

塞内加尔盆地油气地质特征及勘探潜力

刘延莉

(中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 北京 100083)

摘 要 :通过对塞内加尔盆地区域构造沉积演化的研究 ,综合分析生储盖条件 ,认为盆地演化经历了裂谷期、过渡期和被动陆缘期 3 个阶段。各个演化阶段沉积地层 3 分 :盐下层系、膏盐层和盐上层系。主要油气系统为盐上含油气系统 ,主要分布于盆地东部海上。控制油气分布的关键因素是白垩系源岩的发育。通过对成藏条件的分析 ,对盆地油气勘探潜力进行预测。

关键词 :塞内加尔盆地 ;盆地演化 ;控油因素 ;勘探潜力

DOI:10.13686/j.cnki.dzyzy.2014.02.021

THE PETROLEUM GEOLOGY AND PROSPECTIVE ANALYSIS OF THE SENEGAL BASIN

LIU Yan-li

(Research Institute of Petroleum Exploration and Production, SINOPEC, Beijing 100083, China)

Abstract :Based on the study of regional tectonic-sedimentary evolution of the Senegal Basin, with comprehensive analysis of reservoir-cap conditions, the basin evolution is divided into rift, transition and passive margin stages. The sedimentary strata are separated into three parts: pre-salt sequence, salt sequence and post-salt sequence. The major petroleum system is the post-salt petroleum system, which is mainly distributed in the west of the basin. The key controlling factor to the petroleum is the Cretaceous source rock. According to the analysis of the reservoir, the favourable prospective areas are put forward.

Key words :Senegal Basin; basin evolution; controlling factor to petroleum; prospective area

塞内加尔盆地是叠置于古生代盆地之上的大西洋型被动边缘盆地 ,位于非洲的西北海岸 ,是一个面积逾 1 040 000 km² 的大型盆地。

1 构造特征及演化

塞内加尔盆地是一个向西朝大西洋敞开的典型被动大陆边缘盆地。盆地主要经历了裂谷期(古生界—三叠统)、过渡期(三叠系—侏罗统)和被动陆缘期(中上侏罗统—现今)。它可以划分为若干个亚盆地或南北向的分区,相互之间由东西向断裂或与同裂谷期构造有关的其他构造断层分隔开。

塞内加尔盆地以主要转换断层为界划分为 3 个主要的次盆(图 1)^[1],分别是 :1)毛里塔尼亚次盆,范

围从塞内加尔河到西撒哈拉南部 ;2)北部次盆,位于冈比亚河与塞内加尔河之间 ;3)卡萨芒斯次盆,从冈比亚河南部经过卡萨芒斯地区一直延伸至几内亚比绍^[1]。

2 沉积地层特征

塞内加尔盆地是发育在古生代和太古宙基底之上的中、新生代大西洋型被动陆缘盆地,以中生界为主,新生界在陆上较薄,从陆上向海域新生界逐渐变厚。在塞内加尔北部陆上,中、新生界向西变厚。

沉积地层组合具有明显的三分性,包括盐下层系、盐膏层和盐上层系,分别对应盆地前裂谷期、同裂谷期和被动陆缘期。盐下层系属下三叠统及之前的古生界地层,地层厚度 3 000~7 500 m,以陆相碎屑岩为主,膏

收稿日期 2013-05-20 修回日期 2013-08-01 编辑 周丽、李兰英

基金项目 国土资源部“全球油气地质综合研究与区域优选”项目(编号 GT-YQ-QQ-2008-4-11)资助。

作者简介 刘延莉(1980—),女,高级工程师,从事石油地质研究,通信地址 北京市海淀区学院路 31 号 E-mail/liuyanli.syky@sinopec.com

