

天然气地质学

# 海拉尔盆地苏德尔特油田兴安岭群 油层组 沉积微相及其含油气性

徐振中<sup>1</sup>, 姚 军<sup>1</sup>, 王夕宾<sup>1</sup>, 张荻楠<sup>2</sup>

(1. 中国石油大学(华东)石油工程学院, 山东 东营 257061;

2. 大庆油田勘探开发研究院, 黑龙江 大庆 163712)

**摘要:**砂岩油藏沉积相带分布及其引发的储层非均质性已经成为制约油藏滚动勘探和开发生产的瓶颈。在系统观察岩心的基础上并结合钻井、测井资料研究了海拉尔盆地苏德尔特油田兴安岭群油层组的沉积微相特征和分布。结果表明,苏德尔特油田兴安岭群 油层组主要发育辫状河三角洲前缘水下分流河道、河口坝、远砂坝以及湖底扇主沟道、主沟堤等沉积微相,其中水下分流河道为最主要的沉积微相。在此基础上,剖析了沉积微相与储层物性、油气分布的关系,指出水下分流河道和河口坝微相砂体为该区有利的油气聚集区。

**关键词:**苏德尔特油田;兴安岭群 油层组;沉积微相特征及分布;油气分布

**中图分类号:** TE122.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-1926(2008)05-0680-05

## 0 引言

海拉尔盆地为中新生的多旋回、叠合式、断陷—拗陷型盆地,具二隆三拗的构造格局,划分为 16 个凹陷,其中贝尔凹陷是盆地内最大的凹陷<sup>[1-3]</sup>。苏德尔特油田位于海拉尔盆地贝尔凹陷贝西和贝中生油洼槽之间的苏德尔特构造带上,呈北东向展布,是在布达特群古隆起基础上发育并沿北东向展布的继承性构造带,为一受断层控制的“凹中隆”。其主要储集层之一是兴安岭群辫状河三角洲前缘砂体<sup>[4]</sup>,储层纵、横向变化迅速,非均质性较强,因此对储层控制因素<sup>[5]</sup>,特别是沉积微相分布特征的研究<sup>[6]</sup>,对于制定合理的油田勘探开发方案、提高采收率具有重要的指导意义。本文对苏德尔特油田兴安岭群 油层组大量的岩心、测井等资料进行了综合研究,旨在分析总结其沉积微相与油气分布特征,为苏德尔特油田兴安岭群的油气资源滚动勘探开发奠定基础。

## 1 沉积微相类型

根据现代沉积学理论<sup>[7]</sup>,对研究区地质、钻井和

测井等资料的综合研究,特别是对贝 28 井、贝 14-x56-54 井、德 110-217 井等 8 口取心井计 600 余米的岩心分析表明,兴安岭群 油层组主要发育辫状河三角洲相、湖底扇相、湖泊相等沉积相类型。

### 1.1 辫状河三角洲前缘

兴安岭群 油层组沉积时期,盆地的拉张量较大,湖盆扩张,物源供应充足,研究区发育辫状河三角洲前缘沉积。从岩心观察最具典型的辫状河三角洲前缘沉积为贝 16 井 1 329.6 ~ 1 365.66 m 井段、贝 14-x56-54 井 1 756.94 ~ 1 788.41 m 井段和德 110-217 井 1 596.36 ~ 1 668 m 井段。

岩石类型以油浸棕色含砾粗砂岩、粗—中砂岩和细砂岩为主,粉砂岩、泥岩较少,泥岩多为灰色、灰白色,反映弱还原条件下浅水湖泊环境的沉积特征。岩石组合为厚层砂岩中夹有薄层泥岩,表现为砂包泥特征。

沉积构造十分发育,层理构造主要包括平行层理、楔状交错层理和爬升沙纹交错层理。侵蚀冲刷构造(图版 )常见,反映了快速的水进水退以及较强的水动力条件。

收稿日期:2008-04-16;修回日期:2008-06-05.

基金项目:石油天然气股份公司科技攻关项目“大庆外围低渗透油藏有效开发技术研究”(编号:030127)资助.

