

英买7—9井区下第三系地震储层横向预测

张春生

(江汉石油学院, 湖北荆沙 434102)

储层横向预测是在少数钻井条件下, 主要利用地震资料结合测井及地质信息对储层进行早期研究的投入少、见效快的方法。本文利用二维及三维地震资料对英买7—9井区下第三系底砂岩的储层分布特征、储层厚度、孔隙度、渗透率及含油饱和度进行了预测, 取得了良好的效果。地震储层预测的关键是层位的精细标定及制作PIVT剖面。

关键词 储层预测 层位标定 层速度 PIVT剖面 孔隙度

作者简介 张春生 男 35岁 硕士 沉积学和地球化学

用地震方法横向预测油气储层是以地震信息为主, 综合测井、地质、钻井、分析化验等资料研究储集层分布、岩性、厚度、岩石物性特征、所含流体以及油气藏状况的一项综合性研究。近几年储层横向预测在国外发展很快, 我国东部油田也正在逐步提高预测水平, 并在薄层储层、河道砂、砂岩上倾尖灭、储层物性、含油范围、有效厚度、裂隙发育带预测等方面取得了长足进展。储层横向预测紧跟现代科学的发展, 采用了多种先进技术, 如VSP资料对储层层位进行准确标定技术、高分辨技术、三维资料精细解释技术、PIVT剖面技术, 沿层提取信息技术、模型正演技术、人机联作解释技术以及测井资料的充分利用等。上述技术的结合使得在较少数钻井条件下, 有可能对储层作出较准确地预测。

1 区域地质概况

英买7—9井区位于塔里木盆地西北部塔北隆起西段, 东临东河塘油田, 距沙雅县城60km(图1)。在二维地震勘探的基础上, 1992年又在该区完成282km²的三维地震, 范围以英买7—9井区为中心, 测网密度达到1km×1km。目前该区已完钻8口井, 其中英买7(YM7), YM9, YM701, YM702井在下第三系底砂岩中获得高产油流。

YM7—9井区构造为一短轴背斜, 长轴长4.75km, 短轴长3.13km, 长轴/短轴为1.5。北翼陡, 南翼缓, 构造顶部由南至北发育3排北东向正断层, 断距一般小于30m, 将背斜切割成北、中、南3部分。圈闭面积10.4km², 闭合幅度70m。

区域研究成果表明, 加里东运动之后, 英买力地区海水逐渐退出, 从而接受陆相沉积。晚海西运动使本区地形高差增大, 形成扇三角洲分流河道沉积与湖相沉积互层状砂泥岩。晚白垩世之后, 英买力地区主要为湖相与三角洲分流河道交互沉积, 物源来自东南方向。下第三系底部储层就是在这一背景上形成的, 岩性可以分为上、下两段, 上段为暗棕色膏质泥岩、粉砂质泥岩及膏岩, 厚167~212m; 下段主要为浅灰白色粉细砂岩, 中细砂岩, 厚10~57m, 该段是下第三系主要储集层。

2 下第三系底砂岩层位精细标定

精细的层位标定是地震储层横向预测的关键和基础。速度场分析表明, 英买力地区地震波在下第三系膏泥岩中传播速度比在砂岩中快。膏岩与下部含气砂岩之间的速度差可以达到500~750m/s, 反射系数为-0.067~-0.097, 足形成很强的反射。为此, 制作了YM7、YM9、YM701、YM901、YM702等井的声波合成记录, 并利用YM7井的VSP测井资料, 标定井旁伪速度地震道和波阻抗剖面。标定结果(图2)表明: 下第三系底砂岩顶对应于SEG正极性剖面的最强波谷处, 砂岩底对应于SEG正极性剖面的最强波峰处, 砂岩顶底对应于井旁伪速度曲线的半幅点。由于这组反射波组在全区十分稳定, 反射界面可以连续追踪, 其地震参数的变化实际上反映了下第三系底砂岩的岩性、物性及含油气性的变化。这样就下第三系储层砂岩的顶底精确标定在地震剖面上。

