

牛庄凹陷砂岩体的地震解释新方法之探讨

谭明友

(胜利石油管理局地震勘探研究所)

摘要 在牛庄凹陷下第三系生油岩地层中,由于三角洲沉积作用,形成了较多的砂岩透镜体油藏。这些砂体具有分布范围小、横向变化快、且互不连通的特点。勘探开发这类油藏的难度较大。

本文从该地区的沉积特点出发,分析了砂岩体的地震反射特征,以王50砂体为例,系统地介绍了钻井资料,及综合利用合成记录、地震模型、波阻抗等各种信息,准确标定砂体反射波和定量解释的新方法;同时,对无井区砂体预测在方法上也进行了深入的研究,其成果经钻探验证,取得了很好的地质效果。

牛庄凹陷位于济阳拗陷东部,南邻广饶凸起,面积约 150 km^2 ,是胜利油田勘探开发多年的老区之一。由于本区内油页岩基底相对平坦,缺少构造运动,断层不发育,致使构造油藏很少,而主要的油藏类型是集中分布在新生界下第三系沙河街组第三段地层内的砂岩体油藏。在过去近二十年的时间里,由于认识不足,一直是按照构造理论进行解释开发,所以成效甚微。近年来,将地震地层学原理应用到本区,开展了全面的油藏描述研究工作,取得了显著的效果。本文将从牛庄凹陷的地质特点出发,探讨砂岩体的地震反射特征和最新解释方法。

一、牛庄凹陷砂岩油藏体的特点

1. 沉积特点

牛庄凹陷的岩性油藏集中分布在新生界沙河街组沙三段中、下部地层中。该地层平均厚度在200m左右,其间以泥岩为主,夹杂着众多的砂岩体,这反映了快速沉积和沉积来源丰富的特点。首先,由于中生代时期,牛庄凹陷是一个古湖泊,它接受了来自湖岸四周的滑塌浊流沉积,尤其是南部距广饶凸起较近,且牛庄南斜坡为浊流的快速沉积提供了条件,在沙三段早期沉积中,形成了许多深水浊流砂岩体;其后,在沙三中晚时期,又接受了来自东部青坨子凸起的河控三角洲的大套沉积,形成了许许多多的前积砂体和底积浊流砂体(图1)。这些砂体穿插于生油岩系之中,具有良好的生、储、盖条件,几乎每一个砂体都是一个油藏储集体。但是,由于大部分砂体的规模较小,且互不连通,假若不能将单个砂体(或砂层组)搞清楚,则开采起来将相当困难,打井也将是盲目的。可想而知,其经济效益也将很低。我们的主要任务就是根据砂体的地震反射特征,搞清楚砂体的空间分布形态,从而避免盲目性打井。

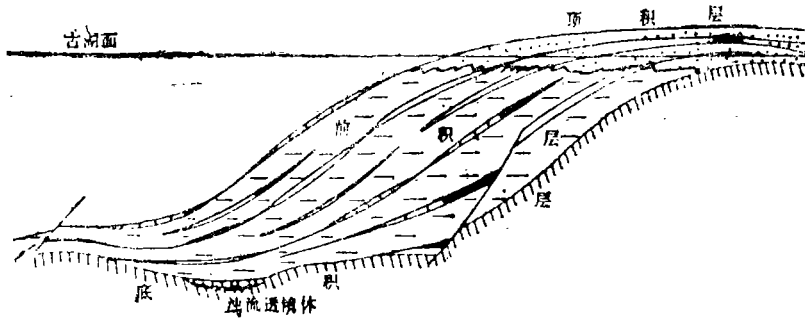


图1 牛庄凹陷湖泊三角洲沉积体系油藏类型图

2. 砂体的反射特征

由于三角洲的快速推进,前三角洲泥岩中的水分不能充分地排出,致使沙三中部地层形成明显的欠压实带,砂泥岩速度差异大(泥岩3000~3400 m/s,砂岩3500~4000m/s),使多数砂岩体的顶界面可形成较强的反射波。另外,沙三段下部地层中的砂岩体,与低速的油页岩之间也可形成很强的反射界面,也是强反射波。这是牛庄地区能够利用地震法定量解释砂体的基本条件。研究表明,砂体的产状与地震反射波的产状基本一致,即三角洲前积砂体在地震剖面上表现为倾斜反射,见图2中前积反射特征。而底

