

顺北沙漠地区夏季采集高频影响因素研究

王志伟¹,高宇航¹,吴 晗²,宋 辉¹

(1. 中石化石油物探技术研究院,南京 211103;

2. 中石化地球物理公司华东分公司,南京 210009)

摘要: 顺北地区位于塔里木盆地沙漠腹地,地表全部为沙漠覆盖,多垄状高大沙丘,高程变化剧烈,激发接收条件较差。但该区油气资源丰富,且大多埋藏较深,目的层一般位于地下7 000 m以下的奥陶系,对采集地震资料品质要求较高。因此,正确地选择施工时间以及激发接收条件是地震勘探的首要环节,直接影响采集地震资料的品质,是地下地质成像的基础。笔者介绍了A区采集夏季施工过程中遇到的采集资料品质变化情况,通过检波器埋置温度、湿度以及深度变化等实验分析介质环境对采集资料品质的影响,确定沙漠区夏季采集受高温蒸发、风沙搬移作用影响,使地表沙质松散,检波器耦合性变差,进而加重采集高频噪音,严重影响采集资料品质。

关键词: 顺北沙漠区; 地震采集; 夏季; 高频影响

中图分类号: P631.4 **文献标志码:** A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-1749.2024.04.05

0 引言

研究区位于南疆沙漠顺北地区A区块,该区油气资源丰富,且大多埋藏较深,目的层一般位于地下7 000 m以下的奥陶系^[1-5],断控缝洞储集体埋藏深度大,纵横向非均质性强,因而断溶体(断裂、缝洞)成像精度不高,对采集地震资料品质要求相对较高^[6-10]。地表沙丘类型主要表现为垄状沙丘,零星分布蜂窝状沙丘,高程变化剧烈,沙丘厚度在1 m~60 m之间,潜水面高程变化平缓。激发条件选择潜水面下7 m激发,激发药量随沙丘厚度变化,分为三档,沙丘厚度小于15 m时,激发药量选择18 kg;沙丘厚度在15 m~30 m之间时,药量选择20 kg;沙丘厚度大于30 m时,药量选择22 kg。接收条件为沙漠地表,选择36个检波器“品”字形接收,检波器埋置于沙丘地表下40 cm。

本次采集为夏季施工,工区属于典型的暖温带大陆性极端干旱的荒漠性气候,干旱少雨,夏天酷

热,施工周期为4-6月,历时3个月,5月开始进入风季。施工顺序分为两滚施工,如图1所示,红色为采集炮点范围,蓝色为检波点范围,箭头方向代表施工顺序。其中第一滚施工在4月中旬至5月中旬,第二滚施工在5月中旬至6月底。

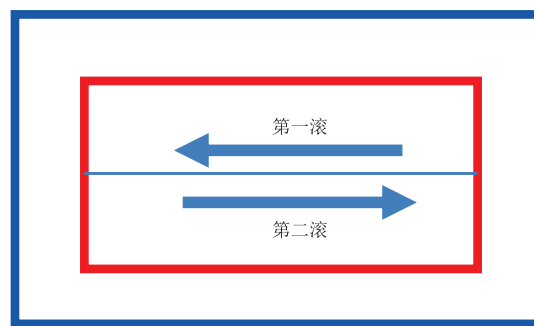


图1 工区施工顺序图

Fig. 1 Construction sequence diagram of the work area

1 地震采集单炮分析

该工区4-6月采集,历时3个月,随着采集时

间的推移,采集资料品质逐渐变差,图 2 为采集单炮品质随施工天数变化的散点图,图 3 为采集单炮品质随施工天数变化的平面属性图,由图可见采集过程中单炮能量逐渐增强,而信噪比逐渐降低。

为了进一步分析环境变化对资料品质的影响,选择一二滚交接处相邻炮线的单炮进行对比分析,炮线相隔 50 m,一二滚交界高程无明显突变,如图 4 所示。图 5 为一二滚交界处相邻炮线的能量及信噪比分布散点图,曲线可以看出,随着采集时间间隔的增大,相邻位置单炮差异也逐渐增大,能量值增大,信噪比值降低,且相隔时间越久,单炮属性差异越大。

