文章编号:1009-3850(2019)01-0089-07

乍得 BS 油藏沉积微相特征及对油气分布的控制作用

张昆山

(长城钻探工程有限公司地质研究院, 辽宁 盘锦 124010)

摘要:结合区域沉积背景,应用 BS1-1 取心井资料进行泥岩颜色、岩石组合、沉积结构、构造、粒度分布、沉积韵律等相标志分析,对 BS 油藏沉积微相特征进行了深入研究,分析了沉积微相对油气分布的控制作用。BS 油藏 PI 油层组为扇三角洲前缘远端沉积,水下分流河道分布范围有限,仅在断层附近发育,河道前端受湖浪作用改造明显,前缘席状砂发育,偶见远砂坝,河道间微相不发育。沉积微相类型控制了储层类型及其展布方式和储集性能,沉积微相展布对油气分布具有明显的控制作用,水下分流河道生储盖组合良好,为油气有利富集相带。

关 键 词:BS 岩性油藏;PI 油层组;沉积微相;水下分流河道;控制作用

中图分类号:TE122 **文献标识码**:A

引言

陆相湖泊扇三角洲砂体是油气聚集成藏的重要储集体,是油气增储上产的重要领域[1],在该沉积体系开发的石油储量占我国总开发量的 5.4%[2]。扇三角洲砂体非均质性强,侧向相变快,不同沉积微相砂体规模和储集物性不同,这种砂体分布和储集物性的差异控制了油水分布规律[3-10]。因此,开展扇三角洲沉积微相研究,对改善油田勘探开发效果具有重要意义。

BS 油藏位于乍得 Bongor 盆地 GB 油田, 2009 年首钻井钻遇 22m 油层,试油超过 400m^3/天,2012 年投入开发以来累计产油已近 100 × 10^4 m^3,为中石油在乍得主力油藏之一。但单井产量差异大,低产、低效、未投产井多,反映油藏内部非均质性强,砂体空间分布及连通情况认识不清,地质特征尤其是沉积微相特征研究已严重影响油田开发效果。因此,本文拟在前人研究基础上,综合钻井岩心及测井资料,进行详细的沉积微相研究,查明沉积微相展布特征及优势沉积微相展布区带,结合油田生产动态讨论沉积微相对油气分布的控制作用,对深化 BS 油藏地质认识和改善油藏开发效果具有重要意义。

1 研究区概况

Bongor 盆地位于乍得共和国西南部、中非剪切带中段北侧,是受中非剪切带影响发育起来的中—新生代陆内反转裂谷盆地[11-14],总体呈 NWW 走向,由北向南依次划分为北部斜坡带、中央坳陷、南部隆起和南部坳陷 4 个一级构造单元,其中北部斜坡带为继承性隆起和凹陷并排相间,BS 油藏即位于北部斜坡带的 Mimosa 凹陷西北部(图 1)。该油藏总体上为一北高南低、两翼不对称、北部受断裂控制的断背斜,其长轴方向为 NW - SE 向,钻井揭示地层从上到下依次为下白垩统的 B、R、K、M 和 P 组地

收稿日期: 2018-04-11; **改回日期**: 2018-05-19

作者简介: 张昆山(1986 年 -),男,双硕士,工程师,2012 年毕业于中国石油大学(北京)及俄罗斯乌法国立石油技术大学,现从事油藏地质综合研究工作。E-mail:ccbnzks@126.com

资助项目: 中国石油天然气集团公司科学研究与技术开发项目"海外风险勘探领域优选和目标评价"(2016D - 4302)

层,均为湖相碎屑岩沉积,其中 P 组划分为 3 个油层组,上部的 PI 油层组为主力含油层位,由上至下进一步细分为 PI_1 ~ PI_5 共 5 个砂岩组,油藏类型为层状边水构造 - 岩性油藏。

