

文章编号: 1001-6112(2010)01-0028-07

澳大利亚西北大陆架与尼日尔三角洲、坎波斯盆地油气地质条件的对比研究

许晓明^{1,2}, 于水², 骆宗强², 康洪全², 聂志勳²

(1. 中国地质大学(北京) 博士后流动站, 北京 100083; 2. 中国海洋石油有限公司 北京研究中心, 北京 100027)

摘要:坎波斯盆地、尼日尔三角洲和澳大利亚西北大陆架这 3 个典型的被动大陆边缘盆地既有相似性, 也有不同点, 其不同之处表现在: ①坎波斯盆地和尼日尔三角洲均只有一期裂谷, 西北大陆架各盆地均有多期裂谷, 这种多期裂谷使得西北大陆架的油气主要富集在裂谷层系中, 而前两者主要分布在漂移层序; ②由于烃源岩生烃性质不同, 导致不同盆地油气分布特征有差异, 前两者油多气少, 而西北大陆架富气贫油; ③三者油气分布主控因素不同, 坎波斯盆地油气藏分布主要与浊积岩和盐岩运动有关, 尼日尔三角洲油气藏分布与同生断层有关, 西北大陆架油气分布则主要受构造所控制。

关键词:构造演化; 石油地质特征对比; 坎波斯盆地; 尼日尔三角洲; 澳大利亚西北大陆架

中图分类号: TE121.1

文献标识码: A

THE COMPARISON RESEARCH OF HYDROCARBON GEOLOGIC CONDITIONS IN THE AUSTRALIAN NORTH WEST SHELF, NIGER DELTA BASIN AND THE CAMPOS BASIN

Xu Xiaoming^{1,2}, Yu Shui², Luo Zongqiang², Kang Hongquan², Nie Zhimeng²

(1. *Postdoctoral Center of China University of Geosciences, Beijing 100083, China;*

2. CNOOC Beijing Research Center, Beijing 100027, China)

Abstract: There are not only similarities but also unique characteristics among Campos Basin, Niger Delta Basin and Australian North West Shelf (NWS). The major unique characteristics are in three areas: 1. The oil and gas of the NWS rich in the rifting sequence, but Campos Basin and Niger Delta Basin rich in the drifting sequence. Its reason is the NWS has a few periods rifting or the others have one period rifting. 2. Because the characteristics of hydrocarbon source rocks are different, the distribution characteristics of oil and gas are different in different basins. The NWS is abundant in gas and less in oil, otherwise the others abundant in oil and less in gas. 3. The major controlling factors for distribution of oil and gas are different in the three basins, the factors of Campos Basin are the turbidity sands and salt movements, the factor of Niger Delta Basin is contemporaneous faults, the factor of the NWS is structure.

Key words: tectonic evolution; comparison research of hydrocarbon geologic conditions; Campos Basin; Niger Delta Basin; Australian North West Shelf

根据 IHS 资料统计, 在 2000—2007 年所发现的 945 个大型油气田中, 被动大陆边缘盆地有 341 个, 占总数的 36.08%, 可见被动大陆边缘盆地具有更加优越的石油地质条件^[1-7]。本文以巴西坎波斯盆地、尼日尔三角洲和澳大利亚西北大陆架这 3 个典型的被动大陆边缘盆地为例, 对比分析不同被动大陆边缘盆地的构造演化以及含油气系统之间的相似性和差异性, 旨在深化和提升此类盆地的

石油地质理论和勘探认识。

1 构造演化特征对比分析

坎波斯盆地位于巴西被动大陆边缘东南部, 由走向垂直于大陆边缘的基底高地将其与邻近的盆地分开^[8]; 盆地总面积 $17.52 \times 10^4 \text{ km}^2$, 基本位于海上, 是目前巴西近海含油气盆地中产油最多的盆地^[9]。尼日尔三角洲位于中非西岸几内亚湾, 盆地

收稿日期: 2009-04-29; 修订日期: 2009-12-18。

作者简介: 许晓明(1980—), 女, 博士后, 主要从事石油地质综合研究。E-mail: xuxm2@cnooc.com.cn。

基金项目: 国家科技重大专项“西非及亚太地区被动大陆边缘盆地油气勘探开发一体化技术项目”(2008ZX05000)。

总面积 $30 \times 10^4 \text{ km}^2$, 立体上是一个向南伸入几内亚湾的尼日尔河三角洲。尼日尔三角洲每天生产 230 万桶原油, 是尼日利亚石油财富的主要来源^[10-16]。澳大利亚西北大陆架是澳大利亚大陆边缘的一部分, 其西南延伸到大约南纬 22° , 东北大致到东经 131° ^[17]。西北大陆架是澳大利亚重要的含气区, 天然气储量占全国的 85% 左右, 主要集中在卡纳尔文、布劳斯、博纳帕特三大盆地中^[18-20]。

