

doi:10.11720/wtyht.2014.4.25

白旭明,叶秋焱,袁胜辉,等.实现高密度宽方位三维地震采集的垂直观测法[J].物探与化探,2014,38(4):769-773.http://doi.org/10.11720/wtyht.2014.4.25

Bai X M, Ye Q Y, Yuan S H, et al. Vertical observation method for implementation of width azimuth and high density 3D collection[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2014, 38(4): 769-773. http://doi.org/10.11720/wtyht.2014.4.25

实现高密度宽方位三维地震采集的垂直观测法

白旭明¹, 叶秋焱², 袁胜辉¹, 陈敬国¹, 朱敏², 李海东¹, 柳溪², 刘颖¹

(1. 中国石油集团 东方地球物理公司 华北物探处, 河北 任丘 062552; 2. 中国石油华北油田 地球物理勘探研究院, 河北 任丘 062552)

摘要: 中国东部地区地震勘探程度较高, 目前大多进入全面二次三维、目标三维地震采集阶段, 要求实现宽方位、高密度地震数据采集而又不增加采集成本。为达此目的, 笔者提出一种实现宽方位、高密度采集的方法, 将目标三维采集的观测方向与二次三维的观测方向相互垂直, 通过不同期次三维数据的融合处理, 实现全方位、高密度观测, 改善了地震资料的成像效果。以冀中拗陷 Z42 潜山构造目标三维采集为例, 展示了这种方法的效果。

关键词: 冀中拗陷; 宽方位高密度; 垂直观测; 融合处理

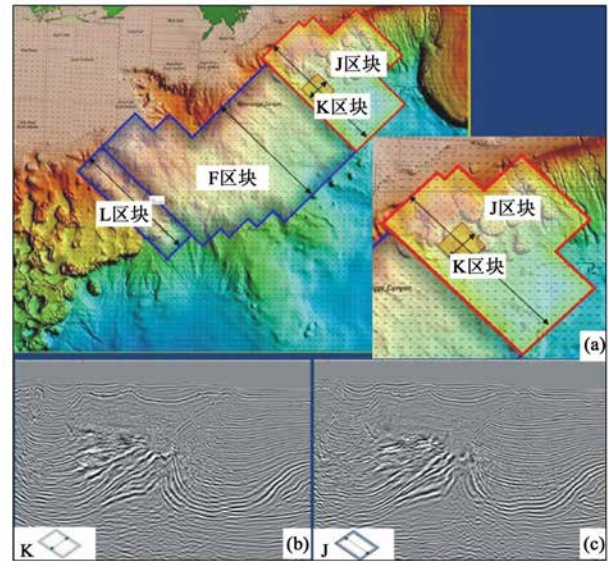
中图分类号: P631.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2014)04-0769-05

中国东部地区地震勘探程度较高, 以华北探区为例, 富油凹陷主体在早期的三维采集的基础上, 基本被二次三维所覆盖^[1-3]。但是受地震采集技术、设备等客观条件的限制, 二次三维采集的观测系统参数如观测方位、采样密度等达不到当前处理解释技术要求, 难以满足地质需求^[4-5]。随着采集技术和装备的不断进步, 新一轮地震目标攻关, 要求进行“两宽一高”, 即宽方位、宽频带、高密度的观测系统设计及数据采集^[6-8]。但中国东部地区, 受地表条件、采集设备、成本投入、施工组织等客观条件的限制, 真正实施宽方位、高密度三维采集难度还非常大^[9-12]。

以往的地震观测系统设计, 多根据地震勘探基础理论, 地震采集测线按照垂直构造走向方向布设, 以利于主体构造的准确成像。但事实上, 构造发育区断层走向复杂多变, 并无统一规律, 一些控制圈闭的小断层完全垂直大的构造走向^[13], 常规布设测线方法会导致这些小断层被忽略。根据实际试验资料分析, 发现不同测线方向观测到数据成像效果差异较大^[14], 因此, 提出了垂直观测技术思路, 以保证相互垂直的断层、构造都能较准确地归位、成像。按照这种技术思路, 在开展新的目标攻关地震观测时, 合理利用以往采集数据资料, 开展垂直于原观测测线

