

张振波, 郭明宇, 袁胜斌, 等. 辽西凸起中生界火成岩潜山裂缝型储层随钻解释评价[J]. 海洋地质前沿, 2021, 37(8): 73-79.

辽西凸起中生界火成岩潜山裂缝型 储层随钻解释评价

张振波¹, 郭明宇², 袁胜斌¹, 刘娟霞¹, 姬建飞¹, 杨毅¹, 黄小刚¹

(1 中法渤海地质服务有限公司, 天津 300457; 2 中海石油(中国)有限公司天津分公司, 天津 300459)

摘要:辽西凸起南端 X 构造中生界为裂缝型火成岩潜山, 裂缝发育极不均匀, 同时, 中生界油气藏地质响应特征与上部常规储层油气藏特征明显不同; 钻井作业过程中出现的复杂工程因素对综合录井资料质量造成极大影响, 这加大了录井综合解释以及储层有效性识别评价难度。通过对录井资料质量甄别筛选, 优选出真实反映地层流体的指示参数, 并结合录井工程参数建立了潜山储层录井评价标准, 对储层流体进行准确解释评价。对比取样及测试结果发现, 本构造的录井综合解释标准及解释方法极大提高了中生界火成岩储层流体解释评价的符合率; 为围区火成岩储层流体解释评价及复杂井况下的录井油气层综合解释提供全新的解释思路, 指导了 X 构造高产轻质油田的发现, 实现了辽西凸起 X 构造油气勘探的突破, 对渤海湾勘探具有重要指导意义。

关键词: 中生界; 复杂工程因素; 数据质量; 储层有效性; 解释评价

中图分类号: P744.4; P618.13

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2020.125

0 引言

辽西凸起是渤海湾盆地重要的油气富集带, 其南段斜坡带被渤中凹陷、秦南凹陷环绕(图 1)。近年来, 在凸起南端通过持续攻关, 在成储、成藏方面取得一系列创新地质认识, 成功发现了 X 高产、轻质、大中型油田。X 构造处于斜坡带潜山隆起的高部位, 受构造作用和强度差异影响, 斜坡部位潜山多呈现“隆凹相间”的构造格局。其中生界火成岩储集空间类型为“孔隙-缝网”, 发育程度受岩性和构造双重因素控制。首先, 次生溶蚀孔隙受应力条件容易发生剪切破裂形成裂缝; 其次, 构造运动控制火山岩裂缝型储层的发育, 形成了纵向上孔隙-裂缝相互连通的储集空间, 油气主要依靠断层、不整合面等疏导通道顺着斜坡向上运移; 而 X 构造处于斜坡带潜山隆起的高部位,

成为油气优势汇聚的有利区^[1-5]。本构造中生界油气层录井资料响应特征为储层岩屑荧光级别, 较上部沙河街组普遍偏低, 录井气测全量绝对值和异常幅度较低。由于储层裂缝发育导致井况不稳定, 井漏、井涌情况导致岩屑样品混杂堵漏材料而挑取样品不准确, 同时, 泥浆污染导致气测数据组分发生变化而不能真实反映地层流体情况, 这加大了中生界储层录井解释评价难度。通过对复杂工况下录井各项资料的影响因素分析, 优选有效评价参数, 并建立火山岩储层流体评价标准, 通过井间、层间对比分析, 有效指导录井解释评价, 为后续本区域火山岩储层流体解释评价提供强有力的依据。

1 录井资料影响因素及数据质量分析

1.1 影响因素

1.1.1 地质因素

受储层类型、储层空间以及储层厚度等不同特征因素影响, 辽西凸起中生界岩屑油气荧光显示级别普遍较低^[6], 荧光面积多为 5%, 与上覆沙河街组

收稿日期: 2020-08-20

资助项目: 中海石油(中国)有限公司科研项目“储层有效性录测一体化定量评价技术研究”(YXKY-2019-TJ-03)

