

滩浅海地震资料双一致性处理技术

朱立彬¹,王彦春^{1*},贾恒悦²

(1 中国地质大学(北京)地球物理与信息技术学院,北京 100083;

2 东方地球物理公司采集技术支持部,河北涿州 072751)

摘要:在滩浅海地区地震勘探中,一般采用多种类型的震源和检波器交叉施工。因震源、检波器和地表条件不同,造成地震记录在能量、频率和相位方面存在较大差异,严重影响了叠加效果。在对滩浅海地区地震资料的差异性分析基础上,利用子波匹配方法,采用激发一致性校正和接收一致性校正联合的双一致性处理技术,较好地解决了不同激发和不同接收条件造成的子波差异问题。在国外某区块勘探资料的实际处理过程中,双一致性处理技术有效消除了滩浅海资料在能量、频率及相位等方面的不一致性,取得了较好的成像效果。

关键词:滩浅海;子波差异;子波匹配;双一致性

中图分类号:P631.4 **文献标识码:**A **DOI:**10.16028/j.1009-2722.2017.11007

滩浅海地区地震勘探一般指在滩涂与极浅海区域,水、陆共存的地表条件下进行的地震勘探,地表条件复杂,设备要求高,相对勘探程度低,勘探前景广阔^[1]。面对复杂多变的地表条件,需因地制宜采取不同的激发、接收方式进行地震资料采集,地震记录存在能量、频率和相位等方面的差异性,严重影响资料的叠加成像效果。目前解决资料差异方法主要有地表一致性反褶积法、子波处理法等,但各有优缺点,需要根据实际资料情况而定^[2]。

本文对滩浅海地区不同激发、接收因素产生的资料差异性进行分析,在匹配滤波法基础上,开展激发接收双一致性校正处理研究。

1 滩浅海地震资料差异性分析

在激发方面,滩浅海地区勘探激发主要采用两种震源:水域中使用气枪震源激发,以水作为激发介质;滩涂采用炸药震源激发,以砂泥岩层作为激发介质。由于激发震源不同及激发介质在速度、密度方面的差异性,使得产生的子波特征不一样。在接收方面,同时使用两种类型的检波器,即在水域中采用压电检波器(或者双检检波器),而在滩涂地区采用速度检波器,两种检波器在感应振动信号的机制、物理参数、自然频率以及灵敏度等各方面的差异性,也会使得接收的子波特征不一样^[3]。

不同激发及接收因素会造成地震资料在能量、频率及相位等方面的差异(图 1)。在能量方面,受设备的条件限制,气枪震源激发的能量要比炸药震源小,不同的检波器因灵敏度及耦合条件的差异性使得压电检波器接收的资料能量一般要强于速度检波器;在频率方面,压电检波器和速度检波器自然频率存在差异,使得压电检波器的频率响应较速度检波器要高。在滩浅海地区,受激

收稿日期:2017-06-13

基金项目:国家科技重大专项课题“前陆冲断带及复杂构造区地震成像关键技术与构造圈闭刻画”(2016ZX05003-003)

