

文章编号: 1001-1749(2023)06-0803-09

# 基于双趋势约束二分法测井环境校正的研究与应用

王丽丽, 刘啸虎, 苗金鹏, 尹照普, 朱峰, 汪钰婷

(东方地球物理勘探有限责任公司研究院 乌鲁木齐分院, 乌鲁木齐 830016)

**摘要:** 准噶尔盆地阜东斜坡区侏罗系石树沟群发育规模河道砂体, 具有断裂和砂体共同控藏特征, 但由于砂岩和泥岩均受井眼垮塌等因素影响, 导致测井曲线严重失真, 常规曲线校正方法难以实现砂泥岩的准确回归, 直接影响砂体落实及油气检测精度。通过区内综合对比分析, 在明确砂岩低阻抗、泥岩高阻抗特征的基础上, 首先应用井眼扩径率对密度的影响, 实现砂泥岩整体背景趋势校正; 其次选择与砂岩对应良好的核磁总孔对砂岩趋势进行控制, 保证砂岩、泥岩相对关系合理, 并通过叠合密度振幅变化细节, 最终实现测井曲线的精细校正。创新形成基于双趋势约束的“二分法”测井环境校正方法, 有效提高测井曲线质量, 为研究区储层预测、油气检测等提供可靠数据。该方法的应用较好地解决阜东地区多年来河道砂体预测不准的地质难题, 并指导后期井位部署工作。

**关键词:** 井眼垮塌; 曲线校正; 双趋势约束; 环境校正

**中图分类号:** P 631.4 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-1749.2023.06.13

## 0 引言

在石油天然气勘探开发过程中, 测井曲线一直都是油气勘探的重要资料之一。作为钻井和地震的纽带, 测井曲线的准确与否直接影响地震合成记录标定、储层预测以及含油气检测的精度。而在常规测井过程中, 由于井眼严重垮塌会直接导致密度、声波时差等测井数据失真, 难以真实反映地层的实际情况, 不能合理地进行测井解释、层位标定、岩石物理建模、储层预测及含油气性检测等相关工作。因此, 针对井径垮塌的环境校正成为测井校正过程必备的重要环节。目前较为常用的曲线校正方式主要包括两种<sup>[1-2]</sup>: ①基于经验公式 Gardner(加德纳)方程进行拟合; ②采用常规测井曲线(自然伽马、深电阻率、中子等曲线)进行多元拟合。然而上述两种

校正方法通常只能针对井眼垮塌不严重或者一般严重的地区进行校正; 而对于井眼大范围严重垮塌的地区, 由于没有可靠的标准曲线进行选择, 校正效果非常不理想, 且只对泥岩进行校正, 忽略对储层较敏感的砂岩曲线的校正, 校正后的测井资料品质不高, 无法满足精细的勘探生产需求。

笔者应用的双趋势约束“二分法”测井环境校正的方法, 能够较好地解决由于大范围井径垮塌引起曲线质量差的问题。其基本原理是依据测井曲线交会分析结果, 寻找与砂泥岩以及垮塌情况存在相关性较高的测井曲线, 计算砂泥岩垮塌量并进行低频滤波, 得到砂泥岩低频趋势变化曲线, 对砂泥岩背景趋势进行控制, 同时叠合原本曲线存在的变化细节, 实现砂泥岩的整体校正。与常规技术相比, 该方法在无需选择标志层以及标准曲线的情况下, 对资料质量差、大面积垮塌地区进行精准校正, 实现

收稿日期: 2022-11-20

基金项目: 中国石油前瞻性基础性技术攻关项目(2022DJ0507); 中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司科研项目(03-03-2023)

