

# 莺琼盆地勘探钻井速度问题及解决方法

刘爱群, 陈殿远, 李强, 王丽君

(中海石油有限公司 湛江分公司, 广东 湛江 524057)

**摘要:** 莺琼盆地具有巨大的天然气资源, 除现有的几个已投产大气田外, 其勘探程度还比较低。由于莺琼盆地探井较少, 很难了解速度纵横向变化趋势, 同时在实际工作过程中遇到速度标定存在大的误差问题, 这对于钻井部署工作造成困难。主要遇到两个难题: 一是采用周边已钻井的时深关系, 预测深度与实钻深度存在较大误差; 二是莺歌海盆地东方底辟区 DF1A 井 VSP 标定速度与区域速度存在较大的偏差。笔者针对两大速度难点展开方法研究, 提出了具有针对性的方法思路, 提高了探区速度预测的准确性。

**关键词:** 速度预测; 误差分析; 莺琼盆地; 东方底辟; 剥层法

**中图分类号:** P631.4      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000 - 8918(2013)04 - 0603 - 05

中国海油西部海域具有较大的天然气资源量, 莺琼盆地是南海西部油田的主要天然气勘探区<sup>[1-4]</sup>。莺琼盆地属于整体勘探程度比较低的探区, 探井较少, 很难了解区域速度的纵横向变化趋势, 因而遇到了速度标定存在误差的问题, 由于速度的误差, 造成钻前有利目标准确预测的困难程度加大。

对莺琼盆地近两年来勘探钻井情况分析, 认为这两个天然气气田在勘探速度预测过程中, 存在不常见但又非常重要的两个问题: 一是采用周边已钻井的时深关系来预测新钻井的深度与实钻深度存在较大误差; 二是东方底辟区 DF1A 井 VSP 标定速度与区域速度存在较大的偏差。笔者针对这两个方面问题展开研究, 提出了相应的解决思路, 获得了准确的速度预测。

## 1 莺琼盆地地震速度存在问题典型实例

通常情况下, 叠加速度可由速度分析得到。在地层不存在较大倾角的前提下, 把叠加速度等效成均方根速度, 利用 DIX 公式或是其他的一些速度转换公式将均方根速度转换成平均速度完成时深转换<sup>[5-7]</sup>。而实际地质地层存在较大倾角, 地震资料品质好坏不一, 再加上研究区勘探程度较低, 测井较少, 使速度预测准确度降低。

### 1.1 利用已钻井标定时深预测新钻井深度存在较大误差

在海口市钻探了 HK29B 井, 在琼东南盆地宝岛

区钻探了 BD19C 井, 这两口井在钻前时间域都解释为构造高点。预测井深度的方法是采用周边已钻的 HK29A 井和 BD19B 井作为标定井, 并按按照常规速度研究的经验利用 HK29A 井标定的时深关系预测 HK29B 井的深度, 利用 BD19B 井标定的时深关系预测 BD19C 井的深度。同时, 用拟合的速度公式完成区域层位时深转换和目标层位的时深转换, 转成深度域的构造趋势和幅度与时间域基本相同。

随钻及钻后速度对比分析发现: 钻前预测的时深与实钻标定的时深存在较大误差, 钻前预测的深度构造高点, 钻井校正后发生了偏移(图 1), 原来 C 井预测在构造高部位, 但实际钻井目的层深度与 B 井相当。为什么应用周边距离较近的已钻井时深关系预测新钻井深度会出现这么大的误差呢? 针对这类问题应该如何解释, 之后再类似的情况应该如何处理呢?

### 1.2 莺歌海东方底辟区新钻井 VSP 速度与区域速度不一致

莺歌海盆地是我国近海天然气勘探的主战场之一, 可分为中央底辟带、莺东斜坡带和临高凸起等三大勘探领域。2011 年莺歌海盆地东方底辟区 DF1A 井钻探成功, 在高温超压地层发现气藏, 证明了高温超压地层可以成藏, 是成藏认识非常大的理论突破。但是这口井在随钻过程中 VSP 标定速度与东方底辟区区域速度存在较大的误差, 因为底辟区有东方 1-1 大气田, 已钻探井相对较多, 区域速度变化特征