作者简介:朱立彬(1993—),男,在读硕士,主要从事石油地质与地球物理综合研究等工作。E-mail:2110160031@cugb.edu.cn

* 通讯作者:王彦春(1959—),男,博士,教授,主要从事地震勘探与信息处理方面的研究工作。E-mail:w123yc@163.com

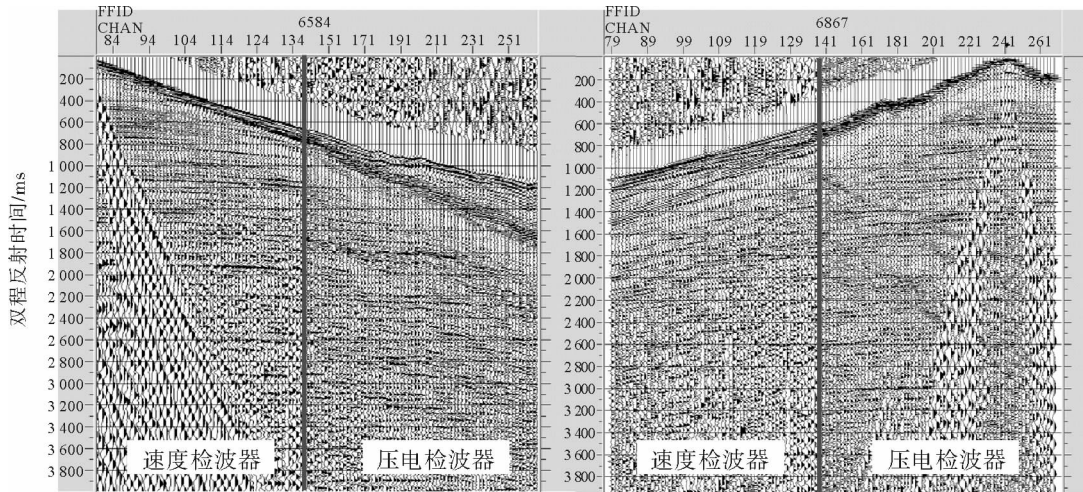


图 1 不同激发、不同接收单炮记录

Fig. 1 Records with different shooting and receiving

发介质的影响,会使得炸药震源激发的资料频率一般较气枪震源低^[4];在相位方面,炸药震源激发的地震子波近似为最小相位子波,而气枪震源激发的子波形态相对比较复杂,一般为混合相位。理论上感应加速度的压电检波器与感应位移的速度检波器存在 90° 的相位差异,当在实际对比分析过程中,两种检波器的相位差不一定都是 90° ^[5]。针对不同震源、不同检波器采集得到的地震资料在能量、频率和相位等方面的差异性,在资料处理过程中,需要进行子波一致性校正。

2 双一致性处理技术

为了解决不同震源和不同检波器采集资料的差异性,一般都采用子波一致性处理来校正这种差异性,运用匹配滤波技术能较好达到整形子波,解决子波一致性问题。匹配滤波的实质是将其中一种子波整形,接近另一种子波。

匹配滤波需要输入信噪比较高的记录道,这样计算的匹配滤波算子相对比较准确。针对不同激发因素的地震记录,假设第 1 组用 $x_i(t)$ ($i=1, 2, \dots, N$) 表示,第 2 组为 $z_i(t)$ ($i=1, 2, \dots, N$),其中 i 为道号, N 为组内的道数。 $x_i(t)$ 和 $z_i(t)$ 表示不同震源在相同排列接收的两组地震道。

设计一个匹配滤波算子 $m_i(t)$ 作用于地震道 $x_i(t)$,使 $x_i(t)$ 经匹配滤波后接近地震道 $z_i(t)$ 。假设匹配滤波的实际输出 $x_i(t) \times m_i(t)$ 与期望输

出的误差为 $e_i(t)$ 则有

$$e_i(t) = x_i(t) \times m_i(t) - z_i(t)$$

若 E 用表示总误差能量,则

$$E = \sum e_i^2(t) = \sum [x_i(t) \times m_i(t) - z_i(t)]^2$$

应用最小二乘法原理,使得总误差能量 E 对 $m_i(t)$ 的偏导数为零,

$$\frac{\partial E}{\partial m_i} = \frac{\partial}{\partial m_i} \sum [x_i(t) \times m_i(t) - z_i(t)]^2 = 0$$

可以得到求解匹配滤波算子的托普里兹矩阵方程

$$R_{xx} + M = R_{zx}$$

式中: R_{xx} 为输入道 $x_i(t)$ 的自相关函数矩阵;

R_{zx} 为期望输出道 $z_i(t)$ 与输入道 $x_i(t)$ 的互相关函数向量;

M 为匹配滤波算子向量。

求解方程,就可以得到第 i 道匹配滤波算子 $m_i(t)$ 。

根据匹配算法,就可以求出需要匹配的第 1 组中每 1 道的匹配滤波算子。选择信噪比高、相关性好的 N 个算子取平均值就得到了合适的匹配滤波算子。将该算子运用于需要匹配处理的所有地震道,完成匹配滤波处理^[6,7]。

运用上述匹配滤波方法,可以对不同激发、不同接收的地震资料分别进行一致性处理。具体做法是:首先,对相同震源激发、不同检波器接收的资料,以速度检波器接收资料为期望输出,将压电检波器接收资料作子波一致性校正;然后,以炸药震源资料为期望输出,将气枪震源资料作子波一致性校正。经过子波双一致性处理,能较好地解

