doi: 10.11720/wtyht.2020.1483
黄福强,李斌,张异彪,等.西湖凹陷斜缆采集关键参数优选研究[J].物探与化探,2020,44(4):770-777.http://doi.org/10.11720/wtyht.2020.1483
Huang F Q,Li B,Zhang Y B,et al.Optimizing the key acquisition parameters of variable-depth streamer in Xihu sag[J].Geophysical and Geochemical Exploration,2020,44(4):770-777.http://doi.org/10.11720/wtyht.2020.1483

西湖凹陷斜缆采集关键参数优选研究

黄福强,李斌,张异彪,胡斌,冯奇坤
(中石化海洋石油工程有限公司 上海物探分公司,上海 201208)

摘 要: 西湖凹陷是东海最大的含油气凹陷,其主要储层位于中深部,埋藏较深。增加低频信息是解决西湖凹陷主要地质问题的核心之一。斜缆地震采集技术可以有效地压制鬼波,拓宽频带,尤其是低频成分,并且具有野外操作简单、成本低等优势,对解决西湖凹陷的地质问题有利。基于斜缆平均鬼波滤波特性,对斜缆缆型、沉放深度范围等关键采集参数进行了理论分析;通过二维野外试验,对不同斜缆采集模式的单炮记录、偏移剖面开展了进一步的对比研究。结论认为:对于西湖凹陷深部储层,相较于常规水平缆资料,斜缆资料的构造刻画更清楚,频带得到了一定的拓宽。常用的两种斜缆缆型中,直线型斜缆的陷波补偿效应更好,抛物线型斜缆的低频能量更强。在斜缆最浅沉放深度固定时,加大斜缆沉放深度差,有利于获取更多的低频信息。

关键词: 西湖凹陷;斜缆缆型;鬼波;沉放深度范围
中图分类号: P631.4 **文献标识码**: A **文章编号**: 1000-8918(2020)04-0770-08

0 引言

西湖凹陷位于东海陆架盆地东北部,面积约5.18×10^4 km^2,是东海最大的含油气凹陷,具有巨大的勘探潜力[1-2]。研究区位于西湖凹陷西侧,紧邻平湖油气田,距已开发的平湖油气田约21 km,距南部的天外天气田约53 km,是潜在的千亿方大气田,储量规模大,但探明率低。研究区断裂系统复杂,主力储层埋藏较深(3 500~4 700 m),并且储层横向变化较大,储层预测难度大。2010年在研究区开展过常规水平缆的地震采集,具有如下缺点:①电缆长度较短(5 100 m)、覆盖次数较低(51次)、震源容量较小(3 760 in^3),导致中深层反射能量不足,信噪比偏低;②电缆沉放深度单一且较浅(8 m),频带较窄,低频能量不足,不利于中深层成像和特定厚度的储层描述。

为了实现研究区油气勘探的突破,增加低频信息是解决主要地质问题的核心之一。由于海面虚反射的存在,会产生鬼波陷波效应,影响资料的频带宽度。Bearnth等和Amundsen曾对拖缆沉放深度与鬼波陷波频率的变化关系做过早期研究,拖缆沉放深度越深,鬼波陷波频率越低,沉放深度越浅,鬼波陷波频率越高[3-4]。Soubaras和Dowle提出了"Broad-Seis(宽频地震)"的概念,从最近的检波点开始,检波点的深度随偏移距的增加而加深,浅部接收的高频丰富,深部接收的低频丰富,通过宽频处理,进而拓宽地震信号的频带,即斜缆地震采集技术[5]。随后,Soubaras详细介绍了基于镜像偏移的联合反褶积衰减鬼波技术,并进一步发展和完善了该技术[6-9]。Lin等提出了一套优化的斜缆数据处理技术流程,更有利于消除电缆接收端的鬼波,并介绍了CGG在澳大利亚等地区斜缆成效的对比[10-11]。Poole发展了Radon域斜缆衰减鬼波的方法,利用斜缆和水平缆检波器几何关系,得到适用于斜缆数据的Radon域正反变换算子,针对预测出的鬼波记录进行匹配相减[12]。斜缆宽频地震勘探技术自2012年首次在中国近海成功实施以来,国内也开展了相

收稿日期: 2019-10-21; **修回日期**: 2020-05-20
基金项目: 国家重大专项"东海深层低渗—致密天然气勘探开发技术"课题二"深层大中型气田勘探评价技术集成及应用"任务4"深层立体震源—斜缆—OBS联合二维地震采集处理技术"(2016ZX05027-002-004)
作者简介: 黄福强(1988-),男,工程师,学士学位,主要从事海洋地质、地球物理方面的研究工作。Email:18621763931@163.com

万方数据

关的研究,并在南海、东海都得到了应用。张振波等介绍了斜缆宽频采集技术和处理技术在珠江口盆地的应用进展情况,认为斜缆技术可以拓宽地震资料频带,明显改善中深层的成像质量[13-14]。唐进等基于斜缆沉放深度特点以及缆深鬼波滤波算子分析了斜缆采集的宽频机理[15]。周含蕊等基于正演模拟数据对线性斜缆和弧形斜缆的虚反射压制效果进行了对比分析,认为弧形斜缆采集观测系统优于线形斜缆,不仅在波场模拟中表现出较好的特征,而且在虚反射消除的过程中,引入了较小的噪声,能够获得较高信噪比的地震资料[16]。姜雨等分析了斜缆采集在东海西湖凹陷的作业难点和解决方案[17]。刘春成等分析论证了"犁式"斜缆的最深沉放深度、斜缆与水平缆分配比例等关键采集参数,并将分析结果应用到了实际采集中,拓宽了地震资料的高频和低频信息[18]。王建花等介绍了基于波场延拓和反演的斜缆鬼波压制方法,模拟数据和实际数据表明,该方法可以较好地压制鬼波,提高中深层资料成像的品质[19]。李志鹏等提出了基于粗糙海面的最小二乘残差法来压制斜缆的鬼波,认为此方法更符合野外采集中的实际情况,压制鬼波的精度更高[20]。

