

# 山西省实施 CO<sub>2</sub> 捕集与封存技术前景展望

高碧霞, 史新珍

(山西省分析科学研究院, 山西 太原 030006)

**摘要:** 针对山西省资源禀赋、地理特征、能源消费结构和污染状况, 结合 CO<sub>2</sub> 捕集与封存技术(CCS) 发展现状, 分析了山西省 CO<sub>2</sub> 排放源及封存区状况, 指出在山西省实施 CO<sub>2</sub> 捕集与封存技术潜力巨大, 应用前景广阔, 对于碳减排和应对气候变化具有重要意义, 提出通过政策及法律法规建设、资金及人才储备、合作机制建设、示范项目建设等来进一步推动山西实施 CO<sub>2</sub> 捕集与封存技术。

**关键词:** 气候变化; CO<sub>2</sub> 捕集与封存(CCS); 排放源; 封存区

中图分类号: TK0.1

文献标识码: B

文章编号: 1006-6772(2012)01-0005-04

## Prospect forecast of CO<sub>2</sub> capture and storage technology in Shanxi Province

GAO Bi-xia, SHI Xin-zhen

(Shanxi Province Analytical Science Research Institute, Taiyuan 030006, China)

**Abstract:** Based on the resources situation, geographical features, energy consumption structure and pollution situation, analyzed CO<sub>2</sub> emission sources and storage areas in Shanxi Province combining development situation of CO<sub>2</sub> capture and storage (CCS). Find that CO<sub>2</sub> capture and storage in Shanxi Province has a tremendous potentiality with wide application prospect, which is very important for carbon emission reduction and climate change combat. CCS should be further promoted in Shanxi Province via policy and legal construction, funds and talents retaining, cooperation mechanism construction and pilot project construction.

**Key words:** climate change; CO<sub>2</sub> capture and storage (CCS); emission source; storage area

### 1 加快实施 CO<sub>2</sub> 捕集与封存技术的必要性

#### 1.1 实施 CO<sub>2</sub> 捕集与封存技术的意义

气候变化是 21 世纪人类面临的严峻挑战。《人类发展报告》中提到: 在可预见的未来, 温室气体排放引起的气候变化是无法逆转的。今天排放到大气中的温室气体会一直停留到 100 a 甚至更久。温室气体排放所造成的损害不仅影响当代, 更将影响子孙后代的生活。全球平均气温升高, 旱灾、极端

天气情况、热带风暴加剧, 海平面上升, 这些现象已经引起国际社会的广泛关注。

气候变化问题日益突出, 正在对人类社会的发展产生深刻影响。为应对气候变化, 中国提出到 2020 年全国单位国内生产总值 CO<sub>2</sub> 排放比 2005 年下降 40%~45% 的减排目标。作为约束性指标, 碳排放强度必将分解到各个省份和重点工业行业, 并通过相应的国内统计、监测、考核办法加以落实。结

收稿日期: 2011-10-31 责任编辑: 孙淑君

基金项目: 科技部国际科技合作计划项目(2010DFB90690)

作者简介: 高碧霞(1963—), 女, 山西河津人, 高级工程师, 主要从事煤化工及洁净煤技术研究开发。

合中国国情、发展阶段和能源结构特点,选择碳捕集与封存技术以应对气候变化,是一项重要的战略举措,同时也为全球碳捕集与封存提供了最具潜力的市场。

山西是国家重要的能源和重化工基地,也是气象灾害多发区和气候变化敏感区,产业结构中型化、单一化、高碳化特征明显,温室气体排放多,生态环境负荷重成为制约全省经济发展的主要瓶颈。应对气候变化,发展低碳经济是未来山西经济发展的必然选择。

在山西能源消费中,煤炭燃料消费远远高于油、气、电的消费,占能源消费总量的 94.7%,比全国的平均水平高出 26%。而油、电、气等高品质能源消费分别占能源消费总量的 4.4%、0.6% 和 0.4%,比全国平均水平分别低 17%、5.8% 和 2.4%。丰富的煤炭资源还使山西省内各界对新能源及替代能源的开发和利用不重视,导致能源消费品种单一,新能源与可再生能源的开发和利用不足。山西火力发电装机容量占总装机容量的 97.83%。由于单位热量燃煤引起的  $\text{CO}_2$  排放比使用石油、天然气高出约 36% 和 61%<sup>[1-2]</sup>,产生的传统污染物排放则更高。随着国民经济的持续快速发展和人民生活水平的不断提高,煤炭消费总量呈不断增加的态势。山西的能源消费结构和污染特征决定了在山西实施碳捕集与封存技术(CCS)有着极为重要的意义。

