

珠江口盆地南部隆起中新统碳酸盐岩分布的地震预测

杨振建^{1,2}, 党晓红², 蒲仁海², 屈红军², 吴晓川²

(1 中海油湛江分公司; 2 西北大学大陆动力学国家重点实验室)

摘要 珠江口盆地中新统碳酸盐岩台地发育,并在东沙隆起发现了生物礁油田。借鉴区域岩相古地理研究,依据典型的特强振幅低频地震反射特征,推断在南部隆起中新统发育有碳酸盐岩。针对钻井空白情况,通过正演模型,分析不同厚度碳酸盐岩对应的地震响应特征,据此在南部隆起的二维地震剖面上识别出了碳酸盐岩的尖灭点、调谐厚度、1/2波长厚度和大于1/2波长厚度等重要厚度控制点,编制了碳酸盐岩厚度图。根据碳酸盐岩相模式、厚度和地震反射特征,初步分析了碳酸盐岩孤立台地的沉积相,这可为南部隆起碳酸盐岩油气勘探提供参考。

关键词 珠江口盆地; 南部隆起; 中新世; 碳酸盐岩; 地震特征; 油气勘探; 预测

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

1 概况

珠江口盆地早中新世广泛发育碳酸盐岩,生物礁滩油气藏是重要的勘探领域^[1],东沙隆起已发现了诸多生物礁油田,例如LH11-1、LH4-1、HZ33-1等(图1a)。前人对珠江口盆地神狐隆起和东沙隆起生物

礁的演化模式、类型、地球物理特征等有较详细的研究,地震剖面上,生物礁油藏通常具备丘状外形,顶部正极性强反射,丘状体周缘见地层上超,底部为相对弱反射、弱连续,有“上拉”现象,内部杂乱或空白反射^[2-10]。碳酸盐岩受大气水溶蚀或埋藏水溶解而成为良好储层,储层类型主要为溶孔、裂缝和骨架孔^[11-12]。

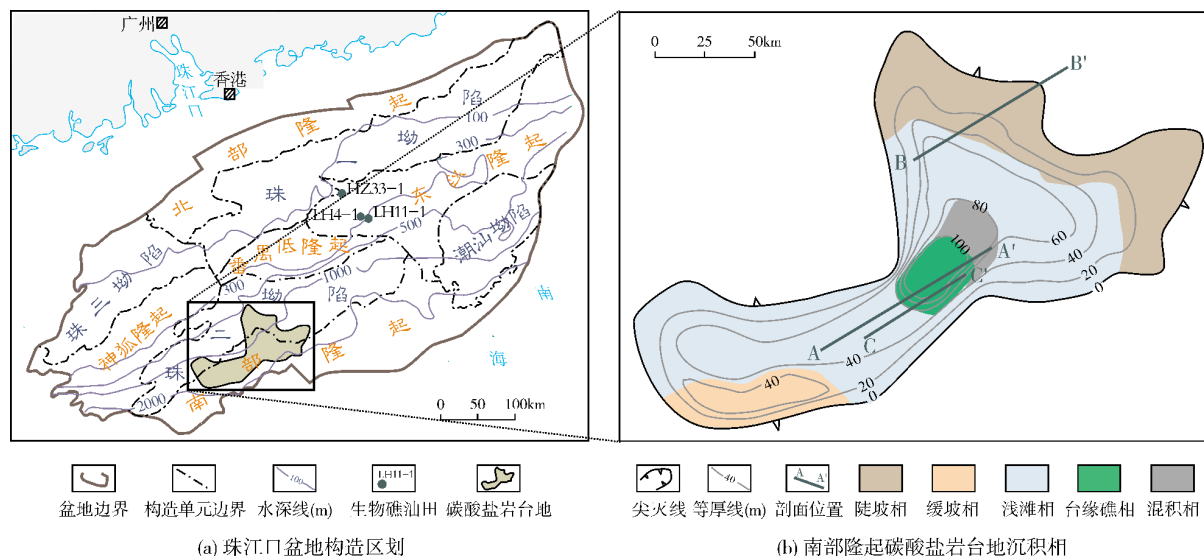


图1 珠江口盆地构造区划及南部隆起碳酸盐岩分布预测

收稿日期: 2014-07-10; 改回日期: 2015-04-01

本文受国家“十二五”重大专项“南海北部深水区生物礁发育规律与成藏条件”(编号: 2011ZX05025-006-02)资助

杨振建: 1989年生, 硕士, 工程师, 从事地震资料解释研究。通讯地址: 524057 广东省湛江市坡头区南调路广发楼402室; E-mail: yangzhj16@cnooc.com.cn

