

石油开发中体积压裂技术的应用

耿榆川 练顺久 冯玉声

中石化西南石油工程公司井下作业分公司 四川 德阳 618000

摘要：石油开发中，体积压裂技术作为一种重要的油藏改造工艺，被广泛应用于提高油气产能和采收率。在应用体积压裂技术时，需要进行地质勘探和储层评价，优化压裂液的选择，合理控制施工参数，以及进行裂缝的监测和评估。此外，对于体积压裂技术的应用，引进专业技术型人才也起到至关重要的作用，他们能够提供先进的思路、技术和方法，推动技术的创新和优化。

关键词：石油开发；体积压裂；应用分析

1 体积压裂技术的概念

体积压裂技术是一种利用高压液体将岩石或煤层内部形成裂缝的工艺。它通过将压力液体注入到井孔中，以高压压裂作用破坏和扩张目标层的岩石或煤层，进而在其内部形成裂缝和裂缝网络。这个过程可以极大地改善地层渗流能力，提高油气或水的开采效果。体积压裂技术的原理是利用液体（通常是水）的压力将岩石或煤层压裂。通过通过井孔输送高压液体到目标地层，然后将液体通过管道自治系统注入到岩石或煤层内部。当液体静止时，在岩石或煤层的受压作用下，裂缝在垂直或水平方向延伸并扩大。裂缝的形成和扩展释放了相当大的能量，将岩石或煤层中的矿物质和颗粒迅速分离开来，从而形成一个通过裂缝传导油气或水的通道。体积压裂技术的分类包括水力压裂、油气压裂和煤层气压裂等。水力压裂主要用于增强油气、水井的渗透性，以提高储层输送能力。油气压裂则是在油气藏中应用的压裂技术，通过压裂液的注入，使裂缝扩大并延伸，增加油气的流动性。煤层气压裂是为了提高煤层气产能，改善煤层渗透性，使其更适合煤层气的开发和生产。

2 体积压裂技术的特点

体积压裂技术具有以下几个主要特点：（1）高效性：体积压裂技术能够在短时间内形成广泛的裂缝网络，提高储层的渗透性，从而促进油气或水的流动，加快产能释放。相比于传统的开采方法，体积压裂技术能够显著提高开采效率和产量。（2）适应性：体积压裂技术适用于不同类型的储层，包括砂岩、页岩、煤层等。无论是油气藏还是水资源，都可以通过体积压裂技术获得更高的开采效果。（3）灵活性：体积压裂技术可以灵活地调整施工参数，包括注入压力、注入液体的类型和粘度等。这使得技术可以根据不同的地质条件和储层特点进行调整和优化，提高裂缝的生成和扩展效果^[1]。

（4）可控性：体积压裂技术具有较强的可控性，可以通过控制注入压力和施工参数，实现对裂缝生成和扩展的控制。通过合理的设计和监测，可以调整施工方案，控制裂缝的形态和分布，从而实现最佳的开采效果。（5）综合应用：体积压裂技术可以与其他增产技术结合使用，如水驱、气驱、聚合物驱等。通过综合应用不同技术手段，可以进一步提高开采效率和产能，实现石油和天然气等资源的有效开发利用。

3 体积压裂技术的分类和发展历程

体积压裂技术是一种重要的石油工程技术，经过多年的发展和演变，已经形成了多种分类和应用方式。第一，水力压裂技术：水力压裂技术是最早应用的一种体积压裂技术。它通过注入高压水来破碎和扩大储层的岩石裂缝，以增加渗透性和开采效果。发展初期主要应用于砂岩油藏，后来逐渐扩展到页岩油气开发中。第二，油气压裂技术：油气压裂技术是体积压裂技术在油气储层开发中的一种应用。其主要目的是增加油气储层的渗透性和产能，提高油气的开采效率。与水力压裂类似，油气压裂技术也是通过注入高压液体将岩石压裂并形成裂缝网络。第三，煤层气压裂技术：煤层气压裂技术是体积压裂技术在煤层气开采中的一种应用。由于煤层气储层孔隙结构特殊，常规的开采方法难以有效释放煤层气。煤层气压裂技术通过注入高压液体将煤层压裂，并形成裂缝，以增加渗透性和煤层气的产能。体积压裂技术的发展历程可以追溯到上世纪40年代。最早的应用是在美国进行的石油开发中，随着技术的不断发展和改进，体积压裂技术得到了广泛应用并取得了显著成果。在20世纪70年代和80年代，随着页岩气和煤层气等非常规能源的快速发展，体积压裂技术得到了进一步的推广和完善^[2]。

