

OBN 资料多分量联合横波噪音 衰减技术及在莺歌海盆地某区的应用

张敏¹, 孙雷鸣¹, 史文英¹, 王新领¹, 张兴岩^{1,2}

(1. 中海油田服务股份有限公司物探事业部物探研究院, 湛江 524075;

2. 中国矿业大学, 徐州 221116)

摘要: 在 OBN 地震资料处理中, Z 分量的横波噪音压制一直是纵波处理的关键环节, 横波噪音压制的好坏直接影响 Z 分量的数据品质, 对后续双检合并起着至关重要的作用。横波噪音具有强振幅、相干性、低频、低速等特点, 并且三维空间上呈锥形。针对横波噪音的特点, 笔者提出一种利用 OBN 资料多分量数据进行联合横波噪音衰减技术。首先将 XY 分量中记录的横波信号与 Z 分量进行联合匹配得到 Z 分量的横波噪音模型, 并在交叉域共检波点道集上对数据和噪音模型进行三维曲波正变换, 引入最小平方法对有效信号和横波噪音进行匹配减, 最后再进行三维曲波反变换, 达到压制此噪音的效果。该方法应用于莺歌海盆地某区 OBN 实际地震资料中有效地压制了 Z 分量横波噪音, 为后续处理提供了高品质地震数据。

关键词: 三维曲波变换; OBN 多分量; Z 分量; 横波噪音模型; 交叉域

中图分类号: P631

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1001-1749.2024.02.05

0 引言

随着我国海上油气勘探难度的增加, 海底节点技术得到了大力推广, 其高覆盖、宽方位和宽频带的地震数据对解决特殊地质构造成像有着极大的优势^[1-3]。目前多波多分量海底节点地震资料处理技术已得到广泛应用, 其利用 P 分量和 Z 分量合并压制鬼波的方法被认为是目前压制鬼波最有效的手段^[4]。但在合并前, 常常会发现 Z 分量的信噪比低, 其有效信号基本被横波噪音掩盖, 难以获得很好的鬼波压制效果。国外大部分学者一致认为三分量仪器缺陷是产生噪音的主要原因^[5-6]。但 WEI Jidong^[7] 和 PODRIGUEZ-SUAREZ C 等^[8] 通过大量的正演模拟实验以及实际数据测试证明横波噪音主要来源于海底反射的上行波形成的转换波, 而非海底反射的下行波形成的转换波。Paffenhokw^[9] 则认为该横波能量振幅强度与海底深度无关, 主要与检波器耦合情况及海底环境相关。

横波噪音在海底节点采集的 Z 分量数据中振幅较强, 在共检波点道集为强相干性的曲线特征。因此前人在共检波点道集上做了大量的测试^[10]。国内主要采用 F-K 滤波压制^[11]、利用 tau-p 变换或小波变换进行噪音识别^[12-14]。国外主要采用视速度差滤波法^[15]、多域组合横波噪音衰减方法^[16]以及基于线性拉东变换法^[17]等。这些常规的方法都是利用横波噪音在共检波点道集上的相干性, 通过频率、速度以及曲率等特征的差异进行压制, 然而在近道会有很强的噪音残留。此外周家雄等^[11]首次利用二维曲波变换的多尺度、多方向性、时频局域等特性进行噪音压制, 虽然取得了较好的效果, 但未考虑噪音的三维空间特征。王艳冬等^[10]提出基于三维 tp 稀疏域横波噪音压制, 虽然考虑了噪音的三维特征, 但三维稀疏 tp 变换, 缺少多方向性以及时频局域, 其局部识别能力较差。其次范宝仓等^[12]提出利用三维小波变换进行横波噪音压制也取得了较好的效果。虽然考虑了噪音的三维特征, 但小波变换的基函数是没有方向的, 以“点”为最小单位描述信

收稿日期: 2022-09-03

基金项目: 中国海洋石油集团有限公司科技项目(CCL2020HNF0043B01)

第一作者: 张敏(1992-), 男, 工程师, 主要从事海洋地震资料处理及软件开发工作, E-mail: 598518663@qq.com。

号,难以描述记录复杂波场信号的地震数据。

曲波变换是近年来兴起的信号处理方法^[18-20],其分频分方向的信号分解能力和局部识别能力,在复杂信号的细节分离上有明显的优势^[19-21]。常规的地震资料处理大多利用二维曲波变换。然而目前地震资料早已进入三维四维处理时代,依然采用二维的处理手段,不仅不利于三维信息的挖潜,还会对处理效果造成影响^[22-23]。

因此针对此噪声的特点,笔者提出基于三维曲波变换的 OBN 多分量横波噪音压制技术。首先采用 XY 分量与 Z 分量进行联合匹配,得到 Z 分量的横波噪音模型,再将数据抽到十字交叉排列的三维道集上,利用三维曲波变换为多方向、多尺度和多频率特性,将其变换到三维曲波域,并引入最小二乘滤波算法真正的在三维空间上进行匹配减,最后再进行三维曲波反变换,从而得到横波噪音压制后的 Z 分量。

1 OBN 垂直分量横波噪音特征

OBN 一般是四分量采集,其中 P 和速度型检波器 Z 分量记录纵波信号,XY 分量记录转换横波信号。如图 1 所示,在莺歌海盆地某区 OBN 四分量共检波点道集。其中 XY 分量噪音较少;水检 P 分量以大值和外源噪音为主;而 Z 分量仅仅能看到比较微弱的纵波信号,大部分有效信号被横波噪音掩盖,因此横波噪音的压制对 Z 分量有效信号恢复起

