众多技术的集群，具有技术种类多、数量多、跨行业的复杂特性，同时它还具有维度性和阶段性特征并涉及众多的知识产权。随着 CCUS 的技术应用和工程启动以及国际合作研究项目的开展，中国面临较多尚待解决的技术难题和急需突破的核心技术，以及可能引发的知识产权问题。为此，摸底 CCUS 关键应用技术和中国拥有的知识产权具有重要的现实意义。

本书重点以 CCUS 从提出至今的发展过程中的专有技术为研究对象，使用文献调研法、层次分析法、分类法、专家咨询法、专利计量法等方法，开展以技术专利为主的 CCUS 技术知识产权分析。本书选择汤森路透集团的德温特创新索引（Derwent Innovations Index, DII）和 Innography 作为专利检索数据库，在相关文献调研和专家咨询的基础上，通过综合考虑相关技术领域关键词和有关分类号设定检索策略，并对检索结果进行人工清洗，从而获得检索分析工作的关键和基础——CCUS 专利数据库。

本书首先开展 CCUS 全球专利总体态势的分析，运用专利分析与计量、专利地图与可视化等方法，从 CCUS 专利的申请数量、技术领域、主要国家、专利权人等角度，对 CCUS 领域的技术创新与发展态势、专利布局等特点进行了分析，认为 CCUS 专利数量总体呈现增长趋势。尤其在近 10 年，多国专利数量都呈现不同程度的大幅上涨，相关技术创新增多，体现出国际社会对 CCUS 新兴领域的重视。

在分析 CO₂ 捕集与运输技术清单及其专利时，为梳理 CO₂ 捕集与运输技术的技术链，本书先对某油田 CCUS 预可研项目和某电厂 CCUS 预可研项目进行

了调研。在此基础上,结合专家咨询、文献调研和层次分析,梳理了 CO₂捕集和运输关键技术清单,这是进一步开展知识产权分析的基础。根据关键技术清单,对 CO₂关键捕集技术国内外发展程度进行了对比分析,并对 CO₂捕集与运输关键技术专利的国内外情况进行了整理和统计。

在分析 CO₂地质利用与封存技术清单及专利时,本书梳理了某油田地质利用与封存的技术链,开展 CCUS 地质利用与封存的关键技术清单与专利检索研究,摸清 CCUS 地质利用与封存技术流程以及各阶段使用的各类关键技术、方法、设备、材料等;建立较为完整的 CCUS 地质利用与封存关键技术清单表,为 CCUS 技术的应用提供参照;检索并建立全球 CO₂地质利用和封存专利信息数据库,了解并掌握关键技术的全球专利现状、分布(国家、时间、专利权人、机构等)、技术重点、核心专利等。

基于 CCUS 的捕集、运输、地质利用与封存的关键技术清单和专利的分析,本书对这些阶段的重点技术开展了专利分析。本书聚焦 CO₂捕集关键技术——MEA(单乙醇胺)相关技术,开展了全球 MEA 研发机构专利数量、技术领域热点、国家专利特点、专利权人、核心专利及机构间合作关系等方面的分析,揭示全球 MEA 专利技术的现状、发展趋势,反映了美、日、欧的 MEA 研发机构在专利技术上的竞争能力较强。

本书还聚焦 CO₂运输关键技术——CO₂压缩机,关注低成本、高效率压缩 CO₂气体的新技术,从年度专利变化、专利权人、技术领域、专利价值、重点专利等方面进行了分析,并对法国液化空气集团、通用电气的重点专利进行了分析,发现中国在技术研究范围上与全球大致相同,但技术发展水平较国外发达国家还有一定差距。

本书还关注了 CO₂利用与封存领域的地质建模与预测技术,从国际发展态势、技术分布、国家专利技术特点、专利权人合作和保护等角度,对全球地质建模与预测专利进行分析,发现中国与国外在该技术领域存在不小的差距,核心技术的缺乏将严重制约中国 CCUS 技术领域的发展和示范项目的开展。

