

关于加快推进CO₂驱工业化的思考

汇报人：王高峰

Presented by Gaofeng Wang

共同作者：袁士义，李海平，王高峰，秦积舜，张连春

Co-authors: Shiyi Yuan, Haiping Li, Gaofeng Wang, Jishun Qin, Lianchun Zhang

中石油集团咨询中心开发部/CNPC Advisory Center

中国石油勘探开发研究院/Research Inst. of Petro. E&D, PetroChina

2017年4月26日

报告提纲

一、CO₂驱有望成为低渗透油藏开发主体接替技术

二、CO₂驱油技术面临的主要问题

三、对策与建议

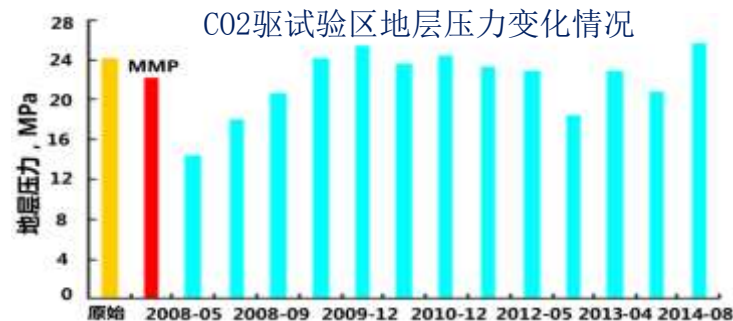
CO₂驱有望成为低渗透油藏开发主体接替技术

1. 发展CO₂驱技术是提高低渗透油田采收率的现实需要

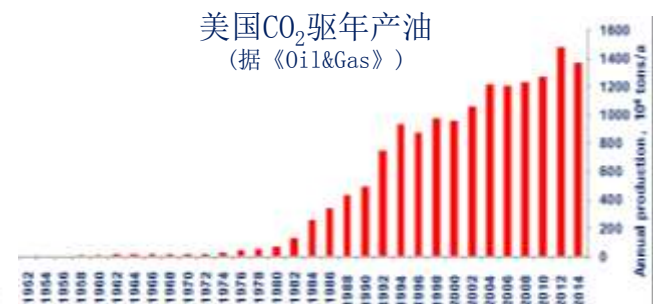
- ◆ 中石油、中石化和延长石油三家探明的低渗透储量逾144亿吨。我国低渗透油藏水驱动用难，采收率仅20%左右，目前可采储量采出程度过半，亟需开发接替技术
- ◆ 现场试验表明，气体注入能力为水的5倍以上，可快速补充油藏能量；从混相能力、安全性、存储性、吨油操作成本和环保方面综合分析，CO₂作为驱油介质要比空气、N₂、CH₄优势突出。美国CO₂驱年产油超1400万吨，主要针对低渗油藏，CO₂驱已被证明能够大幅度提高采收率

陆上低渗透油藏采收率情况

油公司	采收率, %
中石化	21.2
中石油	21.0
延长石油	11.0
平均	19.8



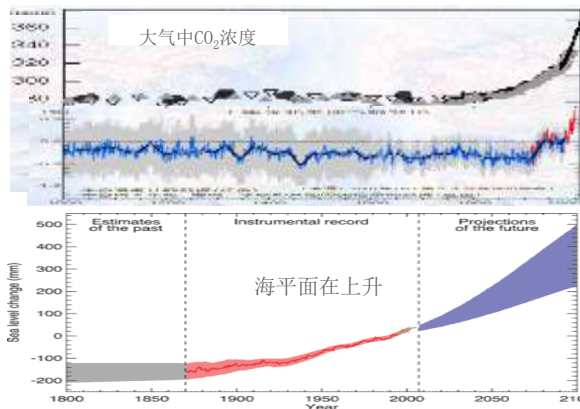
美国CO₂驱年产油
(据《Oil&Gas》)