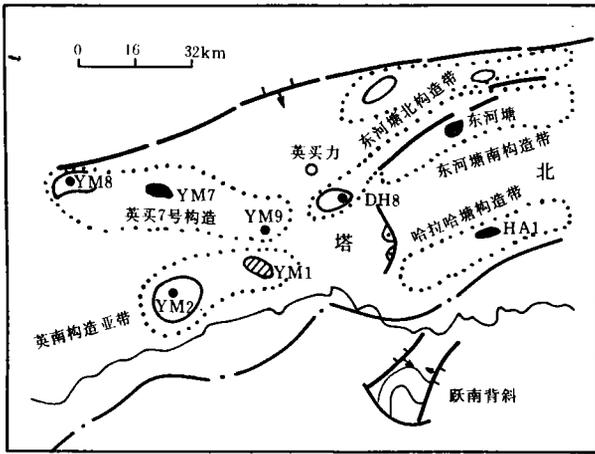


图 1 英买 7-9 井区位置图

3 合成声波测井技术的基本原理及应用

3.1 基本原理

借助于声波测井曲线、地震反演技术可以将井旁地震道转换为声波测井道，变成类似测井的声波速度曲线，然后进行相关外推，得到合成声波测井曲

线剖面(简称 PIVT 剖面、伪速度剖面或波阻抗剖面)。当曲线的基本特征与通过钻井实测的声波速度曲线(一般经过滤波处理)形状一致时,说明反演成功。此时便可在合成声波测井曲线上标定油层组,并在 PIVT 剖面上追踪目的层速度的横向变化。通过分析目的层速度的横向变化,就可了解储层形态、结构及物性特征,从而达到对储层进行横向预测的目的。因此,地震速度信息是进行地震储层横向预测的主要依据。

YM7-9 井区在 PIVT 剖面处理中采用的是 YM7 井单井约束地震伪速度测井反演方法。将 YM7 井井旁地震道反演的伪速度曲线与该井声波曲线相比较(图 2),两曲线特征基本相似,说明反演是成功的,可以用反演的 PIVT 剖面(图 3)来进行储层横向预测。利用 YM7 井的合成记录对储层进行标定,波谷速度低,对应砂岩层,波峰速度高,对应泥岩层。根据不同的速度值横向追踪,就可绘制出储层平面分布、孔隙度、渗透率以及含油饱和度等物性参数的横向变化情况。

