第 34 卷第 3 期	地 质 与 资 源		Vol. 34 No. 3
2025 年 6 月	GEOLOGY AND RESOURCES		Jun. 2025
文章编号:1671-1947(2025)03-0302-11	中图分类号:P618.13	开放科学标志码(OSID):	
DOI: 10.13686/j.cnki.dzyzy.2025.03.004	文献标志码:A		2000

成藏要素的源储配置模式对致密油汇聚的影响

——以松辽盆地齐家地区高台子油层为例

曾宇星,张 雁

东北石油大学 地球科学学院,黑龙江 大庆 163318

摘 要:基于岩心观察,薄片鉴定、物性及地球化学分析等工作,对松辽盆地齐家地区高台子油层组的源-储特征等进行了精细研 究,发现致密油成藏要素源储配置模式对油藏汇聚具控制作用.研究区致密油层源储配置模式主要为下源上储型、厚源储夹层型 以及薄源储互层型.下源上储型具有形成工业油气流的潜力,但储层厚度欠发育,易形成干层与油层互层;厚源储夹层型的源-储 条件较好,具有较强的工业油流潜力;薄源储互层型的储层发育,但地球化学条件一般,油气显示较弱.故研究区致密油多分布于 以下源上储和厚源储夹层型为主的高 Ⅳ 油层组中上部,以及以厚源储夹层型为主的高 II 油层组的下部.平面上以发育前三角洲 亚相沉积的研究区南部为生烃中心,向北以发育三角洲前缘亚相沉积的研究区中部为致密油有利区. 关键词:致密油;源储配置;成藏要素;齐家凹陷;前三角洲亚相;三角洲前缘亚相;松辽盆地

Influence of source-reservoir configuration patterns of hydrocarbon accumulation elements on tight oil convergence: A case study of Gaotaizi reservoir in Qijia area of Songliao Basin

ZENG Yu-xing, ZHANG Yan

College of Geosciences, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, Heilongjiang Province, China

Abstract: Based on core observation, thin section identification, physical property and geochemical analysis, with detailed study on the source-reservoir characteristics of Gaotaizi oil reservoir in Qijia area of Songliao Basin, it is found that the source-reservoir configuration patterns of tight oil accumulation elements control the oil reservoir convergence. The source-reservoir configuration patterns of tight oil layers in the area are mainly lower-source-upper-reservoir type, thick source-reservoir interlayer type, and thin source-reservoir interbedded type. The lower-source-upper-reservoir type has the potential to form industrial oil-gas flow, but the reservoir thickness is underdeveloped and easy to form interbeds of dry layer and oil layer. The thick source-reservoir interlayer type has good source-reservoir conditions with great potential for industrial oil flow. The thin source-reservoir interbedded type is developed with reservoirs, but the geochemical conditions are ordinary, with weak oil-gas indication. Therefore, tight oil in the area is distributed mainly

收稿日期:2023-08-28;修回日期:2023-11-17.编辑:黄欣.

基金项目:黑龙江省自然科学基金项目"页岩微-纳米孔隙内甲烷赋存状态定量表征"(LH2019D006).

引用格式:曾宇星,张雁.成藏要素的源储配置模式对致密油汇聚的影响——以松辽盆地齐家地区高台子油层为例 [J].地质与资源,2025,34(3): 302-312.

Zeng Y X, Zhang Y. Influence of source-reservoir configuration patterns of hydrocarbon accumulation elements on tight oil convergence: A case study of Gaotaizi reservoir in Qijia area of Songliao Basin[J]. Geology and Resources, 2025, 34(3): 302-312.

作者简介:曾宇星(1997—),男,博士研究生,主要从事油气储层地质学研究,通信地址 黑龙江省大庆市龙凤区发展路 184 号, E-mail//953286995 @qq.com

通信作者:张雁(1973一),女,博士,教授,硕士生导师,主要从事致密砂岩储层微观表征研究、储层微观孔隙结构特征研究,通信地址 黑龙江省大庆市 龙凤区发展路 184 号,E-mail//z13579_2005@126.com

in the middle-upper part of G-IV reservoir, which is dominated by the lower-source-upper-reservoir and thick sourcereservoir interlayer types, and the lower part of G-III reservoir dominated by thick source-reservoir interlayer type. In the plane view, the south of the study area with developed prodelta subfacies deposits is the hydrocarbon generation center. To the north, the central part of the study area, where delta front subfacies deposits are developed, is favorable area for tight oil.

