

试油技术在非常规石油气藏开发中的应用

王冬 倪庆怀 刘申策

渤海钻探工程有限公司井下技术服务分公司 天津 300280

摘要：随着全球能源需求的不断增长，非常规石油气藏的开发逐渐成为能源行业的重要领域。这类气藏由于独特的地质特征和开发难点，给勘探与开发带来了诸多挑战。试油技术作为评估储层特性和确定开发策略的关键环节，在非常规石油气藏开发中发挥着重要作用。探讨试油技术在非常规石油气藏开发中的应用，分析如何提高勘探效率与准确性、优化开发方案与提高产能，应对复杂地质条件等方面的优势，还讨论试油技术推动技术创新与发展的重要性。

关键词：试油技术；非常规油气藏；开发；应用

引言

非常规石油气藏，如页岩气、煤层气等，因其独特的地质特征和开发难点，成为能源行业研究的热点。这些气藏具有低孔隙度、低渗透率的特点，分布不均，使得勘探与开发过程充满挑战。传统的勘探方法难以评估这些气藏的资源潜力，导致开发效率低下。因此，寻找一种高效、准确地评估非常规石油气藏的技术手段显得尤为重要。试油技术作为有效的评估手段，通过模拟油气在地层中的流动情况，为非常规石油气藏的开发提供了有力的支持。

1 试油技术概述

试油技术在油气开发领域占据着至关重要的地位。其具体是指运用专用的设备以及特定的方法，有针对性地降低井内液柱压力，进而诱导地层中的流体流入井内，在此过程中获取流体产量、压力、温度、流体性质以及地层参数等关键资料的工艺过程。这一技术堪称油气评价的核心环节，更是对油气做出最终结论的决定性步骤。在石油勘探工作中，借助钻井地质的录井作业，能够收获每口井的录井资料、岩心资料、测井资料以及钻井过程中呈现的油气显示等各类丰富资料。尽管这些资料能够较为直接地确定可能存在的油气水层，为了更加深入地认识并鉴别油层，精准掌握油气的客观规律，以便为油、气田的开发和开采提供坚实可靠的科学依据，试油试采工作的开展势在必行。试油技术的主要任务涵盖多个重要方面：一是要探明新区、新构造中是否存在工业性油气流；二是要查明油、气田的含油气面积以及油水或气水边界，明确油气藏的产油气能力与驱动类型；三是验证储层的含油、气情况以及测井解释的可靠程度；四是通过分层试油、试气获取各分层的测试资料及流体性质，确定单井（层）的合理工作制度，为精准计算油、气储量以及编制科学的开发方案提供有力依

据；五是对油气藏进行全面评价，最终对油、气、水层作出准确无误的结论。

2 非常规石油气藏的特征与开发难点

2.1 非常规石油气藏的地质特征

非常规石油气藏的地质特性相较于传统油气藏，展现出明显的差异性与复杂性。（1）在储集层物理性质方面，非常规石油气藏的储集层普遍呈现出低渗透性和低孔隙度的特征。这个特性直接导致了油气资源在储层中的流动性受限，开采难度显著增加。相较于常规油气藏，非常规石油气藏的油气资源更加难以被有效提取，要采用更为先进和复杂的开采技术。（2）非常规石油气藏的分布规律亦呈现出独特之处。尽管其分布范围广泛，但油气资源的富集程度却呈现出明显的不均匀性。这种不均匀的分布特征增加了开发过程中的不确定性和风险，对勘探和开发策略的制定提出了更为严格的要求。（3）非常规石油气藏的地层压力条件同样复杂多变。与常规油气藏相比，其地层压力分布更加复杂，存在超压或低压等异常情况。这种复杂的地层压力条件对钻井技术和完井工艺提出了更高的挑战，同时也对开采过程中的安全管理和风险控制提出了更高的要求。开发非常规石油气藏时，要充分考虑到这些复杂的地质特征。只有深入了解并妥善应对低渗透、低孔隙度等问题，运用先进技术精确控制压裂等作业，确保开采活动安全、高效、顺利地进行^[1]。

2.2 开发非常规石油气藏的技术难点

第一，非常规石油气藏的储集层呈现出低渗透和低孔隙度的典型特征。这种特性使得开采难度大幅增加，因为低渗透意味着油气在储层中的流动阻力较大，而低孔隙度则表明储层能够储存油气的空间有限。为了实现商业化开采，须采用有效提高储层渗透率的开采技术。这涉及复杂的水力压裂技术，该技术的关键在于精确控