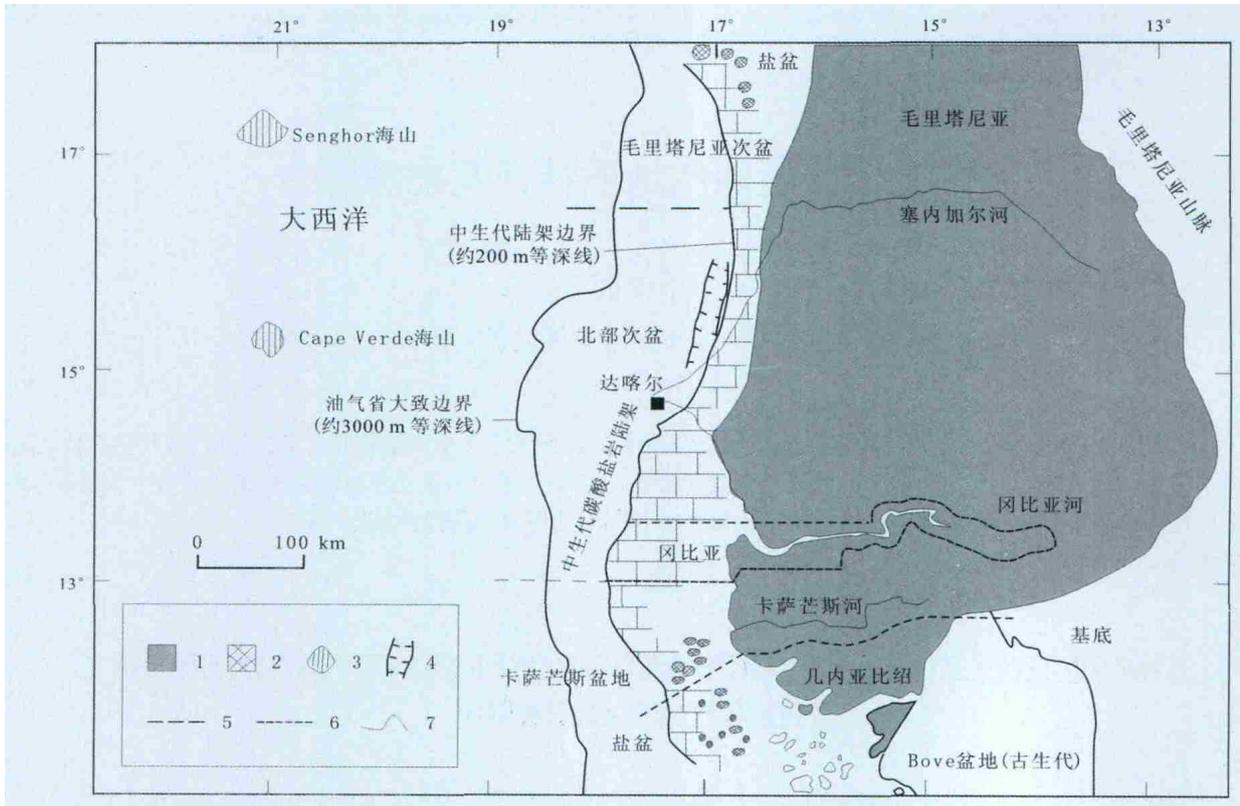


图1 塞内加尔盆地构造格架图

(据 ARL/Beicip/Psa, 1987, 修改)

Fig. 1 Tectonic framework of the Senegal Basin

(Modified from ARL/Beicip/Psa, 1987)

- 1—塞内加尔盆地陆上部分(Senegal Basin above the sea level) 2—盐丘(salt dome) 3—海山(seamount) 4—地堑(graben);
5—次盆边界(boundary of secondary basin) 6—国界(national boundary) 7—河流(river)

盐层为三叠系—下侏罗统沉积膏盐层, 最大厚度约 2 000 m, 沉积相为湖复合体, 盐层内可划分出多个沉积旋回, 是良好的区域性盖层, 盐上层系属中上侏罗统一新近纪沉积地层, 地层厚度 1 000~25 000 m, 以海相碳酸盐岩为主, 局部位过渡相和陆相^[2]。

中、新生界在陆上较薄, 从陆上向海域新生界逐渐变厚。古生界、中生界和新生界都有沉积, 不同时代沉积中心不同。古生界残留主要分布在盆地东部陆上; 中生界沉积中心主要在中部陆上近海区, 新生界沉积中心在盆地西部海上, 沉积中心最大厚度达 10 000 m(图 2)。

