

文章编号:1009-3850(2019)02-0027-08

西藏伦坡拉盆地中央凹陷带走滑断层特征 及其对油气成藏的影响

潘磊, 王均杰, 李旭文, 马成宪

(中国石化勘探分公司勘探研究院, 四川 成都 610041)

摘要:伦坡拉盆地前期勘探主要在南、北构造带,对中央凹陷带构造的勘探和成藏研究较少。本文利用最新获取的地震和钻井资料,分析盆地中央凹陷带走滑断层发育和演化特征,结合典型油藏解剖,明确走滑断层对油气成藏的影响,指导油气勘探工作。走滑断层剖面上具有断面较陡、花状构造特征,空间上见“忽正忽逆”的海豚效应、断层两侧地震反射特征不协调等标志现象。走滑断层与油气成藏之间有着密切关系,其控制盆地的构造格局、沉积体系次级生烃洼陷的发育,形成高地温场,促进油气生成,形成一定规模的构造圈闭群,利于油气聚集,是油气运移的重要通道。但走滑断层的晚期活动可能破坏原生油藏,造成油气散失稠化和调整分配。江 F2 和蒋 F1 走滑断层所夹持的伦坡日断块圈闭面积大,处于主要生烃洼陷,是下一步勘探的有利目标区。

关键词:油气成藏;走滑断层;中央凹陷带;伦坡拉盆地

中图分类号:TE132;P542

文献标识码:A

引言

断层通常分为正断层、逆断层和走滑断层三大类。走滑断层是指两盘断块体以相对走滑位移为主要运动特征的断层,两盘的相对位移方向向右的走滑断层称为右旋走滑断层,位移矢量向左的断层为左旋走滑断层^[1]。目前对中国东部盆地油气勘探区走滑断层的研究较多,认为走滑断层与油气成藏之间具有十分密切的关系^[2-5]。我国东部发育的郯庐走滑断裂带长达 2400km,沿断裂带发育了松辽盆地、渤海湾等含油气盆地,这些盆地内的油气占据我国油气探明储量和产量的大多数^[6]。

西藏地区可能是中国油气的战略接替区域,其中伦坡拉盆地油气地质条件较好。前人研究资料表明,盆地中央凹陷带牛堡组烃源岩分布广,厚度

大,生储盖组合类型好,勘探潜力大,在二十世纪九十年代发现了多个稠油藏及常规油藏,提交了近 800 万吨石油控制储量^[7-11]。前人研究表明^[7,10],早期的盆地受控于班公湖-怒江深大断裂带的构造活动,发生走滑-拉张断陷,在盆地南北两侧发育大规模近东西向走滑断层,控制了呈菱形的伦坡拉原形盆地;晚期遭受强烈挤压和抬升剥蚀,南北两侧发育冲断构造,原始控制盆地的边界走滑大断层基本被改造,现今盆地南北边界断层主要为具有一定压扭性质的逆冲断层。在盆地的形成和改造过程中,在中央凹陷带内部发育了多条与东西向主干断层垂直的南北向走滑断层,这就是本文主要的研究对象。

近期相关单位在盆地中央凹陷带实施多条高精度二维地震格架剖面 and 2 口油气探井,取得了大

收稿日期:2018-12-16; 改回日期:2019-03-01

作者简介:潘磊(1984-),男,高级工程师。E-mail:panl.ktnf@sinopec.com

资助项目:中国地质调查局“青藏高原重点盆地油气资源战略选区调查”项目(1211302108021-1)资助

量的资料,进一步深化了该区的构造特征和油气成藏规律认识。本文拟充分利用新的二维地震和钻井资料对中央凹陷带近南北向走滑断层与油气成藏关系进行分析,通过解析走滑断层的发育规律和演化特征,结合重点井解剖,明确走滑断层对油气成藏的影响,更好地指导该地区的油气勘探工作。

1 区域地质背景

伦坡拉盆地位于青藏高原羌塘—昌都地块和拉萨地块的结合部位,处于班公湖—怒江缝合带的中段,呈豆荚状沿班公湖—怒江断裂东西向展布,面积约为 3600km²。该盆地是一个在燕山期褶皱基底上发育的古近纪陆相断陷盆地,发育始新统牛堡组 and 渐新统丁青湖组地层。盆地早期受控于班公湖—怒江深大断裂及其分支、分叉断裂,是一个扭

张性断陷盆地;晚期遭受构造挤压和抬升剥蚀,成为一个残留盆地;现今盆地呈压性结构,南、北发育逆冲推覆构造,是一个典型的改造型盆地^[12]。

2 走滑断层发育特征

根据现今构造形态、地层出露以及断裂发育情况,从北往南可将伦坡拉盆地分为北部逆掩推覆带、中央凹陷带和南部冲断隆起带 3 个构造带。走滑断层主要分布于盆地的中央凹陷带,呈南北向展布,大多表现为断面直立或近似倒转的形态,平面具有明显的线性分布特征,伴生断层和褶皱均被局限在走滑断层范围内。规模较大的有江 F1、江 F2 和蒋 F1 断层,这些断层将中央凹陷分割成多个洼陷区,使其具有“东西分块”的构造格局(图 1)。

