

黔南安顺凹陷油气成藏特征及勘探潜力分析

白森舒,彭金宁,刘光祥,王彦青

(中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所,江苏 无锡 214126)

摘要:基于地震解释和前人研究资料,从分析安顺凹陷油气成藏类型入手,探讨了研究区潜在成藏类型、成藏特征及勘探潜力,分析认为:安顺凹陷下组合存在的成藏类型主要有“麻江古油藏”型油气藏;上组合存在的成藏类型主要有“礁滩”型和“不整合面或风化壳”型油气藏组合。同时,安顺凹陷烃源条件较好,油源丰富,且是油气运移长期指向区;发育良好的储盖层,具有区域性保存条件。指出,普定复向斜带是安顺凹陷最有利勘探区带。

关键词:油气成藏类型;成藏特征;油气勘探潜力;安顺凹陷;黔南拗陷

中图分类号:TE122.3

文献标识码:A

Hydrocarbon accumulation features and exploration potentials in Anshun Sag, Southern Guizhou Depression

Bai Senshu, Peng Jinning, Liu Guangxiang, Wang Yanqing

(Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214126, China)

Abstract: The potential petroleum accumulation types, features and forecasts of the Anshun Sag in the Southern Guizhou Depression have been discussed based on seismic interpretations and previous studies. In the lower formations of the sag, “Majiang paleo-reservoirs” have been found. In the upper formation, there exist “reef-flat” and “unconformity surface or regolith” reservoirs. Meanwhile, source rocks are well-developed and the sag is the long-term target zone for hydrocarbon migration. Good cap rocks provide good regional hydrocarbon preservation conditions. The Puding synclinorium is the most favorable exploration target in the Anshun Sag.

Key words: hydrocarbon accumulation type; accumulation characteristics; exploration potential; Anshun Sag; Southern Guizhou Depression

安顺凹陷属黔中隆起南斜坡,是油气运移聚集的较有利地区^[1]。贵阳林东背斜钻探的2口井均钻达C₃,并在59/ck9井585~593 m井段的O₁地层中获气显示;安顺杨家关背斜59/ck8井在238~239 m井段的C₂₊₃灰岩岩心晶洞晶间孔中见黄色液体渗出,疑是原油,井段277~291 m的C₁中部灰岩中见井漏及气显示;普定马场窑1井及窑2井等浅井内的独山组(D_{2d})井段亦获气显示。探井中良好的油气显示及前人研究成果^[2-4]均证实了该地区具有良好勘探前景。本文从安顺凹陷成藏类型入手,分析了研究区潜在成藏类型及成藏特征,探讨了研究区勘探潜力,以期为该区域油气勘探提供参考。

1 区域地质背景

安顺凹陷位于黔南拗陷西北侧,东西长140

km,南北宽30 km,面积约5 121 km²,呈长条形。凹陷南与广顺低凸起和长顺凹陷为邻,北与黔中隆起相接,处于隆起与拗陷的过渡带^[5](图1)。地表构造线在西部以北东向的短轴背斜群的形式出现,如安顺、新场、大洞等;中部地表构造呈近南北向,如平坝附近的观音洞背斜、羊昌河向斜等;东部地表构造则为北东向,如永乐堡背斜、羊场司向斜等。

2 成藏类型及成藏特征分析

根据典型古油藏^[6-8]、已钻井油气显示、重点钻井^[9]、野外勘查及地震解释分析,安顺凹陷下组合存在的成藏类型主要有“麻江古油藏”型油气藏;上组合存在的成藏类型主要有“礁滩”型和“不整合面或风化壳”型油气藏组合。