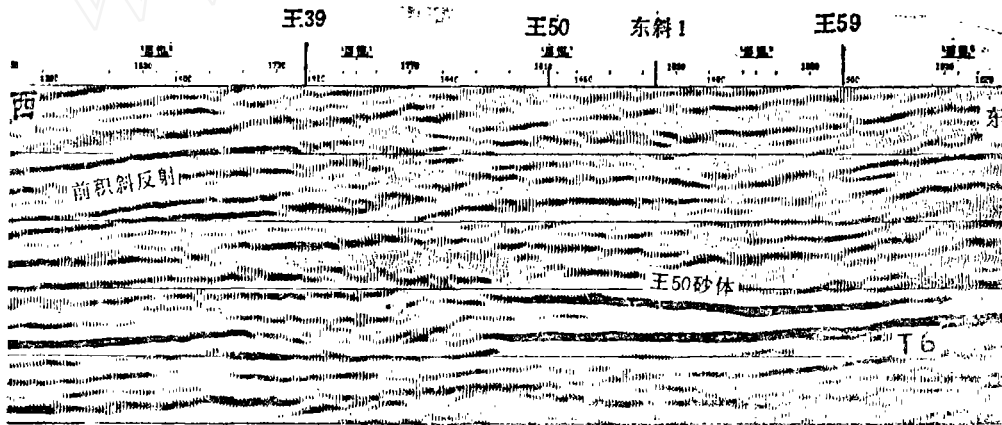


图2 67.5透偏剖面

积浊流砂体则多为较平坦的反射。这些强反射特征主要集中在地震剖面上2.25s至2.65s之间,即我们的勘探目的层——沙三中、下段地层。

然而,并非所有的强反射都是砂体反射。由于深湖地带在沉积过程中,水动力作用,致使灰质成分偏高。而灰岩速度比砂岩还高,在地震剖面上也可形成强反射。因而,还应设法排除灰质强反射的影响。

二、以钻井资料为依据,标定解释砂体

对于有探井控制的砂体(即过井砂体),我们采取了先标定,后追踪解释成图的解释方法,即先根据探井声波、人工合成记录,模型试验及波阻抗等资料,与地震剖面作

相关对比, 从而标定出地震剖面上的砂体反射同相轴, 而后利用人机联作计算机解释系统, 对标定的同相轴进行追踪解释, 作出砂体的顶界面等 t_0 图和厚度图, 以便弄清其空间几何形态, 正确地设计井位。

这里以王50砂体为例, 探讨一下具体的解释方法。王50砂体发现于1981年, 当时用比重1.5的泥浆钻探王50井, 钻至3330 m时发生井喷, 遂引起高度重视。研究表明, 图2中T6油页岩强反射之上的透镜状强反射同相轴, 即是王50砂体的反射。其依据有以下几条:

1. 深时转换粗略标定: 利用东营速度量板进行深时转换, 3330 m对应2.55s。因为东营速度量板是整个济阳坳陷的平均结果, 应用到牛庄这个特定地区可能会有误差, 因而这种标定只是粗略的标定。

2. 合成记录精细标定: 王50井喷报废, 没有作声波测井。我们利用在其北部的王53井的声波资料, 作了人工合成记录, 与井旁622.7剖面作相关对比, 如图3, 可见其吻合性较好。

