

石油地质在油气勘探中的应用研究

孙莉平

濮东采油厂地质研究所, 河南省濮阳市, 457001;

摘要: 本文分析了地质因素对油气资源的影响, 探讨了沉积环境、构造特征、岩性分析等地质学理论在勘探中的实际应用。同时介绍了新兴技术, 如遥感与卫星技术、数字化地质建模、人工智能和大数据等在油气勘探中的前景。通过综合分析, 本文表明, 石油地质学与现代技术的结合能提高油气勘探的成功率和精度, 并为油气资源的高效开发提供了新的方向。

关键词: 石油地质; 油气勘探; 应用研究

DOI: 10. 64216/3080-1508. 26. 01. 073

引言

随着全球能源需求的不断增长, 油气勘探成为能源行业的关键环节。石油地质学作为油气勘探的基础, 提供了关于油气生成、聚集与储存的理论依据。近年来, 随着遥感、数字化建模以及人工智能等新技术的不断发展, 油气勘探的精准度和效率得到了大幅提升。因此, 深入研究石油地质在油气勘探中的应用, 不仅有助于提升勘探效果, 也为能源行业的可持续发展提供了新的思路。

1 石油地质基本概念与理论

1.1 石油地质的基本概念

石油地质学是研究石油和天然气形成、分布、储藏及其勘探开发过程的科学。它结合了岩石学、沉积学、构造学等多个地质学科, 旨在揭示油气的生成与积聚规律。石油的形成是一个漫长的过程, 源岩中有机质在高温和高压下转化为烃类物质, 经过运移与聚集, 最终形成油气藏。石油地质的核心任务是研究油气藏的形成与分布规律, 分析油气的生成环境、运移途径及储集条件等。

1.2 油气成藏理论

油气成藏理论主要研究油气的生成、运移、聚集及其最终成藏的过程。油气的生成通常发生在埋藏深度较大的沉积岩层中, 源岩中富含有机物的岩石在适宜的温度和压力条件下转化为石油和天然气。油气成藏的关键因素包括源岩、储集层、盖层以及构造条件^[1]。储集层通常是多孔、渗透性较好的岩石, 如砂岩和石灰岩; 盖层则是具有较强密封性的岩石, 如粘土岩、页岩等, 可以有效阻止油气的进一步向上迁移。油气成藏的过程还与地质构造密切相关, 构造褶皱、断层等地质现象通常为油气的运移和聚集提供了有利的条件。

1.3 勘探区域地质特征分析

勘探区域地质特征分析是油气勘探中的重要环节, 主要目的是通过详细的地质调查, 分析勘探区域内的地质条件, 为油气资源的定位提供依据。勘探区域的地质特征包括地层的分布、岩性特征、沉积环境、构造特征及其演化历史等。通过地质剖面、地震勘探、岩心采集等方法, 勘探人员能够详细了解地下的岩层结构和油气藏的分布情况。在沉积相分析中, 通过对沉积岩层的类型、厚度、分布等特征进行研究, 可以推断出潜在的油气储层。构造分析侧重于研究地质构造对油气藏分布的影响, 特别是褶皱、断层等构造单元对油气积聚的作用。通过综合分析这些地质特征, 勘探人员可以更好地识别油气储层的分布区域, 预测油气的潜力, 并为后续的勘探工作提供指导。

2 石油地质在油气勘探中的应用

2.1 沉积相分析与油气勘探

2.1.1 沉积环境对油气藏的影响

油气藏的分布与沉积环境密切相关, 沉积环境决定了岩石的成分、结构、孔隙度和渗透性等物理特性, 从而影响油气的储存和运移过程。不同的沉积环境如海洋、河流、湖泊等条件下, 岩层的沉积类型和油气藏的特性存在显著差异。例如, 海洋环境中的深水沉积层通常形成富含有机质的源岩, 而浅水环境中的砂岩、砾岩等具有良好的储集性能, 易形成油气储层。因此, 沉积环境分析可以帮助勘探人员识别潜在的油气藏区域, 预测油气的生成与分布规律。

2.1.2 沉积岩的类型与油气储层的关系

常见的沉积岩类型包括砂岩、石灰岩、页岩、煤层等, 其中砂岩和石灰岩最为常见, 且具有较好的储集性能。砂岩一般具有较高的孔隙度和渗透性, 是重要的油

气储层。石灰岩在某些沉积条件下,如海洋温暖的环境中,也能形成富含油气的储层。页岩和煤层虽然是富含有机质的源岩,但由于其较低的渗透性,通常不作为油气储层^[2]。

2.2 构造分析与油气藏分布

2.2.1 构造高、低与油气分布的关系

构造高指的是地下地层的上升部分,而构造低则是地层的下沉区域。油气通常趋向聚集在构造低部,这与油气的运移性质有关。油气从源岩生成后,会沿着岩层的渗透性向上迁移,最终积聚在构造低部的储集层中。因此,构造低区往往是油气的聚集地。相反,构造高区由于地层的上升作用,油气往往无法保持,甚至会被排出或分散。因此,在油气勘探过程中,通过分析构造高低的分布,勘探人员能够预测油气的聚集位置,提高勘探的效率和准确性。

