

文章编号:1001-6112(2012)03-0277-04

南海琼东南盆地深水区油气勘探潜力

朱廷祥¹, 段铁军²

(1. 湖北国土资源职业学院, 武汉 430000;

2. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214126)

摘要:南海琼东南盆地经历了始新世的陆内断陷、渐新世的裂谷和中新世以来的被动陆缘拗陷等3个演化阶段,特别是在深水区形成了断陷期湖相、裂谷期海陆过渡相到海相及被动陆缘拗陷期海相等多套生烃物质;3期构造沉降作用伴随了3次高热流事件,利于烃源岩的成熟;多储集体类型、多套储盖组合,为油气富集提供了广阔的空间;多期构造运动,形成多种圈闭类型,利于油气聚集成藏。

关键词:油气聚集;深水区;油气勘探潜力;构造演化;琼东南盆地

中图分类号:TE122

文献标识码:A

Petroleum exploration potential in abyssal zone of Qiongdongnan Basin, South China Sea

Zhu Tingxiang¹, Duan Tiejun²

(1. Hubei Land Resources Vocational College, Wuhan, Hubei 430000, China;

2. Wuxi Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214126, China)

Abstract: The evolution of the Qiongdongnan Basin in the South China Sea can be divided into three stages including intracontinental rift during Eocene, rift during Oligocene, and passive continental margin depression ever since Miocene. Multiple sets of petroleum generating materials of different facies were deposited in abyssal zone. For example, lacustrine facies in the first stage, marine-continental and continental facies in the second stage, and marine facies in the third stage. Three high thermal fluid events took place during the three evolution stages, contributing to the maturation of source rocks. Multiple types of reservoir and multiple sets of reservoir-cap assemblage provided abundant room for the enrichment of petroleum. Various types of trap formed during stages of tectonic movements were favorable for accumulation.

Key words: petroleum accumulation; abyssal zone; petroleum exploration potential; tectonic evolution; Qiongdongnan Basin

自20世纪70年代起,国外开始涉足深水领域的油气勘探,多年来的勘探实践证明,海域深水区油气蕴藏极为丰富。截止目前,在南美和西非大西洋沿岸、北海、巴伦支海、喀拉海、墨西哥湾以及东南亚、澳大利亚西北等海域深水区相继发现了许多大型油气田,南美和西非大西洋沿岸、墨西哥湾更是成为目前世界深水油气勘探的热点地区^[1]。本世纪初,我国开始重视深水区的油气勘探,对南海含油气盆地进行了大量研究^[2-13],中国海洋石油总公司在珠江口盆地珠二坳陷的白云凹陷深水取得了天然气勘探的重大突破^[14]。

我国海域深水区包括南海中央海盆周围的深水区和东海冲绳海槽深水区,面积广大。其中南海

中央海盆北部陆坡深水区主要分布有台西南、珠江口、琼东南、笔架、笔架南等盆地(图1)。本文叙述的琼东南盆地位于珠江口盆地西南,其深水区面积占盆地面积的大部。由于构造位置的独特性,使得琼东南盆地具有与中国大多数近海新生代盆地不同的盆地演化历程和油气成藏特征^[15-19]。

1 盆地原型演化

琼东南盆地位于中国大陆板块边缘以及与印度、菲律宾等多个板块交汇的区域,其原型演化与这些板块的相互运动以及南海海盆的扩张关系密切。

1.1 盆地演化阶段划分

琼东南盆地经历了始新世的陆内断陷、渐新世的

收稿日期:2012-01-10;修订日期:2012-04-24。

作者简介:朱廷祥(1961—),男,工程师,从事钻采工艺及工程方面的研究。E-mail: ztx630327@163.com。



图1 南海北部陆坡主要沉积盆地的分布特征

Fig.1 Distribution of main sedimentation basins in northern continental slope, South China Sea

裂谷和中新世以来的陆缘拗陷等3个主要演化阶段。

(1) 陆内断陷阶段。受西部印度板块向欧亚板块俯冲的影响,在地幔物质向中国东南大陆东缘扩散作用下,与中国东部其他陆内断陷盆地一样,琼东南盆地在古新世—始新世期间发生断陷作用。地震层析成像研究成果支持印度—欧亚板块碰撞导致地幔物质东流、软流圈上涌和东部岩石圈伸展减薄的观点。因此该阶段盆地的发展总体上处于会聚环境下。

