

中国石油油气藏储层改造技术历程与展望

蒋家鑫 袁 杰

中石化西南石油工程有限公司井下作业分公司 四川 德阳 618000

摘要: 中国石油油气藏储层改造技术在可持续发展的背景下展望, 新兴技术如纳米技术和智能化技术的应用将推动行业发展。案例研究揭示聚合物驱技术在提高采收率和降低成本方面的成功应用, 为行业发展提供了有益经验。实践经验总结强调对地质特征的了解、技术创新、团队合作与效果评估的重要性, 为今后的储层改造工作提供指导。

关键词: 中国石油; 油气藏储层; 改造技术

1 中国石油油气藏储层改造技术历程

中国石油油气藏储层改造技术历程可以追溯到上个世纪六十年代, 当时在国内外储量勘探的基础上, 中国石油开始进行气藏改造试验。在储层改造技术方面, 中国石油企业进行了大量的实验探索和理论研究, 积极引进国外技术, 同时根据国内地质条件加以改良。八十年代末至九十年代, 随着水驱、聚合物驱、高强度水驱等增产技术的应用, 中国石油油气藏的油气产量和增采效果得到明显提高。近年来, 随着水平井、压裂、CO₂驱等先进技术的引入, 中国油气藏改造技术日趋完善, 取得了一系列成功经验。中国石油储层改造技术历程见证了技术的不断创新和进步, 为中国石油工业的发展提供了坚实的技术支持。

2 中国油气勘探开发的现状

中国石油工业一直是国民经济的重要支柱, 在油气勘探开发领域取得了令人瞩目的成就。目前, 中国油气资源总量巨大, 且分布广泛, 包括陆上油气田、海域油气田和非常规油气资源等多种类型。在勘探开发方面, 中国石油企业在技术装备、管理水平和创新能力不断提升, 取得了诸多突破和进展。近年来, 随着技术的不断革新, 中国油气勘探开发面临新的机遇和挑战, 中国加大了对深海与极端条件下油气资源的勘探力度, 积极引进国际先进技术和设备, 提高深水、超深水油气开发的能力。中国还注重非常规油气资源的勘探开发, 如页岩气、煤层气等, 开展相关试验与研究, 大力推进非常规油气资源的勘探和利用^[1]。尽管中国拥有丰富的油气资源, 但由于资源丰富的地区大多是远离主要消费市场的边远地区, 加上油气勘探开发的高成本和复杂地质条件, 挑战依然存在。未来中国油气勘探开发需要进一步加强科技创新、加大投入力度、提高勘探开发效率, 以满足国内经济发展和能源需求的不断增长。通过不懈努力, 中国油气勘探开发将为国家的能源安全和经济可持

续发展做出更大的贡献。

3 常见的储层改造技术

3.1 水驱技术

水驱技术是一种广泛应用于油田和气田的储层改造技术之一。这项技术通过在油气藏中注入水以增压驱动油气向产油孔井流动, 从而提高油气采收率。在水驱技术中, 首先通过地面设备将高压水注入油气藏储层, 形成高压水锅, 从而将原有的油气推向产油孔井。随着储层内部水的不断注入, 原油与水的比例逐渐变化, 推动油气向产油孔井聚集, 提高采收率。水驱技术的优点包括操作简单、成本低廉、效果明显等, 适用于不同类型和深度的油气藏。但是, 水驱技术也存在一些挑战, 例如水与油气混合后可能导致一些副作用, 如沉积、腐蚀等问题, 对设备和管道造成损坏; 同时, 注水后的压力不足也会降低采收率。在应用水驱技术时, 需要科学合理的设计注水方案, 加强对地下水文地质的分析, 根据实际情况调整注水量和注水周期, 以最大限度地提高油气采收率。

3.2 气驱技术

气驱技术是另一种常见的储层改造技术, 它通过在油田和气田中注入气体(通常是天然气或二氧化碳等)来驱动油气向产油孔井流动, 提高采收率。在气驱技术中, 气体注入储层后产生气体锅压, 从而推动原有的油气向井口流动, 增加采收率。相比水驱技术, 气驱技术具有一些优势, 如气体可溶解在油中形成气卧、气驱过程有助于减缓油气稠度增大、气体比水更适合作为储层的辅助驱动物等。尽管气驱技术有其优点, 但也存在挑战。例如, 气体的选择、注入方式、注入量等需要精确控制, 否则可能导致驱油效果不佳; 气体驱出油的速度一般较慢, 需要较长的周期来达到预期的采收率提高。在实际应用中, 需要综合考虑地质条件、储层性质等因素, 合理设计气驱方案, 同时密切监控气体的注入和储

