

文章编号:1001-6112(2003)05-0469-04

# 礼乐盆地地层发育特征及其与油气的关系

张 莉,李文成,曾祥辉

(国土资源部 广州海洋地质调查局,广东 广州 510075)

**摘要:**文中论述了礼乐盆地中、新生代地层的发育特征,认为盆地内广泛发育有厚度较大的三叠纪—白垩纪地层,具有中等—好的生气潜力,是盆地内一套具有良好油气远景的主力烃源岩。盆地内新生代地层发育齐全,最大沉积厚度可达 6 000m,古新统一始新统为盆地烃源岩发育最有利的层位。

**关键词:**中生代;新生代;地层;生气潜力;礼乐盆地

**中图分类号:**TE122.1

**文献标识码:**A

礼乐盆地位于南沙群岛东北边缘的礼乐滩附近,范围在  $115^{\circ}08' \sim 118^{\circ}30' E$ 、 $9^{\circ}00' \sim 12^{\circ}20' N$  之间。盆地北邻中央海盆,西北与大渊滩和南华北盆地相邻,西南连接美济礁隆起,东南以海马滩隆起区为界,盆地总体呈 NE—SW 向延伸,面积约 5.5 万  $km^2$ (图 1),主体位于大陆坡上,水深变化较大,约在 0~2 000m 之间,海底地形起伏变化大,盆地内分布有众多的珊瑚礁、滩及海山、海丘、槽谷、断陷台地,主要包括礼乐滩东南部及其南边的忠孝滩、棕滩等 11 个礁滩。

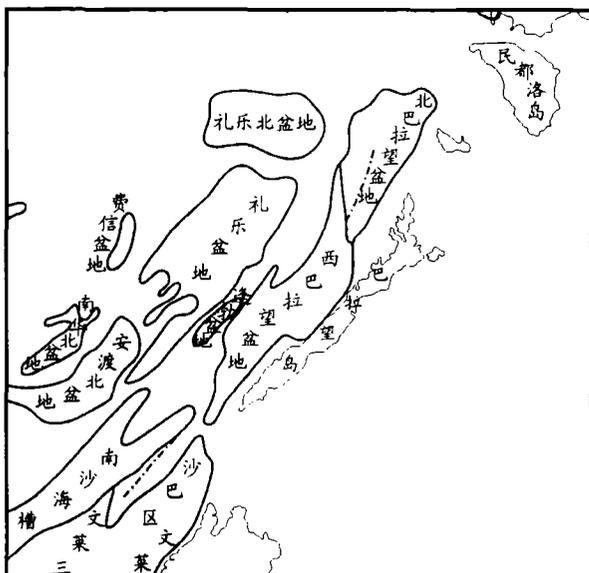


图 1 礼乐盆地位置图

Fig. 1 Location map of Lile Basin

## 1 大地构造背景

现今的南海南部及其邻区由巽他地块、印支地块、曾母地块、南沙地块和礼乐—巴拉望地块等 5 个大地构造单元组成,这些构造单元各具不同的基底性质和不同的发育历史,相互之间多以走滑断裂为界。新生代南海的演化史是新南海扩张和古南海消亡,曾母地块、南沙地块、礼乐—巴拉望地块的裂离漂移和重新定位,南海由海湾逐渐被封闭成为边缘海的历史。

礼乐地块位于南海东南部,其西北界是从南海西南海盆中部的残留扩张脊及其向西南延伸的断裂,南部为西北婆罗洲地向斜,东界以中南—礼乐断裂与礼乐—东北巴拉望地块相接,新生代之前,它与西沙—中沙地块相连。继侏罗纪—早白垩世库拉板块向亚洲大陆俯冲之后,晚白垩世—古新世的运动速率降低,东南亚大陆边缘出现应力松弛,形成了东南亚陆缘张裂带。受其影响,礼乐、北巴拉望、西沙及南沙地块相继裂离华南陆缘。随晚渐新世—早中新世南海中央海盆扩张的影响,这些地块相应向南漂移,至中中新世,南沙、礼乐地块相继与加里曼丹—苏禄地块发生碰撞,南海扩张停止,礼乐地块定位于现今位置,南海一系列新生代盆地开始发育<sup>[1]</sup>。

大地构造位置上礼乐盆地位于礼乐地块上,为一陆缘张裂盆地。盆地主要由南部坳陷、东部坳陷、西北坳陷和中部隆起 4 大构造单元组成。其地壳处

收稿日期:2002-06-05;修订日期:2003-06-25.

