

文章编号:1009-9603(2022)02-0061-08

DOI:10.13673/j.cnki.cn37-1359/te.2022.02.007

多瑟欧盆地烃源岩发育特征及勘探建议

张 懿¹,李俊良²,郑求根¹,胡 琴¹

(1.中国地质大学(北京)海洋学院,北京 100028; 2.中海石油(中国)有限公司海南分公司,海南海口 570100)

摘要:位于中非剪切带中部的多瑟欧盆地为走滑-拉分盆地,勘探程度较低,一直未获得商业发现,而与之相邻且具有相似地质背景的多巴盆地却相继获得油气大发现。为此,基于仅有的钻井、测井和地震等资料,对盆地烃源岩发育特征开展初步但较为系统的研究。结果表明:多瑟欧盆地发育十分优越的早白垩世阿普第期中-深湖相倾油型泥质烃源岩,厚度大,有效烃源岩分布广,生排烃潜力巨大;东部有效生烃灶为富生烃凹陷,其烃源岩厚度及平面分布规模、地化指标、生排烃强度及生排烃量均远优于西部有效生烃灶,生排烃史与圈闭形成时间、垂直运移通道-断层的发育时间匹配良好。据此提出勘探建议:①应对研究区给予高度关注,并加大勘探力度。②采集三维地震资料以便于开展基础地质及石油地质深入研究。③优选有利勘探区带,争取获得优质区块,尽早在该盆地获得油气大发现。

关键词:中-深湖相;烃源岩;生烃灶;阿普第期;多瑟欧盆地

中图分类号:TE122

文献标识码:A

Development characteristics and exploration suggestions of source rocks in Doseo Basin

ZHANG Yi¹, LI Junliang², ZHENG Qiugen¹, HU Qin¹

(1.School of Ocean Sciences, China University of Geosciences(Beijing), Beijing City, 100028, China; 2.Hainan Branch, China National Offshore Oil Corporation, Haikou City, Hainan Province, 570100, China)

Abstract: The Doseo Basin, located in the center of the Central African Shear Zone (CASZ), is a strike-slip pull-apart basin with a low exploration degree and has not been discovered commercially. However, the adjacent Doba Basin with similar geological backgrounds has seen successive oil and gas discovery. Therefore, with the existing drilling, logging, and seismic data, this paper carried out a preliminary but systematic study on the development characteristics of source rocks in the Doseo Basin. The results show that the Aptian (Early Cretaceous) middle-deep lacustrine and argillaceous source rocks with oil potential are well developed in the Doseo Basin, featuring great thickness, wide distribution of effective source rocks, and huge hydrocarbon generation-expulsion potential. The eastern hydrocarbon generation kitchen is a hydrocarbon-rich sag with its source-rock thickness, plane distribution scale, geochemical indexes, and hydrocarbon generation-expulsion intensity and amount much better than those in the western hydrocarbon generation kitchen. The hydrocarbon generation-expulsion history matches well with the formation time of traps and the development time of vertical migration channels and faults. Three exploration suggestions are put forward: ① pay close attention to the Doseo Basin and increase exploration efforts, ② collect 3D seismic data and carry out in-depth research on basic geology and petroleum geology, and ③ select favorable exploration zones to obtain high-quality blocks and large oil and gas discovery in the basin as soon as possible.

Key words: middle-deep lacustrine facies; source rock; hydrocarbon generation kitchen; Aptian; Doseo Basin

非洲地区油气资源十分丰富,20世纪50年代获
油气突破以来,陆续在北非、西非发现并建成大型

油气田。进入21世纪以来,西非盐下构造和东非地
区再次掀起勘探热潮,获取有利区块的难度越来越

收稿日期:2021-05-31。

作者简介:张懿(1992—),男,湖南邵阳人,工程师,在读硕士研究生,从事石油地质研究。E-mail:zhangyi920407@163.com。

大。非洲大陆中部地区发育一条横贯东西、长约2 000 km的中非剪切带,沿该剪切带发育一系列中生代裂谷盆地和走滑-拉分盆地^[1-6]。这些盆地中-新生代地层厚度普遍超过5 000 m,目前勘探程度和油气发现差异较大。勘探程度低且油气地质条件好的盆地必将成为以后油气储量发现区。位于中非剪切带东缘南苏丹境内的穆格莱德(Muglad)盆地和中西部的邦戈(Bongor)盆地及多巴(Doba)盆地生储油条件良好^[7-12],石油资源丰富,是所在国最重要的产油区。与穆格莱德盆地相距300 km,与多巴盆地、邦戈盆地相邻并具有相似地质背景的多瑟欧(Doseo)盆地,勘探程度较低,一直未获商业油气发现。外国学者对中非剪切带的基础地质开展过研究工作^[3-6],中国众多学者对穆格莱德盆地、邦戈盆地开展了大量的基础地质与石油地质研究工作^[7-9,11-12];相比较而言,多瑟欧盆地开展的研究较少,至今尚未进行过较为系统的研究^[1-2,13-14]。为此,笔者利用收集到的少量钻井、测井及地震资料,对多瑟欧盆地早白垩世烃源岩开展较为系统的研究。

1 区域地质概况及勘探现状

1.1 盆地概况

多瑟欧盆地为典型的走滑-拉分盆地,主要位于非洲中部的乍得共和国境内,南部一小部分延伸到中非共和国,面积达 $4.81 \times 10^4 \text{ km}^2$,西邻多巴盆地,东临塞拉迈特(Salamat)盆地。该盆地为NEE—SWW走向的菱形盆地,主要凹陷区长度约为500 km,最宽处约为80 km,北面受产状较陡的Borogop断裂控制,南面受北掉的断阶带控制。

