

· 采集技术 ·

压制三维地震数据采集脚印的方法研究

董世泰* 刘雯林 乐金

(中国石油勘探开发研究院)

董世泰,刘雯林,乐金. 压制三维地震数据采集脚印的方法研究. 石油地球物理勘探, 2007, 42(1): 7~10

摘要 三维地震勘探在资料采集、处理过程中都会产生严重影响数据体的脚印现象,其中尤以采集脚印的影响最甚,因为在地震数据采集,任何地面观测系统设计不当,都会在三维数据体上留下烙印,在时间和深度切片上表现为振幅和相位发生了变化。也就是说,采集脚印会引起地震成像中出现地层结构模式发生规律性变化的假象。引起脚印发生的因素可归为观测系统影响因素和非观测系统影响因素。文中研究表明,根据采集脚印的成因,应在采集阶段使其最小化,通过模型模拟采集脚印在不同观测系统上的反映来选择最佳观测系统,尽量选择较宽模板、增加覆盖次数、减少野外炮点和接收点的移动,从源头上削弱采集脚印。处理中压制采集脚印不符合“三高”处理要求,应尽量少用。

关键词 三维地震 脚印 惟一覆盖次数 观测系统 模型

1 引言

脚印现象是指在地震数据的采集、处理过程中留下的人为痕迹,是地面观测系统在三维数据体上留下的烙印,在时间和深度切片上表现为振幅和相位发生了变化。采集脚印会引起地震成像中出现地层结构模式发生规律性变化的假象。处理脚印是处理过程中由于参数选择不合适、速度模型不准确、流程欠佳所形成的规律性地震属性的变化。引起脚印发生的因素是多种多样的,简单归纳起来有以下几种:①观测系统(包括线距、覆盖次数、宽模版和窄模版观测系统);②震源;③地形及地表条件;④处理工艺(包括处理流程、参数等)。这些影响因素可归为两种主要形式,即观测系统影响和非观测系统影响。我们可以尽量选择最优化的观测系统,改善野外施工方式,减小观测系统和野外环境对数据的影响;在处理中选择恰当的流程和处理参数,实施高保真处理,以减小处理对数据的影响。

2 观测系统影响因素分析

大部分情况下,观测系统设计不合理,会引起采

集脚印。主要影响因素是炮线间距和接收线间距的大小、排列片滚动的快慢和覆盖次数的分布等。

采集脚印的最简单表现形式是覆盖次数随炮检距变化,每个炮检距对覆盖次数有不同的贡献,因此每一个独立的三维面元是不同炮检距的综合贡献,面元内所有道的CMP叠加图显示出面元间的振幅变化,这个变化就是采集脚印(图1)。采集脚印的形成取决于炮线和接收线的间距和方向,线距过大会产生较严重的采集脚印。在陆地采集情况下,通

