

文章编号: 1001-1749(2024)01-0035-10

准噶尔盆地深层油气勘探地震采集关键技术及效果

张鑫¹, 夏建军², 姚茂敏¹, 阎建国³, 任立龙³

(1. 新疆油田公司, 克拉玛依 834000;

2. 东方地球物理公司, 乌鲁木齐 830016;

3. 成都理工大学, 成都 610059)

摘要: 准噶尔盆地目前4 500 m以深的深层油气探明率较低, 近年来深层油气勘探目标成为该地区勘探发现的战略接替区。为了查清地下深层结构, 重新构建和部署了准噶尔盆地二维地震格架线, 利用以往采集资料和重新采集的新资料拼接形成了数十条线组成的二维格架网。基于“两宽一高”技术体系, 采用一系列采集关键技术, 如“高激发密度、高接收密度、高覆盖密度和长排列”的“三高一长”采集技术, 解决了准噶尔盆地深层油气勘探地震采集面临的深层目标地震信号“能量低、干扰强、成像差和不成像”等难题。新采集并经后期处理后的资料成像效果显著提高, 为建立盆地石炭系—二叠系统一的地层格架、明确石炭系隆凹格局、查清富烃凹陷下组合地层及烃源岩展布特征提供了良好的资料基础, 为下一步深层油气勘探工作提供了有效指导。

关键词: 准噶尔盆地; 深层油气; 地震采集; 格架二维; 资料品质; 两宽一高

中图分类号: P631.4 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-1749.2024.01.04

0 引言

准噶尔盆地是一个富烃凹陷沉积盆地, 含有丰富的油气资源。目前的油气勘探探明主要是4 500 m以浅的油气目标, 4 500 m以深的深层油气藏是该地区油气发现的战略接替区, 近年来勘探需求日益凸显。根据目前的勘探成果认识, 准噶尔盆地地层可分为上、中、下三套组合。上组合为侏罗系和白垩系, 侏罗系是一套富砂层位, 白垩系是一套泥岩层位。中组合就是三叠系, 其顶部是一套泥岩, 三叠系克拉玛依组、百口泉组是一套砂砾岩。二叠系是下组合, 分为一段、二段和三段。整个二叠系是准噶尔盆地最好的烃源岩层位, 本身也发育规模巨厚的储层。石炭系为盆地基底。近年的深层油气勘探方向是向盆地凹陷区、下组合和烃源岩靠近区域走; 通过

前期实施的以深层—超深层领域深大构造、岩性等为目标的风险勘探, 在深层致密碎屑岩、火山岩、混积岩等岩性领域取得丰硕的勘探成果^[1-2]。

上述勘探成果的取得与近年来实施的宽频带、宽方位、高密度, 简称“两宽一高”的地震采集以及与之配套的处理和解释技术直接相关^[3]。相比于中、浅层的油气勘探目标, 深层油气目标的地震勘探技术更需要解决由于有效信号能量弱、干扰强、成像差和不成像, 资料品质不能满足解决相关地质问题需求的问题^[4]。这些问题引起人们的广泛关注, 国内外都进行了许多研究和探索, 也是当前业界的研究热点之一。杨平等(2016)^[4]以塔里木盆地深层勘探为例, 全面总结了当前国内外针对深层目标的陆上地震采集技术, 提出了“针对目标、面向处理、拓展低频”的技术思路; 曲寿利(2021)^[5]通过总结“面向深层复杂地质体的地震一体化技术”, 提出了地震采集

收稿日期: 2022-06-27

第一作者: 张鑫(1972—), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事物探采集处解释技术管理工作, E-mail: Zhx209@petrochina.com.cn.

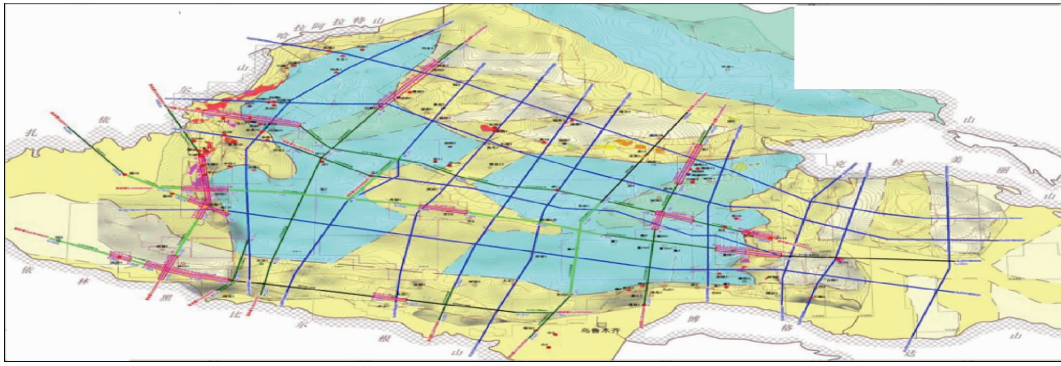


图1 准噶尔盆地二维格架测网分布示意图

Fig.1 Schematic map of the distribution of two-dimensional grid survey network in Junggar Basin

要实行“小宽高”(小道距、小面元、宽频、宽方位、高覆盖、高炮道密度)的高密度地震采集。Regone 等(2015)^[6]指出以低频震源为基础的地震采集是解决深层目标地震资料品质问题的基本手段; Adel El-Emam 等(2016)^[7]提出了针对深层目标应采用的长炮检距的设计问题。Jiang F H (2018)^[8]应用可控震源多扫描带增强向下传输能量和补充地球吸收和球面反射的能量损失传播,应用低频、大动态范围和接收微弱低频信号的高灵敏度低频检波器和高频检波器同时进行采集,来对深层进行采集观测。Zeng H H(2019)^[9]在中国松辽盆地深层开展了宽频带、宽方位角和高密度(BWH)3D地震勘探技术,BWH数据提高了地震数据的信噪比和分辨率,深层接触关系和断层特征更加清晰。

