

# 世界主要被动大陆边缘深水含油气盆地 生储盖组合发育规律

王力<sup>1,2</sup>, 屈红军<sup>1,2</sup>, 张功成<sup>3</sup>, 范玉海<sup>1,2</sup>, 关利群<sup>1,2</sup>,  
冯杨伟<sup>1,2</sup>, 郑艳荣<sup>1,2</sup>, 李敏<sup>1,2</sup>

(1 西北大学大陆动力学国家重点实验室; 2 西北大学地质学系; 3 中国海洋石油总公司研究总院)

**摘 要** 世界被动陆缘深水含油气盆地的演化可划分为裂前期、裂谷期以及裂后期(被动陆缘期),裂后期又可划分出热沉降期和漂移期两个亚期。裂谷期发育的裂谷层序和漂移期发育的漂移层序是构成生储盖组合的主要层序。统计发现,盆地的生储盖组合主要有裂谷期生储盖、裂谷期生或混生-漂移期储盖和漂移期生储盖三种组合。三种生储盖组合类型均主要发育海陆过渡相烃源岩、深海相浊积砂岩储层以及海相泥页岩盖层。不同生储盖类型均有较大油气储量。裂谷期生储盖组合的勘探程度较低,潜力巨大;裂谷期生或混生-漂移期储盖组合的储量贡献较大,仍有较大潜力;漂移期生储盖组合的勘探程度高,储量贡献大,是现阶段深水油气勘探的热点目标。

**关键词** 被动大陆边缘; 陆缘盆地; 深水含油气盆地; 构造演化; 生储盖组合; 油气储量

**中图分类号**: TE122.11; TE112.3

**文献标识码**: A

世界深水油气勘探始于20世纪60年代末,经过近几十年特别是20世纪80—90年代以来突飞猛进的发展,油气勘探储量和研究热度日益增长<sup>[1-3]</sup>。全球深水区(水深>300 m)现已探明储量约 $300 \times 10^8 \text{ t}$ <sup>[4]</sup>。被动陆缘深水区是21世纪以来全球油气勘探获重大发现的7大领域之一,已成为全球大油气田发现的最主要领域<sup>[5]</sup>。目前,深水油气勘探的最大钻井水深为3272 m(墨西哥湾的Trident油田),开发最大作业水深2 851 m<sup>[3]</sup>。随着科技的进步,深水勘探将朝更多地区以及更大水深下限方向发展<sup>[6]</sup>。

巴西东部大陆边缘、西非大陆边缘、墨西哥湾、挪威中部陆架以及澳大利亚西北陆架等地区是国外深水盆地油气勘探程度较高、成就显著的几个被动大陆边缘盆地分布区,尤其是巴西东部大陆边缘、墨西哥湾及西非大陆边缘更是全球深水勘探的“金三角”<sup>[7]</sup>。此外,北大西洋两岸、地中海沿岸、东非沿岸及亚太地区都在积极开展深水油气勘探活动。

本文从被动大陆边缘深水盆地发育的构造期次

角度,结合大量调研资料,总结了巴西东部大陆边缘、西非大陆边缘、墨西哥湾、挪威中部陆架以及澳大利亚西北陆架等地区深水盆地的主要生储盖组合方式,试图加深对深水盆地油气地质特征的认识,促进更加有效地开展深水油气勘探。

## 1 世界主要被动陆缘深水盆地的构造期次及生储盖组合类型

世界被动大陆边缘盆地的构造演化一般都经历了裂前期(前裂谷期)、裂谷期(裂陷期)以及裂后期(被动陆缘期)三个大的阶段,其中的裂后期或被动陆缘期,它又包括热沉降期和漂移期两个亚期(表1)。与构造期次相对应的沉积地层分别为裂前层序、裂谷层序和被动陆缘层序,其中被动陆缘层序包括热沉降层序和漂移层序两个亚层序(表1)。从热沉降阶段到漂移阶段早期,盆地内普遍堆积了厚层的从浅海相到深海相的沉积层序,漂移阶段的构造发育和沉积模式则较为复杂,常用以代表整个被动陆缘层序。

收稿日期: 2011-04-06; 改回日期: 2011-08-31

王力: 1986年生。2010年本科毕业于西北大学地质学系,现为西北大学大陆动力学国家重点实验室、西北大学地质学系在读硕士研究生,研究方向为沉积学与储层地质学。通讯地址: 710069 陕西省西安市太白北路 229号 西北大学地质学系

表 1 世界主要被动陆缘深水盆地构造演化期次及其沉积演化特征

演化期次		沉积层序	演化特征
裂前期(前裂谷期)		裂前层序	多为陆内盆地(前陆盆地、坳陷或前裂谷盆地),通常是河流、湖泊、冰川或者陆缘海相沉积物堆积在结晶基底之上
裂谷期(裂陷期)		裂谷层序	初期地幔热柱上升,地堑式裂谷发育,以冲积扇和河流—湖泊相沉积为特征。随后海侵出现并持续扩大;随后又出现厚层蒸发岩
裂后期 (被动陆缘期)	热沉降期	裂后热沉降层序	裂谷后的热沉降阶段,主要发育厚层浅海—深海相的沉积层序
	漂移期	漂移层序	漂移期标志事件为新生洋壳开始扩张,沉积充填物和盐岩常发生向盆运动,盐岩(泥岩)底劈活动影响整个阶段

深水含油气盆地生储盖组合从盆地发育的构造期次角度主要可以归纳为三类:(Ⅰ)裂谷期生储盖组合;(Ⅱ)裂谷期生或混生-漂移期储盖组合;(Ⅲ)漂移期生储盖组合(表2,图1)。

表2 世界主要被动陆缘深水含油气盆地生储盖组合类型

区 域		盆地名称	生储盖组合 *
墨西哥湾		墨西哥湾盆地	Ⅲ
挪威中部陆架		沃灵盆地	Ⅰ
		默勒盆地	
澳大利亚西北陆架		北卡那封盆地	
		布劳斯盆地	
		波拿巴盆地	
巴西东部大陆边缘		桑托斯盆地	Ⅱ
		坎普斯盆地	
西 非 被动陆缘	西非北段	阿尤恩—塔尔夫亚盆地	Ⅲ
		塞内加尔盆地	
	西非中段	尼日尔三角洲盆地	Ⅰ , Ⅱ
		加蓬盆地	
		下刚果盆地	
		木尼河盆地	Ⅱ
		宽扎盆地	
	西非南段	纳米比亚盆地	
		西南非海岸盆地	