1.2 地球物理勘探现状

20世纪50—60年代,Conoco公司作为最早的外国公司在该盆地开展勘探工作;60—70年代,Shell和Chevron公司开展了地震勘探工作;同时,Esso和Exxon公司等更多的外国公司陆续进入。截至2013年,多瑟欧盆地共采集了面积为 $1.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的二维地震资料,大部分地区测网密度为 $12 \text{ km} \times 13 \text{ km}$,部分区域无地震测线。

1.3 钻探及油气发现概况

20世纪70年代末,Conoco公司在该盆地钻探3口井(1口油气显示井、2口油气发现井)。80年代,Esso公司陆续钻探6口井,发现了M、Ns和Kb共3个油气区。2002年,Esso公司在盆地南部钻探2口井,其中1口为油气显示井,1口为干井。该盆地共

钻探12口井,其中6口井为油气井、5口井为油气显示井、1口井为干井,其中3口井的测试日产油量超过280.00 t/d(表1)。

表1 多瑟欧盆地已钻井基本信息统计
Table 1 Basic information statistics of drilled wells in Doseo Basin

井名	测试产量		原油 重度/ °API	深度/ m	完钻 年份
	日产油量/(t·d ⁻¹)	日产气量/(m ³ ·d ⁻¹)			
Kd-1	4.20	1 415.85	36.8	3 187	1977
B-1	油显示			2 919	1978
T-1	308.00		37.3	3 356	1979
Ns-1	7.00		26.7	2 366	1985
Kk-1	2.24		12~25	3 089	1985
M-1	280.00	23 503.11	29	2 056	1985
M-2	油显示			2 745	1986
Kb-1	307.44		29~41	3 112	1986
Ki-1	气显示			3 075	1986
Bk-1	干井			1 524	2002
Mt-1	油显示			2 438	2006
My-1	油显示			2 495	2007

盆地共获得5个油气发现,储量规模小,单个发现原油可采储量为 $8.40 \times 10^4 \sim 644.14 \times 10^4 \text{ t}$,天然气可采储量为 $7.08 \times 10^8 \sim 1 076.05 \times 10^8 \text{ m}^3$,累积可采储量为 $877.80 \times 10^4 \text{ t}$ 油当量,无任何商业价值。

2 构造演化与沉积特征

侏罗纪晚期—白垩纪早期,非洲大陆与南美洲大陆开始分离,对非洲大陆内部产生了多种剪切和拉张作用,中非剪切带就是其产物之一。

盆地基底主要为泛非运动形成的花岗岩、片岩和片麻岩。从早白垩世至今,盆地的沉积环境均为陆相沉积。受沉积和后期改造的共同控制,地层整体上呈东厚西薄的特征。西部地区地层厚度约为3 000 m,局部超过5 000 m,但分布比较局限;东部地区地层厚度整体较大,最厚处达7 500 m。

多瑟欧盆地经历了前裂陷期、扭张期、压扭期和拗陷期共4期构造演化^[1-2]。

前裂陷期 前裂谷期地层没有井钻遇,可能为早白垩世或更老的中生代地层,厚度约为500 m,岩性以砂岩为主,夹少量泥岩^[10]。

扭张期 早白垩世,盆地在张扭应力作用下,沿NNW—SSE向伸展,形成了控制盆地北部边界的Borogop断裂。该断裂的走向为NEE—SWW,倾角

较大。同时右旋走滑作用在盆地内形成一系列雁列状的NW—SE走向的北掉正断层。在这些断层控制下发育了一系列半地堑结构断陷槽。盆地沉积了厚度约为500~6 500 m的早白垩世湖相地层,分布广泛,岩性以泥页岩为主。该时期也是优质烃源岩的主要发育期。在巴列姆晚期—阿普第早期,盆地边缘以粗碎屑为主,主要为河流及冲积扇沉积。阿普第中期—阿尔比早期,主要为湖相沉积,以泥页岩为主,夹少量的砂岩。阿尔比中、晚期的沉积环境主要为河流—湖相沉积,钻井揭示为一套粉砂岩。虽然目前井上还没有钻遇湖相的泥页岩沉积,但结合过井地震剖面,推测盆地中央凹陷带的深洼区发育湖相的泥页岩沉积,可形成良好的局部盖层。从地震解释的结果来看,下白垩统在盆地内广泛发育,地层厚度为500~6 500 m,普遍大于2 500 m,整体上呈现东厚西薄特征。中央凹陷带东部地区地层厚度普遍大于5 000 m。盆地虽然经历了晚白垩世的压扭作用,但下白垩统剥蚀量相对较小。同时,该时期沉降中心和沉积中心基本一致。因此,通过地层厚度的分布特征可以推测,早白垩世沉积中心位于盆地的东部地区。

压扭期 晚白垩世早期,中非剪切带的走滑作用变弱。晚白垩世末期,非洲板块与欧洲板块发生碰撞,使得多瑟欧盆地发生压扭作用,盆地西部遭受强烈改造,地层剥蚀强烈,发育大型正花状构造;盆地东部压扭作用相对较弱。压扭期地层为晚白垩世 Cenomanian—Campanian 期形成的以河流相为主的沉积物,发育一套以砂岩为主的向上变粗的反旋回沉积序列,底部夹薄层的泥岩。地层厚度为0~2 500 m,平均厚度为600 m,呈东厚西薄的特征,推测当时的沉降和沉积中心可能也位于东部地区。东部地区地层厚度普遍大于1 000 m,西部地区沉积地层较薄,主要是由于后期的构造反转,地层遭受剥蚀。

