

CONTENTS

October 2012 Vol.27 No.10

Quanqiu Keji Jingji Liaowang

Current situation of CCS technologies and its development trends in EU ZHANG Zhiqin (5)

Australia's Clean Energy Act 2011 and its effects on Chinese stakeholders CAO Zhouhua (12)

UK's major science & technology development strategies and research progress in 2011 ... WANG Zhongcheng (15)

Review on France's scientific research system reform and its S&D development In 2011 QIU Juliang (22)

Analysis on the United States transportation and characteristics of its management system WU Wei (30)

Review on Russian government's science and technology investment and its innovation development ZHANG Xiaodong GONG Huiping (37)

US research needs for harnessing fusion power and its strategic R&D plan FENG Beiyuan (48)

Antarctica expedition and local social-economic development Case study: Tasmania's Antarctic industry development plan WU Yilin (53)

Building a modern "vein industry" is of great significance for China's future development LI Ying (58)

Analysis on the fluctuation of labor supply and demand of China TIAN Dazhou (65)

Address: No.54, Sanlihe Road, Beijing 100045
 Tel: (010) 68511566 68598289 Fax: (010) 68511566
 Http: //www.kjliaowang.com.cn E-mail: liaowang69@126.com

欧盟碳捕获及储存技术研发现状与发展趋势

张志勤

(中国科学技术部, 北京 100862)

摘要: 根据欧盟 2020 能源战略和 2050 能源路线图确定的节能减排目标, 碳捕获及储存技术将成为实现欧盟能源战略不可或缺的关键技术。欧盟碳捕获及储存技术相对成熟, 但其进一步的研发创新和应用推广存在投资不足、政策难以保障以及环境和社会因素的制约等障碍。克服这些瓶颈问题, 将成为欧盟碳捕获及储存技术未来的研发趋势和发展方向。解读分析欧盟碳捕获及储存技术的研发现状、市场前景和发展趋势, 可为中国碳捕获及储存技术的可持续发展提供有益的线索和经验借鉴。

关键词: 欧盟; 碳捕获及储存技术; CCS 商业化; 零排放技术平台

中图分类号: F150.45; X701(5) **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2012.10.001

一、 欧盟碳捕获及储存技术研发现状

近几年, 欧盟积极采取行动计划大力发展可再生能源和提高能效, 但至少从中短期而言, 化石燃料仍然是欧盟电力行业的主要能源。因此, 用于减少电力行业和各种重工业对大气的二氧化碳 (CO₂) 排放的碳捕获及储存技术 (carbon capture and storage, CCS) 被认为是积极应对气候变化, 具有广阔前景和未来希望的技术选择。

CCS 技术由 3 大环节组成: 从工业能源资源消耗中分离出 CO₂ 的处理工艺; 将 CO₂ 运输至储存地; CO₂ 长期储存地, 通常由地质结构石油或天然气田或地下盐水层构成, 便于 CO₂ 同大气隔绝。欧盟 2020 战略以及欧盟 2050 能源战略路线图, 已明确能源的可持续和资源的有效利用目标, CCS 技术将在推动能源经济向低碳经济转变过程中扮演极其重要的角色。

截至目前, 欧盟的 CCS 技术主要应用于能源行业和 CO₂ 相对集中排放的工业行业, 包括但不限于电力行业。CCS 技术, 理论上可以实现化石能源发电厂 CO₂ 接近零排放, 其步骤为: 能源

转化过程中的 CO₂ 捕获、CO₂ 安全运输和 CO₂ 长久储存。每个步骤均包括几项技术选择, 各项技术具有不同的功能效果和成熟度, 因此, 每项技术的选择均面临多项技术的优化组合和比较。欧盟已通过新建 CCS 技术火电厂或采用 CCS 技术翻建改造火电厂的示范工程, 对各项 CO₂ 捕获技术进行优化组合, 积极研发和完善 CCS 技术。CCS 技术的 3 个步骤均包括各自的成熟技术, 但完成 CCS 技术的整个价值链, 需要对 3 个步骤的技术进行整合和匹配, 这同样需要进行大量的研究开发活动。目前, 世界上已有 20 项 CCS 技术预商业化示范工程项目, 正在验证 CCS 技术的各种优化组合; 另有数 10 项 CCS 技术的示范项目正在计划或开发建设过程中。