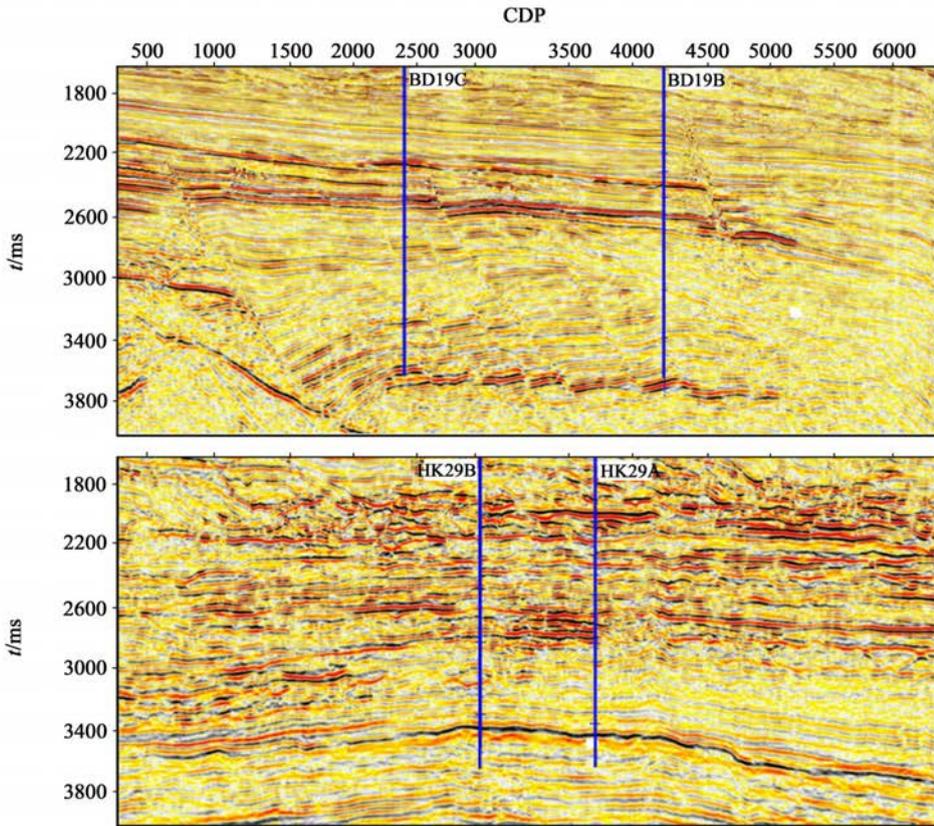


图1 莺歌海盆地某区域典型地震剖面

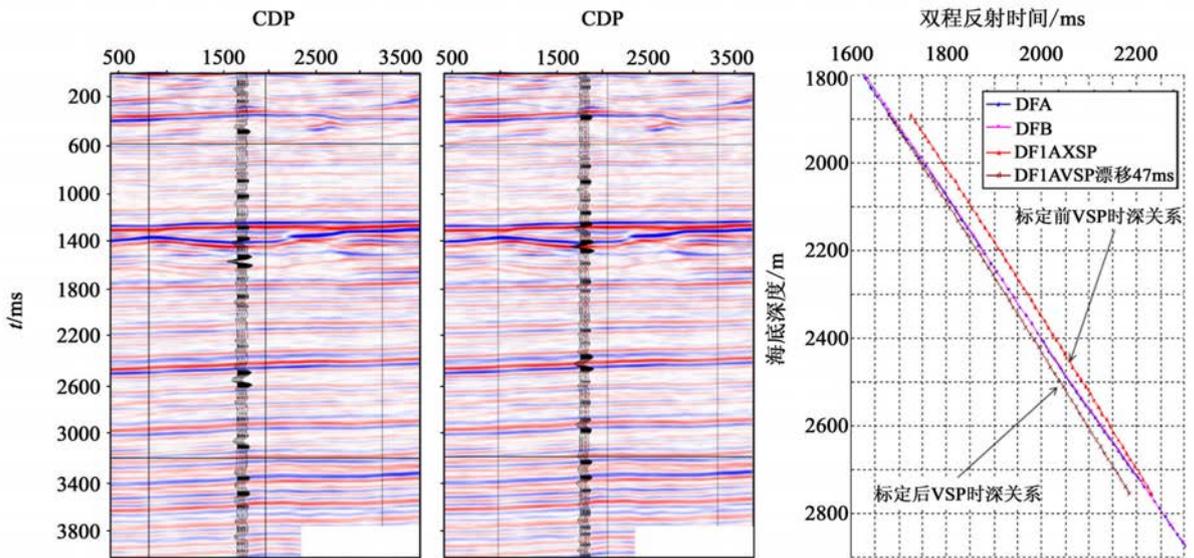


图2 莺歌海盆地某区域 VSP 标定前后速度对比分析

比较明确,但是 DF1A 井中途 VSP 资料进行时深标定发现与区域速度存在较大的误差(图 2),无论是标定前后都与区域速度存在误差。同为底辟区周缘,为什么 DF1A 井会与已钻井区域速度有误差呢?针对这种误差应该如何校正呢?

