

清洁煤技术与 CO₂ 地质封存

柳迎红, 马 丽

(中海油研究总院 新能源研究中心, 北京 100027)

摘 要: 中国能源资源特点决定现在以煤为主的消费结构, 但煤炭在消费过程中存在高污染和低效率的问题, 因此为提高资源利用率, 煤炭行业面临结构调整。煤炭行业的清洁化、高效化、低碳化将是产业发展方向, 煤炭高效洁净转化将取代传统的转化技术, 如何解决煤炭利用过程中产生的 CO₂ 是清洁煤技术面临的新问题。通过研究清洁煤技术与 CO₂ 地质封存技术, 特别是深部盐水层封存技术, 为煤炭利用中产生的 CO₂ 排放提供了一种大规模、安全、稳定的存储方式, 从而解决目前中国能源结构造成的 CO₂ 排放问题。

关键词: 低碳经济; 清洁煤; 低碳化; CO₂ 地质封存

中图分类号: TD84; X701

文献标志码: A

文章编号: 1006-6772(2014)05-0006-03

Clean coal technology and CO₂ geological storage

LIU Yinghong, MA Li

(New Energy Research Center, CNOOC Research Institute, Beijing 100027, China)

Abstract: To improve the utilization rate of coal and speed up clean, efficiency and low carbonization of coal industry, provide that the traditional coal conversion technologies should be replaced by efficient and clean technologies. Investigate the clean coal technologies and CO₂ geological storage technologies, especially the technologies of CO₂ storage in saline formation. The way stores large quantities of CO₂ safely and stably. The method also solves the problems of CO₂ emissions due to China's energy structure.

Key words: low-carbon economy; clean coal; low carbonization; CO₂ geological storage

0 引 言

中国的煤化工产业萌芽于 20 世纪 40 年代, 随着 20 世纪 70 年代石油化工的兴起, 煤化工产业一度受到冷落。但中国缺油少气多煤的能源结构决定了煤化工是中国不得不发展的产业^[1-3]。煤炭产业的再次兴起也决定了其必须要高效、低碳、清洁化发展^[4]。同时, 气候变化也迫使人类提出低碳经济, 要求使用清洁煤技术。清洁煤技术目前面临的一个新问题是大量的 CO₂ 排放。CO₂ 的地质封存技术则是解决清洁煤技术面临的大量 CO₂ 排放利用的关键技术^[5]。

1 低碳经济的提出

低碳经济概念的提出和发展低碳经济的起因来

自 2 个方面: 一是能源约束, 二是气候变化。随着人们生活水平的提高, 对能源需求日益增高, 在全球的能源消耗中, 87% 以上是不可再生能源, 主要是煤炭、石油、天然气, 这些能源的大量消耗带来 2 个问题: 一是寻求新能源及替代能源, 二是解决化石能源消耗时释放大量温室气体带来的环境及气候影响。国际政府间气候变化委员会 (IPCC) 预测, 到 21 世纪中叶, 化石能源仍占约 50%, 在此期间, 科学家在探讨研究新能源的同时还要提高现有资源利用率, 降低资源消耗速度, 同时, 为了保护环境, 还要减少 CO₂ 排放, 为此, 提出了以低碳产业、低碳能源、低碳技术和低碳消费为主的新的经济发展方式, 称为低碳经济。“低碳经济”作为一种新型经济形态, 主要体现在: 高效率的生产和能源利用; 大力发展可再生能源, 使用高效燃料, 低碳排放的交通工具、公共交

收稿日期: 2014-01-28; 责任编辑: 孙淑君 DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.2014.05.002

作者简介: 柳迎红 (1968—), 女, 辽宁阜新, 高级工程师, 博士, 主要从事清洁煤产业及科研工作。E-mail: liuyh11@enooc.com.cn

引用格式: 柳迎红, 马 丽. 清洁煤技术与 CO₂ 地质封存[J]. 洁净煤技术, 2014, 20(5): 6-8.

LIU Yinghong, MA Li. Clean coal technology and CO₂ geological storage[J]. Clean Coal Technology, 2014, 20(5): 6-8.

通取代私人交通来减缓污染; 采用高效节能材料、采用节能建造方式等。

2 清洁煤技术

中国能源现状是以煤炭消费为主, 煤炭的消费比例为 67.7%, 石油约占 22.7%, 水电、核电、风能、太阳能约占 7%, 天然气仅占 2.6%。但现存问题是: 煤炭直燃对环境的污染严重, 传统的煤炭转化方式效率低下。然而中国煤炭的储量决定以煤为基础的能源现状在长时期内难以改变。以煤为主的能源格局和石油对外依存度高的现状, 以及煤炭直燃带来的环境方面、效率方面的问题, 促使煤炭行业进行产业结构调整^[6-7]。因此, 清洁煤技术及产业被提上日程。