第一作者: 王丽丽(1983-), 女, 本科, 工程师, 现主要从事地震及地质综合研究工作, E-mail: 273880928@qq.com。

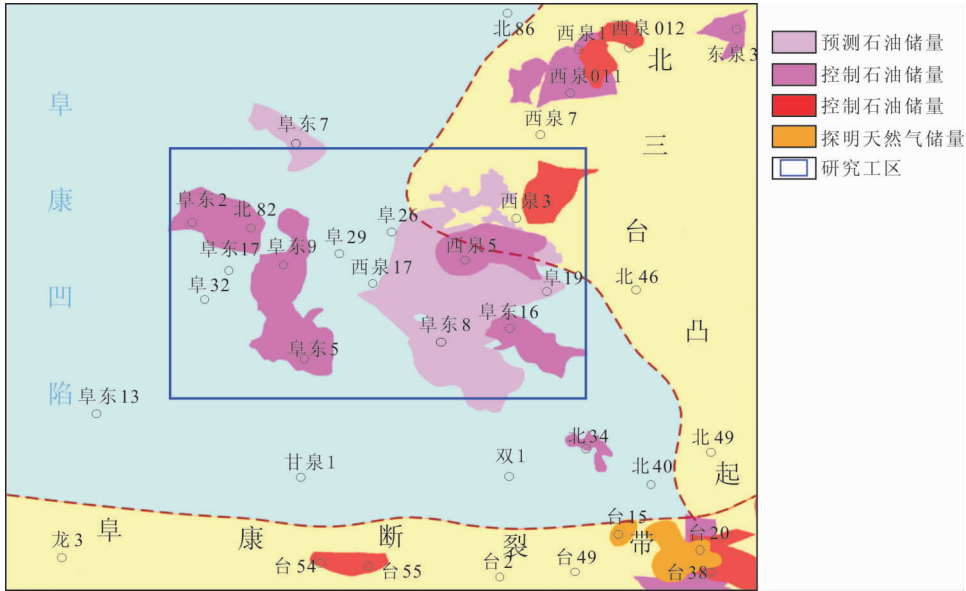


图1 阜东斜坡区阜东5井区侏罗系勘探成果图

Fig. 1 Map of Jurassic exploration results of well block FD5 in Fudong slope

砂泥岩准确的回归,是一套全新的测井环境校正技术。

## 1 地质概况

阜东斜坡区位于准噶尔盆地东部,处于北三台凸起与阜康凹陷的结合部,成藏条件优越,是多层系立体勘探的有利区带。侏罗系石树沟群作为主要的勘探层系,广泛发育河道型砂体,具有断裂通源、砂体控藏的特征,油藏类型为断层—岩性油藏<sup>[3-4]</sup>。前期已发现阜东5、阜东8、阜东16等井区高效油藏(图1),累计提交三级储量八千余万吨。2018年依托新采集的阜东5井区“两宽一高”三维地震资料,针对侏罗系河道型目标整体部署三口井,均获得高产或工业油流,其中阜32井日产超百吨,展现出河道砂岩广阔的勘探前景<sup>[5]</sup>。

阜东斜坡区侏罗系石树沟群以辫状河三角洲前缘亚相沉积为主,受河道迁移影响其主要岩性组合为厚层泥岩夹薄层砂岩,砂体厚度在8 m~15 m之间,不连续,并且储层泥质含量高<sup>[6-8]</sup>。受构造、砂体、钻井工程等多因素影响,该区钻井普遍存在大范围的井径垮塌现象,测井曲线严重失真,难以反映该区岩性特点。通过对工区范围内71口钻井统计,仅11口轻微垮塌,其中在砂岩和泥岩段均有严重垮塌的井有55口,目的层曲线普遍失真,不能反映地层的真实情况,严重影响测井解释、地震资料评价以及储层预测工作。

前期应用常规测井环境校正方法对该区测井曲线进行系统校正<sup>[9-10]</sup>,由于研究区井径垮塌非常严重,砂泥岩曲线全部失真,纵向、横向没有统一的规律,造成常规校正方法要求的标准层以及标准曲线选择困难,从而导致校正后的测井曲线质量整体不高,而在此基础上所开展的岩石物理建模、储层反演等预测结果与真实地质特征符合率低,导致后续部署的阜22井及多口评价井均告失利,无法满足油田钻探部署需求。因此,针对砂泥岩均受井眼严重垮塌影响而失真的问题,急需一套行之有效的环境校正方法,解决研究区测井资料质量问题。

笔者通过对阜东地区地质背景综合分析,结合钻井、地震的砂泥岩响应特征,提出了一种基于双趋势约束二分法测井曲线校正方法。其思路是:首先在测井和地震分析的基础上,确定砂泥岩关系;其次以计算井眼扩径率和孔隙度双趋势控制为背景,叠合密度相对变化细节,实现砂、泥岩的整体校正。该方法有效解决该区测井资料质量品质不高的问题。

## 2 砂泥岩测井地震响应特征分析

根据前期的研究成果,以测井交会分析为突破口,寻找划分砂泥岩的敏感曲线;结合该区地震的“亮点”和测井上整体规律,找准砂泥岩的相对阻抗关系,以保证校正后测井曲线的准确性以及砂泥岩识别敏感度。

