

王50砂体的解释方法

谭明友*

(胜利石油管理局物探公司)

谭明友: 王50砂体的解释方法, 《石油地球物理勘探》, 26(6)1991: 785~794

关键词: 开发地震 砂体解释

王50砂体是济阳拗陷牛庄凹陷最典型的一个较大的透镜状油流砂岩体油藏,于1981年5月钻王50井时发现。当时,钻井过程中用的泥浆密度为 1.5 g/cm^3 ,钻至3300m时遇该砂体而发生井喷报废。1982年3月,使用密度 1.7 g/cm^3 的泥浆钻新王50井,钻开该砂体后又井喷报废。1983年3月,改用密度 1.9 g/cm^3 的泥浆钻王50井北部的王53井,于3364.5~3403m井段见7层24m砂层,均为油层,射开井段3388.6~3392.6m一层4m油层,6mm油嘴日产油72t。这样厚的油层和这样高的产量,对牛庄这种三角洲成因的薄砂岩体油藏为主要的地区来说是不多见的。因此,对该砂体的研究与开发便受到人们的高度重视。因为只有查清了该砂体的空间位置以及厚度变化情况,才有利于开发。从1985年以来,先后进行了高分辨率二维、三维、超级二维的野外采集和室内精细处理,得到几种相应的地震资料。由于这些地震资料存在差异,所以对王50砂体的解释结果也很不相同。究竟相信哪一种解释结果呢?本文从不同资料的野外采集、处理方法的对比分析入手,对各种解释结果进行分析,探讨了最佳解释方案,认为提高地震资料分辨率是确保解释结果真实性的前提条件。

普通地震资料的解释

1981年钻王50井发现该砂体后,首先利用12次覆盖常规地震资料(当时只有这种资料)进行了人工解释,解释的砂体形如亚铃状(图1)。由于资料频率低(主频只有20Hz),分辨率也较低,从东西向的97.5剖面(图2)上看,王59井处同相轴连续性很好,可以延伸到王54井,但在追踪过程中发现,在其它相邻测线上,这一反射同相轴是断开的,故解释成以王59井处为分界线的两个叠伏式的砂体,即图1中的王50砂体和王54砂体。

图1中的厚度与井相比误差较大,这与资料分辨率低有关,也与当时解释技术落后有关。因此,在后来的工作中特别强调提高资料的分辨率,并采用了人机联作解释系统。

高分辨率地震资料的解释

1985年,我公司与美国GSI公司合作,进行了牛庄地区的野外高分辨率采集和室内高分辨率处理,得到5井组合、小药量激发的60次覆盖的二维高分辨率地震剖面47

本文于1990年3月27日收到。

* Geophysical Exploration Corporation, Shengli Oil Management Bureau, Dongying City, Shandong Province, China, Internal Postcode: 257100