## 1.2 $\text{CO}_2$ 捕集与封存技术现状

碳捕集与封存是指将  $\text{CO}_2$  从工业或相关能源产业的排放源中分离出来,输送并封存在地质构造中,长期与大气隔绝的一个过程。它与提高能效和发展替代能源包括可再生能源和核能一起被广泛认定为目前最重要的 3 种碳减排手段。

$\text{CO}_2$  捕集技术有燃烧前捕集、燃烧后捕集和富氧燃烧 3 种主要方式。目前大多采用在燃烧前和燃烧后,特别是燃烧后可以应用于常规电厂、钢铁水泥等主要行业常压烟道气中  $\text{CO}_2$  的捕集。据低碳技术专利报告<sup>[3]</sup>:目前全球每年有 300 多亿 t 的  $\text{CO}_2$  排放到大气层中,其中来自发电厂约占 40%,来自运输行业约占 23%,来自水泥厂、钢厂和炼油厂约占 22%。人们普遍认为,在燃煤发电厂等大型工业领域应用 CCS 是最现实的减排  $\text{CO}_2$  的技术途径,而且国际上有专家乐观预测,随着这项技术的日臻完

善,最终将使全球发电厂的  $\text{CO}_2$  减排 90%。由此可见,电力行业将成为碳捕集与封存在中国的主要应用领域。

笔者从 2011 年第 2 届全球  $\text{CO}_2$  捕集利用与封存峰会上获悉:国内如神华集团、中石油、中石化、中海油等在 CCS 研发及工程示范上较为领先,有些方面在国际上也处于领先地位。中石化南化集团研究院“低分压  $\text{CO}_2$  捕集新技术”处于国际领先水平,优良的胺法捕集  $\text{CO}_2$  技术即将拓展到电力、钢铁、有色、冶金等各个行业,适用于电厂燃煤锅炉烟道气、焦炉烟道气、回转窑气等;神华全流程 10 万 t/a CCS 示范项目进展顺利,2011 年 5 月以来注入良好,已累计注入 7912 t。

国际上欧美等发达国家较为领先。如美国的 Powerspan 公司着力研究燃烧后  $\text{ECO}_2$  技术,用于电厂捕集  $\text{CO}_2$  商用模式下的各种评估,建设规模达 200 MW 以上设备的技术已经成熟;美国西太平洋国家实验室着力研发可商用的“地质封存软件包”,建立  $\text{CO}_2$  注入、诱捕和溶解的新孔隙混合模型;英国康世富科技公司“ $\text{CO}_2$  捕集技术研究”、法国地质和矿产调查局“ $\text{CO}_2$  地质封存中储集层控制以及冠岩非均质性”研究均处于领先;其它处于领先的国家还有挪威、澳大利亚、加拿大等。地处加拿大的“国际  $\text{CO}_2$  地质封存中心”(IPAC- $\text{CO}_2$ )着力制定有关“封存”的标准,内容涵盖选址、风险评估、监控与审核等。

目前的 CCS 技术发展状况是:世界处于工程示范—商业应用阶段;中国处于技术开发—工程示范阶段;中国总体滞后 1~2 个阶段,即 5~10 a,距离商业应用 10~20 a;技术发展不平衡:捕集快于封存;山西处于基础研发和技术应用—工程示范阶段,显然滞后于国内国际水平,应加快自主研发和加强国内国际合作。

## 2 实施 $\text{CO}_2$ 捕集与封存技术潜力巨大

### 2.1 $\text{CO}_2$ 排放源现状

山西是煤炭大省,独特的资源禀赋决定了山西以煤为主的能源结构在中短期内难以改变。它一方面必须承担为全国发展大局提供能源支撑的历史责任;另一方面又是大气污染的主要污染源,由煤炭消耗产生的  $\text{CO}_2$  排放居全国前列。与全国各省份相比,

山西碳排放总量和份额、能源碳排放强度和人均碳排放等各项碳排放指标均居首位。近年来,虽然山西省一直致力于节能减排,但碳排放量仍然呈上升趋势。随着国民经济的持续快速发展和人民生活水平的不断提高,煤炭消费总量呈不断增加的态势。根据山西省经济普查报告:2008年,山西省能源消费总量为14664.4万tce,碳排放总量为3.81亿t,比2005年增长了19.1%。2009年,全年能源消费总量为15590.59万tce<sup>[4]</sup>(等价值,下同)2010年,全省能源消费总量16789.86万tce<sup>[5]</sup>,碳排放总量将相应增加。