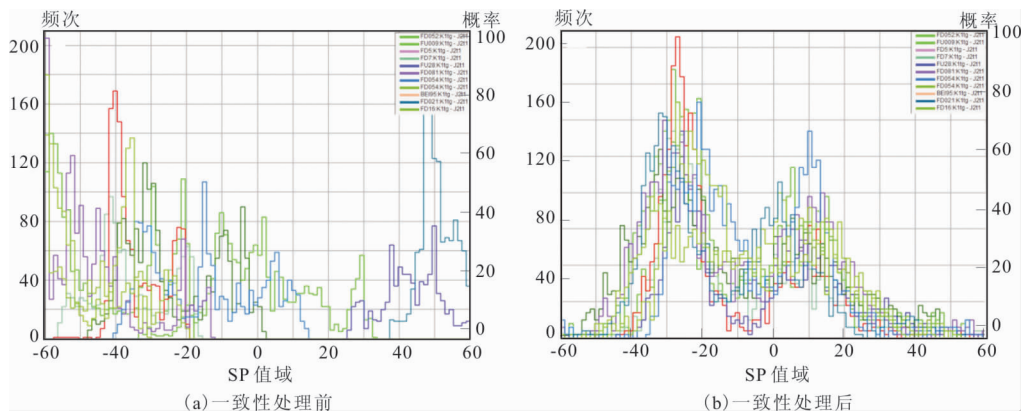


图2 阜东地区 SP 曲线一致性处理前后对比

Fig. 2 Comparison before and after SP curve consistency treatment in Fudong area

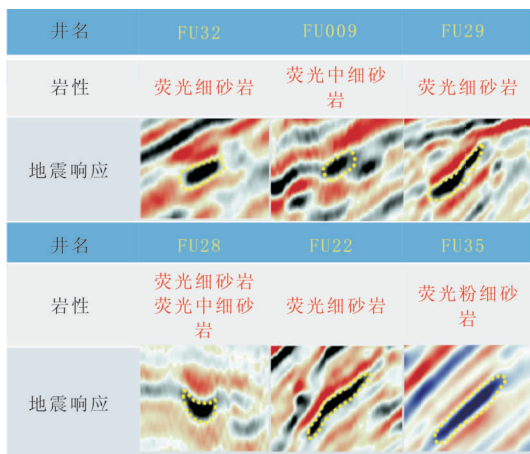


图3 河道砂体“亮点”特征

Fig. 3 The "bright spot" feature of channel sand body

## 2.1 测井敏感参数分析

一般来说,常规测井曲线中的自然伽马(GR)、自然电位(SP)、电阻率(RT)等曲线可以较好地地区分砂泥岩和含油气性。但通过对工区范围内所有井的基础曲线进行交会分析,发现常规测井资料整体比较差。研究区除了受井径垮塌幅度的影响外,由于特殊的地质环境,储层中普遍含有高放射性矿物,造成对砂泥岩区分较好的自然伽马和对含油气特征较为敏感的电阻率等常规曲线敏感性较差,难以进行砂泥岩划分,更不能体现油气的敏感程度。工区内单井自然电位(SP)曲线可较好地划分砂泥岩,但由于地层矿化度、钻井液以及测井设备等诸多环境因素影响,阜东斜坡区的自然电位曲线普遍较乱,负异常、基线、幅值范围差别较大,因此需要对原始自然电位曲线开展归一化处理,消除外界环境因素的影响(图2)。修正后的自然电位曲线具有较好的一致

性,可进一步开展砂、泥岩的划分。

## 2.2 井震结合确定砂泥岩响应特征

地震资料表明,该区河道砂体表现为“亮点”强振幅反射特征,说明河道砂体与围岩(泥岩)存在阻抗变化关系(图3)。为验证这一观点,首先选取轻微垮塌、泥岩垮塌、砂泥岩全部垮塌的三类测井数据进行分析,其中轻微垮塌和砂泥岩全部垮塌的测井数据存在明显的泥岩高阻抗、砂岩低阻抗特征,并且合成记录与地震标定相关性较好,其他标定结果均较差。同时选取井径条件较好且不同埋深的纯砂岩和纯泥岩交会,也具有砂岩低阻抗、泥岩高阻抗的特征<sup>[11-12]</sup>。基于以上地质认识,研究区整体表现为砂岩低阻泥岩高阻的特征,结合目的层段砂泥岩速度基本相当的特点,推断研究区的密度特征为泥岩高密砂岩低密特征,以此来指导密度曲线的校正方向,保证砂泥岩校正的准确合理。

## 3 曲线校正方法

在明确砂泥岩关系的基础上,分两步完成对密度曲线校正的关键步骤。首先应用井径曲线计算的扩径率对密度曲线进行整体校正,保证曲线背景趋势关系合理;其次依据先前的地质认识,采取具有明显砂岩关系的核磁总孔对砂岩进行针对性地校正,在此基础上叠合原始密度曲线振幅细节变化特征,实现砂泥岩的整体校正(图4)。

