

2011 年全球 CCS 发展现状摘要

碳捕集与封存（CCS）在减少全球温室气体排放中发挥着重要的作用。为了达到联合国政府间气候变化专门委员会提议的目标——到 2050 年，稳定大气中的温室气体浓度并将平均温度的升高控制在 2°C 以下——CCS 技术作为众多低碳技术的一个重要部分，是不可或缺的。CCS 产业面临的难题是对整个产业链进行商业规模示范。这包括从大型排放源捕集并压缩二氧化碳；随后将其运输并注入到合适的封存点或者加以利用，从而达到永久的减排的结果。

CCS 项目进展

CCS 产业在 2011 年取得了稳步的发展。其中，处在运行阶段或者建设阶段的大型一体化项目（简称大型项目或‘LSIPs’）以及处于发展规划后期的项目数量均有所增加。

迄今为止，全世界一共有 8 个正在运行和 6 个在建的大型项目。这些在建项目中，3 个项目的建设是在最近开始的，并且其中 2 个值得特别关注：一个是世界上第二个在发电行业进行的大规模碳捕集工程——加拿大边界大坝（Boundary Dam）项目；另一个是美国第一个在深部咸水层封存二氧化碳的伊利诺伊工业碳捕集与封存（ICCS）项目。这 14 个运行或在建的大型项目每年的二氧化碳总封存容量超过了 3300 万吨，相当于每年减少约 600 万辆汽车的二氧化碳排放量。

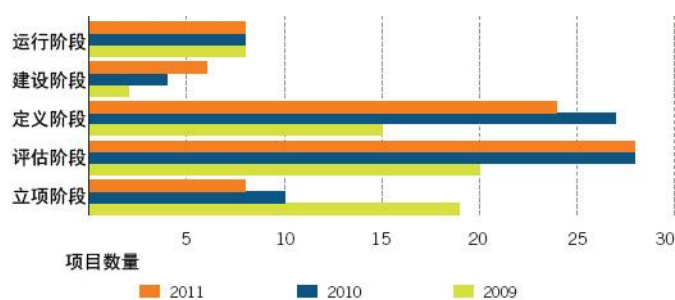


图 1 按阶段和年份统计出的大型项目数量

在全球碳捕集与封存研究院的 2011 年年度项目调查中，另外有 11 个项目称将在未来的 12 个月内决定是否能够取得最终投资并进入建设阶段。在这 11 个项目中电力行业的项目尤为突出，其中包括加拿大的先锋（Pioneer）项目、美国的德克萨斯清洁能源（Texas Clean Energy）项目以及欧洲的 ROAD 项目。虽然电力行业的这些项目有望在下一年取得最终投资决定是一个可喜的消息，在钢铁以及水泥等其它高排放行业内则极少有大型 CCS 项目纳入发展计划。

《2011 年全球 CCS 现状报告》中统计有 74 个大型项目（图 2），而在《2010 年全球 CCS 现状报告》中则统计有 77 个（图 3）。在 2011 年这些大型项目继续集中在北美、欧洲、澳大利亚以及中国地区，并有少量的大型项目计划在其它的一些发展中国家中展开。鉴于此，发展中国家是否能够吸取发达国家示范项目的经验教训将变得至关重要。此外，发达国家还需要通过能力建设活动和合理的项目支持来帮助发展中国家实现部署 CCS 项目。如需获取 74 个大型项目的完整列表，请查阅《2011 年全球 CCS 现状报告》。