斜缆地震采集技术可以有效地压制鬼波,拓宽频带,尤其是低频成分,并且,具有野外操作简单、成本较低等优势,有利于解决西湖凹陷深部成像和储层预测的难题。本文在唐进等的研究基础上,基于斜缆平均鬼波滤波特性,对缆型、沉放深度范围等关键采集参数进行理论分析。通过二维野外试验,对不同斜缆采集模式的单炮记录、偏移剖面开展进一步的对比研究,以指导斜缆地震采集技术在西湖凹陷实际工区的应用。

1　斜缆采集关键参数理论优选

由于海面的存在,地震记录上会存在鬼波,产生陷波效应,相当于对一次波进行滤波作用,滤波器为鬼波滤波算子。鬼波滤波算子的频带越窄,对一次波频谱的陷波作用越严重;反之,陷波作用越弱,更有利于接收到宽频地震信号。

在二维水平层状均匀介质情况下,根据地震几何射线的镜像路径可知,斜缆某一检波点接收到的一次波时间 t_1 和鬼波 t_2 时间分别为:

$$t_1 = \sqrt{(2H - h_s - h_r)^2 + x_i^2}/V\ , \qquad (1)$$

$$t_2 = \sqrt{(2H - h_s + h_r)^2 + x_i^2}/V\ , \qquad (2)$$

那么,同一检波点鬼波和一次波的时差为:

$$\tau = t_2 - t_1\ , \qquad (3)$$

该检波点鬼波滤波算子的振幅谱为:

$$G(x_i, h_r, f) = 2 \mid \sin(\pi f \tau) \mid \ 。 \qquad (4)$$

把各检波点的鬼波滤波算子的振幅谱叠加可以得到斜缆平均鬼波滤波特性,表达式为:

$$G_n(f) = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^{n} \mid G(x_i, h_r, f) \mid \ 。 \qquad (5)$$

式中,H 为反射界面的深度,h_s 为炮点深度,h_r 为检波点深度,x_i 为某一检波点对应的偏移距,V 为地震波在水中的传播速度,f 为频率,n 为斜缆的检波点个数。

基于式(1)~(5)可知,在 H、V 和 h_s 一定的情况下,斜缆平均鬼波滤波特性与每个检波器深度 h_r 和偏移距 x_i 有关。

地震采集参数是影响地震资料成像品质的重要因素,海上传统水平缆地震采集作业前,根据地质目的,需要对覆盖次数、电缆长度、电缆数、电缆间距、沉放深度、震源性能、炮间距等进行论证。斜缆地震采集的电缆布设方式多样,除了水平缆论证的一些参数外,还有必要针对斜缆采集的缆型、不同沉放深度范围等关键参数进行优选。

1.1　缆型优选分析

斜缆采集中,各个检波点的沉放深度不同,斜缆缆型有多种。目前常用的主要有:直线型和抛物线型。直线型斜缆检波器从最浅到最深深度均匀分布,在不同深度均有检波器;抛物线型斜缆检波器从近到远斜率逐渐减小,到尾端趋近与水平,浅部检波器密度小于深部。西湖凹陷经过多年的地震资料采集实践,电缆长度、震源沉放深度等常规参数已经做过充分的论证,根据前人的研究成果,为了满足最深目的层 T_3^4(该层为平湖组底,深度为 6 160 m、层速度为 5 097 m · s^{-1})成像的需求,斜缆长度为 7 200 m,震源沉放深度为 7 m。基于前人研究的平缆主要参数,研究斜缆不同缆型对平均鬼波滤波特性的影响。图 1 是不同斜缆缆型示意及其针对最深目的层 T_3^4 斜缆平均鬼波滤波特性振幅谱对比。从图 1b 可以看出,直线型斜缆的陷波补偿效应优于抛物线型斜缆,频谱更光滑,但是,低频能量不如抛物线型斜缆强。

1.2　沉放深度范围优选分析

在同一缆型,其他参数不变的情况下,研究沉放深度范围对斜缆平均鬼波滤波特性的影响。图 2b 和图 3b 是直线型斜缆、抛物线型斜缆针对最深目的层 T_3^4,最大沉放深度固定在 40 m,最浅沉放深度分别为 5、9、20 m 的斜缆平均鬼波滤波特性。通过对

万方数据

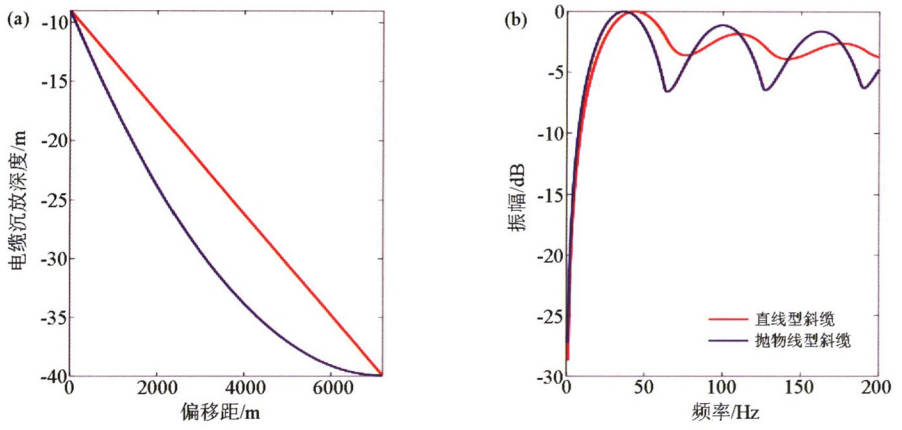


图 1 不同缆型示意(a)及其平均振幅谱(b)