2.1 “麻江古油藏”型油气藏

“麻江古油藏”型油气藏具备3个条件:一是

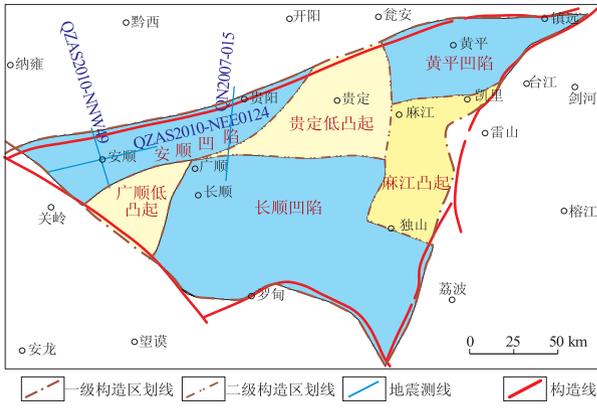


图 1 黔南拗陷构造区划及测线位置

Fig. 1 Tectonic division of Southern Guizhou Depression

受都匀运动和广西运动影响形成古隆起、古构造。因为古隆起、古构造制约了沉积相带展布和奥陶纪末、志留纪末不整合面的分布,为“麻江古油藏”型油气藏提供必要的储集条件;二是受古隆起、古构造控制的有利沉积相带及奥陶纪末、志留纪末不整合面分布区长期处于构造高部位,成为油气运移聚集区;三是晚期经历多期次构造运动,现今受古隆起控制的有利沉积相带及奥陶纪末、志留纪末不整合面分布区仍能保存完好。

安顺凹陷存在都匀运动和广西运动期形成的古隆起或古构造,具备“麻江古油藏型”的成藏条件。在过 QNAS2010 - NEE0124 与 QNAS2010 - NNW49 十字测线地震剖面中(图 2,3),显示了这种奥陶纪末、志留纪末古构造“麻江古油藏”型油气藏的存在。

首先,安顺地区处于加里东期上扬子地台中部陆表海碳酸盐岩为主的沉积区,自早奥陶世开始出现黔中水下隆起,桐梓组(O_{1t})—红花园组(O_{1h})为浅水相灰岩、云质灰岩、白云岩、浅滩灰岩、竹叶

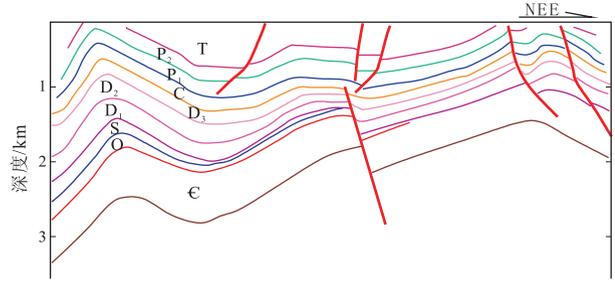


图 2 黔南安顺凹陷 QNAS2010-NEE0124 测线地震地质构造解释剖面示意
测线位置见图 1。

Fig. 2 Tectonic interpretation profile along seismic line QNAS2010-NEE0124 in Anshun Sag, Southern Guizhou Depression

状灰岩夹泥岩。随着奥陶纪末期都匀运动的影响,黔中、黔南地区大面积抬升降起,中晚奥陶世沉积的灰岩等受到剥蚀,形成起伏不平的侵蚀面,正是由于受构造抬升作用,在近地表环境下,大气环境淋滤溶蚀作用使该区红花园组的顶部及上部常沿层面方向发育相当规模的溶蚀孔、洞、缝。黔南地区麻江加里东末期红花园组灰岩中形成了次生孔隙古油藏,石油储量达 $1.6 \times 10^{-8} \text{ t}^{[10]}$ 。安顺凹陷地处黔中古隆起的南斜坡,有可能具备淋滤溶蚀形成次生孔隙储层的条件。

其次,据安顺地区“麻江古油藏”型成藏演化史分析,该地区埋藏史曲线主要特点是:加里东期早、中期快速沉降,中晚期抬升;海西早期快速沉降,中期缓慢沉降,晚期快速沉降;印支期加速沉降,燕山期以来快速抬升,其最大埋深达 9 000 余 m。热演化史分析表明:安顺—长顺地区下寒武统烃源岩在晚寒武世开始生油,早泥盆世晚期进入生油高峰阶段,中泥盆世至石炭纪早期进入生凝析气阶段,石炭纪中晚期以生干气为主(图 4)。O_{1h}和