坎波斯盆地、尼日尔三角洲和澳大利亚西北大陆架古生代同属于冈瓦纳古陆, 后期演化后成为被动大陆边缘盆地, 他们的构造演化与冈瓦纳大陆的解体有着密切的关系。对比 3 个盆地的构造演化过程可以发现, 三者经历了相似的构造演化阶段: 前裂谷阶段、裂谷阶段和漂移阶段。不过由于 3 种被动边缘盆地所处的冈瓦纳古大陆的位置不同, 南美洲和非洲大西洋的离散边缘是在冈瓦纳的克拉通内部形成的, 而澳大利亚西北大陆架一直都处于板块的边缘, 这使得各自构造演化有其独特特征(图 1)。

1.1 裂陷作用起始时间

冈瓦纳大陆不同位置的裂陷作用发生时间不同, 南美洲和非洲的分离开始于早白垩世, 裂谷作用从南到北逐渐发展, 坎波斯盆地是早白垩世巴列姆期, 而尼日尔三角洲是阿尔必期之后。坎波斯盆地早白垩世之前为裂谷前克拉通阶段, 白垩纪早期随着南美洲和非洲裂开的引张作用, 坎波斯盆地开始进入了裂陷阶段, 形成了北东—南西向的裂谷系统。早白垩世晚期以后的被动大陆边缘阶段包括早白垩世晚期阿尔必期—晚白垩世桑托期的浅水台地型边缘海和晚白垩世坎潘期—上新世开阔边缘海的 2 个演化期次^[21]。

冈瓦纳大陆的中非—南美板块的分离发生于中生代晚期, 沿着现为几内亚湾的一系列不同方向的裂谷分离, 而这些裂谷汇集于其三岔点, 就是现在的尼日尔三角洲。沿着尼日利亚和喀麦隆西南和东南海岸的 2 个臂发展为南大西洋的塌陷大陆边缘, 而第 3 个衰退臂演变为贝努埃凹槽。尼日尔三角洲就是在贝努埃凹槽南段裂谷基础上发育起来的, 在北东向与北西向 2 组断裂控制下, 尼日尔三角洲于晚白垩世开始出现, 主要发育时期在第三纪, 现代仍继续在向外海发展。中新世是尼日尔三角洲发育过程中一个非常重要的时期, 同时也是大量同生构造、泥底辟的形成阶段, 同时由于东、西部合并而成为一个统一的、具有宽阔前缘的三角洲沉积环境^[6, 22]。

澳大利亚西北大陆架不同盆地裂陷作用开始时间不同, 北面要早于西南面, 博纳帕特盆地从晚泥盆世开始, 卡纳尔文盆地是早侏罗世开始, 布劳斯盆地从晚三叠世开始。不过各盆地裂谷演化结束时间大体一致, 从早白垩世开始, 印度板块与澳洲板块完全分离, 在澳大利亚西北边缘形成洋壳, 至此, 西部裂谷演化结束, 大陆边缘演化开始。中新世—上新世区域挤压作用, 与欧亚板块和澳大利亚板块的碰撞密切相关, 造成博纳帕特盆地区域构造反转, 中生代老断层活化^[6, 18]。

1.2 裂陷作用期次

3 类边缘盆地裂谷作用期次不同, 坎波斯盆地和尼日尔三角洲均经历了一次裂谷, 坎波斯盆地形成了北东—南西向的裂谷。澳大利亚西北大陆架卡纳尔文盆地、布劳斯盆地和博纳帕特盆地都经历了多期裂谷, 对盆地的油气分布具有重要的影响。

卡纳尔文盆地经历了两期裂谷, 牛津期开始了第 1 次裂解作用, 牛津阶不整合面的底部代表了大陆分离、洋壳的扩张及 Argo 深海平原(海底大盆地)的形成; 第 2 次裂解作用发生于凡兰吟期, 埃克斯茅斯高地西南大陆开始分离, 在分离过程中, 埃克斯茅斯次盆和埃克斯茅斯高地构造反转。博纳帕特盆地经历了 3 次拉张, 古生代裂谷经历了两期拉张: 晚泥盆—早石炭世裂谷形成彼得雷尔次盆地以及晚石炭世—二叠纪发生第 2 次裂谷。中生代经历了 1 次裂谷, 盆地的构造特征从北西—南东走向的古生代构造格局转变为北东—南西走向的中生代构造格局, 这种转化与冈瓦纳大陆的裂陷活动有关。布劳斯盆地经历了 2 个构造旋回, 每个构造旋回都包括拉张、热沉降和构造反转, 拉张作用产生了一系列半地堑, 控制了直至中新世的沉积作用及构造活动。

