

# 柴北缘地区干扰波特征分析以及压制方法

胡 杰<sup>1,2,3</sup>, 夏 斌<sup>1</sup>, 胡 杨<sup>1,3</sup>, 郭 峰<sup>1,3</sup>, 章 倩<sup>4</sup>

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640;

2. 中国石油青海油田公司勘探事业部, 甘肃 敦煌 736202;

3. 中国科学院研究生院, 北京 100049;

4. 珠江水利委员会珠江水利科学研究院, 广东 广州 510611)

**摘要:**柴北缘地区由于受复杂地表条件和地下构造的影响,存在多种类型干扰波,山前和构造顶部地震资料信噪比低。通过对柴北缘平台地区、马海地区和冷湖地区地质条件及地震资料的综合分析,加深了对柴北缘地区干扰波类型和参数特征的认识,并根据干扰波分析结果,提出了相应的压制方法。

**关键词:**干扰波类型;干扰波特征;地震地质条件;去噪;柴北缘

**中图分类号:**TE132

**文献标识码:**A

**文章编号:**1672-1926(2010)05-0851-04

## 0 引言

柴达木盆地北缘(柴北缘)地区经过多年的勘探,虽然发现了冷湖、南八仙、鱼卡、马海及马北等一批油气田,并形成了一定规模的油气生产能力,但探井失利情况仍相当严重。主要是因为柴达木盆地地质情况十分复杂,加之自然环境和地表条件恶劣,干扰波对地震资料的影响严重,使得地震采集资料品质较差,直接影响了该区勘探潜力评价及有利勘探目标的选择。本文主要通过对柴北缘地区干扰波特征进行分析并提出相应的压制方法,以期对该地区地震勘探提供帮助。

## 1 柴北缘区域地质概况

柴北缘指柴达木盆地北部块断带,位于盆地的东北部,是柴达木盆地的一个一级构造单元,西起阿尔金山前的鄂博梁Ⅰ号构造,东到德令哈凹陷的大浪—土尔岗构造带的东端,北界为祁连山前深大断裂系,南界为鄂博梁南缘—陵间断裂—黄泥滩断裂—埃姆尼克山南缘深断裂与盆地中央坳陷带。东西长约为440 km,南北宽约为65 km,面积约为30 000 km<sup>2</sup><sup>[1]</sup>。北缘块断带包括赛昆断陷、大红沟

隆起、鱼卡—红山断陷和德令哈断陷4个二级构造单元。北缘块断带自中生代以来基底块断活动强烈,形成了北低南高的古地理背景,对中生界特别是中侏罗统、下侏罗统的分布有明显的控制作用<sup>[2-7]</sup>。

## 2 柴北缘地震地质条件

柴达木盆地表层结构十分复杂,几乎每一个地区的地貌都具有复合性,大多数的测线都要穿越几种地貌,地形除东部地区较好外都十分复杂。柴北缘由于晚期的表褶构造运动使地表出露地层倾角较大,且地表地层破碎,构造顶部几乎都出露第三纪的老地层,由于第三系岩性变化较快,且因各种岩石受风化程度的差异,造成了低降速带厚度和速度变化不均。气候干燥,地表植被稀少,造成了地表岩性干燥,潜水面深<sup>[8-13]</sup>。

柴北缘地区由于早期和晚期的构造运动方向各异,使该区地下断裂发育,构造复杂,对地震资料的影响很大,分析起来主要有以下几个方面:①研究区部分地区表层有一层巨厚的砾石层,激发和接收条件差。砾石戈壁区井壁坍塌,砾石粗细相间,胶结程度差,钻井效益低,激发效果差。②柴北缘地区为复合型地表,相邻激发点、接收点之间岩性变化大,造

成炮与炮之间及同炮记录各道之间能量及频率差异大,加大了资料处理的难度。③由于风化不均,低降速带厚度变化大,低降速带厚度由几米变化到70多米,静校正工作难度大。④受浅层、中层、深层断裂类型差异的影响,造成断面波及绕射波发育,断层的遮挡对地震能量的下传影响很大。⑤地层产状复杂多变,在地震记录上侧面次生干扰发育、造成剖面波场混乱,增加了资料处理的难度。⑥浅层、中层倾角大,容易产生反射系数的不稳定,透射下传能量弱,有效覆盖次数低。这些地震地质条件使现有的地震资料不能对构造主体部位的地下深层构造细节情况做出精确的成像。