3 烃源岩

塞内加尔盆地主要源岩为赛诺曼—土仑阶的富含有机质页岩, 次要源岩包括森诺阶页岩和可能的阿普特—阿尔布阶页岩, 志留系页岩是另一个可能源岩。

塞内加尔盆地源岩主要为白垩系赛诺曼—土仑阶海相页岩。赛诺曼—土仑阶源岩在 2 个不同的次盆被发现(图 3)。第一个位于 Cape Verde 北部, 包括毛里塔尼亚和北部次盆, 源岩厚达 380 m, 有机质类型为 II 型

和 III 型, 生烃潜力在 3×10^{-3} ~ 21×10^{-3} 之间。第二个地区位于达喀尔南部卡萨芒斯次盆内, 研究认为该地区有机质类型主要为 III 型, 其中包含少量 II 型有机质。生烃潜力在 5×10^{-3} ~ 75×10^{-3} 之间, 源岩厚度 330~490 m。土仑阶地层中的含沥青质页岩沉积厚度达 150 m, 可能沉积于缺氧环境下。卡萨芒斯海上资料显示, 主要为 II 型干酪根, TOC 值从 7% 到大于 10%^[3]。

深海探井地化资料显示纽康姆—赛诺曼阶潜力源岩在塞内加尔盆地内沉积等厚线超过 2 m, 源岩主要为 II 型干酪根, TOC 值从 3% 到超过 10%(图 4)。

塞内加尔盆地另一套源岩是主要为下伏在三叠系盐岩之下的上二叠统一下三叠统湖相页岩。

在塞内加尔盆地, 由于局部地质和地热参数的不同, 生油带的深度为 1 000~3 000 m。毛里塔尼亚次盆中阿尔布阶源岩在晚始新世开始生油, 而土仑阶和赛诺曼阶源岩在中新世开始生油(图 5, V-1 井)。上白垩统源岩在中新世开始生油(图 5, COP-1 井)。在毛里塔尼亚海上古新世源岩未成熟(图 5, COP-1 井)。

