文章编号: 1009-3850(2009) 04-0035-07

松辽盆地齐家北地区下白垩统泉头组泉四段沉积微相特征

杨 婷<sup>1,2</sup>, 单玄龙<sup>2</sup>, 刘万洙<sup>2</sup>, 张 雷<sup>1</sup>, 王加强<sup>2</sup>, 任利军<sup>2</sup>, 王竞娴<sup>2</sup> (1. 中国石油大学资源与信息学院, 北京 102249, 2 吉林大学 地球科学学院, 吉林长春 130061)

摘要: 笔者通过大量的岩心观察、测井及录井资料的研究,结合粒度分析,对齐家北地区泉四段沉积特征进行了系统的分析,共识别出三角洲平原和三角洲前缘两个亚相和水上分流河道、天然堤、分流河道间湾、水下分流河道、水下分流河道间湾、河口坝、远砂坝等7个微相。通过对研究区内泉四段7个含油小层的平面展布特征及沉积演化规律的深入研究,并结合泉四段砂体的含油气性分布特征综合分析研究表明:研究区油气分布明显受控于沉积微相的展布;水下分流河道由于具油源近、储集物性较好而成为最有利的油气聚集相带;河口坝、水上分流河道是油气富集的较有利相带。

关键 词:齐家北地区;泉四段;三角洲;沉积微相
 中图分类号: TE121 3 文献标识码: A

### 1 区域地质概况

齐家北地区位于黑龙江省大庆市区及其管辖的 杜尔伯特蒙古族自治县境内,东邻大庆长垣,西接齐 家油田,南起喇嘛甸,北至林甸县张起屯,面积 304.5 km<sup>2[1]</sup>。研究区在构造上位于松辽盆地齐家-古龙凹陷北部(图 1),整体构造格局大致呈现为西 高东低、北高南低。研究区泉四段地层平均厚为 80<sup>m</sup>,按岩性、电性及含油气情况可将泉四段划分为 7个小层(表 1),上部三个小层(引 1-月 3)是齐 家北地区的主要含油层系,油源来自于上覆上白垩 统青山口组青一段泥岩<sup>[2]</sup>。本文通过对该区泉四 段沉积特征的系统研究,对各油组沉积微相展布及 演化特征进行分析,为寻找有利的含油气圈闭提供 依据。

# 1 沉积特征

2.1 岩石学特征

本区泉四段岩性主要为一套灰色 / 青灰色中细砂岩和灰黑色 / 深灰色 / 灰绿色 / 紫红色粉砂岩与细



图 1 齐家北地区区域构造图 (据大庆油田勘探开发研 究院油藏评价室, 2007,略改)

1 井位; 2 构造分界; 3. 研究区

Fig 1 Regional tector ics in northern Qijia

 $1 = well s_1 t_2 = tecton ic boundary 3 = study area$ 

收稿日期: 2008-10-07; 改回日期: 2008-11-27

作者简介:杨婷(1983-),女,博士生,主要从事沉积学与层序地层学研究。 Email fivuta@ sina com

碎屑岩的互层沉积。碎屑颗粒成分主要为石英、长 石和岩屑,此外含有少量的重矿物和生物碎屑。砂 岩以长石岩屑砂岩和岩屑长石砂岩为主,其中石英 含量占40%~55%,长石和岩屑含量基本相当,占 20%~35%。岩屑成分主要为花岗岩、中酸性喷出 岩和少量变质岩,与西北物源区的母岩特征十分吻 合<sup>13</sup>。砂岩分选较好,结构成熟度中等,呈次棱次 圆状,颗粒间填隙物含量在9%~15%范围内变化, 多为孔隙式胶结。受后期成岩作用的影响,钙质、硅 质胶结物和重结晶粘土矿物、自生粘土矿物充填明 显,接触关系多为凹凸接触线接触;砂岩层中原生 孔隙已基本消失,只保留经成岩作用改造而成的混 合孔隙和次生孔隙,次生孔隙占所有孔隙面积的 30%左右。整体表现为成岩作用强,成分成熟度中 等,结构成熟度较高的特点。