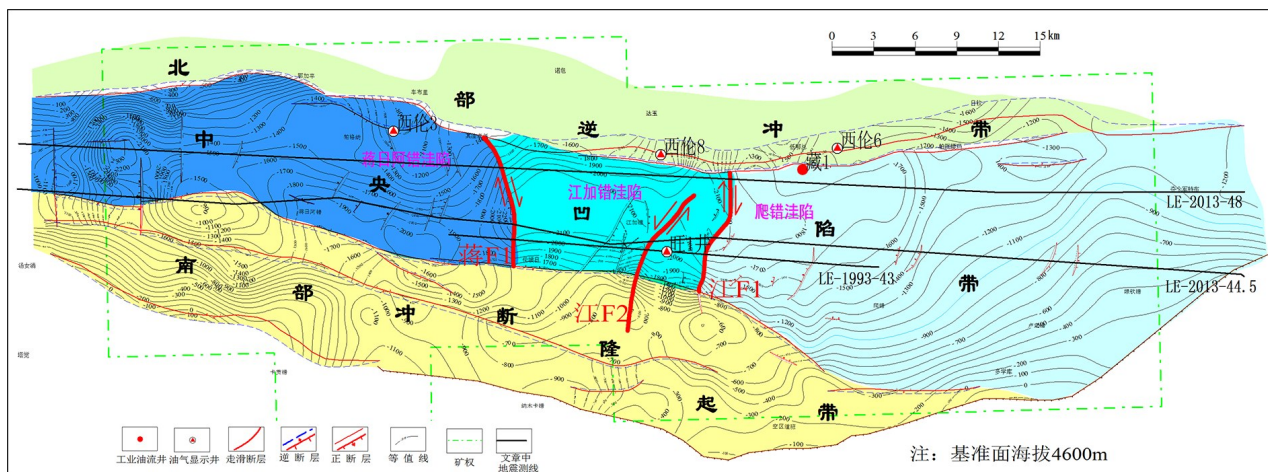


图 1 伦坡拉盆地构造分区图

Fig. 1 Tectonic division of the Lunpola Basin

2.1 走滑断层识别标志

伦坡拉盆地的发展演化经历了断陷、拗陷和晚期逆冲推覆的复杂过程,在独特的构造背景下,中央凹陷带的走滑断层具有独特的几何学特征。

(1)剖面上具有“断层断面较陡,直插基底,发育花状构造”特征

从垂直断层走向的地震剖面来看,中央凹陷带的江 F1、江 F2、蒋 F1 等断层倾角较大,达 60°~80°左右。断面大多表现为上缓下陡,向上延伸到丁青湖组泥页岩中,深部近直立插入盆地基底,这是走滑断层在剖面上的典型特征(图 2)。

花状构造是伴随走滑断层产生的最为典型的

变形构造样式,在剖面上由一条主干断层(走滑断层)和若干分支断层共同组成一个类似“花”的结构。江 F1、江 F2 和蒋 F1 主干断层倾角较陡,在深部近于垂直,向上有一定的倾斜,分支断层自浅向深汇集,分别相交于主干断层,呈现出负花状构造和“Y”构造样式(图 2)。

(2)空间上具有“忽正忽逆”的海豚效应

沿断层走向,走滑断层的倾向和升降位移不断变化,同一条断层在不同剖面上时而为正断层、时而为逆断层,表现出“忽正忽逆”的特征。断层的两盘此起彼伏,高低错落,就如同在海上嬉戏的海豚此起彼伏一样,称之为“海豚效应”^[8]。

以江 F1 断层为例,由于走滑位移引起断层两盘在不同位置的差异升降,造成该断层具有“南正北逆”的海豚效应。在南部剖面(LE-2014-44.5)表现为西盘沉降、东盘隆升的正断层特征,为负花状构造;在北部剖面(LE-2013-48)则相反,表现为西盘隆升、东盘沉降的逆断层特征,为正花状构造(图 3)。江 F1 断层为右行走滑断层,断层两侧断盘中诱导出沿剪切作用方向发生前压后拉的局部应力状态,导致走滑断层两侧出现局部的收缩隆升和伸展沉降构造变形。由于走滑断层两侧断块体的位

移方向相反,因而其末端处两侧断块局部应力状态及引起的变形也相反。

(3)断层两侧地震反射波组特征差异较大

一般来说,当走滑断层切割厚度和沉积环境迅速变化的陆相地层时,由于两盘块体的运动以走向滑动为主,会造成断层两侧同一套地层的厚度不匹配、沉积相突变的现象^[1],在地震剖面上表现为两侧反射波组特征出现明显差异。

