

Study on the characteristics and formation mechanism of oil and gas accumulation

Wan Chen

Daqing Oilfield Branch of China National Petroleum Corporation, Daqing, Heilongjiang, 163712, China

Abstract

In-depth research on the characteristics and formation mechanisms of hydrocarbon accumulations is crucial for enhancing exploration success rates and achieving efficient resource utilization. Key elements of hydrocarbon accumulation features include spatial distribution patterns, reservoir and fluid properties, accumulation types, and trap structures. By systematically analyzing the generation and migration mechanisms of source rocks, the control mechanisms of reservoirs and migration channels, and the preservation conditions of traps, we can uncover the intrinsic patterns of hydrocarbon reservoir formation. This provides scientific foundations for exploration and development, thereby improving the efficiency of hydrocarbon resource exploration and development. Taking the Daqing Oilfield as a case study, this paper discusses the characteristics and formation mechanisms of hydrocarbon accumulations, aiming to offer insights for hydrocarbon exploration in other regions.

Keywords

characteristics of oil and gas accumulation; formation mechanism; oil and gas exploration; Daqing Oilfield

油气聚集特征及形成机制研究

陈婉

中国石油大庆油田有限责任公司, 中国·黑龙江 大庆 163712

摘要

深入研究油气聚集特征及形成机制, 对提升油气勘探成功率、实现资源高效利用具有重要意义。油气聚集特征主要涵盖空间分布规律、储集层与流体性质、聚集类型及圈闭结构等关键要素。通过系统分析烃源岩生排烃机制、储层与运移通道控制机制、圈闭保存条件机制, 可深入揭示油气藏形成的内在规律, 为勘探开发提供科学依据, 提高油气资源勘探开发效率。本文以大庆油田的油气勘探为例, 讨论了油气聚集特征和形成机制, 希望可以为其他地区的油气勘探提供帮助。

关键词

油气聚集特征; 形成机制; 油气勘探; 大庆油田

1 引言

松辽盆地作为中国东部的重要油气盆地, 已经发现了大庆、辽河、吉林等多个大型油气田, 其中大庆油田产量最高、储量丰富。经过六十余年的勘探开发, 大庆油田积累了丰富的地质资料, 包括地球物理、钻井及测试数据, 还有岩石物性、流体性质、地球化学等大量基础数据, 这些宝贵的数据为油气成因及聚集特征研究提供了重要支撑。

2 油气聚集特征

2.1 空间分布特征

油气聚集的空间分布特征是较为明显的, 具有环带状和分层性。从平面上来看油气主要在生油洼陷地区呈环状分布, 例如大庆长垣及其两侧的葡萄花、敖包塔, 其中前者的

油气储量最为丰富, 探明储量占总探明储量的 70% 以上。大庆长垣呈北东向蜿蜒展布, 主要由杏树岗、太平屯、高台子、龙虎泡、喇叭甸等背斜构造组成, 构造发育完整、闭合面积大, 为油气聚集提供了良好的客观条件。从垂向来看, 油气多分布于白垩系地层, 自下而上发育了泉头组、青山口组、姚家组、嫩江组等含油层系, 其中萨尔图油层、葡萄花油层和高台子油层是主力含油层, 其累计探明储量占油田总量的 90% 以上。但是, 不同层级的油气分布是存在一定差异的, 萨尔图油层的油气主要集中于长垣构造的高部位, 其含油饱和度高并且油层厚度大; 葡萄花油层的油气分布范围更广, 在长垣构造及其西侧斜坡带有大量油气分布^[2]; 高台子油层的油气主要集中于长垣的南部及西侧的深层区域, 油层厚度较薄且埋藏较深。

2.2 储层与流体特征

大庆油田含油层系的储层岩性以细砂岩和粉砂岩为主, 储层孔隙度在 15%~25% 之间, 其中中高孔、中高渗储层较

【作者简介】陈婉(1989-), 女, 中国湖北松滋人, 硕士研究生, 从事石油地质研究。

为常见，多位于三角洲前缘沉积体系，储集性能相对较好。从平面上看，受沉积微相控制影响，三角洲前缘水下分流河道砂体的孔隙度和渗透率要高于河口坝和远沙坝，因此也成为了油气富集的核心区域。这种差异主要源于水下分流河道强水动力环境，而河口坝和远沙坝则因泥质杂基充填导致物性降低。从垂向上，储层物性呈现明显的成岩分带特征。在成岩作用影响下，下部储层压实程度较高，孔隙度和渗透率

略低于上部储层。此外，油气流体性质方面，原油属于典型的低硫石蜡基原油，具有“三高一低”的显著特点，即高含蜡量、高凝点、高粘度，低含硫量。此外，伴生气以干气为主，甲烷含量在90%以上，相对密度处于0.55~0.65之间，多溶解于原油中，构造高部位或断裂发育区域可能会出现少量游离气层。为精准分析储层特征和含油性的关系，可选择典型区域的钻井数据来进行统计分析，如表1所示。

