

· 采集技术 ·

垦71井区井间地震数据采集方法

毛中华* 牟来勇 刘美丽 吴忠

(胜利油田物探公司地震勘探研究所, 山东东营 257100)

毛中华, 牟来勇, 刘美丽, 吴忠. 垦71井区井间地震数据采集方法. 石油地球物理勘探, 2008, 43(增刊2): 80~83

摘要 胜利油田物探公司利用引进的整套先进的井间地震设备, 在垦71井区成功进行了井间地震试验和生产。本文主要讨论了与井间地震资料采集有关的技术设计、工程设计、参数试验、质量控制等问题, 同时结合垦71地区井间地震资料采集试验和生产的实际情况, 得到几点认识: 采用共接收点道集观测方法施工效率比较高; 井间地震施工设计和现场采集、处理过程密不可分, 要根据现场情况做好二次设计, 叠加次数要通过扇试验结果确定, 激发间距宜小不宜大。

关键词 井间地震 资料采集 施工设计 质量控制 扇试验

1 概述

高质量的数据采集是井间地震勘探技术成功应用的基础。由于采集装备的制约, 井间地震技术的发展初期进展缓慢。1994年底, 胜利油田物探公司采用当时用于VSP测井生产的电火花震源、井下单级三分量检波器、24道ES-2420地面仪器等设备在草13井组进行了单点激发、单点接收的井间地震试验并获得成功, 率先在国内取得了井间地震速度层析剖面 and 反射波成像剖面(图1)。近几年来, 随着物探装备的发展和井中地震相关技术的不断成熟,

井下震源逐步向高能、高效方向完善, 井下采集设备也向多极多分量方向完善。此外, 计算机技术的飞速发展和软件的不断更新, 大大减少了井间地震数据的处理时间并降低了处理费用。正是在这样的背景下, 胜利物探公司引进了先进的井间地震设备, 并在胜利油田垦71井区成功地进行了采集试验和生产(图2), 开创了国内进行大规模井间地震数据采集的先河。

井间地震数据采集方法没有固定的模式, 从垦71区进行的井间地震试验来看, 我们认为有必要对井间地震数据采集的相关问题进行研究和探讨, 总结相对成熟的技术, 提炼井间地震数据采集工作方

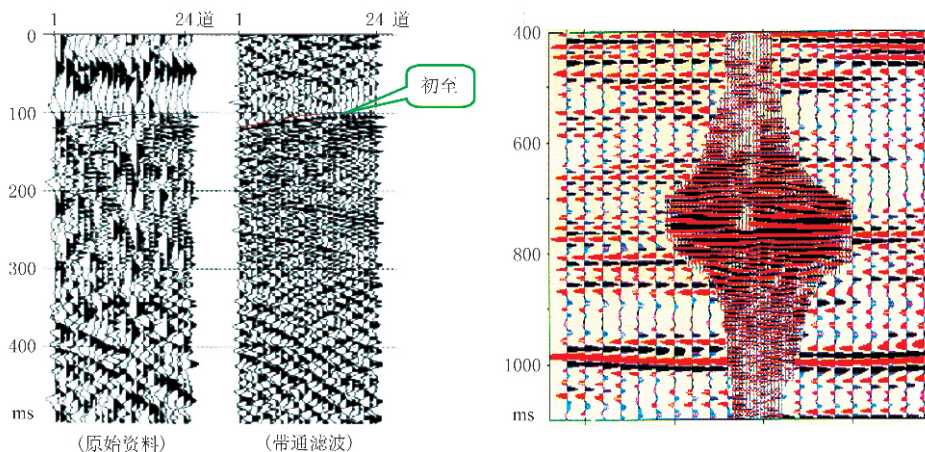


图1 胜利油田草13井组井间地震共激发点道集(左)和反射波成像剖面(右)

