doi: 10.11720/wtyht.2019.0252
周惠,田玉昆,刘晓,等.乌伦古坳陷深层石炭系火山岩低频地震识别技术应用[J].物探与化探,2019,43(6):1217-1224.http://doi.org/10.11720/wtyht.2019.0252
Zhou H,Tian Y K,Liu X,et al.The application of low frequency seismic identification technology to deep Carboniferous volcanic rocks in Wulungu depression[J].Geophysical and Geochemical Exploration,2019,43(6):1217-1224.http://doi.org/10.11720/wtyht.2019.0252

乌伦古坳陷深层石炭系火山岩低频地震识别技术应用

周惠[1],田玉昆[1],刘晓[2],李娟[1],马彦彦[1]
(1.中国地质调查局 油气资源调查中心,北京　100083;2.北京市地质调查研究院,北京　102206)

摘 要: 乌伦古坳陷石炭系火山岩储层是准噶尔盆地油气勘探的重要目的层系,然而由于埋藏深,岩性复杂,受后期改造作用影响大,依靠以往二维地震勘探技术难以刻画火山岩体展布。文中以低频可控震源采集获得的地震资料为主,对乌伦古坳陷北部区域石炭系火山岩分布特征进行了研究。鉴于低频信息在地震深层成像方面的优势以及叠加剖面对构造趋势的良好反映,笔者利用低频段叠加剖面进行波场识别,指导偏移剖面解释,并将地质、地震、钻井资料相结合开展火山岩识别的研究,总结出了该区火山岩相的地震响应特征,综合利用地震反射特征和地震属性分析等手段,对火山岩体展布进行了识别刻画。本次研究探索了适用于深埋复杂岩性条件的火山岩储层低频地震识别方法,为该区石炭系油气勘探提供了一定的依据。

关键词: 乌伦古坳陷;石炭系;火山岩;低频勘探;地震识别
中图分类号: P631.4　　**文献标识码:** A　　**文章编号:** 1000-8918(2019)06-1217-08

0 引言

准噶尔盆地石炭系广泛发育火山岩,20 世纪以来,在准噶尔盆地腹部、东部和西北缘均发现了可供工业开采的石炭系火山岩气藏。石炭系已成为准噶尔盆地油气勘探开发的有利目的层系,火山岩储层也受到越来越多的重视[1-4]。乌伦古坳陷是准噶尔盆地东北缘大型的一级构造单元,石炭系火山岩埋藏深,地层横向变化快,以往地震资料多为 20 世纪 90 年代二维测线,排列短,叠次低,深层基本没有效信息,难以刻画火山岩体展布。地震波中低频成分抗吸收屏蔽能力较强,对深层成像贡献大,为此,本项研究开展低频地震勘探攻关,采用低频可控震源激发,宽线长排列、高覆盖次数的观测系统,地震资料较以往剖面深层得到有效改进。以此为基础,参考以往相关资料,通过录井岩性的识别、电性物性特征、地震波形特征及阻抗界面变化特征分析等,总结出乌伦古凹陷火山岩相及沉积相的测井及地震响应特征。探索了利用低频段叠加剖面进行火山岩地质构造格架搭建,地震相识别和地震属性分析相结合开展深层火山岩识别的方法。对研究区火山岩体进行了识别及预测,为该区油气勘探提供资料依据。

1 研究区概况

研究区位于乌伦古坳陷西北部,主体位于索索泉凹陷内,跨红岩断阶带(图 1[5]),处于乌伦古坳陷西部上倾方向,是油气运移的有利指向区[6-8]。

综合区域地质资料,乌伦古坳陷是一个由南向北逐渐沉降的箕状坳陷,基底由前寒武系结晶基底和古生界浅变质岩系组成。已揭示的地层自下而上发育有石炭系、三叠系、侏罗系、白垩系、古近系及新近系等地层,二叠系缺失。石炭系构造—沉积背景

收稿日期: 2019-05-06; **修回日期:** 2019-09-25
基金项目: 国家自然科学基金项目"基于裂缝—孔隙介质建模的储层参数预测和流体识别方法研究"(41774146);中国地质调查局项目"渝黔—滇桂地区页岩气战略选区调查"(DD20190108);国家重点研发计划项目子课题"超深层广角地震观测系统设计"(2016YFC060110305)
作者简介: 周惠(1983-),女,硕士研究生,工程师,主要从事地球物理资料处理解释和储层预测工作。Email:zhohui1125@163.com
通讯作者: 刘晓(1984-),男,硕士研究生,工程师,主要从事地震资料解释和沉积学研究工作。Email:sea_251@163.com
万方数据