着至关重要的作用,它直接关系到后续双检合并的效果。

从图 2 所示 Z 分量不同频带滤波的结果,可以看出,在 4 Hz 以下噪音主要集中在近偏移距,而 4 Hz~32 Hz 噪音能量最强,有效信号完全被掩盖。其次该噪音在近偏移距以高速低频相干性特征为主,然而在远偏移距以低速高频相干性为主,有很强的频散效应。横波噪音在空间上特征变化较快,因此利用三维曲波变换的局部判别能力可以很好地识别。此外还可以看出横波噪音主要集中在 60 Hz 以下,在后续的处理中主要针对 60 Hz 以下的信号进行处理,不仅可以提高处理效率,还能最大程度保护有效信号。

图 3 为 Z 分量共检波点道集和共炮点道集以及十字交叉示意图和道集,在共炮点道集上横波噪音呈现强随机信号特征,难以识别;在共检波点道集上呈低速相干双曲线同相轴特征,但在近道由于速度差异小难以与有效信号区分,传统的方法难以进行有效去除,甚至会损伤有效信号。其次对于一个海底节点而言,与其对应的所有炮点数据抽到一个道集里,则是一个三维数据体,再按照炮点位置正交排列则是一个共检波点十字交叉排列道集^[12]。如图 3(d)可以看出横波噪音在三维空间体上呈三位锥形,其水平切片为椭圆形。笔者也将利用横波噪音在三维空间展布的特征在三维数据体上进行去噪,相对于二维多一个维度约束,更加有利于噪音压制和有效信号的保护。