2.2.2 断裂与褶皱对油气储藏的控制作用

断裂和褶皱是地质构造中常见的两种现象,它们对油气的聚集与储存有着重要的控制作用。断裂可作为油气的迁移通道,有时油气会沿着断裂带迁移,并在断裂两侧的储层中积聚。当断裂发生错位时,可能会形成“断层封闭”,从而使油气得以积聚,形成油气藏。褶皱则通过层的弯曲、挤压作用,有助于油气的聚集,尤其是“背斜”结构常常成为油气藏的重要分布区域。背斜的顶部是油气的富集区,因为油气倾向于在结构高点聚集。

2.2.3 构造分析在油气勘探中的应用方法

构造分析在油气勘探中的应用方法多种多样,主要依赖于地质勘察、地震勘探和数字化建模等技术。地质勘察通过野外调查,分析地层的褶皱、断裂等构造特征,识别潜在的油气藏分布区。地震勘探技术通过反射波的传播特征,获取地下岩层的构造信息,能够精确识别断层、褶皱等地质构造的具体位置,并为油气藏的评估提供详细的地质图像。现代数字化建模技术则能够将地质数据转化为三维模型,对构造形态进行精准再现,从而进一步优化油气勘探的精度。

2.3 岩性与物性分析

2.3.1 岩石的孔隙度与渗透性对油气储层的影响

岩石的孔隙度和渗透性是影响油气储层质量的关键物性参数。孔隙度指岩石中空隙的体积与岩石总体积的比率,代表岩石能够储存油气的空间。较高的孔隙度通常意味着储层有更多的空间来容纳油气。但仅有足够的孔隙度并不足以构成一个良好的储层,渗透性反映岩石孔隙之间的连通性,决定了油气在储层中的流动能力

^[3]。若渗透性差,即便岩石具有较高的孔隙度,油气的迁移和开发也会受到限制。因此,岩性分析必须同时考虑孔隙度和渗透性,以全面评估储层的质量,并预测油气的储存与流动特性。

2.3.2 实地勘探中的岩性采样与物性测试

岩性采样通常通过钻井取心来获取地下岩石样本,这些岩心能为勘探人员提供直接的岩石组成、结构及其他物性特征的信息。岩性分析可以揭示储层岩石的矿物成分、粒度、层理结构等,这些因素直接影响油气的储存与流动能力。物性测试包括对岩石的孔隙度、渗透性、压缩性等的测量,通常使用标准的实验设备,如压汞仪、气体渗透仪等进行分析。通过这些测试,勘探人员能够准确地判断储层的有效性,评估油气的产能与开发前景。

2.3.3 岩性分析在油气藏评估中的应用

岩性分析能够帮助确定储层的岩石类型、孔隙结构以及岩石的成分,进而评估油气的储存空间。通过对岩石的渗透性、孔隙度等物性参数的测定,勘探人员可以进一步了解储层的流体动态特征,预测油气的生产率和流动性。岩性分析还能够揭示油气藏的稳定性与开发难度,例如是否存在高压高温条件、是否存在水层或气层等因素。因此,岩性分析不仅帮助评估油气资源的储量,还为开发方案的设计提供数据支持,确保开发方案的科学性与可行性。

2.4 地震勘探与石油地质结合的应用

2.4.1 地震波的传播与反射原理

地震勘探依赖地震波的传播与反射原理。当地震波通过地层时,它会遇到不同的岩石层或地质构造,部分地震波会发生反射并返回地表,反射波的强度和传播时间与地层的性质密切相关。通过在地表布置震源和接收器,记录反射波的传播时间和强度,能够得到地层的深度、厚度及岩性变化等信息。地震波的传播速度与介质的密度、弹性模量等物理性质有关,不同类型的岩层对地震波的传播速度和反射特性有所不同,因此通过分析反射波,可以推断地下的岩性、构造以及油气藏的分布。

2.4.2 结合石油地质知识提高地震勘探精度

地震勘探的精度与石油地质知识密切相关。单纯依靠地震数据可能无法准确识别地下的油气储层,尤其是在复杂的地质条件下,地震波可能被不同地层的特性或构造复杂性所干扰^[4]。因此,结合石油地质学的基本理论和勘探区域的地质背景,能够有效提高地震勘探的精度。例如,了解沉积环境、构造形态以及油气藏的成藏理论,可以帮助勘探人员更准确地解读地震数据。通过将地震波的反射特性与地质资料相结合,能够区分不同

