

文章编号: 1001-6112(2011)03-0307-03

琼东南盆地南部中新统生物礁的识别

张永贵¹, 宋在超², 周小进², 武 丽¹, 张玺科¹, 冉 静¹

(1. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院, 北京 100083;

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 214151)

摘要:琼东南盆地南部地区在新近纪中新世梅山组沉积时期具有适合生物礁发育的古地理条件。近来在该区域采集的地震资料发现在梅山组地层存在典型的丘状反射, 主要分布在古隆起上, 底平顶凸, 顶底界面清晰, 反射能量强, 内部具前积或杂乱反射, 两翼见上超, 顶部为披覆沉积, 波阻抗值为 $(8\sim 10)\times 10^6 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 目前初步研究认为该套地层为生物礁建造。文章还从区域沉积背景、丘状体发育部位以及地震反射特征等方面对生物礁和泥构造两类地震反射异常体加以分析和对比, 排除梅山组发育泥底劈的可能性。

关键词:地震反射特征; 泥底辟; 生物礁; 中新统; 琼东南盆地

中图分类号: TE122.2⁺21

文献标识码: A

Identification of reef in Miocene, south of Qiongdongnan Basin

Zhang Yonggui¹, Song Zaichao², Zhou Xiaojin², Wu Li¹, Zhang Xike¹, Ran Jing¹

(1. SINOPEC Exploration and Production Research Institute, Beijing 100083, China;

2. Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

Abstract: The southern part of the Qiongdongnan Basin was suitable for reef generation when the Meishan Formation deposited during Miocene. Seismic data collected in this region during the past few years have indicated that the Meishan Formation is characterized by typical mound reflection, mainly on ancient uplifts. The formation is flat at the bottom and convex at the top. There is clear boundary between top and bottom. The reflection is strong. Progradational or random reflection exists in the formation, while on the 2 flanks there is onlapping, and on the top there is drape. The wave impedance value is $(8-10)\times 10^6 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$. The formation is regarded as reef according to present studies. Comparisons between reef and mud structure have been carried out based on the studies of regional sedimentary background, mound structure generation location and seismic reflection characteristics, indicating that it is impossible for shale diapire generation in the formation.

Key words: seismic reflection characteristics; shale diapire; reef; Miocene; Qiongdongnan Basin

琼东南盆地位于海南岛和西沙群岛之间, 其西以①号断层与莺歌海盆地为界, 东北以神狐隆起与珠江口盆地珠三凹陷相接(图1), 是一个新生代发育的具断一拗双层结构的陆缘拉张盆地^[1-3], 盆地具两隆三拗结构, 且隆、拗分布呈NE走向。目前勘探主要集中在北部陆架浅水区, 而对处于深水区的盆地中央拗陷带和南部隆起带研究程度较低, 尤其是南部隆起带, 尚无钻井。

1 生物礁形成的地质背景

在构造演化上, 盆地南部深水区与盆地北部类似, 经历了始新世—早渐新世断陷阶段、晚渐新世

断拗转换阶段和新近纪拗陷三大构造演化和沉积充填阶段。从近年来采集的地震资料分析, 中新统梅山组沉积时期为该地区的主成礁期。梅山组沉积之前, 特别是早古近纪时期, 构造活动导致基底具有较强的活动性, 没有稳定的基底, 不利于礁体的定植生长。梅山组沉积之后的黄流组—莺歌海组沉积期以及第四纪, 琼东南盆地南部处于半深海—深海沉积环境, 沉积速度快, 也不利于生物礁的发育。

生物礁的形成条件与造礁生物的生存环境相关。据前人研究^[4-7], 南海海域在晚渐新世—中新世期间具有良好的成礁古气候和古海水环境。

收稿日期: 2011-03-07; 修订日期: 2011-05-17。

作者简介: 张永贵(1964—), 男, 博士, 高级工程师, 从事油气地质与勘探研究工作。E-mail: zhangyongguiok.syky@sinopec.com。

