

温室气体提高采收率的资源化 利用及地下埋存

沈平平¹, 江怀友²

(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国石油经济技术研究院, 北京 100011)

[摘要] 全球气候变化是人类迄今面临的既重大又复杂的环境问题, 由于温室气体大量排放而引起的全球气候变暖问题日趋严峻, 正在严重地威胁着人类赖以生存的环境, 国际社会必须采取积极有效措施。2006 年中国国家科技部批准国家“九七三”项目——温室气体提高石油采收率的资源化利用及地下埋存研究。建立适合中国国情的 CO₂ 高效利用和埋存体系; 实现 CO₂ 减排的社会效益和 CO₂ 高效利用的经济效益; 发展适合中国国情的 CO₂ 埋存地下理论、多相多组分相态理论、多相多组分非线性渗流理论和 CO₂ 捕集与储运理论。通过上述基础研究, 形成具有自主知识产权的 CO₂ 地质埋存和高效利用的综合技术, 使中国 CO₂ 安全埋存—高效利用研究处于国际水平。必将为全球资源和环境的高水平、高效益开发和可持续发展提供理论及实践依据。

[关键词] 温室气体资源化利用; CO₂ 地下埋存; 提高采收率

[中图分类号] TE321 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2009)05-0054-06

1 前言

由于人类对石化燃料(煤、石油、天然气)的过度依赖, 工业和人类生活过程中产生的温室气体排放量日益增加, 由此导致的空气污染和温室效应正在严重地威胁着人类赖以生存的环境。在人类排放的温室气体中, 65% 以上为 CO₂。工业革命以前, 大气中的 CO₂ 含量一直稳定在 280 mg/L 左右。从工业革命到 1959 年的近 200 年间, 大气中的 CO₂ 浓度上升到 316 mg/L, 增加了 13%。1959 年后的 34 年中, 大气中的 CO₂ 浓度上升到 357 mg/L, 又增加了 13%, 相当于前两个世纪的上升幅度。大量温室气体的排放, 导致了近 50 年来全球气温的急剧上升。气候变暖给全球造成了许多重大灾难, 如海平面上升与陆地的淹没、气候带移动、飓风加剧、植被迁徙与物种灭绝、洋流变化与厄尔尼诺频发、酸雨等。据联合国最新统

计, 全世界环境难民已达 2 500 万, 远远超过政治难民; 预计到 2050 年, 全球变暖导致的环境难民将达到 1.5 亿^[1~3]。图 1 为北极冰盖变化图, 北极冰盖 1979—2003 年期间融化 20%。图 2 为北极冰盖变化数值模拟图, 1955 年北极冰盖(海冰)按 100% 体积计算, 到 2050 年只剩 54% 的体积。

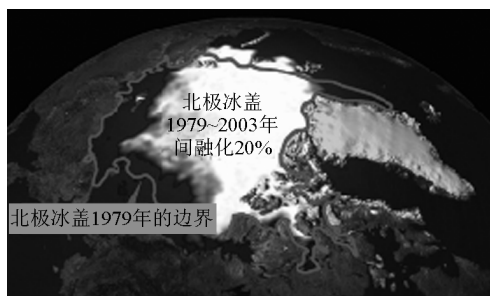


图 1 北极冰盖变化图

Fig. 1 Changes in the Arctic ice cap

[收稿日期] 2009-01-05; 修回日期 2009-01-15

[基金项目] 国家“九七三”重大基础研究资助项目(2006CB705800)

[作者简介] 沈平平(1941-), 男, 浙江慈溪市人, 教授级高工, 博士生导师, 主要从事油藏地质和提高采收率研究工作; E-mail: spp@pet-rochina.com.cn