Fig.1 Different streamer modes(a) and the average amplitude spectrum(b)

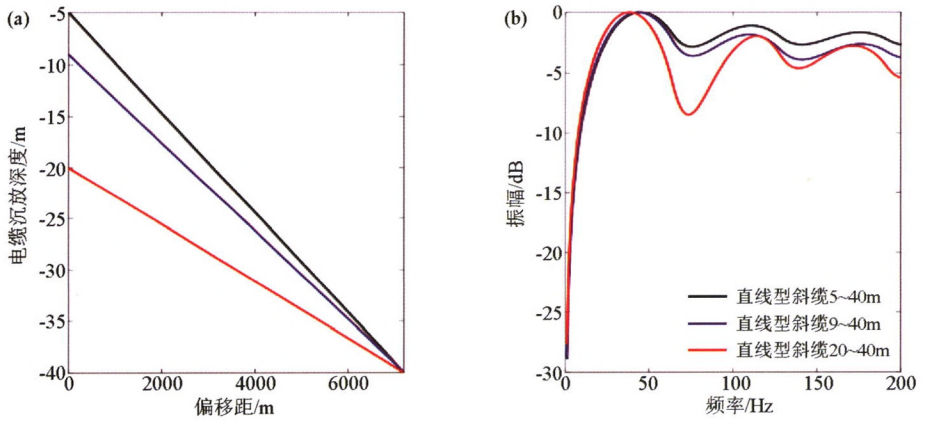


图 2 不同最浅沉放深度直线型斜缆示意(a)及其平均振幅谱(b)

Fig.2 Linear variable-depth streamers with different minimum sinking depths(a) and the average amplitude spectrum(b)

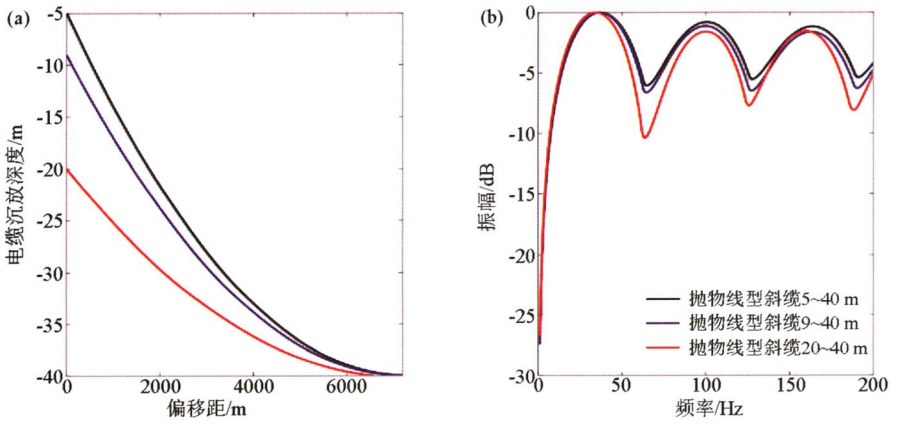


图 3 不同最浅沉放深度抛物线型斜缆示意(a)及其平均振幅谱(b)

Fig.3 Parabolic variable-depth streamers with different minimum sinking depths(a) and the average amplitude spectrum(b)

比可以看出,最浅沉放深度为 5 m 时,陷波补偿效应最好,9 m 时较优,20 m 时效果最差,最浅沉放深度越浅越好。但是,电缆沉放深度浅,受风、涌、浪等影响就越大,影响资料的信噪比,所以实际上最浅沉放深度的选择范围非常有限,结合以往的经验,斜缆最浅的沉放深度固定在 9 m 为宜,既能较好地补偿陷波效应,又能提供较高的信噪比资料。

图 4b 和图 5b 为直线型斜缆、抛物线型斜缆针对最深目的层 T_3^4,最浅沉放深度固定在 9 m,最深沉放深度分别为 20、30、40 m 的斜缆平均鬼波滤波特性。通过对比可以看出,最深沉放深度为 40 m 时,陷波补偿效应最好,并且低频更强,30 m 时较优,20 m 时最差,最深沉放深度越深陷波补偿效应越好。

万方数据

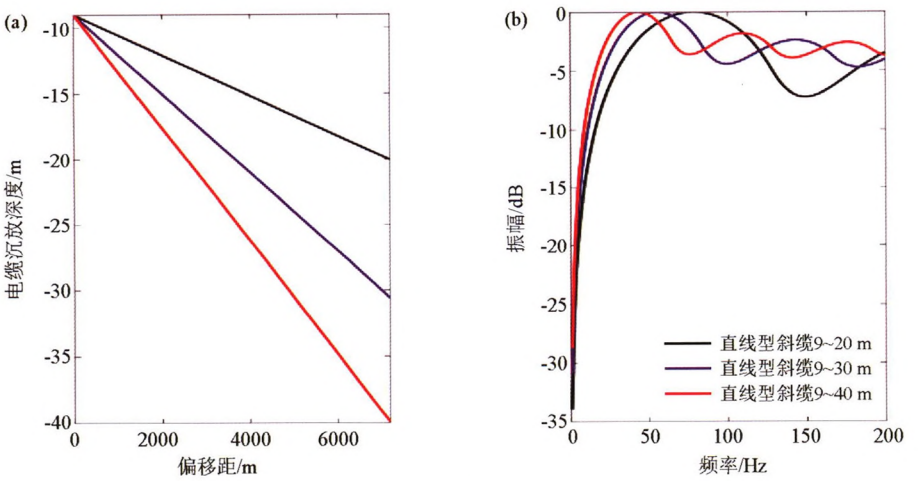


图 4　不同最深沉放深度直线型斜缆示意(a)及其平均振幅谱(b)