作者简介: 张振波(1982—), 男, 工程师, 主要从事录井综合解释评价方面的研究工作。E-mail: zhangzb@cifbgc.com

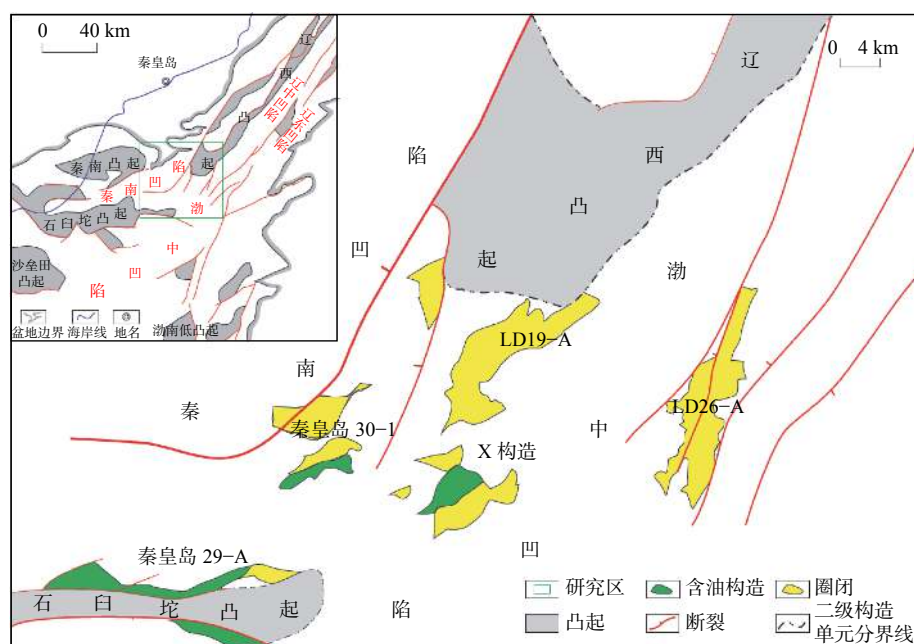


图1 辽西凸起南部区域位置

Fig.1 Location of southern Liaoxi Uplift

砂岩储层差异较大。

1.1.2 工程因素

中生界存在异常压力系统,且内部储层裂缝极其发育,给钻井工程风险带来极大挑战,如X1井在正常钻至中生界3318 m(岩性为火山角砾岩)时,发生井下漏失,总累计漏失钻井液32 m³,导致地质岩屑资料录取不全。X2井钻至中生界3368 m(岩性为安山岩)时,确认井下发生漏失,瞬时漏速30 m³/h,循环堵漏,继续钻进至3369.41 m时,井下仍发生漏失,瞬时漏速19 m³/h,堵漏期间,发生溢流,现场进行节流堵漏,最终被迫完钻弃井。

中生界井涌、井漏情况时有发生,钻井工程上一般采用随钻堵漏的方法加入不同钻井液添加剂^[7],导致气测录井、岩屑录井类资料准确性降低,直接影响到录井人员对油气层的识别评价。

1.2 数据质量分析

X构造中生界为裂缝型火山岩储层,储层的非均质性影响油气的聚集成藏,油气显示级别普遍较低^[3],录井资料质量下降,严重影响录井综合解释的精确评价。因此,对录井资料的质量严格审核筛选,是综合解释准确度的关键所在。

以X2井为例,在其井眼尺寸为152.4 mm的井段,未进入新地层前,钻水塞至3402.51 m时,发现泥浆溢流,因此停止钻进,采取压井循环作业。在

新地层钻进过程中,3403~3470 m井段气测组分nC₄、iC₄、nC₅、iC₅测量值出现明显差异,绝对含量明显高于C₂、C₃,与沙河街组顶部油层对比分析发现,两者气测组分特征差异较大(图2),且C₄、C₅绝对值随深度增加呈下降趋势,与C₁曲线趋势明显不一致。气测资料质量受到工程因素的严重影响,并不能反映真实地层流体特征,对录井综合解释造成困扰。

针对资料异常进行问题查找和原因分析,利用井场录井数据实时回放技术优势,调取现场时间库数据进行复查对比发现,本趟钻具在当日时间16点52分,钻头深度位置为3402.88 m(表1),即将钻完水泥塞时,建立循环测得气体数据,表明钻进新地层前已经出现重组分C₄、C₅含量高于C₁、C₂的特征。同时,现场录井工程师对气测分析仪器进行注样分析,排除仪器故障,进一步查找分析原因发现,前一趟钻具在钻水泥塞过程中,发生了井涌。综合分析认为,新地层钻进过程中出现的气体重组分含量大幅增加是由工程因素导致的泥浆污染而造成,并且地化和三维定量荧光等岩屑类录井资料的准确性均受到影响。

