

高尚堡油田沙三¹段储层沉积学特征

冉启佑 游秀玲 杨勇[○]

(中国新星石油公司规划研究院 北京 100083)

作者通过对目的层储集岩岩石学特征及沉积特征的研究,首次阐明沙三¹段沉积环境为河流-滨浅湖环境,沉积体系属湖岸沉积体系,储层沉积相为辫状河三角洲相。此成果对于油田滚动开发及勘探选区评价具有十分重要的指导意义。

关键词 辫状河三角洲 储层沉积学 勘探选区评价 经济效益 高尚堡油田

第一作者简介 冉启佑 男 30岁 工程师 沉积与石油地质

高尚堡油田位于冀东坳陷南堡凹陷北部柏各庄和西南庄大断层下降一侧。高尚堡构造是一个被断层复杂化的背斜,呈北西-南东方向展布。北以高北断层为界,南以高柳断层为界,为一典型的掀斜构造。其上发育的一系列北东向和北西向断层将其切割成若干掀斜断块(图1)。构造面积约48km²。沙三¹段底部构造面貌为西高东低、南高北低的展布格局。

高尚堡油田目前已钻探、试油的地层主要在新生界。自下而上有下第三系沙三段(细分为5个亚段)、沙二段(普遍遭剥蚀)、沙一段、东营组;上第三

系馆陶组、明化镇组;第四系平原组。地层层序自下而上划分为下、中、上3个层序,研究目的层沙三¹段沉积属于下层序高水位体系域(湖退体系域)。

1 岩石学特征

1.1 岩石成分及结构

沙三¹段共分为3个油组。储集岩为一套浅灰色、灰褐色砂岩及含砾砂岩,砂岩粒级较粗,以中-细砂岩为主,部分并砾石含量较高。与其下部地层沙

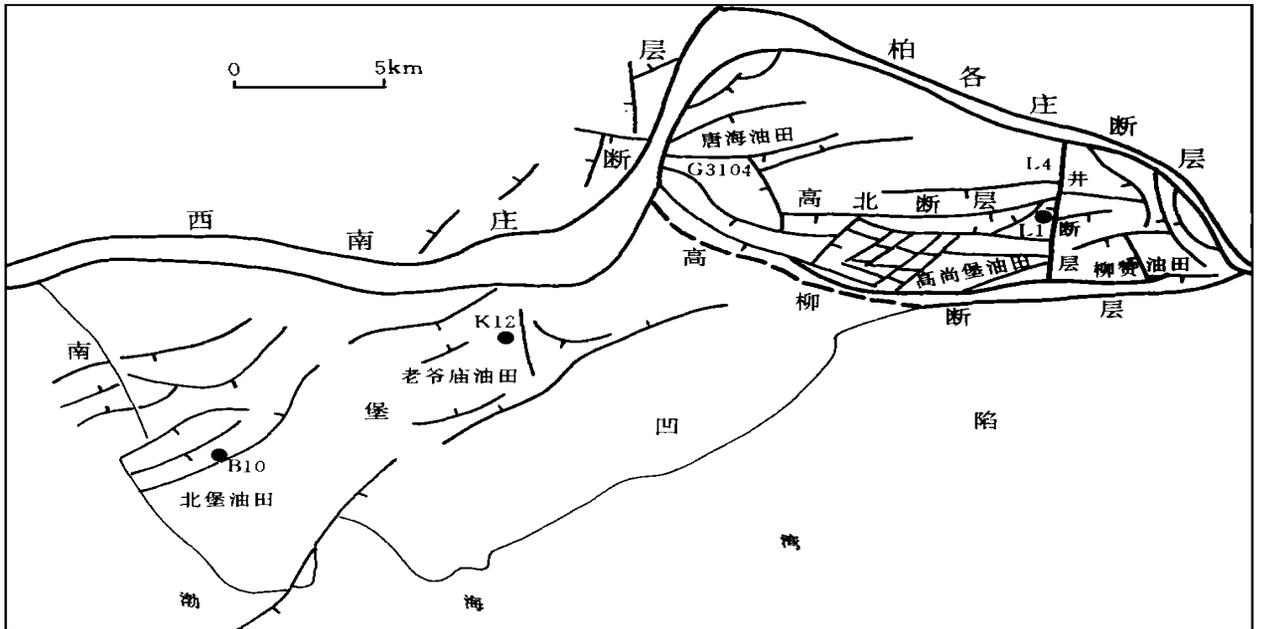


图1 高尚堡油田断裂分布简图

○ 参加“高尚堡油田沙三¹段沉积相与储层评价”课题的还有李雯文、姚军辉、常学军、冯殿霞、杨爽

三²⁺³段相比,岩性具有较好的继承性,但在沙三¹段顶部发育灰褐色及紫红色泥岩(如G3101井、G49-29井),反映沉积环境水体较浅,并确定有水上泛滥平原沉积。砂岩分选为中等-差,颗粒磨圆度呈次棱角状-次圆状,且砾石分布呈一定的方向叠置,反映了沉积物水动力搬运能量较大,搬运距离较远。岩芯观察中发现大量植物碎屑、完整的植物叶、粗大的碳化植物茎以及反映浅水环境的瓣鳃类化石,均表明沙三¹段沉积环境为河流-滨浅湖环境。