(一) CO₂ 捕获 (Capture)

目前, 化石燃料火电厂 CO₂ 捕获工艺比较成熟的主要有 3 种方式^[1]。

1. 后燃烧捕获 (Post-Combustion)

后燃烧捕获是从燃烧反应后的烟道气中取出 CO₂。目前, 处于优先位置的后燃烧捕获技术是利用化学溶剂清洗。烟道气被化学溶剂清洗将 CO₂

作者简介: 张志勤 (1956-), 男, 国际合作司副司长, 主要研究方向为科技管理和自动控制。

收稿日期: 2012年6月19日

与氮(N)分离,然后在吸收装置中将溶剂加热释放出CO₂;再对分离出的CO₂进行冷却和压缩,后等待运送出去。

后燃烧捕获技术可应用于清洁煤火力发电厂,也可应用于正在翻修改造的火力发电厂,而不必对已有的基础设施进行重大的改动。后燃烧捕获使用最广泛的CO₂清洗溶剂是乙醇胺(MEA),除部分杂质如二氧化硫(SO_x)、二氧化氮(NO₂)和氧气(O₂)对溶剂产生降解作用外,MEA溶剂最大的不足是需要大量的能源进行生产再补充。因此,需要更低能源消耗、同时具有更好吸收-解析特性和更难被杂质降解的替代溶剂正在研制过程中,如,氨基酸盐(AminoSalts)和冷冻氨(Chilled Ammonia)的前景看好。高温情况下的固体吸附剂,如,锂-钙基氧化物(Ca-Li Based Oxides)、钠氧化物和钾氧化物,以及薄膜吸附装置等,均处在研发过程中。

2. 预燃烧捕获(Pre-Combustion)

预燃烧捕获是从燃气轮机的氢燃烧反应中预先取出CO₂,主要应用于整体汽化联合循环(IGCC)发电厂。固体、液体或气体燃料利用专门的汽化技术。首先被转化成氢和一氧化碳(CO)混合气,通过一个称作“转化反应器”(ShiftReactor)的装置,CO被氧化成CO₂后从氢中分离出来,氢随后通过燃气轮机的燃烧反应以及与氮的反应得到稀释。因混合气中的CO₂分压(Partial Pressure)大大高于燃烧反应后烟道气中的CO₂分压,所以,预燃烧捕获是采用物理溶剂清洗CO₂。

分离CO₂普遍使用的物理溶剂有:冷甲醇(低温甲醇工艺),聚乙二醇二甲醚(聚乙二醇二甲醚脱酸工艺)和碳酸丙烯酯(碳酸丙烯酯脱酸工艺)。其他分离CO₂的方式还包括:固体材料的吸附,如沸石和活性炭;变压吸附,通过减压产生吸附;变温吸附,通过增温产生吸附;薄膜吸附;等等。但薄膜在高温下的吸附效率、成本价格和大规模应用等方面,还必须进行大量的研发活动。此外,要高效率地实现氢燃烧反应产生电能,还必须对燃气灶和燃气轮机进行改进,这成为未来的主要研发创新活动。

3. 氧燃烧捕获(Oxy-Fuel Combustion)

氧燃烧捕获是在燃烧反应前,一般在低温环境

下,通过一个空气分离装置将空气中的氮和氧分离出来,然后,化石燃料与纯氧燃烧反应。实际应用中,对温度进行控制,氧通过回收部分烟道气中CO₂得到稀释。氧燃烧捕获的主要优点是可获得更高纯度的CO₂,一般纯度超过80%,因此,CO₂储存前的提纯处理相对简单。目前,氧燃烧捕获仍处于研究开发示范阶段,研发活动主要集中在更高的效率和商业化可行性。氧燃烧捕获的主要缺陷是需要大量的氧,这将增加火电厂的建设成本和能源消耗。

