

文章编号: 1001-1749(2024)01-0057-10

# 地震采集方案评价优化分析方法及应用

## ——以准噶尔盆地阜康凹陷为例

杨万祥<sup>1</sup>, 李献民<sup>1</sup>, 宋志华<sup>1</sup>, 阎建国<sup>2</sup>, 任立龙<sup>2</sup>

(1 新疆油田公司, 克拉玛依 834000;

2 成都理工大学地球物理学院, 成都 610059)

**摘要:** 准噶尔盆地多数勘探领域处于沙漠戈壁地区, 由于近地表吸收衰减强和各种类型的噪声多而强等因素的影响, 为提高采集资料的品质, 常常采用“强化”参数下的“两宽一高”地震采集。在“提质增效, 高效勘探”的背景下, 从兼顾数据品质和采集成本的技术经济一体化考虑, 评价已有采集方案, 提出优化方案, 成为该地区及业界关注和研究的热点。通过分析准噶尔盆地阜康凹陷近年来实施的多块“两宽一高”地震采集方案并结合相关理论研究, 笔者提出了一种用定量关系为依据的采集方案评价优化流程, 得出了研究区各个采集方案的适当或需进一步优化的相关结论, 为研究区下一步采集方案优化设计提供了有效指导。

**关键词:** 准噶尔盆地; “两宽一高”地震采集; 采集方案; 评价优化; 资料品质

**中图分类号:** P 631.4 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-1749.2024.01.06

## 0 引言

宽方位、宽频带、高密度(简称“两宽一高”)地震采集是近十年来国内外普遍采用的地震勘探采集技术, “两宽一高”采集加上与之相适应的处理和解释技术, 组成“两宽一高”技术体系, 在解决复杂地质体成像、岩性勘探以及精细油气藏描述等地质问题方面具有明显的技术优势, 取得了许多重要的油气勘探成果<sup>[1-2]</sup>。“两宽一高”地震采集, 由于高密度、宽方位所要求的采集方案具有纵向上高覆盖次数, 较小的面元尺寸等特点, 以及低频激发接收对仪器设备和采集条件的要求, 相比于常规地震采集而言, 采集成本会明显增加, 采集效率也会受到很大影响。因此, 近年来在继续坚持“两宽一高”采集技术的同时, 根据地表及地下地震地质条件及勘探目标要求, 从兼顾数据品质和采集成本的技术经济一体化考虑, 评价已有采集方案, 提出优化方案, 成为业

界关注和研究的热点之一, 致力于达到“提质增效, 高效勘探”的目标<sup>[3-4]</sup>。对于地震采集方案的评价优化方法及应用, 国内外学者都做了较多的研究, 主要方法包括: 采用“退化处理”和“正演模拟”等方法的已有采集方案的后评估方法; 采用照明模拟和野外试验的地震参数优化设计方法。但是由于地表及地下地震地质条件的差异, 影响地震数据品质的主要采集因素因地而异, 较难确定。加之定量的评价和优化采集方案和采集参数的方法不多, 因此进行采集方案评价优化的方法及应用研究, 对于提高复杂地区的采集数据品质具有重要意义<sup>[5-6]</sup>。

准噶尔盆地是国内最早开展“两宽一高”地震采集的地区之一, 其多数勘探领域处于沙漠戈壁地区。由于近地表吸收衰减强和各种类型的噪声多而强, 常常导致采集得到的资料信噪比较低, 笔者将其定义为低信噪比地区<sup>[7-8]</sup>。虽然这些地区已经采用了“两宽一高”采集技术, 而且为应对这种“低信噪比”, 采集方案和采集参数都是尽量采用上限设计, 称为

收稿日期: 2022-06-17

第一作者: 杨万祥(1973-), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事物探采集技术管理工作, E-mail: yangwx@petrochina.com.cn.

强化设计,但所采集的地震资料信噪比有时仍不能满足勘探的需求,从而给这些低信噪比地区的地震资料采集方案设计及激发接收等采集参数的确定带来许多挑战<sup>[9]</sup>。笔者通过对准噶尔盆地阜康凹陷2015年以来已实施的7块“两宽一高”三维地震采集资料品质及其地质目标达成度的梳理对比,开展了对现有地震采集方案的评价,采取理论公式和实际资料分析结合的研究思路,研究建立一些定量评价指标,提出了一种“以关键采集参数与资料信噪比的定量关系为依据的采集方案评价优化方法和流程”。通过评价认为,阜康凹陷7块采集方案71%是适合的,29%可以通过优化相关方案和采集参数,进一步提高地震资料的品质。通过实际资料的应用证明了所提出方法流程的正确性和适用性,为研究区下一步采集方案优化设计提供了有效指导。

## 1 地震采集方案评价优化方法

地震采集方案一般是指地震采集时所依据的地震采集观测系统和一些具体的激发和接收参数。其中最重要的内容就是表示激发点、接收点和地下反射点的相互关系的观测系统。表征观测系统的参数一般可分为“独立参数”和“综合参数”。独立参数主要包括激发接收的点线距,覆盖次数,最大(最小)炮检距;综合参数是指可以由独立参数以及已知排列方式(炮线数、检波线数、排列片形式等)计算得到的参数,主要包括面元大小,炮道密度,横纵比等<sup>[10]</sup>。对于三维地震采集,常用炮道密度(也称覆盖密度)、面元大小、横纵比来衡量不同采集方案<sup>[11]</sup>。在激发方式(如井炮或可控震源激发)和接收方式(如单点接收或组合接收)确定后,地震采集的资料品质与观测系统直接相关。目前评价地震采集资料品质的常用参数是资料信噪比。根据多年来的勘探实践,针对准噶尔盆地岩性勘探目标,近年来实施的“两宽一高”地震采集基本采用可控震源激发、单点接收及正交排列形式<sup>[12]</sup>。因此,笔者所指的地震采集方案评价优化主要是通过比较不同采集方案对地震资料信噪比的影响以及经处理后的地震资料的分辨率和地质目标达成度的分析,来得出有关采集方案是否合适的相应结论并提出在技术经济一体化条件下可以进一步提高资料品质的采集方案优化设计<sup>[13-15]</sup>。