方向布置新的观测系统, 将新采集的数据与以往采集的数据进行融合处理, 就可实现宽方位、高密度采样, 可以大大减少采集成本投入。另一方面, 利用不同观测方向速度差异, 还可提高速度分析精度, 改善成像效果^[15]。

目前, 国际上针对垂直观测技术在墨西哥湾进行了小面积试验^[16](图1), 根据分析结论, 下一步



a—工区位置示意; b—K 区块 RTM 剖面; c—J 区块 RTM 剖面

图 1 墨西哥湾同期采集垂直观测工区位置及对对比剖面

将在该地区大面积开展应用垂直观测技术的地震采集工作。

1 垂直观测技术的优点

所谓垂直观测技术,是指在新布置的目标三维采集时,将其观测方向与原有的一次或二次三维观测方向互相垂直,将这些不同期次采集数据融合处理,实现了垂直观测。垂直观测技术有以下优点。

1.1 拓宽观测方位

垂直观测技术有利于有效拓宽观测方位,使原来窄方位数据体变成了宽方位甚至全方位数据体。如图 2 所示,原有方位为 336°观测方向的三维采集数据与新的方位为 66°观测方向的三维采集数据,它们的纵横比均为 0.64。将二者进行融合处理,得到的结果,纵横比提高为 1,实现了宽方位观测。

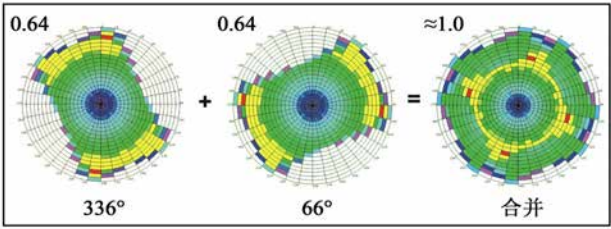


图 2 垂直观测融合分析

1.2 改善空间波场照明度

同一位置两个观测方向采集单炮的目的层有效信息差别较大(图 3),说明不同方向观测地震波场的不同。将两次采集数据融合后,可以获得更多波场信息。另外,从不同观测方向的照明分析可以看出,针对小断层和微幅构造,两者表现出明显的差异,这样通过数据融合,可以有效地改善空间波场照明度(图 4)。