Key words: tight oil; source-reservoir configuration; hydrocarbon accumulation element; Qijia sag; prodelta subfacies; delta front subfacies; Songliao Basin

0 引言

现今许多常规油气田开采进入高含水期,其开发 难度越来越大,产量也接近枯竭,人们便将目光转移到 了非常规油气领域. 经过多年的勘探开发理论的深 化发展以及装备水平的不断突破,我国陆相致密油的 勘探开发取得了积极的进展^[1-5].致密油一般是指吸 附、游离于生油岩或赋存于与生油岩互层、相邻的致密 性砂岩、碳酸盐岩中的未经过大规模长距离运移的油 气资源^[6].近些年来人们对致密油的形成条件和富集 规律开展了大量系统探究,揭示了陆相致密油的汇聚 形成与源岩和储层的配置特征有着密切联系.致密油 多大面积连续分布,非均质性较强^[1,7-8],表现出源-储 一体或源-储直接接触等"近源成藏"的特征^[1,4,6-7],而 其运聚动力大多来源于烃源岩的生烃增压,故对于致 密油成藏理论的讨论可具体分为形成关键条件、富集 主控因素和资源空间分布 3 个方面^[9].

经过前人多年的勘探,发现松辽盆地齐家地区高 台子油层组存在致密性油气藏, 且呈现大面积连续分 布的特征,但如何准确预测高丰度、高产能的甜点分布 是致密油气藏进一步勘探开发的关键. 松辽盆地齐家 地区上白垩统青山口组高台子油层属于典型致密砂岩 油气藏^[10],但油水分布较为复杂.目前对该区域高台 子油层的研究主要集中在对储层或源岩的探索之中, 而从源储配置角度分析致密油分布规律的研究相对较 少. 由于致密油藏成藏的源储配置关系直接关系到油 气的富集规律和含油气甜点的分布规律,本研究通过 聚焦研究区湖相和三角洲相旋回体的特征,结合测井 资料,将研究区层位的成藏源储配置模式进行细致分 类,结合地球化学评价、沉积岩性以及物性等成藏要素 特征进一步解释齐家地区致密油藏的成藏模式特征以 及分布规律,并为下一步致密油甜点区的预测和勘探 开发提供有利方案.

1 地质概况

松辽盆地地跨我国黑吉辽三省及内蒙古自治区, 呈北北东向展布,是一个坐落于环太平洋构造域北段 的伸展裂陷型盆地^[11].齐家凹陷位于松辽盆地北部的 中央拗陷区,西临龙虎泡-大安阶地,东接大庆长垣, 是属于长期继承性的深水凹陷^[12].齐家凹陷的生油中 心为一个处于区域鼻状构造背斜之上的穹隆背斜构 造^[13],其构造形态为西高东低的单斜,区内断裂关系 简单,断层密度小,断层走向呈北北西向和近南北向. 齐家凹陷盖层条件良好,区域性盖层发育,断层遮挡条 件好,且邻近生烃凹陷油气充注程度高,油水分布简 单,以纯油层为主.结合前人对于凹陷的致密油成藏 过程分析可知,齐家地区高台子油层组致密油藏属于 致密深盆型^[14].

古地貌、岩心薄片、钻井数据等资料综合分析表 明,齐家凹陷主要为湖泊-三角洲沉积体系,其中青一 段形成于深湖一半深湖相沉积环境^[15],研究目的层青 二、三段不同位置有所差异,从凹陷北部至南部,由湖 相向前三角洲和三角洲前缘为主的沉积环境过渡.高 台子油层纵向分布范围大致可以与青二、三段对应,其 主要砂体以三角洲前缘水下分流河道、前缘席状砂等 类型为主,且主要包含4种微相:河口坝、席状砂、水下 分流河道和水下分流间湾沉积微相^[16].其中高Ⅲ油层 组的水下分流河道、水下分流间湾以及河口坝要比高 Ⅳ更发育,其微相叠置时不仅砂体厚度大、物性好,层 间均质性强、连通性更好并呈带状展布,可作为油气的 主要运移通道,而且内部广泛发育砂泥岩互层,源储一 体,属于典型的致密砂岩油气藏^[17].

2 成藏要素及其特征

2.1 源岩特征与评价

齐家地区经历了松辽盆地拗陷期两次大规模海侵

第3期

事件,分别发生在青山口组一段沉积时期和嫩江组一、 二段时期^[18].该时期厚层湖相泥岩伴随着全球海进而 沉积下来,形成盆地最主要的源岩层系,在青山口组二 段和三段沉积时期水域不断萎缩,在青一段的湖相泥 岩沉积之上形成了三角洲相为主的砂岩沉积,因此构 成了多套良好的生储盖组合.其中青一段时期作为松 辽盆地最大的湖泛期之一,是区域最主要的生油层. 青山口组二、三段沉积时期随着湖盆缩小,岩性变化较 大,暗色泥岩发育不如青一段,其厚度由南至北变薄. 齐家地区南部研究区的源岩厚度为 50~100 m,向北随 着湖相向三角洲相转换,厚度逐渐减薄且与砂岩储层 频繁互层.

观察取心井烃源岩特征,将含油致密储层紧邻的 烃源岩大体分为两类:A类源岩形成于青一段的半深 湖相灰黑色泥岩,其中可见植物化石和高角度裂缝发 育,富含有丰富的脂肪类和类脂体,生油能力较好(图 la、b);B类源岩形成于青二、三段前三角洲和三角洲 前缘沉积的灰色粉砂质泥岩(图 c、d),富含微生物与 陆源孢粉之类的混合有机质,生油能力一般.