综上所述,针对深层勘探目标,国内外都普遍采用了“低频、高密度”的地震采集技术。准噶尔盆地也是国内较早应用“两宽一高”地震采集技术的地区之一。对于本次面向深层的地震勘探,特别针对深层目标地震信号“能量低、干扰强、成像差和不成像”等难题,在常规的“两宽一高”地震采集技术体系下,强化了激发密度、接收密度、覆盖密度和排列长度等观测参数,提高了采集资料深层反射能量、强化了资料处理中压制近地表规则干扰和煤层的层间多次干扰的能力,提高了深层资料信噪比和成像效果。

由于深层勘探目标是一个盆地级(跨全盆地)的领域,在实施深部油气勘探中,面临着搞清盆地中深部构造格局、东西部石炭—二叠系层序关系、烃源岩展布不清等核心地质问题的巨大挑战,因此急需高精度的地震资料给予支撑。为此,从2019年开始,按照“宽频、宽方位、高密度”的“两宽一高”技术体系,梳理以往的二、三维地震资料,通过重新采集和重新处理,采用“新老、二三、高精度”结合原则,重新

构建和部署了准噶尔盆地二维地震格架线网(图1)。在地震资料采集中,①瞄准中、深层地震信号吸收衰减严重、信噪比低、干扰类型多源、多样;②激发、接收和覆盖密度低等采集方面的核心问题进行技术攻关,通过采取一系列针对性的采集关键技术,主要包括“高激发密度、高接收密度、高覆盖密度、长排列”的“三高一长”采集技术,使地震资料品质有了明显提高,取得了显著的地质效果。主要表现在:①统一了上二叠统一下三叠统地层格架;②重新划分了盆地“四期三级”构造单元;③形成了盆地深层的四大地质特征的深化认识。对深层地质结构的刻画实现了由“看不见”到“看得见”、“看得见”到“看得清”的变化。

笔者综合分析准噶尔盆地格架二维地震采集方法,梳理了获得高品质地震资料的采集关键技术的特点和 workflows,为今后准噶尔盆地及类似地区发展深层油气勘探地震采集技术及应用提供指导和参考。

1 深层油气勘探地震采集关键技术

准噶尔盆地深层油气勘探主要面临搞清深部构造格局、东西部下组合层序关系、烃源岩展布等核心地质问题。从地震采集来看,面临“三阻三扰”难题,即准噶尔盆地地震采集面临阻碍地震波能量下传的三套地层和三种主要干扰。三套地层分别是浅表层、侏罗系煤层和深层风化壳;三种干扰是指近地表源致干扰、中层层间多次波干扰和散射干扰。根据近年来在准噶尔盆地实施“两宽一高”地震采集,提高地震资料品质的技术积累和成功经验^[10-13],针对本次深层的地震资料采集,我们提出“三高一长”针对性技术,即采用高激发密度、高接收密度、高覆盖

密度和长排列观测;并基于“两宽一高”技术体系,尽量采用强化低频的激发和接收方案,从而使新采集的地震资料在资料处理中低频段具有较高剔除噪声能力和高频段具有较高压制噪声能力,为后续资料处理和解释提供了高质量原始资料的保证。

1.1 高精度格架线采集关键技术

1.1.1 “三高一长”采集技术

准噶尔盆地新采集的格架二维测线的观测方案采用了“高激发密度、高接收密度、高覆盖密度和长排列观测”,为资料处理提高信噪比和成像品质奠定了资料基础。“三高一长”采集方案是在“两宽一高”技术体系下,针对建立高精度二维格架线而提出的针对性采集技术。根据地震采集相关理论^[11-12],要想得到高质量的地震数据,主要是要解决如何增加地震数据的完备性,即提高地震采集资料的无偏性、一致性、充分性和有效性,减少地震数据的受限性、稀疏性和非规则性,从而提高了地震资料处理剔除长波长噪声能力和压制短波长噪声能力。

准噶尔盆地深层油气勘探地震采集主要面临“三阻三扰”难题。“三高一长”采集主要是指通过高接收密度、高激发密度、高覆盖密度和长排列的观测方案解决“三扰”难题。“三扰”是指三种不同地质结构产生的干扰。一是浅表层产生的面波、多次折射和次生干扰。由于低降速层速度与下覆地层纵向速度差异大、横向变化快,这种存在强波阻抗界面的表层地质结构特征在地震采集中产生能量高于深层反射数十倍以上的近地表干扰。二是侏罗系煤层产生的层间多次波。由于侏罗系发育多套厚度薄、速度低的煤层,这种多套低速夹层的地质结构特征产生的调谐多次波能量远远高于深层反射能量。三是石炭系顶界面产生散射噪声。由于石炭系顶是剥蚀严重的不平整面,这种横向岩性剧烈变化的地质结构特征产生能量极强的散射干扰。对于近地表干扰,波长分布在数米到数百米之间,波长变化范围大,在有限的投资条件下,很难通过减小道距把所有波长的噪声进行充分采样,为资料处理的信噪分离提供保障。对于中长波长的低频噪声,容易实现充分采样,有利于信噪分离去除,观测系统的接收道距设计对这部分干扰应该进行充分采样,满足资料处理提高低频段信噪比的需求,因此需要高接收密度采集。对于短波长的高频噪声,不易实现充分采样,不利于信噪分离去除,只能通过叠压制,观测系统的覆盖次数设计应该对这部分干扰进行充分压制,满足资料处理提高高频段信噪比的需求,因此需要高激发

密度采集。对于散射干扰,叠前偏移是最有利的压制方法,而观测系统的覆盖密度越高对这部分噪声的压制越有效,因此需要高覆盖密度采集。对于多次波干扰,观测系统的排列长度越长,有效波与多次波的时差越大,资料处理越容易去除,因此需要长排列采集。