第一作者 E-mail: xzz7010@126.com.

根据辫状河三角洲前缘的沉积环境特征,可将其划分为水下分流河道、河口坝、远砂坝等沉积微相。

(1)水下分流河道微相。主要岩性为棕色油浸含砾粗砂岩,砂岩中砾石较多,次棱角状到次圆状,直径0.3~0.5 cm(图版 );砂岩中含有泥岩撕裂屑(图版 )。粒度概率曲线为总体斜率较低的“低斜多段”式,由多个折线组成上凸拱形,斜率10°~30°;粒度范围较宽,组分多,分选差,粒度频率直方图显示为多众数,反映了辫状河三角洲前缘动荡的强水流特征,与现代沮漳河沉积物搬运特征有相似之处<sup>[8]</sup>。沉积构造类型多样,常发育交错层理、平行层理及冲刷—充填构造(图版 )等。

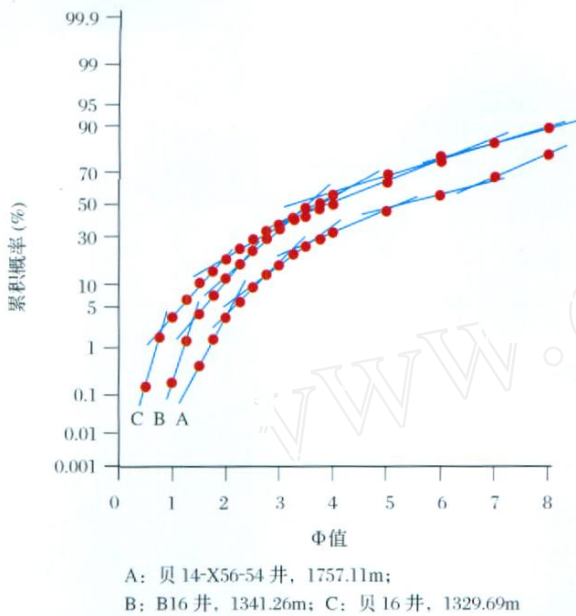


图1 辫状河三角洲前缘水下分流河道沉积粒度概率

(2)支流间湾微相。主要岩性为褐色、浅灰色泥岩、含粉砂泥岩及泥质粉砂岩,粉砂质泥岩中常夹有紫色泥质条带(图版 ),灰色块状泥岩含有生物介壳。发育小型交错层理、微波状层理、透镜状层理等。

(3)分支河口砂坝微相。岩性以粉砂岩、粉细砂岩为主,偶见较粗的中砂岩。单层厚度较薄,颗粒分选磨圆好。沉积构造以平行层理、低角度楔状交错层理(图版 )、小型冲流交错层理为主,含植物茎叶化石。SP曲线呈钟形、漏斗形。

(4)远砂坝微相。沉积物主要由泥质粉砂岩、粉砂岩夹极薄层细砂岩、泥岩组成,中粒砂岩中含有炭屑,粉砂岩中常包裹含有大量炭屑的泥岩(图版 )。沉积构造以小型楔状交错层理、波状层理为主,灰色

泥岩中炭屑富集。在测井曲线上常表现为低幅的指状、漏斗状或微齿状(图2)。

### 1.2 湖底扇

研究区贝28井1655.7~1671.2m井段钻遇了湖底扇沉积。岩石类型主要为具有明显重力流特征的粉砂岩杂基支撑砾岩、含有大量泥岩撕裂屑的灰色粗粒砂岩(图版 )、粉砂岩与泥岩混杂沉积等。冲刷—充填构造、滑塌变形构造(图版 )、泥岩撕裂屑(图版 )等较为发育。