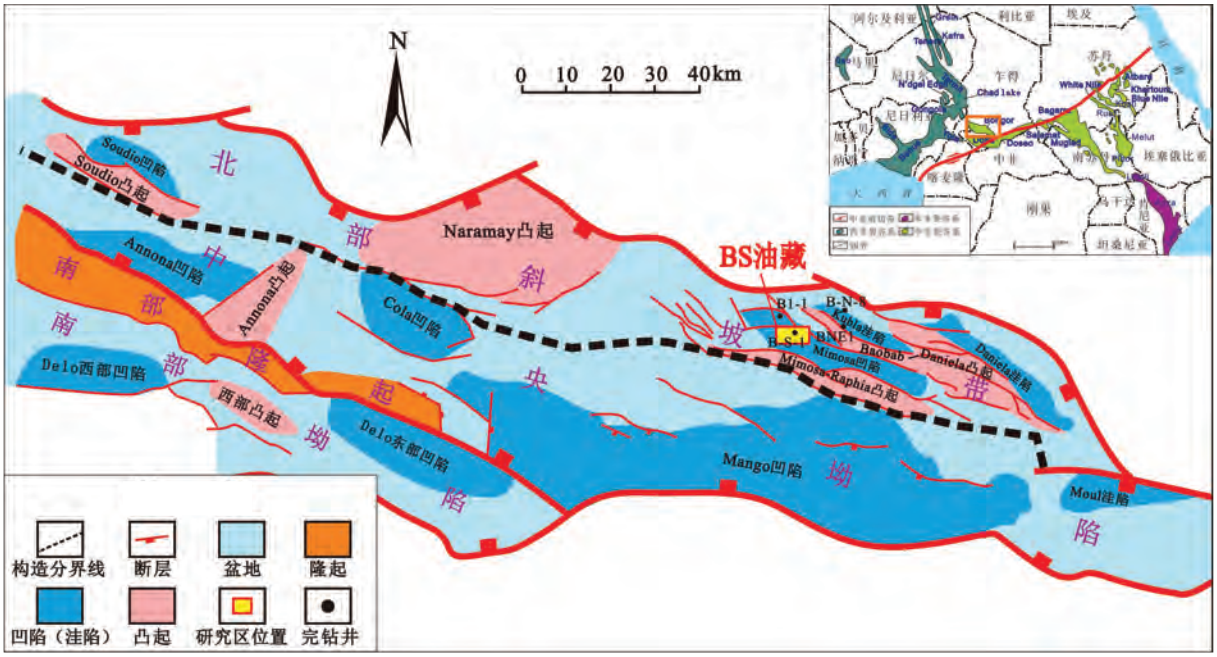

图 1 Bongor 盆地构造区划简图(据文献[11]修改)

Fig. 1 Tectonic setting of the Bongor Basin in southwestern Chad (modified from Zhao Jian et al., 2013)

2 沉积微相划分

2.1 沉积背景

PI 油层组沉积时为盆地快速裂陷期,研究区紧邻物源区,地形坡度大,沉积物短距离搬运后快速入湖形成扇三角洲沉积,古水流及物源方向为 NW - SE 向[11-12]。

2.2 相标志分析

泥岩颜色、岩石组合、结构、构造、粒度分布、沉积韵律等是确定沉积微相的沉积学标志,其中岩石原生沉积构造是沉积环境最直接的表现形式,粒度分布是水动力强弱的物质表现,沉积韵律相序则提供了整个沉积环境的沉积特征[3]。

(1)泥岩颜色。以绿灰色为主(图 2),反映水体相对较浅的弱还原-弱氧化沉积环境。

(2)岩石类型及组合。BS1-1 井取心段以砂砾岩、含砾中粗砂岩为主,次为细、粉砂岩,偶见细砾岩;矿物组成以钾长石和斜长石为主,次为石英,含少量岩屑,颗粒呈棱角 - 次圆状,分选中 - 差(图 3),岩石成分成熟度和结构成熟度低,说明沉积物搬运距离短。

(3)粒度分布。粒度概率图以两段式为主,偶见

图 2 BS1-1 井岩心泥岩颜色

a. 绿灰色泥岩; b. 暗绿灰色泥岩;c. 浅绿灰色粉砂质泥岩

Fig. 2 Pictures showing the colours of the mudstones in the cores from the BS1-1 well

