

· 采集技术 ·

# 永新地区高精度地震采集方法的应用效果

于 静\* 孙明武

(中国石油化工集团胜利石油管理局物探公司, 山东东营 257100)

于静, 孙明武. 永新地区高精度地震采集方法的应用效果. 石油地球物理勘探, 2008, 43(增刊2): 6~10

**摘要** 永新地区油气藏类型属于复杂断块油气藏, 具有构造复杂、储层类型多样、含油气层系丰富的特点, 该区地震勘探存在的主要问题是低序级断层成像精度不高。为解决低序级断层的成像问题, 在该区部署了高精度地震采集, 包括以下技术环节: ①观测系统设计, 设计了面元细分的高精度采集观测系统, 该观测系统具有密度高、空间采样均匀、覆盖次数高、道数多的特点; ②近地表结构调查, 采用表层取心、小折射、单井微测井、双井微测井、地质雷达等近地表结构调查方法, 确定了低降速带的厚度、速度、岩性等, 建立了工区高速层等厚图, 为激发条件选择提供了依据; ③接收技术, 组合检波选择的主要参数包括组内距、组合基距、组合图形、连接方式; ④激发技术, 激发技术重点体现在激发井深控制、高程控制、激发药量控制等方面。通过高精度地震采集获得的单炮记录整体信噪比很高, 剖面的断层成像质量及信噪比更高, 面元越小分辨地质体的能力越强, 横向偏移归位精度也越高。

**关键词** 复杂断块 地震采集 观测系统 近地表结构 激发 接收

## 1 引言

高精度地震技术也称高分辨率地震技术。纵向分辨率的提高要求较宽的资料频带和较高的主频, 因此需要较宽的激发频带、高灵敏度接收、近地表高频衰减补偿等技术; 横向分辨率的提高要求较小的面元网格。小面元的实现主要有两种方式: 其一是地面接收点距小, 这样实现的地下反射面元当然也小; 其二是通过炮、检点关系组合实现地下反射小面元, 即面元细分技术。永新地区是胜利油田的一个开发老区, 油气藏类型属于复杂断块油气藏, 具有构造复杂、储层类型多样、含油气层系丰富的特点。该区地震勘探存在的主要问题是低序级断层成像精度不高, 也就是说, 该区的主要矛盾还是横向分辨率问题。为解决低序级断层的成像问题, 在该区部署了高精度地震采集, 得到了高品质的原始资料, 圆满完成了采集任务。

## 2 采集方法

### 2.1 观测系统设计

地质任务要求分辨断距 10m 以上的断层和厚

度 5m 以上的砂体。根据此纵、横向分辨率的要求, 设计了面元细分的高精度采集观测系统(表 1)。由表 1 可见, 该观测系统具有密度高(道密度达到了 96 万道)、空间采样均匀(道均匀性和炮均匀性都为 1)、覆盖次数高、道数多(单排列片道数为 6144 道)的特点。

表 1 面元细分的高精度采集观测系统参数

观测系统形式	48 线 75 炮(面元细分)				
每线道数	128				
总道数	6144				
道距/m	50				
接收线距/m	50				
炮点距/m	80				
炮线距/m	80				
束线距/m	1200				
最大炮检距/m	3759				
最大非纵距/m	1735				
纵横比	0.52				
面元大小/m×m	25×25	20×20	15×15	10×10	5×5
覆盖次数	600	384	216	96	24

### 2.2 近地表结构调查

济阳拗陷地表多为第四系沉积, 潜水面较浅, 低

\* 山东省东营市胜利石油管理局物探公司, 257100  
本文于 2008 年 3 月 15 日收到。

降速带变化趋势平缓,但仍然存在低降速带的“突变带”,且激发岩性变化较大。以小清河为例,几个邻近区块不同年度采用的激发井深分别为 9, 14.3, 15, 16, 17, 23.5, 33, 35m, 资料频率和能量差异较大,对连片处理时信噪比和分辨率的提高造成了很大影响。因此精细的高密度近地表结构调查是选择最佳激发条件的前提。