以蒋 F1 走滑断层两侧牛堡组二段中亚段地层为例,在 LE-2013-44.5 剖面,断层东侧为中等连续、

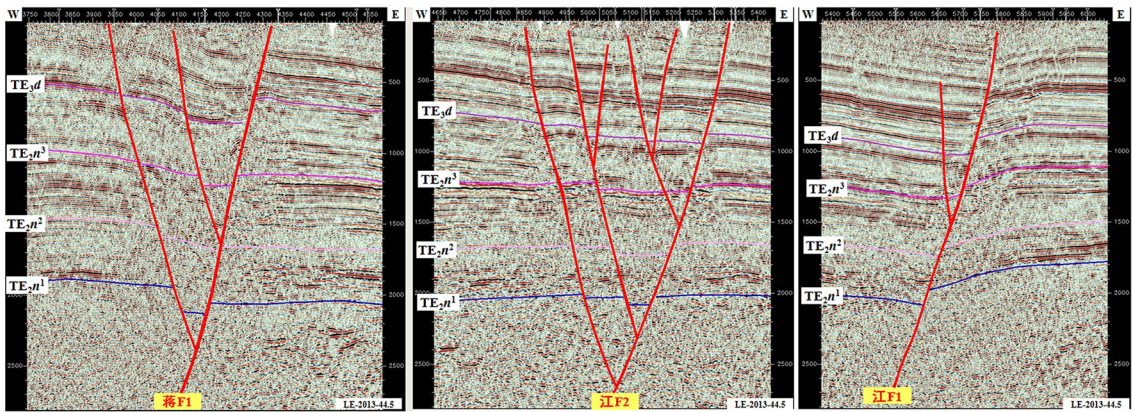


图 2 中央凹陷带走滑断层典型地震剖面特征

Fig. 2 Representative seismic reflection profiles along the strike-slip faults in the central depression of the Lunpola Basin

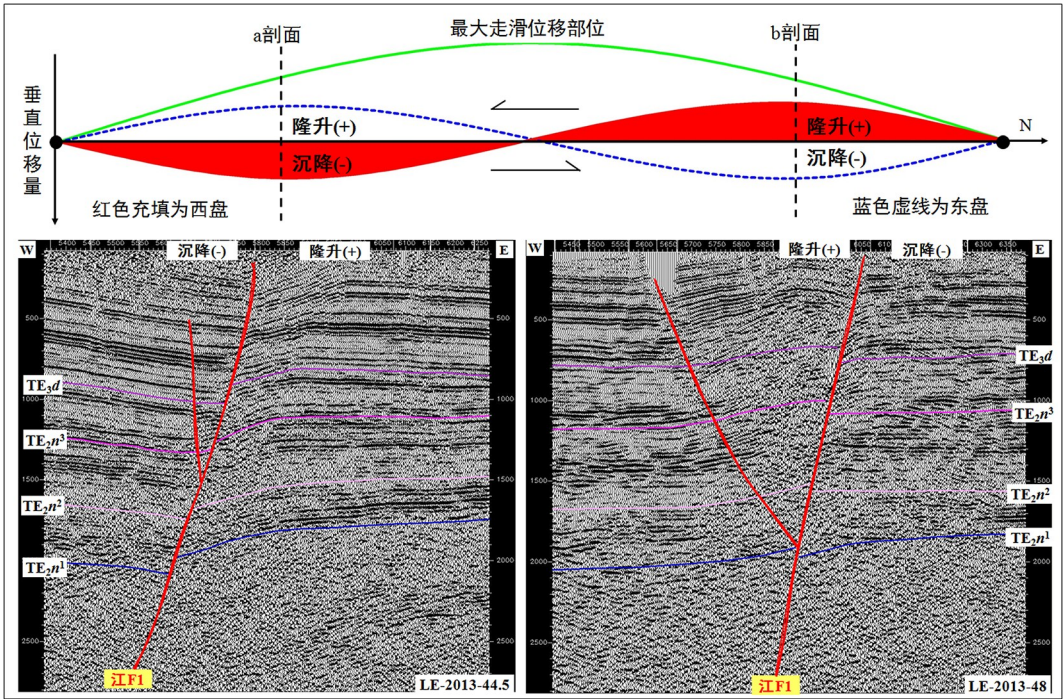


图 3 沿江 F1 走滑断层不同位置地震剖面图

Fig. 3 Seismic reflection profiles along the Jiang-F1 strike-slip fault in the central depression of the Lunpola Basin

