

·综述·

我国物探技术的进步及展望

熊 磊

(《石油地球物理勘探》编辑部)

摘要

熊磊. 我国物探技术的进步及展望. 石油地球物理勘探, 2004, 39(5): 618~623, 627

主题词 地震勘探 数据采集 数据处理 数据解释 提高分辨率 深层勘探 油藏描述 各向异性

(上接2004年第4期)

储层横向预测和勘探 阶段油藏描述

油藏描述题目很大, 在不同的油气藏类型和不同的油气田勘探开发阶段, 描述的内容和精度有很大的不同, 因此对技术的需求也就不同。在这里我们仅限于勘探阶段, 而且以地震技术为核心来开展一些讨论, 其目的是开拓地震技术的应用领域, 针对地震技术自身发展面临的问题, 提高地震技术在油气勘探中的效益。

油藏描述在很大范围内指的是储层描述, 主要涉及两方面内容: 一是几何形态和空间展布特征; 二是内部结构特征。无论前者还是后者, 均需通过一些参数(岩性参数、物性参数、含油气性参数等)的变化来进行具体描述。严格地说, 这些参数只有通过打井才能直接测定, 而无法直接由地震数据确定。但从井中所测到的各种参数只是一个点上的信息, 即使井很多也只能是分布在一些离散的点上。要了解这些参数的空间分布规律, 就必须依托于地震数据在空间上展开, 这在技术上将面临两个问题: ①通过井旁地震道信息, 建立井中所测各种参数与地震信息之间的关系(标定); ②如何利用这种关系, 通过具有空间分布特征的地震信息, 估算出相应空间位置上的各种参数(横向预测)。

上述两个问题的技术难度都很大。在我国, 近几年通过无数地球物理工作者的努力, 取得了较大的进展, 与国外先进水平比较, 差距不是很大。但由于

我国大多数地区为陆相地层, 油气藏十分复杂, 技术上仍面临着不少难题, 需要我们去深入研究, 组织力量进行攻关。

储层横向预测

从井中获得储层的各种信息, 只有依托地震信息才能求得空间展布特征。当储层结构十分复杂时, 即使井的密度足够大, 也难以了解井与井之间的储层变化情况。因此, 地震储层横向预测工作是一项非常重要的工作。随着勘探程度的提高, 储层预测工作必将成为例行勘探程序的一部分。

前面提到, 地震储层横向预测工作包括两方面的内容, 但在具体实现时要遵循共同的思路: ①应用地质理论为指导; ②在众多的方法中选择合适的方法; ③进行多信息的综合分析。

用于储层描述的参数可以是多类型的, 以砂岩储层为例: 岩性参数包括砂岩厚度、泥质含量、粒度中值和砂/泥比值等, 其分布状况明显受沉积相带控制; 物性参数主要指孔隙率和渗透率等, 其变化规律主要受沉积和成岩相带控制, 与构造和断层作用有关; 含油性参数包括含油饱和度和有效厚度值等, 也受沉积、成岩和构造因素控制。而沉积体系的发育及演化、构造运动的发育和演化控制着上述参数的变化。因此要从沉积微相、砂体几何形态及分布、成岩相带展布和构造特征来揭示储层参数空间分布规律。地震参数主要有速度、振幅、频率和相位, 也只有在地质理论指导下才能建立起地震参数和上述参数之间的关系, 并保证这种关系具有实际意义。

用于地震储层横向预测的方法和数据很多, 如:

(1) 层位识别、波组对比追踪, 应用常规构造解

释方法来确定储层顶、底界面形态;

(2)常规叠后数据波阻抗反演流程和波阻抗数据体;

(3)AVO分析及叠前数据AVO异常的圈定;

(4)AVO分析所生成的各种属性数据体及其参数估算;

(5)AVO属性与波阻抗的联合反演;

(6)基于薄层厚度振幅调谐的谱分解技术;

(7)谱分解技术与波阻抗反演的联合处理;

(8)时频分析和常规三瞬处理技术;

(9)神经网络和模式识别方法;

(10)多种多样的地质统计和多参数分析判别方法等。

在此众多的方法中,除了第1种常规精细构造解释技术是必须完成的外,其他均为可选的方法。选用什么方法效果好,选用多少种方法会得到最好的效益,如果全选用,那么最后又怎样综合分析到一张图上,都是值得研究的课题。在进行这些工作时,也需要在地质理论的指导下,掌握每一种方法的原理及实现过程,结合分析数据的条件,科学地进行选择和组合,将地震参数空间展布特征转换为岩性参数、物性参数、含油性参数空间展布特征,实现储层横向预测。