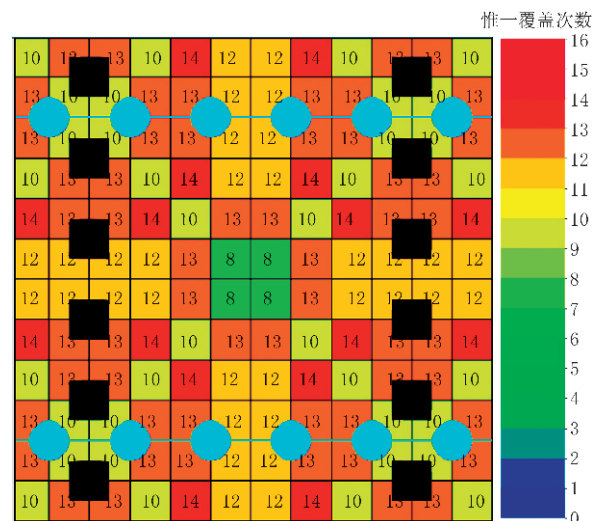


图1 一个子域内惟一覆盖次数的变化

* 北京市海淀区学院路中国石油勘探开发研究院,100083

本文于2006年3月10日收到,修改稿于同年8月23日收到。

常炮线和接收线间距很规则,每一个子域(两条炮线和两条接收线围成的方块)内的惟一覆盖次数、振幅等出现变化,在整个工区中会出现规律性的变化,很容易辨认,如果观测系统是规则的,那么采集脚印也呈规则的周期性变化。惟一覆盖次数的含义是:将某面元对应的炮检距按一定的步长,划分成若干份,在每份中计算其所包含的共中心点数,这个炮检距范围内有几个共中心点,则认为在这个炮检距范围内有几次惟一覆盖次数,依次对其余的炮检距范围

进行计算,总数的和就是对应面元内的惟一覆盖次数^[1,2]。惟一覆盖次数与一般意义上的面元覆盖次数不同,前者代表了面元上炮检距的分布情况,如果面元上缺失一些炮检距值,则其惟一覆盖次数就会下降。在一般情况下大部分面元的惟一覆盖次数较常规覆盖次数高,反映了面元上真正对叠加起作用的覆盖次数,代表了面元的属性。图 2 展示了常规覆盖次数与对应的惟一覆盖次数的对比,由图 2 可见,常规覆盖次数均匀,但惟一覆盖次数不均匀,惟

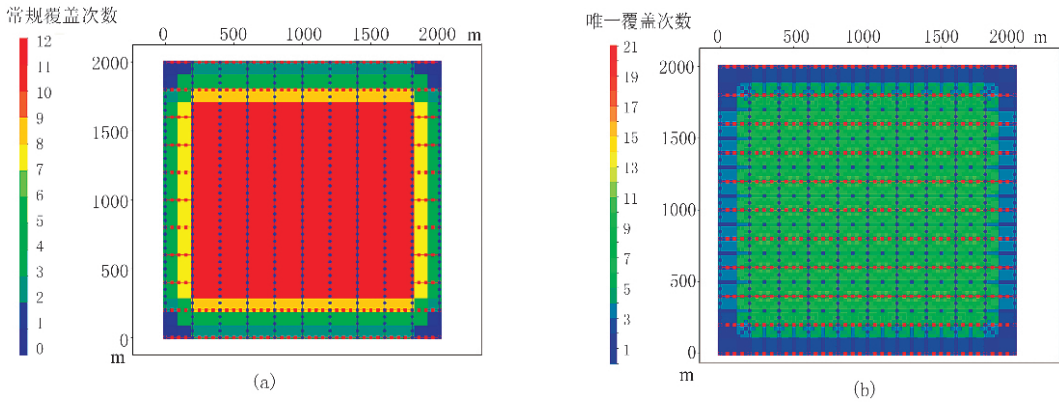


图 2 6 线 4 炮滚进、滚出观测系统下的常规覆盖次数(a)与对应的惟一覆盖次数(b)对比
炮线距和接收线距均为 200m,炮间距和道间距均为 50m

一覆盖次数呈规律性变化。

排列片滚动的快慢是形成采集脚印的另一个因素,滚动过快,会加剧 Crossline 方向惟一覆盖次数和振幅发生变化。如果观测系统设计不合理,即便是再小的横向滚动距离,也同样会产生严重的采集脚印现象。由图 3 可看出,炮检距分布不均匀(图 3 中柱状图),但平均炮检距分布较均匀(图 3 中红色背景),主要原因是炮线距和接收线距较大。Inline

方向和 Crossline 方向的 DMO 脉冲响应存在明显的同相轴振幅和相位规律性的变化,在 Inline 方向周期性变化更加剧烈(图 4)。

在地震数据处理中一般采用从周边面元借道弥补缺失的炮检距来补偿上述现象,给所有面元实施炮检距平滑。虽然这种做法在减小采集脚印方面有一定作用,但因它损失了高频成分而降低了分辨率。

