

文章编号:1001-6112(2012)06-0559-05

# 南美区油气分布特征与隐蔽油气藏勘探

李丕龙,张达景,宗国洪

(中化石油勘探开发有限公司,北京 100031)

**摘要:**南美油区古生代以来发育弧前盆地、弧后挤压盆地、前陆盆地、克拉通盆地、被动边缘盆地。南美区已发现的隐蔽油气藏在成因上主要为岩性油气藏(含构造—岩性油气藏)、不整合油气藏(基岩不整合油气藏、岩性—不整合油气藏、构造—岩性不整合油气藏)等。前陆盆地隐蔽油气藏以不整合、岩性类油气藏为主;被动边缘盆地石油储量以隐蔽油气藏为主,隐蔽油气藏又以岩性类的为主。被动边缘盆地浊积岩、盐下碳酸盐岩(礁滩)、地层超覆等复合型隐蔽油气藏成为近十几年勘探发现的主要油气藏类型,预测南美地区隐蔽油气藏油气资源量达890亿桶油当量以上,以油为主,可见南美地区隐蔽油气藏具有良好的勘探前景。

**关键词:**前陆盆地;被动边缘盆地;隐蔽油气藏;南美区

中图分类号:TE122.3<sup>+</sup>3

文献标识码:A

## Petroleum distribution characteristics and subtle reservoir exploration in South America

Li Pilog, Zhang Dajing, Zong Guohong

(Sinochem Petroleum E&P Co Ltd, Beijing 100031, China)

**Abstract:** Forearc, compressed backarc, foreland, cratonic and passive margin basins have developed in South American ever since Paleozoic. The discovered subtle traps are mainly lithologic (tectonic-lithologic) and unconformity (basement-unconformity, lithologic-unconformity and structural-lithologic unconformity) ones. For the foreland basins, unconformity and lithologic reservoirs are the main reservoir types. For the passive margin basins, lithologic subtle reservoirs are contributive. In the latest decade of exploration, the subtle reservoirs (turbidite, pre-salt carbonate/reef and overlap reservoirs) in the passive margin basins have turned to be the main discoveries. Resource of the subtle reservoirs in South America is assessed to be over 89 billion Barrels Oil Equivalent, mainly as liquid, showing a good exploration prospect.

**Key words:** foreland basin; passive margin basin; subtle reservoir; South America

### 1 区域构造特征及主要盆地发育

自寒武纪以来,有3次大的构造事件对南美区沉积盆地的形成与发展产生了深远影响,即冈瓦纳大陆解体—南大西洋张开(约140 Ma,早白垩世)<sup>[1-4]</sup>、安第斯造山运动(晚白垩世—中新世)<sup>[5-6]</sup>、加勒比板块楔入俯冲(约70 Ma—现今)<sup>[7-13]</sup>。这3个构造事件使得南美区盆地类型多样,东西成带分布。现今,南美区共有沉积单元(盆地与次盆)458个,总面积 $6\ 095\times 10^4$  km<sup>2</sup>,其中陆上面积 $2\ 108\times 10^4$  km<sup>2</sup>,海上面积 $3\ 987\times 10^4$  km<sup>2</sup>,它们组成了不同类型、大小不等的60多个含油气盆地。自西向东主要发育了弧前盆地、弧后挤压盆地、前陆盆地、克拉通盆地、被动边缘盆地等(图1)。受构造运动南北差异演化的控制,不同类型的盆地发生南北分异,进而控制盆地的构造、沉积

充填样式,乃至源岩的分布与演化,油气藏的形成与分布。

西部前陆盆地结构上主要表现为三叠纪—侏罗纪裂陷、白垩纪被动边缘盆地、第三纪前陆盆地的叠合,不同构造域的前陆盆地构造特征差别很大。中部克拉通盆地结构上主要表现为:奥陶—志留系、泥盆—石炭系为主的沉积盆地,以古生代克拉通裂谷—坳陷沉积、中生代陆相坳陷沉积为特征。东部被动边缘盆地结构上主要表现为:晚侏罗—早白垩世的断陷湖泊、晚白垩世—第三纪的被动边缘盆地的叠合。