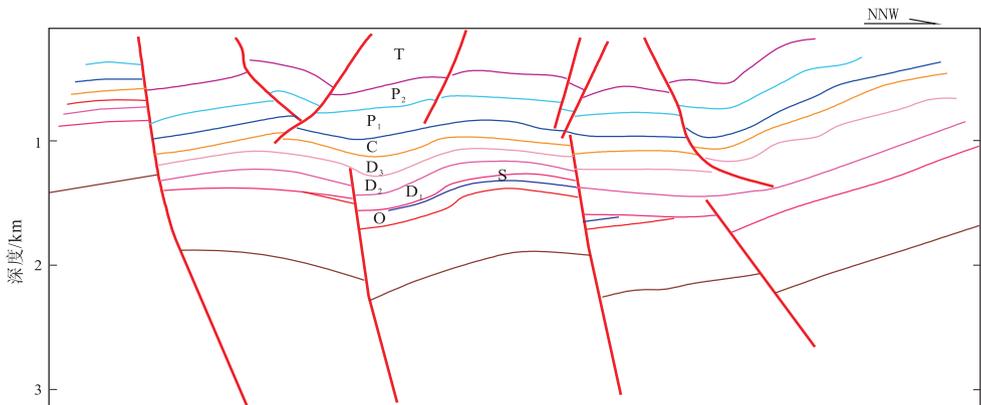


图 3 黔南安顺凹陷 QNAS2010-NNW49 测线地震地质构造解释剖面示意
测线位置见图 1。

Fig. 3 Tectonic interpretation profile along seismic line QNAS2010-NNW49 in Anshun Sag, Southern Guizhou Depression