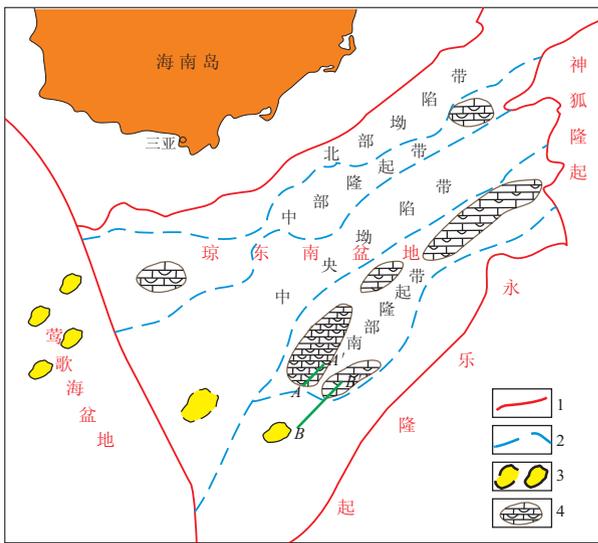


图 1 琼东南盆地构造区划

- 1. 盆地界线; 2. 盆地二级构造单元界线;
- 3. (疑似)泥底辟发育区; 4. 预测生物礁发育区

Fig. 1 Tectonic division of Qiongdongnan Basin

邻近琼东南盆地南部的 XC1 井钻探表明,生物礁地层直接披盖在前寒武纪变质岩基底之上,自中新世持续发育到现代^[8],礁灰岩碳酸盐岩含量为 99% 以上,这说明南海西北部海域当时的古海水中酸不溶物的含量很低,整体为碳酸盐岩沉积环境。目前,南海南部南沙陆壳地块和北部西沙陆壳地块上均发现了大型生物礁油气富集区,如东纳土纳盆地 L 气田、西北巴拉望盆地 Malampaya 气田、珠江口盆地流花 11-1 油田等。

2 生物礁地震响应特征

对于琼东南盆地,莺 9 井、YC21-1-2 井、BD-1-1 井^[9]等先后于盆地北部在中新统揭示了砂质生屑灰岩、泥灰岩、致密礁灰岩等地层;盆地南部在中新世处于低隆起区,与大陆物源区海南岛、越南东部主物源区都相距 200~300 km,仅南部乐东隆起可以提供局部碎屑物源,形成了一个远离岸线、陆源碎屑沉积作用影响微弱的大型浅水台地。从地震资料来看,梅山组上部地层呈明显丘状反射,具有疑似生物礁的地震响应特征。

生物礁一般生长于水下隆起部位,礁体格架多高出其他同期沉积物,具有明显的沉积地貌隆起特征,在地震响应中多表现为强振幅、相对低频的波形特征,剖面形态变化大,如出现丘状起伏、透镜状结构、厚度加大等特点^[10-11]。琼东南盆地南部隆起区生物礁地震地层反射特征如下:外形呈丘状、透镜状;顶底轮廓较清晰,为强反射界面;内部为层状或杂乱反射;相带分异明显,礁后滩相有顶超、下

超、前积反射;底部界岩有速度异常造成的下凹现象,上覆界岩见披覆构造(图 2)。

从地震波速度来看,砂岩为 2 500~4 500 m/s,碳酸盐岩为 4 500~6 500 m/s。研究区为深水区,约 1 200~1 400 m,梅山组生物礁海底以下埋深 1 300~1 600 m,反射速度约为 2 900~3 200 m/s;梅山组丘状地层的波阻抗为 $(8\sim 10)\times 10^6 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,与 LH11-1 生物礁波阻抗数值相近^[12]。

梅山组生物礁主要分布于古隆起顶部和翼部,古隆起区整体为碳酸盐岩台地区,生物礁前发育厚度较小的台地斜坡,并向凹陷区过渡为局限盆地(图 3)。海平面的变化控制生物礁的生长方向和生长范围,根据地震剖面反映的信息,研究区生物礁为西向东,沿斜坡或断阶呈退积式向隆起顶部生长。