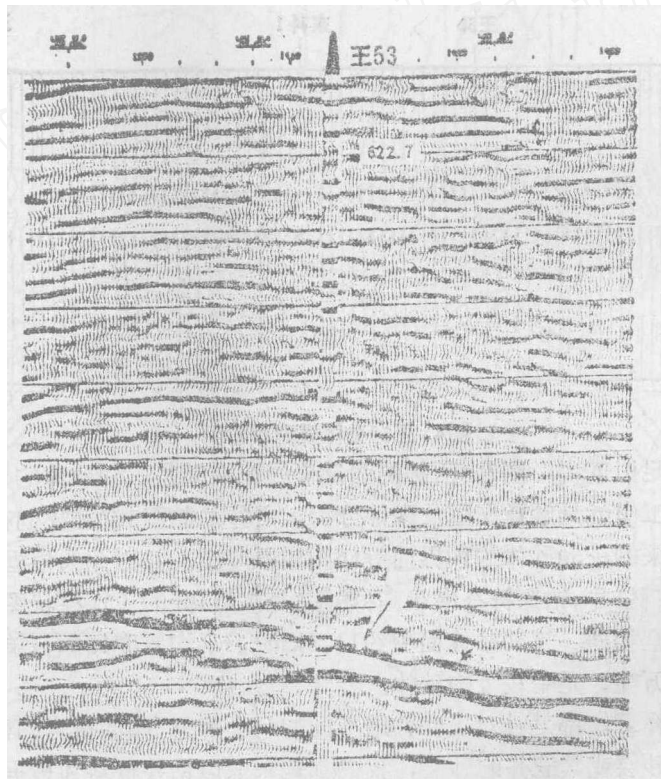


图3. 王53合成记录与剖面对比图

3. 模型验证: 如图4是根据王50、东科1、王59三井的录井图及东西向97.5剖面(图2)而设计的地质模型, 采用牛35井VSP子波正演, 其正演结果与图2中的反射特征极为相似。

4. 波阻抗剖面作旁证: 根据97.5剖面反演的波阻抗剖面上, 王50砂体为很明显的高速层。因是彩色剖面, 在此从略。

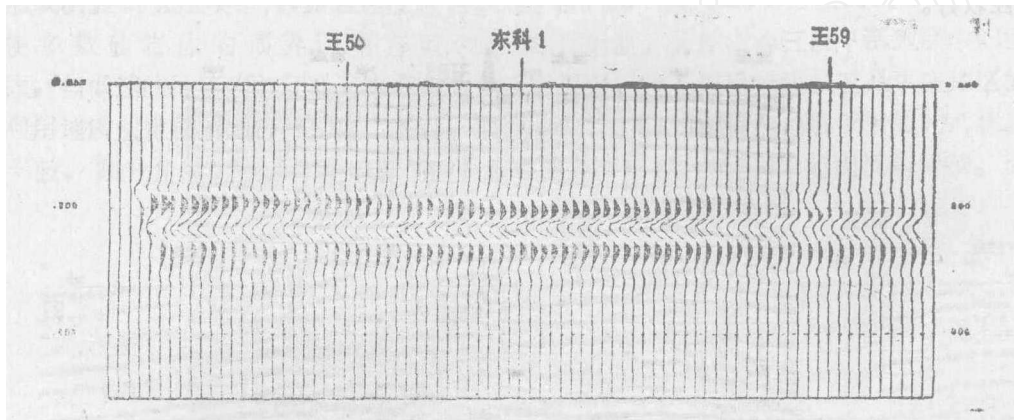
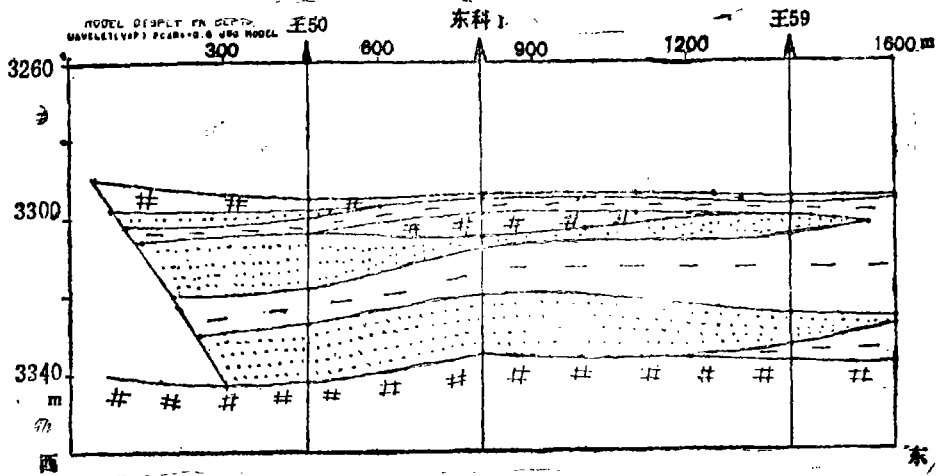