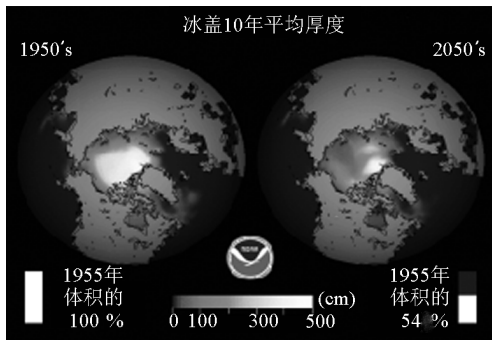


图2 北极冰盖变化数值模拟图

Fig. 2 Numerical simulation of changes in the Arctic ice cap

埋存 CO₂ 是避免气候变化的有效途径, CO₂ 埋存主要选择枯竭的油气藏、深部的盐水储层、不能开采的煤层、深海埋存等方式, 如图 3 所示。目前枯竭的油气藏, 深部的盐水储层, 不能开采的煤层等地质埋存是发展和应用的重点方向^[4-8]。

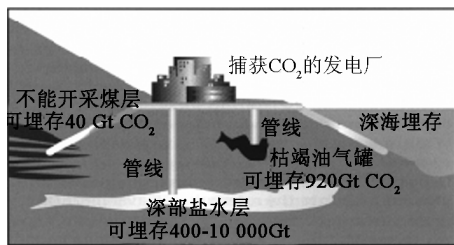


图3 埋存选择示意图

Fig. 3 Schematic diagram of CO₂ storage

2 温室气体产生的环境问题对中国可持续发展和谐发展造成严重的影响

我国已深受气候变暖的严重危害。近百年来, 我国平均气温上升了约 0.5 °C; 沿海海平面每年上升约 2 mm。近 50 年来, 渤海和黄海北部冰情等级下降, 西北冰川面积减少了 21 %, 西藏冻土最大减薄了 4~5 m; 高原内陆湖泊水面明显减小; 青海和甘南牧区产草量下降。20 世纪 80 年代以来, 北方干旱受灾面积扩大, 农业损失加重; 南方洪涝加重, 经济和生命损失加大; 广西和南海海域发现珊瑚礁白化。目前中国有 40 % 的国土面积遭受酸雨的危害。图 4 为世界空气质量状况图。

国际能源署 (IEA) 2000 年报道, 中国 CO₂ 排放量居世界第二位, 并仍在快速增长。1990—2001 年, 我国 CO₂ 排放量净增 8.23×10^3 t, 占世界同期增量的 27 %; 预计 2020 年排放量比 2000 年增加 1.32 倍, 预测表明, 到 2025 年前后, 我国 CO₂ 排放总量很可能超过美国, 居世界第一位。



图4 世界空气质量状况图

Fig. 4 World air quality

无论是对人类肩负的责任, 还是我国长期可持续发展, 都迫切要求重视和解决 CO₂ 排放问题。2002 年, 我国作为一个负责任的发展中国家郑重承诺核准《京都议定书》。随着 2012 年“后京都时代”的到来, 我国必然成为全球履约中的焦点, 所承受的国际压力会越来越大。因此, 必须超前准备, 重视化石燃料产生的 CO₂ 减排和高效利用方法的基础研究和技术储备与开发。

3 中国的 CO₂ 减排必须走高效利用之路

3.1 开发高效廉价捕集燃煤产生的 CO₂ 技术

在今后相当长的一段时间内, 化石燃料仍将为世界的主要能源。结合我国国情, 寻求高效、低 CO₂ 排放的化石能源利用方法和研发高效廉价捕获燃煤烟气产物中 CO₂ 的技术是我国减排 CO₂ 的重大需求。目前捕集 (分离和富集) 化石燃料燃烧产生的 CO₂ 的技术主要有 3 条技术路线, 即燃烧后捕集、燃烧前捕集及富氧燃烧。

当前通常采用吸收、吸附和膜等方法分离和富集燃烧烟气中 CO₂, 但考虑烟气处理量、运行费用和建设投资等因素, 目前尚未达到推广应用的条件。需要开发高效、廉价、低能耗的吸收剂与吸附剂和新工艺, 以及联合脱除其他污染物等均有待进一步研究以降低应用成本。

燃烧前捕集 CO₂ 的关键技术是化石燃料的气化/重整、变换制氢, 分离 CO₂, 对燃煤而言, 牵涉到高效可靠的煤气化炉、低能耗空分装置和 H₂/CO₂ 分离膜等的开发, 以及研究煤气化直接制氢、同时分离和富集 CO₂ 的前沿技术等, 尽管以气化为基础的燃烧前捕集对于未来实现 CO₂ 近零排放前景看好, 但大规模应用尚需长时间的技术开发过程。

