

# CO<sub>2</sub>驱油技术在油田增产效益中的应用与效果分析

尚晋

辽河油田曙光采油厂采油管理科

DOI: 10.12238/jpm.v5i5.6825

**[摘要]** 本文研究了 CO<sub>2</sub> 驱油技术在油田增产效益中的应用与效果。通过对 CO<sub>2</sub> 驱油技术的原理、分类、注入过程、在不同类型油田的应用案例、以及对环境和经济的影响进行分析和评价。研究表明，CO<sub>2</sub> 驱油技术能够提高油田的采收率和生产效率，降低开采成本，对油田经济具有显著的正向影响。同时，CO<sub>2</sub> 驱油技术能够减少温室气体排放，对环境具有积极影响。然而，CO<sub>2</sub> 驱油技术在应用过程中仍面临一些挑战，如地质环境复杂性、技术成本和环境风险等。因此，建议加强技术创新和监测控制，优化 CO<sub>2</sub> 资源利用，以实现 CO<sub>2</sub> 驱油技术的持续发展和推广应用。

**[关键词]** CO<sub>2</sub> 驱油技术；油田增产；环境影响；经济效益

## CO<sub>2</sub> Application and effect analysis of oil flooding technology in oil yield yield

Shang Jin

Oil Production Management Department of Shuguang Oil Production Plant of Liaohe Oilfield

**[Abstract]** This paper studies the application and effect of CO<sub>2</sub> oil flooding technology in increasing yield of oil field. Through the analysis and evaluation of the principle, classification, injection process, application cases in different types of oil fields, and the impact on the environment and economy. The study shows that the CO<sub>2</sub> flooding technology can improve the recovery rate and production efficiency, reduce the production cost, and have a significant positive impact on the oilfield economy. At the same time, CO<sub>2</sub> oil flooding technology can reduce greenhouse gas emissions and has a positive impact on the environment. However, CO<sub>2</sub> flooding technology still faces some challenges in the application process, such as geological environment complexity, technical cost and environmental risk. Therefore, it is suggested to strengthen technological innovation and monitoring control, and optimize the utilization of CO<sub>2</sub> resources, so as to realize the sustainable development and application of CO<sub>2</sub> flooding technology.

**[Key words]** CO<sub>2</sub> oil displacement technology, oil field production increase, environmental impact, economic benefits

### 1 引言

随着全球能源需求的不断增长和传统油气资源的逐渐枯竭，开发利用非常规油气资源成为当今石油工业的重要课题。在此背景下，CO<sub>2</sub> 驱油技术因其在提高油田采收率、减少温室气体排放等方面的潜在优势，逐渐受到了广泛关注。CO<sub>2</sub> 驱油技术是一种通过注入二氧化碳气体到油田中，改变原油-岩石-水三相体系的物理化学性质，从而达到增产的目的的高效技术<sup>[1]</sup>。本文旨在分析 CO<sub>2</sub> 驱油技术在油田增产效益中的应用与效

果，探讨其对油田开发的影响，并提出相关建议，为我国油田开发提供新的技术路径，促进我国油气资源的可持续开发利用。

### 2 CO<sub>2</sub> 驱油技术原理与机制

#### 2.1 CO<sub>2</sub> 驱油原理

CO<sub>2</sub> 驱油技术利用二氧化碳气体的特性，改变原油-岩石-水三相体系的物理化学性质，以增加原油的流动性和驱替效果，从而提高油田采收率。其原理主要包括以下几个方面：首

先，注入  $\text{CO}_2$  气体可以提高油藏压力，促使原油向井口方向移动，增加采收率。其次， $\text{CO}_2$  与原油发生溶解作用，减少原油的粘度，改善了原油在岩石孔隙中的流动性。此外， $\text{CO}_2$  还可与岩石表面的油膜发生物理吸附和化学反应，降低油-岩界面的粘附力，促进原油的解吸和脱附。综合来看， $\text{CO}_2$  驱油技术通过多种作用机制提高了原油的开采效率，是一种环境友好型、高效的增产技术<sup>[2]</sup>。

