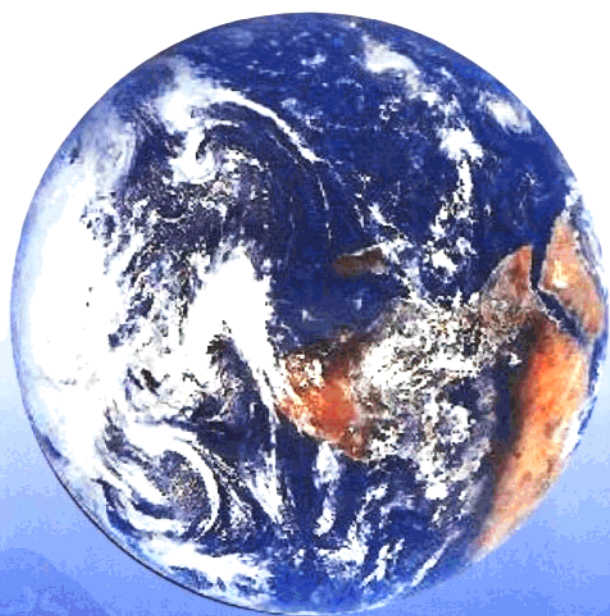


胜利油田地震勘探 理论与实践

宋玉龙 主编



石油工业出版社

胜利油田地震勘探 理论与实践

主 编：宋玉龙

副主编：马国光

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是胜利油田地球物理勘探开发公司“八五”和“九五”期间物探技术的研究成果,内容涉及地震数据采集、处理和解译的各方面,主要包括地震理论的研究进展、VSP技术、井间地震技术、叠前深度偏移成像技术、速度分析、油藏描述、地震仪器的检修和改造等。

本书可供应用地球物理学科的专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

胜利油田地震勘探理论与实践/宋玉龙主编.

北京:石油工业出版社,2001.6

ISBN7-5021-3420-4

I. 胜…

II. 宋…

III. 油气田—地球物理勘探—文集

IV. P618.130.8-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第034277号

石油工业出版社

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

徐水中油物探印刷有限责任公司印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米16开本22.5印张370千字印1-1000

2001年6月北京第1版 2001年6月河北第1次印刷

ISBN 7-5021-3420-4/TE·2550

定价:50.00元

目 录

高分辨率地震勘探采集技术

.....	赵殿栋	郑泽继	吕公河	谭绍泉	张庆淮	徐锦玺 (1)
对深层地震勘探中随机噪声的一点认识	杨德宽	郑泽继	胡立新	赵军国 (9)		
平原地区复杂地表三维采集技术	赵军国	郑泽继	杨德宽 (20)			
渤海湾盆地宽方位地震采集浅析	张庆淮	郑泽继	赵军国	余志和 (29)		
黄土塬地区地震勘探采集技术初探						

.....	吕公河	张庆淮	段卫星	刘 斌	徐锦玺	于 静 (35)
-------	-----	-----	-----	-----	-----	----------

地震数据采集井中接收的“伪陷波”效应

.....	吕公河	谭绍泉	徐锦玺	荆中书	于 静 (42)
两种复杂地表变观方法探讨	余志和	邸志欣	于 静	徐锦玺	荆中书 (47)

地震勘探中虚反射信息的应用与研究

.....	谭绍泉	徐锦玺	吕公河	张庆淮	黄 芳 (53)
-------	-----	-----	-----	-----	----------

检波器尾锥结构对地震采集信号的影响

.....	徐锦玺	吕公河	谭绍泉	任福新	张庆淮 (57)
-------	-----	-----	-----	-----	----------

地震勘探中特殊激发震源的研制与应用

.....	赵殿栋	谭绍泉	张庆淮	吕公河	徐锦玺 (62)
-------	-----	-----	-----	-----	----------

在高分辨率地震勘探中高频检波器的应用效果	刘怀山 (68)
----------------------------	----------

单家寺油田蒸汽吞吐地震监测技术研究	宋玉龙 (76)
-------------------------	----------

C20 块蒸汽驱试验的地震监测方法

.....	于世焕	赵殿栋	张振宇	韩文功	刘俊胜 (84)
-------	-----	-----	-----	-----	----------

DFS-V 数字地震仪的二次开发	蒋俊锋	李开平	徐美辉 (92)
------------------------	-----	-----	----------

EH-4 电磁仪的原理及应用	倪芬明	刘泰生 (95)
----------------------	-----	----------

地震勘探套管打井钻具的改进	蒋俊锋	刘志田	孙培贵 (99)
---------------------	-----	-----	----------

T480 磁带机系统检测方法	赵金良	李秀芝	陈治庆 (102)
----------------------	-----	-----	-----------

终端在 G * DAPS-4 检修中的开发应用	刘世海 (103)
-------------------------------	-----------

G * DAPS-3 及-4 型地震仪采集设备的互换改造	姚光凯	李有强	雷在明 (108)
------------------------------------	-----	-----	-----------

野外现场处理机系统管理分析	徐维秀	段卫星	张海新	黄 芳 (111)
---------------------	-----	-----	-----	-----------

压制面波的波场分离方法	李卫忠	张明振	王成礼	马在田	王华忠 (115)
-------------------	-----	-----	-----	-----	-----------

叠前深度偏移处理方法和实例	沈财余	江 洁	李 深 (125)
---------------------	-----	-----	-----------

井间地震纵、横波走时层析成像处理方法

.....	王成礼	史克宝	刘泰生	孟凡林	刘 洪	李幼铭 (134)
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----------

地震资料叠前深度偏移在 CD 地区的应用	沈财余	冷传波	杨长春 (139)
----------------------------	-----	-----	-----------