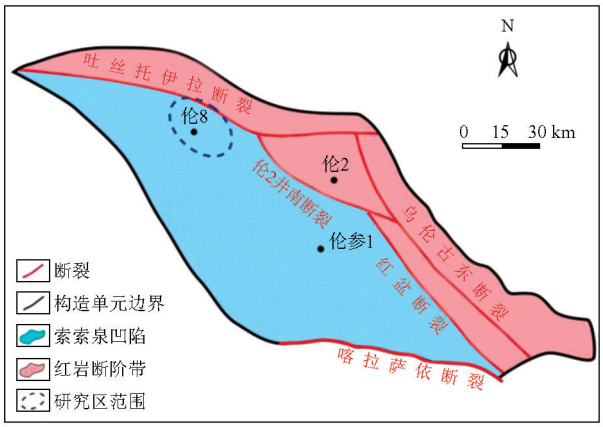


图 1　研究区构造简图

Fig.1　Structural location of the study area

复杂,埋藏深,地层横向变化快。钻井显示石炭系火山岩普遍存在,特别是凝灰岩广泛分布,指示当时火山活动频繁、剧烈,火山灰广泛覆盖。晚石炭世到早三叠世期间,强烈的区域构造抬升运动使石炭系火山岩裸露于地表[9-10],遭受了长期强烈的风化剥蚀和构造破碎等作用,并形成沉积间断。野外地质露头和钻井资料揭示石炭系地层岩性复杂,由沉积岩、岩浆岩、变质岩组成,且空间变化较大。研究区周边及外围的伦参 1 井、泉 2 井、泉 3 井、滴北 1 井、乌参 1 井等数口井钻至石炭系几十米至数百米不等,钻遇了不同类型的火山岩[6,8]。目前研究区内的两口已钻井 L5 井和 L8 井,都只钻遇了部分石炭系地层(200~300 m),L8 井主要为凝灰岩,L5 井为安山岩。复杂的构造特征和岩性组合导致地震反射连续性差,给火山岩体的识别和刻画带来极大困难。

同时,研究区整体勘探程度低,至今未部署三维地震,二维地震资料也多为 20 世纪 90 年代采集,地震剖面深层多次波发育,低频信息缺失,致使石炭系地层信噪比低,内幕成像效果差,难以满足地层解释和岩性识别的要求,石炭系内部火山岩体展布不清[8,11-12]。

2　低频勘探效果

众所周知,地震勘探中地震波在地下传播时,地层对高频成分的吸收相比低频成分严重的多,勘探目的层深度越大,高频信号衰减和散射越严重,而低频信号保留却相对完整,因此利用低频信息开展深部勘探成为近年来的发展趋势[13-15]。为了改善研究区地震剖面深层成像质量,开展了低频地震勘探工作:①使用低频可控震源激发,增强地震波向深层传播的能量,拓宽频带宽度;②采用宽线长排列观测系统接收,成倍增加覆盖次数,压制横向和随机噪声,提高信噪比;③数据处理中,应用保护低频的面波压制法、分频噪声衰减法、地表一致性振幅补偿和反褶积等保幅处理技术,有效保护低频成分,改善剖面深层信噪比[16-18]。新获得的地震资料低频信息丰富(图 2),深层能量增强,尤其低频剖面上深层石炭系成像效果明显改善,为本次研究深层火山岩储层提供了较为理想的基础资料。

3　火山岩识别刻画

经地震资料处理发现,由于区域构造复杂,地震偏移成像困难,但分频扫描发现 4 ~15 Hz 水平叠加剖面上深层石炭系的反射波场特征较清晰(图 3,2.6 s 以下),因而本次火山岩识别从 4~15 Hz 水平叠加剖面入手,通过地震波组对比、复杂波场识别,进行地层、构造格架分析、岩体包络面的识别,建立区域模型指导偏移剖面的构造解释,同时结合地震相的识别和地震属性等资料,循序渐进开展火山岩体识别工作。

