

CO₂ Methods for Improving Oil Recovery

Shizhang Cui¹ Fenglian Zhang¹ Xinwang Song¹ Xiaobing Sui² Shiwen Wang²

1. Deshi Energy Technology Group Co., Ltd., Dongying, Shandong, 257000, China
2. Shandong Deshi Chemical Co., Ltd., Dongying, Shandong, 257000, China

Abstract

In the process of social development and accelerated urbanization, the demand for oil is increasing, and the improvement of oil recovery rate has become the key to industry development. Relevant personnel are required to strengthen the efficiency of oil extraction according to their needs. CO₂ flooding, as one of the advanced technological means, can to some extent improve the oil recovery rate and promote the development of the chemical industry. However, in the actual homework process, the carbon dioxide displacement method is relatively complex, and coupled with the complexity of improving oil recovery, there are some difficulties in implementing the carbon dioxide displacement method, which restricts the implementation of the operation. In this context, it is required that practitioners strengthen their attention to the CO₂ displacement method and fully utilize its functions through professional technical means.

Keywords

CO₂ displacement and carbon dioxide displacement technology; recovery rate; quality control; principle

CO₂ 驱提高采收率的方法研究

崔仕章¹ 张凤莲¹ 宋新旺¹ 隋小兵² 王史文²

1. 德仕能源科技集团股份有限公司, 中国·山东 东营 257000
2. 山东德仕化工有限公司, 中国·山东 东营 257000

摘要

社会发展环节, 城市化进程的加快对石油的需求越来越高, 石油采收率的提升就成为行业发展的关键, 要求相关人员结合需要加强石油开采的效率。CO₂驱二氧化碳驱替法作为先进技术手段之一, 可以一定程度上提升石油采收率, 从而推动化工行业的发展。然而实际作业环节, 二氧化碳驱替法较为复杂, 再加上采收率的提升本身较为复杂, 二氧化碳驱替法的落实就存在一些难点, 制约作业的落实。此背景下, 要求从业者加强对二氧化碳驱替法的重视, 通过专业的技术手段充分发挥CO₂驱的功能。

关键词

CO₂驱二氧化碳驱替技术; 采收率; 质量控制; 原理

1 引言

油田发展环节, 随着开采时间的增加, 油田的状况愈发复杂, 一些传统的技术难以满足开采需要, 影响开采质量和效率。所以实际作业环节, 就需要单位积极引进先进的技术手段, 保证采收率。CO₂驱替法作为先进技术手段的一种, 将CO₂注入油藏中, 保证油田开采质量的同时加快开采效率。然而实际作业环节, CO₂驱替法本身较为复杂, 再加上采收率的提升涉及面较广, 该技术的落实还存在一些难点, 制约相关作业的落实。此背景下, 论文就从CO₂驱替法入手, 浅谈该方法的特点以及优势, 阐述方法的应用策略, 充分发

挥CO₂驱替法的功能, 推动石油行业的发展。

2 CO₂ 驱概述

2.1 概念

CO₂驱就是CO₂驱替法, 是油田开发技术的一种, 一般用来增加原油的采收率。实际作业环节, 该技术将CO₂注入油藏中, 降低原油的粘度, 增强原油的流动性, 这样就能够将原油向井口推动, 从而提升油田的产量, 还可以提升油田的产出周期。而且实际作业环节, CO₂驱替法还能够降低CO₂的排放, 满足可持续发展的需要。

2.2 CO₂ 驱的作业原理

一是溶解和膨胀作用, 注入的CO₂会与原油中的烃类物质发生相互作用, 导致原油中烃类物质的溶解和膨胀, 从而降低原油的粘度, 增加流动性, 便于原油的采集。二是驱替作用, 注入的CO₂可以推动原油向井口移动, 取代原油

【作者简介】崔仕章(1973-), 男, 中国山东滨州人, 硕士, 正高级工程师, 从事油田化学品研发及提高采收率技术研究。

中的天然气，形成一定程度的驱替效应，从而推动原油从储层中迁移至生产井。三是凝析作用，在高压下，CO₂可以部分凝结成液态，形成CO₂凝析油，改善原油的流动性，并且CO₂凝析油本身也具有推进原油运移的作用。总的来说，CO₂驱替技术通过溶解、膨胀、驱替以及凝析等流程，降低原油的粘度，增加原油的流动性，从而提高原油的采收率，如图1所示。