频率时间谱扫描技术及在提高地震资料信噪比和分辨率中的应用

.....	李卫忠	吕功训	王成礼	马在田 (146)
-------	-----	-----	-----	-----------

利用时窗拟合法求取 AVO 属性剖面	李云典 (153)
--------------------------	-----------

叠前主分量重建随机噪声衰减	李卫忠	王成礼	马在田 (156)
---------------------	-----	-----	-----------

CGM 写入器的实现及应用	徐维秀 (168)
---------------------	-----------

叠前时间偏移在 AVO 资料处理中的实现与应用

..... 尚新民 石林光 赵明金 童思友 李红梅 胡贤根 (173)	
三维地质体建模方法讨论	徐维秀 蔡士杰 (179)
一种计算地层平均品质因素 Q 值的方法	保统才 丁 伟 王玉玲 吴长双 (183)
孤北 21 三维目标处理实例	尚新民 石林光 赵庆国 赵明金 童思友 (186)
胜利罗家地区泥岩裂缝油气藏地震识别与描述技术	刘传虎 苏朝光 高秋菊 (193)
济阳拗陷浅中层砂岩气藏的地震反射特征	王兴谋 韩文功 李红梅 汪云家 (199)
火成岩描述及其消除干扰的方法	张云银 胡 强 陈喜禄 (204)
东营凹陷沉降史分析与构造充填演化	马莉娟 何新贞 王淑玲 任建业 (211)
利用纵、横波 VSP 资料联合解释浅气层	丁 伟 (219)
利津地区三维地震勘探效果分析研究	刘成斋 (225)
胜利油田稠油岩心测试分析研究	王新红 谷书剑 (230)
用地震资料预测灰岩储层孔缝发育带的方法	李卫忠 王成礼 吕功洲 刘传虎 (237)
在油气藏描述中判别模型的有效性及其判别结果的稳定性	符基昕 卢春喜 焦湘恒 (245)
山东北部滨海地区负反转断层及古生界负反转结构成因分析	谭明友 郅进营 金学新 张日华 (260)
VSP 资料的几点应用	丁 伟 (266)
时频分析方法及在储层预测中的应用	刘传虎 刘福贵 李卫忠 (272)
樊家地区的块状滑塌沉积模式及砂体的分辨方法	乔玉雷 杨云岭 (281)
砂砾岩体的内部结构研究与含油性预测	于建国 (289)
CX 地区含油储层地震反射特征及油气预测效果	刘传虎 赵玉华 王志高 (294)
济阳拗陷岩心弹性和物性参数的实验室测量及分析	韩文功 李红梅 杨云岭 李国林 王兴谋 程远方 庄锦江 (301)
应用时频分析技术划分小型三角洲层序	谷玉田 王 军 阎昭岷 田建华 乔玉雷 (307)
济阳拗陷中层气藏的地震识别技术	汪云家 王兴谋 韩文功 王金铎 (311)
陆相湖盆洼陷带浊积砂体岩性油藏地震描述技术	刘传虎 (321)
飞雁滩地区天然气地震亮点定量描述	苏朝光 崔汝国 (331)
波阻抗剖面在砂层解释中的应用	姜秀清 于建国 (336)
埕南断裂带砂砾岩体地震识别与描述技术	王 军 阎昭岷 谷玉田 高秋菊 (343)
惠民凹陷钱官屯地区沉积、构造与油气聚集	韩宏伟 李培明 冯 刚 孙淑燕 (349)
潍北凹陷北陡坡带冲积扇沉积模式及油气藏模式	乔玉雷 崔汝国 (353)

高分辨率地震勘探采集技术

赵殿栋 郑泽继 吕公河 谭绍泉 张庆淮 徐锦玺

(胜利油田有限公司地球物理勘探开发公司)

摘 要

在“九五”期间,胜利油田开展了高分辨率地震采集技术方法研究,取得了较好的研究成果。通过采用地质雷达、双井微测井等新方法,形成了一套表层结构调查方法;通过研制系列高分辨率激发震源,拓宽了地震子波的频带宽度,增加了有效波的高频成分;通过选择合适的激发参数来抑制虚反射,提高了震源能量转换效率;通过研究不同检波器类型、检波器埋置方式对地震采集信号的影响,采用抗干扰高灵敏度加速度检波器和选择合适的接收因素,能够接收宽频带的地震信号;通过对干扰波的能量分析,认为激发后产生的各种噪声是影响地震记录信噪比的主要原因,并提出了在地震波的激发和接收过程中减少噪声和压制干扰波的有效方法;通过开展地震波基础理论以及地震数据采集技术的方法研究,总结了一套适合于胜利油田探区特点的高分辨率地震勘探野外采集技术方法。

应用实例表明,在高信噪比的基础上最大限度地拓宽地震采集信号的有效频带,使野外采集的地震资料在 2000ms 处的反射波主频达到 100Hz 以上,取得了较好的研究效果。

关键词 胜利油田 高分辨率 地震勘探 采集 干扰信号 垂直叠加震源

引 言

随着油气勘探开发的不断深入,对地震勘探技术的要求越来越高;面对国内油气产业的形势,也迫切需提高地震勘探的精度。同时,由于国内地震勘探市场的竞争激烈,亦迫切需提高地震勘探的精度。这就要求地震勘探部门只有提高地震勘探的技术水平,才能在激烈的竞争中占有一席之地。因此,高分辨率地震勘探技术受到勘探部门的高度重视。在过去的四年里,国内开展了较大规模的高分辨率技术攻关,胜利油田做了大量细致的研究工作。首先对单项技术进行了分析研究(如表层结构调查、激发震源、接收方式及检波器埋置、干扰波分析等),形成了一套适合胜利油田探区的高分辨率地震采集技术方法。并在车 408 和车 22 地区进行了高分辨率三维采集技术的应用,取得了较好的效果。

高分辨率地震勘探激发技术

高分辨率地震勘探需要高频率、高信噪比、宽频带的地震波。由于激发围岩、表层结构以及药型、药量等因素的制约,很难满足以上要求。长期以来,人们在激发井深、药量等方面进行了反复的试验,但仍没有较大的突破。低爆速细长药柱给人们带来了一线希望,可是在实际操作中却很难控制,存在拒爆现象。同时又由于表层岩性纵向变化剧烈,细长药柱在不同深度上激发的子波有很大差异。为克服这些问题,提高激发地震波的质量,力求从激发方式、药型结构的基础工作入手来达到目的。