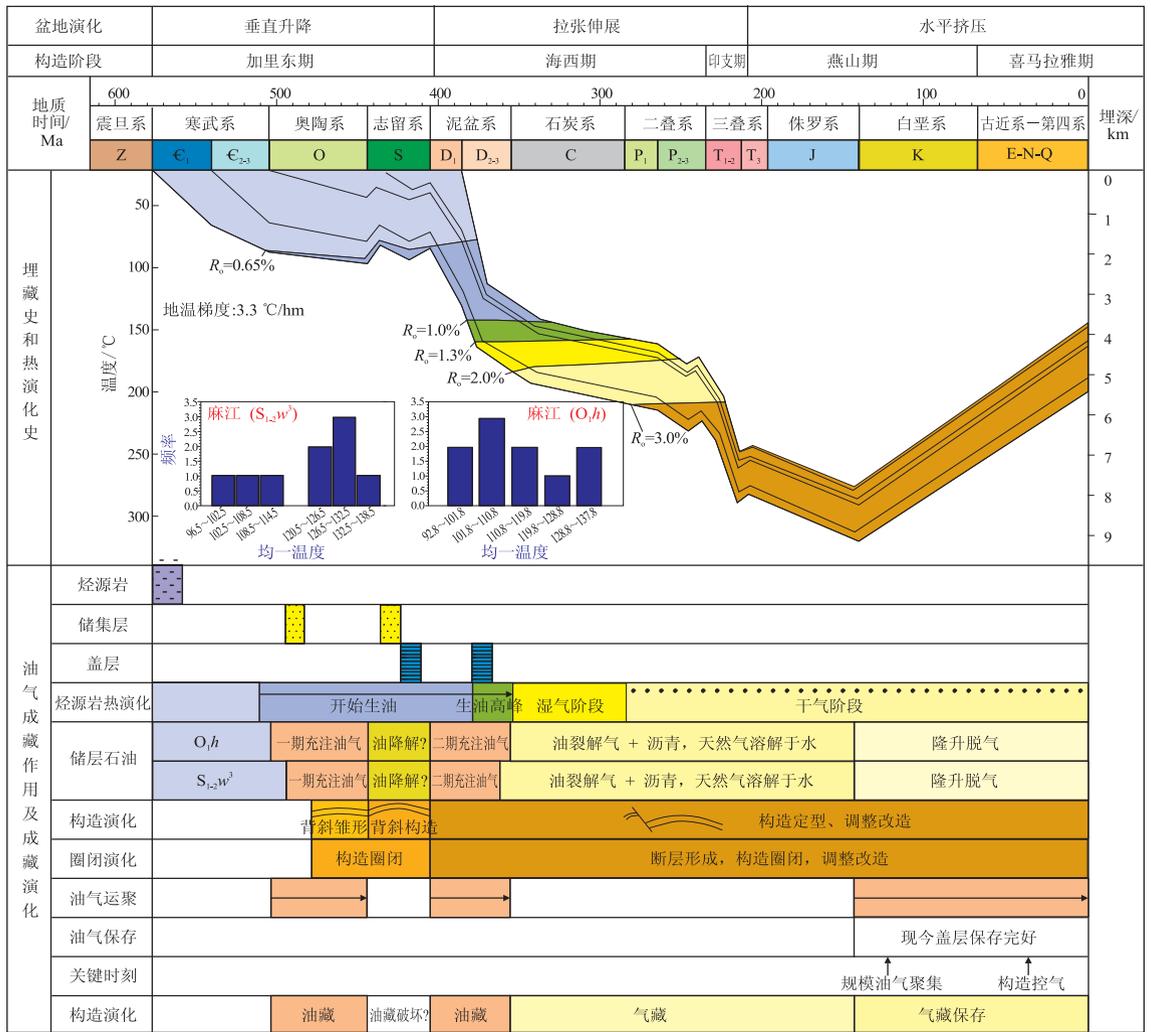


图 4 黔南安顺地区“麻江古油藏型”成藏演化史

Fig. 4 Evolution history of “Majiang paleo-reservoirs” in Anshun Sag, Southern Guizhou Depression

翁项群($S_{2-3}w^3$)包裹体均一温度显示,均有 2 期油气充注:第一期在早中奥陶世生油阶段,第二期在泥盆纪早中期生油高峰阶段。储层为 O_1h 溶孔灰岩和 $S_{2-3}w^3$ 砂岩;盖层为湄潭组(O_1m)和 $S_{2-3}w^4$ 泥岩;油气运聚是沿着油源断裂和不整合面构造高部位(构造脊线)富集。该地区生储盖组合发育、时空匹配好、晚期构造破坏作用较弱,现今受古构造控制的油气藏可能保存完好,有可能形成安顺凹陷“麻江古油藏”型油气藏。

2.2 “礁滩”型油气藏

“礁滩”型油气藏具备 3 个条件:一是同时期发育有台地边缘沉积相带,在台地边缘相带发育、分布有台缘礁滩,形成具有“礁滩”型油气藏的有利储集体^[11-14];二是长期处于斜坡构造的高部位,成为油气运聚有利区;三是经历晚期多次构造运动,现今“礁滩”型储集体仍深埋地腹,保存完好。

根据研究区沉积相^[15]及 2011 年地震解释剖

面研究,安顺地区泥盆纪沉积相带处于盆地、陆棚、台缘礁滩和开阔台地相区,在安顺一带存在台缘礁滩环境沉积的“礁滩”型成藏条件。在该区的多条地震测线剖面中显示有盆地、斜坡、台缘礁滩和开阔台地沉积相带分布,揭示了台缘礁滩成藏类型油气藏的存在。

首先安顺地区在中泥盆世沉积时在镇宁—紫云一线西南为台盆相沉积,东北则是约 1.5 km 左右宽的台缘礁滩相沉积;岩性为一套礁相生物灰岩或滩相生物灰岩,厚 200 m 左右,是该区的有利储层。

其次,据安顺地区“礁滩”型成藏演化史分析(图 5),“礁滩”型油源主要来自中泥盆统独山组盆地相泥岩,该套泥质烃源岩广泛发育于安顺凹陷的东南部,在广顺漫滩一带发育台盆相黑色泥岩,沉积厚度达 250 余 m,单层厚达 50 余 m。构造演化史表明,研究区海西早期快速沉降、中期缓慢沉降、晚期快速沉降,印支期加速沉降,燕山期以来快