决采集资料的差异性问题的。

3 实际资料处理

国外某区块为典型的滩涂、极浅海区域勘探环境,工区地表条件复杂,密布大小众多的河流、潮沟,给地震勘探带来很大困难。要较好地获得该地区勘探资料,需要在陆地和滩涂采用炸药震源激发、速度检波器接收,在水域则需要采用气枪震源激发、压电检波器接收。这种不同激发条件和不同接收条件共存的勘探采集资料差异性较大,在处理过程中,就需要解决好资料的一致性问题。

根据资料采集情况,有以下4种不同方式接收的地震子波:炸药激发速度检波器接收、炸药激发压电检波器接收、气枪激发速度检波器接收、气枪激发压电检波器接收。在实际处理过程中,先进行不同接收条件的一致性处理,再进行不同激

发的一致性处理,这样联合的双一致性处理方式解决了不同采集因素的资料一致性问题。

3.1 不同接收条件的一致性处理

在进行不同接收条件的一致性处理过程中,因为陆地的速度检波器较多,通常以速度检波器接收的地震记录为期望输出道,对压电检波器接收的地震记录进行子波一致性处理,使其结果接近陆地检波器接收的地震记录,最终解决不同检波器接收的一致性问题。

速度检波器接收记录和压电检波器接收记录,在频率和相位上都存在有较大的差异,根据检波器原理,理论上相位相差 90° 。为了使子波一致性处理效果达到最好,在子波匹配之前,有必要对压电检波器子波进行相位旋转。图2是压电检波器接收资料相位旋转前后的子波对比图,可以看出,经过相位旋转后,两种检波器子波差异变小。

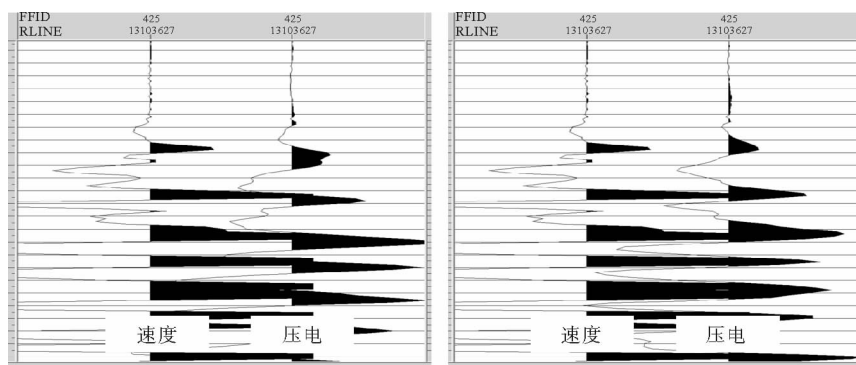


图2 压电检波器子波相位旋转前后对比

Fig. 2 Comparison of before and after wavelet phase rotation of hydrophone

图3是炸药激发、不同检波器接收记录一致性处理前后的单炮对比图,图4是气枪激发、不同检波器接收记录一致性处理前后的单炮对比图,可以看出,一致性处理前两种检波器接收资料反射同相轴不连续,资料的频率方面也存在差别,这种差别在单炮浅层和深层资料中都存在。一致性处理后,基本解决了不同检波器接收资料之间的子波差异,地震资料反射同相轴变得连续,频率也趋于一致。

图5是炸药激发、不同检波器接收记录一致性处理前后频谱分析对比图,图6是气枪激发、不同检波器接收记录一致性处理前后频谱分析对比图,可以看出,一致性处理前,压电检波器接收资料的频谱与速度检波器接收的资料差异较大,一

致性处理后,两种检波器接收资料的频谱特征基本接近。

3.2 不同激发条件的一致性处理

因为气枪震源受设备的限制,激发的能量要小于炸药震源,所采集的资料在能量上要弱,因此整体上较炸药激发的资料稍差,在一致性处理时,将以炸药激发的地震记录为期望输出,对气枪激发的地震记录进行子波一致性处理,使两种激发条件的子波一致性问题得到较好的解决。图7是经过不同激发一致性处理前后的气枪震源激发记录对比图,可以看出经过子波一致性处理后,气枪激发的记录整体频率向炸药激发的记录靠拢。