表层结构调查

双井微测井技术确定虚反射界面

在地震勘探中,由于受虚反射界面的影响,使激发产生的有效波与虚反射叠加,起到了一个低通滤波作用,从而降低了激发地震波的频率,影响了高分辨率地震勘探的水平。而且激发点在虚反射界面以下的距离越大,滤波作用越强,压制地震波高频成分越严重;高频成分的地震波对震源距虚反射界面的距离有很强的依赖关系。双井微测井技术是确定虚反射位置的好方法。对双井微测井在每个激发深度点上取得的记录进行频谱分析,可以清楚看出,不同激发深度点上虚反射的滤波特性,随着激发点距虚反射界面距离的加大,虚反射低通滤波越严重。通过双井微测井资料可以容易地确定虚反射界面和不同激发深度虚反射压制点的位置(图1)。由图1看出:在双井微测井井底检波器剖面上,上行波与下行波交叉处为虚反射界面,与岩性取心结果对应较好,对应的频谱变化明显。

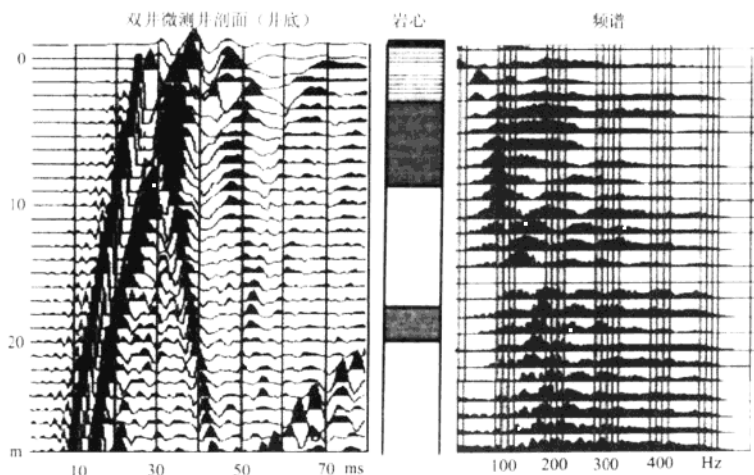


图1 双井微测井记录和岩性取心及其频谱

地质雷达技术

双井微测井技术反映了表层一些点上的虚反射界面的深度,而在表层横向变化较大的地区,应进行横向上的连续测量。这就要求一方面要追踪虚反射界面的变化情况,另一方面要追踪表层岩性的横向变化情况,这对于合理地选择激发深度和激发岩性是有很大帮助的。地质雷达技术在采用低频天线时,可以测得近地表30m深的地层变化情况。

表层取心

表层取心对于较为准确地确定表层岩性,提高激发地震子波的频率是很有帮助的。通过取心情况对地质雷达剖面的标定,可以连续地追踪岩性的变化情况。

新型激发震源提高激发信号的频率和能量

垂直叠加震源

小药量可以激发出较高频率的地震波,但激发能量较小。采用垂直延迟叠加的原理,可以解决以上问题。延迟叠加原理是要求在垂直方向上分散装药,由上到下依次激发,并且要求爆炸传播速度要与围岩地震波传播速度相一致,其目的是使在垂直向下的方向上小药量激发的高频能量得到同相叠加,而在垂直向上的方向上能量发散,从而增加向下传播的有效波能量,减少向上传至地表的干扰波能量,真正提高激发地震波的频率和信噪比。在此理论基础上,研

制了系列垂直延迟叠加震源,可以适应多种表层情况的地震勘探激发。

爆炸地震锤

从激发能量的转换角度来考虑,在炸药震源的激发过程中就是将爆炸能量转换成地震波能量。在这种能量转换过程中有很大部分能量是用于破坏围岩而损失掉了,只有少量的能量转换为地震波。由射孔源技术产生的聚能弹,作为一种定向震源,已在地震勘探中得到较好地使用,但从它的激发机制来看,是将爆炸能量聚集成一束射流冲向地层,其结果对地层产生了较好的穿透作用,而作为冲击振动产生的地震波能量则较弱。为此,研制成功了一种定向抛射锤头(撞击地层的爆炸地震锤),它较好地解决了爆炸能量转换到地震波能量的耦合问题(图 2)。由图 2 可以看出:延迟叠加震源效果最好,爆炸地震锤次之,普通炸药最差。

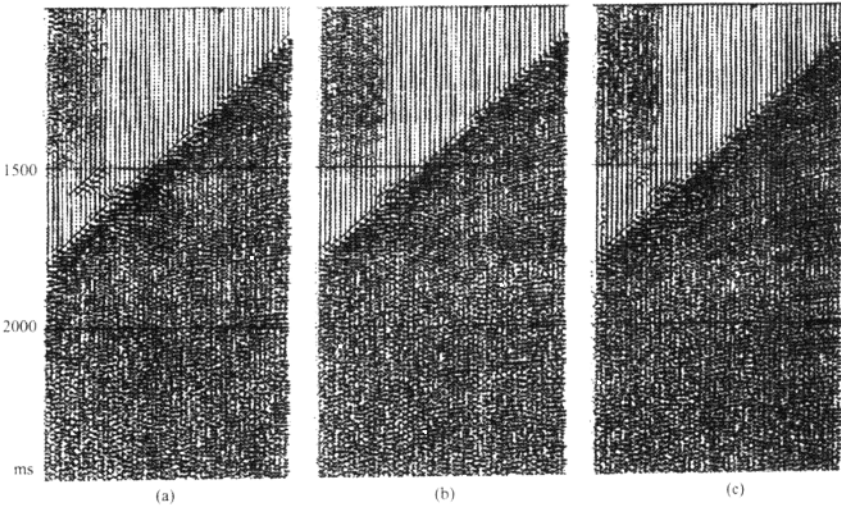


图 2 炸药(a)、地震锤(b)、延迟叠加震源(c)记录对比(80~160Hz)