选择两滚交接处单炮进行频谱分析,如图 6 所示,蓝色为第一滚资料,红色为第二滚,两炮相距 50 m,40 Hz 以下时两炮频谱基本吻合,40 Hz 以上时第二滚单炮频谱能量明显高于第一滚单炮。随后对一二滚相邻单炮进行分频能量计算,第二滚单炮增幅能量主要集中在 40 Hz 以上的高频噪音段,具体变化见表 1。

分别选择时间间隔 10 d,30 d,60 d 采集的单炮进行对比,选择一二滚相邻炮线,抽取两条炮线中间位于同一检波线位置的单炮进行分析,如图 7 所示。

从单炮质量来看,相隔时间越久,沙丘鸣震及次生干扰越重,信噪比差距越大,降幅越多,相隔 60 d 时,信噪比下降达到 25.34%,具体变化见表 2。

比较邻区冬季采集单炮,选择相同位置单炮进行对比,两组单炮激发接收参数相同,如图 8 所示,可以看出冬季施工的单炮噪音较少,信噪比明显高

于同位置夏季施工单炮。夏季采集较冬季采集来看,信噪比降幅在 29.73%,具体变化见表 3。

表 1 分频能量统计表

Tab. 1 Frequency division energy statistics table

频段	位置	能量值	增幅
全频	1 滚	0.801 8	18.7%
	2 滚	0.951 7	
5-10 Hz	1 滚	0.342 2	13.3%
	2 滚	0.387 7	
10-20 Hz	1 滚	0.636 0	12.6%
	2 滚	0.651 1	
15-30 Hz	1 滚	0.587 7	10.8%
	2 滚	0.663 2	
20-40 Hz	1 滚	0.504 8	6.9%
	2 滚	0.539 6	
30-60 Hz	1 滚	0.201 7	11.1%
	2 滚	0.248 4	
40-80 Hz	1 滚	0.099 5	30.9%
	2 滚	0.130 3	
50-100 Hz	1 滚	0.056 6	42.9%
	2 滚	0.080 8	

表 2 不同相隔时间采集一二滚单炮属性差异表

Tab. 2 Difference table of attributes of the first and second rolling single shot at different intervals

相隔天数	第一滚采集		第二滚采集		变化幅度	
	能量	信噪比	能量	信噪比	能量	信噪比
10 d	1.43	0.32	1.50	0.31	4.76%	-3.42%
30 d	1.18	0.36	1.37	0.30	16.32%	-17.65%
60 d	0.91	0.41	1.11	0.31	23.45%	-25.34%