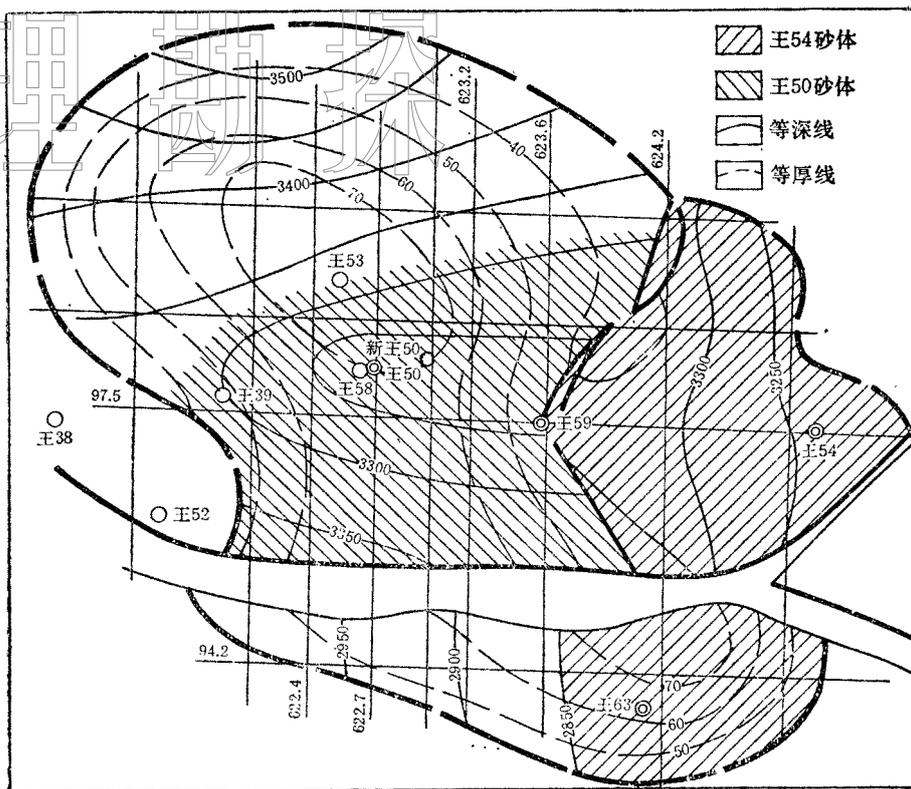


图 1 用普通地震资料解释的王50砂体

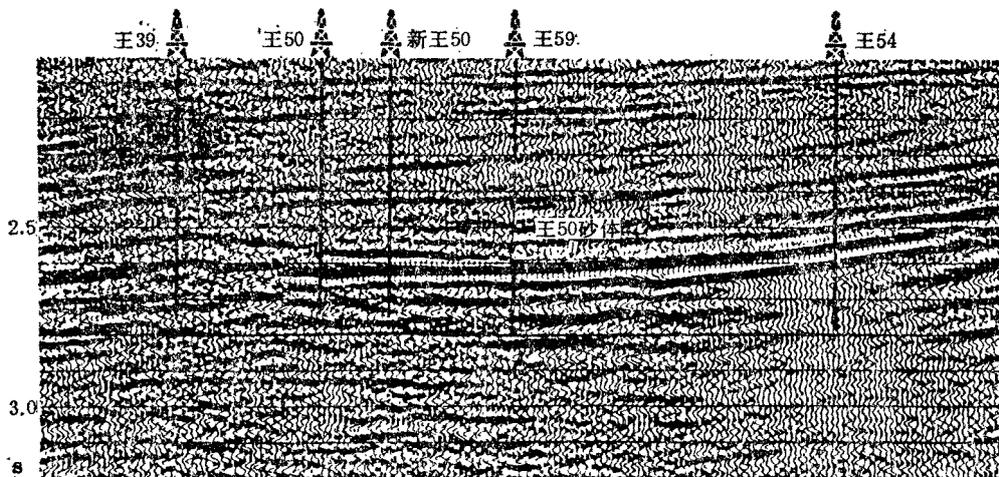


图 2 97.5剖面 (12次覆盖)

条，测网密度为 500m×600m，部分达到 500m×500m，目的层平均频率达 35Hz 左右。图 3 就是 97.5 高分辨率剖面，与图 2 相比，频率明显提高，王 50 砂体反射同相轴变瘦，变短，尖灭于王 59 井东约 40m 处。

砂体的标定

由于以往的地震资料分辨率比较低，又采用统一的东营地区平均速度进行标定层位，因此人们有理由怀疑使用这种方法进行标定是否能真正代表王 50 砂体的反射。如

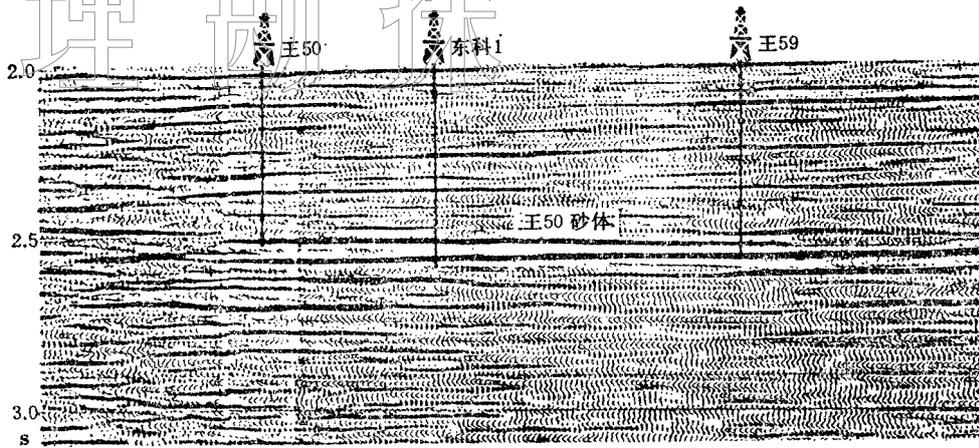


图3 97.5测线高分辨率地震剖面

今采用高分辨率地震资料，砂体的反射特征非常清楚，再加上我们使用了多种解释技术验证，从而使王50砂体的标定更为可靠。

1. 模型验证

通过模型正演得知，对牛庄这样的岩性简单（砂泥岩为主），且速度差异大（砂岩3500~4000m/s，泥岩3000~3400m/s）的地层来说，只要砂层有足够的厚度便可产生反射。由于王50砂体较厚，最大厚度可达35m，一般厚度在15~20m（参见图4王50砂体连井剖面），其下为油页岩，速度为2500m/s左右，上部为泥岩夹少量油页岩，速度差异很大，因而必定能形成强反射，这是进行地震标定的前提条件。