除了这 2 个差异性特征之外, 澳大利亚西北大陆架的构造演化还有其特别之处。在晚中新世时, 西北大陆架与印尼岛在帝汶海槽开始碰撞, 在那里形成挤压构造, 影响了整个西北大陆架边缘的构造面貌。由于突发的区域性挠曲沉降作用, 使陆架向西北方向(朝海方向)倾斜, 改造或破坏了早先的构造闭合, 因而破坏了先前的油气聚集, 使得油气重新分布。

2 石油地质特征对比分析

2.1 烃源岩条件

坎波斯盆地目前发现的所有油几乎都出自同一套生油层, 即裂谷阶段的 Buracica 和(或) Jiquiá

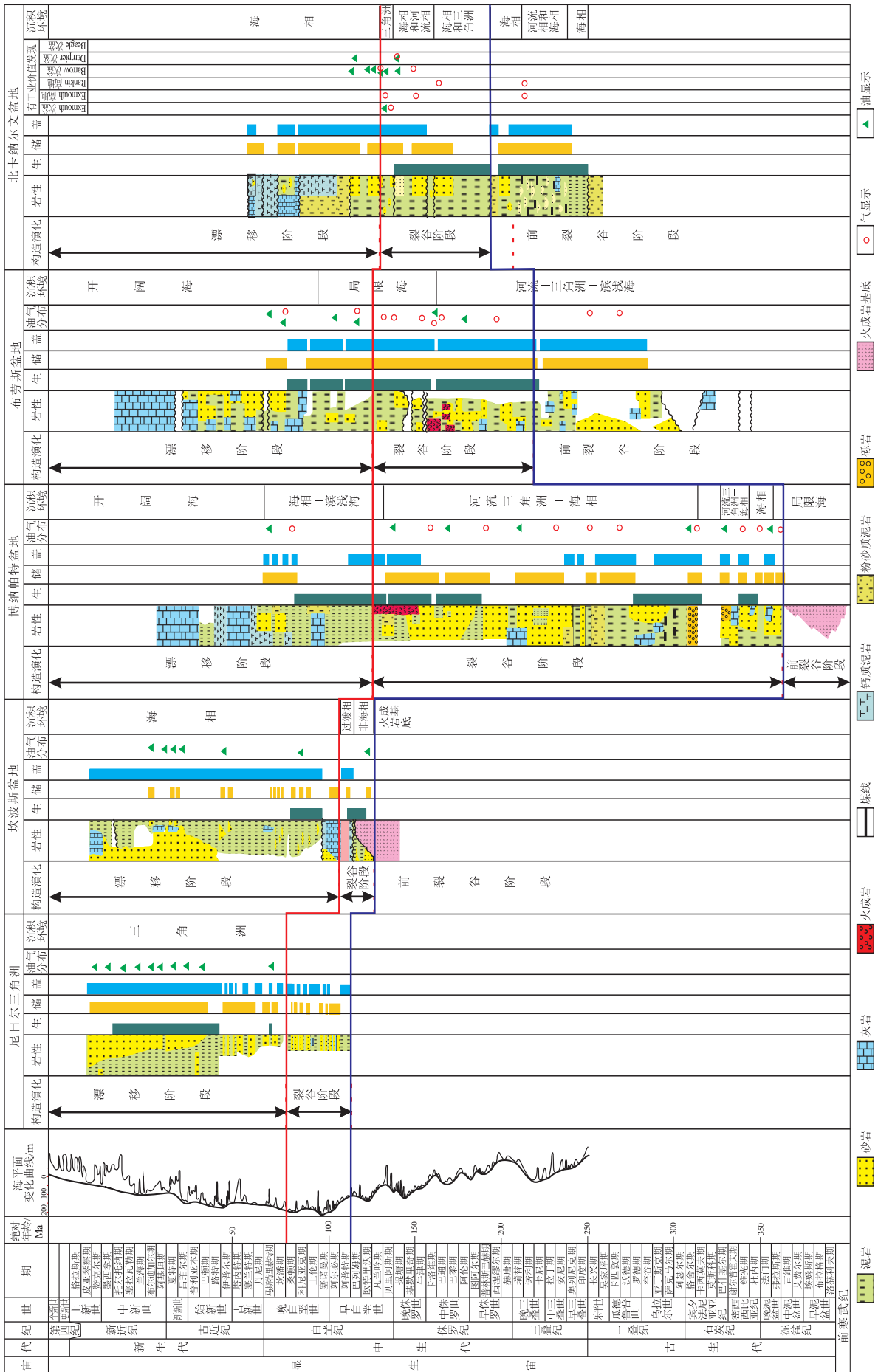


图1 不同被动大陆边缘盆地构造演化及石油地质特征对比

Fig.1 Contrast map of the tectonic evolution and petroleum geological features in the passive continental margin basins

页岩,在局部地区,Alagoas 页岩也被认为是次要的源岩(表1)。下白垩统湖相的 Buracica 和(或)Jiquiá 页岩是非常富饶的油气源岩,总有机碳含量最高达到5.0%,生烃量为每吨岩石7~50 kg。在这些岩石中,生油的II型干酪根遍及全盆地,占主要部分。在盆地西北部,页岩和泥灰岩生烃潜力减小,而氢指数表明生气的III型干酪根比率增高^[6,21]。

尼日尔三角洲地区发育2套烃源岩,一是前三三角洲沉积的阿卡特组,另一个是海、陆交互的阿格巴达组下部暗色页岩,其中阿卡特组厚度达5 000 m,全区分布稳定,为尼日尔三角洲主力生油层(表1),目前发现的油气几乎全部源自该组。烃源岩有机质属于腐殖质,也含有少量腐泥组分,类型为II型和III型混合型,高生烃潜力的有机质多为陆源植物蜡^[23]。根据热演化特征分析,尼日尔三角洲烃源岩以生油为主,分布在三角洲广大地区,但埋藏较深的阿卡特组也生成了相当可观的天然气,预测这些天然气可能主要分布在三角洲北缘^[22]。