### 1.1 采集方案关键参数与资料信噪比的关系

根据准噶尔盆地多年来地震资料采集的实践和

采集方案评价优化的目的,通过比较,笔者选取了炮道密度(覆盖密度)与资料信噪比、面元大小与分辨率这两对参数,作为评价采集方案基本参数,通过定量计算以及基于实际资料的统计分析等方法,得出了这些参数之间定量关系,并将其应用到实际资料的评价优化中。

#### 1) 炮道密度与信噪比的定量关系

对于“两宽一高”三维地震采集,炮道密度可以较好地描述采集方案的覆盖密度,它包含了覆盖次数和道间距即面元大小的含义。根据相关参数定义及相关理论<sup>[4]</sup>,推导得到式(1),用于计算三维观测系统的最大炮道密度:

$$T = \frac{m}{b_x \times b_y} \times 10^2 \quad (1)$$

式中, $T$ 为炮道密度(覆盖密度)(万道/ $\text{km}^2$ ), $m$ 为覆盖次数(次), $b_x$ 为纵向面元边长(m), $b_y$ 为横向面元边长(m)。

设叠加后的信噪比为 $S/N_{(D)}$ 、叠加前的原始单炮信噪比为 $S/N_{(Q)}$ ,则覆盖密度 $T$ 与资料信噪比的关系可以表示为:

$$S/N_{(D)} = S/N_{(Q)} \cdot \sqrt{b_x \times b_y} \cdot \sqrt{T} \times 10^{-1} \quad (2)$$

图1为根据以上理论公式,按准噶尔盆地常用的面元尺寸 $12.5\text{ m} \times 12.5\text{ m}$ ,计算得到的炮道密度与叠加后信噪比的关系曲线。从图中可以看到信噪比与炮道密度(覆盖密度)成正比,覆盖密度越高,信噪比越高。总体上,当覆盖密度在200万道/ $\text{km}^2$ 前,信噪比上升趋势较快,而当覆盖密度在200万道/ $\text{km}^2$ 后,信噪比上升趋势明显变缓。对于准噶尔盆地低信噪比地区,原始单炮的信噪比都低于1,这种趋势更为明显。

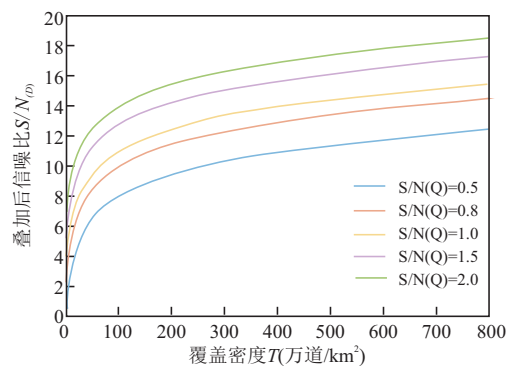


图1 叠加后信噪比与覆盖密度关系

Fig. 1 Relationship between signal-to-noise ratio and folds density after stacking

## 2) 面元大小与分辨率的定量关系

地震资料的分辨率,可以理解为地震资料表征地质体大小的能力。一般分为为纵向分辨率  $R_v$ ,即地震资料沿垂直方向能分辨的最小地质体的大小;横向分辨率  $R_x$ ,即地震资料沿水平方向能分辨的最小地质体的大小。 $R$  值越大,表示能分辨的最小地质体的尺度较大,分辨率低。

根据相关理论,常用以下计算公式:

$$R_v = \frac{V_{\text{int}}}{4f_{\text{max}}} \quad (3)$$

式中: $R_v$  为纵向分辨率(m); $V_{\text{int}}$  为地层层速度(m/s); $f_{\text{max}}$  为有效信号最高频率(Hz)。

$$R_x = \sqrt{\frac{V_{\text{int}}h}{2f_{\text{max}}}} \quad (4)$$

式中: $R_x$  为横向分辨率(m), $V_{\text{int}}$  为地层层速度(m/s), $h$  为目的层埋深(m), $f_{\text{max}}$  为有效信号最高频率(Hz)。

根据采样定理,我们可以推导出在满足横向分辨率的条件下,面元最大应为:

$$b = \frac{V_{\text{int}}}{2 \times f_{\text{dom}}} \quad (5)$$

式中: $b$  为纵横向相等时的面元边长(m),其余符号含义与前相同。

综合式(3)–(5),经推导可以得到分辨率与面元大小的公式:

$$R_v = \frac{f_{\text{dom}} \cdot b}{2f_{\text{max}}} \quad (6)$$

$$R_x = \sqrt{\frac{f_{\text{dom}} \cdot h \cdot b}{f_{\text{max}}}} \quad (7)$$

(6)–(7)式中的各符号含义与前相同。

根据以上公式,并按准噶尔盆地的一些典型参数,如有效信号的主频一般为 30 Hz 左右;有效信号最高频率一般为 75 Hz 左右;目的层埋深 3 500 m 等,计算得到纵横向分辨率与面元大小的定量关系(图 2)。