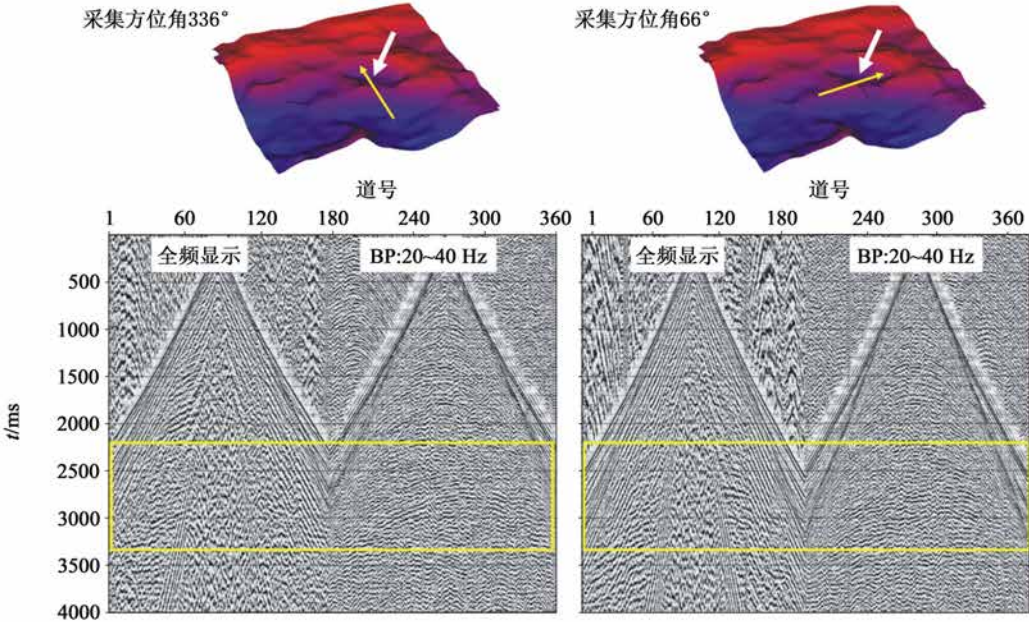


图 3 不同接收方向单炮对比

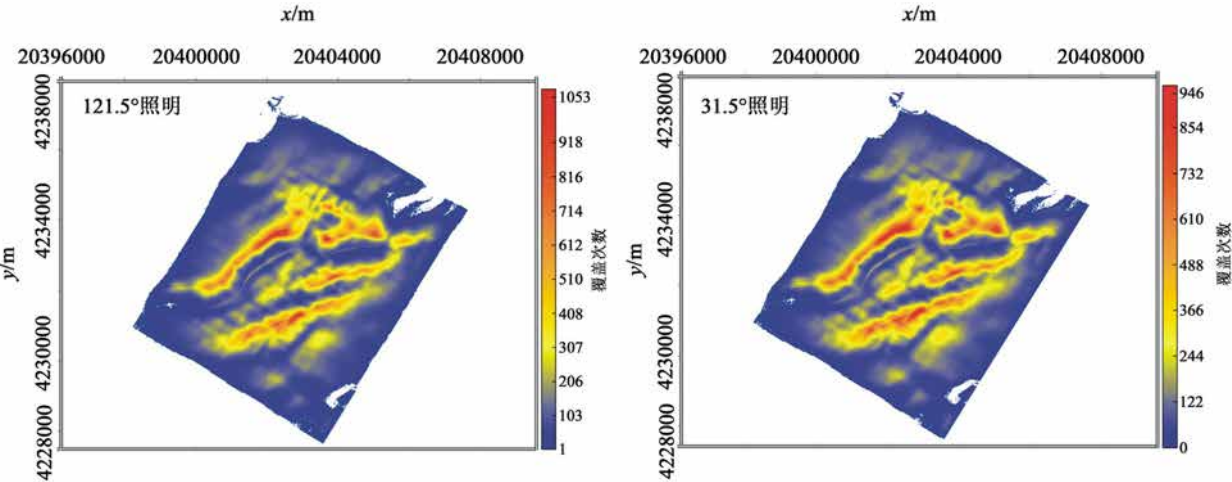


图 4 不同观测方向照明度分析

1.3 提高速度分析精度

从不同观测方向的速度谱来看,在 2.0~3.0 s 潜山目标层段的能量团存在较大的差异,但不同期次三维融合数据体的能量团更聚焦,速度分析精度更高。从沿层速度平面分布来看,无论是浅层还是深

层不同年度采集的资料速度沿层变化均存在较大差异(图 5),因此垂直观测技术兼顾了不同方向速度的差异,资料融合后速度场的描述更加精细,为后期资料处理、解释提供更准确、丰富的数据。

