

非常规油气资源开发关键技术与应用实践

王城塬

长庆油田分公司第五采油厂 陕西 西安 710018

【摘要】：非常规油气资源的开发已成为全球能源生产的重要组成部分，尤其在页岩气、煤层气、致密气等领域。该领域的技术创新，包括水平钻井、压裂技术及智能化监控系统，推动了开发效率的提升。通过解决勘探难题和技术瓶颈，优化资源回收率和成本效益，逐步降低对环境的负面影响。结合政策支持、多方合作与智能化技术，可以实现经济效益与环境保护的双重优化。高效的资源开发不仅为能源供应提供保障，也为社会经济可持续发展提供了新路径。

【关键词】：非常规油气资源；关键技术；应用实践；水平钻井；压裂技术

DOI:10.12417/2705-0998.26.05.068

引言

能源需求的不断增长和传统油气资源的逐步枯竭，全球范围内非常规油气资源的开发变得愈加重要。非常规油气资源，如页岩气、煤层气、致密气等，成为了替代能源的重要组成部分。其开发不仅能够缓解能源供应压力，还能促进能源结构的优化。然而，开发这些资源的过程并非易事，技术复杂、经济成本高、环境影响大等问题层出不穷。如何在保证安全和环境友好的前提下，实现高效开发，成为亟待解决的关键课题。

1 非常规油气资源开发的技术挑战

1.1 复杂地质条件下的勘探难题

由于这些资源通常存在于非传统的储层中，如致密砂岩或页岩层内，传统的地质勘探方法难以适用。在非常规资源中，储层的孔隙度和渗透率较低，导致油气的流动性差，勘探过程中需要精细的地质模型和高精度的地震勘探技术。岩层的异质性、裂缝的分布不均和压力条件的不确定性增加了勘探难度。地下水的存在和岩石的物理特性使得勘探设备和技术的要求更加严格。因此，采用先进的地震反射技术、水平钻探技术和地质模拟手段，以精确识别资源富集区，成为非常规油气开发的重要技术难题。

1.2 高效开发所需的关键技术

在非常规油气资源的开发过程中，关键技术的有效运用至关重要。水平钻井技术为开采复杂地质储层提供了重要手段，能够最大化穿越目标层并增大井眼与储层的接触面积，从而提高产量。水力压裂技术也发挥了重要作用，通过高压注入液体使储层裂开，释放被困的油气^[1]。这些技术需要精细化设计和优化，以适应不同类型的非常规储层。除此之外，智能化监测技术和自动化控制系统的应用，能够实时监测钻井、压裂及生产过程，确保高效开发并减少对环境的影响。

1.3 环境与经济综合考量

非常规油气开发过程中的环境问题和经济效益是两个需要平衡的重要因素。水力压裂过程中大量使用水资源并可能对地下水质量造成影响，这要求开发过程中采用环保型的压裂液

和水处理技术。与此同时，开发过程中产生的废气排放和噪音污染也需要得到有效管理，以减少对周围生态的影响。经济方面，尽管非常规油气资源具有较高的潜力，但其开采成本较高，尤其是在技术要求和环境治理上所需投入较大。因此，如何在降低开采成本、提高资源回收率的同时，又能满足环保要求，是开发过程中必须考虑的核心问题。

2 关键技术的创新与应用

2.1 水平钻井技术的发展与应用

水平钻井技术在非常规油气资源开发中的应用具有显著的优势。通过改变钻井方向，从垂直向水平延伸，能够大幅提高与目标储层的接触面积，增强井筒与油气层的连通性。这种技术特别适用于致密油气和页岩气等非常规资源的开采。在技术创新方面，钻井速度和精度的提升是当前水平钻井技术发展的重点。通过采用定向钻井、遥控钻井和先进的地质测量技术，能够实现更为精准的钻井作业。随着钻井设备的不断更新，特别是先进材料的应用，使得钻井过程中的稳定性和安全性得到了保障。

2.2 水力压裂技术的优化与应用

水力压裂技术在非常规油气开发中被广泛应用，是突破传统开采技术瓶颈的重要手段。通过向地下储层注入高压流体，压裂液将储层岩石裂开，释放油气。这项技术已历经多轮优化，现代水力压裂更加注重节水、环保及作业效率。随着压裂液成分的创新，环保型压裂液已被广泛使用，减少了对环境的污染^[2]。除了传统的水压裂，泡沫压裂和气压裂等新型技术逐步得到应用，这些技术在减少水资源使用和提高裂缝扩展效果方面有显著成效。水力压裂的优化还包括微裂缝技术，通过精准的裂缝控制，能够提高储层的裂缝网络密度，进而提升油气产量。

2.3 储层管理与增产技术

储层管理与增产技术对于提高非常规油气资源的开发效率至关重要。通过精确的储层描述和动态监测，能够获得储层的实际生产状况，从而指导后续的开发策略。常见的增产技术包括压裂、注水、CO₂驱油等，采用这些技术能够显著提高储