永新地区高精度地震采集针对小断块、低幅度构造等弱反射目标体及薄储层预测,要求激发子波具有较高的主频和较宽的频带,并尽量提高高频成分。因此要综合分析激发围岩的岩性特征、近地表条件以及井深、药量、药型等因素,寻求最佳的组合,避免采集过程中单炮频率和能量的差异,进而影响最终的叠加效果,以至降低资料分辨率。由于观测系统为小面元观测系统,为减小小面元处理工作中近地表结构变化对成像的影响,提高小面元成像质量,需要建立该区的高精度近地表结构数据库,从而为室内处理的近地表校正工作提供基础数据。本区采用的近地表结构调查方法有表层取心、小折射、单井微测井、双井微测井、地质雷达等。通过多手段联合对比、分析、验证,确定了低降速带的厚度、速度、岩性等,建立了工区高速层等厚图,为激发条件选择提供了依据(图 1)。此外,还建立了高精度近地表结构数据库,可为室内近地表校正工作提供近地表数据。

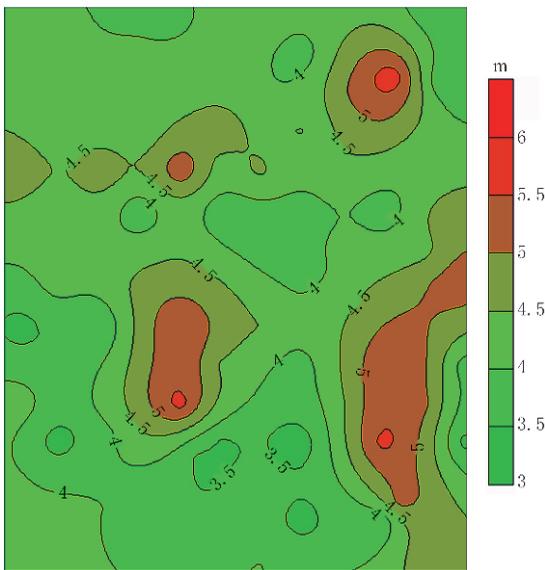


图 1 工区高速层等厚图

### 2.3 接收技术

采用检波器组合技术有利于压制随机干扰,提

高资料信噪比。但是组合相当于一个低通滤波器,会对某些频率起到压制作用,对提高资料分辨率不利。因此需要认真选择检波器的组合参数。组合检波需要选择的主要参数包括组内距、组合基距、组合图形、连接方式。

(1)组内距选择 选择组内距的主要依据是随机干扰的相关半径。通过干扰波调查,获得随机干扰记录,并计算其相关半径,通常以相关系数大于 0 作为组内距选择的依据。考虑到组合基距、组合图形等要求,在一般情况下,都是在相关系数为零附近选择一个数值,作为工区检波器组合的组内距,如本工区可以选择组内距为 2m(图 2)。

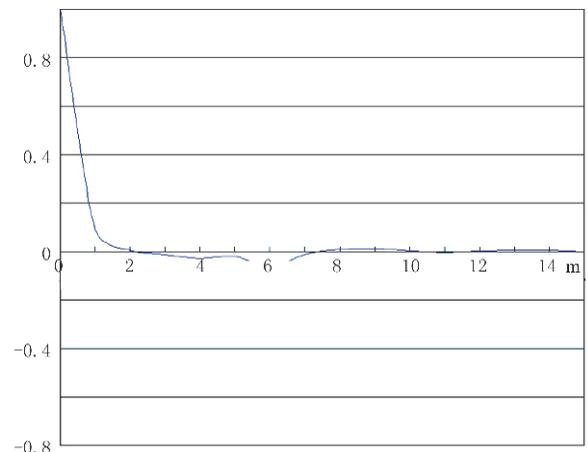


图 2 随机干扰的相关半径

(2)组合基距选择 组合基距是确定检波器组合面积的一个非常重要的参数。组合基距选择过大,会造成各个检波器接收到的反射信号不是来自于同一反射点,而是来自于一个反射面,如果该反射面是一个复杂的构造部位(如断层等),那么组合后信号的平均作用显然不利于复杂构造的成像。