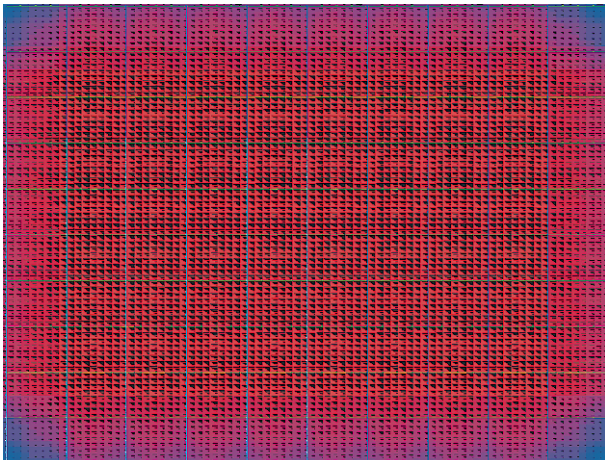


图 3 炮检距分布柱状图

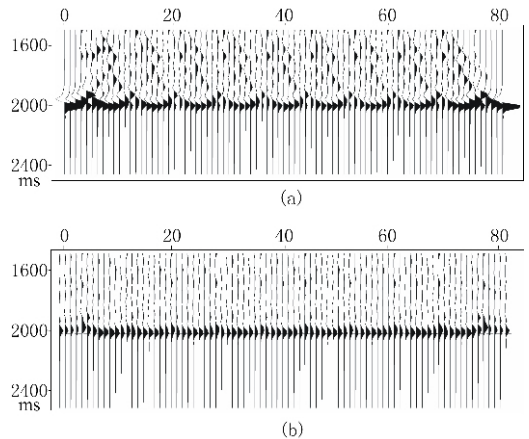


图 4 Inline 方向(上)和 Crossline 方向(下) DMO 脉冲响应

3 非观测系统影响因素分析

如果地表条件复杂,高程变化大,采用非规则观测系统,将炮点移到容易实施的地方,也会人为引起采集脚印现象,这种现象是普遍存在的。此外,天气变化及近地表异常、三维勘探工区内的复杂地貌(如沼泽等)也会引起数据振幅、相位发生变化,引起采集脚印现象。

4 压制脚印的思路

由于在岩性油气藏勘探中十分强调保幅处理,因此多数采集脚印在处理中被保留了下来,从而引起地震成像中出现周期性的振幅假象。在某些地震数据处理流程中,采用借道、道间滤波、能量均衡等手段来减弱采集脚印,但同时也消弱了由地质现象引起的振幅或相位变化。可见,为消除脚印的影响,应从分析形成脚印的源头入手,使野外采集脚印最小化,是现实可行的方法。

4.1 采用宽模板观测系统

宽模板观测系统与窄模板观测系统相比,减少了采集脚印现象^[1,3,4],主要原因是减少了炮点的反向散射噪声,改善了静校正效果,增加了大地震道数据记录的有效性,并增加了覆盖次数。

4.2 提高覆盖次数

浅层的远炮检距数据匮乏易产生采集脚印现象,反映在地震剖面上,覆盖次数越低,振幅变化就更剧烈。覆盖次数与炮检距直接关联,炮检距的规律性变化也是采集脚印现象的体现。采用高覆盖次数,可使脚印现象明显减弱^[5,6]。此外,提高覆盖次数对压制野外噪声具有突出作用,激发噪声使得采集脚印现象更严重,这种噪声始终夹杂在数据体当中(图 5),信噪比越低,采集脚印现象越严重。噪声通常具有较低的频率,地表衰减作用很小,一般在剖面的较深部位噪声对信号的干涉变得更为突出。经验表明,由激发产生的采集脚印在剖面的深部与浅部同样发育。