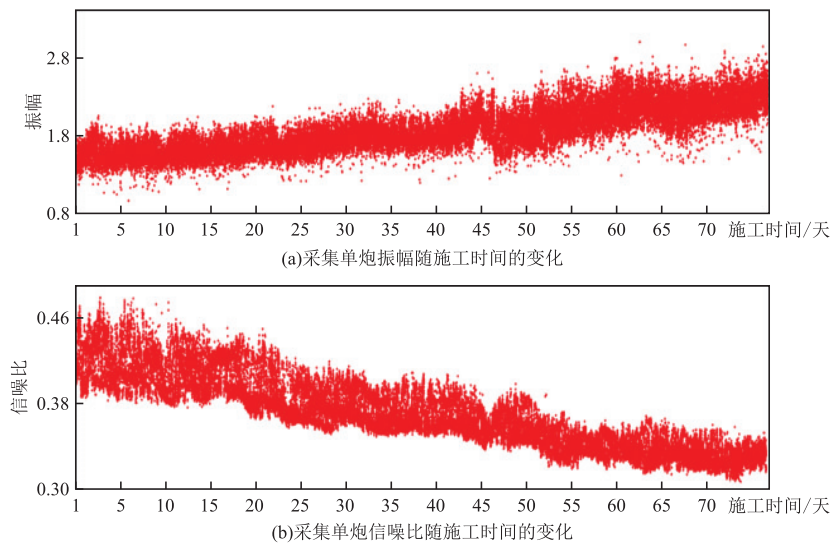
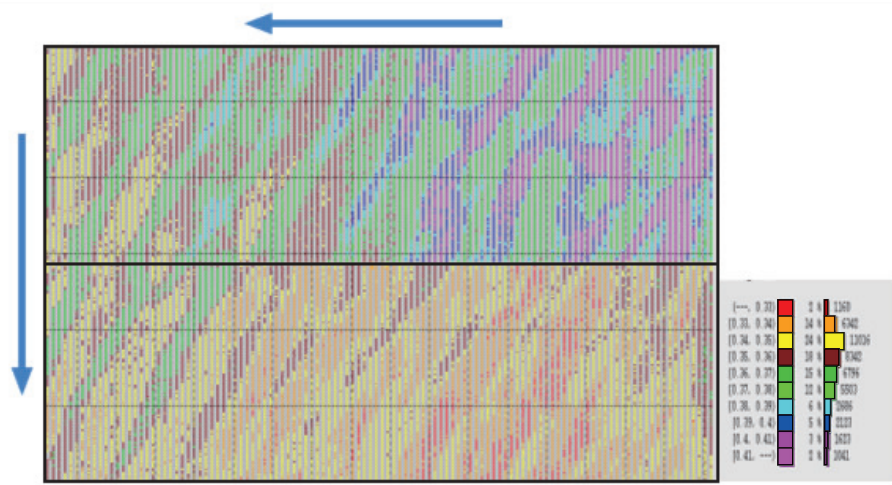
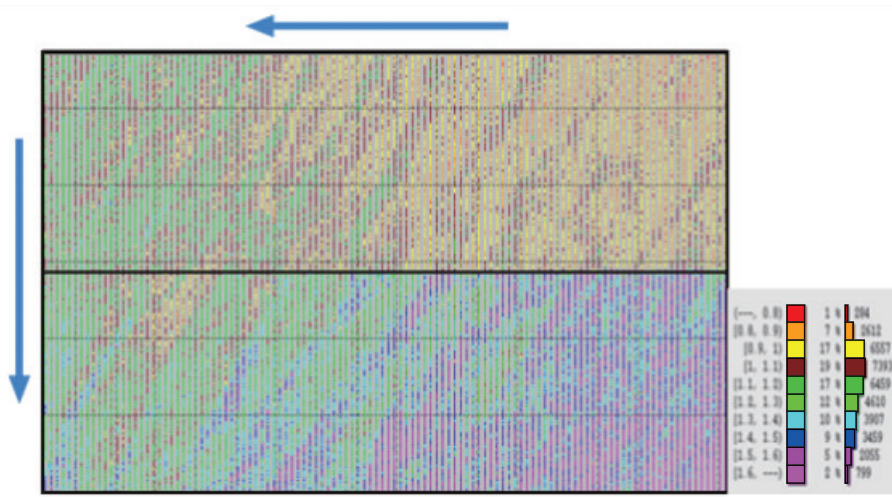


图 2 采集单炮品质随施工天数变化的散点图

Fig. 2 Collect scatter plots of single shot quality changes with construction days



(a)采集单炮信噪比平面属性图



(b)采集单炮能量平面属性图

图3 采集单炮品质随施工天数变化的平面属性图

Fig. 3 Collect planar attribute diagrams of single shot quality changing with construction days

