

doi:10.3799/dqkx.2012.S1.014

# 巴布亚盆地构造差异演化及其对油气成藏的控制

骆宗强, 阳怀忠, 刘铁树, 尹川

中海油研究总院, 北京 100027

**摘要:** 为了系统揭示巴布亚盆地的结构、构造特征及其与油气聚集的关系, 在综合前人认识的基础上, 通过精细解释二维地震资料, 详细刻画了盆地结构—构造及其运动学特征, 分析了盆地结构—构造在油气聚集中的作用。研究表明: (1) 巴布亚盆地现今结构—构造存在明显的东西差异。盆地西部以薄皮构造为主, 在此基础上形成大规模的冲断—褶皱构造, 横向上由北向南依次可以划分为冲断带、褶皱—冲断带、宽缓褶皱带和稳定台地区 4 个构造变形带; 盆地东部则形成前陆盆地结构。(2) 盆地结构—构造上的差异也导致盆地油气聚集分布存在东西差异。盆地西部以中生代含油气系统和逆冲构造圈闭为主, 逆冲推覆导致上盘地层叠置加厚, 使得位于下部的中生代烃源岩进入成熟阶段; 盆地东部则以新近纪含油气系统为主, 巨厚的前陆沉积使烃源岩达到成熟阶段; 逆冲构造圈闭仅局限发育于 Aure 褶皱带。(3) 中生代塑性层的存在与否是导致盆地东西结构构造差异的主要原因。

**关键词:** 巴布亚盆地; 前陆盆地; 结构; 构造; 油气地质; 油气聚集。

**中图分类号:** P624

**文章编号:** 1000-2383(2012)S1-0143-08

**收稿日期:** 2011-07-09

## Distinct Tectonic Evolutions and Its Effect on Hydrocarbon Accumulation of the Papuan Basin

LUO Zong-qiang, YANG Huai-zhong, LIU Tie-shu, YIN Chuan

CNOOC Research Institute, Beijing 100027, China

**Abstract:** Based on the comprehensive analysis of previous research, detailed interpretation of the 2D seismic data, and combined with the analysis of basin petroleum geological conditions, the structural and tectonic features of Papuan basin and its relationship with hydrocarbon accumulation have been studied in this paper. The results show that: (1) There are significant differences between the eastern and western parts of the Papuan basin in structural-tectonic styles. In the western part of the basin, the thin-skinned structure occupies the main deformation style, and the large-scale thrust-fold tectonics are formed, which can be divided into four deformation zones—thrust belt, fold-thrust belt, broad fold belt and stable platform from north to south. While in the eastern part of the Papuan basin, the foreland basin structure is formed. (2) Attributed to the differences in structural-tectonic styles, significant differences of hydrocarbon accumulation and potential also presents between the eastern and western parts of the Papuan basin. The western part of the basin is dominated by the Mesozoic petroleum system and thrust-controlled structural traps. And the Mesozoic source rock turns into mature stage because of the overlying thickening strata, caused by the overthrust sheet. Meanwhile in the eastern part of the Papuan basin, the Neogene petroleum system is the main petroleum system. The overlying huge thick strata sedimentation in foreland basin stage causes the Neogene source rock become mature. And the thrust-controlled structural traps only present in Aure thrust-fold belt. (3) The presence or absence of the Mesozoic incompetent beds is the key factor which causes the differences between the eastern and western parts of the Papuan basin in structural-tectonic styles.

**Key words:** Papuan basin; foreland basin; structural; tectonics; petroleum geology; hydrocarbon accumulation.

巴布亚盆地(Papuan basin)主要位于巴布亚新几内亚境内, 与澳大利亚海域相邻, 油气资源丰富,

**基金项目:** 国家科技重大专项“大陆边缘盆地类比与油气成藏规律研究”(No. 2011ZX05030-001).

**作者简介:** 骆宗强(1960—), 男, 高级工程师, 主要从事海外勘探研究. E-mail: luozq@cnooc.com.cn

但由于地表工程条件差,目前勘探研究程度很低,对于一个构造变形复杂且勘探程度很低的含油气盆地来说,进行构造分析是最基本的、也是十分经济有效的手段。目前针对巴布亚盆地有限的构造研究主要集中于 Papuan 褶皱带和 Fly 台地(Hill and Keetley, 2004; Jablonski *et al.*, 2006; Craig and Warvakai, 2009; Hill *et al.*, 2010)(图 1),缺少对全盆结构—构造的系统性分析,特别是构造与油气聚集之间关系尚不明确。因此,本文在综合前人分析的基础上,结合地震测线的精细解释,详细刻画巴布亚盆地结构—构造特征及其运动学特征;综合考虑盆地其他石油地质条件,从整体上探讨了巴布亚盆地结构—构造特征及其与油气聚集之间的关系。

