

文章编号: 0253-9985(2004)05-0519-05

川西前陆盆地上三叠统须家河组二段 可容空间转换系统的成因与演化

邢焕清, 姜在兴, 王亚青, 王蛟

(石油大学资源与信息学院, 山东东营 257061)

摘要: 川西前陆盆地上三叠统须家河组二段层序发育时, 由于构造运动的特点, 盆地不同位置可容空间变化具有不统一性。盆地基底差异沉降导致相对湖平面变化的不同, 其内部水深既存在增加带, 又存在减小带, 还存在着不变带。前陆盆地在同一时期内部不同位置可容空间不均衡变化的现象, 称之为可容空间转换系统。可容空间转换系统可细分为转换面、转换带、转换体等次级构造单元。川西前陆盆地须家河组二段可容空间转换系统沿龙门山造山带向盆地, 呈北东向长条状分布, 依次可划分为主可容空间转换带(Ⅰ)、主可容空间增加带(Ⅱ)、主可容空间转换带(Ⅲ)、主可容空间减小带(Ⅳ)、次可容空间转换带(Ⅴ)、次可容空间增加带(Ⅵ)、次可容空间减小带(Ⅶ)等7个可容空间转换带。这些可容空间转换系统主要是由于构造应力场的挤压沉降作用和推覆隆升作用在平面上的交互出现所致。主可容空间转换带是目前发现气藏数量最丰富, 产量最高的地区, 也是目前的技术条件所能达到的现实勘探目标区。

关键词: 川西前陆盆地; 须家河组; 可容空间; 转换系统; 动态演化

中图分类号: TE111.2

文献标识码: A

Genesis and evolution of accommodation transformation systems in 2nd member of Upper Triassic Xujiahe Formation, Chuanxi foreland basin

Xing Huanqing, Jiang Zaixing, Wang Yaqing, Wang Jiao

(Resources and Information Institute, University of Petroleum, Dongying, Shandong)

Abstract: During deposition of the 2nd member of Upper Triassic Xujiahe Formation in Chuanxi foreland basin, the variation of accommodations in different locations within the basin are not unitary, due to the tectonic movement. According to the differential subsidence of basement and relative changes of lake level, it is believed that the water depth within the foreland basin can be divided into an increasing zone, a decreasing zone, as well as an invariant zone. The uneven changes of accommodations in the same period in a foreland basin are characterized as accommodation transformation system. Accommodation transformation system can be subdivided into several internal structural units, such as transformation body and transformation plane. During the deposition of the middle and lower 2nd member of Xujiahe Formation, the accommodations in Chuanxi basin appear to be elongated in NE direction along Longmenshan structural belt, and can be divided successively into 7 accommodation transformation zones basinward, including primary accommodation transformation zone (Ⅰ), primary accommodation increasing zone(Ⅱ), primary accommodation transformation zone(Ⅲ), primary accommodation decreasing zone(Ⅳ), secondary accommodation transformation zone(Ⅴ), secondary accommodation increasing zone(Ⅵ), and secondary accommodation decreasing zone(Ⅶ). These accommodation transformation systems have mainly been caused by the tectonic stress fields that lead to the alternating occurrence of compressional subsidence and nappe uplifting. Presently, the primary accommodation transformation zones are the most prolific gas areas where the largest number of gas reservoirs have been discovered, and they are also the practical exploration target areas at current technical conditions.

Key words: Chuanxi foreland basin; Xujiahe Formation; accommodation; transformation system; oil and gas reservoirs

基金项目: 国家重点基础研究规划项目(G1999075507)

第一作者简介: 邢焕清, 男, 27岁, 博士生, 层序地层学与测井地质学

收稿日期: 2004-04-12

由于盆地基底的差异沉降,盆地内不同位置相对湖平面(水深)的变化可能不统一,这种不统一随着前陆盆地的构造运动特点有其自身的规律^[1~3]。挤压推覆作用使前陆盆地内部水深既存在增加带,又存在减小带,还存在一个不变带。这种现象反映在盆地内部可容空间上的变化,称其为前陆盆地可容空间转换系统。可容空间转换系统直接反映在沉积物组合特征上,减小带可形成进积式准层序组,增加带将形成退积式准层序组。此时,层序地层学以相同准层序组的叠加式样为统一对比原则将不完全适用,否则可能会导致地层对比的穿时性^[4,5]。