层的采收率。动态储层监测技术通过地面监测与地下传感器相结合,能够实时掌握储层的压力、温度和流体动态。这些数据为优化开发方案、调整开采方式提供了科学依据。针对不同储层的特点,采用分层压裂、定向增产和井间互补技术可以有效提升油气产量。储层管理的最终目的是通过精细化管理,避免过度开采造成资源浪费或环境破坏,确保开发过程中的资源高效利用。

3 技术在实际应用中的效果

3.1 页岩气开采案例分析

页岩气的开采已经成为全球能源生产的重要组成部分,技术的创新使得其开采成为可能。美国的页岩气开发案例显示,水平钻井和水力压裂技术的应用极大地提升了生产效率。通过精细化地质勘探,准确判断页岩气层的位置和厚度,能够确保钻井作业的精准性。在开发过程中,使用水力压裂技术能够有效地释放储层中的天然气,增加储层的渗透性。密切监控压裂液的使用和裂缝的扩展,避免了过度压裂导致的环境问题。通过技术的不断进步,页岩气的开发成本逐渐下降,资源回收率逐步提高,部分地区的页岩气产量甚至达到了常规气田的水平。二氧化碳驱油技术也开始在页岩气开采中得到了应用,有效提高了资源的采收率,同时降低了开采过程中的温室气体排放。

3.2 煤层气开采案例分析

煤层气的开采在中国等国家的能源结构中发挥着越来越重要的作用。煤层气开发通常依赖于抽采技术与水力压裂技术的结合。在中国的鄂尔多斯盆地,煤层气的开发利用经历了从传统垂直井到水平井的转变,水平钻井技术的应用使得煤层气的开采更加高效。通过合理规划井网密度和抽采方式,能够确保煤层气的最大化回收,减少对煤层的损伤,避免无效抽采^[3]。水力压裂在煤层气开采中的应用帮助提高了煤层的裂缝渗透性,使得煤层气能够更加顺利地释放至井筒。在经济效益方面,随着压裂技术的逐步优化,煤层气的开发成本逐年降低。为了进一步提高产气量和延长开发周期,注水技术和注气技术也在煤层气开发中得到了有效应用。综合考虑储层特性与开采方式,煤层气的开采技术逐步走向高效和环保的道路。

3.3 致密气开采技术应用

致密气的开发面临较高的技术难度,储层通常具有低孔隙度和低渗透性,这使得常规的开采方法难以有效释放气体。在加拿大阿尔伯塔省的致密气开采项目中,采用了先进的水平钻井和水力压裂技术,显著提高了开采效率。通过精准的地质勘探和储层建模,工程团队能够确定最佳的钻井方案,确保钻井井眼能够穿透最富集的气层。水力压裂在致密气的开发中尤为重要,采用多阶段压裂技术,针对不同层段实施精准压裂,既增加了储层的裂缝网络,又有效释放了气体。为了提高致密气

的开发效率,工程师们还引入了多种增产技术,如CO₂注入和压裂液回收技术。这些技术的结合使用,不仅提高了开发成本的回收率,还降低了对环境的影响。随着技术的不断进步,致密气开采的经济性和可持续性逐步增强,成为能源供应体系中不可忽视的一部分。

4 解决技术难题的创新路径

4.1 新型压裂液与材料的研发

新型压裂液的研发对于非常规油气资源的高效开发起着决定性作用。传统的水基压裂液存在着对环境的潜在污染以及资源消耗较大的问题,因此开发环保型、高效能的压裂液成为当前的研究重点。新型压裂液采用了可降解的化学添加剂,能够减少对环境的影响,并且提高压裂作业的效果。在这些压裂液中,泡沫压裂液、纳米流体和凝胶体系的应用,展现出了显著的优势。泡沫压裂液不仅能够降低水的使用量,还能在低渗透的储层中产生更广泛的裂缝网络,增强油气的流动性。纳米流体则通过其独特的流变特性,提供了更好的携砂能力和更高的裂缝形成效率。而基于高分子材料的凝胶压裂液,通过调节其粘度和稳定性,在较长时间内保持压裂效果。压裂液中的绿色化学成分也得到了广泛应用,进一步优化了资源的利用率,并降低了对水资源的依赖。

4.2 智能化技术在非常规油气开发中的应用

智能化技术的应用大大提升了非常规油气资源的开发效率与安全性。在开采过程中,实时数据监测与分析系统已经成为不可或缺的一部分。通过部署先进的传感器、物联网技术和大数据分析,能够对油气井的生产状态、储层压力、温度等多个参数进行实时监控^[4]。这些数据不仅能够帮助工程师们精准地调整作业方案,还能在出现异常时及时发现并采取应对措施,防止事故的发生。人工智能技术的引入,使得自动化决策变得可能,机器学习算法能够根据历史数据预测最优的压裂设计和开采方式。同时,智能化油田的建设,意味着远程操作和实时调整成为可能,极大地减少了人工干预的需求,降低了作业成本。智能化技术的进一步发展,将推动油气开发朝着更加高效、安全、环保的方向前进。