CO₂驱有望成为低渗透油藏开发主体接替技术

2. 发展CO₂驱技术契合国家低碳发展战略

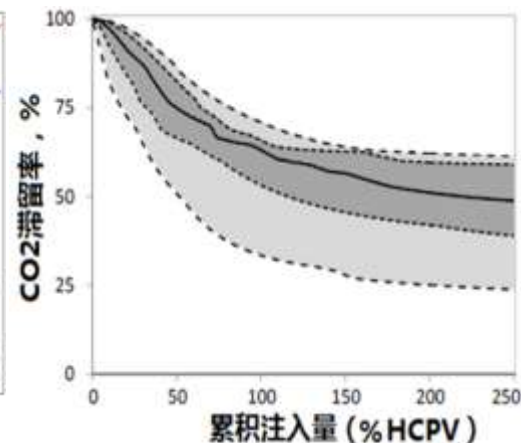
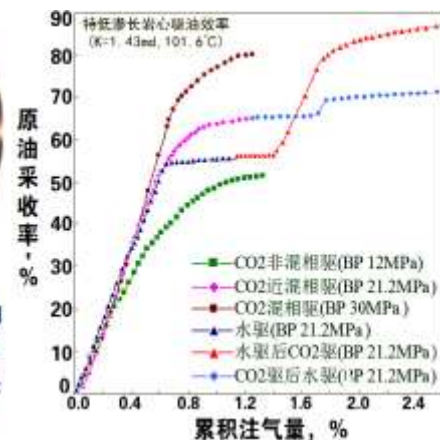
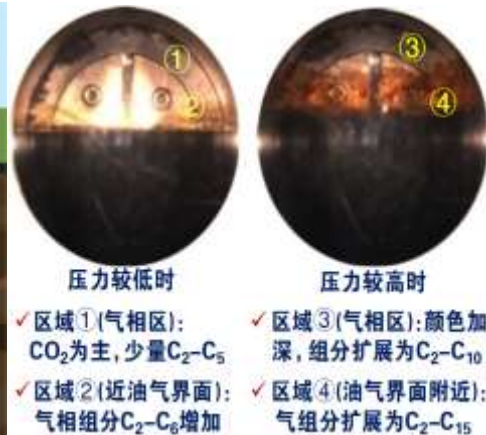
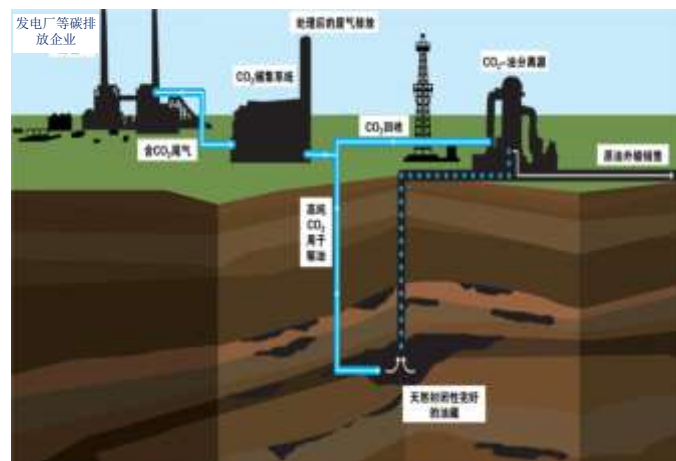
- ◆ 2015年，习主席在巴黎会议上承诺，2030年中国单位GDP碳排放比2005年下降60~65%；2016年，我国率先签署气候变化《巴黎协定》；2017年，全国碳排放权交易市场全面启动，覆盖石化、化工、钢铁、电力等18个重点排放行业
- ◆ 国家为企业碳排放设立额度，将对石化业务产生不利影响；对超配额碳排放征税或对公司利润形成明显挤压。化工企业尾气或弛放气CO₂经处理后用于驱油，可实现碳减排，控制碳税上缴



CO₂驱有望成为低渗透油藏开发主体接替技术

3. CO₂驱具有增产石油与减排二氧化碳双重功能

- ◆ 原油溶解CO₂可增加膨胀能力，改善流动性；压力足够高时，CO₂可萃取原油轻中质组分，逐步达到油气互溶(混相)，减少地层中原油剩余
- ◆ CO₂溶于地层水、与岩石反应成矿固化、被地层吸附或为构造圈闭，可永久滞留地下（美国驱油项目CO₂埋存率23~61%）
- ◆ CO₂驱油过程中，部分CO₂永久埋存地下，产出CO₂回收处理循环注入，全过程零碳排放。CO₂驱油与埋存(驱油类CCUS)具有经济/社会效益



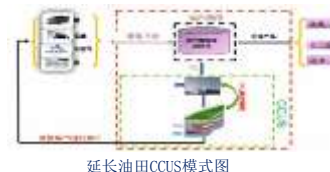
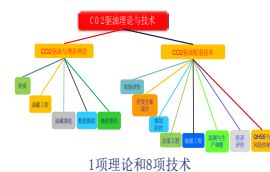
CO₂驱有望成为低渗透油藏开发主体接替技术