珠江口盆地南部深水区(水深大于500m)勘探程度较低,南部隆起至今尚无钻井,二维地震测网密度约2km×8km。南部隆起与东北侧的东沙隆起具有类似的古构造、古地理特征,推断下中新统也发育有较大波阻抗的碳酸盐岩台地^[13-14](图1a),但对于碳酸盐岩的厚度、礁滩的分布等缺乏深入的分析,也未见到对无钻井区碳酸盐岩厚度进行研究的相关文献。本文采用Widess正演模型^[15],结合珠江口盆地的时深关系,初步编制了盆地南部隆起的碳酸盐岩厚度图,并

根据古构造、碳酸盐岩厚度及地震相等探讨了碳酸盐岩沉积相的展布(图1b)。

2 碳酸盐岩丘形体正演模型

在南部隆起典型地震剖面上(图2),珠江组下部发育一套强振幅反射波组,顶、底部连续强反射,与盆地内东沙隆起珠江组下部碳酸盐岩地震响应相似,推断为碳酸盐岩发育层系,其中局部古地形高部位发育丘形体,内部反射杂乱、较弱振幅,应为生物礁(图2)。

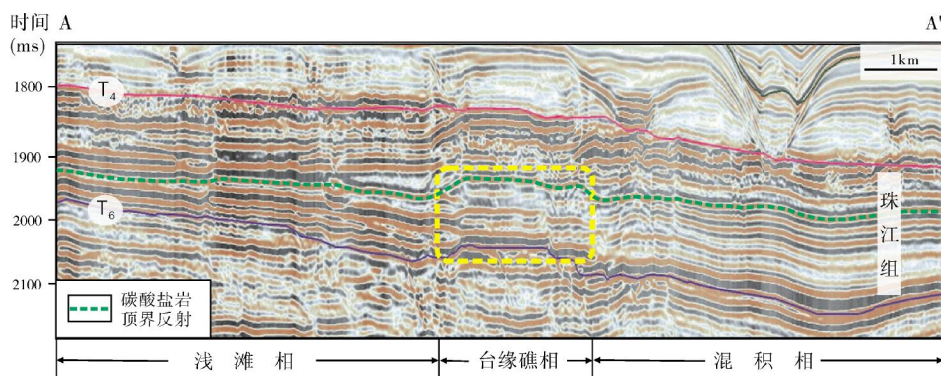


图2 珠江口盆地南部隆起典型地震剖面

A—A'剖面位置见图1b。T₄、T₆分别代表中新统珠江组顶、底地震反射层

对于南部隆起这样的钻井空白区,可根据Widess正演模型来确定碳酸盐岩厚度与振幅、波形的关系,进而依托地震地质解释对碳酸盐岩的厚度分布进行合理预测^[15-17]。具体方法:(1)目的层的主频采用研究区实际地震资料的主频,大约30Hz;(2)地震波在地层中的传播速度由邻区钻井的声波曲线换算求得,其中,碳酸盐岩的速度约为4700m/s,多层砂岩、泥岩互层的速度随着深度增大而增大,砂岩的速度为2350~3000m/s,泥岩的速度为2000~2850m/s;(3)据此,可建立南部隆起碳酸盐岩丘形体的正演模型(图3a)。

在地震分辨的极限厚度处($\lambda/4$)出现信号的调谐效应,地震振幅变得最强,该厚度即为调谐厚度。图3中,模型显示研究区碳酸盐岩地层附近的调谐厚度为40m左右,这个厚度范围的地层在正极性地地震剖面上为“一峰两谷”的强振幅反射;在碳酸盐岩厚度大于半波长厚度80m($\lambda/2$)时,开始变为“多峰多谷”;在碳酸盐岩尖灭点则振幅急剧减弱。