录井数据质量的下降,加大了录井综合解释难度,严重影响油气层的准确识别,因此,优选真实反应地层流体的录井指示参数,并结合录井工程参数建立潜山储层评价标准,对储层流体进行准确解释评价尤为重要。

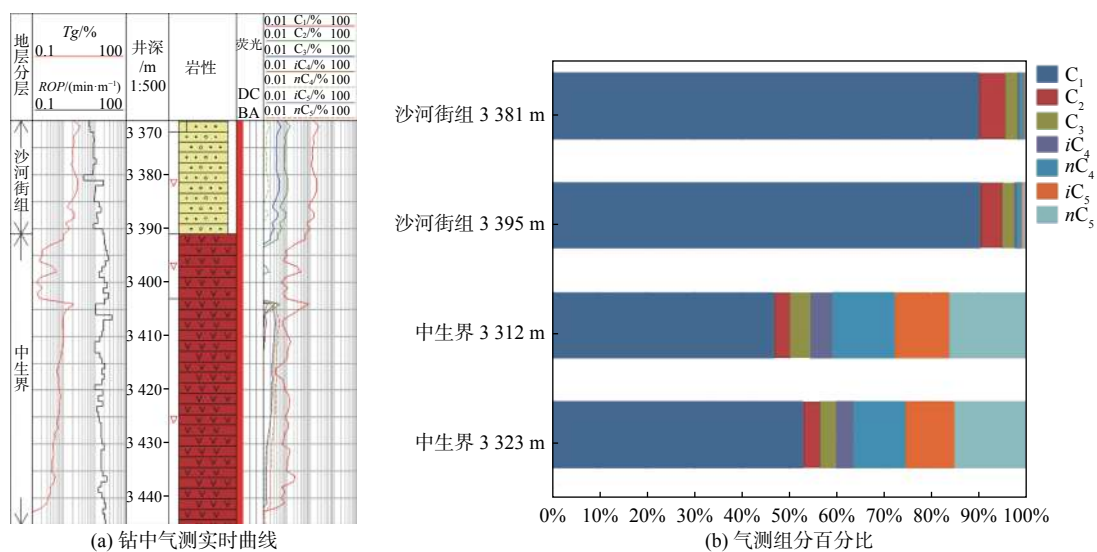


图 2 X2 井气测实时曲线及组分对比特征

Fig.2 Real-time gas measurement curve and composition comparison

表 1 气测时间曲线数据对比

Table 1 Comparison of gas logging time curve data

钻进状态	时间	Bit 深度/m	T GAS/ $\times 10^6$	$C_1/\times 10^6$	$C_2/\times 10^6$	$C_3/\times 10^6$	$iC_4/\times 10^6$	$nC_4/\times 10^6$	$iC_5/\times 10^6$	$nC_5/\times 10^6$
钻水泥塞	16:35:00	3 391.99	512	9	2	4	5	13	13	26
钻水泥塞	16:37:00	3 398.54	846	40	8	26	23	60	42	54
钻水泥塞	16:39:00	3 401.11	6 667	63	24	161	147	402	269	329
钻水泥塞	16:41:00	3 401.93	10 037	51	29	234	225	628	421	542
钻水泥塞	16:44:00	3 402.14	12 182	42	29	247	250	703	481	638
钻水泥塞	16:46:00	3 402.43	12 584	38	28	235	242	686	477	646
钻水泥塞	16:48:00	3 402.51	13 177	38	27	233	240	683	479	649
钻水泥塞	16:50:00	3 402.69	13 448	38	27	228	238	679	479	649
钻新地层	16:52:00	3 402.88	13 700	38	27	225	236	673	477	650
钻新地层	16:54:00	3 403.08	13 644	38	26	218	230	660	470	643
钻新地层	16:56:00	3 403.27	13 301	37	25	209	222	639	460	633
钻新地层	16:58:00	3 403.59	13 404	39	25	208	220	638	459	631
钻新地层	17:00:00	3 403.78	13 257	40	26	199	214	617	447	619
钻新地层	17:02:00	3 403.88	13 151	41	25	192	205	596	434	604
钻新地层	17:04:00	3 404.00	13 285	44	25	192	205	597	435	603
钻新地层	17:06:00	3 404.27	13 132	47	25	187	201	584	429	598
钻新地层	17:08:00	3 404.50	12 673	46	24	177	192	561	415	581
钻新地层	17:10:00	3 404.53	12 611	48	24	175	190	554	411	575
钻新地层	17:12:00	3 404.64	12 413	51	26	174	189	550	409	571