基金项目:国家南沙一类地勘专项(10.5-1 科考).

作者简介:张 莉(1965—),女(汉族),四川人,硕士、高级工程师,主要从事海洋地质与石油地质研究工作.

于过渡壳上,莫霍面深度为 12~28km,由礼乐滩地区的 28 km 往南、北深度逐渐递减。北部为深度小于 14km 的中央海盆区,南部为深度 20 km 左右的平缓变化区。盆地地壳大致可划分为上、中、下 3 层。结晶基底面以上为上地壳层,以沉积层为主,厚约 3~9km;中地壳层由前中生代变质岩、火成岩组成,厚度不均匀,最大厚度可超过 10km;下地壳层厚几公里至十余公里,磁性较强,属基性岩类。

## 2 中生界发育特征及其与油气的关系

在南海北部陆缘区,下构造层(中生界)普遍发育,闽粤沿海陆区有上三叠统一下侏罗统海陆过渡相煤系地层多处出露;在台湾西南海区,钻井发现该区存在白垩世滨—浅海相含煤碎屑岩系<sup>[2]</sup>;在礼乐盆地地区,早在 1980 年,Taylor 等就根据地震资料分析,认为礼乐滩南部侏罗系厚度可超过 5 000m。“Sonne”号于 1982—1983 年在礼乐盆地西南方的美济礁附近采到的中三叠统半深海相灰黑色纹层状硅质页岩,中—上三叠统浅海相暗灰色泥岩,上三叠统一下侏罗统三角洲相浅棕灰色薄层粉砂岩,可能是目前在礼乐滩一带见到的最老地层。夏戡原等<sup>[3]</sup>也认为在礼乐滩东南海区存在有晚三叠世—早白垩世浅海相沉积,残留厚度约 2 000~4 000m。

中生代时,礼乐盆地与华南大陆相连,主要为一套滨—浅海相碎屑地层。现有钻井和海底拖网取样资料表明,礼乐盆地的下构造层中可能包括上侏罗统一白垩统的滨—浅海相含煤碎屑岩或半深海相页岩、上三叠统一下侏罗统三角洲—浅海相砂泥岩和中三叠统深海硅质页岩等 3 套地层<sup>[2]</sup>,其下白垩

统主要为边缘海煤系和火山碎屑岩,含早白垩世珊瑚化石。桑帕吉塔-1 井在大约 3 400m 处所钻遇的早白垩世含煤碎屑岩系,其上部由带一些褐煤层的砂质页岩和粉砂岩组成,下部由集块岩、砾岩和偶尔含有粉砂岩互层的分选差的砂岩组成,地层岩性变化大(钻遇厚度约 700m,未穿),其岩性可以和巴拉望西北陆架区钻遇的早白垩世地层和台西南盆地的早白垩世地层对比,而后者发现有晚侏罗世地层,故推测礼乐滩及邻近岛礁区也存在有晚侏罗世地层<sup>[4]</sup>。地史时期相邻的台西南盆地,其中生界地层主要为一套陆缘海沉积体系,沉积地层主要为海陆交互相砂岩、页岩以及陆缘滨海—浅海煤系,往下部变细,厚度在 700m 以上;该套地层广泛分布于盆地中、西南部,在 CFC 构造钻井中揭示于渐新统底部不整合面以下为一套陆相—海陆交互相砂岩、泥页岩、玻屑凝灰岩夹少量灰岩,其钻遇厚度最大为 600m(未见底);往西在 A-1B 井中变为陆相砂岩、泥岩夹薄煤层。而在盆地东北的北港隆起一带,多口钻井内均发现有早白垩世阿普第期的菊石科及钙质超微化石,岩性为长石砂岩、岩屑砂岩与页岩互层,并夹鲕状灰岩、火山碎屑岩、煤层及砾岩,钻遇厚度 1 539m;佳里 1 井中厚达 800m 以上的重结晶灰岩可能是白垩纪的;在 WH-1 井井深 1 425m 中新统以下钻遇目前所见最厚(1 578m)的中生代地层<sup>[4]</sup>。