### 1 区域地质概况

巴布亚盆地是发育在澳大利亚板块边缘的中新生代盆地(图 1),构造上处于澳大利亚板块和太平洋板块结合部,受控于澳大利亚板块和太平洋板块

两大板块内次级地块的裂离和拼合(Wensink *et al.*, 1989; Ali and Hall, 1995; Norvick *et al.*, 2001; Hill and Hall, 2003),整体上经历了裂谷、裂后(被动大陆边缘)和前陆盆地 3 类演化阶段(图 2)。盆地中生代早期为与冈瓦纳古陆裂解相关的裂谷—裂后盆地,以海相、海陆交互碎屑岩沉积为主。其中 Imburu 组海相页岩和 Toro 组砂岩为区域优质的烃源岩和储层;晚白垩世开始受澳大利亚板块不断向北运动和珊瑚海海底扩张的影响,巴布亚岛和澳大利亚板块分离,巴布亚盆地再次经历了裂谷—裂后演化阶段,以海相页岩和碳酸盐岩沉积为主;中新世以来随着澳大利亚板块北移以及北部的太平洋板块向南俯冲、碰撞,在澳大利亚西北大陆与古大洋俯冲带之间的碰撞带附近形成前陆盆地。

### 2 盆地结构—构造特征

巴布亚盆地呈北西向。作为澳大利亚板块向北运动的前缘,盆地记录了中新世以来澳大利亚板块

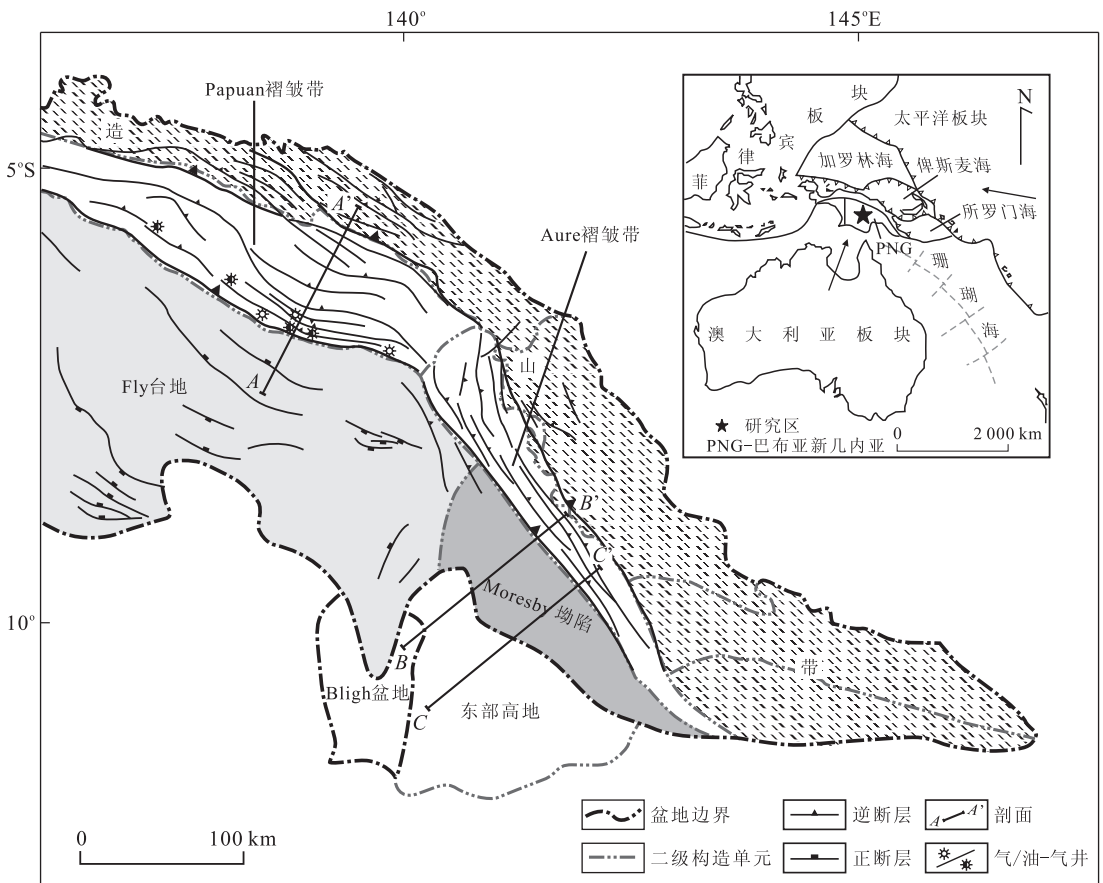


图 1 巴布亚盆地构造位置及构造单元分布(据 Hill and Keetley, 2004; Jablonski *et al.*, 2006; Craig and Warvakai, 2009)