目的层段石英平均含量27.67%,长石平均含量39.58%,岩屑平均含量32.77%,可以看出,稳定矿物石英含量不足30%,而代表非稳定矿物的长石和岩屑含量之和大于70%,显然目的层岩石矿物以非稳定矿物为主。如果用指示岩石成分成熟度的石英/(长石+岩屑)的比值,即稳定矿物(石英)与非稳定矿物(长石+岩屑)之比来衡量,目的层为0.39,而辽河地区扇三角洲为0.71,松辽南部后五家户气田正常三角洲为0.73,濮城地区扇三角洲为1.0,显

然目的层砂岩成分成熟度及结构成熟度均较低,反映了沉积速度快、水动力能量变化快的沉积特点。表明沙三¹段沉积物既不同于三角洲相又不同于正常三角洲相沉积,因此可确定为两者之间的辫状河三角洲相沉积(薛良青,1991)。

1.2 岩石类型

砂岩分类的目的是为了确定沉积物的岩石相,目前它仍是沉积相研究的必要手段。工区砂岩分类结果表明,砂岩类型主要为长石砂岩和岩屑砂岩的过度类型即长石岩屑砂岩和岩屑长石砂岩,且以长石岩屑砂岩为主体(表1)。其中G77、G43-21、G53-27、G49-29 4口井长石岩屑砂岩占岩样百分比均大于75%,说明此时期沉积物物源较稳定,且归属同一物源。反映了沉积物母岩应为富含长石的花岗岩类,这是陆源碎屑尤其是山前湖泊沉积最常见的岩石类型。G3101、G78井则含少量长石砂岩,表明工区岩石类型具有多样性的特点。反映断陷湖盆物源供给的不稳定性和沉积物源的复杂性。

表1 岩石类型特征表

取 芯 井	层 位	样 品 数	岩 石 类 型							
			长石砂岩		岩屑长石砂岩		长石岩屑砂岩		岩屑砂岩	
			数 量	百 分 比 (%)	数 量	百 分 比 (%)	数 量	百 分 比 (%)	数 量	百 分 比 (%)
G77	沙 河 街 组 三 段 一 亚 段	9		2	22	7	78			
G78		176	76	43	72	41	28	16		
G43-21		20		2	10	18	90			
G49-29		5		1	20	4	80			
G53-27		59		1	1	47	80	11	19	
G3101		24	1	4	12	50	11	46		