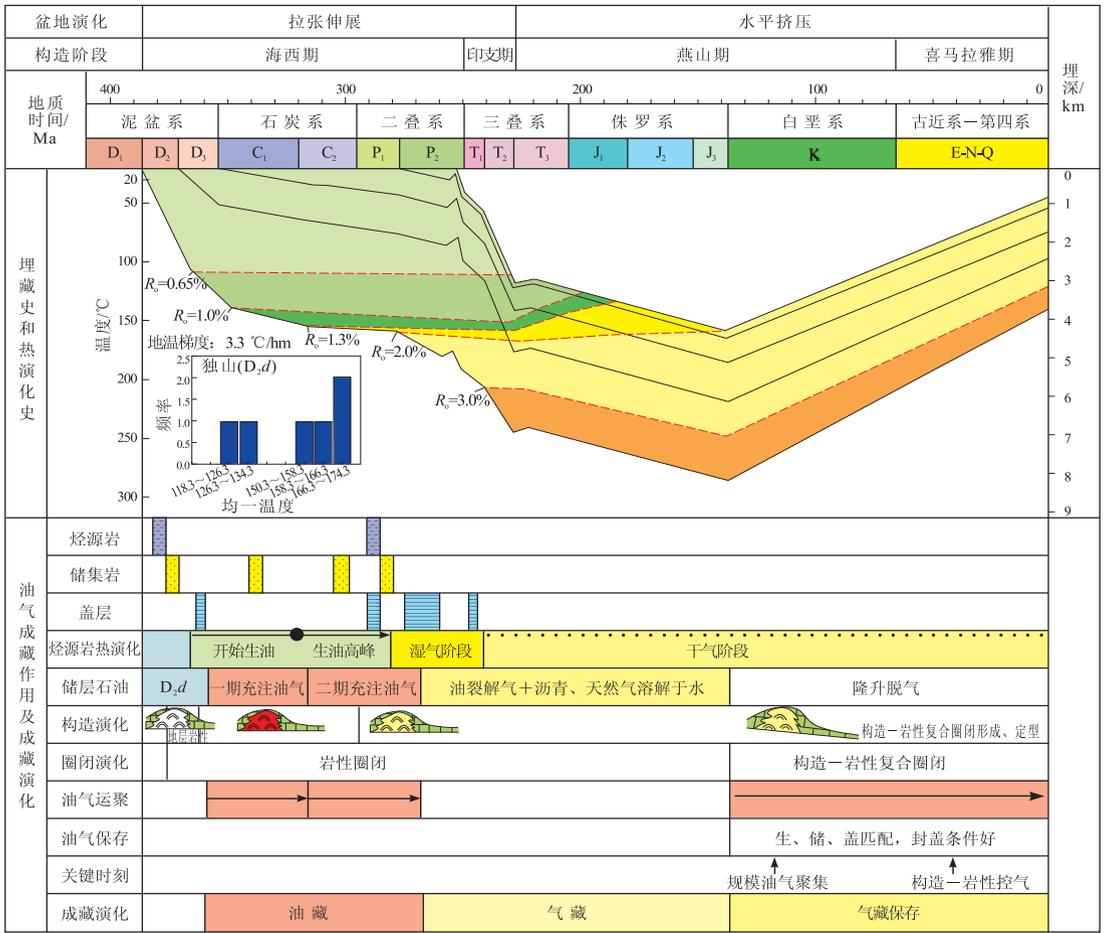


图 5 黔南安顺地区“礁滩”型成藏演化史

Fig. 5 Evolution history of “reef-flat” reservoirs in Anshun Sag, Southern Guizhou Depression

速抬升,最大埋深可达 8 000 余 m。热演化史分析表明,该地区中泥盆统烃源岩在晚泥盆世早期达到生油门限,早石炭世进入生油高峰阶段,早石炭世末期进入生凝析气阶段,石炭纪晚期以生干气为主(图 5)。D₂d 包裹体均一温度显示,具有 2 期油气充注:第一期在早石炭世生油高峰阶段,第二期在晚石炭世至早二叠世生凝析气阶段。储层为 D₂d 台缘礁滩相孔隙型灰岩;盖层为中上泥盆统泥灰岩、泥岩及下石炭统泥岩、下二叠统泥岩。从盖层条件看,台盆相沉积的上二叠统龙潭组(吴家坪组)泥质岩类广泛发育,可作为上组合有效的区域盖层。下三叠统永宁镇组发育膏质岩或膏盐岩,该套膏质岩或膏盐岩仅在安顺凹陷发育和分布,可形成本区良好的局部盖层。泥盆纪末期,该地区正处于紫云运动的抬升隆起区,也是第一期早石炭世生油高峰阶段油气充注期,油气运聚是沿着油源断裂及礁滩相储层运聚。同时,黔南拗陷南部生成的油气也有可能向黔中隆起上倾方向往本区运移,形成一定规模的油气藏。

2.3 “不整合面或风化壳”型油气藏

“不整合面或风化壳”型油气藏具备 3 个条件:一是受紫云运动影响形成泥盆系或石炭系不整合面的分布,形成具有“不整合面或风化壳”型油气藏的有利储集体;二是长期处于斜坡构造的高部位,成为油气运移聚集有利区;三是经历晚期多次构造运动,“不整合面或风化壳”型储集层深埋地腹,保存完好。