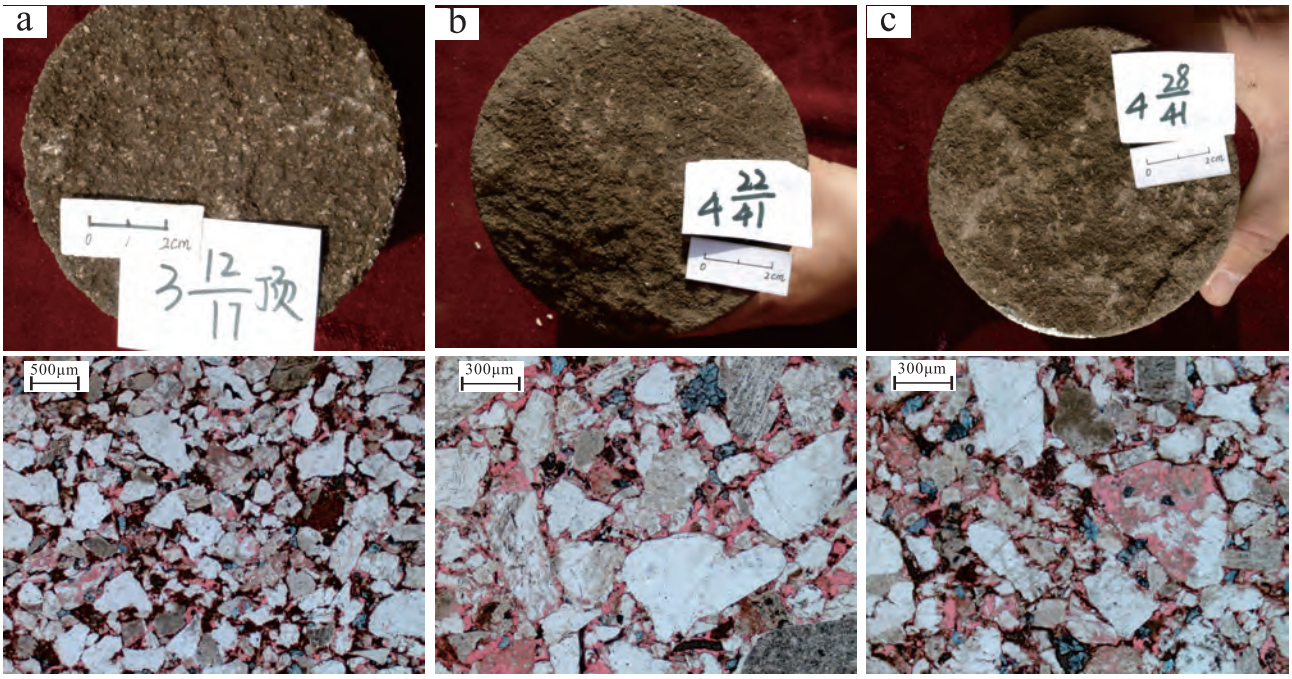

图 3　BS1-1 井岩心与铸体薄片

a. 灰褐色富含油粗砂岩,1525.39m;b. 灰褐色富含油砂砾岩,1531.07m;c. 灰褐色富含油含砾粗砂岩,1532.5m

Fig. 3　Pictures showing the cores and cast thin sections from the BS1-1 well

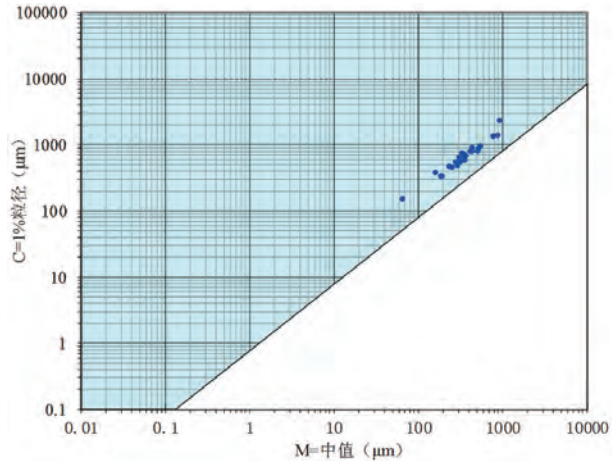

图 4　BS1-1 井 C-M 图

Fig. 4　CM patterns for the grain size distribution in the cores from the BS1-1 well