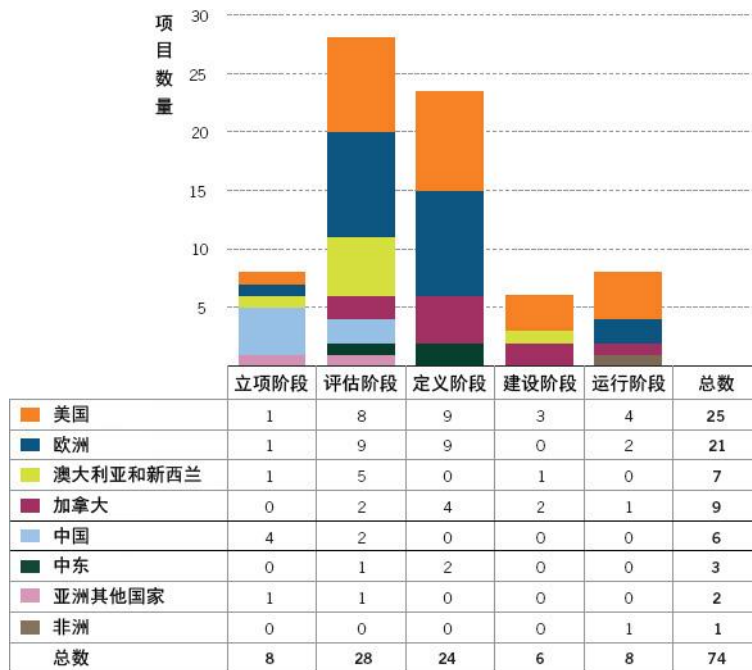


图2 根据发展阶段以及地区/国家统计的大型项目数量

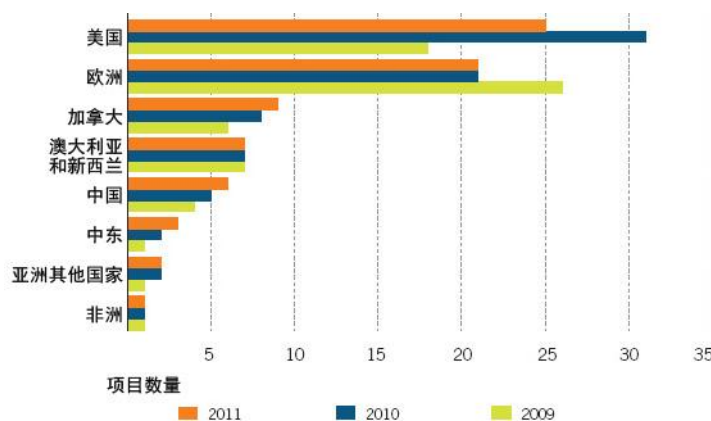


图3 根据年份和地区总结的大型项目数量

影响项目成功的因素

对大多数工业项目而言，建立一个 CCS 示范项目的商业可行性分析是一个复杂且耗时的过程，并且要求项目决策者在做出最终投资决定前对项目的经济因素和其面临的风险都有充分的了解。

所有 8 个处于运行阶段的大型项目在其工业程序中均采用了二氧化碳分离技术。这些项目或使用分离出的二氧化碳提高石油采收率（EOR）来取得收益；或由于先前进行过资源勘察和收集地质信息而拥有使用低成本封存点的便利。在这 8 个大型项目中有 6 个在天然气分离处理设施中进行碳捕集；其余两个项目的捕集则是在合成燃料生产和肥料生产中进行（图 4）。此外这 8 个项目中有 5 个项目采用了 EOR 技术。对一些处在运行或者建设阶段中的项目而言，部署 CCS 技术是对长期气候政策和/或者碳交易市场的预期和回应。虽然这是一种积极的回应，但如果一个项目本身无法通过例如 EOR 之类的应用获取额外效益，或者二氧化碳捕集并不是其已有工业过程的一部分，建立一个商业化的 CCS 项目仍极富挑战。