* 山东省东营市牛庄镇胜利油田物探公司, 257100

本文于2008年3月4日收到。

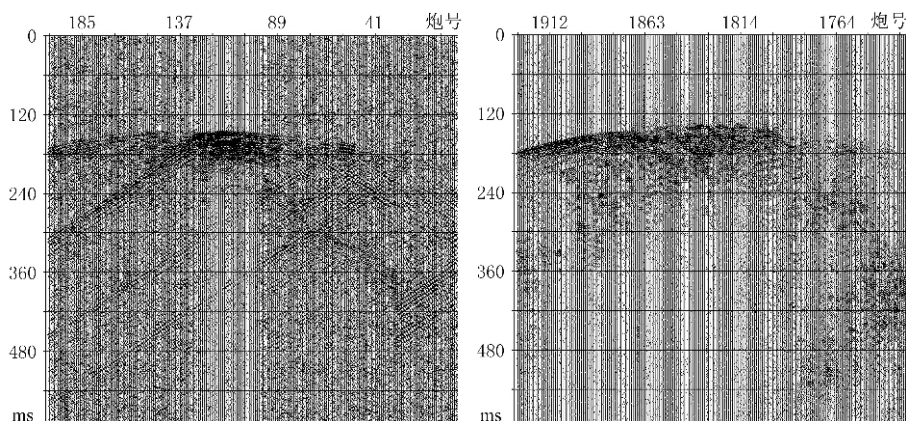


图 2 垦 71 地区井间地震共接收点道集原始记录(左为 Z-Seis 震源激发,右为 OYO 震源激发)

法,提高井间地震数据采集的技术水平。

2 数据采集观测方法

由于井间地震数据采集的特殊方式,根据激发点和接收点之间的位置关系,目前常见的观测方法有以下四种:

(1)共激发点道集观测方法 是指激发点不动,接收点移动的观测方法。这种方式适合于井下检波器的级数较多时(20 级以上),效率比较高。可用于透射和层析成像、反射波成像。

(2)共接收点道集观测方法 是指接收点不动,激发点移动的观测方法。这种方式适合于井下震源连续激发性能较好时,效率比较高。可用于透射和层析成像、反射波成像。

(3)YO-YO 道集观测方法 是指激发点和接收点反向移动的观测方法。这种方式要求井下震源连续激发性能较好、井下检波器的级数较多。采集的资料多用于反射波成像。

(4)连续测井观测方法 是指激发点和接收点同向等间距移动的观测方法。这种方式适用于井下震源连续激发性能较好并且井下为单级检波器接收情况,采集的数据可用于透射和层析成像、反射波成像,但效率不高,一般用来解决地层的连续性问题。

在进行井间地震数据采集时,选择观测方法需要对成像目的、设备性能、施工效率、现场条件等各种因素综合考虑。

如今通常使用的 OYO 和 Z-Seis 这两种井下震源都属于可控震源,并且均不需要推靠井壁,可以连续激发,因此这两种震源均适合于移动激发。井下

三分量检波器 DDS-250 的级数有 16 级,均需要进行推靠,因此这种接收仪器不适用于移动接收。如没有特殊的地质任务要求,显然采用共接收点道集观测方法的效率最高。从垦 71 地区的前期采集情况来看,我们选用的共接收道集观测方法是正确的。我们用 Z-Seis 震源进行的 K71-3/K71-77 井组的资料采集时,20 扇共计 3462 炮的工作量,只用时 2 天时间,效率很高。

3 数据采集施工设计

数据采集施工设计是井间地震采集工作中的一项重要内容。要做好施工设计,首先要选定好地区和井位。由于现有设备条件的限制,适合于井间地震采集的地区通常为井网密集、油藏埋深较浅、井下噪声比较小、小断层比较发育及开发程度较高的油田和需要进行油藏监测的地区。其次是要对选定的井区进行细致地踏勘,了解各方面情况。

井间地震数据采集施工设计包含技术设计和工程设计。其中技术设计的目的是论证并确定井间地震采集相关参数,设计采集技术方案;工程设计的目的是确定井间地震采集施工中的设备投入、人员工作分配、资金预算、采集时间估算、HSE 管理、质量管理等内容。

3.1 井间地震技术设计

3.1.1 明确地质任务

与常规的地震勘探一样,进行井间地震技术设计,必须明确地质任务。垦 71 地区井间地震的地质任务主要有:①落实 K71-77 与 K71-3 井间断层及低序级断层;②解决井间岩性变化问题。在此基础

