

文章编号:0253-9985(2012)05-0705-08

巴西坎普斯盆地油气地质特征与隐蔽油气藏

张申,郭莉,林卫东

(中国中化石油勘探开发有限公司,北京100031)

摘要:近年来,巴西海上已成为中外油公司投资和关注的热点地区。为降低地质风险,根据物探和钻井资料,系统分析了巴西坎普斯盆地的烃源岩、储集层、盖层及圈闭等基本石油地质条件,剖析了盆地已发现的4类典型隐蔽油气藏。在此基础上,提出了隐蔽油气藏在盆地油气勘探中的巨大潜力。研究表明,坎普斯盆地自早白垩世形成以来,经历了裂谷期、漂移早期和漂移后期3个发展阶段,沉积了非海相、过渡相和海相三大巨层序。坎普斯盆地从下白垩统到新近系具备3套可能的烃源岩,但最重要的烃源岩是早白垩世的Lagoa Feia组烃源岩,目前盆地中发现的所有油气都是来自该套烃源岩。坎普斯盆地从下白垩统到中新统都发现了油气藏,有多种类型的储层,包括裂缝玄武岩储层、Lagoa Feia组生物碎屑灰岩储层、Macaé组灰岩、砂岩储层和上白垩统-渐新统海相油积砂岩储层。隐蔽油气藏在盆地中占据重要地位,主要类型是地层油气藏,包括地层超覆油气藏、潜山油气藏和不整合遮挡油气藏。要继续加强对隐蔽油气藏的勘探,特别要重视岩性油气藏和裂缝油气藏的勘探。

关键词:隐蔽油气藏;勘探潜力;油气地质;坎普斯盆地;巴西

中图分类号:TE121

文献标识码:A

Petroleum geology and subtle traps in Campos Basin, Brazil offshore

Zhang Shen, Guo Li and Lin Weidong

(Sinochem Petroleum Exploration and Production Ltd., Beijing 100031, China)

Abstract: In recent years, Brazil offshore has become one of the hot areas attracting international investments. In order to lower exploration risk, we studied the basic elements of total petroleum system in Campos Basin, including source rocks, reservoir rocks, traps and seals by integrating geophysical prospecting and well data, analyzed four kinds of typical subtle traps discovered in this basin, and proposed that subtle traps have large exploration potentials in this basin. Since the formation of the basin in the Early Cretaceous, it has experienced three evolution stages, including rifting, early drifting and late drifting stages, and developed three megasequences of non-marine, transitional and marine facies respectively. Three sets of source rocks possibly occur in the strata from the Lower Cretaceous to the Neogene in Campos Basin and the most important source rocks is the Lower Cretaceous Lagoa Feia Formation, from which all the discovered oil/gas in the basin were sourced. Various oil/gas reservoirs have been discovered in all the formations from the Lower Cretaceous to the Miocene, including fractured basalt in the basement, bioclastics in the Lagoa Feia Formation, carbonates in the Macaé Formation, clastic reservoirs and marine turbidites in the Upper Cretaceous-Oligocene. Subtle traps are very important in the basin and are dominated by stratigraphic traps including overlap traps, buried-hill traps and unconformity traps. More attention should be paid to the exploration of subtle traps, especially lithologic traps and fractured subtle traps.

Key words: subtle trap, exploration potential, petroleum geology, Campos Basin, Brazil

收稿日期:2012-05-16;修订日期:2012-08-13。

第一作者简介:张申(1956—),男,高级工程师,油气勘探。

1 研究区概况

坎普斯盆地位于巴西东南部的里约热内卢州和圣埃斯皮里图州。盆地北以维多利亚隆起为界与圣埃斯皮里图盆地分隔。南以卡布佛里乌(Cabo Frio)隆起为界与桑托斯(Santos)盆地相邻。盆地总面积 $17.52 \times 10^4 \text{ km}^2$, 其中海上 $16.94 \times 10^4 \text{ km}^2$, 陆上 $0.58 \times 10^4 \text{ km}^2$ (图1)。盆地向东开启, 沉积物向东变厚, 形成一个沉积楔状体。

坎普斯盆地油气勘探始于20世纪70年代中期, 第一个油田于1974年发现, 70年代末, 盆地的勘探转入深水(水深大于200 m)。20世纪80年代至21世纪初, 盆地以深水和超深水勘探为主, 发现了该盆地主要油气储量。

坎普斯盆地是南大西洋西侧最富油气的盆地^[1], 截至目前, 盆地内共获得122个油气发现, 探明可采储量 $46.56 \times 10^8 \text{ t}$ (油当量), 其中油 $42.94 \times 10^8 \text{ t}$, 天然气 $4389 \times 10^8 \text{ m}^3$, 该盆地探明可采储量占巴西总可采储量的80%, 产量占巴西