地震储层预测不是一项单一的技术,而是一个项目作业名称。具体实施时,是把许多数据处理与解释技术组合起来,通过估算各种参数,实现储层描述。不同的储层类型有不同的组合方式,而且与地区、作业时间及计算机软硬件有关,甚至还与储层的埋深有关。由此可见,地震储层横向预测技术的组合不可能有一个放之四海而皆准的统一模式,而是要视具体情况选择有针对性的技术组合。

另外,分析数据是否满足技术应用和地质任务的要求,也是一个十分重要的问题。信噪比、分辨率、保真度是否达到技术应用的标准,是否满足地质任务要求,应在储层横向预测之前进行分析。当这些条件不满足时,应先努力去改善数据条件,并根据改善的程度,来确定工作流程和所能达到的任务指标。否则就有可能出现一些假象,产生误导。

勘探阶段中的油藏描述

一般地,在勘探阶段井很少,最多有1~2口油气藏发现井。在井资料很少的情况下,地震油藏描述方法就成为油藏描述的主要方法。

油藏描述最重要的研究内容就是储层描述。而储集岩体成因及其分布规律研究是储层描述的基础,也是储层宏观非均质性和储层参数空间分布规律、初步建立储层地质概念模型和最终建立油藏地质模型并进行油藏综合评价的基础,是勘探阶段油藏描述的重要组成部分。当前地震储层描述主要指储层宏观非均质性和储层参数空间分布规律,前文对这些问题已有讨论。

从另一角度讲,油藏描述有静态和动态描述之分,勘探阶段只能进行静态描述,主要包括构造描述、储层描述和油水分布及含油饱和度等信息。构造描述包括构造性质、几何形态、封堵性、构造演变及油气运移期间的生、储、盖配套等;储层描述主要指几何形态、空间展布、岩性、物理、含油性参数等。在构造描述和储层描述中,地震技术的作用十分重要。

勘探阶段进行油藏描述的主要目的是实现储量计算。储量计算需要合理地选择计算单元和计算方法,但关键是通过油藏描述的方法与技术估算出可靠的储量计算参数。容积法是目前国内外使用最广泛的一种方法,该法涉及6个参数,其中有4个参数(油层有效厚度、含油面积、有效孔隙率、含油饱和度)都要应用地震技术直接或间接地确定。

油藏描述的最终成果:一是建立油藏地质模型;二是油藏的综合评价。开发阶段是这样,勘探阶段也应是这样,它们之间的差别只是描述精细程度不同。但是描述目标所处的状态(静态和动态)不同必然导致描述方式(静态描述和动态描述)不同。在勘探阶段的油藏描述只是静态描述。

以砂体油藏为例,油藏地质模型是对地层格架、构造特征、沉积体系及沉积相、砂体成因类型、砂体几何形态及其分布、成岩作用和孔隙结构、储层参数分布规律和储层非均质性、流体性质、油藏类型等内容的高度概括和集中展示,是油藏综合评价的基础。由于它反映了油藏形成条件、分布规律和控制因素等复杂的地质规律,因此它可作为油气勘探开发的指南,并对油气前景起到预测的作用。

在建立油藏地质模型的过程中,地震技术的作用是不可低估的。上面所列的各个项目都需要通过地震数据解释来直接或间接确定。随着地震数据处理和解释技术的进步,在完成上述项目的描述时我们必须不断地应用新技术和采用新思路,保证地质模型与实际情况愈来愈接近。例如:(1)应用层序地层

学方式,从层系划分入手确定地层格架,进行构造解释;②在研究沉积体系、沉积相和微相时,如何应用好 AVO 分析技术和谱分解技术等。

油藏综合评价是在油藏综合研究、油藏地质模型建立、完成储层计算的基础上进行的。其目的是对油藏的含油程度、分布状况、储层物性、产能大小及原油性质做出全面的综合评价,指出有利的含油区块和井区,从而指导油田的进一步勘探和开发。它既是油藏描述的最终成果,也是地震处理和解释人员必须完成好的一项工作。尽管其中有些数据从地震数据中找不到,但作为一个地震数据解释人员,只要能够与油田现场进行结合,收集有关信息并进行分析,完成这项工作仍然是可能的。

储层预测和油藏描述是紧密相关的,因此在技术应用上也很难区别。从整体来看,储层预测和油藏描述技术正处于不断发展和完善阶段,它涉及的学科和领域很多,而且往往是应用这些学科和领域的最新成果。因此必须把握好技术发展趋势和方向,进一步提升储层预测和油藏描述的能力,为我国各油田的增储上产做出新的贡献。