结合前人研究,对齐家地区 197 口取心井 1 000余 块岩心样品进行地球化学数据分析,分别统计研究区 高Ⅲ、Ⅳ油层组以及青一段源岩的有机质参数包括总 有机碳(TOC)、氯仿沥青"A"、生烃能力(*S*₁+*S*₂),并绘制 柱状图(图 2).可见来自青一段的 A 类源岩 TOC 值主 要分布在 1%~2%和 2%~4%区间内,为优质烃源岩;来 自高Ⅲ、Ⅳ油层组的 B 类源岩 TOC 主要分布在 1%~ 2%区间内,为较好烃源岩.齐家凹陷高台子油层组的 TOC、氯仿沥青"A"、*S*₁+*S*₂ 大部分达到好源岩的范围, 具有较高的有机质丰度,供烃能力很强.



图 1 齐家凹陷高台子油层组烃源岩岩心样本 Fig. 1 Source rock core samples of Gaotaizi reservoir in Qijia sag

松辽盆地在白垩系泉头组沉积时期便形成了统一 的大型拗陷,并经历多次构造变动,导致湖盆水体规模 频繁变化,盆地中部多个含油气组合便形成于盆地快 速沉降与持续沉降的转折阶段.其中高台子油层沉积





Fig. 2 Distribution of organic matter abundance parameters of source rocks in Qijia tight oil area

a—总有机碳分布(distribution of total organic carbon); b—氯仿沥青"A"分布(distribution of chloroform bitumen "A"); c—生烃能力分布(distribution of hydrocarbon generation capacity); 1—高 III 油层组(G-III oil reservoir); 2—高 IV 油层组(G-IV oil reservoir); 3—青一段油层组(oil reservoir in the 1st mem. of Qingshankou fm.)

期整体处于水退沉积背景下,其间发生水体震荡,先后 有短暂的水进沉积时期^[19].根据研究区地球化学特征 平面图(图3)可知,齐家地区高台子油层组的镜质体 反射率 *R*。值大多分布在 0.5%~1.5%,总体处于生油窗 范围(0.5%<*R*。<1.2%),且基本属于成熟阶段.其分布 具有西北、东北部较低,西南部、东南部较高的特征. 凹陷中高 TOC 值区域多集中在西南部以及北部的部 分地区,含量多在 1.42%~9.06%,并且高W油层组的 TOC 和 *R*。值要整体高于高Ⅲ,这与高Ⅳ油层组泥岩厚 度要好于高Ⅲ的情况基本一致.综上,齐家地区南部 烃源岩条件要整体高于北部,高Ⅳ油层组烃源岩条件 也整体高于高Ⅲ油层组.

2.2 储层特征

致密油藏储层特征主要包括储层岩石学特征以及 储层物性特征.通过对取心井岩心岩性特征进行分 析,结合岩心孔渗数据分析致密储层的物性特征,对高



图 3 齐家凹陷高台子油层组地球化学特征平面分布图

Fig. 3 Plane distribution of geochemical characteristics of Gaotaizi reservoir in Qijia sag

a—高 III 组 TOC 等值线图(TOC contour map of G-III reservoir); b—高 III 组 R。等值线图(R。contour map of G-III reservoir); c—高 III 组泥岩厚度等值 线图(mudstone thickness contour map of G-III reservoir); d—高 IV 组 TOC 等值线图(TOC contour map of G-IV reservoir); e—高 IV 组 R。等值线图 (R。contour map of G-IV reservoir); f—高 IV 组泥岩厚度等值线图(mudstone thickness contour map of G-IV reservoir)

台子致密油藏储层特征进行分类评价.

2.2.1 岩石矿物学特征

齐家地区高Ⅲ、高Ⅳ储集层岩性主要为岩屑长石 砂岩和长石岩屑砂岩(图4),颗粒成分中长石砂岩与 岩屑含量占比较高,其含量分别为28.7%~52.7%和 14.5%~42.5%,有利于形成次生孔隙,进而形成异常高 孔带^[13].岩石孔隙中充填着杂基和胶结物,杂基主要 是黏土矿物,其主要成分为伊利石、绿泥石和伊蒙混层 矿物;胶结物则以碳酸盐矿物为主.矿物粒度以粉 砂一细砂为主,其中水下分流河道、河口坝砂体粒度相 对较粗,分选性相对较好;坝内缘、席状砂粒度、分选中 等;分流间湾粒度最细,分选最差.