笔者根据97.5测线上的东科1井、王59井和离测线较近的王50井的记录资料，

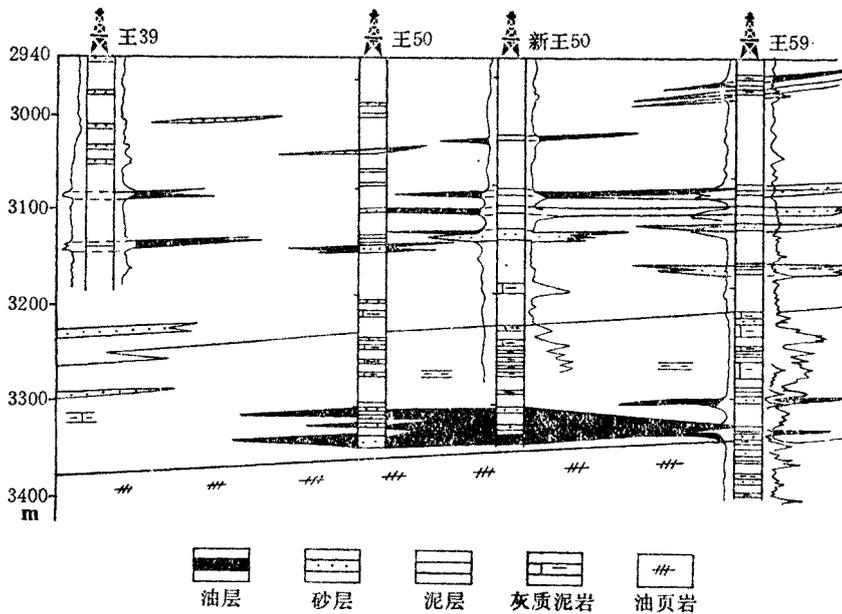


图4 王50砂体的连井剖面

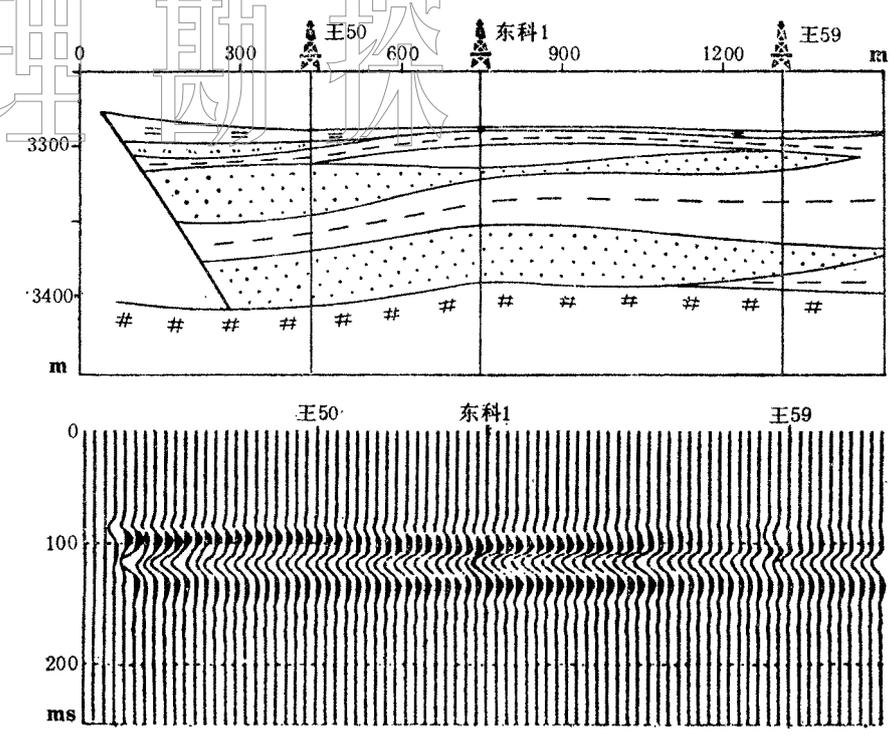


图 5 王50砂体模型 (上) 及正演模拟 (下)

设计了一个东西向的地质模型 (图 5 上), 采用从本区的牛 35 井 VSP 测井资料提取的 VSP 子波作正演模拟, 其结果如图 5 下所示, 它与 97.5 剖面非常相似。

2. 合成记录标定

因王 50 井和新王 50 井报废, 无法作声波合成记录。我们应用王 50 井北部 500m 处的王 53 井声测资料并使用雷克子波作了合成记录。它与相邻的 622.7 剖面对比效果较好 (图 6), 只是合成记录为双轴, 这和雷克子波频率较高以及与实际地震子波之间不匹配有关, 但不影响对比和标定。

3. 波阻抗反演

从 97.5 测线 GLOG 剖面上看, 在相应的位置上是很明显的高速层 (彩色图略), 从而进一步证明了图 3 中所标定的强反射即是王 50 砂体的反射, 也说明了原来时深转换标定结果 (图 2)