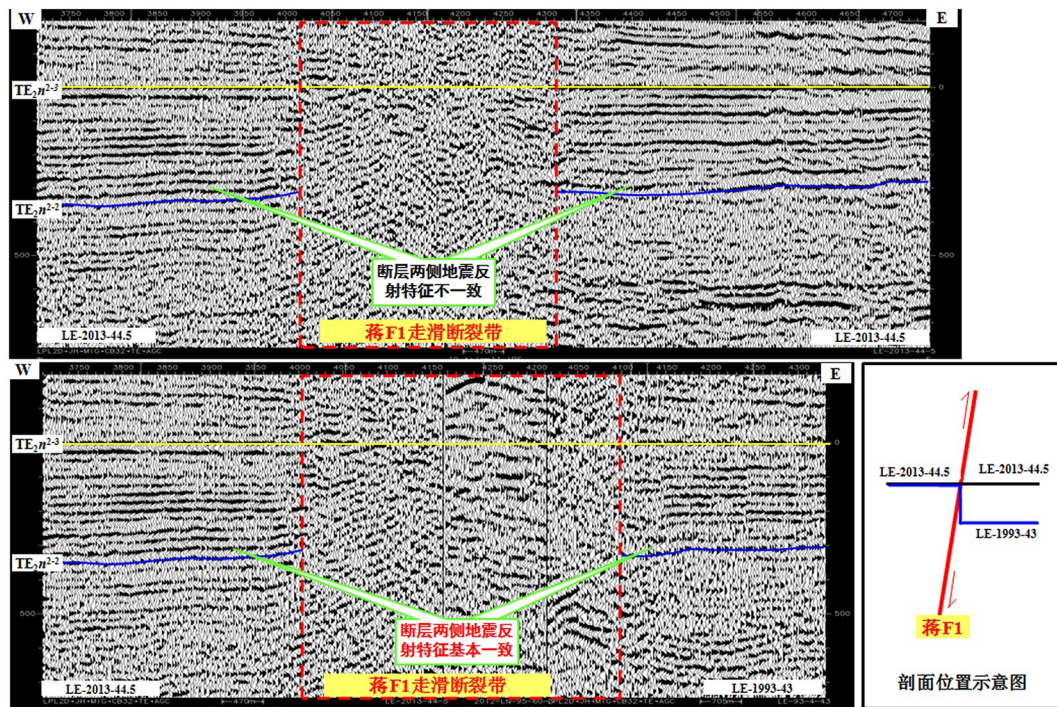


图4 蒋 F1 走滑断层两侧地震反射特征对比剖面

Fig. 4 Comparison of the seismic reflection profiles on both sides of the Jiang-F1 strike-slip fault in the central depression of the Lunpola Basin

中高频、强振幅、亚平行反射特征;断层西侧为连续、低频、强振幅、平行反射特征,两侧地震反射特征存在明显差异(图 4a)。但是按照走滑模式,将 LE-2013-44.5 断层西侧剖面和 LE-1993-43 断层东侧剖面进行拼接时,两侧地震反射特征基本一致,均为连续、低频、强振幅、平行反射特征(图 4b),进一步证实了蒋 F1 为走滑断层。同时,可推断其为右旋走滑断层,走滑量约 1.1km。

2.2 走滑断层演化特征

伦坡拉盆地的演化受控于青藏高原原班公湖-怒江缝合带,其演化经历了断陷-拗陷-隆升改造。在盆地的形成和改造过程中,在中央凹陷带内部发育了多条与东西向主干断层垂直的南北向走滑断层。结合平衡剖面分析,与盆地构造相匹配,中央凹陷带走滑断层可划分为“断陷期初步形成、拗陷期停止活动、隆升改造期继承扩大”3 个演化阶段。

断陷期(牛堡组沉积期),伦坡拉盆地西部为南断北超断陷、东部为北断南超,为菱形斜对称盆地,具有独特的走滑拉分结构。在该区域构造背景下,盆地南、北拉张边界的尾端区和对向叠接区由于应

力条件发生了变化需要产生横向构造进行调节^[13],因此,在中央凹陷带江加错-蒋日阿错一带产生了多条调节走滑断层,规模相对较小(图 5a)。

拗陷期(丁青湖组沉积期),伦坡拉盆地整体拗陷,构造趋于稳定,中央凹陷带走滑断层也逐渐停止活动(图 5b)。

隆升改造期,盆地发生了南北向的强烈挤压逆冲推覆,受早期盆地基底结构的影响,应力产生局部变动,主逆冲方向变为北东东向,盆地南北边界再次发生强烈走滑。在此构造背景下,中央凹陷带走滑断层继续活化发展,规模进一步扩大,切穿丁青湖组,成为现今普遍发育的走滑断层(图 5c)。