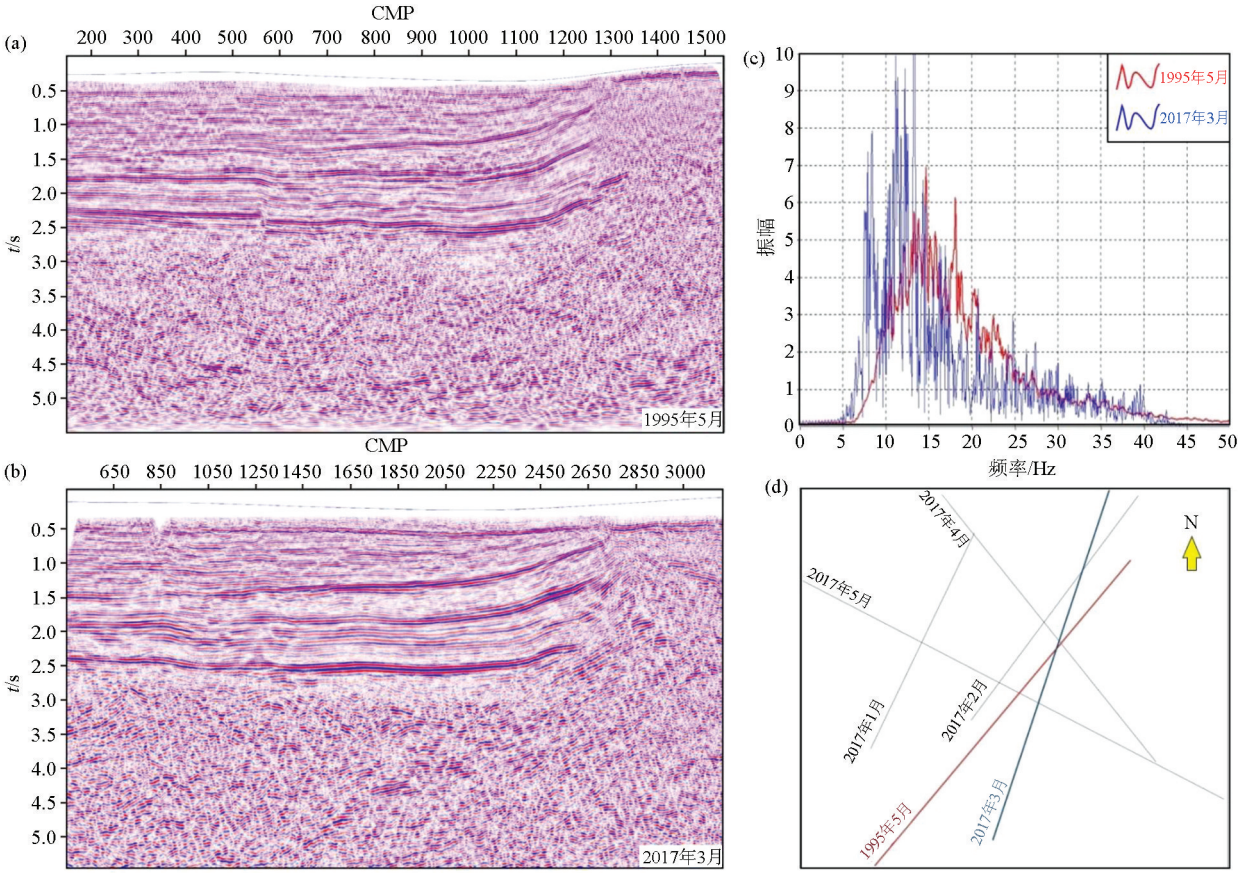
3.1　地质构造格架

地震叠加剖面往往保存了较多的构造格架趋势信息,因而针对 4~15Hz 低频段地震叠加剖面开展精细剖析,搭建起石炭系构造地层格架(图 4)。由于石炭纪长期的火山活动及后来晚石炭世—三叠纪的构造抬升,形成了石炭系顶的不整合面,在地震剖面上以包络面的形式存在(图 4①),上下岩性差异及不整合接触关系导致包络面下部地震波组连续性较差、反射较杂乱;而包络面上部为晚三叠纪乌伦古坳陷雏形形成以后持续沉积的地层,地震波组同相轴连续性好,阻抗界面清晰。断面波是断层追踪的有效证据(图 4②),而深部的回转波往往用于识别局部构造低凹部位(图 4④)。与反射杂乱的火山岩发育区相比,石炭系海相沉积地层具有相对较为连续的地震波组反射特征(图 4③)。根据低频段叠加剖面上识别的波场特征,完成最终偏移剖面的构造解释(图 5)。

3.2　火山岩体识别

火山喷发具有阶段性、岩性多样性和结构复杂性,会造成不同火山岩相在电测曲线特征和地震剖面上都具有不同的反射特征[19]。研究区勘探程度低,钻井较少,且仅钻遇有限的石炭系地层,因此本次研究主要参考周边已钻井资料及地震剖面,识别总结出石炭系火山岩测井和地震响应特征,进而指导研究区火山岩识别。

万方数据

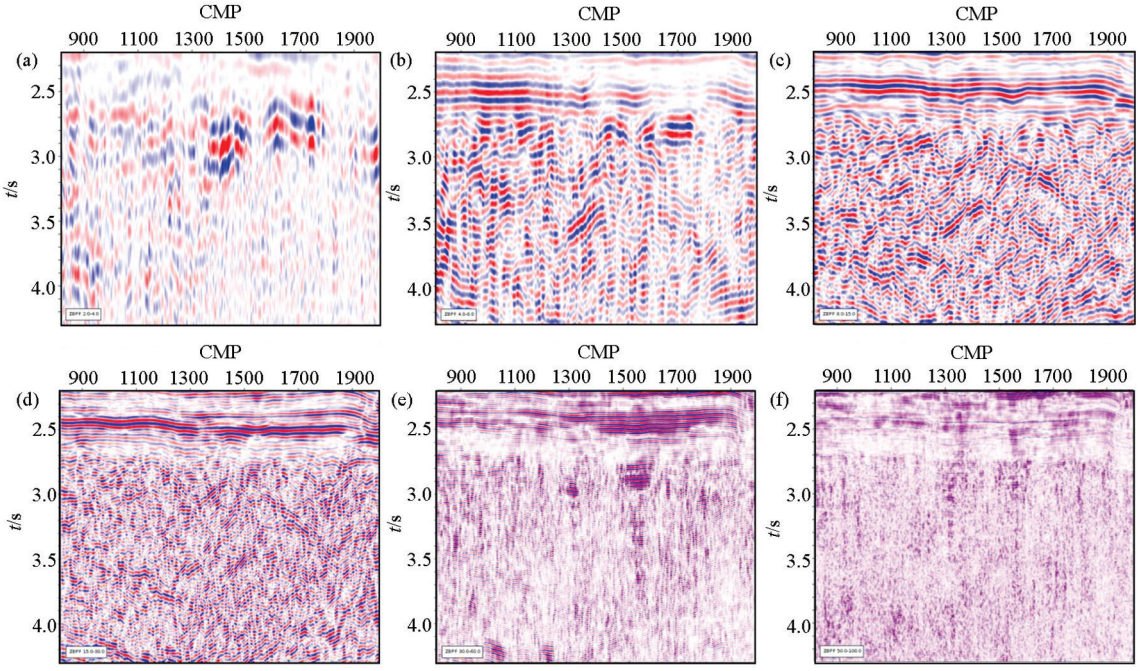


a—以往地震剖面;b—新采集地震剖面;c—新老剖面频谱对比;d—测线位置

a—previous seismic profiles;b—new seismic profiles;c—frequency spectrum contrast map of new and old profiles;d—location map of survey line