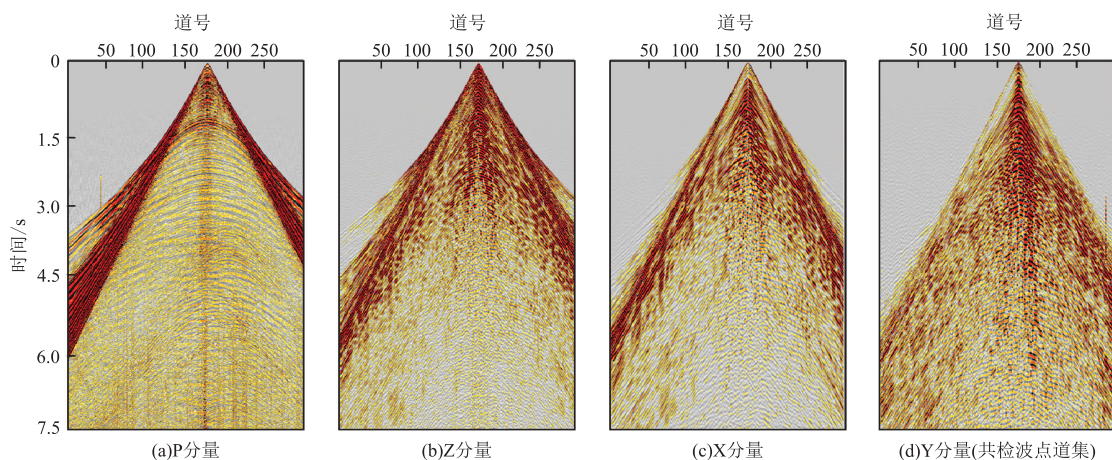


图 1 莺歌海盆地某区 OBN 各分量共检波点道集

Fig. 1 The common receiver of OBN components in Yinggehai Basin

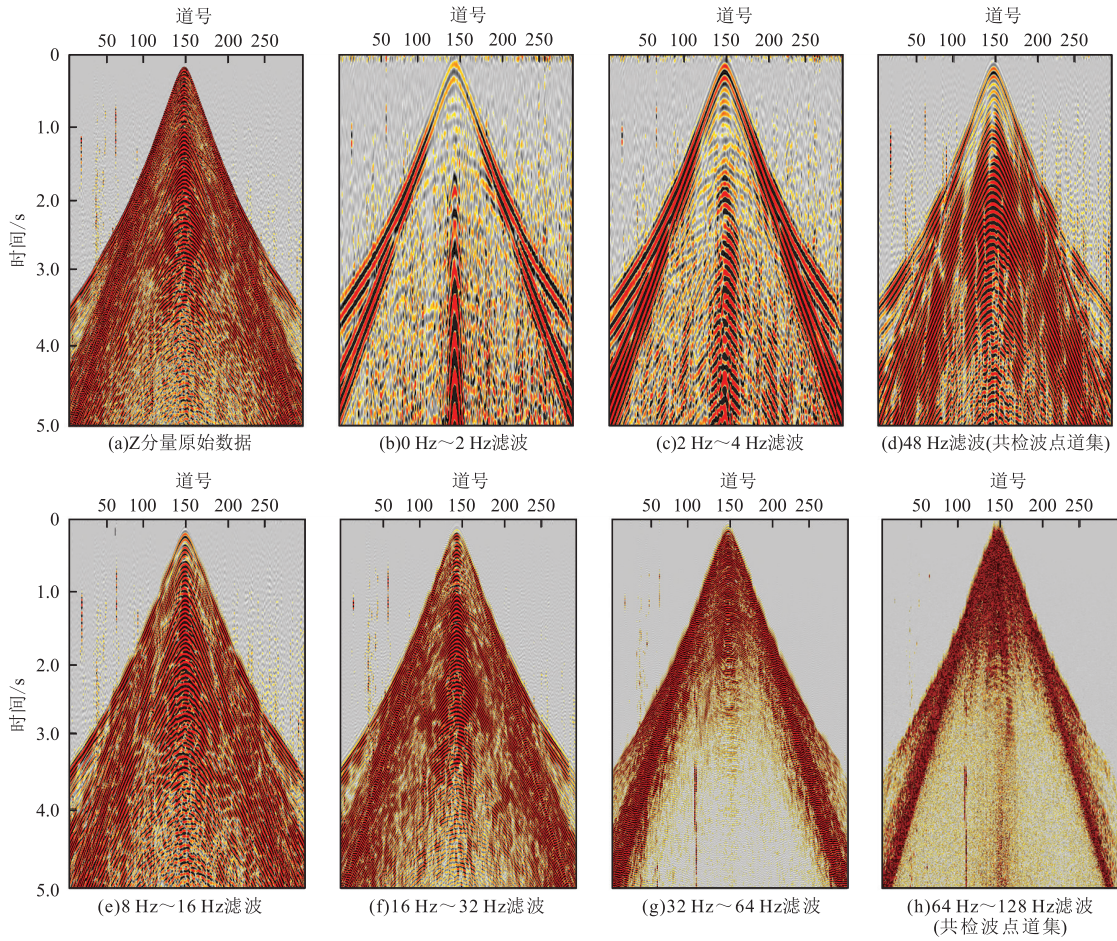


图 2 莺歌海盆地某区 Z 分量共检波点原始道集分频滤波对比图

Fig. 2 Comparison diagram of Z component frequency division filtering in Yinggehai Basin

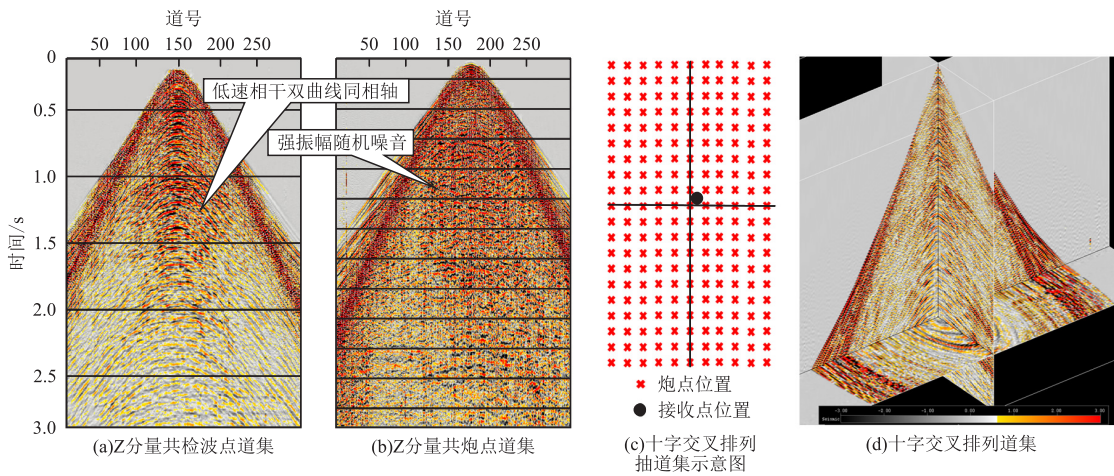


图 3 莺歌海盆地某区 Z 分量共检波点、共炮点道集、十字交叉示意图及道集

Fig. 3 The common receiver gather of Z component, the common shot gather, the s-schematic diagram of the cross-spread, the cross-spread receiver gather in Yinggehai Basin

2 方法原理

2.1 常规噪音压制技术缺陷

针对该噪音,常规的压制技术仅仅利用横波噪音在共检波点为相干低速的双曲线同相轴,且频率主要集中在 60 Hz 以下这两个特征,利用 F-K 滤波

去噪。通常效率较高,并可以压制大部分噪音。但由于近道速度几乎没有差异,不仅在近道会有大量的残余,而且在共炮点道集上对有效信号造成明显损伤,如图 4 所示。残余的横波噪音会严重影响双检合并的效果。因此常规横波噪音压制方法仅适用于视速度差异较大的远偏移距数据。主要难点是在视速度差异小导致有效波与横波噪音完全叠合在一起的近偏移距数据上该方法完全失效。