拗陷期 进入新生代后,中非剪切带活动大大减弱。多瑟欧盆地构造活动基本停止,地层主要处于填平补齐阶段。发育河流相沉积,岩性以粗粒砂岩为主。钻井和地震资料揭示该时期地层沉积厚度薄,盆地西部沉积厚度一般小于200 m,盆地东部沉积厚度为200~500 m。

3 烃源岩发育特征

烃源岩是油气生成的物质基础。对于低勘探程度沉积盆地,烃源岩研究是基础且核心的工作^[15-18]。

3.1 沉积特征

中非剪切带均广泛发育早白垩世中—深湖相泥质烃源岩。研究表明,多瑟欧盆地早白垩世阿普第期也广泛发育优质中—深湖相倾油型泥质烃源岩。中—深湖相沉积控制优质烃源岩的平面展布。

多瑟欧盆地沉积了一套由河流—三角洲—湖泊组成的白垩纪和古近纪碎屑岩地层,发育了3套沉积地层旋回序列^[14]。第1套沉积旋回序列发生在早白垩世扭张期段,包括河流—三角洲沉积的砂岩和泥岩互层、湖泊—三角洲沉积的细粒砂岩与泥岩互层。暗色泥岩为烃源岩的形成与发育提供了极佳的岩石基础;第2套为晚白垩世湖泊—三角洲沉积的细粒砂岩与泥岩互层及辫状河—三角洲厚层砂岩与泥岩互层组成的旋回;第3套为古近纪河流—三角洲砂泥岩互层及冲积平原沉积的厚层砂岩组成的旋回序列。

位于盆地东北部的Ki-1井在上、下白垩统不整合面发生了明显的岩性、电性突变,界面下的自然伽马曲线明显增高,发育较纯暗色泥岩,下白垩统为高位体系域的中—深湖相沉积^[14]。阿普第期地震反射具有典型的中—深湖相反射特征。

在单井相分析的基础上,利用地震资料研究了整个盆地早白垩世沉积相分布(图1)。在早白垩世沿盆地长轴方向(NE—SW)发育大面积的中—深湖相沉积,近似菱形分布,从边缘向湖中心水体加深。富含有机质的泥页岩在该盆地广泛分布,越靠湖中心位置,泥页岩越发育,有机质含量越高。广泛分布的中—深湖相环境为优质烃源岩的大面积发育提供了极佳的沉积条件。

3.2 烃源岩地化特征

3.2.1 有机质类型及丰度特征

干酪根为I型和II₁型的湖相泥质烃源岩,其总有机碳含量(TOC)已达到优质烃源岩标准^[19]。位于盆地中部的B-1井揭示的早白垩世阿普第期烃源岩分为两段(图2)。发育于早阿普第期的下部烃源岩层TOC值为1.52%~4.63%,平均为2.45%,泥岩厚度达500 m以上;发育于晚阿普第期的上部烃源岩层TOC值为1.54%~2.85%,平均为2.23%,泥岩厚度约为400 m。盆地北部的T-1井揭示下部烃源岩层TOC值为0.81%~1.21%,平均达1.01%,泥岩厚度也达数百米;上部烃源岩层TOC值为1.15%~7.28%,平均高达3.51%。南部的My-1井揭示上部烃源岩层TOC值达0.89%~3.24%,平均达1.58%。上、下部烃源岩层的氢指数(I_H)为225~760 mg/g(图3),氧指数(I_O)为10~58 mg/g。不难看出,干酪根均为I和II₁

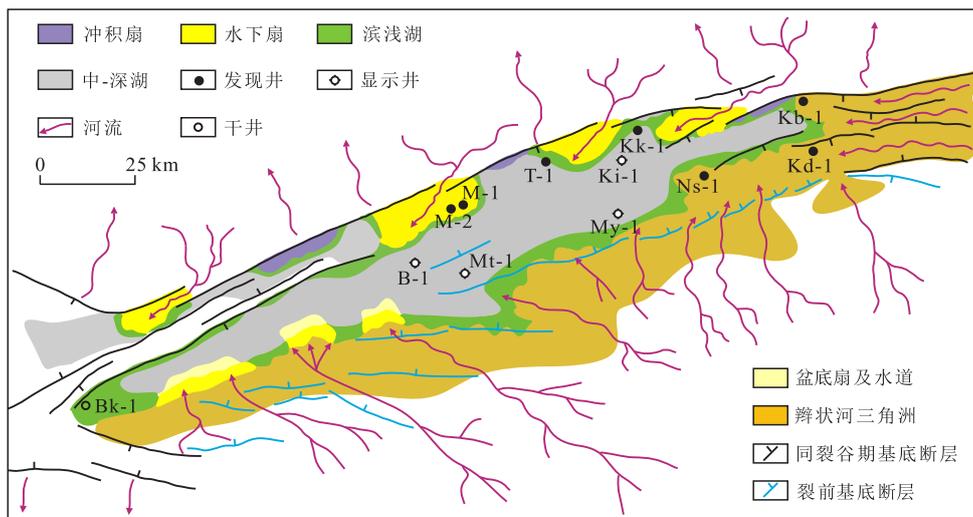


图1 多瑟欧盆地早白垩世扭张期沉积相分布

Fig.1 Sedimentary facies distribution of torsion tension period (Early Cretaceous) in Doseo Basin