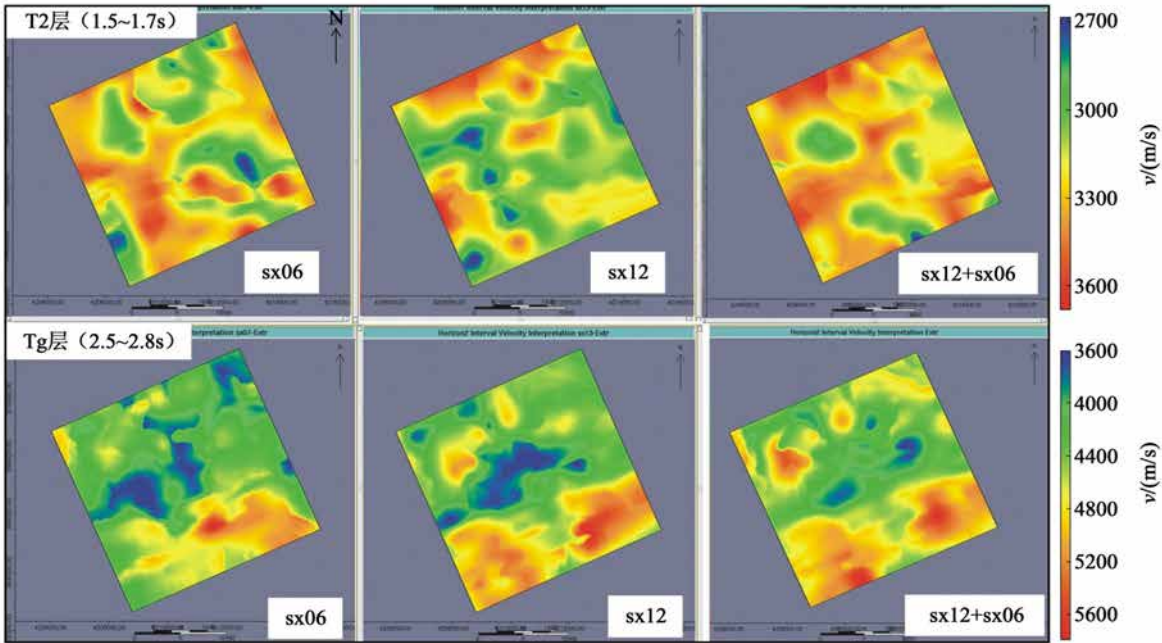


图 5 不同年度的沿层速度平面变化

1.4 实现高密度采样

多期次采集垂直观测融合后,覆盖次数、炮密度增加 1 倍以上,炮道密度达到了 50 万道/km² 以上,对具有复杂断裂系统的潜山带照明更加充分,保证了后期处理不同方向的偏移效果,对潜山内部的小断层具有较好的成像效果。

2 模型正演分析

利用冀中坳陷 Z42 潜山带以往采集地震数据建立三维地质模型。利用表 1 不同方向观测系统及三维地质模型进行正演分析,得到了基于实际地质模型的剖面(图 6)。

表 1 正演分析观测系统

观测方向	0°	90°
观测系统类型	36L×5S×180R	36L×5S×180R
纵向观测系统	3580-20-40-20-3580	3580-20-40-20-3580
CMP 面元/m ²	20 m×20 m	20 m×20 m
覆盖次数	162 次(9 纵×18 横)	162 次(9 纵×18 横)
道间距/m	40	40
接收线距/m	200	200
炮点距/m	40	40
炮线距/m	400	400
炮密度/(炮/km ²)	63	63

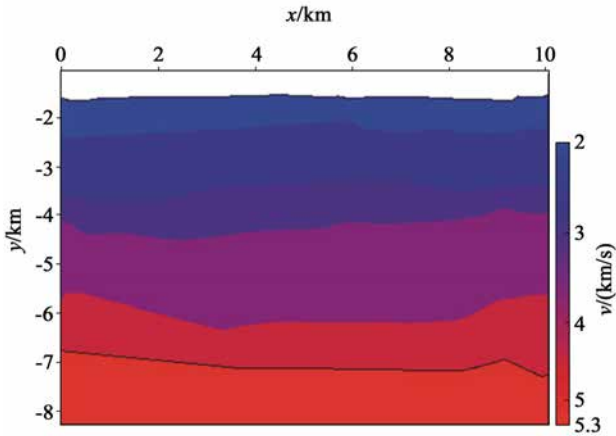


图 6 二维地质模型剖面

正演剖面分析表明(图 7),不同方向观测得到的剖面反射信息存在较大差异,融合处理后得到的剖面更接近于实际地质模型。

3 应用效果分析

冀中坳陷的 SX 凹陷中小潜山十分发育,埋深在 3 000~5 000 m。潜山带断裂发育多期断层,潜山面及内幕地震波主频低、连续性变化较大,导致地震剖面上潜山面及内幕断层断点不清,构造解释多解

