

渤海湾盆地新北油田馆上段储层预测方法

晁 静 (胜利油田有限公司地质科学研究院, 山东 东营 257215)

[摘要] 针对新北油田河流相储层横向变化快、探井少的特点及地震预测河道砂体存在多解性的问题, 以地质、测井、地震资料分析为基础, 从精确地层标定入手, 应用相干体分析进行微构造解释, 以寻找各级别大小断层附近的河道砂体为目标, 应用多种地震属性参数识别砂体, 分析确定振幅属性能敏感地反映该区砂体的边界及变化带, 可定性预测砂体分布范围, 结合对砂体的初步认识, 应用稀疏脉冲波阻抗反演定量预测含油砂体, 为寻找有利的勘探目标和新区方案的编制奠定了基础。

[关键词] 储层预测; 河道砂体; 地震特征; 相干体; 地震属性; 稀疏脉冲反演; 新北油田

[中图分类号] P631.44 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1000-9752(2009)02-0063-04

在油气勘探开发中河道砂储集体的识别, 主要依赖地震资料的分析 and 深入研究。曹辉等根据强振幅异常带预测了河道砂体^[1], 周建宇采用稀疏脉冲波阻抗反演和随机模拟地震波阻抗反演预测埕岛油田河道砂体^[2], 隋凤贵等采用 Kehonen 网络和模拟神经网络预测了河道砂体及其含油性^[3], 刘书会探讨分析了济阳凹陷砂岩储层预测失利的原因^[4]。利用地震资料预测砂体需要依据研究对象的地质条件、沉积特征和地震资料条件而针对性地选择方法。笔者在地震资料、储层反射特征、测井资料分析的基础上, 结合综合地质分析, 以储层精确标定和精细构造解释为基础, 以寻找各级别大小断层附近的河道砂体为目标, 应用多种地震属性参数定性地预测砂体的分布范围, 结合对砂体的初步认识, 应用稀疏脉冲波阻抗反演定量预测含油砂体, 为寻找有利的勘探目标和新区方案的编制奠定基础。

1 地质概况

新北油田位于山东省东营市垦利县境内, 黄河入海口处的滩涂地带, 水深 0~15m, 北、东两面环海, 西临孤东油田、南临新滩油田。构造上位于渤海湾盆地济阳坳陷东部垦东凸起的北部斜坡带, 是 2003 年以来胜利油田滩海地区主要的增储上产的新区接替阵地。区内断裂系统发育, 为北东东走向的垦东 4 断层和近东西走向的垦东 1 断层切割形成 2 个大型断鼻构造带, 生油条件好, 主要油源来自北部的桩东凹陷, 原油性质好, 油藏类型为构造岩性油藏。该区自下而上钻遇中生界、下第三系沙河街组、东营组、上第三系馆陶组、明化镇组及第四系平原组, 下第三系地层自北向南逐渐向垦东凸起超覆, 上第三系超覆、披覆于下第三系之上, 主要含油气层系为馆上段。馆上段地层沉积厚度稳定, 受古地形控制作用小, 有由南向北、由西向东逐渐变厚的趋势。新北油田主要包括 5 大区块: kd4 块、kd34-341 块、kd344-342 块、kd481 块及 kd1-30 块。

2 地震资料分析

研究区地震资料品质较差, 频带范围为 10~50Hz, 主频 35Hz 左右, 馆上段含油储层在地震剖面上总体呈现高振幅、弱连续、平行、亚平行密集状的反射结构特点, 单同相轴波形稳定, 延伸距离不长。剖面整体反射同相轴具有平行延伸的趋势, 同相轴的分布反映了河流沉积的事件性, 地质堆积体可以是河道砂体、废弃河道、决口扇等。这是对河道单砂体可能进行描述的基础, 同相轴延伸趋势则是区

[收稿日期] 2008-10-13

[作者简介] 晁静 (1975-), 女, 1998 年大学毕业, 硕士, 工程师, 现主要从事油气田开发地质研究工作。

域性地层叠置关系,反映了沉积等时面的变化规律。在单一岩性发育层段,厚层泥岩段或厚层砂岩段则以弱反射为特征。由此可见,垦东地区馆上段曲流河沉积的地震剖面强反射轴反映了局部的事件性和区域的等时性,这也是河流相地层地震反射特征。