2001 年度最新地震资料充分证实,礼乐盆地内广泛发育有厚度较大的中生代地层,与上覆新生代地层呈明显的角度不整合接触(图 2),除局部隆起区缺失外,其余地区均有分布,推测其厚度最大可超过 4 000m。

台西南盆地的勘探表明,该套地层主要为海陆

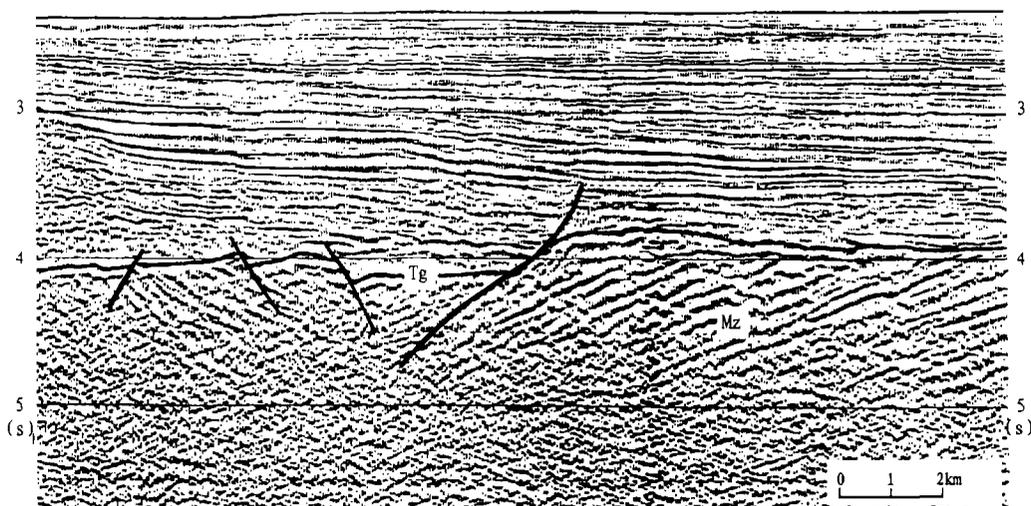


图 2 中生代地层地震反射特征

Fig. 2 A Mesozoic seismic profile in Lile Basin

交互相砂岩、页岩以及陆缘滨海—浅海煤系, 往下部变细, 厚度在 700m 以上, 有机质含量最高可达 1.93%, 目前已进入成熟—过成熟阶段, 在白垩系砂岩中已见到天然气(致昌-9 井发现天然气  $76.7 \times 10^4 \text{ m}^3$ ), 是非常有利的烃源岩; 在盆地北缘北港隆起万兴 1 井中灰黑色泥岩的有机质含量为 0.573%~0.808%, 镜质体反射率为 0.62%~1.69%, 厚度大于 3 000m; 在 CFC-1 井中已证实下白垩统中有一含气层。礼乐盆地中生界与地史时期相邻的台西南盆地具有可比性, 而盆地内的钻井也揭示: A-1 井下白垩统一块岩心为暗灰—黑色坚硬粉砂质页岩, 良好的生烃潜力; B-1 井下白垩统上部页岩段有机碳含量可达 0.2%~1.0% 之间, 具有中等的生气潜力; 桑帕吉塔-1 井下白垩统上部页岩段, 有机碳丰度在 0.4%~1.0% 之间, 其中一好的生气能力<sup>[6]</sup>。综合分析认为礼乐盆地中生代地层以 III 型干酪根为主, 具有中等—好的生气潜力, 是盆地内一套具有良好油气远景的主力烃源岩, 而地层中同时发育的浅海相砂岩也可以构成盆地良好的储集体。