富氧燃烧 (如 O₂/CO₂ 循环燃烧) 是指化石燃料在 O₂/CO₂ 气氛下燃烧而不是与空气燃烧, 产生的烟气为高浓度的 CO₂, 易于分离。20 世纪 80 年代末美国的阿贡国家实验室首先开展研究, 目前美

国、日本、加拿大等国已经开展了试验研究。对于以燃烧为基础的 CO_2 减排来说, O_2/CO_2 循环燃烧在今后改造和新建煤粉锅炉时具有技术优势, 特别对以煤粉发电为主的中国, 开展 O_2/CO_2 循环燃烧的研究开发的重要性尤其突出。

3.2 中国石油开采对提高石油采收率技术的需求

随着国民经济的快速发展, 我国石油供求矛盾日益突出。2005 年我国的原油产量约为 $1.8 \times 10^8 \text{ t}$ (相当于每天 $50 \times 10^4 \text{ t}$), 而石油消耗量约为 $3.1 \times 10^8 \text{ t}$ (相当于每天 $94 \times 10^4 \text{ t}$), 全年进口原油达到 $1.227 \times 10^8 \text{ t}$, 进口成品油 $3788 \times 10^4 \text{ t}$, 石油的对外依赖度为 42%。按目前我国对石油需求量和石油产量增长的趋势预计, 到 2010 年我国每年的石油缺口约为 $1.2 \times 10^8 \sim 1.4 \times 10^8 \text{ t}$, 进口依赖度始终在 40% 以上。这一严峻的形势已经对我国的国民经济发展和国家安全构成了严重的威胁。

从我国的石油资源量来看, 依靠新增的原油地质储量(尤其是陆上油田)满足国民经济发展需求的难度越来越大。这就要求进一步提高已动用地质储量的采收率和难动用储量的开发。我国现已发现的油田大部分属于陆相沉积储层, 非均质性严重, 原油粘度大, 导致含水率上升较快、水驱采收率较低。全国已投入开发的油田平均采收率为 32.0%。这意味着在我国已经开发的油田中, 水驱后还有 68% 的地质储量剩留在地下, 亟待新型的提高采收率技术的产生和应用。

CO_2 驱提高原油采收率技术具有广泛的应用前景。国内外大量研究结果和矿场试验已经证明, 以 CO_2 作为驱油剂注入油藏, 可以大幅度地提高原油采收率(见图 5)。据“1998 年中国陆上已开发油田提高采收率第二次潜力评价及发展战略研究”结果, 仅在参与评价的 $79.9 \times 10^8 \text{ t}$ 的储量中, 适合 CO_2 驱的原油储量约为 $12.3 \times 10^8 \text{ t}$, 以提高采收率 12.7% 计算, 预计 CO_2 驱可增加的可采储量约为 $1.6 \times 10^8 \text{ t}$ 。

另外, 我国现已探明的 $63.2 \times 10^8 \text{ t}$ 的低渗透油藏原油储量, 尚有约 50% 未动用。开发这些储量, CO_2 驱比水驱具有更明显的技术优势。此外, CO_2 在提高稠油油藏采收率、提高天然气和煤层气采收率等领域也具有很好的应用前景^[9]。

CO_2 驱油技术在我国至今尚未成为研究和应用的主导技术, 其原因除了我国油藏和原油条件特殊

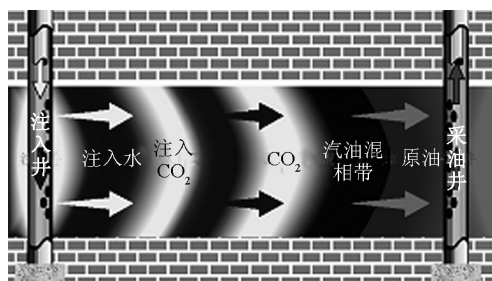


图 5 CO_2 提高采收率机理图

Fig. 5 The mechanism of CO_2 EOR

性所导致的技术难点外, 关键是缺少 CO_2 气源。因此, “温室气体提高石油采收率的资源化利用及地下埋存”的基础研究及成果应用将使对地球环境造成恶劣影响的温室气体将成为我国改善油田开发效果、提高原油采收率的重要资源。