总产量的84%(据IHS数据库)。盆地勘探程度低, 勘探潜力巨大。

2 区域地质背景

坎普斯盆地是南美洲东部众多被动大陆边缘盆地之一, 自早白垩世形成以来, 坎普斯盆地经历了裂谷期、漂移早期和漂移后期3个构造阶段, 以裂谷期基底张性构造和张性上覆层构造两种构造单元为主^[2]。

盆地沉积地层从底到顶依次为裂谷期非海相巨层序、早漂移期过渡相巨层序和晚漂移期海相巨层序等3个巨层序。裂谷期非海相巨层序沉积于早白垩世巴列姆期, 上覆于豪特里维期(Hauterivian)玄武岩之上, 包括冲积扇和扇三角洲, 碳酸盐岩岸和湖泊沉积。早漂移期过渡相巨层序沉积于早白垩世阿普第期, 可分为下部陆源层序和上部蒸发岩层序。晚漂移期海相巨层序沉积于早白垩世阿尔布期—古新世, 是一套完整的海进碎屑岩沉积层序, 可进一步划分为浅海碳酸盐岩层序、半远洋层序、深水海洋层序等3个沉积层序。浅海碳酸盐岩层序, 即Macaé组下部在近源区, 此层序的底部单元是由扇三角洲碎屑沉积物组成的。在东部这些碎屑沉积逐渐变为混合的碳酸盐岩—碎屑岩台地沉积。盆地的其它部分, 底部是碳酸盐岩台地沉积物。半远洋层序是在晚阿尔布期到早土伦期之间沉积的, 晚森诺曼和早土伦期占优势的缺氧环境发育了黑色页岩。深水海洋层序, 其时代范围从晚土伦期到早古新世, 是在长时期的海平面上升期间, 在斜坡和(或)盆地环境下沉积的, 深水海洋层序页岩相当于Ubatuba段, 而浊积砂层相当于Carapebus组。这些浊积岩是盆地东部深水大型油田的储集层(如Papa Terra和Peregrino油田)。

3 石油地质条件

3.1 烃源岩

坎普斯盆地已发现的所有油气都是产自同一套烃源岩即早白垩世Lagoa Feia组烃源岩^[1-6]。Lagoa Feia组包括裂谷期和后裂谷期的冲积相和湖相沉积, 烃源岩是在缺氧条件下沉积的黑色湖

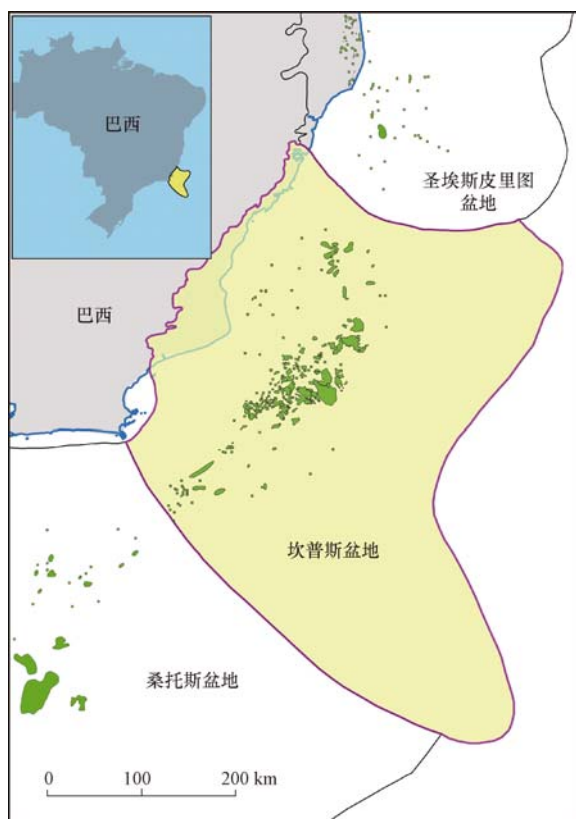


图1 坎普斯盆地位置

Fig. 1 Location map of Campos Basin

相钙质页岩和泥岩。该组烃源岩是非常富饶的油气源岩,有机质类型以 I 型干酪根为主,干酪根组分主要是源于包括藻质体等低等水生生物类脂组,无定型组分平均达 90%,总有机碳含量 2%~6%,一般都超过 5%,最高达到 12%,氢指数 300~900 mg/g,平均 500 mg/g,生烃潜量为 10~50 kg/t,是盆地内最主要的烃源岩。

除了已证实的 Lagoa Feia 组烃源岩外,还存在另外两套可能的烃源岩:①阿尔布期—森诺曼期的 Macaé 组海相碳酸盐岩。该组烃源岩主要是在较浅、氧化环境的陆棚沉积,主要为 III 型干酪根,有机碳含量低于 1%,生烃量 5~10 kg/t,少量在深水沉积的烃源岩为 II 型干酪根,有机碳含量可达 3%并具有较高的生烃潜量,但该组烃源岩的成熟度一般比较低;②晚白垩世—古近纪的 Ubatuba 组烃源岩。盆地在该组沉积时的大部分时期处在氧化环境下^[7],只在桑托期处于还原环境,该期沉积的页岩和钙质泥岩主要为 II 型干酪根,有机碳含量、氢指数和生烃潜量等烃源岩指标都很低(表 1),而且由于盆地地热梯度低,埋藏深度小,该组烃源岩还没有成熟。