三段式,C-M 图点群平行于 C = M 基线(图 4),表现出一定的牵引流和重力流混合的特征。

(4)沉积构造。取心段砂岩、砾岩多发育正粒序层理、块状层理(图 5a、b),旋回顶部粉砂岩、泥质粉砂岩中偶见波状层理(图 5c),旋回底部见冲刷面(图 5d),均常见于水下分流河道等强水动力沉积环境。

(5)沉积韵律。取心段整体呈正旋回特征,岩性由下到上逐渐变细,内部发育多个正韵律,韵律厚度一般 0.5 ~ 0.8m,最厚为 1.5m,层内非均质性较强(图 6),表现为多期水下分流河道叠置沉积的特征。

2.3　沉积微相与测井相特征

结合区域沉积背景,通过取心井相标志分析和测井资料研究表明,BS 油藏 PI 油层组为扇三角洲前缘亚相沉积,发育微相有:水下分流河道、远砂坝或前缘席状砂、分流河道间(图 6),各微相特征如下:

(1)水下分流河道。岩性以灰褐色含砾中-粗砂岩为主,分选较差,发育块状层理、平行层理、粒序层理等,底部见冲刷面构造,垂向上具明显的正韵律特征,GR 曲线表现为钟形或箱型。

(2)远砂坝或席状砂。岩性以细粉砂岩和泥质粉砂岩为主,成熟度较高,垂向上薄层细粉砂岩与泥岩互层,为水下分流河道远端受湖浪改造而成,向湖盆过渡为前扇三角洲泥岩,发育小型交错层理、沙纹层理等,测井曲线形态为锥形、指状和锯齿状。