欧盟几乎所有的碳捕获方式和CO₂清洗技术,均属于成熟技术。基于MEA溶剂的CO₂清洗技术已被应用了60余年,主要应用于天然气的纯化和食品保存的CO₂生产。20世纪90年代,低温甲醇工艺和聚乙二醇二甲醚脱酸工艺已被广泛应用于石油精炼、精细化工和化肥工业的CO₂捕获,而如今又被广泛应用于提纯合成气的生化企业,为下游的化工应用提供高纯度气体^[2]。欧盟电力行业应用CO₂捕获技术,每天的CO₂捕获量已达数千吨。但欧盟50万千瓦火电机组大规模应用CO₂捕获技术,还处于研究优化示范工程阶段。示范,一旦成功,届时每天捕获的CO₂可达10 000~15 000吨。

CO₂捕获技术还有防升华(Anti-Sublimation)、酶化(Enzymes)和藻类(Algae)后燃烧捕获技术,化学回收工艺预燃烧捕获技术以及高压氧燃料燃烧捕获技术等,但目前均处于早期的研发阶段,预计2025年以前形成商业化应用能力的可能性不大。

(二) CO₂ 运输(Transport)

欧盟已采用商业化的公路气罐车、海上航运和CO₂输气管道实现了CO₂运输。因CO₂长久储存地受到地理结构环境的约束,以及合适的CO₂储存地和CO₂集中排放地在欧盟成员国之间的分布不均衡,建设CO₂运输的跨成员国或跨区域基础设施和航运基础设施成为必要条件^[3]。

CO₂的输气管道运输技术与输油或输天然气管道运输技术基本相同,甚至在某些条件下可重新利用现有被废弃的输油或输气管道直接进行CO₂运输。目前,世界大型的CO₂管道传输网络,传输的CO₂主要用于提高油田原油开采率(EOR)。20世纪80年代就已开始将CO₂提高原油开采率技术应

用于油田的石油开采,因此,CO₂管道运输商业化运行的安全性已得到验证,并保持着良好的记录。欧盟商业化运行的大型CO₂输气管道设施位于挪威的北海油田(长160公里)和荷兰阿姆斯特丹至鹿特丹之间。欧盟确定的2030年CO₂输气管道网络,目标是8 800公里。

目前,大型CO₂输气管道网络,运输CO₂的成本价格约5欧元/吨,不包括CO₂集中和配送的运输费用。欧盟进行的一项实验研究分析显示:180公里传输距离的点对点CO₂输气管道,每年运输CO₂的能力是250万吨,运输费用5.4欧元/吨;相同情况下,包括海上和陆地管道在内的CO₂输气管道运输,180公里运输费用是9.3欧元/吨,如果运输距离延长至1 500公里,运输费用将增加到51.7欧元/吨;同样的条件,CO₂海上航运,180公里运输费用是8.2欧元/吨,如果延长至1 500公里,运输费用为14.5欧元/吨^[4]。

(三) CO₂ 储存(Storage)

欧盟各种CO₂长久储存的技术仍然处于研发阶段,相对而言,CO₂地质储存技术因其成本价格优势而成为首选。欧盟地质储存CO₂的工业化示范项目处于实施阶段。正在研究开发的CO₂储存地质结构主要包括:石油和天然气田;地下盐含水层;地下非开采煤层。据估计,世界范围内地质结构CO₂的总储存能力可达10万亿吨,其中,欧洲CO₂存储能力为1 170亿吨,欧洲几乎所有的CO₂储存潜力均来自石油或天然气田和地下盐含水层两种地质结构。

欧盟CO₂压缩气体已被石油天然气工业大规模应用,用于注入地质多孔岩层,提高油气的开采生产率(EOR),属于商业化的成熟技术。CO₂的地质储存地需要进行严格的环境影响评价(EIA),因此,必须有全社会公众的广泛参与。考虑到环境影响评价的不确定因素和约束,CO₂储存的深海地质结构,可能成为未来CO₂长久储存的新选择^[5]。