3 生物礁与泥构造的辨别

关于梅山组丘状体的认识,一直有泥构造和生物礁构造的争论。在本次研究中,笔者试从区域沉积背景、丘状体发育部位以及地震反射特征等方面对两者加以对比。

3.1 沉积时期与沉积背景不同

2 种体系发育的沉积时期不同,沉积背景也不同。泥构造又称泥底辟或泥涌活动,主要发育于沉

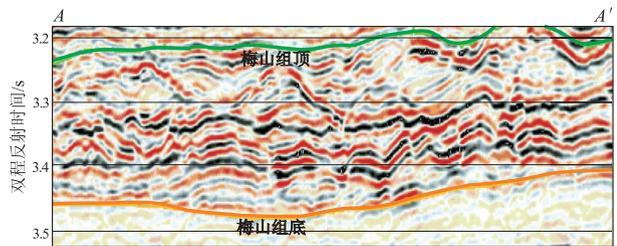


图 2 琼东南盆地南部过生物礁地震剖面
剖面位置见图 1。

Fig. 2 Seismic profile across reef, south of Qiongdongnan Basin

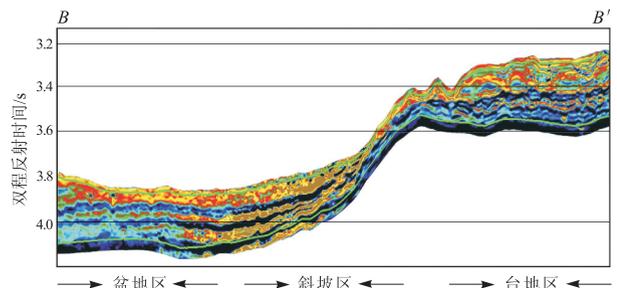


图 3 琼东南盆地南部过生物礁地震波阻抗剖面
剖面位置见图 1。

Fig. 3 Seismic impedance profile across reef, south of Qiongdongnan Basin

降快、沉积厚度大的拗陷构造层或凹陷中央部位的断陷构造层中。目前我国发现的底辟构造主要分布在莺歌海、渤海湾和珠江口盆地^[13-16]。此种构造形成的地质背景具有三大特点：第一，盆地沉降快、沉积厚度大，有大量压实剩余流体需要排出，而附近又缺少流体垂向释放的有效途径；第二，盆地内具有明显的高压异常带，泥底辟构造的根部往往起源于这些高压异常带；第三，底辟构造主要沿构造软弱带或应力集中带分布。

莺歌海组沉积期(5.5~1.64 Ma)，琼东南盆地沉降幅度大、沉积速度快(图 4)，整个盆地沉积了巨厚层的深水泥岩，为发育泥底辟构造或形成泥涌提供了地质条件。在靠近盆地西部边缘乐东凹陷内部，存在大片地震模糊带，笔者认为可能与底辟活动有关。而梅山组沉积期(16.3~10.5 Ma)，整个盆地构造稳定，根据计算期间最大构造沉降量仅 50~60 m/Ma，梅山组沉积以后，其总沉降量剧升至 250 m/Ma 以上。梅山组沉积期的沉积速率相当低，缺乏形成塑性泥岩的地质基础。相反，相对较低的沉降速率和沉积速率则适合生物礁的发育。

3.2 丘状体发育部位不同

生物礁最明显的地震识别标志是在隆起区形成的丘形反射。目前梅山组发现的典型生物礁反射均是分布在南部隆起区，在相邻凹陷内部则没有明显的生物礁反射。而研究区内莺歌海组内部的深海泥岩形成的波状反射或丘形反射则在整个工区均有分布，且凹陷内部更为发育。

对于研究区的梅山组地震剖面，具丘状反射结构的均发育在低隆起部位，而在凹陷的部位，梅山组表现为平行反射或微丘状反射，说明当时沉积物对海底地貌敏感，可能是浅水环境的产物，而并非

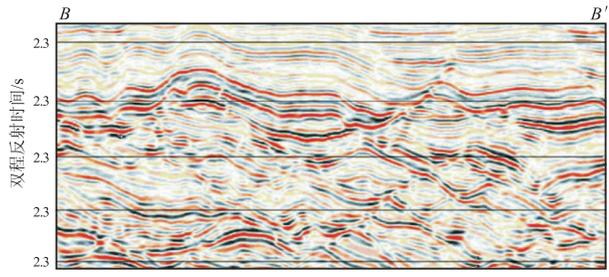


图 5 研究区莺歌海组海相泥岩反射特征剖面位置见图 1。

Fig. 5 Seismic reflection characteristics of marine facies mudstone in Yinggehai Formation, south of Qiongdongnan Basin