3.2 成熟度和油气运移

Lagoa Feia 组烃源岩在坎普斯盆地东部的埋深一般大于 4 km,镜质体反射率大于 0.6%,为成熟烃源岩。烃源岩大约在晚白垩世达到生油窗,中新世达到生油高峰^[5],现仍在窗内。油从源岩运移到储层需要经过蒸发岩的通道,这种运移通道是盐运动时盐层减薄和抽空形成的。裂谷期的断层允许油从源岩运移到盐层底部的多孔地层中。在没有盐的地方,油沿着与盐运动有关的断层到达较新的储层。沿峡谷壁的侵蚀不整合提供了供油气运移的辅助通道。

3.3 储集层

在整个地层层序中,储集层分布广泛(图 2),主要包括以下 4 类。

表 1 坎普斯盆地烃源岩参数

Table 1 Parameters of source rocks in Campos Basin

烃源岩	层位	有机碳含量/%	干酪根类型
Lagoa Feia 组	K ₁	2~12	I 型
Macaé 组	K ₁ —K ₂	<1	II—III 型
Ubatuba 组	K ₂ —T	低	II 型

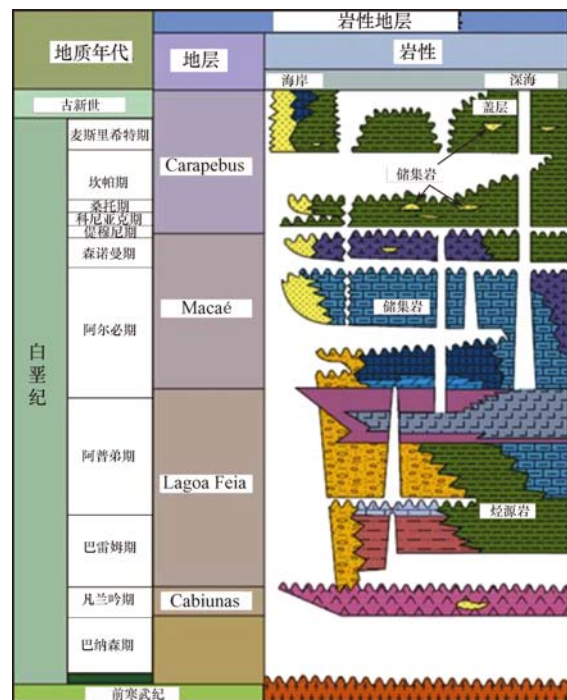


图 2 Campos 盆地地层柱状图

Fig. 2 Stratigraphic column of Campos Basin

1) 纽康姆阶(前 Lagoa Feia 组玄武岩)

该类储层分布在 Badejo 地区,玄武岩中由方解石溶解形成的裂缝和溶孔中含油。

2) 下白垩统(Lagoa Feia 组)

该类储层分布在 Lagoa Feia 组,已证实的储集层是介壳灰岩、砂岩和砾岩层。在 Badejo 油田,非海相厚层介壳灰岩由经过改造的瓣鳃类介壳组成,它们在沉积旋回中经过排列,致使砾屑灰岩覆盖在砂屑灰岩和泥屑灰岩之上。其中的砾屑灰岩是最好的储集层,平均孔隙度为 15%,渗透率为 $120 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。在成岩作用过程中,硅质胶结作用可阻止压力溶蚀,从而起到保存原生孔隙的作用,所以认为硅质胶结作用对良好储集层的发育是非常重要的。其砂岩和砾岩层是 2007 年新发现的 Caxareu 油田的主要储层。

3) 阿尔必阶—森诺曼阶(Macaé 组)

该类储层为浅海相碳酸盐岩储集层,包括浅滩泥粒灰岩和鲕状粒屑灰岩。分选好的粒屑灰岩的渗透率为 $(1 \sim 4) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,孔隙度最高达 33%。这套碳酸盐岩向上、向盆地方向渐变为泥灰岩和页岩。

4) 上白垩统一上渐新统(厚层海相浊积砂岩层)

① 森诺曼阶—土伦阶(Namorado 砂岩):该储

集层是由浊积砂岩、页岩和泥岩互层组成。在 Namorado 油田,砂岩的最大厚度为 115 m,孔隙度为 20%~30%,一般渗透率达 $1\,000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

② 科尼亚克阶-桑托阶(Carapebus 组):中、上白垩统浊积砂岩是很好的储集岩,砂岩的孔隙度为 20%~30%,渗透率可达 $1\,000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。其中的浊积砂岩段是 20 世纪 90 年代发现的龙可多尔油田的主要储集层,由限制性的和非限制性的浊积砂体组成,在 Peregrino 油田为扇三角洲和滨岸沉积为主。