目前,欧盟石油天然气田CO₂储存的成本价格低于地下盐含水层储存,陆地CO₂储存成本价格低于海上储存。一般石油天然气田CO₂储存的成本价格为1~7欧元/吨,而海底盐含水层CO₂储存价格约6~20欧元/吨。

二、 欧盟碳捕获及储存技术市场发展与需求

(一) 世界范围内 CCS 商业化项目

目前,世界范围内有关商业化运营的CO₂捕获、运输和储存项目共有7项。

1. 世界首座燃煤氧燃烧捕获CCS发电厂示范项目位于德国的Spremdurg,装机容量3万千瓦,于2009年正式运营。该示范厂捕获的CO₂通过公路气罐车运往Ketzin的研究试验基地,注入地下盐含水层。

2. 西班牙西北部Silin Leon的3万千瓦CCS火电机组已通过验收,将于近期启动运营。

3. 美国的CCS技术系统网络,已经过多年的商业化成功运作,仅CO₂输气管道网络里程已达4 000余公里。

4. 加拿大的Weyburn-Midale项目,CCS技术作为提高油气开采率(EOR)的一部分,利用来自生化企业生产合成燃料产生的CO₂进行CCS技术处理。

5. 挪威分别于1996年和2008年启动运作的商业化项目,利用天然气纯化过程中产生的CO₂,注入北海油气田进行CCS技术处理。

6. 阿尔及利亚于2004年开始运作的CCS技术商业化项目,向Salah油气田注入CO₂。

7. 澳大利亚和荷兰的CCS技术商业化项目已于近期投入运行。

迄今为止,世界平均每年CO₂储存量可达300余万吨,其中95项提高油气开采率(EOR)的注入CO₂商业化项目已完成4 000余万吨CO₂的储存。

(二) 欧盟 CCS 技术商业化进程

目前,欧盟CCS技术的研发创新活动主要集中在电力生产行业和石油天然气工业,以及相关的燃料、设备和服务供应商。从长期角度而言,欧盟CCS技术还必须进行大量的提高效率 and 降低成本的研发创新活动。根据欧盟CCS技术平台的战略规划,到2020年,欧盟27个成员国电力行业CCS燃料发电机组的装机容量将达到600万千瓦,2030年达到3 500万千瓦^[6]。CCS技术规划的实施,将为欧盟相关基础设施和有关工业企业提供新的商业机遇。实际上,欧盟商业化大规

模 CCS 火力发电厂的建设, 已具备经济上的可行性。根据全球 CCS 技术研究所的统计报告, 欧盟成员国电力行业正在规划或建设的 CCS 技术示范项目接近 40 项^[7]。

1. 电力、石油天然气等行业 CCS 商业化

欧盟委员会承诺将于近期在欧盟范围内启动 12 项大规模 CCS 火力发电厂示范项目, 捆绑式投资分别来自欧委会、成员国、区域和工业界。考虑到燃煤火电厂具有更高的 CO₂ 排放量, 所选择的 CCS 示范项目将主要集中在煤电领域。

按照欧盟市场目前的平均煤炭价格 2.4 欧元/GJ 计算, 加入 CO₂ 捕获和配套费用, CCS 燃煤发电厂的生产成本将由原来的 48 欧元/(兆瓦·时), 根据 CCS 技术的不同选择, 分别增加到 73~87 欧元/(兆瓦·时)。根据 CCS 技术的研究进展, 近期的成本价格有可能降至 70 欧元/(兆瓦·时)或更低。如果加入 CO₂ 的运输和储存成本, 燃煤发电厂 CCS 整体的成本价格将达到 80 欧元/(兆瓦·时)。

欧盟电力行业 CCS 技术的商业化应用还停留在 CO₂ 捕获阶段, 这主要是因为 CCS 技术整体价值链成本问题; 而石油天然气工业的商业化应用已包括 CO₂ 的运输和储存。

