

# 南堡4号构造区明化镇组储层预测技术

张军勇\*<sup>①</sup> 何静波<sup>①</sup> 刘良琼<sup>①</sup> 张晓龙<sup>②</sup> 马辉<sup>①</sup> 唐建超<sup>①</sup>

(<sup>①</sup>东方地球物理公司研究院地质研究中心,河北涿州 072751; <sup>②</sup>冀东油田公司勘探开发研究院,河北唐山 063000)

张军勇,何静波,刘良琼,张晓龙,马辉,唐建超. 南堡4号构造区明化镇组储层预测技术. 石油地球物理勘探, 2011,46(增刊1):84~87

**摘要** 南堡4号构造区明化镇组发育河流相沉积,储层砂体薄且纵向叠置、横向变化快。本文从该层组的地质和地球物理特征出发,通过提取常规地震属性了解区域沉积特征,利用谱分解技术定性预测明化镇组曲流河砂岩储层发育区,运用岩性指示模拟技术定量预测4号构造区主体有利储层的空间展布,最后结合钻井、测井资料开展含油气性检测,优选有利勘探目标。根据此次储层预测结果部署的两口探井都获得了良好的油气显示。

**关键词** 储层预测 谱分解 岩性指示模拟反演 精细构造解释 油气检测

**中图分类号**:P631 **文献标识码**:A

## 1 引言

南堡4号构造位于南堡油田东南部,紧邻柏各庄断裂带,主力储层为新近系明化镇组(Nm)河道砂岩。多口井在钻遇Nm组地层时呈现良好油气显示,揭示该区极具勘探开发前景。但南堡4号构造区Nm组的断块圈闭并不发育,储层条件较复杂,导致储层预测存在两个难点:一是地震资料分辨率与目标储层厚度不匹配,目的层地震资料主频约为30~35Hz,垂向分辨率仅为23~28m,而实际目的层段为砂泥岩互层,含油砂层薄,单层厚度一般为2~5m,最厚为12m;二是储层横向变化快,纵向含油砂岩分布不稳定,与围岩接触关系复杂。现有钻井资料表明,Nm组的油藏类型主要是构造背景下的岩性油藏。由此可见,储层预测精度直接影响勘探效果。

## 2 目的层地质及地球物理特征

南堡4号构造区Nm组发育曲流河沉积,呈砂泥岩互层,储层以细砂岩为主,NmⅢ下段河道相沉积发育,NmⅢ上段和NmⅡ段地层主要以河道边缘和泛滥平原相沉积为主。根据沉积韵律和岩相特征,将NmⅢ段分为上、下两段,将NmⅡ段分为上、

中、下三段。钻井资料揭示该区NmⅢ下段和NmⅡ中段为主力含油层系。

通过对该区测井资料的统计分析,Nm组砂岩在测井曲线组合响应上主要表现为“三低、两高”,即低自然伽马、低密度、低声波时差、高电阻率、高自然电位正异常。Nm组储层为相对低阻抗砂岩,砂泥岩存在波阻抗差。

进一步定量计算Nm组砂泥岩反射系数,可知砂泥岩分界处反射系数较大(图1)。Nm组泥岩普遍发育,分析认为强振幅地震反射特征表征砂岩较发育地层。

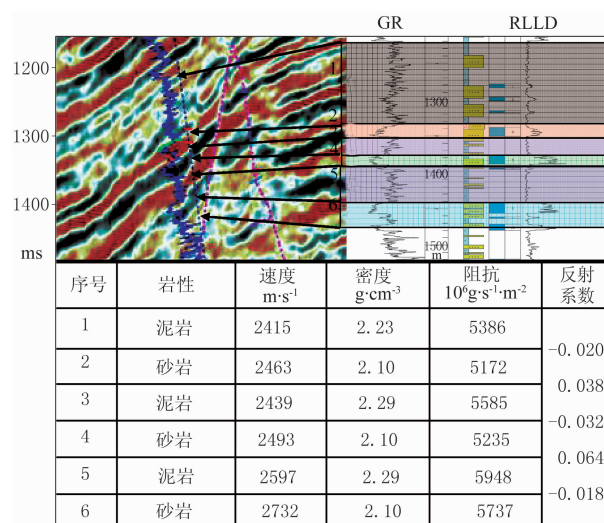


图1 Nm组砂泥岩界面反射系数统计

\* 河北省涿州市东方地球物理公司研究院地质研究中心,072751。 Email:zhaolan5167@126.com

本文于2011年6月16日收到,最终修改稿于同年10月23日收到。

通过分析 Nm 组的地质和地球物理特征,决定采取先定性再定量、先宏观再微观、先储层再流体的储层预测研究思路。

### 3 地震储层预测技术应用

#### 3.1 常规地震属性

随着三维高分辨地震资料的应用和属性解释软件的推广应用,常规地震属性分析已成为现阶段油气勘探中必不可少的一个环节。常规地震属性是指振幅类、频率类、相位类及相关类等属性。由于地下地质背景的复杂性及地震属性的多解性,应用常规地震属性分析时,要在全面、充分地了解该区地质和地震资料的基础上,针对不同目标层系及不同反射特征,优选最能反映地质目标或储层变化的属性,再结合钻井、测井资料进行属性分析。