由于盐底辟的存在使地温梯度升高, 因此卡萨芒

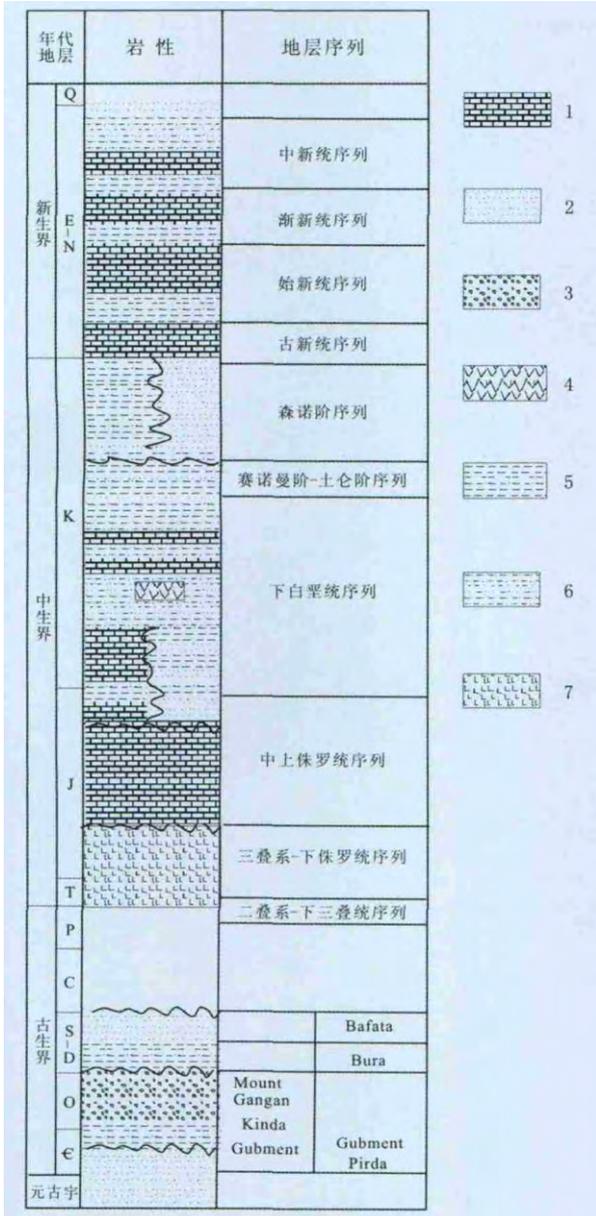


图 2 塞内加尔盆地地层综合柱状图

Fig. 2 Stratigraphic column of the Senegal Basin

1—碳酸盐岩(carbonate rock); 2—粉砂岩(siltstone); 3—砾岩(conglomerate); 4—火山岩(volcanic rock); 5—泥岩(mudstone); 6—泥质粉砂岩(pelitic siltstone); 7—盐(salt)

斯次盆和毛里塔尼亚次盆(图 1)的生油带埋深较浅, Cape Verde 附近由于火山作用生油带埋深较浅, 约 900~1200 m. 油气运移可能开始于晚中新世, 并一直持续至今.

4 储盖组合及圈闭类型

塞内加尔盆地中生代—新生代沉积包括几个主要的储层和盖层组合: 侏罗系—下白垩统碳酸盐岩储层被赛诺曼阶或其他下白垩统页岩封盖; 上白垩统砂岩

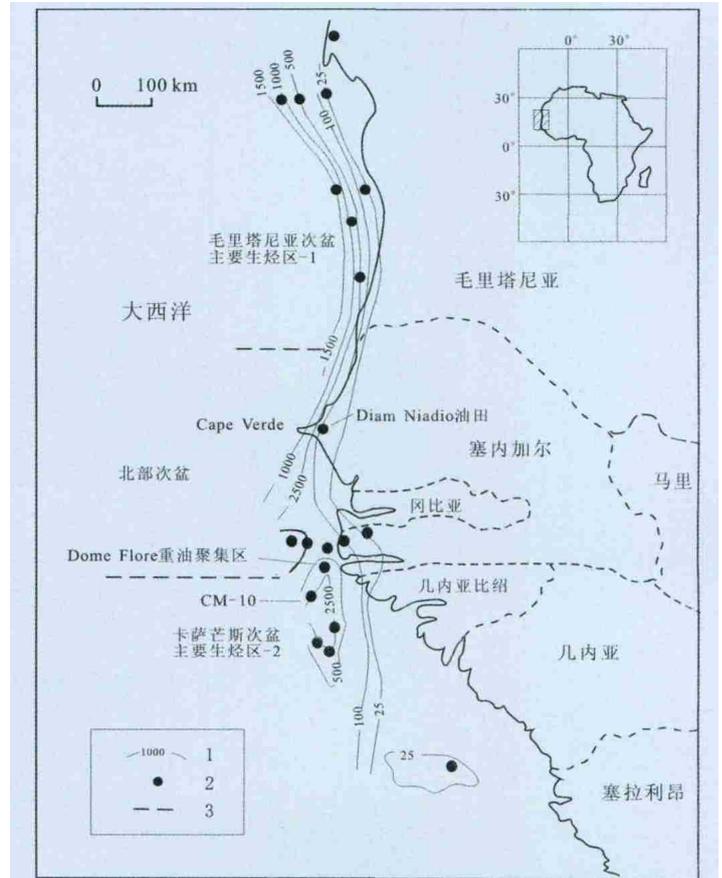


图 3 塞内加尔盆地赛诺曼阶-古新统源岩生烃等值线图

(据 Reymond & Negroni, 1989)

Fig. 3 Hydrocarbon contour of the Cenomanian-Paleocene source rock in the Senegal Basin

(After Reymond & Negroni, 1989)

1—生烃潜力等值线(hydrocarbon contour, 1000 t/km²) 2—勘探井(drill hoke) 3—次盆边界(boundary of secondary basin)

储层和上覆页岩盖层; 古近系碎屑岩和碳酸盐岩储层及上覆的页岩夹层^[5](图 6).

