

## 轮南地区碳酸盐岩油气藏的地震响应特征\*

徐 峰, 杨金华, 张耀堂, 徐振宏

(塔里木石油勘探开发指挥部, 新疆库尔勒 841000)

摘要: 塔里木盆地轮南地区奥陶系碳酸盐岩油气藏的地震响应特征十分明显, 主要表现在(1)碳酸盐岩中裂隙发育处的阻抗差变小、反射能量减弱, 致使反射波振幅明显变低;(2)裂隙发育之处高频信号衰减较快, 因而反射波的频率降低;(3)孔隙中若充注有液体会使地层对地震波的吸收系数明显增大;(4)孔隙中所含流体的波阻抗远小于碳酸盐岩, 孔隙中若有流体, 其波阻抗值会明显降低。经对钻井统计分析, 其前3项特征的符合率均较高, 达87%~90%;最后一项因储集空间的极度不均一, 影响了横向的分辨率, 符合率仅65%。

关键词: 碳酸盐; 岩油气藏; 振幅; 频率; 吸收系数; 波阻抗

第一作者简介: 徐峰, 男, 35岁, 高级工程师, 石油物探

中图分类号: P631.4 文献标识码: A

轮南地区位于塔里木盆地北部, 该区碳酸盐岩油气藏属奥陶系潜山类型, 主要受储层物性控制。由于该区碳酸盐岩油气藏埋藏在5 000 m以下, 以及储层的极度不均质性, 使得油气勘探的成本和风险较高。通过粘弹性正演模型、小波高频检测、小波吸收系数和波阻技术的应用, 我们发现轮南地区奥陶系碳酸盐岩油气藏具有低振幅、低频率、高吸收以及低阻抗等4项特征。

## 1 低振幅

低振幅是轮南地区奥陶系碳酸盐岩油气藏最重要、最明显、最可靠的特征。理由如下:

(1) 该地区奥陶系成藏条件之一是碳酸盐岩储集层被阻抗较低的泥岩所覆盖, 如果某一区带碳酸盐岩储集层物性变好而含油气, 那么碳酸盐岩和泥岩之间的波阻抗差会变小, 反射同相轴振幅必然降低。

(2) 根据各相异性的理论, 如果碳酸盐岩中裂隙发育, 那么地震波入射到裂隙面上就要发生分裂, 形成P波、SH波、SV波等, 而常规地震勘探只接收反射P波, 其能量比正常情况下要低, 导致在地震剖面上反射同相轴振幅降低。

(3) 根据粘弹性理论, 岩石品质因子大小的差

异也能改变反射同相轴振幅的大小, 岩石品质因子的差越大, 反射振幅越高; 岩石品质因子的差越小, 反射振幅就越低。当碳酸盐岩储集层物性变好而含油气时, 其品质因子会接近于上覆泥岩的品质因子, 反射同相轴振幅必然降低。