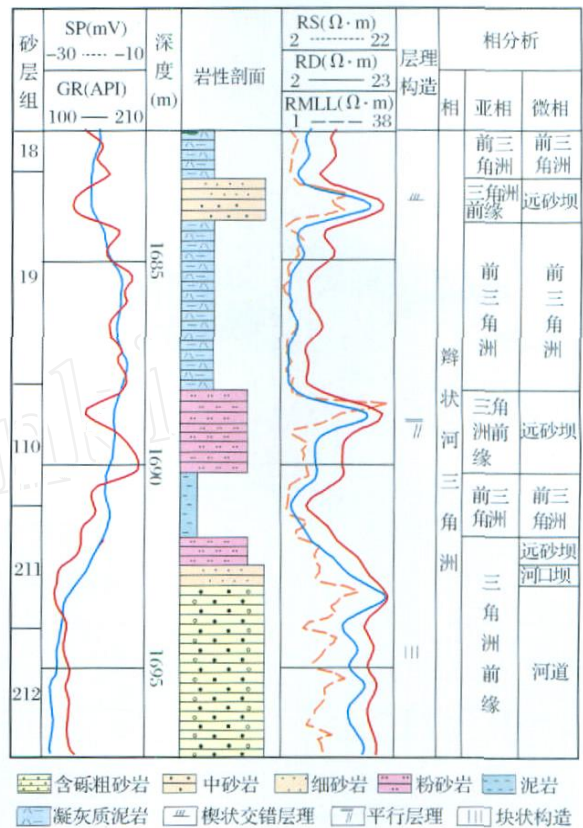


图2 贝28井取心井段沉积学分析

根据湖底扇发育的沉积环境特征,可将本区湖底扇沉积划分成主沟道、主沟堤及沟道间等沉积微相。

(1)主沟道微相。主沟道微相以颗粒支撑砾岩、粉砂岩杂基支撑砾岩(泥石流沉积)、正粒序层理发育的砾岩为主,见到鲍玛序列的ABAB序岩性组合,由于坡度较大,滑塌构造及冲刷充填构造较为发育。

(2)主沟堤微相。贝28井1657.9~1666.7m井段发育湖底扇主沟堤沉积,为灰白色含砾砂岩、中细砂岩构成的正粒序,其中含有大量的角砾状泥岩砾石(图版 );砂砾岩底部具有冲刷面,细粒砂岩内部见楔状交错层理、平行层理和波状层理。

(3)沟道间微相。是洪水越过主沟堤而形成的漫滩沉积,以细粒悬浮物质为主,滑塌变形构造较为发

育,见到鲍玛序列的 CDE 序岩性组合。在贝 28 断块贝 28 井 1 667.1m 井段粉砂质泥岩、泥质粉砂岩中发现小型滑塌揉皱、火焰构造(图版 )。

## 2 沉积微相展布特征

物源规模和湖水深浅周期性的变化控制了砂体平面展布,具有如下规律:辫状河三角洲前缘砂体的物源距离近,长期紧邻沉降中心,沉积坡度大,湖水深浅变化明显,导致基准面旋回和可容空间不断变化,这控制了沉积演化序列,进而控制了砂体发育位置及特征<sup>[9-10]</sup>。

兴安岭群 油层组 I 沉积时期,研究区主要为滨浅

湖—半深湖沉积背景下的辫状河三角洲前缘分流河道的沉积,且分流河道有向后退缩的趋势,反映了物源供应逐渐小于盆地的扩张。其中 油层组 10、9、7、5 小层沉积时期,湖盆沉降幅度较小,湖水较浅,有效可容空间远小于物源供给,分流河道规模较大,沉积物不断向前进积,并控制了湖盆的填充;油层组 8、6 小层沉积时期,有效可容空间远大于物源供给,沉积欠补偿,沉积物入湖后继续向前进积的动力不足,分布范围小;油层组 4 小层到 1 小层沉积时期,基准面处于上升时期,沉降幅度不断增大,远远大于沉积物的填充,沉积物不断向后退积,贝 28 断块湖水较深,部分小层发育湖底扇沉积(图 3,图 4)。