### 3.1 泥岩段密度校正

研究区密度测井曲线受井径垮塌影响严重,为量化表征密度测井受扩径的影响,引入扩径率和一次密度变化量这两个概念。

1) 基于垮塌段井径曲线计算目的层段的扩径率。

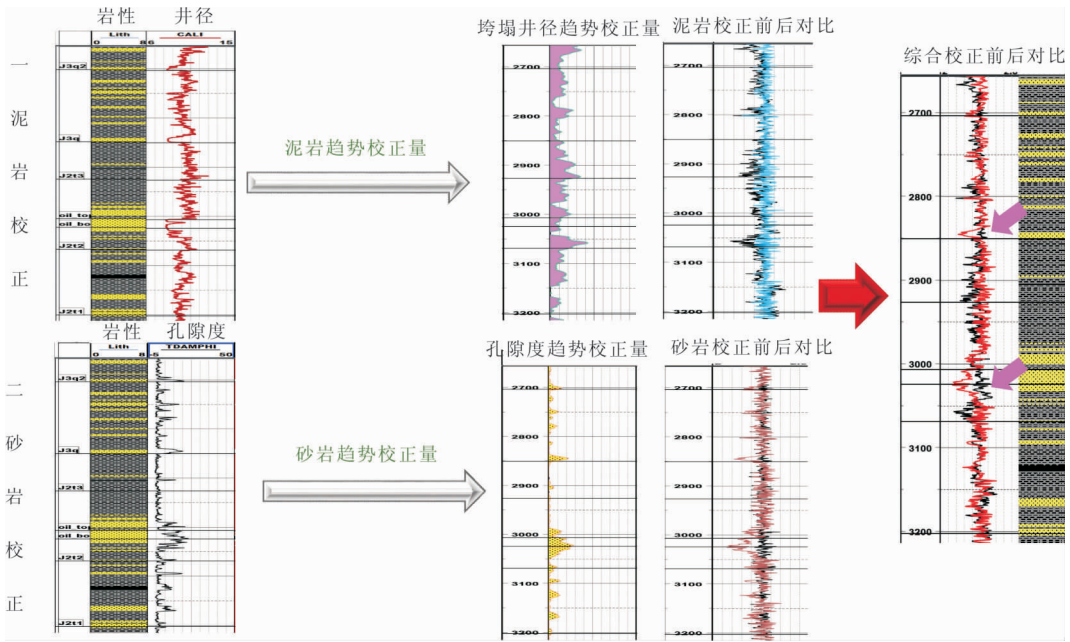


图 4 测井曲线校正步骤  
Fig. 4 The method flow chart

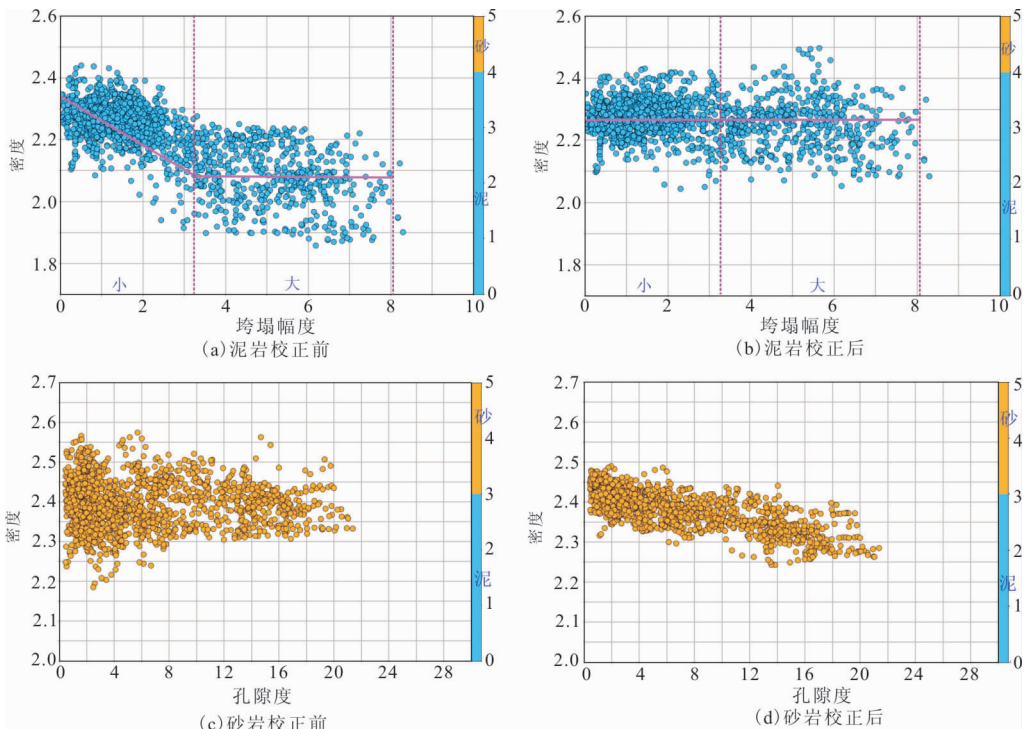


图 5 泥岩、砂岩密度校正前后交会对比图  
Fig. 5 The comparison of crossplot of density curves in mudstone and sand

$$\alpha = (CAL - BITS)/BITS \quad (1)$$

其中： $\alpha$  为扩径率； $CAL$  为井眼直径； $BITS$  为钻头直径。

2) 计算井径垮塌段一次密度变化量。通过实测

密度曲线以及泥岩取芯实测密度值计算垮塌段的密度相对变化量。

$$\Delta\rho = (DEN_{\text{取芯}} - DEN_{\text{实测}}) \quad (2)$$

其中： $\Delta\rho$  为相对密度变化量 ( $g/cm^3$ )； $DEN_{\text{取芯}}$  为泥

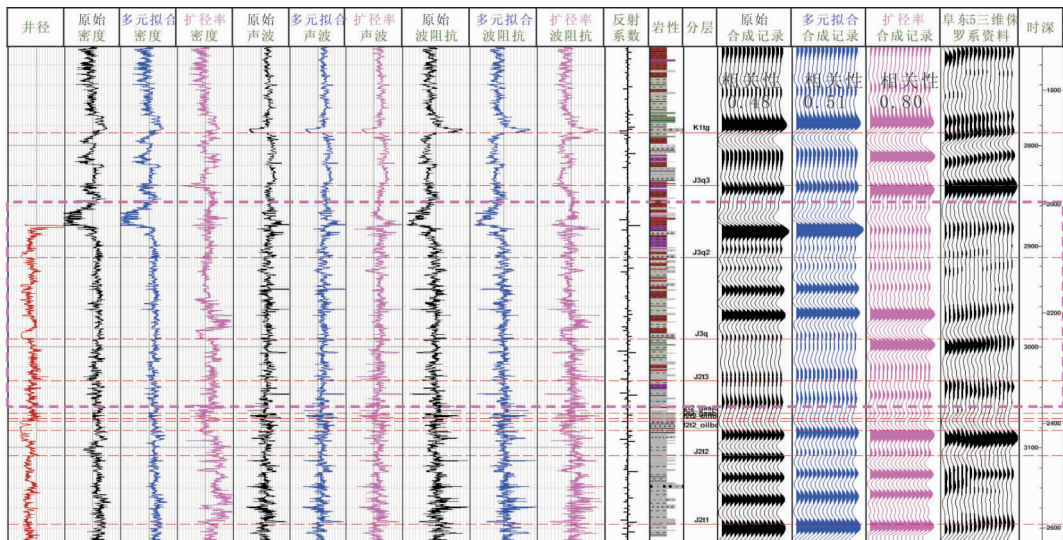


图6 阜东斜坡区阜东5井井眼垮塌校正前、多元拟合校正、基于扩径率校正后的合成记录对比图

Fig. 6 The composite recording comparison of 3 conditions in FD5 block, Fudong slope

