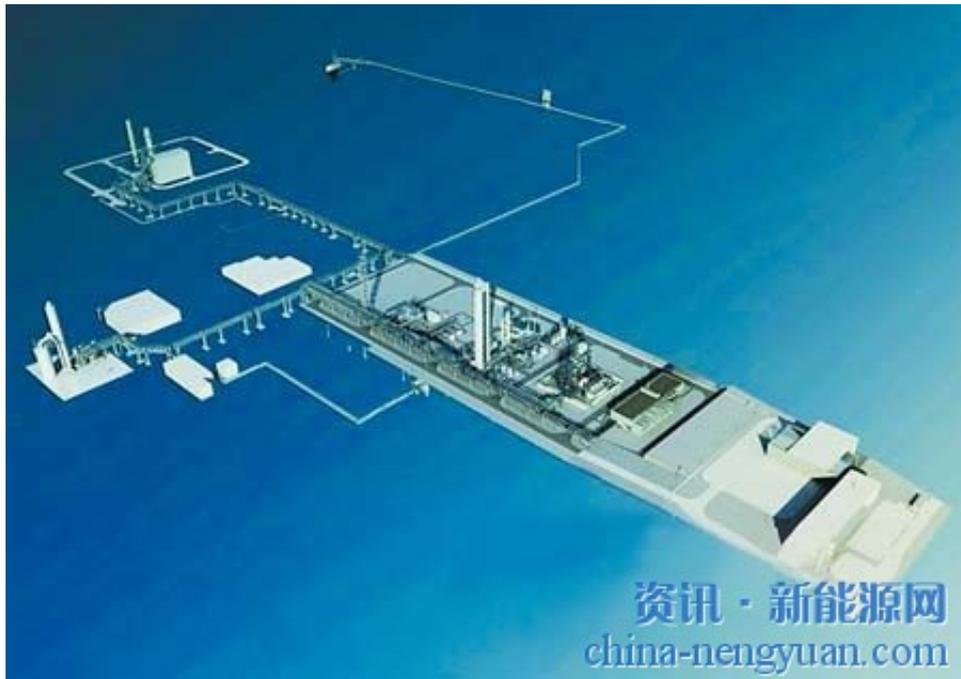


挪威MONGSTAD地区碳捕捉与封存工程



碳捕捉与封存，英文全称Carbon Capture and Storage（或Carbon Capture Utilisation and Storage）。碳捕捉与封存（以下简称CCS）广泛被接受的定义是“从工业和能源相关的生产活动中分离二氧化碳，运输到储存地点，长期与大气隔绝的过程”。

挪威是较早开展CCS技术研究及实践的国家之一。前任挪威首相斯托尔滕贝格（Jens Stoltenberg）曾把挪威MONGSTAD地区建设的CCS项目誉为挪威的“登月计划”。本文将简要介绍有关方面的情况。

一、CCS是应对全球变暖的一种重要方案

CCS的本质是减少人类向大气排放的二氧化碳（CO₂），其背后的逻辑链条是：人类的生产生活排放了以为二氧化碳主的大量温室气体^[1]导致全球变暖^[2]及海水酸化^[3]引发海平面升高、极端天气增加、生物多样性受破坏等一系列气候灾难，对地球的生态环境和人类的生活带来极大挑战。因此，为避免全球变暖带来的恶果，必须积极采取措施控制人类温室气体的排放。

上述逻辑背后有几个关键性问题：第一，地球气候是否处于变暖过程中；其次，导致全球变暖的主要因素是什么；最后，全球变暖的对人类有什么影响。在全球气候研究领域，联合国下属机构IPCC^[4]（政府间气候变化专门委员会）所撰写的气候变化评估报告是最具权威的资料之一，IPCC的历次报告确认了全球正处于变暖过程中，而人类活动对全球变暖有直接影响，全球变暖造成的后果严重。

另一方面，科学界也存在与IPCC报告结论不同的声音。地球的气候系统是一个非常复杂的体系，由自然因素（包括太阳、大气、海洋、冰川、生物、陆地等）以及人为因素共同决定，而这些因素之间还能相互作用。从地球诞生之时开始，气候系统就一直处于变化之中，没有人类之前地球也出现过变暖或变冷。虽然通过各个领域科学家的共同努力，人类对气候变化的过程和原因已经有了一定认识，但对上述问题并没有百分百的确切答案。