钢铁、水泥、铝制品、化肥、制氢和乙醇等加工企业的 CO₂ 排放占世界总排放量的 19%, 同样可以利用 CCS 技术进行 CO₂ 捕获。尽管这些行业 CCS 技术的研发创新活动不如电力行业活跃, 但仍然在氨水生产、煤化工、煤/天然气液化及天然气井口等, 采用 CCS 技术捕获了大量的 CO₂。这些行业同样可以从 CCS 技术的转化及转移中, 获取可观的经济和社会效益。氢气作为未来的清洁能源, 基于汽化技术的多联产燃料生产企业采用 CCS 技术, 可为企业增加额外的附加值。

2. 向化石能源丰富的发展中国家转移 CCS 技术

欧盟 CCS 技术火电机组的商业化发展与欧盟碳排放交易机制 (ETS) 的碳价格密切相关, 也取决于欧盟长期的低碳政策法规, 同时, 还与各国化石燃料储量有关。考虑到 CO₂ 减排的约束性, 将刺激化石燃料丰富的国家, 特别是发展中国家, 更容易接受 CCS 技术, 欧盟委员会希望欧盟成员国, 在加强 CCS 技术研发创新的同时, 加速向化

石能源丰富的发展中国家实行 CCS 技术转移, 如, 欧盟委员会和国际投资机构联合中国政府, 共同在中国开展的零排放 CCS 火力发电厂示范工程项目^[8]。

3. 在可再生能源电力行业推广应用 CCS 技术

伴随着可再生能源电力在欧盟未来电力结构的比率持续上升, CCS 火力发电厂作为相对灵活性的电源, 为保持电力系统平衡稳定将继续扮演平衡电源和储备电源的角色。欧盟委员会强调, 发展可再生能源和提高能效, 决不能忽视 CCS 技术的研发创新及其创新成果的推广应用。生物质燃料与 CCS 技术煤粉混合热电联产技术, 可获得 CO₂ 负排放的实际效果。生物质燃料获取大气中的 CO₂, 与煤粉混合燃烧反应, 再通过 CCS 技术重新捕获 CO₂, 并进行永久储存。CCS 技术的特殊作用, 是实现欧盟未来节能减排战略目标的重要保证。

(三) 欧盟 CCS 技术推广应用存在的问题

目前, 欧盟 CCS 技术可持续发展的主要障碍包括以下几个方面: 投资不足、政策难以保障, 以及环境和社会因素的制约。

1. 成本过高, 投资不足

CCS 技术的成本价格过高, 平均在火力发电厂生产成本上再提高约 25 欧元/(兆瓦·时), 同于欧盟碳排放交易机制 (ETS) 最近的碳价格低价 10 欧元/吨 CO₂, 很难吸引全社会对 CCS 技术的投资。CCS 技术投资的风险还来自长期储存 CO₂ 的争论, 特别是社会公众围绕 CCS 技术的争论, 可能导致 CCS 技术长期政策的不确定性。除 CCS 技术研发创新的长期投入不足外, CCS 技术的推广应用也长期受困于融资难问题。

2. CCS 技术指令难以纳入法律体系

CCS 技术推广应用政策法规方面的主要问题是, CO₂ 地质储存地的审批和许可颁发等程序繁琐及时间过长, 以及长期政策的保障问题。2009 年, 欧盟有关 CCS 技术的指令在欧盟层面通过, 确立了相关 CCS 技术发展、CO₂ 储存、环境治理和健康安全的欧盟最基本框架, 但在 2011 年截止日期前, 只有西班牙和罗马尼亚将指令完全纳入本国的法律体系, 另有 10 个成员国部分纳入。由于部分社会公众的反对, 德国议会要求

对 CCS 技术进行安全测试, 至今尚未通过决议将指令纳入本国法律体系。欧盟委员会认为, CCS 技术指令纳入成员国法律体系的延误, 以及行动计划执行的推迟和各种审批条件的复杂苛刻, 严重制约了 CCS 技术的可持续发展和相关示范或商业化项目的展开。