该区容易形成泥岩塑性流动的深水环境；碎屑岩可能为砂岩、粉砂岩甚至垮塌构造形成的泥砾、砂砾岩等较粗碎屑岩。

3.3 丘状体反射特征不同

大型泥底辟高度大，刺穿层位多，容易识别。在莺歌海盆地存在大型高幅度泥底辟，研究区西侧的乐东凹陷中央地区，存在地震模糊带，推测可能与大型泥底辟有关。一些中低能量，低幅度的泥构造外形往往也呈隆起状，但内部和上覆地层呈模糊带，隐约可见不连续弱反射，围岩地层的正常反射在此中断，在地震剖面上没有底界面，顶界面不甚清晰，这与生物礁反射有明显的区别。研究区莺歌海组泥岩也有类似的底辟泥构造或泥涌构造(图 5)，但是多数泥岩在地震上为连续丘状反射，上界面有多层连续强反射，且呈现出多层叠加的特征；底界面不清晰，内部见弱的层状反射。整套泥岩整体上均为该反射现象，与生物礁地层不同。

4 结论

琼东南盆地南部隆起区在梅山组沉积期构造活动趋于停滞，沉降和沉积速度小，有适合生物礁发育的古环境。近来采集的地震资料显示，中新统梅山组地层存在典型的丘状反射，底平顶凸，顶底界面清晰，反射能量强，内部具前积或杂乱反射，两翼见上超，顶部为披覆沉积，是生物礁体的成像，初步认为该套地层为生物礁建造，主要分布在古隆起上。

参考文献：

[1] 龚再升,杨甲明,杨祖序,等. 中国近海大油气田[M]. 北京:石油工业出版社,1997.
 [2] 龚再升,李思田,谢泰俊,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.
 [3] 李绪宣,朱光辉. 琼东南盆地断裂系统及其油气输导特征[J]. 中国海上油气,2005,17(1):127.

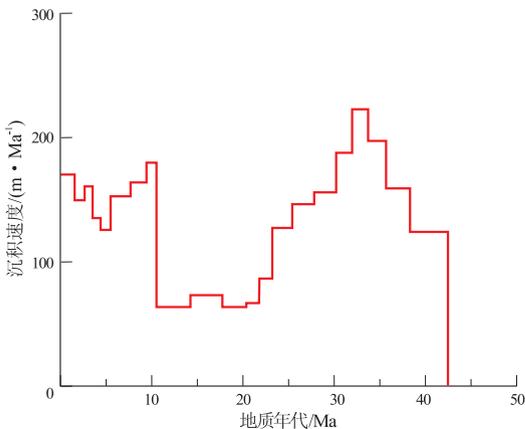
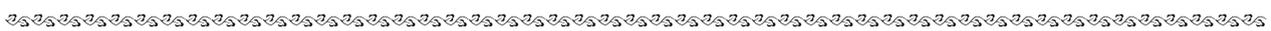


图 4 琼东南盆地南部沉积速度直方图
 Fig. 4 Deposition rate histogram, south of Qiongdongnan Basin

4 结论

1)自制天然气中稀有气体纯化富集装置,与四极杆质谱仪联机使用,用于测定天然气和沉积岩石群体包裹体中稀有气体丰度。空气样品分析表明该方法具有较好的准确性和重复性。

2)应用该方法分析了典型含油气盆地中天然气和沉积岩群体包裹体中稀有气体组分,结果表明天然气中 He 的丰度与地质构造活动有一定关系,但稀有气体的分布模式主要受其物理性质差异的影响,仅凭稀有气体丰度指标很难用于幔源成分混入的判别。



(上接第 313 页)

由于研究刚起步,诸多认识尚待深化。相信随着研究工作的不断深入,必将能对老区勘探提供更多的有益参考。

参考文献:

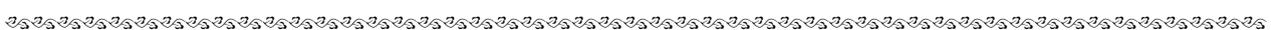
[1] 王秉海,钱凯. 胜利油区地质研究与勘探实践[M]. 东营:石油大学出版社,1992:309-315.

[2] 李丕龙,庞雄奇. 隐蔽油气藏形成机理与勘探实践[M]. 北京:石油工业出版社,2004:12-16.

[3] 郭元岭. 油气勘探工作运行质量评价方法初探[J]. 中国石油勘探,2007,12(3):69-71.

[4] 郭元岭,宗国洪,赵乐强,等. 中国石油地质储量增长规律分析[J]. 中国石油勘探,2001,6(2):16-19.

