

# 巴西东北被动陆缘盆地油气地质特征及分布规律

卢小新, 任怀建

中化石油勘探开发有限公司, 北京, 100031

被动大陆边缘盆地油气资源十分丰富, 是世界油气勘探的热点区域, 如巴西东南部海域、西非、墨西哥湾、亚太地区大陆边缘等 4 大被动陆缘富集油气深水区正逐渐成为全球油气勘探的新热点, 也是近几年大型油气田发现的重要区域 (翟辉等, 2010)。比较而言, 同属被动陆缘的巴西东北部海岸盆地由于在构造格架、沉积演化等与巴西东南部被动陆缘盆地存在明显差异, 油气富集程度不如后者。但近几年来, 巴西东北部被动陆缘盆地深水区的勘探取得了若干具商业价值的发现, 引起了业界对该区域的关注。盆地分布从北往南依次为福斯杜亚马逊盆地、帕拉—马拉尼昂盆地、巴莱里阿斯盆地、塞阿拉盆地和普梯瓜尔盆地。世界上流量流域最大、支流最多的亚马逊河在本区北部注入福斯杜亚马逊盆地, 形成了巨型的三角洲沉积。

## 1 区域地质背景

南大西洋两岸被动大陆边缘盆地是伴随中生代以来冈瓦纳大陆解体、大西洋开裂和持续扩张作用而形成的 (熊利平等, 2010)。

总体上, 巴西东北部被动陆缘盆地构造沉积演化可划分为 4 个阶段, 分别为晚古生代—早白垩世大陆克拉通阶段 (前裂谷阶段), 早白垩世裂谷阶段和过渡阶段, 早白垩世末—第三纪的被动大陆边缘阶段。然而, 由于南大西洋裂开的不对称性和不均衡性, 加上岩石圈热构造以及基底构造等的影响, 不同盆地之间的演化存在一定的差异性 (汪伟光等, 2012)。

## 2 油气地质特征

### 2.1 烃源岩

该区发育 3 套烃源岩, 分别是下白垩统裂谷期湖相泥页岩、下白垩统过渡期—漂移早期湖相—海

相泥页岩、上白垩统—古近系漂移期海相泥岩/泥灰岩。除福斯杜亚马逊盆地主力烃源岩为上白垩统—古近系烃源岩外, 其他盆地均以下白垩统烃源岩为主, 其中的裂谷期烃源岩主要分布在普梯瓜尔盆地和巴莱里阿斯盆地。普梯瓜尔盆地裂谷发育早、持续时间长, 利于烃源岩的较大规模沉积。巴莱里阿斯盆地东南部和塞阿拉盆地西北部因后期经历反转抬升, 导致烃源岩埋藏浅, 生烃潜力差。烃源岩干酪根以 II 型为主, I 型干酪根主要发育在普梯瓜尔盆地, III 型干酪根主要分布在福斯杜亚马逊盆地的亚马逊扇古近系地层中。

烃源岩有机碳含量普遍介于 1~5% 之间, 塞阿拉盆地东南部 Mundau 次盆广泛发育的阿尔布阶 Paracuru 组过渡期烃源岩有机碳含量可达 13%。通常由于上覆负载不够, 烃源岩仅在盆地的深凹区成熟; 普梯瓜尔盆地烃源岩时代较老, 总体已达成熟阶段; 亚马逊扇第三系的烃源岩主要由陆源有机质组成, 由于巨厚的沉积规模及地层异常高压, 深部埋藏的烃源岩可能已达高成熟过成熟阶段 (Cobbold et al., 2004)。此外, 始新世—中新世局部的岩浆活动可能对源岩的演化具有一定的影响。

### 2.2 储盖层

区域上中新生界从白垩系到古近系存在多套储集层, 类型多样, 包括裂谷期河流—扇三角洲砂岩、过渡期河流—三角洲砂岩和漂移期三角洲—滨浅海砂岩、浅海碳酸盐岩以及深海浊积砂岩。南部的普梯瓜尔盆地和中部的塞阿拉盆地和巴莱里阿斯盆地以发育下白垩统储集层为主; 北部的福斯杜亚马逊盆地和帕拉—马拉尼昂盆地则以上白垩统和第三系储集层为主。

油气最为富集的普梯瓜尔盆地主要发育 3 套储集层, 从上至下分别为 1) 阿尔布—赛诺曼阶 Acu 组河流相粗粒砂岩和过渡相—海相中—粗粒砂岩, 孔

隙度 18~37%，渗透率 28~7000md，是该盆地的主力储层，富集了盆地近 50% 的油气储量；2) 阿普特阶 Alagamar 组河流—三角洲砂岩，平均孔隙度可达 12%，渗透率 50md；3) 上贝利亚斯—巴雷姆阶 Pendencia 组粗粒扇三角洲、河流—三角洲和浊积砂岩。油气从盆地深部成熟源岩排出后，沿砂岩、不整合输导层的近陆一侧的高部位运移，运移距离可达 60 公里以上，在盆地中部形成了裂谷期、过渡期两套源岩的混油区 (Trindade et al., 1991)。