(2) 裂谷阶段。研究表明,南海海盆的主扩张期为32~16 Ma,南海海盆南北向的扩张提供了裂谷演化的背景。在南海海盆扩张时,随着大陆边缘地壳的拉张减薄,琼东南和珠江口盆地进入裂谷发育阶段。因此该阶段盆地的发展总体上处于离散环境下。

(3) 陆缘拗陷阶段。随着南海扩张作用影响的减弱和结束,琼东南盆地进入陆缘拗陷发育阶段,此时盆地由早先的构造沉降转为热沉降为主。5.3 Ma以来莺歌海盆地与西沙海槽发生新的裂谷作用,琼东南盆地受此影响发生快速沉降。1996年,中国科学院南海海洋研究所与德国海洋地学中心合作在西沙海槽完成广角地震探测剖面,结果表明:西沙海槽的地壳结构反映出新生代拉张裂谷的特征,海槽两侧的地壳结构相似,南北呈对称分布(图2)。

1.2 与其他近海中新世盆地演化的对比

由上述琼东南盆地的演化可知,除盆地发育早期(古新世—始新世)表现为在会聚背景下的陆内断陷外,从渐新世开始盆地的发展则更多受南海中央海盆扩张作用的影响,先期表现为离散背景下的裂谷,其后表现为被动陆缘拗陷。并且与之相应的沉积了断陷期陆相及海陆过渡相沉积层序和拗陷期海相沉积层序。由盆地演化史及沉积充填史分

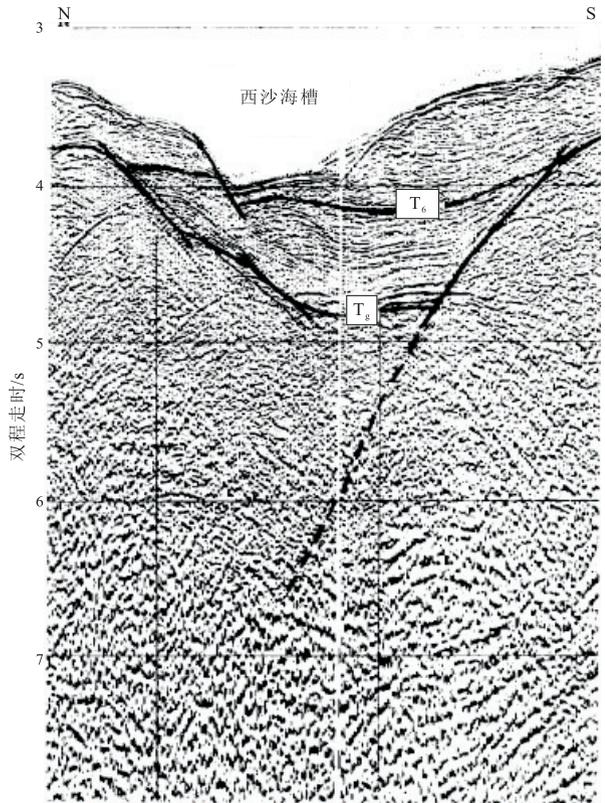


图2 过西沙海槽南北向广角地震探测剖面

图中西沙海相盆地是新生代早期由断裂形成的一个地堑,而西沙海槽本身则是后期形成的。

Fig.2 SN wide-angle seismic profile crossing Xisha Trough

析,其与典型被动边缘盆地具有一定相似性^[20-21]。但典型被动边缘盆地总体处于离散背景下^[22],而琼东南盆地早期则处于会聚背景下,其后过渡为离散环境,与典型被动边缘盆地相比早期多一套断陷沉积。同样这与中国东部大多数近海中新生代盆地,包括北黄海盆地、南黄海盆地、东海陆架盆地等主要表现为在会聚背景下的相对较为简单的断拗二元结构亦存在较大差别。