制压裂裂缝的产生和扩展。只有这样，才可以最大限度地提高油气的可采程度。然而，精确控制压裂裂缝并非易事，要综合考虑储层的地质结构、岩石力学性质等多种因素。第二，非常规石油气藏的复杂地质条件给钻井技术带来了更高的要求。如水平井钻探过程中，须精确控制钻头的轨迹。这是因为水平井段需要穿越富含油气的地层，才能实现高效的油气开采。一旦钻头轨迹出现偏差，可能会导致无法准确钻达目标地层，降低油气产量。复杂的地质条件还能导致钻井过程中出现卡钻、井漏等问题，增加钻井的难度和风险。第三，非常规石油气藏的开发还面临着对环境的潜在影响。由于水力压裂等技术的应用，存在对地下水资源污染的风险。压裂过程中使用的压裂液会泄漏到地下水中，对水资源造成污染；压裂作业中使用的化学物质也需要严格管理，因为这些化学物质如果处理不当，也会对环境产生不良影响。非常规石油气藏的开发还会对土地、生态等方面造成一定的影响，需要在开发过程中加以重视和解决^[2]。

2.3 环境与经济效益分析

从环境角度来看，非常规油气开发中广泛应用的水力压裂技术存在诸多潜在的环境风险。一方面，可能导致地下水污染，影响水资源的质量和安。另一方面，会引发地面用水竞争，给周边生态和居民生活用水带来压力。此外还能诱发地震活动，对地质结构稳定造成威胁。因此，环境影响评估和相关风险管理措施的制定成为了开发过程中不可忽视的部分。如需通过先进的监测技术和严格的环保标准来确保开采活动不对周边环境造成不可逆转的损害；非由于其开发成本相对较高，油价波动可能对非常规油气项目的经济可行性产生重大影响。因此，对开发成本的严格控制和经济效益分析成为决定项目可行性的关键。同时，随着技术的不断进步和成本的降低，非常规油气资源的商业开发潜力正在逐渐增加，这对全球能源市场结构的改变具有重要意义。

3 试油技术在非常规石油气藏开发中的应用

3.1 提高勘探效率与准确性

(1) 在非常规石油气藏的勘探阶段，试油技术能够直接获取储层的关键信息。通过试油测试，可以准确地了解储层的流体性质，包括油、气、水的比例及其物理特性。试油技术还能提供储层的产量数据，以及地层压力、渗透率等关键地层参数。这些信息为后续的油气评价提供了科学、可靠的依据，有助于我们更准确地判断储层的含油气情况，提高勘探效率。(2) 试油技术在揭示储层流体特征方面发挥着重要作用。非常规石油气藏的储层流体特征往往复杂多变，而试油技术能够通过分

析储层流体样品，获取其化学组成、物理性质以及相态变化等详细信息。这些信息对于理解储层流体行为、预测油气开采过程中的流体动态变化具有重要意义，为后续油气开发方案的制定提供了重要参考。(3) 试油技术还指导非常规石油气藏的勘探与开发策略。通过试油测试，我们可评估储层的开采潜力，为勘探和开发决策提供科学依据。试油技术还揭示储层中存在的潜在问题，如地层压力异常、流体渗流障碍等，为后续的油气开发提供预警和解决方案^[3]。

3.2 优化开发方案与提高产能

第一，试油技术能对储层的产能潜力进行准确评估，这为开发方案的科学制定奠定了坚实基础。试油测试过程中，可以运用先进的测试设备和方法，获取储层的渗透率、孔隙度等关键参数。这些参数反映了储层的物性特征，对于了解储层的油气储存能力和流动特性至关重要。如渗透率决定了油气在储层中的流动能力，孔隙度则反映了储层能够储存油气的空间大小。通过对这些参数的分析，判断储层的产能潜力，为开发方案的优化提供具体的数据支持。第二，试油技术还能够在开发过程中指导油井的射孔、压裂等作业。射孔作业是打开储层与井筒之间通道的关键，而试油技术可以通过对储层的测试，确定最佳的射孔位置和参数，以确保油气能够顺利流入井筒。压裂作业则是提高储层渗透率的重要手段，试油技术根据储层的特性，优化压裂液的配方和施工参数，实现对压裂裂缝的有效控制。通过合理的射孔和压裂作业，可以明显提高油井的产能，增加油气产量。第三，试油技术在非常规石油气藏开发中的应用，不仅提高产能，还降低开发风险。通过对储层的全面测试和评估，可提前发现潜在的问题和风险，及时调整开发方案，避免不必要的损失。试油技术的不断创新和发展，也为非常规石油气藏的高效开发提供了有力的技术保障。随着科技的进步，试油技术将更加精准、高效，为非常规石油气藏的开发带来更多的机遇和挑战^[4]。

