

灰质背景下浊积岩储层地震响应特征及识别方法

——以东营凹陷董集洼陷为例

于正军

(中国石化胜利油田分公司物探研究院, 山东 东营 257022)

摘要:近年来浊积岩油藏预测的成功率和勘探效益有所降低,灰质成分的存在是影响浊积岩储层预测精度的主要因素。从岩性组合、振幅、速度、波阻抗等特征入手,明确了东营凹陷董集洼陷含灰质成分岩石的地球物理响应特征,确定了灰质背景下浊积岩储层地震识别方法。利用子波分解技术优选适用于子波重构新的地震道来消除灰质背景,以提高地震资料的分辨率;通过基于振幅和频率特征的多属性联合分析技术获得的幅频比能够有效压制灰质能量,放大浊积岩储层的信息并确定其边界;利用叠前反演技术获取纵、横波速度比和纵波阻抗来剔除灰质影响,进而确定浊积岩储层分布规模及与邻区储层的展布关系。

关键词:灰质背景 浊积岩 子波分解 幅频比 叠前反演 东营凹陷

中图分类号:P631.4

文献标识码:A

文章编号:1009-9603(2014)02-0095-03

随着隐蔽油藏勘探的深入,浊积岩油藏已成为东营凹陷重要的岩性油藏勘探类型,具有较大的勘探空间和资源潜力^[1-5]。但是,经过几十年的勘探开发,浊积岩油藏勘探难度越来越大,勘探效益明显降低。通过对东营凹陷各地区的浊积岩油藏地震地质条件进行分析,发现影响浊积岩储层预测精度的主要因素有地震资料品质、岩性组合、古地貌等,其中岩性组合是浊积岩储层预测的关键因素之一^[6]。多年的勘探实践成果表明,东营凹陷董集洼陷的浊积岩包括砂岩与泥岩、砂岩与油页岩、砂岩与灰质泥岩、灰质砂岩与泥岩及灰质砂岩与灰质泥岩等5种岩性组合方式。其中,灰质成分的存在是影响浊积岩储层预测精度的主要因素。因此,笔者在前人沉积模式、成藏规律研究成果的基础上,通过分析浊积岩中各类岩石的地震响应特征,确定了灰质背景下浊积岩不同岩性组合的地震识别方法,以期为提高浊积岩油藏勘探成功率提供技术支持。

1 地震响应特征

1.1 岩性组合特征

东营凹陷浊积岩中的储层主要发育在大套欠压实暗色泥岩中,埋深多大于2 800 m,主要以薄互层的形式存在,砂岩单层厚度一般为5~13 m。由

于目的层地震资料主频为30~35 Hz,分辨率只能反映到砂层组而难以识别其中的单砂体。除凹陷中心外,在其他地区沉积的浊积岩,由于围岩富含灰质成分,其自然伽马值小于周围泥岩,电阻率由上至下由低变高,曲线形态呈“山”字^[7]。地震反射特征表现为零星透镜体反射、连续长反射、席状披盖反射、规则叠瓦状反射、复合透镜反射、不规则杂乱反射及交错复合反射等。

研究表明,董集洼陷灰质砂岩、白云岩、泥灰岩等厚度薄,在与砂岩形成的岩性组合中比重偏低,对地震响应特征的影响较小;而灰质泥岩的厚度较大,对地震响应特征(波形、振幅等)的影响较大,因此,研究区浊积岩储层预测中灰质成分的影响主要来自于灰质泥岩。

1.2 振幅特征

振幅作为地震数据体中的基本属性,其值反映了地震反射能量的强弱。从研究区地震剖面上看,砂岩与灰质泥岩同为强振幅反射特征,测井资料统计的结果显示,砂岩和灰质泥岩的振幅值均为4 000~8 000。因此,单从振幅强弱并不能将二者很好地区分开。