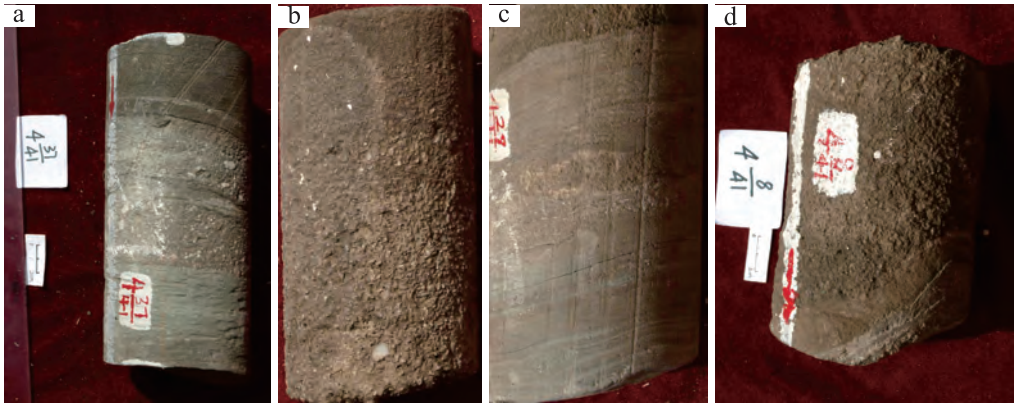

图 5 BS1-1 井岩心沉积构造特征

a. 块状层理,1534.01m;b. 正粒序层理,1527.90m;c. 波状层理,1532.3m;d. 冲刷面构造,1528.09m

Fig. 5 Sedimentary structures in the cores from the BS1-1 well

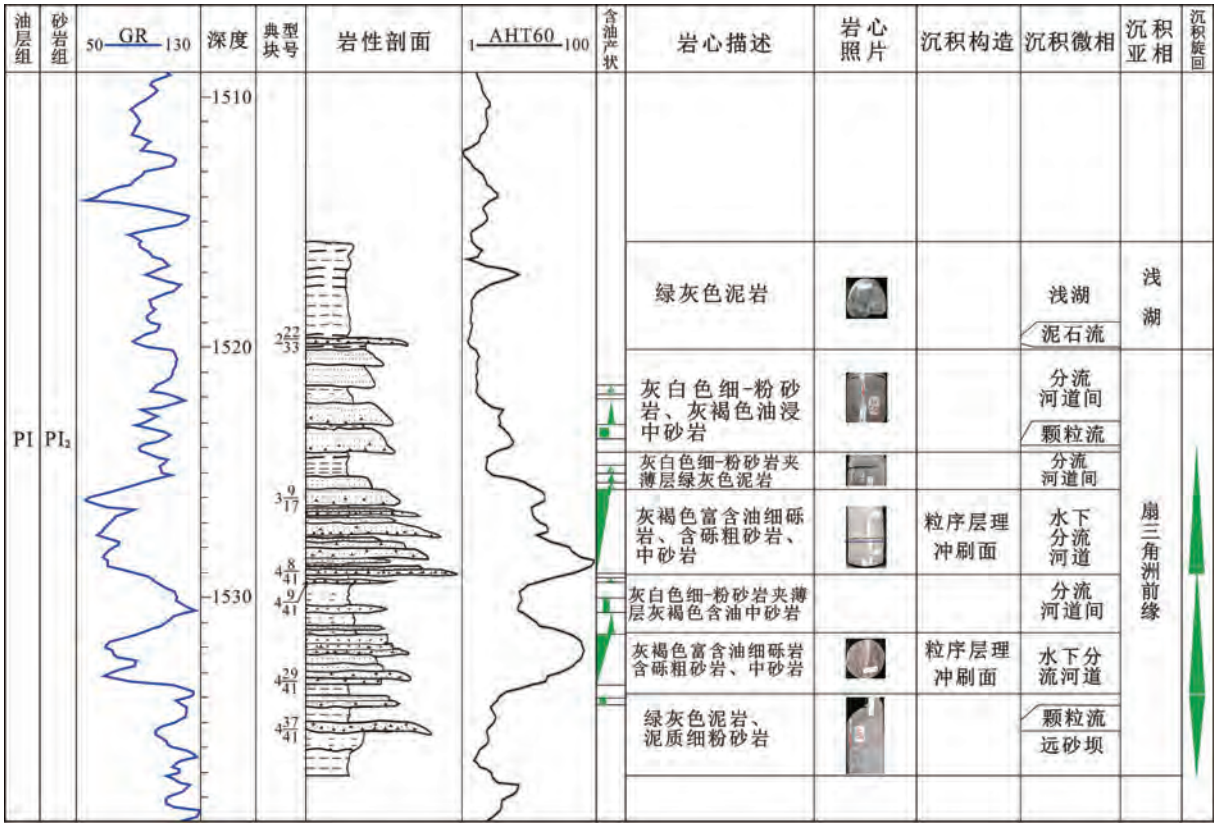

图 6 BS1-1 井取心段沉积微相图

Fig. 6 Sedimentary microfacies of the sampling horizons in the BS1-1 well

(3)分流河道间。岩性为绿灰色泥岩夹粉砂质泥岩,水体相对稳定,主要为湖泊悬浮细粒沉积物垂向加积而成,发育水平层理,GR 曲线多为平直状,接近于泥岩基线,偶见微齿状。

2.4 沉积微相展布特征

根据沉积微相和测井相特征,完成了全区单井相划分,通过构建沉积微相横、纵剖面,结合地震属性及砂地比特征,编制了 BS 油藏目的层各砂岩组的沉积微相平面展布图(图 7),沉积微相展布特征为:PI_5 砂岩组沉积时,水下分流河道微相主要发育在油藏西部,沿 BS1-13 井、BS1-22 井和 BS1-24 井一线呈 NW—SE 向展布,前缘席状砂微相沿河道外围