类型的岩层和储层,提高油气储藏的识别率。

2.4.3 地震数据解释中的地质学原理

地震数据解释的核心是将地震波的反射信号与实际地质条件相匹配。地震反射波的特征不仅取决于岩层的物理性质,还受到地质构造、沉积相以及油气藏存在的影响。因此,在地震数据解释中,地质学原理起着至关重要的作用。通过应用沉积学、构造学、岩性学等地质学原理,勘探人员能够根据地震波的反射时间、振幅变化等特征,推断地下的岩性和构造特征。例如,断层、褶皱等构造对地震波的反射有显著影响,通过识别这些构造特征,可以有效预测油气藏的分布。

2.5 油气勘探中的岩土工程与试井技术

2.5.1 岩土工程在油气勘探中的应用

岩土工程在油气勘探中的应用主要体现在钻井、井壁稳定、油气藏评价等方面。在勘探初期,岩土工程技术可以帮助确定钻井方案,并评估地下岩层的稳定性。通过岩土工程的地质勘查和测试,能够了解地层的物理性质,如土壤的承载能力、孔隙度、渗透性等,从而指导钻井过程中的井壁支撑与稳定工作。岩土工程技术还涉及油气储层的评估与开采过程中可能出现的地质灾害,如井喷、坍塌等问题的预防。通过对地下岩土结构的详细分析,勘探人员可以预测地下地层的应力分布,减少钻井过程中由于岩层不稳定带来的风险。

2.5.2 试井技术与石油地质理论结合的实践应用

试井技术是油气勘探中的关键技术之一,它通过测量井口压力、流量、温度等参数,直接评估油气藏的产能、压力和流动特性。在试井过程中,结合石油地质理论可以为油气藏的评估提供重要的数据支持。石油地质理论提供了油气藏形成的背景和条件,而试井技术通过实际的井下作业,反映了油气藏的真实生产情况^[5]。例如,试井能够帮助识别储层的渗透性、孔隙度以及油气的流动情况,而这些参数与石油地质学中的岩性分析、构造分析等密切相关。通过结合石油地质理论,试井数据可以被更准确地解释,进而优化油气藏开发方案,指导后续的开发设计。

3 油气勘探中的新技术与方法

3.1 遥感与卫星技术在石油地质中的应用

遥感技术与卫星技术在石油地质中的应用为油气勘探提供了全新的视角和方法。遥感技术通过地面或卫星获取地球表面的图像与数据,能够有效识别和分析地质特征,如地表形态、岩性分布、构造特征等。在油气勘探中,遥感技术特别适用于区域地质调查和油气资源

的初步筛选。卫星影像和遥感数据能够提供大范围、高分辨率的地质信息,帮助勘探人员了解油气勘探区域的沉积环境、构造情况以及可能的油气藏分布区域。例如,通过分析卫星影像中的地表裂缝、沉积盆地和构造线,可以快速定位可能的油气勘探热点。

3.2 数字化地质建模与油气勘探

数字化地质建模是近年来油气勘探领域的重要创新技术之一,它通过将地质数据转化为三维数字模型,为油气资源的定量评估和开发规划提供了科学依据。数字化地质建模结合了地质勘探、地震勘探、岩性分析等多方面的地质数据,通过现代计算机技术和地质建模软件,能够实现复杂地下地质体的精准再现。通过构建三维模型,勘探人员可以直观地了解油气藏的空间分布、储层的厚度、孔隙度、渗透性等信息,帮助评估储层的开发潜力与产能。数字化建模不仅提高了油气勘探的效率,还能大大降低钻探过程中的风险。在油气勘探过程中,数字化地质建模有助于优化钻井方案,提升勘探成功率,并为后续的开发设计提供高效支持。

4 结论

本研究探讨了石油地质在油气勘探中的应用,分析了不同地质因素在油气资源开发中的关键作用。从沉积相分析、构造分析到岩性与物性研究,石油地质为油气勘探提供了科学的理论支持与技术手段。新技术的应用显著提升了油气勘探的效率和精准度。因此,结合石油地质知识与现代技术手段,将为未来的油气勘探提供更有力的支持。

参考文献

- [1] 安玲芳. 石油地质在油气勘探中的应用研究[J]. 石化技术, 2025, 32(5): 288-290.
- [2] 贾存富. 石油地质在油气勘探中的应用[J]. 新疆有色金属, 2024, 47(5): 21-22.
- [3] 曹祥孔. 石油地质新勘探方法的应用[J]. 地质研究与环境保护, 2024, 3(5).
- [4] 尹诗琪. 基于地质勘探技术在油气开发中应用研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(6): 143-145.
- [5] 代勇. 地质勘探技术在油气开发中应用研究[J]. 石油石化物资采购, 2024(4): 83-85.

作者简介: 孙莉平(1977.12-), 女, 河南省密县人, 汉族, 助理工程师, 专科, 研究方向: 原油油水分析。