3 碳酸盐岩分布预测

3.1 碳酸盐岩厚度分布

根据上述正演模型的结果,碳酸盐岩地层横向

尖灭(比如相变为陆源硅质碎屑岩)时,振幅明显减弱,据此可以确定碳酸盐岩尖灭点(图4),进而圈定碳酸盐岩的平面分布范围(图1)。

当碳酸盐岩厚度在调谐厚度40m左右时,振幅达到最强值。据此,沿T₆强反射层(中新统珠江组底反射层)在其上下各50ms的时窗中提取最大振幅属性,以不同测线上最大振幅值的分布段来大致确定碳酸盐岩的调谐厚度点位置(图5)。

当碳酸盐岩厚度增加至半波长厚度80m左右时,剖面上开始出现“两峰两谷”的强反射(图6),从“一峰两谷”到“两峰两谷”的变化点,就可标记为半波长厚度点。对于大于半波长厚度的,表现为“两峰两谷”反射特征,其碳酸盐岩地层厚度可采用珠江口盆地的时深转换关系直接计算。

以上述不同类型的典型厚度点为基础,采用内插法勾绘平面等值线,得到南部隆起碳酸盐岩厚度分布的预测(图1b)。

3.2 碳酸盐岩相带展布

综合碳酸盐岩厚度、沉积背景及地震相分析,参考关士聪等^[18]的碳酸盐岩模式分类,碳酸盐岩反射波组的下倾尖灭发生在凹陷内与碎屑岩过渡的低能

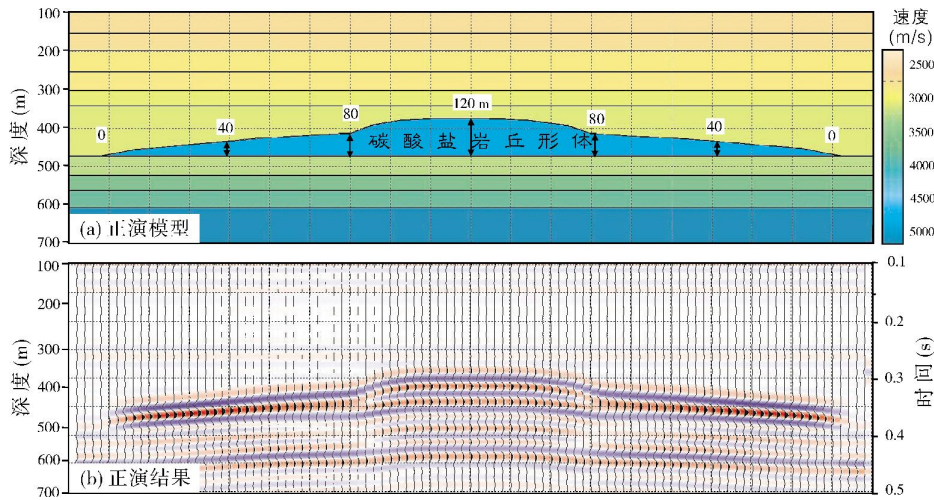


图3 珠江口盆地南部隆起碳酸盐岩丘形体正演模型图

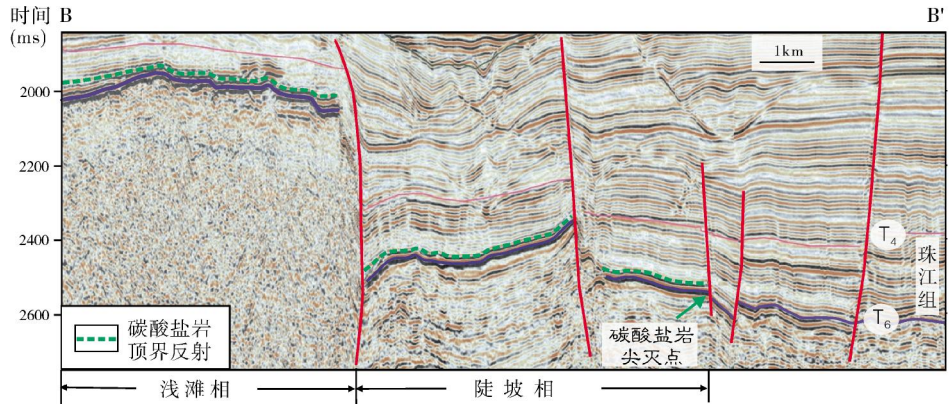


