

# 机械采油技术在复杂油藏中的应用及经济效益分析

周利 王中华 侯庆勇 李翠 陶洁 (中国石化胜利油田河口采油厂, 山东 东营 257200)

**摘要:** 本文旨在探索机械采油技术在复杂油藏中的应用及经济效益, 文中分析了复杂油藏的定义与分类, 基于不同复杂油藏的特点文章又进一步分析了不同机械采油技术在复杂油藏中的应用原理与技术优势。根据不同机械采油技术的技术特点, 文章总结了其在复杂油藏中应用的经济效益, 为相应的研究提供一定的学术参考建议。

**关键词:** 机械采油技术; 复杂油藏; 技术应用; 经济效益

## 0 引言

在全球能源需求日益增长的今天, 油藏开发面临着越来越多的挑战。特别是在复杂油藏的开采过程中, 由于复杂油藏通常具有低渗透性、低孔隙度以及地质结构不稳定等特点, 开发难度较大, 且容易出现采油效率低、成本高、油田开发周期短等问题。因此, 如何提高复杂油藏的采油效率、降低开发成本、延长油田的使用寿命, 成为了业内亟待解决的关键问题。在这种背景下, 机械采油技术作为一种新兴的采油手段, 逐渐在复杂油藏开发中得到了广泛应用。

## 1 复杂油藏的定义与分类

复杂油藏是指一些在开采过程中, 由于油藏地质条件、流体性质等方面存在特殊情况, 比如低渗透性、低孔隙度、高温高压等特殊因素, 导致开发过程中出现采油效率低、成本高、技术难度大等问题的油藏类型。根据不同的地质条件和开发难度, 复杂油藏可分为以下几类:

### 1.1 非均质油藏

此类油藏一般分布在我国的东北、华北等区域, 在此类油藏中, 由于地层岩性差异和渗透性不均匀等原因, 油气分布不均, 水驱效果差, 容易出现油水分布不合理、采油效率低等问题, 导致开发团队在开发过程中需要采用更加精细化的注采调整和采油工艺。

### 1.2 高压高温油藏

此类油藏一般多出现在我国的东南沿海、四川盆地等区域, 在此类油藏中, 由于油藏内的流体黏度大、油气流动性差等原因, 容易出现流体输送困难、采油率低等问题, 导致开发过程中需要特殊设计采油设备和工艺, 同时增加了开发风险和设备的安全要求, 给开发团队带来了较大的技术和成本压力。

### 1.3 老化油藏

此类油藏一般是指经历了长时间开采、原油产量

逐渐下降的油藏, 比如我国的大庆油田、胜利油田等。虽然此类油藏的采油难度较大, 但仍具有一定的剩余原油储量, 值得进行二次开发。实际开发中, 开发团队需要根据油藏的剩余可采资源情况, 合理调整开发策略, 如注水提高采油率、使用二次采油技术等, 才能更好地提高采油效率和延长油田的生命周期。

### 1.4 地质复杂油藏

此类油藏一般是指存在复杂地质条件的油藏, 比如我国的四川盆地、鄂尔多斯盆地等区域的油藏。地质复杂油藏通常伴随着断层、裂缝、溶洞等地质问题, 这些因素使得油气分布不稳定、采油难度增加。面对此类油藏, 开发团队需要重点进行精确的油藏建模与勘探, 结合先进的地震勘探技术和水力压裂技术, 确保油藏的高效开发, 避免因地质条件导致的资源浪费和开发不当。

## 2 不同机械采油技术在复杂油藏中的应用原理与技术优势

机械采油技术是指在油井开采过程中, 通过使用抽油机、井下泵等设备, 来辅助或替代自然能量驱动方式, 进行原油上升的一种采油方法<sup>[1]</sup>。从设备及技术类型差异的角度可以将机械采油技术分为自吸式机械采油、井下泵技术、伺服机械采油、电动机械采油等多种形式。这些技术均可以在一定程度上有效提升油田的采油效率, 特别是在高粘度油藏、低渗透油藏等复杂油藏中, 机械采油技术可以利用自身优势, 克服天然能量不足、采油方式受限等问题, 提高采油效率。

### 2.1 自吸式机械采油

自吸式机械采油技术的基本原理是在油藏的开采过程中, 通过在井口或其他适当位置安装的自吸式泵系统, 利用泵的自吸功能将油气混合物从井下抽至地面, 从而实现对油气的有效采出。自吸式机械采油设

备通常由泵体、驱动装置、密封系统等组成，这些设备能够在油气井中建立一个低压区，使得油气从井筒内部流动至泵体，并通过自吸作用输送至地面<sup>[2]</sup>。