4.3 集成化技术方案的探索

集成化技术方案在非常规油气资源的开发中展现出独特的优势。与传统的单一技术应用不同,集成化技术方案通过整合多个先进技术,提供了一种更加高效和灵活的开发方式。在页岩气开发中,集成了地质勘探、水平钻井、压裂技术和储层管理的综合解决方案,能够实现资源的最大化回收。在这一过程中,技术的互补性发挥了关键作用,不同技术的有机结合可以在降低成本、提高效率的同时,避免单一技术应用可能带来的局限性。集成化技术的应用也包括对生产过程中的各环节进行统一协调和优化,从而提升了资源利用率和开发周期。通过

实施集成化技术方案,油气公司能够在复杂的地质条件下采用最合适的技术组合,并能有效应对不同储层的挑战。集成化解决方案也推动了信息化与数字化技术的结合,实现了油气开发全生命周期的精准管理和监控。

5 推动非常规油气资源高效开发的策略

5.1 技术与政策相结合的综合方案

推动非常规油气资源的高效开发不仅依赖于技术的突破,还需要政策的支持和引导。政府的政策框架应该包括对技术研发的激励机制,鼓励企业采用先进技术进行资源开发,同时确保资源的可持续利用。在政策制定过程中,能源安全、环境保护和市场竞争等多个方面需要统筹考虑。针对非常规油气的特点,政策应优先支持低碳、高效的开采技术,并推动环保技术的发展。税收优惠、研发补贴和环境监管等手段,可以为企业提供必要的支持,降低其开采成本。在此基础上,政府还需要制定合理的资源开采和环境保护标准,确保油气资源开发过程中不会造成过度开发和生态破坏。技术和政策的协同作用能在保障能源供应的同时,也促进社会、环境与经济的可持续发展,最终实现非常规油气资源的高效开发和利用。

5.2 多方合作推动技术创新

非常规油气资源的开发技术日新月异,单一企业的力量往往难以满足技术创新和应用的需求^[1]。多方合作成为推动技术创新的重要途径。石油公司、科研机构、政府部门和设备制造商等各方应在技术研究、资金投入、项目合作等方面开展广泛合作。科研机构可以提供理论支持和技术研发,石油公司则在

实际开采中提供实践经验,而设备制造商则负责提供先进的机械设备和技术解决方案。通过资源共享和信息互通,合作方可以实现技术优势的互补,进一步推动技术的突破与应用。跨行业合作也有助于整合不同领域的技术优势,IT企业与油气公司联合开发智能化监控系统,提升油气田管理效率。通过合作,能够加速技术成果的转化与应用,提高开发效率,并应对油气资源开发中的复杂问题。

5.3 经济与环境双重效益的优化路径

在非常规油气资源开发过程中,如何平衡经济效益与环境影响,成为实现可持续发展的关键。为了降低开发成本,提高资源回收率,必须采用先进的技术手段,如水力压裂、水平钻井以及智能监控等。这些技术可以在提高产量的同时,最大限度地减少对环境的负面影响。在环境保护方面,采用环保型压裂液、废水回收处理以及二氧化碳减排技术,可以有效降低对水资源和空气质量的污染。通过优化生产流程和提升能源利用效率,可以在减少碳排放的同时降低开采成本,实现经济和环境的双重收益。在这个过程中,政府的环境政策和企业的技术创新相辅相成,推动整个产业链向绿色低碳方向发展。

6 结语

非常规油气资源的开发是全球能源供应的重要组成部分,其技术创新与应用推动了能源产业的转型与发展。有效解决勘探、开发与管理中的技术难题,结合政策支持和多方合作,能够实现经济效益与环境保护的双赢局面。未来,随着技术的进一步优化和合作的深化,能够更加高效、可持续地利用非常规油气资源。

参考文献:

- [1] 王爽爽.水平钻井技术在非常规油气开发中的关键技术研究[J].石油石化物资采购,2025(23):73-75.
- [2] 何希鹏,张培先,高玉巧,汪凯明,何贵松,任建华,高全芳,臧素华.中国非常规油气资源效益开发面临的挑战与对策[J].中国石油勘探,2025,30(1):28-43.
- [3] 范秋雨.录井技术在非常规油气资源勘探中的创新应用[J].石油石化物资采购,2025(9):124-126.
- [4] 孙新铭,樊丁山,李莉,唐雅妮.混合式教学模式下的“非常规油气资源勘探与开发”课程教改探究[J].科技风,2025(31):65-67.
- [5] 陈修稳,王涛.非常规油气资源开发的环境影响评估与风险控制[J].现代工业工程,2025(7):170-173.