型,且以富含藻类的高氢指数倾油型为主。同时,上、下部烃源岩的最高热解峰温(T_{max})为440~452℃,说明B-1井阿普第期烃源岩已进入生油阶段。

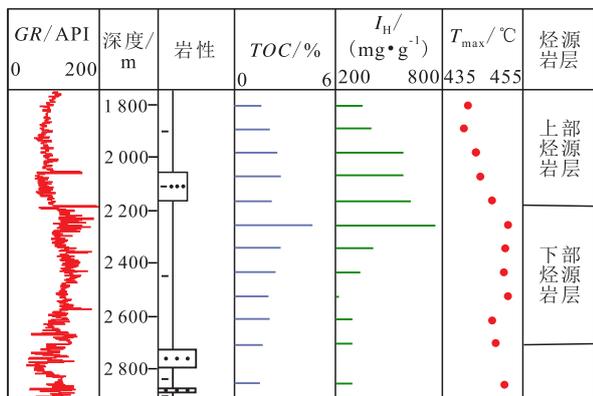


图2 B-1井地球化学综合剖面图

Fig.2 Comprehensive geochemical profile of Well B-1

3.2.2 烃源岩成熟度特征

地温梯度分布特征 源自IHS数据库的盆地现今地温梯度为2.5~5.9℃/hm。在平面上呈现东西向高低相间格局。盆地东部Ns-1井以东至盆地东部边界、中部Mt-1井以西80 km范围内为相对高地温梯度区;Ns-1井与Mt-1井之间的东部沉积中心区地温梯度相对最低,尤其是My-1井及以北30 km范围内地温梯度为全盆地最低区。盆地古近纪以来构造及火山活动并不很强烈,现今地温梯度分布规律一定程度上反映了生排烃期的地温梯度特征。地温梯度分布规律与沉积厚度变化共同控制了烃源岩成熟度的高低。

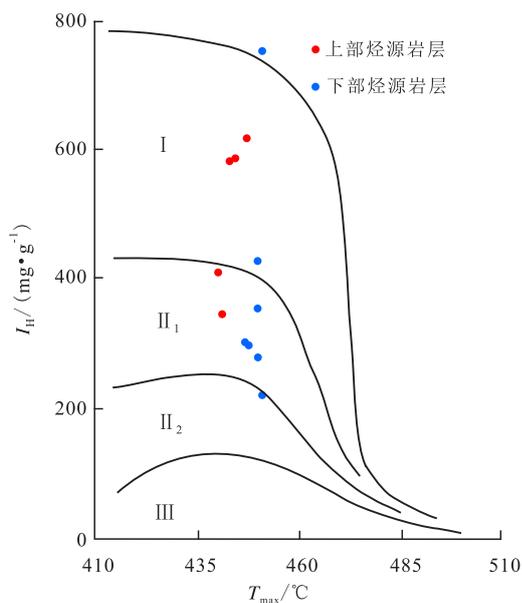
生烃门限的确定 邬立言等提出过烃源岩镜

质组反射率(R_o)标准^[20]。认为 R_o 值为0.5%~1.3%时烃源岩处于生油期;Bordenave则认为 R_o 值为0.65%~1.3%时烃源岩处于生油期。综合考虑钻井揭示的烃源岩生化指标,本文较为保守地提出以0.65%作为该盆地烃源岩进入生油窗的镜质组反射率低值临界点;以0.75%作为烃源岩进入生烃高峰初期的临界点;以0.85%作为利用地震资料预测有效烃源岩的门槛值。

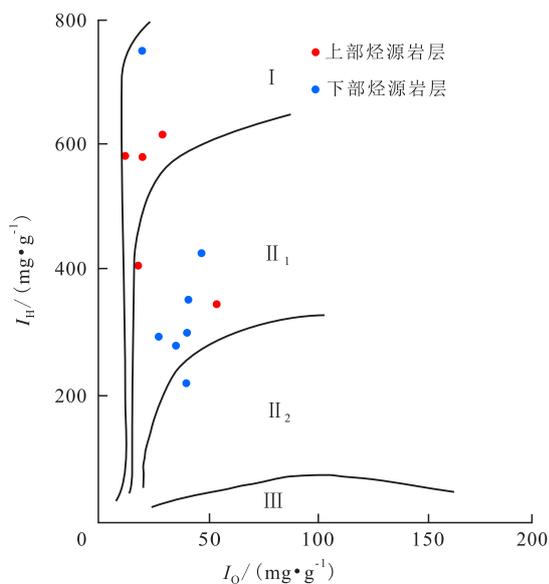
多瑟欧盆地已发现原油重度为29~41°API,属于中质-轻质原油,说明其烃源岩达到了较高的热演化程度。前人研究认为,不同位置的井钻遇的 R_o 值相差较大,从中部B-1井钻遇烃源岩的 T_{max} 指标来看,当深度为2 200 m时, T_{max} 值约为445℃,对应的 R_o 值约为0.75%;而对南部的My-1井来说,当深度为2 480 m时, R_o 值为0.54%。不同位置钻井揭示的烃源岩成熟度与现今地温场分布规律是一致的。

在现今温度、热史与埋藏史研究的基础上,开展了烃源岩单点(Kb-1井、My-1井、T-1井、B-1井及多个虚拟井)热演化史研究,然后结合烃源岩地化特征,开展了烃源岩成熟度、生烃强度、生排烃史与生排烃量及油气运聚分析。模拟结果表明:盆地裂谷作用相较于多巴、邦戈盆地而言较弱,对古热流影响不大, R_o 值为0.70%的烃源岩深度多集中在2 300~3 000 m,上、下部烃源岩层分界面处于成熟-高成熟阶段。