1.3 粒度结构特征

沉积物的粒度结构是沉积物源岩性质、水动力能量、搬运距离、床底形态综合作用结果的反映,特别是沉积场所水动力条件及作用时间明显地控制于沉积物的粒度结构。

1.3.1 砂岩概率累积曲线

不同沉积环境中,由于水动力条件强弱的差异、作用时间长短的不同、作用方向的变化等因素的影响,致使沉积物的分选性有很大差别(顾家裕等,1994)。沉积物颗粒在水介质中的搬运方式主要有3种,即滚动、跳跃和悬浮搬运。概率累积曲线把首、尾最粗和最细部分明显地表现出来,因此可在曲线上

识别出不同的搬运方式和沉积作用。

高尚堡油田沙三¹段的砂岩概率累积曲线(图 2) 可归纳为以下几类:

- ① “双跳跃”三段式; ② “单跳跃”三段式; ③ 低悬浮缓跳跃两段式; ④ 低悬浮陡跳跃两段式; ⑤ 高悬浮缓跳跃两段式; ⑥ 高悬浮陡跳跃两段式; ⑦ 粗悬浮一段式; ⑧ 细悬浮一段式。

上述 8 类概率累积曲线主要发育第①类、第③类和第④类, 即主要发育具有双跳跃组分的“双峰式”三段式和由跳跃、悬浮组成的两段式, 反映出在有一定坡降的地理环境中沉积物搬运的水动力条件变化以及水体能量由强变弱的沉积过程, 表明本区沉积物主要以牵引流方式搬运、床底载荷形式沉积。

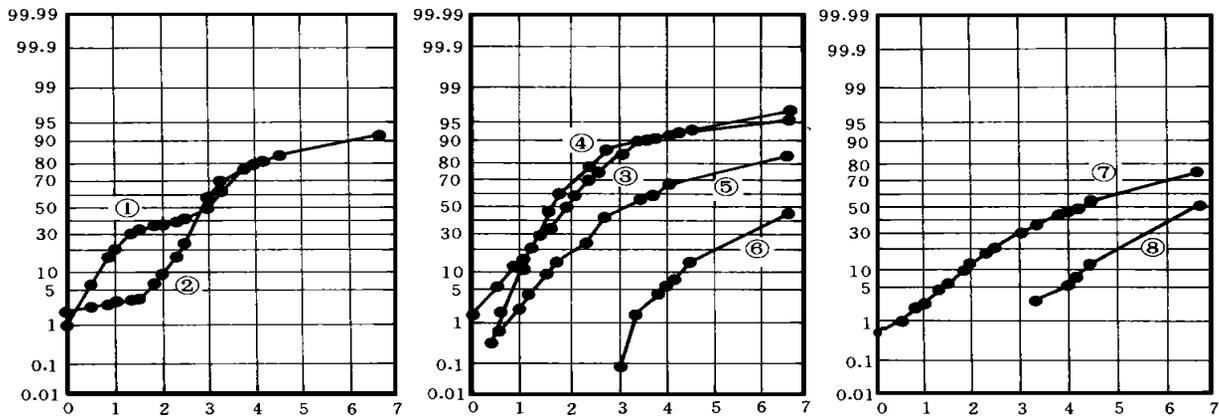


图 2 沙三¹段砂岩概率累计曲线

1.3.2 C-M 图

对 6 口取芯井粒度资料进行分析处理, 取 C、M 值作图, 结果表明, C-M 图上主要发育 PQ 段和 QR 段, RS 段因取样所限不甚发育(图 3), 反映目的层沉积物呈牵引流方式搬运, 即河流环境的沉积作用。

2 岩石相类型及其组合

岩石相通常是指特定的水动力条件或能量条件下形成的岩石基本单元。划分岩石相的意义在于通过某一特定的岩石单元来反映其形成时的特定的沉积作用和水动力条件, 并以此作为沉积环境分析的重要依据。