尽管不同构造域、不同类型的盆地演化历史差别较大,但总体上,南美区构造形成演化经历了3大阶段:古生代克拉通、被动边缘盆地形成演化阶段;中生代弧后盆地、被动边缘盆地、湖相盆地形成演

收稿日期:2012-05-16;修订日期:2012-10-18。

作者简介:李丕龙(1963—),男,博士,教授级高级工程师,从事石油勘探开发管理工作。E-mail:lipilog@sinochem.com。

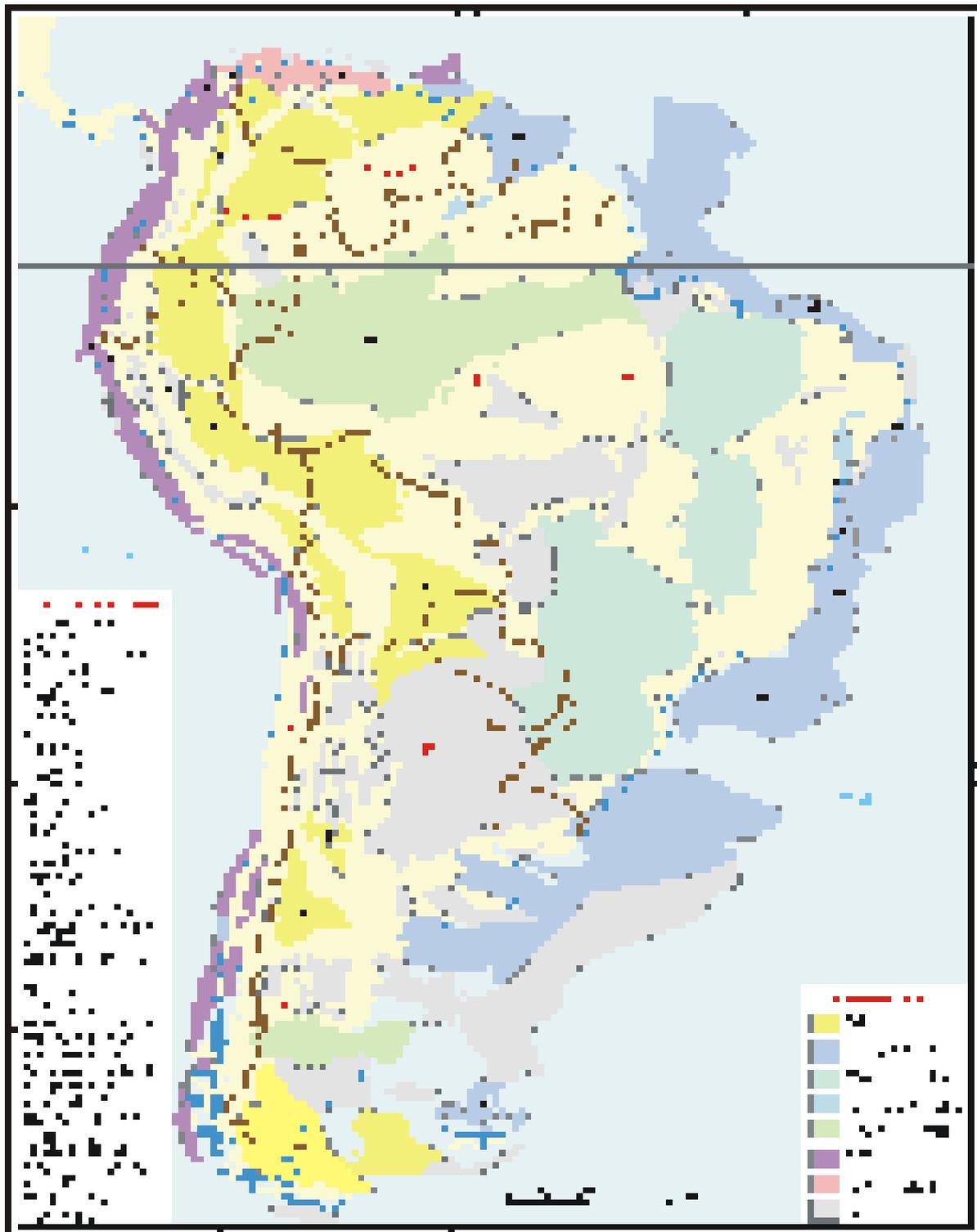


图1 南美地区盆地分布示意

Fig. 1 Basin distribution of South America

化阶段;新生代弧前盆地、前陆盆地、被动边缘盆地形成演化阶段。

## 2 南美区油气藏类型及分布

截止2011年1月,南美区66个产油气盆地(构造单元)发现3571个油气田、6479个油气藏。统

计表明,累计2P油气储量为 $4.65615 \times 10^8$ 桶油当量,其中石油储量 $3.542 \times 10^8$ 桶。在已发现的油气藏类型中,构造油气藏约占74%,其主要分布于西部的弧前盆地、弧后挤压盆地、前陆盆地的构造枢纽带,以及中部的克拉通盆地二级正向构造带上;而岩性、地层和裂缝等隐蔽油气藏约占26%,其主要分

布于东部被动边缘盆地,以及西部的前陆盆地的前渊斜坡带和中部的克拉通盆地二级负向构造带。

与世界上其它地区类似,南美区已发现的隐蔽油气藏在成因上主要为岩性油气藏(含构造—岩性油气藏)、不整合油气藏(基岩不整合油气藏、岩性—不整合油气藏、构造—岩性不整合油气藏)等。

2.1 岩性油气藏