黔南拗陷经历了泥盆纪末期的紫云运动,使得拗陷西部安顺一带遭到隆升剥蚀,形成向东南倾斜的斜坡带。受此运动影响,在隆升剥蚀区发育形成泥盆系或石炭系不整合面分布区,形成具有“不整合面或风化壳”型油气藏的有利储集体。据野外观察,在安顺鸡场上石炭统马坪群白云岩较发育,并在白云岩地层中见大型风化壳,风化壳厚约 12 m;上覆下二叠统栖霞组泥灰岩夹页岩及茅口组中厚层状灰岩,成为风化壳的直接盖层,形成良好的储盖组合。另外,上泥盆统与石炭系之间可能还存在着不整合面分布,在 QN2007-015B 地震解释剖面中,石炭系底面拉平后显示泥盆系—石炭系存在风

化壳地震响应,在C/D不整合面接触上,存在有地震波的削截面,可能反映了该时期泥盆系顶部风化壳的存在,形成以不整合面为主的“风化壳”型构造—地层复合圈闭油气藏。可见,寻找储集性能良好的风化壳型储层,也是本地区重要的勘探领域和目标。

3 勘探潜力分析

3.1 烃源岩及油气运移

该区烃源条件较好,油源丰富,且是油气运移长期指向区。就目前的认识程度来看,安顺凹陷存在下寒武统牛蹄塘组、中泥盆统独山组和下二叠统栖霞组3套主力烃源层,累计烃源岩厚度达数百米。根据资源量初步估计,累计生烃强度达 $220 \times 10^4 \text{ t/km}^2$,具有很强的生烃能力^[16]。

从构造—沉积演化看,安顺凹陷自早古生代早期开始,一直为黔中隆起的斜坡,而深凹陷部位位于南部的长顺凹陷(特别是在泥盆纪),而寒武系烃源岩在泥盆纪时期已达生烃高峰,奥陶—志留系烃源岩也在泥盆纪中期达到生烃高峰,而当时安顺凹陷为长顺凹陷与黔中隆起的斜坡,是油气运移的指向区,具有良好的烃源条件。

3.2 储集层及保存条件

安顺凹陷储集层相当发育,包括碳酸盐岩储层和碎屑岩储层。碳酸盐岩储层有下寒武统清虚洞组—下奥陶统红花园组、上泥盆统、下石炭统摆佑组—上石炭统马平组、下二叠统栖霞组—茅口组、下三叠统永宁镇组—中三叠统杨柳井组。碎屑岩储层有下寒武统金顶山组、中泥盆统火烘组、下三叠统飞仙关组。碳酸盐岩储层分布广、厚度大,非储集岩夹层少,是该区主力储集层。而碎屑岩储层分布局限,横向变化大,泥质岩夹层多。

该区大部分地区为中三叠统所覆盖,仅在边缘出露上二叠统。据浅井和煤井揭露^[17],在普定三块田永宁镇组二段发育320 m厚的膏盐层,表明该区永宁镇组二段膏盐层发育,为该区提供了良好的区域盖层条件。另外该区还发育有下寒武统牛蹄塘组—明心寺组、中泥盆统火烘组、下石炭统大塘组和上二叠统龙潭组4套区域性盖层。此外还发育中上寒武统的膏盐白云岩、奥陶—志留系的泥质岩、下二叠统梁山组泥岩和中下三叠统的膏盐白云岩等直接盖层,对油气的封盖能力强。

该区断裂相对不发育,且受膏盐层的影响,隐伏断层基本无通天断层,是黔中隆起、长顺凹陷和垭紫—都安断裂带夹持下相对稳定的变形区块,是

油气保存条件最佳的区块。

勘探的目的层有加里东期不整合面、奥陶系、志留系、泥盆系和石炭系,甚至还有下二叠统,而奥陶—志留系、中上泥盆统埋深适中,因此,应以奥陶—志留系、中上泥盆统勘探为主,同时兼探下二叠统。