表1 典型区域钻井数据统计

钻井编号	沉积微相	储层岩性	储层厚度 (m)	孔隙度 (%)	渗透率 ($\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)	含油饱和度 (%)	含油级别
ZK001	水下分流河道	细砂岩	24.8	23.2	345	67.8	饱含油
ZK002	水下分流河道	细砂岩	22.5	22.6	312	65.3	饱含油
ZK003	河口坝	粉细砂岩	17.9	20.5	178	61.5	含油
ZK004	河口坝	粉细砂岩	16.3	19.8	156	59.7	含油
ZK005	远砂坝	粉砂岩	11.6	17.5	86	54.2	弱含油
ZK006	远砂坝	粉砂岩	10.2	16.8	68	52.1	弱含油

2.3 聚集类型与圈闭特征

在油气聚集类型分析中，通常可划分为构造圈闭油气藏、岩性圈闭油气藏及构造-岩性复合圈闭油气藏三大类别。其中，构造圈闭油气藏作为典型类型，在探明储量中占比超60%，其常见形式以背斜圈闭为主。大庆油田受大庆长垣褶皱构造控制，形成闭合高度大、闭合面积广的圈闭，为油气保存提供了优越的地质条件。例如，喇叭甸背斜油藏与萨尔图背斜油藏均为该区域典型的大型高产油气藏，其高产特性与构造圈闭的优越保存环境密切相关。岩性圈闭油气藏在大庆油田也有所分布，主要集中于长垣两侧的斜坡带及其凹陷内部，此类油气藏的形成受沉积相变控制，表现为砂岩透镜体与岩性尖灭体构成的圈闭。构造-岩性复合圈闭油气藏则是构造运动与沉积演化共同作用的产物，兼具构造高部位影响与储层岩性、物性限制的双重特征，在大庆长垣西侧葡萄花油层部分区域，发育此类典型油气藏，含油范围和构造等高线不完全一致，但是可以和三角洲前缘砂体分布范围高度契合^[3]。

3 油气聚集形成机制

3.1 烃源岩生排烃机制

烃源岩的生烃演化与排烃过程构成了油气聚集的关键物质基础。大庆油田所在的松辽盆地北部，烃源岩主要发育于白垩系青山口组一段和嫩江组一段、二段的暗色湖相泥岩，这些层系构成了大庆油田油气的主要来源。青山口组一段暗色泥岩的厚度为50~150m，有机碳含量为1.5~4.0%，生烃潜量约为5~15mg/g，属于优质烃源岩。而嫩江组一段和二段的暗色泥岩的厚度100~300m、有机碳含量1~3%、生烃潜量为3~10mg/g，生烃能力相对较强。从烃源岩演化上看，青山口组烃源岩在晚白垩世末期进入生油门限，古近纪达到生烃高峰，嫩江组烃源岩则是在古近纪达到生油门限，新近纪达到生烃高峰。这种生烃高峰期的时空叠合，

为松辽盆地提供了持续且充足的油气供给，是大庆油田形成超大规模油气藏的重要保障。在排烃机制方面，生成的油气主要通过三种途径运移：一是通过砂岩储层孔隙进行初次运移；二是沿断裂系统进行垂向运移；三是通过地层不整合面进行侧向运移。最终，油气在优质储层发育区（如三角洲前缘砂体）和构造高部位（如背斜构造带）聚集，形成具有工业价值的油气藏^[3]。

3.2 储层与运移通道控制机制

储层的空间分布特征及其展布范围对油气富集具有显著的控制作用。在大庆油田主力含油层系中，白垩系姚家组和青山口组三角洲前缘砂体构成核心储集体，其形成演化与松辽盆地北部湖盆动态密切相关。在姚家组沉积阶段，松辽盆地北部处于湖盆收缩阶段，水体深度变浅促使三角洲沉积体系快速发育，在三角洲前缘水下分流河道、河口坝等微相形成砂体，这些砂体的磨圆度高、分选性好，为油气储集提供了良好的物性条件^[4]。在运移通道方面，储层孔隙构成油气横向运移的主体网络，三角洲前缘砂体具有较高的横向连通性，形成了油气运移的输导网络，有助于油气的横向运移。在油气的垂向运移上，断裂起到了至关重要的作用。在大庆长垣及周边地区发育的北东向和北西向断裂为深部烃源岩和上部储层的油气运移提供了良好的沟通路径，同时也使得储层物性得到了有效改善，提高了油气聚集能力。不整合面作为重要的区域输导层，在断裂和孔隙运移体系基础上进一步扩大了油气运移范围，促进油气向构造高部位或岩性尖灭带运聚。

