

国家863“深水高精度地震勘探技术”项目资助

HAIYANG DIZHEN ZILIAO CHULI JIESHI XINJISHU

海洋地震资料 处理解释新技术

谢玉洪 陈瑜 万欢 编著



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

国家 863“深水高精度地震勘探技术”项目资助

海洋地震资料处理解释新技术

HAIYANG DIZHEN ZILIAO CHULI JIESHI XIN JISHU

谢玉洪 陈瑜 万欢 编著



中国地质大学出版社

ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

内 容 提 要

本书以海洋地震资料处理解释为研究对象,从噪音压制及多次波衰减技术、精确成像处理技术、地震速度场建立技术、储层预测及流体识别技术及地震处理系统优化等几个方面的方法技术,及其应用效果进行了深入分析。

本书可供从事海洋地震资料处理解释技术研究的科研人员参考,也可供从事海洋地震资料处理解释生产的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

海洋地震资料处理解释新技术/谢玉洪,陈瑜,万欢编著. —武汉:中国地质大学出版社, 2011.1

ISBN 978-7-5625-2562-2

I. ①海…

II. ①谢…②陈…③万…

III. 海洋-地震数据-数据处理

IV. P315.63

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 005183 号

海洋地震资料处理解释新技术

谢玉洪 陈瑜 万欢 编著

责任编辑:谌福兴 方菊

策划组稿:方菊 张晓红

责任校对:张咏梅

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电话:(027)67883511

传真:67883580

E-mail: cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cn>

开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16

字数:310 千字 印张:12

版次:2011 年 1 月第 1 版

印次:2011 年 1 月第 1 次印刷

印刷:武汉中远印务有限公司

印数:1—1 000 册

ISBN 978-7-5625-2562-2

定价:120.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

《海洋地震资料处理解释新技术》

编委会成员名单

主 编：谢玉洪 陈 瑜 万 欢

顾 问：顾汉明

成 员：陈 华 潘志华 方中于 郝建伟

冯全雄 姚树新 李添才 何玉梅

但志伟 朱江梅 王 弈 逢建东

编委主任：刘冬胜 谢永溪

序

《海洋地震资料处理解释新技术》一书,是特普公司 30 年来众多专家和学者共同辛勤劳动的成果。理论和实践相结合是本技术汇编的突出特点。

为了更有效、快捷地获得地震资料成果,为海洋油气勘探开发生产提供真实和丰富的构造、岩性、油气等信息,对海洋地震资料进行分析研究,并提出相应技术方法是十分必要的。由于区域和靶点所处的环境不同,地下地质条件各异,其相应的技术措施就必须有很强的针对性。

《海洋地震资料处理解释新技术》一书,以海洋地震资料处理为研究对象,读者可以通过具体实例了解研究成果,主要内容包括以下四个方面。

噪音压制及多次波衰减技术:海洋地震资料与陆地地震资料的噪声源存在较大差异,潮起潮落、海水深浅、定位系统、渔业活动、海底地貌等影响造就了它特有的噪声特性。这些噪声的存在,严重影响了资料的精度,甚至将有效信号淹没在噪声中。为了去伪存真,信噪分离,LIFT 和 SRME 等多次波衰减技术值得推荐。

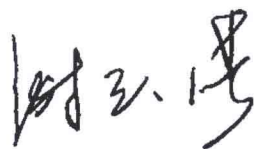
精确成像及速度场建立技术:海洋与陆地在很多方面一样,存在高山、河流、陡坡、热流体侵入等现象,只是多了一层海水,而且可能是急流的海水,震源激发和信号接受环境苛刻;海洋区域大,将靶点不同、多个年度,采用不同采集参数获得的多批三维地震资料,有效地合并到一起,实现一个统一的大三维数据体平台,为油气勘探开发所用,需要有效的“匹配”技术,不论是叠前还是叠后。海洋 P-SV 转换波叠前处理技术等成果应用是比较有效的办法。

储层预测及流体识别技术:这是一项热门技术,是地质学家们认识地下地质构造和判断储层中流体性质的重要手段。特别是陆坡快速推进造成的各时期“S”沉积,增加了精确速度研究的难度;“眼花缭乱”的流体预测技术,需要“知行合一”才能达到预期的成效。通过对实例及应用效果剖析,演示了在不同地区使用不同技术手段来“破解”具体难题。其技术思路和方法为解析类似问题提供了借鉴。

地震处理系统优化技术:海洋地震资料数据量巨大,计算机计算量超常。组

织好天文数据(数个 TB)的进出、协同上千个计算节点高效运行,探索集成优化方法是不可缺少的研究课题。充分的计算机硬件资源当然是解决巨量数据运算的路径之一,但是提高效率、降低成本尤为重要。