### 3 新生界发育特征及其与油气的关系

叠置于前第三纪海相地层之上的礼乐盆地在其发展、演化过程中经历了早期陆缘张裂—中期陆块漂移—晚期区域沉降 3 大演化过程, 发育了一套以滨、浅海相—半深海相碎屑岩和碳酸盐岩沉积序列为特征的新生代地层, 最大沉积厚度超过 6 000m。以  $T_g$ 、 $T_4$  和  $T_3$  3 个不整合界面为界, 自下而上可划分出下( $E_1$ — $E_3^1$ )、中( $E_3^2$ — $N_1^3$ )、上( $N_2$ — $Q$ ) 三大构造层, 对应地由下而上依次为地震超层序 III、II 和 I (表 1)。在盆地发育过程中, 其沉积中心与沉降中心在不断演变, 加上后期构造改造与风化剥蚀作用, 各个构造层的厚度变化规律存在明显差异。

晚渐新世之前, 礼乐盆地位于华南大陆南缘, 主要处于盆地裂陷张裂期。海水自东南侵入, 沉积环境以滨海—半深海相为主, 主要物源区位于盆地西北部, 物源较为丰富, 沉积序列以砂、泥岩为主, 沉积厚度一般在 2 500m 左右, 最厚可达 4 000m, 沉积、沉降中心较为稳定, 均位于盆地南部坳陷, 为烃源岩以及砂岩储层发育的有利时期。

晚渐新世开始, 礼乐盆地飘离华南大陆, 定位于现今的南沙群岛东北部, 沉积物源主要在盆地东南部的巴拉望地区, 物源较为缺少, 以浅海相碳酸盐岩和碎屑岩沉积序列为主, 沉积、沉降中心仍位于盆地的南部坳陷, 为碳酸盐岩储集层发育的有利时期。

表 1 地震层序划分

Table 1 Classification of seismic sequence

地质年代		年龄/ Ma	地层	层序	超层序	地震反射 界面	
新 生 代	第四纪(Q)			A	I	$T_1$	
	晚第三纪(N)	上新世(N <sub>1</sub> )	1.04	礼乐组			B
		中新世(N <sub>2</sub> )	晚(N <sub>2</sub> <sup>1</sup> )		5.2	C	$T_2$
			中(N <sub>2</sub> <sup>2</sup> )		10.4		
	早(N <sub>2</sub> <sup>3</sup> )	16.3	仙宾组	D	$T_3$		
	早第三纪(E)	渐新世(E <sub>1</sub> )				22.3	忠孝组
		晚(E <sub>1</sub> <sup>1</sup> )	29.3				
		始新世(E <sub>2</sub> )	晚(E <sub>2</sub> <sup>1</sup> )	25.4	阳明组	III	$T_5$
			中(E <sub>2</sub> <sup>2</sup> )	38.6			
			早(E <sub>2</sub> <sup>3</sup> )	50.0			
	古新世(E <sub>3</sub> )	56.5	东坡组			$T_g$	
	中生代	白垩纪(K) - 三叠纪(T)					250.0

#### 3.1 古新统一中始新统 ( $T_g$ — $T_5$ )

白垩纪晚期, 礼乐块体出露水面, 遭受剥蚀; 古新世时, 开始发生海侵, 礼乐盆地位于华南大陆陆缘沉降带内, 广泛沉积了薄层陆架碳酸盐岩、三角洲以及滨海—浅海偏砂相、砂泥岩相地层, 早期发育的薄层白垩质灰岩以不整合覆于下白垩统之上。钻井也揭示, 古新统主要为一套外浅海环境沉积地层, 下部为陆架致密白垩质灰岩, 厚约 30m, 上部为三角洲相碎屑岩, 由含砾砂岩、粉砂岩和泥岩组成, 碎屑成分为石英岩、凝灰岩、放射虫泥岩和燧石, 钻遇厚度 280m。在古新统砂岩中钻遇天然气, 虽然钻遇地层厚度不大, 但向邻近凹陷则厚度加大, 岩性变细, 含大量生物化石。在古新统砂岩中钻遇天然气, 虽然钻遇地层厚度不大, 但向邻近凹陷则厚度加大, 岩性变细, 含大量生物化石。该套地层中的有机碳含量相对较低, 一般小于 0.5%, 最大可达 1.0%, 以 III 型干酪根为主, 是盆地内的一套主要烃源岩, 而隆起区同时发育的砂岩具有较好的物性条件, 可以成为盆地的一套良好储集岩类。