图 4 砂岩成分三角图 Fig. 4 Triangular diagram of sandstone compositions

2.2.2 储层物性特征

储层的物性特征中孔隙度、渗透率的分布可直接 反映致密砂岩储层的质量以及有利甜点地区的分布情 况.对齐家地区 244 口井取心数据进行分析发现,高 台子油层组孔隙度分布多在 5.83%~15.70%之间 (图 5a),渗透率大部分低于 1 mD (图 5b).根据《致密 油储量估算规范》(DZ/T 0335—2020),高台子油层组 储层属于典型致密储层.研究区南部湖相沉积地层中 孔渗能力较北部三角洲相更弱,这与南部泥岩更为发 育,且埋深压实时间更早有关.高Ⅲ、高Ⅳ储层渗透率 总体均呈现南低北高,储层的致密性由南至北由致密 储层逐渐变为常规储层(图 6a、b).从孔渗数值垂向分 布情况可知,研究区高台子油层主要发育一个大规模 的水退旋回,内分为两个次级水退旋回,表现为在高W 油层组中下部孔隙度、渗透率相对较低,砂岩所占比例 较小,向上物性变好,砂地比变大;高Ⅲ油层组中下部 孔隙度、渗透率较低,向上部物性变好,砂体发育程度 变好,总体高Ⅲ组储层物性、砂岩发育程度均好于高W 组(图 6c).





砂地比是地层砂岩总厚度与地层厚度的比值,可 结合区域沉积相平面展布情况综合评价储层特征,是 油藏评价的一个重要参数.通过对齐家地区取心井岩 心测试资料提取分析,结合储层油性解释结果发现,多 数干层的砂地比在 0.2~0.4,中值仅有 0.328,与差油层、 油层和水层相比有着明显的降低(图 7a).选取齐家地 区致密油藏区域不同方位的多个取心井资料,其中南 部区域多数干层砂地比在 0.18~0.44,而在北部区域干 层的比值上升到 0.22~0.5(图 7b),这反映了高台子油



图 6 齐家凹陷高台子油层组物性平面与垂向分布图

Fig. 6 Plane and vertical distribution of physical properties of Gaotaizi reservoir

a—高 III 油层组孔隙度等值线图(porosity contour map of G-III oil reservoir); b—高 IV 油层组孔隙度等值线图(porosity contour map of G-IV oil reservoir); c—高 III、IV 油层组孔隙度和渗透率曲线(porosity and permeability curves of G-III and G-IV oil reservoirs)







1—干层 (dry layer); 2—差油层 (poor oil layer); 3—油层 (oil layer);
4—水层(water layer); 5—南部干层(southern dry layer); 6—南部非干层(southern non-dry formation); 7—北部干层(northern dry layer); 8—
北部非干层(northern non-dry layer)

层组储层砂地比的平面分布与区域沉积微相砂体以及 孔渗的平面分布情况有着一定的联系,可用于评价不 同沉积区域致密油气进入相邻储层的能力强弱.

3 源储配置关系特征

3.1 源储配置类型及特征

致密油与常规油气的不同在于其烃源岩和储层是 相邻共生或者一体,致密油从烃源岩内生成,一般仅经 过裂缝和砂体进行较短距离的运移便聚集于临近的 砂体或者烃源岩本身之中. 大多数学者认为其成藏的 主要动力来源与烃源岩生烃增压直接相关,这种压力 导致烃源岩产生排烃裂缝网络,使得原油在裂缝中聚 集或者运移到临近岩层之中.因此烃源岩与储集层的 空间配置关系是影响致密油运移富集的主要因素之 一^[20]. 张威在对齐家地区高台子油层研究时将源储配 置关系分为多油源下生上储、多油源薄互层和本地油 源下生上储3种类型[21]. 袁青在齐家南部地区高台子 油层致密油成藏模式研究中将源储配置分为上源下 储、下源上储、"三明治"以及薄互层型[22]. 前人在进行 分类时主要考虑了源储配置的位置及相互关系,对不 同区域源储地层发育状况的讨论较少.本次研究中发 现源储厚度以及多源储配置组合模式对油气运聚也有

较大影响,提出将源储配置模式分为下源上储型、厚源 储夹层型以及薄源储互层型,并在此基础上,详细剖析 各井的源储配置类型及其在空间位置上的分布规律, 使研究成果对油气富集规律更具有指导意义.

下源上储型:以龙 22 井为代表,烃源岩为青二、三 段暗色泥岩,其中高Ⅲ组源岩厚度为 40~50 m,高Ⅳ源 岩厚度为 60~70 m.储层分布于高Ⅲ上部以及高Ⅳ上 部的砂岩之中,高Ⅲ顶部砂岩厚度为 5~6 m,高Ⅳ顶部 砂岩厚度为 10~12 m.由于高Ⅱ底部、高Ⅲ顶部以及高 Ⅲ底部泥岩盖层阻挡,油气从烃源岩中生成,在浮力和 源储间压差力共同作用下运移并富集在油层顶部砂 岩之中.故源储相邻且源岩在下、储层在上形成下源 上储型空间配置,其富油程度较高.此类源储模式中 烃源岩发育厚度大多在 40 m 以上,且储层厚度发育 多在 5 m 以上,且储层中的致密油多来源于上方的烃 源岩.