合理选择激发方式

根据表层虚反射界面和岩性情况,虚反射界面确定之后,激发点与虚反射界面的距离也是非常关键的,它依赖于降速层的岩性、药量大小、爆炸半径以及需要保护的高频信号的频率。在综合考虑了这些因素之后可定量确定激发点(药包顶点)与虚反射界面的距离,从而选择较好的激发深度。距虚反射界面距离越大,记录频率降低。

炸药量的选择对于激发的频率有较大的影响,理论上,较小的药量可以激发较高频率的地震信号。通过不同药量激发时的记录对比,小药量比大药量好,延迟叠加震源比普通震源好。研究表明,大药量激发的地震波在固定增益时,表现出整个能量较大,但在 60~120Hz 频扫 AGC 记录上,同相轴连续性较差。我们认为大药量激发所提高的高频有效波能量远没有产生的高频噪声能量强,因此药量的选择必须同时考虑地震波频率和信噪比。

高分辨率地震勘探的接收技术

在高分辨率地震勘探中,对接收技术的研制也非常重要,应该将它和激发的研究放到同等重要的位置。尽管地震勘探已进行了近一个世纪,从接收检波器到接收方式都形成了一套较为

完善的技术,但对于新的勘探形势还需要进一步地进行深入细致的研究。前几年的工作主要是研究检波器的结构、响应特性、抗噪以及埋置方式,并且取得了一定的效果。

抗 50Hz 干扰的高灵敏度加速度检波器的使用效果

以往使用的检波器一般采用速度型检波器,为了补偿大地对地震波高频成分的吸收衰减,涡流型加速度检波器应运而生,但起初存在灵敏度较低的问题。在过去的四年里胜利物探公司与西安交通大学合作,成功研制并试验了一种新型的抗噪加速度检波器,具有抗 50Hz 干扰和高灵敏度的特点。这种检波器不仅从补偿幅度上有较大的提高,而且考虑了在工业电干扰区如何压制 50Hz 干扰的问题,而不影响地下有效信号。它将提高分辨率与信噪比结合起来考虑,图 3 是高灵敏度抗干扰检波器与常规加速度检波器的对比记录。

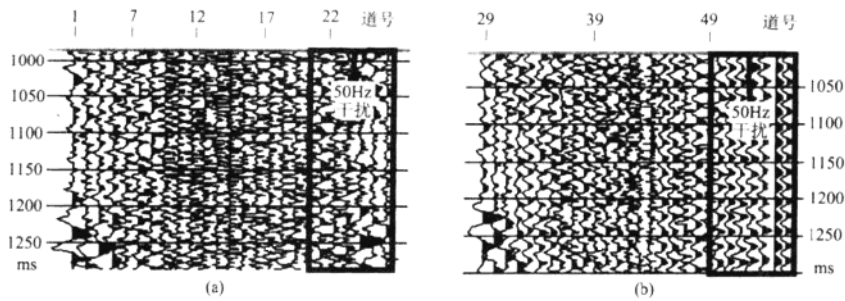


图 3 高灵敏度抗干扰检波器记录(a)与普通加速度检波器记录(b)对比

检波器埋置技术

随着高分辨率地震勘探技术的不断发展,检波器埋置技术越来越受到重视。在检波器埋置中存在以下两个问题,只有解决好这两个问题,才能保证接收质量。

(1)检波器与大地之间的耦合谐振问题。无论检波器与大地耦合多好,都存在接触频率的问题,也就是检波器本身与大地之间形成了一个具有质量、弹簧和阻尼的振动系统,其固有频率依赖于检波器与大地的接触情况和检波器的自身质量。刚度系数增大谐振频率提高,质量增大谐振频率降低,因此,多心集中组装的检波器与大地形成的谐振系统频率较低。

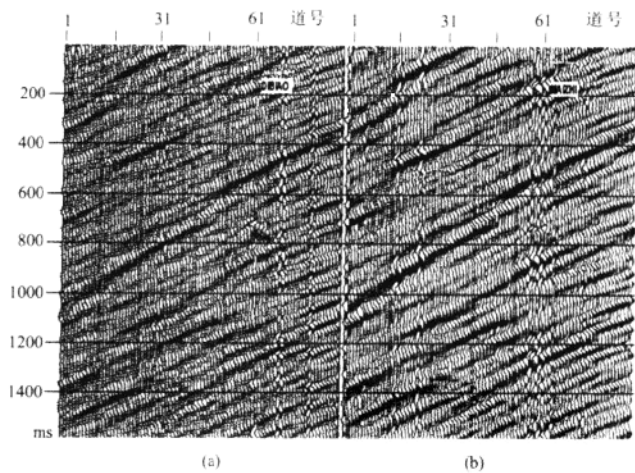


图 4 检波器埋置地表记录(a)与检波器挖坑埋实记录(b)对比

(2)检波器地下埋置问题。在埋置过程中,为减弱地面的环境噪声和避免近地表的低速层的吸收衰减作用,采取井中接收的方法。在近海边的地带,近地面的土层相对较结实,而地下含水的土壤变得较为稀松,与检波器的接触类似在一个松软的弹簧垫上,其接触频率较低;其次由于地下的埋置困难,耦合效果差;除此之外,井中接收的地震波还存在一个“虚反射”问题,不利于地震信号的接收。经过大量试验,在胜利油田探区,检波器只有埋置在近地面的硬地壳层中采用分散的检波器串挖浅坑埋实,接收效果最好(图4)。由图4可以看出:检波器埋置地表时,记录的高频噪声强;检波器挖坑埋实时,记录的高频噪声弱。

噪声的分析研究及其压制技术

干扰波能量分析

随着高分辨率地震勘探的不断深入,人们对噪声的研究越来越重视,对激发以后产生的各种干扰(包括伴生干扰和次生干扰)尤其如此。伴生干扰的产生与激发源同源,如面波、声波等。次生干扰是激发以后的各类波在传播过程中,在一定的地表和地面条件下产生的各类干扰,其中包括表层不均匀造成的波动干扰和地面障碍物被激励产生的振动干扰。当有效信号传播到地面,同样诱发出各种干扰,其中包括有效波与近地表传播的波相遇产生的干扰。此外,有效波在地表与大地形成的各种振动系统的激励,也会形成次一级的振动等等。这些干扰可以说是无处不在,形形色色,其结果是形成了一个杂乱无章的干扰背景,有效信号就寄存在这个干扰背景之中。图5就是对环境噪声、有效波、干扰波及其信噪比的对比曲线。从图5可以看出,环境噪声是比较微弱的,真正影响地震记录信噪比的是激发后产生的各种噪声。