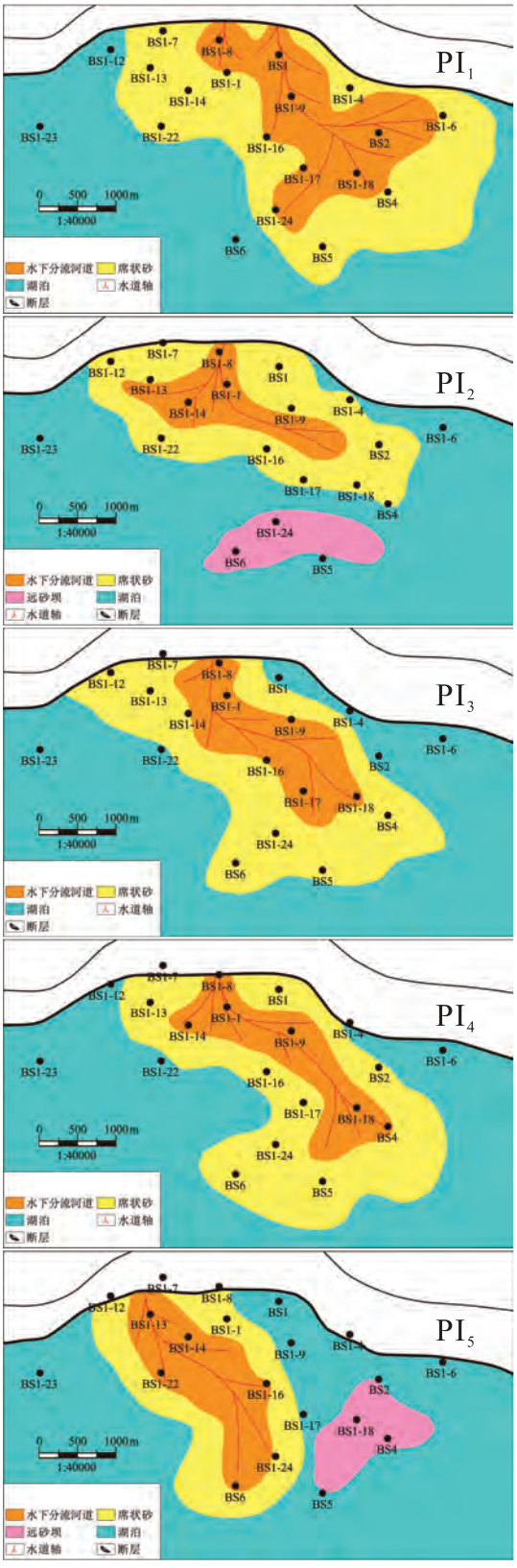

图 7　PI 油层组各砂岩组沉积微相展布图

Fig. 7　Sedimentary microfacies distribution in the sandstones from the PI pay set

分布,BS1-18 井区发育远砂坝微相;PI_4 砂岩组沉积时,水下分流河道向东迁移并收缩变窄,仅分布在 BS1-8 井、BS1-9 井和 BS1-18 井一线,前缘席状砂微相发育;PI_3 砂岩组沉积时,水下分流河道微相发育具有继承性,河道中心与 PI_4 砂岩组基本一致,河道分布范围有所扩大;PI_2 砂岩组沉积时,水下分流河道再次收缩变窄,呈近 EW 向展布,BS1-24 井区发育远砂坝微相;PI_1 砂岩组沉积时,水下分流河道微相最为发育,沿断层呈近 EW 向展布,河道中心位于 BS1 井、BS1-9 井和 BS1-18 井一线。整体而言,PI 油层组沉积时,BS 油藏位于扇三角洲前缘远端,水下分流河道分布面积有限,仅在断层附近呈 NW—SE 向展布,因河道侧向迁移频繁,河道间微相不发育;河道前端受湖浪作用改造明显,前缘席状砂发育,偶见远砂坝。

3　沉积微相控制油气分布

油气成藏受沉积、成岩和构造作用共同影响,必须具备良好的生油岩、储层、盖层、圈闭、运移和保存条件,其中沉积作用最为基本,沉积微相控制了储层类型、展布方式和油气聚集。