3 走滑断层对油气成藏的影响

3.1 控制中央凹陷带构造格局和沉积体系,形成次级生烃洼陷

早期走滑断层有利于形成生烃洼陷,为油气成藏奠定物质基础。中央凹陷带的走滑断层将伦坡拉盆地分成多个次级洼陷,是盆地主要的生烃中心。以江 F1 走滑断层为例,其东西沉积相带和烃源岩发育情况差异明显,东侧爬错洼陷牛二段上亚

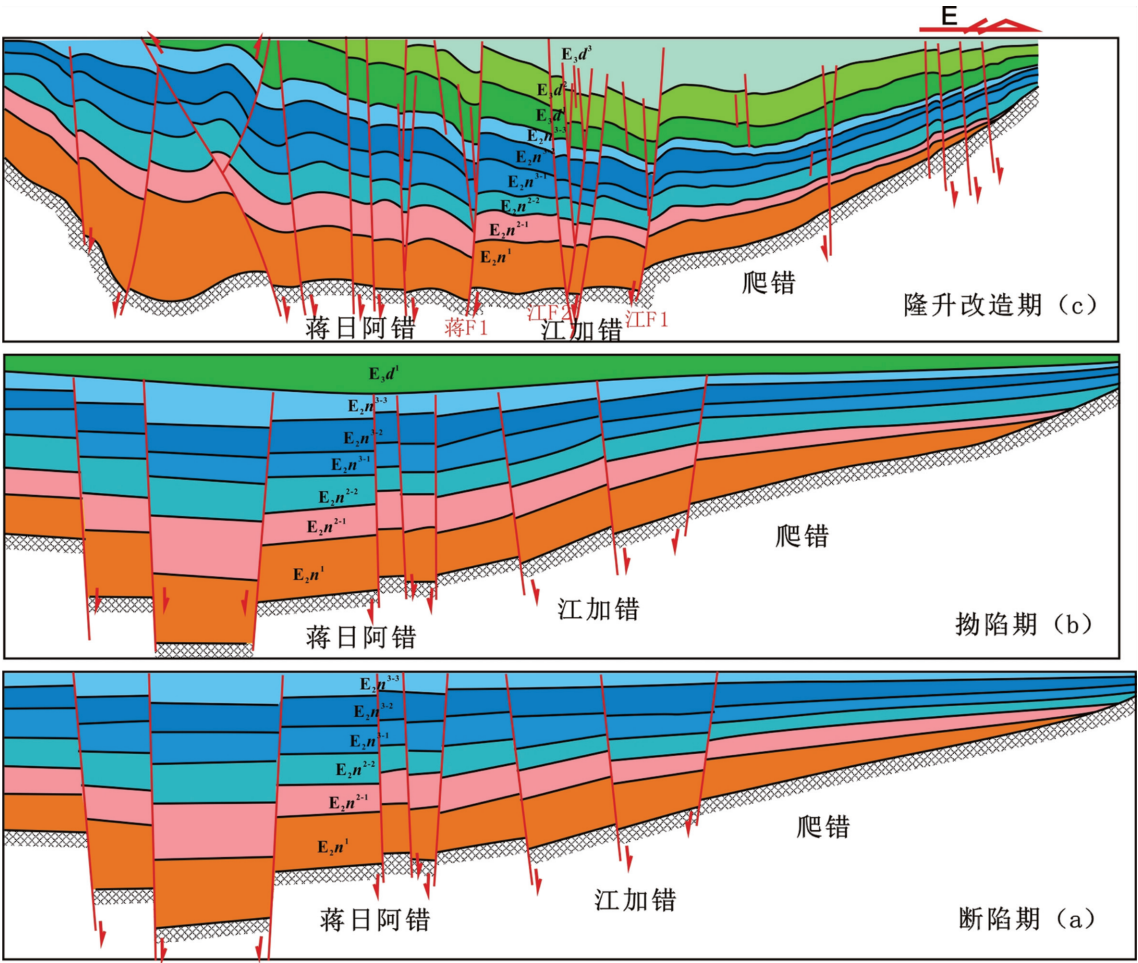


图 5 伦坡拉盆地中央凹陷带构造演化剖面(LE-2013-44.5)

Fig.5 Schematic sections showing the tectonic evolution of the central depression of the Lunpola Basin