(1) 上白垩统储层

土仑期后(森诺阶)储层以下森诺阶砂岩和碳酸盐岩以及马斯特里赫特阶砂岩为代表. 孔隙度 15%~35%, 渗透率在数百毫达西范围. 沿盆地边缘地区, 上马斯特里赫特阶砂层出现在陆上深度不足 600 m 处, 为淡水含水层. 在外陆棚至上斜坡带, 底层含分散细粒砂层的页岩地层, 厚度达 5 m, 孔隙度为 17%^[2]. 与油流沉积环境有关, 局部具有储层潜力.

(2) 古近系—新近系储层

古近系—新近系地层中既有碳酸盐岩储层, 也有粗碎屑岩储层.

在盆地南部, 古近纪—新近纪碳酸盐岩储层限于塞内加尔南部几内亚比绍和几内亚地区的海上范围^[5]. 在

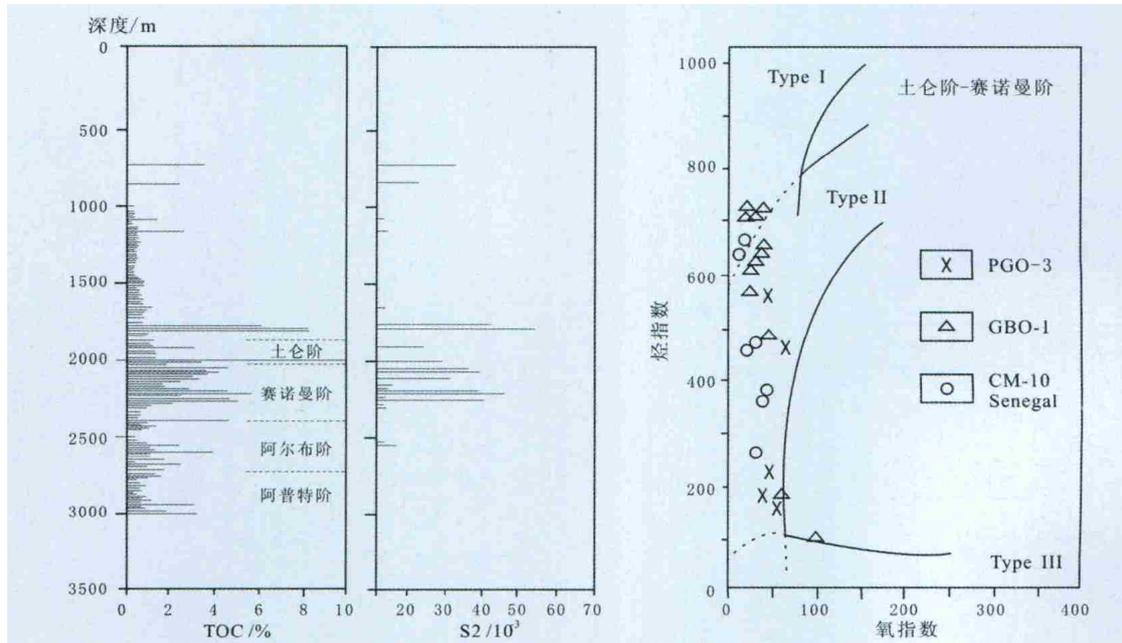


图4 塞内加尔盆地内两口井 TOC、生烃潜力(S2)及干酪根类型 (据文献[4])

Fig. 4 The kerogen type, TOC and S2 in the Senegal Basin (From Reference [4])