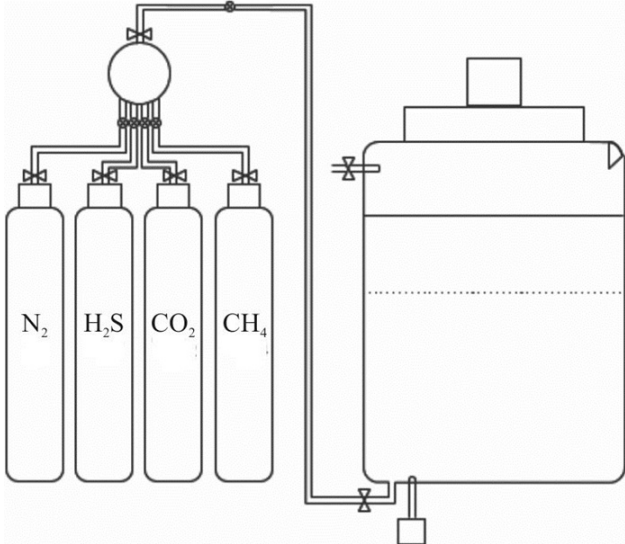


图1 CO₂驱采取示意图

3 CO₂驱替技术的优势

3.1 提高采收率

CO₂驱能够降低原油的粘度，增加原油的流动性，从而提高原油的采收率。同时，CO₂可以推动原油向井口移动，形成一定程度的驱替效应，进一步提高采收率。

3.2 环保节能

CO₂驱利用CO₂作为驱替剂，可以减少CO₂的排放。CO₂是一种常见的温室气体，通过将其注入油藏，既能提高原油的采收率，又能实现CO₂的地下封存，达到环保减排的目标。

3.3 经济效益

CO₂驱可以提高油田的采收率，延长油田的产出周期，从经济角度上来看具有一定的优势。虽然注入和回收CO₂的成本较高，但通过增加原油产量，可以获得更多的经济效益。

3.4 应用广泛

CO₂驱适用于不同类型的油藏，包括中、低渗透率、高粘度等油藏。此外，CO₂驱还可以与其他采收技术相结合使用，如水驱、蒸汽驱等，以进一步提高油田的采收率。

CO₂驱技术作业流程如图2所示。

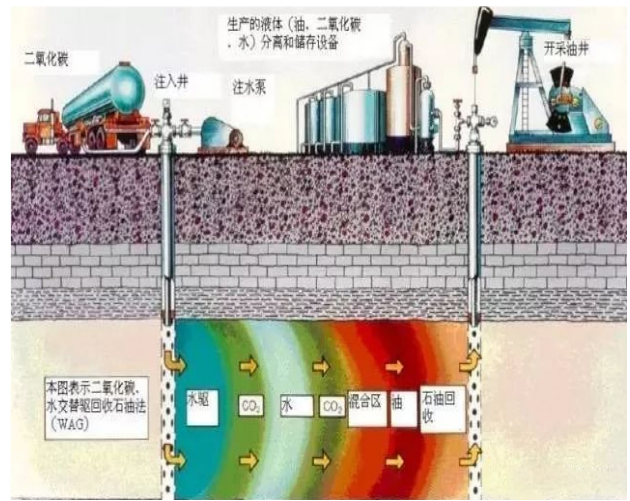


图2 CO₂驱技术的作业流程

4 CO₂驱提高采收率的方法

4.1 注入量与压力的控制

提高采收率的注入量与压力控制对于实现增油效果非常重要。一般来说，注入量和压力的选择需要根据具体油藏情况进行调整，并考虑到多种因素的影响。

在注入量控制方面，一是相关人员要控制油藏渗透性，油藏渗透性越好，CO₂的注入量可以适当增加；相反，如果渗透性较差，则应适当减少注入量，以避免CO₂浪费和油藏损伤。二是要控制油藏储量，油藏储量越大，CO₂注入量可以适当增加。反之，如果油藏储量较小，则应适当减少注入量，以避免CO₂浪费。三是CO₂供应能力，CO₂供应能力决定了注入量的上限。一般来说，CO₂的供应能力较强时，可以适当增加注入量。四是要考虑经济性，注入量的选择需要兼顾经济性，以确保增油效果的同时，不会造成过度投入。

在压力控制方面，一是相关人员要控制油藏压力，CO₂驱需要建立足够的压力差才能起到驱替作用，因此需要考虑油藏的初始压力和CO₂注入后的压力变化情况。较高的注入压力可以提高驱替效果，但过高的压力会导致油藏损伤。二是分析CO₂的溶解度，CO₂在油中的溶解度与压力有关，因此需要根据油藏情况选择合适的注入压力。三是分析油藏稳定性，对于稳定性较差的油藏，需要控制注入压力，以避免引起油藏破裂等问题^[1]。四是重视环境因素，注入压力需要考虑到环境因素的影响，如地质条件、地表活动等，以确保注入安全。

CO₂驱提高采收率的注入量和压力控制需要综合考虑各种因素，并进行科学合理的方案设计和实施。同时，还需要密切监测注入效果和环境变化情况，及时调整策略，以提高增油效果。