Fig. 1 Tectonic location and tectonic units distribution of the Papuan basin

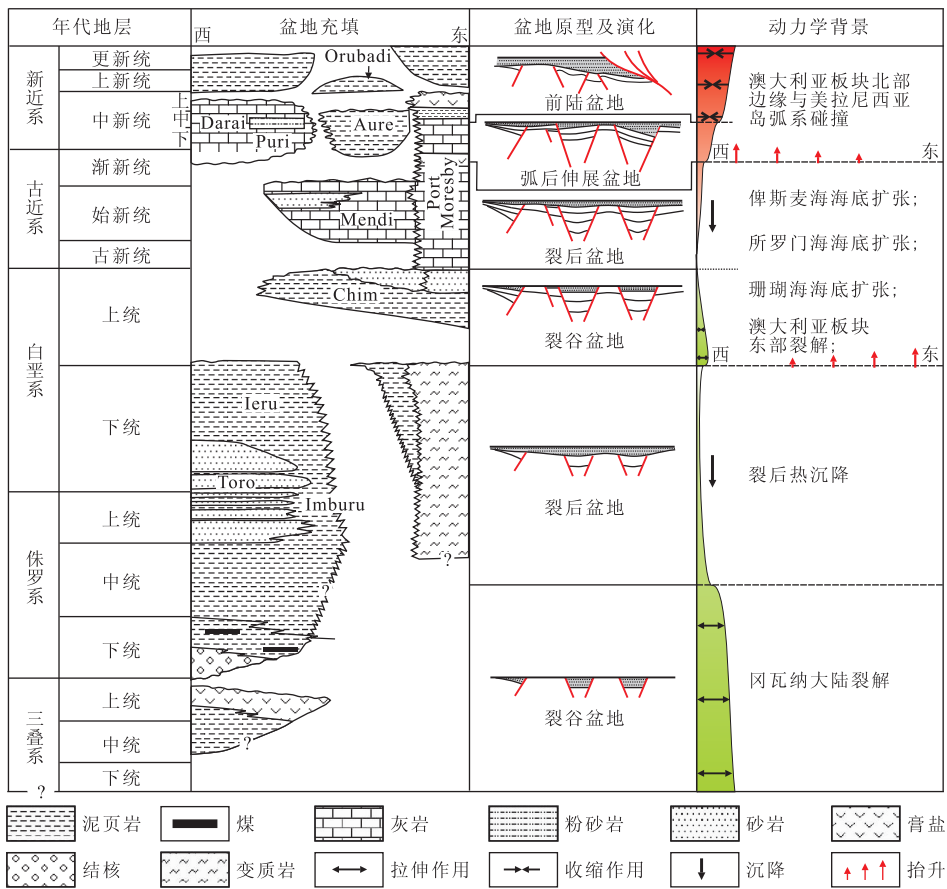


图2 巴布亚盆地充填序列及构造演化阶段(据 Norvick *et al.*, 2001; Hill and Keetley, 2004; Jablonski *et al.*, 2006 修编)

Fig. 2 Basin filling and tectonic evolution stages of the Papuan basin

与太平洋板块、菲律宾板块的碰撞效应,发育成为典型的弧后前陆盆地.其结构—构造均十分复杂,整体上具有南北分带的特点(图1):北部为与弧—陆碰撞相关的造山带;中部为由 Papuan 褶皱带和 Aure 褶皱带组成的冲断—褶皱带;南部构造带则由西部的 Fly 台地和东部的 Moresby 坳陷组成,显示出盆地东西部结构存在差异性.这种东西差异还突出表现在与挤压作用相关的逆冲断裂的空间展布上(图1).盆地逆断层主要分布在 Papua 褶皱带、Aure 褶皱带及其北部地区.大致以这2个褶皱带交汇处为界,断裂走向发生明显的变化——自西向东断裂走向由北西向转变为北北西向.差异性的构造变形及其组合必然导致盆地东西部具有不同的结构—构造特征.

## 2.1 盆地西部结构—构造特征

前人从不同的角度对盆地西部特别是 Papuan 褶皱带的构造样式及运动学特征进行过研究,并取得了重要认识(Hill and Keetley, 2004; Craig and Warvakai, 2009; Hill *et al.*, 2010).本文通过综合分析认为,盆地西部显著构造特征就是发育大规模的薄

皮构造.挤压应力作用以中生代泥页岩为滑脱面,形成大规模逆冲推覆断裂构造,其锋缘可延伸至 Fly 台地北部,形成 Papuan 褶皱带南部边界(图3).薄皮构造使得该地区纵向上表现出明显的“二元”结构——滑脱面之上地层卷入到复杂多样的逆断层及其相关褶皱变形中,之下为构造相对稳定的裂谷—裂后期地层.横向上构造变形也具有明显的分带性.根据构造变形强度和构造样式组合特征,可以将巴布亚盆地西部自北向南划分为4个构造变形带:冲断带、强烈褶皱带(冲褶皱带)、宽缓褶皱带和稳定台地区(图3).

**冲断带:**位于最北端,包括北部造山带.构造变形以强烈冲断为主,主要样式包括双重逆冲构造、叠瓦冲断构造、断弯褶皱,以及早期正断层的强烈反转构造等.地层产状陡直,遭受强烈抬升剥蚀,可见中生代地层直接暴露地表.

**强烈褶皱带(冲褶皱带):**位于 Papuan 褶皱南部,大致以推覆断裂南部锋缘为界与 Fly 台地分界.构造变形强度较冲断带有所减弱,以与挤压断层相关的褶皱构造发育为特色,可形成较为完整的背斜构造,典型的构造样式为断展褶皱、叠瓦冲断构造和深