3.3 应对复杂地质条件

试油技术在非常规石油气藏开发中的应用，特别是在应对复杂地质条件方面，展现出了独特的优势与重要性。(1) 面对非常规石油气藏复杂多变的地质条件，试油技术通过灵活调整工艺参数和优化试油方案，确保测试工作的顺利进行。这些地质条件可能包括低渗透性、非均质性、高压梯度等，这些都增加了试油测试的难度。然而，试油技术采用先进的测试设备和方法，如压力恢复测试、渗透率测试等，能够准确获取储层的关键参数，为开发方案的制定提供可靠依据。(2) 试油技术

在揭示储层非均质性方面发挥着重要作用。非常规石油气藏的储层存在显著的非均质性，这导致油气资源的分布和开采潜力存在很大差异。试油技术通过详细的测试和分析，能揭示储层的非均质性特征，包括储层的厚度变化、渗透率差异、流体性质变化等。这些信息对于制定针对性的油气开发策略至关重要，能优化开采方案，提高资源利用率。（3）试油技术还为后续的油气开发提供有针对性的技术支持。根据试油测试的结果，我们可以对储层的开采潜力进行准确评估，为开发方案的调整和优化提供科学依据；试油技术还能发现储层中可能存在的问题，如地层压力异常、流体渗流障碍等，为后续的油气开发提供预警和解决方案。

3.4 推动技术创新与发展

伴随对非常规储层认识的不断深入，科研人员针对其低渗透率、复杂孔隙结构等特点，研发了先进的试油工艺。其中，多段体积压裂技术通过在储层中形成多个裂缝网络，有效增加了储层的渗透性，提高了油气的流动能力。而桥射联作技术则结合了桥塞封隔与射孔作业，实现了对储层的有效改造和精确控制，进一步提高了试油测试的效率和准确性。这些创新技术的运用，提升了非常规石油气藏的开发效果，为后续的勘探开发提供了宝贵的经验和数据支持；随着智能化、自动化技术的不断发展，试油技术也在向智能化、自动化方向迈进。现代试油设备配备了先进的传感器和数据采集系统，能实时监测试油过程中的各种参数，如压力、温度、流量等，并通过数据分析软件对采集到的数据进行深度处理和分析。这种智能化、自动化的试油技术提高了测试的准确性和可靠性，缩短了测试周期，降低了作业成本。人工智能和机器学习技术的应用也为试油技术的发展带来了新的机遇。对大量历史数据的学习和挖

掘，人工智能算法能够预测储层的特性和产能潜力，为试油方案的制定提供科学依据。同时，机器学习技术还能够优化试油参数和作业流程，提高试油效率和效果。总的来说，试油技术在非常规石油气藏开发中的应用正不断创新与发展。经过引入多段体积压裂、桥射联作等先进试油工艺以及智能化、自动化技术手段，试油技术为非常规石油气藏的开发提供了更加高效、便捷的解决方案。未来，随着科技的不断进步和创新成果的不断涌现，试油技术将在非常规石油气藏开发中发挥更加重要的作用。

结束语

综上所述，试油技术在非常规石油气藏开发中发挥着举足轻重的作用。通过提高勘探效率与准确性、优化开发方案与提高产能以及应对复杂地质条件等方面的应用，试油技术为非常规石油气藏的开发提供了强有力的技术支持。未来，随着科技的不断进步和创新成果的不断涌现，试油技术将在非常规石油气藏开发中发挥更加重要的作用。同时，我们也期待更多的技术创新和发展，为非常规石油气藏的开发注入新的活力。

参考文献

- [1]高令宇,陈孔全,陆建林,等.构造作用对常规—非常规油气连续聚积耦合藏控制机制[J].石油实验地质,2024,46(3):565-575.
- [2]蒋成刚.非常规油气藏水平井多段压裂技术[J].化学工程与装备,2023(08):136-155.
- [3]雷宇,伍正华,王振松,等.气举技术在非常规气藏开发中的研究与应用[C].//2022油气田勘探与开发国际会议(2022IFEDC)论文集.2022(02):1-7.
- [4]刘秉鑫.试油技术的形成及发展方向[J].中国化工贸易,2020,12(18):116-118.