从图中可以看到,面元越大,能够分辨的最小地质体的尺度增加,纵横向分辨率都变低,所以小面元采集有利于纵横向的分辨率的提高。

## 1.2 退化处理方法及结果分析

在对采集方案进行评价时,除分析采集参数与资料信噪比和分辨率的定量关系外,还常常需要分析观测系统参数与地质目标达成度关系,如观测系统参数的不断强化对复杂地质目标成像有多大作

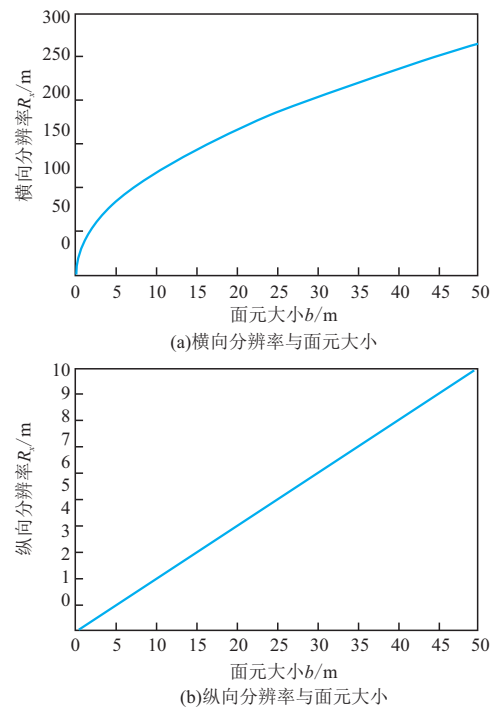


图 2 横向分辨率与面元大小(a)、纵向分辨率与面元大小(b)之间的关系

Fig. 2 Relationship between horizontal resolution and bin size (a), and between vertical resolution and bin size (b)

用,是否有弱化的可能。对于这类分析方法,常常采用“退化处理”的方法,即对野外已采集资料,通过弱化已有采集方案,如抽稀炮检线,扩大面元等形成新的采集方案,然后重新处理原始资料,并分析新采集方案下数据品质的变化及与地质特征的关系。

退化处理是通过资料重新处理的方式进行观测系统参数变化对地震数据品质的影响进行评价,包括分析不同观测系统参数对目的层段地质特征的影响,提供观测系统参数优选的方法和依据<sup>[11]</sup>。其中退化处理可以分别从面元尺寸、纵横比,线点距、覆盖密度对采集方案进行退化试验,通过对不同参数变化对地震资料的信噪比影响分析,来评价退化处理的效果。

笔者主要研究了覆盖密度退化处理对地震资料的影响。根据研究区三维地震采集观测系统的特点,共设计了 4 个试验观测系统,其中方案 A 为原始观测系统,其余方案为退化采集方案,各方案具体参数,见表 1。

对于面元大小均为 12.5 m×12.5 m,进行覆盖密度不同(表 1 的 A、B、C、D 观测系统)的 4 组的数据进行对比。具体方法是,首先按 3 种退化方案对

原始观测系统下的采集数据,进始采集单炮的抽取,并按相同处理流程进行处理,得到了相关结果(图3)。图3展示了四种观测系统下针对目的层百口泉组的叠前时间偏移数据体等时切片。从图上可以看出,高覆盖密度资料信噪比更高、断层识别能力更强、同相轴连续性更好(图中蓝色圈出)。但对比图3(a)和(b)可以看到,两者的地震反射特征相近,没有显著差别,即地质目标达成度相近。但二者的覆盖密度相差近一倍,其采集成本相差较大。因此,我们通过这种退化处理试验可以认为,

该地区针对百口泉组的地震采集覆盖密度可以适当弱化,如350 万道/ $\text{km}^2$ ,同样可以取得相近的地质效果。

图4(a)为根据以上退化试验,针对目的层百口泉组(平均埋深约4 500 m)按实际资料统计的信噪比与覆盖密度的关系曲线;(b)为按理论公式(2)计算得到的信噪比与覆盖密度关系曲线。可以得到两者的趋势相一致,而且具体数值也没有大的差别。因此说明,利用定量分析手段进行采集方案评价是可行和准确的。

表1 退化处理试验观测系统参数表

Tab.1 Parameters of observation system for degradation treatment test

采集方案	A	B	C	D
面元( $\text{m} \times \text{m}$ )	$12.5 \times 12.5$	$12.5 \times 12.5$	$12.5 \times 12.5$	$12.5 \times 12.5$
道距/m	25	25	25	25
炮点距/m	25	25	25	25
接收线距/m	125	125	250	500
炮线距/m	125	125	250	500
纵横比	0.7	0.35	0.7	0.7
覆盖次数(横 $\times$ 纵)	$28 \times 40 = 1\ 120$	$14 \times 40 = 560$	$14 \times 20 = 280$	$7 \times 10 = 70$
覆盖密度/(万道/ $\text{km}^2$ )	716.8	358.4	179.2	44.8