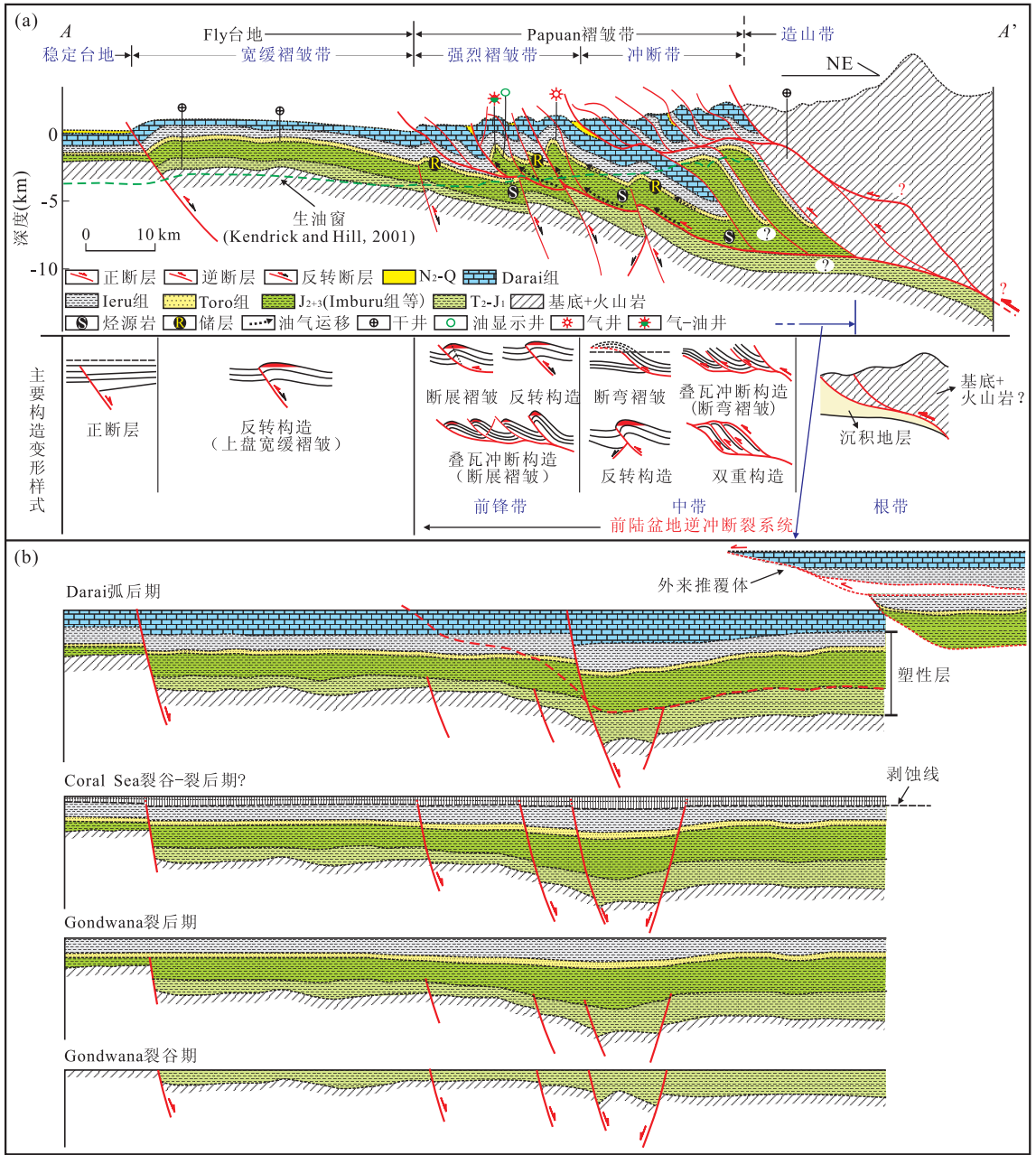


图 3 过巴布亚盆地西部结构剖面(a)及其构造演化(b)(剖面位置见图 1 中 A-A')

Fig. 3 Structural profile and restored section (below) across the western part of Papuan basin

部反转构造。

**宽缓褶皱带:**位于 Fly 台地北段靠近 Papuan 褶皱带区,挤压构造变形进一步减弱,不再发育强烈的逆冲构造,主要构造样式一般为受反转断裂控制的大型宽缓背斜带。

**稳定台地区:**位于 Fly 台地南部地区,基本没有发生与挤压应力作用相关的断裂-褶皱变形,早期北西向正断层得以保存(图 1)。

## 2.2 盆地东部结构-构造特征

与盆地西部相比,盆地东部不再发育大规模薄

皮构造,取而代之的是形成以 Aure 褶皱带为前陆冲断带、以 Moresby 坳陷为前渊带、以东部高地为前陆隆起和以 Blight 盆地为隆外凹陷的前陆盆地系统结构(图 4、5)。作为巴布亚盆地中部冲断-褶皱带的一部分,Aure 褶皱带构造变形样式显示出与西部 Papuan 褶皱带明显的不同。Aure 褶皱带较 Papuan 褶皱带明显变窄,且主要以基底卷入的厚皮构造为主,逆冲断裂带产状陡直,上盘常发育紧闭褶皱。由北向南,褶皱带具有横向变窄、断层越发陡直的变化特征(图 4、5)。其南部为巨厚楔形新近纪前