上,根据地质先验数据建立地质模型,通过正演模拟分析各种记录道集的波场特征、初至时间变化规律等,以便对后续的采集作业进行指导。

3.1.2 设计采集技术方案

完成室内技术设计,论证并确定井间地震采集相关参数(主要包括仪器记录因素、震源激发因素等),设计采集技术方案。必须强调的是,井间地震采集技术设计与现场的采集试验情况密不可分,采集参数要根据现场情况随时进行调整,我们称之为“井间地震二次设计技术”,以保证最佳采集效果。采集技术方案大致可以按如下步骤进行:

(1)噪声测试(同时进行 CCL 深度校正) 将井下检波器沉放到目标井段的浅层、中层、深层三个点处(重点井段可以加设一个点),录制目标井这几个点的背景噪声水平(每一个点记录 500 个文件)并进行定量分析(图 3)。通过对比各点背景噪声水平的分析,选取噪声相对较小的井作为接收井,另外一口井作为激发井。

(2)点试验 将井下检波器沉放到接收井的浅层、中层、深层三个点处(重点井段可以加设一个点),用井下震源分别在激发井段的浅层、中层、深层

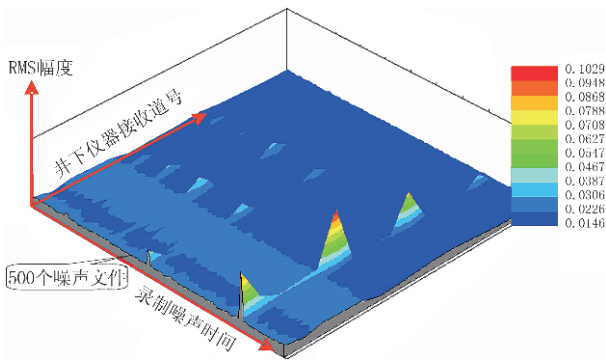


图3 背景噪声定量分析(SEISNET 软件)

三个点处(重点井段可以加设一个点)激发(图 4 左),并采集数据进行定量分析,以确定数据信噪比、测试有效能量的传播距离及设计的采样间隔和记录长度等参数是否满足要求。另外,可根据目标井的噪声水平和点试验的结果判断是否需要周围的生产井停产。

(3)扇试验 将井下检波器沉放到目标井段的浅层、中层、深层三个点处(重点井段可以加设一个点),用井下震源分别在激发井的目标井段激发(图 4 右),并采集数据进行定量分析,以确定扇的大小和震源叠加次数。需要特别指出的是,最终确定扇的大小,需要进行综合考虑。确定扇的大小时还要考虑井下震源能量激发的方向特性、射线的入射角等问题。

事实上,OYO 井下震源 HDOV 的原理是:由于马达带动偏心轮高速旋转(正转 CW 和反转 CCW)而产生能量,其能量激发具有明显的方向特性,能量主要集中在水平方向 45°范围之内,垂直方向的能量几乎可以忽略不计(图 5)。Z-Seis 井下震源也有类似的特点。

如果要进行反射波成像,射线的入射角问题也是必须考虑的。要保证大部分射线的入射角在临界角以内,尽量避免陷入井间地震勘探误区。

3.2 井间地震工程设计

工程设计(也称为操作计划书)的目的是事先做好采集过程中的周密计划和一切准备,确定井间地震采集施工中的设备投入、人员分配、资金预算、采集时间(占用井场时间)估算、HSE 管理、质量管理等,其主要内容一般包括如下几点:①项目的目标;②负责人及有关文件;③项目进展的初步安排;④与采集有关的协作单位的工作安排顺序;⑤剖面的项目设计信息清单;⑥储层/构造设计草图;⑦井的