准噶尔盆地格架二维测线横跨整个盆地,地表及地下地震地质条件复杂变化大,干扰波类型多,能量强。对于近地表干扰采用高接收密度和高激发密度为资料处理提供去除和压制的保障。图 2 分别是山地、农田戈壁和沙漠区的典型原始单炮的干扰。可以看出,山体区单炮散射干扰及线性干扰严重,农田戈壁区异常振幅干扰较多,沙漠区面波、强能量散射干扰严重。这些近地表干扰一般最低速度小于 340 m/s,最高频率超过 40 Hz,最短波长小于 10 m。对于波长大于 50 m 的近地表干扰,地震采集观测系统实施充分采样,主要通过资料处理的信噪分离技术的进行去除,为此接收道距应小于 25 m,即接收密度应大于 40 道/km。对于波长小于 50 m 的近地表干扰,地震采集观测系统很难实施充分采样,主要通过资料处理的异常振幅压制技术和多次叠加技术进行压制,为了对这些噪声的压制程度达到 30 dB 以上,覆盖次数应大于 1 000 次以上,也就是激发密度应达到一个有效排列长度内大于 1 000。例如有效排列长度为 10 km,则激发密度应大于 100 炮/km。对于散射波干扰,由于偏移和成像两个过程都对其有压制作用,因此应采用高覆盖密度为资料处理提供压制保障。图 3 分别是石炭系顶为光滑和不光滑界面的正演模拟单炮,从图可以看出,当界面不光滑时产生许多特征复杂、能量高的散射干扰,明显降低了对石炭系内幕信噪比。压制散射干扰需要的覆盖密度可以根据石炭系内幕反射与顶界面散射干扰在偏移成像前后的信噪比估算,即

$$D > 2000k \cdot \tan\theta \cdot \left(\frac{S_{\text{obj}}}{S_{\text{org}}}\right)^2 \quad (1)$$

式中 D 为覆盖密度,表示单位长度的炮检对数目,单位为炮检对/km; k 为石炭系内幕反射波的波数; θ 为偏移孔径; S_{obj} 为偏移成像期望得到的信噪比; S_{org} 为石炭系内幕反射与顶界面散射干扰的信噪比。比如石炭系内幕反射与散射能量之比为 0.05,偏移成像期望的信噪比为 2,当石炭系内幕反射波的波数为 0.01,偏移孔径为 45°时,覆盖密度应该大于 3.2 万道/km。对于层间多次波,应通过增加排列长度提高去除能力,重点是尽可能增加满足多次

波识别条件的排列长度,即多次波剩余时差超过 $1/2$ 有效低频谐波周期的炮检距范围应大于整个排列长度的 $2/3$ 以上。

对于准噶尔盆地深层目的层的采集参数优化论证,采用分阶段分区域段进行。第一阶段根据以往资料的品质、地震采集技术难点结合工区构造等情况,分沙湾凹陷—莫南凸起带、阜康凹陷带、东道海子凹陷—白家海凸起带和东部凹陷带四个区域进行采集方法分析论证。重点优化论证的地震采集观测系统参数主要是覆盖次数和最大炮检距,论证方法主要是实际资料的对比处理分析。第二阶段部署的格架二维测线是第一阶段基础上进行加密采集及其补充采集。根据第一阶段资料品质、盆地西部和南缘地区的资料品质、地层埋深情况,重点对覆盖次数和最大炮检距两个地震采集观测参数进行了对比处理论证,分别确定了盆地北侧英西凹陷、滴水泉凹

陷,中部沙漠地区、西部车排子凸起、四棵树凹陷,中南部农田区观,南缘冲断带等区带的地震采集观测系统参数。第三阶段是第二次加密采集,根据前两个阶段和以往资料情况,除了继续对覆盖次数和最大炮检距进行对比处理优化论证外,重点对影响深层成像的近地表噪声进行了分析。为了充分发挥叠前去噪和偏移叠加压噪的作用,避免原始数据产生过多的空间假频,有利于叠前去噪时对噪音的识别,采用无污染空间采样设计理念对接收道距再次进行了详细的分析论证。依据格架二维地震采集观测系统参数优化论证结果和近年来实施“两宽一高”地震勘探技术实践,形成了本次地震采集的“三高一长”采集方案。表 1 给出了格架线的采集参数与以往参数的对比。从表中可以看到,格架二维地震采集的接收道密度从 20 道/km 增加 100 道/km~150 道/km,增加 5 倍以上;激发密度从 20 炮/km 增加 50 炮/km,

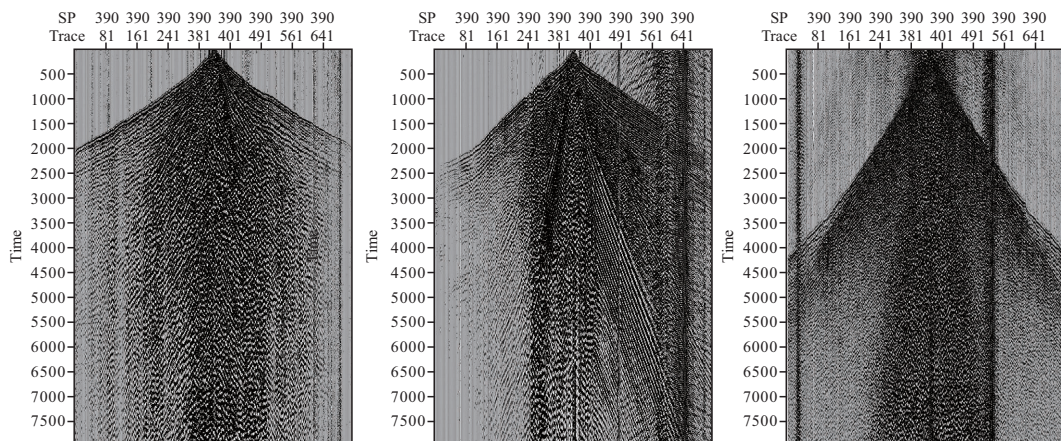


图 2 山地(左)、农田戈壁(中)和沙漠区(右)的典型原始单炮资料

Fig. 2 Typical shot gathers from mountain (left), farmland or Gobi (middle) and desert areas (right)