山西碳排放在不同行业之间存在明显差异。其中,工业对碳排放影响最大,其碳排放量占全省碳排放的80%以上。山西省纳入到国家千家企业节能行动的企业有86户,其能源消费总量占到全省全部工业的40%以上,占全社会能源消费量的30%左右;山西省自定的双百家重点耗能企业(包括86户千家企业和114户省定重点耗能企业),其能源消费量占全省全部工业的55%以上,占到全社会能源消费总量的近一半;2008年全省年耗能在1万tce以上的企业只有996家,其能源消费合计占全部工业能耗总量的90%以上(来源:新华网·山西频道《山西2008年节能降耗成效显著》2009年7月31日),这些重点耗能企业主要集中在煤炭、冶金、化工、焦化、电力、建材等高耗能行业,是山西省节能降耗工作的重点对象,同时也是CO<sub>2</sub>排放较大的企业,是实施碳捕集与封存技术的碳排放源。

此外山西作为产煤大省,电力以火力发电(主要靠消耗煤炭)为主,火力发电装机容量占总装机容量的97.83%。根据山西省电力规划预测,到2020年山西省需要发电装机容量 $8 \times 10^5$  MW,煤电耗原煤2.2亿t,占山西原煤消费量的70%左右<sup>[1]</sup>。如果能实施捕集封存技术,届时预计可减少CO<sub>2</sub>排放3.92亿t(节约1kgce=减排CO<sub>2</sub>2.493kg;1kg原煤=0.7143kgce。来源:凤凰网财经滚动新闻《低碳辞典:节约1度电减排多少CO<sub>2</sub>?》2010年9月2日)。由此可见燃煤电厂可作为首选的碳排放源。

## 2.2 适合CO<sub>2</sub>封存的存储区状况

山西是产煤大省,同时也是煤层气大省,煤层气资源量占全国总量的1/3,主要分布在河东、沁水、霍西、宁武、西山五大煤田。从煤层气资源的地域分

布情况看,以沁水煤田和河东煤田煤层气资源储量最大,是煤层气开发利用的两大重点区域。

根据中科院武汉岩土力学研究所李小春教授的研究观点“ECBM与各种排放源匹配较好的地区主要为沁水盆地、淮南淮北、鄂尔多斯盆地、塔里木盆地”。利用CO<sub>2</sub>-ECBM技术在深部煤层进行CO<sub>2</sub>埋藏不仅对减缓全球气候变暖具有重大意义,而且能够促进煤层气增产,是CO<sub>2</sub>减排最有效方式之一。此外,由于煤层气的主要成分甲烷是具有强烈温室效应的气体,温室效应要比CO<sub>2</sub>大20倍,采用ECBM技术封存CO<sub>2</sub>同时驱替出甲烷气体,能更有效地减缓全球气候变暖。

中国地质大学王烽等的研究表明:CO<sub>2</sub>-ECBM技术可使沁水盆地煤层气可采量增加 $1.04 \times 10^{12}$  m<sup>3</sup>,埋藏CO<sub>2</sub>量可达47.7亿t<sup>[6]</sup>。

依据山西省煤炭地质资源环境调查院资料,根据山西省地质构造条件,适合CO<sub>2</sub>地质封存的最佳储存结构体为大型煤田的深度赋煤区。根据山西省煤层气资源特点及开发现状,在充分收集以往地质工作成果的基础上,通过对煤田地质构造的调查和分析,结合山西省经济发展的分布特点,对全省适合CO<sub>2</sub>地质封存的深度煤层赋存区(即煤层埋深大于1500m且地质构造简单、无断层构造、盖层稳定、密闭良好区)进行初步规划,全省共规划了5个CO<sub>2</sub>地质封存区,分别为宁武煤田静乐规划区、沁水煤田沁县规划区、河东煤田康宁规划区、河东煤田临县西规划区、河东煤田石楼-永和规划区,总面积达4659.62 km<sup>2</sup>。山西有着巨大的CO<sub>2</sub>封存空间,在山西省实施CO<sub>2</sub>捕集与封存具有良好的地质条件和十分广阔的市场前景。

## 3 对策及建议

(1) 政策及法律法规建设。加快建立健全应对气候变化的法律、法规和标准,将应对气候变化工作纳入法制化轨道。依此提升碳捕集与封存技术的发展空间,增强经济上的吸引力;降低碳捕集与封存项目对环境和人类健康的威胁,提升公众对碳捕集与封存的支持,消除企业顾虑,促进碳捕集与封存成为真正对环境有益的安全减排手段。

(2) 资金及人才储备。政府应尽快建立明朗的投融资机制,加大公共资金投入,同时鼓励私人资金

的进入。设立专项经费,重点支持 CCS 技术的研发和工程示范。由政府部门负责,长期组织、联合有关高校、科研院所、相关企业等单位,组成一支研发队伍,注重 CCS 技术专业人才培养,做好人才战略储备。