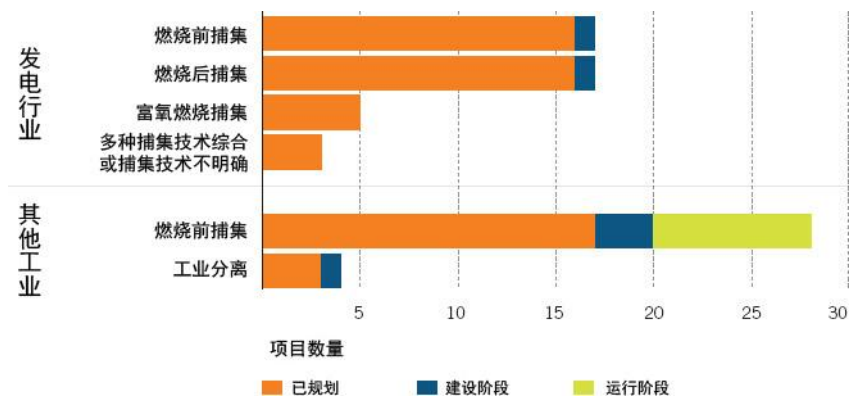


图 4 大型项目中碳捕集技术的类型

在我们的《2010 年全球 CCS 现状报告》发布后，有 11 个大型项目（其中美国 8 个，欧洲 3 个）可能被搁置或取消。在当前的经济和政策环境下不具经济可行性是导致 CCS 项目被搁置或被取消的常见托词。将项目推向下一阶段遇到的资金困难以及碳减排相关政策的不确定性是导致许多项目开发者优先调整其投资策略的主要因素。迫于这些原因，项目开发者或将资金侧重于 CCS 领域内的其它方面，或转而投资其它技术。

以上这些都清楚地表明 CCS 项目的示范和部署均离不开实质、及时和稳定的政策支持，以及实现碳排放市场化的明确信号。只有这些强有力的支持才能加强业界继续发展和投资 CCS 的信心。同时只有巩固对 CCS 的投入才可能刺激相关技术的进步并最终减少 CCS 项目的投资和运行成本。政府和业界在解决 CCS 项目可行性和增加项目透明度上负有共同责任——只有携手促进 CCS 技术示范，分享相关经验教训，才能最终确保预期收益的实现。

CCS 在电力行业的应用

电力行业的 CCS 项目一般都规模庞大并且没有很多成熟的经验可以借鉴。这意味着在电力行业应用 CCS 通常会有额外的成本和风险。即便有碳排放市场化和其他应对气候变化政策的支持，当前的电力市场仍无法承担这些额外的成本及风险。造成电力行业 CCS 成本偏高的一个主要原因是捕集二氧化碳需要消耗额外的能源（energy penalty）。因此，未来在电力行业推广 CCS 的侧重点应当是对降低燃烧前、燃烧后以及富氧燃烧三种捕集技术成本的研究。

尽管面临这些挑战，目前在电力行业仍有一个燃烧后捕集项目（加拿大边界大坝）以及一个整体煤气化联合循环（IGCC）项目（位于美国肯珀县）的建设正在进行中（表 1）。这表明，如果诸如允许将额外成本纳入电价以及采取其他激励措施的政策条件具备，CCS 项目所面临的技术风险是可以控制的，技术障碍也是可以克服的。值得指出的是以上这两个项目都获得了政府支持，同时也会将捕集的二氧化碳出售并用于 EOR 以获得额外收入。此外这些项目也展示了在设计中如何融入规避风险的措施。例如美国肯珀县的项目采用了相对较低的二氧化碳捕集率；而加拿大边界大坝项目则从相对较小的发电机组中捕集二氧化碳。