图4 王50砂体模型试验图

以上信息足以证实，图2中所标的强反射同相轴即是王50砂体的反射。反射特征一旦确定，后续工作就是解释作图及图件分析、定井。如图5就是我们在 SIDI S人机联作系统上解释出来的王50砂体的顶界面等 t_0 图和厚度图。并以此为根据，设计了东营科学探井1号，即东科1井。钻探符合率极高，如图6是东科1井的设计柱状图与实钻录井图的对比图，几乎完全相同。王50砂体面积约 14.5km^2 ，平均厚度15 m，单储系数取8，则地质储量为1740万吨，是个较大的砂体。

以上的解释工作都是针对王50井最下面的一个靠近 T6油页岩的砂层进行的。对于其上部的其它砂层或其它井的砂层，我们都是采取以钻井资料为依据，标定解释的工作方法。从对王50砂体的解释过程不难看出，这套解释方法是可信的，也是成功的。

三、无井区预测砂体

目前，牛庄油田仅有50多口探井，每一个砂体都要从井标定的话，是不能满足目前的开发需要的，何况牛庄凹陷的砂体分布，具有横向变化快，互不连通的特点，即使有些井段没有钻遇到砂层，但离开并不远处可能还有其它的砂体。因此，我们不能完全

依靠井标定，还必须根据反射特征来进行砂体预测。

预测砂体最基本的条件是要有中强（能量）边弱的透镜状反射特征。但是单凭这一条还很难预测，因为在牛庄凹陷沙三段地层中，这种反射特征太多，当然也就不会全是砂体的反射。就牛庄地区的地质特点而言，应设法排除两方面的影响：一是上下岩性体相距较近时，反射波组合迭加而产生的旁瓣反射；二是灰质高速层引起的强反射。对于前者，由于其反射同相轴往往比砂体反射弱得多，只要不去考虑那些弱小反射同相轴即可排除。当然，有些弱小反射也可能是砂体反射，但是解释那样小的砂体又有何经济效益