洁净煤技术主要是指在减少污染和提高效益的煤炭加工、燃烧、转换和污染控制等新技术的总称, 主要包括 2 个方面: 一是采用洁净的燃煤技术; 二是将煤炭转化为液体、气体、固体形成洁净燃料或原料, 再加以利用的技术。若考虑提高煤的利用效率, 就需要在燃煤技术上创新, 采用高效洁净化燃煤技术, 燃烧前, 加强煤的分选、型煤加工利用和水煤浆技术优化; 燃烧中, 采用流化床燃烧技术和其他先进燃烧器技术; 燃烧后, 采用高效的消烟除尘和脱硫脱氮技术。但从国家能源安全角度, 从降低石油对外依存度来讲, 应当大力发展煤炭清洁转化技术, 从原料、燃料、终端产品利用等多方面发展煤炭转化。

煤炭转化是以煤为原料, 经过化学过程使煤转化为气体、液体、固体燃料以及化学品的过程。从煤的转化方式分干馏、气化、液化, 传统的干馏主要用于焦化领域, 煤的气化在煤化工的产业链中占有重要位置, 煤气化后煤由大分子多链结合的复杂态变成多个简单态组合体, 如, 以气态为主的 CO、H₂、硫、硫氧化物等, 以固态为主的硅、铝、铁、钙、镁氧化物, 其气态可以通过合成的方法形成新的能源及化学品, 如甲醇、天然气、F-T 合成油品、烯烃等, 这些都是洁净产品, 可以直接进行下一步的利用。一些污染物比如硫化物变成了化工原料, 现存的最难以解决的是 CO₂。多年来工业的发展, 排放了大量以 CO₂ 为主的尾气, CO₂ 是主要的温室气体, 其引发的气候变化为人类带来很多自然灾害。因此, 减少 CO₂ 排放是人类目前面临的重大技术问题。在清洁煤的产业发展问题中, 如何解决 CO₂ 的利用和处理, 也变成一个现实的问题。

3 清洁煤技术面临的新问题

中国煤炭消费主要集中在发电、建材、钢铁、化工等四大领域, 占总量的 85% 以上。2012 年, 中国电力行业动力煤需求量为 18.55 亿 t, 占动力煤总消费量的 62.23%; 建材行业动力煤消费量占动力煤总消费量的 21.05%, 为 6.28 亿 t^[8]。传统煤炭利用技术污染大, 效率低, 单位产品能耗高, 燃烧 1 t 煤要排放 SO₂ 20 kg, CO₂ 440 kg(以碳基计算) 及烟尘 15 kg 和灰渣 260 kg。清洁煤技术在节能、提效、降低排放、提高资源利用率的基础上, 又增加了结构调整, 突破传统的行业界限, 由单一产品向多联产的模式发展, 将现代多项先进技术组合起来, 对煤炭进行深度加工和综合利用, 最大限度地提高能源利用效率, 降低污染物排放, 煤中的硫可以回收, CO₂ 纯度达 90% 以上, 灰渣中已除去碳, 是很好的水泥原料。但清洁煤技术面临的一个新问题是大量的 CO₂ 如何处理和利用, 40 亿 m³ 煤制天然气要排放 1000 万 t CO₂, 若规划 500 亿 m³ 煤制天然气项目, 则需排放 12500 万 t CO₂, CO₂ 的处置将需要大量的空间。

4 CO₂ 地质封存

IPCC 在第三次评估报告中指出, 地球气候正经历一次以全球变暖为主要特征的显著变化。CO₂ 是其中对气候变化影响最大的气体, 产生的增温效应占所有温室气体总增温效应的 63%, 且在大气中的留存期最长, 可达到 200 a^[9]。CO₂ 的大量排放引起的温室效应已经对地球生态平衡造成影响。因此, 人类正在通过持续不断的研究, 从技术、经济、政策、法律等层面探寻长期有效的解决途径。减少 CO₂ 的排放和有效利用 CO₂ 是现在研究的重点, 在众多 CO₂ 的处理技术中, CO₂ 的地质封存因其储量大、具有发展潜力、效果显著而成为研究的热点和国际社会减少温室气体排放的重要策略^[10-13]。

1) 从地质条件看, 地下原本就是地球最大的碳接收器。世界上绝大部分的碳都贮藏在地壳中, 如煤、石油、煤气、有机页岩等。CO₂ 通过生物行为、点火行为和岩石与流体间化学反应被捕获, 并在自然界的地下环境中以碳酸盐矿物形式、溶液形式、气体或超临界形式存储, 该过程已进行了数亿年^[11]。因此, 将来自于地球的碳封存于地下地质岩层是最为理想的方式。20 世纪 70 年代初美国得克萨斯州采用这种方法增产石油, 即现在研究的提高石油采收

率(EOR) 20世纪70年代后温室气体越来越被关注,到20世纪90年代初,减少CO₂的排放成为国际社会迫切需要解决的问题。碳捕获与地质封存技术(Carbpem Capture and Storage,简称CCS)由于其巨大的减排潜力和经济性引起科学界和政治界的广泛关注。CO₂地质封存方式主要有废弃或无商业开采价值的油气田、CO₂油气和煤层气田、深部咸水层(海域和陆上)和无商业开采价值的深部煤层等(图1)。