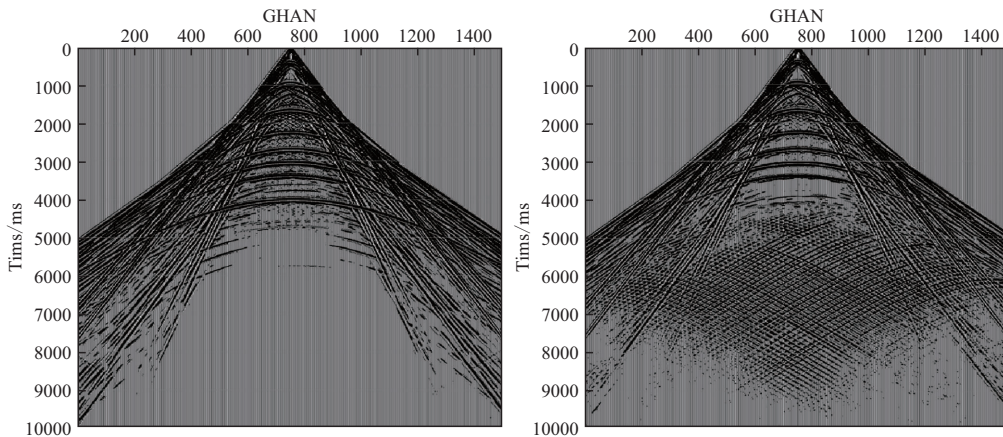


图 3 石炭系顶为光滑(左)和不光滑(右)界面的正演模拟单炮

Fig. 3 The modelling gathers for Carboniferous rocks when the interface is smooth (left) and unsmooth (right)

表 1 格架二维测线采集关键参数、地表条件与以往采集对比表

Tab. 1 The comparison of acquisition parameters between the grid 2D and previous 2D

名 称	以往二维	格架二维
观测方式	1L1S120~140R	2~3L2S800~1200R
面元/m	25	10
覆盖次数/次	60~120	1 200~1 800
接收密度/(道/km)	20	100~150
激发密度/(炮/km)	20	50
覆盖密度/(炮检对/km)	0.24 万~0.48 万	12 万~18 万
最大炮检距/m	4 875~7 950	7 990~11 990
激发接收条件	地表条件跨度小,相对单一	地表条件跨度大,复杂多样

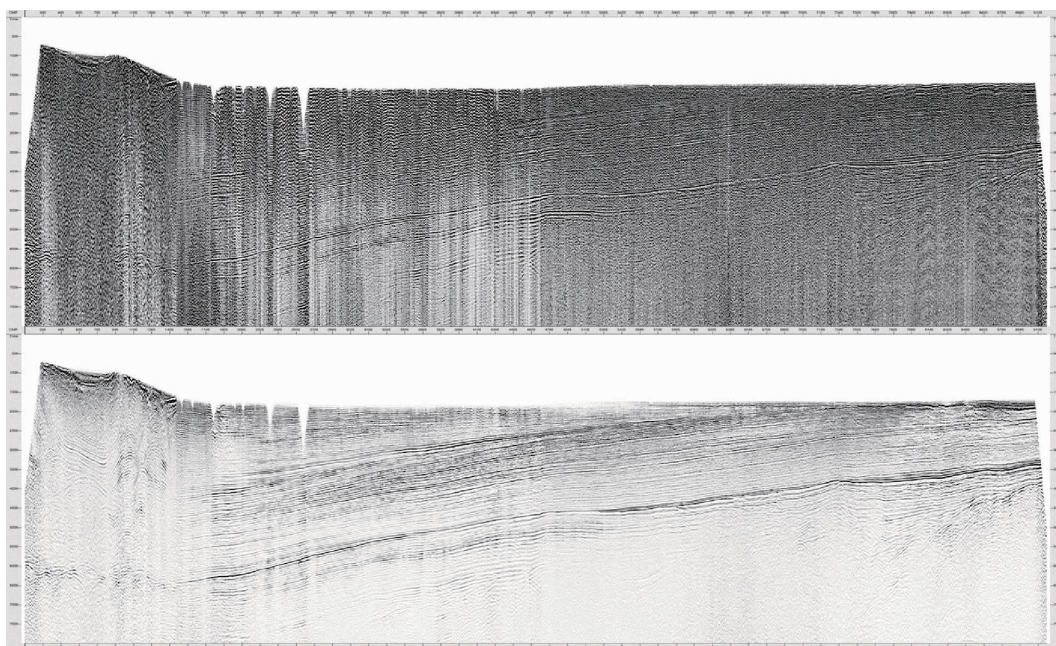


图 4 格架二维新采集资料去噪前(上)和后(下)的叠加剖面对比

Fig. 4 The comparison of stack profiles from the newly acquired seismic data before (upper) and after (lower) noise attenuation

增加 2.5 倍;覆盖密度从 240~480 道炮检对/km 增加 120 000~180 000 道炮检对/km,增加 25 倍以上;最大炮检距从 6 000 m 增加到 12 000 m,增加 2 倍,是目的层埋深的 1.5 倍~2 倍,满足“三高—长”的技术要求。从而为提高资料处理中压制近地表规则干扰、散射干扰和层间多次干扰等各种干扰信号的能力,提高了深层石炭系成像信噪比。图 4 是格架二维新采集资料去噪前和后的叠加剖面对比,从图可以看出,由于采用“三高—长”的观测方案,地震资料中的各种干扰得到了较好地去除和压制。

