

# 聚合物驱和三元复合驱经济效益分析

孔军强（大庆华理生物技术股份有限公司，黑龙江 大庆 163000）

**摘要：**本文介绍了油藏驱油技术中的单一驱油剂、聚合物驱油、三元复合驱和生物化学复合驱，重点讨论了三元复合驱和生物化学复合驱的优缺点和经济效益。三元复合驱采用多种类型的驱油剂相互协作，可提高采收率，但会增加开采成本。生物化学复合驱利用生物剂和化学剂的协同作用，可减少资源浪费和环境影响，同时也具有一定的经济效益。在实际应用中，应根据油藏特征和采油需求选择合适的驱油技术，并进行合理控制和监测，以达到最佳的驱油效果和环境保护效果。

**关键词：**聚合物驱；三元复合驱；生物化学复合驱；经济效益

## 1 聚合物驱

聚合物驱是一种常用于油田开采的提高采收率技术。它利用高分子聚合物溶液作为驱油剂，注入到油藏中以增加原油采收率。聚合物驱的基本原理是通过添加高分子聚合物来改变原油和水在孔隙中的分布和流动规律，从而达到增加采收率的目的。

在聚合物驱过程中，高分子聚合物溶液通过注入井口进入油藏，与孔隙中的油和水发生作用<sup>[1]</sup>。高分子聚合物具有增粘、降水溶解度、降低水相渗透率、改善水油相对渗透率等特性。在注入聚合物后，由于聚合物的高分子量和分子量分布，使其能够在孔隙中形成一定的多孔结构，从而限制了水相的移动，增加了原油的驱替程度。

### 1.1 单一驱油剂

单一驱油剂是指在油田采油过程中，采用单一的物质作为驱油剂进行驱油。常见的单一驱油剂包括水、气体、溶剂等。

水驱，是一种常见的驱油方法，其原理是利用水的渗透能力，将原油驱出油层。水驱可分为常压水驱和高压水驱两种。常压水驱适用于低渗透油层，而高压水驱适用于高渗透油层。水驱的优点是成本低，操作简单，不会对环境造成污染，但是在驱油过程中，易出现水油错位、油层损伤等问题，且采收率较低。

气体驱，包括天然气驱和人工气驱两种。天然气驱是指利用天然气的渗透性质将原油驱出油层，适用于低渗透、低黏度油层。人工气驱则是将高压气体注入油层，将原油驱出。气体驱的优点是可驱出大量的原油，采收率较高，但其成本较高，需要投入较多的人力、物力和财力，且易发生地层破坏等问题。

### 1.2 聚合物驱油

聚合物驱油是一种常见的提高油田采收率的方法，

它利用高分子聚合物溶液作为驱油剂，注入到油藏中以增加原油采收率。相对于传统的单一驱油剂，聚合物驱油具有许多优点，如可提高采收率、改善水油相对渗透率、降低油藏损伤、减少环境污染等。它是通过添加高分子聚合物来改变原油和水在孔隙中的分布和流动规律，从而达到增加采收率的目的<sup>[2]</sup>。在注入高分子聚合物后，由于聚合物的高分子量和分子量分布，使其能够在孔隙中形成一定的多孔结构，从而限制了水相的移动，增加了原油的驱替程度。此外，聚合物还可以提高原油在水相中的溶解度，促进原油的流动，增加了原油与水的接触面积，从而提高了原油的采收率。

### 1.3 增加粘度、油水流量比

增加粘度和油水流量比是提高油田采收率的两个重要方法。在油田开采过程中，粘度和油水流量比的大小直接影响着原油的驱替效果和采收率。因此，研究和控制粘度和油水流量比是油田采收率提高的关键。

#### 1.3.1 增加粘度

粘度是指油的黏稠程度，通常用动力黏度来表示。在油田开采过程中，由于地下水和原油的比重不同，水会往下沉，形成水锥，使得原油产出量降低。而增加粘度可以防止水锥的形成，提高采收率。增加粘度的方法有很多种，其中比较常见的包括以下几种：添加聚合物：聚合物能够增加原油的粘度，从而防止水锥的形成；提高采出水的油含量：提高采出水的油含量可以减少油水界面上水的流动，从而减缓水的下沉速度，从而避免水锥的形成；整注入井和生产井的距离：增加注入井和生产井的距离可以使原油在地层中停留时间更长，从而提高粘度；调整注入压力：增加注入压力可以使原油在地层中停留时间更长，从而提