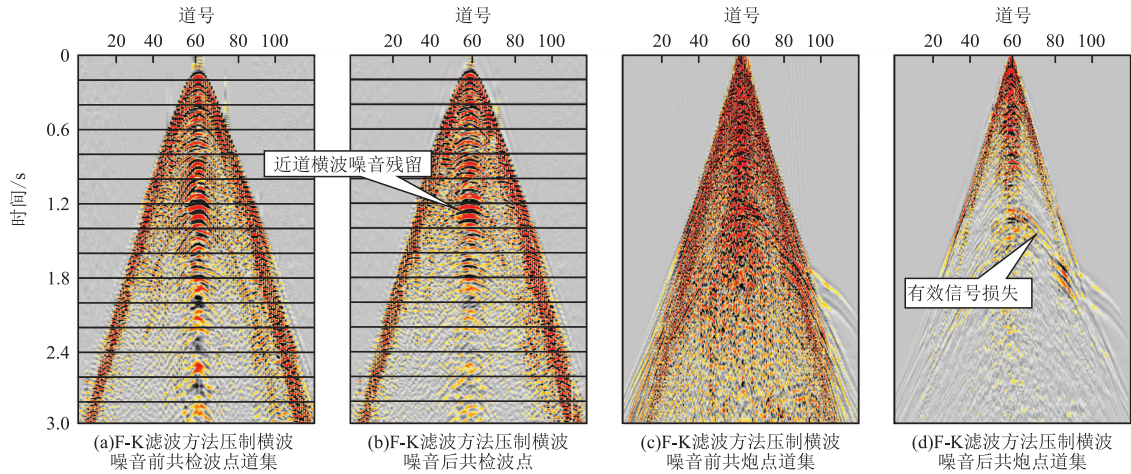


图 4 常规方法压制横波噪音前后对比图

Fig. 4 Conventional method to suppress shear wave noise

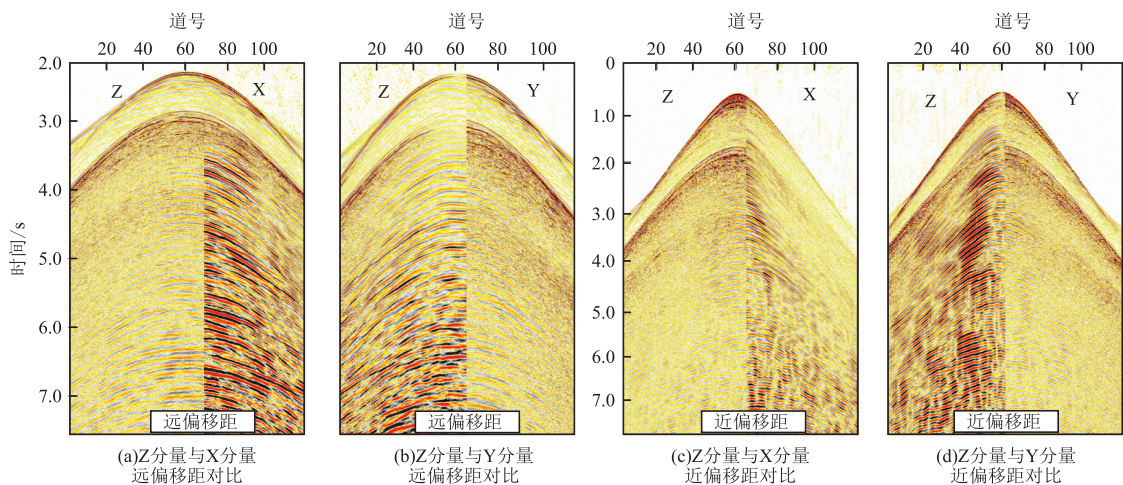


图 5 莺歌海盆地某区 Z 分量与 X、Y 分量左右对比图

Fig. 5 Left and right comparison of Z component with X and Y component in Ying-gehai Basin

2.2 新方法原理及去噪效果

实际数据采集过程中,由于海底情况复杂、检波器耦合较差等原因,导致检波器与海底存在夹角,Z 分量会接收到大量的转换波横波信号。其中 XY 与 Z 分量接收的转换横波信号在时间上是一致的,区

别在于入射角不同导致的振幅差异,在时距曲线及频率成分上三个分量记录的横波信号是具有很强的相似性。图 5 为 Z 分量与 XY 分量的叠合对比图,从对比图上可以看出 Z 分量的横波噪音与 XY 分量的横波信号无论是在近偏移距还是在远偏移距都极

其相似。

因此可以将 XY 分量作为 Z 分量横波噪音的初始模型,采用类似多次波匹配的方法,将 Z 分量中记录的横波噪音与 XY 分量通过最小平方滤波器进行振幅、频率及相位等特征匹配的。

如图 6 所示,可以看出,采用 XY 分量联合匹配得到的横波噪音模型主要为低速曲线,与有效信号的双曲线得到很好的区分,并且与 Z 分量的横波噪音具有很好的匹配性,尤其在近偏移距得到的横波噪音模型的连续性及其完整性较好,对后续的匹配将打下较好的数据基础。

由于 OBN 数据 Z 分量的横波噪音与有效信号在近道同相轴几乎难以区分,在共检波点道集上直接采用最小平方匹配减效果不好,甚至会损伤有效信号。如何有效地将横波噪音在原始数据中匹配减去是本文讨论的重点。

由分析可知,Z 分量横波噪音在三维空间上呈规律的三维锥形特征,与有效波区分很明显。因此可以在十字排列的三维道集上通过三维曲波变换进行噪音分离。曲波变换不仅具有小波变换的多分辨率特性和时频局域特性,还具有较强的方向性和各向异性,克服了小波变换表示边缘、轮廓等高维奇异时存在的局限性。对于三维曲波变换,它比二维曲波变换多了一个空间维度信息,更加有利于区分在三维空间展布有规律的信号^[24]。

首先将 Z 分量数据与横波噪音模型抽成十字排列的共检波点道集,然后再利用三维曲波变换将三维数据体进行分解。三维曲波变换是二维曲波变换的扩展。三维曲波系数可以表示为信号与基函数的内积^[25],即

$$C(j, l, k) = \langle f, u_{j, l, k} \rangle = \int_{R^3} f(x) \overline{u_{j, l, k}} dx \int_r f(x) \quad (1)$$

其中 $C(j, l, k)$ 表示三维曲波系数, $u_{j, l, k}$ 表示曲波函数, j, l, k 分别代表尺度、角度、位置。且 $k = (k_1, k_2, k_3)$ 。在曲波域里,三维曲波系数也可以定义为:

$$C(j, l, k) = \frac{1}{(2\pi)^2} \int \hat{f}(\omega) \overline{\hat{u}_{j, l, k}(\omega)} d\omega =$$

$$\frac{1}{(2\pi)^2} \int f v(\omega) U_{j, l}(R_{\phi L} \omega) e^{i[x_k^{(j, l)} \times \omega]} d\omega \quad (2)$$

上式 2 中的 $R_{\phi L}$ 表示以 ϕL 为弧度的旋转。且

$$\hat{u}_{j, l, k}(\omega) = \hat{U}_{j, l}(\omega) \cdot e^{i[x_k^{(j, l)} \cdot \omega]} \quad (3)$$

$$\hat{U}_{j, l}(\omega) = \hat{W}_j(\omega) \cdot \hat{V}_{j, l}(\omega) \quad (4)$$

上式 3 和式 4 中 $\hat{U}_{j, l}(\omega)$ 表示频率窗, $\hat{W}_j(\omega)$ 为射线窗, $\hat{V}_{j, l}(\omega)$ 表示角度窗。经过三维曲波变换后,十排列的三维数据体变换到三维曲波域,然后在三维曲波域进行最小平方匹配,即

$$f(P_c, M_c) = \|P_c\|_{1, \omega_1} + \|W_c\|_{1, \omega_2} + \|C^{-1}M_c - f_{LS} * M'\|_2^2 + \eta \|C^{-1}(P_c + M_c) - D\|_2^2 \quad (5)$$