3.3 油气藏是理想的 CO_2 长期埋存空间

首先, 提高原油采收率对温室气体中 CO_2 的需求量巨大。以加拿大 EnCana 公司在 Weyburn 油田实施的 CO_2 驱油矿场实验为例, 每天需要注入 $300 \times 10^4 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$ (相当于 5000 t/d), 截止 2005 年 3 月已累计注入 $41 \times 10^8 \text{ m}^3$, 预计 15 年后可封存 CO_2 约 $2200 \times 10^4 \text{ t}$, 提高油藏采收率 9.89%, 增油 1.3×10^8 桶。据国际能源署(IEA)报道, 全球范围内油气田埋存 CO_2 的能力为 $9230 \times 10^8 \text{ t}$, 相当于目前全世界发电厂 125 年内 CO_2 排放总量或相当于 2050 年全球累计 CO_2 排放总量的 45%。据美国 ARI 公司对美国的三个具有商业价值的天然 CO_2 气藏的研究表明, CO_2 可以在地层中埋存长达几百万年。2000 年 7 月国际能源署对加拿大 Weyburn 油田的 CO_2 埋存可行性研究结果表明, 利用 CO_2 驱提高采收率作业结束后, 5000 年内只有 0.02% 的 CO_2 从该油藏向上逸出。大部分逸出的 CO_2 进入盖层, 而不会到达接近地面的饮用水层, 从该油田的油水中逸出的 CO_2 低于原始储量的 0.001%^[10-12]。图 6 为在储层中的 CO_2 埋存机理图。

3.4 中国的 CO_2 减排必须走高效利用之路

目前, 世界发达国家普遍认同的减排温室气体的主要方法是地质埋存。但是地质埋存不仅面临技术上的问题, 而且单一的埋存将耗费巨大的资金。作为发展中国家, 我国现阶段没有足够的财力投入无效益回报的单纯的“埋存”。因此, 我国 CO_2 的减排必须建立埋存与利用相融、减排与效益双赢的新思路, 在 CO_2 的高效利用中实现长期埋存。

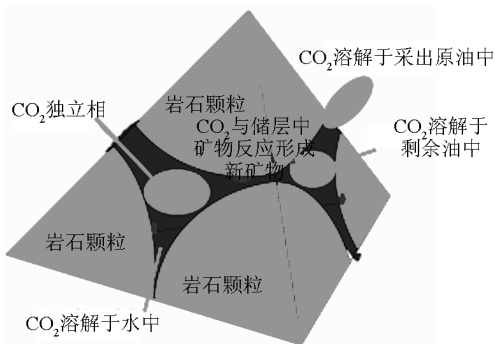


图6 在储层中 CO₂ 埋存机理图

Fig.6 The mechanism of CO₂ sequestrate in reservoir

国内外大量研究和应用成果已表明,向油层中注入 CO₂ 可以大幅度地提高原油采收率。因为油藏是封闭条件良好的地下储气库,可以实现 CO₂ 的长期地质埋存。所以以 CO₂ 为驱油剂提高原油采收率不仅可以增加原油可采储量,而且可以实现 CO₂ 的长期地质埋存,即实现 CO₂ 减排的社会效益,又产生巨大的经济效益,是 CO₂ 埋存与高效利用的最佳途径之一。

4 项目研究顶层设计

4.1 建立中国地质特点 CO₂ 埋存的基本理论

结合中国油田实际以 CO₂ 的长期埋存为目标,制定适合中国地质特点的 CO₂ 埋存和提高采收率标准,研究评价潜力的理论和实用技术,评价 CO₂ 埋存和 CO₂ 驱油技术的应用潜力。

研究目标储层和盖层性质及相关地质问题对 CO₂ 埋存的影响和规律;研究考虑裂缝、盖层、矿物成分等因素的储集层精细描述与评价基础理论,建立适应 CO₂ 长期埋存要求的地质模式。