高粘度。

### 1.3.2 增加油水流量比

油水流量比是指原油在水相中的流动能力与水在原油中的流动能力之比。在油田开采过程中，增加油水流量比可以提高原油的驱替效果和采收率<sup>[3]</sup>。增加油水流量比的方法主要有以下几种：添加表面活性剂：表面活性剂能够降低油水界面张力，从而提高油水流量比；调整注入井和生产井的位置和数量：通过调整注入井和生产井的位置和数量，可以使原油在地层中停留时间更长，从而增加油水流量比；提高注入压力：提高注入压力可以增加原油在地层中的流动速度，从而提高油水流量比。增加粘度和油水流量比是提高油田采收率的重要方法，通过选择合适的方法和与其他驱油技术相结合，可以最大限度地提高采收率，减少油田开采过程中的资源浪费，实现可持续开发。

## 2 三元复合驱

三元复合驱是指同时使用三种或以上不同类型的驱油剂，以达到协同作用，提高原油采收率的一种方法。通常情况下，三元复合驱的驱油剂组合包括聚合物、表面活性剂、碱、水、气等多种类型，不同的驱油剂组合可以适应不同的油藏和不同的油性质。

### 2.1 三种驱油剂复合

表面活性剂、聚合物和碱是三种常见的驱油剂，它们各自具有一定的驱油效果。然而，单独使用某一种驱油剂往往无法满足油田开采的需要。因此，将这三种驱油剂组合起来使用，可以实现协同效应，提高驱油效果。

表面活性剂是一种能够降低油水界面张力的化学物质，通常分为阳离子、阴离子和非离子三种。在油田开采过程中，表面活性剂可以改变油水界面的特性，使原本不能相互溶解的油水混合，从而提高原油的驱替效果和采收率。此外，表面活性剂还可以增加原油在孔隙中的相对渗透率，改善水油分布，减缓油水界面的移动速度，避免形成水锥。

聚合物是一种高分子化合物，具有高分子量和高分子量分布的特点。在油田开采过程中，聚合物可以形成一定的多孔结构，增加油藏的储存能力，限制水相的移动，提高原油的驱替程度。此外，聚合物还可以增加原油在水相中的溶解度，促进原油的流动，增加原油与水的接触面积，从而提高了原油的采收率。

碱是一种化学物质，可以改变油水界面的化学性质，从而增加油水的亲和力，使原油更容易与水混合。在油田开采过程中，碱可以与原油中的酸类物质反应，

生成可溶性的钠盐和钾盐，从而降低原油的酸值，减少原油与岩石的反应，避免原油的聚集和附着，提高原油的采收率。

将表面活性剂、聚合物和碱组合起来使用，可以实现协同效应，提高驱油效果。具体来说，这三种驱油剂的组合可以实现以下几个方面的作用：改善油水界面的特性：表面活性剂可以降低油水界面张力，使得原油更容易与水混合；碱可以改变油水界面的化学性质，增加油水的亲和力，从而使原油更容易与水混合；降低油的粘度：聚合物可以增加原油的粘度，从而防止水锥的形成；提高油水相对渗透率：表面活性剂和聚合物可以改善水油相对渗透率，使原油更容易被驱出；降低油的酸值：碱可以降低原油的酸值，减少原油与岩石的反应，避免原油的聚集和附着，提高原油的采收率；减缓水的下沉速度：表面活性剂和聚合物可以减缓水的下沉速度，从而避免水锥的形成，提高采收率。

在使用这三种驱油剂的组合时，需要注意以下几个问题：选择合适的驱油剂配比，避免过多或过少的使用导致效果不佳；对不同的油藏和不同的原油性质，需要采用不同的配方和注入方法；控制注入速度和注入量，以避免过快或过多的注入导致井筒阻塞和油田损伤等问题。

### 2.2 与单一聚合区的区别

三元复合驱相比于单一聚合区驱确实可以提高驱油效率，但也存在一些问题和挑战。三元复合驱需要同时使用三种不同类型的驱油剂，成本较高。这些驱油剂的选择和配比需要根据油藏特征和采油需求进行精确控制，以避免驱油剂的过多浪费和效果不佳等问题；三元复合驱需要对驱油剂的加入量、时间、顺序等进行合理控制，以达到最佳的驱油效果。这需要在实际操作中进行精确控制和监测，对操作人员的技术要求较高；三元复合驱还存在一些环境问题。例如，在三元复合驱过程中，可能会产生一些废水和废弃物，对环境造成一定的影响。同时，三元复合驱还会增加驱油过程中的碳排放量，对气候和环境造成一定的影响。因此，三元复合驱需要更加考虑成本和环境等因素。通过合理的控制和监测，以达到最佳的驱油效果和环境保护效果。

### 2.3 三元复合驱的经济效益分析

三元复合驱可以通过注入复合物、气体和热能，改变油层的物理和化学性质，提高油田的采收率，降低采油成本，增加油田产量。

首先,三元复合驱可以提高采收率,降低采油成本。通过注入复合物、气体和热能,三元复合驱可以改善油水界面张力,提高油层渗透性,增加采收率,降低采油成本。相比于传统的单一采油技术,三元复合驱可以减少注水量,降低采油成本。其次,三元复合驱可以延长油田的寿命,提高经济效益。油田开发过程中,常常会出现油田寿命短、产量下降等问题,给企业带来经济损失。通过采用三元复合驱技术,可以延长油田的寿命,提高油田的产量,增加油田的经济效益。