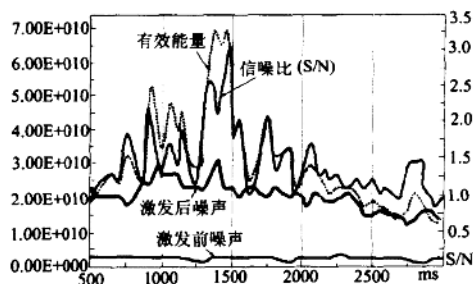


图5 有效波、干扰波、环境噪声能量对比

干扰波的压制方法

影响信噪比的干扰主要是由激发带来的。这些干扰有一个共同特点,那就是它们都是在近地表产生的,而且大多都是沿近地表传播。低频干扰波往往传播得较远,而高频干扰波在近地表层中很快就衰减,传播相对较近。干扰波速度都是较低的,而频率范围很广,这主要是因为造成各种次生干扰的干扰源是千差万别的。因此,在压制噪声时,要有选择地压制一些干扰信号,突出信噪比较低频段的有效波。而对于优势频带而言,它不是压制噪声的主要范围。因此,根据干扰波的频率来拓宽优势频带才能真正做到实处。我们主要从以下两个方面来进行干扰波压制:

(1)在激发过程中,增强向下传播的地震波能量,减弱表层中的各种干扰(这是造成干扰的主要能量来源)。延迟叠加震源起到了减弱传向地表的地震波能量的作用;

(2)在接收过程中,有选择地压制信噪比较低频段的噪声信号,充分利用干扰波的近地表传播特点和组合压制干扰的方向性,合理地设计组合基距,达到拓宽优势频带的目的。

图6为检波器组合与不组合时的滤波对比记录,由图6可以看出:检波器面积组合时(图6c),滤波效果最好,其频带宽,信噪比高;检波器线性组合时(图6b),滤波效果次之;检波器不组合时(图6a),滤波效果最差。

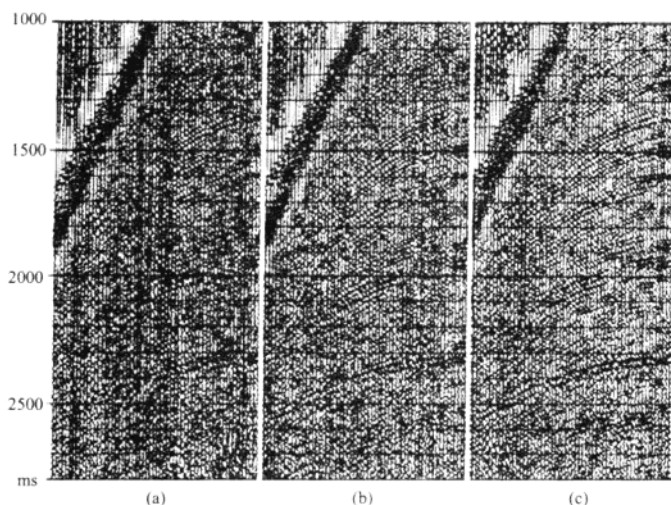


图6 检波器不组合(a)、线性组合(b)、面积组合(c)的滤波对比记录

在高分辨率地震勘探中,由于目前采用的检波器灵敏度的提高和仪器动态范围的加大,已满足了勘探的需要。对于大地对地震信号衰减的补偿技术,只有震源的补偿才是真正的补偿,而检波器的补偿作用和仪器低截的补偿作用是建立在高频有较高信噪比的基础之上的,即使在震源的补偿方面也要注意对产生的地震波高频噪声进行压制。因此,高分辨率地震勘探最重要的问题是在保证能够记录较高频率信号的基础上,提高信噪比,并在一定的条件下,压制干扰波。

效果分析

通过分析,选择了“四高、两技术、两组合、两埋实、两措施”的野外采集工作方法。“四高”为高定位精度(GPS定位误差小于1m)、高采样率(1ms)、高覆盖次数(48次)、高空间采样率(25m×25m CMP网格或10m的CMP点距);“两技术”为垂直延迟叠加震源、抗50Hz高灵敏度加速度检波器;“两组合”为激发震源组合、检波器组合;“两埋实”为激发井闷实、检波器挖浅坑埋实;“两措施”为干扰严重时不放炮、地表复杂时用地震锤激发。

车408地区的高分辨率地震勘探,采用了单点加速度检波器接收,组合井激发方式,获得资料的分辨率较高,但是信噪比却很低。通过总结,进一步认识到,高分辨率地震勘探必须建立在一定信噪比的基础上,通过表层结构调查确定了虚反射界面的深度,采用先进的激发方式和高灵敏度检波器小面积组合压噪的接收方式,在车22地区获得的资料信噪比和分辨率都大大提高。从不同的施工方法获得的单炮记录上可以看出,在2000ms处,反射波主频提高到80Hz(图7)。高分辨率攻关剖面在信噪比和分辨率方面都获得较大的提高,叠加剖面在2000ms处频带宽度为10~200Hz,主频达到100Hz以上,反射资料从低频到高频信息非常丰富。图7为不同采集方法解编记录、80~160Hz滤波记录。

以往利用声波合成记录与地震剖面匹配时,难以较好地吻合,已知井的油层也难以准确标定,更谈不上进一步描述。新资料对此有了较大改善,通过与合成记录的对比,发现多数井吻合较好,说明野外采集方案、参数选择及处理流程更趋合理、完善、真实。