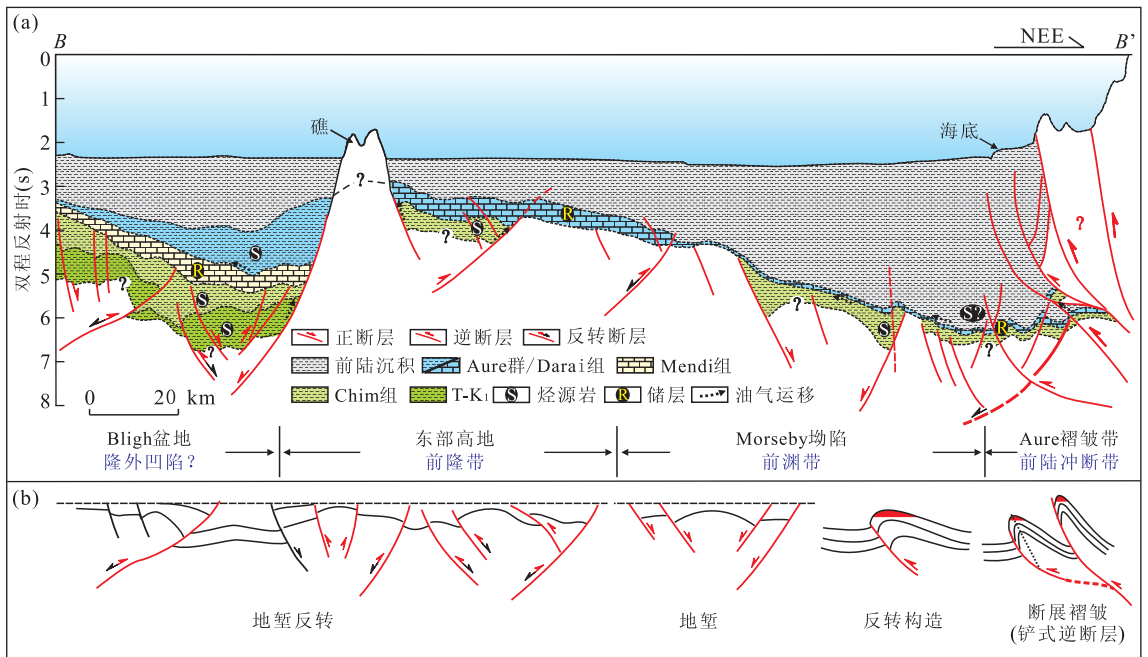


图4 过巴布亚盆地东部结构剖面(剖面位置见图1中B-B')

Fig. 4 Structural profile across the eastern part of Papuan basin

陆地层(前渊带),向南、西南超覆于东部高地之上。东部高地(前陆隆起)整体表现为一个宽缓隆起,不发育大规模挤压构造变形,是巴布亚盆地生物礁的主要发育部位(图4)。

纵向上,盆地东部也显示出明显的二元结构,表现为前陆地层叠加在Darai弧后及其之下的裂谷一裂后期地层之上。前陆地层呈楔状,向南西快速减薄超覆于东部高地之上。中生代地层局限分布在各孤立的地堑一半地堑中。

### 2.3 盆地构造演化与动力学背景

以上分析表明,现今的巴布亚盆地在结构和构造样式上都具有明显的东西差异性:西部以薄皮构造为特色,发育大规模逆冲推覆构造,构造样式以与挤压作用相关的逆冲断裂及其相关褶皱变形为主;而在东部则形成典型的前陆盆地结构,除Aure褶皱带以外,基本不发育大规模的逆冲构造。结构、构造上的差异预示着盆地东西部构造演化和动力学背景的不同(图2,3,5)。其发育演化可划分为4个阶段:

冈瓦纳裂谷一裂后阶段(T? -K<sub>1</sub>):该阶段巴布亚盆地东西部具有基本相同的演化过程。对应于冈瓦纳大陆裂解作用,盆地内地堑、半地堑发育;中侏罗世盆地进入裂后热沉降阶段,是盆地西部主要烃源岩(Imburu组等)、储层(Toro组等)和盖层(Ieru下部等)的沉积时期。晚白垩世开始,澳大利亚板块东部发生裂解,盆地东南部的珊瑚海海底开始

扩张,此时巴布亚盆地位于珊瑚海裂谷的肩部而遭受隆升剥蚀(Duddy *et al.*, 1994; Norvick *et al.*, 2001; Jablonski *et al.*, 2006),在盆地东南部因抬升造成超过2 000 m地层被剥蚀,沿北西走向剥蚀量减小甚至不发生剥蚀作用。这种差异抬升剥蚀作用直接导致中生代地层在盆地西部广泛分布而在东部大面积缺失。

珊瑚海裂谷一裂后阶段(K<sub>2</sub>-Oligocene):随着澳大利亚板块东部由南向北裂解作用持续进行,在经历晚白垩世早期抬升剥蚀后,巴布亚盆地再次进入裂谷一裂后盆地演化阶段。至古新世开始,盆地北部的所罗门海(Solomom Sea)、俾斯麦海(Bismarck Sea)和加罗林海(Caroline Sea)依次打开(Jablonski *et al.*, 2006),盆地处于裂后热沉降阶段。早渐新世末全球海平面下降,来自北部俯冲综合作用使得巴布亚盆地再次遭受隆升剥蚀,特别是盆地西部地区,几乎缺失整套古近纪地层(Jablonski *et al.*, 2006)。

达赖弧后阶段(Early-Middle Miocene):受控于澳大利亚板块北部边缘与美拉尼西亚岛弧系的碰撞作用,该阶段盆地整体处于弧后伸展部位接受沉降(Norvick *et al.*, 2001)。早期正断层在局部重新活动,凹陷的发育与正断层活动有关。