Fig.4　Linear variable-depth streamers with different maximum sinking depths(a) and the average amplitude spectrum(b)

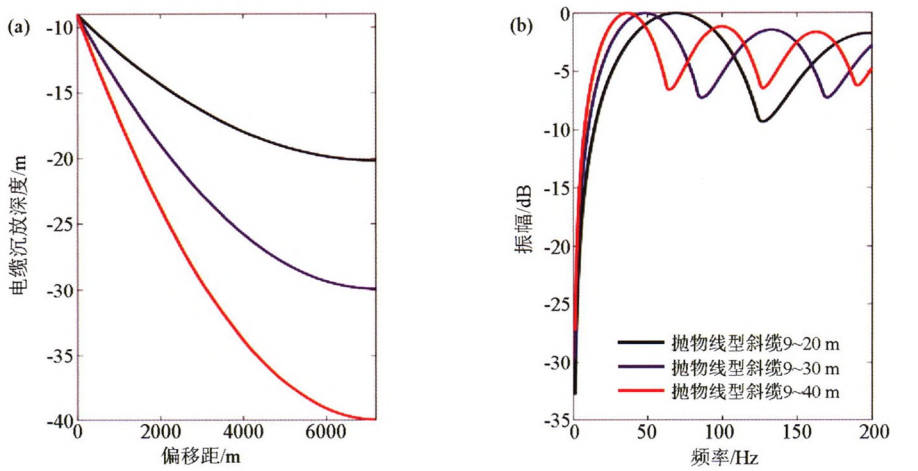


图 5　不同最深沉放深度抛物线型斜缆示意(a)及其平均振幅谱(b)

Fig.5　Parabolic variable-depth streamers with different maximum sinking depths(a) and the average amplitude spectrum(b)

斜缆最深沉放深度的选取除了要考虑平均鬼波滤波特性外,还需要结合斜缆硬件沉放能力、勘探工区水深和目的层埋深等。目前,主流斜缆设备最深沉放深度一般为 50 m,当沉放深度大于 50 m 时,地震采集系统就停止工作,所以斜缆最深沉放深度要小于 50 m。海洋地震资料采集,多次波是最主要的噪音干扰,特别是浅水区的多次波影响极其严重,斜缆宽频采集的目的在于拓展低频段信息。对于浅水区斜缆宽频地震采集,受海水深度的影响,一次有效反射波与鬼波、一阶多次波往往难以很好地区分,这样采用斜缆宽频采集,不同沉放深度位置的检波器的鬼波陷波不同,浅水区宽频采集接收到的低频信号往往受海底多次干扰难以实现一次波和鬼波的有效区分,不利于后续处理中去除多次波和电缆鬼波。对于浅水区宽频地震采集来说,为了更好地区分有效波、鬼波和一阶多次波,脉冲主瓣的宽度要大于 1/4 波长,即:

$$h - h_s - h_r > V/8f \,, \tag{6}$$

式中,h 为海底深度,h_s 为炮点深度,h_r 为检波点深度,V 为地震波在水中的传播速度(1 500 m · s^{-1}),f 为频率。

研究区水深在 75 ~ 85 m,最深目的层 T_3^4 埋深 6 160 m,震源沉放深度为 7 m,有效频率范围为 5 ~ 40 Hz,由上述公式可以算出,对于 T_3^4 来说,h_r 应小于 30.5 ~ 40.5 m。所以综合斜缆平均鬼波滤波特性、设备限制以及浅水区斜缆采集的特点,斜缆的最深沉放深度设置在 30 ~ 40 m 为宜。