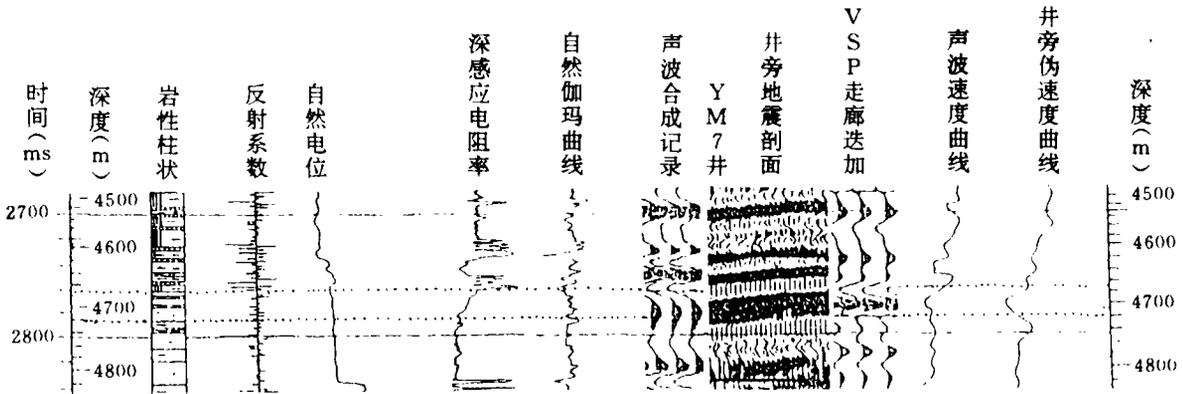


图 2 YM7 井下第三系砂岩层位标定图

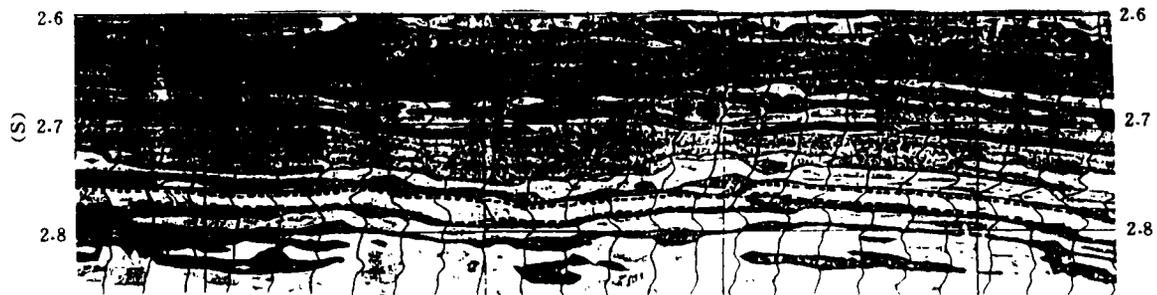


图 3 英买 7 号构造 S-87-77 PIVT 剖面

3.2 利用速度信息预测砂体分布

根据相分析,英买力地区下第三系为滨浅湖与三角洲分流河道交互沉积,储层主要为细砂岩,厚度在 10~57m 内变化。由 PIVT 剖面可知,层速度发

生了规律性的变化。根据层位标定,下第三系底砂岩储层速度一般在 3570~3810m/s 范围内,速度越低,反映物性越好,孔隙度也越高;速度越大,反映物性较差,岩性致密。提取 3810m/s 作为门限,圈定了

构造范围内下第三系底砂岩的平面分布(图 4)。由图 4 可以看出,在英买 7—9 井区,下第三系砂岩层分布面积较大,在构造范围内几乎都可钻遇。另外,速度值的大小反映储层特征的差异。

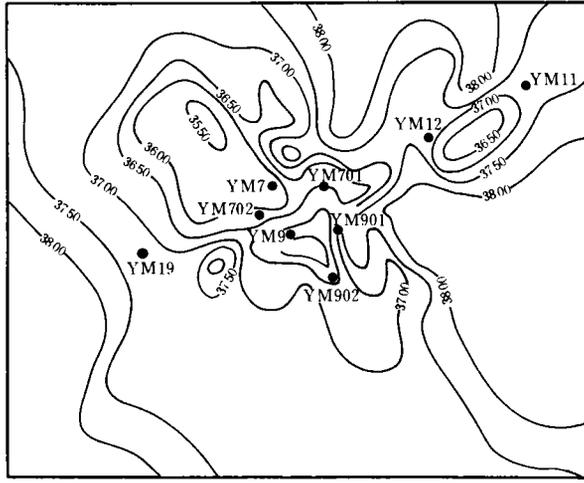


图 4 下第三系底砂岩砂体分布图

3.3 地层及储层厚度的预测

根据标定结果,在 PIVT 剖面上追踪下第三系砂岩的顶底界面。由顶底时差 dt 及层速度 V_i ,利用 $dH=V_i \times dt/2$ 关系式即可求得砂岩段地层厚度,然后再进行井控校正。方法是 将地震资料计算的厚度与钻井数据比较,求取一个厚度误差的比例系数 K ($K = \text{钻井厚度} / \text{地震厚度}$),根据各井点的 K 值,利用内插法,编制出 K 值平面图,用该图对地震资料计算的地层厚度进行校正,便可得到井控的砂岩段地层厚度图。

对于储层厚度,经连续频谱分析,目的层主频为 34Hz,按 3810m/s 的层速度计算,地震垂向可分辨的厚度约为 28m。因此,对于下第三系 10~57m 范围内变化的底砂岩,有一半的砂岩储层将难以分辨。所以要精确刻划砂层在构造范围内的厚度变化,必须进行方法上的改进。

目前,用地震资料确定薄层的方法有两种,一是振幅法,该法计算厚度往往偏大。实践证明,采用振幅-频率双变量法可以克服前两种方法的缺陷。计算公式为:

$$H = \sqrt{\frac{C}{F_m} \arcsin\left(\frac{A}{A_0}\right)}$$

其中: A_0 为调谐振幅, F_m 为目的层主频, C 为待定常数。本文利用上述双变量法确定了下第三系底砂岩厚度并绘出等高线图,分辨率可以达到 5m(图

5)。由图 5 可以看出 YM7—9 井区构造范围内储层具有三厚两薄的条带状分布特点,自北向南依次出现高→低→高→低→高条带,最厚约 45m,最薄 5m。这种厚度分布是沉积相带决定的,说明研究区内当时发育 3 条分流河道,砂层相对较厚,砂层相对较薄之处则是分流河道间沉积。此外,与钻井实际厚度相比, YM7 井实钻砂层厚度 47m,预测厚度 45m, YM9 井实钻厚度 21.5m,预测厚度 20m; YM901 井,实钻厚度 11m,预测厚度 13m。由此可知,预测误差一般小于 2.5m,说明预测结果是准确的。