| 项目名称 | 所在地 | 捕集类型 | CO ₂ 捕集量 百万吨/年(Mtpa) | 封存类型 | 始运行时间 |
|--|--------|---------------------------|---|--------------|-------|
| 运行阶段 | | | | | |
| Shute Creek 天然气处理设备 | 美国 | 燃烧前捕集 (天然气处理) | 7 | EOR | 1986 |
| Sleipner 二氧化碳注入 | 挪威 | 燃烧前捕集 (天然气处理) | 1 | 深部咸水层 | 1996 |
| Val Verde 天然气厂 | 美国 | 燃烧前捕集 (天然气处理) | 1.3 ¹ | EOR | 1972 |
| Great Plains 合成燃料厂 以及 Weyburn-Midale 项目 | 美国/加拿大 | 燃烧前捕集 (合成燃料) | 3 | EOR 和 MMV | 2000 |
| Enid 化肥厂 | 美国 | 燃烧前捕集 (化肥生产) | 0.7 | EOR | 1982 |
| In Salah 二氧化碳封存项目 | 阿尔及利亚 | 燃烧前捕集 (天然气处理) | 1 | 深部咸水层 | 2004 |
| Snøhvit 二氧化碳注入项目 | 挪威 | 燃烧前捕集 (天然气处理) | 0.7 | 深部咸水层 | 2008 |
| Century Plant | 美国 | 燃烧前捕集 (天然气处理) | 5 (另有 3.5 百万吨正在 建设中) ² | EOR | 2010 |
| 建设阶段 | | | | | |
| Lost Cabin 煤气厂 | 美国 | 燃烧前捕集 (天然气处理) | 1 | EOR | 2012 |
| 伊利诺伊工业碳捕集与封存 (ICCS) 项目 | 美国 | 工业分离技术 (乙醇生产) | 1 | 深部咸水层 | 2013 |
| 边界大坝 (Boundary Dam) CCS 示范项目 | 加拿大 | 燃烧后捕集 (电厂) | 1 | EOR | 2014 |
| Agrium 与 ACTL 合作的 二氧化碳捕集项目 | 加拿大 | 燃烧前捕集 (化肥生产) | 0.6 | EOR | 2014 |
| 肯珀县 (Kemper County) IGCC 项目 | 美国 | 燃烧前捕集 (发电厂) | 3.5 | EOR | 2014 |
| Gorgon 二氧化碳注入项目 | 澳大利亚 | Pre-combustion (天然气处理) | 3.4-4 ³ | 深部咸水层 | 2015 |

1. 据本机构了解，向 Val Verde 天然气加工厂供应的部分天然气已经开始被转送到 Century Plant。在编撰本报告时，我们正在评估这一变更可能对 Val Verde 的二氧化碳捕集造成的影响。
2. 在所有涉及该项目的图表和计算中，我们均认为该项目处于运行阶段的捕集量为 5Mtpa，而处于执行阶段的捕集量为 3.5Mtpa。
3. 在所有涉及该项目的图表和计算中，我们均认为该项目的捕集量为 3.4Mtpa。

表 1 运行与实施阶段的大型工业项目

以上这些大型项目以及其他计划中的示范项目能否取得成功对将 CCS 推入商业化和集成化都是至关重要的。并且这些项目只有具备充分的封存规模，并被纳入现实的电力市场才可能为未来 CCS 项目的广泛部署提供不可或缺的信心和参考标准。

捕集、运输与封存问题

在天然气加工处理、合成燃料生产以及化肥生产中的 8 个处于运行阶段的 CCS 项目证明了捕集技术在这些应用领域里已趋于成熟。如上节所述，虽然电力行业已有一些项目的建设正在进行中，但仍需要建设更多的项目以示范不同的捕集技术在电力行业的应用潜力。在钢铁行业中，可以示范捕集技术的项目近期发展比较缓慢；而可以利用在水泥行业中的捕集技术还都处于早期阶段。在高排放产业内缺乏大规模 CCS 示范项目的现实尤其应当引起我们的关注（图 5）。所以如要达到预期减排目的，必须重视 CCS 在高排放产业中的发展，并且配以适当的激励措施以促进其广泛应用。