岩芯观察及描述是确定岩石相类型最直接且最可靠的工作方法。通过对工区 G49-29 井、G3101 井、G53-27 井等共 5 口井的岩芯详细观察和描述, 结合岩性、颜色、粒度、沉积构造等特征, 将工区岩石相划分为以下几种类型:

- ① 交错层理砾岩相(Gc); ② 块状层理砂砾岩相(Gm); ③ 块状层理含砾砂岩相(Sf); ④ 块状层理粗砂岩相(Sm); ⑤ 槽状交错层理细砂岩相(St); ⑥ 波状交错层理细砂岩相(Sr); ⑦ 平行层理细砂岩相(Sp); ⑧ 透镜状层理粉砂质泥岩相(Ml); ⑨ 块状层理泥岩相(Mm); ⑩ 水平层理泥岩相(Mh)。

上述 10 种岩石相中, 块状层理粗砂岩相、槽状交错层理细砂岩相、波状交错层理细砂岩相和平行层理细砂岩相因其砂岩粒度相对较粗, 主要发育于水下分流河道及河口砂坝中, 具有较好的分选性, 因此其砂体孔渗性较好, 是工区最有利于油气富集的储集岩石相, 试油成果亦反映工区粗粒度砂体其含油气性更好。

岩石相组合是指具有成因联系的不同微相在垂向上的相互结合, 具成因特征和典型的沉积作用和过程, 实际上代表一种沉积环境的相序或层序。就储集层而言, 通常一个特定的层序或岩相组合是一个独立的油气储层, 因此, 它是分析油气储层层内非均质性的基本实体单元。工区最典型的岩石相组合是 Sf Mm 组合、Sm Mm 组合、St Mm 组合和 Sr Sh 组合, 其中 Sf Mm、St Mm 组合为典型的