澳大利亚西北大陆架烃源岩除了博纳帕特盆地彼得雷尔次盆以下二叠统为主力烃源岩之外,其他的都属于三叠系、侏罗系和白垩系。其中除北卡纳尔文盆地在裂谷阶段发育了三叠系 Locker 页岩组—Mungaroo 组烃源岩(既可生油也可生气,但以生气为主)之外,博纳帕特和布劳斯盆地烃源岩都发育在裂谷和漂移阶段。西北大陆架烃源岩岩性为海相碳质泥岩、泥岩和煤层,干酪根类型为II型和III型,均倾向于生气^[18](表1)。

对比3个地区的烃源岩可以发现坎波斯盆地和尼日尔三角洲的主要烃源岩仅一套,都属于早期漂移层序的湖相—三角洲相环境,干酪根类型均偏向于生油,但澳大利亚西北大陆架却具有两套主要烃

源岩,这可能与西北大陆架多期裂谷有关。坎波斯盆地的主要烃源岩是漂移早期发育的湖相页岩,始新世开始成熟,持续至今,在任何地方都没有过成熟,干酪根为偏油型的II型。尼日尔三角洲裂陷层序还未明确,在第三系漂移层序中海岸沼泽环境和浅海环境中形成的近海相地层是整个尼日利亚油气田的源岩;干酪根类型II—III型,成熟到过成熟。澳大利亚西北大陆架的主要烃源岩有两套,第1套同样为裂陷层序中发育的三角洲及海相泥岩,只不过属腐殖型的III类干酪根,过成熟,倾向于生气;第2套为侏罗系海相页岩,已经成熟(表1,图1)。

2.2 储盖组合条件

坎波斯盆地储集层分布相当广泛,种类繁多。盆地基底发育裂缝的玄武岩是 Bajejo 和 Linguado 油田的储集岩之一;下白垩统碳酸盐岩也是重要的储集岩;漂移期晚白垩世和第三纪发育的浊积岩是盆地的主力储层,浊积岩层的储量占所发现储量的94%。盆地中浊积砂岩最大厚度达150 m,目前主要在巴西大陆边缘最大油田(Namorado 油田)的产油层钻遇^[24]。阿普特期盐岩构成盆地盐前裂谷层序的区域盖层,而上白垩统一新近系海相页岩,构成裂后层序的区域盖层。

尼日尔三角洲盆地古新世以来海退期储盖组合是其最主要的储盖组合。阿格巴达组海陆交互沉积砂泥比适中,以石英砂岩为主,石英含量高达90%以上,岩石普遍疏松,胶结差,储集层物性好;储盖组合条件好,紧邻阿卡特组区域性烃源岩,具有优先捕获油气的先天条件,是尼日尔三角洲主要的勘探目的层。