在复杂油藏的实际应用过程中，自吸式机械采油技术的运作通常要求油藏内的压力较低。油气在进入泵体之前，需要通过一定的分离措施去除水分和其他杂质，确保采油系统的正常运转。自吸式泵的工作原理是利用自吸现象，将油气混合物从井下抽取到地面。油气分离后，油液继续通过泵体输送到地面，而气体则排出或被重新注入井中。这一过程中，需要高度关注泵的工作状态、油气的流动性及压力变化等关键参数，以保证采油系统的顺畅运行。在一些复杂油藏中，由于油藏的渗透性差、油气的流动性差等问题，可能会出现泵的吸油能力不足或油气流量不稳定的情况，这些问题可能会导致采油效果不理想，甚至出现设备故障。因此，在自吸式机械采油技术的应用过程中，作业人员需要密切关注各项运行参数的变化，并及时对泵的运行状态进行调整，确保设备的最佳工作条件。

与传统的机械采油方式相比，自吸式机械采油技术在复杂油藏中具有显著的优势。其能够在低能量输入的情况下完成较为稳定的油气抽取，尤其适用于那些天然压力不足或需要额外补充能量的复杂油藏。自吸式泵不需要外部驱动设备的持续工作，减少了能耗和维护成本，因此，自吸式机械采油技术特别适合在低压力、低渗透性或油气流动性差的复杂油藏中进行应用，其在长周期、高强度的油田开发中，经济效益显著，可以较好地应对油气流动不畅等问题，具有良好的适应性和较高的采油效率。

## 2.2 井下泵技术

井下泵技术是一种适用于各种复杂油藏类型的采油技术，特别是在渗透性差、油气流动性弱的油藏中具有显著的应用优势。井下泵技术的基本原理是通过下井安装的泵体设备，通过机械驱动将井下油气混合物抽至地面，从而实现油气的有效采出。通常情况下，井下泵由电动机驱动，通过泵体与驱动装置协作，使得井下流体在泵体的作用下获得动力，从而被提升至地面<sup>[3]</sup>。

在复杂油藏的应用过程中，井下泵技术特别适用于那些天然压力不足、流体流动困难的油田。由于这些油藏中的油气流动性较差，传统的自然流动方式难以满足采油需求，因此需要通过井下泵系统来维持井内流体的正常流动。井下泵技术能够通过调节泵送速度，使井内流体的流动性得以增强，从而提高油气的

采出率。此类泵系统能够通过调节泵速、泵的结构和功能设置，减少油气流动过程中的压损，提高采油效率。然而，在复杂油藏中，由于存在较大的地质差异和不稳定因素，井下泵的工作环境常常面临着高温高压、砂堵等问题。尤其在老化油藏和地质复杂的油田中，井下泵容易受到流体中固体颗粒的影响，导致泵体磨损严重，甚至出现堵塞现象。为了解决这些问题，井下泵技术往往需要配备耐高温、耐腐蚀、抗磨损的材料和先进的防堵技术，以确保泵系统的稳定运行。

相比于其他传统的采油方式，井下泵技术在复杂油藏的应用中具备独特的优势。首先，井下泵能够有效调节泵送速度，适应油藏中油气的流动特性，提高井下流体的流动性，减少由于渗透性差等因素导致的采油困难。其次，井下泵技术可以根据油藏的实际情况灵活调整泵的运行方式，使得采油过程更加稳定。因此，井下泵技术特别适用于那些渗透性较差、流体输送困难的复杂油藏，其能够在高效采油、降低开发风险的同时，提供更高的经济回报。

## 2.3 伺服机械采油技术

伺服机械采油技术是一种通过精确控制系统，调节采油设备的工作状态，以优化油气抽取过程的先进采油方法。其核心原理是通过伺服驱动装置对采油设备进行实时调整，动态控制油气流量，从而确保采油过程的高效性和稳定性。在伺服机械采油过程中，采油设备会根据油藏的实际状况和作业要求，改变抽取速度、压力等参数，以确保油气流动的稳定性，并避免油藏能量的过度损耗<sup>[4]</sup>。

在复杂油藏的应用中，伺服机械采油技术可以根据油藏的压力变化实时调整采油设备的抽采方式，避免因采油过快或过慢导致的资源浪费和设备损坏。特别是在地质复杂或老化油藏中，伺服系统能够更精准地控制采油进度，避免过度抽采导致的油水不平衡问题，从而提高整体采油效率。在实际应用中，伺服机械采油技术还能够通过自动化控制，减少人为操作的误差。与传统机械采油技术相比，伺服系统具有更高的灵活性和适应性。通过监测油井的实时数据，伺服系统能够快速响应油藏状态的变化，及时调整工作模式，提高油井的生产稳定性。在老化油藏和高压高温油藏的开发中，常常面临流体流动性差和采油效率低的问题，而伺服系统的精确控制则刚好可以有效克服这些问题。在油气开采过程中，伺服系统可以通过对设备的精准控制，避免能源的浪费和设备的过度运转，从而降低采油的综合成本。这种节能效果可以使得伺