该区储层与围岩波阻抗差值的存在是应用地震资料进行储层预测的前提,两者相差越大,预测效果越好。经研究发现,该区泥岩呈高速,砂岩呈低速,平均砂岩速度 2250m/s,平均泥岩速度 2370m/s,两者相差 120m/s;日的层段单砂层厚度 4~10m,平均为 4~5m,平均泥岩隔层厚度 8m 左右。这种砂、泥岩薄互层沉积,且储层与围岩速度比较接近的地层中,储层预测难度较大,但该区储层和围岩质地较纯,岩性单一,不存在灰质成分,因此,地震剖面上的岩性界面往往代表砂岩和围岩的分界面。以 $\lambda/4$ 作为可分辨率的时间极限,则地震资料可分辨砂层厚度三维资料为 8.8m 以上;以 $\lambda/8$ 作为可分辨薄层厚度的极限,则可分辨砂层厚度三维资料为 4.5m 左右,与该区储层厚度分布一致。

3 精细构造解释

3.1 层位标定

该区 VSP 资料少,采用声波合成地震记录标定法。馆陶组埋藏浅,压实弱,容易引起井壁垮塌,声波、密度、伽马等测井曲线受井壁垮塌影响,需进行校正,环境校正后合成记录与井旁地震道的相位、能量的对应关系更为合理。通过多井的正负极性标定,确定该区地震资料的极性为正极性,对地震资料进行频谱分析,目的层段主频为 35Hz,因此合成记录初始子波主频采用 35Hz、正极性雷克子波。利用人工合成地震记录,与井旁地震道进行对比分析,首先对标准层(全区连续性最好的层序作为标准层,如 T₀)进行标定,其次对目标层附近反射同相轴连续性较好的非标准层进行标定,最后确定储层位置。由此可获得与井旁地震道符合较好的声波合成记录,同时采用连井测线多井同时标定,保证地质层位在地震剖面上纵向标定准确,横向一致,空间分布合理。

3.2 构造精细解释

新北油田由于处在孤东潜山与垦东凸起之间,构造应力较为集中,发育了一系列北东向的雁行式断层,并被东西向断层复杂化,产生了近北北东向的复杂断裂带,次级小断层发育,在解释过程中,结合河道砂体的反射特征,重点刻画小断层,分析反射轴的扭曲、错断、合并及相位转换等现象是小断层造成的还是砂体变化和差异压实的反射特征,同时应用相干数据体分析断裂系统平面展布及组合关系,相干切片上断层的体现非常明显(图 1)。经过微构造解释,新北油田各断阶内次级小断层大都近东西走向,断距 10~30m 左右,延伸 1500~500m 之间不等,因区内砂泥岩薄互层沉积,小断层具有一定的封堵和遮挡的作用。精细的构造解释是认清成藏规律、砂体描述的基础。

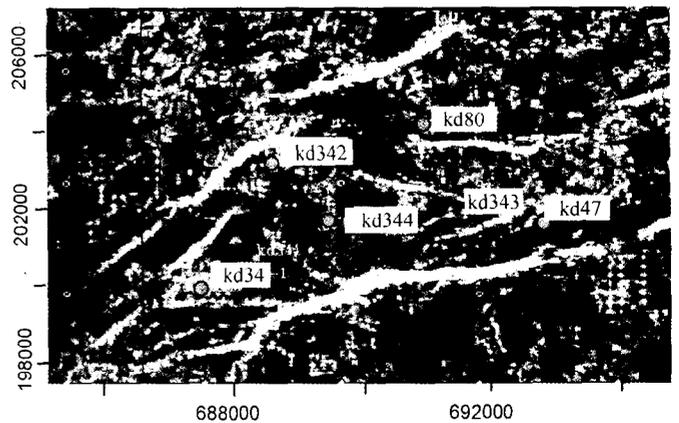


图 1 kd34 - 481 地区相干体沿层切片 (2 砂组底)

4 储层预测方法

4.1 综合地质分析

通过对该区构造演化、油气成藏、圈闭等综合分析,认为断层是该区主要的运移通道,鼻状构造高带和断层及河流相砂体的发育控制着油层的平面和纵向分布^[5]。同时根据岩石类型、沉积结构、粒度分

布和测井曲线特征等沉积特征,认为馆上段储层为高弯度曲流河沉积,概率性走向为北北东向^[6,7],与孤岛、孤东、埕岛油田馆上段不同,河流曲率大,河道迁移频繁,平面上多期砂体迭合,横向变化快,面积小,厚度薄,砂体类型主要为边滩、废弃河道,天然堤次之^[6~8]。为此各个级别断层附近储层的识别是关键,同时从沉积的角度考虑,也应注意砂体平面上的变化带。