层的响应情况，及时进行调整和优化。

3.3 聚合物驱技术

聚合物驱技术是一种常见的储层改造技术，用于提高油气田采收率。在聚合物驱技术中，高聚合物溶液被注入到已开采的油气层中，通过多种作用机制来改善油气水三相间的物理和化学性质，进而推动原油或天然气向采油井井底方向运移，提高采收率。聚合物驱技术的优点在于能够增加油气与岩石表面之间的相互作用，改善介质的渗透性，减少油气与水之间的粘附作用，提高采收率。聚合物驱技术可减少水量的注入，降低采油成本，有助于环境保护和资源利用效率。聚合物驱技术也面临一些挑战，如聚合物与地层岩石间的相容性、滞留量的控制等问题。在应用聚合物驱技术时，需要根据具体地质条件和储层性质进行合理设计，选择适当的聚合物种类和浓度，并结合地质勘探资料和模拟分析，进行量化评价和风险分析，以确保技术的有效性和经济性^[2]。

3.4 微生物驱技术

微生物驱技术是一种新兴的储层改造技术，通过利用特定类型的微生物来改变油气藏中原有的油气分布状态，从而推动油气朝产油孔井流动，提高采收率。这项技术的核心是利用微生物产生物理、化学或生物化学作用，改善储层中的物理和化学性质，促进原油或天然气的流动和聚集。与传统的化学驱技术相比，微生物驱技术具有独特的优势，微生物可在地下环境中自行生长繁殖，具有较好的自我修复和自我更新能力；微生物驱技术对环境友好，不会对地下水源和生态环境造成污染，具有很好的可持续性；微生物的适应性强，可适应各种地质条件和储层特征。微生物驱技术仍面临挑战，例如，微生物的种类、活性、适应环境的能力等需要精确控制；同时，在注入微生物溶液后，需要密切监控储层微生物数量和活性，确保技术的有效性和持续性。

3.5 其他改造技术

除了水驱技术、气驱技术、聚合物驱技术和微生物驱技术之外，储层改造技术还包括许多其他方法。其中，常见的改造技术还包括火热驱技术、化学驱技术、干质驱技术、热采技术以及磁控调剖技术等。火热驱技术是通过注入高温热流体，降低原油的粘度，促使原油流动，从而提高采收率。化学驱技术主要是通过注入化学剂改变油气与地层基质之间的相互作用，提高采收率。干质驱技术则是通过注入气体或氮气，增加地层压力，推动原油向采油井流动。热采技术则是通过注入热流体或蒸汽，降低原油黏度，提高采收率。磁控调剖技术则是通过改变地层孔隙结构，调控油气流动，提高采

收率。这些其他的储层改造技术各具特点，应用于不同类型的油气藏，通过综合利用多种技术手段，有助于提高油气采收率，延长油气田产能周期，推动油气资源的有效开发和利用。

4 中国石油油气藏储层改造技术展望

4.1 技术趋势分析

中国石油油气藏储层改造技术在不断发展和完善的过程中，面临着新的挑战 and 机遇。在未来，随着能源需求的持续增长和油气资源的日益枯竭，储层改造技术的创新将变得更为迫切和重要。随着社会对环境保护的日益重视，储层改造技术将更多地采用绿色环保的方法，如微生物驱技术和化学驱技术，以减少对地下水资源和生态环境的影响。未来的储层改造技术将倾向于多种技术手段的综合利用，集成水驱、气驱、聚合物驱等多种技术，实现更高效的原油或天然气采收。同时，智能化技术的应用也将更为广泛，如利用人工智能和大数据分析优化注采方案，提高技术的精准度和效率。在面对复杂地质条件和极端工作环境时，未来储层改造技术还将注重提高适应能力和应急处理能力，采取更为灵活、快速的应对措施，以应对地质条件的复杂性和多变性。中国石油油气藏储层改造技术在未来将持续创新，趋向于绿色、智能化和综合化发展，为中国油气工业的可持续发展和安全生产提供更加有力的技术支持，实现资源有效利用和环境友好的双赢局面。

4.2 新兴技术探讨

中国石油油气藏储层改造技术在新兴技术上有广阔的前景和潜力。随着科技的不断进步和创新，一些新兴技术在储层改造领域的应用逐渐崭露头角，为中国石油油气产业带来了新的机遇和挑战。其中，一些新兴技术如纳米技术、超临界流体技术、声波及电磁技术等，被认为具有巨大的潜力。纳米技术可以利用纳米颗粒在地下油气层中的表面张力、相变、渗透性等特性，改善油气流动性，并提高采收率。超临界流体技术则能够通过增加流体密度和渗透性，推动原有的油气向产油孔井流动。声波及电磁技术则可以结合地下地质构造，实现对储层的优化调整，提高采收率^[3]。随着数字化和智能化技术的不断发展，人工智能、大数据分析等新技术在储层改造领域的应用也将愈发广泛。通过对地质数据、生产数据的深度挖掘和分析，可以优化识别油气藏的地质结构和油气运移规律，从而精准制定注采方案，提高采收率和生产效率。在未来，随着这些新兴技术的不断发展和应用，中国石油油气藏储层改造技术将朝着高效、绿色、智能的方向发展，为中国油气产业的可持续发展