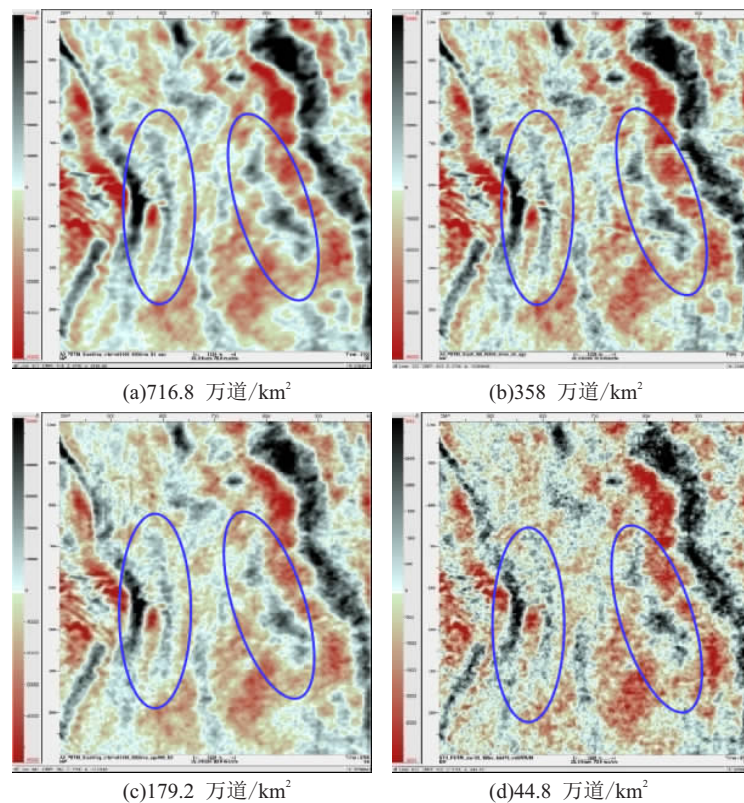


图3 不同覆盖密度叠前时间偏移剖面数据体等时切片

Fig.3 Time slices from pre-stack time migration data with different folds density

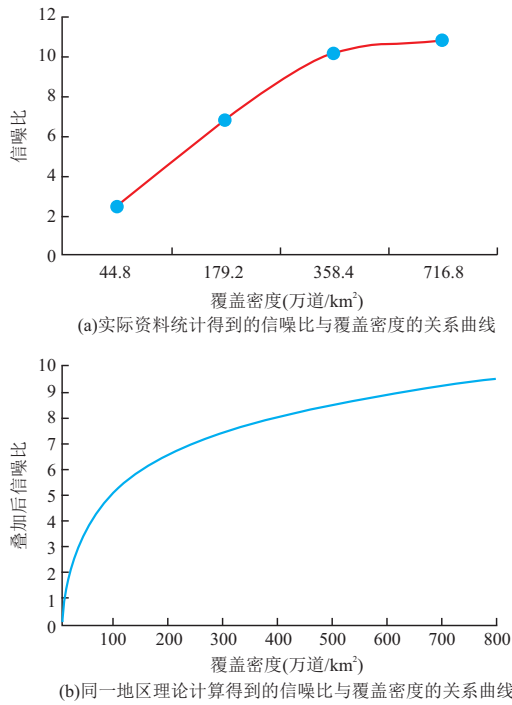


图 4 不同覆盖密度与信噪比关系  
Fig. 4 Relationship between different folds density and signal-to-noise ratio

1.3 采集方案评价优化方法流程

在理论研究和退化处理试验的基础上,我们提

出了主要以炮道密度(覆盖密度)与资料信噪比、面元大小与分辨率这两对参数为定量指标的采集方案评价优化方法流程,如图 5 所示。

实际应用中,通过收集工区已进行了地震采集处理后的地震资料、采集方案和处理成果基础上进行。通常具有以下几个主要步骤:

- 1)根据地震勘探成果与地质目标的达成度,分析现有采集方案参数的合理性。
- 2)对影响资料品质的典型采集因素进行分析论证,说明采集方案的合理性,对采集方案进行评价,如,由于地表条件复杂,采集方案需要强化,更高密度、组合激发接收等。
- 3)在以上分析基础上,提出采集方案优化的方向。

2 实际资料应用

2.1 阜康凹陷三维地震采集方案总体评价

为加快准噶尔盆地阜康凹陷内的二叠系、三叠系等岩性目标的勘探进程,自 2015 年~2019 年共部署高精度三维 7 块,满覆盖面积约 1 800 km<sup>2</sup>,具体部署情况如图 6。图 7~9 给出这 7 块的一些地表条件及采集参数统计结果的相关信息。

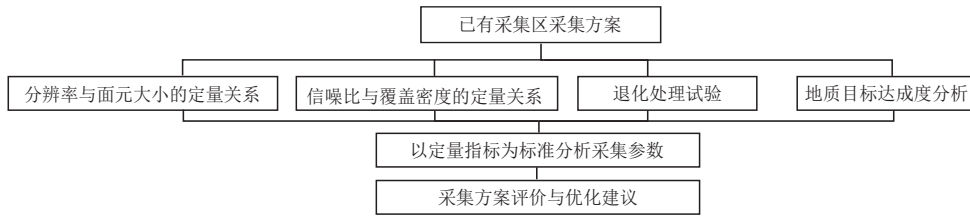
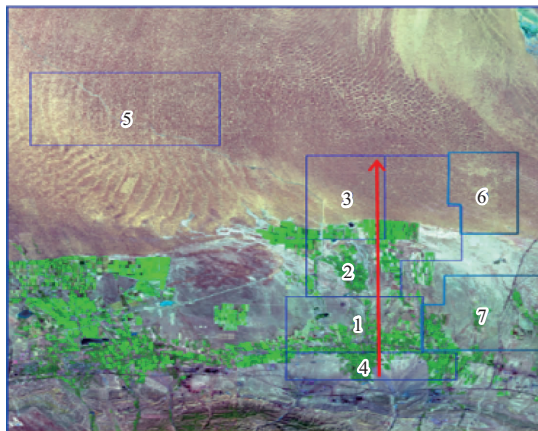