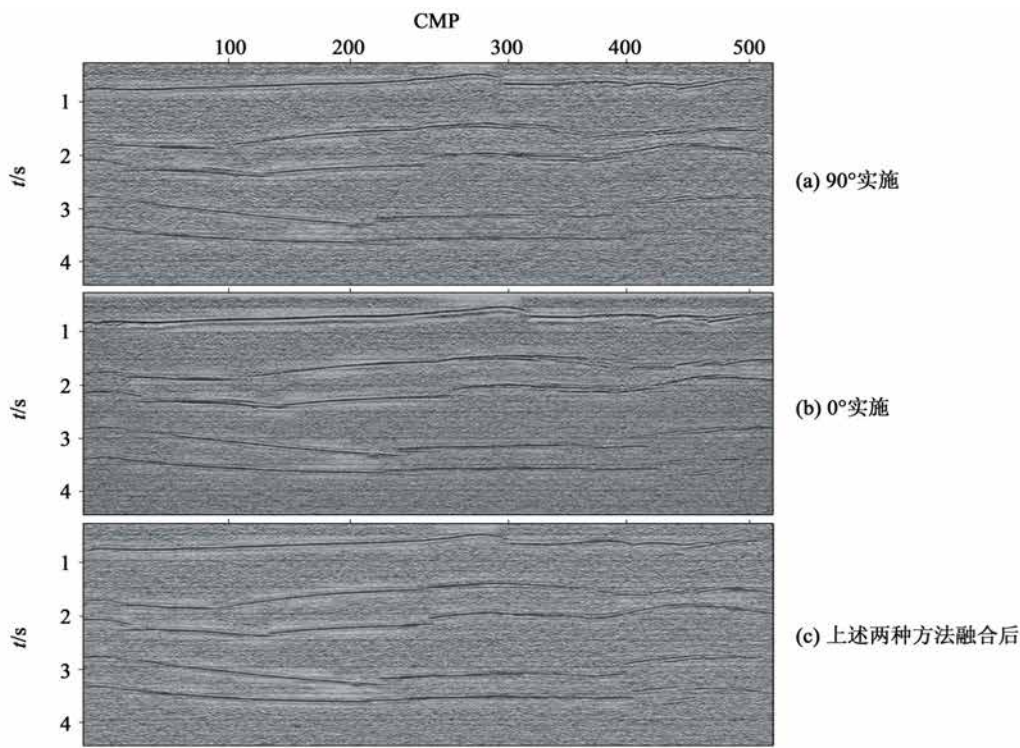


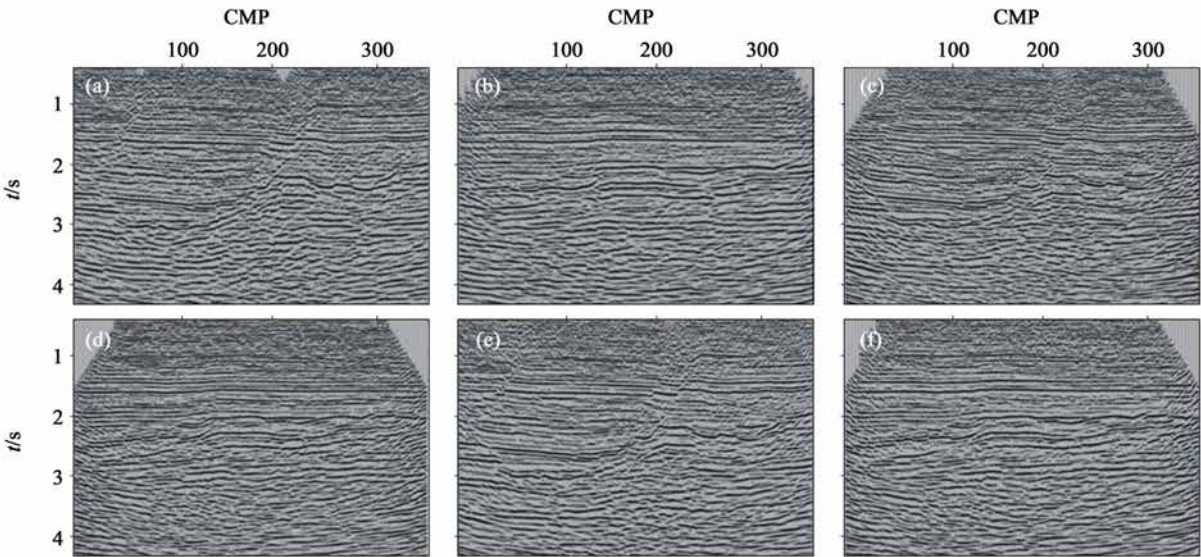
图 7 不同方向观测的正演剖面及融合后剖面对比

性强,控制潜山内幕的隐伏断层难以识别。三次资评结果显示,SX 凹陷剩余资源量大,但潜山探明石油地质储量仅占 26%。综合勘探潜力、油源条件、成藏条件及勘探开发前景良好,Z73 潜山、Z42 北潜山、ZG21 潜山、Z73 东潜山及 Z71 潜山为目前勘探研究方向。

利用 2006~2007 年 SX 洼槽二次三维地震资料发现深西、何庄、清辉头等多个潜山油藏,取得了较好的地质效果。但 SX 凹陷潜山具有“山头多、山头小、隐蔽性强”的特点,局部地区由于断裂结构复杂,

潜山面及其内幕层位不清楚,存在较大争议,为进一步准确落实潜山及内幕的形态、圈闭情况,完善地层结构关系,2012 年针对 SX 凹陷构造复杂的 Z42 潜山进行了三维地震攻关。

由于从不同接收方向的单炮记录来看,不管是全频还是分频记录上潜山及内幕的反射均存在较大差异,因此 2012 年目标三维攻关时,在 2006 年三维地震勘探的基础上,采用了垂直于 2006 年观测系统布设的方案,即 2006 年观测方向为 336°,2012 年采用 66°的观测方向采集(图 8)。两个年度的观测系