《海洋地震资料处理解释新技术》一书的方法和技术在海洋石油勘探开发的应用中取得良好的效果,为海洋石油的增储上产作出了贡献。希望该书能够对从事海洋地震资料处理技术研究的科研人员起到参考作用,对从事海洋地震资料处理生产的技术人员起到指导作用。



2010 年 10 月 于湛江

目 录

噪音压制及多次波衰减处理技术

东海盆地 L 凹陷多次波分析与压制	(1)
利用 LIFT 技术衰减海洋地震近道多次波	(8)
SRME 多次波衰减方法在海洋地震资料中的应用	(14)
高保真多次波剔除法在海上应用分析	(19)
海洋地震资料采集脚印噪声分析及压制	(24)
应用剩余静校正衰减海洋地震资料中的采集脚印	(30)
海洋地震勘探外源干扰快速压制算法	(35)
小波压缩与地震数据处理	(39)

精确成像处理技术

各向异性叠前时间偏移在复杂断块中的应用	(45)
三维匹配拼接技术在惠州某区的应用	(51)
深水崎岖海底地区低信噪比三维地震资料处理策略	(58)
深水崎岖海底地震资料叠前深度偏移的应用	(65)
简便海洋 P-SV 转换波叠前偏移成像的实现问题探讨	(72)

地震速度场建立技术

模型研究指导层速度解释方法探索及应用	(77)
珠江口深水区的地层速度结构研究	(85)
WC 油田速度场反演及变速成图	(91)

储层预测及流体识别技术

A 气田时移地震技术研究与应用	(98)
-----------------------	------

AVO 流体反演技术在惠州某区的应用	(105)
基于吸收滤波与 AVO 技术的地震烃类检测技术	(110)
利用多元地震属性预测南海 M 油田有利储层	(114)
吸收分析技术在油气检测中的应用	(118)
声波测井曲线重构技术在储层反演中的应用	(123)
弹性反演技术在南海 DA 气田滚动勘探中的应用	(130)
地震分辨率探讨及薄层厚度描述策略	(136)
联合应用两类弹性组合参数进行油气识别——W 凹陷涠三段油层识别实践	(142)
珠江口盆地 B 凹陷北坡三维区断裂特征探讨	(147)
深盆地地震特征及预测方法	(153)
珠三坳陷 WC91 反转背斜构造的形成与油气成藏	(160)

地震处理系统优化技术

NPIV 在 IBM 高性能服务器系统中的使用问题	(164)
PC-Cluster 地震资料处理系统的集成与应用	(168)
PC-Cluster 下的 FFT 并行算法分析	(175)
异常(Outlier)检测算法综述	(182)

噪音压制及多次波衰减处理技术

东海盆地 L 凹陷多次波分析与压制

陈 瑜, 魏 赞, 葛 勇

摘 要:东海盆地 L 凹陷多次波非常发育, 严重干扰了地震记录。通过对野外单炮记录及其自相关、近道剖面、初步叠加剖面、合成记录和速度谱等资料的分析研究, 结合该地区地质分层结果和地层岩性情况, 分析了 L 凹陷多次波的类型、特征和成因, 认为该地区 T_{33} 界面与海底和海面产生的多次波主要发育。针对 L 凹陷多次波特征, 采用 τ - p 域预测反褶积与双曲线速度滤波组合, 或 τ - p 域预测反褶积与 T - X^2 域 F - K 滤波组合对多次波进行压制, 取得了很好的效果。

关键词:东海盆地 多次波压制 滤波

东海盆地 L 凹陷油气藏类型以低幅构造加岩性变化为主, 这类地区的地质现象特别易受小角度、小时差多次波干扰。L 凹陷地层划分及岩性如表 1 所示。该区 T_{20} 界面以上主要发育浅灰色中砂岩、泥质砂岩; T_{20} — T_{33} 界面之间主要发育含砾砂岩并夹有 4 层褐色煤层; T_{33} — T_{40} 界面之间主要发育玄武岩和煤层; T_{40} 界面以下主要发育泥质粉砂岩和泥岩。从地震剖面上看, T_{33} 和 T_{40} 界面为强反射界面, 易产生多次反射, 特别是 T_{33} 煤层强反射界面产生的多次波, 严重干扰了凹陷内有效反射, 造成凹陷内地震资料信噪比极低, 而且对基底反射也产生较强的干扰, 严重影响了该地区地震资料的地质解释和研究。