\* Ⅰ 裂谷期生储盖组合;Ⅱ 裂谷期生或混生-漂移期储盖组合;Ⅲ 漂移期生储盖组合。

油气的聚散、成藏、定位和分布等既严格受成盆期和成盆期前构造格局的控制,又明显受成盆期后每一次构造运动和任一种改造形式的影响<sup>[8]</sup>。

平面上不同构造期次的生储盖组合分布是由被动大陆边缘演化的差异性决定的。如西冈瓦纳裂解

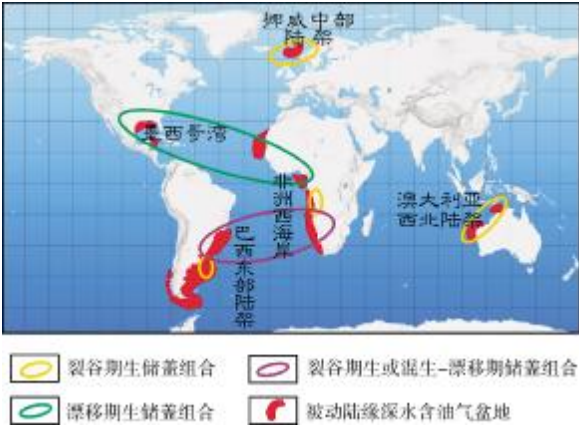


图1 世界主要被动陆缘深水含油气盆地的生储盖组合类型分布

和南大西洋裂谷系形成的相同背景下,巴西东部海域诸盆地在时空上仍具有差异性,北部诸盆地未经历热沉降阶段是其区别于东南部桑托斯与坎普斯盆地的重要特点。同样,在桑托斯盆地和坎普斯盆地之间演化的差异性(如基底演化和热背景方面)对烃源岩的发育、热演化及盆地的含油气性等方面具有一定控制作用,也导致了两者生储盖类型的差异:桑托斯盆地发育裂谷期生储盖组合,而坎普斯盆地发育裂谷期生或混生-漂移期储盖组合。

2 裂谷期生储盖组合

裂谷期生储盖组合主要分布在澳大利亚西北陆架(北卡那封盆地、布劳斯盆地及波拿巴盆地),巴西东部陆架(桑托斯盆地),非洲西海岸(西非)中段(加蓬盆地和下刚果盆地)以及挪威中部陆架沃灵(Vøring)和默勒(Møre)盆地(图1)。

2.1 澳大利亚西北陆架

澳大利亚西北陆架被动陆缘盆地区域总面积约

120×10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>, 区域上包括四个陆缘盆地和一个造山带, 自西南到东北依次为北卡那封盆地、柔布克盆地、布劳斯盆地、波拿巴盆地和帝汶—班达褶皱带<sup>[9-10]</sup>。其中的柔布克盆地未有油气发现, 因此未将其列入表2。

澳大利亚西北陆架大致经历了三大发展阶段: (1)寒武纪—三叠纪的克拉通发育阶段(前裂谷期); (2)三叠纪末期至早侏罗世早期—早白垩世的裂谷阶段(裂谷期); (3)晚白垩世—现今的被动大陆边缘盆地形成阶段<sup>[11-15]</sup>(被动陆缘期, 图2)。三叠纪末期至侏罗纪早期开始了澳大利亚西北陆架区域的大陆裂解活动, 伴随着一系列微板块从澳洲克拉通的分离, 西北陆架发育了呈北东—南西向展布的四个大型裂谷盆地, 图2中仅重点列出了三个盆地的构造期次演化特征。

澳大利亚西北陆架含油气盆地区域海相储盖组合广泛分布, 是该区最重要的成藏组合类型, 它们主要出现在裂谷层序中, 属于裂谷期生储盖组合类型(图2)。

澳大利亚西北陆架烃源岩大多集中在中生界, 裂谷期生储盖组合的主力烃源岩为裂谷期中生界海陆交互相碳质泥页岩、煤系以及海相泥岩<sup>[9,16]</sup>。储层主要为裂谷期河流—三角洲相砂岩, 布劳斯盆地和

波拿巴盆地主力储层都为裂谷期下一中侏罗统近海的三角洲砂岩<sup>[9-10,17]</sup>。主要区域性盖层为下白垩统海相泥页岩, 侏罗系盖层发育相对局限。在北卡那封盆地, 盖层主要为下白垩统 Muderong 组页岩(图2, 图3), 在布劳斯盆地为下白垩统的上 Vulcan 组和 Jamieson 组泥页岩(图2), 在波拿巴盆地为白垩系发育的 Bathurst 群页岩<sup>[9-14]</sup>(图2)(其中的 Bathurst 群页岩大部分属于被动陆缘期的产物)。

北卡那封盆地的生油层为上侏罗统 Dingo 组泥岩, 储层为下白垩统 Barrow 群浊积砂岩, 包括上面所述的下白垩统 Muderong 组页岩盖层, 它们均属裂谷期的沉积产物(图2、图3)。

## 2.2 综合分析

除澳大利亚西北陆架外, 巴西东部陆架(大陆边缘)的桑托斯盆地, 西非中段的加蓬盆地和下刚果盆地, 以及挪威中部陆架的沃灵盆地和默勒盆地也发育有裂谷期生储盖组合(表3)。

裂谷期生储盖组合中, 烃源岩主要为裂谷期发育的富有机质陆相煤层、湖泊相页岩或海陆过渡相烃源岩, 储层主要为三角洲骨架砂体、河口坝、席状砂等陆相沉积体, 盖层为互层沉积的泥页岩或裂谷期形成的海相蒸发岩。

表3 世界主要被动陆缘深水含油气盆地裂谷期生储盖组合类型及特征(据文献[9-10,15-29]编制)