澳大利亚西北大陆架储层以裂谷层序中河流—三角洲相砂岩和漂移层序中海相砂岩为主,岩

表1 不同被动大陆边缘盆地烃源岩特征分布

Table 1 Distribution characteristics of source rock in the passive continental margin basins

盆地	烃源岩	演化阶段	地层	特征	成熟度
坎波斯	主要	漂移阶段	下白垩统	湖相页岩/I—II型	始新世成熟,在任何地方都未过成熟
	次要	漂移阶段	上白垩统 第三系	海相页岩/差到中等 海相页岩	不成熟到早期成熟 不成熟
尼日尔三角洲	主要	漂移阶段	始新统阿卡特组	近海、滨岸沼泽和海相/II—III型	近海页岩成熟,海相页岩成熟到过成熟
	次要	漂移阶段	始新统阿格巴达组	海陆交互暗色页岩	成熟
澳大利亚西北大陆架	主要	裂谷阶段	三叠系	腐殖质泥岩/III型	过成熟(倾向于生气)
		裂谷阶段	侏罗系	海相页岩/II型	整个盆地晚白垩世—第三纪前成熟(倾向于生气)
	次要	漂移阶段	下白垩统	海相页岩	在沉积中心古近纪成熟
		漂移阶段	上白垩统、第三系	海相页岩	不成熟

性以碎屑岩占优势。西北大陆架很多大型气田的形成大都与三角洲储集体的发育相关,三角洲相砂岩在西北大陆架具有重要意义,主要储集层位为三叠系和侏罗系。漂移层序均沉积了一套厚层的海相泥岩,是各盆地最好的区域性盖层。另外,三叠系—白垩系层系内还发育了多套层内局部盖层,但相对区域性盖层来说,其封盖作用要小得多。

通过对比不难看出三者盖层条件方面存在很大相似性,漂移层序均发育了良好的区域性盖层。但也存在着重要的差异性,在早期的漂移层序中坎波斯等被动大陆边缘盆地都有盐岩层发育,盐岩层对下伏岩层起到了完全封闭的作用,是良好的区域盖层,而尼日尔三角洲和澳大利亚西北大陆架缺乏这套封盖条件良好的盐岩层。在储层方面,三者差异很大,主要表现在(图 1):1)被动大陆边缘盆地深水区都发育很好的浊积砂体,尼日尔三角洲和坎波斯盆地在浊积砂体中均有重要的油气发现,尤其是坎波斯盆地,其主要储层为浊积砂岩,浊积岩层中的储量占所发现储量的 93.4%。而西北大陆架暂时未有大的浊积岩油气藏发现。尼日尔三角洲主要储层为漂移层序滨海砂岩,砂体复合叠置,砂岩物性条件好。西北大陆架主要储层为裂谷层序的河流三角洲相砂岩以及漂移层序的海相砂岩。2)就构造演化阶段来说,西北大陆架储层分布更广泛,以裂谷层序河流—三角洲相砂岩为主,漂移层序中海相砂岩也占有重要的地位,而坎波斯盆地和尼日尔三角洲都以漂移层序为主。3)就储层时代来说,西北大陆架在中生界、新生界均有良好储层发育,而坎波斯盆地和尼日尔三角洲储层主要分布在白垩系和第三系,年代更新一些。

2.3 圈闭条件

三者构造演化具有相似性,其圈闭条件都以构造圈闭为主,并夹有岩性圈闭和地层圈闭等多种圈闭的组合圈闭形式。不同之处在于,由于各自所处的特殊的复杂地质背景,使得构造运动不尽相同,也导致圈闭类型有着些许的差别。坎波斯盆地中盐构造控制了大多数含油气的圈闭,是发育在早白垩世阿普特阶蒸发岩之上的薄皮拉伸构造及深水区的盐构造作用下形成的,圈闭类型以构造圈闭和构造—地层复合圈闭为主;尼日尔三角洲大多数油气藏都与生长断层及其伴生的滚动背斜有关,构造圈闭类型包括滚动背斜、断鼻、塌顶构造以及底辟构造等;西北大陆架的大多数圈闭都与断块有关,主要圈闭是断背斜、断块、压实披覆背斜和倾斜断块构造圈闭,次要圈闭类型为砂岩尖灭岩性圈闭和