1.1.2 强低频激发和接收地震采集技术

格架二维地震采集激发、接收技术是“强低”,即强化低频激发和低频接收。强化低频激发和接收的目的是增加穿透能力强、传播距离远的地震波低频能量,解决准噶尔盆地深层油气勘探地震采集面临的“三阻”难题。“三阻”是阻碍地震波能量下传的三套地层结构,即浅表层、侏罗系煤层和石炭系顶的不光滑面。准噶尔盆地浅表层是一套吸收衰减严重的巨厚低速层,地震采集激发的高频能量在这一层大幅降低。图 5 是准噶尔盆地浅表层厚度及其吸收衰减系数平面图,可以看出低速层厚度最大超

过 300 m, 浅表层吸收衰减系数普遍达到 -40 dB, 对于盆地埋深 4 000 m 的地层, 数百米厚的浅表层吸收衰减占据数千米厚度勘探目标地震波能量的 60% 以上。浅表层严重的吸收衰减是造成深层地震勘探只能以低频为主的浅层地质结构因素。对于中层侏罗系煤层对高频能量的阻碍主要表现在韵律性薄层的陷波作用。图 6 以准噶尔盆地东部某一口井的侏罗系煤层为模型, 模拟计算的一到四套不同煤层厚度的韵律性薄层陷波器。煤层厚度越大陷波带越多, 煤层套数越多陷波幅度越大。准噶尔盆地侏罗系一般有多套厚度从几米到 30 m 的煤层, 对高

频的衰减是不同陷波器的混合作用。侏罗系煤层的韵律型薄层陷波是造成深层地震勘探只能以低频为主的中层地质结构因素。对于石炭系顶不光滑界面的阻碍是散射作用, 图 2 所示的散射作用与频率密切相关, 频率越高散射越明显, 因此石炭系顶界面的不光滑性是造成深层地震勘探只能以低频为主的深层地质结构因素。

通过以往原始资料和上述原因分析可知, 准噶尔盆地深层石炭系的频率响应主要以低频为主, 优势频带在 3 Hz~30 Hz 左右, 因此强化低频激发和接收能有效改善深层层系的成像效果。

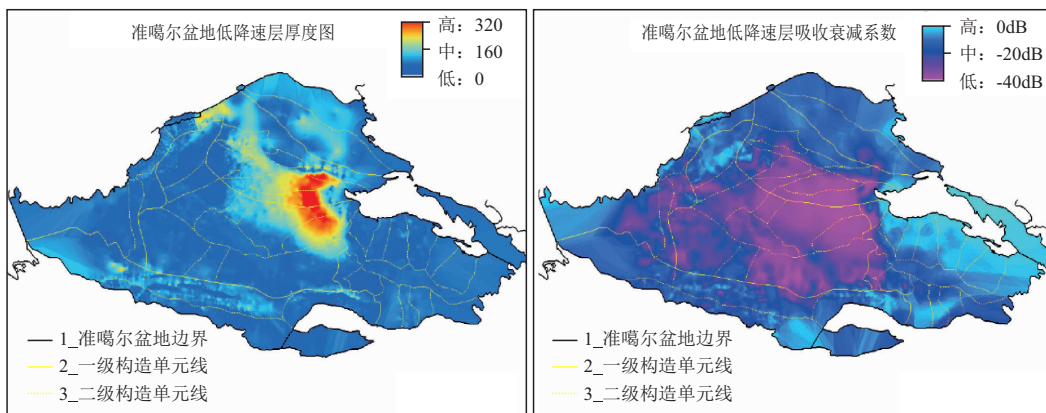


图 5 准噶尔盆地浅表层厚度及其吸收衰减系数平面图

Fig. 5 The maps of near surface depth and absorb attenuation coefficients of near surface in Junggar Basin

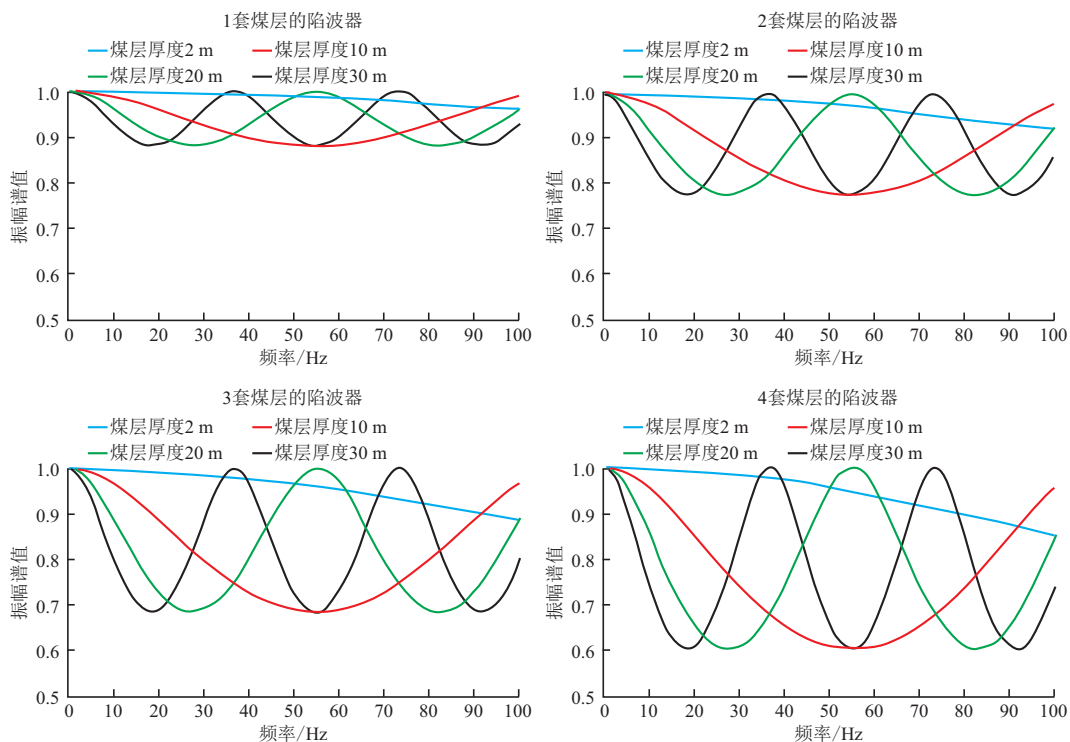


图 6 不同煤层厚度和套数的韵律型薄层陷波作用

Fig. 6 The diagrams showing the notching filters for different depths and sets of rhythmic thin coal layers