可容空间转换系统内部可以划分成转换面和转换体。可容空间转换面是一个横向可对比的、等时性的、不同性质(沉积特征、构造背景、古生物组合等)沉积体之间变化的界面,也是可容空间性质发生变化的分界面。根据平面上的可容空间转换带和垂向上的可容空间转换面,可以将盆地划分为不同的地质体,可称之为前陆盆地可容空间转换体。它是以转换面为顶底界面的、同一时间单元内形成的一套沉积地层单元。根据水深变化可分为水深稳定体(简称稳定体)、水深增加转换体(增加体)和水深减小转换体(减小体)。稳定体指转化带附近水体动荡频繁,而水深总体幅度变化不大的稳定沉积体。增加体指在某一时间单元内,水深持续增加背景条件下所形成一套沉积体。减小体指在某一时间单元内,水深持续减小背景条件下所形成一套沉积体。

可容空间转换系统的基本内涵是可容空间变化的不均衡性。盆地内部可容空间变化的不均衡,必然会影响沉积-侵蚀作用的平衡、沉积相带的展布,从而对油气的生成、运移、聚集和成藏具有重要的影响。

1 可容空间转换系统

川西前陆盆地位于四川省西部,是我国重要的天然气产区之一,具有巨大的油气潜力^[6,7](图1)。晚三叠世时,川西地区存在着两种性质完全不同的沉积环境,须家河组早期为浅海环境,其后,松潘-甘孜地区受到北东-南西向挤压作用,从而使川西浅海环境演变为近海盆地环境。伴随松潘-甘孜地区褶皱活动的发展,并向东挤压逆

冲,形成龙门山推覆构造带和川西前陆盆地。川西前陆盆地上三叠统须家河组是一套假整合于中三叠统雷口坡组碳酸盐岩侵蚀面之上,其上与侏罗系红层之下的一套以砂泥岩为主的煤系地层呈不整合-整合接触关系。上三叠统沉积厚度西厚东薄,沉降中心紧靠龙门山冲断层一侧,厚度超过4 000 m^[8~10]。

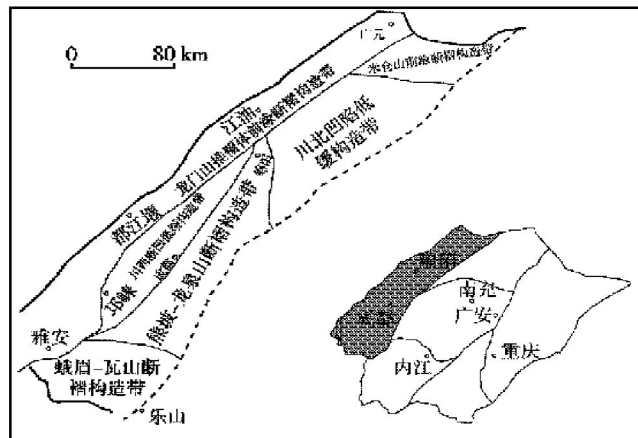


图1 川西前陆盆地位置与构造略图

Fig. 1 Location and structural outline map of Chuanxi foreland basin

须家河组由下到上可以划分为五段。须家河组一、三、五段(以下分别简称须一、须三、须五段)为烃源岩层,须家河组二、四段(以下分别简称须二、须四段)为主要的天然气产层。其中,须二段天然气储量和产量在整个川西前陆盆地中占有重要位置。因此,须二段的展布、沉积环境和成藏规律研究,具有重要的理论价值和实际意义。

1.1 转换系统的单井划分

通过相对湖平面水深的变化分析,可以在单井剖面上进行可容空间转换系统的识别与划分。

平落坝2号井在平落坝构造带上,须二段可以划分为三个转换体,转换体由下到上依次是可容空间稳定体、可容空间增加体、可容空间减小体。其中夹有两个可容空间增加转换面(图2)。

1.1.1 稳定体

位于井段3 615~3 665 m。相对于三级层序I准层序组I,以湖泛面为界可以划分为两个准层序。准层序I相当于3 655~3 665 m,准层序II为3 615~3 655 m。准层序I以岩屑砂岩、长石岩屑砂岩为主。间夹黑色泥页岩,其中夹有2~3个次级旋回,次级旋回之间有明显的冲刷面,砂岩中槽