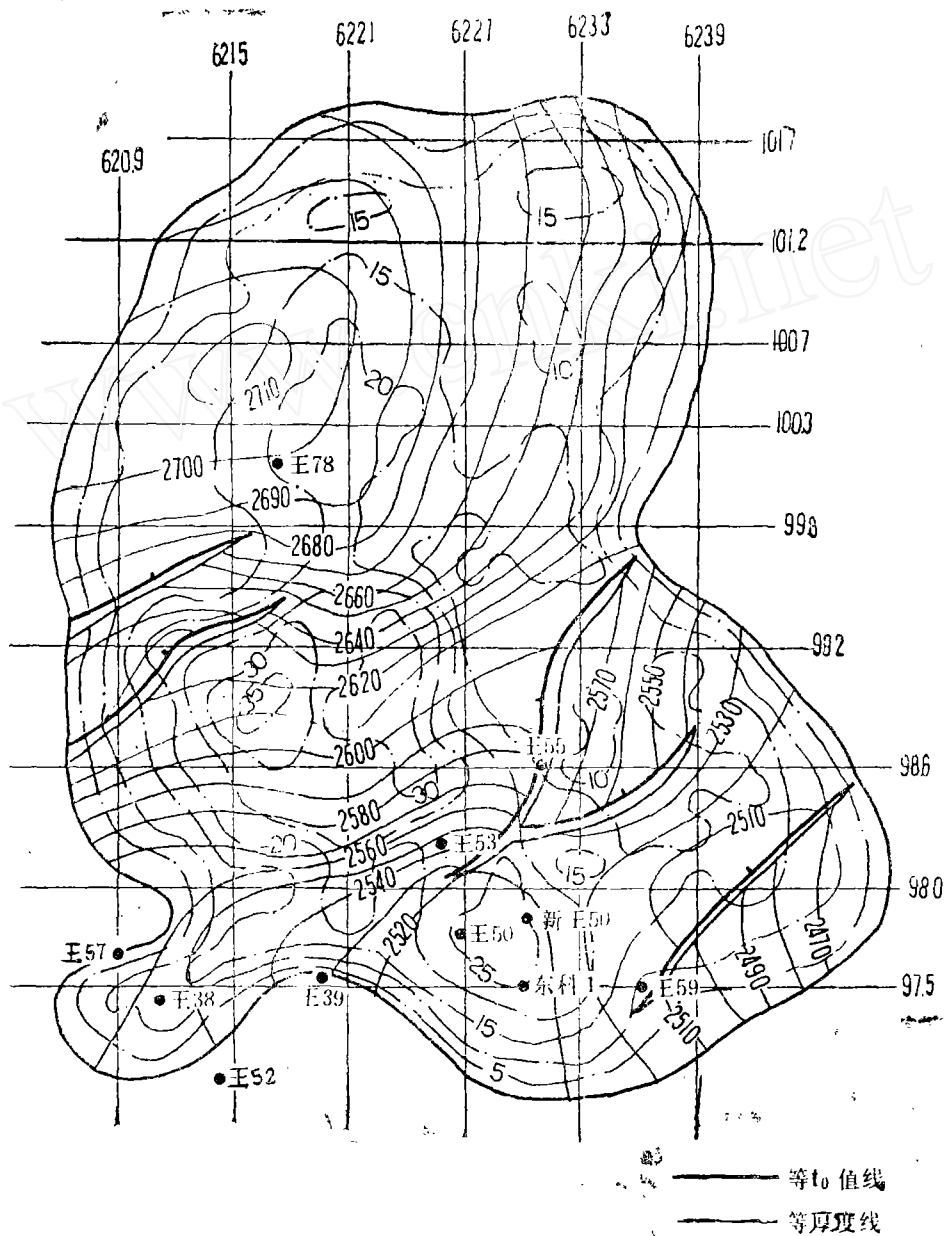


图5 王50砂体综合图

呢？而对于后者，由于其反射强度与砂岩体的相近，从反射强度上很难分辨。因此，预测砂体的关键问题就是设法排除灰质高速层所引起的强反射。

大家知道，灰质胶结物通常是在深水动力作用下形成的。牛庄凹陷的灰质分布，具有深湖地带（深层）含量高而浅层含量低的特点。据此笔者已在文献【1】中，将沙三中、下段地层细分成三个亚层序。其中，亚层序II在地震剖面上大约在2.25s至2.55s之间，在地层上是三角洲连续向西推进而形成的前积砂体的集中段，即为大套泥岩与前积砂体的互层结构。调查表明，本层序内灰质成分很少，大多数具有中强边弱的强反射同相轴都是砂体的反映。而亚层序III（2.55s以下）的有些反射同相轴，则是灰质成分引起的，亚层序I是2.00~2.25s的三角洲平原亚相地层，含油性较差。因此，我们的预测目标就集中在亚层序II地层内。