多波多分量地震勘探技术

多波多分量的含义来自于分别用纵波和横波(偏振沿测线方向和垂直测线方向)震源激发,用三分量检波器接收,共得到 9 个分量的地震记录。9 分量地震勘探又称全波地震勘探或矢量地震勘探。不同的组合方式,可以得到不同数量的分量记录。当前使用较多的是,纵波震源激发三分量检波器接收,垂直分量视为纵波;两个水平分量视为横波(即 P-SV 和 P-SH 波),也有转换波之称。

多波多分量地震技术的发展主要基于以下几点:①单分量纵波或横波反射法是建立在地下均匀各向同性半无限弹性空间理论基础之上的,实际上地下介质是不均匀的,也不是各向同性和完全弹性的,波场十分复杂,多波多分量可以减少地质解释的多解性;②多波多分量数据对于复杂构造、岩性识别、裂缝检测、以及流体显示均有着明显的效果,因此它不仅在油气勘探阶段有其特殊的作用,而且在油田开发阶段有着广泛的用途;③在各向异性介质中,只在某些特定的方向上才会产生单纯的纵波或横波,在一般方向上总是各种波同时存在或成对出

现。固体材料具有弹性特性时,各向异性现象就会发生;地壳表层许多岩石,均表现有纵波、横波速度各向异性。

本节在简单讨论多波多分量地震技术发展的基础上,重点介绍转换波勘探技术,并结合我国当前这项技术发展的现状和问题,展开粗略的讨论,其目的是希望引起关注,加速该技术的发展。

多波多分量地震技术的发展

在 20 世纪 70 年代前,人们企图利用横波速度低的特点,来获得比纵波相对高的分辨率,从而兴起了横波研究的热潮,但由于横波速度和频率都低,而未能取得预期的提高分辨率的效果;70 年代后期至 80 年代中期,人们利用纵横波联合勘探提取岩性信息获得成功,再一次掀起了地球物理勘探工作者对多波勘探技术研究的高潮,一个最明显的标志是利用横波分裂研究介质的各向异性;到了 80 年代中后期,海上多分量采集设备的出现,掀起了第三次技术发展的高潮,至今方兴未艾。多波多分量技术已从研究转入生产实施,如纵波震源三分量检波器接收的纵横波(转换波)联合勘探技术,已发展成海上三维观测的主要技术,取得了明显的勘探效果。相比之下,我国在这方面也开展了一些研究,但成效不大。

制约多波多分量技术发展的关键因素是横波震源。当前地震震源大致可归结为冲击(炸药爆炸、气枪、重锤等)和振动两类,无论哪一类要产生可靠的和可重复的横波,都是很困难的。即使能制造出横波震源,在陆上施工也十分困难,海上就无法激发横波。因此,纵波震源激发、三分量检波器接收是多波多分量技术发展的主要方向,对转换波的研究将逐渐取代对纯横波的研究,转换波处理解释方法的完善已成为当今十分迫切的任务。当前,海上三维三分量接收日益普及,这必将推进陆上三维三分量接收技术的发展。另外,地面多分量观测与井中 VSP 三分量观测的结合必将日益紧密,这无疑将大大提高地震技术探测隐蔽油气藏的能力。

与当今常规地震技术相比,在陆上野外采集需要较大的投入,要购置三分量检波器,并保障埋置三分量检波器的精度,生产效率将受到影响;要增加一定量的辅助工作,例如为了做好静校正,有时需要增加横波小折射调查等。有人测算,其投入大约为当今常规技术投入的 1.5 倍左右。数据处理更加复杂,为当今常规数据处理工作量的 3~5 倍,一方面要完善

方法,另一方面还要做大量的试验,积累处理的经验。解释更加侧重于岩性解释和油气信息检测,因此在解释思路上应有所更新。

多波多分量技术的发展还涉及到许多理论问题有待进一步研究,如不均匀介质和各向异性介质弹性波波场理论;黏弹性介质及双相和多相介质中的弹性波波场理论。而当今更迫切的是在实际生产中还有许多具体问题需要解决,如实际介质中反射、绕射、散射波场以及各种新的转换波波场如何处理和解释。因此在今后的5~10年甚至更长的时间内,必将是理论研究与应用研究同时发展,而首当其冲的是应用技术的发展与完善。