### 2.3 圈闭

巴西东北被动陆缘盆地处于南大西洋裂谷和赤道裂谷的交汇处，断裂发育，形成了断层有关的圈闭类型，如滚动背斜、反向断块等。受控于裂谷期的拉张作用，以正断层为主，形成翘倾断块和褶皱构造圈闭。裂谷期圈闭规模一般较小，除普梯瓜尔盆地，目前裂谷层系尚未发现大规模的油气藏。

滚动背斜圈闭是另一类重要的圈闭类型，主要发育于福斯杜亚马逊盆地和帕拉—马拉尼昂盆地。与前三角洲沉积泥岩的塑形流动有关，在重力或差异压实作用下，生长断层下降盘发生拆离滑脱导致岩层发生弯曲而形成逆牵引构造。地震剖面显示，构造幅度一般不大，成丘状，圈闭面积较小。此外，在深水区，存在古近系砂岩受重力滑脱作用与洋壳破裂带碰撞而形成的滑塌逆冲构造圈闭。除构造圈闭外，区域上广泛发育岩性圈闭和地层圈闭以及构造—岩性、构造—地层等复合圈闭。

圈闭的形成和烃源岩生排烃期有较好的匹配关系。圈闭主要是在晚白垩世开始形成，第三纪定型，绝大多数盆地烃源岩和圈闭形成时间同期进入生油阶段。生成的油气通过断层、砂体和整合等输导体系进入各类圈闭成藏，后期由于反转，局部地区抬升遭受剥蚀，早期形成的油气藏可能经改造或调整。

## 参 考 文 献 / References

- 翟辉, 郑民, 李建衷. 等. 2010. 国外被动陆缘深水油气勘探进展及启示. 天然气地球科学, 21(2): 193~200.
- 熊利平, 刘延莉, 霍红. 2010. 西非海岸南、北两段主要含油气盆地油气成藏特征对比. 石油与天然气地质, 31(4): 410~419.
- 汪伟光, 喻莲, 聂明龙. 2012. 南大西洋两岸被动大陆边缘盆地油气地质特征对比. 新疆石油地质, 33(2): 250~255.

## 3 油气分布规律

据相关商业数据库资料统计，巴西东北部被动陆缘盆地目前共发现石油（含凝析油）储量 2549MMb，天然气储量 725MMboe。油气储量区域分布极不均衡，其中普梯瓜尔盆地最为富集，油、气储量分别为 1343MMb、368MMboe，分别占区域油、气储量的 52.7% 和 50.8%，尤其集中分布在该盆地陆上裂谷系统中。其次为福斯杜亚马逊盆地，油、气储量分别为 842MMb、302MMboe，分别占区域油、气储量的 33% 和 41.7%；中段的其他三个盆地则发现油气数量和储量均较小。层系上，油气主要分布在下白垩统砂岩地层，次为上白垩统和古近系灰岩。油气分布主要受有效烃源岩分布范围的控制，“源控”特征明显，有效烃源岩主要分布在盆地深部沉降中心的裂谷、拗陷区。裂谷期湖相烃源岩成熟度适中，但分布范围有限，目前证实主要在普梯瓜尔盆地广泛分布；上白垩统和古近系烃源岩虽然分布较广，但总体上成熟度低，生烃潜力小。

普梯瓜尔盆地裂谷体系发育，发育裂谷期和漂移期两套烃源岩，砂泥岩频繁交替，地层超覆、岩性尖灭现象常见。与不整合、断背斜有关的多种圈闭发育，形成了数量众多的沿断裂带分布的“小而肥”油气田。油气运移兼有垂向运移和侧向运移，除源岩外，油气分布还受到断裂、不整合和岩性等多种因素组成的输导体系的控制。

福斯杜亚马逊盆地目前已证实主要发育漂移期烃源岩，但在扇体沉积深部区域推测可能存在裂谷期烃源岩，足够的埋藏深度有利于烃源岩的成熟生排烃。前三角洲中的泥质沉积发育，在沉积负载、重力滑动共同作用下可形成大量泥页岩底辟构造、浊积砂体及背斜圈闭。断层作为油气垂向运移的有效通道，控制了油气的运移聚集和油气田的分布。

- Cobbold P R, Mourgues R, Boyd K. 2004. Mechanism of thin-skinned detachment in the Amazon Fan: assessing the importance of fluid overpressure and hydrocarbon generation. Marine and Petroleum Geology, 21:1013~1025.
- Trindade L A F, Brassell S C, Santos Neto E V. 1991. Petroleum Migration and Mixing in the Potiguar Basin, Brazil. AAPG Bulletin, 76(12): 1903~1924.