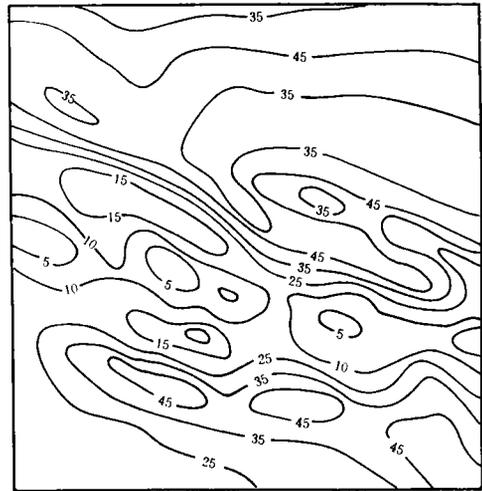


图 5 预测储层厚度平面图(m)

3.4 储层孔隙度预测

研究储层孔隙度的分布是准确进行储量计算,优化开发方案的基础,也是进行储层横向预测的关键。对于 YM7—9 井区,弄清孔隙度的分布特征是指明下一步勘探方向,提高钻探成功率的重要途径。

储层孔隙度的变化将引起岩石密度的改变,当地震波穿过孔隙发育层时,导致地震波速度、波阻抗、反射系数的差异。建立孔隙度与层速度、波阻抗及反射系数等地震参数的对应关系,通过已知数据标定,可将层速度等地震参数转化为孔隙度参数,这是目前根据地震资料研究孔隙度的理论依据。但在实际计算过程中,由于岩性及物性的急剧变化,造成地层结构变化较快。因为,各个层的地层速度很难求准,并由此造成由层速度计算的储层孔隙度并不能真正反映地层实际情况。熊琦华(1994)提出了一种新方法,认为在所有可利用的地震参数中,能检测和求取的精度最高的是地震波旅行时,因此,使用换算为单位厚度的储层垂直旅行时($\mu\text{s}/\text{m}$)来研究储层孔隙度更为准确可靠。

在 YM7-9 井区下第三系底砂岩的储层孔隙度预测中,运用上述观点,并采用克里金方法。基本思路是储层地震波旅行时既包含了孔隙度信息,又受其它因素的影响,而后者与孔隙度不相关,可视为干扰背景。全面考虑孔隙度空间分布的层次性和随机性双重特点,那么旅行时参数 $t(x)$ 可表示为孔隙度参数 $P(x)$ 与干扰因素 $n(x)$ 之和,即:

$$t(x) = P(x) + n(x)$$

由此可见,用旅行时预测孔隙度参数是一去掉干扰背景的滤波过程。通过一定的条件约束机制,使孔隙度参数的均方误差最小,从而得到 YM7-9 井区下第三系底砂岩段的孔隙度,最后利用内插技术进行井控校正,便得到了与钻井资料符合的孔隙度分布平面图(图 6)。图 6 表明,在研究区的北部和南部存在着两个高孔隙度发育带,孔隙度值一般在 20%~25% 之间,研究区中部为一低孔隙度发育带,孔隙度值一般小于 15%。孔隙度的这种分布特征与砂体厚度变化规律一致,受沉积环境和沉积相带的制约。

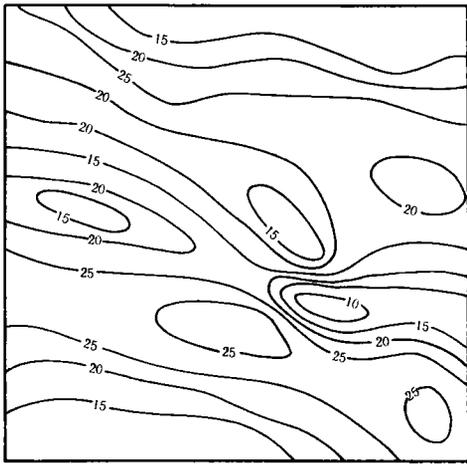


图 6 预测孔隙度分布图

3.5 渗透率的预测

根据分析,对于纯净砂岩,储层的渗透率主要由孔隙大小决定,孔隙度的影响较小;而对于有一定泥质含量的砂岩来说,孔隙大小对渗透率的影响不大,而孔隙度成为决定因素^①。YM7-9 井区下第三系底砂岩泥质含量一般 5%~15%,因此,孔隙度对渗透率有决定性影响,说明孔、渗之间存在着紧密的函