和安全高效生产带来全新的可能性和希望。

4.3 可持续发展方向

中国石油油气藏储层改造技术的可持续发展方向是基于环境保护、能源效率和资源利用的原则,实现经济社会与生态环境的协调发展。在未来的发展中,储层改造技术将朝着以下方向持续发展:首先,绿色环保将是发展不可或缺的主题,未来储层改造技术应更加注重对地下水资源和生态环境的保护,采用绿色环保的方法,如微生物驱技术和环保化学驱技术,减少对环境的影响。应优先选择低碳、清洁的驱油方式,减少二氧化碳等温室气体的排放。其次,技术创新将不断推动发展,未来储层改造技术将更加注重创新,尤其是结合新兴技术如纳米技术、智能化技术和数字化技术等,提高原油或天然气的采收率和开发效率。通过不断探索和实践,推动储层改造技术不断跃升。可持续发展也将包含社会效益的可持续,储层改造技术应将节约资源、降低成本、提高效率作为目标,助力油气产业更好地服务于国家经济发展和社会繁荣。

5 案例分析与实践

5.1 油气藏储层改造技术案例研究

近年来,中国石油行业在储层改造技术上进行了大量的研究与实践,积累了众多成功的案例。以某油田为例,通过引入聚合物驱技术进行储层改造,取得显著的效果。该油田原有采油工艺中存在一定的局限性,田间采收率不高,且采收过程中水油比较高,增加了采油成本。为此,油田开展了聚合物驱技术的应用。经过实验室研究和地质勘探,精确确认油气藏的含油岩性、孔隙结构及水驱特性等参数。选择适宜的聚合物类型和浓度,通过注入聚合物溶液改变储层中油水相相互作用,提高原油的流动性和驱替效率。实施后,油田采收率明显提升,水油比得到降低,采收成本也相应下降。由于聚合物驱技术的应用,减少地下水资源的开采,有力地保护当地的水资源环境。这个案例充分展示储层改造技术在实际应用中的有效性和成效,为提高采收率、降低采收成本、保护环境等方面带来了积极的影响。

5.2 案例分析与实践经验总结

在石油油气勘探开发领域,案例分析与实践经验总

结具有重要的指导意义和借鉴价值。通过对已有案例的深入分析和总结,可以为今后的项目实践提供宝贵经验,有效避免重复犯错,提高工作效率。举例来说,一些石油公司在储层改造中通过实践积累了以下经验:充分了解地质特征对于储层改造至关重要,在选择适合的储层改造技术之前,必须深入了解储层的岩性、孔隙度、渗透率等地质特征,以制定最适合的改造方案^[4]。注重技术创新和实践验证,在储层改造过程中,技术创新是提高效率和采收率的重要保障。通过不断尝试新技术、新方法,并结合实地验证,可以不断改进方案,达到更好的改造效果。重视团队合作和经验分享,在实践中,团队协作和沟通十分关键。通过团队成员间的经验分享、案例交流和反馈,可以促进相互学习,提高整体工作水平。注重效果评估和纠偏调整,及时对改造方案的实施效果进行评估,发现问题随时纠正,并调整改进措施,保证改造工作朝着预期目标稳步推进。

结束语

通过不断创新与实践,中国石油行业在储层改造技术领域积累了丰富的经验与成功案例。未来,应继续注重可持续发展方向,结合环保、技术创新和经济效益的原则,推动行业朝着绿色、智能、高效的方向发展,为油气产业的可持续发展贡献更多力量。

参考文献

- [1]王欣,才博,李帅,等.中国石油油气藏储层改造技术历程与展望[J].石油钻采工艺,2023,45(1):67-75.DOI:10.13639/j.odpt.2023.01.009.
- [2]雷群,胥云,才博,等.页岩油气水平井压裂技术发展展望[J].石油勘探与开发.2022,49(1).DOI:10.11698/PED.2022.01.15.
- [3]郑新权,何春明,杨能宇,等.非常规油气藏体积压裂2.0工艺及发展建议[J].石油科技论坛.2022,41(3).DOI:10.3969/j.issn.1002-302x.2022.03.001.
- [4]王俊超,李嘉成,陈希,等.准噶尔盆地吉木萨尔凹陷二叠系芦草沟组页岩油立体井网整体压裂设计技术研究与实践[J].石油科技论坛.2022,41(2).DOI:10.3969/j.issn.1002-302x.2022.02.008.