表 1 东海盆地 L 凹陷地层划分与地层岩性表

地层界面	岩性描述
T_{20}	浅灰色中砂岩, 泥质砂岩
T_{33}	含砾砂岩, 粗砂岩, 夹有四层褐色煤层
T_{40}	砂质灰岩, 中部黑色玄武岩及煤层
T_{42}	细粗砂岩, 以石英为主, 中部有泥质粉砂岩
T_{50}	泥岩, 粉砂岩, 泥质粉砂岩

近年来,L凹陷的地震资料经过了多轮重新处理,处理后的资料品质虽然有一定的改善,但是没有大的突破。本研究从该凹陷多次波产生的源头出发,剖析多次波发育的特征,并针对多次波的特点,试验用多种方法的组合来压制多次波,使得该地区地震资料的信噪比明显提高,为后续储层反演和油气检测奠定了基础。

1 多次波的识别

多次波的产生与地下地质情况有关,不同地区多次波的产生机制不同,在地震资料上的表现也不相同,可以利用各种方法对 L 凹陷的多次波加以识别。

1.1 利用原始炮集识别多次波

图 1(a)是 L 凹陷某测线的一个野外单炮记录,可以看出,在 3.0~3.5s 中深层位置存在很强的多次波;在近偏移距道上,从浅到深都夹杂有短周期多次波的干扰。对于短周期的层间多次波,用自相关可以进一步判断它的周期性^[1]。图 1(b)是图 1(a)单炮记录对应的自相关,可以看到相关性很强,多次波周期大约为 20ms。

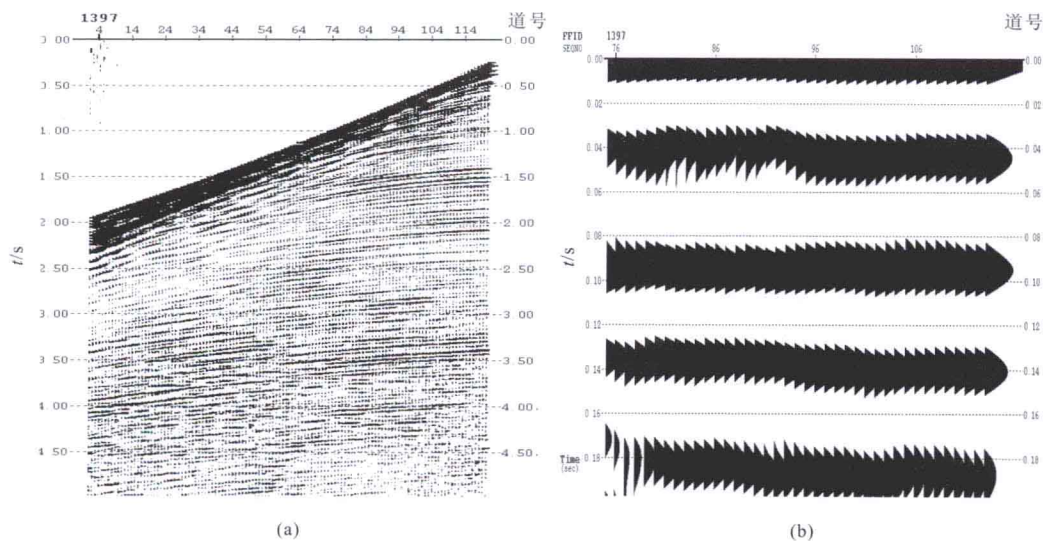


图 1 原始单炮记录(a)及其自相关(b)

1.2 利用近道剖面识别多次波

近道剖面是抽取每个炮集的最近道所形成的一个单次叠加剖面,在近道剖面上可以初步判断多次波的分布情况,主要能反映鸣震等短周期多次波。图 2 是 A 测线的近道剖面,从剖面上可以看到一系列形态相似的反射同相轴,反射强度衰减很慢,与多次波源的反射同相轴相似。