③ 中始新统:储集层主要由中粒砂岩组成,厚 1~3 m,粗粒砂岩为夹层。在 Vermelho 油田,平均孔隙度为 24.4%,平均渗透率为 $700 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

④ 上渐新统:这类储集层或者分布在局限地区,如 Enchoza 峡谷,或者在广阔地区发育,特别是在盆地的东北地区。这种块状,富含纯砂的浊积岩是在深水环境中沉积的,厚度 30~100 m,平面上分布广泛,面积超过 6 000 km²,孔隙度为 25%~30%,渗透率最高为 $5\,400 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

坎普斯盆地最主要的储层是白垩系-古近系浊积砂岩储层,该储层的探明可采储量约占整个盆地总探明储量的 90%。

3.4 盖层

坎普斯盆地发育 4 套盖层:①Lagoa Feia 组湖相泥岩是下伏玄武岩裂缝油气藏的盖层;②阿普第阶蒸发岩是巴列姆阶湖相介壳灰岩储层的盖层;③晚白垩世至新近纪的 Ubatuba 组页岩和 Carapebus 组内页岩是 Carapebus 组浊积砂岩和下伏中、晚白垩世 Macaé 组碳酸盐岩的盖层;④森诺曼阶泥灰岩和页岩是同时代 Namorado 砂岩储层的盖层。

4 隐蔽油气藏勘探

隐蔽油气藏是以岩性、地层油气藏和裂缝油气藏为主的、一般技术手段难以发现的油气藏。隐蔽油气藏分为三大类:地层油气藏、裂缝油气藏和岩性油气藏^[8]。坎普斯盆地隐蔽油气藏发育,目前已经发现的主要是地层油气藏(包括超覆、潜山和不整合遮挡等 3 种亚类)和裂缝油气藏。隐蔽油气藏的形成与盆地的构造、沉积发育和成岩作用密切相关,如该盆地中的上白垩统地层超覆油藏就是由于

在早白垩世末盆地隆升,遭受剥蚀,在 Macaé 灰岩形成东南低、西北高的不整合面,晚白垩世盆地下降继续接受沉积时,就形成了 Carapebus 砂岩逐层超覆,其西北方向的尖灭阻挡了油气的逸出,为隐蔽油气藏的形成提供了必要条件。火山岩裂缝油藏的形成则主要是成岩作用形成的大量成岩缝为油气的聚集提供了空间。各种类型的隐蔽油气藏将继续是坎普斯盆地勘探的主要目标。

4.1 地层超覆油藏

Peregrino 上白垩统油藏为地层超覆油藏,上白垩统 Carapebus 砂岩在下白垩统 Macaé 灰岩不整合面上由东南向西北逐层超覆。地层在西北的尖灭形成了油藏的西北边界(图 3)。

Peregrino 油田自下而上发育 Lagoa Feia 组、Macaé 组、Carapebus 组、古近系和新近系 5 套主要储层,目前 Carapebus 组砂岩是 Peregrino 油田的唯一产层。Carapebus 组是一套向上超覆减薄的砂岩,地层厚度 0~120 m,地层分布主要受控于 Macaé 组剥蚀后的古地貌和物源,低部位和部分河道充填处厚度较大,在油田上倾部位储层厚度普遍较薄。Peregrino 油田共完钻 5 口探井和评价井。其中的两口井在 Carapebus 组试油并获得商业油流,原油相对密度 14° API。

Barracuda 油田位于盆地东部,是古近系超覆油藏,主要产层为始新统和渐新统^[9]。古新统-始新统由西北向东南方向逐层超覆在白垩系之上,在东南方向白垩系隆起高点上尖灭,形成地层超覆油藏(图 4)。油田含油面积 233 km²,地质储量 3.56×10^8 t,该油田于 1997 年投产,高峰年产量 822×10^4 t。

4.2 潜山油藏

Peregrino 下白垩统 Macaé 组属于潜山油藏。Macaé 组大致为向北西抬升的碳酸盐台地,受北西-南东向重力垮塌应力的作用,形成了北北东向和北东向两组断裂。Macaé 组整合-不整合地覆盖在 Lagoa Feia 群之上,由早-中 Albian 期的浅海碳酸盐岩层序与晚 Albian 期—Cenomanian 期半深海相泥灰岩层序构成。由底部 Quissama 组、中部 Outeiro 组与上部 Imbetiba 组构成。坎普斯盆地南部发育规模较大碳酸盐岩台地相区,为较有利的