### 3 干扰波特征分析

柴北缘地区由于其特殊的地理、地质原因,表层岩性非常干燥、疏松,表层岩性及地层产状变化快,低降速带厚度及速度纵横向变化很大,地震地质条件较差<sup>[14]</sup>。以上多种因素导致研究区干扰波非常发育,山前和构造顶部地震资料信噪比低。

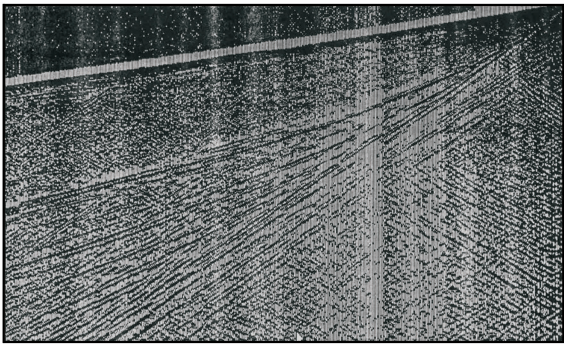


图1 冷湖五号地区干扰波调查记录

#### 3.1 面波

柴北缘地区地震波面波视速度较低,能量较强,频率多低于12 Hz,随着传播距离的增大而形成“扫帚状”,即发生频散<sup>[15-18]</sup>。在图1中,面波对整张记录有着严重的影响,面波所形成的大三角区干扰带严重影响反射波同相轴的连续性,且在低频处有较强的能量分布。从表1中可以看到各研究区的面波能量主要分布在5~17 Hz范围内,视速度范围为450~1 400 m/s,视波长为60~100 m,主要表现为低频、能量强、衰减慢,在F-K谱上表现为大面积的干扰能量区。

#### 3.2 折射波和多次折射波

图1中折射波主频和有效波主频接近,呈线性分布,且能量较强,影响面大且主要影响远道反射。表2中折射波的能量主要集中在13~28 Hz的频带

内,视速度范围为1 940~3 450 m/s,视波长为120~220 m。

表1 各研究区面波参数

研究区	干扰波类型	视速度/(m/s)	视频率/Hz	视波长/m
平台凸起地区	面波Ⅰ	620~850	8~12	70~100
	面波Ⅱ	1 250~1 420	10~16	88~115
马海地区	面波Ⅰ	522~638	7	75~92
	面波Ⅱ	687~722	9	76~80
	面波Ⅲ	724~807	12	60~67
冷湖五号地区	面波Ⅰ	450~558	5~7	64~90
	面波Ⅱ	820~840	8~11	74~105
	面波Ⅲ	1 000~1 408	11~17	59~90

表2 各研究区折射波参数

研究区	干扰波类型	视速度/(m/s)	视频率/Hz	视波长/m
平台凸起地区	浅层折射波	1 940~3 450	14~28	130~150
马海地区	折射波	2 713~2 921	13	200~225
冷湖五号地区	折射波	2 850~3 200	20~25	114~142

#### 3.3 次生干扰波

图1中面波三角带内呈大“X”型的强次生干扰波与面波传播速度相当,但传播方向相反,我们认为它是次生面波,其震源为面波,其视波长约为50 m。

### 4 干扰波压制及效果分析

#### 4.1 干扰波压制

折射波由于其线性特征,通过F-K滤波可以很干净地剔除它<sup>[19]</sup>。但面波频散严重,如果只用F-K滤波对其进行压制,在压制的过程中必然损失很多有效信息,并且产生严重假频。而且地表高程、低降速带的剧烈变化引起的静校正问题,对做F-K滤波造成困难,同时也影响有效波的连续性,具体表现为初至波以及反射波、干扰波严重扭曲,反射波时距曲线发生变化,折射波、面波等干扰波的相干性变差。