早—中始新世时, 礼乐盆地仍位于华南陆块的东南缘。在这一时期, 南海北部各北东—南西向断裂中填充式沉积了大套有机质富集的湖相泥岩, 东南部广泛海侵, 而此时, 礼乐滩、沙巴等地区, 构造活动相对平静, 盆地稳定沉降, 海侵进入高峰期, 盆地

处于浅海—半深海环境,沉积物岩性细,以松软的页岩和粉砂岩为主,底部含砂量逐渐增加,厚度大,有机质丰富,形成盆地内最重要的一套烃源岩。钻井资料也揭示该套地层主要为半深海环境下的灰绿—褐色含钙页岩,含微量海绿石和黄铁矿,偶见粉砂岩、砂岩,钻遇厚度约 520m。根据钻井资料,中—下始新统层段中有机碳丰度高达 1.5%~2.0%,具还原环境,干酪根类型以 II—III 型为主,具有中等—好的生油气潜力,是盆地内最有远景的一套主力烃源岩。

古新统一始新统厚度变化基本上反映了盆地的新生界基底特征及盆地张裂发育阶段的沉积环境特征。地层改造变形强烈,在北部为一套平缓褶皱的倾斜地层,由于受到断层的控制,沉积中心位于主断层下降盘一侧,厚度从沉积中心往隆起方向减薄或缺失;南部则为较开阔的拗陷型沉积。古新统一始新统厚度一般为 0~3 000m,具有南厚北薄、西厚东薄的特点。该套地层主要为滨海—浅海—半深海相沉积,沉积中心位于南部拗陷和西北拗陷,为烃源岩发育最有利的时期。

### 3.2 上始新统一下渐新统( $T_3$ — $T_4$ )

这一时期,盆地仍位于华南陆块的东南缘,主要为滨海—浅海相砂页岩沉积,沉积厚度在 0~2 000 m 之间,隆起区一般小于 800m,拗陷区则为 400~1 600m,等厚线方向性不明显。沉积中心位于礼乐盆地南部拗陷南部,最厚可达 2 000m,沉积作用明显具有继承性,沉积了一套滨海—浅海相沉积,这是盆地储集层发育的主要阶段。该套地层由于受到多期构造运动的影响,地层发生不同程度的褶皱变形,尤其是盆地南部拗陷中、东部地区,褶皱变形明显强烈,在隆起区局部甚至遭受剥蚀而缺失。

### 3.3 上渐新统一中中新统( $T_4$ — $T_3$ )

随着早渐新世末南海中央海盆的扩张,礼乐地块从华南陆缘裂离向南漂移,并定位于现今的南海东南部,盆地广泛接受了一套浅海相碎屑岩和碳酸盐岩沉积,厚度在 0~2 000m 之间,总体呈南厚北薄趋势,沉积中心仍位于南部拗陷南部。在拗陷中以大套碎屑岩沉积为特征,厚度一般为 400~1 800m,隆起区则广泛发育碳酸盐岩和生物礁体,厚度一般小于 600m。该套地层以浅海相沉积为主,局部为半深海相、台地碳酸盐岩相和生物礁相沉积,由于受到后期构造运动、尤其是南沙运动的改造,地层抬升褶皱变形明显,在不同构造部位遭受不同程度的剥蚀、甚至缺失。

### 3.4 上中新统一第四系( $T_3$ — $T_0$ )

盆地进入区域沉降阶段。盆地继承中中新世沉积格局,沉积、沉降中心没有发生明显迁移,接受了一套浅海—半深海砂、泥相和台地碳酸盐岩、生物礁相沉积,地层厚度一般为 200~2 400m,总体呈南、北厚,中、东部薄的趋势,地层变形微弱。隆起区仍以碳酸盐岩和生物礁沉积为主,拗陷区则以碎屑岩沉积为主,中部隆起厚度一般为 200~600m,南部拗陷 400~2 400m,东部拗陷 400~1 200m。地层厚度分布特征显示,晚中新世以来,盆地沉积与沉降中心一致,均位于南部拗陷,但盆地沉降与沉积速率相对缓慢。