源自IHS数据库的研究结果与本次模拟结果接近。当B-1井的深度为2 200 m时,前人认为 R_o 值约为0.75%,本次模拟认为当该井深度为2 300 m时, R_o 值约为0.70%;当My-1井的深度为2 480 m时,前



a— T_{max} 与 I_{HI} 交会



b— I_O 与 I_{HI} 交会

图3 B-1井阿普第期烃源岩干酪根类型交会

Fig.3 Cross plot of kerogen types of Aptian source rocks in Well B-1

人认为 R_o 值为0.54%,本次模拟为0.59%。

从实钻井模拟的 R_o 值与深度交会图可知, R_o 值随深度增加而增加(图4)。二者之间的关系式为:

$$D=2\ 786.2R_o+625.87 \quad (1)$$

利用(1)式计算出 $R_o=0.65\%$ 时的深度为2 436.9 m, $R_o=0.75\%$ 时的深度为2 715.5 m, $R_o=0.85\%$ 时的深度为2 994.1 m。因此,将2 995 m作为盆地有效烃源岩的门限深度。

3.3 地震反射特征

中外湖相烃源岩地震反射特征普遍表现为强振幅、低频、中-好连续性特征^[18,21]。多瑟欧盆地阿普第期上部烃源岩层在叠前时间偏移剖面上也呈

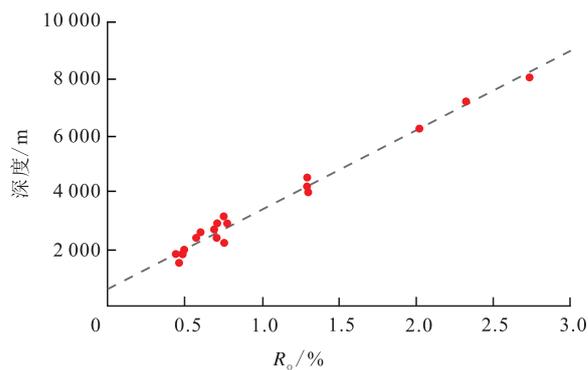


图4 多瑟欧盆地 R_o 值与深度交会图

Fig.4 Cross plot of vitrinite reflectance R_o and burial depth in Doseo Basin

强振幅、低频、中-好连续、平行席状反射特征(图5),与麦卢特盆地、多巴盆地早白垩世湖相烃源岩及北部湾盆地涠西南凹陷流二段湖相烃源岩层的地震反射特征类似。下部烃源岩层地震反射特征与上部稍有差异,呈中-低频、中连续、中振幅地震反射特征,但从上、下部烃源岩层的自然伽马曲线看,下部烃源岩层也是高泥地比的较纯泥岩层,且钻井已证实下部烃源岩层也是优质的烃源岩。

3.4 厚度及平面分布特征

厚度 烃源岩层平均厚度大,东部凹陷中心最厚。现有钻井揭示的烃源岩层厚度最薄为528.9 m,最厚达1 570.4 m,平均厚度达938.7 m。泥地比均较高,Mt-1,B-1,T-1等井的阿普第期泥岩非常发育,泥地比最高达96.3%;My-1和Ns-1井泥岩相对不太发育,但泥地比最低也达41.7%。B-1井钻遇阿普第期纯泥岩厚度达830.2 m;T-1井钻遇阿普第期纯泥岩厚度达918.9 m。

平面分布特征 以深度2 995 m为门槛值,利用地震资料预测出盆地发育东部和西部2个有效生烃灶(图6)。有效烃源岩分布广,以发育面积大的东部有效生烃灶为主。东部有效生烃灶的有效烃源岩层毛厚度大于500 m的分布面积高达8 993.7 km²,且东部凹陷中心部位有效烃源岩层毛厚度最大达2 977.3 m。西部有效生烃灶的有效烃源岩层毛厚度大于500 m的面积也达501.6 km²,且西部凹陷中心部位有效烃源岩层毛厚度最大也达到1 049.6 m。整个盆地有效烃源岩层毛厚度大于100 m的总分布面积高达1.35×10⁴ km²。

盆地模拟结果表明:上、下部烃源岩层界面处的 R_o 值大于0.85%的烃源岩分布非常广,主要位于盆地东部,分布面积与地震预测结果相当,且越往凹陷中心烃源岩成熟度越高。东部凹陷最中心位置烃源岩已经过熟,达到生气阶段。