图 2　新老地震剖面及频谱对比

Fig.2　Spectrum of new and old seismic profiles

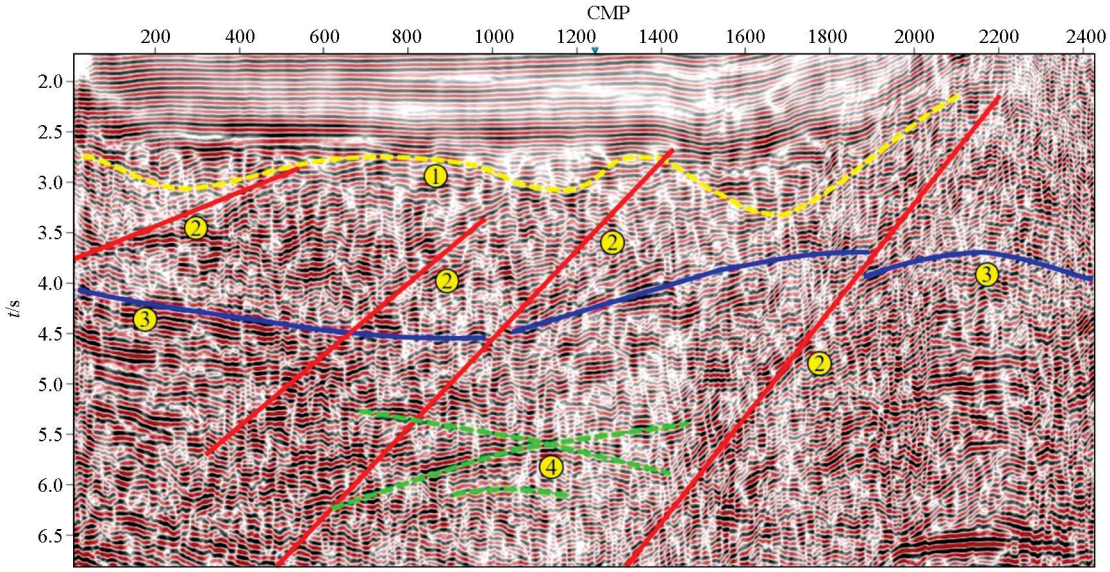


a—2~4 Hz;b—4~8 Hz;c—8~15 Hz;d—15~30 Hz;e—30~60 Hz;f—50~100 Hz

图 3　低频勘探地震剖面中深层分频扫描叠加剖面

Fig.3　Frequency-division scanning stack profiles of low-frequency seismic exploration

万方数据

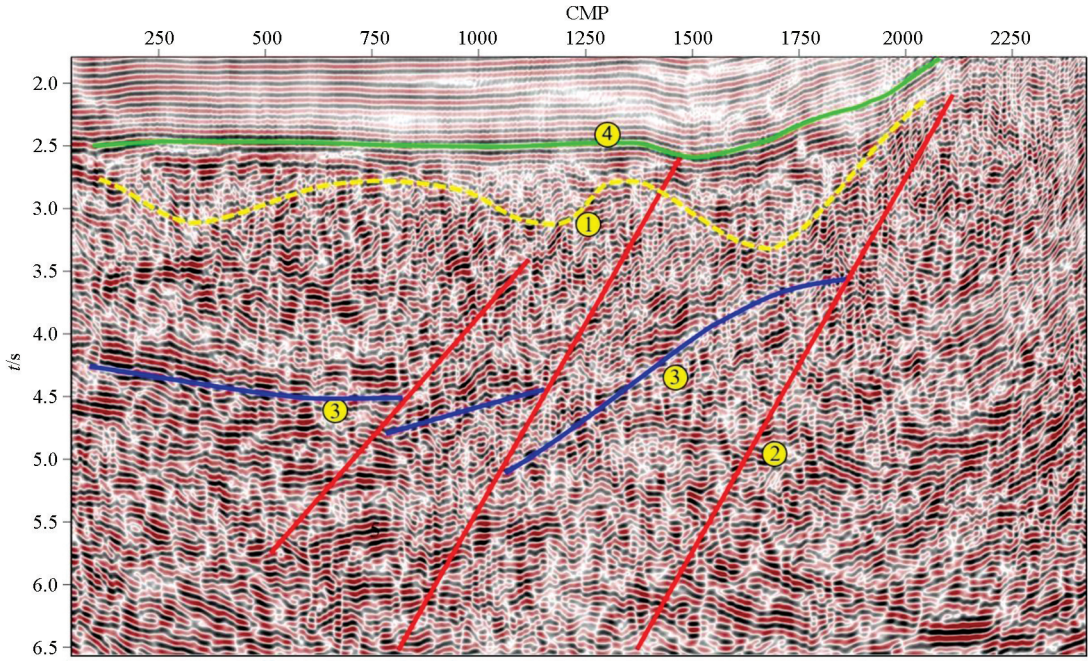


①—岩体包络面;②—断面波;③—沉积地层;④—回转波

①—envelope surface of rock mass;②—fault surface wav;③—sedimentary stratum;④—rotating wave

图 4　构造格架搭建(4~15 Hz,叠加剖面)

Fig.4　Structural framework(4~15 Hz,stacked section)



①—岩体包络面;②—断层;③—石炭系沉积地层;④—中生代地层底界

①—envelope surface of rock mass;②—faults;③—sedimentary strata of carboniferous;④—mesozoic bottom boundary

图 5　构造解释剖面(叠后时间偏移剖面)

Fig.5　Structural interpretation profile(Post-stack time migration profile)

乌伦古坳陷及周边已钻井揭示,石炭系沉积以海相碎屑岩为主,与陆相碎屑岩相比,测井曲线具有典型的高自然伽马(GR)、高电阻率(RT)、低声波时差(AC)的特征(图 6)。晚石炭世—二叠纪剧烈的火山运动,极大的改变了原有地层的赋存状态。已钻井普遍发育的凝灰岩表明,当时的火山活动长期持续且频繁剧烈,形成了大量的火山灰,覆盖在原沉积地层上,形成火山沉积相,火山岩相普遍具有低GR、较高电阻、较低声波时差的特征,地震剖面上反射成层性较好,类似于沉积岩的反射特征,具有中—弱振幅、低频、中连续的内部反射结构。局部发育的安山岩所代表的溢流相,是由喷发温度较高的、流动