这里谈一个实例，即牛39砂体。其反射特征见图7中2.48s处，为一很强的透镜状

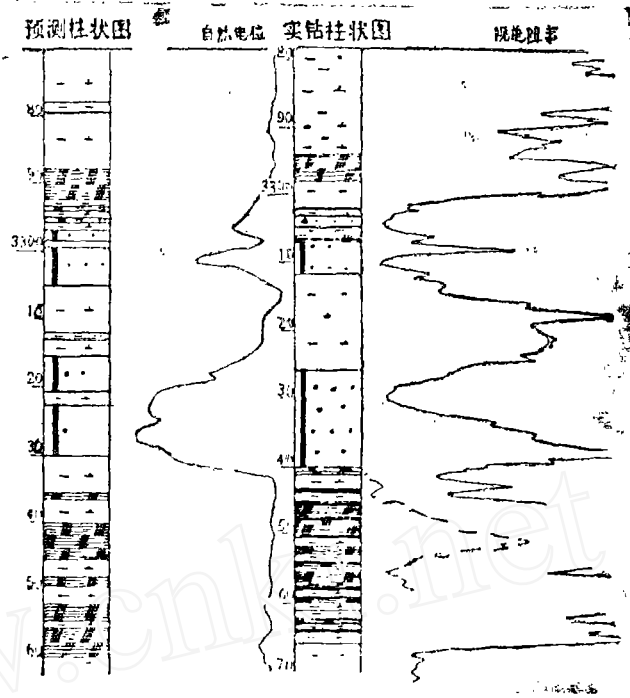


图6 东科1井解释效果分析

这里谈一个实例，即牛39砂体。其反射特征见图7中2.48s处，为一很强的透镜状

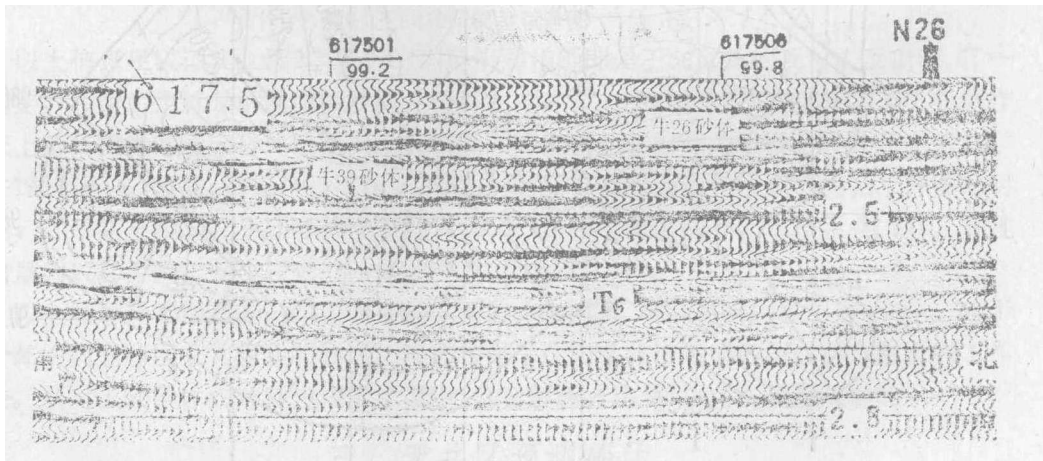


图7 牛39砂体典型剖面

反射特征。它是在解释其上部的牛26砂体时，偶然发现的。依据它所处的地层位置及反射特征，我们推断它是一个砂体的反射。于是利用SIDIS人机联作解释系统进行

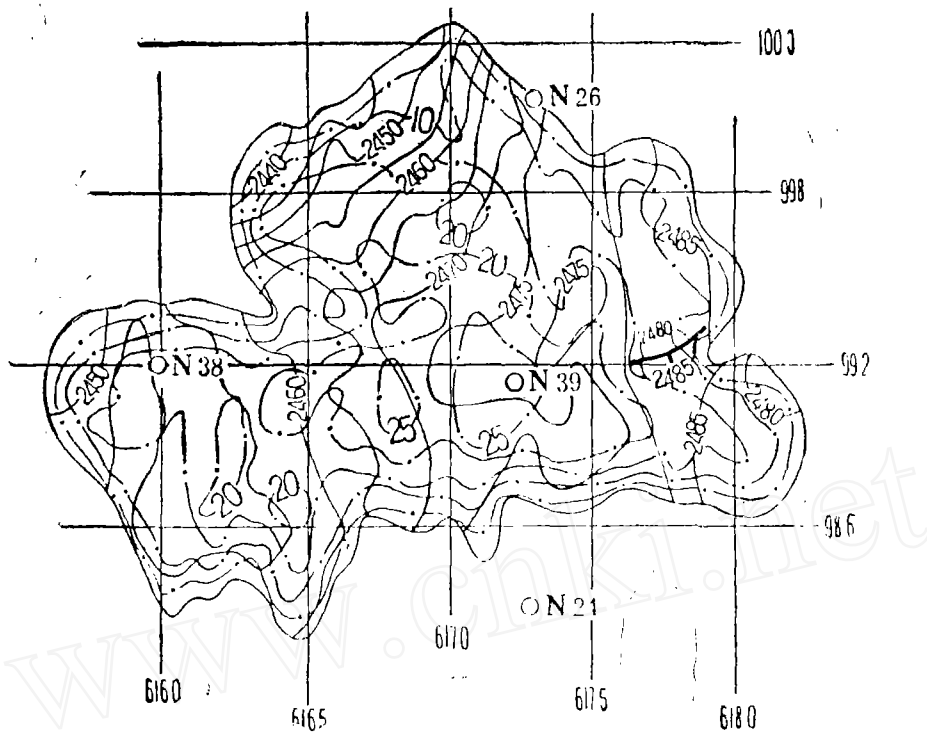


图8 牛39砂体综合图

了追踪解释，其顶界面的等 t_0 图和厚度图GR如图8所示。至此才发现牛38井砂体的西部，又返回去查井资料，在相应的深度上确实是出油砂层（图9）。从而证实了该砂体的存在。