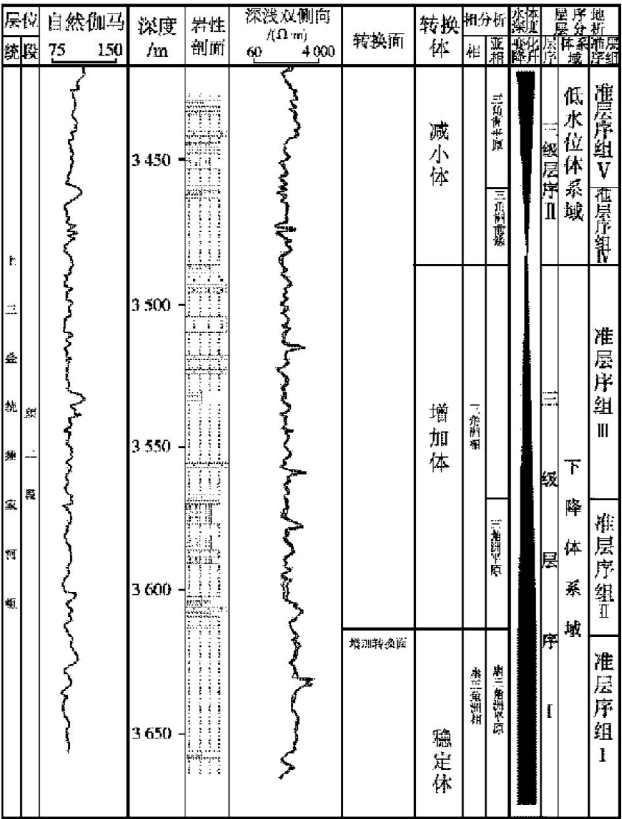


图 2 平落 2 井须二段可容空间转换系统图

Fig. 2 Diagram showing accommodation transformation systems in the 2nd member of Xujiahe Formation in Pingluo 2 well

状板状层理发育, 沉积相整体以河流相沉积为主。准层序 II 以长石岩屑砂岩、岩屑砂岩为主。发育交错层理、底冲刷等沉积构造, 以三角洲平原分支河道相为特征。测井曲线特征上, 两个准层

序自然伽马值幅度平稳, 相差不大, 而电阻率曲线以对称的箱形为特点, 表示沉积特征相对稳定。叠加方式是加积型准层序组, 这是可容空间稳定体的典型表现形式。

1.1.2 增加体

位于井段 3 487~ 3 615 m。相对于三级层序 I 的准层序组 II 和 III。总的特点是自然伽马值较高, 曲线形态为钟形、齿化箱形(泥质含量较高所致), 深浅双侧向曲线变化幅度不大, 总体上是一退积式准层序组。相对湖平面水体加深, 可容空间增加, 可识别为可容空间增加体。

1.1.3 减小体

位于井段 3 416~ 3 487 m。三级层序 II 的准层序组 IV 和 V, 总体以进积式准层序组为主, 反映水深减小, 相对湖平面下降, 可容空间减小, 划为可容空间减小转换体。

1.2 转化系统的平面分布

在造山带挤压应力场的背景下, 前陆盆地内存在着不同的构造变化带, 如基底构造沉降带、构造稳定带和构造上升带, 因此, 必然呈现不同的相对湖平面的升降变化, 形成不同的可容空间变化带。在前陆盆地内, 某一时期相对湖平面大致保持不变的地带就是可容空间转换带。在识别出转换带的情况下, 可以在可容空间转化系统单井划分、剖面对比(图 3)的基础上, 编制川西前陆盆地须二段中下部可容空间转换系统平面图(图 4)。用以反