又可进一步分为构造上倾岩性尖灭油气藏(如雅诺斯盆地 Rubiales 油田 Carbonera 油藏、马拉开波盆地 Lama 油田 Santa Barbara 油藏、东委内瑞拉盆地<sup>[14]</sup> Pedernales 油田 La Pica 组 Pedernales 段油气藏、坎普斯盆地<sup>[15-16]</sup>的 Marlim 油田、Marlim Sul 油田及 Albacora 油气田的 Carapebus 组油气藏等)、砂岩透镜体岩性油藏(如 Sergipe-Alagoas 盆地 Guaricema 油田 Calumbi 组油藏、坎普斯盆地中部的 Namorado 油田等)、物性封闭油藏(如坎普斯盆地东部 Garoupa 油田 Macae 组砂屑灰岩油藏)、地层超覆油气藏(如马拉开波盆地的 Misoa 油气藏、东委内瑞拉盆地的 Mata 油田和 Oveja 油田的

Oficina 组油气藏、Austral 盆地的 San Sebastian 气田)4个亚类。

非烃源岩层中的岩性圈闭,油气沿断裂向圈闭中运移聚集成藏,形成构造—岩性油气藏,南美地区东部被动边缘盆地浊积体岩性油气藏多属于这类油气藏(图2)。

2.2 不整合油气藏

又分为河道充填岩性受不整合封堵的油藏(如 Marano 盆地 Shiviayacu 油田 Vivian 油藏)、地层被不整合面削切形成构造—不整合遮挡油藏(如坎普斯盆地 Enchova 油田、中马格达雷纳盆地 Fortuna 油田的 Silfide 油藏)、基岩不整合油气藏3个亚类。

对南美地区38个盆地统计表明(表1),前陆盆地隐蔽油气藏石油2P储量最大,被动边缘盆地次之,分别为  $707.3 \times 10^8$  桶和  $268.7 \times 10^8$  桶,且以岩性类油气藏储量最丰。前陆盆地隐蔽油气藏以不整合、岩性类油气藏为主,如马拉开波盆地不整合油气藏储量很大,其隐蔽油气藏石油储量占全盆地石油