3.1　控制储层类型与展布方式

不同沉积微相具有特定的形成环境和水动力条件,因此其形成的砂体类型不同,时空展布特征亦不同[3]。BS 油藏储层砂体类型主要为水下分流河道砂体和席状砂体。河道砂体因物性相对较好,平面展布呈条带状,横向上呈透镜状,与生油岩接触充分,且上覆及侧翼为河道间泥岩或前三角洲泥岩,遮挡条件好,有利于油气成藏;席状砂体平面上呈面状展布,但岩性相对较细,物性相对较差,且厚度薄,不利于油气聚集成藏。

3.2　控制储层物性

对 BS 油藏 PI 油层组 19 口油井砂体物性进行统计,结果表明水下分流河道砂体孔隙度主要分布在 17% ~21% 之间,渗透率主要分布在(120 ~480) $\times 10^{-3}\ \mu m^2$;席状砂砂体孔隙度主要分布在 12% ~15% 之间,渗透率主要分布在(15 ~45) $\times 10^{-3}\ \mu m^2$。根据中国石油天然气集团有限公司碎屑岩储层分类标准,水下分流河道砂体为中孔、中渗储层,席状砂砂体为低孔、低渗储层。

3.3　控制储层含油气性及油气分布

沉积砂体能否聚集油气成藏不仅取决于其物

性好坏,更取决于其所处沉积微相位置对捕获油气是否有利。前人研究认为 BS 油藏 P 组为自生自储型油藏[11],水下分流河道砂体较厚,物性较好,且紧靠湖相生油岩,易于捕获油气成藏;席状砂体厚度薄,物性较差,储集空间有限,虽也易于捕获油气,但储集意义相对较小。

结合 PI 油层组砂地比图特征,通过 5 个砂岩组沉积微相叠置,确定水下分流河道主河道区,结合油藏生产现状编制水下分流河道与油井生产情况叠合图(图 8),高产井均位于水下分流河道微相(BS1-17 井泵故障和储层污染引起低产),而位于前缘席状砂微相的油井普遍低产、低效,甚至无法投产。这表明沉积微相控制了油气分布,水下分流河道微相为 BS 油藏有利的油气聚集微相。

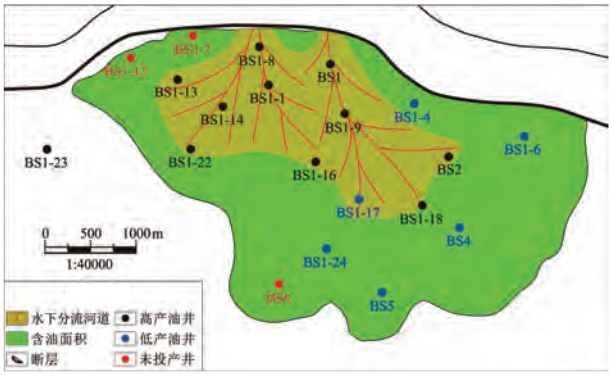

图 8 BS 油藏水下分流河道与油井生产情况叠合图

Fig. 8 Diagram showing the coincidence of the distribution of the subaqueous distributary channel deposits and oil wells in the BS oil reservoirs

4 结论

(1)BS 油藏 PI 油层组位于扇三角洲前缘远端,水下分流河道仅在断层附近呈 NW - SE 向展布,河道间微相不发育;河道前端受湖浪作用改造明显,前缘席状砂发育,偶见远砂坝。

(2)沉积微相对储层类型、展布方式和物性具有明显的控制作用,水下分流河道生储盖组合良好,有利于油气成藏;前缘席状砂储集性能差,不利于油气成藏。

(3)沉积微相对 BS 油藏油气分布具有明显的控制作用,水下分流河道微相为油气有利富集相带,是油藏下步开发调整的主力部位。

参考文献:

[1] 李国栋,白卫卫,孙金磊,等. 扇三角洲岩性油气藏储层描述技术研究——以营子街地区为例[J]. 岩性油气藏,2013,25(2):55 -59.