目前，IPCC的观点逐渐得到了国际社会的普遍认同，控制人类温室气体排放成为各国政府、媒体及民众的主流认识。在众多减排措施中，CCS被视为一项重要的技术和可行方案。IPCC及国际能源署（IEA）近年来的报告中均强调了研究和推广CCS的重要性。国际能源署研究预测（2012年），到2050年为实现“2摄氏度”目标^[5]

而需要减排的温室气体总量中，提高终端能源效率可贡献42%的减排量，使用可再生能源及核能可贡献29%的减排量，排在第三位的CCS技术可贡献14%的减排量。有专家表示，CCS是唯一能让人类继续使用化石燃料同时又降低碳排放的技术。在2008年举行的八国集团[6]首脑会议上，领导人声明表达了对广泛开展CCS项目的支持。

二、CCS原理

CCS可分为三个关键步骤：捕捉 - 运输 - 封存。捕捉，指从工业生产或化石燃料燃烧所产生的气体中分离出二氧化碳；运输，即将分离出的二氧化碳进行压缩并运送到合适的地点进行存放；封存，一般是将二氧化碳注入在一定深度的地下岩层中使之与大气隔离。

二氧化碳捕捉技术早已有之，在气体处理和许多工业生产中，大规模的二氧化碳分离是常规程序，例如天然气的生产过程中就必须分离出二氧化碳。由于化石燃料燃烧产生的二氧化碳最多，应用于化石燃料发电站的CCS项目前景广阔。CCS还可应用于所有工业项目，在钢铁等行业的CCS试验项目已开始建设。捕捉技术可分为3种：燃烧后捕捉、燃烧前捕捉及富氧燃烧捕捉。分离二氧化碳的基本原理是使用特定溶剂或材料进行吸收吸附，或使用薄膜或低温进行分离等。

完成二氧化碳捕捉后，下一步是运送到储存地点。分离出的二氧化碳需要进行压缩以便于运输和储存，运输方式可通过管道或罐装两种。其中管道运输适用于运距合适、大批量的二氧化碳运送，经济性也较好。

CCS技术的最后阶段是封存二氧化碳，一般要求注入合适的地下岩层（距离地面至少800米）。封存地点主要有两类，其一是将二氧化碳被回注入油气田，以达到埋存二氧化碳和提高油气采收率的双重目的[7]，目前已发展出CO₂ EOR（提高油田采收率）以及CO₂ ECBM（提高煤层气采收率）等技术。其二是注入盐碱含水层（Saline Aquifer Storage）或废弃的油气田[8]。封存后，还将采用一系列传感技术监测二氧化碳在岩层间的存储情况。

作为一个整体系统，上述三个阶段对CCS项目均十分重要。现阶段碳捕捉、封存面临的技术挑战更多，投入成本也相对较高。

要说明的是，CCS技术也有一定争议，例如碳捕捉阶段本身就会增加额外的能源消耗，且会降低化石燃料的燃烧效率，相当于为减排又不得不增加排放；再如大规模的二氧化碳储存于地下，如何确保其不再泄露以及封存阶段的安全性也容易引发公众的担忧。

三、挪威在CCS领域的探索

据全球碳捕捉与封存研究院（GCCSI）[9]的统计，目前全球投入运营的大型CCS项目有13个，其中2个在挪威^[10]（Sleipner气田、Snøhvit气田项目）。挪威在CCS领域的探索主要包括以下内容：

Sleipner气田及Snøhvit气田CCS项目。Sleipner天然气田位于挪大陆架南部的北海海域。自1996始，挪威将Sleipner气田采气过程中分离出的二氧化碳直接注入附近区域海床下1公里的地质层，每年封存二氧化碳约100万吨。这是全球首个大规模将二氧化碳封存于海床下的实例。Snøhvit天然气田位于挪大陆架北部的巴伦支海海域。该气田的天然气输送至挪北部沿岸Melkøya岛上的工厂转化为液化天然气（LNG）。2008年起，从LNG中分离出的二氧化碳通过管道运送回Snøhvit气田区域海床下2600米的砂岩层进行封存，每年封存量约70万吨。

尝试建立全面CCS项目（Full-scale CCS Project）^[11]

。2006年，挪威国家石油公司（国有企业）与挪石油能源部签署协议，在挪西部霍达兰郡Mongstad地区的天然气发电厂建设大规模CCS设备^[12]