地区	盆地	主力烃源岩	主力储层	主力盖层	生储盖沉积相
澳大利亚西北陆架	北卡那封盆地	裂谷期晚侏罗世海陆过渡相页岩, II—III型, R <sub>0</sub> 为 0.31%~2.17%	裂谷期侏罗系三角洲相砂岩; 裂谷期下白垩统浊积砂岩	裂谷期下白垩统 Muderong 组页岩	陆生陆储陆盖型和陆生陆储海盖型
	布劳斯盆地	裂谷期早白垩世海陆过渡相—海相页岩, II型, TOC 值 1%~5%	裂谷期侏罗系—下白垩统的河流—三角洲相砂岩	裂谷期下白垩统泥页岩	
	波拿巴盆地	裂谷期早—中侏罗世海陆过渡相页岩, I—III型, TOC 为 2.2%~13%	裂谷期早—中侏罗世三角洲相至边缘海相砂岩	裂谷期(含被动边缘期) Bathurst 群页岩	
巴西东部陆架	桑托斯盆地	裂谷期早白垩世湖相泥页岩, 干酪根 I—II型, 主要为 II型, TOC 约为 5.0%	裂谷期早白垩世浅水相碳酸盐岩	下白垩统盐岩层和古近系厚层海相页岩	
西非中段	加蓬盆地	裂谷期早白垩世湖相泥岩, I—II型, TOC 值 1.0%~2.5%	裂谷期盐下早白垩世晚期河流—三角洲相 Gamba 组和 Dentale 组砂岩	裂谷期下白垩统阿普特阶盐岩	
	下刚果盆地	裂谷期早白垩世湖相泥岩, I—II型, TOC 为 20%~30%	裂谷期盐下早白垩世早期陆相及湖相碎屑岩	下白垩统 Bucomazi 组湖相页岩	
挪威中部陆架	沃灵盆地和默勒盆地	晚侏罗世裂谷期海相高放射性泥页岩, I—III型, TOC 为 5%~8%	裂谷期中侏罗世滨浅海相砂岩	裂谷期侏罗纪海相泥页岩	

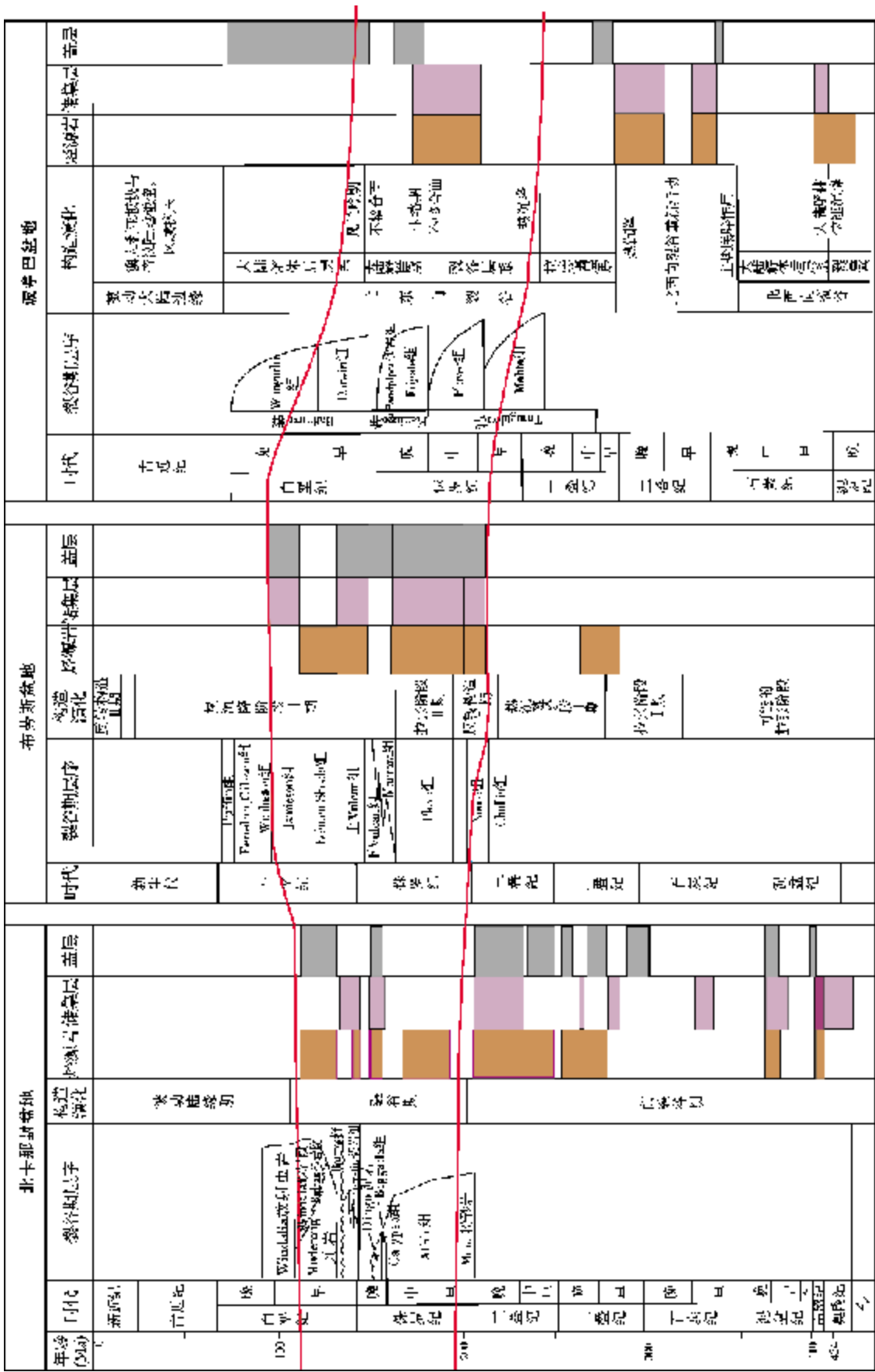


图2 澳大利亚西北陆架深水盆地裂谷期生储盖组合综合柱状图(据文献[9-10,16-21]修改)  
图中两根红线之内对应于盆地发育的裂谷期,同时指示这些盆地主要的生储盖组合发育于裂谷期