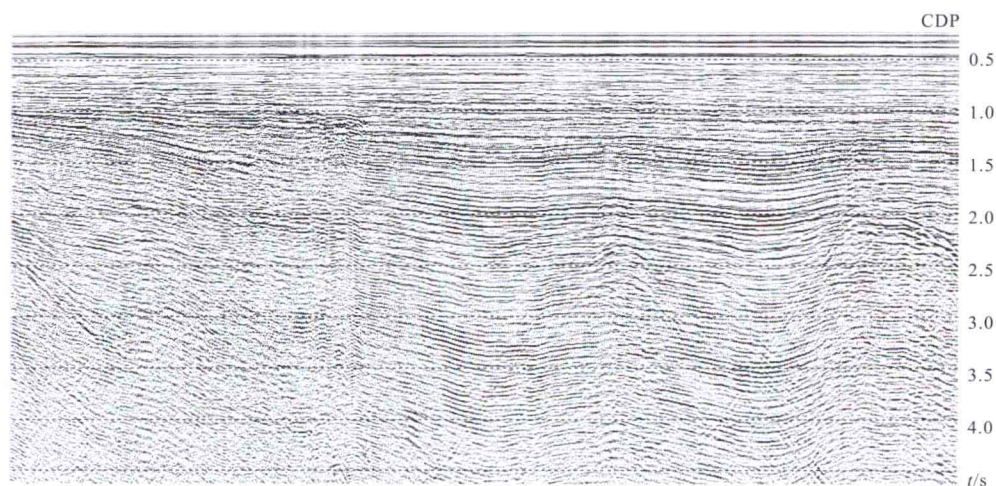


图2 A测线的近道剖面

1.3 利用初步叠加剖面识别多次波

用初步叠加剖面可进一步分析多次波的分布情况。图3是A测线的初步叠加剖面。用该剖面能初步认识地下基本构造形态和基底反射情况,同时还可以看到在3.0~3.5s处依然有大量同相轴与基底反射相交,从同相轴形态可以判断,这是2.0s处的强反射界面形成的多次反射波。

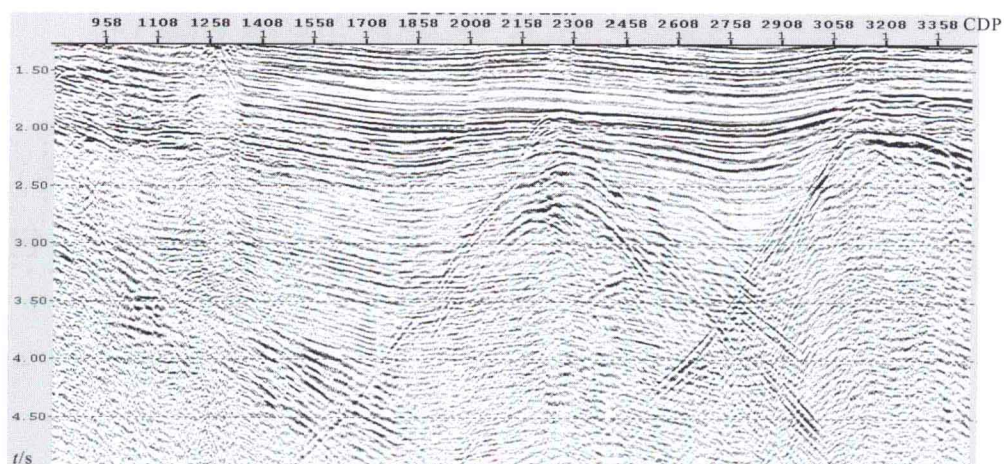


图3 A测线的初步叠加剖面

1.4 利用速度谱识别多次波

图4(b)是A测线 CMP2957 位置所对应的速度谱。在速度谱上可明显看到,1.0s以下有

一连串多次反射能量团存在,而且其速度值和 1.0s 的一次反射的速度值相近。

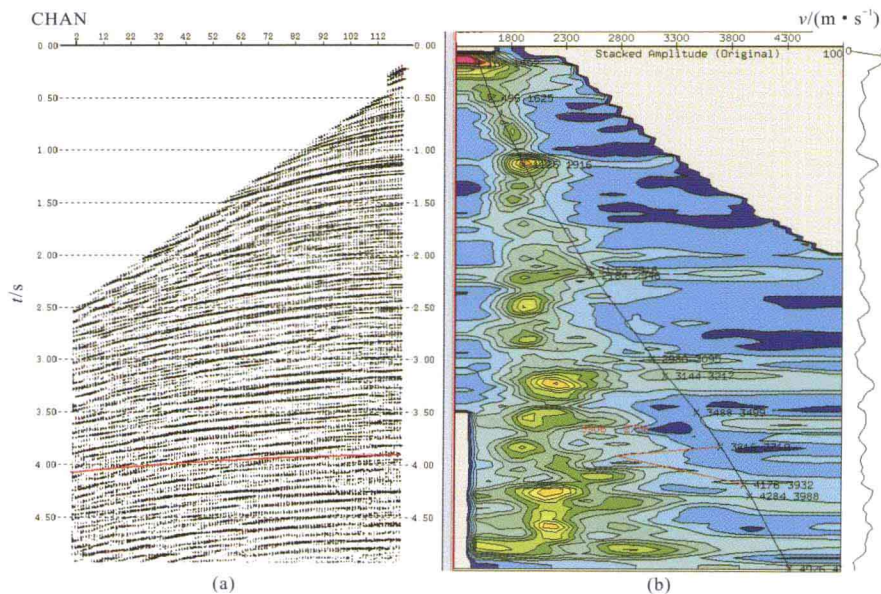


图4 A测线 CMP2957 处道集(a)及对应的速度谱(b)