不整合面地层圈闭等。

2.4 油气分布特征

坎波斯盆地经过近 20 年的勘探,已经成为巴西最重要的油气区,该油气区大部分油田石油在数量上超过了天然气,已经发现的油气田分布位置集中,以占整个盆地面积 10% 的中东部为主。盆地主要烃源岩 Buracica 和(或)Jiquiá 页岩和浊积岩储层之间被一盐层分隔,因此,沟通二者的油气运移通道就显得十分重要。幸运的是由于盐底辟和晚期断层活动,使油气可通过断层向上运移至圈闭内,使得盆地具有较好的油气运移聚集条件。

尼日尔三角洲油气藏几乎遍布整个三角洲,所发现的油气藏绝大部分与生长断层伴生的滚动背斜有关。尼日尔三角洲的油气分布特征可归纳概括如下:1)阿格巴达组沉积厚度大,储层发育,几乎囊括了三角洲所有油气藏。2)每一条大的生长断层都控制着一个滚动背斜带,靠近主断层的滚动背斜一般较大,富集石油,而邻近分支断层的背斜小,主要产气。3)油气藏规模普遍较小,但是产能高。

澳大利亚西北大陆架是一个十分富气而相对贫油的油气区,天然气储量占油气总储量的 81.9%,在各个盆地中均有富气贫油现象。同时,西北大陆架各盆地与其他被动大陆边缘盆地一样,陆地—近岸区油气规模偏小,且层位靠下,越向海的方向油田规模越大,层位靠上。北卡纳尔文盆地油气分布呈现不均一性,从区域分布看,发现的绝大部分石油分布于巴罗—丹皮尔次盆地,分布于此的石油储量占总储量的 76.36%;天然气和凝析油则主要分布于滦金台地和埃克斯茅斯高地,前者的天然气和凝析油储量分别占天然气和凝析油总储量的 51.50% 和 75.91%。油气的地理分布显示出“内侧为油、外侧为气”的特征^[17](图 2),这种分布特征主要受烃源岩灶分布和构造圈闭展布规律的控制。

博纳帕特盆地从区域分布上看,目前所发现的油气藏主要分布在构造高部位,受构造背景控制十分明显。北东向构造控制着油气聚集,区域上油气呈北东向带状展布,受北东向断层控制的垒块构造和断层上盘的断背斜构造是油气藏的主要构造类型,油气田主要分布在紧靠烃源岩区的地堑和凹陷两侧的断层上盘。主要油气发现集中在武尔坎断陷和萨胡尔台地以及彼得雷尔凹陷及其西南部斜坡带,其中石油主要分布在武尔坎断陷,天然气和凝析油储量主要分布在萨胡尔台地和 Calder 地堑(图 3)。