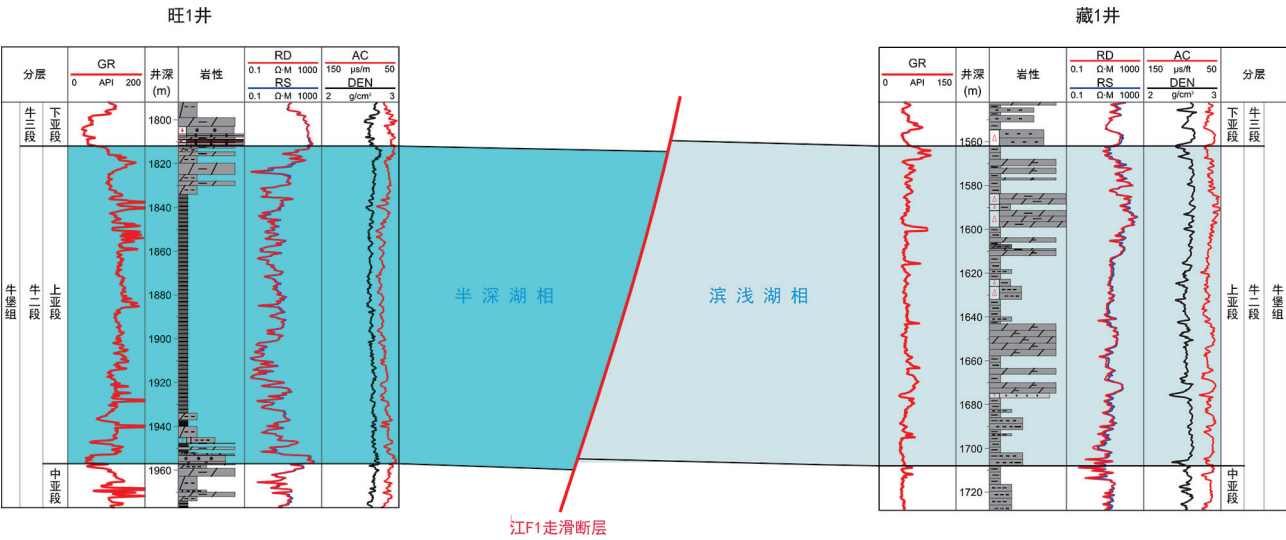


图 6 伦坡拉盆地旺 1 井 - 藏 1 井沉积相对比图

Fig.6 Comparison of the sedimentary facies through the Wang-1 and Zang-1 wells in the Lunpola Basin

段岩性以灰色泥质白云岩和白云质泥岩为主,为滨浅湖相,烃源岩有机碳含量为 0.56% ~ 0.76%,平均为 0.66%;西侧的旺 1 井在牛二上亚段发育单层厚度达 100m 的深灰色泥页岩,为半深湖相,有机碳含量为 0.54% ~ 3.52%,平均为 1.22%,为优质烃源岩(图 6)。

由于走滑断裂切割了基底,沿该断裂可从地壳深部带来大量地热,形成高地热流带,伦坡拉盆地中央凹陷带多口靠近走滑断层的钻井实测均为高地温梯度,其中旺 1 井牛二段实测地温梯度为 5.67 ~ 5.86°C/100m、旺 2 井牛三段实测地温梯度高达 7.6°C/100m。高地热流对烃源岩的热演化具有重要的作用,使有效烃源岩的生烃门限深度降低,促进油气生成。

3.2 形成一定规模的构造圈闭群

据走滑应力图球体以及走滑断层发育的模式分析,走滑断层在平面上的特征主要表现为雁列式断层及轴向与走滑断层走向锐角相交的与断层相关的褶皱。在伦坡拉盆地中央凹陷带的江 F1、江 F2 和蒋 F1 走滑断裂带,发育多个与断层相关的断鼻、断块构造,成排成带分布,是油气运移聚集的有

利构造(图 7)。其中旺 1 井位于由江 F1、江 F2 走滑断层控制的长山断块圈闭,面积约为 19.10km²,幅度 775m,圈闭较落实。旺 1 井见到良好的油气显示,牛三段钻遇油层 8.75m,说明与走滑断层相关的构造圈闭有利于油气聚集成藏。

3.3 控制油气运聚成藏

伦坡拉盆地中央凹陷带走滑断层切割深度大、断面陡直的普遍特征,使其在垂向上能够成为有效的油气运移通道,有利于油气成藏。通过对中央凹陷带旺 1 井牛三段油藏进行分析,认为走滑断层在不同演化阶段对油气成藏的影响有一定差异。

早期走滑断层对牛三段成藏系统起建设性作用,油源对比结果显示,牛三段的油主要来自牛二段烃源岩,充注时间为牛堡组沉积末期,说明早期走滑断层可作为沟通烃源岩和储层的有效通道。晚期走滑断层则对牛三段成藏系统起破坏性作用,由于牛三段下部砂体缺乏直接有效的盖层,在走滑断层的疏导下,原生油藏遭到破坏,轻烃散失至上部的丁青湖组底部,从而造成牛三段普遍为稠油藏(图 8)。