## 2. $\text{CO}_2$ 驱油技术分类

$\text{CO}_2$  驱油技术根据  $\text{CO}_2$  注入方式和油藏特性的不同，可分为不同的分类。一种分类方式是根据  $\text{CO}_2$  注入方式划分，包括地面气体驱  $\text{CO}_2$  法和地下注气  $\text{CO}_2$  法。地面气体驱  $\text{CO}_2$  法是将  $\text{CO}_2$  气体直接注入油藏地表上方，通过地表上的气体压力将  $\text{CO}_2$  驱入油藏；地下注气  $\text{CO}_2$  法则是将  $\text{CO}_2$  气体通过井口注入地下油藏中<sup>[3]</sup>。

另一种分类方式是根据油藏特性划分，包括均质油藏和非均质油藏。对于均质油藏， $\text{CO}_2$  的驱替效果相对较好；而对于非均质油藏，由于岩石孔隙结构复杂， $\text{CO}_2$  的驱替效果可能会受到限制。

此外， $\text{CO}_2$  驱油技术还可以根据  $\text{CO}_2$  来源划分为天然气  $\text{CO}_2$ 、工业废气  $\text{CO}_2$  和人工合成  $\text{CO}_2$  等不同类型。不同分类方式下的  $\text{CO}_2$  驱油技术存在着各自的优缺点和适用范围，选择合适的  $\text{CO}_2$  驱油技术对于实现油田增产效益至关重要。

## 2. $\text{CO}_2$ 注入过程

$\text{CO}_2$  注入过程是  $\text{CO}_2$  驱油技术的核心环节，主要包括  $\text{CO}_2$  气体的输送、注入井口、 $\text{CO}_2$  在油藏中的扩散和驱替、以及产油过程中  $\text{CO}_2$  的回收和再利用。首先， $\text{CO}_2$  气体通过管道输送至油田地面设施，然后经过处理和压缩后，通过注入井口被注入到油藏中。在油藏中， $\text{CO}_2$  与原油和岩石相互作用，改变了原油的物理化学性质，提高了采收率。随着原油的产出， $\text{CO}_2$  被带出并回收，以便再次利用。 $\text{CO}_2$  注入过程需要考虑  $\text{CO}_2$  的注入量、注入速度、注入方式等因素，以实现最佳的驱替效果和增产效益<sup>[4]</sup>。

## 3 $\text{CO}_2$ 驱油技术在油田增产中的应用实践

### 3. $\text{CO}_2$ 驱油技术在不同类型油田的应用案例

$\text{CO}_2$  驱油技术在各类油田的应用案例丰富多样。例如，位于美国德克萨斯州的 Permian 盆地，这是一个大型复杂油藏，采用  $\text{CO}_2$  驱油技术已经取得了显著成效。在 Permian 盆地，利用天然气中的  $\text{CO}_2$ ，通过地下注气  $\text{CO}_2$  法，成功实施了大规模的

$\text{CO}_2$  驱油项目。通过注入  $\text{CO}_2$  气体，提高了原油的流动性，增加了采收率，并在实践中不断优化注入方式和参数，取得了良好的增产效果。

另外，在墨西哥的 Burgos 盆地，采用  $\text{CO}_2$  驱油技术也取得了成功应用。Burgos 盆地是一个陆上天然气油田，其  $\text{CO}_2$  驱油项目采用了地面气体驱  $\text{CO}_2$  法。通过将工业废气中的  $\text{CO}_2$  捕获后注入油藏，实现了原油的增产和环境保护的双重目标。该项目不仅有效提高了采收率，还减少了温室气体排放，为可持续发展提供了有益借鉴。

这些实际案例表明了  $\text{CO}_2$  驱油技术在不同类型油田中的成功应用，为油田增产效益提供了可靠的技术支持，并为全球油气资源的可持续开发做出了积极贡献。