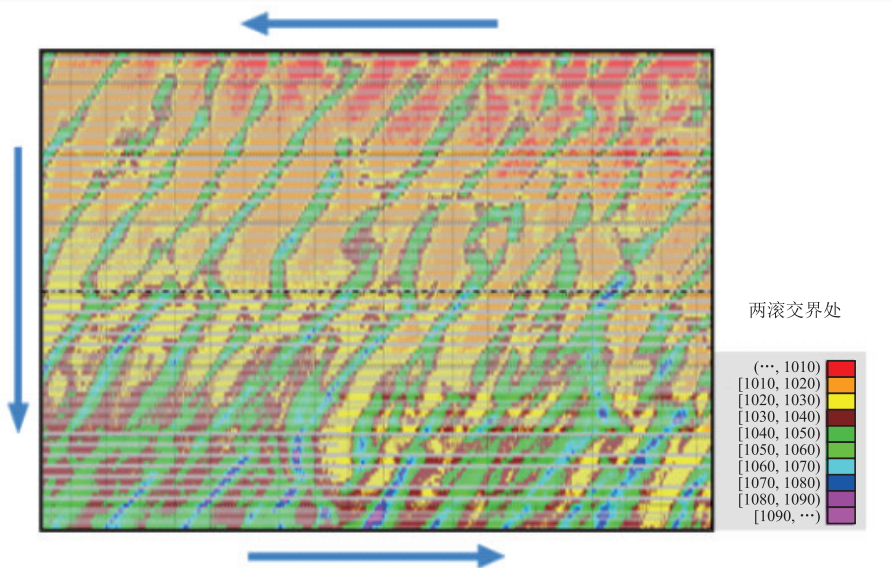


图4 工区范围高程分布图

Fig. 4 Elevation distribution map of work area

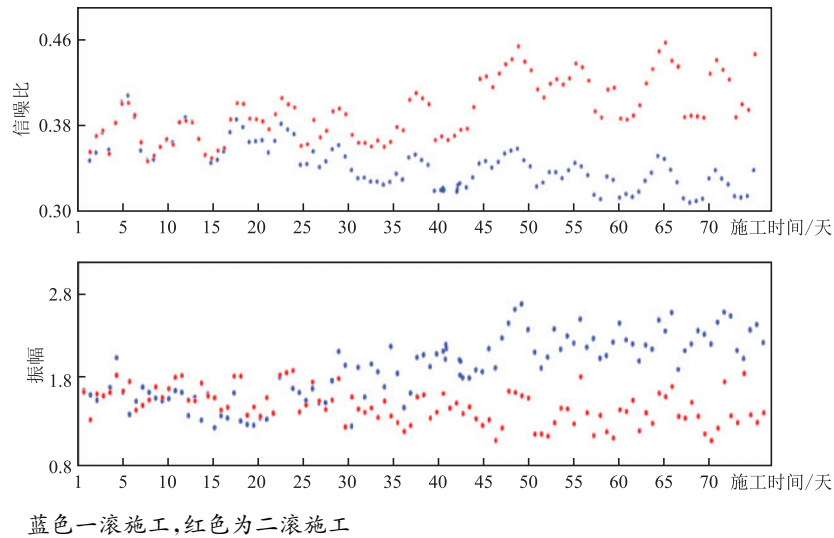


图5 一二滚交界处炮点属性分布散点图

Fig. 5 Scatter plot of shot attribute distribution at the junction of the first and second rolls

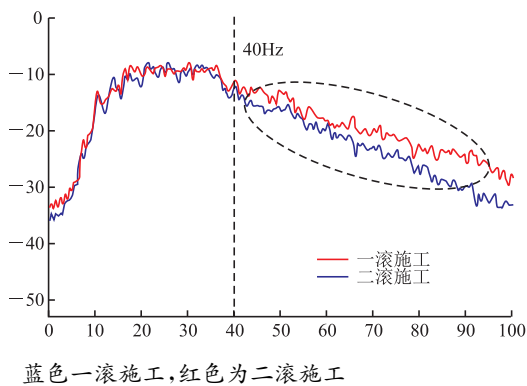


图6 一二滚交界处相邻单炮频谱分析

Fig. 6 Analysis of spectrum of adjacent single shot at the junction of the first and second rolls