前陆盆地阶段(Middle Miocene-Q):与北部美拉尼西亚岛弧系的持续强烈碰撞,使得巴布亚盆地进入前陆盆地演化阶段。盆地东西部显示出截然不

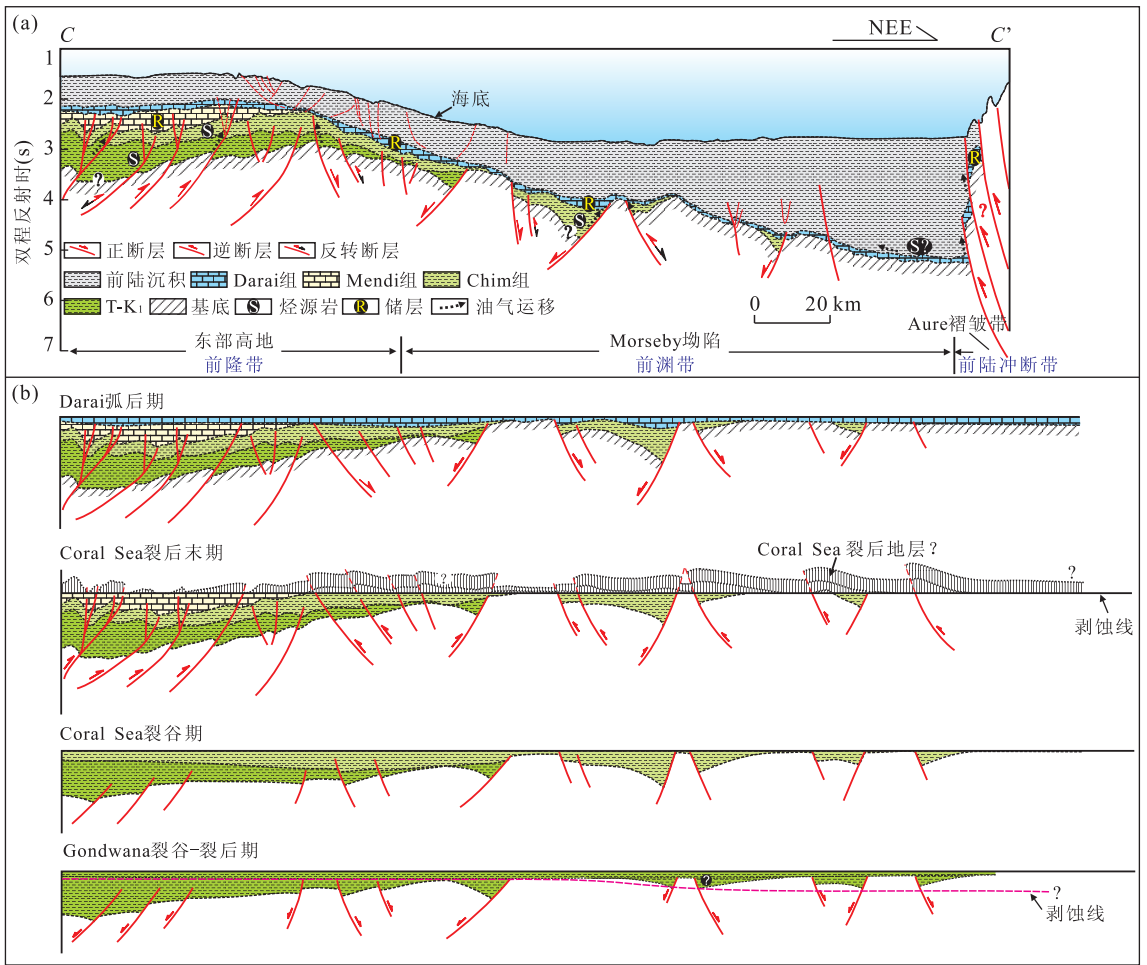


图 5 过巴布亚盆地东部结构剖面(a)及其构造演化示意图(b)(剖面位置见图 1 中 C-C')

Fig. 5 Structural profile across the eastern part of Papuan basin

同的演化过程,形成 2 种不同的结构和构造特征. 西部挤压应力作用以侏罗系地层底界为滑脱面,形成一条大规模的逆冲断裂,发育典型的薄皮构造;并在此基础上发育大规模的冲断—褶皱变形构造带,其锋缘可延伸至 Fly 台地北部,并使得盆地西部大范围缺失晚中新世以来地层沉积. 而在盆地东部则形成以 Aure 褶皱带为前陆冲断带、以 Moresby 坳陷为前渊、以东部高地为前陆隆起带和以 Blight 盆地为隆外凹陷的前陆盆地结构. Aure 褶皱带以基底卷入型逆冲构造为主.