2 录井解释评价参数优选及标准的建立

2.1 录井解释评价参数优选

根据中生界录井数据质量分析结果, 提高工程类资料在中生界流体解释中的权重, 制定储层有效

性的综合解释评价标准, 对中生界储层流体进行综合评价。由此引入可指示储层有效性的机械比能参数, 结合气测衍生参数单位岩石体积甲烷值 $VoL C_1$ 、 C_1 异常倍数参数及三维定量荧光参数对比级识别储层内流体性质, 进而提高中生界录井储层评价的准确性。

单位岩石体积甲烷值 $VoL C_1$ 为根据气测、工程参数计算得到单位体积破碎岩石释放的甲烷值,

具体计算公式如下^[8]:

$$VoLC_1 = \frac{K_1 K_2 \times ROP \times Q \times C_1}{D^2}$$

式中: K_1 为与脱气器单位时间所脱钻井液量、单位时间样气流量以及单位换算相关的常量,无量纲;

K_2 为不同钻井液体系中甲烷脱气效率的倒数,无量纲;

ROP 为钻时, min/m;

C_1 为实测甲烷值, %;

D 为井眼尺寸或钻头尺寸, mm。

C_1 异常倍数为储层甲烷相对含量与上覆盖层中气体稳定层段甲烷相对含量的变化倍数^[9], 计算公式为:

$$C_1 \text{ 异常倍数} = C_1 / C_{1\text{背景}}$$

式中: C_1 为钻井液中气测设备测量甲烷相对含量值, %;

$C_{1\text{背景}}$ 为上覆盖层气体平稳层段甲烷相对含量平均值。

三维荧光对比级别 N 为单位样品中荧光物质所对应的荧光系列对比级别^[10], 是一种反应岩石样品中含油量多少的传统的非法定计量单位, 与含油浓度存在一定的数学关系, 其计算公式为:

$$N = 15 - \frac{4 - \lg C}{0.301}$$

式中: C 为含油浓度, mg/L, 即单位样品中被试剂萃取出烃类物质的含量, 反映被测样品中的含油气丰度。

机械比能就是钻头在钻压和扭矩作用下破碎单位体积岩石所消耗的机械能, 其适用范围广, 能很好地适用于不同钻头与各种井型^[11-12]。机械能指数考虑了钻压、钻时、转盘转速和钻头直径因素, 是一项综合指标, 排除了钻井过程中人为因素引起的参数变化, 直接反映了储层的可钻性及疏松程度, 可判别有效储集层与非有效储集层以及储集层中的致密段与疏松段^[13], 其模型公式如下:

$$MSE = \frac{4W}{\pi d^2} + \frac{480Mn}{d^2 v}$$

式中: M 为扭矩, N·m;

n 为转盘转速, r/min;

d 为钻头直径, mm;

v 为钻速, m/h;

W 为钻压, N。

2.2 流体解释评价标准的建立

2.2.1 基于机械比能的储层物性评价标准的建立

机械比能值的大小受钻头类型、钻头新旧、磨

损程度、岩屑清除效果及岩石的类型和性质等多重因素的制约, 因此, 在使用过程中首先要对机械比能值进行处理校正, 分 3 个步骤进行。

(1) 人工排查钻进过程中出现的“假钻时”现象。通常在钻进过程中, 一个立柱即将打完时, 钻井操作者会运用低钻压短暂停留, 导致计算录井单米钻时偏高, 不能真实反映地层钻时, 在工程参数资料上表现为单个异常钻时高值, 可人工消除这些异常值。

(2) 机械比能比值的建立(图 3)。通常由于钻井和地质条件的差异, 不同井的机械比能计算结果往往差异较大, 为了能建立适用于同一地区的判别标准, 需要引入机械比能比值参数判别更为直观。机械比能比值参数是指某一深度点上的计算机械比能与该点处其趋势线所对应的机械比能的比值, 即:

$$M_B = M_m / M_n$$

式中: M_B 为机械比能比值, 无量纲;