探索 CO₂ 在地质埋存系统中的吸附和运移机理与规律;确定 CO₂ 在地质埋存系统中的相态及其变化规律;研究 CO₂ 在地层中的化学反应机理及固化条件;建立 CO₂ 地下埋存的监测和预测技术(见图7);评价 CO₂ 埋存风险^[13]。

4.2 注 CO₂ 混相采油过程中的物理化学理论研究

针对我国大多数油田成藏物来自陆地,原油类型、组成相对复杂的难点,开展 CO₂ 混相采油过程中的 CO₂-地层油体系的相态特征及其影响因素研究;探索 CO₂ 与复杂烃类物质构成的多组分体系相态及相态表征方法;考察 CO₂ 混相采油过程中地层油物理化学性质及其与压力和温度的敏感性、轻组分抽提与重组分沉积特点等;发展和建立平衡态

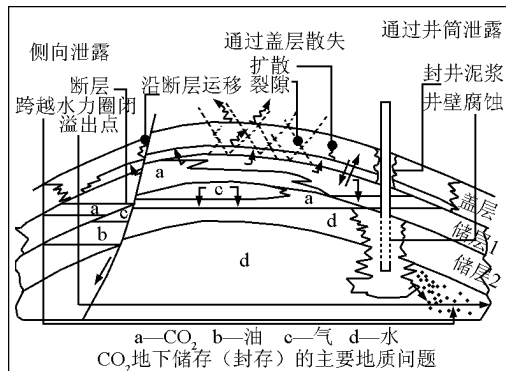


图7 CO₂ 埋存泄漏机理示意图

Fig.7 Mechanism of CO₂ sequestration leak

过程中的相态理论、动态过程中的相态理论、多孔介质中(微观尺度)的相态理论和完善适合中国原油的 CO₂ 状态方程。

4.3 注 CO₂ 驱动过程中的渗流力学研究

结合我国大多数油田储层属于陆相沉积,非均质性强、原油流动性差、含蜡量高、与 CO₂ 的混相压力过高的特点,研究 CO₂ 与复杂烃类物质构成的多组分体系非线性渗流规律和数学描述。开展注 CO₂ 过程的弥散和扩散理论研究;探索注 CO₂ 过程的地层流体流变性变化;通过高温高压宏观和微观物理模拟实验,研究非均质地层中 CO₂、原油、水及多相混合物的复杂渗流规律和机理;综合相态实验和物理模拟实验成果,发展和完善多相多组分非线性数值模拟理论与方法。

4.4 CO₂ 分离、储运与防腐的相关科学问题

富氧燃烧,开展富氧燃烧方式下煤的燃烧特性研究;考察 O₂/CO₂ 气氛下矿物质、痕量元素的变化行为和沉积特性;研究多种污染物联合脱除反应机制及其协同控制。

燃烧后脱碳,高效钙基 CO₂ 吸收剂研究及其他吸附和膜分离 CO₂ 的基础研究,确定钙基吸收剂与 CO₂ 的循环反应和再生机制;建立高效廉价捕集 CO₂ 理论与方法;建立高效、低成本储运 CO₂ 的新方法和理论;研究 CO₂ 的化学腐蚀规律与高效廉价的防腐技术;研究 CO₂ 驱油过程中的油藏、注采等工程理论与方法等。燃烧前脱碳,探索超临界水中煤气化制氢及 CO₂ 固定一体化方法。

5 项目研究方案

5.1 学术思路和技术途径

在 CO₂ 的高效利用过程中实现其地质埋存是笔者的基本学术思路。依据这一基本思路设置研究

内容,综合运用环境科学、燃烧动力学、地质学、化学、物理化学、流体力学、渗流力学、油藏工程学等理论和方法,系统深入地研究我国油藏条件下 CO₂ 提高油气采收率和地质埋存的基础科学问题,为形成 CO₂ 提高油气采收率—地质埋存一体化理论和技术体系奠定基础。

根据总体研究目标,拟定如下的研究思路与途径:

1)为实现创新性研究思路,建立新的研究方法和模拟实验技术,作为新理论与新技术研究的公共基础。

2)以 CO₂ 廉价分离与捕集、高效利用和安全地质埋存为主线设置课题,使各课题之间具有内在联系,形成一个有机的研究体系。

3)基础研究与技术研究紧密结合。在基础研究成果的指导下研究适合我国油藏条件的 CO₂ 提高采收率新技术。

4)室内研究与矿场试验紧密结合。加快理论与技术研究成果的转化应用,并根据油田矿场试验中暴露出的问题完善理论与技术成果。

5.2 项目成果特色

与国外海相沉积油藏相比,由于我国油藏条件的特殊性,CO₂ 地质埋存和 CO₂ 利用的基本原理和技术特点都有较大的差别,有些甚至是本质的差别。该项目基于我国各类油藏地质特点开展研究,可望取得的理论创新和形成的具有独立知识产权的新技术,主要体现在以下几点:

1)建立一个体系:适合中国国情的 CO₂ 长期地质埋存和高效利用体系。

2)实现两个效益:CO₂ 减排的社会效益和 CO₂ 高效利用的经济效益。

3)完善发展 4 个理论:适合中国国情的 CO₂ 埋存地质理论、多相多组分相态理论、多相多组分非线性渗流理论和 CO₂ 捕集理论。最终形成具有自主知识产权的 CO₂ 地质埋存和高效利用的综合技术,使我国 CO₂ 安全埋存—高效利用研究处于国际前列。

4)人才培养:为我国开展 CO₂ 高效捕集、安全埋存和高效利用工作培养一批高水平专业技术人才。

5.3 取得重大突破的可行性分析

提出的温室气体提高石油采收率与地质埋存一体化技术思路代表着环境科学、燃烧动力学、地质学、物理化学、石油工程等学科领域前沿和多学科交叉的新发展方向。我国在此领域的相关研究工作与国际前沿差距不大,基本上处于同步阶段。只要抓住这一有利时机,尽快开展有关应用基础和技术研

究,我国完全可以在该领域内跻身于世界水平。

提高石油采收率技术的适应性对于油藏地质条件非常敏感。由于我国油藏条件的特殊性,迫切 need 要建立适合我国油藏特点 CO₂ 提高采收率的全新的思路、理论和技术。这种迫切的需求形成了该项目取得理论与技术重大突破的动力。

6 项目预期目标

6.1 总体目标

针对我国化石燃料燃烧后 CO₂ 排放的实际情况,结合我国油田原油类型多变及地质条件复杂的特点,进行 CO₂ 高效捕集、安全埋存和驱油的基础研究,实现理论创新和技术突破,建立适合中国国情的 CO₂ 减排和高效利用理论并将成果转化为技术,实施 CO₂ 减排和资源化利用的示范实验,体现 CO₂ 减排的社会效益和 CO₂ 高效利用的经济效益。

理论创新——启动 CO₂ 高效捕集、安全埋存及提高油气采收率的系统基础研究,拓展和丰富环境科学、燃烧动力学、地质学、石油开采物理化学相态的理论体系,促进相关基础学科及应用学科的发展。

技术突破——建立在获取巨大经济效益的过程中实现 CO₂ 减排的技术思路。在创新性理论成果指导下,开发具有自主知识产权的原创性 CO₂ 高效捕集、安全埋存—提高油气采收率一体化综合技术。

社会效益和经济效益——为我国履行 CO₂ 减排义务,参与国际上控制温室气体排放的行动提供理论与技术保障。针对我国特定油藏条件的 CO₂ 提高采收率技术进入矿场试验,在实施的试验区提高采收率 5%~10%。

7 结语

由于人类对石化燃料(煤、石油、天然气)的过度依赖,工业和人类生活过程中产生的温室气体排放量日益增加,由此导致的空气污染和温室效应正在严重地威胁着人类赖以生存的环境。

中国温室气体提高采收率的资源化利用及地下埋存研究预期成果:建立适合中国国情的 CO₂ 高效利用和埋存体系;实现 CO₂ 减排的社会效益和 CO₂ 高效利用的经济效益;发展适合中国国情的 CO₂ 埋存地质理论、多相多组分相态理论、多相多组分非线性渗流理论和 CO₂ 捕集与储运理论。