岩取芯密度值( $\text{g}/\text{cm}^3$ );  $DEN_{\text{实测}}$  为实测密度值( $\text{g}/\text{cm}^3$ )。

3) 采用大尺度中值滤波的方法对扩径率  $\alpha$ 、相对密度变化量  $\Delta\rho$  进行滤波, 得到  $\alpha_1$ 、 $\Delta\rho_1$ 。中值滤波的目的是消除尖峰脉冲、阶跃、斜坡、随机噪音以及非地层因素等高频噪音的影响, 去除曲线内部细微变化特征, 保留大的地层趋势背景, 为曲线拟合奠定基础。

4) 基于扩径率趋势  $\alpha_1$  与密度相对变化趋势  $\Delta\rho_1$  拟合得到密度变化量关系式的参数  $A$ 、 $B$ , 并求取需要校正的变化量, 进行全井段垮塌量校正。

$$\Delta\rho_{\text{全}} = A * \alpha_1 + B + DEN_{\text{实测}} \quad (3)$$

### 3.2 砂岩段密度校正

在全井段垮塌背景校正基础上, 重点对砂岩趋势进行控制。引入与砂岩密度相关较大的砂岩孔隙度量和二次相对密度变化量这两个概念。

1) 基于孔隙度曲线、核磁总孔隙度和有效孔隙度曲线计算砂岩孔隙度。

$$\beta = Por_N - Por_e \quad (4)$$

其中:  $\beta$  为砂岩孔隙度(%);  $Por_N$  为核磁总孔隙度;  $Por_e$  为核磁有效孔隙。

2) 基于全井段密度曲线校正结果以及砂岩取芯结果计算砂岩段的二次密度校正量  $\Delta\rho_2$ 。

$$\Delta\rho_2 = \Delta\rho_{\text{全}} - DEN_{\text{取芯}} \quad (5)$$

曲线校正前、后的合成记录对比制作精度看, 井眼垮塌校正前、多元拟合校正与基于双趋势约束的二分法校正后的合成记录与地震资料的相关系数分别为

3) 同样采用大尺度滤波方法对砂岩孔隙度曲线进行滤波, 得到砂岩孔隙趋势  $\beta_1$ 。应用砂岩孔隙趋势  $\beta_1$  与二次密度变化量  $\Delta\rho_2$  建立关系式, 得到参数  $C$ 、 $D$ , 并求取砂岩精细校正的变化量, 进行砂岩校正。

$$\Delta\rho_{\text{砂}} = \Delta\rho_{\text{全}} - C * \beta_1 + D \quad (6)$$

4) 应用条件语句, 实现砂泥岩的整体校正, 获得最终校正后的数据体。

$$\text{If lithology}=1 \quad DEN_{\text{校正}} = \Delta\rho_{\text{全}}$$

$$\text{Else lithology}=2 \quad DEN_{\text{校正}} = \Delta\rho_{\text{砂}}$$

### 3.3 合理性分析

从校正后的密度曲线可以看出, 该方法在改变密度曲线背景趋势的同时, 更多的保留密度曲线幅度的相对细节。

1) 首先在泥岩段校正前、后进行对比分析, 校正前垮塌段的密度曲线与井眼扩径率呈负相关, 与真实地质情况不符; 校正后垮塌幅度与校正后的密度线性关系, 消除垮塌井径对泥岩密度的影响。其次在砂岩段也进行校正前后对比分析, 校正前砂岩密度与孔隙度关系混乱, 与岩石物理基础相违背; 校正后砂岩密度曲线与有效孔隙度呈负相关, 符合地质规律(图5)。

2) 从地震资料标定效果看, 校正后标定效果大幅度提升, 与地震相关度更高。以工区重点井密度 0.48、0.51、0.80, 明显基于双趋势约束的二分法曲线校正效果更好。通过实验区内 60 口井的统计分析表明, 运用校正后曲线进行合成记录标定, 相关系