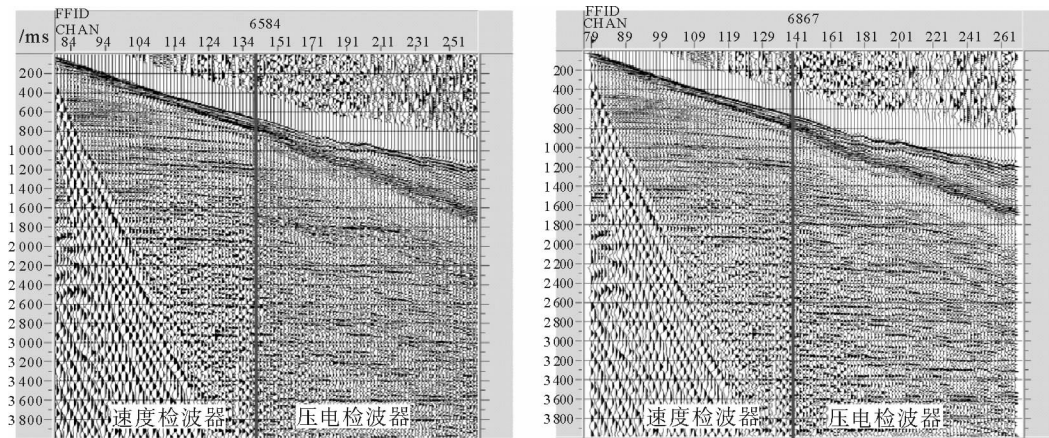


图 3 炸药激发不同检波器接收记录一致性处理前后对比

Fig. 3 Comparison of before and after coherent processing records with different detectors by explosive shooting

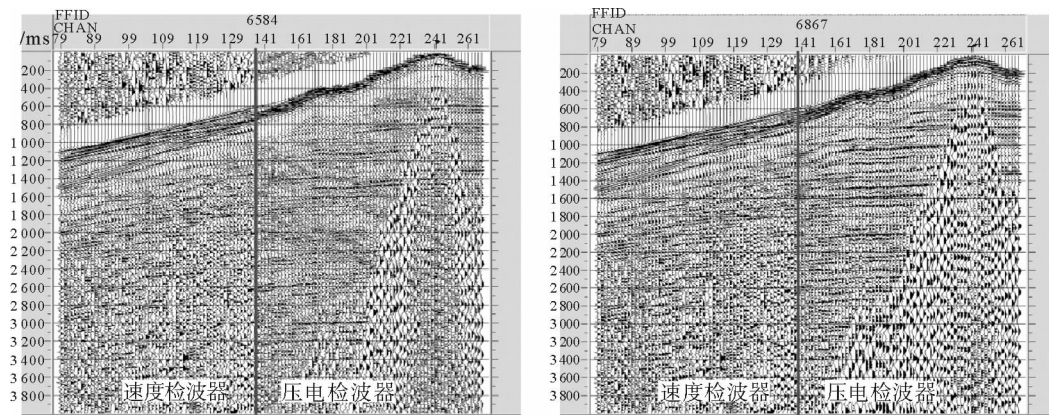


图 4 气枪激发不同检波器接收记录一致性处理前后对比

Fig. 4 Comparison of before and after coherent processing records with different detectors by airgun shooting