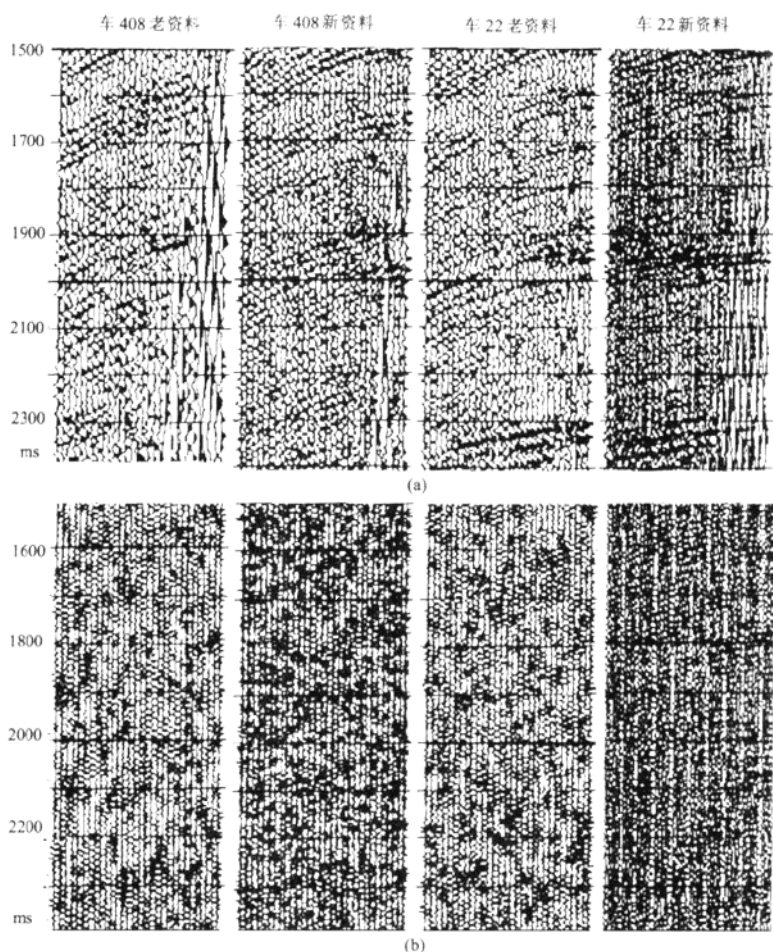


图 7 不同采集方法解编记录(a)与 80~160Hz 滤波记录(b)对比

结 论 及 建 议

通过近几年来攻关实践,对胜利油田探区探索出了一套行之有效的高分辨率地震勘探采集方法,使采集的地震资料在滤波记录(80~160Hz)上 2000ms 处反射轴较连续(图 8),频带宽度达到 10~200Hz,主频达到 100Hz 以上;综合解释后,可寻找厚度为 5~10m 的薄地层。同时,对地震勘探的一些基础性的理论有了进一步的认识,认为在下一步的高分辨率采集方法研究中应加强以下工作:

- (1)加强基础理论研究,力求解决激发、接收机制问题,从根本上改进激发、接收技术;
- (2)加强表层结构的研究,将有助于激发、接收技术的提高和有助于大地衰减、噪声分析的研究;
- (3)重视压制噪声技术的研究,这与提高地震信号频率同样重要;
- (4)加强多学科的合作,促进野外采集技术水平的提高。

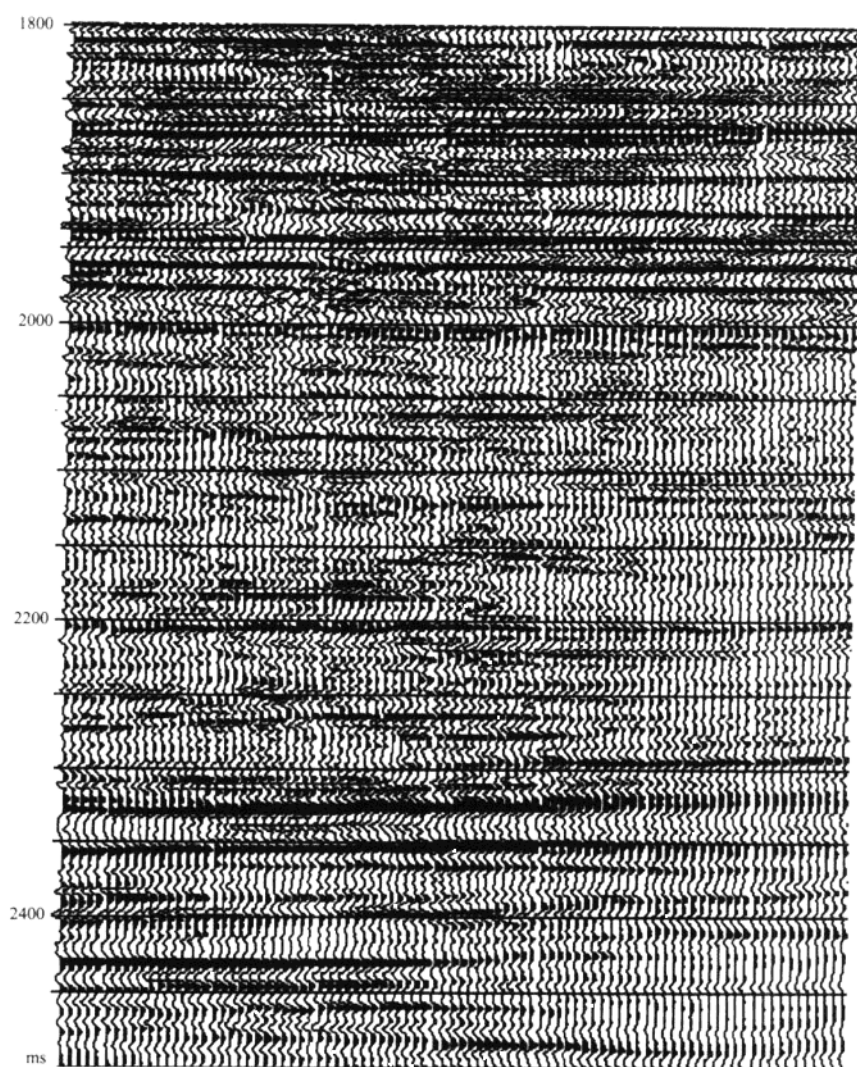


图 8 高分辨率采集剖面

参 考 文 献

- 1 李庆忠. 走向精确的勘探道路, 石油工业出版社, 1993
- 2 俞寿朋. 高分辨率地震勘探, 石油工业出版社, 1993
- 3 陆基孟. 地震勘探原理, 石油大学出版社, 1993