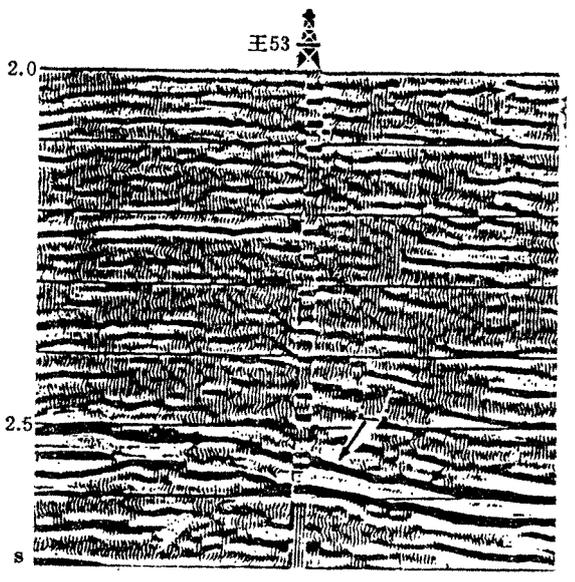


图 6 王53井合成记录与剖面对比

对王 50 砂体区块来说是正确的。

通过上述工作, 对砂体进行了准确的标定。下面将进行砂体的定量解释。

砂体的定量解释

SIDIS 人机联作解释系统的引进和使用, 为砂体的定量解释创造了条件, 下面介绍在 SIDIS 系统上进行砂体解释的方法。

1. 等 t_0 图和等深度图

前面已经在图 3 中确定了王 50 砂体的反射特征, 在此基础上就可以在纵横测线的剖面上进行外推解释。因为二维测线的偏移归位不完全, 纵横测线之间可能存在闭合差, 故外推解释完后, 还要进行闭合差校正, 使闭合差小于 5ms。然后, 给机器输入一些必要的参数, 如网格圆半径, 梯度圆半径、等值线间隔等, 机器便可自动计算, 作出 t_0 等值线图。再根据砂层深度, 参照牛庄地区的平均速度曲线, 即可转换成深度图。图 7 是根据高分辨率地震资料在 SIDIS 系统上解释的王 50 砂体综合图。

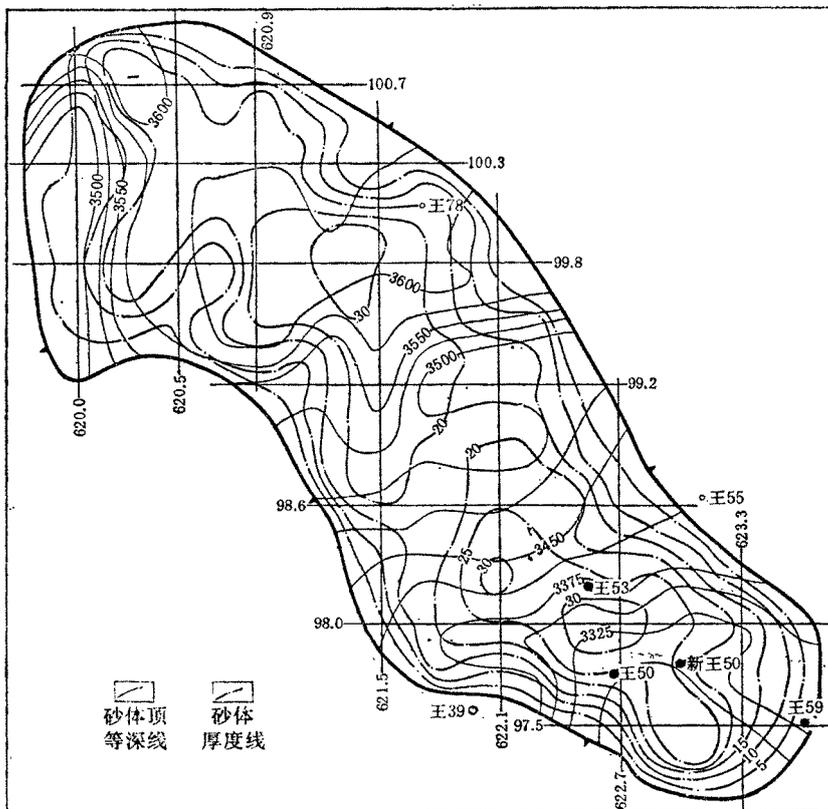


图 7 根据高分辨率资料解释的王 50 砂体图

实线为由等 t_0 转换的等深线; 虚线为用间接振幅法求得的等深线

2. 包络振幅法作厚度图

根据楔状体模型 (图 8a) 分别采用理论子波和实际 VSP 子波进行模型正演, 得到图 8b 和图 8c, 然后统计出视时差 (顶与底), 相对振幅 (波峰与波谷振幅之和) 与厚度的关系曲线 (图 8d)。由图 8d 可知, 对于厚度大于 $\lambda/4$ 的砂岩体来说, 顶底反射之视时差与真时差基本相等, 时间上可分辨。分别追踪顶底界面, 然后直接利用下式