[5] 李志明,余晓露,徐二社,等. 渤海湾盆地东营凹陷有效烃源



(上接第 309 页)

[4] 许红,蔡峰,王玉净,等. 西沙中新世生物礁演化与藻类的造礁作用[J]. 科学通报,1999,44(13):1435-1439.

[5] 邱燕,王英民. 南海第三纪生物礁分布与古构造和古环境[J]. 海洋地质和第四纪,2001,21(1):65-73.

[6] 陈平,陆永潮,许红. 南沙海域第三纪生物礁层序构成和演化[J]. 地质科学,2003,38(4):514-518.

[7] 龚再升. 生物礁是南海北部深水区的重点勘探领域[J]. 中国海上油气,2009,21(5):289-295.

[8] 魏喜,邓晋福,谢文彦,等. 南海盆地演化对生物礁的控制及礁油气藏潜力分析[J]. 地学前缘,2005,12(3):245-252.

[9] 刘春兰,冯正祥. 宝岛 23-1 构造生物礁地质评价[J]. 中国海上油气,2001,15(3):171-175.

[10] Sattler U, Zampetti V, Schlager W, et al. Late Leaching under deep burial conditions: a case study from the Miocene Zhujiang Carbonate Reservoir, South China Sea[J]. Marine and Petroleum Geology, 2004,21(8):977-992.

[11] Erlich R N, Barrett S F, Guo Baiju. Seismic and geological

参考文献:

[1] Joseph R G, Stephen E K. Factors affecting gas analysis of inclusion fluid by quadrupole mass spectrometry [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1995, 59(19): 3977-3986.

[2] 徐永昌,沈平,刘文汇,等. 天然气中稀有气体地球化学[M]. 北京:科学出版社,1998.

[3] 陶成,孙明良,刘文汇,等. 天然气中⁴He 丰度分析及应用[J]. 石油实验地质,2009,31(5):528-531.

[4] 徐胜. 中国天然气中稀有气体丰度和同位素组成[J]. 矿物岩石地球化学通报,1997,16(2):71-74.

(编辑 黄娟)

岩矿物组成特征及其意义[J]. 石油实验地质,2010,32(3): 270-275.

[6] 胡晓庆,金强,王秀红,等. 济阳拗陷民丰地区天然气成因[J]. 石油与天然气地质,2009,30(1):85-89.

[7] 李文涛. 民丰洼陷深层天然气地球化学成因[J]. 油气地质与采收率,2009,16(2):36-38.

[8] 朱桂林. 渤海湾盆地东营凹陷第三纪同沉积构造控砂控油作用[J]. 石油实验地质,2007,29(6):545-549.

[9] 程慧,常迎梅,经雅丽. 渤海湾盆地东营凹陷地层油气藏成藏阶段分析[J]. 石油实验地质,2009,31(2):54-57.

[10] 孙耀华,王华,陆永潮,等. 泌阳凹陷复杂圈闭地震地质综合研究方法[J]. 石油与天然气地质,2009,30(3):370-378.

[11] 张宇. 渤海湾盆地东营凹陷古近系岩性圈闭分布规律[J]. 石油实验地质,2009,31(6):583-587.

(编辑 叶德燎)

characteristics of drowning events on carbonate platforms[J]. AAPG Bulletin,1990,74:1523-1537.

[12] 吴时国,袁圣强,董冬冬,等. 南海北部深水区内中新世生物礁发育特征[J]. 海洋与湖沼,2009,40(2):117-121.

[13] 郝芳,李思田,龚再升,等. 莺歌海盆地底辟发育机制与流体幕式充注[J]. 中国科学 D 辑,2001,31(6):471-476.

[14] 何家雄,夏斌,刘宝明,等. 莺歌海盆地泥底辟热流体上侵活动与天然气及 CO₂ 运聚规律剖析[J]. 石油实验地质,2004,26(4):349-358.

[15] 王家豪,庞雄,王存武,等. 珠江口盆地白云凹陷中央底辟带的发现及识别[J]. 地球科学——中国地质大学学报,2006,31(2):209-213.

[16] 孙昶旭,崔永刚,罗文生,等. 东营凹陷东营三角洲与中央隆起带盐-泥构造形成的关系及其对隐蔽油气藏勘探的意义[J]. 石油地球物理勘探,2006,41(4):462-467.

(编辑 徐文明)