[2] 徐安娜,穆龙新,裘怿楠. 我国不同沉积类型储集层中的储量和可动剩余油分布规律[J]. 石油勘探与开发,1998,25(5):41 -44.

[3] 刘家铎,田景春,陈布科,等. 东营通 61 断块沙河街组二段沉积微相特征及对油藏形成的控制作用[J]. 矿物岩石,1998,18(1):33 -39.

[4] 陈春强,樊太亮,吴丽艳. 扇三角洲沉积微相特征与储集层"四性"的关系——以泌阳凹陷安棚油田为例[J]. 石油天然气学报, 2005, 27(4): 545 -547.

[5] 文全. 海拉尔盆地下白垩统扇三角洲沉积特征[J]. 大庆石油学院学报, 2011, 35(3): 32 -39.

[6] 吴海瑞. 松辽盆地乾北地区青三段沉积微相发育特征及其对岩性油藏的控制作用[J]. 大庆石油学院学报, 2011, 35(4): 8 -11.

[7] 纪友亮,李清山,王勇,等. 高邮凹陷古近系戴南组扇三角洲沉积体系及其沉积模式[J]. 地球科学与环境学报, 2012, 34(1): 9 -17.

[8] 邢翔,单敬福. 松辽盆地东南缘西丁家地区营城组沉积相分析[J]. 东北石油大学学报, 2013, 37(3): 32 -39.

[9] 刘丽,张廷山,赵晓明,等. 扇三角洲沉积高分辨率层系对比及其对油藏开发的指导意义:以柳北油田 IV2 砂组为例[J]. 中南大学学报:自然科学版, 2014, 45(7): 278 -288.

[10] 尹楠鑫,李存贵,贾云超,等. 东濮凹陷马寨油田卫 95 块扇三角洲沉积特征及沉积模式[J]. 东北石油大学学报, 2015, 39(6): 20 -29.

[11] 赵建,童晓光,肖坤叶,等. 乍得 Bongor 盆地储层沉积成岩特征及其主控因素[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2013,43(3):649 -658.

[12] 窦立荣,肖坤叶,胡勇,等. 乍得 Bongor 盆地石油地质特征及成藏模式[J]. 石油学报,2011,32(3):379 -385.

[13] 赵建,肖坤叶,童晓光,等. 乍得 Bongor 盆地构造反转的油气地质意义[J]. 地质科技情报,2013,32(2):105 -111.

[14] 李威,窦立荣,文志刚,等. 乍得 Bongor 盆地潜山油气成因和成藏过程[J]. 石油学报,2017,38(11):1253 -1262.

Sedimentary microfacies and their controls on the hydrocarbon distribution in the BS oil reservoirs in the Bongor Basin, southwestern Chad

ZHANG Kunshan

(*Greatwall Drilling Company*, *CNPC*, *Panjin* 124010, *Liaoning*, *China*)

Abstract: The BS oil reservoirs are hosted to the GB oil field, Bongor Basin, southwestern Chad. Combined with regional sedimentary background and core data for the BS1-1 well, the present paper focuses on the mudstone colour, rock association, sedimentary texture and structure, grain size distribution, sedimentary rhythms, sedimentary microfacies and their controls on the hydrocarbon distribution in the BS oil reservoirs. The PI pay set in the BS oil reservoirs is interpreted as the fan delta front distal deposits. The subaqueous distributary channel deposits occur only around the faults. The other deposits include the well developed frontal sheet sands, minor amount of distal bar deposits, and less developed interdistributary channel deposits. The sedimentary microfacies types have exercised a major control on the type, distribution and quality of the reservoirs and hydrocarbon distribution. The subaqueous distributary channel microfacies is delineated to be the favourable facies zone for the hydrocarbon accumulation owing to the excellent source-reservoir-seal associations in the BS oil reservoirs.

Key words: BS oil reservoir; PI pay set; sedimentary microfacies; subaqueous distributary channel microfacies; controlling factor