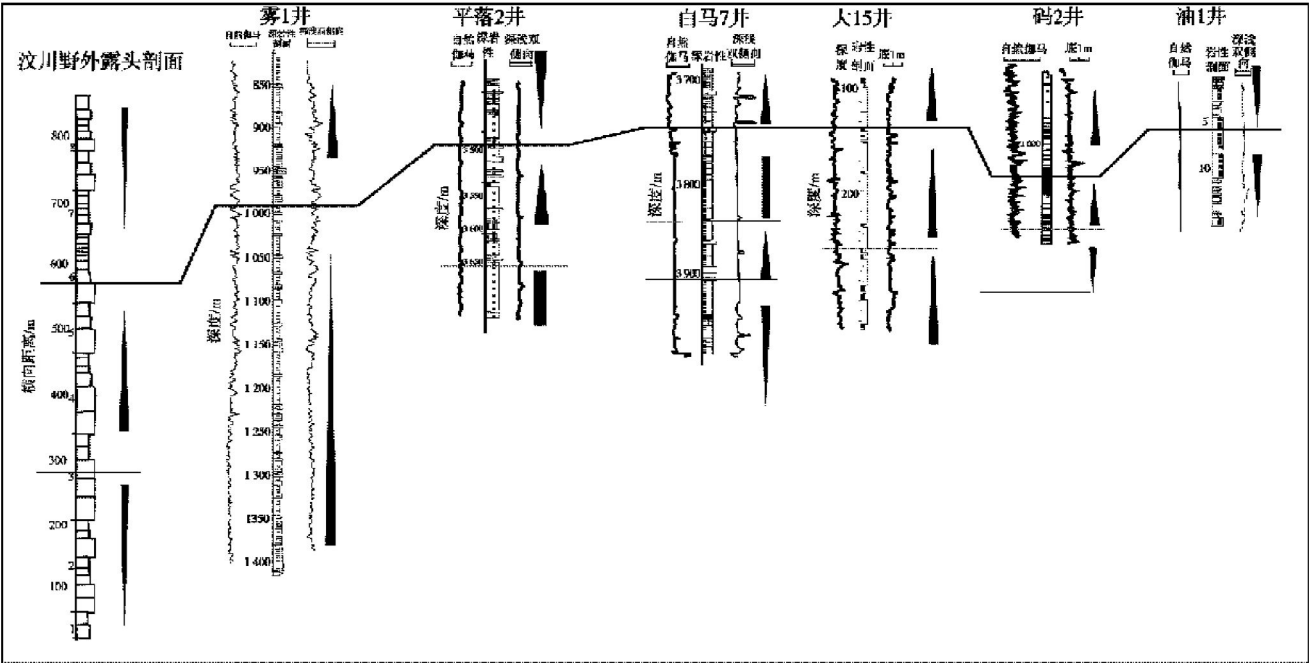


图 3 汶川-油 1 井可容空间转换系统剖面对比图

Fig. 3 Correlation profiles sections of accommodation transformation systems in Wenchuan-You 1 well

映前陆盆地须二段可容空间转化系统在平面上的展布。

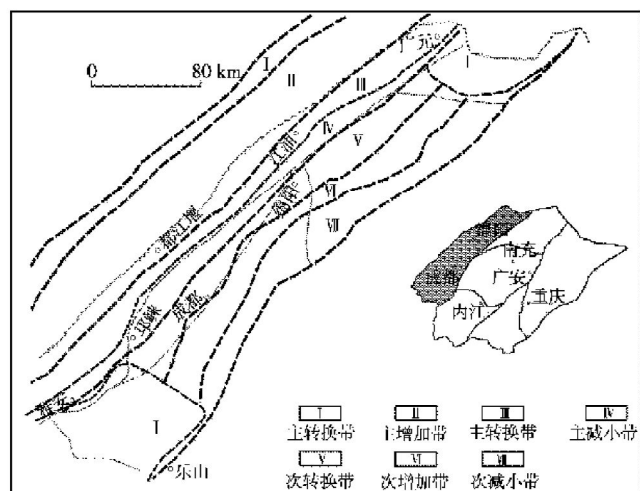


图4 川西前陆盆地须二段中下部可容空间转换系统平面图

Fig.4 Plane view of the accommodation transformation systems in the middle and lower 2nd member of Xujiahe Formation in Chuanxi foreland basin

川西前陆盆地须二段中下部可容空间转换系统平面图表明,沿龙门山造山带向盆地,依次呈北东向长条状分布的主可容空间转换带(I)、主可容空间增加带(II)、主可容空间转换带(III)、主可容空间减小带(IV)、次可容空间转换带(V)、次可容空间增加带(VI)、次可容空间减小带(VII)等7个可容空间转换带。在此应说明的一点是,在龙门山造山带和川西前陆盆地结合部位,尚存在一个可容空间减小带,由于其紧临龙门山,而且在龙门山造山带的挤压推覆作用下,很快演变成龙门山造山带的一部分。所以,前陆盆地内可容空间的划分,直接从主可容空间转换带(I)开始。