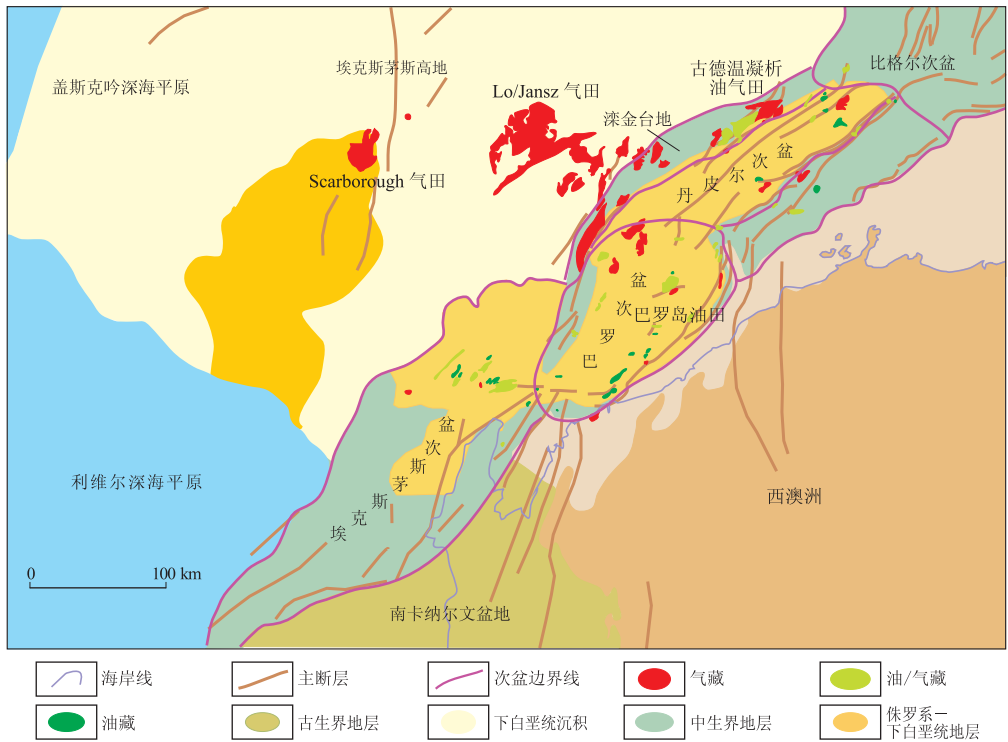


图 2 澳大利亚北卡纳尔文盆地油气田分布示意

据 IHS,2009。

Fig. 3 Distribution graph of oil and gas fields in Carnarvon Basin, Australia

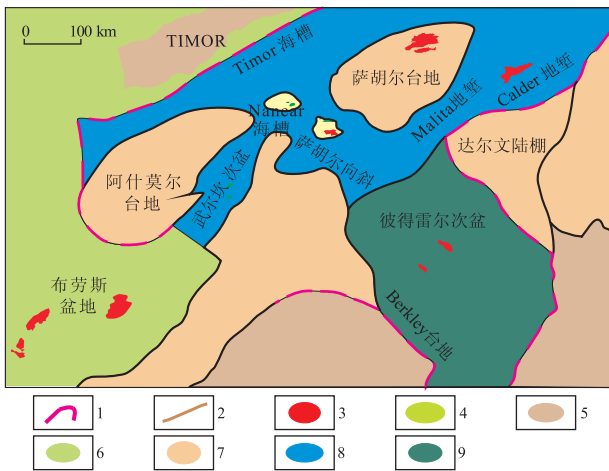


图 3 澳大利亚北博纳帕特盆地油气田分布示意

据 IHS,2009。

- 1. 盆地边界线; 2. 主断层; 3. 气藏; 4. 油藏;
- 5. 前寒武基底; 6. Browse 盆地单元; 7. 中生代地层、陆棚;
- 8. 中生代台地; 9. 古生代地层

Fig. 3 Distribution graph of oil and gas fields in Bonaparte Basin, Australia

布劳罗斯盆地勘探程度低,所发现油气资源少,就目前所发现的油气藏分布特征与北卡纳尔文盆地基本一致,但可能也有些许的差别,值得下步更深的研究。

通过对比发现三者存在一定的相似性,表现

在:1)大型的被动边缘盆地,油气田分布的一般特征是陆地—近岸区油气规模偏小,且层位靠下,越向海的方向油田规模越大,层位靠上;2)3个边缘盆地油气资源产量都占了所在国家油气产量的绝大部分,证明被动大陆边缘盆地有着极其优越的石油地质条件;3)除了尼日尔三角洲油气全三角洲分布,其他各个盆地油气分布比较集中,总是集中在有限的区域里;油气分布层位也比较集中,故而研究这些集中的区域和层位,也就可以抓住控制油气分布的主要因素。

差异性表现在:1)由于烃源岩生烃性质不同,导致不同盆地油气分布特征有差异,坎波斯盆地油多气少,并且大多数已知油田集中于占整个盆地10%的面积内;而西北大陆架气多油少。2)盐岩层在北大西洋、南大西洋沿岸,包括坎波斯、加蓬、下刚果、墨西哥湾诸盆地均有分布,盆地中油气藏的分布与盐岩层有着千丝万缕的联系,但在尼日尔三角洲和澳大利亚西北大陆架沿岸很少有盐岩层发育,因此两者油气藏分布更具复杂性和多样性,加强这类盆地的研究更有重要指导意义。3)坎波斯盆地中油气藏大量分布在深水浊积岩,而澳大利亚西北大陆架目前在浊积岩中发现的油气少,在三角洲砂体中发现的油气居多,尼日尔三角洲盆地则

在三角洲和深水浊积岩均有重要油气发现,因而对它们进行油气勘探时势必要采取不同策略。

3 结论

1) 被动大陆边缘盆地具有优越的石油地质条件,含有丰富的油气资源。被动大陆边缘盆地具有相似性特征,盆地构造演化都经历了裂谷前、裂谷和漂移 3 个阶段,并且在漂移层序都发育了巨厚的海相页岩,成为良好的区域盖层;而圈闭类型以构造圈闭为主,盆地中油气分布集中,油气资源产量都占了所在国家油气产量的绝大部分,陆地—近岸区油气规模偏小,且层位靠下,越向海的方向油田规模越大,层位靠上。