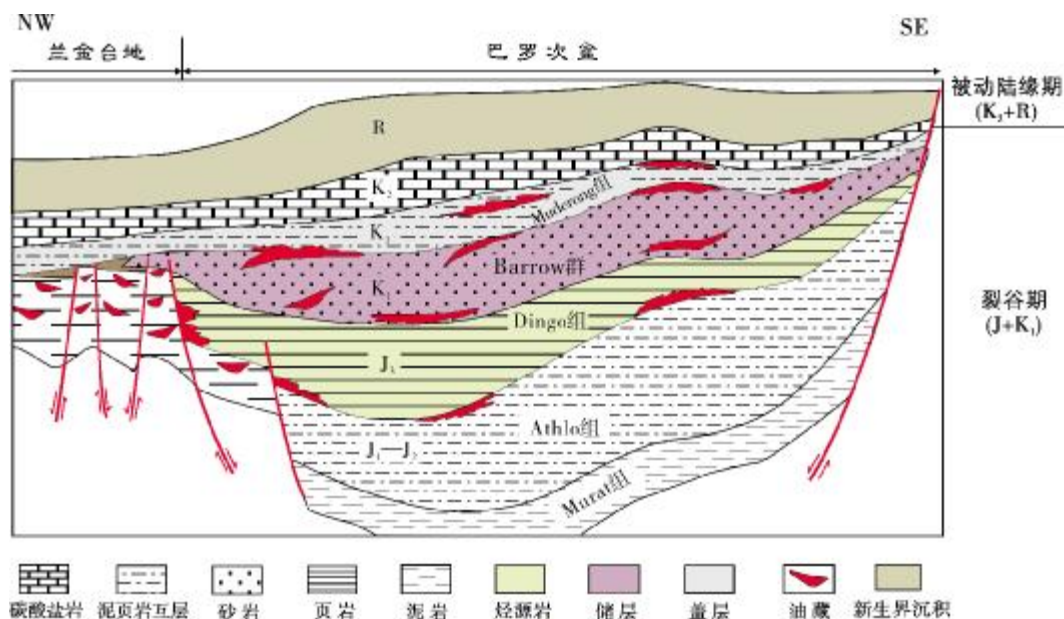


图3 澳大利亚西北陆架北卡那封盆地巴罗次盆—兰金台地裂谷期生储盖组合成藏模式(据文献[18]修改)

### 3 裂谷期生或混生—漂移期储盖组合

裂谷期生或混生-漂移期储盖组合类型主要分布在巴西东部陆架的坎普斯盆地,西非中南部的木尼河(Rio Muni)、加蓬、下刚果、宽扎、纳米比亚等盆地,以及西非西南部(西南非)海岸盆地。

#### 3.1 巴西东部陆架坎普斯盆地

巴西深水油气勘探起步于20世纪80年代,其油气储量的增长主要依赖于陆架区油气田的发现,迄今最大的储量是在坎普斯盆地获得的。坎普斯盆地位于巴西东部大陆边缘,北端和南端分别被维多利亚高地和卡布弗里马高地限定。该盆地已成为全球近年来油气发现的一个热点和亮点。

中生代非洲与南美之间一系列裂谷的发育形成了巴西东部诸多裂谷盆地。坎普斯盆地的构造演化分为:(1)裂谷期(早白垩世纽康姆期),以玄武岩岩浆的喷出、河流—湖泊相沉积以及三角洲沉积为特征;(2)裂后期(早白垩世阿普第期),以蒸发台地相和碳酸盐台地相代表由裂谷期到裂后期的转换,此后深水沉积环境日益增多<sup>[30-31]</sup>。

坎普斯盆地主要为裂谷期生或混生-漂移期储盖组合类型(图4)。主力烃源岩为裂谷期沉积的下白垩统巴雷姆阶Lagoa Feia组,由含钙质的黑色湖相页岩组成<sup>[32-33]</sup>;主力储层为裂后期的漂移期海相

浊积砂岩,时代分别为晚白垩世早期、晚白垩世晚期以及古近纪渐新世,坎普斯盆地大于200m水深的油田90%是以始新世以来沉积的浊积砂岩为储层,这些砂岩呈透镜体被夹持于页岩中,而这些页岩形成于晚白垩世—古近纪漂移期,可作为主要盖层<sup>[23]</sup>。

#### 3.2 综合分析

裂谷期生或混生-漂移期储盖的生储盖组合类型,其烃源岩主要为盐下断陷期和断坳期富有机质的陆相和海陆过渡相烃源岩。储层主要为漂移早期沉积的滨浅海相砂岩、碳酸盐岩及漂移晚期的浊积砂岩,特别是盆地深水区热沉降层序中的浊积岩体,是深水储层的重要类型。盖层主要为湖相页岩和海相泥岩(表4)。

这种类型的生储盖组合中,断陷期和断坳期富有机质的陆相和海陆过渡相烃源岩已达到了生油门限,生成的油气通过盐构造或断层等运移通道输送到上白垩统—古近系的浊积岩或碳酸盐储集体,和储集层互层的海相泥页岩成为良好的盖层。