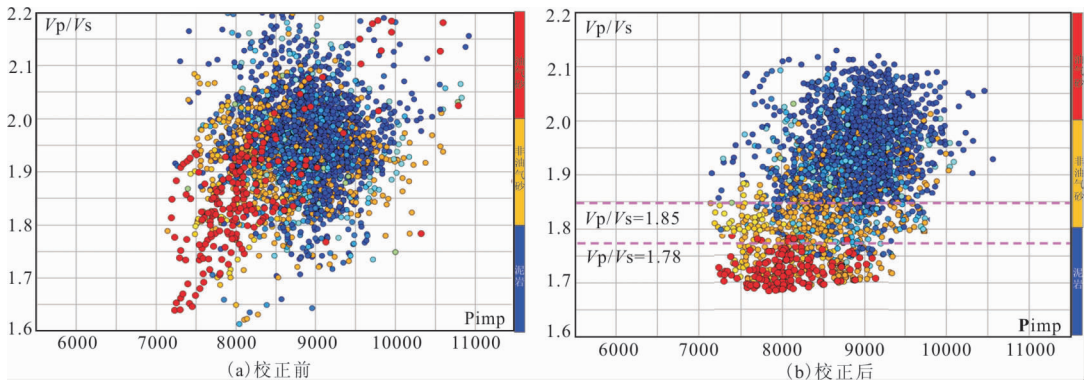


图 7 校正前后的岩石物理建模交会

Fig. 7 The crossplot of petrophysical modeling before and after correction

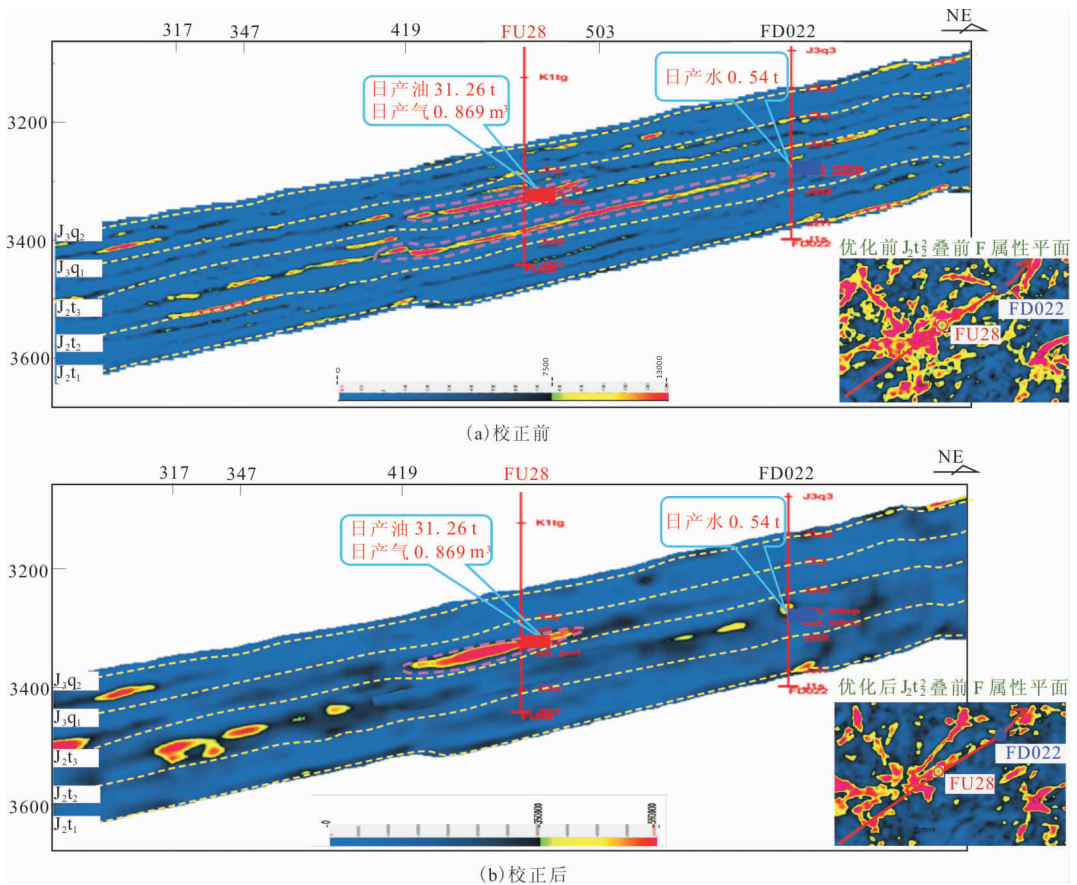


图 8 过 FU28—FD022 井叠前流体因子属性对比

Fig. 8 Comparison of the pre-stack fluid factor attribute through well FU28—FD022

数均得到提高,从原来的吻合率 50% 普遍提升到 80%。为后续的地震资料岩性识别、精细标定、储层提供可靠数据(图 6)。

#### 4 应用效果

在基础测井资料密度和声波时差曲线质量得以

保证的情况下,建立的岩石物理模型更加合理,重新计算的预测横波与实测横波一致性较高。以此为基础建立的敏感参数曲线纵横波速度比与物性相关度高,能够有效地区分油气砂、非油气砂、泥岩。其中,含油气砂的纵横波速度比较低,小于 1.78;而非油气砂在 1.78 和 1.85 之间;泥岩纵横波速度比较高,