厚源储夹层型:以金 31 井为代表,高Ⅳ油层组烃 源岩为高Ⅳ下部的暗色泥岩以及高Ⅳ上部的暗色泥 岩,由于高Ⅲ下部泥岩盖层的阻挡,原油在源储间压差 作用下双向向储层充注.高Ⅳ烃源岩单层厚度在 20~ 60 m,源岩中间的砂岩储层厚度在 2~6 m,其储层富油 程度较高.此类源储模式的源岩、储层厚度发育均较好,在源岩充足的生烃压力下致密油可有足够的空间充注到周围的储层里.

薄源储互层型:以金 33 井为代表,该井位于中央 拗陷区的中心地带,是三角洲相与湖相过渡的沉积区, 大量砂体与湖相泥岩呈指状相互叠置沉积,故烃源岩 和砂体储层的单层厚度都不高,高Ⅲ和高Ⅳ源岩单层 厚度为 3~20 m,储层单层厚度在 2~15 m.由于单层烃 源岩厚度小、生烃量不大,原油浮力作用微弱,烃源岩 中的油气在源储压差作用下向周围储层充注,富油程 度一般^[23-24].此类源储模式多发育在沉积微相过渡区 域地层,且不同沉积体频繁相互以指进模式叠置,导致 源岩、储层发育较差,生烃动力弱且储集空间小.

3.2 源储配置对致密油的控制作用

利用测井资料和试油资料,结合沉积演化规律以 及源储配置关系,对齐家地区高台子致密油层不同源 储接触关系成因与模式进行解释,进而探讨致密油成 藏源储配置对致密油分布的控制模式.以齐家凹陷西 南区域龙 21、龙 22、龙 26 井为例(图 8),高Ⅲ底部以 及高Ⅳ底部暗色泥岩发育相对良好,且由于高Ⅱ底部 和高Ⅲ底部的泥岩盖层发育,厚度均在 50 m以上,足



图 8 龙 21 井、龙 22 井、龙 26 井源储配置分布图



1—湖相泥岩(lacustrine mudstone); 2—含油气砂岩(oil-gas-bearing sandstone); 3—干层(dry layer); 4—泥岩层(mudstone layer); 5—砂岩层 (sandstone layer)

够厚的泥岩盖层影响了裂隙的发育,油层组下部生成 的原油大多运聚至顶部和底部以席状砂为主的厚度在 2~8 m 的薄砂岩储层中.故与高Ⅲ上部、高Ⅳ上部的砂 岩储层形成下源上储和厚源储夹层的模式,亦可推测 齐家南部向斜区域多发育下源上储型和厚源储夹层型 配置关系.

以齐家凹陷中部区域的金 191、金 27、金 31 和金 33 井为例(图 9),区域沉积环境逐渐从深湖相向三角 洲相转换,湖水水体震荡变化,形成了湖相与三角洲相 沉积地层相互交汇叠置的地层,表现为湖相的泥岩与 三角洲相的砂岩呈现指状互层. 高IV层段暗色泥岩发 育相对稳定,泥岩单层厚度在 2~25 m;高Ⅲ层段的湖 相泥岩则与三角洲相砂岩相互叠置,由南至北源岩厚 度逐渐减薄至 2~10 m, 砂体沉积类型多为席状砂以及 远沙坝. 源储配置关系由厚源储夹层型过渡到薄源储 互层型, 金 191、金 27 和金 31 井的厚源储夹层型源 储配置相较于薄互层型更为发育,一般为两组源岩内 夹一组砂岩储层,且源岩厚度一般为 5~10 m,生烃潜 力高,生烃增压能力强,致密油突破毛细管力运聚至砂 岩之中;偏北方向的金33井则过渡发育为薄源储互层 型为主,源储单元发育薄弱,但砂体层数较多,整体厚 度较大,储层累计厚度可达 50 m,致密油排出源岩进 入周围储层汇聚形成油层.

以齐家凹陷东北区域的金44、金80和古708井

为例(图 10),区域沉积环境已从湖相沉积过渡到三角 洲相沉积为主,主要砂体为大面积连片的三角洲前缘 水下分流河道砂和席状砂,泥岩发育薄弱,仅在高 III、 IV的中部和底部间隔发育单体厚度在 5~15 m 的暗色 泥岩,而三角洲前缘亚相砂体则充分发育,并且连续沉 积,厚度均在 10~50 m 及以上,故源储配置关系以源 储互层型为主.这种情况下的源岩生烃能力弱,生烃 压力低,几乎无本地油源生成.根据高台子油层组流 体势分布表现,凹陷区由南至北流体势逐步降低,北部 的三角洲相砂体储层为流体主要泄压区域,随着斜坡 区构造抬升,区域由南至北油水界面逐步上升,油层逐 渐过渡为油水同层或水层,油气零星分布,这与取心井 试油解释结果一致^[25].