### 4 漂移期生储盖组合

漂移期生储盖组合包括墨西哥湾,西非北部的阿尤恩—塔尔法亚盆地、塞内加尔盆地,以及西非中段的尼日尔三角洲盆地。

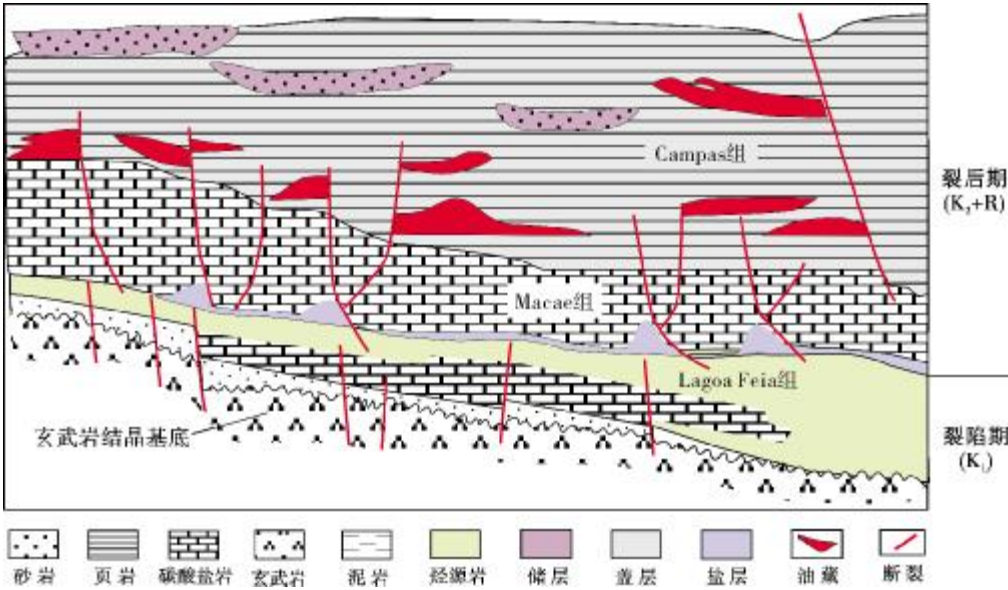


图 4 巴西东部陆架坎普斯盆地裂谷期生或混生-漂移期储盖组合成藏模式图(据文献[34]修改)

表 4 世界主要被动陆缘深水含油气盆地裂谷期生或混生-漂移期储盖组合类型及特征  
(据文献[23-28,32-33,35]编制)

地 区	盆 地	主力烃源岩	主力储层	主力盖层
巴 西 东 部	坎普斯盆地	裂谷期早白垩世湖相黑色页岩,干酪根 I—II 型、主要为 II 型,TOC 为 2.6%~6.0%	漂移晚期古近纪渐新世深水浊积扇浊积砂岩	漂移期晚白垩世—古近纪海相页岩
西 非 中 段	加蓬盆地	裂谷期巴列姆阶及纽康姆阶湖相页岩, I—II 型,TOC 平均 6.1%	漂移晚期晚白垩世—古近纪深水浊积砂岩	漂移期森诺曼阶泥页岩
	下刚果盆地	裂谷期下白垩统湖相页岩、泥岩, I—II 型,TOC 为 20%~30%	漂移晚期古新世、始新世和中新世深水浊积砂岩	漂移期进积页岩及层内页岩
	木尼河盆地	裂谷晚期早白垩世湖相页岩, I—II 型, TOC 为 2%~4%	漂移期晚白垩世浊积水道和浊积扇浊积砂岩	层内部泥岩或上覆泥岩
	宽扎盆地	裂谷早期早白垩世湖相泥岩, II 型,TOC>2%	漂移晚期渐新世—早中新世滨岸沉积—三角洲相砂岩 漂移早期早白垩世蒸发台地及浅海相碳酸盐岩及砂岩	盐岩和晚白垩世至古近纪海相泥岩和泥灰岩
西 非 南 段	纳米比亚盆地	裂谷期早白垩世湖相页岩, II 型,TOC 平均 2%	漂移早期滨浅海相早白垩世中期砂岩	下阿普特阶厚层页岩
	西南非海岸盆地	裂谷期早白垩世湖相页岩, II 型,TOC 为 1.61%~2.6%	漂移早期滨浅海相白垩纪晚阿普特期—晚赛诺曼期砂岩	同生裂谷期和漂移期厚层泥页岩

4.1 墨西哥湾

墨西哥湾是最早开展深水勘探的地区之一,始于 20 世纪 70 年代,现已成为世界重要的深水油气勘探区。

墨西哥湾盆地呈向西北突出的弧形,总面积约 130×10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>,是晚三叠世到中侏罗世北美板块与非洲—南美板块分离的产物,属边缘海型被动陆缘盆地。盆地中央为洋壳,周围是陆壳,二者之间为过渡型地壳<sup>[36]</sup>。墨西哥湾的构造演化大致经历了前裂谷期、

裂谷期和被动大陆边缘期三大阶段:三叠纪前为前裂谷期;自三叠纪末,北美板块进入拉张期,墨西哥湾地区随之进入裂谷期,从中侏罗世开始,在裂谷期的红层岩床之上广泛沉积了芦安(Louann)盐岩;自晚侏罗世早期开始,墨西哥湾出现洋壳,海底扩张,自此开始了晚侏罗世—第三纪被动大陆边缘期的热沉降阶段<sup>[37-38]</sup>。

截至 2009 年,墨西哥湾盆地,包括北部的墨西哥湾盆地(美国)和南部的墨西哥湾盆地(墨西哥),其油气发现几乎全部位于芦安盐岩之上,尤其是在深水区,成藏组合以盐上漂移期生储盖组合为主,盐下油气偶有发现<sup>[39-41]</sup>。

漂移期上侏罗统的黑色钙质海相泥灰岩和上白垩统暗色泥页岩为主要烃源岩<sup>[42-43]</sup>;漂移期渐新统—上新统深海浊积扇砂岩是优质的主力储集层<sup>[44]</sup>;上侏罗统致密钙质页岩,白垩系泥岩、页岩、硬石膏等为主要盖层<sup>[45]</sup>。墨西哥湾的Burgos盆地发育典型的漂移期生储盖组合(图5):上侏罗统泥岩、灰岩及古近纪泥岩为主要生油层,储层为白垩系灰岩及渐新统以来的深海浊积砂岩,盖层为白垩系—新生界的泥岩及页岩。

## 4.2 综合分析

在漂移期生储盖组合中,烃源岩主要为裂后期

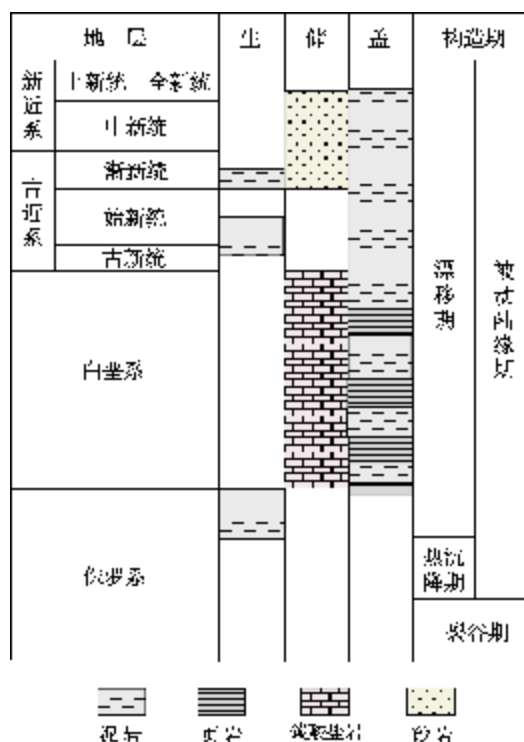


图5 墨西哥湾 Burgos 盆地漂移期生储盖组合特征  
(据文献[39]编绘)