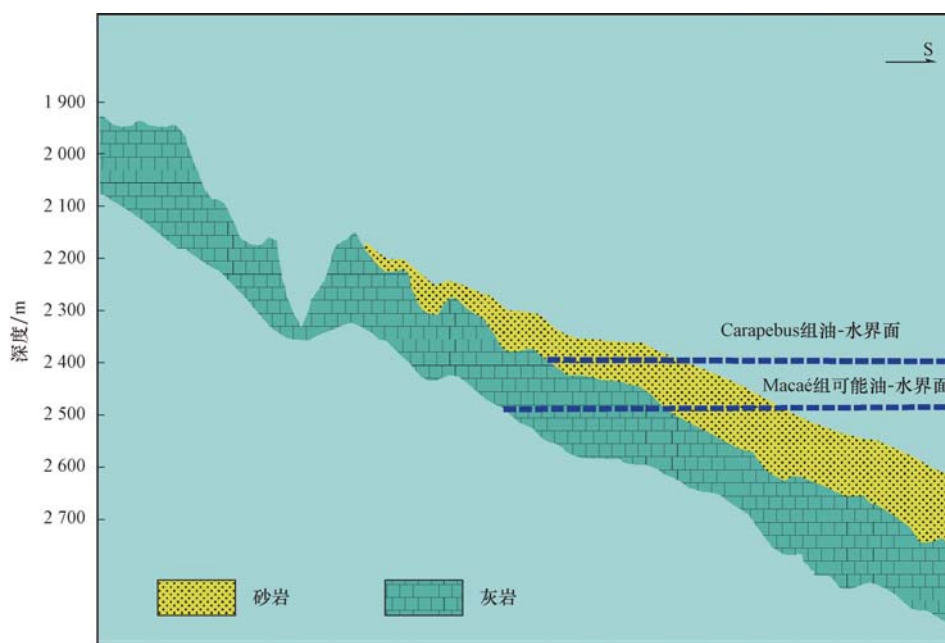
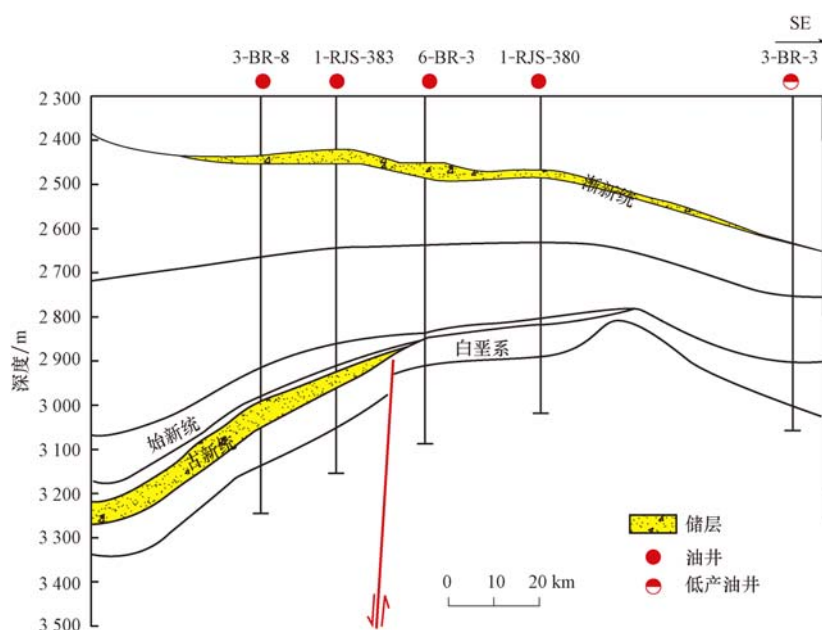


图3 Peregrino 油田油藏剖面示意图

Fig. 3 Reservoir cross-section of Peregrino oilfield

图4 Barracuda 油田始新统超覆油藏剖面^[9]Fig. 4 Eocene overlapping reservoirs in Barracuda oilfield^[9]

沉积相带。位于台地上的 Macaé 组钙质含量高,厚度大,孔隙度高(15%)。

早白垩世末,构造运动使盆地上升遭受剥蚀,形成上、下白垩统之间的不整合面。位于不整合面之下的 Macaé 组碳酸盐岩经受风化作用后厚度变化很大,会形成孔隙、溶洞发育的喀斯特地貌,

由于碳酸盐岩遭受风化淋滤和岩溶作用,使不整合面附近风化壳地层孔渗性极佳,有利于油气横向运移^[10]。在随后下沉接受沉积后,上覆的硅质碎屑岩和致密碳酸盐岩作为盖层,会形成良好的储盖组合和含油气圈闭(图5)。