目前, 欧委会正在启动对部分成员国侵权的法律诉讼程序。此外, 欧委会认为, 欧盟必须出台新的政策法规, 积极促进大规模 CO₂ 输气管道网络的基础设施建设。

3. 社会公众对 CCS 技术感到担忧和关注

保持社会公众对 CCS 技术 CO₂ 减排的信心, 是欧盟 CCS 技术面临的主要挑战之一。欧盟委员会要求利益相关方利用公共渠道积极向社会公众提供 CCS 技术所有相关的环境影响评价、健康安全、可持续性以及资源的有效利用等信息, 保证技术信息的透明公开。

2011 年 5 月, 欧盟社会调查局 (Eurobarometer) 就有关 CCS 技术的社会公众接受程度, 进行了一次覆盖欧盟成员国的专门调查, 几乎列出了所有社会公众关心的主要问题^[9]。调查显示, 接近 50% 的受访者认为, CCS 技术有利于积极应对气候变化; 但也有 61% 的受访者承认, 如果 CO₂ 储存地距其住所 5 公里以内, 会感到担惊受怕。

社会公众的担忧和关注, 将深刻影响 CCS 技术的政治决策、投资环境、研发创新以及未来发展, 其意义关系重大。欧盟各利益相关方, 有责任和义务鼓励社会公众积极掌握和了解 CCS 技术的相关知识。

三、欧盟促进碳捕获及储存技术研发和应用的举措

欧盟战略能源技术行动计划 (SET-Plan) 是欧盟能源技术领域研发创新活动的主要发电机, 其麾下的欧盟工业联盟 (EII) 针对能源技术的相关主题, 组成由欧委会、成员国、工业界、科技界和相关利益方参与的公私伙伴关系 (PPP) 和技术创新联盟, 专门集中于相关主题技术的研发创新和成果应用。

(一) 成立欧盟 CCS 技术工业联盟 (CCS EII)

2010 年 6 月, 欧盟成立了 CCS 技术工业联盟

(CCS European Industrial Initiatives, CCS EII)。CCS EII 提出两大战略目标: 完成欧盟 2020 能源战略目标确定的 CCS 技术的推广应用和具有成本竞争力的部署; 加强 CCS 技术的研发创新, 扩大 CCS 技术在各行业之间的技术转化和转移。CCS EII 的任务目标包括: 确定优先行动, 制定行动议程, 管理研发过程, 协调各参与方, 促使产学研用结合, 推动创新成果评估和技术成果转化等。CCS EII 中, 各相关参与方具有一定的权利和义务^[10]。

1. 工业界。管理技术研发投入、研发创新活动和市场风险评估; 提出技术研发和成本价格目标; 等等。

2. 成员国。成员国层面建立清晰的行动规划, 确保参与方遵守行为规则; 制定 CCS 技术的科技计划, 提供必要的资金支持; 协调 CCS EII 研发计划与本国科技计划的一致性; 等等。

3. 欧盟委员会。提供有关规章制度框架必要的指导; 提供欧盟清晰的促进政策法规, 便于工业界做出判断和决策; 协调欧盟层面的示范工程; 通过欧盟能源研究区域建设 (EERA), 提供必要的支持; 等等。

4. 科技界。承担与工业界相互补充的、必要的研发创新活动; 协同工业界攻克关键技术突破; 特别关注降低成本价格和提高研发进度。

5. 非政府组织。促进社会公众对 CCS 技术的主动了解和关心意识; 对各项行动计划等提供适当的咨询和建议。

(二) 构建零排放技术平台 (ZEPETP)

2005 年, 欧盟构建了欧洲化石燃料发电厂零排放技术平台 (ZEPETP)。ZEPETP 是由欧盟电力行业、石油工业、设备制造业、科技界和非政府环保组织组成的技术研发创新网络, 其任务目标是:

1. 促使 CCS 技术成为清洁能源关键技术, 积极应对气候变化;

2. 借助欧盟示范工程计划, 到 2020 年让 CCS 技术成为商业上切实可行的技术;

3. 加速新一代 CCS 技术的研发和创新, 保障 2020 年后, 在世界范围内, 大规模推广和应用 CCS 技术。

(三) 积极参与全球碳捕获领导人论坛 (CSLF)