海相沉积,储层主要为漂移期沉积的滨浅海相砂岩、碳酸盐岩和深海相浊积砂岩,盖层为漂移期形成的海相泥岩(表5)。

表5 世界主要被动陆缘深水含油气盆地漂移期生储盖组合类型及特征(据文献[39-49]编制)

地区	盆地	主力烃源岩	主力储层	主力盖层
墨西哥湾	墨西哥湾盆地	被动陆缘期晚侏罗世海相钙质页岩、灰质泥岩, I—II 型, TOC 含量为 0.15%~16% 之间(平均 3%), 为富氢油源岩	漂移晚期中新世深水浊积扇和水道砂浊积砂岩	上侏罗统致密钙质页岩, 白垩系泥岩、页岩、硬石膏
			漂移早期早白垩世浅水碳酸盐相灰岩及粗晶白云岩	
西非北段	塞内加尔盆地	被动陆缘期晚白垩世海相页岩, 主要为 II 型, TOC 含量为 3%~10%	漂移晚期始新世末—中新世深水浊积扇浊积砂岩	储层层间页岩
	阿尤恩—塔尔法亚盆地		漂移早期晚白垩世桑托期边缘海相砂岩	
西非中段	尼日尔三角洲盆地	被动陆缘期中—晚侏罗世海相泥质灰岩, II—III 型, TOC 含量为 1.47%~2.49%	漂移早期晚侏罗世浅海陆架相 Puerto Cansado 组碳酸盐岩	上覆下白垩统 TanTan 组页岩
			漂移晚期始新世—上新世三角洲前缘亚相砂岩	

## 5 讨论

上面对三种不同生储盖组合类型的盆地分别作了研究,对它们进行综合分析后可以发现,世界主要

被动大陆边缘深水含油气盆地发育的烃源岩主要是海陆过渡相烃源岩,储层类型主要为深海相浊积砂岩,而盖层类型则主要是海相泥页岩。

对世界主要被动陆缘深水盆地的油气勘探已经



取得显著成就,在不同生储盖组合类型盆地发现的储量和开发的产量情况见表6。分析后可以发现,不同生储盖类型盆地均有较大油气储量。裂谷期生储盖组合中,澳大利亚西北陆架勘探程度较低,是深水

油气未来勘探的重要目标;裂谷期生或混生-漂移期储盖组合的储量贡献较大,西非地区仍有较大潜力;漂移期生储盖组合的勘探程度高、储量贡献大,是现阶段深水油气勘探的热点目标。

表6 不同生储盖组合类型被动陆缘深水含油气盆地油气储/产量统计

生储盖组合类型	区域或盆地	储量 ( $\times 10^8$ t,油当量)	油气田实例	可采储量	产量
裂谷期 生储盖组合	澳大利亚西北陆架	40.01	Jansz气田	天然气 $5663.4 \times 10^6 \text{ m}^3$	—
	桑托斯盆地	7.96	Tupi油田	$80 \times 10^8 \text{ bbl}$ (估算)	2012年投入开发
	挪威中部陆架	4.62	Ormen Lange 气田	—	—
裂谷期生或混生- 漂移期储盖组合	坎普斯盆地	34.18	Marlim油田	$28.15 \times 10^8 \text{ bbl}$ (油当量)	日产 $50 \times 10^3 \text{ bbl}$
			Barracuda油田	$12.4 \times 10^8 \text{ bbl}$	日产 $15 \times 10^3 \text{ bbl}$ 油、 $480 \times 10^3 \text{ m}^3$ 气
	西南非海岸盆地	1.46	库都气田	天然气 $934.46 \times 10^6 \text{ m}^3$	—
漂移期 生储盖组合	墨西哥湾	37.34	Thunder Horse 油田	$10 \times 10^8 \text{ bbl}$	日产 $25 \times 10^3 \text{ bbl}$ 油、 $2 \times 10^6 \text{ m}^3$ 气
			Cantarell油田	$150 \times 10^8 \text{ bbl}$ (油当量)	日产最高 $115 \times 10^3 \text{ bbl}$
	尼日尔三角洲盆地	51.24	Bonga油田	$10 \times 10^8 \text{ bbl}$ (油当量)	—

数据来源:USGS(2010);EIA(2010);MMS(2008);SENER(2008);澳洲地球科学(2010)。

## 6 结 论

(1)世界被动陆缘深水含油气盆地根据构造期次主要发育三种生储盖组合类型:裂谷期生储盖组合;裂谷期生或混生-漂移期储盖组合;漂移期生储盖组合。

(2)世界被动陆缘深水含油气盆地主要发育海陆过渡相烃源岩、深海相浊积砂岩储层以及海相泥页岩盖层。

(3)不同生储盖类型均有较大油气储量。相比较而言,裂谷期生储盖组合勘探程度较低,潜力巨大;裂谷期生或混生-漂移期储盖组合的储量贡献较大,仍有较大潜力;漂移期生储盖组合的勘探程度高、储量贡献大,是现阶段深水油气勘探的热点目标。