- ① 交错层理砾岩相(Gc); ② 块状层理砂砾岩相

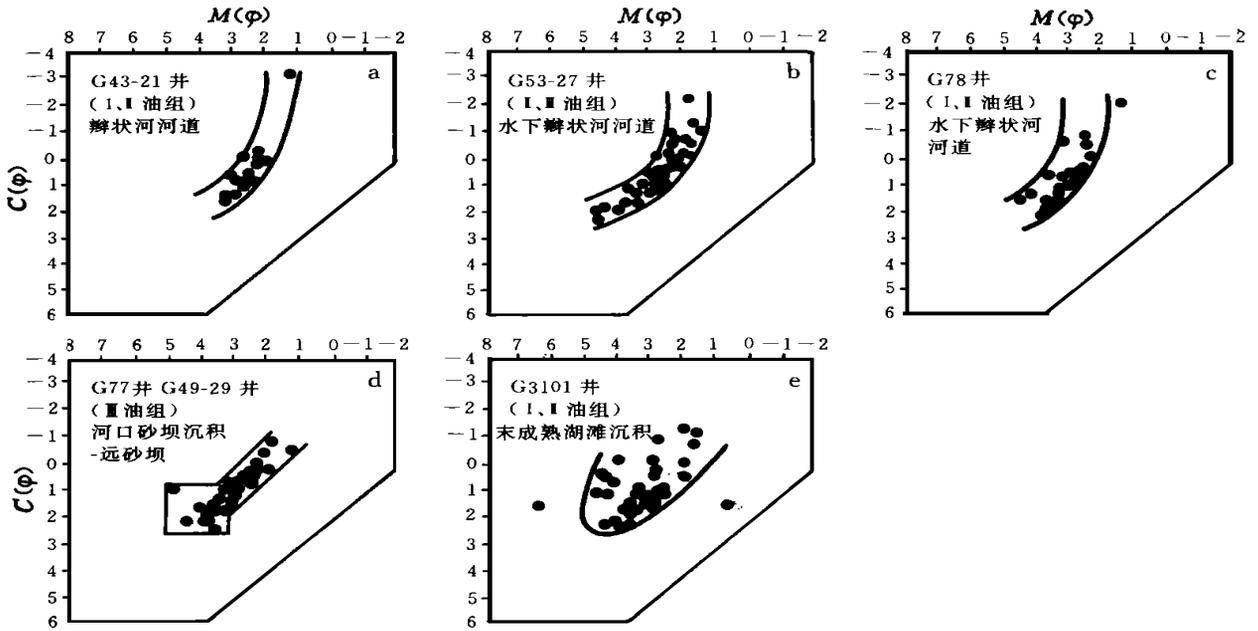


图 3 沙三¹段砂岩 C-M 图及环境解释

河流二元结构(如图 4a), 剖面上 Sf 相和 St 占绝对优势, 岩性为含砾砂岩或粗砂岩, 颜色多为深灰色, M_m 相泥岩颜色多为灰褐色, 岩性不纯, 常为粉砂质泥岩, 为河道间细粒悬浮物沉积而成。层理构造以块状层理或槽状交错层理为主, 厚度一般在 5m 左右, 厚者达 15m 以上。与下伏泥岩呈突变接触, 冲刷构造十分发育。这种层序表现出水动力强弱的交替变化, 同一岩相在垂向上反复出现, 具间歇性水流的特点。电测曲线为齿化钟型或齿化箱型。一般在砂岩底部具有较高的孔隙度和渗透率, 向上则储集性能降低。此类岩石相组合是工区最为发育的微相组合,

同时也是最有利于油气富集的岩石相组合。图 4b 以 S_m 相和 S_r 相发育为主要特征, 沉积构造以小型槽状交错层理和波状交错层里最为发育。砂岩厚度一般在 6m 左右, 岩性较细, 以中-细砂岩为主。电测响应以漏斗型为主, 反映为前缘河口砂坝沉积。因此砂岩具有较好的分选性, 砂体内部非均质性不强, 在注水开发中单向水流突进现象不明显。是工区主要的储集砂体。

3 物源方向

沉积物物源研究是沉积相研究的重要组成部分, 它对于油田勘探选区以及加密井的部署具有十分重要的指导意义。由于缺乏古生物资料和重矿物资料, 因此, 作者通过对地层沉积厚度变化的研究来确定物源方向。

研究地层沉积厚度的目的在于了解沉积物沉积厚度在平面上的分布及变化。根据沉积补偿原理, 沉积厚度大的地方, 反映古地形为低洼地带, 容易接受沉积; 沉积厚度小的地方, 反映古地形较高, 不易接受沉积。按照水动力学理论, 高的古地形代表了水流方向, 低的古地形则为蓄水体, 由此可判断沉积物物源方向。因此研究地层沉积厚度可为沉积相的确定, 特别是沉积物物源方向的判断提供直接、可靠的依据。

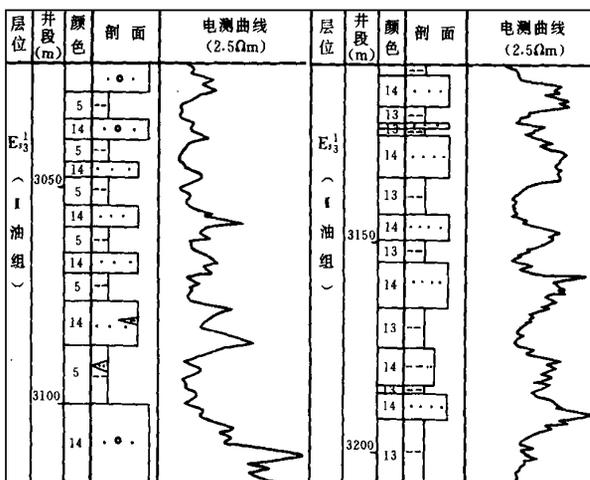


图 4 两种主要的岩石相组合类型

左: 水下辫状河道岩石相组合特征; 右: 河口砂坝岩石相组合特征

研究地层厚度变化通常以等厚线形式来表示。地层等厚度图用以反映盆地范围、沉积边界以及沉积基底(基础层)的古地形和古构造的特征等。

沙三¹段地层厚度为 150 ~ 320m, 平均为 249m。为了更好地反映地层原始沉积厚度变化, 我们选择了钻穿目的层且无断层通过的井参加作图。钻遇地层最厚的井为 G60-36 井, 其厚度为 311m, 钻遇厚度最薄的井是 G16-10 井, 其厚度为 202m。如图 5 所示, 沙三¹段地层等厚度图反映出了以下 4 个方面的沉积特点:

(1) 工区东北部和西南部沉积厚度向湖盆中心方向逐渐加厚, 反映向陆一侧下伏古地形较高, 这两个方向即为该时期的沉积物物源方向。

(2) 沉积盆地具有明显的轮廓, 盆地走向与盆地构造延伸方向基本一致, 即呈北西-南东向展布。

(3) 盆地具有断陷湖盆的沉积特点, 在工区北部 G19 井和 G17-2 井以东为该时期的两个沉降中心, 沉积厚度最大。

(4) 盆地的总体沉积格架呈西高东低、南高北低的特点。

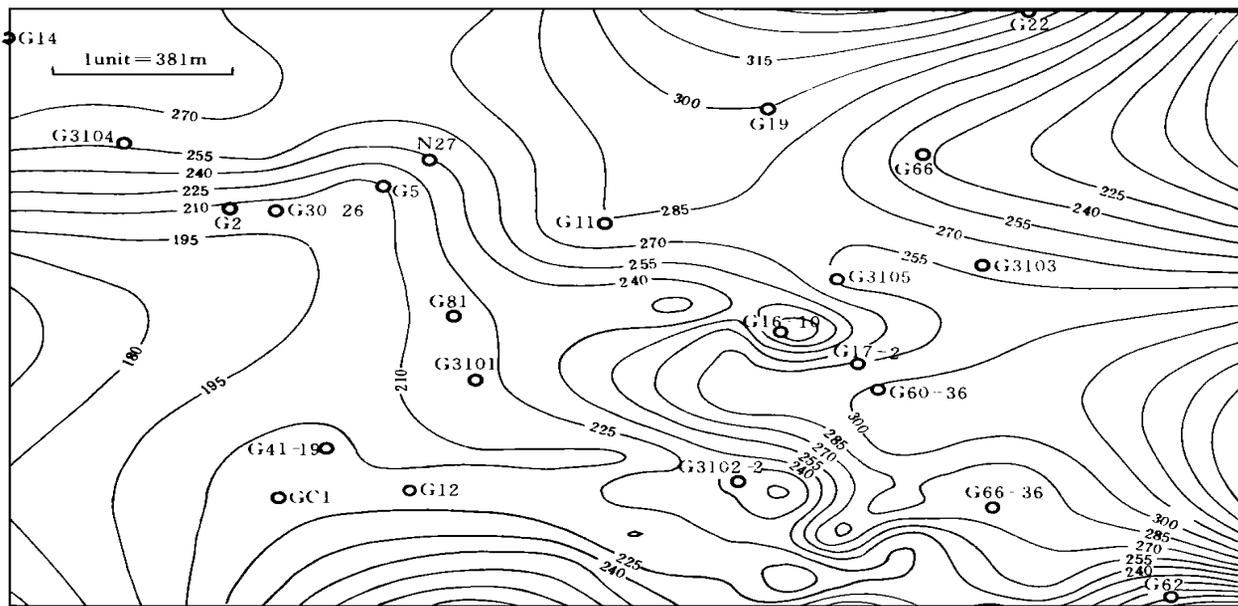


图 5 沙三¹段地层厚度等值线图

4 结 论

(1) 高尚堡油田沙三¹段储集层为一套粗碎屑沉积岩, 沉积环境为河流-滨浅湖环境; 沉积体系为湖岸沉积体系, 储集岩沉积相为辫状河三角洲相。

(2) 块状层理粗砂岩相、槽状交错层理中-细砂岩相、波状交错层理细砂岩相和平行层理细砂岩相是工区最有利于油气富集的储集岩石相; Sf-Mm 组合、Sm-Mm 组合、St-Sm 组合以及 Sr-Mh 组合是工区目的层最为发育的岩石相组合类型, 同时也是最有利于油气富集的岩石相组合。