欧盟积极主导和参与的全球碳捕获领导人论坛

(CSLF) 进展顺利, 目前 CSLF 共有 25 名成员, 其中欧盟成员国作为一方代表参与。CSLF 成员国(方) 代表着世界上 35 亿人口, 占世界人口总数的 60% 左右。CSLF 宪章已于 2003 年获得通过, 建立起 CO₂ 有效捕获和长久储存为目标的国际合作机制, 让 CCS 技术全球共享。CSLF 的宗旨是:

1. 确认关键的障碍, 从而改进技术能力;
2. 确认有关 CO₂ 分离、捕获、运输和储存技术的多边合作优先领域;
3. 培育 CSLF 成员共同关心的研发项目;
4. 明确知识产权分配的相关原则;
5. 确定成果共享和协同合作的指导原则;
6. 定期评估合作研发项目的进展和提出项目方向建议;
7. 建立和需要合作研究的新领域目录, 并对所涉及的项目进行定期评估;
8. 组织和协调所有参与方的有效合作, 尤其关注跨行业、跨学科研发活动;
9. 制定社会公众关心议题的战略;
10. 引导各项相关活动, 实现 CSLF 成员确定的各项目标。

(四) 实施大型 CCS 商业化示范项目

CCS 技术大规模推广应用的先决条件是在整体价值链上的技术示范和经济商业化的可行性。为此, 在 2007 年的成员国领导人春季峰会上, 欧盟决定于 2015 年之前, 在欧盟范围内实施 12 项大型 CCS 技术火力发电厂示范项目。截止 2011 年 4 月, 欧盟利用能源恢复计划基金 (EEPR) 已投资 10 亿欧元支持了 6 项大型示范项目建设^[11,12], 其基本数据见表 1。

欧盟投资 CCS 技术的另一项重大行动, 是利

表 1 欧盟大型示范项目基本数据

示范项目位置	捕获技术	装机容量/MW	CO ₂ 捕获量/(Mt·年 ⁻¹)
波兰 Belchatow	后燃烧	250	1.8
德国 Jaenschwalde	氧燃烧	250	1.7
荷兰 Rotterdam	后燃烧	250	1.1
意大利 Porto Tolle	后燃烧	250	1.0
西班牙 Compostilla	氧燃烧	320	1.0
英国 Don Valley	预燃烧	900	5.0

用欧盟碳排放交易系统 (ETS) 出售碳排放交易权的收益, 支持应用 CCS 技术的第一批商业化示范项目。2010 年, 欧盟公布的 13 项 CCS 技术中标项目^[13]的分布情况见表 2。

表 2 2010 年欧盟 CCS 技术商业化招标项目分布

项目位置	后燃烧	预燃烧	氧燃烧	工业应用	合计
法国				1	1
德国			1		1
意大利				1	1
荷兰				1	1
波兰	1				1
罗马尼亚	1				1
英国	5	2			7
合计	7	2	1	3	13

欧盟委员会为了保证大型示范项目之间技术经验的最大化相互借鉴, 组织发起并协调建立了世界首个 CCS 技术示范项目网络平台, 以加强联系和扩大影响, 保证示范工程的顺利实施, 争取上述 6 项大型示范工程项目于 2015 年以前投入运行。示范项目网络的任务目标是创建 CCS 技术示范工程创新联盟, 强化 CCS 技术的成果共享, 理顺联盟创新机制, 完善创新利益链, 扩大社会公众效应, 积极开展国际合作; 最大化挖掘 CCS 技术的潜力, 争取到 2020 年成为 CCS 技术大型商业化应用的先行者和技术拥有者, 保持欧盟工业企业的竞争力和世界领先水平。

(五) FP7 加大对 CCS 技术的投入, 支持改进 CCS 技术, 降低 CO₂ 捕获成本

欧盟第 7 研发框架计划 (FP7) 已计划加大对 CCS 技术研发创新的资金投入, 积极支持提高 CO₂ 捕获效率和保持成本竞争力的研发项目。未来的研发创新活动将主要集中在: 改进 CCS 技术火力发电厂的效益; 新型设备材料的研发 (先进超超临界锅炉、蒸汽、汽轮机); 成本效益 CO₂ 氧捕获技术的研发; CO₂ 长久储存的安全评估等。