2) 不同被动大陆边缘盆地的差异性特征主要表现在:①三者裂谷作用开始时间不同,裂谷作用期次不同,澳大利亚西北大陆架经历了多期裂谷,并且在晚中新世西北大陆架发生碰撞,减小和破坏了早先的构造闭合;②坎波斯盆地主要储层为浊积砂岩,尼日尔三角洲主要储层为漂移层序三角洲砂岩,西北大陆架主要储层为裂谷层序的滨海—河流三角洲相砂岩;③坎波斯盆地漂移层序发育厚层的盐岩层,盆地中所发现油气都与盐岩层有关,尼日尔三角洲和西北大陆架未发育;④由于烃源岩生烃性质不同,导致不同盆地油气分布特征有差异,坎波斯盆地、尼日尔三角洲油多气少,而西北大陆架富气贫油;⑤尼日尔三角洲和澳大利亚西北大陆架油气分布受到构造作用控制明显,坎波斯盆地油气藏分布主要与浊积岩和盐岩运动有关。

参考文献:

- [1] 陆克政,朱筱敏,漆家福. 含油气盆地分析[M]. 东营:中国石油大学出版社,2006.
- [2] 张厚福,方朝亮,高先志. 石油地质学[M]. 北京:石油工业出版社,1999.
- [3] 冯士筴. 海洋科学导论[M]. 北京:高等教育出版社,2003.
- [4] MARJORIE WILSON. 中大西洋被动大陆边缘的热演化:一个中生代超级地幔柱上的大陆裂解实例[J]. 地质科学译丛,1998,15(2):4-6.
- [5] 马君,刘剑平,潘校华,等. 西非被动大陆边缘构造演化特征及动力学背景[J]. 中国石油勘探,2008(3):60-64.
- [6] EDWARDS J D, SANTOGROSSI P A. 离散或被动大陆边缘

- 盆地[M]. 梁绍全,梁红,译. 北京:石油工业出版社,2000.
- [7] 刘延莉,邱春光. 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):352-356.
- [8] 金庆焕. 深水油气是当今海洋油气勘探的主要热点[J]. 科学中国人,2006(11):18-23.
- [9] FIGUEIREDO A M F, PEREIRA W U, MOHRIAK M J. Salt tectonics and oil accumulation in Campos Basin, offshore Brazil[J]. AAPG Bulletin,1985,69:255-257.
- [10] 邓荣敬,邓运华,于水,等. 尼日尔三角洲盆地油气地质与成藏特征[J]. 石油勘探与开发,2008,35(6):755-762.
- [11] 李艳玲,孙国庆. 尼日尔三角洲盆地成藏规律分析[J]. 大庆石油地质与开发,2003,22(1):60-62.
- [12] 刘新福. 尼日尔三角洲油气分布特征[J]. 河南石油,2003,17(增刊):1-3.
- [13] 侯高文,刘和甫,左胜杰. 尼日尔三角洲盆地油气分布特征及控制因素[J]. 石油与天然气地质,2005,26(3):374-378.
- [14] 林卫东,陈文学. 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.
- [15] MARK E D, GARY S S, MARK B, et al. Architecture and evolution of upper fan channel-belts on the Niger Delta slope and in the Arabian Sea[J]. Marine and Petroleum Geology,2003,20: 649-676.
- [16] DAMUTH J E. Neogene gravity tectonics and depositional processes on the deep Niger Delta continental margin [J]. Marine and Petroleum Geology,1994,11(1): 320-346.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 李汉瑜. 全球大地构造与石油勘探[M]. 北京:石油化学工业出版社,1978.
- [20] 李汉瑜. 石油与板块构造[M]. 北京:石油工业出版社,1980.
- [21] 马玉波,吴时国,袁圣强,等. 南海北部陆缘盆地与坎波斯盆地深水油气地质条件的对比[J]. 海洋地质与第四纪地质,2008,28(4):101-110.
- [22] 应维华,潘校华. 非洲苏尔特盆地和尼日尔三角洲盆地[M]. 北京:石油工业出版社,1998.
- [23] BUSTIN R M. Sedimentology and characteristics of dispersed organic matter in Tertiary Niger Delta: Origin of source rocks in a deltaic environment[J]. AAPG Bulletin,1988,72: 277-298.
- [24] BACOCOLI G, MORALES R G, CAMPOS O A J. The Namorado oil field:a major oil discovery in the Campos basin,Brazil[M]//Halbouty M T. Giant Oil and Gas Fields of the Decade1968-1978 :AAPG Memoir 30. Tulsa:AAPG Press,1980:329-338.

(编辑 徐文明)