1.5 利用合成记录识别多次波

地震合成记录没有多次反射,用此记录可以判断地震剖面上相关层位的真假性。对比图 5 和图 6 可以认定,地震剖面中的同相轴若在合成地震道记录上不存在,则是多次反射或者其他波。

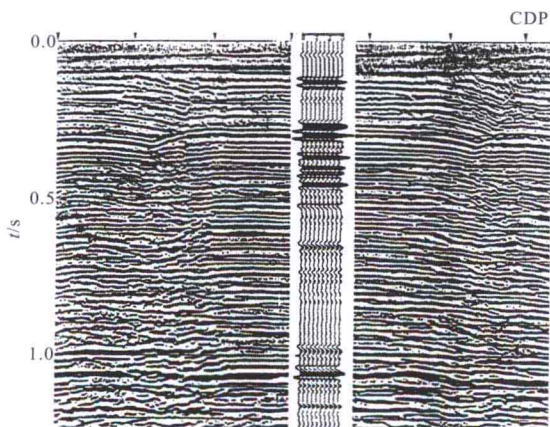


图5 未压制多次波剖面与合成地震道对比

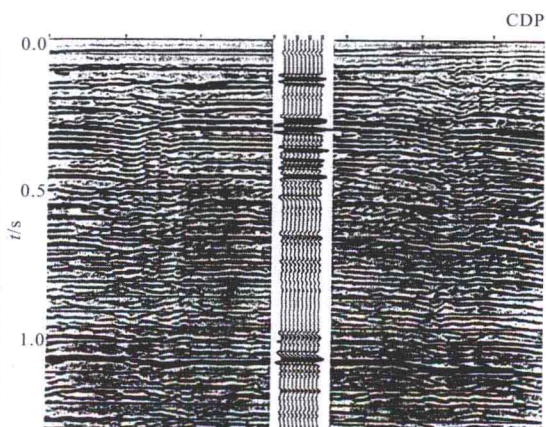


图6 已压制多次波剖面与合成地震道对比

2 多次波成因分析

首先用速度谱资料进行分析。图 7 为 A 测线 CMP773 和 CMP1780 处的速度谱,从速度谱上基本能识别多次波及多次波产生的反射源,然后,从该地区的地质情况来分析多次波的发展情况。通过地层、岩性分析,结合 CMP773 和 CMP1780 处的速度谱特征,发现该地区存在