(3)组合图形选择 在一般情况下,使用的检波器个数越少,越能避免组合图形过大而造成的信号均化作用。但检波器个数过少,又会失去组合压制随机干扰的优势,因此检波器组合个数要适当。本工区选择了 2 串共 24 个检波器进行组合。组合基距确定后,就对组合图形起到一个限定作用,也就是说,只需在组合基距限定的范围内进行组合图形的设计。组合图形的设计主要考虑的因素为干扰波的传播方向,同时必须考虑组合的方向特性对有效信号的压制作用。本工区选择的组合图形大小为  $4\text{m} \times 10\text{m}$ 。

(4)连接方式选择 从理论上讲,检波器串联连接方式有利于提高其灵敏度,从而提高接收高频弱信号的能力,但是其信噪比会有一定程度的下

降。实际试验资料表明(图3),检波器串联连接方式在该区并没有优势,因此选择检波器并联连接方式。

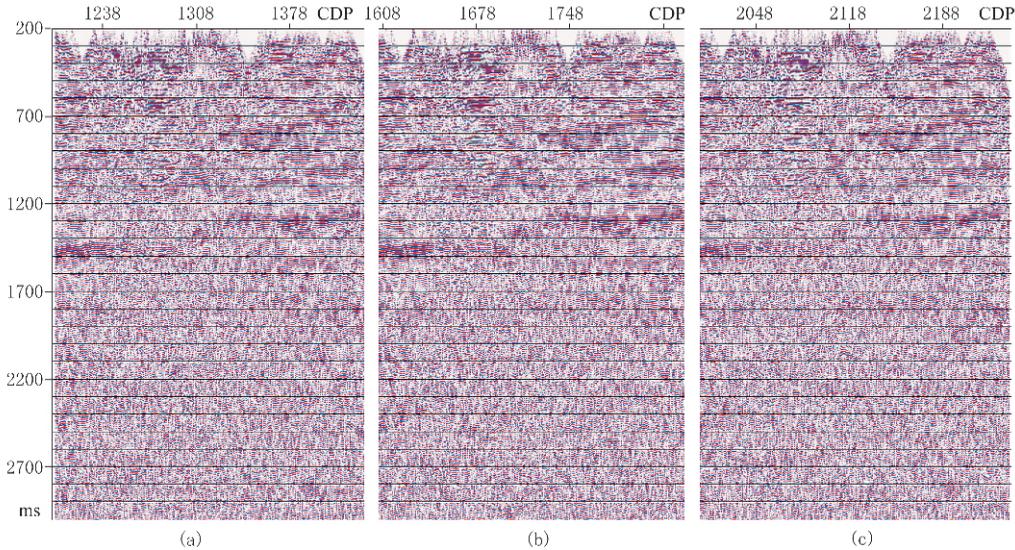


图3 单串(a)、双线并联(b)、双线串联(c)检波器连接获得的资料对比(50~100Hz滤波)

## 2.4 激发技术

激发技术重点体现在激发井深控制、高程控制、激发药量控制三个方面。

(1)井深控制 精细近地表结构调查给激发井深的选择提供了依据,从工区高速层等厚图上看(图1),工区低降速带变化不大,因此激发井深控制的重点在激发岩性上。本区激发研究表明,激发岩性是影响资料的主要因素。因此严格控制激发岩性,是减少单炮记录低频信息的有效方法。本区采取“浮动井深”法,寻找最佳激发岩性。

(2)高程控制 工区内水库较多,水域和坝体与周围地面存在一定的高程差。为更好地控制激发岩性和激发井深,在钻井过程中,可根据实测高程采用“高加低减”的方式控制井深,以消除高程的影响。

(3)激发药量控制 工区内障碍物类型众多,且面积较大,对激发药量的选择造成了很大困难,因此部分地区使用了深井小药量激发。试验结果表明(图4),小药量激发对深层资料和远排列资料产生了一定的影响,但由于质量控制得当,在主要目的层段(1200~1800ms)依然得到了较高品质的资料。小药量的质量控制措施主要有四项:①结合地表障碍情况,制定激发药量控制表,由钻井质检和施工员专人监控;②根据地表障碍和实际激发效果,灵活调

