

重磁电震综合物探技术在准噶尔盆地 车排子凸起南火山岩性预测中的应用

仲伟军, 党志敏, 郭 忠

(新疆油田公司勘探开发研究院地球物理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830013)

摘要:通过对已知油气藏精细解剖,认为准噶尔盆地车排子凸起南石炭系油藏为构造控制的岩性油气藏。但已有的三维地震资料内幕成像质量较差,对石炭系地层格架及火山平面分布特征难以清晰认识,制约了油气勘探的全面展开。利用重、磁、电、震、井综合地球物理技术,通过井-震标定,对石炭系火山岩目的层进行地震对比追踪;基于密度、磁化率、极化率异常匹配关系,对石炭系基底断裂、局部构造、火山岩分布进行研究,在平面、空间上识别出一系列纵横叠置、不同序列、不同期次的火山岩体;推测了三个上石炭统残留洼槽,主要分布在HG6井西、KB1井区以及SM4井区;石油地质条件分析基础上,综合评价了五个含油气有利目标,八个含油气较有利目标,为下一步油气勘探及井位部署提供了理论依据。实践证明,高精度的重、磁、电、井、震综合地球物理勘探技术,是解决石炭系火山岩油气勘探的一个重要手段。

关键词:重磁电震 综合地球物理技术 井震标定 石油地质条件 综合评价 有利目标

中图分类号:TE122

文献标志码:A

Comprehensive geophysical prospecting technology of gravity, magnetism, electricity and seism for volcanic lithology prediction of south Chepaizi Uplift in Junggar Basin

ZHONG Weijun, DANG Zhimin, GUO Zhong

(Geophysical Research Institute of Exploration and Development Research Institute of Xinjiang Oilfield Company, CNPC, Urumqi 830013, China)

Abstract: Through fine dissection of known Carboniferous reservoirs, it is considered that the south Carboniferous reservoirs in Chepaizi Uplift are structural – controlled lithologic reservoirs. However, the existing three – dimensional seismic data of the Carboniferous are poorly imaged, and the Carboniferous framework and volcanic plane distribution characteristics are not clearly understood, which restricts the comprehensive development of Carboniferous oil and gas exploration. In this paper, by means of gravity, magnetism, electricity, seism and well integrated geophysical techniques and well seismic calibration, it was carried out the seismic correlation and tracing of the target strata of Carboniferous volcanic rocks. Based on the matching relationship of density, susceptibility and polarizability anomalies, it was carried out studies on the distribution of basement faults, local structures and volcanic rocks in Carboniferous system. A series of vertical and horizontal overlaps, different sequences and non – volcanic rocks are identified in plane and space. Three residual depressions of Upper Carboniferous are presumed, mainly distributed in the west of well HG6, well KB1 and well SM4. Based on the analysis of petroleum geological conditions, five favorable targets and eight relatively favorable targets for oil and gas are synthetically evaluated, to provide a theoretical basis for further oil and gas exploration and well location deployment. Practice has proved that high – precision integrated geophysical exploration technology of gravity, magnetism, electricity, well and earthquake is an important means to solve hydrocarbon exploration in Carboniferous volcanic rocks.

Key words: gravity, magnetism and electro – seismic; integrated geophysical technology; well seismic calibration; petroleum geological conditions; comprehensive evaluation; favorable targets

收稿日期:2019-03-29;改回日期:2019-06-16。

第一作者简介:仲伟军(1966—),工程师,从事地震地质综合研究工作。E-mail:zhongwj@petrochina.com.cn。

基金项目:国家科技重大专项(2016ZX05003-005);新疆油田股份公司重大专项《新疆和吐哈油田勘探开发关键技术研究与应用》下属课题《准噶尔盆地油藏富集规律及勘探技术研究与应用》(2017E-0401)。

准噶尔盆地车排子凸起钻遇石炭系探井 71 口, 探明 13 个石炭系油藏, 主要分布在凸起北部, 车排子凸起南一直没有大的突破, 主要存在以下问题: 古地貌指导下圈闭成因地质模式尚未建立; 目标类型、目标区优选及圈闭识别与描述缺乏地质模式; 车排子凸起石炭系火山岩发育有利区已经明确, 但单个火山岩体的识别和刻画还需要进一步落实。针对以上问题, 通过重、磁、电、震综合物探技术, 寻找并优选车排子地区南部完成火山岩序列划分和对比研究, 明确岩性、岩相分布特征, 落实有利储层平面分布, 完成火山岩目标识别及评价优选, 提出建议部署井位。