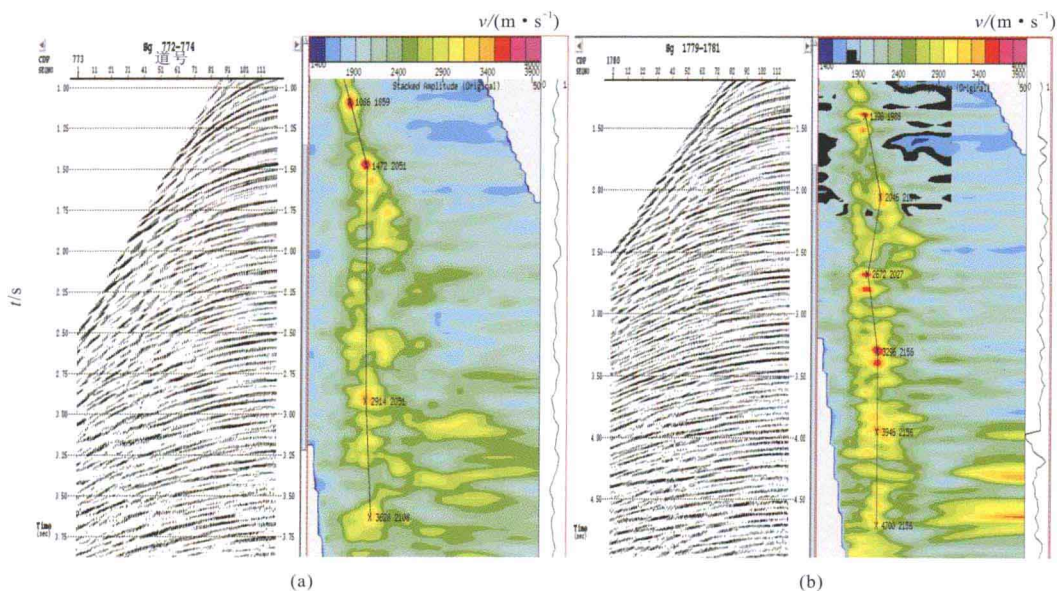


图 7 A 测线 CMP773(a)和 CMP1780(b)处的速度谱

两个波阻抗较大的反射界面。一个是海水和空气的界面,这是产生鸣震和短周期多次波的界面。另一个是 T_{33} 面,界面之上为含砾砂岩和粗砂岩,界面之下为砂质灰岩、黑色玄武岩及煤层,岩性坚硬致密,致使反射波在水面反射后再次在该界面产生反射,形成长周期多次波。对照地震反射和地质分层(图 8),在 CMP1780 位置 1396ms 处的一次反射正是 T_{33} 界面的反射。 T_{33} 界面反射上行至海底,再次在 T_{33} 界面处反射,时间为 $1396+1296=2692(\text{ms})$,为与海底产生的多次波; T_{33} 界面反射上行至海面(水深 100ms),再次在 T_{33} 界面处反射,时间为 $1396+1396=2792(\text{ms})$,为与海面产生的多次波,正好相当于速度谱上表现出来的 T_{33} 界面多次反射的旅行时间,以及在海面和海底间产生的短周期鸣震。同样,在 CMP773 位置 1472ms 处的多次反射时间为 2914ms,也是 T_{33} 界面和海底之间产生的多次反射。 T_{33} 界面的煤层反射全区都存在,而且很强,因此该地区的多次波主要是海底多次波和 T_{33} 界面引起的多次波。除了海底鸣震和 T_{33} 界面的长周期多次反射外,其他界面也能产生一些强度较弱的中周期多次反射,但能量相对较弱,不是主要的干扰波。

3 多次波压制方法及其压制效果

L 凹陷多次反射波主要为海底鸣震和 T_{33} 界面产生的长周期多次反射。一般来说,根据理

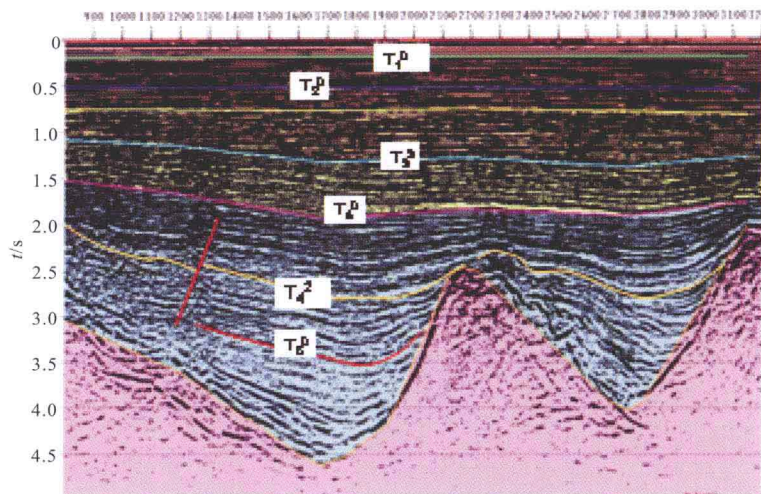


图8 A测线地震反射界面与地质分层

论和实际经验,对于短周期多次波,采用 $\tau-p$ 域预测反褶积压制比较有效,方法也比较成熟^[2]。而对于长周期多次波,压制技术比较多,如 $T-X^2$ 域 $F-K$ 滤波、抛物线拉冬变换、双曲线速度滤波、循环采样中值滤波、聚束变换等等,其中双曲线速度滤波和 $T-X^2$ 域 $F-K$ 滤波效果比较好^[3,4]。针对本区情况,确定以 $\tau-p$ 域预测反褶积与双曲线速度滤波组合,或 $\tau-p$ 域预测反褶积与 $T-X^2$ 域 $F-K$ 滤波组合来压制多次波。图9是对实际数据采取 $\tau-p$ 域预测反褶积与双曲线速度滤波组合方法压制多次波前、波后的效果对比,从图中可以看到,2.5~3.5s处多次波压制效果很好,基底反射和凹陷内部反射都突出出来了。图10为A测线压制多次波后的叠偏剖面,剖面显示基底构造反射清晰,凹陷内反射波信噪比高,为该地区的构造解释和油气检测工作奠定了基础。