a—2007 年 336°方向;b—2007 年 66°方向;c—2012 年 336°方向;d—2012 年 66°方向;e—336°方向融合数据体;f—66°方向融合数据体

图 8 不同新老资料及融合处理偏移剖面

统融合后,覆盖次数达到了 305 次,纵横比为 1.0,对潜山顶面的照明度也有了较大改善,达到了针对复杂断裂系统小潜山的全方位观测。

从实施效果看(图 8),两次垂直观测的三维采集数据融合处理后,各个方向的地震资料品质均得到提高,各目的层波组特征明显、反射连续性好,潜山及其内幕地层反射清晰,大大增加了识别的准确度,内部信息丰富,小断层归位准确可靠,成像效果更好。

4 结论

(1)垂直观测技术是实现宽方位高密度采样的一种经济技术一体化方法,在我国东部探区特别适用。

(2)野外采用垂直观测技术,室内通过融合处理,不仅提高了速度分析的精度,而且也改善了复杂构造的成像效果。

(3)垂直观测技术的适用条件是:不同期次采集观测系统的参数最好一致或接近,以保证融合处理数据体面元属性的一致性。

(4)针对特别复杂的勘探目标,在两次互相垂直观测尚不能满足地震需求的情况下,可有计划、分批次进行多方位采集,最后进行融合处理进一步提高采样密度及均匀度。

参考文献:

[1] 赵贤正,张玮,邓志文,等.富油凹陷精细地震勘探技术[M].北

京:石油工业出版社,2009.