1 综合响应特征

1.1 重、磁、电响应特征

重磁力勘探是以地下介质的密度、磁化率差异为依据, 也即是由于地下介质的密度、磁化率的水平或纵向差异, 从而引起重力、磁力异常。重磁力数据处理的目的, 就是通过一系列数学手段, 有效地分离、转换和识别异常, 提取与研究目标有关的重磁力异常信息以便进行地质解释^[1-5]。根据车排子凸起石炭系不同岩性的差异, 可以清楚地归纳分析出以下特点: ①石炭系砂岩和泥岩等表现为中高密度和弱磁性; ②基性火成岩表现为高密度和强磁性; ③安山岩、英安岩和火山角砾岩表现为中等密度和中强磁性。上述特征, 可以较好地地区分基性岩、中酸性岩等石炭系基岩的不同岩性^[6-10]。车排子凸起石炭系基底顶面附近以火山岩分布为主, 碎屑岩为辅; 火山岩有规律的呈北、中、南及东南四个带展布, 反映火山活动具一定规律性; 其中火山岩又以中酸性火山岩(主要是安山岩)为主, 其次是凝灰岩及中基性火山岩, 火山角砾岩及火山碎屑岩则相对较少。石炭系电性上表现为次高阻-高阻异常特征, 时频电磁电阻率反演剖面揭示在中深层存在电性异常梯度带, 异常梯度带之下存在多个刺穿隆起状高阻异常, 推测可能为火成侵入岩的反映, 异常梯度带之上存在多个高阻异常断块, 推测为石炭系火山岩体的反映。

1.2 地震响应特征

车排子凸起南主要发育裂隙式喷发, 地震剖面明显表现为穿层连续强反射, 有的独立出现, 有的成组出现。爆发相是火山喷发前或同时形成的, 主要集中在火山锥部, 一般下部与火山通道相连, 上部呈丘状, 整体呈蘑菇状, 上大下小, 内部反射杂乱, 振幅

偏弱, 同相轴强弱突变, 连续性差。溢流相是火山熔岩喷发到地表以后在地表流动形成的相带, 一般包括各种熔岩, 如玄武岩、安山岩、流纹岩等。地震剖面同相轴在横向上有一定的连续性, 但是内部还夹含有较杂乱反射。此相带一般发育于爆发相顶部、外缘, 和爆发相的凝灰岩呈互层状接触(图 1)。

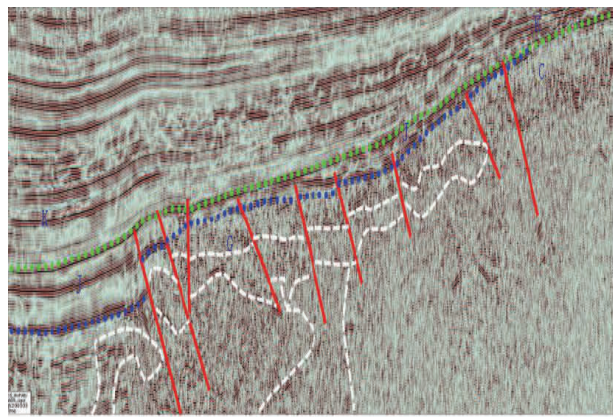


图 1 AH200003 线地震地质解释剖面

2 应用效果

2.1 综合解释

车排子地区岩石物性统计结果表明, 火成岩一般具有一定磁性或者磁性很强, 其电阻率也较高, 而磁力异常能够反映地下一定深度范围内磁性体的分布即火成岩体的分布; 时频电磁反演电阻率剖面图则是从纵向上揭示火成岩体的分布特征。极化率异常特征(极化率异常在一定程度上反映油气的聚集程度), 火山岩发育程度、磁力垂直一次导数异常基本反映石炭系火成岩平面分布, 具有明显的分区性^[11-14]。

从磁力异常走向来看, 研究区东部局部磁力异常多为北西或北北西方向, 局部存在北东方向, 反映石炭系火山活动至少存在两个期次, 早期主要沿 SQ2 井北东向断裂分布, 晚期火成岩多为北西向或者北北西向分布。总体看基底岩相以溢流相火山岩为主, 其次是碎屑岩相、爆发相中的远口亚相, 爆发相中的近口亚相在本区发育相对较少。近火山口相部位是火山岩物性发育较好的有利部位, 与现有油藏匹配关系好, 且火山机构的发育是石炭系内幕形成局部构造高点的主要成因之一。