2.2 粒度分布特征

通过对研究区内多口井的砂岩薄片样品的粒度 资料统计分析可知,本区砂岩概率累积曲线多以由 跳跃、悬浮次总体组成的两段式为特征,并可进一步 细分为 3种类型:典型的两段式、包含过渡段的两段 式和发育两个跳跃次总体的两段式 (图 2)。其中跳 跃次总体占主要部分,斜率较高,滚动组分基本不发 育。通过对粒度参数的计算,平均粒径  $M^{z}$ 值为 2 0~3 2<sup>Φ</sup>,范围较窄,缺乏粗粒成分,标准偏差集 中在 0.4~0 6<sup>Φ</sup>,偏度为 -0 15~0 2,数值多集中 在 ±0.1 左右并近于对称分布。按照 Fok的标 准<sup>[4]</sup>,总体反映了分选较好,粒度偏细的特征。在 C-M图上发育 PQ-QR-R\$以 QR-RS为主, PQ段及 其以上样品点很少,反映了较弱水动力条件的牵引 流沉积。研究区在泉四段沉积时期总体表现为物源 较远、流速较慢、搬运能力较弱的河流水动力条件。 23 沉积构造特征

根据取心井的岩心观察, 泉四段地层发育多种 层理构造, 主要包括代表水动力较强的河道沉积的 槽状交错层理、板状交错层理和平行层理, 底部常见 的冲刷 充填构造; 形成于水动力较弱环境中的波状 层理、脉状层理和透镜状层理, 与水流活动期和水流 停滞期交替出现相关; 多发育于水下分流间湾泥岩 中的水平层理, 形成于静水环境中; 具有典型三角洲 前缘特征的同生变形构造如包卷构造、泄水构造和 滑塌构造多见于泉四段顶部。

#### 3 沉积微相类型

通过沉积特征(岩性、砂地比、沉积结构、构造特征)、电性特征、储层特征(物性、含油气性)的综合研究,齐家北地区泉四段为典型的三角洲沉积,主要包括两个亚相和七个微相(图 2)。

3.1 三角洲平原亚相

三角洲平原是三角洲的陆上沉积部分,本区三 角洲平原泥岩颜色以紫红色、紫红色与灰绿色相间 为主,形成于氧化 弱氧化沉积环境。共识别出水上 分流河道、天然堤和分流河道间湾 3个微相,其中水 上分流河道微相是本区三角洲平原亚相中最发育的 沉积微相。

表 1 松辽盆地齐家北地区泉头组一青山口组地层划分及沉积相类型

Table 1 Stratigraphic division and sedimentary facies types in the Quantou Formation and Qingshankou Formation in northern Qijia

统	组	段	小层	地层厚度 /m	主要岩性	沉积相
上白 垩统	青山 口组	青二、三段		360 ~ 540	灰白、青灰色细砂岩,深灰色泥岩、粉砂岩	三角洲、浅湖
		青一段		70 ~110	黑色泥岩、油页岩	深湖 半深湖
下白垩统	泉头组	泉四段	F[ 1	8~13	灰色细砂岩,深灰色泥岩、粉砂岩	_ _ _ 三角洲 -
			F1 2	7~17	灰白色 /青灰色中、细砂岩,深灰色泥岩、粉砂岩	
			F[ 3	9~16	灰白色 /青灰色中细砂岩,深灰色泥岩、粉砂岩	
			F1 4	8~17	灰白色 /青灰色细砂岩,深灰色 /杂色泥岩、粉砂岩	
			F[ 5	7~13	杂色泥岩、粉砂岩,青灰色/灰白色细砂岩	
			F1 6	7~14	杂色泥岩、粉砂岩,青灰色/灰白色细砂岩	
			F[ 7	5~10	杂色泥岩、粉砂岩,青灰色/灰白色细砂岩	
		泉一 ~三段		800 ~1400	杂色泥岩、粉砂岩、砂岩	河流



图 2 松辽盆地齐家北地区泉四段综合柱状图(以古 74井为例)

1 中砂岩; 2 细砂岩; 3 粉砂岩; 4 泥质粉砂岩; 5 泥岩; 6 爬升交错层理; 7 槽状交错层理; 8 冲刷面构造; 9 变形构造; 10 透镜状层理; 11 波状层理; 12 板状交错层理

Fig 2 Generalized column through the fourth member of the Quantou Formation in northern Qijia 1 = medium-grained sandstone 2 = fine grained sandstone 3 = siltstone 4 = muddy siltstone 5 = mudstone 6 = climb ing crossbedding 7 = trough cross-bedding 8 = scour surface structure 9 = deformed structure 10 = lenticu is bedding 11 = wavybedding 12 = tabu is cross-bedding 1. 水上分流河道微相

水上分流河道沉积以细砂岩为主,伴有少量的 粉砂岩,垂向上呈正韵律或复合正韵律,单砂体厚为 3~6<sup>m</sup>。河道底部见有冲刷面和滞留泥砾沉积,砂 体下部发育中大型板状交错层理和楔状交错层理, 向上过渡为波状层理和小型交错层理。概率累积曲 线多为典型两段式,细截点为22~305<sup>Φ</sup>。自然电 位与电阻率曲线呈微齿化中振幅的钟形、箱形的或 其复合组合形式。