4 石油开发中对体积压裂技术的应用分析

4.1 控制体积压裂的效果

石油开发中，对体积压裂技术的应用需要进行细致的分析和控制，以确保良好的效果。石油储层的岩性、孔隙度、渗透性等特征都会影响体积压裂技术的效果。通过详细的地质调查和实验分析，了解储层的具体情况，可以调整施工参数和设计方案，以确保裂缝的形成和扩展符合开发的要求。压裂液的粘度、密度、化学成分等影响着裂缝扩展的能力和速度。根据储层的特点和开发需求，选择适当的压裂液，能够更好地控制裂缝的形成和分布，提高开采效果。注入压力、注入速度以及施工过程中的监测和调整，都需要根据实际情况进行精确控制。过高或过低的注入压力都可能导致不理想的裂缝形成，速度过快或过慢也可能影响裂缝的扩展效果^[3]。因此，施工过程中的及时监测和调整是确保体积压裂效果良好的关键。通过监测裂缝的分布、长度和宽度等参数，可以及时发现问题，并采取合适的措施进行调整。评估体积压裂的效果，包括产能的提高、油气的采收率等指标，以便进一步优化开采方案，提高开采效益。

4.2 不断优化体积压裂技术开采条件

石油开发中，对体积压裂技术的应用需要不断优化开采条件，以提高开采效率和产能。首先，通过地质勘探和评价，准确了解储层的地质特征和石油资源分布。针对不同的储层类型和特征，采用合适的体积压裂技术，包括水力压裂、油气压裂或煤层气压裂等。通过综合分析和评估，确定最合适的施工方案，以获得最佳的开采效果。其次，优化注入压力和注入液体的性质。通过合理选择注入压力和粘度适宜的压裂液，可以控制裂缝的形成和扩展。注入液体的化学成分和密度等特性也会影响裂缝的效果。通过实验室模拟和现场试验，优化注入参数和液体组成，以提高开采效率和产能。通过优化施工和监测技术，及时调整和改善体积压裂的效果。通过精确控制施工参数，如注入速度和持压时间，可以实现更好地裂缝形成和扩展。借助高精度的监测技术，如测井、地应力监测和裂缝监测等，可以进行实时监测和评估，及时调整施工方案，提高体积压裂的效果。最后，通过不断的研究和创新，优化体积压裂技术的开采条件。结合先进的地球物理勘查技术、模型模拟和数值模拟工具，优化储层开发方案，提高石油开采效率。同时，通过与其他增产技术的结合应用，如水驱、气驱或聚合物驱等，进一步提高开采效果和产能。

4.3 体积压裂技术在油藏改造中的应用

油藏改造是指通过各种手段改变油藏物理性质和流体动态特征来增加油气开采量和采收率的工艺。(1) 油

藏改造：体积压裂技术可用于改变原油藏的渗透性，提高油藏的油/水剖面或油/气剖面。通过在注入压力下注入高压液体，可以使裂缝扩展和形成，从而改善油藏的渗透性和有效流动性。这样可以增强油藏的产能，提高钻井储层的排采能力，使原本无法开采的储层具备经济价值。(2) 水驱油藏改造：在水驱油藏开发中，体积压裂技术可用于改善储层的连通性。通过在井筒中注入高压液体，形成裂缝网络，使注水更加均匀地分布在储层中，增加油水分离的效果。这样可以减少水驱油藏中的“刷水”现象，提高油井的排液能力，同时也可减少注入水的消耗和增加采油效果。(3) 气驱油藏改造：在气驱油藏开发中，体积压裂技术可用于增加气和油的连通性。通过注入高压液体，形成裂缝，使气体能够更好地侵入储层，并将原本孤立的气体区域与油井连通起来，增强气体驱出油的效果。这样可以提高采油效率，减少气体的消耗，从而优化气驱油藏的开发效果。

4.4 体积压裂技术在裂缝网络生成中的应用

裂缝网络是指储层中形成的一系列相互连接的裂缝，它能够提高储层的渗透性和产能。(1) 裂缝扩展：体积压裂技术通过在井筒中注入高压液体，施加足够的压力使储层产生裂缝。压裂液在注入过程中扩大原有的裂隙，或是创建新的裂隙，从而在储层中形成一个或多个裂缝。这些裂缝的形成和扩展为后续的裂缝网络生成奠定了基础。(2) 裂缝连接：体积压裂技术注入的高压液体在岩石中扩展形成的裂缝会相互连接，从而形成一个连通的裂缝网络。这个网络可以将原本孤立的裂缝区域连接起来，改善储层的连通性，使油气能够更顺畅地流向井筒。通过合理的施工和压力控制，可以实现裂缝的有效连接和网络生成^[4]。(3) 裂缝优化：体积压裂技术可以根据储层特性和开采需求，优化裂缝的分布和布局。通过选择合适的注入压力、液体组成和施工参数等，可以控制裂缝的形成和扩展方向，以及裂缝的长度和宽度。这样可以优化裂缝网络的生成，使油气在层中更均匀地分布和流动。