上式 5 中 P_c 和 M_c 表示在三维曲波域的有效信号与噪音模型,“1, $\omega_{1/2}$ ”和“2”表示系数加权的 L1 范数和 L2 范数, D 和 M' 表示在时间空间域的原始数据以及初始匹配得到的噪音模型, C 和 C^{-1} 表示三维曲波正变换与反变换, η 为噪音控制系数, f_{LS} 为设计的匹配滤波器。通过上面方程可以迭代求解最佳收敛解。这就是在三维曲波域进行自适应噪音分离方法(ACDS)。

当前这种分离方式没有考虑频率的权重系数,不同的噪音其频率特点也不同。比如多次波主要以中高频为主,而横波噪音则以中低频为主,尤其在低频段更加突出。因此在考虑分离的时候可以引入频率加权系数,这样在不同频率成分应用不同的权重系数。目标函数的最佳化问题 $F(P_c, M_c)$ 可以用以下公式表示:

$$F(P_c, M_c) = \sum_j f_j(P_c, M_c) \quad (6)$$

上式 6 中的 j 表示为不同频率端的加权系数。其次通过前面的分析知道横波噪音主要集中在 60 Hz 以下,因此可以只计算 60 Hz 以下数据,这样可以大大地提高处理效率。最后,经过三维曲波反变换即可以得到时间域的横波噪音压制后的 Z 分量数据。Z 分量横波压制流程图可以用如图 7 表示。

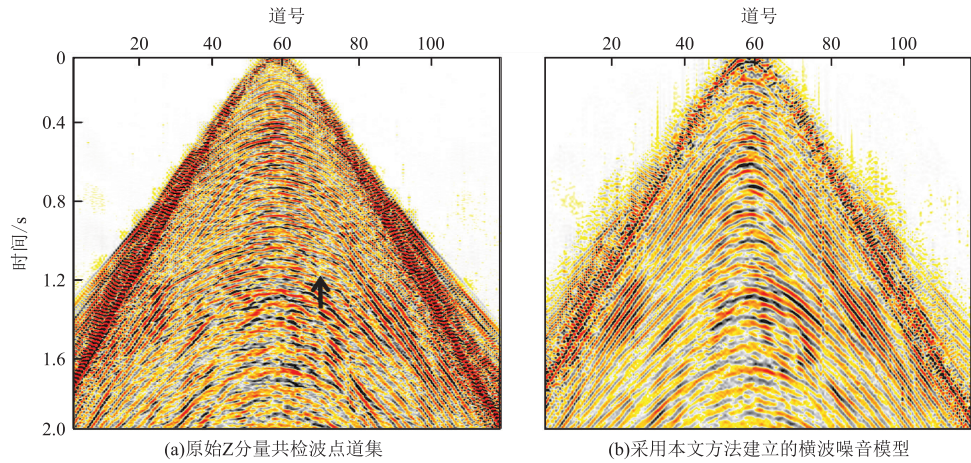


图 6 莺歌海盆地某区原始数据及横波噪音模型对比图
 Fig. 6 The raw data and the shear noise model in Yinggehai Basin

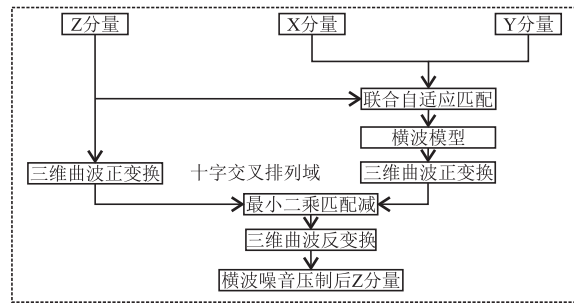


图 7 本文研究的噪音压制流程
 Fig. 7 This paper studies the noise suppression process

3 实际数据应用效果

莺歌海盆地某工区是海底节点多分量地震采集工区,其 Z 分量上可以看到很强的横波噪音泄露,几乎将有效信号完全掩盖,如图 1、图 2 所示。

图 8(a)为横波噪音压制前共检波点道集,从道集上可以看出横波噪音非常严重,其振幅强明显于有效信号。图 8(b)为采用本文方法压制横波噪音后的道集。与图 8(a)相比,整个近中远偏移距信号频率以及振幅分布均匀,有效信号得以凸显,信噪比明显提升。从图 8(c)减掉的噪音也可看到,基本没有有效信号的双曲线特征,完全没有损害有效信号。从图 8(g)~图 8(h)为十字交叉域共检波点道集的三维显示,可以看出无论哪个方向其压制效果都很好,达到了三维去噪的目的。图 8(d)~图 8(f)为采用本方法压制横波噪音前后的共炮点道集,可以看

出压制后有效信号的双曲线特征明显,并且压制掉的均是强随机噪声。图 8(i)~图 8(k)为采用本方法压制横波噪音前后的叠加剖面,也可以看出横波噪音得到了有效的压制,波组特征明显改善,去噪效果非常明显,而且完全不损伤有效信号。图 9(a)~图 9(i)是新方法与常规方法噪音压制效果对比图。从图 9(b)与图 9(c)对比中可以看出采用新方法可以很好地压制近道低频强振幅的残余噪音。由于近偏移距的残留,在图 9(f)常规方法压制后的叠加剖面上依旧可以看到有竖条的横波噪音残留,破除了有效信号的连续性。图 9(h)为归一化后的频谱分析,可以看出采用本文方法压制后的 Z 分量频谱在中高频段尤其在 30 Hz~80 Hz 的频谱与 P 分量频谱的频率陷波特征更好,更加有利于后续的双检合并。从图 9(i)应用不同方法压制噪音的信噪比分析可以看出采用本文方法信噪比得到明显提高。