2　原始试验数据分析

斜缆平均鬼波滤波特性是从理论频宽的角度分析不同斜缆采集参数对资料的影响,为了从实际资料角度进一步优选斜缆关键采集参数,开展了野外试验,具体试验方案见表 1。

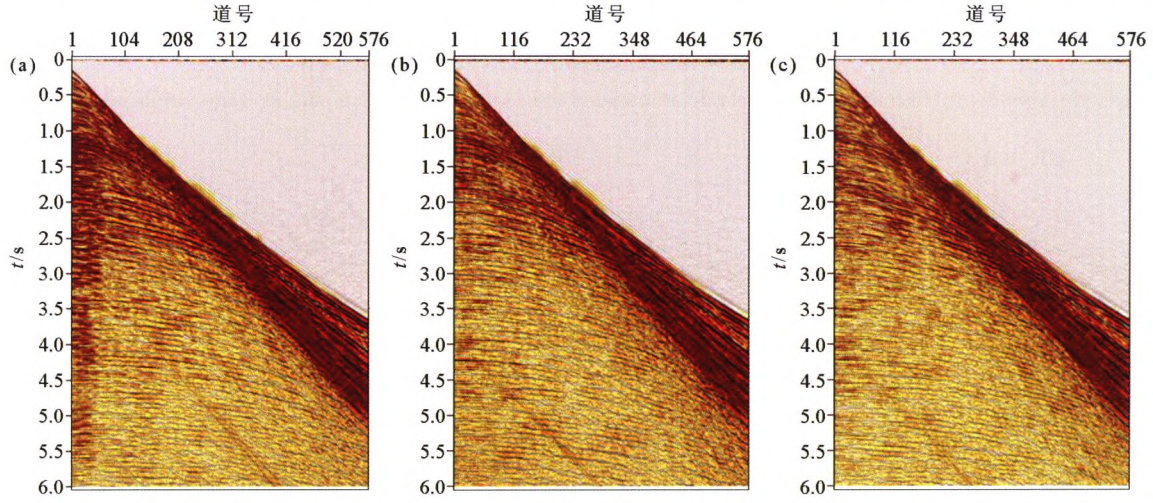
万方数据

表 1 西湖凹陷某靶区斜缆野外试验参数表

Table 1 Field test parameter table of variable-depth streamer in Xihu Sag

方案	斜缆缆型	电缆沉放深度/m	电缆长度/m	覆盖次数	震源容量/in^3	震源沉放深度/m
1	抛物线型	9~30	7200	96	5800	7
2	抛物线型	9~40	7200	96	5800	7
3	直线型	9~40	7200	96	5800	7

图 6 是同一位置以上 3 种方案的原始单炮记录对比,图 7 是其频谱及信噪比对比(分析时窗 2.5~4.5 s)。通过对比可以看出:频谱上,相较于方案 1(抛物线型斜缆:9~30 m)和方案 2(抛物线型斜缆:9~40 m),方案 3(直线型斜缆:9~40 m)的有效频宽最宽,高频成分最丰富,但是方案 2 的低频成分更强;信噪比上,在低频段(<10 Hz)方案 2 的信噪比最强,中高频段方案 3 的信噪比最强。从原始单炮记录的分析来看,只考虑低频信息,应选方案 2;如果既要低频信息又要兼顾高频信息应选方案 3。



a—抛物线型 9~30 m;b—抛物线型 9~40 m;c—直线型 9~40 m

a—9~30 m parabolic streamer;b—9~40 m parabolic streamer;c—9~40 m linear streamer

图 6 同一位置不同斜缆采集模式的原始单炮

Fig.6 Raw shots of the different streamer mode at the same location

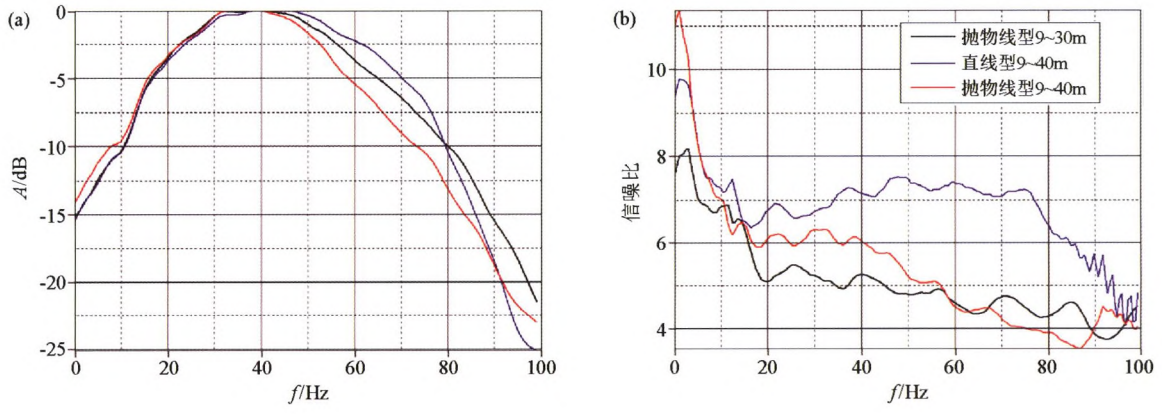


图 7 原始单炮频谱对比(a)及信噪比对比(b)(分析时窗:2.5~4.5 s)

Fig.7 Specrtum (a) and S/N ratio (b) of the raw shots (Analysis windows:2.5~4.5 s)

3 成像剖面对比

斜缆采集的地震数据需要进行相应的宽频处理,才能达到最佳的效果。以下是西湖凹陷研究区斜缆试验数据的关键处理步骤:

1)子波处理:消除气泡影响,压制震源端鬼波,零相位化处理;

2)电缆端鬼波压制:2D 稀疏 τ-p 域反演去斜缆鬼波;

3)波场延拓基准面校正:将斜缆各检波器沉放深度以 f-k 域波场延拓方法向上延拓到同一水平基

万方数据

准面,以便后续处理;

4) 多次波组合衰减:浅水去多次(SWD)、SRME、高精度拉东变换去多次波、多道预测反褶积;

5)时变 Q 补偿和叠前时间偏移。

图 8 是同一处理流程下,同一缆型(抛物线型)不同沉放深度范围的偏移剖面对比。可以看出,浅、中部地层两者的成像质量相差不大;但在深部地层(2.8~4 s),9~40 m 沉放范围的资料的信噪比和分辨率都要优于 9~30 m 的资料。这是由于在最浅沉放深度一致的情况下,加大斜缆的最深沉放深度,即加大斜缆沉放深度差,在原始采集资料上可以获取更多的低频信息,并且野外受环境噪声的干扰更小,信噪比更高,所以 9~40 m 的沉放深度范围要优于 9~30 m。