### 参 考 文 献

- [1] 张功成,米立军,吴时国,等. 深水区—南海北部大陆边缘盆地油气勘探新领域[J]. 石油学报,2007,28(2): 5-21.
- [2] 吴时国,袁圣强. 世界深水油气勘探进展与我国南海深水油气前景[J]. 天然气地球科学,2005,16(6): 693-699,714.
- [3] 潘继平. 国外深水油气资源勘探开发进展与经验[J]. 石油科技论坛,2007,(4): 35-39.
- [4] 瞿辉,郑民,李建忠,等. 国外被动陆缘深水油气勘探进展及启示[J]. 天然气地球科学,2010,21(2):193-200.
- [5] 邹才能,张光亚,陶士振,等. 全球油气勘探领域地质特征、重大发现及非常规石油地质[J]. 石油勘探与开发,2010,37(2):129-145.
- [6] 朱伟林. 南海北部深水区油气地质特征[J]. 石油学报,2010,31(4):521-527.
- [7] 吕福亮,贺训云,武金云,等. 全球深水油气勘探简论[J]. 海相油气地质,2006,11(4): 22-28.
- [8] 刘池洋. 沉积盆地动力学与盆地成藏(矿)系统[J]. 地球科学与环境学报,2008,30(1):1-23.
- [9] 张建球,钱桂华,郭念发. 澳大利亚大型沉积盆地与油气成藏[M]. 北京:石油工业出版社,2008.
- [10] 白国平,殷进垠. 澳大利亚北卡那封盆地油气地质特征及勘探潜力分析[J]. 石油实验地质,2007,29(3): 253-258.
- [11] Lavering I H, Pain L. Browse Basin, Australian petroleum accumulations report 7[R]. Canberra: Australia Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics, 1991.
- [12] Felton E A, Miyazaki S, Dowling L, et al. Carnarvon Basin, WA, Bureau of resource sciences, Australian petroleum accumulations report 8[R]. Canberra: Australia Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics, 1992.



- [13] Cadman S J, Temple P R. Bonaparte Basin, NT, WA, AC & JP-DA, Australian petroleum accumulations report 5[R]. 2nd ed. Canberra: Australia Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics, 2003.
- [14] 冯杨伟, 屈红军, 张功成, 等. 澳大利亚西北陆架中生界生储盖组合特征[J]. 海洋地质动态, 2010, 26(6): 16-23.
- [15] Longley I M, Buessenschuett C, Clydsdale L, et al. The north west shelf of Australia: A woodside perspective[C]// Keep M, Moss S J. Sedimentary basins of western Australia: Proceedings of Petroleum Exploration Society of Australia Symposium. Perth: WA, 2002, 3: 27-38.
- [16] Thomas B M, Smith D N. A summary of the petroleum geology of the Carnarvon basin[J]. Australian Petroleum Exploration Association Journal, 1974, 14(1): 66-76.
- [17] Dawson D, Grice K, Alexander R, et al. The effect of source and maturity on the stable isotopic compositions of individual hydrocarbons in sediments and crude oils from the Vulcan Sub-basin, Timor Sea, Northern Australia[J]. Organic Geochemistry, 2007, 38(7): 1015-1038.
- [18] Bradshaw M. Review of the 2008 offshore petroleum exploration release areas[J]. The APPEA Journal, 2008, 48(1): 359-370.
- [19] Jablonski D, Saltta A J. Permian to lower Cretaceous plate tectonics and its impact on the tectono-stratigraphic development of the western Australian margin [J]. APPEA Journal, 2004, 44(1): 287-328.
- [20] Hill K C, Hoffman Nick. Restoration of a deep-water profile from the Browse Basin: Implications for structural-stratigraphic evolution and hydrocarbon prospectivity[C]// Keep M, Moss S J. Sedimentary basins of western Australia. Proceedings of Petroleum Exploration Society of Australia Symposium. 2002, 3: 936-959.
- [21] Kennard J M, Deighton I, Edwards D S. Subsidence and thermal history modelling: New insights into hydrocarbon expulsion from multiple petroleum systems in the Petrel Sub-basin, Bonaparte Basin[C]// Keep M, Moss S J. Sedimentary basins of western Australia. Proceedings of Petroleum Exploration Society of Australia Symposium. Perth: WA, 2002, 3: 409-437.
- [22] Meisling K E, Cobbold P R, Mount V S. Segmentation of an obliquely rifted margin, Campos and Santos basins, southeastern Brazil[J]. AAPG Bulletin, 2001, 85(11): 1903-1924.
- [23] Pereira M J, Feijó F J, Bacia de Santos. Estratigrafia das Bacias Sedimentares do Brasil[J]. Boletim de Geociências da Petrobras, 1994, 8(1): 219-234.
- [24] Teisserenc P, Villemin J. Sedimentary basin of Gabon: Geology and oil systems[J]. AAPG, Memoir 48, 1990: 117-199.
- [25] 李莉, 吴慕宁, 李大荣. 加蓬含盐盆地及邻区油气勘探现状和前景[J]. 中国石油勘探, 2005, 10(3): 57-68.
- [26] 刘延莉, 邱春光, 熊利. 西非加蓬盆地沉积特征及油气成藏规律研究[J]. 石油实验地质, 2008, 30(4): 352-362.
- [27] Angola B R. Source rock control for Lower Congo Coastal and Kwanza Basin petroleum systems[C]// Cameron N R, Bate R H, Clure V S. The oil and gas habitats of the South Atlantic. London: Geological Society, 1999, 181-184.
- [28] Anka Z, Séranne M, Lope M, et al. The long-term evolution of the Congo deep-sea fan: A basin-wide view of the interaction between a giant submarine fan and a mature passive margin(ZaiAngo project)[J]. Tectonophysics, 2009, 470(1-2): 42-56.
- [29] Størvoll V, Bjørlykke B, Karlsen D, et al. Porosity preservation in reservoir sandstones due to grain-coating illite: A study of the Jurassic Garn Formation from the Kristin and Lavrans fields, offshore Mid-Norway[J]. Marine and Petroleum Geology, 2002, 19(6): 767-781.
- [30] Rangel H D, Pontes C E S, Soldan A L, et al. Tectonic control on sedimentation during rifting stage: Example from Campos Basin, southeastern Brazil[C]// Mabesoone J M. International sedimentological congress. Recife(Brazil), 1994:14.
- [31] Martins-Neto M A. Tectonics and sedimentation in a Paleo/Mesoproterozoic rift-sag basin(Espinhaco Basin, southeastern Brazil)[J]. Precambrian Research, 2000, 103(3-4): 147-173.
- [32] Mello M R, Kotsoukos E A M, Mohriak W U, et al. Selected petroleum systems in Brazil[M]// Magoon L B, Dow W G. The petroleum system: From source to trap. AAPG Memoir 60, 1994: 499-512.
- [33] Guardado L R, Gamboa L A P, Lucchesi C F. Petroleum geology of the Campos Basin, Brazil: A model for producing Atlantic type basins[M]// Edwards J D, Santogrossi P A. Divergent/passive margin basins. AAPG Memoir 48, 1989:3-80.
- [34] 谢寅符, 赵明章, 杨福忠, 等. 拉丁美洲主要沉积盆地类型及典型含油气盆地石油地质特征[J]. 中国石油勘探, 2009, 14(1): 65-72.
- [35] 林卫东, 陈文学, 熊利平, 等. 西非海岸盆地油气成藏主控因素及勘探潜力[J]. 石油实验地质, 2008, 30(5): 450-455.
- [36] 李双林, 张生银. 墨西哥及墨西哥湾盆地构造单元及其演化[J]. 海洋地质动态, 2010, 26(3):14-21.
- [37] Iturralde-Vinent M A. The conflicting paleontologic versus stratigraphic record of the formation of the Caribbean Seaway[M]// Bartolini C, Buffler R T, Blickwede J. The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics. AAPG Memoir 79, 2003:75-88.
- [38] Chernikoff A, Hernandez J G, Schatzinger R. Mesozoic extensional tectonics: Its impact on oil accumulations in Campeche Sound, Gulf of Mexico[J]. The Leading Edge, 2006, 25(10): 1224-1234.
- [39] Hernandez-Mendoza J J, Hentz T F, DeAngelo M V, et al. Miocene chronostratigraphy, paleogeography and play framework of the Burgos Basin, southern Gulf of Mexico[J]. AAPG Bulletin, 2008, 92 (11): 1501-1535.
- [40] Salomon-Mora L E, Aranda-Garcia M, Roman-Ramos J R.