$$H = \frac{1}{2}(t_2 - t_1)v \tag{1}$$

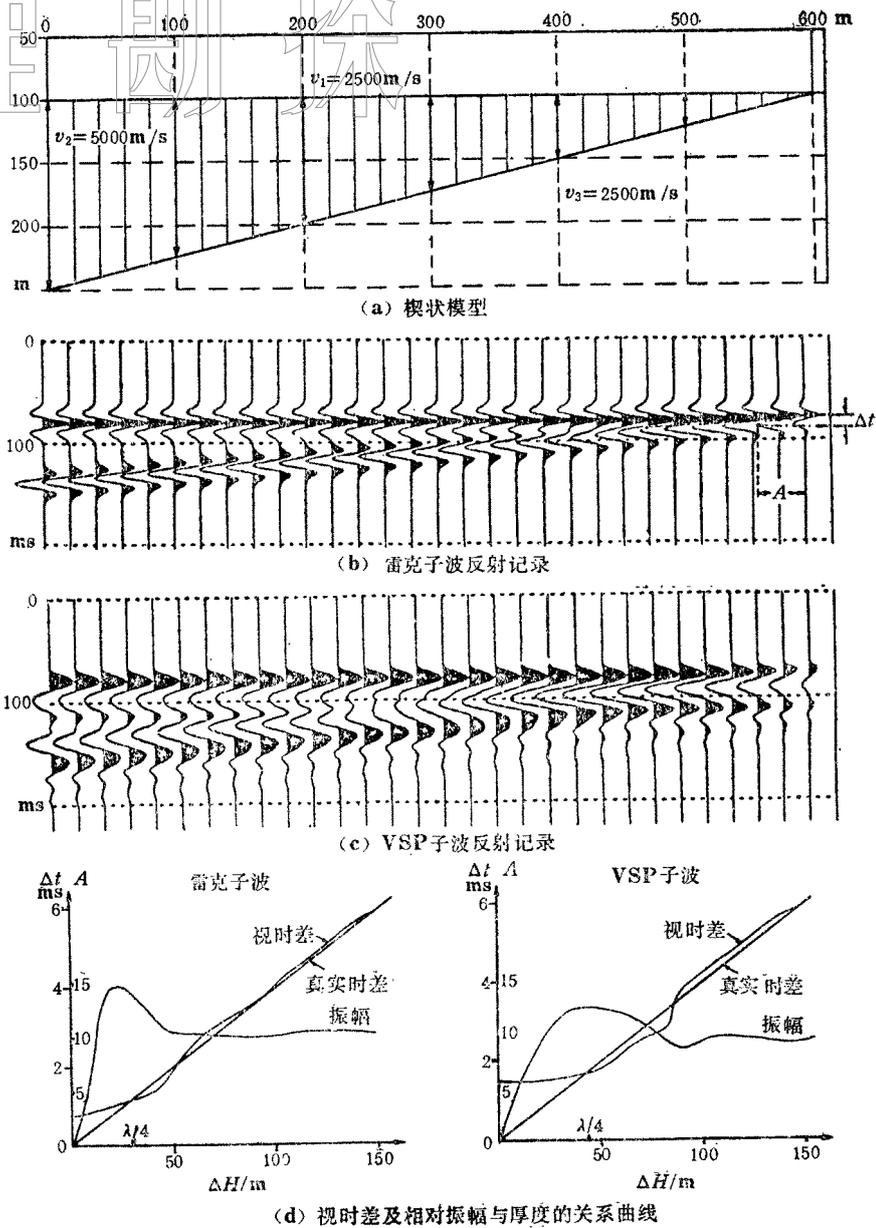


图 8 视时差及相对振幅与厚度的关系

由机器自动作出厚度图。式中 t_1 为界面时间； t_2 为底界面反射时间； v 为砂岩速度。

而厚度小于 $\lambda/4$ 的薄层，由于底界反射叠加，视时差比真时差大得多，尤其是实际的 VSP 子波，视时差几乎保持不变，在时间上不可分辨。但是，无论是理论子波还是实际 VSP 子波，在地层厚度小于 $\lambda/4$ 时，其厚度与振幅之间都存在着近似的线性关系。厚度增大，振幅也随之增大，因而可以利用振幅信息来求得厚度。目前，利用振幅作厚度图的方法很多，我们在实际资料解释中，主要是采用包络振幅法，或者叫做间接振幅法。具体作法是，首先从井出发，根据砂岩段的录井资料和声波资料，求得一个标定系数

$$k_0 = 2H_0/\nu \tag{2}$$

式中 H_0 为该砂体在井处的厚度， ν 为砂层的层速度。尔后，再利用 SIDIS 的调色功能，调节振幅阈值 AC (图 9)，即调节砂体反射同相轴宽度，直到井点处视波峰的宽度 $t'_0 - t_0 = k_0$ 为止。此时，便可将视波峰的上、下两边界当成两个层位追踪，并分别完成平面上各测线间的闭合差校正，然后，就可以用式(1)求得厚度了。