4. CO₂驱初步具备大规模推广条件

- ◆ 国家和公司对CO₂驱油技术研发高度重视。经多年攻关，基本形成CO₂驱油埋存配套技术，建成CO₂驱技术矿场示范基地，代表性驱油类CCUS工程：中石油在吉林油田建成国内首套含CO₂气藏开发与CO₂驱油埋存系统，中石化在胜利油田建成首个燃煤电厂烟气CO₂驱油与埋存系统，延长油田建成国内首个煤化工CO₂驱油与埋存系统
- ◆ CO₂驱矿场试验提高采收率幅度有望达到10%，仅中石油大庆、吉林、长庆、新疆油田技术可行混相潜力超12亿吨，CO₂驱年产油有望达千万吨规模，年减排CO₂可超2000万吨（可减少碳税上缴10亿元以上）
- ◆ 从技术准备、资源潜力和减排形势判断，CO₂驱初具大规模推广条件

中石油组织和承担的主要CO₂驱研究项目

项目名称	研发周期	项目来源
温室气体提高石油采收率的资源化利用及地下埋存	2006-2010	国家“973”
二氧化碳减排、储存和资源化利用的基础研究	2011-2015	
CO ₂ 驱油提高石油采收率与封存关键技术研究	2009-2011	国家“863”
含CO ₂ 天然气藏安全开发与CO ₂ 利用技术/示范工程	2008-2010	国家重大科技专项
CO ₂ 驱油与埋存关键技术/示范工程	2011-2015	
CO ₂ 驱油与埋存关键技术及应用/示范工程	2016-2020	
含CO ₂ 天然气藏安全开发与CO ₂ 埋存及资源化利用研究	2006-2008	中石油重大科技专项
吉林油田CO ₂ 驱油与埋存关键技术研究	2009-2011	
长庆低渗透油田CO ₂ 驱油及埋存关键技术研究与应用	2014-2018	



CO ₂ 驱试验项目	渗透率 (mD)	驱替方式	EOR幅度 (%)
吉林黑59先导试验	3.5	混相	7.5
吉林黑79南扩大试验	19	混相	7.4
吉林黑79北小井距试验	4.7	混相	11
大庆树101扩大试验	1.1	中-近混相	8
中原濮城沙一下扩大试验	360	混相	7

报告提纲

一、CO₂驱有望成为低渗透油藏开发主体接替技术

二、CO₂驱油技术面临的主要问题

三、对策与建议

CO₂驱面临的主要问题

目前，我国CO₂驱试验项目技术经济效果不理想，没有达到预期。CO₂驱油技术面临“呼声高、决策难”的困境。分析原因主要为：气源问题依然突出、配套技术不完善、气驱油藏管理经验不足。

CO₂驱面临的主要问题

1. CO₂气源问题突出

我国CO₂驱试验气源不落实、不稳定、价格过高等因素造成一批重大试验难以运行，或影响试验项目经济性。比如，吉林、大庆、冀东先导试验外购CO₂价格500~1000元，测算长庆试验项目CO₂井口价格高达746元/吨（PPP模式507元/吨）。目前，气源问题突出，成为制约CO₂驱工业化推广的瓶颈

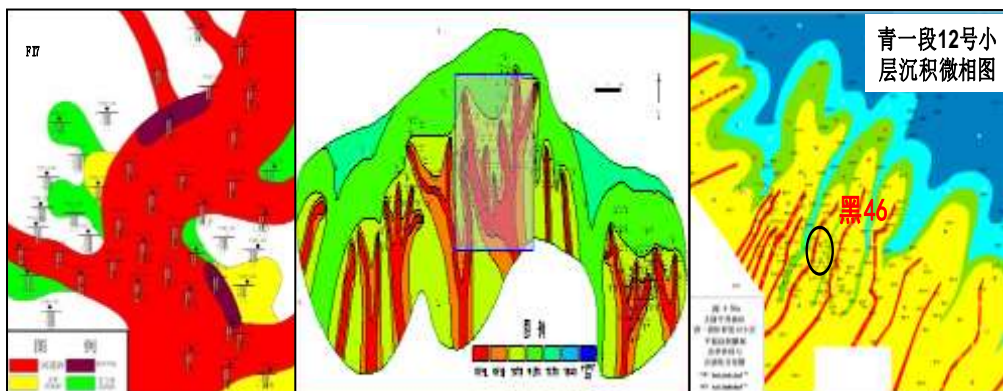
表1 气源类型及优缺点对比

油区	CO ₂ 气源类型	CO ₂ 出厂价/ 井口价格（元/吨）	优缺点
吉林、大庆、冀东	化肥厂/化工厂	400/500~1000	先导试验成本过高
新疆	甲醇厂/炼化工厂	200 / 300	成本较高
大庆、吉林	天然气藏	300 / 400	较稳定、成本较高
长庆、新疆	煤化工 /加氢装置	100 / 300	规模大，公司外部气源
长庆	净化厂（拟用）	300 / 740	规模小
冀东	化工厂	400 / 600	成本高
-	电厂	500 / -	成本过高