在与国外机构开展国际合作的过程中,有必要探索建立 CCUS 知识产权的技术合作和技术转移机制。最后,本书通过研究创新技术转移模式的经验,学习跨国技术转移专业性机构的经验,结合技术转移法律政策,提出中国开展 CCUS 技术合作与转移的建议。

目 录 CONTENTS

总序
前言

001	第 1 章 绪论	
	1.1 CCUS 技术的发展	1
	1.2 CCUS 技术的分类与作用	2
	1.3 CCUS 技术的知识产权问题分析	11
	1.4 本章小结	14
015	第 2 章 CCUS 技术知识产权分析方法	
	2.1 研究对象	15
	2.2 分析方法	16
	2.3 全流程关键技术评价方案	16
	2.4 CCUS 专利数据库的说明	18
	2.5 本章小结	19
020	第 3 章 CCUS 技术全球专利总体态势分析	
	3.1 全球 CCUS 专利申请发展态势	20
	3.2 主要国家 CCUS 技术专利比较	21
	3.3 全球 CCUS 专利技术领域分布及侧重	23
	3.4 主要国家 CCUS 专利的技术分布与侧重领域	24
	3.5 近年来 CCUS 专利申请人变化分析	25
	3.6 本章小结	27
029	第 4 章 CO ₂ 捕集与运输技术清单及其专利分析	
	4.1 CO ₂ 捕集与运输项目技术链分析与构建	29
	4.2 CO ₂ 捕集与运输关键技术清单	34

目
录

4.3	CO ₂ 关键捕集技术国内外发展程度的对比	41
4.4	CO ₂ 捕集与运输关键技术专利统计	43
4.5	本章小结	46

048 第5章 CO₂地质利用与封存技术清单及专利分析

5.1	CO ₂ 地质利用与封存项目技术链分析与构建	48
5.2	CO ₂ 地质利用与封存关键技术遴选	51
5.3	CO ₂ 地质利用与封存关键技术专利分析	58
5.4	核心技术专利解读	66
5.5	本章小结	89

090 第6章 CO₂捕集关键技术专利分析——MEA

6.1	数据来源和分析方法	91
6.2	MEA 专利全球发展态势分析	91
6.3	MEA 专利技术分布领域及热点	92
6.4	主要国家专利情况分析	94
6.5	MEA 专利权人和发明人分析	97
6.6	壳牌 MEA 专利分析	105
6.7	MEA 核心专利分析	106
6.8	本章小结	116

118 第7章 CO₂运输关键技术专利分析——CO₂压缩机

7.1	技术介绍和分析方法	118
7.2	CO ₂ 压缩机专利全球分布	121
7.3	CO ₂ 压缩机年度专利变化情况	122
7.4	CO ₂ 压缩机专利权人分析	123

7.5	CO ₂ 压缩机专利技术领域分析·····	124
7.6	CO ₂ 压缩机专利价值分析·····	128
7.7	CO ₂ 压缩机高引证专利分析·····	129
7.8	CO ₂ 压缩机专利权人综合竞争力分析·····	131
7.9	重要 CO ₂ 压缩机机构分析 ·····	134
7.10	CO ₂ 压缩机重点专利分析 ·····	141
7.11	本章小结 ·····	146

147 第8章 CO₂利用与封存领域重点专利分析——地质建模与预测技术

8.1	数据来源和分析工具 ·····	148
8.2	地质建模与预测技术专利国际发展态势分析 ·····	148
8.3	地质建模与预测技术专利技术布局 ·····	150
8.4	主要国家地质建模与预测技术专利情况分析 ·····	151
8.5	地质建模与预测技术专利权人和发明人分析 ·····	156
8.6	斯伦贝谢公司地质建模专利分析 ·····	164
8.7	核心专利分析 ·····	175
8.8	本章小结 ·····	185

187 第9章 CCUS 技术转移分析

9.1	国外政府技术转移举措 ·····	187
9.2	国外技术转移模式经验分析 ·····	191
9.3	国外技术转移特点对比与分析 ·····	194
9.4	国外经验的借鉴和启示 ·····	198