(3) 合作机制建设。政府部门要采取各种有利措施,大力支持 CCS 技术的实施工作,积极做好 CCS 技术的实施过程中各行业及企业间的沟通与协调,加强与国内、国际合作,制定有效的国际合作机制和跨行业协调机制。

(4) 示范项目建设。积极利用国内外的资金和技术,筛选最佳技术组合进行项目示范,做好碳捕集与封存技术的捕获、运输和封存三大环节技术及安全风险评估,消除公众对环境、健康和安全隐患的担忧,早日打造出科学的实施 CCS 技术商用模式,促进该技术在全省的实施。

## 4 结 语

山西省境内分布的大型煤田可作为 CO<sub>2</sub> 封存地,同时又有着大量的工业排放源,自然形成了良好

(上接第 4 页)

分布式能源系统,煤层气电厂所发电量原则上优先在矿区内自发自用。

目前,中国煤层气抽采利用率仅为 30% 左右,其中占抽采量约 50%、浓度低于 30% 的低浓度煤层气大部分被直接排放到大气中。2011 年初,《煤矿低浓度瓦斯与细水雾混合安全输送装备技术规范》等 10 项低浓度瓦斯输送和利用安全生产行业标准出台,低浓度煤层气发电将成为近期煤层气发电的重点。

《煤层气开发利用“十二五”规划》即将公布,将出台更加优惠的财税补贴政策。在国家政策的大力支持下,中国煤层气发电利用规模将更加快速增长。

参考文献:

- [1] 李五忠,赵庆波. 中国煤层气开发利用[M]. 北京:石油工业出版社,2008:12.
- [2] 董小恺. 山西煤层气产业化的构想与建议[J]. 山西能源与节能,2008(2):13-16.
- [3] 陈曦. 两份省政协提案和贵州煤层气[N]. 贵州政协报,2010-04-16.
- [4] 陈磊. 科技破解瓦斯治理难题. <http://www.hmmine.com/html/news/MediaFocus/812.html>.

的源汇匹配,为实施 CO<sub>2</sub> 捕集与封存提供了极为有利的条件;加之山西省领导及政府部门予以大力支持和关注,制定出了清晰的产业发展政策。在山西实施 CO<sub>2</sub> 捕集与封存技术对于碳减排和应对气候变化具有重要意义,应用前景极其广阔。

参考文献:

- [1] 王昕,董继斌,丁钟晓. 2010 年山西煤炭工业发展报告[R]. 太原:山西经济出版社,2009.
- [2] 王昕,董继斌,丁钟晓. 2011 年山西煤炭工业发展报告[R]. 太原:山西经济出版社,2010.
- [3] 梁晓亮. 低碳技术专利报告:碳捕集技术推广应用前景广阔[N]. 经济日报,2010-07-21(14).
- [4] 张临山,王荔. 2009 年山西省节能降耗取得重大进展[N]. 山西日报,2010-07-04(A1).
- [5] 最新统计公报:五年努力节能降耗成就大[N]. 太原日报,2011-06-24(4).
- [6] 王烽,汤达桢,刘洪林,等. 利用 CO<sub>2</sub>-ECBM 技术在沁水盆地开采煤层气和埋藏 CO<sub>2</sub> 的潜力[J]. 天然气工业,2009,29(4):117-120.
- [5] 王岩. 淮南矿区瓦斯利用现状与前景[J]. 中国煤层气,2005,2(4):36-38.
- [6] 白红彬,杨俊辉. 煤层气发电设备的比较与选择[J]. 中国煤层气,2007,4(2):30-32.
- [7] “十二五”煤层气产能酝酿倍增. <http://news.chemnet.com/item/2011-02-10/1501448.html>.
- [8] 毛庆国,陈贵锋,谢华,等. 中国煤层气利用途径[J]. 洁净煤技术,2009,15(4):14-16.
- [9] 张文波,程宏斌. 煤层气发电与机型选择[J]. 洁净煤技术,2004,10(2):21-24.
- [10] 郭娟彦,蒋东翔,赵钢. 煤层气发电技术现状及我国煤层气发电存在的问题[J]. 中国煤层气,2004,1(2):39-43.
- [11] 赵斌. 燃气轮机与燃气内燃机在联供系统中的应用比较[J]. 化学工程与装备,2010(6):113-114.
- [12] 刘蜀卿. 内燃机和燃气轮机在发电领域的比较[J]. 内燃机,2005(10):24-25.
- [13] 徐建中. 分布式供电和冷热电联产的前景[J]. 节能与环保,2002(3):10-14.
- [14] 王勇. 煤矿瓦斯发电及热电冷联供技术研究[J]. 工矿自动化,2006(5):8-11.