对深层地震勘探中随机噪声的一点认识

杨德宽 郑泽继 胡立新 赵军国

(胜利油田有限公司地球物理勘探开发公司)

摘 要

在地震勘探过程中,随机噪声是影响地震资料信噪比的主要因素之一,尤其是对能量弱、频率低的深层地震信号。与有规律的线性干扰相比,随机噪声没有固定的视频率和视速度,但在一定的区域范围内,这类干扰又是遵循统计规律的。因此,深入地调查和分析工区内随机噪声的特征及其与施工因素的关系,对于更好地指导野外数据采集具有实际意义。本文结合胜利探区深层试验资料,主要对随机噪声中的环境噪声和次生噪声的特征及其与施工因素的关系进行了定量分析和统计,获得了一点认识,并提出了一些行之有效的压制方法,在实际生产中收到了一定的效果。

关键词 深层地震勘探 随机噪声

引 言

众所周知,深层地震信号具有能量弱、频率低的特点,很容易被噪声背景所淹没,因此,如何降低随机噪声的干扰,突出有效的弱信号,是深层地震勘探的关键。

与有规律的线性干扰相比,随机噪声没有固定的视频率和视速度,但在一定的区域范围内,这类干扰又是遵循统计规律的。通过对胜利探区深层试验资料的定量分析和统计,对该区随机噪声的特征有了一定的认识:①环境噪声的主频在 $3\sim 20\text{Hz}$,次生噪声的主频在 $5\sim 30\text{Hz}$;②该区的环境噪声基本上属于具有各态历经性质的平稳随机过程,而次生噪声则不是一个平稳的随机过程,其能量随着时间的推移和炮检距的增加而衰减;③环境噪声的相关半径在 $5\sim 8\text{m}$,次生噪声的相关半径在 $6\sim 12\text{m}$;④与地表耦合性好的检波器,接收到来自地面的环境噪声能量较低,接收到来自地下的随机噪声的能量又稍强;⑤当检波器点组合时,接收到随机噪声的能量随检波器个数的增多而增强;⑥当震源的下传能量增强时,次生噪声的能量也随之加强。

通过实际资料的分析,提出了在野外压制随机噪声的方法,对深层地震勘探中的接收条件和采集方法的选择起到了一定的指导作用。

深层地震勘探中随机噪声的类型及产生机制

根据随机噪声的特点和产生机制,结合地震勘探的实际情况,我们将随机噪声划分为三大类型(图1)。

环境噪声

这类噪声是工区内固有的、在地震激发前就存在的。它主要来自于风力干扰,树木、草丛的摇动,建筑物的微震以及其它工、农业设施带来的地表微震,还有来自地下的地壳微震等。图2a是在胜利探区采用3m道距所记录的环境噪声的纯波记录。

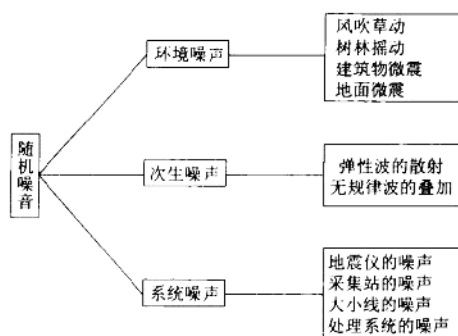


图 1 随机噪声的类型

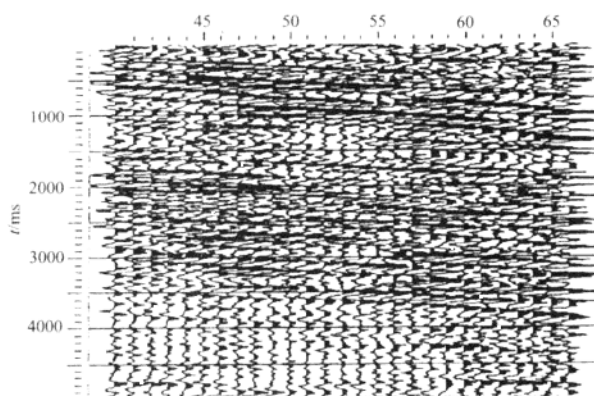


图 2a 环境噪声的纯波记录

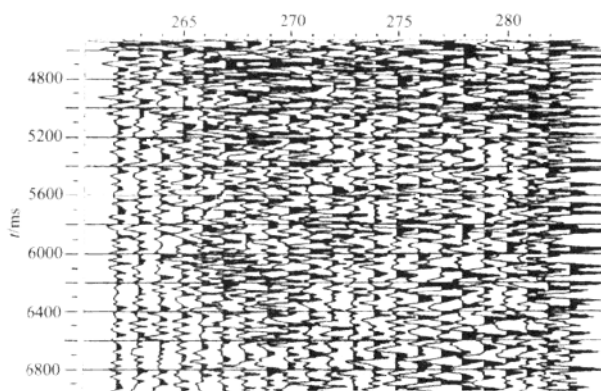


图 2b 单炮记录中的背景噪声

次生噪声

这类噪声是放炮后产生的,主要包括由于介质的不均匀性造成的弹性波的散射,以及来自于任意方向的、相位变化毫无规律的波的叠加等。图 2b 是在单炮记录中看到的背景噪声,其中既包含有环境噪声,也包含有次生噪声。