在地震剖面上, 反射同相轴的振幅强弱直观, 而且无须像反演波阻抗那样须再作处理, 所以它的可靠性比别的参数要高。

在轮南斜坡带上选取典型的4口探井来说明碳酸盐岩油气藏的低振幅特征。图1中Tg5反射

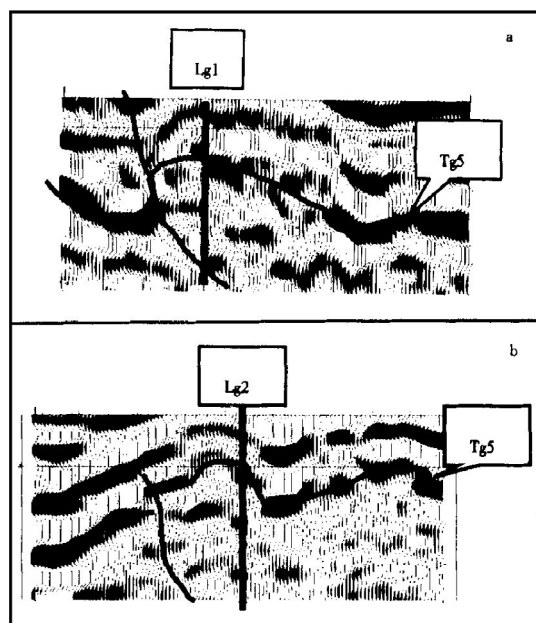


图1 Lg1和Lg2井的地震剖面

Fig. 1 Seismic profile of Lg1 and Lg2 wells

\* 本文属国家“九五”重点科技项目“塔里木盆地油藏描述和储层预测技术及应用”子课题(96-111-01-08-04)成果。

收稿日期: 1999-03-01

同相轴相当于奥陶系碳酸盐岩顶面(下同), Lg1 和 Lg2 井是高产油气井, 地震剖面显示奥陶系碳酸盐岩

顶面反射是弱反射。Ln33, Ln12 井是干井, 地震剖面显示奥陶系碳酸盐岩顶面反射是强反射(图2)。

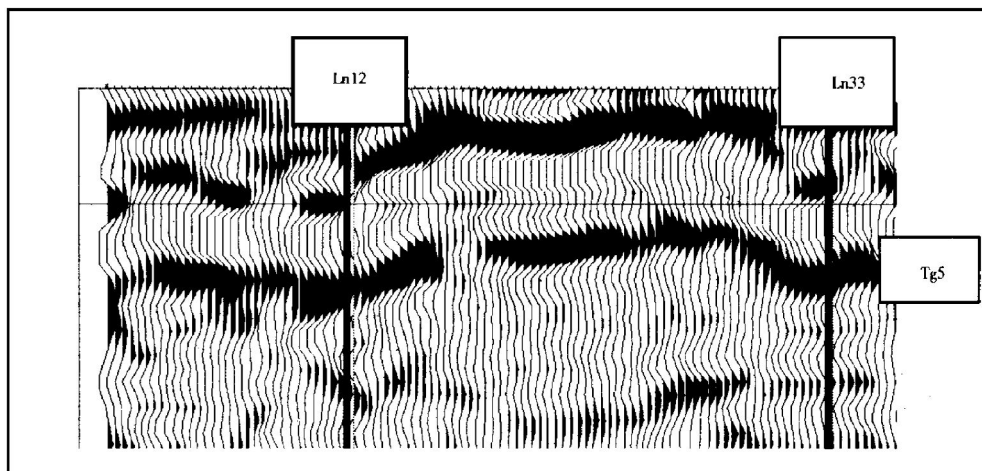


图2 穿过 Ln12 和 Ln33 井的地震剖面

Fig. 2 Seismic profile across Ln12 and Ln33 wells

我们对轮南斜坡带上所有 23 口井进行了统计, 满足“碳酸盐岩油气藏对应低振幅”这一命题的概率在 90% 以上。

## 2 低频率

粘弹性波动理论认为: (1) 波在粘弹性介质中传播其能量是要衰减的。介质对不同频率的波其衰减大小是不同的, 高频波衰减得快。(2) 即使波的频率相同, 不同性质的岩石其衰减系数也不同。根据我们的研究结果, 轮南奥陶系碳酸盐岩的衰减

系数与密度、孔隙度, 及孔隙中含有流体的性质等都有关系。孔隙度越大, 衰减系数也越大。碳酸盐岩储集层一旦物性变好而含有液体时, 地震波的频率将会下降。

根据这一基本思想, 我们提出了小波高频检测技术, 把能反映碳酸盐岩储集层物性和含液体性质的某一高频成分的能量从地震剖面中提取出来, 得到小波高频检测剖面, 用于油气藏检测\*。