(3) 工区主要物源方向为北东方向物源和西南

方向物源, 沉积格局与构造走向基本一致呈北北西-南南东方向展布; 沉积面貌具有西高东低、南高北低的沉积特点。

参 考 文 献

- 1 顾家裕等. 沉积相与油气. 北京: 石油工业出版社, 1994, 47 ~ 59
- 2 薛良青. 扇三角洲、辫状河三角洲与三角洲体系的分类. 地质学报, 1991, (2) 141 ~ 151

(收稿日期: 1997 年 8 月 7 日)

(下转 233 页)

阳顶构造图确定, 也需作阳底构造图以落实。

川东石炭系其它相似区, 也可为其它类似地区借鉴。

4 结语

华蓥山东麓石炭系是川东石炭系气区勘探程度较高的地区, 成功率也高。勘探实践启示, 石炭系残厚多变区不但会影响储层有效厚度和溶蚀孔缝的变化, 而且可以改变圈闭的性质, 使圈闭变得复杂而多样, 甚至可改无利圈闭为有利圈闭。此经验可适用于

参 考 文 献

- 1 陈宗清. 川东石炭系潮坪沉积区地层划分对比与找气意义. 地质学报, 1985, 59(2): 87~96
- 2 陈宗清. 川东石炭系相南残丘气藏. 石油勘探与开发, 1983, 10(5): 15~16
- 3 陈宗清. 川东石炭系溶蚀岩性气藏. 石油勘探与开发, 1989, 16(5): 23~28

(收稿日期: 1997年3月26日)

TRAP CHARACTERISTICS AND FURTHER EXPLORATION OF CARBONIFEROUS GAS POOLS AT THE EASTERN FOOT OF HUAYINGSHAN MOUNTAIN

Chen Zongqing

(Sichuan Research Institute of Petroleum Geological Exploration and Development, Chengdu 610051)

Abstract

The exploration degree of Carboniferous system at the eastern foot of Huayingshan Mountain is higher. Twelve traps have been explored, and ten gas pools obtained. Only the traps at the northern sector of Lin produce water, and the circum-mountain traps at the southern sector do not produce gases because of too thin residual thickness and the loss of reservoir. In the stable area of Carboniferous residual thickness at the northern sector, the gas pools are all tectonic traps which are dominated by host anticlinal traps and consistent with regional tectonics. In the changeable area of Carboniferous residual thickness at the southern sector, the gas pool traps are complex. Besides tectonic traps, strata-host anticlinal compound, strata-stacking fault compound, strata-fault compound and unaka traps exist together with the change of residual thickness. Under certain conditions, solution lithologic traps or fault-solution lithologic traps also occur. The targets of further exploration are mainly underfault overthrust, strata-fault compound, strata-host anticlinal compound, host anticlinal and solution lithologic traps.

(上接 238 页)

CHARACTERISTICS OF RESERVOIR SEDIMENTOLOGY IN THE SHA-3 MEMBER OF THE GAOSHANGBAO OIL FIELD

Ran Qiyu You Xiuling Yang Yong

(Research Institute of Planning, CN SPC, Beijing 100083)

Abstract

By study on the characteristics of reservoir petrology and sedimentology in target strata, the authors first expound that the sedimentary environment of the Sha-3 Member is river-shore shallow lake environment, the sedimentary system belongs to lakeshore depositional system, and the sedimentary facies of the reservoir are braided river delta facies. This result has very important directive significance for the rolling development of the field and the evaluation of prospect area.