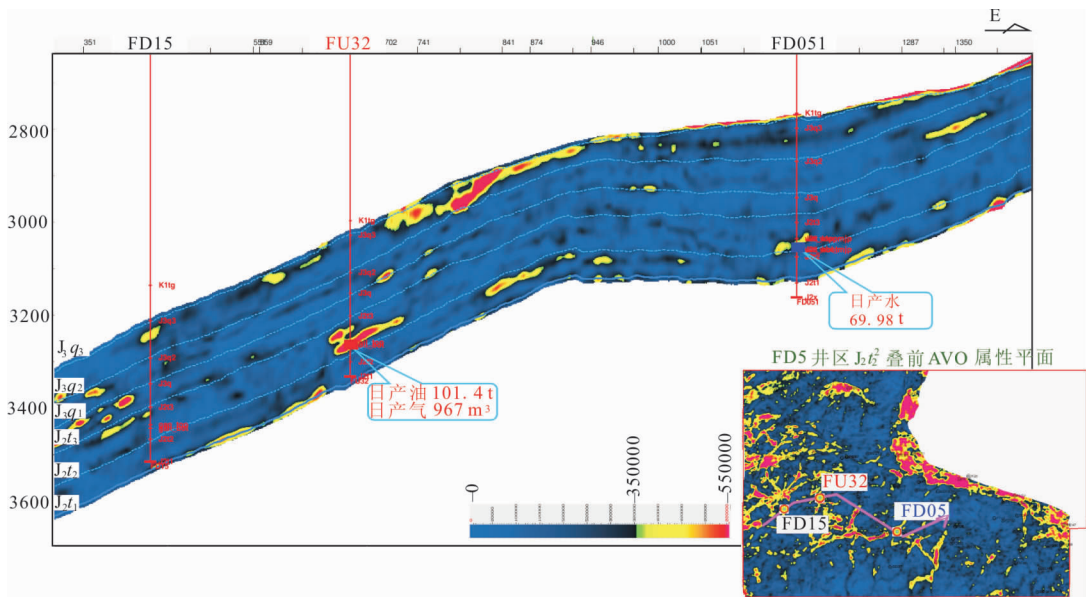


图 9 过 FD15—FU32—FD051 井叠前流体因子属性剖面

Fig. 9 The pre-stack fluid factor attribute profile through well FD15—FU32—FD051

大于 1.85(图 7)。

以校正前、后的敏感曲线纵横波速度比建立反演模型,开展基于叠前反演的含油气方法预测,并对得到的流体因子进行综合分析。通过对比发现,后验的阜 28 井在校正前表现两套高亮特征与实钻结果不吻合,而校正后的流体因子预测剖面上表现为一套高亮特征,油气预测结果与实钻结果一致;而出水的阜东 022 井在校正前的流体因子预测剖面上表现为高亮的含油特征与实钻结果差异较大,而采用校正后曲线的计算的流体因子仅有微弱显示与实钻井吻合程度高(图 8)。这一结果表明,校正前流体因子预测结果与实钻井吻合关系较差,难以反映该地区的含油气性;校正后的流体因子能够对含油气性进行准确预测,可以满足该区对油气识别的需求。

为验证该结论的可靠性,同时采用校正后曲线计算的流体因子对含油气特征差异较大的阜东 15、阜 32、阜东 051 井精细解剖。发现日产百方的阜 32 表现为高亮的含油气特征,含水的阜东 051 井表现为淡黄色,而不含油气的阜东 15 井在剖面上无明显的响应特征(图 9),预测结果与实钻测井吻合度高,含油气边界清楚,进一步验证采用新方法校正的曲线计算结果的准确性。通过对工区范围内的 42 口

验证井统计分析,主力出油气层段头屯河组二段二砂组油气检测吻合率由原来的 78% 提高到 92%。依据该油气检测结果支撑研究区阜 28 井的井位部署工作,该井钻后获得日产 31.26 t 的重大油气突破。

目前已经形成基于双趋势约束的二分法测井环境校正方法,有效提高准噶尔盆地阜东地区测井资料质量,准确地预测该区河道砂体优质储层分布范围,为阜东地区侏罗系头屯河组的增储上产、井位部署提供可靠依据。

## 5 结论

通过以上技术方法在准噶尔盆地阜东斜坡区河道型油藏的应用及效果,取得以下认识:

1) 基于双趋势约束的二分法测井环境校正正在阜东地区的应用,有效改进该地区测井资料质量,为该地区的地震资料评价、岩石物理建模以及油气检测提供可靠的数据,降低研究目标和钻探风险。