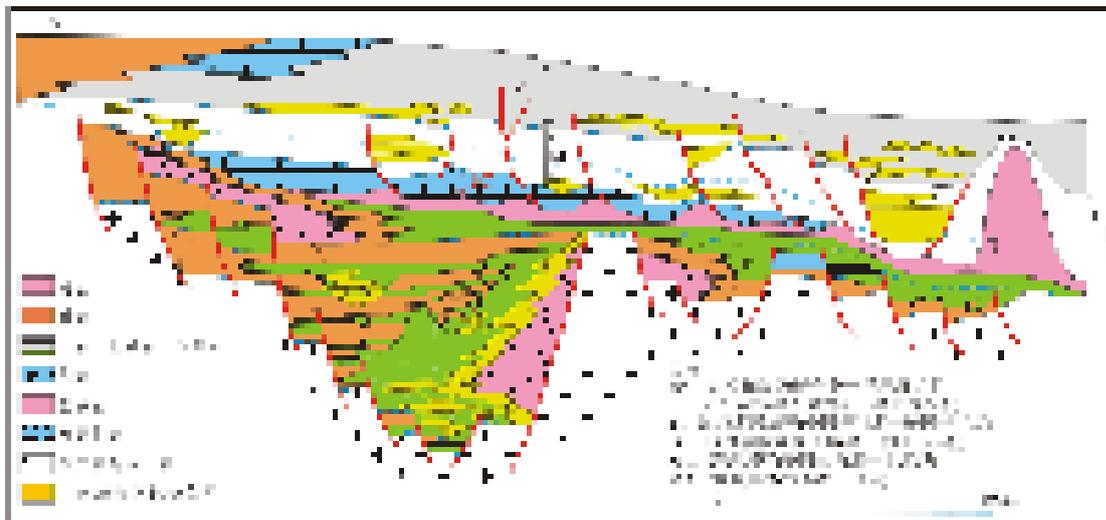


图2 巴西东部被动边缘盆地油气藏类型分布剖面<sup>[16]</sup>

Fig.2 Reservoir types of passive margin basins in eastern Brazil

表1 南美地区不同盆地类型隐蔽油气藏石油2P储量统计

Table 1 Recoverable 2P reserve statistics of subtle reservoirs in different basin types, South America

油气藏类型	非构造油气藏类型	弧前盆地 3个盆地	弧后盆地 6个盆地	前陆盆地 13个盆地	克拉通盆地 1个盆地	被动边缘盆地 15个盆地
水动力	水动力油气藏	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25
岩性类油气藏	岩性油气藏	0.86	0.01	975.81	0.00	9 645.37
	构造—岩性油气藏	4.20	120.88	45 938.84	0.00	15 358.07
不整合类油气藏	基岩不整合油气藏	0.00	0.00	40.14	0.00	3.54
	岩性—不整合油气藏	0.00	0.00	57.59	0.00	759.74
	构造—不整合油气藏	0.00	9.34	23 716.40	0.00	1 104.41
累计		5.06	130.23	70 728.77	0.00	26 871.38

注:资料来源于 IHS(2011.1);储量单位为百万桶油当量。

储量的 62.97%。不整合类油气藏还发育于中马格达雷纳盆地、上马格达雷纳盆地。其它前陆盆地(如东委内瑞拉、雅诺斯、普图马约、马拉尼翁、Austral 盆地等)的隐蔽油气藏则主要以岩性油气藏为主,占盆地已发现石油储量的 1.5% ~ 23.7% (图 3)。被动边缘盆地石油储量以隐蔽油气藏为主,隐蔽油气藏又以岩性类的为主,如坎普斯盆地隐蔽油气藏主要为构造—岩性、岩性油气藏,分别占隐蔽油气藏石油储量的 59% 和 33%,桑托斯盆地隐蔽油气藏同样为构造—岩性、岩性油气藏,分别占隐蔽油气藏石油储量的 80% 和 20% (图 4)。

值得注意的是,南美区 1985—2006 年间相继发现了 Marlim 油田、Marlim Sul 油田、Barracuda 油田、Tupi 油田等大型地层或岩性油气藏。2007 年至 2011 年的 5 年间,南美地区勘探发现  $10 \times 10^8$  桶

石油储量以上油气田 5 个,全部位于巴西的桑托斯盆地,新发现的大型油气藏均为地层、岩性复合型油气藏。桑托斯盆地 Franco 油气田发现于 2010 年 5 月 15 日,是近 5 年来最大的油气发现,油气田的石油储量  $54.40 \times 10^8$  桶,天然气  $6.256 \times 10^{12} \text{ ft}^3$ ,无凝析油,总储量  $64.83 \times 10^8$  桶油当量,产层为下白垩统 Guaratiba 群湖相碳酸盐岩,为地层上超尖灭—断层构造复合型油气藏。桑托斯 Libra 油田,发现于 2010 年 10 月 15 日,油田的石油储量  $50 \times 10^8$  桶,天然气  $5 \times 10^{12} \text{ ft}^3$ ,无凝析油,总储量为  $58.33 \times 10^8$  桶油当量,产层为下白垩统 Guaratiba 群湖相碳酸盐岩,为地层—构造复合型油气藏,圈闭次要要素的地层属于沉积尖灭型。桑托斯盆地 Iara 油气田发现于 2008 年 9 月 15 日,油气田的石油储量  $19.86 \times 10^8$  桶,天然气  $2.23 \times 10^{12} \text{ ft}^3$ ,无凝析油,总储量为