Macaé 组普遍获得油气发现,是盆地西南部

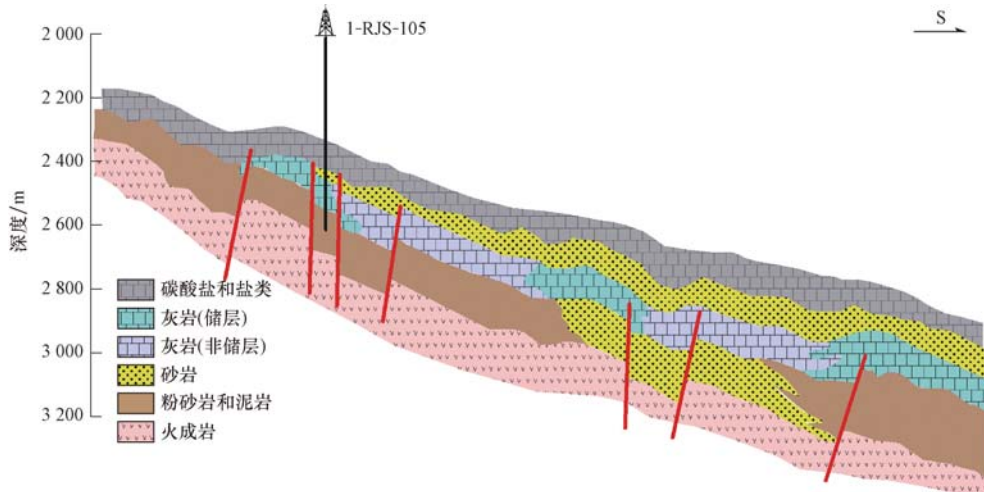
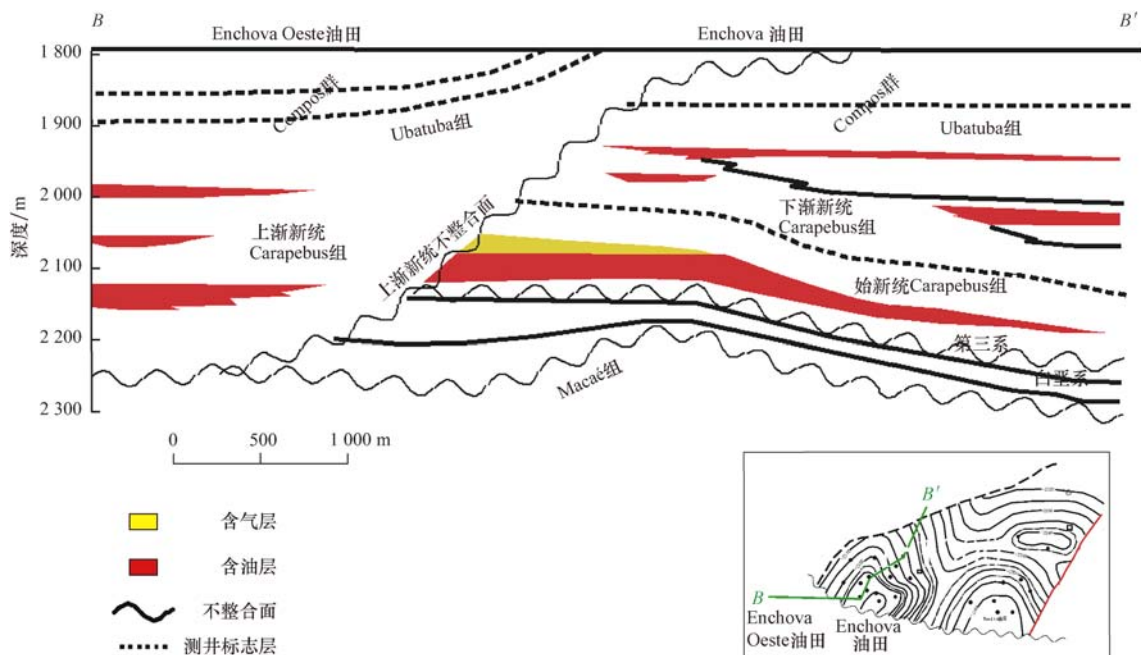


图5 Macaé组灰岩潜山油藏剖面示意图

Fig. 5 Schematic diagram showing buried-hill reservoirs in the Macaé Formation limestone

图6 Enchova油田始新统不整合遮挡油藏剖面^[11]Fig. 6 Unconformity-screened Eocene reservoirs in Enchova oilfield^[11]

Polvo 和 Maromba 油田的主力产层。巴西最大的私人石油公司 OGX 在 2009 年 8 月—2010 年 2 月在盆地西南部 BM - C - 41, BM - C - 42 和 BM - C - 43 等 3 个区块钻探井 10 口, 其中 8 口在 Macaé 组获得发现, 展示了坎普斯盆 Macaé 组良好的勘探前景。

4.3 地层不整合遮挡油藏

Enchova 油田的始新统油藏为地层不整合遮挡

油藏^[11], 该油田位于 Peregrino 油田东北约 77 km, 圈闭面积 18 km², 地质储量 0.55×10^8 t。始新统被上渐新统不整合面遮挡形成油藏(图 6)。

4.4 裂缝型油藏

Badejo 油田 Cabiunas 组油藏属于火成岩裂缝型油藏。该油田位于东坎普斯盆地, 水深 95 m, 距岸 80 km。Cabiunas 组由玄武岩和火山沉积岩组

成。根据岩石学特征,该组火成岩可划分出4个岩性段,底部是由岩浆差异冷却形成的玻璃质玄武岩、微晶玄武岩和气泡玄武岩,向上依次为火山碎屑成因的角砾岩、凝灰岩和由凝灰岩再沉积形成的砂质沉积。该组玄武岩裂缝和气孔发育,上覆的 Lagoa Feia 组泥岩,既为烃源岩同时又作为盖层,形成了上生下储裂缝型油藏(图7)。