M_m 为机械比能值, MPa;

M_n 为机械比能趋势线上对应的机械比能值, MPa。

崔猛等^[14] 利用测井数据或试验数据求取的岩石强度数值作为基值线, 对于录井随钻快速油气评价工作者来说, 运用起来较为繁琐。对于岩性纵向上变化较小的储层, 可以直接利用拟合趋势线的方法来计算机械比能的基值线^[15-16], 也可根据需要分

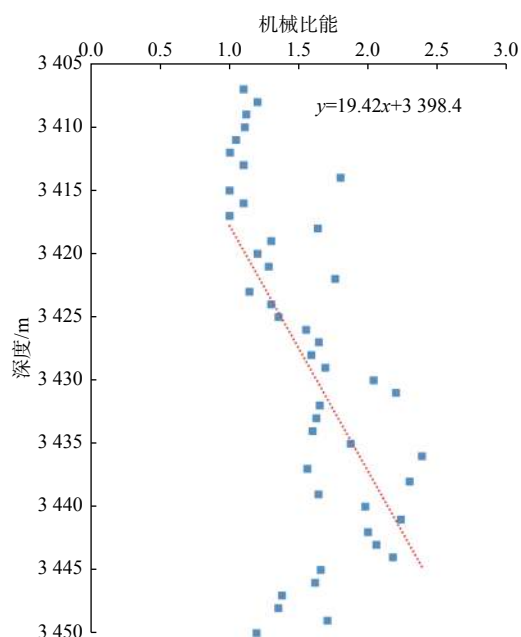


图 3 机械比能趋势线的建立

Fig.3 Establishment of mechanical specific energy trend line

段做出多条趋势线。

(3) 利用极差正规化方法进行归一化处理^[17], 获取判别因子 R :

$$R = \frac{M_B - M_{Bmin}}{M_{Bmax} - M_{Bmin}}$$

式中: R 作为归一化处理后判别因子, 无量纲;

M_{Bmax} 为机械比能比值最大值, 无量纲;

M_{Bmin} 为机械比能比值最小值, 无量纲。

R 值越接近于 1, 代表储层物性越差, 相反, R 值越接近于 0, 代表储层物性越好。

经过上述步骤的处理, 利用 R 代替机械比能作为工程参数类资料的判别参数, 归一化处理后, 其值被严格控制在 0~1, 增强了数据的纵向与横向可比性。

2.2.2 中生界火成岩录井资料综合解释评价标准

基于已钻探井录井资料, 建立单位储层厚度 C_1 异常倍数、三维定量荧光对比级别 N 与储层有效性判别因子 R 分布图(图 4)。综合分析认为, 当 $R < 0.42$ 时, 储层物性好, 储层对应的三维对比级 > 3.5 , C_1 异常倍数 > 2 , 录井资料指示含油气性较好, 确定为有效储层; 当 $R \geq 0.42$ 时, 储层物性差, 储层对应的三维对比级 < 3.5 , C_1 异常倍数 < 2 , 录井资料指示含油气性差, 确定为无效储层, 具体评价标准见表 2。

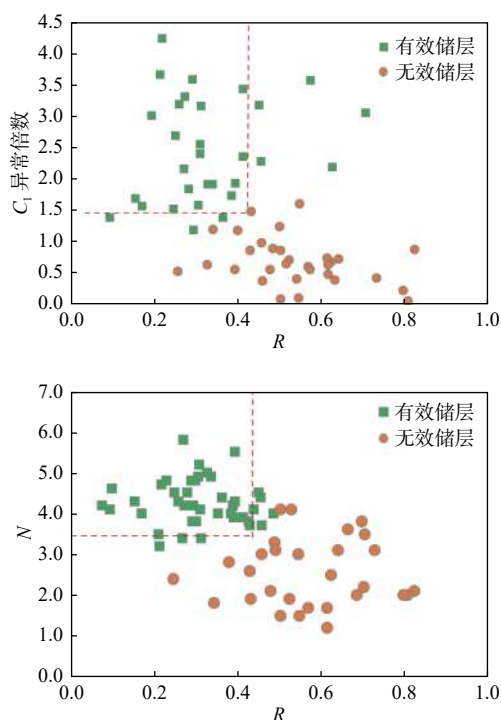


图 4 C_1 异常倍数和对比级 N 与判别因子 R 分布图

Fig.4 Distribution diagram of C_1 abnormal multiple and contrast level N and discrimination factor R