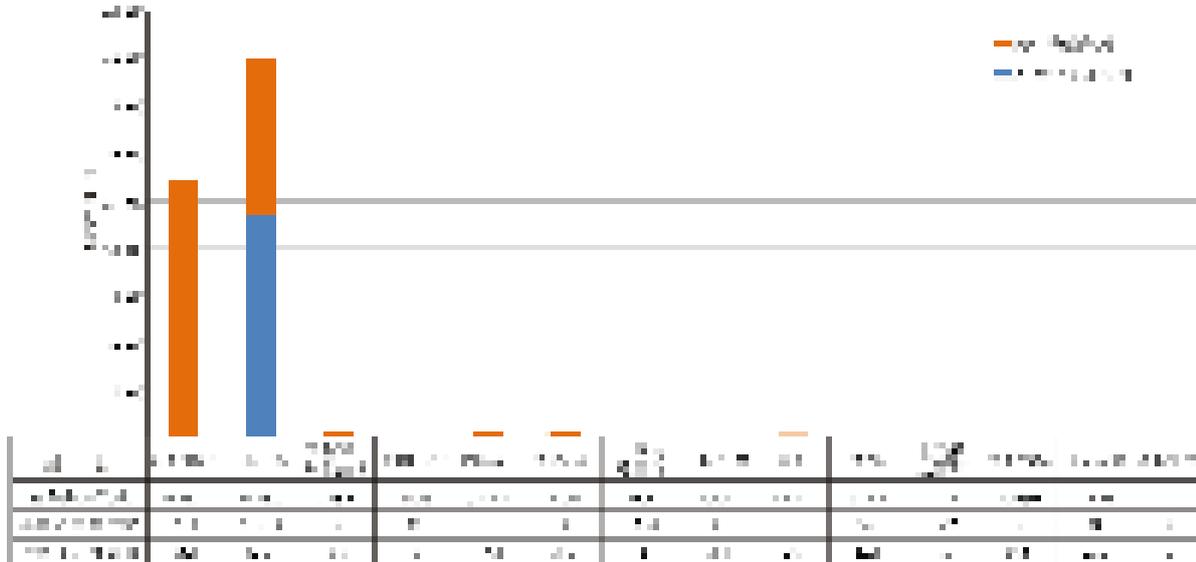


图 3 南美地区前陆盆地隐蔽油气藏储量分布直方图

Fig. 3 Reserve statistics of subtle reservoirs in foreland basins of South America



图 4 南美地区被动边缘盆地隐蔽油气藏储量分布直方图

Fig. 4 Reserve statistics of subtle reservoirs in passive margin basins of South America

23.  $5767 \times 10^8$  桶油当量,产层为盐下 Guaratiba 群湖相碳酸盐岩,为地层—构造复合油气藏,圈闭为岩性上倾尖灭与断穹隆复合型圈闭。

### 3 南美区隐蔽油气藏勘探前景

类比世界上勘探程度较高的含油气盆地的隐蔽油气藏发现状况<sup>[17]</sup>,认为在未来待发现的油气资源中,隐蔽油气藏储量至少占40%以上。

利用油藏规模序列法<sup>[18-19]</sup>,对南美30个盆地的待发现油气资源量(截止2011年11月,油气藏储量数据来自于IHS)进行了预测,南美地区待发现的油气资源量至少达 $2\,440 \times 10^8$ 桶油当量以上。据此推测南美地区隐蔽油气藏油气资源量可达 $890 \times 10^8$ 桶油当量以上,以油为主,可见南美地区隐蔽油气藏具有良好的勘探前景。