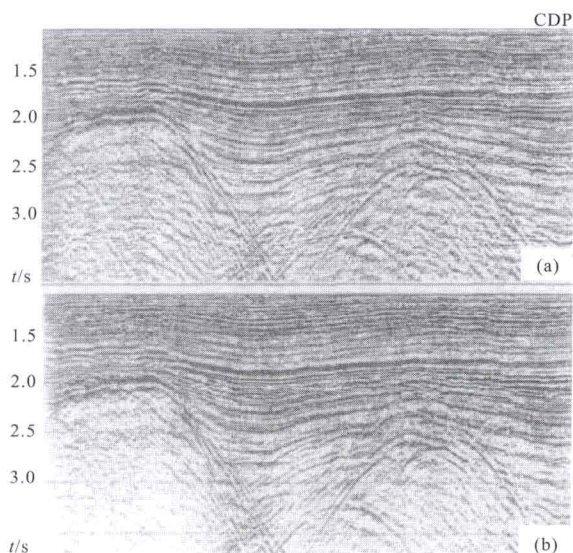


图9 A测线压制多次波前(a)、波后(b)叠加剖面对比

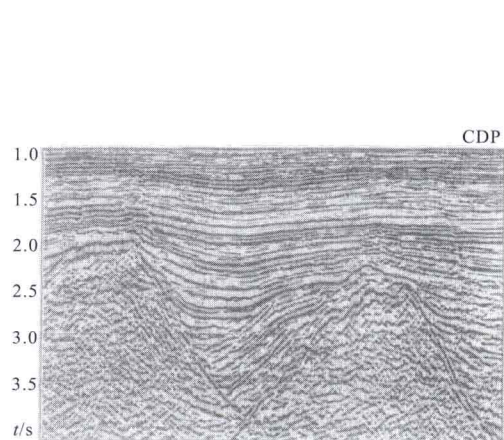


图10 A测线压制多次波后的叠偏剖面

4 结论

东海盆地 L 凹陷产生多次波的主要界面是海水面、海底和 T_{33} 煤层反射面。采取 $\tau-p$ 域预测反褶积与双曲线速度滤波组合,或 $\tau-p$ 域预测反褶积与 $T-X^2$ 域 $F-K$ 滤波组合,可以有效地压制该地区的主要多次波。

参考文献

- [1]王汝珍. 多次波识别与衰减[J]. 勘探地球物理进展, 2003, 26(5—6): 423~432
- [2]郑旭刚. $\tau-p$ 域反褶积压制多次波方法研究[D]. 北京: 中国石油大学, 2009
- [3]李鹏, 刘伊克, 常旭, 等. 多次波问题的研究进展[J]. 地球物理学进展, 2006, 21(3): 888~897
- [4]彭小明. 多次波压制技术在玛围地区的应用[J]. 内蒙古石油化工, 2007(12): 117~119

利用 LIFT 技术衰减海洋地震近道多次波

李添才, 李 列, 陈 瑜, 万 欢, 刘金朋, 丘斌煌

摘 要:在海洋地震勘探中,近道多次波是最难处理的相干噪音之一,特别是在浅层气的影响下,近道多次波更是难以压制。常规预测反褶积衰减近道多次波的技术在衰减多次波的同时,有效信号也被去掉了,破坏了道集的完整性,给后续处理带来一定的困扰。本文利用一种有效衰减近道多次波的 LIFT 技术,根据 AVO 原理模拟有效信号,通过局部时窗进行信噪分离。实践证明,该技术既能有效衰减近道多次波,又能很好地保留有效信号,为后续处理打下坚实的基础。

关键词:地震数据处理 LIFT 技术 AVO 模拟 近道多次波 衰减

1 引言

海洋地震多次波的形成与海上采集环境有关,根据多次波的运动学特征,可分为短周期多次波和长周期多次波^[1],而短周期多次波大部分集中在近道(通常是偏移距小于 1km 的近炮点道)。近道多次波的特点是周期性较强,在切除带内一次反射波与多次波的速度差异较小,几乎没有明显的剩余时差。

本文提出利用 LIFT 技术(Leading Intelligence Filter Technology,简称 LIFT)有效衰减近道多次波,是一种新的噪音和多次波衰减技术。该 LIFT 技术根据有效反射在近中远偏移距均有分布,鉴于近道多次波主要集中在近道,而在中远偏移距较少分布的特点,通过开局部时窗利用 AVO 技术模拟有效信号,从而达到信噪分离的目的^[2,3]。实践证明,该技术既能有效衰减近道多次波,又能很好地保留有效信号,保持了道集的完整性,有利于地震数据的后续处理。