系统噪声

这类噪声是地震仪器、采集站和大、小线等在接收和处理过程中所产生的(图 2c)。

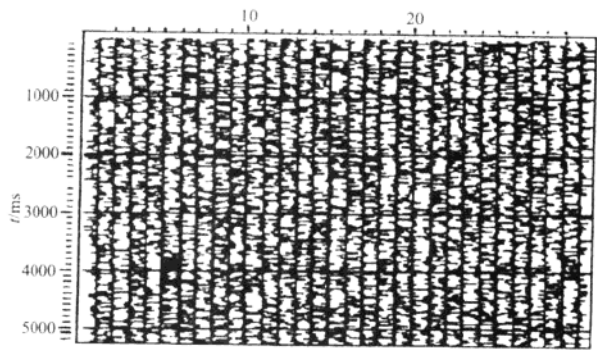


图 2c 接收和处理过程中产生的噪声

随着地震采集设备的不断更新改进,系统噪声对地震勘探的影响已非常微弱,因此,我们主要是针对环境噪声和次生噪声进行分析研究。

随机噪声的特征及其与施工因素的关系

环境噪声的特征分析

频率分析

通过对试验区内不同试点上多次记录到的环境噪声进行频谱分析,发现该区环境噪声的频率范围为 0~200Hz,主频范围为 3~20Hz。图 3 是试验区内的环境噪声记录及其振幅谱。从频谱上可以看出,环境噪声的频率成分非常丰富,而且,主频与深层有效波的主频重叠较多。

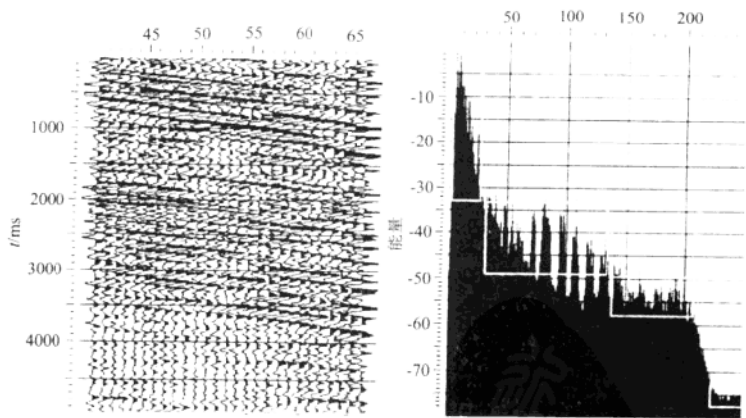


图 3 环境噪声记录及其振幅谱(道距 3m)

特征参数分析

为了分析试验区内环境噪声的特征参数,我们采用 1m 道距、单个 20DX 型检波器布置了一些排列,对不同时刻、不同位置的环境噪声进行了记录,然后对该区环境噪声的特征参数进

行了大量的统计分析。

(1)平均值和方差。根据环境噪声是时间 t 和接收道位置 x 的函数这一特性,我们分别对单道 6s 的噪声记录和某一时刻 300m(300 道)的噪声记录进行多次统计分析,得到该区环境噪声的单道振幅平均值在 10^{-8}mV 左右,除了某些道所受的环境干扰较大外(如图 4a 中的第 48 道在树林内),方差大多在 10^{-3}mV^2 以下。说明该区的环境噪声基本上属于具有各态历经性质的平稳随机过程。图 4a 是从一些噪声记录中随机抽取 10 道(道距为 50m 的单个检波器)记录的振幅平均值和方差柱状图,图 4b 是一张 300 道(道距为 1m 的单个检波器)噪声记录在 0~4s 内不同时刻的振幅平均值和方差柱状图。

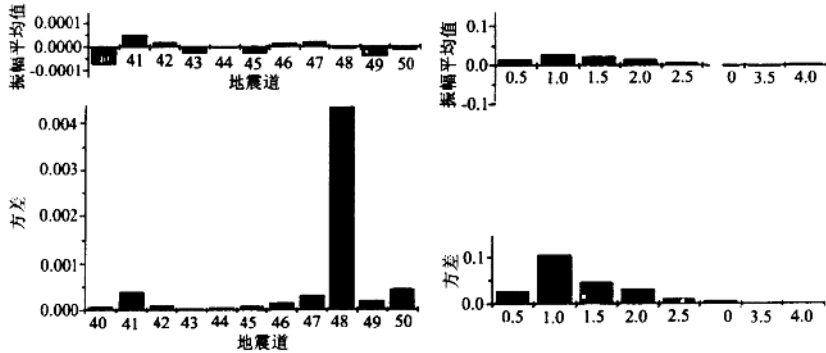


图 4 环境噪声的振幅平均值和方差

(a)按道统计;(b)按时间统计

(2)相关半径。为了分析该区环境噪声的相关半径,我们采用小道距(1m)单个检波器记录到的环境噪声来计算不同时刻环境噪声的自相关函数,得到该区环境噪声的相关半径在 5~8m 之间。图 5a 是其中的一条相关函数曲线。

(3)能量。从对不同位置的环境噪声在 6s 内总能量(用振幅平方和来表示)的分析结果来看,在无其他特殊干扰、特别是风力干扰的情况下,环境噪声的能量是比较弱的,单道环境噪声 6s 内的总能量一般在 0.5mV^2 以下。图 5b 是道距为 50m 的单个检波器记录的环境噪声 6s 内的总能量

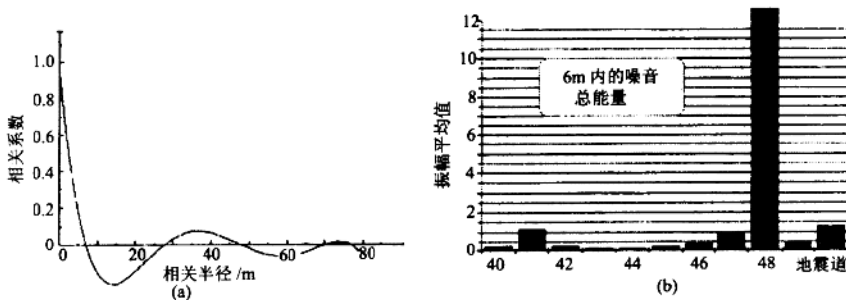


图 5 (a)相关函数曲线;(b)能量柱状图

柱状图,图上除了第 41 道(位于地下油管线附近)和第 48 道(位于树林内)存在特殊干扰外,其它道的总能量基本均衡。