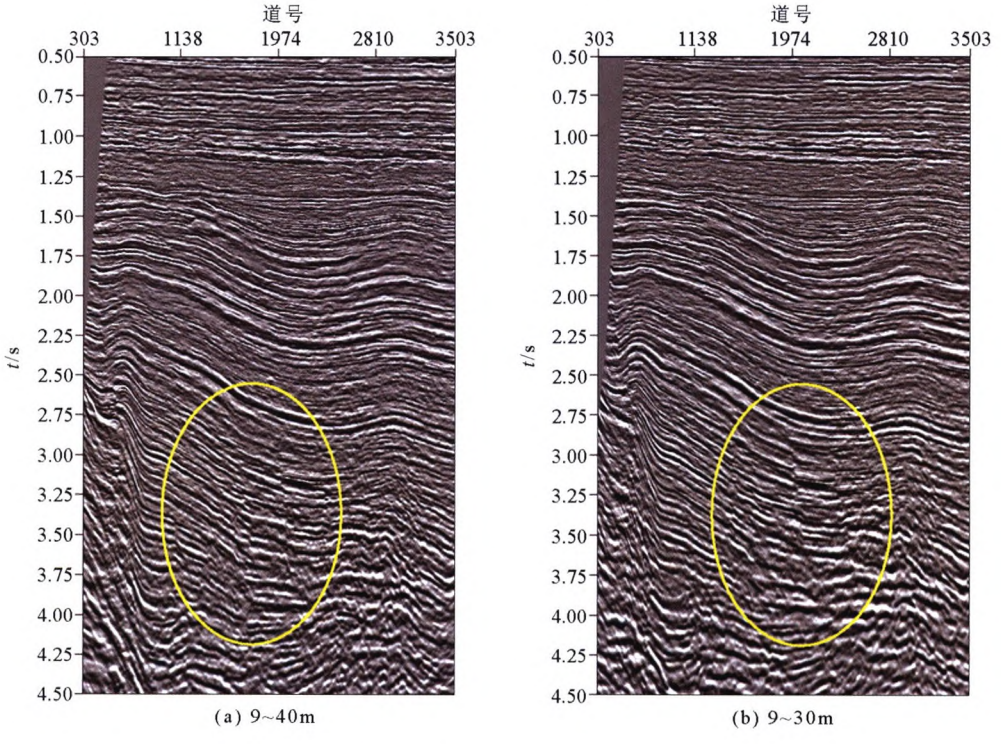


图 8　不同沉放深度范围斜缆偏移剖面对比

Fig.8　Compared with different variable-depth streamer depth range migration

图 9 是同一处理流程下,同一沉放深度范围不同缆型的偏移剖面及其频谱对比。可以看出,在2.8~4 s 的深部时窗,直线型斜缆比抛物线型斜缆成像更清晰,同相轴连续性更好;但是抛物线型斜缆的信噪比和低频能量要优于直线型,低频可低至 3~8 Hz(-6 dB)。这是由于抛物线型斜缆相较于直线型,前半段电缆沉放深度随偏移距变化较快,电缆沉放深度快速地降至较深的范围,后半段电缆基本都处在较深的深度上,抛物线型斜缆各道的平均深度要大于直线型,能接收更多的低频信息。

图 10 是同一位置,斜缆(覆盖次数 96 次)与经过宽频处理后的水平缆老数据(覆盖次数 51 次)的偏移剖面及其对比。可以看出,在 2.8~4 s 的深部时窗,相较于老资料,斜缆资料的构造形态更加清晰,不仅得益于覆盖次数的提高,而且也得益于低频和高频信息的拓宽,拓频达 15 Hz 左右,信噪比也有所增强,更有利于储层预测。

4　结论

可以利用斜缆平均鬼波滤波特性优选缆型、沉放深度范围等斜缆关键采集参数。直线型斜缆和抛物线型斜缆在平均鬼波滤波特性上各有利弊,直线型斜缆的陷波补偿效应更好,频谱更光滑,但是,低频能量不如抛物线型斜缆强。在斜缆缆型、缆长和最浅沉放深度固定的情况下,增加斜缆的最深沉放深度有利于补偿陷波效应,斜缆的最深沉放深度越深,低频能量越强。

野外试验资料表明,在西湖凹陷深部储层,相较于传统平缆,斜缆资料的频带更宽,构造刻画更清晰,是解决西湖凹陷深部储层刻画等主要地质问题的有利技术。直线型斜缆的分辨率略优于抛物线型斜缆,但是抛物线型斜缆具有更多的低频,更高的信噪比。在斜缆最浅沉放深度固定时,加大斜缆沉放深度差,有利于获取更多的低频信息。