## 2 解决思路、方法探讨及应用效果

速度研究是地球物理工作的重点,是提交勘探

目标和钻井设计的基础<sup>[8-14]</sup>,针对前面提出的两个难点问题,经过大量研究提出以下两点相应的解决对策。

### 2.1 精细速度解释结合剥层法进行时深关系预测

通过过井典型剖面图 1 和单井的速度(两口井钻后分层层速度)分析对比(图 3)可以看出:在 T40~T52 之间, BD19B 井的层速度都比 BD19C 井高,而 T52 以下 BD19B 井的层速度发生倒转都比

BD19C 井低;从单井的速度趋势上看, BD19B 井在 T52 以下出现速度反转存在压力异常<sup>[15-19]</sup>, 而 BD19C 井从浅到深层速度随深度的增加而增大, 没有明显的速度反转现象。所以对于预测 BD19C 的

时深关系而言, 利用 BD19B 井单井 VSP 拟和公式的方式存在明显的问题。速度预测误差产生的主要原因为低速泥岩段在两口井的分布厚度不同, 两口井间呈楔状体特征。

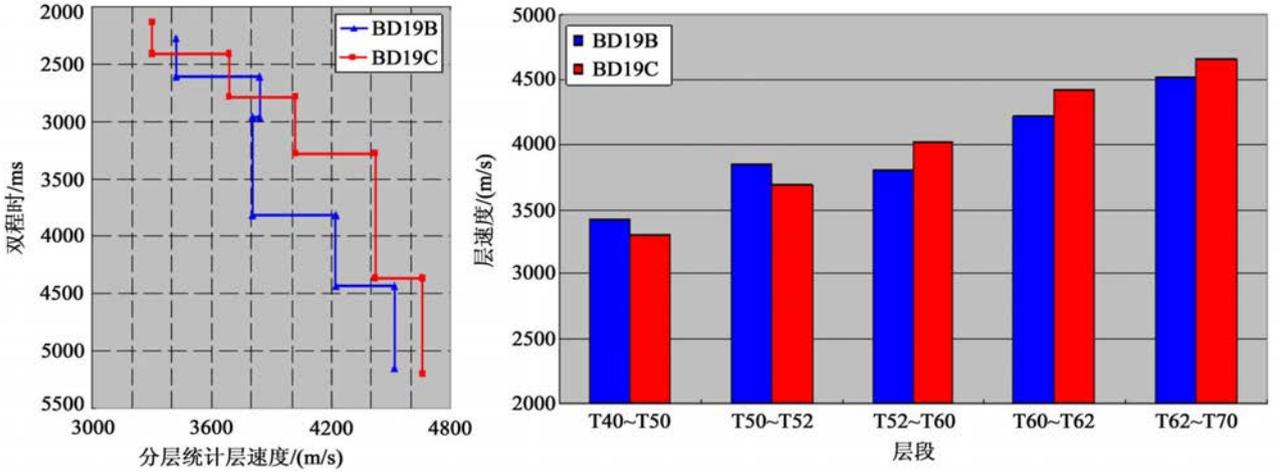


图3 莺歌海盆地某区域单井层速度对比分析

针对利用已钻井时深关系预测新钻井会出现较大误差的问题, 解决思路为: ①已钻井标定层位及岩性: 通过合成地震记录、录井岩性和地质分层, 准确地标定低速泥岩的时间界面, 然后沿此界面进行层位区域解释; ②沿标准层速度解释, 精细速度分析: 将地震解释层位以常速度的形式投影到速度谱解释工区中, 速度解释时基本按照沿标准层的方式来拾