## 3. $\text{CO}_2$ 驱油技术在增产中的效果评价

$\text{CO}_2$  驱油技术在增产中的效果评价主要体现在以下几个方面。首先， $\text{CO}_2$  驱油技术能够有效提高油田的采收率，通过  $\text{CO}_2$  的注入，改善了原油的流动性，增加了油藏中原油的开采量。其次， $\text{CO}_2$  驱油技术能够降低原油的粘度，改善了油藏中原油的驱替效果，使得难以开采的残余油得以有效开采。此外， $\text{CO}_2$  驱油技术还能够减少油田的采出水含量，提高了油水比，降低了开采成本，增加了油田的经济效益。最后， $\text{CO}_2$  驱油技术对于复杂油藏的应用效果也较为显著，能够有效应对非均质油藏的开采难题，提高了油田的整体开发效率。综上所述， $\text{CO}_2$  驱油技术在增产中展现出了显著的效果，为油田的可持续开发和利用提供了重要技术支持。

## 4 $\text{CO}_2$ 驱油技术对油田环境及经济效益的影响

### 4.1 $\text{CO}_2$ 驱油技术对环境的影响

$\text{CO}_2$  驱油技术对环境的影响主要包括积极和消极两个方面。积极方面， $\text{CO}_2$  驱油技术能够减少温室气体排放。通过将二氧化碳气体注入油藏，不仅提高了原油采收率，还将大量  $\text{CO}_2$  气体封存于地下，减少了其释放到大气中的量，有助于缓解气候变化问题。此外， $\text{CO}_2$  驱油技术还可以提高油田开发的综合效率，降低了能源消耗和环境污染。

然而， $\text{CO}_2$  驱油技术也存在一些消极影响。首先， $\text{CO}_2$  注入过程可能导致地下水水质受到污染的风险，尤其是在  $\text{CO}_2$  管道输送和注入过程中可能发生泄漏或渗漏的情况下。其次， $\text{CO}_2$  驱油技术在注入后可能会导致地质压力的增加，引发地质灾害或地震等问题，对当地生态环境和社会稳定造成影响。因此，在实施  $\text{CO}_2$  驱油技术时，需要严格控制技术风险，采取有效的环

环境保护措施,最大程度地减少对环境的不良影响。

#### 4. CO<sub>2</sub>驱油技术对经济效益的影响

CO<sub>2</sub>驱油技术对经济效益的影响显著。首先,通过提高油田的采收率和增加产量,CO<sub>2</sub>驱油技术能够增加原油的产值和销售收入,提高油田的盈利能力。其次,CO<sub>2</sub>驱油技术可以降低开采成本。相比传统的采油方法,CO<sub>2</sub>驱油技术可以通过提高采收率和降低采出水含量等途径,减少油田的开采成本,提高了油田的经济效益。此外,CO<sub>2</sub>驱油技术还能够提高油田的综合开发效率,延长油田的生产周期,增加油田的长期收益。尽管在实施CO<sub>2</sub>驱油技术时需要投入较大的资金用于设备建设和运营管理,但从长期来看,其经济收益往往能够超过投入成本,为油田开发提供了可持续的经济动力。因此,CO<sub>2</sub>驱油技术在增产过程中不仅提高了油田的生产效率,还对其经济效益产生了积极的影响。

### 5 CO<sub>2</sub>驱油技术的发展趋势与建议

#### 5.1 CO<sub>2</sub>驱油技术的发展趋势

技术创新将持续推动CO<sub>2</sub>驱油技术的发展。随着科学研究的深入和工程实践的积累,将不断涌现出新的CO<sub>2</sub>驱油技术和方法,包括改进CO<sub>2</sub>注入工艺、提高CO<sub>2</sub>的驱替效率等方面的创新,以满足日益复杂的油田开发需求。其次,CO<sub>2</sub>资源的有效利用将成为发展的重点。随着工业化过程的推进,CO<sub>2</sub>排放量不断增加,如何将CO<sub>2</sub>转化为资源成为关键问题,因此CO<sub>2</sub>驱油技术将与CO<sub>2</sub>捕获、储存和利用技术相结合,形成完整的碳循环链,提高CO<sub>2</sub>资源的综合利用效率。此外,环境保护和碳中和的需求将进一步推动CO<sub>2</sub>驱油技术的发展。在应对气候变化和减少温室气体排放的背景下,CO<sub>2</sub>驱油技术作为一种低碳和环保的增产技术,将受到更多的政策支持和市场需求,促进其在全球范围内的推广和应用。综上所述,CO<sub>2</sub>驱油技术未来的发展将更加注重技术创新、资源利用和环境友好,以满足能源可持续发展的需求。