3.3 有利勘探区带

普定复向斜带为最有利勘探区带。安顺凹陷该构造带为大面积三叠系地层所覆盖,最有利勘探目标有台缘礁(滩)体、“麻江型”古构造、O/S不整合面,具有良好的储集条件;并且由于泥盆纪时期马场断阶的形成出现有盆地相沉积,为泥盆系油气倒罐于残山成为潜山油气藏创造了条件;安顺凹陷燕山期为整体断凹,更有利于潜山油气藏的保存,是本区油气勘探最重要的目标。目前勘探成果表明,该构造带岩性圈闭为最有利的勘探目标。

4 结论

安顺凹陷下组合存在的成藏类型主要有:“麻江古油藏”型油气藏;上组合存在的成藏类型主要有“礁滩”型和“不整合面或风化壳”型油气藏组合。同时,安顺凹陷烃源条件较好,油源丰富,且是油气运移长期指向区;发育良好的储盖层,具有区域性保存条件,普定复向斜带是安顺凹陷最有利勘探区带。

致谢:本文在写作与研究过程中,得到中国石化勘探南方分公司及其研究院的支持与帮助,并使用了部分内部资料,在此致以衷心的感谢!

参考文献:

- [1] 余开富,王守德. 贵州南部的都云运动及其古构造特征和石油地质意义[J]. 贵州地质, 1995, 12(3): 225-232.
- [2] 梁秋原,赵泽恒,李小平. 贵州黔南拗陷安顺斜坡油气地质特征及勘探潜力[J]. 新疆地质, 2010, 28(3): 311-315.
- [3] 徐政语,姚根顺,郭庆新,等. 黔南拗陷构造变形特征及其成因解析[J]. 大地构造与成矿学, 2010, 34(1): 20-31.
- [4] 腾格尔,秦建中,郑伦举. 黔南拗陷海相优质烃源岩的生烃潜力及时空分布[J]. 地质学报, 2008, 82(2): 366-372.
- [5] 王鹏乃,徐政语. 黔南拗陷构造变形特征与油气保存有利区评价[J]. 西南石油大学学报, 2010, 32(5): 36-40.
- [6] 武蔚文. 贵州东部若干古油藏的形和破坏[J]. 贵州地质, 1989, 18(1): 9-23.
- [7] 向才富,汤良杰,金之钧,等. 麻江古油藏周缘露头层序地层与南方海相油气藏保存条件[J]. 地质学报, 2008, 82(3): 346-352.
- [8] 彭金宁,刘光祥,潘文蕾. 中国南方海相地层油气显示类型及分布特征[J]. 新疆石油地质, 2008, 29(5): 575-577.
- [9] 周金钟,韦宝东,周卓铸,等. 黔南深井含油气情况研究小结[R]. 成都:中国石化南方勘探分公司, 1984.

后期地下流体流动而发生溶蚀作用。

现今地应力场会影响目前天然裂缝在地下的赋存状态及有效性^[11]。当裂缝走向与现今地应力场最大水平主应力方向平行时,裂缝在地下的开度增大,连通性最好,裂缝对流体的导流能力也最强。当裂缝走向与最大主应力方向垂直时,裂缝开度最小,连通性最差,对流体的导流能力也最弱。天然裂缝走向与最大水平主应力方向有一定夹角时,裂缝开度、连通性及对流体的导流能力居中,且夹角越大,对流体的导流能力也越弱。

大邑构造须家河组气藏裂缝主要有近东西向、北西向、北东向和近南北向 4 个优势走向,而现今地应力场主要为北西及近东西向^[12]。因此,近东西向、北西向裂缝与现今地应力场最大水平主应力方向平行或小角度相交,有利于裂缝有效性的增强,如大邑 1 井北西向裂缝、大邑 3 井近东西向裂缝有效性相对较好。南北向及北东向裂缝与现今地应力场最大水平主应力大角度相交或垂直,不利于裂缝张开,有效性较差,如大邑 2 井须三段 I 砂组 4、6 小层北东向裂缝,大邑 103 井须二段近南北向裂缝,有效性均相对较差。

4 结论

1) 大邑构造须二—须三段发育构造缝、层理缝及异常高压泄压缝 3 种成因类型裂缝。构造缝及层理缝有效性相对较好,是天然气勘探寻找的主要裂缝类型。裂缝发育总体具有数量相对较少、延伸短、宽度窄、充填程度相对较高、非均质性较强的特征。