图3是轮南地区典型井的小波高频检测剖面, 高产井 Ln8 井处在低频区内, 干井 Ln12, Ln33 井处

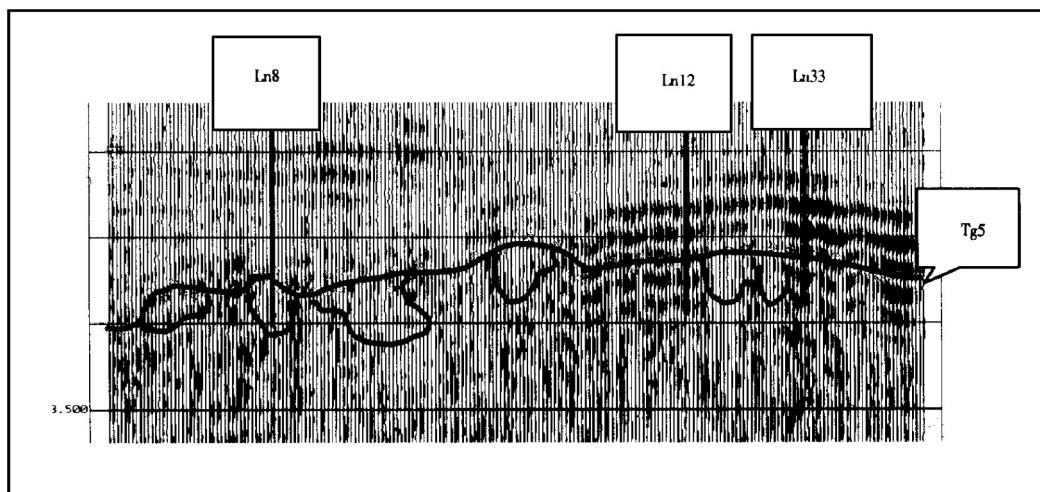


图3 Ln8- Ln12- Ln33 井的小波高频检测剖面

Fig. 3 Wavelet high amplitude detection profile across Ln8, Ln12 and Ln33 wells

在高频区内。我们对斜坡带上的三维地震资料进行了高频检测处理, 所有 23 口井, 满足“碳酸盐岩油气藏对应低频”这一命题的概率也高达 90% 以

上。

\* 徐峰. 粘弹性理论在轮南碳酸盐岩储层预测中的应用. 成都理工学院工学博士学位论文, 1998

### 3 高吸收

所谓的吸收是指地震波能量的损耗,这种损耗不包括几何扩散、反射和由于各向异性而产生分裂时振幅的变化。吸收系数是指波传播一个长度单位后能量的损失。

地层对波吸收的机理比较复杂,但在地震波的频率范围内,地震波的主要衰减机制是由于粘滞性的局部流或是由于固体骨架和孔隙液体全局的相对移动的结果引起的,这一点已被人们广泛接受<sup>[1]</sup>。我们通过实验已经证明:本区含有煤油的碳酸盐岩样品比干燥样品的吸收系数要大一倍以上。也就是说,吸收系数的大小能反映地层的含油情况。

用地震剖面求取吸收系数的方法很多,考虑到

轮南地区碳酸盐岩目的层厚度可达数百米以及三维地震资料具较高的分辨率,我们采用“小波频谱比法”求取相对吸收系数,从而保证吸收剖面的精度\*。

Ln34 是干井,在吸收系数剖面上处在低值区;Ln8 井是高产油气井,处在吸收系数的高值区(图4)。通过分析,我们认为在工区内用以上处理流程得到的相对吸收系数如果大于 12,那么其对应的储层物性好,是高产油气井;相对吸收系数如果小于 12 但大于 10.5 那么其对应的储层物性中等,是低产油气井;相对吸收系数如果是小于 10.5,那么其对应的储层物性差,是无油气井。我们对整个工区三维地震资料进行吸收系数剖面处理后,用以上标准进行对比,统计了工区内 23 口井后发现,其符合率达 87 %。