主可容空间转换带(I)就象一个纽带,一头连着龙门山造山带,一头连着主可容空间增加带(II)。须二段的主可容空间转换带(I)位于现今的龙门山造山带内部青川-汶茂断裂带附近。野外观察表明,其岩性由含泥质的粗砂岩向上相变为含砾粗砂岩,砾石呈次棱角状,结构和成分成熟度较低,反映近源快速堆积的特点。沉积相以扇三角洲平原相、三角洲平原相为主,物性相对较好。

紧邻可容空间转换带的是主可容空间增加带(II)。主可容空间增加带(II)位于青川-汶茂断

裂带以东和江油和彭灌断裂以西。在这个带里,由于推覆作用造成基底沉降,而且基底沉降的速度,大于沉积物充填的速度,沉积物粒度变细。其准层序组的叠加方式是以退积式准层序组为特征。岩性主要为灰黑色、黑色泥岩。沉积相以还原环境的半深湖、深湖沉积相为主,间或有三角洲前缘及前三角洲相出现。在测井曲线上,表现较为平直,说明沉积环境变化不大。

主可容空间转换带(III)位于江油以东,邛崃以西。主可容空间转换带(III)可容空间变化幅度不大,该带构造运动相对稳定,新增可容空间减慢,一般以三角洲相为主。岩性主要为岩屑砂岩、长石岩屑砂岩,间夹黑色泥页岩,其中夹有2~3个次级旋回,次级旋回之间有明显的冲刷面构造,砂岩中槽状、板状层理发育。从测井曲线特征上来看,自然伽马值幅度平稳,相差不大;而电阻率曲线以对称的箱形为特点,表示沉积特征为相对稳定的加积型准层序组。

在前陆盆地靠近前隆部位为主可容空间减小带(IV)。主可容空间减小带(IV)位于邛崃以东,绵阳以西。白马7井和大15井均位于主可容空间减小带。该带由于构造推覆作用导致早先沉积的地层抬升,相对湖平面变浅,可容空间相对减小。

以上是川西前陆盆地造山带、前渊和前隆可容空间转换的情况。隆后盆地的可容空间变化也与之类似。但可容空间变化带的规模要远小于主可容空间变化带的规模。

次可容空间转换带(V)位于绵阳以东,成都以西的区域。川西北的魏城1井即位于次级可容空间转换带内。次可容空间转换带(V)的性质和前渊斜坡的可容空间转换带略有不同。主要是由于龙门山造山带的推覆作用,造成缓坡带向上迁移,形成相对湖平面的叠加效应,水深相对动荡。该带层序发育以加积式略进积式准层序组为主。

次可容空间增加带(VI)、次可容空间减小带(VII)分别位于成都以东及油罐顶构造带以东的地区。苏2井及油1井分别分布于上述可容空间变化带。次可容空间增加带(VI)、次可容空间减小带(VII)性质和主可容空间变化特征类似,只不过变化规模较小。

2 转换系统的动态演化

伴随着龙门山造山带向扬子克拉通的推进,

川西前陆盆地呈被动式的被推向克拉通。由于前陆盆地的基底随着挤压推覆作用出现一定的变形,致使川西前陆盆地层序发育、层序内部可容空间,以及沉积特点,在盆地演化的过程中,随着造山带的挤压推覆而不断的改变(图5)。

山前带,由于造山作用,造成可容空间不断减小。并在逆掩推覆的过程中,盆地也不断向克拉通方向迁移。迁移过程中,原先盆地内部靠近造山带的可容空间,不断消失,而在克拉通方向又产生新的可容空间。例如,须二段准层序组 I 沉积时期,龙门山造山带位置不在现今的龙门山山前,而在龙门山造山带第一条冲断带(青川-汶茂断裂带)所在的位置。准层序组 I 一边沉积,盆地一边被推向克拉通,盆地处于一个不断变换的过程中。但是相对某一个持续较短时间的沉积单元,前陆盆地的内部构造部位又可以认为保持相对的稳定。图5即反映了龙门山造山带一边向前推覆,一边造成了前陆盆地相对稳定的可容空间分带现象。