表 2 辽西凸起 X 构造火成岩储层录井随钻解释评价标准
Table 2 Interpretation and evaluation criteria with drilling for igneous reservoir of X structure in Liaoxi Uplift

评价参数储层类型	$VoL C_1/(mL/L)$	C_1 异常倍数	三维对比级	R
有效储层	> 1.0	> 2.0	> 4.0	< 0.42
无效储层	< 1.0	< 2.0	< 4.0	≥ 0.42

2.3 解释评价案例分析及验证

X2 井中生界泥浆比重 $1.32 \sim 1.35 \text{ g/cm}^3$, 其中多次发生井漏, 导致气测和岩屑失真。基于本构造制定的评价标准, 进行综合分析, C_1 变化为 $0.02\% \sim 1.73\%$, C_1 异常倍数为 $1.2 \sim 5.8$; 三维对比级 $3.8 \sim 5.8$, 机械比能变化为 $1.1 \sim 2.2$, 判别因子 R 为 $0.12 \sim 0.48$ 。3 408~3 414 m 井段, 气测组分 C_1 含量为 0.1145% , 异常倍数 3.23, 单位岩石体积甲烷值 $VoL C_1$ 为 1.3241, 三维定量荧光对比级 N 达 5.5, 纵向异常较高; 气测、三维定量荧光资料特征参数均呈现了异常高值, 表明储层具有较好的含油特征; 同时, 机械比能低值反应物性相对较好。根据本构造火成岩储层建立的解释评价标准, 计算 R 值 0.27 为有效储层, 录井综合解释为油层; 该井段测井深电阻率测量值为 $73.9 \text{ ohm} \cdot \text{m}$, 中子密度明显交会, 计算泥质含量 8.5% , 核磁有效孔隙度 16.8% , 核磁渗透率 $65.9 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 综合分析为有效储层。3 413~3 418 m 井段, 气测组分 C_1 相对百分含量 0.0623% , 异常倍数 1.2, 单位岩石体积甲烷值 $VoL C_1$ 为 0.1132, 地化录井岩屑 Pg 值较低, 三维定量荧光对比级仅 2.6, 计算 R 值 0.64, 确定为无效储层, 录井综合解释为干层, 测井深电阻率测量值为 $296.7 \text{ ohm} \cdot \text{m}$, 中子密度明显交会, 计算泥质含量 9.3% , 核磁有效孔隙度 8.1% , 核磁渗透率 $12.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 测井分析为无效储层。录测资料对比分析较为一致(图 5)。

在 3 408.10 m 深度进行 MDT 取样, 获得样品 3 800 mL, 其中油 3 000 mL, 气 800 mL, 证实此深度储层具有较好的含油气性。对井段 3 401.47~3 508 m 测试, 用 7.94 mmPC 油嘴求产, 平均日产油 $343.80 \text{ m}^3/\text{d}$, 平均日产气 $4.79 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 气油比 139, 油密度 $0.8598 \text{ g/cm}^3 (20^\circ\text{C})$, 黏度 $10.34 \text{ mPa} \cdot \text{s} (50^\circ\text{C})$, 凝固点为 33°C , 气比重为 0.68, 取样与测试结论为油层。通过对比验证, 录井综合解释结论与测试结论一致(表 3), 本构造建立的火成岩储层解释评价标准应用效果较好。