4.3 基于模型的观测系统设计

通过合成记录的叠加响应或实际数据的叠加响应可以模拟采集脚印。在给定地质模型下,用设计的观测系统产生合成地震记录,在速度和频

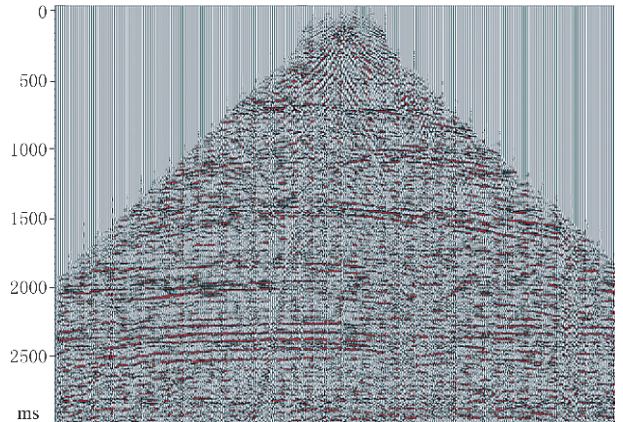


图 5 NMO 校正过的炮点道集

率已知的条件下,可以识别震源产生的噪声。对数据进行三维叠加,从叠加数据体上可以判别 Inline 方向和 Crossline 方向是否存在采集脚印现象^[2,8,9],图 6 为 Inline 和 Crossline 方向的叠加数据以及时间切片,在切片上明显看到振幅不一致。从一个子域的时间切片上(图 7)可看到 DMO 响应具有较强的变化,如果用这种观测系统采集三维地震数据,将产生严重的采集脚印,因此需要重新设计观测系统,并用同样的处理流程来监测采集脚印的发育程度,其中具有最小叠加响应变化(最小采集脚印现象)的观测系统是应当选择的观测系统。

4.4 选择恰当的观测系统参数

观测系统参数的选择特别是炮线距和接收线距的选择,对消除采集脚印现象十分重要,观测系统参数过小则施工成本太高,过大则会引起采集脚印现象^[1,2]。炮线距和接收线距一般选择道距的 4~6 倍为宜。滚动线距步长过大也会产生采集脚印,造成面元属性不均匀,一般选择小于接收排列线数的 1/4 较合适,例如 12 线时不大于 3 线。

4.5 精细资料处理

地震资料处理流程和方法在叠加数据体上也会留下烙印^[1,7],例如,采用不准确的 DMO 速度进行 DMO 处理,会引起数据的变化^[6]。选择不准确的速度,将产生水平层的剩余时差。这种影响远比多次波和震源产生的噪声的影响大,并在数据体上形成较强的振幅和相位畸变。地震数据处理时选择合理的速度和流程,进行精细速度分析,是消除处理脚印的最有效办法。