由此,可以先有针对性地使用多套静校正技术

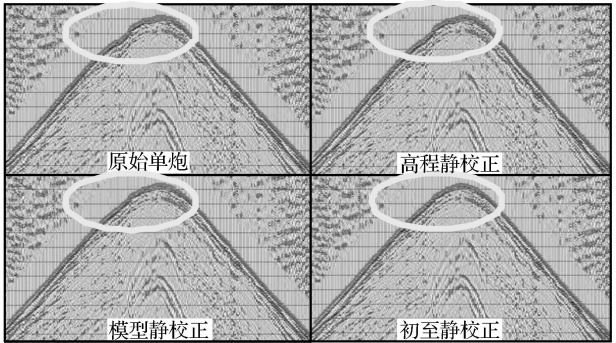


图2 不同静校正方法单炮应用效果对比

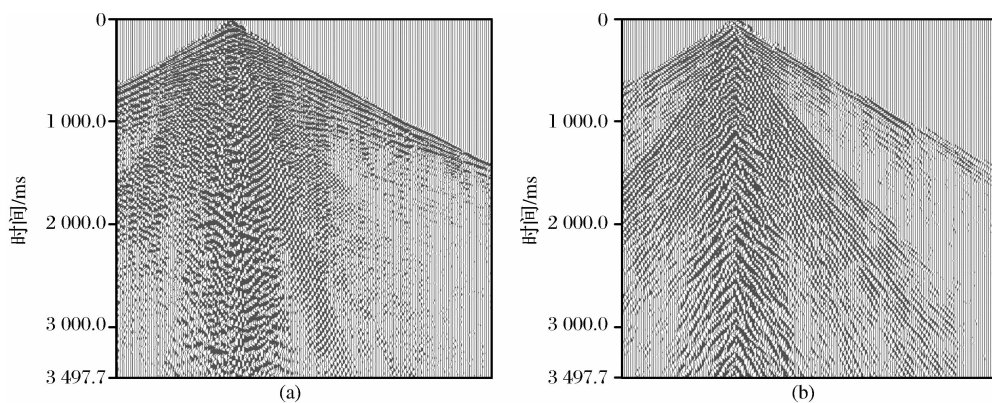


图3 马海地区滤波记录(a)及滤除的干扰波(b)

措施,力争能够在较大程度上较好地解决研究区的静校正问题,然后使用 F-K 滤波及其他方法压制干扰波的思路。

#### 4.1.1 静校正技术

图2为经过高程静校正、模型静校正和初至折射静校正的单炮记录与原始单炮记录的对比。从图2可以看出,经过初至折射静校正处理后,折射波、面波能量更集中,更易于辨别,以后做 F-K 滤波时可以更精确。

#### 4.1.2 组合压制干扰波

对于资料还应进行多种压制干扰波手段的组合使用。为了尽量避免产生假频,又达到去噪目的,使用空变 F-K 滤波。把一张记录2个不同接收方向的道先进行分离,分别做 F-K 滤波,然后再合并;并且在同一测线上根据不同地区记录改变滤波因子。之后,为了进一步提高叠加剖面质量,对于叠加剖面上的随机噪声,还可以在叠后采用组合去噪手段,然后在 F-K 域增强有效波能量,提高剖面的信噪比。

### 4.2 效果分析

图3为柴北缘马海地区在折射静校正基础上进行滤波后的剖面对比。从图3可以看出,F-K 滤波后的单炮记录背景更干净,品质有一定改善。

## 5 结论

(1)柴北缘地区经历了多期构造演化,地震地质条件复杂,地表地层破碎且地层产状多变,表层低速带厚度与岩性变化不均,浅部、中部和深部的断层类型差异很大。地震激发和接收条件差,静校正工作难度大,地震剖面经常表现为剖面波场混乱,增加了地震资料处理的难度。