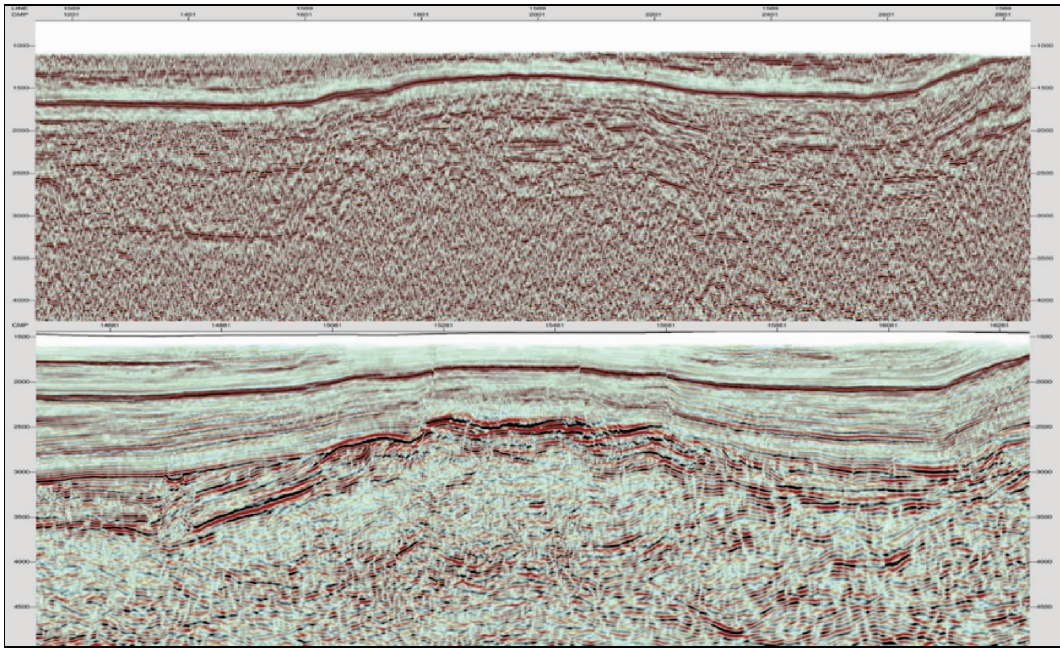


图7 新采集的二维格架线(下)与老地震剖面(上)对比图

Fig.7 Comparison between newly acquired 2D grid line (lower) and older seismic profile (upper)

激发方面主要利用高精度可控震源强化低频激发,通过扫描信号设计使激发能量向低频集中,采用较长扫描时间进一步增强低频激发能量,实际采集中实现 1.5 Hz 起震,满幅出力的扫描频率达到 3.8 Hz,为深层地质目标体的成像、反演、有利储层预测等提供了更加丰富的信息;相对于以往二维地震采集地表条件,格架二维地表条件跨度大(表 1),有山地、沙漠、农田、戈壁等各种地貌,以及从数十米到数百米的低降速层厚度。对于腹部沙漠区等可控震源激发参数比较成熟的区域,激发方式多采用可控震源 2 台 1 次,扫描长度 20 s,驱动幅度 65%,扫描频率 1.5 Hz~84 Hz 或 1.5 Hz~90 Hz,资料品质较好。对于沙湾凹陷、莫南凸起、东部凹陷带等需要进一步验证的区域,在首先采集的格架二维线激发点附近选择具有代表性地表进行考核试验,对扫描频率、扫描长度进行考核验证,选取合理的激发参数。接收方面利用低自然频率大动态范围检波器更有利于接收到更多的低频信息,实际采集中接收采用小组合或自然频率 5 Hz 动态范围达到 80 dB 以上的高精度检波器宽频接收,满足了深层勘探的“原生态”需求,为改善深层资料成像提供了有力保障。

1.2 地震资料采集质量效果分析举例

综上所述,本次格架二维地震采集遵循“两宽一高”的技术体系,采用了针对性关键技术,具有“三高一长、强低频”的技术特点,较好地解决了“三阻三

扰”问题,从而大大提高了原始资料的品质,为达到地质效果奠定了坚实的资料基础。图 7 展示了地震采集新老资料的对比结果。图 7 上部的地震剖面是以往常规 1L1S120R 观测、50 m 炮点距、50 m 接收道距和 5 950 m 偏移距的“大炮距、大点距、低覆盖”采集的二维地震剖面;下部为本次采用 2L2S1200R 观测、40 m 炮点距、20 m 接收道距和 11 990 m 偏移距的“三高一长”关键技术采集得到的二维格架线剖面。从图中可以看到,本次采集的原始资料无论从信噪比,分辨率或目标勘探深度等,都达到了前所未有的精度。与以往资料相比,深层目标(时间刻度 2 500 ms~3 000 ms 以下)的二叠系反射信息更加丰富,可实现连续追踪对比;深层石炭系不整合面及内幕成像效果得到显著改善。

2 深层油气地震勘探地质效果

综上所述,由于在地震采集阶段,采取了一系列针对性的关键技术,新资料品质大幅提升,构建起了全盆地高精度的格架线,对盆地地层统层、深化盆地认识及战略选区提供了高品质的地震资料。通过后期的资料解释和地质认识,可以将本次针对深层油气勘探目标的地震勘探效果归纳为:①深层成像实现“从无到有,从有到好、从好到优”图 8 是新采集格架二维与以往老二维的成果资料对比,与以往采集