202	第 10 章 总结与建议	
10.1	总结	202
10.2	建议	205
209	参考文献	

全球气候变暖日益严峻,已经成为威胁人类可持续发展的主要因素之一,削减温室气体排放以减缓气候变化成为当今国际社会关注的热点。在众多温室气体减排技术方案中,碳捕集、利用与封存(CCUS)是一项新兴的、可实现化石能源大规模低碳利用的技术。除了节能与提高能源利用效率、发展新能源与可再生能源、增加碳汇,CCUS 技术将是未来减缓 CO₂ 排放的重要技术选择(IPCC, 2005a)。CCUS 包括 CO₂ 捕集、运输、利用和封存等四个阶段,是众多技术的集群,具有技术种类多、数量多、跨行业的复杂特性。随着 CCUS 技术的应用和工程启动,以及国际合作研究项目的开展,我国还面临着关键核心技术的突破等一系列尚待解决的技术难题以及其可能引发的知识产权问题,为此摸底 CCUS 的关键应用技术和我国具有的知识产权具有重要的现实意义。

1.1 CCUS 技术的发展

全球气候变化、能源资源紧缺和生态环境恶化已为发展中的人类社会带来了更加频发的自然灾害和极端气候现象、日益严重的干旱和水资源危机、更为快速的海平面上升和生物物种灭绝。科学研究表明,上述问题的发生与大气中温室气体增加所造成的温室效应有着密切关联。1997 年,《联合国气候变化框架公约》(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)第三次缔约国大会在日本召开,大会通过的《京都议定书》中明确指出,针对二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亚氮(N₂O)、氢氟碳化物(HFCs)、全氟碳化物(PFCs)及六氟化硫(SF₆)六种温室气体进行消减。虽然 CO₂ 并不是温室效应能力最强的温室气体,但它带来的大气增温效应占到了所有温室气体总增温效应的 63%,是人为产生的对气候变化影响最大的温室气体,而且这些 CO₂ 将在地球大气中留存 200 年。因此,减少 CO₂ 排放被认为是控制全球升温的重要手段之一。

随着人们对气候变化问题的认识和重视程度的不断提高,CCUS 的概念逐渐

得到了社会各界的认可。CCUS 是指将 CO_2 从工业或其他排放源中分离出来,并运输到特定地点加以利用或封存,以实现被捕集 CO_2 与大气的长期隔离^①。在众多温室气体减排技术方案中,CCUS 是一项新兴的、可实现化石能源大规模低碳利用的技术。除了节能与提高能源利用效率、发展新能源与可再生能源、增加碳汇,CCUS 技术将是未来减缓 CO_2 排放的重要技术选择。2008 年,国际能源署(IEA, 2008a) 提出,CCUS 技术是解决气候变化问题的必要技术。目前,它已被广泛认定为是一种潜在的、可供选择的温室气体减排技术方案(IEA, 2008b; IPCC, 2007), 是兼顾能源安全、经济持续发展与 CO_2 大规模减排的战略性新兴产业(Akimoto et al., 2007; Friedmann et al., 2006; 李小春等, 2009; 范英等, 2010)。为掌握未来 CCUS 技术优势,美国、欧盟、澳大利亚、加拿大、日本等发达国家和地区都投入了大量的资金开展 CCUS 研发和示范活动,并制定相应法规、政策以积极推动 CCUS 的发展,试图尽早掌握该技术,以实现在控制本国 CO_2 排放和全球 CCUS 产业竞争中占得先机。

作为一项具有战略意义的新兴温室气体控制技术,CCUS 技术总体上尚处于研发和示范阶段,目前仍存在许多制约其发展的突出问题,主要包括:能耗高、成本高、可持续发展效益不显著、长期封存的安全性和可靠性存在一定风险等。在目前的技术水平下,即使通过大规模应用也无法从根本上解决上述问题,因此急需加强技术研发和示范以提高技术本身的成熟度,同时通过建立 CO_2 排放定价等机制,提高 CCUS 技术的经济性。