5 石油开发中对体积压裂技术的应用措施

5.1 强化施工监控与安全管理

在石油开发中应用体积压裂技术时，施工监控与安全管理至关重要。为确保压裂作业的安全顺利进行，必须采取一系列强化措施，以提升施工现场的管理水平和应对风险的能力。通过安装实时监测设备，对压裂作业过程中的各项参数进行实时监测，如压力、温度、流量等。这有助于及时发现异常情况，为应急处理提供宝贵的响应时间。确保所有的压裂设备都符合相关标准和安

全规定,定期进行性能检测和维护保养。对压裂液、支撑剂等材料进行质量检验,确保其性能稳定、无安全隐患。所有施工人员必须经过专业培训,熟练掌握压裂技术的安全操作要点。在实际作业过程中,应遵守规程要求,杜绝违章操作行为。同时,加强对施工人员的安全意识教育,使其始终保持高度警觉,做到安全施工、人人有责。对可能存在的安全隐患进行全面排查,及时消除或降低风险。同时,制定针对性的应急预案,并进行模拟演练,确保在发生突发状况时能够迅速、有效地应对,最大限度地保障人员和设备安全。

5.2 不断引进专业技术型人才

专业技术型人才在体积压裂技术的应用和优化方面起到关键作用,能够提供先进的思路、技术和方法,帮助公司更好地应用体积压裂技术,提高开采效率和产能。引进专业技术型人才的方式可以包括以下几个方面:(1)吸纳高校毕业生:通过与相关专业的高校合作,建立长期的合作关系,吸纳毕业生加入石油开发团队。这些毕业生有着新的知识和技术,能够不断引进新的科学研究成果,推动体积压裂技术的应用创新。(2)外聘顾问或专家:可以聘请国内外知名的体积压裂技术顾问或专家,通过他们的经验和专业知识,为石油开发团队提供指导和支持。他们可以帮助解决实际问题,并引领团队在体积压裂技术领域取得突破。(3)建立培训机制:建立完善的培训机制,组织员工参加相关培训和学习,持续提升员工的技术能力。可以邀请专业的培训机构或专家为员工提供系统的培训课程,使他们熟练掌握体积压裂技术的应用和优化方法。(4)积极开展科研合作:与科研机构、大学及专业研究团队合作,开展科研项目和技术创新,共同推动体积压裂技术的发展。通过共享资源和合作研究,可以吸收先进的理论和技术成果,为石油开发中的体积压裂技术提供更好的支持。

6 体积压裂技术的未来发展趋势

随着科技的进步和石油工业的持续发展,体积压裂技术作为石油开发中的重要增产手段,其未来发展趋势值得关注。(1)智能化和自动化技术的应用:随着智能化和自动化技术的快速发展,未来的体积压裂技术有

望实现更加智能化的监测和控制。通过实时监测地层参数、裂缝扩展情况等,能够更精确地指导压裂作业,提高压裂效果和安全性。(2)环保和可持续发展的要求:随着环保意识的提高,未来的体积压裂技术将更加注重环保和可持续发展。这包括研发环保型压裂液、降低能源消耗、减少废物排放等方面。同时,发展循环经济,将压裂过程中的废弃物进行回收再利用,也将是未来发展的一个重要方向。(3)新材料和新技术的应用:随着新材料和新技术的不断涌现,未来的体积压裂技术有望得到进一步优化。例如,新型高分子材料、纳米材料等在压裂液、支撑剂等领域的应用,有望提高压裂效果和降低成本。同时,大数据、云计算等技术的应用,也将为体积压裂技术提供更加高效的数据处理和分析手段。(4)加强合作与技术交流:未来,随着全球化进程的加速,石油开发企业将更加注重与国内外相关企业、研究机构的合作与技术交流。通过分享经验、共同研发等方式,推动体积压裂技术的不断创新和发展,提升石油开发的总体水平。

结束语

总体来看,体积压裂技术在石油开发中发挥着重要的作用。通过改善储层的渗透性和连通性,体积压裂技术可以提高油气的产出和采收率,最大限度地开发和利用油气资源。通过努力,体积压裂技术将进一步发展和完善,为石油开发提供更大的潜力和经济效益。

参考文献

- [1]韩华峰,乔力.石油开发中体积压裂技术的应用[J].科技资讯,2019,17(1):110-111.
- [2]闫利刚,宋道海,范友泉.浅谈体积压裂技术在新疆油田玛2井区下乌尔禾组直井中的应用[J].中国设备工程,2021(20):199-200.
- [3]付锁堂,王文雄,李宪文,等.鄂尔多斯盆地低压海相页岩气储层体积压裂及排液技术[J].天然气工业,2021,41(3):72-79.
- [4]马玉娟.大庆长垣油田三类油层压裂驱油提高采收率技术及其应用[J].大庆石油地质与开发,2021,40(2):103-109.