4.5 岩性封闭油藏

Garoupa 油田的 Macaé 组砂屑灰岩油藏属于物性封闭油藏。Macaé 组沉积期, Garoupa 油田位

于高能环境,沉积亮晶胶结、孔隙度高的砂屑灰岩,而周边地区则属于低能环境,沉积了孔隙度低的泥屑灰岩,因此形成了岩性封闭油藏(图8)。

另外,位于坎普斯盆地中部的 Namorado 油田 Namorado 组油藏也属于属岩性封闭油藏。该油田含油面积 23 km²,地质储量 0.84×10^8 t。上白垩统 Namorado 组主要是浊积砂岩,夹有薄层泥岩和泥灰岩,砂岩为块状,粒度中等,局部含砾。该组呈透镜状,最大厚度达 115 m,但横向上变化很大。其上覆的 Carapebus 组、Ubatuba 组泥岩以及本组泥岩是浊积砂岩的盖层,形成砂岩透镜体油藏^[12]。

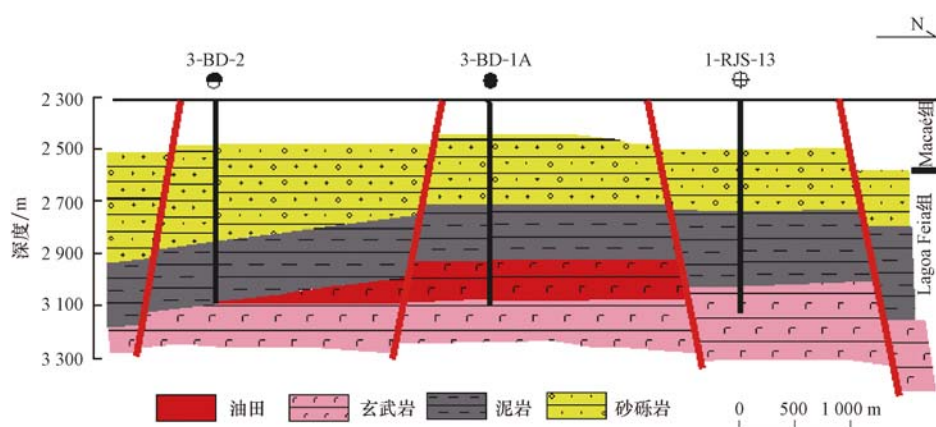


图7 Badejo 油田玄武岩裂缝油藏剖面^[7]

Fig. 7 Fractured basalt reservoirs in the Badejo oilfield^[7]

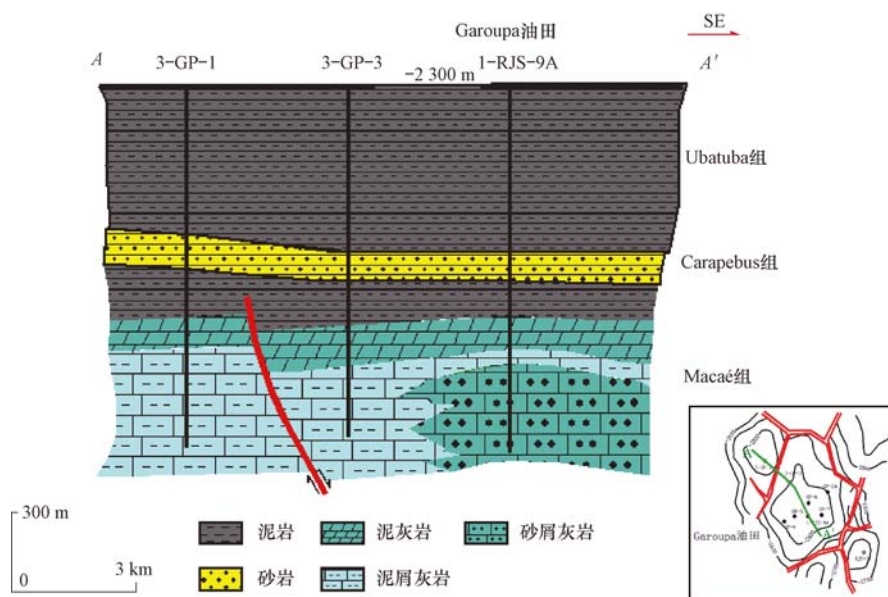


图8 Garoupa 油田 Macaé 组砂屑灰岩岩性封闭油藏剖面^[7]

Fig. 8 Calcarenite reservoirs in the Macaé Formation, Garoupa oilfield^[7]