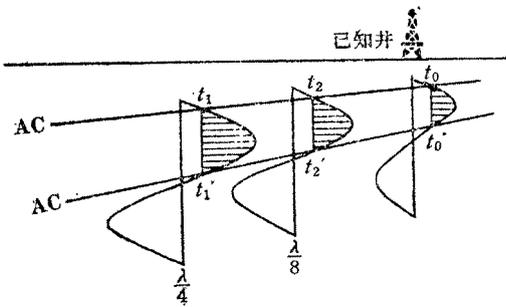


图 9 间接振幅法求砂体厚度示意图

牛庄地区的砂体规模普遍较小，且多数含油砂岩体深埋于 3 000m 以下，在地震

表 1 间接振幅法解释的王 50 砂体厚度与钻井厚度比较 m

井号	王 53	王 59	王 18	王 39
解释厚度	27	3	15	0
实钻厚度	26	5	18	未知

剖面上一一般都表现为单相位反射特征。实践证明，上述方法是一种行之有效的办法。图 7 中的虚线就是根据这种方法求得的王 50 砂体的等厚度线。

间接振幅法成图与普通地震资料作图(图 1)相比，南部范围缩小，向西北方向增大，呈长条状，面积约 7.5km²。这一解释结果，由于是采用了高分辨率资料和先进的人机联作解释系统，所解释的厚度与井吻合较好(表 1)。根据这一解释的结果所定的东科 1 井，于 1988 年 12 月 6 日完钻，钻遇王 50 砂体的厚度与预测厚度仅差 2m，实钻深度比设计深度深 7m。

重新处理的高分辨率资料解释

1988 年，胜利石油管理局物探公司又将 1985 年野外高分辨率采集的资料作了重新处理，在叠加前增加了 TCOMP 和 QCOMP (能量补偿) 及 ENHANCE (去干扰) 两个模块处理，使得资料的分辨率有了进一步提高，目的层主频率可达 40Hz。图 10 就是重新处理的 97.5 剖面，与图 3 相比，王 50 砂体的反射形态更清晰了。

1989 年初，笔者又在 SIDIS 系统上利用重新处理的高分辨率资料，对王 50 砂体重新进行解释，解释方法与前面的相同，解释结果如图 11 所示。

从图 11 可见，砂体范围比图 7 明显增大，面积约 14km²，且呈扇形分布，砂体向西延伸，而且位置较高。位于该部位的王 38 井钻到 3 200m 时就发生井喷报废了。故无法进一步证实 3 200m 以下的情况。砂体向东北王 55 井方向也扩展了许多，但厚度较薄，砂体的厚部位仍然是呈东南西北向分布，与图 7 的分布相似。由于资料视频率的提高，分辨率也相应提高，有些断裂系统也被解释出来了。例如王 55 井在砂体分布图上位于砂体内，但钻井在相应深度上却没有钻遇砂层，其原因是正好打在断层上(图 12 上)。由图 12 上可以看出，王 50 砂体反射同相轴在王 55 井处有明显的错位，这在 SIDIS 放大剖面上看得更清楚，王 55 井以东的反射较弱，反映了砂体较厚的特点。而在原高分辨率剖面上(图 12 下)，其反射同相轴尖灭于王 55 井，该井以东的反射非常弱。由此