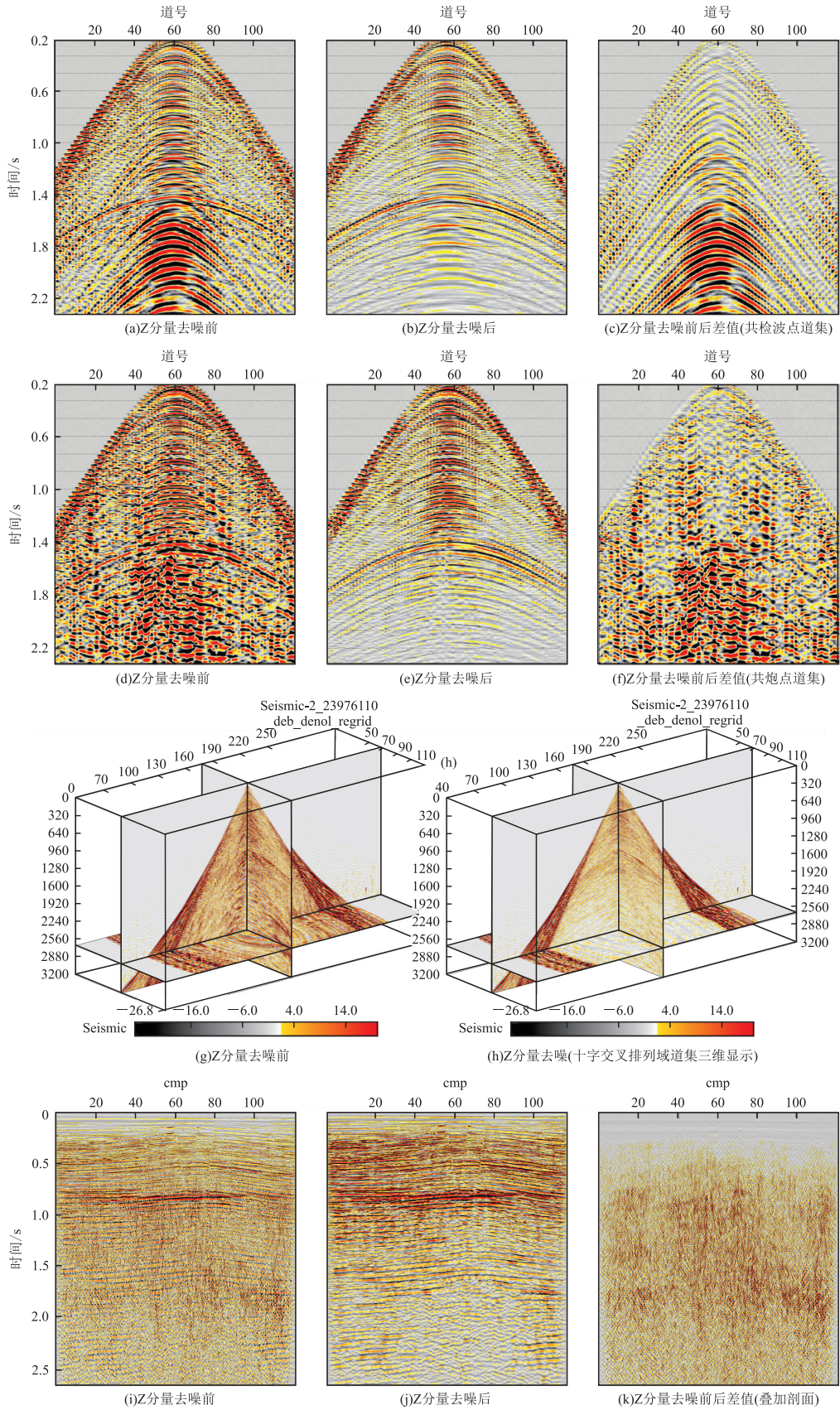


图8 莺歌海盆地某区采用本文方法压制横波噪音效果

Fig. 8 Shear wave removal effect in Yinggehai Basin based on the method studied in this paper