齐家凹陷高台子致密油的分布与成藏要素源储配 置关系紧密,通过归纳比对取心井测井数据和试油数 据解释结果,并对比联井剖面图(图 8、9、10)可知,研 究区由南至北源储配置模式由本地下源上储型逐步过 渡为厚源储夹层型与薄源储互层型的混合型再到薄源 储互层型.高Ⅲ油层组以厚源储夹层型以及薄源储互 层型为主,高Ⅳ油层组多为下源上储和厚源储夹层型 源储配置,其中油气显示多在高Ⅲ、Ⅳ油层组的中上 部,在高Ⅲ油层组下部也有部分油气反映,而高Ⅳ下部 则少有油气显示.平面上油水分布由南至北由油气层 逐渐转变为油水层最后完全水淹,多数的油气赋存于



图 9 金 191、金 27、金 31、金 33 井源储配置分布图

Fig. 9 Source-reservoir configuration distribution of J191, J27, J31 and J33 wells

1—湖相泥岩(lacustrine mudstone); 2—含油气砂岩(oil-gas-bearing sandstone); 3—干层(dry layer); 4—水层(water layer); 5—油层(oil layer); 6—泥 岩层(mudstone layer); 7—砂岩层(sandstone layer)



图 10 金 44、金 80、古 708 井源储配置分布图



1—湖相泥岩(lacustrine mudstone); 2—干层(dry layer); 3—水层(water layer); 4—油层(oil layer); 5—油水层(oil-water layer); 6—泥岩层(mudstone layer); 7—砂岩层(sandstone layer)

以金 191、金 27 井为代表的主要生油凹陷的北部区 域,作为主要生经中心的凹陷南部则发育有大量干层. 通过对齐家地区西南部青二、三段前三角洲相沉积的 储层岩心资料进行分析,发现砂地比值低的区域多发 育干层,干层的砂地比多分布在 0.182~0.433,中值为 0.268, 与其他类型的油水层相比砂地比值有明显的下 降.结合研究区致密油成藏过程分析,由于齐家凹陷 致密油属于致密深盆型油气藏,油气浮力贡献微弱,其 充注动力是以生烃增压的超压为主. 根据巨世昌[26]改 进生烃增压计算公式得出的青山口组烃源岩在嫩江 末期生经增压分布图分析,齐家地区烃源岩生烃增压 值分布为南高北低,其中青一段生烃压力最高可超过 50 MPa,青二、三段次之,在 20~40 MPa,但在齐家地区 南部生烃压力较小的区域,由于前三角洲相的砂地比 低,渗透性砂岩储层厚度不发育,致密性较强,油气更 难进入致密储层进而导致在生烃中心附近出现干层. 随着前三角洲相沉积地层逐步向着三角洲前缘亚相沉 积转变,砂岩储层厚度逐渐发育,储层砂地比逐渐升 高,在生烃压力下油气可顺利突破毛细管力汇进入储 层之中,并且随着构造抬升,地层中赋存的水在生烃时 地层流体压力的驱动下向着齐家地区北部的低压区域 运聚,油水界面逐步上升,最终形成了齐家地区高台子 油层组在区域南部干层与油层互层发育,向北则以发 育丰富的油层为主,在区域的东北端发育有大量水层 的油水分布特征.

4 结论

1)致密油的分布与成藏要素源储配置模式关系密 切,以齐家地区高台子油层组为例,区域主要发育下源 上储型、厚源储夹层型以及薄源储互层型3种源储模 式.下源上储型源储模式多发育在深湖—半深湖相沉 积地层中暗色泥岩发育较好的区域,由于区域地球化 学条件良好,生烃动力强劲,有形成工业油层的潜力, 但在砂岩储层厚度发育欠佳,砂地比值较低,生烃压力 较低的区域,仅有部分油气能进入本地源岩附近的储 层中汇聚,故结合实际此类源储模式易形成油层与干 层均发育的情况. 厚源储夹层型源储模式的暗色泥岩 与砂岩储层厚度发育均较好,多发育于湖相过渡为三 角洲前缘亚相的沉积区域,源岩生烃动力大,砂地比值 较高,产生的油气突破毛细管力向周围储层汇聚形成 致密油藏,尤其由多组厚源储夹层型源储模式叠加的 组合地层油气显示更为富集. 薄源储互层型源储模式 则多发育于水下分流河道与席状砂沉积的三角洲前缘 亚相地区,这里的深湖相暗色泥岩仅在高台子油层组 底部发育,且由于区域构造抬升,烃源岩地球化学条件 一般,生烃能力低、动力弱,本地储层几乎没有油气汇 聚,但由于总体砂体厚度发育大,砂地比值高,在周围 主要生烃区域的地层压力以及地层流体压力的影响 下,地层水多聚驱于此类源储配置中,且在研究区内此 类源储配置多发育于非致密的常规地层之中.

2)齐家地区高台子的沉积旋回体中,源储配置关 系与沉积模式有着明显的规律可循,以三角洲相沉积 旋回为例,旋回体上部、中上部由于储层物性较好,易 形成下源上储型配置关系;而在旋回体的中下部,由于 沉积微相多为席状砂、远沙坝,其岩性在垂向上物性较 差,而且由于埋藏较深,砂体孔隙度、渗透率一般,故源 储配置多为厚源储夹层型、薄源储互层型.