1.3 速度特征

通过对研究区25口井目的层段的不同岩性进行分类对比,并根据测井资料对砂岩、泥岩、灰质砂

收稿日期:2013-12-23。

作者简介:于正军,男,高级工程师,博士,从事油气藏勘探综合研究。联系电话:(0546)8797276,E-mail:yuzj_789@163.com。

基金项目:国家科技重大专项“渤海湾盆地精细勘探关键技术”(2011ZX05006)。

岩和灰质泥岩等岩性的速度进行了统计。结果表明,泥岩速度最低,一般小于3 400 m/s,灰质砂岩速度为3 500~4 200 m/s,灰质泥岩速度为3 300~3 800 m/s,砂岩速度为3 400~3 900 m/s。由于灰质泥岩与砂岩速度存在重叠,使得地震剖面的反射特征更加复杂,依靠速度信息难以识别和描述浊积岩中的砂岩。

1.4 波阻抗特征

由于研究区砂岩和灰质泥岩的速度相近而泥岩速度相对较低,因此泥岩与砂岩的界面和泥岩与灰质泥岩的界面都可以形成强的波阻抗界面^[8]。波阻抗反演结果显示,砂岩与灰质泥岩的波阻抗值分别为 $8.25 \times 10^6 \sim 9.0 \times 10^6$ 和 $8.17 \times 10^6 \sim 9.0 \times 10^6$ kg/($m^2 \cdot s$),两者差别较小,利用常规波阻抗反演技术很难剔除浊积岩中灰质成分的影响。

2 地震识别方法

2.1 子波分解技术

子波分解技术是首先将地震道分解成不同能量的地震子波的集合,然后将子波划分为多个时窗长度,结合已钻井资料依次对各时窗长度进行试验,通过筛选优化选择适用于子波重构出新的地震道来地震资料的分辨率,并通过多属性的优选聚类提高储层预测的精度。其技术的关键是时窗参数的选取和能量分量剔除比例。

东营凹陷董集洼陷南缘沿斜坡和断层下降盘形成浊积岩,在平面上成群分布,纵向上叠合连片。通过正演模拟可知,浊积岩储层单层厚度薄,岩性组合复杂,且横向变化比较大^[9],尤其是灰质泥岩的分布较为稳定,地震反射能量较强,受其影响,传统的单一属性预测存在着多解性^[10-11]。董集洼陷南缘的营925井在3 600~3 650 m井段钻遇17.4 m的储层,在常规地震剖面上为一个连续的中强振幅反射(图1a),难以进行有效的储层描述。在进行子波分解过程中先将子波划分为4类时窗长度,结合钻井资料依次对时窗长度进行试验,将优选出的下半周时窗重构出新的地震剖面(图1b),进而剔除常规地震剖面上代表泥岩和灰质泥岩的能量最强的2个子波分量,突出有效的岩性和地层信息,新剖面上营925井与营92井中间的尖灭点刻画得比较清晰,与钻探结果吻合较好。