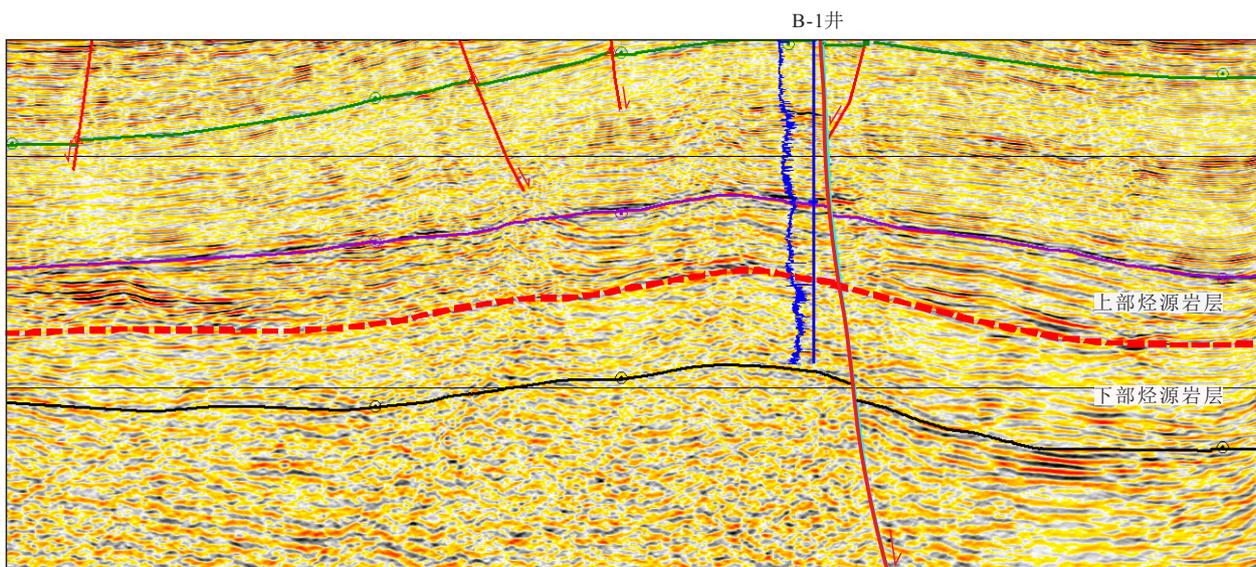


图5 多瑟欧盆地早白垩世湖相泥质烃源岩地震反射特征剖面

Fig.5 Seismic reflection profile of Early Cretaceous lacustrine and argillaceous source rocks in Doseo Basin

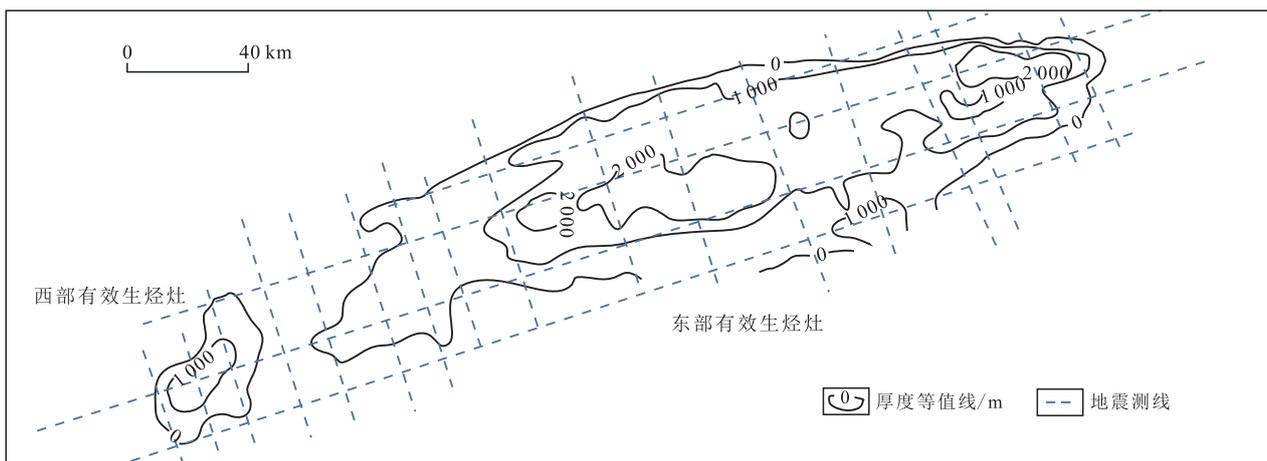


图6 多瑟欧盆地阿普第期有效烃源岩厚度等值线及有效生烃灶简图

Fig.6 Thickness isoline of effective source rocks and sketch map of Aptian hydrocarbon generation kitchen in Doseo Basin

3.5 生排烃潜力特征

盆地模拟认为,东部有效生烃灶生烃强度远大于西部有效生烃灶,东部最大生烃强度为西部的3.2倍,且以生油为主,生气为辅,生烃潜力十分可观。

同样,东部有效生烃灶排烃强度也远大于西部有效生烃灶,未来勘探要紧紧围绕东部有效生烃灶展开。

3.6 生/排烃史与圈闭形成匹配特征

盆地模拟结果揭示,阿普第期烃源岩发育2次生烃高峰和2次排烃高峰。第1次生烃高峰时间起始于早白垩世晚期,到晚白垩世早期达到生烃高峰;第2次生烃高峰起始于晚白垩世早中期。随着时间推移,生烃量呈直线上升,到古新世末期达到

最高峰。第1次排烃高峰期出现在晚白垩世早期;第2次排烃期起始于晚白垩世中期,到古新世达到排烃最高峰。第2次排烃速率远高于第1次,排油总量约占总排烃量的70%。

多瑟欧盆地发育拉张和压扭2种典型的构造样式。早白垩世以走滑-拉张作用为主,广泛发育与断块有关的构造圈闭。晚白垩世早期,多瑟欧盆地扭张作用变弱。晚白垩世末期,非洲板块与欧洲板块发生碰撞,使得多瑟欧盆地发生压扭作用,形成了一系列压扭性构造(如反转背斜、正花状构造、逆冲断层等)。中外勘探实践证明,与这种构造类型相关的圈闭是最重要的一类圈闭^[22-26]。