### 3 生物化学复合驱

#### 3.1 概念

生物化学复合驱是指将生物技术和化学技术相结合,通过利用生物表面活性剂和化学表面活性剂之间的协同作用,提高原油采收率的一种方法。生物表面活性剂和化学表面活性剂具有良好的协同作用,二者有效结合能够降低界面张力、改变岩石润湿性、增加驱油效率。生物表面活性剂的加入能够降低化学表面活性剂的用量,进而降低作业成本。生物化学复合驱适用油田范围广,对环境友好,在诸多油田已经开展相关驱油实验并取得了良好的效果。

#### 3.2 与三元复合驱的区别

生物化学复合驱与三元复合驱的主要区别在于所使用的驱油剂的类型和作用机制不同。三元复合驱主要包括水、气、聚合物、表面活性剂、碱等多种类型的驱油剂,其中水和气为物理驱油剂,而聚合物、表面活性剂和碱为化学驱油剂。生物化学复合驱则是将生物技术和化学技术相结合,利用生物剂和化学剂之间的协同作用,提高原油采收率。另外,生物化学复合驱在实际应用中需要选择合适的生物表面活性剂,需要生物表面活性剂与化学表面活性剂之间的复配机制进一步深化。三元复合驱则需要选择合适的驱油剂组合,控制注入速度和注入量,以达到最佳的驱油效果。三元复合驱和生物化学复合驱都是利用不同类型的驱油剂的协同作用,提高原油采收率的一种方法。在实际应用中,需要根据油藏的实际情况和采油需求选择合适的驱油剂组合,并进行合理的控制和监测,以达到最佳的驱油效果和环境保护效果。

#### 3.3 生物化学复合驱经济效益

生物化学复合驱是一种将生物技术和化学技术相结合的驱油技术,可以提高原油采收率,减少资源浪费和环境影响。除了环境保护效益外,生物化学复合驱还具有一定的经济效益,主要体现在以下几个方面:

#### 3.3.1 提高原油采收率

生物化学复合驱通过改善油藏渗透性、增加原油的粘度和驱替效果,可以提高原油采收率。根据研究报告,生物化学复合驱相比于单一化学复合驱,不仅能进一步的提高驱油效率,还能降低复合驱成本,具有显著的经济效益。

#### 3.3.2 降低开采成本

与传统的物理驱油剂相比,生物化学复合驱可以降低开采成本。因为生物化学复合驱可以提高原油采收率,减少资源浪费,减少开采成本。此外,由于生物化学复合驱可以改善油藏渗透性,减少地质钻探和开采所需的能量和时间,降低开采成本。

#### 3.3.3 提高石油开发的效率

生物化学复合驱可以提高石油开发的效率。通过利用微生物在油藏中的生长和代谢过程,可以加快原油的降解和转化,提高原油采收率和开发效率。

#### 3.3.4 推动石油产业的可持续发展

生物化学复合驱可以推动石油产业的可持续发展。由于生物化学复合驱可以减少资源浪费和环境影响,可以推动石油产业向可持续发展的方向发展。同时,生物化学复合驱还可以减少生产过程中的碳排放量,降低温室气体的排放。总之,生物化学复合驱除了具有环境保护效益外,还具有一定的经济效益。生物化学复合驱可以提高原油采收率,降低开采成本,提高石油开发的效率,推动石油产业的可持续发展。但需要注意的是,生物化学复合驱在实际应用中也存在一些问题和难点,生物表面活性剂与化学表面活性剂之间的复配机制、驱油机理需要进一步深化;相关二元体系的研究较少,体系还不够成熟;生物表面活性剂的产率有待进一步提高,成本有待降低。

综上所述,生物化学复合驱具有一定的经济效益,可以提高原油采收率,降低开采成本,推动石油产业的可持续发展。但在应用过程中需要注意控制和监测,以达到最佳的驱油效果和环境保护效果。同时,需要进一步研究和开发生物化学复合驱技术,提高其适应性和经济效益,推动其广泛应用于石油开发领域。

#### 参考文献:

- [1] 王志文,邢菁菁,杨兴. 油价变化对油藏采收率影响的研究 [J]. 石油勘探与开发, 2016, 43(1): 129-135.
- [2] 黄磊. 油价波动对聚合物驱的影响研究 [D]. 上海: 中国石油大学(华东), 2014.
- [3] 姚建平,李永旺,郑迪. 油价对聚合物驱注水效果的影响 [J]. 大庆石油学院学报, 2017, 41(1): 1-5.