3 结论

(1) 辽西凸起中生界为裂缝型火山岩储层, 岩

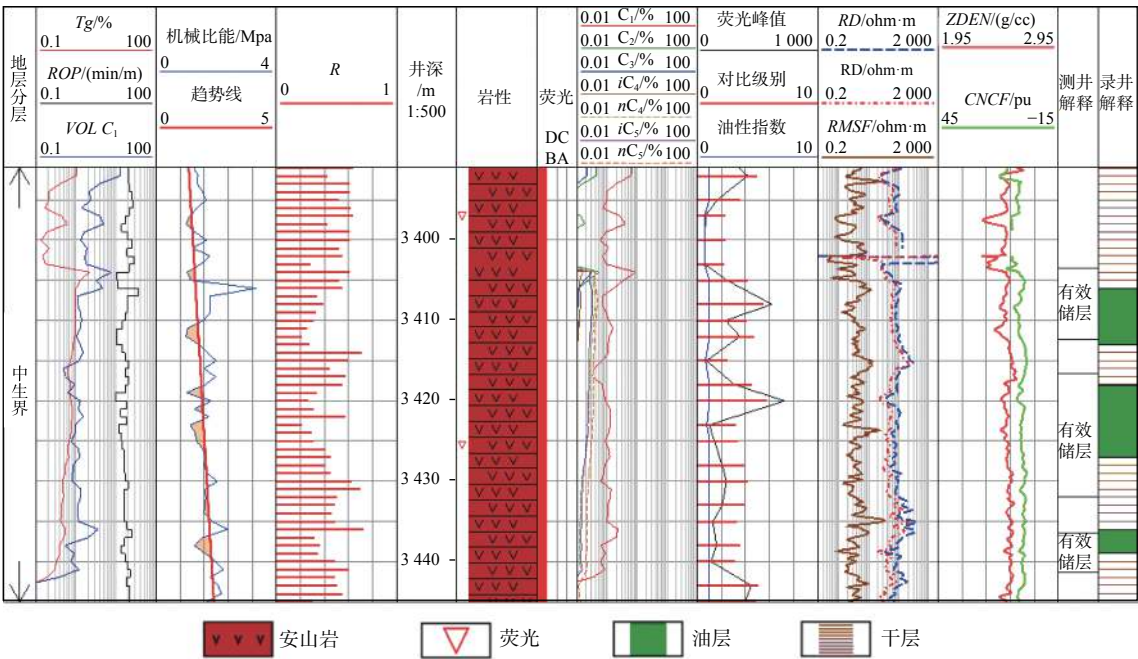


图 5 X2 井中生界随钻解释评价成果图

Fig.5 Mesozoic fluid interpretation and evaluation results for well X2

表 3 X2 井中生界随钻解释成果表

Table 3 Mesozoic fluid interpretation results for well X2

解释序号	顶深/m	底深/m	Vol C ₁ /(mL/L)	C ₁ 异常倍数	对比级	R	储层类型	录井解释	测试结论
1	3 408	3 414	1.324 1	2.62	5.5	0.27	有效储层	油层	油层
2	3 418	3 426	1.163 8	3.55	5.8	0.36	有效储层	油层	油层
3	3 436	3 439	3.576 2	4.12	4.1	0.31	有效储层	油层	油层

性复杂, 钻井工程地质风险较大, 井漏、井涌等复杂工程因素的影响会导致综合录井资料质量的下降, 对储层含油气性评价带来一定难度; 在综合解释过程中, 录井资料质量的甄别筛选、有效参数选取尤为为重要。基于机械比能参数提出的判别因子 R 对裂缝性储层评价有很好的辅助作用, 尤其在反映储层含油气性录井参数质量下降时, 通过录井多参数结合可实现对储层有效性的快速、准确评价。

(2) 通过对中生界各录井资料质量进行筛选, 分析多项录井参数, 优选出有效的评价参数对储层进行解释评价, 并建立起 X 构造区储层流体评价标准。通过井间、层间对比分析, 有效的识别储层含油气性, 极大的提高本构造中生界火成岩储层流体解释评价的符合率, 为围区火成岩储层流体解释评价及复杂井况下的录井油气层综合解释提供全新的解释思路。

参考文献:

[1] 薛永安, 杨海风, 徐长贵. 渤海海域黄河口凹陷斜坡带差异控藏作用及油气富集规律[J]. 中国石油, 2016, 21(4): 65-74.

[2] 薛永安, 张新涛, 牛成民. 辽西凸起南段斜坡带油气地质新认识与勘探突破[J]. 中国石油勘探, 2019, 24(4): 449-456.

[3] 林伶, 李洪香, 杨朋. 风化店中生界火山岩储层特征与油气藏模式[J]. 地质学报, 2017, 41(2): 226-228.

[4] 孙耀庭, 孙超, 李辉, 等. 济阳拗陷桩西地区中生界火成岩储层控制因素[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2016, 43(3): 258-260.