综上所述,阿普第期烃源岩排烃史和圈闭形成时间匹配良好,有利于油气充注及油气藏形成。

4 勘探建议

多瑟欧盆地发育优质中-深湖相烃源岩,烃源岩层厚度大,分布广,具备十分优越的生烃物质基础。同时,该盆地勘探程度低,在 $4.81 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的可勘探区域内,仅钻探了12口井,采集了测网稀疏的二维地震资料。该盆地可勘探面积较大。与相邻的获得大量油气发现的多巴、邦戈盆地比较,具有相似的构造沉积演化背景及同样优越的烃源岩条件。多巴盆地勘探面积为 $3.5 \times 10^4 \text{ km}^2$,完钻54口探井,获可采储量达 $1.49 \times 10^8 \text{ t}$;多瑟欧盆地规模大于多巴盆地,仅钻探12口井,发现原油 $0.09 \times 10^8 \text{ t}$ 。多瑟欧盆地可以作为中国石油公司在海外开展油气勘探的首选盆地。建议加大多瑟欧盆地地震勘探力度。多瑟欧盆地地表地形以平原为主,具备开展地震数据采集作业的有利条件,建议在盆地东部主拗区及西部压扭区的绝大部分地区直接采集三维地震数据,以便于系统、深入开展多瑟欧盆地基础地质与石油地质综合研究,尽早获得油气大发现。

5 结论

多瑟欧盆地是一个典型的中-新生代走滑-拉分盆地。构造演化主要包括早白垩世扭张期、晚白垩世压扭期和新生代拗陷期。早白垩世扭张期为主力烃源岩发育期。该盆地发育十分优越的早白垩世阿普第期中-深湖相倾油型泥质烃源岩,厚度大,有效烃源岩分布广,生排烃潜力巨大。有效烃源岩分布在东、西部2个有效生烃灶内,以东部有效生烃灶为主,其烃源岩厚度及平面分布规模、地化指标、生排烃强度及生排烃量均远优于西部有效生烃灶。生排烃史与圈闭形成时间、垂直运移通道-断层的发育时间匹配良好。综合分析认为,多瑟欧盆地具有较大的勘探潜力。

符号解释

D ——烃源岩深度, m;
 R_0 ——镜质组反射率, %。

参考文献

- [1] 孔令武,张树林,韩文明,等.走滑-拉分盆地构造特征及盆地成因模式探讨:以中非多赛奥盆地为例[J].高校地质学报,2019,25(5):722-729.
KONG Lingwu, ZHANG Shulin, HAN Wenming, et al. Discussion
- [2] 孔令武,韩文明,张树林,等.中非剪切带裂谷盆地类型划分及形成机制[J].断块油气田,2018,25(4):409-412.
KONG Lingwu, HAN Wenming, ZHANG Shulin, et al. Types and formation mechanism of rift-basins in Central African shear zone [J]. Fault-Block Oil and Gas Field, 2018, 25(4): 409-412.
- [3] MAURIN J C, GUIRAUD R. Basement control in the development of the early cretaceous West and Central African rift system [J]. Tectonophysics, 1993, 228(1/2): 81-95.
- [4] GUIRAUD R, MAURIN J C. Early Cretaceous rifts of Western and Central Africa: an overview [J]. Geodynamics of Rifting, 1992, 213: 153-168.
- [5] JAMES D. The Mesozoic West and Central African rift system: Qualitative evaluation [C]. Denver: AAPG International Conference and Exhibition, 2009.
- [6] BINKS R M, FAIRHEAD J D. A plate tectonic setting for Mesozoic rifts of West and Central Africa [J]. Tectonophysics, 1992, 213: 141-151.
- [7] 何碧竹,汪望泉,吕延仓.苏丹穆格莱德盆地福拉凹陷油气成藏特征及勘探启示[J].现代地质,2010,24(4):709-718.
HE Bizhu, WANG Wangquan, LÜ Yancang. Hydrocarbon accumulation characteristics of reservoir in Fula depression and their implication for petroleum exploration, Muglad Basin, Sudan [J]. Geoscience, 2010, 24(4): 709-718.
- [8] 窦立荣,潘校华,田作基,等.苏丹裂谷盆地油气藏的形成与分布——兼与中国东部裂谷盆地对比分析[J].石油勘探与开发,2006,33(3):255-261.
DOU Lirong, PAN Xiaohua, TIAN Zuoji, et al. Hydrocarbon formation and distribution of rift basins in Sudan—A comparative analysis of them with rift basins in east China [J]. Petroleum Exploration and Development, 2006, 33(3): 255-261.
- [9] 童晓光,窦立荣,田作基,等.苏丹穆格莱特盆地的地质模式和成藏模式[J].石油学报,2004,25(1):19-24.
TONG Xiaoguang, DOU Lirong, TIAN Zuoji, et al. Geological mode and hydrocarbon accumulation mode in Muglad passive rift basin of Sudan [J]. Acta Petrolei Sinica, 2004, 25(1): 19-24.
- [10] GENIC G J. Petroleum geology of Cretaceous-Tertiary rift basins in Niger, Chad and the Central African Republic [J]. Bulletin of American Association of Petroleum Geologists, 1993, 77(8): 1405-1434.
- [11] 张亚敏,漆家福.穆格莱德盆地构造地质特征与油气富集[J].石油与天然气地质,2007,28(5):669-674.
ZHANG Yamin, QI Jiafu. Structural geological characteristics and hydrocarbon enrichment of the Muglad Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(5): 669-674.
- [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):379-386.
DOU Lirong, XIAO Kunye, HU Yong, et al. Petroleum geology and a model of hydrocarbon accumulations in the Bongor Basin, the Republic of Chad [J]. Acta Petrolei Sinica, 2011, 32(3): 379-386.