数关系。根据 YM7、YM9、YM701、YM902 井的测井储层数据,分井拟合各井的对数关系,均呈近线性分布。为了使预测结果更为准确,本文采用多项式回归方法进行拟合,其函数关系为:

$$\ln K = -2.23243 + 0.294082\varphi - 0.0036835\varphi^2$$

并以此求出下第三系底砂岩渗透率的平面变化(图 7)。从图中可以看出,渗透率的平面变化特征与孔隙度非常相似,亦在研究区的南部及北部存在两个高渗透率发育带,大小在 $1000 \times 10^{-3} \sim 1500 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 范围内,并存在局部渗透率特高点,研究区中部为一相对低渗透率带,一般为 $250 \times 10^{-3} \sim 500 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,研究区边缘地带 K 值亦减小。

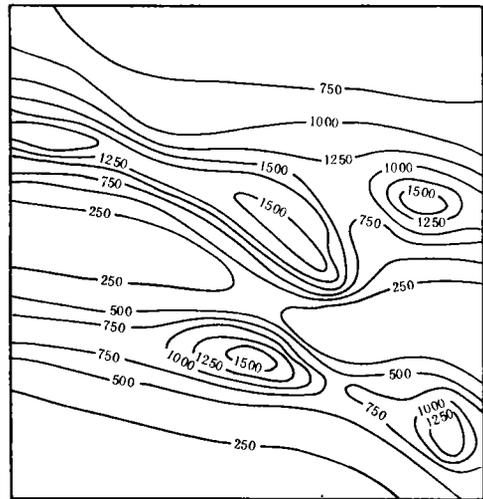


图 7 预测渗透率分布图 ($10^{-3} \mu\text{m}^2$)

3.6 含油饱和度预测

根据油气运移原理,油藏内各点的含油饱和度主要受油水界面的相对高度和孔隙度的影响(丁次乾,1992)。据此,利用研究区内各井的测井储层解释成果,按某一孔隙度值提取深度与含油气饱和度数据对,在油水界面以下选取基准面(参考邻区,选 4700m 为基准),拟合了 12%, 14%, 16%, 18%, 20%, 22%, 24%, 26% 8 个孔隙度条件下的相对于基准面的高度与含油饱和度的关系:

$$dH = B \cdot e^{\alpha S}$$

式中, dH 为相对于基准面高度; S 为含油饱和度, B 、 α 为某一孔隙度条件下的常数。

由此得出:

① 陈永斌等.《塔里木盆地储层与盖层》,八五研究成果,内部资料

$$S_o = \frac{\ln dH - \ln B}{\alpha}$$

利用上式对含油饱和度进行计算,得 YM7—9 井区

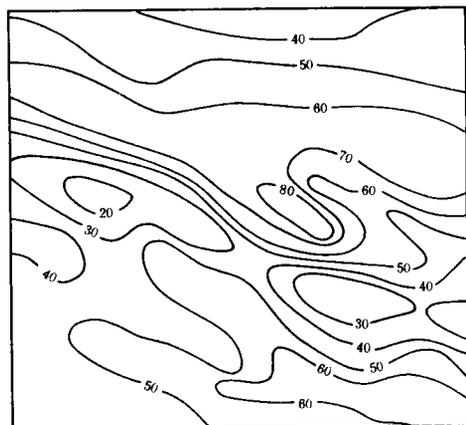


图8 预测含油饱和度分布图(%)

下第三系底砂岩的含油饱和度平面图(图8)。图8说明,最高的含油饱和度分布在研究区北部,最高值为80%,与试油结果一致。

上述储层分布特征及各类参数的预测说明在较少钻井的情况下,主要利用地震资料对储层进行早期预测和评价是可行的、可信的。

参 考 文 献

- 1 熊琦华. 岩石物理相研究方法初探. 石油大学学报, 1994, 18(3): 96~102
- 2 丁次乾. 矿场地球物理. 山东东营: 石油大学出版社, 1992: 206~239

(收稿日期: 1996年12月19日)

RESERVOIR TRANSVERSE PREDICTION BY SEISMOLOGY FOR Eogene IN YM 7—9 WELLS REGION

Zhang Chunsheng

(Jiangnan Petroleum Institute, Hubei, 434102)

Abstract

The method of reservoir transverse prediction is inexpensive and effective, which is often used to make a preliminary study on a reservoir in the case of few wells available, using seismic data in combination of logging and geological information. The paper uses 2-D and 3-D seismic data to predict the distribution characteristics, thickness, porosity, permeability and oil saturation of Eogene bottom sandstones in YM 7—9 wells region. The results are satisfactory. The key to a reservoir prediction by seismics is a precise demarcation of the horizon and making a PIVT section.