图4 珠江口盆地南部隆起碳酸盐岩尖灭点识别

B—B'剖面位置见图1b。T₄、T₆分别代表中新统珠江组顶、底地震反射层

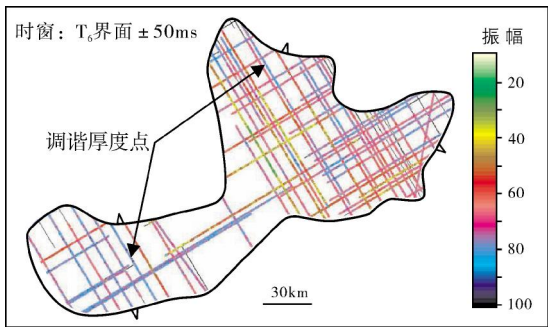


图5 珠江口盆地南部隆起碳酸盐岩底部最大振幅属性

沉积区,应属于低能泥晶灰岩沉积环境;台地凸起和上倾部位应属于高能环境,具厚度加大的地震丘形体为礁,平行席状反射结构的为滩;缓坡和陡坡有滑塌塑性变形的低丘反射特征,可能为碳酸盐岩重力流或含部分重力流的沉积。由此,将南部隆起下中新

统发育的碳酸盐岩沉积划分为5个相带(图1b):台缘丘状体的生物礁相、台缘—台凸席状反射结构的浅滩相、台凹内碳酸盐岩与碎屑岩的混积相(图2)、台地东北侧的陡坡相(图4)以及西南侧的缓坡相。

南部隆起碳酸盐岩台地分布面积约7 000 km²,厚度为20~100 m(图1b),其中,台缘礁相厚度最大,整体在100 m以上,混积相区厚度可达80 m,台缘浅滩相厚度为40~60 m,西南侧缓坡相厚度40 m左右,东北侧陡坡相厚度不大,可能与重力流滑塌不太发育有关。

4 结 语

借鉴珠江口盆地中新统生物礁滩研究的成果,在目前尚无钻井的南部隆起区定性识别了碳酸盐岩地层,并依据正演模型,利用地层厚度与波形、振幅的关系,对碳酸盐岩的厚度分布及沉积相作了预测,这也许可为进一步的勘探研究提供基础依据。