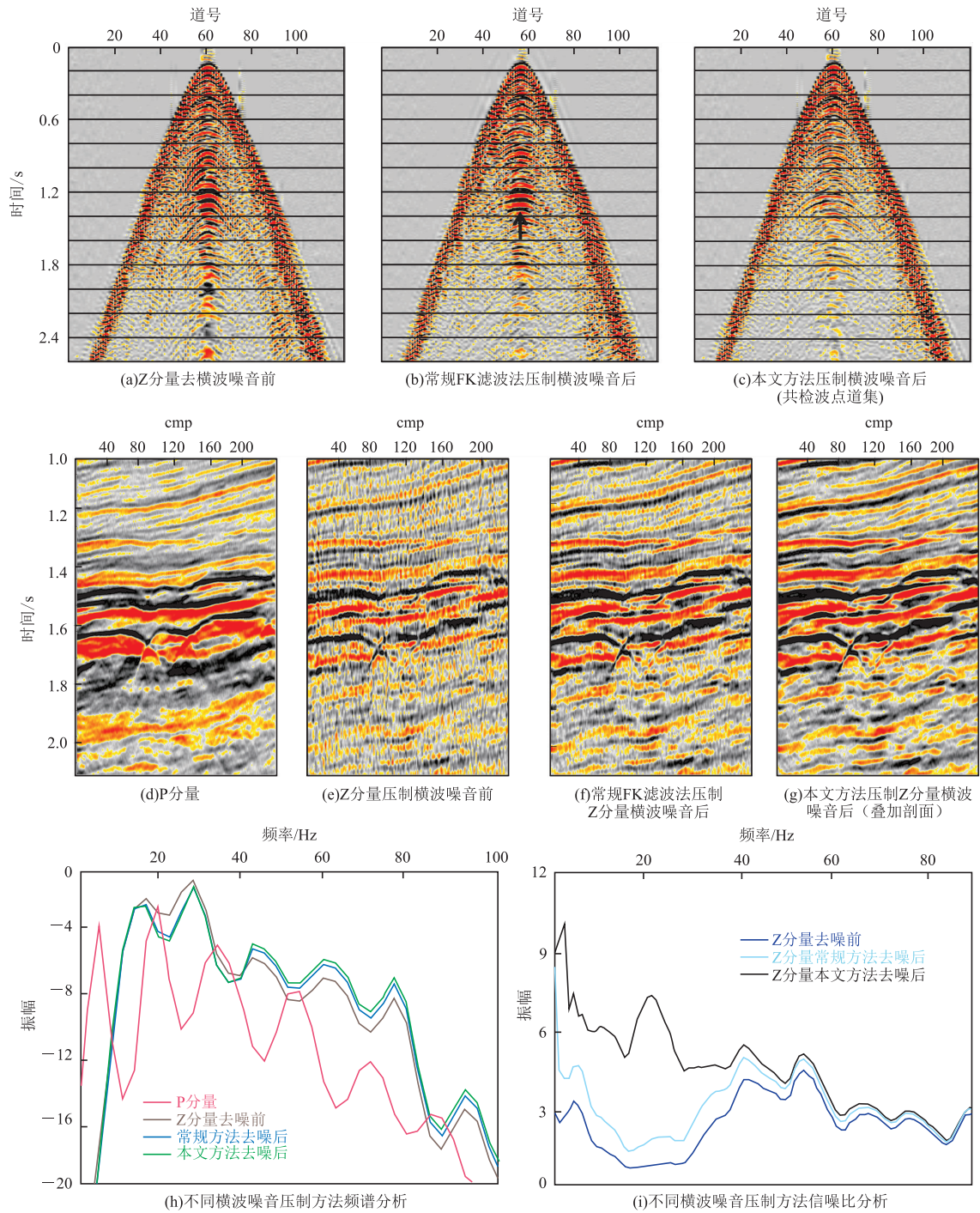


图9 莺歌海盆地某区常规方法与本文方法横波噪音压制效果对比图

Fig. 9 The s-wave noise suppress with different methods for seismic data in Yinggehai Basin

4 结论

笔者从横波噪音特征出发,分析其产生原因及特点。先预测横波噪音模型,再利用三维曲波变换与自适应滤波器相结合,在三维曲波上进行匹配减,以达到压制横波噪音的效果。通过实际资料的去噪

处理实验,得到以下结论与认识:

- 1) 充分挖掘多分量信息的潜力,利用 XY 分量进行横波噪音模型建立取得较好的效果。
- 2) 对比常规方法,笔者采用的方法不仅考虑横波噪音的频率、振幅以及速度等特征外,也考虑横波的三维形态特征。利用其在三维空间上的展布规律,引入三维曲波变换方法,实现真正意义上的三维

体去噪,取得了较好的压制效果。

3)需要说明的是,笔者采用的三维曲波变换对计算机的存储能力以及计算效率都有更高的要求,而且相对于常规的压制方法,该方法比较耗时。其次,对于十字排列共检波点道集,在炮线方向一般比较稀疏,空间假频较为严重。在进行三维曲波变换时能量不易聚焦,容易产生信号泄露,建议在三维曲波变换前进行道集插值。

参考文献:

- [1] DETOMO R, QUADT E, PIRMEZ C, et al. Ocean bottom node seismic: Learnings from bonga, deepwater offshore Nigeria[J]. Expanded Abstracts of 82nd Annual Internat SEG Mtg, 2012: 1-5.
- [2] 王守君. 海底电缆地震技术优势及中国近海的应用效果[J]. 中国海上油气, 2012, 24(2): 9-12.
WANG S J. The advantages of submarine cable seismic technology and the application effect of China's offshore waters[J]. China Offshore Oil and Gas, 2012, 24(2): 9-12. (In Chinese)
- [3] CHAKRABORTY S, HEUREUX E L, HARTMAN K, et al. Thunder horse ocean-bottom nodes acquisition design[J]. Expanded Abstracts of 87nd Annual Internat Mtg, 2017: 226-231.
- [4] 周滨, 龚旭东, 高梦晗, 等. 海底电缆交叉鬼波化双检合并技术改进与应用[J]. 中国海上油气, 2015, 27(1): 49-52.
ZHOU B, GONG X D, GAO M H, et al. An improvement of the dual-sensor summation technique for cross-ghosting from OBC and its application[J]. China Offshore Oil and Gas, 2015, 27(1): 49-52. (In Chinese)
- [5] AMUNDSEN L, REITAN A. Decomposition of multi-component sea-floor data into up-going P and S wave [J]. Geophysics, 1995, 60(2): 563-572.
- [6] SIILATILO A, DUREN R, PAPE T. Effect of noise suppression on quality of 2C OBC image [J]. SEG Technical Program Expanded Abstracts, 2004, 917-920.
- [7] WEI J D. Comparing the MEMS accelerometer and the analog geophone [J]. The Leading Edge, 2013, 32(10): 1206-1210.
- [8] PODRIGUEZ-SUAREZ C, STEWART R R, MARGRAVE G F. Where does S-wave energy on OBC recordings come from? [J]. SEG Technical Program Expanded Abstracts, 2000, 1170-1173.
- [9] PAFFENIOLZ J, SIURTLEFF R, IIAYS D, et al. Shear wave noise on OBS Vz data Part I evidence from field data [J]. EAGE Expanded Abstracts, 2006, 625-630.
- [10] 王艳东, 王小六, 王建花, 等. 宽方位海底电缆地震资料处理关键技术研究及应用 [C]. 中国石油学会 2021 年物探技术研讨会论文集, 2021: 1171-1174.
WANG Y D, WANG X L, WANG J H, et al. Research and application of key technologies for seismic data processing of wide-azimuth submarine cables [C]. Proceedings of the 2021 Geophysical Prospecting Technology Symposium of the Chinese Petroleum Society, 2021: 1171-1174. (In Chinese)
- [11] 周家雄, 马光克, 隋波, 等. 基于 Curvelet 域多分量阈值控制的 OBC 垂直分量横波噪音压制方法 [J]. 中国海上油气, 2020, 32(3): 51-58.
ZHOU J X, MA G K, SUI B, et al. Shear wave noise suppression method on OBC vertical component based on multi-component threshold control in Curvelet domain [J]. China Offshore Oil and Gas, 2020, 32(3): 51-58. (In Chinese)
- [12] 范宝仓, 陈文贵, 王海昆, 等. 海底电缆 Z 分量横波噪音特征分析及衰减方法 [J]. 中国海上油气, 2017, 29(3): 31-39.
FAN B C, CHEN W G, WANG H K, et al. Characteristic analysis and attenuation of OBC geophone Z component S-wave noise [J]. China Offshore Oil and Gas, 2017, 29(3): 31-39. (In Chinese)
- [13] 史文英, 方中于, 李列, 等. 海底电缆陆检噪音衰减方法及其在乌石地区的应用 [J]. 世界地质, 2015, 34(2): 516-523.
SHI W Y, FANG Z Y, LI L, et al. Geophone noise and attenuation of ocean bottom cable and its application in Wushi area [J]. Global Geology, 2015, 34(2): 516-523. (In Chinese)
- [14] CANDES E J, DEMANET L, DONOHO D L, and YING L. Fast discrete curvelet transforms [J]. SIAM Multiscale Model Simul, 2006, 861-899.
- [15] CRAFT K L, PAFFENIOLZ J. Geophone noise attenuation and wave field separation using a multi-dimensional decomposition technique [J]. SEG Technical Program Expanded Abstracts, 2007: 2630-2634.
- [16] DIEBOLD J, STOFFA P. The travel time equation, tau-p mapping, and inversion of common midpoint