2) 该方法有效解决由于大面积井径垮塌导致的常规曲线难以反映砂泥岩关系的问题,实现砂泥岩的准确回归,提供一种更具普适性、合理性的环境校正方法,具有较强的推广性。

## 参考文献:

- [1] 陈国军,任军民,胡婷婷,等. 井眼垮塌和泥岩层蚀变下的密度和声波环境校正[J]. 海洋石油, 2012, 32(3):92-97.  
CHEN G J, REN J M, HU T T, et al. Environment correction on acoustic and density logging data in the case of wellbore collapse and mudstone alteration[J]. Offshore Oil, 2012, 32(3): 92-97. (In Chinese)
- [2] 黄超, 兰明杰, 秦贞超. 多种测井曲线校正方法在塔中顺9井区的应用[J]. 工程地球物理学报, 2014, 11(4): 493-497.  
HUANG C, LAN M J, QIN Z C. The application of several logging curve correction methods to well shun-9 block of tazhong area in tarim basin[J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics, 2014, 11(4): 493-497 (In Chinese)
- [3] 刘超威, 郭旭光, 王泽胜, 等. 准噶尔盆地阜康凹陷东斜坡侏罗系头屯河组油气成藏期次[J]. 天然气地球科学, 2020, 31(7): 962-969.  
LIU C W, GUO X G, WANG Z S, et al. Study on hydrocarbon accumulation stage of Jurassic Toutunhe Formation in Fudong Slope Junggar basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2020, 31(7): 962-969. (In Chinese)
- [4] 刘勇, 何贤英, 于凯, 等. 准噶尔盆地阜东斜坡带侏罗系河道砂岩油藏识别[J]. 新疆石油天然气, 2019, 15(2): 18-23.  
LIU Y, HE X Y, YU K, et al. Jurassic channel sandstone reservoir recognition of Fudong Slope in Junggar basin[J]. Xinjiang Oil&Gas, 2019, 15(2): 18-23. (In Chinese)
- [5] 何开泉, 周丽萍, 邓勇, 等. 准噶尔盆地阜东斜坡区侏罗系河道砂岩高产储集层预测[J]. 新疆石油地质, 2018, 39(6): 627-632.  
HE K Q, ZHOU L P, DENG Y, et al. High Yield reservoir prediction in jurassic channel sandstones of fudong slope area, junggar basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2018, 39(6): 627-632. (In Chinese)
- [6] 魏泽德, 李胜利, 张容基, 等. 准噶尔盆地阜东斜坡头屯河组二段沉积微相及主控因素[J]. 现代地质, 2020, 34(5): 1-22.  
WEI Z D, LI S L, ZHANG R J, et al. Sedimentary microfacies identification and controlling factors of the second members of toutunhe formation in eastern fukang slope [J]. Junggar Basin, Geoscience 2020, 34(5): 1-22. (In Chinese)
- [7] 郑胜, 乔玉雷, 谭星宇, 等. 准中4区块中上侏罗统石树沟群储层特征及影响因素[J]. 东北石油大学学报, 2018, 45(5): 82-91.  
ZHENG S, QIAO Y L, TAN X Y, et al. Reservoir characteristics and the impact of Shishugou group of middle-upper jurassic in block 4 of central junggar basin[J]. Journal of Northeast Petroleum University 2018, 42(5): 82-91. (In Chinese)
- [8] 王涛. 准噶尔盆地东部阜北地区中侏罗统头屯河组物源分析[D]. 成都: 成都理工大学, 2017.  
WANG T. Provenance analyse of middle jurassic toutunhe formation in Fubei region[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2017. (In Chinese)
- [9] 孙中春, 顾振刚, 黎军, 等. 严重垮塌井眼条件下测井资料的校正方法[J]. 新疆石油地质, 2006, 27(5): 559-561.  
SUN Z C, GU Z G, LI J, et al. Correction of well logs in the case of severe borehole enlargement[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2006, 27(5): 559-561. (In Chinese)
- [10] 杨怀杰, 乔宝强. 基于多元回归模型的拟声波时差测井曲线重构方法研究[J]. 铀矿地质, 2021, 37(3): 500-505.  
YANG H J, QIAO B Q. Study on reconstruction method of quasi-acoustic time difference log based on multiple regression model[J]. Uranium Geology, 2021, 37(3): 500-505. (In Chinese)
- [11] 汤小燕, 李盼. 声波时差测井扩径影响校正方法在煤层气储层中的适用性分析[J]. 地球物理学进展, 2016, 31(5): 2145-2149.  
TANG X Y, LI P. Applicability analysis of correction method for expanding diameter influence of acoustic logging in coalbed methane reservoir[J]. Progress in Geophysics, 2016, 31(5): 2145-2149. (In Chinese)
- [12] 刘之的, 王剑, 杨秀春, 等. 密度测井扩径影响校正方法在煤层气储层中的适用性分析[J]. 地球物理学

进展, 2014, 29(5): 2219—2223.

LIU Z D, WANG J, YANG X C, et al. Applicability analysis of correction method for expanding diameter

influence of density logging in coalbed methane reservoir[J]. Progress in Geophysics, 2014, 29(5): 2219—2223. (In Chinese)

## Research and application of dichotomous logging environment correction based on dual constraints

WANG Lili, LIU Xiaohu, MIAO Jinpeng, YIN Zhaopu, ZHU Feng, WANG Yuting

(Research institute of BGP, Urumqi 830016, China)

**Abstract:** Channel sands are developed in the Jurassic in the Fudong slope area of Junggar Basin, characterized by faults and sand bodies jointly controlling reservoirs. However, sandstone and mudstone are affected by factors such as borehole collapse, and the logging curves are seriously distorted. So, the conventional curve correction methods are challenging to realize the accurate regression of sand and mudstone, which directly affect the accuracy of sand body and oil—gas detection. Through comprehensive comparative analysis in the work area, based on clarifying the characteristics of the low impedance of sandstone and high impedance of mudstone, two steps are adopted: Firstly, the effect of borehole expansion rate on density is used to correct the overall background trend of sand and mudstone; secondly, the NMR porosity which corresponding to the sandstone is selected to constrain sandstone trend, in order to ensure the reasonable relative relationship between sand and mudstone. By superimposing the details of density amplitude change, the accurate correction of the logging curve is finally realized. An improved method of dichotomous logging environment correction is formed, effectively improving the quality of logging curves and provides reliable data for reservoir prediction and oil—gas detection in the study area. Compared with the conventional technique, this method can precisely correct the area with poor data quality and significant area collapse without selecting marker layer and standard curve and realize accurate regression of sandstone and mudstone. The application of this method solves the geological problem of inaccurate prediction of channel sand body in the Fudong area for many years and guides the later well location deployment.

**Keywords:** borehole collapse; log curve correction; dual constrains; environment correction