3.3 圈闭与保存条件机制

圈闭作为油气储存的最终场所，其形成时间、闭合高度及面积对于油气聚集规模及效果会产生较大的影响。大庆油田的长垣背斜构造的形成时间和烃源岩生烃高峰期时间匹配较好，为油气聚集创造了有利的圈闭条件。在油气聚集后，保存机制成为决定资源稳定性的核心因素。大庆油田之

所以油气保存相对较好,一方面在于区域盖层发育能够有效避免油气逸散,另一方面则是在长垣背斜形成后区域构造运动相对平缓,更好地保障了圈闭的完整性。此外,断裂活动相对较弱也使得油气在聚集以后可以得到良好的保存,避免了油气大规模逸散。这些因素共同作用,形成了高效的油气保存体系。

4 大庆油田勘探实践与验证分析

在大庆油田勘探工作落实的过程中,可通过勘探技术方法的不断优化和调整为油气聚集特征和形成机制的分析提供信息参考和数据支撑。地震勘探技术迅速发展,从二维地震转向三维地震,在此之后高精度三维地震和叠前深度偏移等相应现代化技术的有效应用可以为构造解释和储层预测精度的提升提供更多的技术支持,有效识别了大庆长垣及周边地区的构造和隐蔽岩性圈闭。此外,水平井、大位移井等相应钻井技术的发展也为钻探效率和质量的提升提供了更多的帮助。而测井技术则在常规测井的基础之上引入了成像测井、核磁共振测井等测井技术,这大大提高了储层岩性、物性、含油性判断的效率和结果的准确性,为油气藏描述提供了数据支撑。配合化学勘探技术、盆地模拟技术等相应现代化技术,相关工作人员可以更好地评价烃源岩、分析油气运移路径、计算资源量,获得更加完整的勘探数据^[5]。

以喇叭甸背斜油藏为例,该油藏是大庆油田中高产油藏之一,处于大庆长垣北部,其中主力含油层为萨尔图油层。该油藏的聚集特征和形成机制鲜明,突出了源控分布、相控储集、构造控藏的规律。通过调查分析可以发现构造高部位的水下分流河道砂体储层厚度大,孔隙度和渗透率高,这也进一步验证了构造控藏、相控储集的规律,可以为后续勘探及油气开采提供更多的参考和借鉴。

通过历史数据调查和分析可以发现,充分了解油气聚集的控制因素和规律是十分必要的,这可以帮助相关单位更好地明确油气层的分布范围和规模,为开采方案的调整提供

依据。在同类盆地油气勘探的过程中可抓住如下几个关键点提高勘探质量和效果。首先,需要做好烃源岩评价,作为大型油气田形成的物质基础,做好烃源岩评价可以为油气层勘探和分析提供更多的参考和借鉴,更好地明确油气藏的范围、位置和储量。其次,需要通过储层和运移通道的分析明确油气聚集位置,分析哪些区域为油气聚集的核心区域,为油气开采效率和质量的提升提供更多的参考和借鉴。再次,需要从圈闭和保存条件分析的维度来进行油气分布分析,配合勘探技术与方法的创新精准识别油气藏位置和储量^[6]。

5 结语

研究油气聚集特征及形成机制对于推动我国油气勘探开发的可持续发展具有重要意义。具体而言,需通过分析圈闭保存条件、储层运移通道及烃源岩供给机制,明确油气聚集的形成机制。在此基础上,应聚焦油气聚集类型与圈闭特征、储层和流体特性以及空间分布特征,从而全面评估油气藏的分布状况。这一研究有助于有效降低勘探开发成本,提升资源利用效率并减少资源浪费。

参考文献

- [1] 金之钧,庞雄奇,等.陆相拗陷盆地油气成藏系统理论——以松辽盆地为例[M].北京:科学出版社,2017:112-145.
- [2] 胡东旭,马世忠,张灵芝,等.大庆油田杏八区西萨尔图油层沉积微相研究[J].能源与环保,2021,43(4):151-155.
- [3] 张云峰.松辽盆地龙虎泡油田白垩系构造-岩性圈闭类型及成藏主控因素[J].岩性油气藏,2025,37(5):111-121.
- [4] 王小军,李敬生,李军辉,等.三角洲前缘砂体储层非均质性及对油气富集的控制作用——以大庆油田葡萄花油层为例[J].沉积学报,2021,39(2):320-332.
- [5] 赵海波,包焱,兰慧田,等.大庆油田地球物理勘探技术现状及发展方向[J].大庆石油地质与开发,2024,43(4):34-47.
- [6] 庞志庆,刘夕梦,汪艳勇,等.“双碳”目标下大庆油田绿色低碳发展实践与思考[J].石油科技论坛,2023,42(2):30-39.