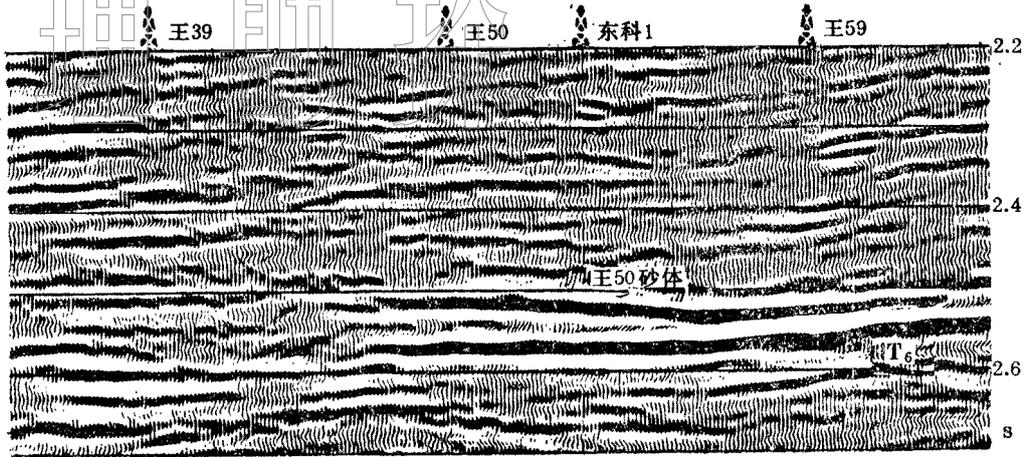


图 10 重新处理的97.5高分辨率剖面

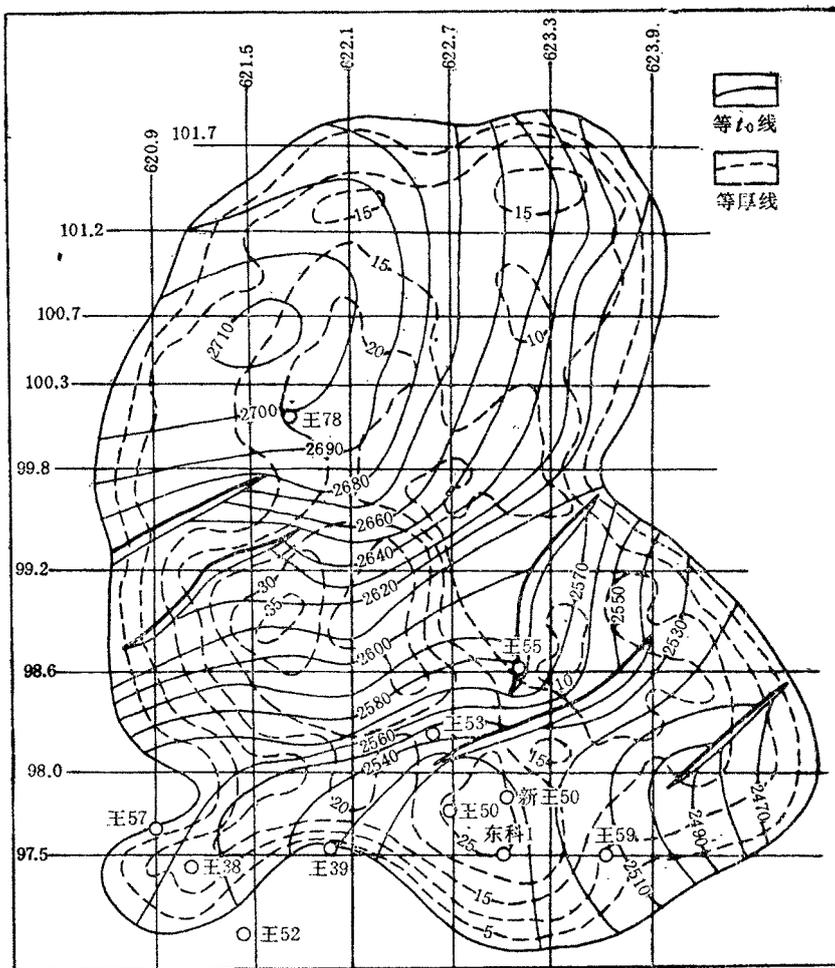


图 11 重新处理的高分辨率资料解释结果

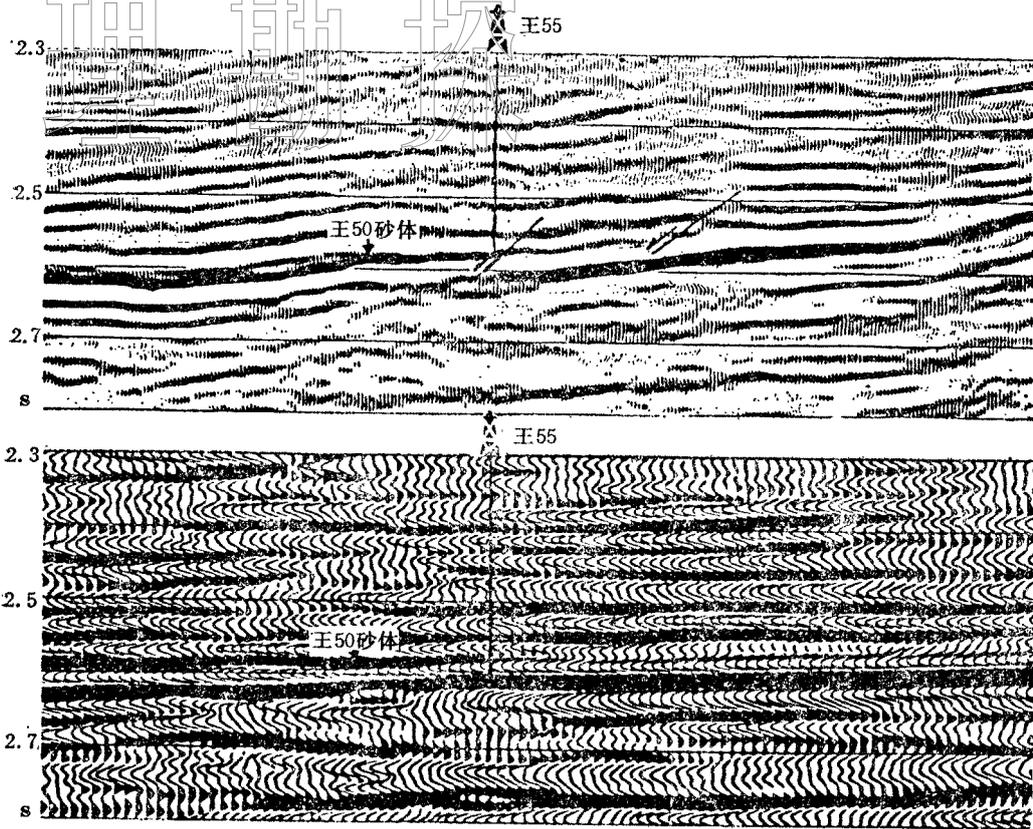


图 12 重新处理的98.6高分辨率剖面(上)和原处理的98.6剖面(下)

不难看出,重新处理的高分辨率剖面的分辨率确实提高了。

从砂体的总体形态上看,图11也比图7的高分辨率解释结果更为合理。在图7中,砂体呈南西北向条带状分布,这样的条带处于牛庄古湖南坡地带,反映出沉积速度特别快的特点。但是,从各井的录井资料得知,王50砂体不是单一的厚砂体,而是由几个砂层组合而成的叠合体,这从某种意义上反映了间断沉积的特点。而图11中的砂体图呈扇形分布,反映出沉积物进入湖盆后立即散布开来的特点,这在沉积动力学上是很容易理解的。