2 天然堤微相

天然堤主要发育在分流河道两侧,主要岩性为 薄层粉砂岩与粉砂质泥岩互层,夹有少量细砂岩,泥 岩颜色为紫红色、灰绿色。发育波状层理和水平层 理,常见植屑和植根。自然电位与电阻率曲线以平 直 微齿化低幅线形为主。

3.分流河道间湾微相

分流河道间湾沉积以紫红色泥质粉砂岩、灰绿

色泥岩和粉砂岩为主。水平层理发育,常见植屑和 植根。自然电位与电阻率曲线总体呈平直 微齿化 低幅线形。

3.2 三角洲前缘亚相

三角洲前缘是三角洲的水下沉积部分,是水上 分流河道入湖后在水下的延伸,由于受到河流和波 浪的双重作用,形成分选较好,质地较纯的砂质沉 积。本区三角洲前缘泥岩颜色以灰绿色 灰色 深灰 色与三角洲平原相区别,形成于弱还原 还原环境为 主,共识别出水下分流河道、水下分流河道间湾、河 口坝、远砂坝 4个沉积微相。

1.水下分流河道微相

水下分流河道是三角洲前缘的主体,岩性以灰 白色、青灰色中砂岩和细砂岩为主,局部夹有粉砂岩 和泥岩层,垂向上呈正韵律或复合正韵律。底部见 有冲刷面和滞留泥砾沉积 (图 3<sup>-0</sup>),发育中小型板状 交错层理、楔状交错层理、槽状交错层理 (图 3<sup>-</sup>9,3<sup>-</sup>9,3<sup>-</sup>9)





平行层理和少量近水平波状层理。砂体单体厚一般为3~10<sup>n</sup>不等,最厚可达12<sup>m</sup>,砂体的叠置现象明显,累积砂层厚度最大可达16<sup>m</sup>。粒度分布概率累积曲线为典型和过渡段两段式,由跳跃总体和悬浮次总体组成,有时出现混合组分,表现为各次总体分异不清,细截点为239~3.15<sup>Φ</sup>,反映了平水期间稳定水流进入湖盆后,受到湖水阻挡后能量降低,水体动荡性增强的水动力特征<sup>[8]</sup>。自然电位曲线呈高至中振幅,钟形与箱形的复合体,多期水下河道叠置则使曲线呈微齿化钟形或箱形的相互叠加,反映水流能量减弱或物源供给减少条件下的沉积特征。

2 河口 坝微相

研究区河口坝砂体规模较小,主要分布在 FI 小层。岩性以细砂岩和粉砂岩为主,分选较好,局部 层位夹有粉砂质泥岩层,垂向上多以典型的反韵律 沉积为主。冲刷面少见,发育透镜体构造、近水平波 纹层理、爬升层理和小型交错层理(图 3 9,并见有 少量同沉积变形构造。单体砂体厚度 3 ~6<sup>m</sup>。粒度 分布概率累积曲线为发育两个跳跃次总体的两段 式,反映了河流与湖浪的双重改造作用。细截点为 2 7~3 41<sup>0</sup>,较水下分流河道偏细。自然电位和电 阻率曲线呈齿化明显的漏斗形,有时呈箱形或是二 者的组合。

3. 远砂坝微相

远砂坝沉积多发育在泉四段顶部, 主要分布在 F1小层。岩性为黑灰色 深灰色细砂岩与泥质粉 砂岩互层, 垂向上呈反韵律或均质韵律。由于远砂 坝发育在弱水动力环境, 多见脉状 波状 透镜状复 合层理 (图 3<sup>°</sup>), 并发育有大量的同沉积变形构造。 生物碎屑丰富, 见有双壳类生物化石, 并顺层分布。 单砂体厚度较薄为2~4<sup>m</sup>。自然电位与电阻率曲线 以微齿化 齿化低 中振幅指状为主, 有时呈多个低 幅漏斗形曲线叠加。

4. 水下分流间湾微相

岩性以深灰色和灰色粉砂岩和泥岩为主,夹有 少量细砂岩层。发育波状层理、水平层理和生物遗 迹构造,多见碳化植物碎屑和生物碎屑。自然电位 和电阻率曲线为微齿化低幅线形。