(2)通过对柴北缘地区地震资料的认真研究,发现面波和浅层折射波对地震资料的质量影响很大。对这些规则干扰波的旅行时特征、视速度、视频率和

视波长进行分析和总结,认为这些干扰波主要表现为频率较低、能量强和衰减慢。

(3)对于折射波、面波等强干扰,应先通过多种静校正技术手段加强其相干性,同时综合运用多种去噪手段,尽量减少假频。

(4)分析柴北缘地区的地质地震条件和干扰波的特征,加深对柴北缘地区干扰波规律的认识,对压制这些干扰波和增强处理过程中的针对性具有重要意义。柴北缘地区既有广阔的勘探前景,又面临许多复杂的问题,既有挑战性,又有开拓性。因而需要加大勘探的投入,不断深入认识柴北缘地区的地质地质情况。只有勘探先行的物探突破,才能带动柴北缘地区油气勘探的突破性进展。

### 参考文献:

- [1] Kang Zhulin. Oil/gas exploration prospect of faulted block belt in northern margin of Qaidam basin[J]. China Petroleum Exploration, 1999, 4(3): 27-30. [康竹林. 柴达木盆地北缘块断带油气勘探前景[J]. 中国石油勘探, 1999, 4(3): 27-30.]
- [2] Sun Deqiang, Zhang Tao, Liang Bin, *et al.* Reservoir-forming features of oil and gas in north of Qaidam basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2008, 19(5): 652-656. [孙德强, 张涛, 梁彬, 等. 柴达木盆地北缘油气成藏特征[J]. 天然气地质学, 2008, 19(5): 652-656.]
- [3] Tan Yanhu, Peng Dehua, Pan Hongfeng, *et al.* Potential of natural gas resource and its exploration direction in Qaidam basin[J]. China Petroleum Exploration, 2006, (6): 42-44. [谭彦虎, 彭德华, 潘洪峰, 等. 柴达木盆地天然气资源潜力及勘探方向[J]. 中国石油勘探, 2006, (6): 42-44.]
- [4] Hu Shouquan, Cao Yunjiang, Huang Jixiang, *et al.* Evolution of the foreland basin and the target for oil and gas exploration in the northern margin area of Qaidam basin[J]. Natural Gas Industry, 1999, 19(4): 1-5. [胡受权, 曹运江, 黄继祥, 等. 柴达木盆地北缘地区前陆盆地演化及油气勘探目标[J]. 天然气工业, 1999, 19(4): 1-5.]
- [5] Wang Yunbo, Chen Yuanzhong, Shen Ya, *et al.* Regional eval-