服机械采油技术在复杂油藏中的应用具有较高的经济效益。

## 2.4 电动机械采油技术

电动机械采油技术是通过一系列电动驱动设备，在油井中进行高效、稳定的油气抽采。其基本原理是利用电动机驱动机械装置，如电动泵和其他相关设备，通过电力传输和控制，实现对油气的提升与输送。这种技术的核心优势在于其稳定的动力来源、可调控性以及高效的工作性能，尤其适合在对动力需求高、采油条件复杂的油藏中应用。

在高压高温油藏及非均质油藏等特殊条件下，传统的采油方式可能面临能量不足或效率低下的问题，而电动机械采油通过电动驱动系统能够提供持续稳定的动力，确保采油过程的顺畅进行。特别是在高黏度流体和渗透性差的油藏中，电动机械采油可以通过优化驱动设备的运行参数，保持稳定的采油速率，从而避免了因压力波动或流体不均引起的采油效率下降。另外，作业团队还可以根据油藏的实际情况和采油过程中遇到的变化，实时调整电动设备的工作状态，例如改变泵送速度或改变抽油压力。这种灵活的控制手段使得电动机械采油能够应对复杂油藏中各种不同的挑战，尤其在老化油藏和低渗透油藏中，能够通过调整工作参数，有效提高油井的产油能力。因此，电动机械采油技术更加适合应用于高压高温、非均质、老化等复杂油藏的开发过程中。

## 3 应用机械采油技术的经济效益

### 3.1 提高采油效率，增加项目产量

机械采油技术在复杂油藏的应用，尤其是在一些低渗透、高粘度油藏中，可以极大程度的提高项目的采油效率。从过去的经验来看，传统采油方式的采油效果相对有限，而机械采油设备则可以更为高效的提升油气的抽采能力，显著提高单井产量。例如，自吸式泵和井下泵就可以通过增加流体的抽取速率，降低原油在井内的滞留时间，从而提升原油的采出速度。在复杂油藏中，机械采油能够通过持续、稳定的采油作业，克服低流动性和油气流动困难的问题，极大地提高油田的产油效率。特别是针对一些老化油藏和地质复杂的油田来说，机械采油技术的应用可以从根本上最大化地开发剩余资源，从而有效增加整体项目的总体产量，为油田的经济效益带来如虎添翼般的增效价值。

### 3.2 降低采油成本

从实践中可以发现，应用机械采油技术是可以显

著降低整体采油成本的。过去我们传统的人工采油技术以及依赖自然能量的方式，往往存在产量不稳定和设备维护频繁等问题，导致运营成本一路居高不下。机械采油技术则是可以利用设备技术全面提高采油效率，减少人工操作和设备维护的频率，同时降低能源消耗的总量。例如，井下泵系统和电动机械采油系统就可以根据油藏特性精确调整作业参数，避免不必要的能源浪费和设备磨损，节省大量的人工和维护费用，降低设备的损耗，提高设备的使用寿命，进而降低整体开发成本，提升项目的经济效益。

### 3.3 延长油田生命周期，增加总体效益

根据实践我们可以发现，机械采油技术不仅能提高短期的采油效率，还能显著延长油田的生命周期，增加开采时长的直接效益就是增加油田的产出总值，增加总体经济效益。特别是在一些老化油藏中，我们再使用传统的采油方法已经难以维持较高的产量，但机械采油技术则还是可以通过特殊、持续的增效措施，如调整泵速、压力和抽采模式，有效延长油田的生产期。这就意味着一些已经看起来已经失去主要开采价值的油田还可以通过二次、三次开发阶段进一步挖掘剩余原油，从而获得更多的经济收益。

## 4 结语

在复杂油藏中的应用机械采油技术对于油田项目的长期开发而言，是具有重要的战略意义和经济价值的，实践已经证明，机械采油技术可以为各种复杂油藏带来诸如实时数据监测、油藏性能评估、动态控制油气流量等技术升级，从而调整生产策略，改善资源利用效率，解决开发过程中遇到的技术难题，达到提高油田生产率和延长油田寿命的项目目标。因此，在未来的研究中，我们仍应当以现有机械采油技术为基础，针对不同类型复杂油藏的特点进行更为深入、系统、精确的研究，努力提升技术的适应性和智能化水平，使机械采油技术可以更加高效、精准、可持续化，从而推动油田开发的绿色转型与高效发展。

## 参考文献：

- [1] 刘汉东,曹振博.油田机械采油设备及工艺要点分析[J].石化技术,2024,31(07):63-65.
- [2] 孟庆丰.油田机械采油工艺要点[J].化学工程与装备,2022,(05):79-80.
- [3] 朱志宝.油田机械采油工艺技术分析[J].化学工程与装备,2022,(02):71+29.
- [4] 任胜宇.油田的机械采油工艺技术[J].化学工程与装备,2021,(11):63-64.