中国结合世界气候变暖存在问题,提出 CO₂ 减排与资源化利用相结合的发展方向,必将为全球资

源和环境的高水平、高效益开发和可持续发展提供理论及实践依据。

参考文献

- [1] Winter E M. Availability of depleted oil and gas reservoirs for disposal of carbon dioxide in the United States[J]. *Energy Conversion and Management*, 2001, 34(6): 1177 - 1187
- [2] Stevens S H. Storage of CO₂ in Depleted Oil and Gas Fields: Global Capacity, Costs and Barriers[M]. Collingwood: CSIRO Publishing, 2003: 278 - 283
- [3] Bachu S. Evaluation of the CO₂ sequestration capacity in Albedis oil and gas reservoirs at depletion and the effect of underlying aquifers[J]. *Journal of Canadian Petroleum Technology*, 2003, 42(9): 51 - 61
- [4] Span P, Wagner W. A new equation of state for carbon dioxide covering the fluid region from the triple - point temperature to 1 100 k at pressures up to 800 MPa[J]. *Journal of Chemical Reference Data*, 2001, 25(6): 1509 - 1596
- [5] Bachu S, Stewart S. Geological storage of anthropogenic carbon dioxide in the Western Canada Sedimentary Basin: suitability analysis[J]. *Journal of Canadian Petroleum Technology*, 2002, 41(2): 32 - 40
- [6] Bond L P. Applications of carbon dioxide in enhanced oil recovery[J]. *Journal of Canadian Petroleum Technology*, 2003, 33(2): 579 - 586
- [7] Doughty C, Pmuss K, Hovorka S D, et al. Capacity investigation of brine - bearing sands of the Frio Formation for geologic storage of CO₂[J]. *Journal of Oil and Gas*, 2000, 12(9): 11 - 15
- [8] 沈平平. 中国陆上已开发油田提高采收率第二次潜力评价及发展战略研究[R]. 北京: 中国石油勘探开发研究院, 1998
- [9] Kovseck A R. Screening criteria for storage in oil reservoirs[J]. *Petroleum Science and Technology*, 2003, 20(7~8): 841 - 866
- [10] Taber R S. EOR screening criteria revisited - Part 1: Introduction, to screening criteria and enhanced recovery field projects[J]. *SPE Reservoir Engineering*, 2001, 12(3): 189 - 198
- [11] Ozan P. Advanced resources international, basin oriented strategies for CO₂ enhanced oil recovery[J]. *Onshore Gulf Coast*, 2003, 34(7): 117 - 118
- [12] Espie A A. Obstacles to the storage of CO₂ through EOR operations in the North Sea[J]. *Greenhouse Gas Control Technologies*, 2003, 20(9): 68 - 70
- [13] 沈平平. 中国温室气体提高采收率的资源化利用及地下埋存开题报告[R]. 北京: 中国石油勘探开发研究院, 2006

Utilization of greenhouse gas as resource in EOR and storage it underground

Shen Pingping¹, Jiang Huaiyou²

(1. Research Institute of Petroleum Exploration & Development, PetroChina, Beijing 100083, China;

2. Research Institute of Economics and Technology, CNPC, Beijing 100011, China)

[Abstract] Global warming is the most serious environmental problem that we ever had. One of the reasons for that focus on the mass emission of greenhouse gas has made the cosmopolitan warming problem more and more serious. It is such a great threaten to our environment that the international community must take active and effective measures. In 2006, a 973 project named "Research for Utilizing Greenhouse Gas as Resource in EOR and Storing It Underground" was authorized by The Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China. The researches include establishing a system suits China's national conditions and sequestrate CO₂ effectively, obtaining society benefit from reducing CO₂ emission and obtaining economic benefit from CO₂ utilization, developing CO₂ storage theories, phase state of multiphase and multicomponent mixtures, nonlinear percolation mechanisms of multiphase and multicomponent mixtures and CO₂ capture & transport. In China the CO₂ sequestration security and the efficient use of research is at the international level. From those basic researches above, it is expected to get state owned CO₂ storage and utilization technology, which will be served as useful theory and practice basis for efficiently global resource & environment development and sustainable development.

[Key words] greenhouse gas utilization; CO₂ storage underground; enhance oil recovery(EOR)