- data[J]. *Geophysics*, 1981, 46(3): 238—254.
- [17] POOLE G, CASASANTA L, GRION S. Spare t-p Z-noise attenuation for ocean-bottom data [J]. SEG Technical Program Expanded Abstracts, 2012: 1—5.
- [18] HERRMANN F J, WANG D, VERSCHUUR D J. Adaptive curvelet-domain primary-multiple separation[J]. *Geophysics*, 2008, 73: 17—21.
- [19] NEELAMANI R, BAUMSTEIN A, ROSS W S. Adaptive subtraction using complex-valued curvelet transforms[J]. *Geophysics*, 2010, 75: 51—60.
- [20] CANDES E J, DEMANET L. The curvelet representation of wave propagators is optimally sparse[J]. *Commun Pure Appl Math*, 2005, 58—11: 1472—1528.
- [21] 曹静杰, 孙志权, 杨勇, 等. 一种基于曲波变换的自适应地震随机噪声消除方法[J]. *石油物探*, 2018, 57(1): 72—78.
- CAO J J, SUN Z Q, YANG Y, et al. An adaptive seismic random noise elimination method based on Curvelet transform[J]. *Geophysical Prospecting for Petroleum*, 2018, 57 (1): 72—78. (In Chinese)
- [22] CANDES E J, DONOHO D L. Curvelets multiresolution representation and scaling laws[EB/OL]. [2020—09—18].
- [23] HERRMANN F J, HENNENFENT G. Non-parametric seismic data recovery with Curvelet frames[J]. *Geophysical Journal International*, 2008, 173(1): 233—248.
- [24] 张之涵, 孙成禹, 姚永强, 等. 三维曲波变换在地震资料去噪处理中的应用研究[J]. *石油物探*, 2014, 53(4): 421—430.
- ZHANG Z H, SUN C Y, YAO Y Q, et al. Research on the application of 3D curvelet transform to seismic data denoise[J]. *Geophysical Prospecting for Petroleum*, 2014, 53 (4): 421—430. (In Chinese)
- [25] 胡雨, 谢凯, 阮宁君, 等. 基于三维曲波变换的弱信号恢复方法研究[J]. *计算机工程与应用*, 2016, 52(18): 199—202.
- HU Y, XIE K, RUAN N J, et al. Method of weak signal recovery based on 3D-curvelet transform[J]. *Computer Engineering and Applications*, 2016, 52(18): 199—202. (In Chinese)

Multi-component combined shear wave noise attenuation technology of OBN data and its application in a region of Yinggehai basin

ZHANG Min¹, SUN Leiming¹, SHI Wenyong¹, WANG Xinling¹, ZHANG Xingyan^{1,2}

(1. The Geophysical Prospecting Division, Zhonghai Oilfield Service Co., Ltd., Zhanjiang 524057, China;

2. China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China;)

Abstract: In OBN seismic data processing, Z component shear wave noise suppression is always the critical link of p-wave processing. The quality of shear wave noise suppression directly affects the data quality of Z component and plays a crucial role in the dual-sensor summation (P and Z Summation). Shear wave noise has the characteristics of strong amplitude, coherence, low frequency, and low speed and is conical in 3D space. According to the characteristics of shear wave noise, a combined shear wave noise attenuation technique using multi-component data from OBN data is proposed in this paper. First, the shear wave signal recorded in XY component was matched with the Z-component to obtain the shear wave noise model of Z component, and the 3D curvelet forward transformation is carried out on the data and noise model on the cross-spread receiver gathered. The minimal flat method is introduced to match and subtract the effective signal and shear wave noise, and finally, the 3D curvelet inverse transformation was carried out to suppress the noise. Applying this method to the actual data of a block in Yinggehai Basin can effectively suppress z-component shear wave noise and provide high-quality seismic data for subsequent processing.

Keywords: 3D curvelet transform; OBN multi-component; Z component; shear wave noise model; the cross-spread receiver gather