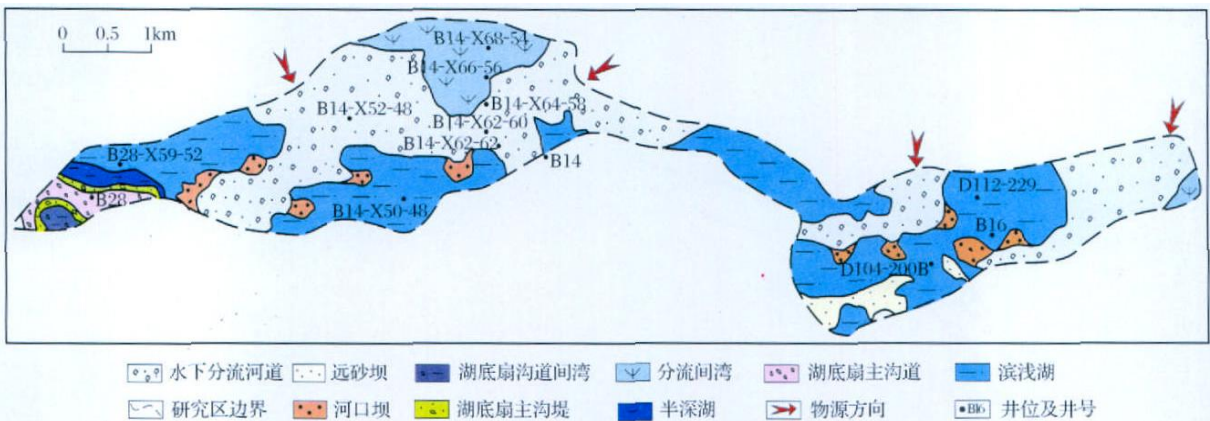


图 3 兴安岭群 I 油层组 4 小层沉积微相平面分布

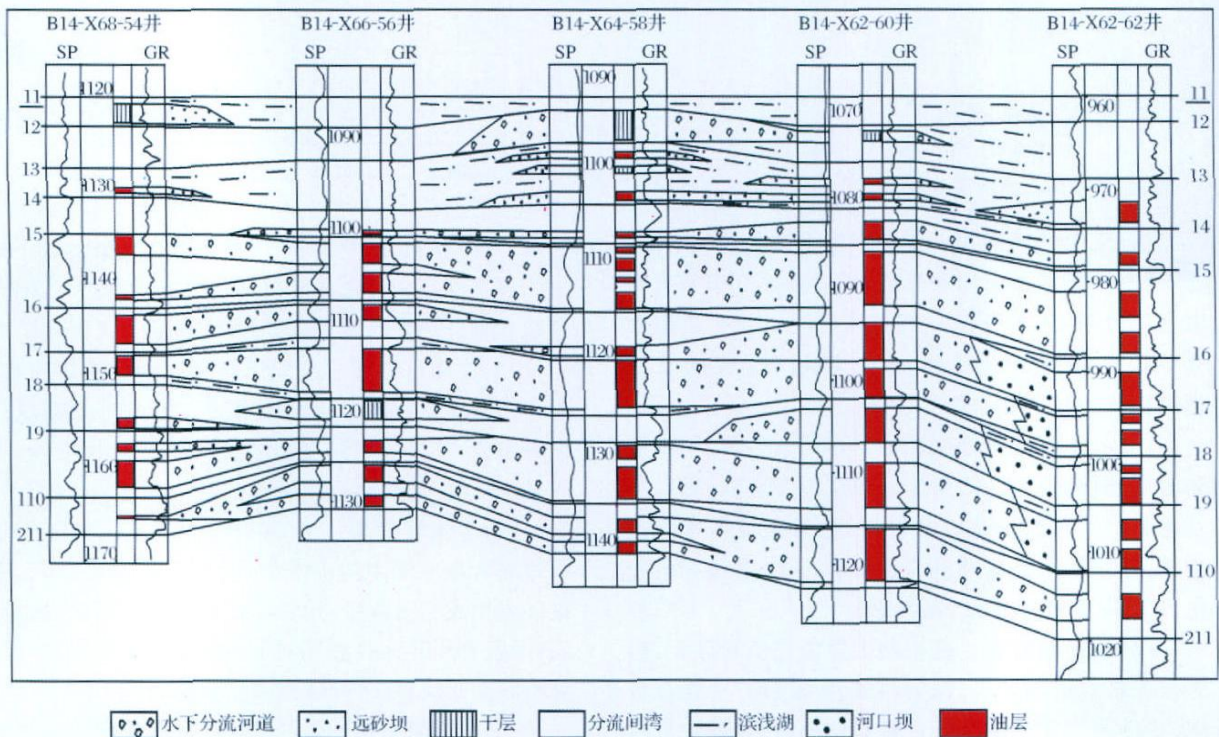


图 4 兴安岭群 I 油层组 B14-X68-54~B14-X62-62 井连井剖面

### 3 沉积微相物性特征

通常在沉积能量高的水动力条件下形成的微相砂体,其物性较好,反之,物性较差<sup>[11]</sup>。兴安岭沉积时期研究区处于贝尔凹陷的深凹区和陡岸毗邻的地区,古地貌地形坡度大,河道顺坡而下,所携带的沉积物由于受到水下多个古隆起的影响而急剧卸载,形成

了突变的水下分流河道舌状体,而远离河道的地方,沉积能量较弱,仅沉积较细的沉积物,且分布十分局限,从而导致了储层物性受沉积微相展布的控制,其横向变化迅速。该油田兴安岭群 油层组 461 块岩心的储集物性的统计结果(表 1)证实了这一点。从河口坝—分流河道—湖底扇主沟道—湖底扇主沟堤微相,储层物性逐渐变差。

表 1 苏德尔特油田兴安岭群 油层组沉积微相的物性、含油性统计

沉积微相	样品数 (个)	孔隙度 (%)		渗透率 ( $\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ )		含油性 (%)		
		分布范围	平均值	分布范围	平均值	含油—饱和度	油浸—油斑	油迹—荧光
湖底扇主沟堤(3)	22	6.7~20.8	16.1	0.05~21.3	1.2	2	11	23
湖底扇主沟道(4)	28	7.2~21.7	17.1	0.0~27.4	2.1	6	15	29
分流河道(5)	42	16.4~28.7	25.1	0.51~972	270.8	51	19	16
分流河道(6)	143	5.7~39.8	23.8	0.32~870	54.7	49	23	11