## 4 结论

礼乐盆地早期位于华南陆缘,渐新世以来向南漂移定位于现今的礼乐地块之上。盆地主要发育南部、东部和西北 3 大沉积拗陷,新生代地层发育齐全,为一套海相碎屑岩和碳酸盐岩沉积,沉积厚度一般在 2 000~6 000m 之间,最大可超过 6 000m。除此之外,盆地内还广泛发育有一系列的中生界海相地层,可能包括上侏罗统一白垩统的滨—浅海相含煤碎屑岩或半深海相页岩、上三叠统一侏罗统三角洲—浅海相砂泥岩和中三叠统深海硅质页岩等 3 套地层,其沉积厚度最大可超过 4 000m,这是今后勘探的目标层系。

礼乐盆地主要发育了中生界、古新统、下一始新统 3 套成熟烃源岩,干酪根类型以 II—III 型为主。古新统及上始新统三角洲砂岩、中生界砂岩、上渐新统及以上碳酸盐岩和礁灰岩是盆地的主要储集层段。晚渐新世以来在盆地隆起区以大套碳酸盐岩和生物礁体占据主导地位,拗陷区则以砂泥交互相和偏泥相碎屑岩沉积为主,这是盆地储层发育的主要阶段,储集岩类型丰富,但却因此而缺少广泛发育、封闭性能良好的区域性盖层,区域封闭条件较差,对油气的保存产生不利影响。

### 参考文献:

- [1] 金庆焕,等.南海地质与油气资源[M].北京:地质出版社,1989.194—229.
- [2] 龚再升,李思田,等.南海北部大陆边缘盆地分析与油气聚集[M].北京:科学出版社,1997.29.
- [3] 夏戡原,等.南沙群岛及其邻近海区地质地球物理与油气资源[M].北京:科学出版社,1996.218—220.
- [4] 周 蒂.台西南盆地和北港隆起的中生界及其沉积环境[J].热带海洋学报,2002,21(2),53.

(下转第 480 页)

The Dengying Formation has the average TOC value of only 0.12%, so is difficult to become effective source rocks; and the Jiulaodong Formation has the average TOC value of 0.97%, so the hydrocarbon gases should come from it. The R/Ra values of 0.021 and 0.022 in gas pools suggest the crust-source inorganic origin of helium. At the meantime, as the uranium and thorium mineral contents are low in the Sinian dolomite and higher in the Jiulaodong Formation, the helium in gas pools also mainly comes from the uranium and thorium decay of the Jiulaodong Formation. As a result, the natural gas in the Dengying Formation is mainly organic origin gases from the Jiulaodong Formation.

**Key words:** gas source; the type of gas pools; pools-forming pattern; Weiyuan gasfield

(上接第 472 页)

[5] 郑之逊. 南海南部海域第三系沉积盆地石油地质概况[J]. 国外

海上油气, 1993, 40(3): 124.

## STRATIGRAPHIC SEQUENCE AND HYDROCARBON POTENTIAL IN LILE BASIN

ZHANG Li, LI Wen-cheng, ZENG Xiang-hui

(Guangzhou Bureau of Marine Geology, Ministry of Land and Resources, Guangzhou 510075, China)

**Abstract:** Development of Meso-Cenozoic stratigraphic sequence in Lile Basin was studied. It was considered that relative thick Triassic-Cretaceous was widely developed in the basin and showed medium to good potential of hydrocarbon generation, which was one of the main source rocks in the basin. The Cenozoic is completely developed with biggest thickness of 6 000m in the basin. The favourable source rocks for gas were developed in Paleocene to Middle Eocene.

**Key words:** Mesozoic; Cenozoic; stratigraphy; gas potential; Lile Basin