综合以上分析认为, 车排子地区磁力异常具有明显分区性, 东部发育强磁异常体, 主要对应近口相火山岩体, 玄武岩、安山岩、角砾岩均有发育; 西部发育中-强磁异常体, 对应以玄武岩等溢流相火山岩

体和花岗岩、辉绿岩等侵入岩体;中部地区总体处于弱磁异常背景,火山碎屑岩相对发育(图 2)。

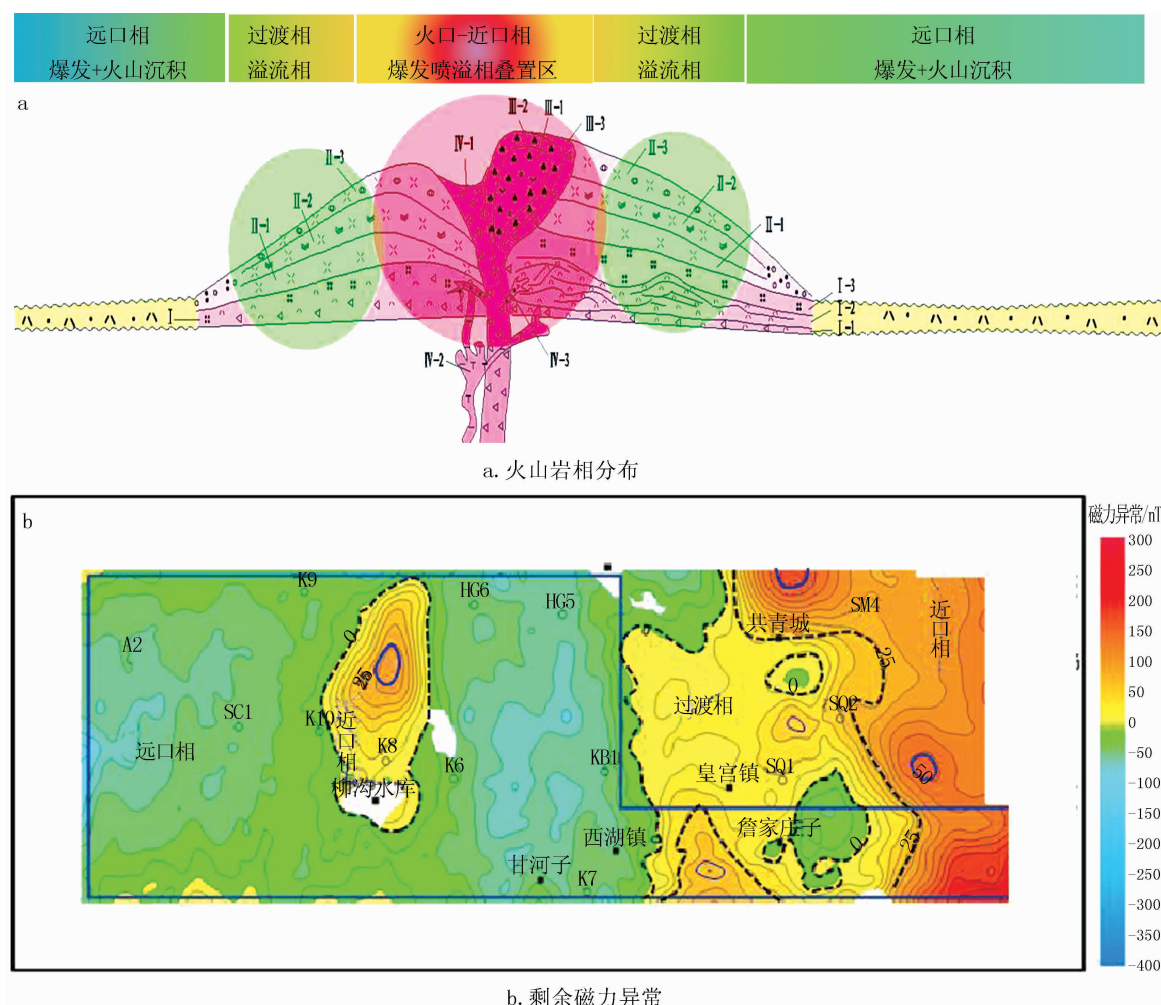


图 2 车排子地区火山岩相分布及剩余磁力异常

2.2 联合反演

针对火山岩进行井震电建模-反演,以达到综合多种物探资料得到合理地质构造格架。具体工作流程如下:①结合钻井资料,利用剩余磁力异常研究火山岩宏观分布规律,预测火山岩岩相;②基于重磁电震联合反演剖面、时频电磁电阻率反演剖面、磁力垂直一次导数异常图、磁力垂直二次导数异常图及磁力三维反演结果识别火山结构,判别火山发育区;③研究火山岩分布特征。火山口在磁异常图上的表现往往为等轴状或椭圆状的圈闭磁力高,个别火山口由于后期剥蚀较为严重,异常圈闭形状稍有改变,串珠状磁力高往往是沿基底大断裂展布的火山口的反映;局部火成岩体在时频电阻率反演剖面上多表现为层状、透镜状高阻异常体,火山口或者火山通道则多为隆起状、向上刺穿状高阻异常体。石炭系电性表现为次高阻-高阻异常,时频电磁电阻率反演剖面揭示在中深层存在电性异常梯度带,其下存在

多个刺穿隆起状高阻异常,推测可能为火成侵入岩的反映,其上存在多个高阻异常断块,推测为火山岩体的反映。

车排子凸起东部总体处于中-强磁力异常区,火成岩相对发育,西部处于弱磁异常背景,凝灰岩等火山碎屑岩相对发育(图 3a)。重力垂直一次、垂直二次导数处理突出了布格重力异常中的局部异常信息,也就是突出了重力异常中的高频成分,它们主要与局部构造或基岩局部岩性变化有关(图 3b)。时频电磁电阻率反演剖面能够在垂向上揭示火山岩发育特征,主要应用磁力垂直一次导数异常圈定火山岩发育区,磁力垂直二次导数异常、时频电磁电阻率反演剖面圈闭局部火成岩体及火山口(图 3c)。