2 油气地质条件

2.1 烃源条件

始新世断陷湖盆主要发育于琼东南盆地北部拗陷带,受断陷控制,深湖相沉积分布较为局限;深湖相深灰色泥岩为断陷期主要的烃源岩,此套烃源岩目前在琼东南盆地尚未钻获,由地震反射特征分析应存在。通过已获油气钻井地化指标分析,认为来自渐新统以下,在北部湾和珠江口盆地与其相当的层位钻探证实为优质生油岩。

渐新世由于裂谷沉降作用,海侵造成沉积相由海陆过渡相逐渐过渡为浅海、半深海相,海相、海陆过渡相泥岩为裂谷期主要烃源岩。据北部拗陷钻

探资料统计,崖城组 TOC 平均含量为 0.74%,陵水组 TOC 平均含量为 0.56%,浅海相 TOC 平均含量为 0.52%,高丰度段达 1.06%;干酪根以 III 型为主,邻区钻探证实为好烃源岩。

中新世开始琼东南盆地大部分进入海相沉积,深水区以浅海相和半深海相发育为主,主要烃源岩为中新统陆缘坳陷的滨海、浅海相灰色泥岩。南海北部陆缘深水区新近纪普遍发育浅海—半深海泥岩,分布面积广,厚度大。资料显示,琼东南盆地其有效分布面积大于 25 000 km²,最大厚度达 3 500 m。由 LD30-1-1A 井资料分析发现梅山组、黄流组存在高丰度段,黄流组半深海相泥岩 TOC 平均含量为 2.1%,II 和 III 型干酪根。中新统泥岩已被证实为莺歌海盆地的主要气源岩,莺 9 井中新统泥岩具有一定的生气能力,YC35-1 含气构造在黄流组钻获的气层分析认为来自中新统。

盆地构造沉降史(图 3)和构造—热演化历史表明(图 4),盆地经历了 3 期构造沉降作用,同时伴随了 3 次高热流事件,利于烃源岩的成熟。

2.2 储集条件及储盖组合

琼东南盆地深水区发育 3 种类型的储集层:(1)始新统—下渐新统河流、三角洲相砂岩储层。由于埋藏深、物性差,4 300 m 深其孔隙度为 11% 左右,渗透率为 $(7.8 \sim 9.869) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,加之分布范围有限,因此,该储层不作为深水区重要的目的层。(2)上渐新统—下中新统扇三角洲—滨浅海相砂岩和台地相碳酸盐岩储层。(3)中新统半深海相浊积砂岩。与世界上所有大陆边缘盆地类似,由外陆架到陆坡深水形成了各种类型的低水位砂体,类型包括斜坡扇、盆底扇、海底峡谷浊积水道和进积楔状砂体等,为深水区最主要的储集体系。

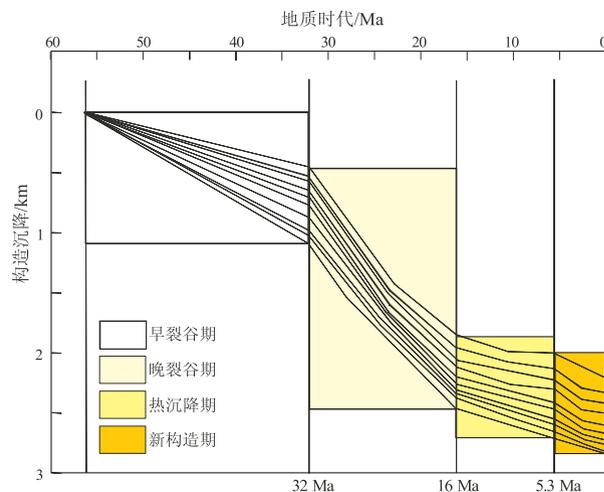


图 3 琼东南盆地构造沉降史曲线

Fig. 3 Tectonic and sedimentary curves of Qiongdongnan Basin

系	统	珠江口盆地		琼东南盆地		构造演化阶段	绝对年龄/Ma
		组	热演化史	组	热演化史		
Q			现今地表热流局部高值异常	乐东组	晚期加热	被动大陆边缘坳陷	2.6
N	N ₂	万山组		莺歌海组			5.3
	N ₁	粤海组	热衰期	黄流组	热衰期		10.5
		韩江组		梅山组			16
E	E ₃	珠江组	第二期加热	陵水组	第二期加热	裂谷	23.3
		恩平组		崖城组			28
	E ₂	文昌组	第一期加热		第一期加热		32
	E ₁	神狐组					56.5
AnR						陆内断陷	65