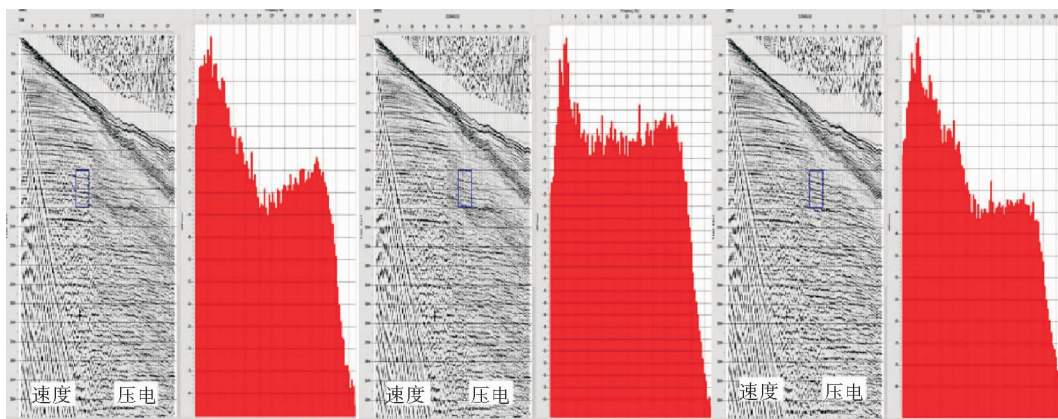


图 5 炸药激发不同检波器接收记录一致性处理前后频谱分析对比

Fig. 5 Comparison of before and after spectrum analysis with different detectors records coherent processing by explosive shooting

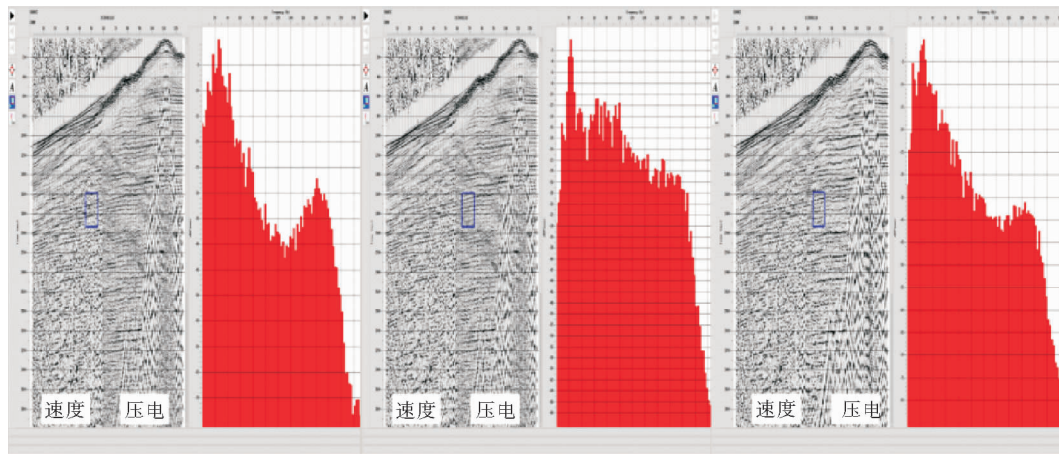


图6 气枪激发不同检波器接收记录一致性处理前后频谱分析对比
Fig. 6 Comparison of spectrum analysis before and after record coherent processing of different detectors by airgun shooting

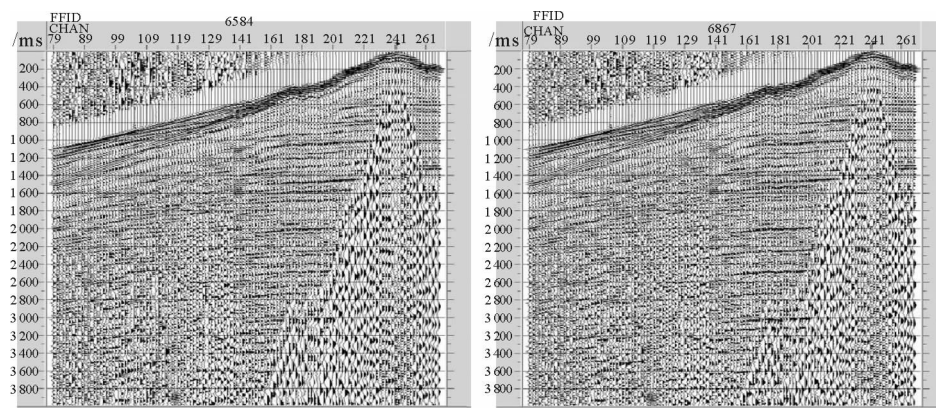


图7 气枪震源记录一致性处理前后对比
Fig. 7 Comparison of before and after coherent processing records by airgun source