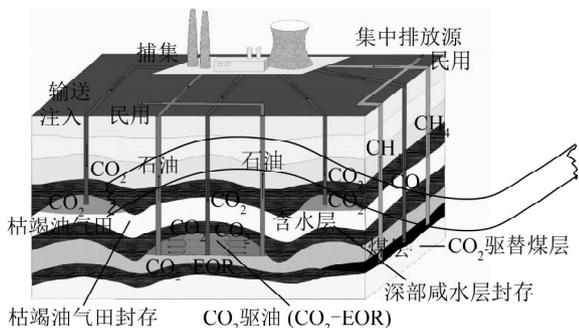


图1 CO₂地质储存方式示意

2) 由于地下咸水层分布面积广、厚度大、埋存容量巨大,成为主要的CO₂地质埋存方式之一。世界范围内有很多适合CO₂地下埋存的沉积盆地。经初步统计,中国有面积大于200 km²的沉积盆地417个,面积约5.748 × 10⁶ km²。现内海及毗邻海域有27个盆地,其中24个主要沉积盆地,分布了面积约3.4 × 10⁵ km²的深部咸水层,可封存CO₂约1.435 × 10¹² t。判断这些盆地是否具备进行CO₂地质封存的条件,还要根据具体项目,综合考虑盆地的研究程度、盆地资源勘探程度以及社会因素等。埋存条件的选择、CO₂长期封存的安全性和稳定性是CO₂地质封存研究的重要内容。

5 结 论

1) 中国以煤炭为主导的能源结构在未来一段时期内将不会发生大的变化,煤炭的清洁、高效、低碳利用将是一项长期任务,在全球气候变暖的自然趋势下,如何解决煤炭消费过程中CO₂问题,是涉及能源、环境、政治等多方面因素的工作,先期研究CO₂地质储存技术,对解决中国能源、政治、环境具有重要影响,推行CO₂地质封存项目对减缓气候变暖进程和中国实施可持续发展战略具有重要的意义。

2) 自然界中气藏的存在已证实了可在地下存贮数万至数千万年。由于CO₂地质存贮相当于造一

个地下人工气藏,储存场所、存储介质(如储盖层几何学、结构构造、岩矿学、物性和岩石力学性质等)、场地条件(如应力、温度、流体属性等)以及所注入CO₂的运移、反应等因素是研究的关键,同时还需考虑经济、社会、环境因素,必须满足存储量大、存储时间长、健康、安全和环保等条件,这些将是未来研究的重要课题。

参考文献:

- [1] 潘连生. 煤化工的发展要认真转变增长方式[J]. 煤化工, 2004, 12(6): 1-3.
- [2] 陈贵锋. 洁净煤技术产业发展机遇与挑战[J]. 中国能源, 2010(4): 5-8.
- [3] 韩宏刚. 我国煤化工产业低碳模式研究[D]. 西安: 西北大学, 2012: 10-15.
- [4] 李国志. 基于技术进步的中国低碳经济研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2011: 5-35.
- [5] 肖钢, 马丽, Wentao Xiao. 还碳于地球[M]. 北京: 高等教育出版社, 2011: 63-76.
- [6] 李广民, 王肖戈. 我国洁净煤能源开发利用的现状与前景[J]. 理论月刊, 2012(12): 115-118.
- [7] 冯益民. 我国煤化工产业的发展趋势及对策研究[J]. 现代化工, 2012(11): 1-4.
- [8] 新浪财经. 我国动力煤的需求情况[EB/OL]. (2013-09-23) [2014-01-28]. <http://finance.sina.com.cn/money/future/futuresroll/20130923/102016822004.shtml>.
- [9] 张柏芳, 高书琴, 罗浩阳. 我国煤化工产业前景[J]. 西部煤化工, 2007(1): 33-35.
- [10] 巢清尘, 陈文颖. 碳捕获和存储技术综述及对我国的影响[J]. 地球科学进展, 2006(3): 291-298.
- [11] 禹林. 二氧化碳深部盐水层地质封存物理模拟探索性研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2010: 4-17.
- [12] 王金龙, 崔大伟, 郭萍. 二氧化碳深部含盐水层地质封存国际研究进展及启示[J]. 环境保护, 2013, 41(17): 71-72.
- [13] 景凤江, 宋春华. 二氧化碳埋存技术在我国海上气田的应用与思考[J]. 油气藏评价与开发, 2011(5): 20-23.

(上接第5页)

- [16] 张洪涛, 文冬光, 李义连, 等. 中国CO₂地质埋存条件分析及有关建议[J]. 地质通报, 2005, 24(12): 1107-1110.
- [17] Zeng R S, Vincent J C, Tian X Y *et al.* New potential carbon emission reduction enterprises in China: deep geological storage of CO₂ emitted through industrial usage of coal in China[J]. Greenhouse Gas Science and Technology, 2013, 3(2): 106-115.
- [18] 低碳未来中心. 支持中国陕西省非电力行业的碳捕集、利用和封存的早期发展[R]. 北京: 北京低碳未来中心, 2012.
- [19] 亚化咨询. 第八届中国煤制油与煤化工前沿论坛[EB/OL]. (2013-08-09). <http://www.chinacoalchem.com/events/2013CTL>.