参考文献(References):

[1]胡素云,朱如凯,吴松涛,等.中国陆相致密油效益勘探开发[J]. 石油勘探与开发,2018,45(4):737-748.

Hu S Y, Zhu R K, Wu S T, et al. Profitable exploration and development of continental tight oil in China [J]. Petroleum Exploration and Development, 2018, 45(4): 737–748.

[2]贾承造.论非常规油气对经典石油天然气地质学理论的突破及意义 [J].石油勘探与开发, 2017, 44(1): 1-11.

Jia C Z. Breakthrough and significance of unconventional oil and gas to classical petroleum geological theory [J]. Petroleum Exploration & Development, 2017, 44(1): 1–11.

[3]杜金虎,何海清,杨涛,等.中国致密油勘探进展及面临的挑战[J]. 中国石油勘探,2014,19(1):1-9.

Du J H, He H Q, Yang T, et al. Progress in China's tight oil exploration and challenges[J]. China Petroleum Exploration, 2014, 19(1): 1–9.

 [4]刘卫彬,徐兴友,张君峰,等.陆相页岩地层地质-工程一体化水平 井精确钻探技术——以松辽盆地吉页油 1HF 井为例[J].中国地 质,2022,49(6):1808-1822.

Liu W B, Xu X Y, Zhang J F, et al. Accurate drilling technology for horizontal wells in continental shale formation geology-engineering integration: Taking Jiyeyou 1HF well in Songliao Basin as an example [J]. Geology in China, 2022, 49(6): 1808–1822.

[5]陈树旺,许光,杨建国,等. 松辽盆地及外围油气资源基础地质调查——"十三五"阶段进展与未来工作展望[J]. 地质与资源, 2021, 30(3): 221–231, 248.

Chen S W, Xu G, Yang J G, et al. Foundational geological survey for oil and gas resources in Songliao Basin and its periphery areas: Progress and prospect[J]. Geology and Resources, 2021, 30(3): 221–231, 248.

- [6]贾承造,邹才能,李建忠,等.中国致密油评价标准、主要类型、基本特征及资源前景[J].石油学报,2012,33(3):343-350.
 Jia C Z, Zou C N, Li J Z, et al. Assessment criteria, main types, basic features and resource prospects of the tight oil in China[J]. Acta Petrolei Sinica, 2012, 33(3): 343-350.
- [7]邹才能,朱如凯,白斌,等.致密油与页岩油内涵、特征、潜力及挑战[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2015, 34(1): 3-17.
 Zou C N, Zhu R K, Bai B, et al. Significance, geologic characteristics, resource potential and future challenges of tight oil and shale oil[J].
 Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2015, 34(1): 3-17.
- [8]朱如凯,邹才能,吴松涛,等.中国陆相致密油形成机理与富集规 律[J].石油与天然气地质,2019,40(6):1168-1184.
 Zhu R K, Zou C N, Wu S T, et al. Mechanism for generation and accumulation of continental tight oil in China[J]. Oil & Gas Geology, 2019,40(6):1168-1184.
- [9]陶土振,胡素云,王建,等.中国陆相致密油形成条件、富集规律与资源潜力[J].石油学报,2023,44(8):1222-1239.
 Tao S Z, Hu S Y, Wang J, et al. Forming conditions, enrichment regularities and resource potentials of continental tight oil in China[J]. Acta Petrolei Sinica, 2023, 44(8): 1222-1239.
- [10]吴伟涛,赵靖舟,蒙启安,等.松辽盆地齐家地区高台子油层致密 砂岩油成藏机理[J].石油与天然气地质,2021,42(6):1376-1388.

Wu W T, Zhao J Z, Meng Q A, et al. Accumulation mechanism of tight sandstone oil in Gaotaizi reservoir in Qijia area, Songliao Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2021, 42(6): 1376–1388.

[11]赵利华. 松辽盆地北部齐家古龙地区深层构造特征研究[D]. 大庆: 大庆石油学院, 2000.

Zhao L H. Research for deep structure feature of Qijia-Gulong area, northern Songliao Basin [D]. Daqing: Daqing Petroleum Institute, 2000.

[12]甄甄,杨建国,李士超,等.齐家-古龙地区页岩油参数井泉头组-青山口组沉积微相特征[J].地质与资源,2022,31(3):359-366. Zhen Z, Yang J G, Li S C, et al. Sedimentary microfacies of Quantou Formation-Qingshankou Formation of shale oil parametric wells in Qijia-Gulong area[J]. Geology and Resources, 2022, 31(3):359-366.

[13]刘绍军. 大庆齐家油田成岩作用数值模拟与次生孔隙带预测[D].

大庆: 大庆石油学院, 2008.

Liu S J. Diagenetic evolution modeling and reservoir secondary pore predicting in Qijia oil field[D]. Daqing: Daqing Petroleum Institute, 2008.