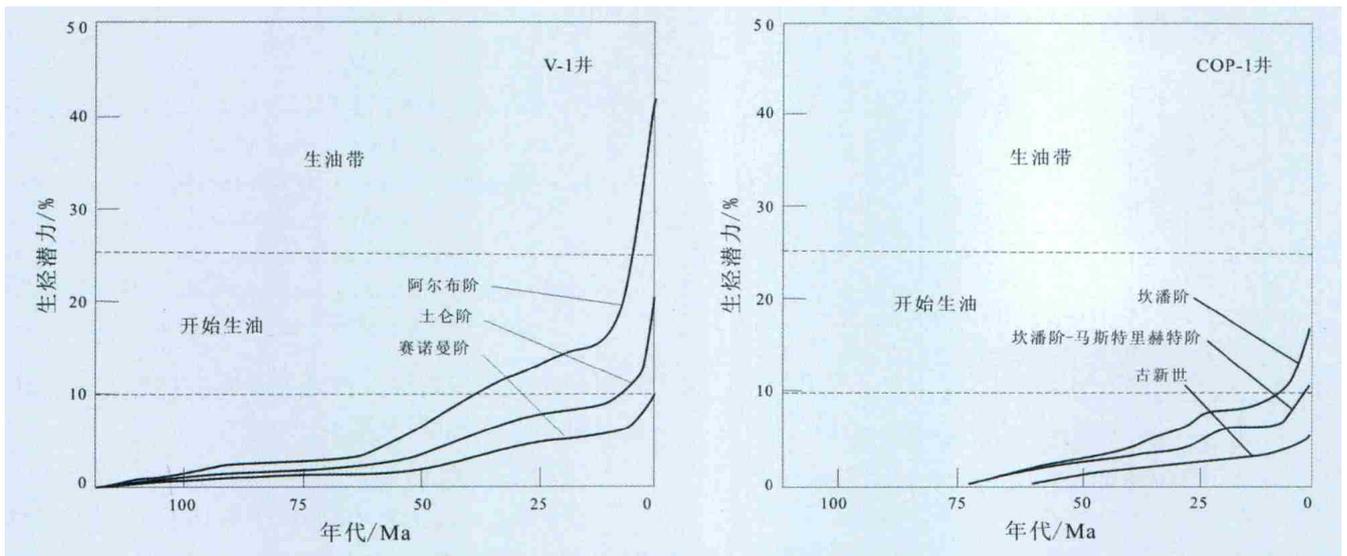


图5 塞内加尔盆地油气成熟度演化

Fig. 5 Maturity evolution in the Senegal Basin

陆上,古近系—新近系出露于盆地边缘,向下包括古新统灰岩在内的多孔带通常为含水地层.盆地最有意义的储层是中新统浊积砂岩和马斯特里赫特阶的砂岩.马斯特里赫特阶砂岩在东部孔隙度达到35%,渗透率一般为几百毫达西.向西为砂岩和页岩互层,砂岩孔隙度为15%~30%.在盆地南部储层厚25m,轻质油浸,孔隙度20%~30%.中新统中到粗粒砂岩为浊积砂岩,已在毛里塔尼亚盐盆的部分油田被证实为优质储层.

中生代—新生代被动陆缘期存在多种油气圈闭类

型,包括盐构造圈闭、断层圈闭、沿盆地东部边缘的砂岩尖灭圈闭、侏罗系—下白垩统碳酸盐岩滩圈闭、以及浊积岩地层圈闭等.

5 油气成藏主控因素分析

盆地内侏罗系—新近系具有较好的储盖层基础.由于同裂谷期盐岩沉积,盆地裂谷期之后的盐相关构造较发育,易形成盐相关构造油气藏和盐相关构造地层复合油气藏.