取速度(图4), 这样得到的层速度具有一定的地质意义<sup>[20-22]</sup>, 而且解释时可通过加密层位和速度谱点的方式来提高垂向及纵向分辨率; ③剥层法完成单井及目的层段的时深转换: 在正常速度变化段采用已钻井 VSP 拟和时深关系公式来预测时深关系, 异常速度段采用区域层位和精细速度分析结果, 利用剥层法的方式完成时深关系预测。

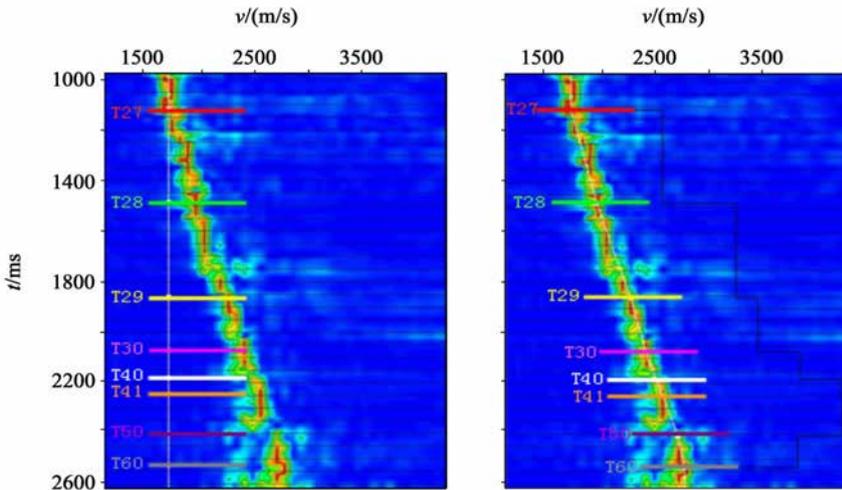


图4 莺歌海盆地某区域速度谱沿层速度拾取

### 2.2 结合已钻井、层位和地质分层校正速度模型, 构建高精度速度体

针对同为底辟区周缘, 但 DF1A 井与已钻井区域速度存在误差的问题, 提出速度体构建及校正研究思路(图5)。分两步法对速度模型进行速度校正: 第一步为测井 VSP 或声波速度曲线模型校正地震速度模型, 采用层速度差值法校正思想; 第二步为

地质分层和时间层位匹配校正速度模型, 采用层速度比值法校正思想。速度模型建立及校正过程中有三个质控点: ①单井 VSP 或声波速度的合理性, 去除测井声波或 VSP 资料的异常点; ②地质分层与时间层位的匹配与闭合关系; ③速度模型校正前后的误差对比, 通过误差校正量直方图统计看校正误差是否减小而且基本符合正态分布。

### 2.3 应用效果分析

利用前面的速度分析方法及校正思路建立莺歌海盆地东方底辟区的速度模型。首先,层速度模型速度的纵横向变化特征比较清楚,在底辟中心区由于底辟高压的存在层速度比较低,与地质认识也比较一致;最后,通过误差校正量对比可以看出,各井地质分层在速度模型校正前深度误差为 -30 ~ 10 m,而且分布特征也不满足正态分布,而校正后的深度误差为 -3 ~ 3 m,误差很小并且满足正态分布特征(图 6),说明速度校正方式合理。