4.6 坎普斯盆地隐蔽油气藏勘探前景

坎普斯盆地是巴西最重要的含油气盆地,油气产量占巴西总产量的84%。该盆地勘探程度较低,油气潜力巨大,预测将会发现几十个可采储量大于 $0.12 \times 10^8 \text{ m}^3$ ($1 \times 10^8 \text{ bbl}$)的油气田,待发现可采资源量 $59 \times 10^8 \text{ t}$,最有利的勘探区域是盆地东部。隐蔽油气藏在盆地油气勘探中占重要地位,除了构造油气藏外,盆地内已经发现了大量各种类型的隐蔽油气藏,预计随着勘探的进一步深入,将会发现更多的隐蔽油气藏,因此,需要高度重视坎普斯盆地隐蔽油气藏勘探。

5 结论

1) 坎普斯盆地为典型的被动大陆边缘盆地,具备优越的石油地质条件,早白垩世 Lagoa Feia 组湖相页岩为盆地主力烃源岩,分布范围大,有机质丰度高,生烃潜力大,处于成熟阶段,为各类隐蔽油气藏形成提供了丰富的物质基础。盆地自下而上发育 Lagoa Feia 组、Macaé 组、Carapebus 组、古近系和新近系5套主要储层,为形成隐蔽油气藏提供了充足的储集空间。

2) 坎普斯盆地隐蔽油气藏发育和其被动大陆边缘盆地构造背景、漂移早期台地相碳酸盐岩的规模、分布及后期构造和成岩改造、漂移晚期各类大中小型浊积体系的发育以及盆地持续稳定发育密切相关,目前已发现了地层超覆油藏、潜山油藏、地层不整合遮挡油藏、裂缝型油气藏和岩性封闭油藏等4类油气藏。

3) 盆地油气潜力巨大,待发现可采资源量 $59 \times 10^8 \text{ t}$ 。预测将会发现几十个可采储量大于 $0.12 \times 10^8 \text{ m}^3$ ($1 \times 10^8 \text{ bbl}$)的油气田,隐蔽油气藏勘探程度较低,将是盆地未来勘探的重要方向。

参 考 文 献

- [1] Mohriak W U, Mello M R, Dewey J F, et al. Petroleum geology of the Campos Basin, offshore Brazil[C]//Geological Society of London, Special Publication, 50. London: Geological Society Publishing House, 1990:119-141.
- [2] Mello M R, Gaglianone P C, Brassell S C, et al. Geochemical and biological marker assessment of depositional environments using Brazilian offshore oils[J]. Marine and Petroleum Geology, 1988, 5 (3): 205-221.
- [3] Trindade L A F, Soldan A L, Cerqueira J R, et al. Petroleum generation, migration, and accumulation in deep water area of Campos Basin, Brazil[C]// Bulletin American Association of Petroleum Geologists, 74 (5), Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 1990:781.
- [4] Mello M R, Koutsoukos E A M, Mohriak W U, et al. Selected petroleum systems in Brazil[C]// The petroleum system-from source to trap, Memoir American Association of Petroleum Geologists, 60, Chapt. 31, Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 1994:499-512.
- [5] Guardado L R, Spadini A R, Brandao J S L, et al. Petroleum system of the Campos Basin, Brazil[C]// Petroleum Systems of South Atlantic Margins, Memoir American Association of Petroleum Geologists, 73, 2000:317-324.
- [6] Peters K E, Walters C C, Moldowan, J M. The Biomarker Guide [M]. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2007:1-1155.
- [7] Tessari E, Tsubone K, Brisola N. Petroleum bearing deposits in the Campos Basin[C]// Proceedings Offshore Brazil 78 Conference, Paper OB-78.05, 1978:5-14.
- [8] 李丕龙, 庞雄奇. 陆相断陷盆地隐蔽油气藏形成—以济阳坳陷为例[M]. 北京:石油工业出版社, 2004:1-426.
Li Pilong, Pang Xiongqi. The formation of subtle traps in continental rifted basin: taking Jiyang depression as an example [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004:1-426.
- [9] Martins C C, Guardado L R, Moreira J L P, Esteves F R, Andrade V F, Freitas L C da S, Soares C M. Campos de Barracuda Caratinga e adjacencias novo polo exploratorio e de producao na Bacia de Campos [C]//Congresso Brasileiro de Petroleo e Conexpo ARPEL 94, 1994:1-10.
- [10] 杨俊, 姜振学, 向才富, 等. 塔里木盆地塔中83—塔中16井区碳酸盐岩油气特征及其成因机理[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(1):101-110.
Yang Jun, Jiang Zhenxue, Xiang Caifu, et al. Carbonate reservoir characteristics and their genetic mechanisms in Tazhong 83-Tazhong 16 wellblock, Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(1):101-110.
- [11] Guardado L R, Gamboa L A P, Lucchesi C F. Petroleum geology of the Campos Basin, Brazil, a model for a producing Atlantic type Basin [C]// Divergent/passive margin basins, Memoir American Association of Petroleum Geologists, 48, Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 1989:3-79.
- [12] Bacoccoli G, Morales R G, Campos O A J. The Namorado oil field: a major oil discovery in the Campos Basin, Brazil[C]// Memoir American Association of Petroleum Geologists, 30, Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 1980:329-338.

(编辑 张亚雄)