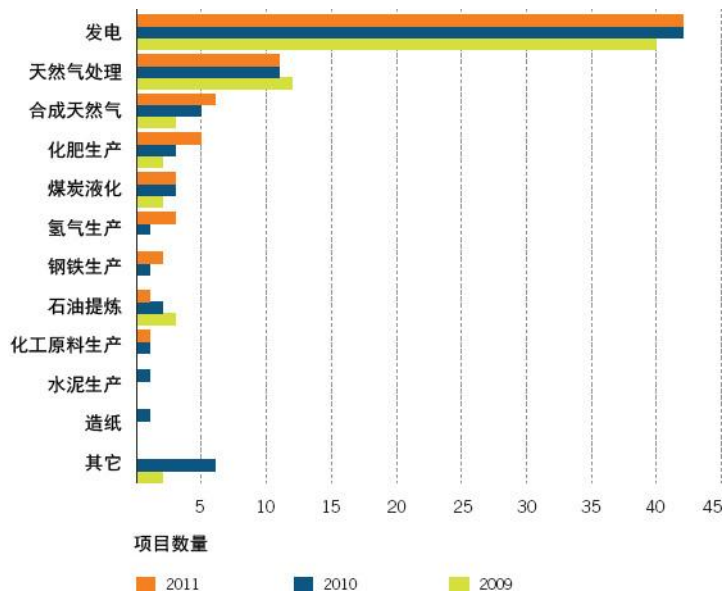


图 5 不同工业领域中的大型项目

二氧化碳管道运输是一项经过考验并发展成熟的技术。但是将管道建设到未来二氧化碳运输所需的规模需要大量的投资支持。虽然管道运输被普遍认为是一种成本效益高的办法，但当运输距离增大时，使用船舶运输二氧化碳则更具成本竞争力和灵活性，并能一次在多个二氧化碳源汇间进行运输。此外，共享运输基础设施可以显著提高二氧化碳运输的经济性。但是建立一个运输网又是一项巨大的投资，并可能给先行项目带来不可忽视的风险。所以各个方面，尤其是政府在为示范项目提供经济支持时，必须对这些风险有充分的了解。

处在运行阶段的 CCS 项目通过在深部咸水层储存二氧化碳和 EOR 证明了封存二氧化碳的可行性。二氧化碳封存在未来面临的挑战主要是如何应对日益增长的注入量，积累与特定封存点相关的经验以及在合理、有效的规范环境下不断改进监控和测量的方法和系统设计。特别指出的是在美国，封存对 EOR 有很强的依赖性（图 6）。虽然 EOR 是示范 CCS 技术道路上的重要一步，当前对 EOR 和枯竭的油、气田的评估确显示深部咸水层对于二氧化碳的长期封存更具潜力。

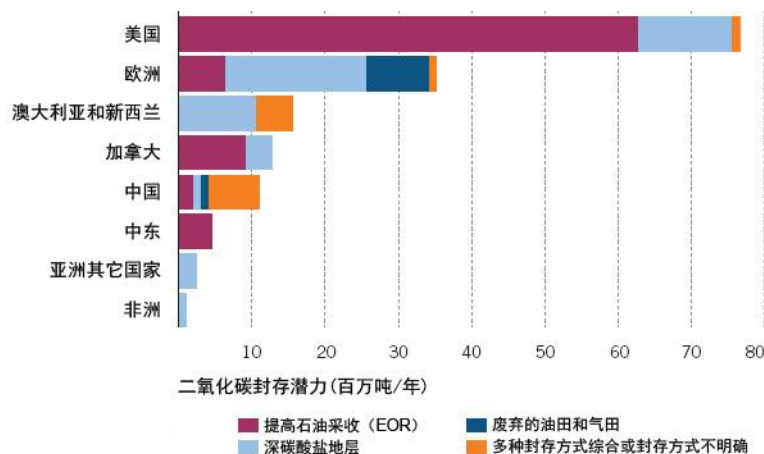


图6 不同国家或地区的封存能力和类型

项目开发者提供的信息显示封存能力评估和地质特征的调查需要相当大的投资并可能耗时长达 5 到 10 年。此外，取决于对地质信息掌握的完整程度，寻找一个从未开发过的封存点的耗时将会更长。所以，政策制定者在项目进程评估中应该充分考虑到这样长的准备周期对项目的影 响。同时较长的准备周期也意味着尚未开始封存评估的项目要在 2020 年前实现运行将面临巨大挑战。

就封存项目而言，公众参与应因地制宜并且具体问题具体分析，应该强调项目执行过程中所可能带来以及潜在的影响和好处。项目的执行者需要不断地评价公众参与的方式和手段，以期鉴别与减轻所带来的潜在风险。