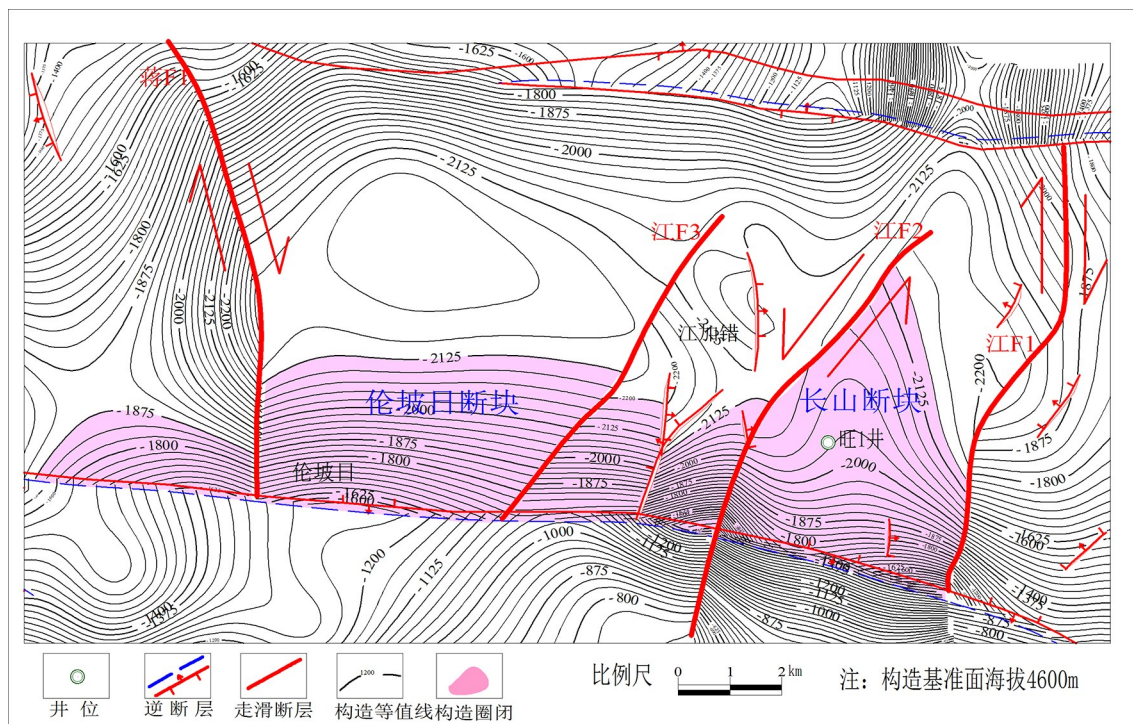


图 7 伦坡拉盆地与走滑断层相关构造圈闭分布图

Fig. 7 Distribution of the strike-slip fault-associated structural traps in the Lunpola Basin

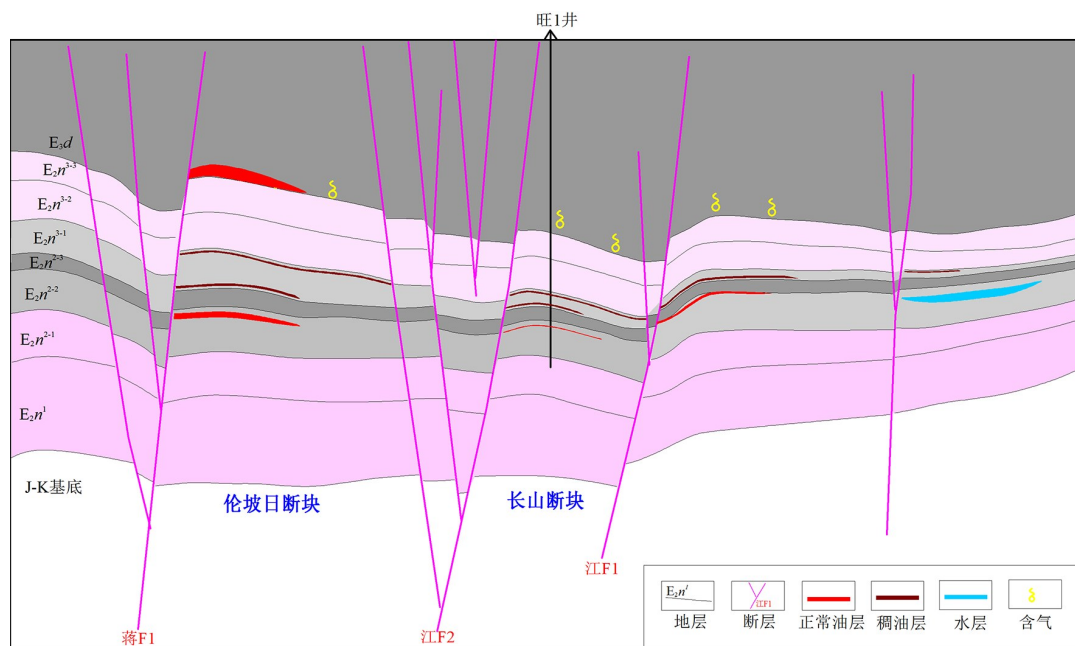


图8 伦坡拉盆地过旺1井油藏剖面图

Fig. 8 Oil reservoir section through the Wang-1 well in the Lunpola Basin

4 结论

伦坡拉盆地中央凹陷带发育多条走滑断层。走滑断层剖面上具有断面较陡、直插基底、发育花状构造,空间上见“忽正忽逆”的海豚效应,断层两侧地震反射特征不协调等标志现象。其演化过程可归结为“断陷期初步形成、拗陷期停止活动、隆升改造期继承扩大”3个阶段。