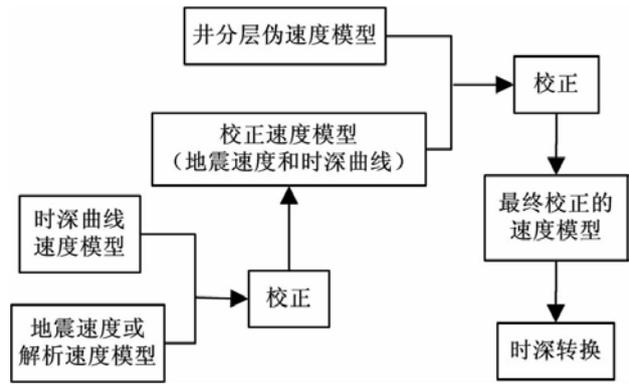


图 5 速度模型校正流程

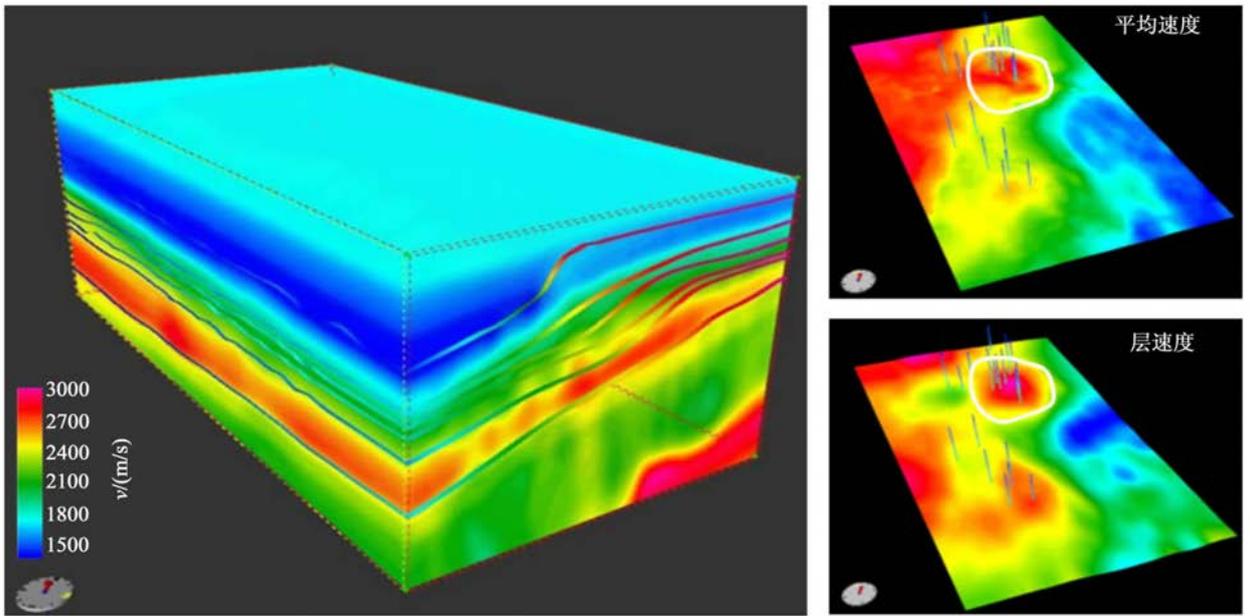


图 6 莺歌海盆地某区域速度校正前后误差对比直方图

### 3 结论及认识

对于海洋天然气勘探,类似莺歌海盆地这样勘探程度比较低的探区,若要完成钻前准确预测有利目标的速度及时深关系难度比较大。笔者结合速度预测过程中的认识误区和不常见的问题,有针对性的对每类问题进行了方法研究和解决思路探讨,最终结合实际资料证明方法的有效性。主要有以下两点认识。

(1)为了减小由于井间地层岩性及埋深变化引起的速度预测误差,得到较准确的深度构造图:首先要将地震层位和速度谱按照地质分段模式和标准层模式进行重新解释;其次将测井速度及速度谱速度也按此模式统计层速度;最后利用剥层法完成深度构造图。这种方法适用于任何类似于莺歌海盆地这样勘探程度比较低的探区。

(2)速度体建立时要根据不同的研究目标和基

础资料采用不同思路和时深转换方法构建;测井速度与地震速度为两套系统测得,必然存在系统误差;所以要以单井资料、层位和地质分层资料为基础对建立的速度模型作适当的校正。

#### 参考文献:

- [1] 陈希仁. 莺歌海盆地莺东构造带勘探前景分析[J]. 天然气工业,1991,19(1):31-34
- [2] 何家雄,洗仲猷,杨希冰,等. 莺歌海盆地莺东斜坡带油气地质条件及近期勘探领域探讨[J]. 中国海上油气:地质,2001,15(4):242-248
- [3] 何家雄,夏斌,张树林,等. 莺歌海盆地异常高温高压环境下天然气运聚成藏规律[J]. 海洋地质与第四纪地质,2006,26(4):81-89
- [4] 李列,宋海斌,杨计海. 莺歌海盆地中央拗陷带海底天然气渗漏系统初探[J]. 地球物理学进展,2006,21(4):1244-1247
- [5] 陈瑜,魏赞,葛勇. 东海盆地 L 凹陷多次波分析与压制[J]. 中国海上油气:地质,2004,16(6):373-376
- [6] 郝芳,董伟良,邹华耀,等. 莺歌海盆地汇聚型超压流体流动及