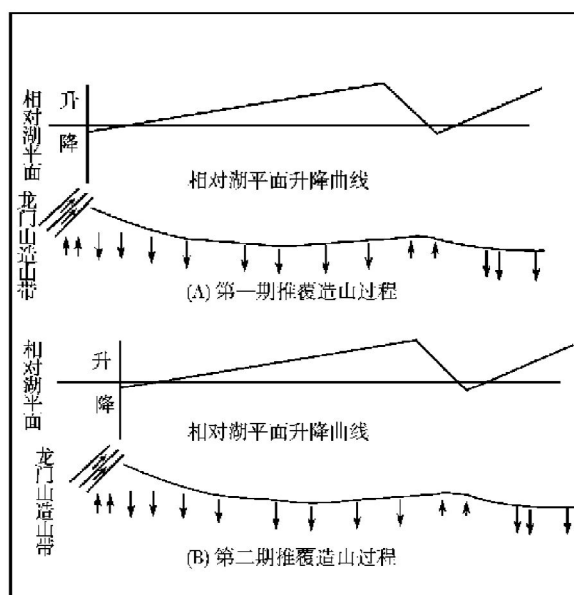


图5 川西前陆盆地可容空间转换系统动态演化

Fig.5 Schematic diagram showing dynamic evolution of accommodation transformation systems in Chuankai foreland basin

须二段准层序组 II 沉积时期,龙门山造山带继续向前推覆。须二段准层序组 I 沉积的一部分遭到逆冲抬升剥蚀,另一部分由于推覆作用被压到龙门山下,准层序组 II 沉积时同样出现可容空间分带现象。其他层序单元沉积发育过程的可容

空间变化可以依此类推。

总之,这种盆山相互作用的结果使盆地的形状、可容空间在平面上的变化是不均衡的,展现出具有成因联系的规律性。可容空间平面上分带特点,主要取决于挤压构造应力场的挤压沉降作用和推覆隆升作用,两种作用力在平面上的交互出现,造成盆地内相对湖平面上升区和下降区的交替存在,形成可容空间增大、减小和转换的三种形式。

3 意义

须家河组二段存在着类型丰富的天然气藏^[11~14]。将川西前陆盆地与北美洛基山前陆盆地致密砂岩气田进行对比研究,可以看出在盆地类型、结构特征以及形成气藏的基本地质条件等主要方面均存在可比性。

研究认为,现今可容空间减小带已经把当时须家河组沉积时期的山前盆地边缘可容空间减小带、主可容空间转换带及可容空间增加带的大部分都推覆消减掉了。由于造山带对前陆盆地的挤压推覆作用的不均匀性,因此,可以将可容空间减小带作为油气远景目标区,进行长期规划研究。

主可容空间转换带是目前发现气藏数量最丰富,产量最高的地区,也是目前的技术条件所能达到的现实勘探目标区。该带面临龙门山造山带所提供的物性相对较好的砂体作为储层,背靠可容空间增加带面积广、体积大丰富的烃源岩。在构造挤压应力的背景下,易形成类型丰富的油气藏。目前转换带内,已发现平落坝、新场和中坝等多个天然气气藏。

可容空间减小带有两种情况。其一是暴露在相对湖平面之上,存在暴露侵蚀,使油气藏遭到逸散、破坏。同时该带也易于形成不整合面,可以为深部油气形成不整合遮挡油气藏创造条件;其二是在相对湖平面之下存在沉积作用,本身也可以形成原生气藏,如白马庙气藏。

次级可容空间增加带是烃源岩的发育区,具有油气成藏的物质基础。川西前陆盆地可容空间增加带的苏码头构造油气藏,即为很好的例证。

次级可容空间减小带面积较大,而且随着龙门山造山运动的推覆作用,在上覆层序里可能会变成可容空间转换带,甚至是可容空间增加带,因此其油气潜力也不容忽视。

(下转第569页)

5 结论

通过对48个油样统计,第一类基态原油占46%,第二类运移分馏残余油占27%,第三类蒸发-反凝析形成的凝析油和轻质油占15%,第四类气洗残余原油占4%,第五类发生晶析作用的原油占8%。第一类基态原油分布在该油藏的底部,第二类原油分布在该油藏的顶部。第二类运移分馏残余原油说明在顶部原油存在着渗漏现象。由于顶部原油的渗漏,从而造成顶部原油的成熟度较高,三环萜烷/五环萜烷相对较低。这些特征均说明柯克亚地区原油存在油藏渗漏现象。此外,由于断层的渗漏作用,从而造成原油的古油水界面与今油水界面明显不同。

同时,西甫组八段油组和七段油组原油中的含氮化合物浓度比较高,因而它们更接近源岩区,即很有可能原油是由下部运移形成的。原油的族组成、含蜡量、原油中含氮化合物等特征均支持这种推论。