图 4 琼东南盆地构造—热演化历史及与珠江口盆地的比较
Fig. 4 Comparison of tectonic and thermal evolution histories between Qiongdongnan and Pearl River Mouth Basins

主要的盖层包括上新统—第四系浅海—半深海泥岩,在邻区莺歌海盆地为主要的区域盖层;中新统浅海相泥岩和渐新统半封闭海相泥岩。

与层序发育特征相对应,盆地发育 3 套储、盖组合(图 5):(1)上渐新统陵水组组合(以陵三段

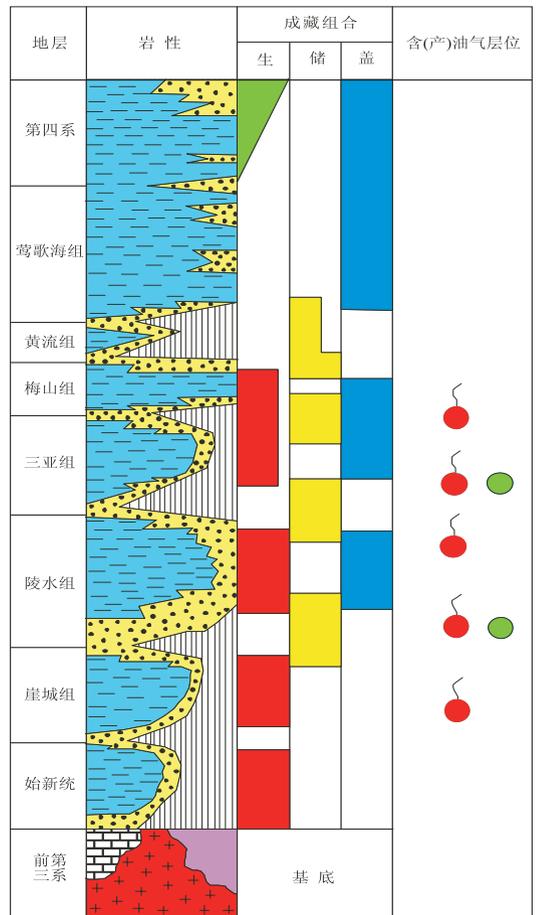


图 5 琼东南盆地主要生储盖组合示意

Fig. 5 Main combinations of source, reserve and cap in Qiongdongnan Basin

为主要储层,陵二段及上覆地层为盖层),此为琼东南盆地内的黄金组合,如 Y13-1、BD19-2 等。(2)中新统三亚组—梅山组组合,如 Y13-4、Y13-1、ST24-1 等。(3)中上中新统黄流/梅山—上新统莺歌海组组合,如 Y35-1 等。

储层类型以三角洲、扇三角洲、滨海砂体及深水浊积水道砂体为主;盖层主要为浅海、半深海泥岩。

2.3 圈闭条件

陆内断陷、裂谷和陆缘坳陷的原型叠加,形成多种类型的圈闭。盆地深水区主要的圈闭类型包括断背斜、断鼻、岩性及构造岩性复合型圈闭。圈闭主要发育于断陷期和裂谷期,面积大、埋深亦较大。圈闭的演化经历了始新世的初始发育期、晚渐新世的鼎盛发育期和中新世的稳定定型期等 3 个主要阶段。

3 结论及讨论

琼东南盆地 3 阶段原型演化造就了 3 套丰厚的生烃物质基础,深水区所处的高热流背景以及 3 期加热事件,利于烃源岩的成熟;深水区发育 3 种类型的储集层及 3 套主要的储盖组合;陆内断陷、裂谷和陆缘坳陷的原型叠加,形成多种类型的圈闭。总之,琼东南盆地深水区具有良好的油气勘探前景。