[14]李易霖,张云峰,尹淑丽,等.致密砂岩储集空间多尺度表征—— 以松辽盆地齐家地区高台子油层为例[J].石油与天然气地质,2016, 37(06):915-922.

Li Y L, Zhang Y F, Yin S L, et al. Characterization of the pore space in tight sandstone reservoirs from macroscopic and microscopic perspectives: A case study of Gaotaizi reservoir in Qijia area, the Songliao Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2016, 37(06): 915–922.

[15]汪海燕. 松辽盆地北部中央坳陷区泉头组四段层序地层及沉积演 化研究[D]. 成都:成都理工大学,2009.

Wang H Y. Study on sequence stratigraphy and evolvement of sediment in the central depression of the northern Songliao Basin[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2009.

[16]韩承霖. 大庆龙虎泡油田高台子油层沉积微相研究[D]. 大庆: 东 北石油大学, 2016.

Han C L. The sedimentary microfacies research of Gaotaizi oil layer in Longhupao oil field in Daqing [D]. Daqing: Northeast Petroleum University, 2016.

[17]张磊. 齐家-古龙凹陷高台子油层致密储层成岩特征及有利勘探区 预测[D]. 大庆: 东北石油大学, 2019.

Zhang L. Diagenetic characteristics of the tight reservoir and the favorable exploration area forecast of Gaotaizi tight oil layer in Qijia-Gulong Sag[D]. Daqing: Northeast Petroleum University, 2019.

[18]周磊. 梨树断陷十屋油田营城组物源体系、沉积特征及储层特征研 究[D]. 北京:中国石油大学, 2010.

Zhou L. The research for provenance systems and characteristics of sedimentary and reservoir in Yingcheng Formation of Shiwu oilfield in Lishu fault depression [D]. Beijing: China University of Petroleum, 2010.

[19]赵红. 杏南开发区微观剩余油分布特征研究[D]. 杭州:浙江大学, 2011.

Zhao H. The research on the micro-remaining oil distribution character in Xingnan development area [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2011.

[20]黄东,杨光,杨智,等.四川盆地致密油勘探开发新认识与发展潜力[J].天然气地球科学,2019,30(8):1212-1221.

Huang D, Yang G, Yang Z, et al. New understanding and development

potential of tight oil exploration and development in Sichuan Basin [J]. Natural Gas Geoscience, 2019, 30(8): 1212-1221.

[21]张威. 齐家地区高台子油层成藏要素特征及其空间配置关系[J]. 西部探矿工程, 2018, 30(12): 60-64.

Zhang W. Characteristics of reservoir-forming elements and their spatial configuration relationships in the Gaotaizi oil layer in Qijia area[J]. West-China Exploration Engineering, 2018, 30(12): 60–64. (in Chinese)

- [22]袁青,罗群,李楠,等.齐家南地区高台子油层致密油成藏模式
 [J].特种油气藏,2016,23(1):54-57.
 Yuan Q, Luo Q, Li N, et al. Gaotaizi tight oil accumulation modes in southern Qijia[J]. Special Oil and Gas Reservoirs, 2016, 23(1):54-57.
- [23]李尊芝. 东营凹陷几类储层物性演化及成藏期的物性参数恢复
 [D]. 青岛:中国石油大学(华东), 2007.
 Li Z Z. Physical property of some type reservoir and physical parameters restoration of petroleum accumulation phase in Dongying depression
 [D]. Qingdao: China University of Petroleum (East China), 2007.
- [24]施立志,王卓卓,张革,等. 松辽盆地齐家地区致密油形成条件与 分布规律[J]. 石油勘探与开发, 2015, 42(01): 44-50.
 Shi L Z, Wang Z Z, Zhang G, et al. Distribution and formation of tight oil in Qijia area, Songliao Basin, NE China [J]. Petroleum Exploration and Development, 2015, 42(1): 44-50.
- [25]郭巍,刘招君,刘群,等. 松辽盆地南部高台子油层成藏动力学
 [J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2010, 40(3): 482-490.
 Guo W, Liu Z J, Liu Q, et al. Research on the hydrocarbon accumulation dynamics of Gaotaizi reservoir in the southern Songliao Basin[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2010, 40(3): 482-490.
- [26]巨世昌,赵靖舟,白玉彬. 烃源岩生烃增压计算方法探讨及其对致 密油成藏动力研究的启示[C]//陕西省石油学会非常规油气勘探与 开发专业委员会. 鄂尔多斯盆地非常规油气地质理论与勘探开发 技术研讨会论文集. 2014: 52-57.

Ju S C, Zhao J Z, Bai Y B. Exploration calculation method for the source rock overpressure caused by hydrocanbon generation and its revelation to tight oil reservoir forming dynamics [C]//The Professional Committee of Unconventional Oil and Gas Exploration and Development of Shaanxi Petroleum Society. Proceedings of symposium on geological theory and exploration technology of unconventional hydrocarbons in Ordos Basin. 2014: 52–57.