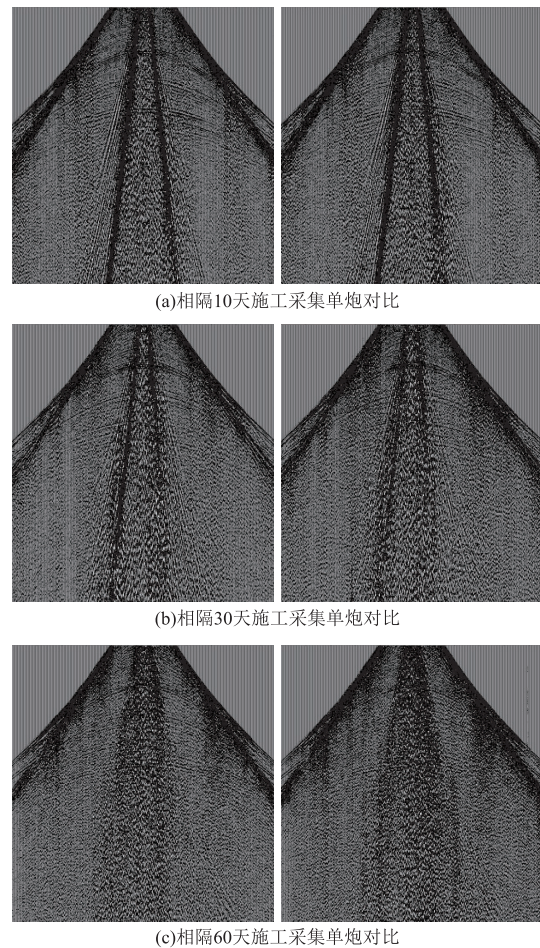
表3 不同季节采集单炮属性差异表

Tab. 3 Difference table of single shot attributes collected in different seasons

冬季采集		夏季采集		变化幅度	
能量	信噪比	能量	信噪比	能量	信噪比
0.73	0.48	1.14	0.37	35.96%	-29.73%

2 地震采集剖面分析

选择一二滚交界处的测线,用全工区数据得到统一的静校正量,然后用相同的处理方法参数分别对第一滚采集数据和第二滚采集数据进行去噪、振幅恢复、反褶积处理,得到一二滚相交位置同一测线的两个叠加剖面。如图9所示,叠加剖面左侧窗口一二滚采集时间间隔25天左右,右侧窗口一二滚采



左为第一滚施工,右为第二滚施工

图7 一二滚交界处相邻单炮对比

Fig. 7 Comparison of adjacent single shot at the junction of the first and second rolls

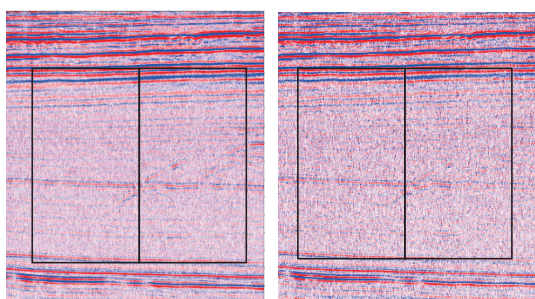
集时间间隔 55 天左右,从叠加剖面的对比结果来看,采集间隔时间越长,叠加剖面的信噪比越低,成像效果越差,其中相隔 55 天左右的右窗叠加信噪比降幅达 23.68%,具体变化见表 4。



左为冬季施工,右为夏季施工

图 8 不同施工季节单炮对比

Fig. 8 Comparison of single shot in different construction seasons



左为第一滚叠加,右为第二滚叠加

图 9 相同位置叠加剖面对比

Fig. 9 Comparison of stacked profiles at the same position

表 4 工区交界处一二滚数据叠加剖面信噪比差异表

Tab. 4 Difference table of signal-to-noise ratio of the first and second roll data superimposed profiles at the junction of the work area

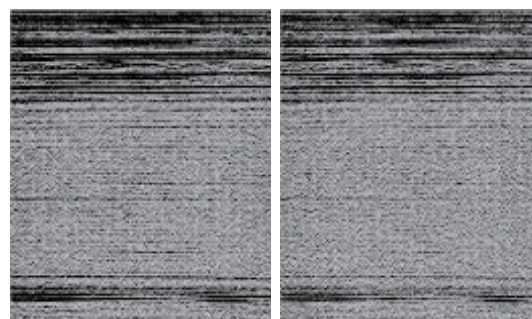
第一滚剖面		第二滚剖面		信噪比变化幅度	
左窗	右窗	左窗	右窗	左窗	右窗
0.81	0.76	0.72	0.58	-11.11%	-23.68%

在退化成与邻区相同观测系统后,采用相同的静校正量,相同的处理手段,得到夏季、冬季两次施工的两组叠加剖面,比较相同位置、相同覆盖次数的叠加剖面。如图 10 所示,相同位置冬季施工的叠加剖面信噪比明显优于夏季施工,从叠加效果来看,冬季施工采集资料品质好于夏季施工,夏季较冬季施工信噪比降幅 30%左右,具体变化见表 5。

表 5 不同季节数据叠加剖面信噪比属性差异表

Tab. 5 Difference table in signal-to-noise ratio attributes of stacked profiles with data from different seasons