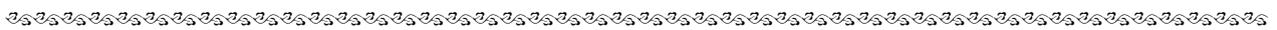
2) 地层所受应力小、变形弱是大邑构造须家河组气藏构造缝发育程度相对较差的根本原因。构造缝发育程度、产状受喜马拉雅期羽状派生断层控制,断层附近、断层交叉部位及断层末梢是构造缝发育的有利位置。发育于三角洲平原分支河道、

三角洲前缘分流河道的平行层理、斜层理是层理缝形成的主要层理构造。层理缝的分布及走向受分流河道空间展布及古水流方向控制。须二段 I 砂组、须三段 I 砂组三角洲平原分支河道厚大砂体中层理缝发育,且河道砂体本身具有较好的孔渗条件,是寻找优质储层的有利方向。

参考文献:

- [1] 赵爽,高倩,谯述容. 川西 DY 地区三叠系须家河组二段地震相分析与沉积相预测[J]. 石油地球物理勘探,2009,44(3): 341-346.
- [2] 胡明毅,李士祥,魏国齐,等. 川西前陆盆地上三叠统须家河组沉积体系及演化特征[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报),2008,30(5):5-10.
- [3] 熊亮,康保平,魏力民,等. 川西大邑构造须二、三段储层特征及控制因素[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报),2010,32(6):366-369.
- [4] 罗啸泉,李书兵,赵锡奎. 川西龙门山构造特征与油气关系[J]. 石油实验地质,2011,33(4):384-387.
- [5] 汤良杰,崔敏. 中上扬子区关键构造变革期、构造变形样式与油气保存[J]. 石油实验地质,2011,33(1):12-16.
- [6] 林良彪,陈洪德,姜平,等. 川西前陆盆地须家河组沉积相及岩相古地理演化[J]. 成都理工大学学报:自然科学版,2006,33(4):376-383.
- [7] 李智武,刘树根,陈洪德,等. 龙门山冲断带分段—分带性构造格局及其差异变形特征[J]. 成都理工大学学报:自然科学版,2008,35(4):440-453.
- [8] 秦启荣,苏培东. 构造裂缝类型划分与预测[J]. 天然气工业,2006,26(10):33-36.
- [9] 李嵘,张娜,朱丽霞. 四川盆地川西拗陷须家河组砂岩致密化研究[J]. 石油实验地质,2011,33(3):274-281.
- [10] 姚田万,吕萍,何云峰,等. 常规测井在孔—缝储层评价中的应用:以巴什托油田巴楚组油藏为例[J]. 石油实验地质,2012,34(S1):76-79.
- [11] 王二七,孟庆任. 对龙门山中生代和新生代构造演化的讨论[J]. 中国科学:D辑:地球科学,2008,38(10):1221-1233.
- [12] 董绍鹏,韩竹军,尹金辉,等. 龙门山山前大邑断裂活动时代与最新构造变形样式初步研究[J]. 地震地质,2008,30(4):996-1003.

(编辑 徐文明)



(上接第 28 页)

- [10] 王守德,郑冰. 中国南方古油藏与油气评价[J]. 海相油气地质,1997,2(1):44-50.
- [11] 卫平生,刘全新,张景廉,等. 再论生物礁与大油气田的关系[J]. 石油学报,2006,27(2):38-42.
- [12] 刘春燕,林畅松,吴茂炳,等. 中国生物礁时空分布特征及其地质意义[J]. 世界地质,2007,26(1):44-45.
- [13] 王生海,范嘉松,KeithRigg J. 贵州紫云二叠纪生物礁基本特征及其发育规律[J]. 沉积学报,1996,14(2):66-74.
- [14] 张廷山,姜照勇,陈晓慧. 四川盆地古生代生物礁滩特征及发育控制因素[J]. 中国地质,2008,35(5):1017-1030.
- [15] 徐胜林,尚云志,陈安清. 黔南—桂中地区泥盆系沉积体系研究[J]. 四川地质学报,2007,27(1):7-11.
- [16] 王津义,彭金宁,刘光祥,等. 黔南拗陷区带评价与优选[R]. 无锡:中国石化无锡石油地质研究所,2011.
- [17] 周明辉,赵泽恒,吴正永,等. 黔中隆起及周缘老井复查研究报告[R]. 成都:中国石化南方勘探分公司,2004.

(编辑 徐文明)