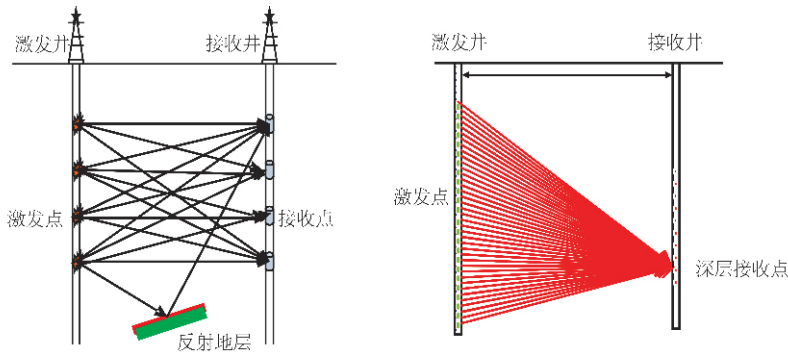


图4 点试验示意图(左)和扇试验示意图(右)

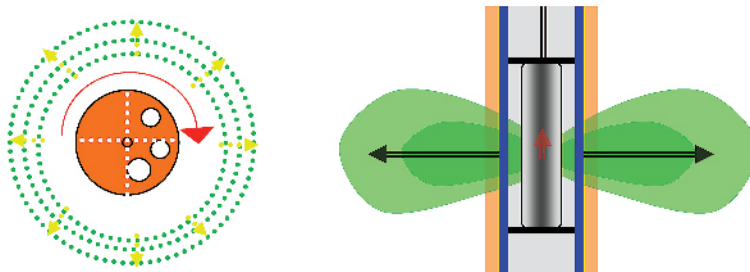


图 5 井下震源 HDQV 的原理图(左)和能量激发方向特性(右)

地面坐标表;⑧采油厂提供的井深度剖面;⑨观测系统设计;⑩井间地震实际操作说明。

4 数据采集质量控制

井间地震的分辨率是相对较高的。对于井间地震数据采集过程来说,野外采集到的每一个数据的精确度都会影响最终成果的精确度,因此做好质量控制具有非常重要的意义。现场处理是质量控制的重要环节,每采集完一个扇,均要进行现场处理并打印出详细的 QC 记录(包括数据的频谱分析、信噪比分析、能量分析、现场抽道集记录),以便现场分析 QC 记录,若发现问题且如有必要,应立即对采集参数做出相应的调整。

除了现场处理之外,井间地震的质量控制还表现在数据采集全过程的每一个环节上,因此采集过程中要严格进行工序管理。采集过程中的每一步都有各种记录,包括仪器班报(详细记录各种施工参数)、交接班记录及检测记录。

另外,井间地震采集对激发点和接收点深度数据的要求非常高,因此要严格控制绞车的速度和电缆的深度。每采集完一个扇,均要对激发电缆的深度进行标定和校正。

考虑到数据的安全性,每天采集的原始数据均要及时进行整理和备份,这也符合 HSE 的要求。

5 结束语

胜利物探公司引进井间地震设备并进行了成功

的数据采集试验。通过垦 71 地区井间地震数据采集试验,可以得出以下几点认识:

(1)根据现有观测设备的特点,宜选择共接收点道集数据采集观测方法;

(2)井间地震的施工设计、现场处理和采集过程密不可分,施工设计必须根据现场的实际情况(现场处理和采集过程)进行调整,进行二次设计;

(3)采集施工中应根据采集目标选择震源,Z-Seis 震源采集效率高;

(4)叠加次数要通过扇试验来确定,试验时激发间距选择小一点比较好。

参 考 文 献

- [1] 李庆忠等. 井间地震勘探的误区及出路. 石油地球物理勘探, 2004, 39(1): 1~11
- [2] 邢正岩等. 井间地震数据属性分析与储层参数转换. 石油地球物理勘探, 2004, 39(2): 127~132
- [3] 狄帮让等. 井间地震物理模型及测试应用研究. 石油大学学报, 2004, 28(2)
- [4] 赵群等. 井间地震观测系统的物理模型研究. 石油物探, 2004, 43(3)
- [5] 毛中华. 胜利油田井间地震装备技术. 物探装备, 2004, 14(3)
- [6] 唐金良等. 井间地震资料解释方法及其应用. 石油物探, 2006, 45(6)
- [7] 孔庆丰. 井间地震波场数字模拟技术研究与应用. 勘探地球物理进展, 2006, 29(5)

(本文编辑:张亚中)