4.2 地震属性识别砂体

岩性变化或同一储层中流体性质的改变能够造成层速度的变化,这种变化在地震剖面上引起振幅的相应变化。应用振幅属性主要用来描述研究区的岩性或油气聚集引起的横向变化,对于寻找平面分布小、厚度薄的储层能发挥重要作用。该区馆上段含油储层其振幅值在3000~6000之间,含水储层其振幅值在1500~3000之间,含油层段的振幅值约为非含油层段的振幅值的1.5~2倍,含气储层振幅值在6000以上,含油气层段与不含油层段其振幅值有明显的差异,应用振幅信息能较好地反映砂体分布及变化带。通过对频率、相位、振幅等多数属性的提取分析,认为振幅属性能够较好反映砂体的边界及变化,从均方根振幅、波峰振幅属性沿层提取的切片上分析,河道砂体显示清晰,振幅的强弱变化能够定性地反映河道砂体在平面上的变化带(图2)。

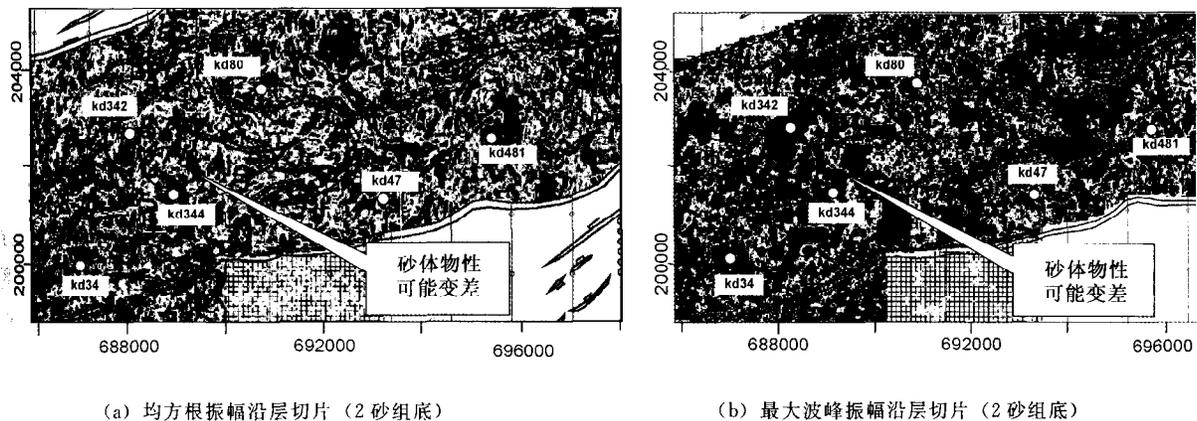


图2 kd344-481地区振幅属性沿层切片

4.3 稀疏脉冲反演技术描述砂体

稀疏脉冲反演技术是一种基于地震褶积模型的波阻抗反演技术,测井资料只起到对地震数据进行标定和提供低频信息的作用,不直接参与反演处理,它能充分发挥地震数据在横向密集的优势,将界面型的地震资料反演成岩层型的测井剖面,较客观地反映地质体在横向上的变化。所得到的反演结果与地震资料所具有的振幅、频率、相位等特征都有较好的对应关系,适用于井少、储集体横向变化大的地区。鉴于该区储层地震反射同相轴强弱关系变化比较明显,特征较为清晰,探井少,井距大,采用稀疏脉冲反演技术描述砂体。

1) 子波估算 反演处理中子波估算是和地震、地质综合标定交互进行的,首先利用一个标准理论子波做出最初的合成地震记录,将此合成地震记录与井旁地震道对比,做测井曲线时深关系校正,以校正后的测井曲线为基准估算子波,反复迭代以上过程,直至获取最佳子波。

2) 地质模型的建立 为了减少反演的多解性,需要建立准确的波阻抗模型,实际上就是在精确可靠的标定和层位解释的基础上,在构造层位控制下将测井波阻抗数据向三维空间插值,把地震界面信息与测井波阻抗信息有机结合。由于该区馆上段埋藏浅,砂岩疏松,造成砂泥岩波阻抗值相近,为此在测井曲线归一化处理后,选取能明显反映地下地层砂泥岩特征的自然伽马曲线对波阻抗曲线进行重构处理,首先对伽马曲线进行低截频滤波,将伽马的高频成分与综合地震地质标定后的时深关系曲线进行整合处理,得到既能反映岩性,又具有准确时深关系的测井声波曲线^[8]。而后利用重构声波曲线来建立初始波阻抗约束模型。