前人认为渐新统属于断陷沉积,目前钻遇的主要为海陆过渡相泥岩,有机碳含量较高,其中崖城组为 0.81%,陵水组为 0.69%。通过分析,本文为渐新统属于裂谷沉积,由于渐新世沉积时的海侵,在深水区可能发育有机质丰度更高的海相泥岩。同时由于晚期裂谷作用对应的热事件,造成了沉积地层的第 3 次增温,这次增温事件使得更多的中新统进入生烃范围,扩大了中新统成熟烃源岩的体积。

参考文献:

[1] 白云程,周晓惠,万群,等.世界深水油气勘探现状及面临的挑战[J].特种油气藏,2008,4(2):7-17.
 [2] 朱伟林,王振峰,张迎朝.南海北部陆架盆地非构造油气藏[J].石油与天然气地质,2004,25(4):408-415.

[3] 聂逢君,姜美珠,李思田.南海珠江口盆地珠三坳陷油气输导系统研究[J].石油实验地质,2011,33(4):392-401.
 [4] 冯冲,黄志龙,童传新,等.莺歌海盆地莺歌海组二段泥岩盖层封闭性综合评价[J].地球科学与环境学报,2011,33(4):373-377.
 [5] 张忠涛,施和生,秦成岗,等.番禺低隆起—白云凹陷北坡断层封闭性研究[J].断块油气田,2010,17(1):24-27,51.
 [6] 张迎朝,陈志宏,李绪深.珠江口盆地西部油气成藏组合和成藏模式[J].石油与天然气地质,2011,32(1):108-117.
 [7] 于开平,张功成,梁建设,等.珠江口盆地恩平凹陷油气成藏条件研究[J].石油实验地质,2011,33(5):509-512.
 [8] 王瑞菊,邓宏文,李世臻.珠一坳陷古近系层序地层及沉积体系[J].油气地质与采收率,2009,16(5):5-7.
 [9] 郭小文,何生.珠江口盆地番禺低隆起—白云凹陷恩平组烃源岩特征[J].油气地质与采收率,2006,13(1):31-33,46.
 [10] 姜华,王华,李俊良.珠江口盆地珠三坳陷油气成藏模式与分布规律[J].石油与天然气地质,2009,30(3):275-281,286.
 [11] 张迎朝,陈志宏,李绪深,等.珠江口盆地文昌 B 凹陷及周边油气成藏特征与有利勘探领域[J].石油实验地质,2011,33(3):297-302.
 [12] 龚再升.中国近海含油气盆地新构造运动和油气成藏[J].石油与天然气地质,2004,25(2):133-138.
 [13] 高鹏,秦成岗,全志臻,等.陆架坡折带的识别及其与油气藏的关系[J].油气地质与采收率,2011,18(5):14-17.
 [14] 林闻,周金应.世界深水油气勘探新进展与南海北部深水油气勘探[J].石油物探,2009,11(6):601-620.
 [15] 张永贵,宋在超,周小进,等.琼东南盆地南部中新统生物礁的识别[J].石油实验地质,2011,33(3):307-309.
 [16] 王欢,王琪,张功成,等.琼东南盆地梅山组泥岩盖层封闭性综合评价[J].地球科学与环境学报,2011,33(2):152-158.
 [17] 孙国强,张功成,王琪,等.利用模糊综合评价法进行断层封闭性预测[J].断块油气田,2011,18(3):281-284.
 [18] 魏魁生,楚美娟,崔颖凯.琼东南盆地东部低位体系域的时空组合特征及油气勘探意义[J].石油与天然气地质,2004,25(6):650-655.
 [19] 刘正华,陈红汉.琼东南盆地天然气成因类型及其烃源探讨[J].石油实验地质,2011,33(6):639-644.
 [20] 郭建宇,郝洪文,李晓萍.南美洲被动大陆边缘盆地的油气地质特征[J].现代地质,2009,10(5):916-922.
 [21] 袁圣强,吴时国,马玉波,等.南大西洋深水盆地的构造沉积演化及含油气系统[J].天然气地球科学,2008,4(2):216-221.
 [22] 熊利平,王骏,殷进垠,等.西非构造演化及其对油气成藏的控制作用[J].石油与天然气地质,2005,10(5):641-646.

(编辑 徐文明)