4.2 优化注入方式

CO₂驱提高采收率的注入方式优化是实现增油效果的关键之一，实际作业环节，诸多因素会影响CO₂驱的功能

发挥,为提高采收率,就需要根据实际需要确定注入方式,常见的注入方式有以下几种:一是均质注入,均质注入是指将CO₂均匀地注入整个油藏,使其能够充分覆盖各个区块和层位。通过合理布置注入井和生产井,并控制注入速度,可以实现均质注入。这种注入方式有助于提高CO₂与原油的接触面积,增加驱替效果。二是分层注入,对于具有多层次渗透性差异的油藏,分层注入可以优化注入方式。根据不同层位的渗透性特征和CO₂驱替效果,选择合适的注入层位和注入剂量,以最大限度地提高采收率。三是交替注入,交替注入是指在不同时间段或周期内,分别注入CO₂和其他驱替剂(如水),以提高驱替效果。通过交替注入,可以改变油藏中的压力分布和饱和度分布,促进原油的驱替和排出^[2]。四是CO₂泡沫注入,CO₂泡沫注入是一种将CO₂和表面活性剂混合形成泡沫后注入油藏的方式。泡沫具有较低的表面张力和较高的流动能力,可以增加CO₂与原油之间的接触面积,促进驱替效果,提高采收率。综合考虑以上因素,并根据具体油藏情况进行方案设计和实施,可以优化CO₂驱的注入方式,以最大程度地提高采收率。同时需要进行实时监测和评估,及时调整和优化注入方式,以达到最佳的增油效果。

4.3 油藏调剖

油藏调剖是指通过在油藏中注入一定的化学剂或物理剂,以改善油水两相在孔隙介质中的分布状况,从而增加原油采收率的一种增产技术。油藏调剖可以强化CO₂的驱替效果,提高采收率。以下是一些油藏调剖强化CO₂驱的方法和策略:一是微观调剖剂注入,在CO₂驱注入之前,可以通过注入微观调剖剂来改善油藏孔隙介质的渗透性分布。微观调剖剂可以包括表面活性剂、聚合物等,用于减小油水界面张力、降低水相相对渗透率,从而改善CO₂的通道选择性和分布均匀性。二是渗透剂处理,针对油藏中存在的高渗透层和低渗透层差异性,可以通过渗透剂处理来减小渗透率差异,提高CO₂的分布均匀性。常见的渗透剂包括硅酸盐胶体、有机硅类化合物等,能够填充孔隙或改变孔隙结构,增加CO₂的通道选择性。三是调剖剂循环,在CO₂驱注入过程中,可以周期性地注入调剖剂来维持调剖效果。通过循环注入调剖剂,可以保持油藏的调剖状态,延长CO₂的有效作用时间,确保驱替效果持续并提高采收率^[3]。综合采用以上方法和策略,可以有效地强化CO₂驱提高采收率的油藏调剖效果,提高CO₂的驱替效果,最终实现增油效果。

4.4 多种技术的综合应用

除了油藏调剖,还可以将其他增油技术与CO₂驱一起联合运用,以进一步提高采收率。一是水驱增油,CO₂驱过程中,可以在CO₂后期注入水来进一步推动原油的驱替和排出。水驱可以通过增加能量输入、降低油水界面张力等方式,帮助CO₂更好地驱替原油,并将原油推向生产井。二是热驱增油,CO₂驱过程中,可以通过热驱技术来增加原油的流动性,提高CO₂的驱替效果。热驱可以包括蒸汽吞吐、电加热和火烧等方法,通过提高油藏温度来减低原油粘度,促进CO₂与原油的接触和混合,增加采收率。三是化学驱增油,可以将化学剂与CO₂一起注入油藏,以改变原油和油藏介质的物理和化学性质,提高CO₂的驱替效果。例如,聚合物驱和碱驱等化学驱技术可以增加原油的溶解度、改变油水界面张力,从而提高CO₂的驱替效率。四是微生物驱增油,利用生物学方法,注入特定的微生物群落来改变和调整油藏内部的微环境,促进原油的降解和释放。微生物驱可以与CO₂驱相结合,通过促进原油的降解和代谢,增加CO₂与原油的接触面积,提高采收率。五是气体驱增油,除了CO₂驱外,其他气体如N₂、CH₄等也可以作为驱替剂与CO₂一起注入油藏^[4]。不同气体在原油中的溶解度和驱替性能有所差异,通过联合使用不同气体驱替剂,可以优化驱替效果,提高采收率;在联合运用这些增油技术时,需要根据具体油藏特征和实际情况进行方案设计和实施,并进行实时监测和评估。同时,要考虑技术的可行性和经济性,确保联合应用的效果能够最大化地提高采收率。

5 结语

CO₂驱技术不仅能满足油田开发的需求,还可以解决CO₂的封存问题,保护大气环境。该技术不仅适用于常规油藏,尤其对低渗、特低渗透油藏,可以明显提高原油采收率大多数可成功注CO₂的油藏,保证其都符合所有的筛选标准。每个特点都必须糅合到总的特点中进行衡量。

参考文献

- [1] 赵洋,刘凯,王维波,等.低渗透油藏注CO₂驱提高采收率预测方法[J].能源与环保,2022,44(4):95-101+108.
- [2] 田巍.CO₂驱提高采收率方法在深层低渗透油藏的应用——以中原油田胡96块油藏为例[J].石油地质与工程,2020,34(4):50-54.
- [3] 赵跃军.低渗透油藏降低混相压力CO₂驱油方法研究[D].大庆:东北石油大学,2018.
- [4] 聂法健.一种CO₂驱提高采收率注入量的优化方法[Z].