## 3 沉积微相展布特征及演化规律

松辽盆地经过先期的裂谷断陷作用,在泉四期 进入了拗陷扩张期,研究区地形平缓,整体由动荡性 沉降趋于平稳沉降。由早期的干旱气候逐渐转变为 后期的湿润气候。早期水体较浅,而后逐渐加深,并 伴随着多次小规模的湖进湖退。河道侵蚀能力较强,来自西北方向的物源供给较为稳定<sup>[10~13]</sup>。在此背景下形成了浅水湖泊的退积型河流三角洲沉积体系(图 4)。

F<sup>h</sup>-F<sup>b</sup>小层沉积时期, 普遍发育三角洲平原亚 相, 由于气候原因, 泥岩以紫红色为主。水上分流河 道规模有限, 多集中在金 82 古 72 古 46-72 古 708 一线, 呈南北向带状分布。河道宽度较窄, 厚度薄, 垂向上的河道叠加现象不明显。分流河道间湾、水 上分流河道是该时期的主要发育的沉积微相。

F4小层沉积时期,水体明显加深,由北向南逐 渐从三角洲平原亚相向三角洲前缘亚相过渡,湖岸 线推进至金 75金 73古 72古 702古 705古 76一 线。

FB-FD小层沉积时期, 气候逐渐转为潮湿, 导 致湖平面的持续上升, 三角洲平原沉积基本退出研 究区, 只在局部零星发育, 主要发育三角洲前缘亚 相。其中水下分流河道砂体是前缘的骨架砂体, 其 是由陆上分流河道进入湖泊后的水下延伸部分, 受 南北向水系的控制, 水下分流河道也呈南北向条带 状展布。三角洲前缘中河道规模大, 物源供给充足, 砂地比明显增高, 砂体较早期厚。多期河道叠置而 成的复合河道增多, 分叉现象不明显, 砂体连通性较 好, 并同时发育有少量河口坝砂体, 整体构成一套有 利的油气聚集砂体。

F1小层沉积时期,研究区湖平面达到最高,河 口坝、远砂坝较早期更为发育,但仍以水下分流河道 微相沉积为主。水下分流河道砂体与主要发育在研 究区南部河口坝砂体,共同组成了厚度较大、交叉频 繁、连通性性好的储集砂体。

# 4 沉积微相与油气聚集的关系

研究区泉四段平面含油气分布总体上具有一定 规律性,其受断层 岩性共同控制,在构造高部位断 层封挡处,单井含油井段长,但油气富集程度更主要 取决于砂岩发育状况及储层物性。通过对多口取心 井的大量取样点统计,水下分流河道沉积砂体叠置 现象明显且厚度较大、距上覆青一段烃源岩较近、储 集物性较好,是最为有利油气聚集的相带;河口坝砂 体虽储集物性较好,但由于厚度较小,分布较为局 限,为较有利的油气聚集相带;水上分流河道砂体虽 厚度较大,但由于距离油源较远,也为较有利的油气 聚集相带;分流河道间湾及水下分流间湾由于岩层 含泥量较高,孔渗值皆很低,为不利的油气聚集带。



#### 图 4 齐家北地区泉四段沉积微相平面图

<sup>\_ a</sup> Fl₁小层微相平面图; b Fв小层微相平面图; <sup>c</sup> Fl₄小层微相平面图; d Fb 小层微相平面图; 1 分流河道间 湾; 2 水上分流河道; 3 水下 分流间湾; 4 水下分流河道; 5 河口坝; 6 前三角洲; 7 湖岸线

Fig 4 Plans of the sedimentary microfacies of the fourth member of the Quantou Formation in northern Qijia a Fl layer b Fl layer c Fl layer d Fl layer 1 = interdistributary bay microfacies 2= distributary channel microfacies 3= subaqueous interdistributary bay microfacies 4= subaqueous distributary channel microfacies 5= channel mouth bar microfacies cies 6= prodelta microfacies 7= lake strandline

沉积微相的差异直接导致了物性的差异,而物性的 差异造成了油气聚集在空间的分布不均。平面上, 古 20-88 古 702 古 76-56 古 708 古 701 和 金 82 古 26-54 古 72 古 70 古 701 一线水下分流河道砂体集 中发育的井区油气储量丰度高,其中 FII小层含油 性最好。油层分布基本与有利油气聚集相带一水下 分流河道砂体分布相同,油层集中发育的区域,显然 受三角洲前缘水下分流河道砂体分布控制,砂体的 含油气性及丰度明显受到沉积微相的控制。