欧盟委员会认为, 进一步开发更先进的 CCS 技术降低 CO₂ 捕获成本是可行的, 也是必须的。例如, 利用离子液体溶剂、CO₂ 酶化分离和物理分离均属于新兴技术。CO₂ 长久储存的关键点是储存技术的安全评估。CO₂ 地质储存地的安全可靠

性和环境影响评价, 还需进一步的研发投入, 加强机理研究。更精确和具成本效率的建模与监控技术、CO₂ 运输与配送技术、液-岩相互作用和岩石完整性机理等, 还必须投入一定的研发资源。同时, 加强更有效的 CO₂ 储存地和地理位置特性评估, 特别是地下盐含水层的评估, 有利于加速 CCS 技术的推广应用。欧盟能源战略技术行动计划 (SET-Plan) 和欧盟 CCS 技术工业创新联盟 (CCS EII), 将具体实施和落实 CCS 技术的研发创新和成果的商业化应用。■

参考文献:

[1] IPCC. IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage[R]. New York: Cambridge University Press, 2005.
 [2] Lurgi. The Rectisol Process: Lurgi's Leading Technology for Purification and Conditioning of Synthesis Gas[R/OL]. Germany: Lurgi, 2011.
 [3] European Commission. Energy Infrastructure Priorities for 2020 and Beyond—A Blueprint for an Integrated European Energy Network, COM(2010)677 final[R/OL]. Brussels: European Commission, 2010-11-17.
 [4] Zero Emissions Platform. The Costs of CO₂ Capture, Transport and Storage-Post-Demonstration CCS in the EU[R/OL]. (2011-07). <http://www.zeroemissionsplatform.eu/extranet-library/publication/165-zep-cost-report-summary.html>.

[5] CSLF. 2010 Carbon Sequestration Leadership Forum Technology Roadmap: A Global Response to the Challenge of Climate Change[R]. CSLF, 2010.
 [6] Zero Emissions Platform. EU Demonstration Programme for CO₂ Capture and Storage (CCS)[R]. ZEP, 2008-11.
 [7] Global CCS Institute. The Global Status of CCS: 2010[R]. Canberra: Global CCS Institute, 2011.
 [8] European Commission. China-EU Near Zero Emission Coal[EB/OL]. (2010-12-21). http://ec.europa.eu/clima/dossiers/nzec/index_en.htm.
 [9] Eurobarometer (TNC). Public Awareness and Acceptance of CO₂ Capture and Storage[R/OL]. (2011-05). http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_364_en.pdf.
 [10] Zero Emissions Platform. CCS EII Implementation Plan 2010-2012[R/OL]. ZEP, 2010.
 [11] European Commission. The Implementation of the European Energy Programme for Recovery, COM(2011) 217 final[R]. Brussels: European Commission, 2011-04-20.
 [12] European Commission. CO₂ Capture and Storage Demonstration Projects Supported by the European Energy Programme for Recovery (EEPR)[R]. Luxembourg: Publications Office, European Commission, 2010.
 [13] Bellona. 13 CCS Applications for NER 300[EB/OL]. (2011-05-16). http://www.bellona.org/news/news_2011/NER_CCS_Applications.

Current situation of CCS technologies and its development trends in EU

ZHANG Zhiqin

(The Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, Beijing 100862)

Abstract: To achieve the goal of energy efficiency and carbon reduction set by EU Energy Strategy 2020 and Energy Roadmap 2050, carbon capture and storage (CCS) technologies are doomed to be an indispensable key technology for EU to deliver its energy strategy. Although CCS technologies are relatively mature, its further development and application still face barriers such as insufficient investment, unsure policies and constraints of environment and social factors. The key R&D of CCS technologies is to make breakthrough to overcome the bottleneck. This paper analyzes the R&D status, market prospect and development trends of CCS technologies in the EU, which could provide beneficial clue and important reference for the sustainable development of CCS technologies in China.

Key words: EU; carbon capture and storage (CCS) technologies; CCS commercialization; technology platform for zero emission