综上所述,巴布亚盆地东、西部整体上经历了基本相同的演化阶段,但由于所处构造部位不同,在这些演化阶段中又体现出明显的不同. 其中对盆地分异演化影响重大的是晚白垩纪盆地遭受的东西差异性抬升剥蚀,造成中生代地层在西部连续分布而在东部大面积缺失现象. 本文认为,这套以泥页岩为主的塑性层的存在与否是盆地后期东西部差异演化的主要原因,因为其导致盆地东西部中中新世以来在

区域挤压应力作用下表现出 2 种截然不同的构造响应:盆地西部,这套广泛分布的塑性层与其上下的刚性 Darai 灰岩和基底组成“三明治”式的地层结构,挤压应力作用于这套塑性层滑脱的薄皮构造(图 3);盆地东部,这套塑性层大范围缺失、分布不连续,难于形成大规模滑脱构造,因此在 Aure 褶皱以发育基底卷入构造为主,其南部岩石圈因负载而挠曲发育前渊带和前陆隆起带,形成典型的前陆盆地结构(图 5).

### 3 油气聚集分布规律与资源前景分析

结构—构造上存在的显著差异必然导致巴布亚盆地东西部油气聚集与分布不同. 根据巴布亚盆地东、西部分各自结构—构造特征,综合考虑烃源岩、储层、盖层等石油地质因素,下面简要分析盆地油气成藏规律及其油气资源前景.

#### 3.1 盆地西部油气聚集特征与资源潜力

对于褶皱—冲断带来说,其油气成藏的关键因

素是大规模成熟烃源岩是否存在、圈闭形成时间与油气生成运移时间是否匹配以及圈闭的保存条件是否符合等(Cooper, 2007)。一方面,大规模褶皱—冲断构造的发育使得盆地西部缺少中中新世以来的地层沉积,但中生代 Imburu 组泥页岩等优质源岩广泛分布,因此该地区以中生代含油气系统为主。强烈的挤压推覆作用在形成大量的构造圈闭的同时,还造成地层叠置加厚,导致下部烃源岩成熟而进入生油(气)窗。另一方面,随着挤压变形强度由北往南减弱,烃源岩之上叠置地层的厚度也由北往南减薄,导致烃源岩成熟度和生烃强度由北向南逐渐降低,成熟烃源岩主要分布在 Papuan 褶皱带及其北部地区(图 3)。已有研究表明(Hill, 2001; Boulton, 1997),侏罗系烃源在中中新世进入生油窗,现已达到生烃高峰并进入早期气窗阶段,在上新世—更新世或更晚发生油气充注,这与挤压构造圈闭形成期具有很好的匹配。

如上所述,巴布亚盆地西部整体可划分为 4 个构造带,由于各构造带所处构造位置及其石油地质条件不同,其油气潜力也不一样。其中,冲断带和强烈褶皱带(冲褶带)均位于生烃灶范围内,但冲断带构造变形太过强烈,圈闭保存条件差,不利于油气聚集;而强烈褶皱带内构造圈闭发育(包括早期正断层反转形成的构造圈闭),保存也较为完整,形成较好的封盖条件,且断裂发育,有利于油气运移。前人研究也表明(Boulton, 1997),该地区主要的油气运移方式是油气沿着断裂垂向运移进入圈闭,因此该构造带是油气成藏最有利部位。而对于 Fly 台地(宽缓褶皱带和稳定台地区)来说,大部分地区离生烃灶较远,中中新世以来挤压构造圈闭不发育;但其下部裂谷期形成的构造圈闭可能接受来自褶皱带油气的长距离运移而成藏,具有一定的油气潜力。

总体来说,在巴布亚盆地西部地区,以中生代含油气系统和在中中新世以来挤压应力形成的构造圈闭为主,最有利油气聚集区位于 Papuan 褶皱带南部强烈褶皱带(冲褶带)部位。

### 3.2 盆地东部油气聚集特征与资源前景

在巴布亚盆地东部,一方面,中生代地层仅局限分布于孤立的地堑—半地堑中,大部分地区缺失;与此同时,新近纪 Aure 群等海相泥页岩分布较广,且可能成为一套潜在的烃源岩(Buddin, 1993),而其上沉积的巨厚前陆地层可以使其进入成熟阶段(图 2)。因此,在巴布亚盆地东部,以发育新近纪含油气系统为主,局部存在中生代含油气系统。另一方面,

与挤压构造相关的圈闭主要分布在 Aure 褶皱带(图 4,5),而对于 Moresby 坳陷及其南部、东部高地来说,更可能发育地层圈闭或地层—岩性复合圈闭(Jablonski *et al.*, 2006)。无论在含油气系统,还是在圈闭类型上,都显示与盆地西部明显的不同。