万方数据

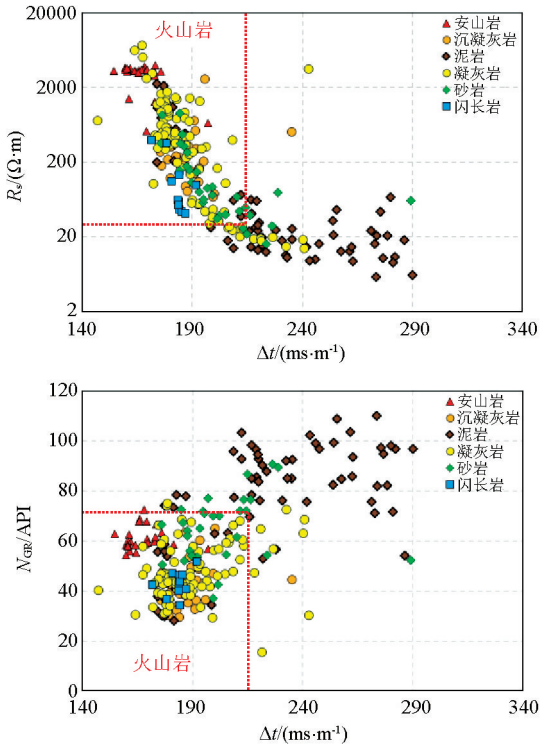


图 6　测井曲线交会

Fig.6　Logging curve cross plot

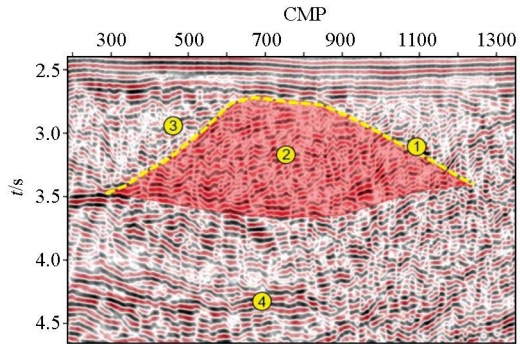
性较强的岩浆组分在溢流过程中冷凝形成,具有低GR、高阻、低声波时差的特征,地震剖面上反射同相轴呈弧形,表现为连续的强振幅和强反射,内部由于屏蔽常表现为杂乱或空白反射。火山角砾岩是火山爆发的产物,指代了典型的爆发相,通常表现为较高GR、较高电阻率的特征,地震剖面上反射同相轴表现为波状或似层状,中—强振幅,中—高频,内部杂乱反射或断续反射[20-24]。

根据火山岩体赋存结构和地震反射特征,在研究区识别出喷溢相和火山沉积相两类火山岩相(图7、图8)。喷溢相主要受断裂控制,地震反射特征为席状披盖,轮廓为强阻抗界面,围岩地层超覆于火山岩体的边界上。岩体内杂乱反射,具有中—强振幅、中—低频特征,与下伏具有较连续反射的沉积岩地层相区别(图7)。火山沉积相主要发育在喷溢相的侧翼,岩性以凝灰岩、沉凝灰岩为主,地震反射特征为上超充填、中—弱振幅、中频,与喷溢相相比,覆盖面积较广,地震反射强度较弱,在乌伦古坳陷内分布范围较大。

3.3　火山岩体预测

火山岩体识别和预测的研究中,地震属性分析是最常用的技术[25-27]。其中,倾角类属性常用于分析火山机构外部形态和内部结构,波形类属性能反映不同岩相组合的特征,频率类属性能反映地层吸

万方数据

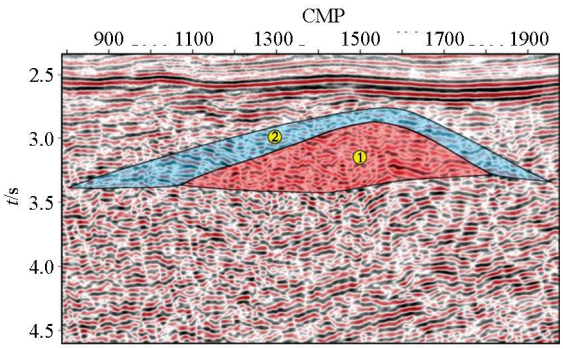


①—火山岩体轮廓为强阻抗界面;②—火山岩体内部具有杂乱反射特征;③—火山岩体与围岩角度不整合接触关系;④—火山岩体下伏的沉积岩地层

①—Strong impedance interface of volcanic rock mass contour;②—Chaotic reflections in volcanic rocks;③—angular unconformity between volcanic rock mass and surrounding rock;④—sedimentary rock strata

图 7　火山岩体地震反射特征

Fig.7　Seismic reflection characteristics of volcanic rocks



①—火山沉积相;②—溢流相

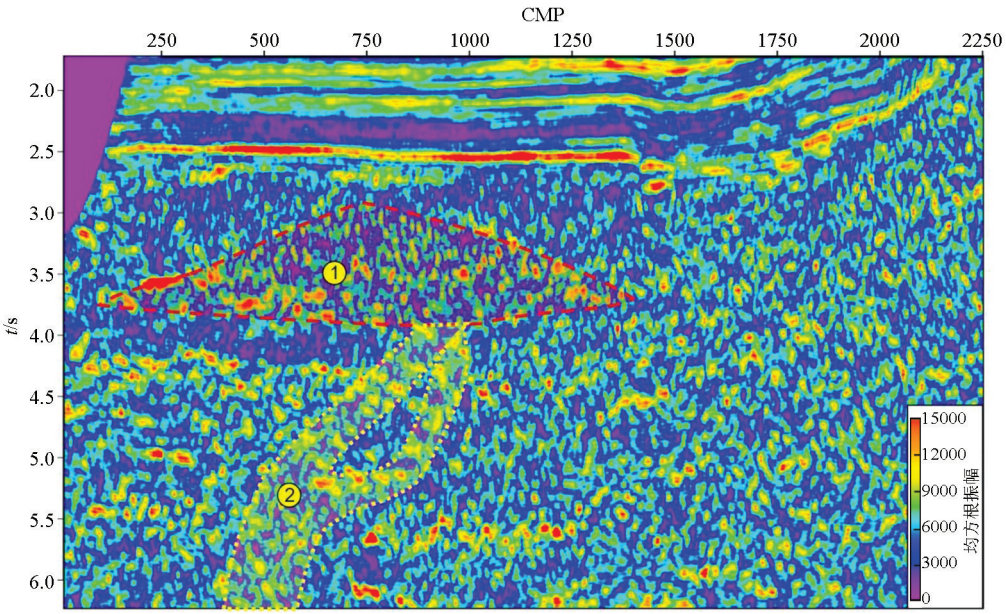
①—volcanic sedimentary facies;②—overflow facies