图 5 采集方案评价优化流程图  
Fig. 5 Flow chart for evaluation and optimization of acquisition scheme



序号	三维区块	采集时间
1	阜东5井三维	2015
2	沙109井三维	2015
3	北43井三维	2016
4	双1井三维	2017
5	北43井三维	2018
6	阜北3井三维	2019
7	北601井三维	2019

图 6 阜康凹陷 2015 年~2019 年地震部署示意图  
Fig. 6 Seismic deployment diagram of Fukang Depression from 2015 to 2019

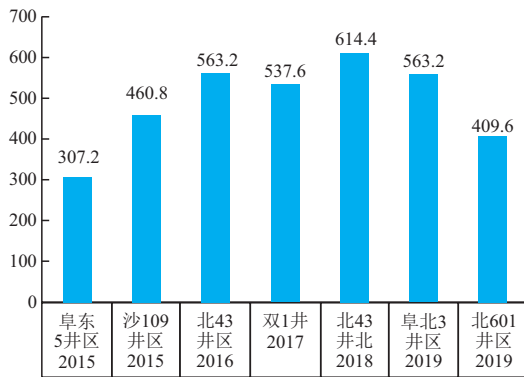


图7 三维区块覆盖密度(万道/km<sup>2</sup>)统计结果图  
Fig. 7 Statistical results of the 3D seismic blocks folds density(ten thousand traces/km<sup>2</sup>)

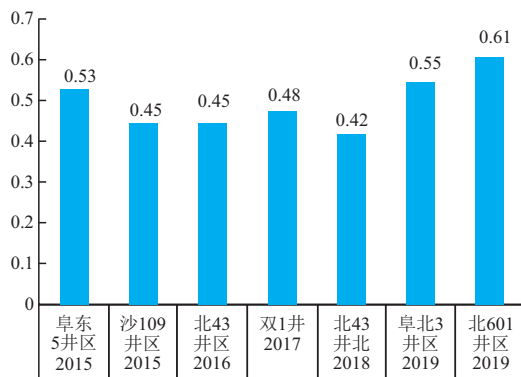


图8 三维区块纵横比统计结果图  
Fig. 8 Statistical results of horizontal to vertical ratio of the 3D seismic blocks

从以上各图中可以看到,2015年~2019年,覆盖密度在逐渐增加,呈上升趋势,但是在2018年之后会略有下降的趋势。研究区地震采集参数纵横比在0.5左右,但是近几年有上升趋势。从图6可以看到,三维工区戈壁和沙漠占比较大,属于低信噪比地区。2015年以后地震采集采用了低频可控震源激发,扫描频率均为1.5 Hz~96 Hz,大多数区块采用了单点接收。因此总体上,这7块三维工区实施的是较为强化的“两宽一高”地震采集,以满足地质目标的勘探要求。

按照图5的采集方案评价优化流程,我们对7块三维从①各三维工区地表地质条件分析;②各工区典型单炮分析;③各工区叠加剖面处理效果分析;④各工区新采集资料与以前采集资料的对比分析等4个方面进行了逐一分析和评价,最后得到了整体评价结果:①7块有5块(占比71%)达到了地质目标勘探要求,其采集方案为适合;但有2块(沙109井区和阜北3井区,占比29%)数

据品质总体较低,表现为单炮信噪比普遍低,处理后成果剖面分辨率低,一些小断裂目标的分辨率未达到要求。因此其采集方案评价为应进一步优化;②采集方案不适合应进一步优化的方向主要是在低信噪比地表条件下,覆盖密度等采集参数不够强化,应该采取更高覆盖次数或更宽方位获得更高的覆盖密度。

具体评价过程及结果不一一赘述,下面仅就采集方案评价优化过程中一些定量指标的计算过程和结果进行举例说明,以便说明笔者提出的采集方案评价优化方法流程的适用性。

## 2.2 地震采集方案的定量评价

下面以2018年北43井北三维为例,阐述以定量指标为标准的采集参数评价工作。研究区的勘探目的在于精细刻画石炭系—侏罗系构造特征及储层特征,落实各类圈闭目标。本次勘探任务量化指标:侏罗系砂体识别要求15 m~20 m厚的储层、断裂断距在10 m~15 m。研究区的采集方案如表2所示。

表2 北43井北三维采集方案

Tab. 2 3D seismic acquisition scheme of well Bei 43 North

采集参数名称	具体参数
观测系统类型	20L(6×2)S576R
排列片形式	48纵×20横
面元大小/m	12.5 m×12.5 m
覆盖次数	960
接收道数	11 520
道距/m	25
炮点距/m	25
接收线距/m	150
激发线距/m	150
覆盖密度/(万道/km <sup>2</sup> )	614.4
纵横比	0.42