- 天然气晚期快速成藏[J]. 石油学报, 2003, 24(6): 7-12
- [7] 蔡刚, 屈志毅. 构造复杂地区地震资料速度和成图方法研究与应用[J]. 天然气地球科学, 2005, 16(2): 246-249
- [8] 刘爱群, 童传新, 李林. 莺东斜坡带速度分析方法研究及速度影响因素分析[J]. 地球物理学进展, 2008, 23(6): 1909-1917
- [9] 刘爱群, 李强, 陈殿远, 等. 天然气勘探速度预测过程中存在的问题及方法探讨[J]. 地球物理学进展, 2011, 26(4): 1312-1319.
- [10] 刘江平, 杨永清, 李修忠. 复杂地形条件下地震速度提取方法及分析[J]. 物探与化探, 1999, 23(4): 259-264
- [11] 刘启凤. 地震资料成像和构造成图中速度的分析与应用[J]. 江汉石油大学学报, 2003, 17(4): 52-54
- [12] 刘天佑, 黎益仕, 师学明. 地层压力预测方法及其在莺歌海盆地的应用[J]. 中国海上油气: 地质, 1995, 9(5): 333-339
- [13] 何家雄, 李明兴, 黄保家. 莺歌海盆地北部斜坡带油气苗分布与油气勘探前景剖析[J]. 天然气地球科学, 2000, 11(2): 1-9
- [14] 孟庆生, 楚贤峰, 郭秀军, 等. 高分辨率数据处理技术在近海工程地震勘探中的应用[J]. 地球物理学进展, 2007(3): 1006-1010
- [15] 田世澄, 陈永进, 施凤成, 等. 异常压力封存箱在油气成藏中的作用[J]. 地学前缘, 2004, 11(3): 283-284
- [16] 谢瑞杰, 朱广生, 漆家福, 等. 声波测井资料在速度场中的应用[J]. 西南石油学院学报, 2003, 25(1): 9-12
- [17] 王立明, 李庆春. 选择相关法提高转换波速度分析精度[J]. 地球物理学进展, 2006, 21(4): 1213-1220
- [18] 王德利, 何樵登, 韩立国. 裂隙各向异性介质中的 NMO 速度[J]. 地球物理学进展, 2007, 22(6): 1698-1705
- [19] 叶勇, 孙开峰. 密点速度分析技术在塔河油田西南部低幅构造中的应用[J]. 地球物理学进展, 2008, 23(1): 124-128
- [20] 张发强, 王震亮, 吴亚生, 等. 消除影响压实趋势线地质因素的方法[J]. 沉积学报, 2002, 20(2): 326-332
- [21] 张鸿烈, 邓金华. 用地震速度谱信息寻找地下油气藏的方法[J]. 石油地球物理勘探, 1996, 31(2): 53-59
- [22] 张印堂. 渤海 6 地区高精度处理技术[J]. 地球物理学进展, 2005, 20(1): 49-53

## THE PROBLEM OF DRILLING VELOCITY OF EXPLORATION IN YINGQIONG BASIN AND THE METHOD FOR ITS SOLUTION

LIU Ai-qun, CHEN Dian-yuan, LI Qiang, WANG Li-jun  
(Zhanjiang Branch of CNOOC Co., Ltd., Zhanjiang 524057, China)

**Abstract:** The Yingqiong basin possesses abundant natural gas resources; nevertheless, except for a few large gas fields which have already been put into production, the exploration extent there is rather low. As the drill holes are insufficient in this basin it's very difficult to understand the longitudinal and horizontal variation trends of the velocity. Besides, the work of velocity calibration often encounters remarkable errors, which causes difficulty in drill hole employment. There exist mainly two difficult problems: one is the existence of considerable error between the predicted depth and the drilling depth when the time-depth relationship of the surrounding drilled well is adopted; the other is the existence of rather large deviation between the VSP calibration velocity of DFIPO well in Dongfang diapiric area of the Yingqiong basin and the regional velocity. Aimed at solving these two difficult problems, the authors conducted methodological study and put forward effective train of thought and means, thus improving the accuracy of velocity prediction in the study area.

**Key words:** velocity forecast; error analysis; Yingqiong basin; Dongfang diapiric area; stripping layer method

**作者简介:** 刘爱群(1981-),男,内蒙古乌兰浩特人,硕士,毕业于中国海洋大学海洋地球科学学院,从事综合地球物理研究。现在中海石油有限公司湛江分公司研究院从事地球物理技术研究。