反演电阻率剖面显示石炭系上部主要分布低频次高阻异常,下部多发育高阻团块异常,因此推测上部火山碎屑岩较为发育,下部火山熔岩较为发育。

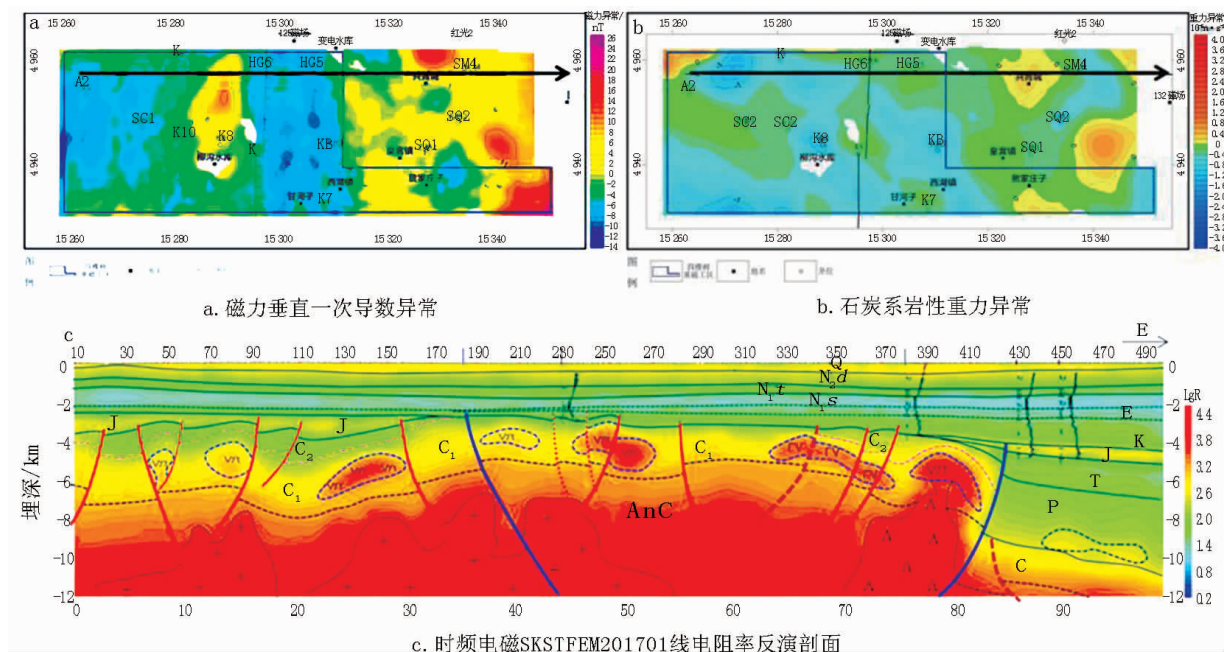


图 3 磁力及重力异常图及时频电磁 SKSTFEM201701 线电阻率反演剖面

2.3 火山岩岩相、岩性分布预测

根据对火成岩的密度、磁性及电阻率值的研究,结合研究区石炭系岩石组合特征分析,不同岩石类型重、磁、电异常场有不同的特征,同一种岩石由于围岩的不同引起的异常表现也有所变化。车排子凸起石炭系火山岩从基性到酸性均有发育,中基性熔岩(玄武岩)为本区密度最高的岩石(一般 $>2.65 \text{ g/cm}^3$),磁性极强,玄武岩的电阻率值极高,且具有一定规模及厚度,磁力一次导数引起的异常值最高,重力异常为正异常,电阻率反演剖面表现为数值较高的高阻团块;中酸性熔岩(安山岩、英安岩、流纹岩)要比中基性岩和碎屑岩密度稍低,磁性则介于二者之间,其电阻率值一般大于正常碎屑岩,与基性熔岩相差不大,此类岩石具有一定规模,磁力垂直一次导数引起中等强度磁异常,重力异常图一般表现为重力低异常,电阻率反演剖面表现为相对较高的高阻团块。正常沉积的碎屑岩一般为无磁性或弱磁性(磁化率一般低于 $50 \times 10^{-5} \text{ SI}$),低电阻率。石炭系沉积碎屑岩的密度一般均小于中基性熔岩,大于凝灰岩、凝灰质砂泥岩等火山沉积岩;凝灰岩、凝灰质砂泥岩以及正常碎屑岩具有中-低密度、弱磁性、低电阻率的特点,且具一定规模及厚度,磁力一次导数基本表现为弱磁(或负磁)异常区,重力表现为幅度较小的负异常或正异常,电阻率反演剖面均表现为电阻率值相对较低^[15-18]。根据不同岩石的岩性重力、磁力一次导、电阻率异常的特征,K6-K8井火山岩体