万方数据

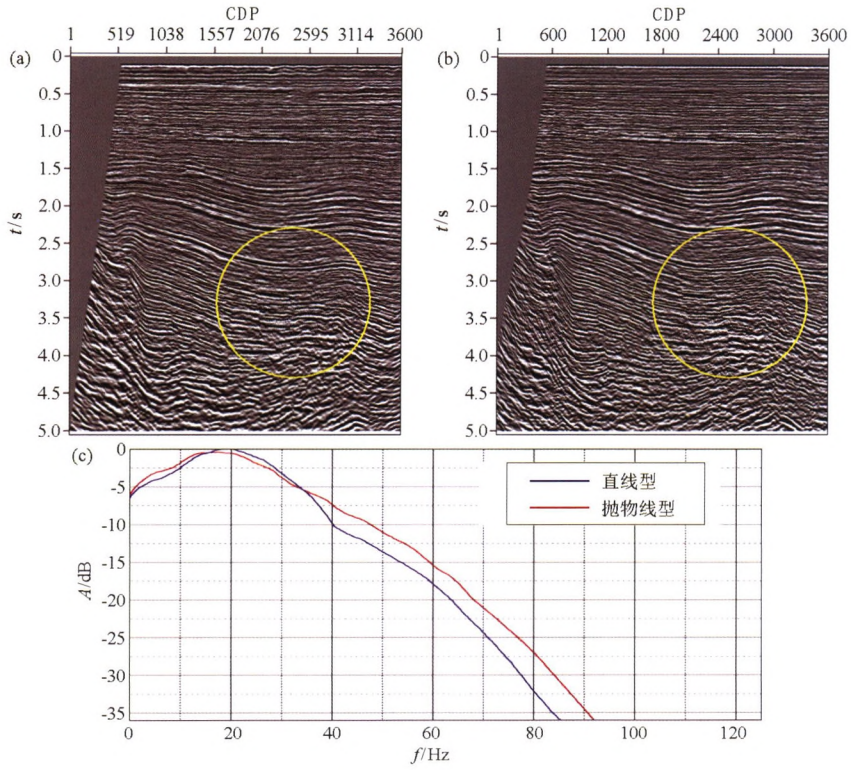


图 9　抛物线型斜缆(a)与直线型斜缆(b)偏移剖面及其频谱(c)对比

Fig.9　The PSTM of parabolic variable-depth streamer(a) and linear variable-depth streamer(b),comparison of their spectrum(c)

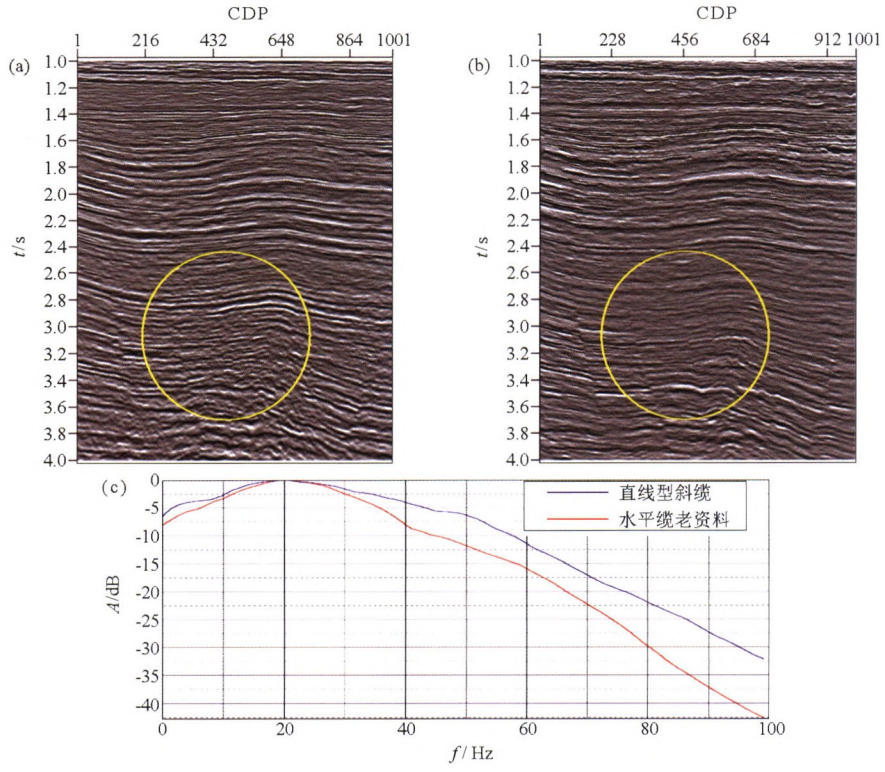


图 10　直线型斜缆(a)与水平缆老资料(b)偏移剖面及其频谱(c)对比

Fig.10　The PSTM of linear variable-depth streamer(a)and horizontal streamer(b),comparison of their spectrum(c)

参考文献(References):

[1]　周心怀,蒋一鸣,唐贤君.西湖凹陷成盆背景、原型盆地演化及勘探启示[J].中国海上油气,2019,31(3):1－10.

Zhou X H,Jiang Y M,Tang X J.Tectonic setting,prototype basin evolution and exploration enlightenment of Xihu sag in East China sea basin[J].China Offshore Oil and Gas,2019,31(3):1－10.

[2]　叶加仁,顾惠荣,贾健谊.东海西湖凹陷油气地质条件及其勘探潜力[J].海洋地质与第四纪地质,2008,28(4):111－116.

万方数据

Ye J R,Gu H R,Jia J Y.Petroleum geological condition and exploration potential of Xihu depression,East China sea[J].Marine Geology & Quaternary Geology,2008,28(4):111 - 116.

[3] Beamth R E,Moore N A.Broad-band recording through ghost elimination [C]//22nd Offshore Technology Conference,1990:579 - 584.

[4] Amundsee L.Wavenumber-based filtering of marine point-source data[J].Geophysics,1993,58(9):1335 - 1348.

[5] Soubaras R,Dowle R.Variable-depth streamer-a broadband marine solution[J].First Break,2010,28(12):89 - 96.

[6] Soubaras R.Deghosting by joint deconvolution of a migration and a mirror migration[C]//SEG Technical Program Expanded Abstracts,2010,29(1):3406 - 3410.

[7] Soubaras R,Dowle R,Sablon R.BroadSeis:Enhancing interpretation and inversion with broadband marine seismic[J].CSEG Recorder,2012,9:41 - 46.