[2] 邱毅,魏振乾,刘章造,等.华北油田高精度三维地震采集技术[J].勘探技术,2008,02.

[3] 赵贤正,张以明,唐传章,等.高精度三维地震采集处理解释一体化勘探技术与管理[J].中国石油勘探,2008,21(2):21-29.

[4] 刘振武,撒利明,董世泰,等.中国石油物探技术现状及发展方向[J].石油勘探与开发,2010,37(1):1-10.

[5] 雷云刚.石油物探技术的现状和未来发展方向[J].科技与生活,2011,09

[6] 刘振武,撒利明,张昕,等. 中国石油开发地震技术应用现状和未来发展建议[J].石油学报,2009,30(5):711-716,721.

[7] 刘振武,撒利明,董世泰,等. 中国石油高密度地震技术的实践与未来[J].石油勘探与开发,2009,36(2):129-135.

[8] 王喜双,谢文导,邓志文.高密度空间采样地震技术发展展望[J].中国石油勘探,2007,53(1):49-54.

[9] 王彦仓,叶秋焱,秦凤启,等.华北油田地震勘探应用技术[M].北京:石油工业出版社,2010.

[10] 张以明,白旭明,邱毅,等.廊固凹陷风河营潜山带地震采集方法研究[J].勘探技术,2012,(6):69-81.

[11] 袁胜辉,唐传章,葛黛薇,等.冀中坳陷潜山及其内幕地震勘探技术研究[J].勘探技术,2013,(1):39-44.

[12] 赵贤正,金凤鸣,王权,等.陆相断陷盆地洼槽聚油理论及其应用——以渤海湾盆地冀中坳陷和二连盆地为例[J].石油学报,2011,32(1):18-26.

[13] 杜启振,孔丽云,韩世春.裂缝诱导各向异性双孔隙介质波场传播特征[J].地球物理学报,2009,52(4):1049-1058.

[14] 王彦仓,叶秋焱,张树森,等.地震勘探中的“采集脚印”问题[J].物探与化探,2011,35(5):652-657.

[15] Bai X M, Zhang X Z.Integrating techniques for multi 3D seismic survey[C]//SEG Technical Colloquia,2013

[16] Li Z M.Improving subsurface illumination by orthogonal wide azimuth survey[C]//Beijing,SEG Technical Colloquia,2012.

Vertical observation method for implementation of width azimuth and high density 3D collection

BAI Xu-Ming¹, YE Qiu-Yan², YUAN Sheng-Hui¹, CHEN Jing-Guo¹, ZHU Min², LI Hai-Dong¹, LIU Xi², LIU Ying¹
(1. Huabei Geophysical Exploration Department, BGP INC., China National Petroleum Corporation, Renqiu 062552, China; 2. Geophysical Exploration Research Institute of PetroChina, Huabei Oilfield Company, Renqiu 062552, China)

Abstract: Seismic exploration has been conducted fairly well in eastern China, and has mostly entered into the second 3D and 3D seismic acquisition phase. With the development of such geophysical technologies as width azimuth and high-density acquisition method, a accurate migration image is required to improve substantially velocity analysis accuracy. If the acquisition cost is not increased in eastern China, such an aim can't be achieved. Therefore, this paper presents a width azimuth and high density acquisition method, which was applied to Z42 burial hill structure in Jizhong depression. This method could position the viewing direction of objective 3D acquisition perpendicular to directions of the second 3D by means of 3D data amalgam of different periods, so as to achieve width azimuth and high-density data sampling and eventually improve seismic imaging results.

Key words: Jizhong depression; width azimuth and high-density; vertical observation; data amalgam

作者简介: 白旭明,男,硕士,长期从事地震采集方法研究工作。