Nm Ⅲ段储层在地震剖面上表现为强振幅、低频反射特征。对该区十余种地震属性的分析结果表明,振幅类属性对储层变化响应最为敏感,频率类次之。因此,优选出均方根振幅、瞬时频率及二者共同起作用的“甜心体”属性对南堡 4 号构造区 Nm 组储层进行预测。图 2 所示的预测结果中红绿色区指示强振幅反射特征,呈北东向展布,与区域沉积背景相一致,其物源主要来自柏各庄断层。

#### 3.2 谱分解定性预测

鉴于 Nm 组曲流河沉积中单层砂体薄,多期河道沉积叠置发育,故从地震资料中提取的常规振幅属性仅是大套地层在地震上的综合响应,难以有效识别薄储层<sup>[1]</sup>。而谱分解调谐体技术是通过离散傅里叶变换或最大熵等方法,将地震数据从时间域转

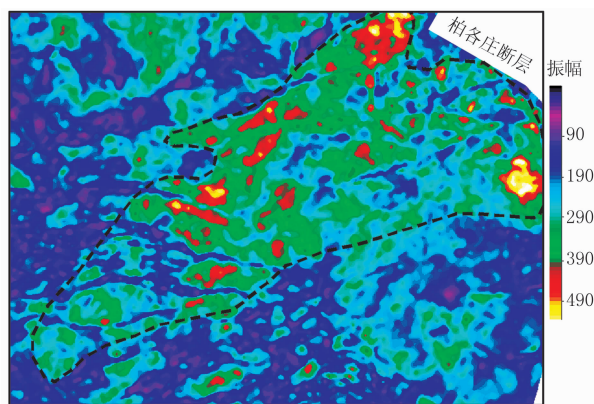


图 2 Nm Ⅲ段均方根振幅属性图

换到频率域,因此可最大限度地提高地震资料的分辨率<sup>[2]</sup>。利用谱分解技术对 Nm Ⅲ段 100ms 地层进行 0~70Hz 频段扫描,得到一系列频率连续变化的调谐能量数据体。通过分析不同频率的调谐能量变化可刻画该区的沉积变化和储层发育区。结合钻井资料并分析对比不同频率调谐体能量分布特征,认为 32Hz 调谐体能量切片能较好地反映该区 Nm Ⅲ段有利储层的展布特征。从图 3 上可清楚地看到强能量条带(黄、红色区域)呈北东向展布,即为预测的河道砂体发育区。

结合钻井、测井资料进行分析研究,认为 A 井和 C 井位于河道发育主体区域,储层较发育,伽马曲线主要表现为箱型(图 4);预测 D 井位于河道边缘部位,B 井区为泛滥平原沉积,其测井曲线主要表现为指状,储层相对不发育。