- uation and targets optimization in north Qaidam margin[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2006, 41 (supplement): 66-69. [王云波, 陈元忠, 沈亚, 等. 柴北缘地区区带评价与目标优选[J]. 石油地球物理勘探, 2006, 41(增刊): 66-69.]
- [6] Wang Changgui, Ma Lixie, Wang Wendi, *et al.* Correlation of Jurassic in northern margin of Qaidam basin and its petroleum system[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2009, 30 (4): 454-458. [王昌桂, 马立协, 王文弟, 等. 柴达木盆地北缘侏罗系对比及含油气系统[J]. 新疆石油地质, 2009, 30(4): 454-458.]
- [7] Yuan Jianying, Chen Qilin, Chen Yingbin, *et al.* Petroleum geological character and favorable exploration domains of Qaidam basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2006, 17(5): 640-644. [袁剑英, 陈启林, 陈迎宾, 等. 柴达木盆地油气地质特征与有利勘探领域[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(5): 640-644.]
- [8] Ji Xiaobing, Shang Yingjun, Zhang Fan. A study on seismic data acquisition in mountainous districts[J]. Natural Gas Geoscience, 2005, 16(1): 114-116. [姬小兵, 尚应军, 张帆. 山地地震勘探采集技术研究[J]. 天然气地球科学, 2005, 16(1): 114-116.]
- [9] Hu Jie, Luo Fei, An Peijun. Analysis and countermeasures of difficulties in seismic exploration in Qaidam basin[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2002, 37(supplement): 14-18. [胡杰, 骆飞, 安佩君. 柴达木盆地地震勘探难点分析和解决对策[J]. 石油地球物理勘探, 2002, 37(增刊): 14-18.]
- [10] Tang Guosong, Huang Zhigang, Zhou Hua. Seismic data processing technique of piedmont zone in the north edge of Qaidam basin[J]. Small Hydrocarbon Reservoir, 2007, 12(3): 28-31. [汤国松, 黄志刚, 周华. 柴达木盆地北缘山前带地震资料处理技术[J]. 小型油气藏, 2007, 12(3): 28-31.]
- [11] Wang Ziming, An Peijun, Zhen Wensheng, *et al.* Seismic acquisition and processing methods in northern Qaidam basin[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2002, 37(supplement): 118-124. [王子明, 安佩君, 甄文胜, 等. 柴达木盆地北缘复杂地区地震采集、处理方法[J]. 石油地球物理勘探, 2002, 37(增刊): 118-124.]
- [12] Deng Shuquan. Acquisition method in Qaidam basin[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2002, 37(supplement): 19-25. [邓述全. 柴达木盆地采集方法研究[J]. 石油地球物理勘探, 2002, 37(增刊): 19-25.]
- [13] Feng Yunfa, Wang Hai. Advancement of seismic data processing technique for complicated structure area in Qaidam basin[J]. China Petroleum Exploration, 2006, (6): 59-63. [冯云发, 王海. 柴达木盆地复杂构造地区地震资料处理技术进展[J]. 中国石油勘探, 2006, (6): 59-63.]
- [14] Huang Ligong, Dang Yuqi, Xu Fengyin, *et al.* Present situation and breakthrough direction of oil and gas exploration in Qaidam basin[J]. China Petroleum Exploration, 2006, (6): 1-8. [黄立功, 党玉琪, 徐凤银, 等. 柴达木盆地油气勘探现状和突破方向[J]. 中国石油勘探, 2006, (6): 1-8.]
- [15] Zhang Zhanjie, Chen Maogen, Gong Dingkan, *et al.* Methods and applications of seismic interference attenuation[J]. Offshore Oil, 2006, 26(3): 9-13. [张占杰, 陈茂根, 龚定康, 等. 地震干扰波的衰减方法及其应用[J]. 海洋石油, 2006, 26(3): 9-13.]
- [16] Lu Jimeng. Principles of Seismic Exploration[M]. Dongying: China Petroleum University Press, 1993: 88-91. [陆基孟. 地震勘探原理[M]. 东营: 中国石油大学出版社, 1993: 88-91.]
- [17] Hale D. A nonaliased integral method for dip moveout[J]. Geophysics, 1991, 56 (6): 795-805.
- [18] Yilmaz O. Seismic Data Processing[M]. Tulsa: Society of Exploration Geophysicists, 1987.
- [19] Liu Quanxin, Li Daoshan. Points about land static correction and migration datum[J]. Natural Gas Geoscience, 2003, 14 (1): 57-59. [刘全新, 李道善. 关于山地静校正和偏移基准面的一些认识[J]. 天然气地球科学, 2003, 14(1): 57-59.]

## The Characteristics of Interference Wave and Its Attenuation Techniques in Northern Qaidam Basin

HU Jie<sup>1,2,3</sup>, XIA Bin<sup>1</sup>, HU Yang<sup>1,3</sup>, GUO Feng<sup>1,3</sup>, ZHANG Qian<sup>4</sup>

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China; 2. Exploration Project Department of PetroChina Qinghai Oilfield Company, Dunhuang 736202, China; 3. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 4. Pearl River Water Resources Scientific Research Institute, Guangzhou 510611, China)

**Abstract:** Due to the complex surface conditions and the impact of subsurface structure, there are many types of interference waves in the northern Qaidam basin. And signal/noise ratio of seismic data is low in foreland as well as in the top of structure. Through the comprehensive analysis of geological conditions and seismic data from Pingtai, Mahai and Lenghu regions in northern Qaidam basin, a deeper understanding of the type and parameter characteristics of interference wave has been made. With the result of analysis, corresponding method has been proposed to suppress these interference waves. This method will be helpful for noise attenuation more in northern Qaidam basin.

**Key words:** Type of interference wave; Characteristics of interference wave; Seismic geological conditions; Noise attenuation; Northern Qaidam basin.