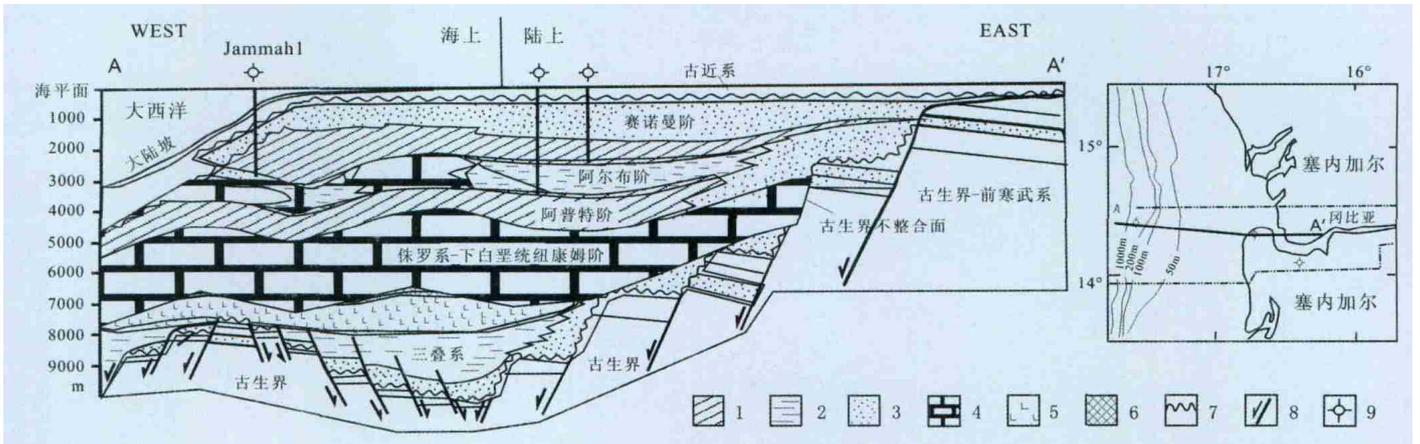


图 6 含油气系统剖面图
(据 Bungener)

Fig. 6 Cross section of the petroleum system
(After Bungener)

1—页岩 (shale) 2—碎屑岩 (clastic rock) 3—砂岩 (sandstone) 4—碳酸盐岩 (carbonate rock) 5—盐岩 (rock salt) 6—硬石膏 (anhydrite);
7—不整合 (unconformity) 8—断层 (fault) 9—井位 (drill hole)

目前的油气发现证实油气成藏主控因素为烃源岩发育, 上白垩统赛诺曼阶—土伦阶海相页岩富含丰富有机质, 局部源岩厚度达 490 m, 有机质类型主要为 II 型和 III 型, 生烃潜力在 $3 \times 10^{-3} \sim 75 \times 10^{-3}$ 之间. 由于中新世火山活动, 源岩成熟度较高, 有机质类型和成熟度共同作用, 盆地中发现气比油相对较多.

6 勘探潜力分析

(1) 塞内加尔盆地面积大, 勘探程度较低, 盆地横向具有良好的勘探潜力.

盆地东西宽 400~800 km, 南北长达 1500 km, 面积大于 $104.2 \times 10^4 \text{ km}^2$. 盆地的大部分勘探活动很有限, 新区野猫井钻井密度约为 1 口/8274 km^2 , 地震密度为 1 line-km/5.5 km^2 .

(2) 盆地沉积盖层厚, 沉积层系全. 盆地纵向具备丰富的勘探层系.

塞内加尔盆地是发育在古生代原盆之上的中、新生代大西洋型被动陆缘盆地. 古生界、中生界和新生界都有沉积, 不同时代沉积中心不同. 古生界残留主要分布在盆地东部陆上; 中生界沉积中心主要在中部陆上近海区; 新生界沉积中心在盆地西部海上, 沉积

中心最大厚度达 10 000 m.

(3) 盆地中有已证实的裂谷后含油气系统.

裂谷后含油气系统的主要源岩为上白垩统赛诺曼—土伦阶页岩. 局部源岩厚度达 490 m, 有机质类型主要为 II 型和 III 型, 生烃潜力在 $3 \times 10^{-3} \sim 75 \times 10^{-3}$ 之间. 由于中新世火山活动, 源岩成熟度较高. 由于有机质类型和成熟度共同作用, 盆地中发现气比油相对较多. 盆地最有意义的储层是中新统浊积砂岩和马斯特里赫特阶的砂岩^[6-7]. 马斯特里赫特阶砂岩在东部孔隙度达到 35%, 渗透率一般为几百毫达西. 向西为砂岩和页岩互层, 砂岩孔隙度约为 15%~30%. 在盆地南部 Casamance-Bissau 地区钻遇马斯特里赫特阶储层厚 25 m, 轻质油浸, 孔隙度 20%~30%. 中新统中到粗粒砂岩为浊积砂岩, 已在毛里塔尼亚盐盆的 Chinguetti 等油田被证实为优质储层. 由于同裂谷期盐岩沉积, 所以在塞内加尔盆地裂谷期之后的盐相关构造较发育, 容易形成盐相关构造油气藏, 也容易形成盐相关构造地层复合油气藏.