。当时执政的挪威左翼政府对Mongstad项目给予厚望，时任挪首相斯托尔滕贝格在2007年的新年致辞中把Mongstad项目称为挪的“登月计划”，希望在2014年时把该项目建成挪第一个全面CCS项目。国家石油公司于2009年提交了在Mongstad建设全面CCS项目的计划。但因成本过高及技术困难等原因，挪政府于2013年9月宣布停止Mongstad项目建设。此外，挪曾于2008年计划在西部Kårstø地区的天然气发电厂建设全面CCS项目，但经前期研究后放弃了该计划。

支持CCS技术研发和创新。早在2005年，挪威石油能源部设立了CLIMIT国家计划，专门支持CCS领域的技术研究和创新，有关研究项目可向计划提出资金申请。目前该计划由挪威研究理事会和Gassnova(挪国有独资企业)共同管理。CLIMIT国家计划迄今已资助了超过260个项目，涵盖了CCS的各个技术领域。

为配合Mongstad项目的开展，2009年挪议会授权石油能源部设立了Mongstad二氧化碳技术中心(TCM)，该中心是目前全球最大的研究二氧化碳捕捉技术的机构。TCM由Gassnova(代表政府参与管理，占股75.12%)，国家石油公司(占股份20%)、壳牌石油公司(占股份2.44%)和南非Sasol公司(占股份2.44%)共同拥有。虽然Mongstad项目中止，但TCM仍正常运营。

此外，挪威政府鼓励挪企业积极开展CCS领域的技术研究，每年均从国家财政预算中拨款予以支持。

开展国际合作。挪威与CCS领域的先进国家如美国等达成了合作协议，促进技术交流与商业应用。推动适应CCS应用的国际法规修改，如推动有关国际公约和协议允许在海床下储存二氧化碳。

四、挪政府的CCS规划

2013年挪威大选，右翼政党联盟击败此前执政8年的左翼政党联盟组成现任政府。在气候政策上，右翼联盟与左翼联盟并无分歧。现政府沿袭了前政府对CCS大力支持的态度，并于2014年下半年发布了CCS规划，主要包括：

力争在2020年前建设至少一个大规模的全面CCS项目。鉴于该目标的艰巨性，挪威考虑“两条腿”走路，一方面继续积极研究在挪国内建设全面CCS项目的可行性，另一方面考虑在欧洲地区共建项目。2015年，Gassnova公司向挪石油能源部提交了在挪威境内建设全面CCS项目的可行性研究报告，提出了项目的候选选址。

继续支持CCS领域的研发活动。包括继续支持TCM及CLIMIT国家计划等研究项目及基金。发挥挪威沿海大陆架地质层的优势，在挪石油管理局编制的碳存储地图(用于研究挪大陆架可用于二氧化碳的地点)基础上继续开展研究。

加强国际合作。积极推动CCS技术的全球推广，支持与发展中国家的知识共享。通过联合国及世界银行框架下的基金支持发展中国家发展CCS。为欧盟大型CCS项目提供资助，参与合作。

规划给予CCS领域近10亿克朗的资金支持(2015年)。其中，近3亿克朗用于TCM的运营及设备维护；2亿克朗用于CLIMIT国家计划；1.25亿克朗用于对欧盟CCS项目的资助；2亿克朗用于联合国框架下的绿色气候基金^[13]。

五、经验与启示

纵观挪威CCS的发展经历，我们有以下几点认识：

发展CCS符合挪气候变化战略目标。在发达国家中，挪威对气候变化问题十分重视，态度积极，在国际上一贯提倡减排。挪威较早开征了排放税(包括二氧化碳和氮化物)。挪威政府宣布力争在2030年建成碳中和(二氧化碳净排放为零)国家，并承诺到2020年较1990年减排30%。因此，大力发展CCS是贯彻挪气候变化战略的一个重要举措。

大力支持CCS符合挪国家利益。在各种减排方案中，挪对CCS“情有独钟”有其自身考虑：第一，挪威经济已进入后工业化时期，能源使用效率高，国内用能以可再生能源为主(水电占其发电量96%，可再生能源占总能耗约60%)，减排空间有限，CCS技术符合现阶段挪国情需要。第二，挪威是全球较早开展CCS研发的国家之一，相较于新能源等领域，在CCS领域具有“先发优势”。挪威希望尽早获取有关经验，开发核心技术，从而抢占产业制高点。第三，挪国内碳排放集中在海上油气工业，如前所述发展CCS不仅可以减排，也可用于油气田提高采收率。而挪大陆架(尤其是废弃的油气田)又是理想的碳封存地点，因此发展CCS过程中挪威强调其在碳封存领域的巨大潜力。