- [13] 喻英梅,张树林,孔令武,等.中非剪切带多赛奥盆地构造特征与构造样式研究[J].石油地质与工程,2017,31(4):1-3.
YU Yingmei, ZHANG Shulin, KONG Lingwu, et al. Tectonic characteristics and tectonic style of Duoasai basin in central Africa shear zone[J]. Petroleum Geology and Engineering, 2017, 31(4): 1-3.
- [14] 刘为付.乍得 Doseo 盆地白垩系层序地层与沉积体系[J].中南大学学报:自然科学版,2016,47(6):1 981-1 989.
LIU Weifu. Cretaceous sequence stratigraphy and depositional system in Doseo Basin, Chad[J]. Journal of Central South University: Science and Technology, 2016, 47(6): 1 981-1 989.
- [15] 晋达.普光地区上三叠统小塘子组泥岩分布地震预测[J].油气藏评价与开发,2019,9(4):6-11.
JIN Da. Prediction of mudstone distribution on top of middle Triassic Xiaotangzi formation in Puguang area[J]. Reservoir Evaluation and Development, 2019, 9(4): 6-11.
- [16] 朱连丰.银根—额济纳旗盆地主力烃源岩生烃热模拟实验研究[J].石油实验地质,2019,41(5):731-738,745.
ZHU Lianfeng. Pyrolysis hydrocarbon generation of the main source rock in Yin'gen-E'ji'naqi Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2019, 41(5): 731-738, 745.
- [17] 刘雅利,刘鹏.陆相富有机质泥页岩中夹层特征及其作用——以济阳坳陷为例[J].油气地质与采收率,2019,26(5):1-9.
LIU Yali, LIU Peng. Interlayer characteristics and their effect on continental facies organic-rich shale: A case study of Jiyang Depression[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2019, 26(5): 1-9.
- [18] 宋明水,徐春华.从烃源灶到油气田运移路径上的圈闭评价——以济阳坳陷为例[J].油气地质与采收率,2019,26(3):1-8.
SONG Mingshui, XU Chunhua. Evaluation of trap on migration pathway from hydrocarbon kitchen to oil-gas field: A case study of Jiyang Depression[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2019, 26(3): 1-8.
- [19] 付兆辉,秦伟军,蔡利学,等.油气藏勘探目标评价与投资组合优选[J].特种油气藏,2019,26(1):169-174.
FU Zhaohui, QIN Weijun, CAI Lixue, et al. Exploration target evaluation and investment portfolio optimization of oil and gas reservoirs[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2019, 26(1): 169-174.
- [20] 邬立言,顾信章.热解技术在我国生油岩研究中的应用[J].石油学报,1986,7(2):13-19.
WU Liyan, GU Xinzhang. The application of pyrolysis technique in source rock research[J]. Acta Petrolei Sinica, 1986, 7(2): 13-19.
- [21] 高秋菊,谭明友,张营革,等.陆相页岩油“甜点”井震联合定量评价技术——以济阳坳陷罗家地区沙三段下亚段为例[J].油气地质与采收率,2019,26(1):165-173.
GAO Qiuju, TAN Mingyou, ZHANG Yingge, et al. Well-seismic joint technology for quantitative evaluation of “sweet spot” in continental shale oil: A case study of Lower Es₃ Member of Luoja area in Jiyang Depression[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2019, 26(1): 165-173.
- [22] 孙显义,许凤鸣,王瑞.松辽盆地敖古拉断裂带反转构造圈闭形成机制及控藏作用[J].大庆石油地质与开发,2020,39(5):10-16.
SUN Xianyi, XU Fengming, WANG Rui. Forming mechanism of the inverted structural trap in Aogula fault zone of Songliao Basin and its reservoir controlling action[J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2020, 39(5): 10-16.
- [23] 程燕君,吴智平,张杰.济阳坳陷长堤地区走滑构造特征及对油气聚集的控制作用[J].油气地质与采收率,2020,27(2):35-42.
CHENG Yanjun, WU Zhiping, ZHANG Jie. Characteristics of strike-slip faults and its control on hydrocarbon accumulation in Changdi area of Jiyang Depression[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2020, 27(2): 35-42.
- [24] 王洪宇,陈沫,孟令东.塔木察格盆地反向断层与反转断层控藏机理[J].油气地质与采收率,2020,27(2):72-79.
WANG Hongyu, CHEN Mo, MENG Lingdong. Controlling mechanism of antithetic fault and reverse fault on hydrocarbon accumulations in Tamtsag Basin[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2020, 27(2): 72-79.
- [25] 李强,田晓平,孙凤涛,等.辽中凹陷南洼构造转换带发育特征及其对油气成藏的控制作用[J].油气地质与采收率,2019,26(5):41-47.
LI Qiang, TIAN Xiaoping, SUN Fengtao, et al. Development characteristics of structural transfer zone and its control on hydrocarbon accumulation in south subsag of Liaozhong Sag[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2019, 26(5): 41-47.
- [26] 梁顺军,梁霄,陈江力,等.山地复杂构造倒转背斜地震剖面反射特征及油气成藏分析[J].中国石油勘探,2019,24(3):377-390.
LIANG Shunjun, LIANG Xiao, CHEN Jiangli, et al. Seismic reflection features and analysis of hydrocarbon accumulation of reversed anticlines in complicated mountainous areas[J]. China Petroleum Exploration, 2019, 24(3): 377-390.

编辑 单体珍