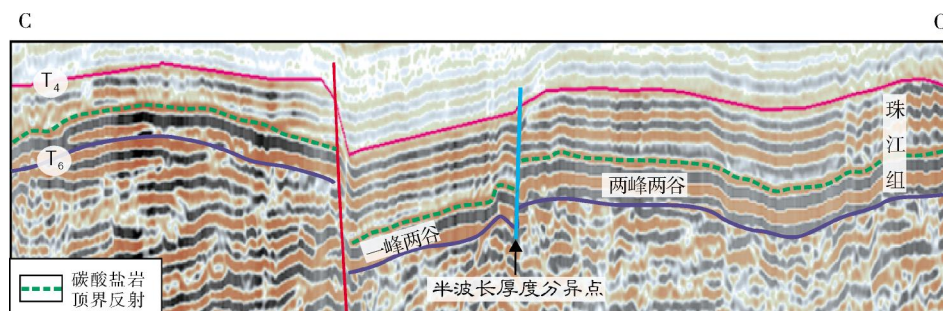


图6 珠江口盆地南部隆起地震剖面半波长厚度分异点

C—C'剖面位置见图1b。T₄、T₆分别代表中新统珠江组顶、底地震反射层

参考文献

- [1] 龚再升, 王国纯. 中国近海油气资源潜力新认识[J]. 中国海上油气(地质), 1997, 11(1): 1-12.
- [2] Sattler U, Immenhauser A, Schlager W, et al. Drowning history of a Miocene carbonate platform (Zhujiang Formation, South China Sea)[J]. Sedimentary Geology, 2009, 219(1/4): 318-331.
- [3] Xiong Yan, Zhong Guangfa, Li Qianyu, et al. Stratal carbonate content inversion using seismic data and its applications to the Northern South China Sea[J]. Journal of China University of Geosciences, 2006, 17(4): 320-325.
- [4] 邱燕, 王英民. 南海第三纪生物礁分布与古构造和古环境[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2001, 21(1): 65-73.
- [5] 陈国威. 南海生物礁及礁油气藏形成的基本特征[J]. 海洋地质动态, 2003, 19(8): 32-37.
- [6] 吴时国, 袁圣强, 董冬冬, 等. 南海北部深水区中新世生物礁发育特征[J]. 海洋与湖沼, 2009, 40(2): 117-121.
- [7] 马玉波, 吴时国, 张功成, 等. 南海北部陆缘深水区礁相碳酸盐岩的地球物理特征[J]. 中国石油大学学报: 自然科学版, 2009, 33(4): 33-39.
- [8] 赵撼霆, 吴时国, 马玉波, 等. 南海珠江口盆地东沙隆起区生物礁演化模式[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2012, 32(1): 43-50.
- [9] 胡诚, 郑荣才, 戴朝成. 珠江口盆地珠江组流花生物礁及储层特征[J]. 岩性油气藏, 2010, 22(3): 59-66.
- [10] 王瑞良, 周小康, 曾驿, 等. 珠江口盆地东部东沙隆起中新世碳酸盐岩与生物礁地震响应特征及其识别[J]. 石油天然气学报, 2011, 33(8): 63-69.
- [11] 古莉, 胡光义, 罗文生. 珠江口盆地流花油田新近系生物礁灰岩储层特征及成因分析[J]. 地学前缘, 2012, 19(2): 49-58.
- [12] 陆嫫, 薛怀艳, 古莉, 等. 珠江口盆地 A 油田生物礁灰岩储层的精细油藏描述[J]. 石油地质与工程, 2012, 26(3): 53-57.
- [13] 赵天亮. 珠江口盆地深水区晚渐新世—早中新世碳酸盐岩发育条件分析[D]. 西安: 西北大学, 2013.
- [14] 杨振建. 珠江口盆地深水区碳酸盐礁滩特征及含油性分析[D]. 西安: 西北大学, 2014.
- [15] Widess M B. How thin is a thin bed?[J]. Geophysics, 1973, 38(6): 1176-1180.
- [16] 袁子龙, 杨冰, 王建国. 薄层、薄互层地震反射时间域与频率域正演模拟研究及应用[J]. 石油物探, 1996, 35(3): 14-20.
- [17] 黄文锋, 姚逢昌, 李宏兵. 薄互层调谐规律研究与净厚度估算[J]. 石油地球物理勘探, 2012, 47(4): 584-591.
- [18] 关士聪, 演怀玉, 丘东洲, 等. 中国晚元古代至三叠纪海域沉积环境模式探讨[J]. 石油与天然气地质, 1980, 1(1): 2-18.

编辑: 董庸

Seismic Predication of Miocene Carbonate Rock in the South Uplift, Zhujiangkou Basin

Yang Zhenjian, Dang Xiaohong, Pu Renhai, Qu Hongjun, Wu Xiaochuan

Abstract: It is inferred that Miocene carbonate reservoirs probably develop in the South Uplift in Zhujiangkou Basin according to regional paleogeography and typical seismic responses with high-amplitude and low-frequency features. In the case of no drilled well, a forward modeling is used to analyze seismic responsibility to different thickness of Miocene carbonate rock. Consequently, some key thickness points, including pinchout points, tuning points, 1/2 wavelength points and more than 1/2 wavelength points, are recognized in seismic profiles. Then a thickness map of Miocene carbonate rock is compiled. On integrated analysis of the Guan's carbonate facies model, the thickness map and the seismic reflection features, the Miocene sedimentary facies isolated carbonate platform is described. It is expected that this result will be useful to future oil exploration in the carbonate rock in this uplift.

Key words: Miocene; Carbonate rock; Seismic facies; Strata distribution; Seismic exploration; South Uplift; Zhujiangkou Basin

Yang Zhenjian: MSc., Geology Engineer. Add: Zhanjiang Branch Company of CNOOC Ltd., Nandiao Rd., Potou, Zhanjiang, Guangdong, 524057, China