岩性以中酸性岩为主,但因柳沟水库地区未采集重磁数据,因此该区岩性尚存在其它可能。HG6井东火山岩发育区磁力垂直一次导数异常为相对异常高,但幅值较低,时频电磁 SKSTFEM201701 线电阻率反演剖面揭示该处发育溢流相火山熔岩,综合重磁电资料推测该处火山岩以中酸性岩为主。HG5-SQ1井火山岩发育区:位于研究区的东部,剩余磁力异常、磁力垂直一次导数异常均表现为宽频高异常特征,反映该区火山岩产状变化平缓,以层状、透镜状为主的溢流相。综合重磁电异常组合特征推测该区岩性以中酸性火山岩为主。SM4-SQ2火山岩发育区:位于研究区的东部,主要由 SM4 井西、SM4 井东、SQ2 井区及 11-4 号等 4 个局部火山岩体组成,总体北西走向。其中 SM4 井西、SQ2 井东 2 个岩体在剩余磁力异常、磁力垂直一次导数异常图上表现为异常高特征,岩性重力异常为高异常圈闭,电阻率反演剖面上为层状高阻异常体,综合重磁电异常信息推测这两个岩体以中基性火山岩为主;沙门 4 井东、11-4 号岩体处于重力异常低地区,推测以中酸性火山岩为主。红柳河断裂下盘重磁电资料均表现高异常特征,且下盘石炭系埋深一般在 9 000 m 以下,与上盘石炭系顶面埋深相差 5 000 m,因此推测解释该处为中基性火山岩发育区。总的来看中酸性火山岩最为发育,中-基性火山岩面积为 280 km^2 ,中-酸性火山岩面积为 985 km^2 ,火山岩与碎屑岩互层面积为 888 km^2 ,火山碎屑岩面积 585 km^2 (图 4)。