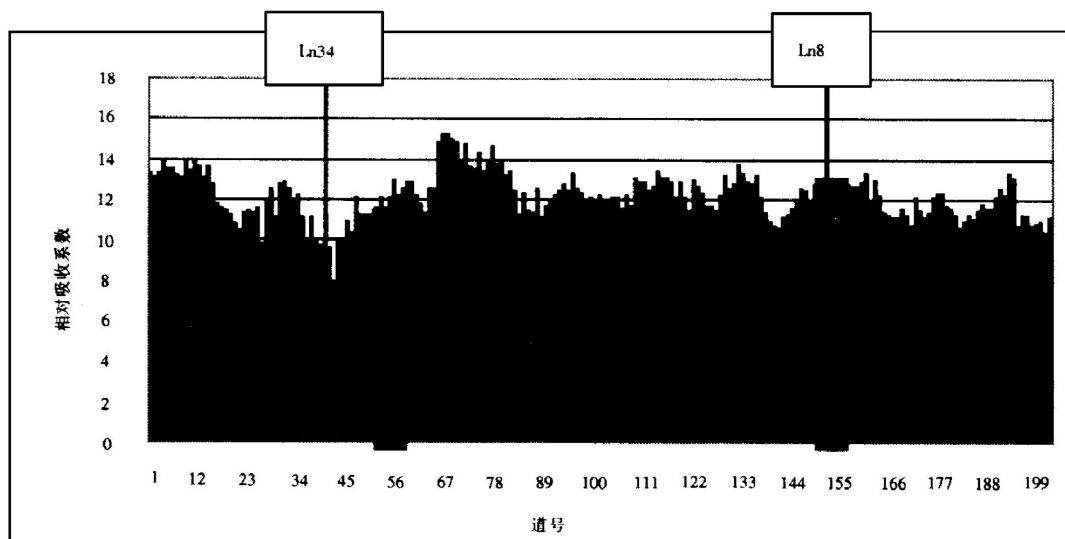


图4 过 Ln34, Ln8 井的相对吸收系数剖面

Fig. 4 Profile of relative absorption ratio across Ln34 and Ln8 Wells

### 4 低阻抗

波阻抗剖面以其明确的物理意义、较高的分辨率,一直受到人们的广泛关注。前面已经强调,本区碳酸盐岩油气藏的成藏条件主要受储层物性控制,由于孔隙中含的油或气的波阻抗远远小于碳酸盐岩基质的波阻抗,故当碳酸盐岩储层物性变好而含有油气时,其波阻抗值就会变小。但是由于本区碳酸盐岩储集空间的极度非均质性,使波阻抗剖面的横向分辨能力受到限制,因此应用效果并不令人满意。井的统计显示低波阻抗对应高产油气井的符合率仅 65 %。

### 5 结论

轮南奥陶系碳酸盐岩储集层的地震响应应具有明显的“三低一高”特征,即:低振幅、低频率、低阻抗和高吸收。如果能充分利用这些特征,遵循碳酸盐岩油气藏的客观规律,那么在该区进行油气勘探的风险将会大大降低。

#### 参考文献

- 1 Batzle M, Han De-hua, Castagna J, et al. 地震频率的衰减和速度弥散[A]. 见:地质矿产部石油物探研究所情报室,中国石油天然

\* 徐峰. 粘弹性理论在轮南碳酸盐岩储层预测中的应用. 成都理工大学工学博士学位论文, 1998

气总公司地球物理勘探局科技情报所, 编. SEG 第 66 届年会论

文集[C]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 299~ 302

## SEISMIC RESPONSE PROPERTIES OF CARBONATE ROCK OIL POOLS IN LUNNAN REGION

Xu Feng Yang Jinhua Zhang Yaotang Xu Zhenhong

(*Tarim Headquarters of Petroleum Exploration and Development, Kurlu, Xinjiang*)

**Abstract:** Seismic response properties of Ordovician carbonate rock oil pools in Lunnan Region, Tarim Basin are evidence: 1. the impedance differentiae of the carbonate rocks with well developed fractures change smaller, the reflection energy decreases thus resulting in decrease of reflection amplitude; 2. high frequency of the fracture developed area damp out quickly, so the reflection frequency decreases; 3. if the fractures are filled with liquid, the ratio of formation absorbing seismic wave will considerably increase; 4. the wave impedance of fracture fluid is much lower than that of fractures with no fluid. According to drilling statistical analysis, the coincidence rates of the first three terms are as high as 87%~ 90%, but the last one is only 65% since reservoir spaces are extremely heterogeneous and this effects lateral resolution.

**Key Words:** carbonate rock; oil gas pool; amplitude; frequency; absorption ratio; wave impedance