### 5 结 论

(1)齐家北地区下白垩统泉四段时期主要发育 三角洲沉积,以三角洲平原和三角洲前缘两个亚相 为主,发育水上分流河道、天然堤、分流河道间湾、水 下分流河道、水下分流间湾、河口坝、远砂坝等7个 微相;且自下而上,泉四段经历了由三角洲平原三 角洲前缘到青一段的深湖半深湖的水体逐渐加深 的沉积演化过程; (2)结合本区泉四段砂体的含油气分布分析可 知,水下分流河道为最有利的油气聚集相带;河口 坝、水上分流河道是油气富集的较有利的油气聚集 相带。油气分布明显受有利沉积微相砂体的展布控 制。

参考文献:

- [1] 贾卧,陈树民,蒋鸿亮.大庆探区齐家北地区含油砂岩分布预测[J].大庆石油地质与开发,2004,4(23):12-13.
- [2] 王雪. 松辽盆地齐家凹陷与大庆长垣扶杨油层油源[].石油 勘探与开发, 2006, 33(3): 294-297.
- [3] 王东坡,刘招君,刘立.松辽盆地演化与海平面升降[<sup>M]</sup>.北 京:地质出版社, 1994.
- [4] 姜在兴.沉积学[<sup>M]</sup>.北京:石油工业出版社, 2005 73-87.
- [5] 陈烨菲,彭仕宓,钟显彪,等.松辽盆地四五家子油田下白垩统 泉头组沉积相[].古地理学报,2003 5(3): 316-325.
- [6] 崔攀峰,赵惊蛰,杨秋莲,等.华池油田长 3油层沉积微相与含 油性关系[].西安石油学院学报,2002,17(1):15-19.
- [7] 冯建伟,杨少春.胜坨油田二区东三段沉积微相研究[J].西安石油大学学报(自然科学版),2005,20(2):11-16.

- [8] 李祺,陈振林,汤济广.下二门油田核二段沉积微相粒度概率 累积曲线[].断块油气田,2008,15(4):24-27
- [9] 王国栋,程日辉,于民凤,等. 沉积物的矿物和地球化学特征与 盆地构造、古气候背景[J].吉林大学学报(地球科学版), 2006,36(2):202-239.
- [10] 刘自亮, 仲国生, 李现根. 松辽盆 地大老爷府油田 泉四段三角
  洲前缘的沉积微相组合及 特征 [ J. 地球学报, 2008, 29(2):
  228-234
- [11] 梁昌国, 王志章, 林承焰, 等. 松辽盆地扶余油田白垩系泉四段沉积微相研究[J...西南石油大学学报(自然科学版), 2008 30(2): 69-73
- [12] 张庆国,鲍志东,那未红,等.松辽盆地中央坳陷南部下白垩 统泉头组四段沉积相[J].古地理学报,2007,9(3):267-275.
- [13] 张明学, 王丽静, 梁江平. 松辽盆 地头台地区扶余 油层沉积特 征[].大庆石油地质与开发, 2007, 26(6)43-46
- [14] 罗权生. 吐哈盆地神泉油田三间房组沉积微相特征[3]. 新疆 石油地质, 2001, 22(4): 209-312.
- [15] 胡忠贵,朱忠德,李相明,等. 沉积微相对储层物性控制作用
  的定量评价以英台地区青山口组、泉头组四段 1砂组为例
  [ ].油气地质与采收率,2004,11(4):4-6.

# Sed imentary microfacies of the fourth member of the Lower Cretaceous Quantou Formation in northern Qijia Songliao Basin Heilongjiang

YANG Ting<sup>2</sup>, SHAN Xuan long, LIU Wan zh<sup>a</sup>, ZHANG Le<sup>1</sup>, WANG Jia qiang, REN Li jun<sup>3</sup>, WANG Jing xian<sup>3</sup>

(1. College of Resources and Information, China University of Petroleum, Beijing 102249, China, 2. College of Earth Sciences Jilin University Changchun 130061, Jilin, China)

A bstract The examination of the sedimentary microfacies of the fourth member of the Lower C retaceous Quantou Formation in northem Q ijia is based on the cores well logs and granulometric analysis. Seven sed in entary microfacies have been distinguished including the distributary channel natural leve, interdistributary bay subaqueous distributary channel subaqueous interdistributary bay channelmouth bar and distal barm icrofacies grouping in to the delta plain and delta front subfacies. The oil and gas distribution is mostly controlled by the sedimentary microfacies cited above. The subaqueous distributary channelmicrofacies is selected as the most favourable area for hydrocarbon accumulation due to the proximal provenance and good reservoir quality whereas the channelmouth bar and distributary channelmicrofacies are considered as the favourable area for hydrocarbon accumulation. Key words northem Q ijia fourth member of the Quantou Formation delta sedimentary microfacies