现阶段CCS商业前景不确定性大，依赖政府投入。CCS产业化的关键是项目实现商业化，项目商业化取决于单位二氧化碳的减排成本与排放成本的比较。从减排成本考察，现阶段CCS各专项技术虽然已得了很大进展，但仍面临不少挑战，且将各项技术一体化并应用于能源和工业生产仍很困难。据有关机构推算，一个示范CCS项目减排每吨二氧化碳约需60-90欧元，一个全面CCS项目减排每吨二氧化碳约需30欧元以上。从排放成本考察，只有确定二氧化碳排放成本，市场主体才有投资CCS等减排项目的动力。这就涉及到全球气候变化协商、碳交易市场、碳税等一系列问题。目前一些发达国家已开始征收二氧化碳税(包括挪威)，但还不是普遍趋势。总体看，现阶段CCS项目及有关研发仍依赖于政府投入。以挪威为例，按挪国家审计局计算，政府为推动Mongstad项目建设，从2007年至2012年共投入了74亿克朗(约合80亿人民币，还有小部分投向Kårstø项目)。

发展中国家应选择合适的减排方案。对大部分发展中国家而言，能源生产及使用效率较低，化石能源占比过高，经济仍处于发展阶段等因素仍是造成温室气体排放上升的主要原因，因此应更注重提高能源效率，开放可再生能源和新能源等领域。CCS仍是一项昂贵的实验品，发展中国家可按“共同但有区别的责任”的原则，选择与技术成熟国家开展相关国际合作。

参考文献

[1]温室气体主要包括水蒸气和二氧化碳，其次是甲烷等。水蒸气所产生的温室效应大约占整体温室效应的60-70%，二氧化碳大约占26%。但现在讨论降低温室气体排放时一般不包含水蒸气，主要原因是人类活动对大气水蒸气含量的直接影响很小，同时也缺乏降低大气中水蒸气含量的方法。

[2]温室气体导致地球气候变暖的原理如下：太阳是地球热量的最终来源，地球表面受阳光照射后会以红外线形式反射吸收的热量，温室气体能吸收地表反射的红外辐射从而使地球维持合适的温度。如果大气中温室气体含量增加，将阻挡了更多的红外辐射返回宇宙，导致全球气候变暖。

[3]大气中二氧化碳浓度的上升使更多的二氧化碳溶于海水，一部分二氧化碳与水生成碳酸，从而导致海水PH值下降。

[4]IPCC由联合国环境规划署和世界气象组织于1988年建立，旨在向世界提供一个清晰的有关对当前气候变化及其潜在环境和社会经济影响认知状况的科学观点。

[5]IPCC在1995年的评估报告中提出，相对于工业化前气温水平，2摄氏度是人类社会可以容忍的地球最高升温限度。确定温度控制目标后可计算对应的二氧化碳浓度，从而明确减排量。2 目标在2009年哥本哈根气候大会上被广泛认可。

[6]八国集团（G8）指八大工业国美、日、德、法、英、意、加及俄罗斯。2009年后，二十国集团（G20集团）代替G8成为国际经济合作领域首要的全球性论坛。

[7]注入二氧化碳提高采收率的原理是，二氧化碳注入储油层与油气混合后，使其膨胀，从而降低油气产品与水的表面张力，使其易于流动，降低了采收难度。但此方法需要采油后再次分离二氧化碳。

[8]封存二氧化碳的地质条件与油气田类似。

[9]GCCSI是澳大利亚政府于2009年倡议发起成立的国际机构，目的是推动CCS在全球的应用。

[10]其余项目美国有7处，加拿大2处，巴西1处，阿尔及利亚1处。

[11]按商业应用前景CCS项目可分为示范项目（demonstration project）、全面项目（full-scale project），全面项目减排每吨二氧化碳的成本较示范项目有较大下降。

[12]国家石油公司签署该协议的原因之一是政府要求新的化石燃料发电厂必须进行二氧化碳减排。

[13]绿色气候基金（GreenClimate Fund）是2011年在南非德班召开的《联合国气候变化框架公约》第17次缔约方会议的核心议题之一。其构想是发达国家需在2020年前每年拿出1000亿美元帮助发展中国家应对气候变化。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/news/82320.html>