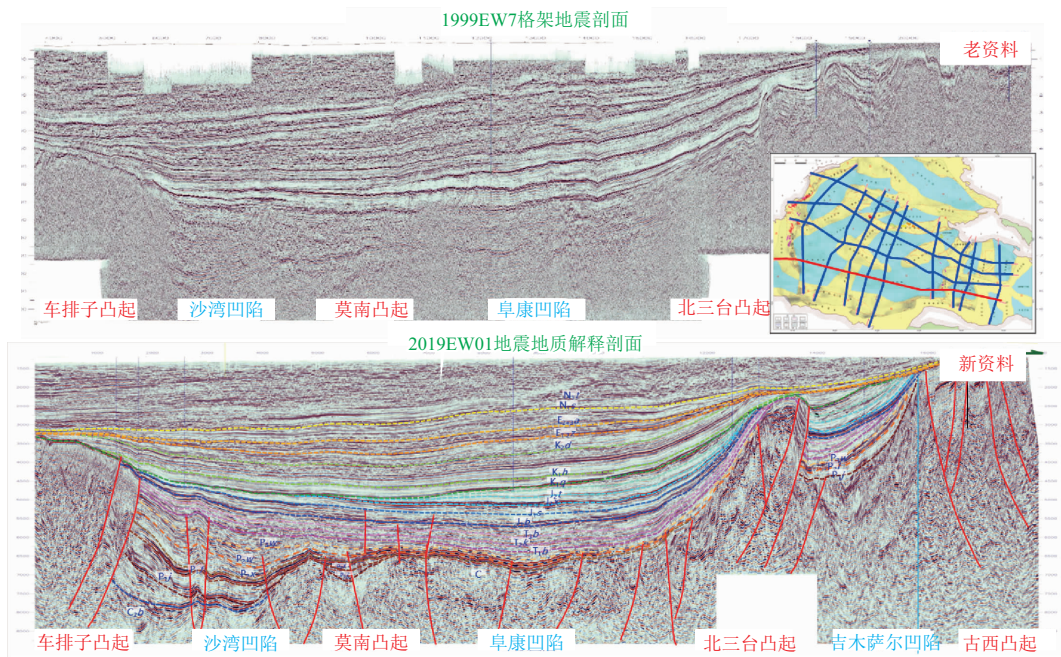


图 8 二维格架线对深部成像的效果对比图

Fig. 8 The comparison of the effect of two-dimensional grid line on deep imaging

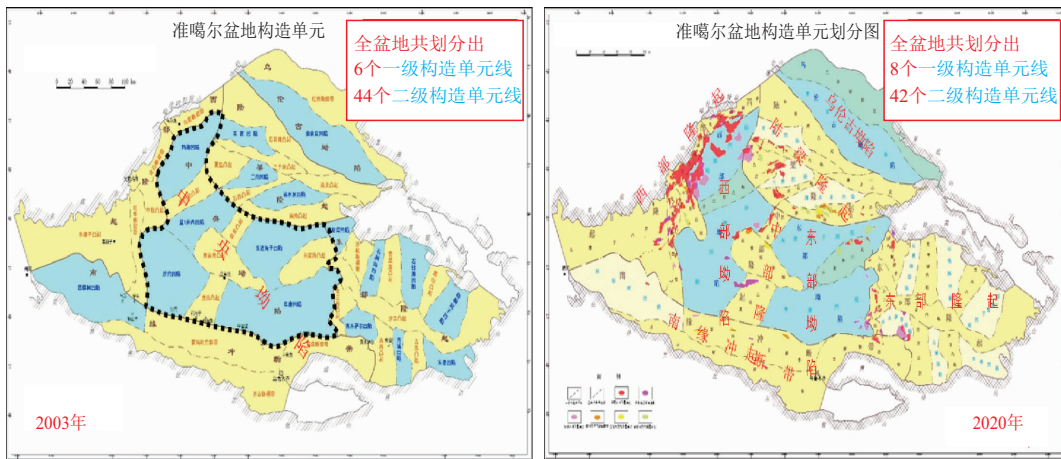


图 9 利用二维格架线重新厘定的全盆地的构造单元划分图

Fig. 9 The tectonic unit division of the whole basin is redefined by using the two-dimensional framework

参数相比,新资料的接收密度增加 5 倍,激发密度增加 2.5 倍,覆盖密度,增加 25 倍,石炭系内幕发生了从无到有变化,石炭系顶界面发生了从有到好的变化,二叠系地层发生了从好到优的变化;②重新厘定了海西、印支、燕山、喜山期盆地构造单元,明确了东、西部拗陷的构造背景及烃源岩演化的差异性(图 9);③首次建立了盆地上二叠统统一的层序地层格架,统一了盆地内五大富烃拗陷二叠统地层;④进一步明确西厚东薄、南深北浅的盆地结构和南气北油新格局,谋划了以二叠系风城组为代表的四大接

替领域。

本次格架线的地震勘探成果为全盆地深层油气勘探大场面及预探全面突破迈出了坚实的一步,对下一步深层油气勘探有着重要的指导意义。

3 结论与认识

通过在地震采集中采用“三高一长,强低频激发和接收”一系列针对性关键技术,成功地获得了准噶尔盆地针对深层油气勘探目标的 8 横 13 纵共计 21

条高精度格架二维地震资料。利用格架二维地震资料对准噶尔盆地深层油气地质特征形成了一些新认识:

1) 盆地整体西厚东薄、南深北浅,从而决定了南气北油格局;

2) 油气并举、常非并重,深层具备规模资源基础;

3) 多套层系、多类目标,深层具备规模成藏条件;