冬季施工剖面	夏季施工剖面	信噪比变化幅度
1.03	0.72	-30.23%



左为冬季施工,右为夏季施工

图 10 不同季节施工叠加剖面对比

Fig. 10 Comparison of stacked profiles for construction in different seasons

3 试验分析

为了验证夏季实际采集过程中遇到的资料变化问题,在实际施工阶段分别做了以下试验。

试验 1 温度实验:高温与低温时段采集对比实验,选择同一排炮,自南向北将炮排编号为 1,2,3……160,共 160 炮,白天高温时段(平均地表温度 65°)采集 1,3,5……159;夜晚低温时段(平均地表温度 26°)采集 2,4,6……160。分别对白天采集及夜晚采集的单炮抽取相同检波点位置的道集,计算不同时段采集单炮的平均能量。实验结果显示,同一检波线位置,高温时段采集与低温时段采集相比,能量增幅 4.15%左右,具体变化见表 6。

表 6 不同时段采集实验结果

Tab. 6 Experimental results were collected at different times

夜晚(26°) 能量	白天(65°) 能量	能量变化
4.311	4.49	4.15%

试验 2 湿度实验:将 1 道 36 个检波器埋置后,用水浇透,使检波器埋置位置充分耦合,160 炮激发,分析该道与相邻道能量差异。实验结果表明,浇水后检波器接收能量相较于相邻道降幅为 36.38%,具体变化见表 7。

表 7 检波器浇水实验结果

Tab. 7 Results of the water pouring experiment with the detector

未浇水	浇水	能量变化
3.672	2.451	-36.38%

实验 3 检波器埋置深度实验:在沙丘迎风面与背风面分别选择高程基本相同的相邻检波点,迎风面检波器埋置分别为 40 cm,50 cm,60 cm,背风面

由于受到风沙搬移影响沙丘松散,选择 60 cm, 70 cm, 80 cm 埋深。实验结果显示,随着检波器埋深加大,接收能量都有所降低,且增加相同的埋置深度,迎风面能量降幅效果优于背风面。迎风面由 40 cm 埋深增加至 60 cm 时,能量降幅 17.3%,背风面由 60 cm 埋深增加至 80 cm 时,能量降幅 6.2%,具体变化见表 8。

表 8 检波器埋置深度实验结果

迎风面			背风面		
埋深	能量	变化	埋深	能量	变化
40 cm	3.91	0%	60 cm	4.26	0%
50 cm	3.41	-13.2%	70 cm	4.08	-4.3%
60 cm	3.25	-17.3%	80 cm	3.99	-6.2%

实验结果显示,检波器埋置环境的变化影响采集资料的品质,夏季施工与冬季施工相比,埋置深度、湿度的变化影响检波器的耦合性,使得高频噪音加重,能量加强,而增加检波器埋置深度,正确选择

施工时间有利于提高采集资料的品质。

根据实验结果提出本次施工采集介质埋置环境的变化模式:

如图 11 所示,对于沙丘背风面而言,本次施工 4 月份为第一滚采集,检波器埋置深度 40 cm,假设此时位于较实湿沙层之中,上覆一层 20 cm 较实沙层与 20 cm 松散干沙层,4-5 月份温度开始升高,使较实沙层经过高温蒸发含水降低,变为松散干沙层,5 月份开始进入风季,风沙搬移作用加强,背风面开始堆积最松散的风移沙层,第二滚埋置时,同样埋置 40 cm 深度,此时检波器位于最松散干沙层下的松散干沙层中,当第二滚接收时,风沙作用进一步加强,上覆最松散沙层厚度进一步增加,同时沙层含水进一步降低,与 4 月份接收时相比,此时埋置环境发生较大变化,经过高温烘干以及风沙搬移,检波器埋置在松散的沙层之中,耦合性降低,此时接收的地震记录次生干扰严重,高频噪音严重。

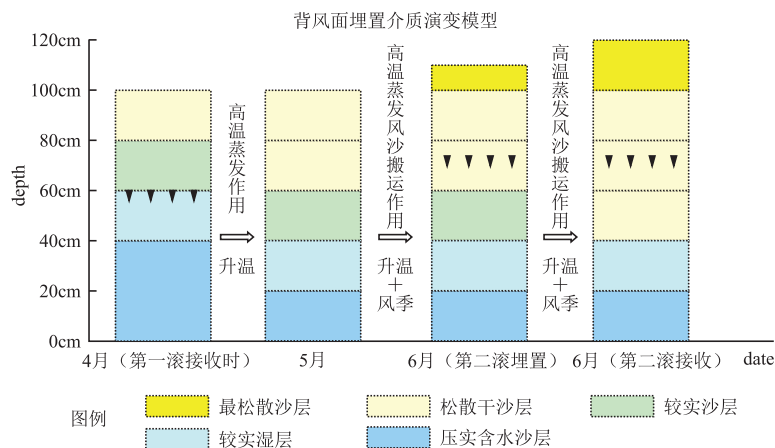


图 11 沙丘背风面检波器埋置介质随时间变化模型

Fig. 11 Time-varying model of embedded medium for detector on the leeward side of dunes