首先选择2个典型位置进行地球物理参数求取及理论论证。基于参数论证的要求,所选论证点要有代表性,能够控制全区构造特征,否则难以得到较为合适的采集方法。根据本区构造特点,以石炭系顶面构造图为依据,在工区西北侧石炭系顶面埋深较深位置、东南侧埋深较浅位置确定出2个代表性的论证点,如图9所示。根据已采集资料及处理解释成果,得到以下地球物理参数,见表3。

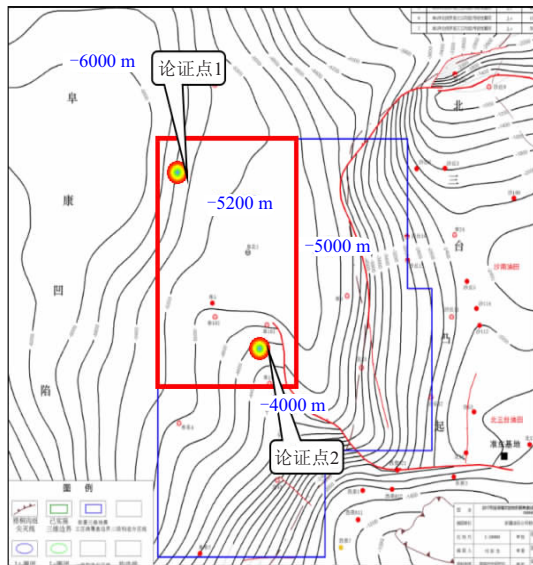


图 9 论证点位置图

Fig. 9 The location of points chosen for evaluation

1)分辨率与面元大小论证

根据 1.1 节的公式(6)~(7)计算得出了各地震层位对应的最大面元尺寸以及纵向分辨率,如表 4 所示。

分析以上计算结果表可见,各层位的纵向分辨率,即能识别的储层厚度在 8 m~23 m 范围,侏罗系的储层厚度均小于 20 m,满足地质勘探目标要求以及识别 10 m~15 m 断距要求。而计算出的元尺寸最小为 21 m,而实际采集方案中的面元为 12.5 m,所以可以看到,研究区采集方案在面元尺寸上是合理的。

2)覆盖密度的论证

根据 1.1 节的公式(2)和信噪比与覆盖密度关系曲线,由已知原始单炮信噪比和室内处理的去噪能力可以计算覆盖密度。首先根据研究区已经取得的地震资料成果,我们可以得到经过室内

表 3 主要目的层的地球物理参数表

Tab. 3 Geophysical parameters of main target layers

论证点 编号	地震 层位	地质 层位	双程 旅行时/s	平均速度/ (m/s)	层速度/ (m/s)	埋深/ m	地层 倾角/°	最高 频率/Hz	主频/ Hz
1	$T_{j2t}$	侏罗系头屯河组底	2.420	2 769	3 400	3 350	7	71	50
	$T_{j1b}$	侏罗系八道湾组底	2.940	2 925	3 654	4 300	7	64	45
	$T_{t2k}$	三叠克拉玛依组底	3.400	3 088	4 130	5 250	12	57	40
	$T_C$	石炭系顶	3.820	3 246	4 524	6 200	15	50	35
	$T_K$	白垩系底	1.880	2 553	2 553	2 400	6	85	60
2	$T_{j2t}$	侏罗系头屯河组底	2.240	2 679	3 333	3 000	9	71	50
	$T_{j1b}$	侏罗系八道湾组底	2.620	2 824	3 684	3 700	9	64	45
	$T_{t2k}$	三叠克拉玛依组底	3.110	3 023	4 082	4 700	10	57	40
	$T_C$	石炭系顶	3.291	3 099	4 420	5 100	15	50	

表 4 目的层面元尺寸及纵向分辨率计算结果表

Tab. 4 Calculation results of element size and longitudinal resolution of target plane

论证点 编号	地震 层位	已知信息			计算结果		
		层速度/(m/s)	埋深/m	最高频率/Hz	主频/Hz	纵向分辨率/m	面元尺寸/m
1	$T_{j2t}$	3 400	3 350	71	50	12	34
	$T_{j1b}$	3 654	4 300	64	45	14	41
	$T_{t2k}$	4 130	5 250	57	40	18	52
	$T_C$	4 524	6 200	50	35	23	65
	$T_K$	2 553	2 400	85	60	8	21
2	$T_{j2t}$	3 333	3 000	71	50	12	33
	$T_{j1b}$	3 684	3 700	64	45	14	41
	$T_{t2k}$	4 082	4 700	57	40	18	51
	$T_C$	4 420	5 100	50	35	22	63