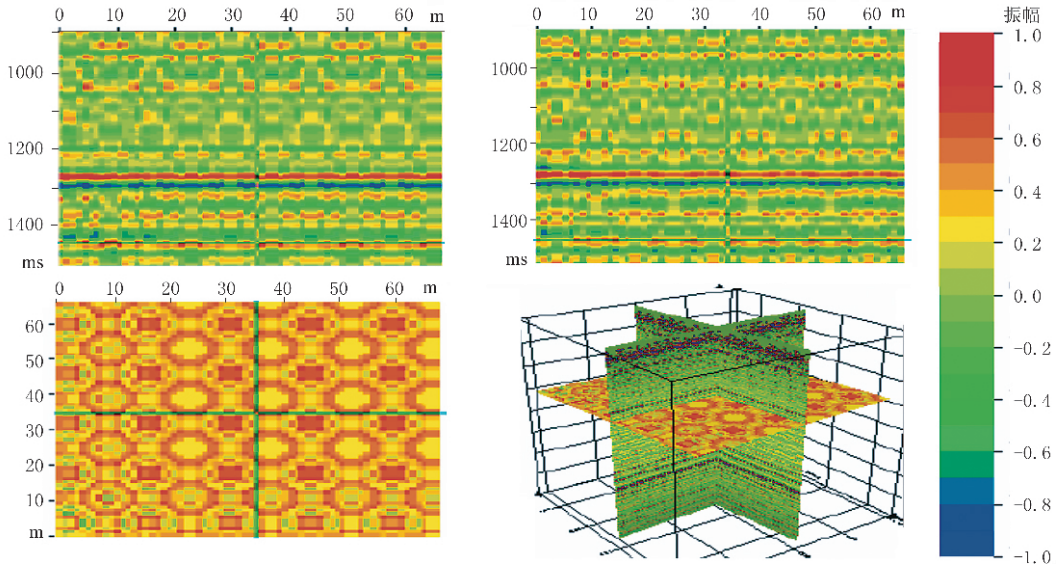


图 6 三维数据体(右下)的采集脚印在 Inline(左上)及 Crossline(右上)、时间切片(左下)上的显示

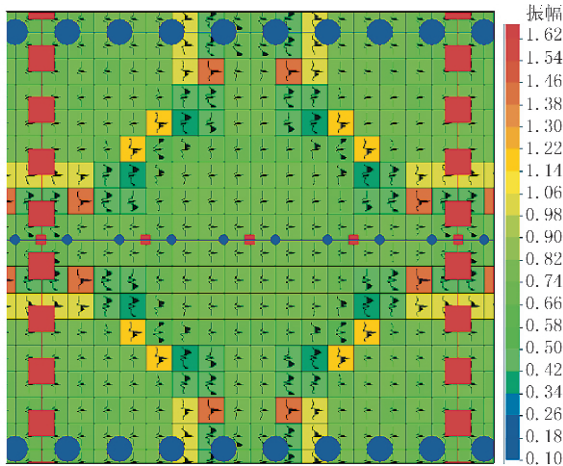


图 7 1100m 炮检距观测系统的叠加振幅(1s 时间切片、60ms 时间窗口)

印。处理中压制采集脚印不符合“三高”处理要求，应尽量少用。

参 考 文 献

- [1] Andreas Cordsen. Acquisition footprint can confuse. *AAPG Bulletin*,2004,88(3):26
- [2] Andreas Cordsen et al. Planning Land 3-D Seismic Surveys, *Geophysical Developments Series No 9 Society of Exploration Geophysicists*,2002
- [3] Cain G et al. Reducing risk in seismic acquisition and interpretation of complex targets using a Gocad-based 3-D modeling tool. *Expanded Abstract of 68th SEG Mtg*,1998
- [4] Connelly D L et al. 3-D design with DMO modeling. *Expanded Abstract of 65th SEG Mtg*,1995,98~99
- [5] Margrave G F. Seismic acquisition parameter considerations for a linear velocity medium. *Expanded Abstract of 67th SEG Mtg*,1997,47~50
- [6] Vermeer G J O. *Seismic Wave Field Sampling*. Soc Expl Geophys,1990
- [7] Yilmaz O. *Seismic Data Processing*. Soc Expl Geophys,1987
- [8] Vermeer G J O. 3D symmetric sampling in land data acquisition. *Expanded Abstract of 65th SEG Mtg*,1995,169~170
- [9] Vermeer G J O et al. DMO in arbitrary 3D geometries. *Expanded Abstract of 65th SEG Mtg*,1995
- [10] 刘雯林. 油气田开发地震技术. 北京:石油工业出版社,1996

(本文编辑:刘勇)

5 结束语

采集脚印是描述三维地震勘探中的一种地震噪声的新概念。为了进一步提高解释精度,要了解和认识脚印现象,并将它与地质现象区别开^[10]。根据采集脚印的成因,应在采集阶段使其最小化,通过模型模拟采集脚印在不同观测系统上的反映来选择最佳观测系统,尽量选择较宽模板、增加覆盖次数、减少野外炮点和接收点的移动,从源头上削弱采集脚