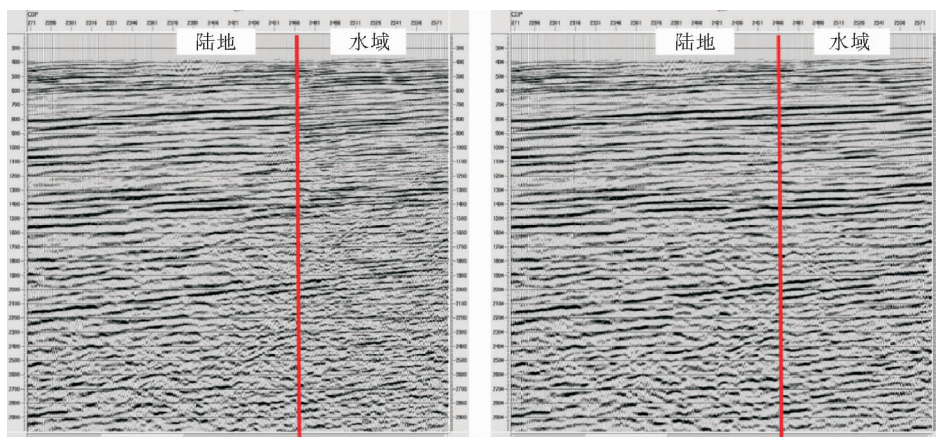


图8 不同激发、不同接收双一致性处理前后叠加剖面对比
Fig. 8 Comparison of section before and after dual-coherent processing with different shooting and receiving

3.3 双一致性处理效果

经过不同激发、不同接收的双一致性处理后,处理剖面获得了较好的成像效果。图 8 为双一致性处理前后的部分叠加剖面对比图,由图中可以看出,一致性处理前,剖面的水域部分与陆地部分的频率不一致,结合部位的同相轴形态、波组特征差异较大,经过一致性处理后结合部位的同相轴一致性得到提高,频率和相位都得到了较好的匹配,在主频、相位和能量等方面都趋于一致,资料波组特征更加合理。

4 结束语

通过双一致性技术研究,较好地消除了滩浅海地区由于不同激发接收条件造成的地震子波差异性,使得处理后的单炮资料在品质上趋于一致,提高了资料的成像效果。从国外某区块地震资料实际处理的应用效果可以看出,它能有效解决同

一地震剖面由于不同震源及不同检波器共存的采集方式造成的资料一致性差异问题,处理效果明显。

参考文献:

- [1] 崔汝国,王彦春,曹国滨,等.胜利油田滩浅海地区地震勘探技术[J].物探与化探,2006,30(5):441-445.
- [2] 云美厚,丁伟,王开燕,等.地震资料一致性处理方法研究与初步应用[J].石油物探,2006,45(1):65-69.
- [3] 赵建章,张进铎,赖江德,等.海南特殊地理环境下的地震资料处理技术研究[J].勘探地球物理进展,2002,25(2):11-13.
- [4] 崔汝国,曹国滨.垦东滩浅海地区地震勘探技术[J].石油地球物理勘探,2008,43(增刊2):21-24.
- [5] 尚新民.地震资料相位差异分析方法与应用[J].物探与化探,2014,8(4):711-716.
- [6] 陈志卿,张兰.子波一致性校正方法在地震资料处理中的应用——以伊朗 Kashan 区块为例[J].石油物探,2006,45(2):169-172.
- [7] 段云卿.匹配滤波与子波整形[J].石油地球物理勘探,2006,41(2):156-159.

SEISMIC DATA DUAL-CONSISTENCY PROCESSING TECHNOLOGY IN COASTAL ZONE

ZHU Libin¹, WANG Yanchun^{1*}, JIA Hengyue²

(1 China University of Geosciences (Beijing), Institute of Geophysics and Information Technology, Beijing 100083, China;

2 BGP Acquisition Technology Support Department, Zhuozhou 072751, Hebei, China)

Abstract: In the seismic exploration in coastal zone, several kinds of sources and receivers are common in use. Differences in shooting, receiving and surface conditions may result in different energy, frequency and phase of the record which seriously influence the stacking effect. Based on the difference analysis of seismic data in a coastal zone, with wavelet matching, using dual-consistency processing technique, combined with shooting consistency correction and receiving consistency correction, the problem of wavelet difference caused by different shooting and receiving conditions has been well solved. Taking the daily seismic data processing of a 3D Project in a foreign country as a case, we performed the dual-consistency processing and it has brought out good imaging results by eliminating the inconsistency of energy, frequency and phase.

Key words: coastal zone; wavelet difference; dual-consistency; wavelet matching