由于 CCUS 技术种类繁多,属于跨学科、跨产业、跨领域的众多技术集群,同时中国 CCUS 技术起步相对较晚,总体上仍处在研发和早期技术示范阶段,随着 CCUS 技术的应用和工程启动,中国还面临着关键核心技术的突破等一系列尚待解决的技术难题及可能产生的知识产权问题,因此摸底 CCUS 关键的应用技术和中国具有的知识产权具有重要的现实意义。

1.2 CCUS 技术的分类与作用

CCUS 是众多技术的集群,具有技术种类多、数量多、跨行业的复杂特性,同时它还具有维度性和阶段性特征。从实施的阶段顺序来讲,CCUS 依次分为 CO_2 捕集、运输、利用和封存四个阶段;从维度特征来讲,可以从技术链、流程

^① 目前国际上使用较多的提法是碳捕集与封存(CCS)技术,将 CO_2 资源化利用也作为该技术系统的组成部分则称 CCUS,二者并没有本质的差别。

链、时间链、价值链等不同维度来描述 CCUS。因此，CCUS 的三大技术特征：维度特征、阶段特征和技术特征，既相互独立又相互交融，如图 1-1 所示。

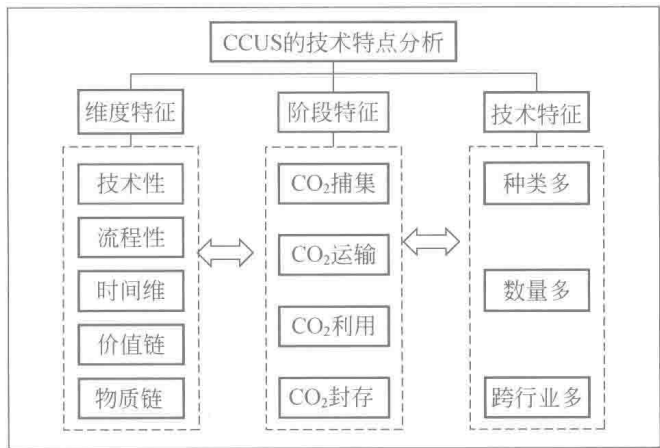


图 1-1 CCUS 技术特点框架图

从 CCUS 的技术流程来看，它包括 CO₂ 捕集、运输、利用和封存各阶段在内的一系列的技术集群；从产业流程角度，CCUS 依次涉及能源、钢铁、化肥、水泥、交通、化工、地质勘探、环保等众多 CO₂ 排放源行业，其中运输行业和地质领域的行业交叉性、涉及面之广超过任何一个领域；从时间角度来看，CCUS 不仅应用了传统行业已有的相关技术，还有许多 CCUS 领域的专业技术被研发，如乙醇胺法脱碳技术（MEA），MEA 常在传统化工行业中用于脱除 CO₂，在 CCUS 发展后，将胺法脱碳用于能源、钢铁等行业的 CO₂ 捕集、提纯，并在提高吸附效率和减少能耗的技术上得到进一步发展；从价值链角度来看，在 CCUS 每一阶段的 CO₂ 物质流出流入过程中，都存在 CO₂ 价值的转移。

1.2.1 捕集技术

CO₂ 捕集是指将电力、钢铁、水泥等行业利用化石能源过程中产生的 CO₂ 进行分离和富集的过程。CO₂ 捕集是 CCUS 系统耗能和成本产生的主要环节，成本较高是技术开展和推广的关键制约因素之一（Van Bergen et al.，2004），其占到碳捕集和封存总成本的 82% ~ 91%（Metz and Bert，2005）。按照技术路线，CO₂ 捕集方式一般分为燃烧后捕集、燃烧前捕集及富氧燃烧捕集三大类（IPCC，2005b）。

适合捕集的排放源包括发电厂、钢铁厂、水泥厂、冶炼厂、化肥厂、合成燃料厂以及基于化石原料的制氢工厂等，其中化石燃料发电厂是 CO₂ 捕集最主要的