根据生储盖组合、配套的成藏条件以及油气保存条件等因素综合考虑, 塞内加尔盆地有较好的勘探前景.

(下转第 196 页 /Continued on Page 196)

2) I-2 号矿体

位于 I-1 号矿体东南侧,呈层状与 I-1 号矿体平行产出。二者间隔约 60 m,中间无工程控制。走向近南北,倾向东,倾角 60°。平均品位 TFe 40.3%,Ti 7.8%。

3) II 号矿体

呈层状产出,走向北西,倾向北东,倾角 56°。地表控制宽度 24.4 m。刻槽样化学分析结果 TFe₂O₃ 27.4%~48.9%,TiO₂ 14.98%~29.28%。平均品位 TFe 33.3%,Ti 8.98%。

矿区矿体获得 333+334 储量铁矿石资源总量 2.75×10⁸ t,伴生金属钛约 2000×10⁴ t,伴生钒约 100×10⁴ t,显示该区超大型矿床前景。

6 矿床成因

矿体产在稳定太古宙地台区,含矿岩体受区域深大断裂控制,成因类型为典型的岩浆岩型铁矿床,含矿母岩为镁铁—超镁铁质杂岩体,与我国攀枝花钒钛磁铁矿类似。根据成矿特征又可分为 2 种成因类型。1) 岩浆晚期分凝型矿床:矿体呈层状产出,矿石具典型

的海绵陨铁结构,浸染状和块状构造,矿石矿物主要由钛铁矿、钛磁铁矿、磁铁矿组成,并伴有钒等多种有益元素,矿体与围岩界线呈渐变关系。2) 岩浆晚期贯入式矿床:矿体产于含磁铁辉长岩体内部,呈脉状、细脉状,矿石为稠密浸染状和致密块状,矿石矿物主要由钛铁矿、钛磁铁矿、磁铁矿组成,矿石中矿物颗粒粗大,出现钛铁晶石、磷灰石及少量硫化物,矿体与围岩界线清晰。

7 找矿前景分析

该矿区钒钛磁铁矿成因类型为典型的岩浆岩型铁矿床。鉴于目前控制的矿体形态范围,参考国内已知该类型矿床的储量和该区化探成果,笔者认为该区成矿地质条件优越,是寻找与镁铁—超镁铁岩体有关的钛、铁等矿产最有利的靶区,具有大型以上矿床远景。

参考文献:

- [1]赵君,乔树岩.水系沉积物测量在阿巴通德拉扎卡地区找矿应用[J].物探与化探,2011,2(1):24—27.

(上接第 201 页 /Continued from Page 201)

参考文献:

- [1]Abdelrahman E M, Tealeb A, Hassan R M. A least-squares derivative analysis of gravity data applied in Senegal, West Africa [J]. Journal of African Earth Sciences, 2001, 33(1): 165—175.
- [2]Debenay J P. Transformation of subtropical river into a hyperhaline estuary, the Casamance River (Senegal): Paleogeographical implications [J]. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 1994, 107(1/2): 103—119.
- [3]Reymond A. Oil reservoir character in northwest Africa including Mauritania, Senegal and Guinea Bissau [J]. World Oil, 1989, 208(6): 53—57.
- [4]IHS Energgy. Basin monitor of Senegal(M.S.G.B.C) Basin (Mauritania, Senegal, Guinea-Bissau, Guinea, Guinea-Bissau/Senegal JEZ, Cape Verde, Western Sahara, Gambia, North Atlantic Ocean Region, Sierra Leone) [DB/OL]. 2012. <http://energy. ihs. com/>.
- [5]Faye M, Hameh P, Rochet J. New concepts on the geology of palaeozoic and post Hercynian formation in the Basin of Senegal [A]//European Association of Petroleum Geologists 4th Conference, Poster Abstract, Paris, France, 1992: 176—177.
- [6]Knigh R, Westuood J. Long-term prospects very bright for deep waters off west Africa [J]. Oil and Gas Journal, 1999, 97(3): 33—36, 38.
- [7]Uchupi, Elazar, Emery K O, et al. Continental margin off western Africa—Senegal to Portugal [J]. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1976, 60(5): 809—878.