图 8　火山相地震反射特征

Fig.8　Seismic reflection characteristics of volcanic facies

收和衰减的效果,振幅属性对岩相变化尤其敏感,在岩性变化剧烈的强阻抗界面,往往可以形成较明显的振幅差异特征,而相位类属性则强调事件的连续性,对于识别地层或相带的边界有良好的效果[28-31]。

通过多种属性分析筛选发现,均方根振幅(root mean square amplitude,RMS)属性对研究区火山岩体相对较敏感,在石炭系火山岩体发育部位,均方根振幅呈现异常高值,与低值的围岩之间具有明显的界面(图9),并且与前述地震反射特征识别的火山岩体(图7)具有较好的一致性。因此,在利用地震反射波组特征解释火山岩体基础上,辅以均方根振幅属性分析,对该区岩性异常体分布范围进行了预测,在空间上识别出了研究区东北部和南部两个主要的火山岩体的发育区(图10)。



①—火山岩体;②—火山通道

①—volcanic rock mass;②—volcanic passage

图 9 火山岩体地震属性识别

Fig.9 Seismic attribute recognition of volcanic rock mass

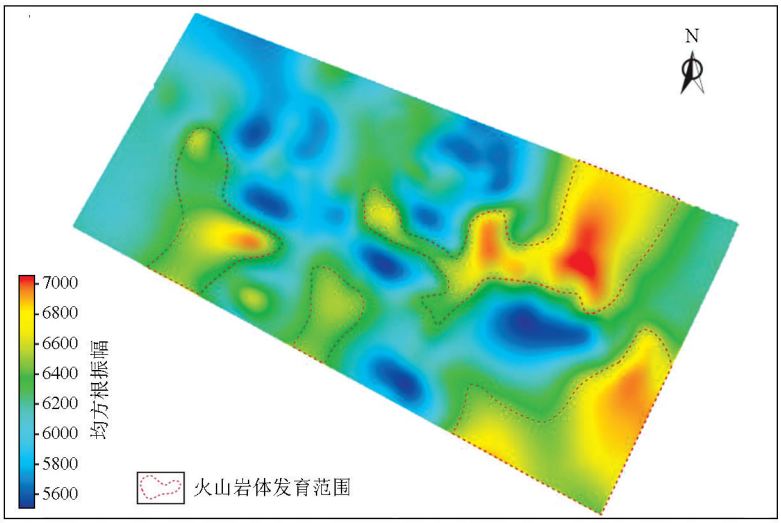


图 10 研究区火山岩体分布范围预测

Fig.10 Prediction of volcanic rock distribution range in research area

4 结论

1)研究区勘探程度低,石炭系火山岩分布广泛但剥蚀、破碎严重,深层地震剖面反射信息弱,信噪比低,给岩体的识别和空间预测带来严重的不确定性。采用低频可控震源、长排列、高覆盖次数(3 000)的低频地震勘探方法,地震剖面中深层低频成分得以有效保留,深层石炭系地层成像质量较以往有明显提高,为构造解释和岩性预测提供了较为理想的基础资料。

2)探索了适用于深埋复杂岩性条件的火山岩储层低频地震识别手段。从地震低频叠加剖面入手,识别波场解释构造格架,通过对地震相和地震属性的剖析,应用地震资料解释和属性预测技术,对火山岩体赋存状态进行了阐述,并对其空间展布范围进行了预测,圈定出两个火山岩发育区,为该区石炭系火山岩储层油气勘探提供一定的依据。

3)由于研究区勘探程度较低,缺乏足够的钻井资料进行标定和验证,对火山形成的通道、期次、机理等还缺乏系统、深入的认识,这也是后续研究的重点。

万方数据

参考文献(References):

[1] 康玉柱.新疆两大盆地石炭—二叠系火山岩特征与油气[J].石油试验地质,2008,30(4):321-327.
Kang Y Z. Characteristics of the Carboniferous-Permian volcanic rocks and hydrocarbon accumulations in two great basins, Xinjiang area [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2008, 30(4): 321-327.

[2] 张朝军,石昕,吴晓智,等.准噶尔盆地石炭系油气富集条件及有利勘探领域预测[J].中国石油勘探,2005(1):11-15.
Zhang C J, Shi X, Wu X Z, et al. Carboniferous oil and gas abundance conditions and predicted favorable exploration fields in Junggar Basin[J]. China Petroleum Exploration, 2005(1): 11-15.

[3] 张明洁,杨品.准噶尔盆地石炭系(油)气藏特征及成藏条件分析[J].新疆石油学院学报,2000,2(2):8-13.
Zhang M J, Yang P. The Characteristic and analysis of reservoir-forming conditions of the Carboniferous oil and gas Pools in Junggar Basin[J]. Journal of Xinjiang Petroleum Institute, 2000, 2(2): 8-13.