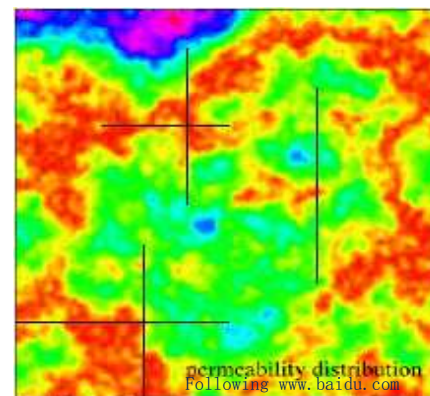
CO₂驱面临的主要问题

3. 气驱油藏(陆相沉积)管理经验不足

我国CO₂驱试验项目提高采收率绝对值较低（北美CO₂驱三采项目平均12%，我国7.5%），单井累积产油少，还与我国陆相沉积油藏条件差，我国CO₂驱试验项目较少（美国128个），气驱油藏管理经验积累不够有关。比如，部分项目裂缝性气窜，气驱油井合理工作制度确定方法欠缺，应混未混项目出现，均影响注气效果



我国CO₂驱试验油藏强非均质性



若干CO₂驱试验提高采收率情况

CO ₂ 驱试验项目	驱替方式	提高采收率值(%)
黑59先导试验	混相	7.5
黑79南扩大试验	混相	7.4
黑79北小井距试验	混相	11
树101扩大试验	近混相	8
濮城沙一扩大试验	混相	7

报告提纲

- 一、CO₂驱有望成为低渗透油藏开发主体接替技术
- 二、CO₂驱油技术面临的主要问题
- 三、对策与建议

对策与建议

1. 从战略高度重视CO₂驱油技术，加快推动规模试验

◆ 加强顶层设计，通盘规划CO₂驱发展

明确条件具备油田须优先发展CO₂混相驱技术，做好系统内石化企业和油田CCUS对接，制定好各公司CCUS发展战略，迎接低碳时代到来。

◆ 强力推动CO₂驱规模试验。未来一个时期，CO₂驱推广应聚焦储量规模大的低渗透油藏。在鄂尔多斯、松辽海塔及准噶尔盆地，依托科技专项，拓宽融资渠道（争取气候变化/CDM/低碳发展资金），推进规模试验

◆ 高度重视油藏筛选，先易后难，力争提高采收率10%以上，从根本上保障注气效果

对策与建议

2. 加强气源工作，构建廉价多元CO₂供应体系

◆ 长远规划CO₂供给策略，探索CO₂多元化供给途径

试验阶段，立足自有气源，要确保CO₂稳定供应；推广应用阶段，着重考虑石化/化工/煤化工等高纯度、低成本、规模化气源，建设超临界CO₂长输管道。

◆ 把握2017-2020碳交易体系建设和碳税征收契机，发挥行业协商作用，建立国际油价-CO₂气价联动机制，促进气源供需双方的共赢

对策与建议

3 . 大力攻关低成本CO₂驱工艺技术

◆ 转变设计理念，形成低成本工艺技术

①CO₂长输管道按超临界输送理念设计；②优化工艺流程，缩小高腐蚀风险区；③采用新材料和新结构替代不锈钢；④坚持药剂与材质防腐相结合，研发长效缓蚀剂降低地面防腐费用。

◆ 大型CO₂压缩机等关键装备国产化

通过上述努力，大幅度降低建设费用，使规模推广阶段单位产能建设投资较试验阶段下降30%以上，为提升CO₂驱油项目经济性奠定基础。

对策与建议

4 . 勇于创新，提高气驱油藏经营管理水平

◆ 分类治理“应混未混”项目

①生产气油比较低时，直接快速抬压促混；②气窜情形，必须先以水驱油排气，使气油比降至较低水平，再快速抬压促混。

◆ 坚持低成本扩大气驱波及体积

①坚持水气交替注入和周期生产为主体的抑制气窜技术，大幅度降低CO₂用量；②重视井网优化；③寻找低成本调剖剂。

◆ 完善气驱油藏工程方法，准确预测CO₂驱生产指标；建立全流程CCUS技术经济评价方法，正确认识注气效果

CO₂驱既是大幅度提高低渗透油藏采收率的有效手段，也是碳减排重要抓手。限碳、碳税将临，须上、下游通盘筹谋，加快CO₂驱技术工业化进程，为企业减排创效立新功，为国家绿色发展做贡献。

谢谢聆听，敬请指正！

Gaofeng Wang
wanggaofeng@petrochina.com.cn