本研究所应用的地球化学分析方法可以为油藏的保存状态的研究提供一种可参考的思路和范例。

致谢:本研究得到了塔里木勘探开发研究院的大力支持,地化室张秋茶、李梅、席勤、卢玉红为我们的研究工作提供便利的条件和许多帮助。塔里木油田分公司刘胜经理为我们取样提供了许多帮助,同时,杨举勇副总地质师在构造方面提出了宝贵意见,张光亚高级工程师和杨文静高级工程师也提出了许多中肯和难能可贵的意见,在此一

并表示感谢。

参 考 文 献

- 李理,戴俊生,谢传礼. 埕岛地区中、古生界裂缝与油气的关系[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(3): 264~ 267
- 陈忠,李涛. 川南香溪群四段低渗裂缝性砂岩储层保护[J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(4): 340~ 345
- 胡朝元,孔志平. 油气成藏原理[M]. 北京:石油工业出版社, 2002. 111~ 113
- 向才富,夏斌,解习农,等. 松辽盆地西部斜坡油气运移输送的主要通道[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 204~ 208
- 贾庆素,周庆凡. 塔北地区含油气系统[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(1): 103~ 106
- 余晓宇,施泽进,刘高波. 巴楚-麦盖提地区油气成藏的输导系统[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(4): 346~ 350
- 张照录,杨红. 含油气盆地的输导体系研究[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(2): 133~ 135
- 王庭斌. 中国气藏主要形成、定型于新近纪以来的构造运动[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 126~ 132
- 任延广,陈均亮,冯志强,等. 喜山运动对松辽盆地含油气系统的影响[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 185~ 190
- Megregor D S. Factors controlling the destruction or preservation of giant light oilfields[J]. Petroleum Geoscience, 1996, 2: 197~ 217
- Montel F G, Caillet A P, Caltagirone J. Diffusion model for predicting reservoir gas losses[J]. Marine and Petroleum Geology, 1993, 10: 51~ 57
- Kissin Y V. Catagenesis and composition of petroleum: origin of n-alkanes and isoalkanes in petroleum crudes[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1987, 51: 2 445~ 2 457
- 贾承造,魏国齐,姚慧君,等. 塔里木盆地构造演化与区域构造地质[M]. 北京:石油工业出版社, 1995. 1~ 20
- 黎茂稳,林壬子,王培荣,等. 柯克亚凝析油气田的油气源研究[A]. 见:林壬子. 油气勘探与油藏地球化学[C]. 北京:石油工业出版社, 1998. 17~ 32
- 吴世祥,汪泽成,张林,等. 川西前陆盆地勘探思路分析[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(3): 210~ 216
- 郭正吾,邓康龄,韩永辉. 四川盆地形成与演化[M]. 北京:地质出版社, 1996. 163~ 175
- 李绍虎,吴冲龙,王华,等. 四川须家河组层序地层格架与天然气成藏的关系[J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(2): 146~ 151
- 戴金星,宋岩,张厚福. 中国天然气的聚集区带[M]. 北京:科学出版社, 1997. 219~ 225
- 童崇光. 四川盆地构造演化与油气聚集[M]. 北京:地质出版社, 1992. 102~ 112
- 王充诚,朱永路. 川西坳陷上三叠统须家河组的天然气成藏模式和盖层封闭机理[J]. 成都地质学院学报, 1991, 18(4): 95~ 105
- 赵永胜. 川西前陆盆地上三叠统储层流体动力学机制[J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(3): 204~ 215
- 杨克明. 川西坳陷油气资源现状及勘探潜力[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(4): 322~ 331
- Posamentier H W, Allen G P. Siliciclastic sequence stratigraphic patterns in foreland ramp-type basins[J]. Geology, 1993, 21(5): 455~ 458
- De Celles P G, Giles K A. Foreland basin systems[J]. Basin Research, 1996, 8(2): 105~ 123
- Weimer P, Posamentier H W. Siliciclastic sequence stratigraphy recent developments and applications[J]. AAPG Memoir, 1993, 58(1): 1~ 47
- 姜在兴,李华启. 层序地层学原理及应用[M]. 北京:石油工业出版社, 1996. 23~ 37
- Katz B J, Pratt L M. Source rocks in a sequence stratigraphic framework[J]. AAPG Studies in Geology, 1994, 37(2): 221~ 238
- 马新华,魏国齐,钱凯,等. 我国中西部前陆盆地天然气勘探的几点认识[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(2): 114~ 117

(上接第523页)

参 考 文 献