走滑断层与油气成藏关系密切,既有建设性作用也有破坏作用。有利的方面是控制构造格局和沉积体系,发育生烃洼陷;形成高地温场,促进油气生成;形成一定规模的构造圈闭群,利于油气聚集成藏;成为油气运移的重要通道。不利的方面为晚期走滑断层可能破坏原生油藏,造成油气散失稠化和再调整分配。

江F2和蒋F1走滑断层所夹持的伦坡日断块圈闭面积大,处于主要的生烃洼陷,构造稳定,可能发育深层原生油藏和浅层次生油藏,是伦坡拉盆地下一步勘探有利目标区。

参考文献:

- [1] 夏义平,刘万辉,徐礼贵,等. 走滑断层的识别标志及其石油地质意义[J]. 中国石油勘探,2007,1:17-48.
- [2] 张国栋,王昌桂. 阿尔金走滑构造域沉积盆地特征[J]. 勘探家,1997,2(3):17-20.
- [3] 黄雷. 走滑作用对渤海凸起区油气聚集的控制作用)以沙垒田凸起为例[J]. 地学前缘,2015,3(22):69-76.
- [4] 吴奎,王伟,黄晓波,等. 青东凹陷东部边界走滑断层识别、特征分析及对构造圈闭的控制作用[J]. 中国海上油气,2015,2(27):24-30.
- [5] 陈华靖,周东红,吕丁友. 渤海地区新生代走滑断裂特征及其对油气成藏的影响[J]. 断块油气田,2015,4(22):454-457.
- [6] 杨占宝. 郯庐断裂带中新世代演化与含油气盆地形成分布综述[J]. 地质力学学报,2006,12(1):43-48.
- [7] 雷清亮,付孝悦,卢亚平. 伦坡拉第三纪陆相盆地油气地质特征分析[J]. 地球科学-中国地质大学学报,1996,21(2):168-173.
- [8] 李英烈,伍新和,汪锐,等. 西藏伦坡拉盆地中央凹陷带探获油气[J]. 中国地质,2018,(4):853-854.
- [9] 谢尚克,王剑,付修根,等. 西藏伦坡拉盆地丁青湖组油页岩特征及勘探有利区评价[J]. 沉积与特提斯地质,2018,38(2):57-65.
- [10] 杜佰伟,谭富文,陈明. 西藏伦坡拉盆地沉积特征分析及油气地质分析[J]. 沉积与特提斯地质,2004,24(4):46-54.
- [11] 范小军,潘磊,李凤等. 西藏伦坡拉盆地古近系油藏成藏机理及有利区带预测[J]. 石油与天然气地质,2015,36(3):362-377.
- [12] 刘中戎,李祥权. 青藏高原伦坡拉盆地晚期构造变形特征及应力机制分析[J]. 石油实验地质,2017,39(6):819-324.
- [13] 漆家福,夏义平,杨桥. 油区构造解析[M]. 北京:石油工业出版社,2006.

Strike-slip faults and their effects on the hydrocarbon accumulation in the central depression of the Lunpola Basin in Xizang

PAN Lei, WANG Junjie, LI Xuwen, MA Chengxian

(*Research Institute of Petroleum Exploration and Development, SINOPCE, Chengdu 610041, Sichuan, China*)

Abstract: The present paper deals, on the basis of seismic data and well logs, especially the anatomy of the representative oil reservoirs, with the formation, evolution and effects of the strike-slip faults on the hydrocarbon accumulation in the central depression of the Lunpola Basin in Xizang. The strike-slip faults in the study area have the steep fault plane and flower-like structures, and spatially display the “dolphin effects” and discordant seismic reflections on both sides of the strike-slip faults. The strike faults may have the controls on the structural framework of the Basin, and the development of the secondary hydrocarbon-generating depressions and structural traps. They may serve as the important pathways for the hydrocarbon migration as well. However, they may be destructive to the primary oil reservoirs due to the subsequent faulting of the strike-slip faults. The Lunpori fault blocks sandwiched between the Jiang F2 and Jiang F1 strike-slip faults in the central depression may be the favourable area for the future oil and gas exploration in the Lunpola Basin.

Key words: hydrocarbon accumulation; strike-slip fault; central depression; Lunpola Basin