河口坝(7)	29	20.7~28.3	24.8	1.79~327	36.5	57	27	8
分流河道(8)	57	8.8~27.4	23.9	0.5~547	157.5	61	10	9
分流河道(9)	100	10~28.2	27.2	0.1~491	65	53	15	13
分流河道(10)	40	7.8~28.8	23.7	0.07~682	79.4	46	18	17

(注: \* 为 I 油组 \* 小层)

### 4 沉积微相与油气分布的关系

苏德尔特油田兴安岭群 油层组各沉积微相的储集物性与沉积微相的平面展布密切相关,461 块岩心沉积微相的含油性的统计结果(表 1)表明:分流河道、河口坝砂体的含油性较好,而远砂坝、湖底扇砂体的含油性较差。

这种现象出现的原因是分流河道、河口坝的泥质含量少,砂体厚度大,其孔、渗相对较高,能够优先储集油气,在断层的控制下易形成复杂断层圈闭油气藏。远砂坝、湖底扇砂体泥质含量较高,仅仅能形成少量的透镜体岩性油藏。通过对苏德尔特油田兴安岭群 油层组纵向上 10 个小层的油层微相划分统计结果发现 81% 的已经探明储量分布在分流河道及河口坝微相内,远砂坝、湖底扇砂体仅仅为 19%。这表明沉积相带控制了该区油气的分布,水下分流河道及河口坝微相砂体为该区有利的油气聚集区。

### 5 结论

(1) 海拉尔盆地苏德尔特油田兴安岭群 油层组主要发育辫状河三角洲前缘水下分流河道、河口坝、远砂坝以及湖底扇主沟道、主沟堤等沉积微相。

(2) 苏德尔特油田在兴安岭群 油层组沉积时期主要为滨浅湖—半深湖沉积背景下的辫状河三角洲前缘分流河道的沉积,且分流河道有向后退缩的

趋势。

(3) 沉积相带控制了苏德尔特油田兴安岭群 油层组储集物性与油气的分布,水下分流河道及河口坝微相砂体为该区有利的油气聚集区。

参考文献:

- [1] 张长俊,龙永文.海拉尔盆地沉积相特征与油气分布[M].北京:石油工业出版社,1995.
- [2] 陈守田,刘招君.海拉尔盆地含油气系统[J].吉林大学学报:地球科学版,2002,32(2):151-154.
- [3] 王青海,陈守田.海拉尔盆地油气勘探开发前景[J].中国石油勘探,2002,7(3):16-19.
- [4] 王家亮,张金川,张杰,等.海拉尔盆地贝尔凹陷的油气运聚分析[J].现代地质,2003,17(4):459-465.
- [5] 王多云,郑希民,李凤杰,等.低孔渗油气富集区优质储层形成条件及相关问题[J].天然气地球科学,2003,14(2):87-91.
- [6] 刘小琦,王宏亮,张永旺,等.鄂尔多斯盆地甘谷驿油田东部长 6 储层沉积微相研究[J].天然气地球科学,2007,18(1):74-77.
- [7] 冯增昭.沉积岩石学[M].2 版.北京:石油工业出版社,1996.
- [8] 张春生,刘忠保.现代河湖沉积与模拟实验[M].北京:地质出版社,1997:73-75.
- [9] 林畅松,张燕梅,刘景彦,等.高精度层序地层学和储层预测[J].地学前缘,2000,7(3):111-116.
- [10] 郑荣才,尹世民,彭军.基准面旋回结构与叠加样式的沉积动力学分析[J].沉积学报,2000,18(3):369-375.
- [11] 孙粉锦,肖红平,刘锐娥,等.鄂尔多斯盆地中东部地区山 2 段储层沉积特征及勘探目标评选[J].天然气地球科学,2005,16(6):726-731.

## Sedimentary Microfacies and Gas/oil Distribution in Oil Formation in Xinganling Group, Sudeerte Oilfield

XU Zhen-zhong<sup>1</sup>, YAO Jun<sup>1</sup>, WANG Xi-bin<sup>1</sup>, Zhang Di-nan<sup>2</sup>

(1. College of Petroleum Engineering, China University of Petroleum, Dongying 257061, China;

2. Exploration & Development Research Institute, Daqing Oilfield Company, Daqing 163712, China)

**Abstract:** The sedimentary facies distribution of sandstone reservoirs and heterogeneity become the bottle neck restricting the progressive exploration, development and production. According to core observation, well logging and drilling, the sedimentary microfacies and gas/oil distribution in oil formation in Xinganling Group are studied. The results show there are many sedimentary microfacies in oil formation in Xinganling Group, such as submerged branch channel, distributary mouth bar, and distal bar in braided-river delta front and main groove and embankment in sublacustrine fan, and the submerged branch channel in braided-river delta front is dominant. The relation among the sedimentary microfacies, the reservoir physical property, and the distribution of oil/gas are analysed, and it is shown that the favorable place for petroleum accumulation is the sandbody to submerged branch channel and distributary mouth bar in braided-river delta front.

**Key words:** Sudeerte Oilfield; oil formation in Xinganling Group; Sedimentary microfacies; Hydrocarbon distribution.



图版 I

图版 II

图版 III

图版 IV



图版 V



图版 VI



图版 VII



图版 VIII

图版 I 冲刷面,含砾粗砂岩与被烘烤的灰黑色泥岩,贝 16 井,1 351.2 m;图版 II 油浸含砾粗砂岩(下)、中粗粒砂岩(上),多个正旋回,贝 16 井,1 341.8 m;图版 III 油浸中粒砂岩中泥岩撕裂屑,贝 16 井,1 343.5 m;图版 IV 粉砂质泥岩中夹有紫色泥质条带,贝 16 井,1 340.3 m;图版 V 平行层理及楔状交错层理发育的细粒砂岩,德 110-217 井,1 626.4 m;图版 VI 粉砂岩中包裹的含有大量炭屑的泥岩,贝 28 井,1 689.9 m;图版 VII 灰色粗粒砂岩中大量泥岩撕裂屑(主沟堤),贝 28 井,1 664.9 m;图版 VIII 小型滑塌擦痕、火焰构造(沟道间),贝 28 井,1 667.1 m