[5] 于海山. 火山岩油气储层形成机理及有效性储层分布规律分析[J]. 油气藏评价与开发, 2013, 3(5): 226-228.

[6] 王峭梅, 荆玲, 孟伟民, 等. 东濮凹陷中生界油气层特征及录井评价[J]. 断块油气田, 2009, 16(3): 42-44.

[7] 卢小川, 狄明利, 王伟, 等. 渤海油田井漏对策探讨[J]. 长江大学学报(自然科学版), 2017, 14(11): 46-49.

[8] 尚锁贵. 气测录井影响因素分析及甲烷校正值得应用[J]. 录井工程, 2008, 19(4): 42-45, 53.

[9] 谭忠健, 吴立伟, 郭明宇, 等. 基于烃组分分析的渤海油田录井储层流体性质解释新方法[J]. 中国海上油气, 2016, 28(3): 40-41.

[10] 倪朋勃. 三维定量荧光技术在渤中拗陷油层识别中的应用研究[D]. 大庆: 东北石油大学, 2017.

[11] 陈绪跃, 樊洪海, 高德利, 等. 机械比能理论及其在钻井工程中的应用[J]. 钻采工艺, 2015, 38(1): 6-10.

[12] 耿长喜, 胡总敏, 钱文博, 等. 随钻录井物性评价技术应用研究[J]. 录井工程, 2017, 28(3): 27-32, 47.

- [13] 杨金莉. 机械能指数在义和庄地区下古生界碳酸盐岩储集层识别中的应用[J]. 录井工程, 2016, 27(6): 16-20.
- [14] 崔猛, 李佳军, 纪国栋, 等. 基于机械比能理论的复合钻井参数优选方法[J]. 石油钻探技术, 2014, 42(1): 66-70.
- [15] 隋泽栋, 胡张明, 覃保铜, 等. 新疆中拐地区火成岩裂缝储集层录井功指数比值解释评价及流体识别方法[J]. 录井工程, 2015, 26(1): 13-17.
- [16] 张志虎, 王俊瑞, 邓强, 等. 功指数模型在地质和工程录井中的应用[J]. 录井工程, 2016, 27(2): 1-6.
- [17] 刘超, 李云鹏, 刘宗宾, 等. 渤海湾盆地S油田三角洲相储层隔夹层及剩余油挖潜研究[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2017, 32(3): 26-33.

INTERPRETATION AND EVALUATION WITH DRILLING FOR MESOZOIC IGNEOUS BURIED HILL FRACTURED RESERVOIRS IN THE LIAOXI UPLIFT

ZHANG Zhenbo¹, GUO Mingyu², YUAN Shengbin¹, LIU Juanxia¹, JI Jianfei¹, YANG Yi¹, HUANG Xiaogang¹

(1 China-France Bohai Geoservices Co., Tianjin 300457, China; 2 Tianjin Branch of CNOOC China Ltd., Tianjin 300459, China)

Abstract: The Mesozoic of X structure in the south end of Liaoxi Uplift is a buried hill reservoir consisting of fractured igneous rocks, and the distribution of fractures is extremely uneven. The geological responses of the Mesozoic reservoirs are obviously different from the conventional reservoirs lying above them. The complicated engineering factors adopted during drilling process have great impacts on the quality of logging data, and may bring many difficulties to the integrated data interpretation and the identification and evaluation of reservoir effectiveness. In this paper, after careful quality screening of logging data, indication parameters, that may truly reflect the formation fluid, are selected. Together with the logging engineering parameters, a logging evaluation standard for buried hill reservoir is established for accurate interpretation and evaluation of the reservoir fluid. Comparison with the sampling and testing results suggests that the integrated logging interpretation standard and interpretation method for the structure has been greatly improved. The improvement of coincidence rate of fluid interpretation and reservoir evaluation proves that it is a new approach for fluid interpretation and igneous reservoirs evaluation and could be used in surrounding areas under complicated well conditions. It successfully helped the discovery of the high yield light oil field in X structure and is a breakthrough of oil and gas exploration in the X structure of Liaoxi Uplift as a case with important reference value for future exploration.

Key words: Mesozoic; complex engineering factors; data quality; reservoir effectiveness; interpretation and evaluation