#### 3.3 岩性指示模拟定量预测

Nm 组储层单砂层厚度薄,横向变化快,应用常规波阻抗反演不能准确识别储层变化。为提高对 Nm

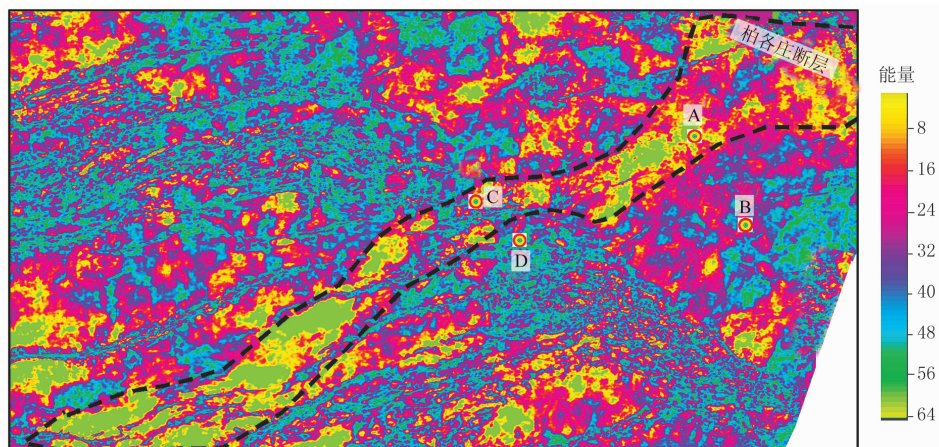


图 3 Nm Ⅲ段地层 32Hz 调谐体能量切片

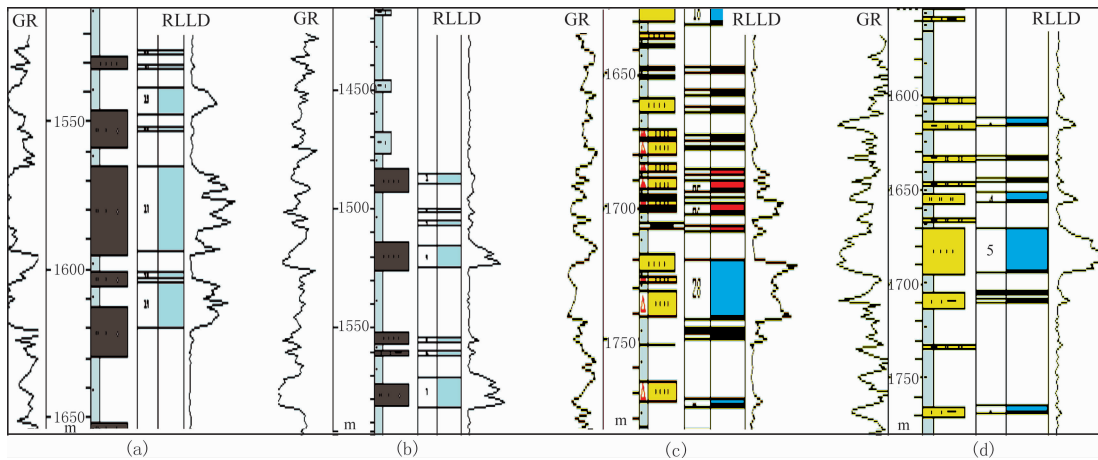


图4 NmⅢ段地层联井对比图

(a)A井; (b)B井; (c)C井; (d)D井

组的储层预测精度,尝试应用岩性指示模拟技术开展地质统计学反演。岩性指示模拟是以地质统计学为基础,利用地震、地质及测井统计数据,将确定性和非确定性数学算法相结合,以地震空间变化为约束条件,建立多种、相同可能性的三维储层模型<sup>[3]</sup>。

应用该区自然伽马测井值和波阻抗值都能很好地区分砂泥岩,岩性指示模拟可得到较可信的结果。首先用约束稀疏脉冲反演结果作为初始波阻抗反演,在对地震资料做精细解释的基础上建立三维岩层模型;在精确求取岩性曲线的基础上,计算得到多种岩性数据概率模型;变差函数拟合时要通过交互

验证的方式选择合理的函数模型。

该区应用10口探井的测井数据进行岩性指示模拟,其中1口井作为结果的验证井没有参与反演,反演结果得到6个砂泥岩体的等概率模型。通过对NmⅡ段三个和NmⅢ段两个层系开展岩性指示模拟,构建了Nm组三维储层空间展布模型,预测有利储层发育区。图5是约束稀疏脉冲反演及岩性指示模拟结果,从中可看出,岩性指示模拟结果的分辨率相对常规波阻抗反演结果有较大提高,对薄储层的刻画更加精细。通过岩性指示模拟反演,可清晰地描述两井间的储层空间变化。

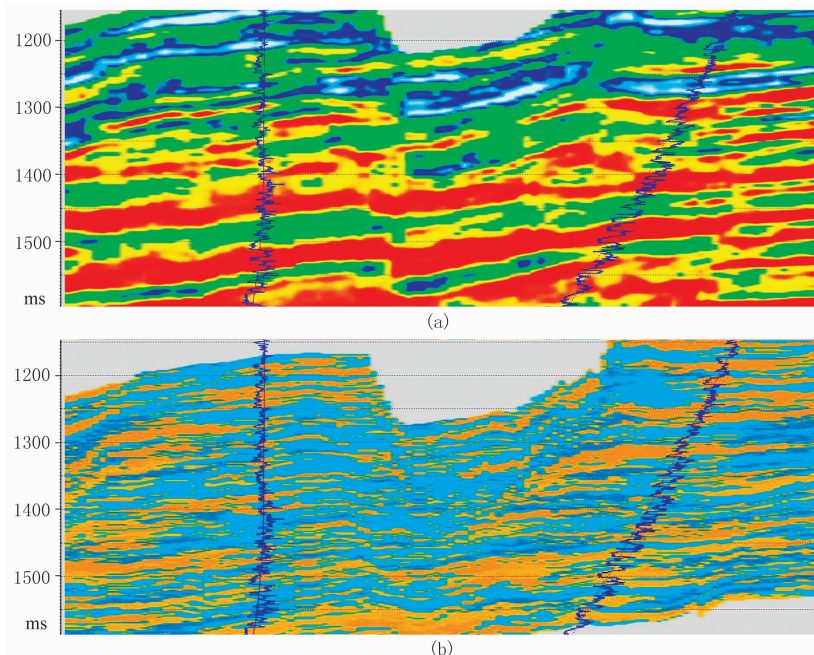


图5 常规波阻抗剖面(a)和岩性指示模拟剖面(b)