2 近道多次波的特点及其衰减方法

统计分析发现,近道多次波能量往往比有效反射波的能量强,特别是在气层比较发育的地区,通常是有效反射波能量的几十倍甚至上百倍,而且多次波的频带很宽,同有效波很难分开^[4]。图 1 所示的就是浅层气比较发育的南海某地区的炮集及其叠加剖面、炮集均方根振幅曲线和自相关图。在浅层气的影响下,有效信号几乎淹没在近道多次波中,导致叠加剖面出现许多假反射层,如果这种多次波在叠前没有得到很好的压制,其超强的能量会给叠前时间偏移带来很大的噪声,偏移后却更加难以得到有效衰减,给后续处理带来困扰。

衰减多次波是海洋地震数据处理的重点和难点之一^[5]。由于近道多次波与一次波的速度差异很小,如果采用二维滤波法,一次波很容易被损失;另外,由于多次波模型减去法要求设法

求得准确的多次波模型^[6],这在实际资料中很难做到,并且计算公式复杂、运算速度慢,所以对浅海资料在实际生产中很少采用。针对近道多次波的周期性较强的特点,通常采用的技术是预测反褶积,但对于那些周期性较差的近道多次波,这种技术就无能为力^[7,8],常常需要通过组合内切除。但这种组合技术在衰减多次波的同时,有效信号也被去掉了,破坏了道集的完整性,这样的道集是不利于后续处理的,比如 AVO 分析,特别是老资料的目标处理,本来覆盖次数就低(上世纪七八十年代采集的数据大部分是 24~30 次覆盖,电缆长度不足 3.0km),道数很少,内切除后可用的道数就更少了。

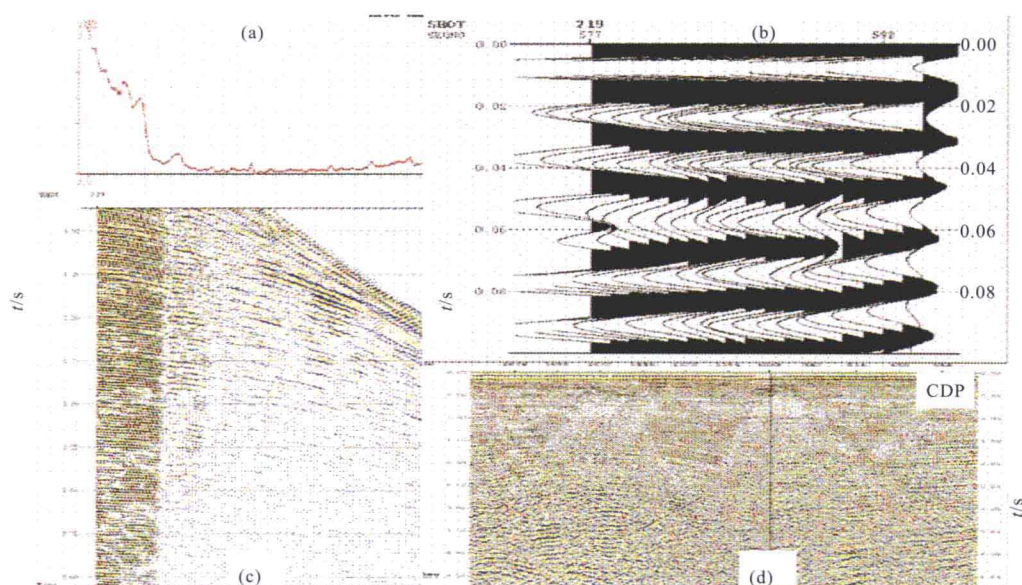


图 1 某炮集振幅均方根曲线(a)、自相关图(b)、炮集(c)及其叠加剖面(d)

3 LIFT 技术的基本原理

LIFT 技术的思想是在去除的噪声中再提取非常微弱的有效信号,然后重构数据,做法是大同小异的,其关键点是什么技术可以在去除的噪声中把有效信号提取出来,反之就是什么技术可以在有效信号中把噪声提取出来,做法是可以反复多次,直到认为把噪声衰减到一个可以接受的程度。

LIFT 技术是基于同一反射层的反射信号振幅具有规律性的 AVO 理论^[9],其基本原理如图 2 所示,首先根据佐普里兹(Zoeppritz)方程的近似公式,对输入数据 A 提取 AVO 属性及其反射系数,并根据提取的 AVO 属性及其反射系数和相应的 P 波速度去模拟一次反射波,得到包含大部分一次反射波的模型数据 B_1 和包含大部分多次波和极少一次反射波数据 M_1 ,为了达到信号保真的目的,再对数据 M_1 进行多次波压制,得到多次波 M_2 和有效反射波 B_2 ,再把 B_1 和 B_2 相加得到最终压制剩余近道多次波的结果 B。