#### 参考文献:

- [1] John M. Jacques. The influence of intraplate structural accommodation zones on delineating petroleum provinces of the Sub-Andean foreland basins [J]. *Petroleum Geoscience*, 2004, 10: 1-19.
- [2] John M. Jacques. A tectonostratigraphic synthesis of the Sub-Andean basins: inferences on the position of South American intraplate accommodation zones and their control on South Atlantic opening [J]. *Journal of the Geological Society*, 2003, 160: 703-717.
- [3] Aslanian D, Moulin M, Olivet J L, et al. Brazilian and African passive margins of the Central Segment of the South Atlantic Ocean: Kinematic constraints [J]. *Tectonophysics*, 2009, 468: 98-112.
- [4] Veevers J J. Gondwanaland from 650-500 Ma assembly through 320 Ma merger in Pangea to 185-100 Ma breakup: supercontinental tectonics via stratigraphy and radiometric dating [J]. *Earth-Science Reviews*, 2004, 68: 1-132.
- [5] Macellari C E. Cretaceous paleogeography and depositional cycles of western South America [J]. *Journal of South American Earth Sciences*, 1988, 1, 373-418.
- [6] Dewey J F, Lamb S H. Active tectonics of the Andes [J]. *Tectonophysics*, 1992, 205: 79-95.
- [7] Escalona A, Mann P. Tectonics, basin subsidence mechanisms, and paleogeography of the Caribbean-South American plate boundary zone [J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2011, 28: 8-39.
- [8] Pindell J L, Dewey J F. Permo-Triassic reconstructions of western Pangea and the evolution of the Gulf of Mexico/Caribbean region [J]. *Tectonics*, 1982, 1: 179-211.
- [9] Erikson J P, Pindell J L. Analysis of subsidence in northeastern Venezuela as a discriminator of tectonic models for northern South America [J]. *Geology*, 1993, 21: 945-948.
- [10] Meschede M, Frisch W. A plate-tectonic model for the Mesozoic and Early Cenozoic history of the Caribbean Plate [J]. *Tectonophysics*, 1998, 296: 269-291.
- [11] Pindell J, Kennan L, Stanek K P, et al. Foundations of Gulf of Mexico and Caribbean evolution: Eight controversies resolved [J]. *Geologica Acta*, 2006, 4: 89-128.
- [12] Cooper M A, Addison F T, Alvarez R, et al. Basin development and tectonic history of the Llanos basin, Eastern Cordillera, and Middle Magdalena Valley, Colombia [J]. *AAPG Bulletin*, 1995, 79(10): 1421-1443.
- [13] Pindell J L, Tabbutt K D. Mesozoic - Cenozoic Andean palaeogeography and regional controls on hydrocarbon systems [M] // Tankard A J, Suarez Soruco R, Welsink H J, eds. *Petroleum basins of South America*, AAPG memoir 62. Tulsa: AAPG Press, 1995.
- [14] 徐文明, 叶德燎, 陈荣林. 委内瑞拉油气资源及勘探开发潜力分析 [J]. *石油实验地质*, 2005, 27(5): 473-478.
- [15] 何娟, 何登发, 李顺利. 巴西坎普斯盆地大油气田成藏特征与分布规律 [J]. *石油实验地质*, 2011, 33(5): 517-525.
- [16] Bruhn C H L, Gomes J A T, Lucchese Jr C D, et al. Campos Basin: Reservoir Characterization and Management-Historical Overview and Future Challenges [C] // *Offshore Technology Conference*, Houston, 2003. 978-1-55563-250-2.
- [17] 徐向华. 成熟探区勘探单元划分及其意义: 以东营凹陷为例 [J]. *石油实验地质*, 2011, 33(3): 303-307.
- [18] 张建良, 孔祥礼. 油田(藏)规模序列法在复杂断块老油田滚动勘探开发中的应用 [J]. *断块油气田*, 2001, 8(6): 32-34.
- [19] 罗毅, 蔡勋育, 吕立勇. 百色盆地东部坳陷终极资源量预测与勘探方向 [J]. *石油实验地质*, 2011, 33(2): 215-218.

(编辑 叶德燎)