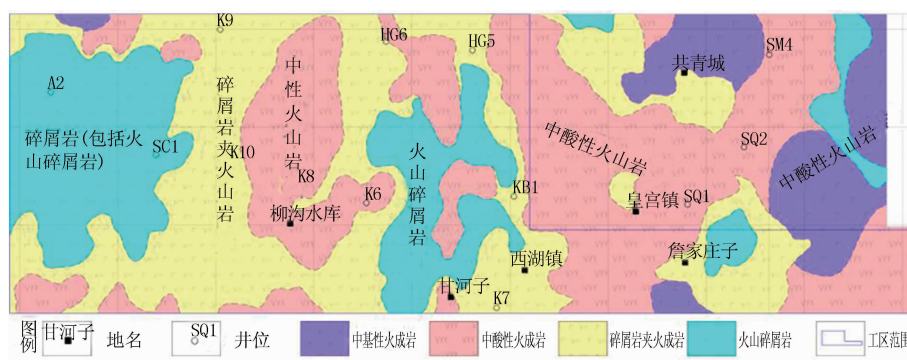


图4 车排子南石炭系火山岩岩性预测分布

3 结论

通过对准噶尔车排子凸起石炭系火山岩地层井震标定,对火山岩目的层进行地震对比追踪,在平面上和空间上识别出一系列纵横向叠置的、不同序列、不同期次的火山岩岩体。综合认为石炭系火山岩发育程度总体东强西弱,东部以近火山口相中酸性火山岩为主,西部以远火山口相火山碎屑岩为主。近火山口相部位是火山岩物性发育较好的有利部位,与现有油藏匹配关系好,且火山机构的发育是石炭系内幕形成局部构造高点的主要成因之一。深层火山岩勘探需要高精度地震资料采集和重磁电震(井)综合应用、联合反演综合勘探技术,提高火山岩勘探精度。

参考文献:

- [1] 索孝东,张生,陈德炎. 用重磁电异常信息模式识别石炭系火山岩岩性——以准噶尔盆地陆东地区为例[J]. 新疆石油地质, 2011,32(3):318-320.
- [2] 邹才能,赵文智,贾承造,等. 中国沉积盆地火山岩油气藏形成与分布[J]. 石油勘探与开发,2008,35(3):257-271.
- [3] 杨辉,文百红,戴晓峰,等. 火山岩油气藏重磁电震综合预测方法及应用[J]. 地球物理学报,2011,54(2):286-293.
- [4] 吴晓智,齐雪峰,唐勇,等. 东西准噶尔火山岩成因类型与油气勘探方向[J]. 中国石油勘探,2009,(01):1-9.
- [5] 尚鲁宁,张训华,韩波. 重磁资料揭示的冲绳海槽及邻区断裂和岩浆岩分布[J]. 海洋地质与第四纪地质,2016,36(1):99-106.
- [6] 王伟锋,高斌,卫平生,等. 火山岩油气藏地球物理预测技术及准噶尔勘探实例[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2012,36(6):33-39.
- [7] 张昌达,董浩斌. 重力和磁力勘探进入新时期[J]. 物探与化探,2010,34(1):1-7.
- [8] 张交东,杨晓勇,刘成斋,等. 大别山北缘深部结构的高精度重磁电震解析[J]. 地球物理学报,2012,55(7):2292-2306.
- [9] 陈晓,于鹏,张罗磊,等. 地震与大地电磁测深数据的自适应正则化同步联合反演[J]. 地球物理学报,2011,54(10):2673-2681.
- [10] 刘建利,李西周,张泉. 重、磁、电联合反演在银额盆地定量解释中的应用[J]. 物探与化探,2013,37(5):853-858.
- [11] 林珍,张莉,钟广见. 重磁震联合反演在南海东北部地球物理解释中的应用[J]. 物探与化探,2013,37(6):968-975.
- [12] 杨辉,文百红,张研,等. 准噶尔盆地火山岩油气藏分布规律及区带目标优选——以陆东-五彩湾地区为例[J]. 石油勘探与开发,2009,36(4):419-427.
- [13] 孙卫斌,杨书江,王财富,等. 三维重磁电勘探技术发展及应用[J]. 石油科技论坛,2012,31(2):11-15.
- [14] 陈洁,温宁,陈邦彦. 重磁电震联合反演研究进展与展望[J]. 地球物理学进展,2007,22(5):1427-1438.
- [15] 张春贺,尹成明,甘贵元,等. 重磁电一体化勘探技术在柴达木盆地西部复杂地区的应用[J]. 石油物探,2017,56(4):607-616.
- [16] 蔡义峰,熊婷,姚卫江,等. 地震多属性分析技术在薄储层砂体预测中的应用[J]. 石油地球物理勘探,2017,52(2):140-145.
- [17] 仲伟军,姚卫江,贾春明,等. 地震多属性断裂识别技术在中拐凸起石炭系中的应用[J]. 石油地球物理勘探,2017,52(2):135-139.
- [18] 卞保力,李啸,王学勇,等. 重、磁、电、井、震“五维一体”综合物探技术在达巴松凸起石炭系火山岩识别中的应用[C]//2015年全国天然气学术年会论文集. 武汉:中国石油学会四川省石油学会,2018:245-251.

(编辑 杨芝文)