### 3.4 含油气检测

在储层预测基础上,根据油井和水井不同的频谱能量特征(图 6),研究 NmⅢ 段储层的含油气性。地震波在穿过双相介质后各个频率成分的能量分布状况会发生变化,低频成分相对较强、高频成分相对较弱,即表现为“低频共振、高频衰减”的特性<sup>[4]</sup>。这种由于地震波穿过双相介质而引起的能量变化效应可通过最大累计能量扫描等方法检测出来。

对油井和水井开展频谱特征分析,油井 C 在低频 10Hz 处振幅能量最强,而水井 E 在 20Hz 处振

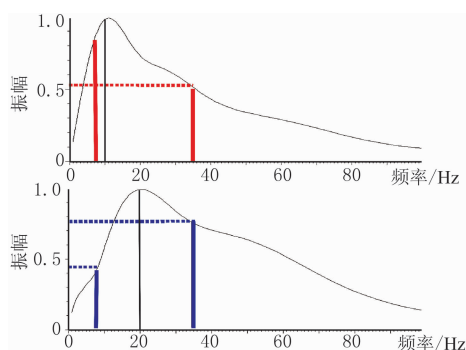


图 6 油井 C(上)和水井 E(下)频谱特征分析

幅能量最强。与 E 井相比,C 井在低频部分 8Hz 处能量相对较强,在高频部分 35Hz 处能量相对较弱,与“低频共振、高频衰减”的特性相符合。

根据这一特性对 NmⅢ 下段地层开展含油气检测。图 7 中红色区域是检测出的含油气性较好的区块,为有利含油气区。结合钻井资料可知,F 井试油获得工业油流,G 井为空井。大多数井检测结果与实情相符,符合率达 80%。根据储层预测和油气检测成果部署了 H 井和 I 井,钻探后都获得了良好的油气显示。

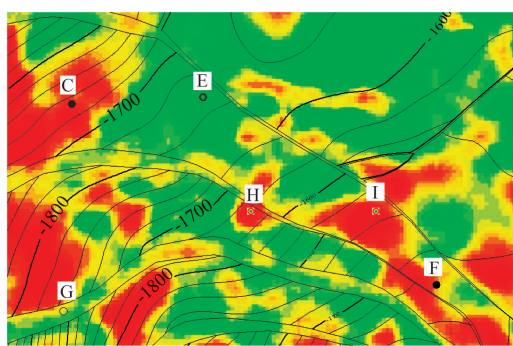


图 7 NmⅢ 下段地层含油气性检测结果

## 5 结束语

在南堡 4 号构造区应用多种储层预测技术,有效提高了该区 Nm 组曲流河砂岩预测的精度,明确了 Nm 组有利储层的空间展布特征。其中通过常规地震属性和谱分解技术定性地预测了河道砂体储层发育区,利用岩性指示模拟方法半定量地识别了储层的空间变化,结合钻井、测井资料开展含油气性检测,取得了预期效果。

不同的储层预测技术具有不同的适用条件,应在充分熟悉和掌握目标区地质和地震资料的基础上,优选最适用的储层预测手段;而多种储层预测技术的综合应用并相互验证是提高储层预测精度的保证。

### 参考文献

- [1] 张延庆等. TBM 地区低孔渗高产气储层预测. 石油地球物理勘探, 2007, 42(1): 94~97  
Zhang Yan-qing et al. Prediction of reservoir with low porosity, low permeability and high production in TBM area. *OGP*, 2007, 42(1): 94~97
- [2] 徐丽英等. 利用谱分解技术进行薄储层预测. 石油地球物理勘探, 2006, 41(3): 299~302  
Xu Li-ying et al. Using spectrum decomposition technique for prediction of thin reservoir. *OGP*, 2006, 41(3): 299~302
- [3] 刘振宽等. 地质统计反演在 TLH 地区的应用. CPS/SEG2004 国际地球物理会议论文集, 北京, 2004
- [4] 郭耀华, 谢昕. 地震油气检测技术在宁东油田的应用. 石油天然气学报, 2008, 30(1): 60~70  
Guo Yao-hua, Xie Xin. Application of seismic oil and gas detection in Ningdong Oilfield. *Journal of Oil and Gas Technology*, 2008, 30(1): 60~70

(本文编辑:朱汉东)