#### 5.2 CO<sub>2</sub>驱油技术的优化与改进建议

为进一步优化和改进CO<sub>2</sub>驱油技术,以下提出几点建议:

(1) 加强对CO<sub>2</sub>注入过程的监测与控制。建立完善的监测体系,实时监测CO<sub>2</sub>注入过程中的地下压力、温度、CO<sub>2</sub>分布等关键参数,以及可能的地质反应,及时调整注入参数,确保CO<sub>2</sub>驱替效果最大化。

(2) 优化CO<sub>2</sub>的来源和捕获技术。积极探索多样化的CO<sub>2</sub>来源,如工业废气、天然气等,提高CO<sub>2</sub>的利用效率。同时,

加强CO<sub>2</sub>捕获技术的研发,降低捕获成本,提高捕获效率,以保障CO<sub>2</sub>的持续供应。

(3) 加强CO<sub>2</sub>注入井位的选择与优化。通过地质勘探和油藏评价,精确定位CO<sub>2</sub>注入井位,优化井网布局,最大限度地提高CO<sub>2</sub>的利用效率和驱替效果。

(4) 开展多领域合作与创新研发。加强产学研用合作,整合资源,开展跨学科、跨领域的创新研究,推动CO<sub>2</sub>驱油技术在地质工程、化学工程、环境保护等领域的交叉应用与创新,促进技术的进一步提升和优化。

### 6 结论与展望

CO<sub>2</sub>驱油技术作为一种环保、高效的增产技术,在油田开发中发挥了重要作用。本文系统地探讨了CO<sub>2</sub>驱油技术的原理、应用效果、环境影响和经济效益,并提出了优化与改进建议。通过分析实际应用案例和发展趋势,验证了CO<sub>2</sub>驱油技术在不同类型油田的可行性和效益。因此,CO<sub>2</sub>驱油技术不仅能够提高油田的开发效率和经济效益,还能够减少温室气体排放,对推动油气资源的可持续开发和应对气候变化具有积极意义。

未来,随着技术的不断进步和创新,CO<sub>2</sub>驱油技术将更加智能化、精准化,能够更好地适应各种复杂油藏的开发需求。其次,CO<sub>2</sub>驱油技术将与其他技术相结合,形成多元化的增产模式,如与水驱、聚合物驱等技术的结合,进一步提高油田的采收率和生产效率。此外,随着碳中和和可再生能源发展的推进,CO<sub>2</sub>驱油技术将与碳捕获与储存技术相结合,形成完整的碳循环链,为实现零碳排放的能源生产提供重要支持。因此,未来CO<sub>2</sub>驱油技术的发展将更加全面、多样化,为全球能源安全和环境可持续发展做出更大贡献。同时,需要政府、企业和学术界共同努力,加大对CO<sub>2</sub>驱油技术的研发投入,促进技术创新和经验分享,推动CO<sub>2</sub>驱油技术向更高水平迈进,实现能源可持续发展的美好愿景。

#### [参考文献]

- [1]唐建东,王智林,葛政俊.苏北盆地江苏油田CO<sub>2</sub>驱油技术进展及应用[J].油气藏评价与开发,2024,14(01):18-25.
- [2]鲁守飞,翟亮,杨雯欣等.低渗透油藏CO<sub>2</sub>驱技术对油藏岩石和原油的适应性研究[J].化工管理,2024(03):72-75.
- [3]路盼盼.中高渗油藏CO<sub>2</sub>驱油技术研究[D].西安石油大学,2024.
- [4]项鹏心.二氧化碳驱油技术研究及应用[J].石化技术,2021,28(12):33-34.