3) 反演参数选取 选用Jason反演模块对稀疏脉冲反演中的多个敏感参数进行试验和选择,主要

是波长 λ 、采样率、趋势约束方式、软趋势和软空间约束、子波影响、频带补偿、色标范围调试等, 经过大量的反复试验, 应用质量控制模块, 反演迭代的合成记录与实际地震剖面相符效果好, 残差小, 确定适合该工区的反演参数, 最终选择了合理的反演参数, 进行了反演处理, 得到稀疏脉冲反演波阻抗结果。

砂体边界和变化带在反演波阻抗剖面上均有一定的体现。波阻抗强弱的变化, 与振幅属性强弱的变化有较好的对应关系, 反演砂体的分布范围与属性分析反映的砂体分布也具有很好的一致性 (图 2、3)。结合地质分析, 图 2、3 中波阻抗和振幅属性的变弱趋势, 但又有一定的连续性的变化带, 认为是砂体变薄物性变差, 或是同期河道砂体边界叠置部位砂泥岩薄互层沉积的体现, 结合完钻开发井也得到证实。

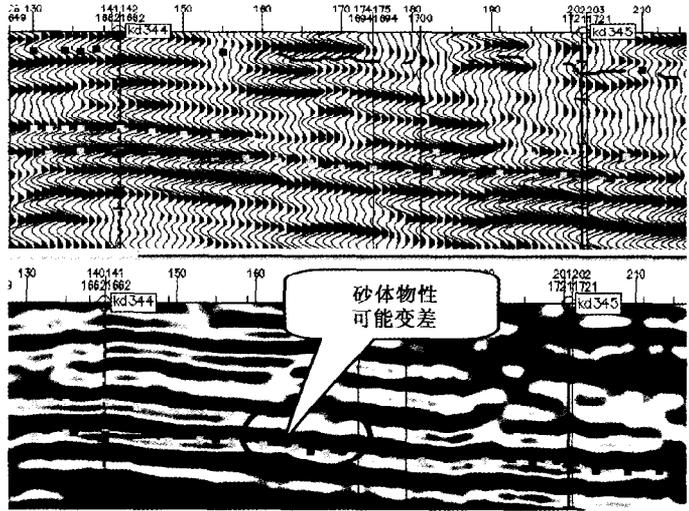


图 3 kd344 井区含油层反演波阻抗剖面图

5 效果分析

选用相干分析、振幅属性分析和稀疏脉冲反演技术预测储层, 在新北油气田 4 大区块的 8 个产能方案中的应用取得了较理想的效果, 开发井和滚动探井成功率达 96%, 砂体厚度预测符合率 87%, 深度误差 2.6m/1000m。正确的地质认识和地震资料分析, 有针对性地选择地震属性参数和反演方法, 多种技术手段的综合应用, 相辅相成, 是减少单项技术局限性的有效途径。

[参考文献]

[1] 曹辉, 王威彬, 俞建宝, 等. 一个可能的河道砂体的推测 [J]. 石油物探, 2000, 39 (1): 42~49.
 [2] 隋凤贵, 王永诗, 王学军, 等. 河道砂体含油性预测方法研究 [J]. 石油物探, 2005, 44 (2): 105~108.
 [3] 周建宇. 埕岛油田埕北 246 井区储层反演方法与效果 [J]. 油气地质与采收率, 2005, 12 (3): 45~47.
 [4] 刘书会. 济阳拗陷砂岩储层预测失利的分析和思考 [J]. 油气地质与采收率, 2008, 15 (4): 39~42.
 [5] 邹淑滢. 垦东凸起构造特征及其对油气成藏的控制作用 [J]. 油气地质与采收率, 2008, 15 (4): 27~29.
 [6] 王大华, 苏宪锋. 垦东凸起上第三系油气分布与断层关系研究 [J]. 中国海上油气 (地质), 2003, 17 (4): 223~225.
 [7] 彭存仓, 顾菊萍. 垦东地区上第三系馆陶组上段成藏规律研究 [J]. 江汉石油学院学报, 2002, 24 (4): 10~12.
 [8] 黄建林, 罗飞. 地震反演技术在齐家北地区储层预测中的应用 [J]. 石油地质与工程, 2008, 22 (2): 31~33.

[编辑] 弘文