- Contractional growth faulting in the Mexican Ridges, Gulf of Mexico[M]// Bartolini C, Roman Ramos J R. Petroleum systems in the southern Gulf of Mexico. AAPG Memoir 90, 2009: 93-115.
- [41] Ortuno A S, Flores F M, Romero M C, et al. Basin modeling of the Upper Jurassic petroleum systems (Tithonian and Oxfordian) in the Akalan-Chilam area of the Campeche Sound in the Southern Gulf of Mexico[M]// Bartolini C, Roman Ramos J R. Petroleum systems in the southern Gulf of Mexico. AAPG Memoir 90, 2009: 285-313.
- [42] Magoon L B, Hudson T L, Cook H E. Pimienta-Tamabra: A giant supercharged petroleum system in the southern Gulf of Mexico, onshore and offshore Mexico[M]// Bartolini C, Buffler R T, Cantu-Chapa A. The western Gulf of Mexico Basin: Tectonics, sedimentary basins, and petroleum systems. AAPG Memoir 75, 2001: 83-125.
- [43] Montgomery S L, Moore D C. Subsalt play, Gulf of Mexico: A review[J]. AAPG Bulletin, 1997, 81(6): 871-896.
- [44] Ehrenberg S N, Nadeau P H, Steen O. A megascale view of reservoir quality in producing sandstones from the offshore Gulf of Mexico[J]. AAPG Bulletin, 2008, 92(2): 145-164.
- [45] Guzman-Vega M A, Castro Ortiz L, et al. Classification and origin of petroleum in the Mexican Gulf coast basin: An overview[M]// Bartolini C, Buffler R T, et al. The western Gulf of Mexico Basin: Tectonics, sedimentary basins, and petroleum systems. AAPG Memoir 75, 2001: 127-142.
- [46] 陈国威, 董刚, 龚建明. 从地质演化特征探讨墨西哥湾地区油气富集的基本规律[J]. 海洋地质动态, 2010, 26(3): 6-13.
- [47] Akande S O, Erdtmann B D. Burial metamorphism (thermal maturation) in Cretaceous sediments of the southern Benue trough and Anambra Basin Nigeria[J]. AAPG Bulletin, 1998, 82(6): 1191-1200.
- [48] 冯杨伟, 屈红军, 张功成, 等. 西非被动大陆边缘构造-沉积演化及其对生储盖的控制作用[J]. 海相油气地质, 2010, 15(3): 45-51.
- [49] 刘祚冬, 李江海. 西非被动大陆边缘含油气盆地构造背景及油气地质特征分析[J]. 海相油气地质, 2009, 14(3): 46-52.

编辑:吴厚松

## Development Rule of Source-reservoir-caprock Assemblages of Typical Passive Epicontinental Deepwater Petroliferous Basins

Wang Li, Qu Hongjun, Zhang Gongcheng, Fan Yuhai, Guan Liquan,  
Feng Yangwei, Zheng Yanrong, Li Min

**Abstract:** The tectonic evolution of mondial passive epicontinental basins can be divided into three major developmental phases, the pre-rifting, the rifting and the post-rifting phases. The post-rifting phase can be subdivided into thermal subsiding and drifting subphases. Both the rift sequence developed during rifting and the drift sequence developed during drifting can be the dominant strata that comprise source-reservoir-caprock (SRC) assemblages. By statistics, it is revealed that the SRC assemblages in basins can include: I. the rifting SRC assemblages, II. the compound rifting S and/or drifting RC assemblages, and III. the drifting SRC assemblages. All types of the assemblages mainly consist of the marine/continental transitional source rocks, deepwater turbidite sandstone reservoirs and marine mudstone caprocks. Every assemblage can provide a great huge amount of oil and gas reserves. The rifting SRC assemblages are in low extent of exploration and will have huge hydrocarbon potential. The compound rifting S and/or drifting RC assemblages possess of huge reserves and will have great hydrocarbon potential. The drifting SRC assemblages are in high extent of exploration and possess of huge reserves so they are the focus of deepwater oil and gas exploration and production at present.

**Key words:** Passive continental margin; Epicontinental basin; Deep-water petroliferous basin; Tectonic evolution; Source-reservoir-caprock assemblage; Oil and gas reserves

Wang Li: male, Master degree in progress at The State Key Laboratory of Continental Dynamics and Department of Geology, Northwest University. Add: 229 Taibai Bei Rd., Xi'an, Shaanxi 710069, China