[8] Soubaras R.Pre-stack deghosting for variable-depth streamer data[C]//SEG Technical Program Expanded Abstracts,2012:1 - 5.

[9] Soubaras R,Lafet Y.Variable-depth streamer acquisition: Broadband data for imaging and inversion[J].Geophysics,2013,78(2):WA27 - WA39.

[10] Lin D,Sablon R,Gao Y.Optimizing the processing flow for variable-depth streamer data[J].First Break,2011,29(9):89 - 95.

[11] Lin D,Sablon R,Gao Y,et al.Challenges in processing variable-depth streamer data[C]//SEG Technical Program Expanded Abstracts,2011,30:82 - 86.

[12] Poole G.Pre-migration receiver de-ghosting and re-datuming for variable depth streamer data[C]//SEG Technical Program Expanded Abstracts,2013:4216 - 4220.

[13] 张振波,李东方.斜缆宽频地震勘探技术在珠江口盆地的应用[J].石油地球物理勘探,2014,49(3):451 - 456,414.
Zhang Z B,Li D F.Variable-depth streamer seismic acquisition and processing in Pearl River Mouth Basin[J].Oil Geophysical Prospecting,2014,49(3):451 - 456,414.

[14] 张振波,李东方,轩义华,等.白云凹陷深水复杂构造区斜缆地震资料处理关键技术及应用[J].石油物探,2014,53(6):657 - 664.
Zhang Z B,Li D F,Xuan Y H,et al.Variable-depth streamer seismic data processing in deepwater complex structure area of Baiyun Sag[J].Geophysical Prospecting for Petroleum,2014,53(6):657 - 664.

[15] 唐进,杨凯,顾汉明,等.海上变深度缆地震采集宽频机理分析[J].地球物理学进展,2015,30(5):2386 - 2392.
Tang J,Yang K,Gu H M,et al.The broadband mechanism analysis for marine variable-depth streamer acquisition[J].Progress in Geophysics,2015,30(5):2386 - 2392.

[16] 周含蕊,宋建国,宫云良.两种斜缆采集正演模拟及虚反射压制效果分析[J].CT 理论与应用研究,2016,25(3):319 - 330.
Zhou H R,Song J G,Gong Y L.Effectiveness analysis of forward modeling and ghost suppression for two kinds of variable-depth streamer acquisitions[J].CT Theory and Applications,2016,25(3):319 - 330.

[17] 姜雨,陈华,姚刚,等.海上变深电缆宽频宽方位地震采集现场作业难点及解决方案[J].海洋石油,2016,36(4):8 - 13.
Jiang Y,Chen H,Yao G,et al.Difficulties and solutions to the offshore seismic survey with variable-depth streamer and wide-azimuth[J].Offshore Oil,2016,36(4):8 - 13.

[18] 刘春成,陶杰,焦振华,等.海洋"犁式"电缆采集技术研究与实践[J].石油地球物理勘探,2016,51(6):1069 - 1074,1047.
Liu C C,Tao J,Jiao Z H,et al.Marine plow streamer acquisition[J].Oil Geophysical Prospecting,2016,51(6):1069 - 1074,1047.

[19] 王建花,王艳冬,刘国昌.基于波场延拓和反演的变深度缆地震数据鬼波压制方法[J].石油地球物理勘探,2017,52(5):885 - 893,877.
Wang J H,Wang Y D,Liu G C.A deghosting method on variable-depth streamer data based on wavefield extrapolation and inversion[J].Oil Geophysical Prospecting,2017,52(5):885 - 893,877.

[20] 李志鹏,何兵寿,杨佳佳,等.基于粗糙海面的最小二乘残差法变深度缆接收点鬼波压制技术[J].中国海上油气,2018,30(5):71 - 80.
Li Z P,He B S,Yang J J,et al.Ghost wave suppression technique for variable depth cable receiving points via rough sea surface-based least squares residuals method[J].China Offshore Oil and Gas,2018,30(5):71 - 80.

Optimizing the key acquisition parameters of variable-depth streamer in Xihu sag

HUANG Fu-Qiang,LI Bin,ZHANG Yi-Biao,HU Bin,FENG Qi-Kun

(*Shanghai Geophysical Branch,Sinopec Offshore Oilfield Services Company,Shanghai* 201208,*China*)

Abstract: The Xihu sag is the largest oil-bearing sag in the East China Sea.The main reservoir of the Xihu sag is located in the middle and deep strata.Adding low frequency information is one of the core issues for solving the main geological problems in the Xihu sag.The variable-depth streamer acquisition technology can effectively suppress ghost waves,broaden the frequency band,especially the low frequency,and has the advantages of simple field operation and low cost,which is beneficial to solving the geological problems of the Xihu sag.Based on the average ghost filter of variable-depth streamer,the key acquisition parameters are theoretically analyzed,such as streamer mode and the streamer depth range.Through 2D field test,a further comparative study was carried out on the raw shot and PSTM record.It is concluded that,for the deep reservoirs of the Xihu sag,the variable-depth streamer is more clearly structured than the conventional horizontal streamer data,and the frequency band has been broadened. Among the two commonly used streamer modes,the linear streamer has better notch compensation effect,and the parabolic streamer has higher low frequency energy.When the shallowest depth of the variable-depth streamer is fixed,increasing the depth range is beneficial to obtaining more low frequency information.

Key words: Xihu sag;variable-depth streamer mode;ghost;variable-depth streamer depth range

(本文编辑:叶佩)

万方数据