2.2 多属性联合分析技术

在储层类型单一且小于调谐厚度(30 m)的情况下,可以利用多属性联合技术来压制灰质能量的

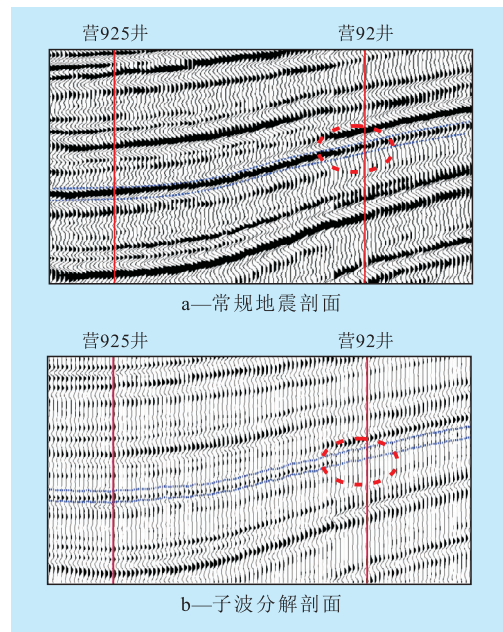


图1 董集洼陷常规地震剖面与子波分解剖面对比

影响。研究表明,虽然灰质泥岩与砂岩的地震响应均为强振幅,但其频率特征存在差异^[12-16]。研究区沿层提取的瞬时频率特征显示,砂岩的优势响应频率为16~22 Hz,灰质泥岩和泥岩的响应频率大于34 Hz,频率的差异宏观上能较好地反映砂岩和灰质泥岩不同的沉积规律,主要表现为储层较发育的扇根或主水道的地震响应偏向于低频,而浊积水道间和扇体前缘储层不发育的地方表现为相对高频的特点。振幅频率比值(幅频比)与储层厚度的交会结果分析表明,幅频比相对于单独的振幅、瞬时频率更具有收敛性。因此,通过基于振幅和频率特征的多属性联合分析技术获取的幅频比既能放大储层信息,又有利于确定储层的边界。

董集洼陷北坨71井区沙三段下亚段的古冲沟前方为滑塌浊积扇发育的有利部位,且扇体厚度大,表现为多个砂体叠合连片的透镜体沉积特征。从储层的地震反射特征分析,坨71井区古冲沟由于坡度较陡,储层滑脱较远,浊积砂体呈透镜状反射,延伸短、连续性较好。从目的层段提取的振幅属性显示发育多条浊积水道,其前方发育滑塌浊积砂体的强振幅特征明显,据此部署的坨724井钻遇滑塌浊积岩储层21.1 m,但随后依据相似地震反射特征完钻的坨725和坨723井却仅钻遇2 m的灰质砂岩储层。研究区幅频比预测结果(图2)显示,失利的主要原因为滑塌浊积砂体的边缘多发育灰质成分以及地震波的绕射作用导致距离较近的砂体间在横向上难以区分,而坨723和坨725井均在储层的边界之外。

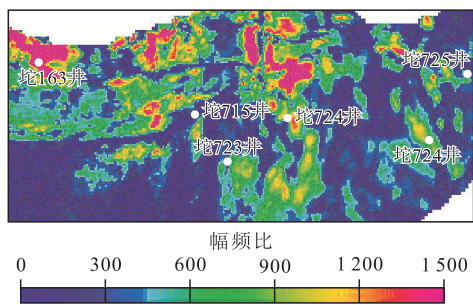


图2 董集洼陷坨724井区幅频比预测结果

幅频比去灰质方法对于灰质泥岩、白云岩与砂岩组成的薄互层所形成的强振幅反射压制效果并不理想。

2.3 叠前反演技术

董集洼陷西北部的坨163井区与坨71井区相比坡度较缓,砂体滑塌距离较短,储层厚度以及分布范围有较大差别。滑塌浊积砂体多为细砂岩、泥质砂岩,单层厚度约为1 m。由于薄互层砂岩与白云岩、灰质泥岩组合呈振幅强弱变化的连续复合反射,正演模拟结果显示,岩性反射强度由强到弱依次为灰质砂岩—白云岩—砂岩—灰质泥岩—泥岩,依据岩石物理特征和纵、横波速度变化规律,单纯利用叠后反演技术很难有效识别浊积砂体的赋存特征。由于叠前反演中的纵横波速度比在压制含灰质岩石的反射特征,区别储层与灰质泥岩(尤其是二者呈薄互层组合)时有特定的优势,因此,可以采用叠前反演技术获取纵横波速度比和纵波阻抗来进行储层识别。

利用Xu-White模型对研究区10口井进行横波速度估算,并求取了砂岩横波阻抗、纵横波速度比等弹性参数,通过交会分析可知研究区内储层与非储层、含不同流体储层间弹性参数^[16]具有明显的差异。其中,砂岩储层具有低纵横波速度比的特点,而影响储层识别的灰质泥岩则具有高纵横波速度比的特征。将叠前地震数据分为 $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 、 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 和 $25^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 等3个角度分别进行叠加,并与测井纵、横波速度信息有效结合,得到不同角度范围的弹性阻抗反演成果^[17-18]。根据弹性参数计算方法,可得到波阻抗、密度、纵横波速度比等多种表征岩性和流体特征的地层参数,使得含灰质成分的岩石的反射特征得到有效压制,准确地识别出坨163井区浊积砂岩储层的分布规模及与邻区储层的展布关系。