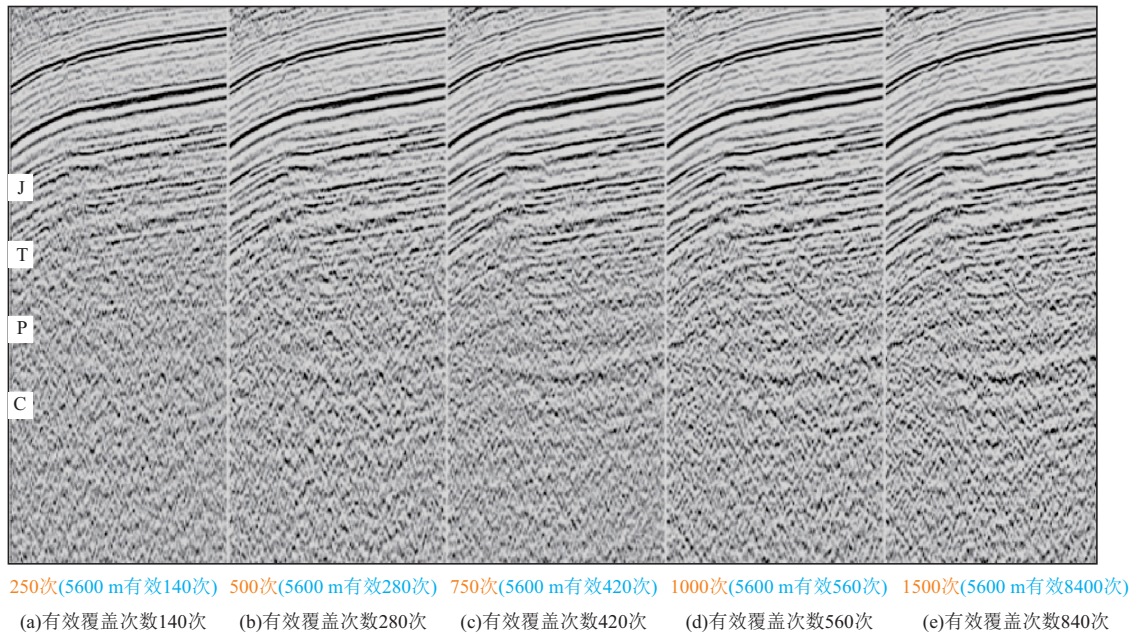


图 10 研究区不同覆盖次数叠加剖面对比

Fig. 10 Comparison of stacking sections with different folds in the study area

叠加去噪处理后的信噪比,如果取处理后资料信噪比比原始信噪比提高了 2 个倍频程;三维工区处于低信噪比地区原始单炮信噪比较差,取平均值为 0.5。通过公式计算得到平均覆盖密度应达 640 万道/ $\text{km}^2$  以上。与现有采集方案对比可知,该地区的采集方案在覆盖密度与计算结果相近,是合理的。

### 3) 进一步优化的建议

从以上的论证可以看到,通过定量计算可以认为,研究区目前的采集方案在面元大小及覆盖密度方面是合理的。但也可以发现,该采集方案的覆盖密度较高,属于强化参数。按照评价优化的流程,进一步探讨能否适当弱化相关参数,以减少采集成本。

图 10 展示了一条研究区不同覆盖次数对比剖面。从图中可以看到,提高覆盖次数有利于提高深层资料信噪比,有效覆盖次数从 140 到 280 次,280 到 420 次,资料改善较为明显。当有效覆盖次数大于 420 次以后,资料品质仍有改善,但改善的幅度较小。通过量化分析,有效覆盖次数在 750 次左右出现拐点,即这以后覆盖次数的增加对改善资料品质作用不显著。

因此,根据覆盖次数拐点,并参考相邻区北 43 井区的覆盖密度(560 万道/ $\text{km}^2$ )相比,通过计算认为,研究区(北 43 井北三维)的覆盖密度过于强

化,可以适当弱化,建议可以减小到 550 万道/ $\text{km}^2$ ,从而可以在保证资料品质的前提下,降低采集成本。

## 3 结论

1) 根据研究区的地表及地下的地震地质条件,建立地震采集方案的一些关键参数,如覆盖密度、面元大小、纵横比等与资料信噪比和分辨率的定量关系,可以对已有采集方案进行评价;结合已采集资料的品质分析,可以提出采集方案进一步优化的建议。

2) 利用“退化处理”可以将地震采集与地震处理环节有机联系起来。通过不同采集方案下的资料处理结果分析,以地质目标达成度为依据,可以得到采集方案关键参数对地震数据品质的影响的相关结论。该方法虽然比较耗时费力,但在进行采集方案评价优化时适当采用,可以提高评价优化的效果。

3) 笔者提出将定量评价与实际资料分析相结合的采集方案评价优化方法流程在实际资料应用中取得了较好效果,对今后开展地震采集评价优化工作具有参考价值和指导意义。下一步在建立的定量关系时应考虑近地表的衰减情况,并有针对性地进行采集方案的评价优化。