后来，为兼顾开发牛26砂体，又定了牛39井（图8），89年7月完钻，钻至3232.1 m时遇到该砂体，只是含油性不及牛38井，为油层、油干层的间互层，这与它处于砂体的低部位有关。但不可否认，这一钻探结果同牛38井一样，进一步证实了该砂体的存在，也证实了我们的预测方法的可行性，展现了加快砂岩油藏体的解释和开发速度的新途径。

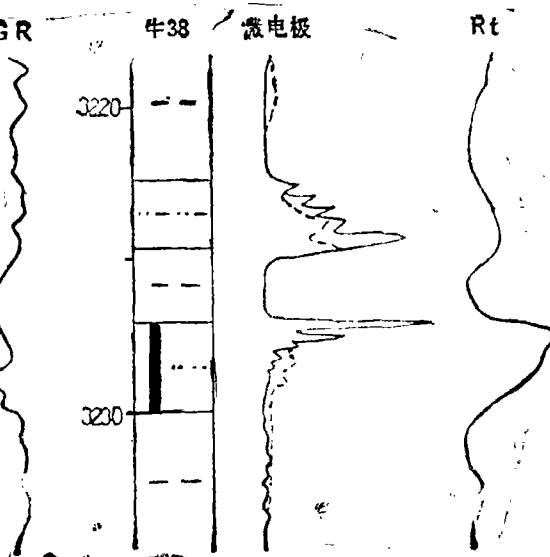


图9 牛38综合录井图

四、结论与建议

综上所述，过井砂体的多种信息标定解释法和无井区砂体的分层预测法，对于牛庄这样的以三角洲沉积为主地区的砂体解释和开发都是相当成功的。尤其是过井砂体的标

定解释法,依据充分,开发的把握性大。而相形之下,预测法的应用则需特别谨慎,因为在没有打井之前,依据终归是有限的。然而,实践证明,彩色的波阻抗剖面非常有助于寻找高速层。以它为参考,再反回去对普通的地震剖面作全面的分析,很容易发现砂体的反射特征。但是由于目前处理与解释严重脱节,这种波阻抗剖面还太少。建议将所有的地震剖面都处理成波阻抗彩色的剖面,以便更好地预测解释砂体,适应油田快速开发的需要。

参加过本项工作的还有胜利油田物探公司总地质师杨云岭及王进文、张立昌、张丽敏、冷传波等同志;报告的编写得到副总工程师卢春喜、曾德钊、科技办副主任李增印的大力支持;制图室等单位给予了大力协助,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 谭明友, 1989, 利用SIDIS系统对牛庄地区砂体的解释方法及认识。石油技术, 第一期。
- [2] 赵晨光, 1986, 薄互层地震反射波的特征分析。石油地球物理勘探, 第一期。
- [3] 张立昌, 1988, 用SIDIS地震资料解释系统估算薄储集层的厚度。石油地球物理勘探, 第四期。

DISCUSSION ON THE NEW APPROACH TO THE INTERPRETATION OF THE SEISMIC DATA OF THE SANDSTONES IN THE NIUZHUANG DEPRESSION

Tan Mingyou

(*The Seismic Prospecting Institute of the Shengli Oilfield
Administration Bureau*)

Abstract

Many oil pools in the sandstone lenses are formed in the Eogene oil source beds in the Niuzhuang Depression as a result of deltaic deposition. These sandstone lenses are characterized by a small range of extension, a rapid horizontal variation and the isolation from one another. Oil pools of this kind are difficult to explore and tap.

Considering the features of sedimentation in the area, the author studies the characteristics of the seismic reflections of the sandstone lenses. Taking the Wang 50 sandstone lens as an example, the author presents systematically the drilling well data and a new approach to determining accurately the reflection waves from the sandstone lenses on the seismic profiles and to interpreting the data quantitatively by analyzing and synthesizing various information from the known wells, including the synthetic seismograms, seismic model and wave impedance. Meanwhile, the author probes deeply into the methods for predicting the sandstone masses in undrilled areas, which are proved by drilling to have produced good results in the geological investigation.