4) 超高压、断缝发育,深层具备油气高产优势。本次地震勘探的成果和认识为下一步深层油气勘探工作提供了有效指导。

参考文献:

- [1] 陈新发,杨学文,薛新克,等.准噶尔盆地西北缘复式油气成藏理论与精细勘探实践[M].北京:石油工业出版社,2014.
CHEN X F, YANG X W, XUE X K, et al. Compound hydrocarbon accumulation theory and fine exploration practice in the northwest margin of Junggar Basin[M]. Beijing, Petroleum Industry Press, 2014. (In Chinese)
- [2] 何文军,费李莹,阿布力米提·依明,等.准噶尔盆地深层油气成藏条件与勘探潜力分析[J].地学前缘,2019,26(1):189-201.
HE W J, FEI L Y, ABLIMITI YIMING, et al. Analysis of deep oil and gas accumulation conditions and exploration potential in Junggar Basin [J]. Geoscience Frontier, 2019, 26(1): 189-201. (In Chinese)
- [3] 王学军,于宝利,赵小辉,等.油气勘探中“两宽一高”技术问题的探讨与应用[J].中国石油勘探,2015,20(5):41-53.
WANG X J, YU B L, ZHAO X H, et al. Discussion and application of "two widths and one height" technology in oil and gas exploration [J]. China Petroleum Exploration, 2015, 20 (5): 41-53. (In Chinese)
- [4] 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):61-75.
YANG P, GAO G C, HOU Y. Seismic data acquisition technology for deep targets on land: a case study of deep exploration in Tarim Basin [J]. China Petroleum Exploration, 2016, 21(1): 61-75. (In Chinese)
- [5] 曲寿利.面向深层复杂地质体油气勘探的地震一体化技术[J].石油物探,2021,60(6):879-892.
QU S L. Integrated seismic technology for oil and gas exploration in deep and complex geological bodies [J]. Petroleum Geophysical Prospecting, 2021, 60 (6): 879-892. (In Chinese)
- [6] REUST D, FORCE S, JOHNSTONE O, et al. Very low-frequency seismic source [C]//SEG 85th Annual Meeting Extend Abstract, 2015: 1750-1790.
- [7] ADEL EL-EMAM, JARRAH AL-JENAIE. Offset design for deep targets: Kuwait example [C]//SEG 86th Annual Meeting Extend Abstract, 2016: 255-259.
- [8] JIANG F H, NI Y D, LI ZHIYING, et al. Discussion of key seismic acquisition techniques for deep oil & gas exploration [C]//SEG Global Meeting Abstracts, 2018: 1608-1611.
- [9] ZENG H H, SU Q, QIE S H, et al. The Application of broadband, wide-azimuth and high-density (bwh) seismic data processing technology in deep complex structure imaging of Songliao Basin [C]//SEG Global Meeting Abstracts, 2019: 18-21.
- [10] 苏卫民,李孟,李献民,等.节点地震仪与高精度可控震源组合,实现“两宽一高”采集的应用实例[J].物探装备,2019,30(5):284-288.
SU W M, LI M, LI X M et al. Node seismograph and high-precision vibrator combination to realize "two widths and one height" acquisition [J]. Geophysical Prospecting Equipment, 2019, 30 (5): 284-288. (In Chinese)
- [11] 彭晓,佟志伟,杨万祥,等.准噶尔盆地大沙漠区地震采集技术及效果[C].SPG/SEG南京2020年国际地球物理会议论文集(中文),2020:58-61.
PENG X, TONG Z W, YANG W X, et al. Seismic acquisition technology and effect in the great desert area of Junggar Basin [C]. Spg/seg proceedings of Nanjing 2020 International Geophysical Conference (Chinese), 2020: 58-61. (In Chinese)
- [12] 卞保力.基于高密度三维地震河道砂体储层预测方法研究与应用[D].成都:成都理工大学,2019.
BIAN B L. Research and application of channel sand reservoir prediction method based on high-density 3D seismic [D]. Chengdu: Chengdu University of technology, 2019. (In Chinese)
- [13] 王华中.“两宽一高”油气勘探中的关键问题分析[J].石油物探,2019,58(3):313-324.
WANG H Z. Analysis of key problems in "two widths and one height" oil and gas exploration [J]. Petroleum Geophysical Prospecting, 2019, 58 (3): 313-324. (In Chinese)

Key techniques and effects of seismic acquisition for deep oil and gas exploration in Junggar Basin

ZHANG Xin¹, XIA Jianjun², YAO Maomin¹, YAN Jianguo³, Ren Lilong³

(1. Xinjiang Oilfield Company, Karamay 834000, China;

2. Oriental geophysical company, Urumqi 830016, China;

3. Chengdu University of technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: The exploration rate of deep oil and gas in the Junggar basin is relatively low under the depth of 4 500 m. In recent years, deep oil and gas exploration targets have become a strategic replacement area for exploration and discovery. In order to find out the deeper subsurface structure, the two-dimensional seismic grid in the Junggar basin was reconstructed and deployed. Using the previously acquired and newly acquired 2D data, two-dimensional grid survey networks were formed, including tens of lines. Based on the "two-wide and one-high" seismic technologies, a series of crucial acquisition technology are adopted, such as the "three-high and one-long" acquisition technology of "high-density shots, high-density receivers, high folds density, and long offset", which solved some critical issues of seismic signals characterized by weak energy, strong noise, poor imaging or un-imaging, etc. in deep targets exploration in Junggar basin. The imaging resolution of the newly processed data has been significantly improved, which provides a sound data basis for establishing the stratigraphic framework of the Carboniferous Permian system in the basin, defining the uplift and depression pattern of Carboniferous, and identifying the distribution characteristics of the lower combination strata and source rocks in the hydrocarbon-rich sag, and provides effective guidance for the next step of deep oil and gas exploration.

Keywords: Junggar basin; deep oil and gas; seismic acquisition; 2D grid; data quality; two-wide and one-high seismic