## 参考文献:

- [1] 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]. Petro China Exploration, 2015, 20(5): 41-53. (In Chinese)
- [2] 赵邦六,董世泰,曾忠,等. 中国石油“十三五”物探技术进展及“十四五”发展方向思考[J]. 中国石油勘探,2021,26(1):108-120.  
ZHAO B L, DONG S T, ZENG Z, et al. Progress of geophysical exploration technology in the 13th five year plan of PetroChina and Consideration on the development direction of the 14th five year plan [J]. PetroChina exploration, 2021, 26(1): 108-120. (In Chinese)
- [3] 易维启,董世泰,曾忠,等. 地震勘探技术性与经济性策略考量[J]. 中国石油勘探,2013,18(4):19-25.  
YI W Q, DONG S T, ZENG Z, et al. Technical and economic strategic considerations of seismic exploration [J]. PetroChina Exploration, 2013, 18(4): 19-25. (In Chinese)
- [4] 倪宇东,李扬胜,吕哲健,等. 三维地震观测系统关键采集参数的选择[C]. CPS/SEG 北京 2018 国际地球物理会议暨展览电子论文集,2018:118-121.  
NI Y D, L Y S, LV Z J, et al. Selection of key acquisition parameters of 3D seismic observation system [C]. Cps/seg proceedings of 2018 International Geophysical conference and exhibition in Beijing, 2018: 118-121. (In Chinese)
- [5] MORRICE DOUGLAS J, KENYON ASTRID S, BECKETT CHRISTIAN J. Optimizing operations in 3-D land seismic survey[J]. Geophysics, 2001, 66(6): 1818-1826.
- [6] 巫骏,周晓冀,秦俐,等. 四川盆地三维地震采集参数后评估技术及应用[C]//SPG/SEG 南京 2020 年国际地球物理会议论文集(中文),2020:104-107.  
WU J, ZHOU X J, QIN L, et al. Post evaluation technology and application of 3D seismic acquisition parameters in Sichuan Basin [C]//Proceedings of spg/seg Nanjing 2020 International Geophysical Conference, 2020: 104-107. (In Chinese)
- [7] 徐文瑞. 准噶尔盆地 MH 地区地震采集观测系统研究[D]. 青岛:中国石油大学(华东),2017.  
XU W R. Research on seismic acquisition and observation system in MH area of Junggar Basin [D]. Qingdao: China University of Petroleum (East China), 2017. (In Chinese)
- [8] 王华忠.“两宽一高”油气地震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 seismic exploration [J]. Petroleum geophysical prospecting, 2019, 58(03): 313-324. (In Chinese)
- [9] 常紫娟,魏伟,符力耘,等.“宽频带、宽方位和高密度”陆上三维地震观测系统聚焦分辨率分析[J]. 地球物理学报,2020,63(10):3868-3885.  
CHANG Z J, WEI W, FU L Y, et al. "Broadband, wide azimuth and high density" land 3D seismic observation system focus resolution analysis [J]. Journal of Geophysics, 2020, 63(10): 3868-3885. (In Chinese)
- [10] 姚江. 基于属性评价分析的三维观测系统优化设计与应用效果[J]. 石油物探,2014,53(4):384-390.  
YAO J. Optimization design and application effect of 3D observation system based on attribute evaluation and analysis [J]. Petroleum geophysical prospecting, 2014, 53(4): 384-390. (In Chinese)
- [11] 郭雯. 东部老区三维地震观测系统评价设计方法研究[D]. 北京:中国地质大学(北京),2017.  
GUO W. Study on Evaluation and design method of 3D seismic observation system in the old area of eastern China [D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2017. (In Chinese)
- [12] 孔德政,于敏杰,刘新文,等. 两宽一高地震采集技术在复杂山前带的应用及效果分析[J]. 新疆石油天然气,2016,12(1):33-38+2-3.  
KONG D Z, YU M J, LIU X W, et al. Application and effect analysis of two wide and one high seismic acquisition technology in complex piedmont zone [J]. Xinjiang Petroleum and Natural Gas, 2016, 12(1): 33-38+2-3. (In Chinese)
- [13] 张伟. 三维地震观测系统优化设计的方法研究[D]. 成都:西南石油大学,2006.  
ZHANG W. Research on optimization design method of 3D seismic observation system [D]. Chengdu: Southwest Petroleum University, 2006. (In Chinese)
- [14] 冉建斌,黄永平,唐东磊,等. 复杂地质条件地震勘探技术与实践:以准噶尔盆地和吐哈盆地为例[M]. 北京:北京石油工业出版社,2017.  
RAN J B, HUANG Y P, TANG D L, et al. Seismic exploration technology and practice under complex geological conditions: Taking Junggar Basin and Turpan Hami Basin as examples [M]. Beijing: Beijing Petroleum Industry Press, 2017. (In Chinese)
- [15] 朱运红,陈学强,王乃建,等. 塔中油田高精度三维地

震采集观测系统优化研究[C]. 中国石油学会 2015 年物探技术研讨会论文集, 2015: 115-118.  
ZHU Y H, CHEN X Q, WANG N J, et al. Research on Optimization of high-precision 3D seismic acquisition

and observation system in Tazhong oilfield [C]. Proceedings of 2015 geophysical exploration technology seminar of China Petroleum Society, 2015: 115-118. (In Chinese)

## Optimization analysis method of seismic acquisition scheme evaluation and its application-Taking Fukang sag in Junggar Basin as an example

YANG Wanxiang<sup>1</sup>, LI Xianmin<sup>1</sup>, SONG Zhihua<sup>1</sup>, YAN Jianguo<sup>2</sup>, REN Lilong<sup>2</sup>

(1 Xinjiang Oilfield Company, Karamay 834000, China;

2 College of Geophysics, Chengdu University of technology, Chengdu 610059, China)

**Abstract:** Most exploration areas in the Junggar basin are in the desert Gobi area. Due to the strong absorption and attenuation near the surface and various types of noise, the "two widths and one height" seismic acquisition under "enhanced" parameters is often used to improve the quality of collected data. Under the background of "improving quality, increasing efficiency and efficient exploration", from the perspective of technical and economic integration that takes into account both data quality and acquisition cost, evaluating existing acquisition schemes and proposing optimization schemes have become the focus of attention and research in the region and the industry. By analyzing the multi-block "two widths and one height" seismic acquisition scheme implemented in Fukang sag of Junggar Basin in recent years and combining it with relevant theoretical research, this paper puts forward an evaluation and optimization process of the acquisition scheme based on a quantitative relationship. It draws relevant conclusions that each acquisition scheme in the study area is appropriate or needs to be further optimized providing effective guidance for the next optimization design. This provides practical guidance for the next optimization design of the acquisition scheme in the study area.

**Keywords:** Junggar basin; "Two widths and one height" seismic acquisition; acquisition scheme; evaluation and optimization; data quality