[4] 王淑芳,邹才能,侯连华,等.准噶尔盆地东部石炭系火山岩气藏石油地质特征及有利勘探方向分析[J].地学前缘,2013,20(2):226-236.
Wang S F, Zou C N, Hou L H, et al. Petroleum geological characteristics of gas accumulation in carboniferous volcanics and prospect for gas exploration, Eastern Junggar Basin[J]. Earth Science Frontiers, 2013, 20(2): 226-236.

[5] 王学斌,赵淑娟,李三忠,等.准噶尔盆地东北缘乌伦古坳陷中生代逆冲推覆构造[J].大地构造与成矿学,2014,38 (1):62-70.
Wang X B, Zhao S J, Li S Z, et al. Mesozoic Thrust and Nappe structures in the Wulungu depression of the Northeastern Junggar Basin[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2014, 38 (1): 62-70.

[6] 陈占坤,谢国军,张福顺. 准噶尔盆地乌伦古坳陷石油地质特征及勘探方向[J].新疆地质,2010,28(1):61-64.
Chen Z K, Xie G J, Zhang F S. Petroleum geologic characteristics and exploration strategy in Wulungu depression of Junggar Basin [J]. Xinjiang Geology, 2010, 28(1): 61-64.

[7] 杨朝,赵淑娟,李三忠,等.准噶尔盆地东北缘乌伦古坳陷油气成藏的构造制约[J].地质科学,2015,50(2):516-522.
Yang Z, Zhao S J, Li S Z, et al. Structural constrain to hydrocarbon accumulation in the Wulungu depression of the Junggar Basin[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2015, 50(2): 516-522.

[8] 谭绍泉.乌伦古坳陷石炭系地层特征与勘探方向[J].石油天然气学报,2012,34(4):65-68,77.
Tan S Q. Carboniferous formation characteristics and exploration direction for Wulungu depression[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2012, 34(4): 65-68, 77.

[9] 余淳梅,郑建平,唐勇,等.准噶尔盆地五彩湾凹陷基底火山岩储集性能及影响因素[J].地球科学—中国地质大学学报,2004,29(3):303-308.
Yu C M, Zheng J P, Tang Y, et al. Reservoir properties and effect factors on volcanic rocks of basement beneath Wucaiwan depression, Junggar Basin[J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2004, 29(3): 303-308.

[10] 张年富,曹耀华,况军,等.准噶尔盆地腹部石炭系火山岩风化壳模式[J].新疆石油地质,1998,19(6):450-453.
Zhang N F, Cao Y H, Kuang J, et al. Weathering crust model of Carboniferous volcanic rock in hinterland of Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1998, 19(6): 450-453.

[11] 靳军,张朝军,刘洛夫,等.准噶尔盆地石炭系构造沉积环境与生烃潜力[J].新疆石油地质,2009,30(2):211-214.
Jin J, Zhang C J, Liu L F, et al. Structural/Sedimentary environment and hydrocarbon-generating potentials of Carboniferous in Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2009, 30(2): 211-214.

[12] 唐勇,王刚,郑孟林,等.新疆北部石炭纪盆地构造演化与油气成藏[J].地学前缘,2015,22(3):241-253.
Tang Y, Wang G, Zheng M L, et al. Carboniferous basin evolution and its hydrocarbon accumulation in the north of Xinjiang[J]. Earth Science Froutiers, 2015, 22(3): 241-253.

[13] 陈鹏,于常青,韩建光,等.低频可控震源在哈拉湖冻土区二维地震勘探试验研究[J].地球物理学进展,2018,33(2):562-570.
Chen P, Yu C Q, Han J G, et al. Low-frequency vibroseis experimental study of 2D seismic exploration for Hala lake´s permafrost region[J]. Progress in Geophysics(in Chinese), 2018, 33(2): 562-570.

[14] 杨平,高国成,侯艳,等.针对陆上深层目标的地震资料采集技术——以塔里木盆地深层勘探为例[J].中国石油勘探,2016,21(1):61-74.
Yang P, Gao G C, Hou Y, et al. Seismic acquisition techniques for onshore deep targets: a case study of deep formations in Tarim Basin[J]. China Petroleum Exploration, 2016, 21(1): 61-74.

[15] 孙龙德,方朝亮,撒利明,等.地球物理技术在深层油气勘探中的创新与展望[J].石油勘探与开发,2015,42(4):414-424.
Sun L D, Fang C L, Sa L M, et al. Innovation and prospect of geophysical technology in the exploration of deep oil and gas[J]. Petroleum Exploration and Development, 2015, 42(4): 414-424.

[16] 王维红,林春华,张振.保幅低频面波压制方法与应用[J]. 地球物理学进展,2015,30(3):1190-1194.
Wang W H, Lin C H, Zhang Z. Amplitude preserved low frequency surface wave suppression and its application[J]. Progress in Geophysics (in Chinese), 2015, 30(3): 1190-1194.

[17] 王永生,胡杰,张静.宽频勘探技术在柴北缘深层侏罗系勘探中的应用[J].岩性油气藏,2017,29(6):101-107.
Wang Y S, Hu J, Zhang J, et al. Wide-frequency prospecting technology and its application on deep-seated Jurassic exploration in northern margin of Qaidam Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2017, 29(6): 101-107.

[18] 公亭,王兆磊,顾小弟,等.宽频地震资料处理配套技术[J].石油地球物理勘探,2016,51(3):457-466.
Gong T, Wang Z L, Gu X D, et al. Broadband seismic data matching processing[J]. OGP, 2016, 51(3): 457-466.

[19] 王璞君,冯志强,等.盆地火山岩(岩性·岩相·储层·气藏·勘探)[M].北京:科学出版社,2007.
Wang P J, Feng Z Q, et al. Basin volcanic rocks (lithology, lithofacies, reservoir, gas reservoir, exploration) [M]. BeiJing: Science Press, 2007.