整激发药量;③大面积障碍区,实时进行变观技术,并尽量减少障碍区范围的激发炮点;④负责处理工农关系的人员全力以赴,保证药量的严格控制和技术方案的顺利实施。

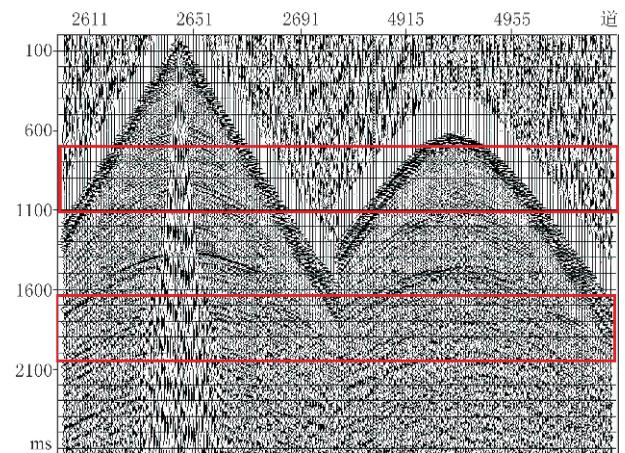


图4 小药量激发不利于深层信号和原排列信号的接收效果

## 3 采集效果

### 3.1 单炮记录

从单炮记录看,无论远、近排列,能量均较强;主要目的层反射清晰;记录整体信噪比很高(图5)。

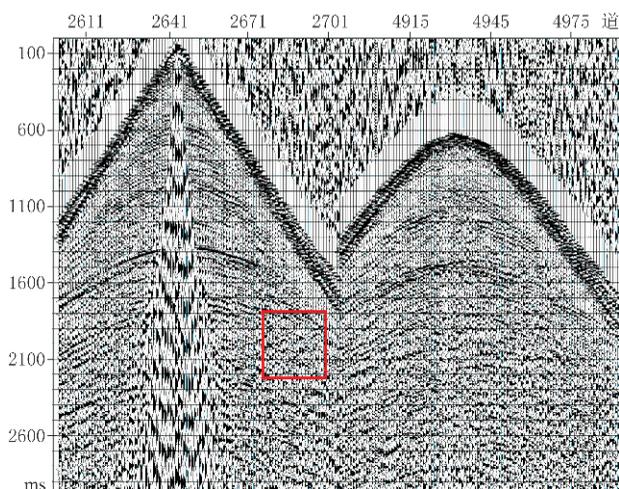


图 5 永新地区典型单炮记录

### 3.2 新、老剖面对比

本文以一束线为例,对新、老剖面进行对比分析。从初叠加剖面对比看(图 6),新剖面信噪比明显提高,断面波、绕射波信息更加丰富,为后续的复杂断块偏移成像奠定了良好基础。从不同位置的新、老偏移剖面对比看(图 7),新、老剖面反映的主要断层信息基本一致,新剖面的断层成像质量及信噪比更高,特别是小断层成像更清晰,且新剖面的层间信息比老剖面丰富。