如图 12 所示,对于沙丘迎风面而言,同样 4 月份第一滚接收时检波器埋置在 40 cm 以下的较实湿层之中,6 月份接收时,由于严重的高温烘干以及风沙搬移作用,此时的检波器位于 30 cm 以下的松散干沙层中,同理,相比于第一滚接收,6 月份接收时埋置环境的沙层含水量大大降低,埋置深度减小,检波器耦合性降低,使得接收的地震信号高频噪音严重,造成了 6 月份采集的二滚资料与 4 月份采集的一滚资料相比出现能量增强,信噪比降低的现象。

因此在保证施工质量的前提下,排除施工等人为因素的影响,从采集资料品质变化来看,本次夏季施工历经 4-6 月,由于沙尘暴频发,沙漠地表沙质搬移作用加强,较冬季施工相比,沙漠地表介质厚度

发生一定变化,且松散沙质层变厚,造成检波器埋深发生变化,加之夏季施工地表温度升高,使得沙漠地表沙质含水量减少,检波器耦合性变差,沙丘鸣震及沙粒散射带来的次生干扰加重,严重影响了单炮的信噪比。

4 结论

笔者根据实际施工试验效果,提出了一种基于夏季沙漠地表采集的介质埋置环境变化模式,认为夏季施工由于受风沙搬移及高温天气影响,使得地表沙层含水量降低,沙质疏松,检波器耦合性及埋深难以保证,导致沙丘鸣震及高频次生干扰严重,影响

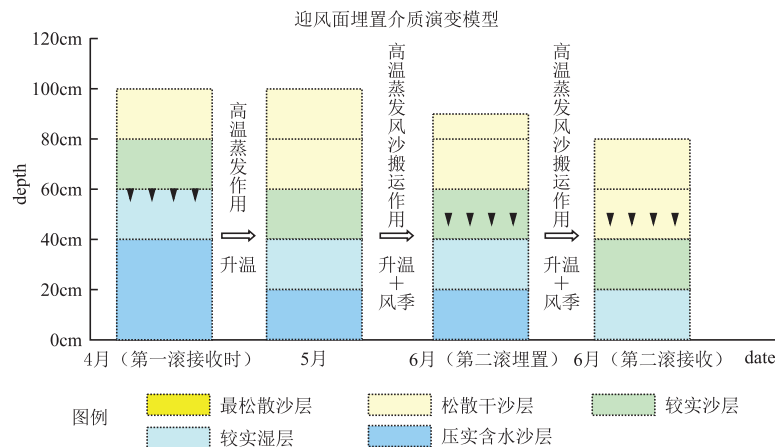


图 12 沙丘迎风面检波器埋置介质随时间变化模型

Fig. 12 Time-varying model of detector embedded medium on the windward side of sand dunes

地震勘探成像效果。建议沙漠地表条件的地震采集应谨慎选择施工时间,根据季节及环境变化及时调整检波器埋置深度,以保证采集资料品质。

参考文献:

- [1] 徐雷良, 宋智强. 南疆沙漠区超深层高密度地震采集方法[J]. 石油地球物理勘探, 2023, 58(1): 83—92.
XU L L, SONG Z Q. Ultra deep and high-density seismic acquisition method in desert area of South Xinjiang[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2023, 58(1): 83—92. (In Chinese)
- [2] 何京国, 张志林, 陈娟, 等. 西部 ZZ 厚沙漠区地震采集关键技术研究[J]. 石油仪器, 2014, 28(6): 84—87.
HE J G, ZHANG Z L, CHEN J, et al. Research of the key technology on seismic acquisition in thick desert area of ZZ in the west[J]. Petroleum Instruments, 2014, 28(6): 84—87. (In Chinese)
- [3] 赵献立. 准中沙漠区地震采集技术[J]. 内蒙古石油化工, 2014, 40(13): 93—96.
ZHAO X L. Seismic acquisition technology in quasi-central desert area[J]. Inner Mongolia Petrochemical Industry, 2014, 40(13): 93—96. (In Chinese)
- [4] 李宗杰, 杨子川, 李海英, 等. 顺北沙漠区超深断溶体油气藏三维地震勘探关键技术[J]. 石油物探, 2020, 59(2): 283—294.
LI Z J, YANG Z C, LI H Y, et al. Three-dimensional seismic exploration method for ultra-deep fault-related dissolution reservoirs in the Shunbei Desert Area[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2020, 59(2): 283—294. (In Chinese)
- [5] 漆立新. 塔里木盆地顺托果勒隆起奥陶系碳酸盐岩超深层油气突破及其意义[J]. 中国石油勘探, 2016, 21(3): 38—51.

QI L X. Oil and gas breakthrough in ultra-deep Ordovician carbonate formations in Shuntuoguole uplift, Tarim Basin[J]. China Petroleum Exploration, 2016, 21(3): 38—51. (In Chinese)

- [6] 焦方正. 塔里木盆地顺北特深碳酸盐岩断溶体油气藏发现意义与前景[J]. 石油与天然气地质, 2018, 39(2): 207—216.
JIAO F Z. Significance and prospect of ultra-deep carbonate fault-karst reservoirs in Shunbei Area, Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2018, 39(2): 207—216. (In Chinese)
- [7] 鲁新便, 胡文革, 汪彦, 等. 塔河地区碳酸盐岩断溶体油藏特征与开发实践[J]. 石油与天然气地质, 2015, 36(3): 347—355.
LU X B, HU W G, WANG Y, et al. Characteristics and development practice of fault-karst carbonate reservoirs in Tahe Area, Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2015, 36(3): 347—355. (In Chinese)
- [8] 邸志欣, 张丽娜, 邓光校. 塔河油田高精度勘探地震采集技术分析与实践[J]. 石油物探, 2016, 55(4): 493—505.
DI Z X, ZHANG L N, DENG G X. Analysis and application on high-precision seismic acquisition technology in Tahe Oilfield[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2016, 55(4): 493—505. (In Chinese)
- [9] 徐颖. 塔河油田高精度三维地震采集参数优化研究[J]. 石油物探, 2014, 53(1): 68—76.
XU Y. Optimization on the high-precision 3D seismic acquisition parameters in Tahe Oilfield[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2014, 53(1): 68—76. (In Chinese)
- [10] 张希明. 新疆塔河油田下奥陶统碳酸盐岩缝洞型油气藏特征[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(5): 17—22.

ZHANG X M. The characteristics of Lower Ordovician fissure-vug carbonate oil and gas pools in Tahe oil

field, Xinjiang[J]. Petroleum Exploration and Development, 2001, 28(5): 17—22. (In Chinese)

Study on the influencing factors of high frequency collected in summer in the Shunbei desert area

WANG Zhiwei¹, GAO Yuhang¹, WU Han², SONG Hui¹

(1. Sinopec Geophysical Research Institute Co., Ltd., Nanjing 211103, China;

2. Sinopec Geophysical Corporation Eastern Branch, Nanjing 210009, China)

Abstract: Shunbei area is located in the hinterland of the Tarim Basin desert. The surface is entirely covered by deserts, with ridges of tall dunes, dramatic elevation changes, and poor excitation and reception conditions. However, the area is rich in oil and gas resources; most are buried deep. The target layer is generally located in the Ordovician system below 7000m underground, which has high requirements for the quality of seismic data acquisition. Correct selection of construction time and excitation and reception conditions are the primary links of seismic exploration, directly affecting the quality of seismic data acquisition. It is the foundation of underground geological imaging. This article introduces the changes in the quality of collected data encountered during the summer construction of collecting data in the SHUB4 area. Through experiments such as the buried temperature, humidity, depth, and shot point recollection of the detector points, it is determined that the collection of data in the desert area in summer is affected by high-temperature evaporation and wind sand movement, resulting in loose surface sand, poor coupling of the detector points, and further aggravating the high frequency collected noise.

Keywords: Shunbei area; seismic acquisition; summer; high frequency collected