[20] 姚新玉,何正怀,吴建华.准噶尔盆地火山岩地震相及分布特征[J].新疆石油地质,1994,15(3):214-219.
Yao X Y, He Z H, Wu J H. Seismic facies and distribution characteristics of volcanic rocks in Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1994, 15(3): 214-219.

万方数据

[21] 孙国强,赵竞雪,纪宏涛,等.准噶尔盆地陆西地区石炭系火山岩岩相[J].天然气工业,2010,30(2):16-20.
Sun G Q,Zhao J X,Ji H T,et al.Lithofacies of Carboniferous volcanic rocks in the Luxi area,Junggar Basin[J].Natural Gas Industry,2010,30(2):16-20.

[22] 王洛,李江海,师永民,等.准噶尔盆地滴西地区石炭系火山岩识别与预测[J].岩石学报,2010,26(1):242-254.
Wang L,Li J H,Shi Y M,et al.The identification and prediction of Carboniferous volcanic rocks in Dixi area,Junggar Basin[J].Acta Petrologica Sinica,2010,26(1):242-254.

[23] 胡金祥,李宗杰,张永升,等.准噶尔盆地东缘火山岩综合地球物理勘探[J].新疆地质,2013,31(1):107-112.
Hu J X,Li Z J,Zhang Y S,et al.The integrated geophysical exploration for the northeast edge volcanic rock in Junggar Basin[J].Xinjiang Geology,2013,31(1):107-112.

[24] 秦志军,魏璞,张顺存,等.滴西—五彩湾地区石炭系火山岩岩相特征研究[J].西南大学学报:自然科学版,2016,38(5):9-21.
Qin Z J,Wei P,Zhang S C,et al.The lithofacies of Carboniferous volcanic rocks in Dixi Wucaiwan Area[J].Journal of Southwest Petroleum University:Science & Technology Edition,2016,38(5):9-21.

[25] 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.
Wang W F,Gao B,Wei P S,et al.Geophysical prediction technologies for volcanic reservoirs and exploration case in Junggar Basin[J].Journal of China University of Petroleum,2012,36(6):33-39.

[26] 徐颖新,尚华,李秀珍,等.火山岩地震解释技术在松辽盆地长岭断陷深层天然气勘探中的应用[J].石油地球物理勘探,2008,43(s1):63-68.
Xu Y X,Shang H,Li X Z,et al.Application of volcanic rock seismic interpretation technique to deep natural gas exploration in Changling fault depression of Songl iao basin[J].OGP,2008,43(s1):63-68.

[27] 李明,邹才能,刘晓.松辽盆地北部深层火山岩气藏识别与预测技术[J].石油地球物理勘探,2002,37(5):477-484.
Li M,Zou C N,Liu X.Identifying and predicting technology of deep volcanics gas reservoir in north of Songliao basin[J].OGP,2002,37(5):477-484.

[28] 伍菁华,黄芸,张继武,等.火山岩相地震识别方法在准噶尔盆地东部的应用[J].天然气工业,2007,27(s1):481-482.
Wu J H,Huang Y,Zhang J W,et al.The application of volcanic lithofacies seismic recognition method in eastern Junggar Basin[J].Natural Gas Industry,2007,27(s1):481-482.

[29] Simm R,Bacon M.地震振幅解释与应用[M]//高建虎,等译.石油工业出版社,2015.
Simm R,Bacon M.Seismic amplitude:An interpreter´s Handook[M]//Gao J H,et al Tran.Petroleum Industry Press,2015.

[30] 唐华风,王璞珺,姜传金,等.波形分类方法在松辽盆地火山岩相识别中的应用[J].石油地球物理勘探,2007,42(4):440-444.
Tang H F,Wang P J,Jiang C J,et al.Application of waveform classification to identify volcanic facies in Songliao basin[J].OGP,2007,42(4):440-444.

[31] 曾忠,阎世信,魏修成,等.地震属性解释技术的研究及确定性分析[J].天然气工业,2006,26(3):41-43.
Zeng Z,Yan S X,Wei X C,et al.Study of seismic attribute interpretation technologies and deterministic analysis[J].Natural Gas Industry,2006,26(3):41-43.

The application of low frequency seismic identification technology to deep Carboniferous volcanic rocks in Wulungu depression

ZHOU Hui[1],TIAN Yu-Kun[1],LIU Xiao[2],LI Juan[1],MA Yan-Yan[1]

(1.*The Key Laboratory of Unconventional Petroleum Geology*,*CGS*,*Beijing* 100083,*China*;2.*Beijing Institute of Geological Survey*,*Beijing* 102206,*China*)

Abstract: The Carboniferous volcanic reservoir in Wulungu depression is an important target stratum for hydrocarbon exploration in Junggar Basin.However,due to its deep burial,complex lithology and strong late reformation,it is difficult to depict the distribution of volcanic rock masses by relying on the previous two-dimensional seismic exploration technology.Mainly based on the seismic data collected by low frequency vibroseis,the authors studied the distribution characteristics of Carboniferous volcanic rocks in the northern part of Wulungu depression.In view of the advantages of low-frequency information in deep-layer imaging and the good reflection of stacked section to structural trends,low-frequency stack section was used to identify wave field,which can guide migration section interpretation.Then by combining geological,seismic and drilling data,research on volcanic rock identification was carried out.The seismic response characteristics of volcanic facies in this area were summarized.The distribution of volcanic rocks was identified and characterized by means of seismic reflection characteristics and seismic attribute analysis.A low-frequency seismic identification method for volcanic reservoirs suitable for deep-buried complex lithologic conditions is explored.It provides a basis for Carboniferous oil and gas exploration in this area.

Key words: Wulungu depression;Carboniferous;volcanic rock;low-frequency exploration;seismic identification

万方数据

(本文编辑:叶佩)