### 3.3 不同面元剖面

永新地区地震采集使用面元细分观测系统,可以获得至少 5 种面元的成像剖面。从不同面元的最终偏移剖面看(图 8),除了 5m×5m 面元(覆盖次数

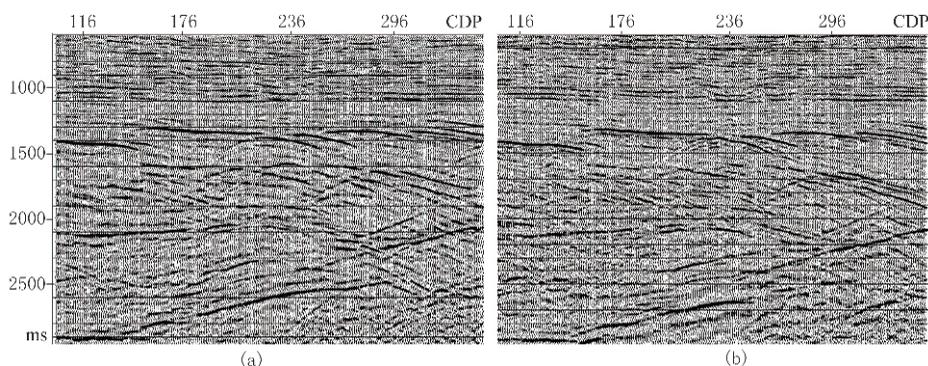


图 6 新(a)、老(b)叠加剖面  
新剖面指现场处理剖面,老剖面指连片处理剖面,下同

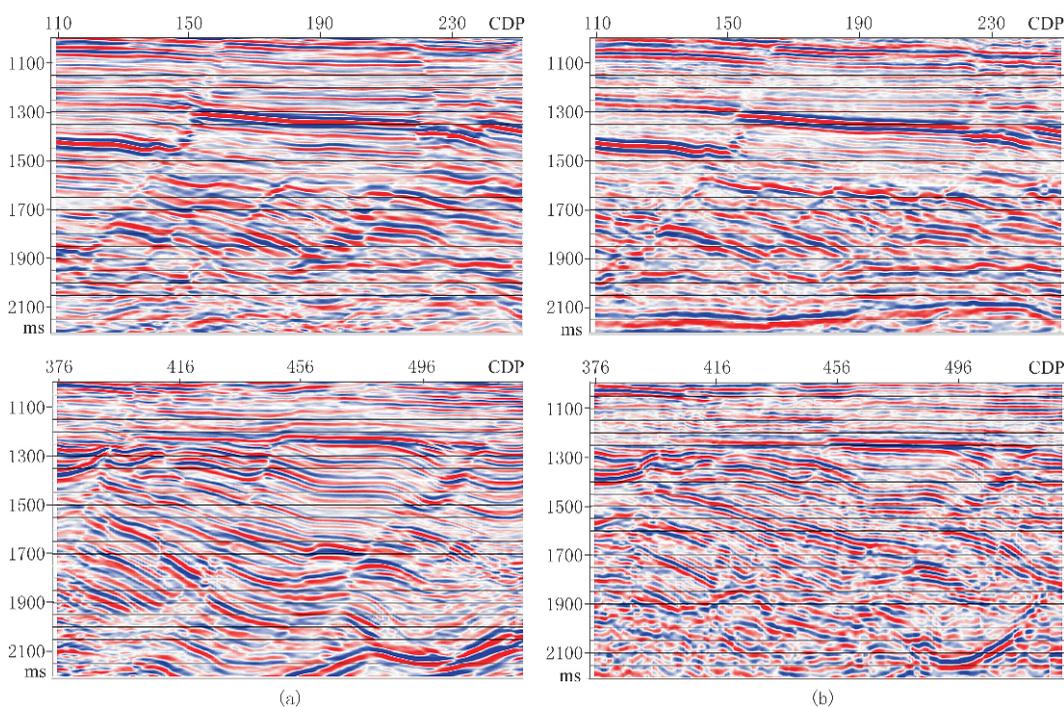


图 7 不同位置的新(a)、老(b)偏移剖面

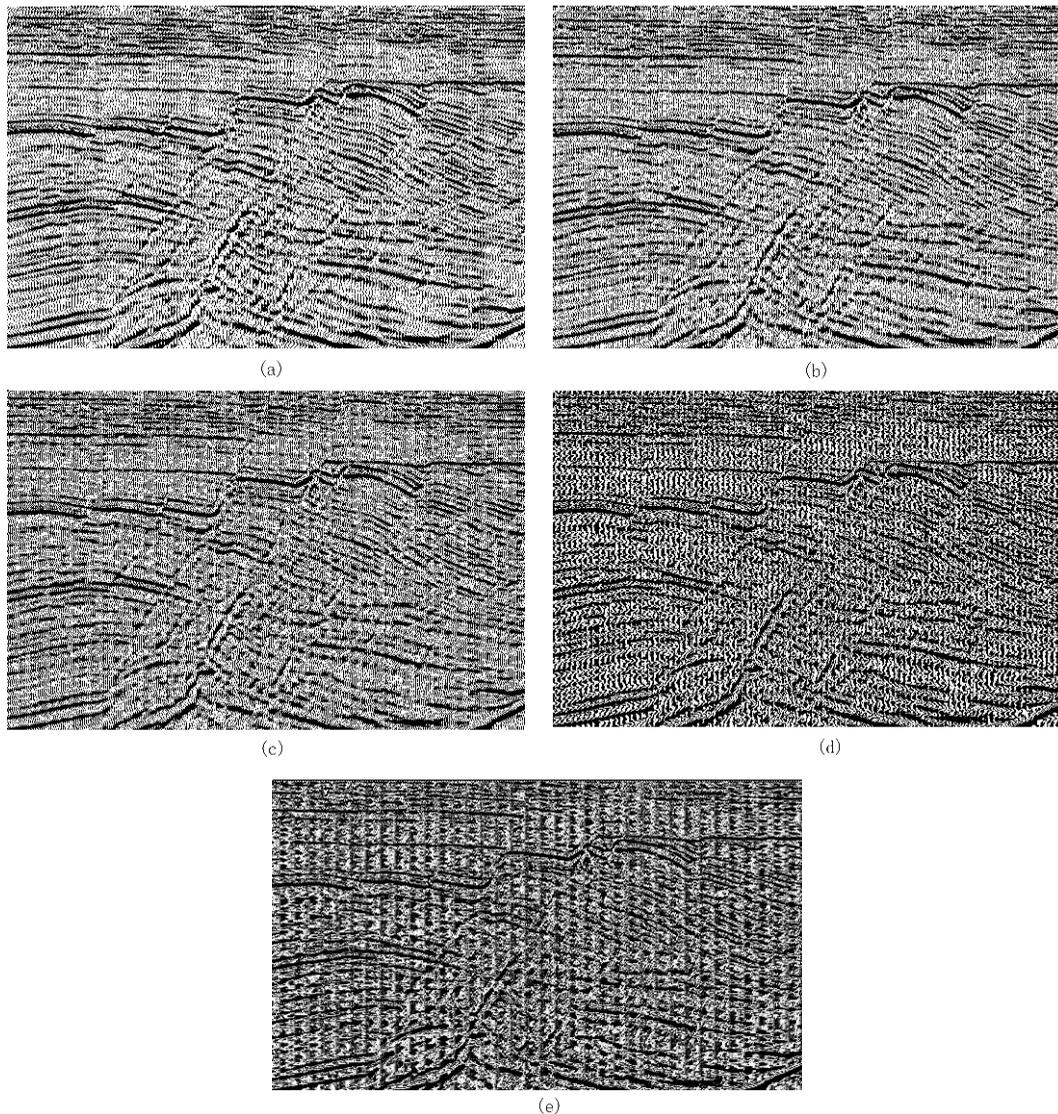


图8 不同面元偏移剖面

(a)25m×25m(覆盖次数为600);(b)20m×20m(覆盖次数为384);(c)15m×15m(覆盖次数为216);  
(d)10m×10m(覆盖次数为96);(e)5m×5m(覆盖次数为24)

为24)的偏移剖面信噪比明显偏低,导致分辨率降低外(图8e),在其他四种情况下,面元越小分辨地质体的能力越强,横向偏移归位越准确,刻画地质体也更精确,信噪比基本满足要求(图8a~图8d)。

#### 4 结束语

永新地区高精度采集获得了高品质的原始资料,能够解决该地区复杂的低序级断层的成像问题,其中科学的观测系统设计是优质、高效完成高精度三维地震采集的基础,精细的高密度近地表结构调查是选择最佳激发条件的前提,激发和接收技术的

优化选择,有利于获得高品质的资料。

在本文研究过程中,得到了胜利油田有限公司永新项目领导小组的大力支持,在此表示感谢。

#### 参考文献

- [1] 陆基孟.地震勘探原理.山东东营:石油大学出版社,1993,130~161
- [2] 曲寿利.高密度三维地震技术——老油区二次勘探的关键技术之一.石油物探,2006,45(6):557~562
- [3] 谢里夫 R E.勘探地震学.北京:石油工业出版社,1999,166~183

(本文编辑:刘勇)