超级二维资料的解释

1988年冬,我公司又在牛庄东部地区(622.3测线以东)作了南北方向的线距为200m的高分辨率野外采集。然后在室内利用宽线三维内插技术,处理成线距为50m、CDP点距为12.5m的超级二维(伪三维)资料。这种资料与重新处理的二维资料的视频率相似,为40Hz左右,但它有二维资料无法比拟的优点,就是经内插后测网密度加大,偏移归位及振幅归一化较好,反映的细节多,对断裂系统的解释很有利。

1989年8月,将超级二维资料输入SIDIS系统,笔者又对其中的王50砂体部分进行解释(图13)。同图11相比,总体范围没有太大的变化,但其内部细节变化很大,首先是突出了王50井和东科1井同处于断层逆牵引构造背斜的高部位;其次是断裂系统变化较大,王53井、王50井、东科1井均被小断层分割开了,通过王55井的断

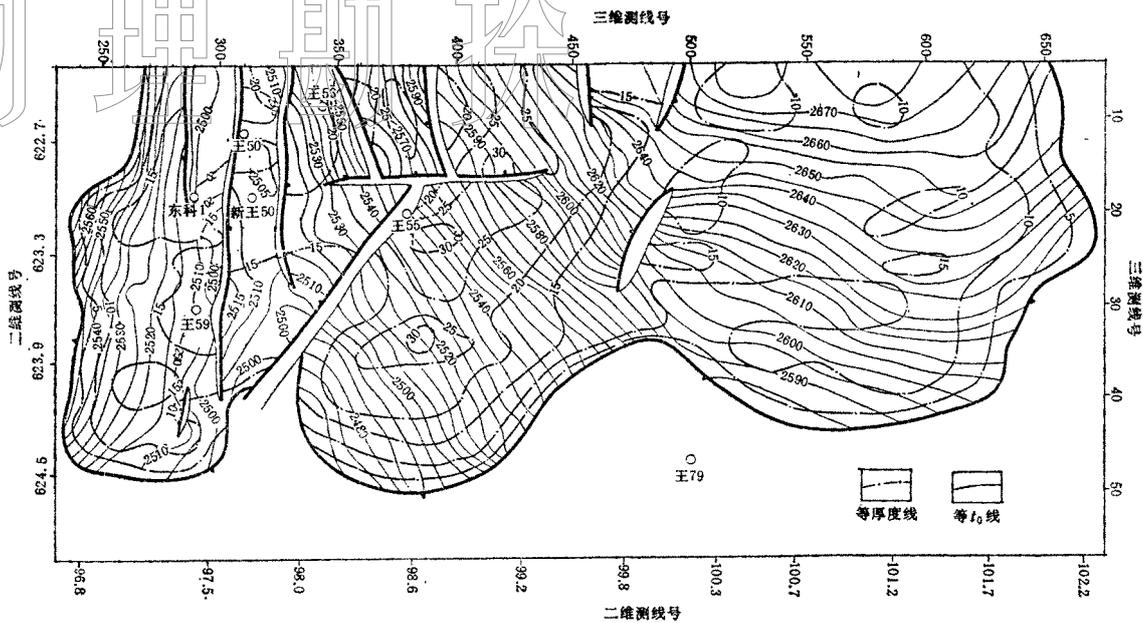


图 13 超级二维资料解释的王 50 砂体图

层方向也发生了变化，这是一条近似东西向断层，后来又被一条南北方向的断层切开了，这些地质现象用普通的二维勘探是难以查清楚的。因此，对于陡坡带受构造因素影响较大的砂岩体的解释，必须借助于三维资料或超级二维资料。可以说，小线距与宽高频地震勘探是查准砂岩体的先决条件。

结束语

砂体的解释是一个不断认识的过程，从王 50 砂体历年的地震勘探方法与解释结果可以看出，野外施工方法的改进及室内精细处理是提高地震资料分辨率的必要条件，而地震资料每提高一步都会带来认识上的新进展。因此，必须千方百计地从提高资料采集和处理质量入手，紧密结合钻探、测井等资料，充分利用先进的人机联作系统，进行深入的开发地震综合研究，才能提高岩性油藏横向预测可靠性。

参加这项工作的还有杨云岭、王进之、张立昌、冷传波、张丽敏等同志，李梦庚同志审阅了全文并提出了宝贵的意见，在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 杨云岭：东营三角洲发育区浊积岩油藏的地质解释，《石油技术》，(6)1986
- [2] 张立昌：用 SIDIS 地震资料解释系统估算薄储集层厚度的方法，《石油地球物理勘探》，23(4)1988：483~488
- [3] 谭明友：利用 SIDIS 系统对牛庄地区砂体的解释方法及效果，《石油技术》，(1)1989
- [4] 谭明友：模型试验及其在岩性解释中的应用，《石油技术》，(6)1989