相关政策与法律法规的发展

目前，CCS 在新兴领域以及大规模项目中的应用尚都处在示范阶段并需要强有力的政策与投资支持。各国政府应该不断通过传递包括激励措施、法律以及规章制度等有力的、一致的并且持续的政策信号来帮助这些处于初期的项目向商业化方向发展。一些项目开发者认为政策的不确定性是 CCS 项目开发面临的主要风险（表 2），并对政府难以将阐明的政策观点付诸实现尤为担心。

| 问题：当前政策环境是否为你的项目在短期、中期以及长期内提供了足够的政策支持？ | | | | | | | | |
|--|------|---|-----|------------------|--------|----------|----------|----------------|
| 联合国气候变化公约团体 | % 回应 | | | 如果没有，这些问题的本质是什么？ | | | | |
| | 是 | 否 | 无意见 | 不确定或不够的碳价格 | 项目成本过高 | 政府支持力度不够 | 法律法规的不确定 | 政策环境或政策实施的不确定性 |
| 亚洲国家 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| 东欧 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| 西欧 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| 其他国家 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |

注：● 0% ● > 0% to 25% ● > 25% to 50% ● > 50% to 75% ● > 75% to 100%

表 2 有关政策问题进行的项目调查结果

经过过去一年的发展，一些国家和地区已经完成了 CCS 相关法律法规的框架制定工作并开始着手制定具体的规章与指导制度。在国家一级制定有效的规章制度对 CCS 项目在全球范围的发展有着重要的作用。尽管经过了这些努力，项目开发者仍然发现了许多这些规章制度在特定情况下未能完全解决的问题，其中许多是规章制度本身的不完整性和缓慢发展带来的问题。对此，相关的监管机构和政策制定者提出了一些动议和政策修正案，并试图

通过调整已有的政策来解决这些问题。在未来几年里，相关政策与法律法规的发展能否帮助消除 CCS 项目的种种顾虑将成为行业关注的热点。

目前，许多被认为在发展 CCS 法律法规上处于领先地位的国家和地区继续保持着这一地位。去年，若干欧盟成员国以及澳大利亚、美国和加拿大都继续在发展监管制度上施加动力，并且推出了一些新的建议、法律、法规和行动方案。继这些国家和地区之后，许多其他国家（例如韩国）也逐渐认识到制定 CCS 相关法律法规的重要性，并开始付诸行动。虽然这些国家中许多尚未在与 CCS 直接相关的立法或者法律法规框架的设计与制定上取得长足的进展，但我们可以清楚地看到他们已经开始采取切实行动来促进这些工作的进行。这一发展在许多渴望将 CCS 纳入其应对未来气候变化战略中的发展中国家尤为明显。

今年，《联合国气候变化框架公约》第 17 次缔约方会议暨《京都议定书》第 7 次缔约方会议将在南非德班召开。这一会议将会推动一个为在《联合国气候变化框架公约》机制或特定政府政策下为 CCS 提供制度支持的国际框架的制定。我们必须认识到，将 CCS 纳入清洁发展机制（CDM）或任何京都议定书的第一个承诺期（2008 年至 2012 年）的后续机制对 CCS 技术在发展中国家的示范推广工作尤为重要。

在 2011 年对大型 CCS 示范项目的政府投资并无太大改变。在全球范围内，各国政府对 CCS 项目的总投入约有 235 亿美元。为了提高 CCS 项目的经济可行性，各国政府广泛通过招标竞争的方法以衡量和弥补资金缺口；而其中特别值得关注的是欧盟的 NER300 项目。该项目将在 2012 年下半年决定如何分配资金以将符合筛选标准的 13 个 CCS 项目和 65 个可再生能源创新项目推入下一阶段。

短期内，政府的政策发展程度和资金支持水平将显著影响 CCS 示范项目的发展速度以及它们的总体可行性。为了有效地实现这一切，政府和产业界需要积极合作来解决建立 CCS 先行项目面临的复杂挑战。从长远角度来看，只有通过稳定的并具前瞻性的气候变化政策的支持，以及碳排放市场化信号的刺激才能推动 CCS 示范项目的继续发展，并最终推动 CCS 技术的大规模应用。

完整版《2011 年全球 CCS 现状报告》可在全球碳捕集与封存研究所的网站下载：

www.globalccsinstitute.com/publications/global-status-ccs-2011