3 结束语

针对灰质成分影响浊积岩储层预测精度的问

题,从岩性组合、振幅、速度、波阻抗等特征分析入手,明确了含灰质成分岩石的地球物理响应特征;结合岩石物理分析、正演模拟和属性参数优选,探索了消除灰质背景影响的思路和方法;分析了子波分解、多属性联合分析和叠前反演等技术的适用条件,确定了灰质背景下浊积岩储层的地震识别方法,进而提高了浊积岩储层的描述精度。

参考文献:

- [1] 王居峰.东营三角洲—浊积扇高频层序叠加样式与岩性圈闭[J].沉积学报,2005,23(2):303-309.
- [2] 宋国奇,刘鑫金,刘惠民.东营凹陷北部陡坡带砂砾岩体成岩圈闭成因及主控因素[J].油气地质与采收率,2012,19(6):37-41.
- [3] 袁红军,高振平,刘民,等.东营凹陷博兴洼陷浊积岩特征及油气藏类型[J].石油地球物理勘探,2010,45(1):167-172.
- [4] 尚冰.牛庄洼陷王58地区沙四段上亚段纯上3砂组浊积岩沉积特征及形成机制[J].油气地质与采收率,2011,18(4):28-31.
- [5] 王金铎,韩文功,于建国,等.东营凹陷沙三段浊积岩体系及其油气勘探意义[J].石油学报,2003,24(6):24-29.
- [6] 郝雪峰.古油势和低序次断层与砂岩透镜体圈闭含油性的关系——以东营凹陷牛庄洼陷沙三段中亚段为例[J].油气地质与采收率,2012,19(3):6-10.
- [7] 李珂,杨建军,苟永俊,等.岩性油藏精细数值模拟技术[J].大庆石油地质与开发,2012,31(3):79-83.
- [8] 薄其重,方赞,刘景友,等.浊积岩油藏描述技术及其应用[J].特种油气藏,2003,10(5):25-29.
- [9] 陈百军,边婧,赵海波.基于正演模拟分析叠后反演预测薄储层的能力[J].大庆石油地质与开发,2012,31(4):154-158.
- [10] 刘光蕊,陈发亮,韩福民,等.利用地震多属性技术进行储层预测与评价——以东濮凹陷濮城地区沙一段为例[J].油气地质与采收率,2011,18(4):47-49.
- [11] 张军华,刘振,刘炳杨,等.强屏蔽层下弱反射储层特征分析及识别方法[J].特种油气藏,2012,19(1):23-26.
- [12] 凌云研究小组.基本地震属性在沉积解释环境中的应用研究[J].石油地球物理勘探,2003,38(3):642-653.
- [13] 陈军,陈岩.地震属性分析在储层预测中的应用[J].石油物探,2001,40(3):94-100.
- [14] 朱筱敏,刘长利,张义娜,等.地震沉积学在陆相湖盆三角洲砂体预测中的应用[J].沉积学报,2009,27(5):915-921.
- [15] 曹健,赵宪生,施泽进,等.振幅、频率与动态吸收系数在嘉一段储层预测中的应用[J].特种油气藏,2010,17(6):35-37.
- [16] Daniel P, Hampson.用多属性变换由地震数据预测测井特性[J].于宝利,刘新利,译.勘探地球物理进展,2002,25(3):65-78.
- [17] 王玉梅.叠前地震反演精度影响因素[J].油气地质与采收率,2013,20(1):55-58.
- [18] 李延峰,王延涛,朱玉宝,等.叠前深度偏移层析反演速度模型建立及应用[J].大庆石油地质与开发,2013,32(1):154-157.