## 4 结论与讨论

巴布亚盆地是一个构造复杂且勘探研究程度很低的含油气盆地,本文对全盆结构—构造特征及其与油气聚集之间的关系展开了较为系统的研究,取得了以下主要认识:(1)巴布亚盆地结构—构造存在明显的东西差异。盆地西部以薄皮构造为主,在此基础上形成大规模的冲断—褶皱构造。横向上构造变形具有明显的分带性,由北向南依次可以划分为冲断带、褶皱—冲断带、宽缓褶皱带和稳定台地区 4 个构造变形带;纵向上以滑脱面上为界,上部发育复杂多样的逆断层和与其相关的褶皱变形,之下为构造相对稳定的中生代裂谷—裂后期地层。盆地东部则形成以 Aure 褶皱带为前陆冲断带、以 Moresby 坳陷为前渊、以东部高地为前陆隆起带和以 Blight 盆地为隆外凹陷的前陆盆地结构。Aure 褶皱带以基底卷入型逆冲构造为主。(2)巴布亚盆地中生代以泥页岩为主的塑性层的存在与否,是盆地后期东西部差异演化的主要原因:盆地西部,广泛分布的中生代塑性层与其上下刚性的 Darai 灰岩和基底组成“三明治”式的地层结构,有利于晚期挤压应力作用于该套塑性层发育薄皮构造;盆地东部,由于大范围缺失该套塑性层,不利于形成大规模滑脱构造,以基底卷入变形和岩石圈负载挠曲变形为主,形成典型的前陆盆地结构。(3)盆地东西部结构—构造差异也造成 2 个地区油气聚集、分布的不同,主要表现在以下 3 个方面:①主要含油气系统不同。由于逆冲推覆作用,盆地西部缺少中中新世以来前陆地层沉积,含油气系统以中生代为主;而盆地东部地区中中新世以来发育了巨厚的前陆沉积地层,含油气系统以新近纪为主,局部可能存在中生代含油气系统。②烃源岩成熟方式不同。盆地西部主要以逆冲推覆导致上盘地层叠置加厚的方式而使得位于下部的中生代烃源岩进入成熟阶段;而盆地东部则由于巨厚前陆地层的沉积,烃源岩达到成熟阶段。③主要圈闭类型不同。盆地西部主要以挤压构造圈闭为主;而在盆地东部与挤压构造相关的圈闭只发育在 Aure 褶皱带部位。

## References

- Ali, J. R. , Hall, R. , 1995. Evolution of the boundary between the Philippine Sea plate and Australia; palaeomagnetic evidence from eastern Indonesia. *Tectonophysics* , 251(1-4): 251-275. doi: 10. 1016/0040-1951(95)00029-1
- Boult, P. J. , 1997. A review of the petroleum potential of Papua New Guinea with a focus on the eastern Papuan basin and the pale sandstone as a potential reservoir fairway. *Geological Society, London, Special Publications* , 126: 281-291. doi: 10. 1144/GSL. SP. 1997. 126. 01. 17
- Buddin, T. , 1993. Petroleum evaluation of the Aure thrust belt, Gulf of Papua, Papua New Guinea. SOPAC Technical Report, 183: 1-39.
- Cooper, M. , 2007. Structural style and hydrocarbon prospectivity in fold and thrust belts; a global review. In: Ries, A. C. , Butler, R. W. H. , Graham, R. H. , eds. , Deformation of the continental crust: the legacy of Mike Coward. *Geological Society, London, Special Publications* , 272: 447-472. doi: 10. 1144/GSL. SP. 2007. 272. 01. 23
- Craig, M. S. , Warvakai, K. , 2009. Structure of an active foreland fold and thrust belt, Papua New Guinea. *Australian Journal of Earth Sciences* , 56(5): 719-738. doi: 10. 1080/08120090903005360
- Duddy, I. R. , Green, P. F. , Bray, R. J. , et al. , 1994. Recognition of the thermal effects of fluid flow in sedimentary basins. *Geological Society, London, Special Publications* , 78: 325-345. doi: 10. 1144/GSL. SP. 1994. 078. 01. 22
- Kendrick, R. D. , Hill, K. C. , 2001. Hydrocarbon play concepts for the Irian Jaya fold belt. *Proceedings 28th Indonesian Petroleum Association*, 353-367.
- Hill, K. C. , Hall, R. , 2003. Mesozoic-Cenozoic evolution of Australia's New Guinea margin in a west Pacific context. In: Hillis, R. R. , Muller, R. D. , eds. , Evolution and dynamics of the Australian plate. *Geological Society of America Special Paper* , 372: 265-290. doi: 10. 1130/0-8137-2372-8. 265
- Hill, K. C. , Keetley, R. D. , 2004. Structure and hydrocarbon potential of the New Guinea fold belt. In: McClay, K. R. , ed. , Thrust tectonics and hydrocarbon systems. *AAPG Memoir* , 82: 494-514.
- Hill, K. C. , Lucas, K. , Bradey, K. , 2010. Structural styles in the Papuan fold belt, Papua New Guinea; constraints from analogue modeling. In: Goffey, G. P. , Craig, J. , Needham, T. , eds. , Hydrocarbons in Contractual belts. *Geological Society, London, Special Publications* , 348: 33-56. doi: 10. 1144/SP348. 3
- Jablonski, D. , Pono, S. , Larsen, O. A. , 2006. Prospectivity of the deepwater gulf of Papua and surrounds in Papua New Guinea (PNG)—a new look at a frontier region. *Australian Petroleum Production and Exploration Association* , 46: 179-200.
- Norvick, M. S. , Smith, M. A. , Power, M. R. , 2001. The plate tectonic evolution of eastern Australasia guided by the stratigraphy of the Gippsland basin. In: Hill, K. C. , Bernecker, T. , eds. , Eastern Australasian basins symposium; a refocused energy perspective for the future. *Petroleum Exploration Society of Australia Special Publication* , EABS01: 15-23.
- Wensink, H. , Hartosukohardjo, S. , Suryana, Y. , 1989. Palaeomagnetism of Cretaceous sediments from Misool, northeastern Indonesia. *Netherlands Journal of Sea Research* , 24(2-3): 287-301. doi: 10. 1016/0077-7579(89)90155-5