转换波勘探技术

纵波震源激发,在三分量检波器的三个分量上分别记录P-P、P-SV、P-SH波,对这三个记录进行处理与解释,就实现了转换波勘探。整个过程与常规纵波勘探相似,但根据转换波波场特性,在采集、处理和解释三个环节上必然有其特殊要求和考虑。

数据采集方法

和常规纵波勘探一样,野外采集设计一般包括:
①明确多分量接收所要达到的勘探目的并进行可行性分析;
②根据多分量有关的参数对野外采集参数进行预先估算;
③多分量野外噪声试验;
④多分量野外激发参数试验;
⑤多分量野外观测系统和检波器组合埋置条件试验。
加拿大Calgary大学D.C.Lswton模型研究表明:
①对共检波点位置,P-P波与P-SV波的入射角之比大约为1.3%,这意味着P-SV波可能超过临界角;
②对于任意特定的排列长度,P-SV波同相轴所对应的人射角范围总是大于P-P波同相轴所对应的人射角范围;
③对于联合的P-P波和P-SV波的AVO分析而言,P-SV波炮检距范围近似为P-P波炮检距范围的75%;
④对于P-SV波采集,不宜使用太长的炮检距,重点应致力于衰减由炮点产生的噪声。

上述结论在采集设计时都应结合具体情况分析加以考虑。当我们确定某一个参数时,必须同时兼顾三个分量上的情况:例如我们需要通过考虑x、y、z三个分量上的干扰波发育情况及噪声强度来设计噪声的压制方法,一般情况下水平分量上的干扰相对发育,并与次生的和转换折射干扰波特征差异较小,而有效信号弱并具有低频低速的特点,整个记录的信噪比低,因此,必须综合分析三个分量上的具体情况。

况,选择噪声的压制方法。

数据处理方法

纵波震源入射波并非为单纯P波,接收的反射波也并非为垂直出射地面,因此在三个分量中都可能记录了P、SV和SH波,数据处理必须从各个分量记录中进行波场分离。当前波场分离方法很多,由于波场与介质的性质有关,因此在选择波场分离方法时需要考虑介质模型的假设、实际介质与波场模型假设的相近程度。

处理中的第二个问题是共转换点(CCP)道集的生成。当前已有几种CCP道集抽取算子,但多为近似算子。当炮检距大于反射层的深度时,利用近似算子所抽取的道集,共转换点会出现严重的分散和移位。如果我们事先假定转换点位置,根据转换波时距方程,可导出一个迭代方程,通过迭代初值的选定,可以较快地得到较高精度的结果,来改善共转换点的分散和位置。

在P-S转换波的处理过程中,转换点的确定与纵横波速度有关,因此转换波的静校正和速度分析就成为一个十分重要的问题。横波速度低,横波的静校正量可为纵波静校正量的2~10倍,而且受表层参数影响,变化比纵波变化剧烈。当前横波静校正方法没有得到解决,成为多波技术发展的瓶颈。和静校正方法一样,转换波速度分析目前分两步进行:首先在CMP道集上做初步的速度分析;然后在CCP道集上做进一步的分析,且速度分析与抽CCP道集是同一个过程。

根据转换波传播特征,我们在CCP面元划分、多分量噪声压制及叠前部分偏移(DMO)等环节上均有一些不同于常规纵波处理的要求。

另外,多分量采集的目的之一是用于介质的各向异性研究,因此围绕介质各向异性解释这个课题,必须引入相应的处理方法。当前这些方法是极不成熟的,也是今后一个重要的技术发展方向。

资料解释方法

综合利用P、S波资料不仅可以解决岩性、储层的某些问题,而且还可以研究介质的各向异性。而各向异性往往与地层的裂缝密度和走向有关,因此可以用来指导开发井的布置;井中的多分量观测可进一步监测油气运移的状况,能直接为油气田开发服务。围绕这些用途的解释方法,在常规纵波勘探数据解释中很少使用,我们觉得十分生疏,同时在当前广

泛使用的解释系统中,也缺乏这一方面的方法与软件,因此我们面临的任务十分繁重。

转换波的数据解释必然是与纵波数据解释同时进行的,甚至是在纵波数据解释的基础上完成的。因此不仅仅是用于解释的信息量增加,而且要充分利用横波的特征:如横波传播不受岩石孔隙中充填的流体的影响,通过测定一段岩层的纵横波速度比可求出泊松比,联合应用 P、S 波可以解释各向异性,也可以验证 P 波的亮点是否属含气所致等,从而把解释引入更深的层次,直到建立起油藏地质模型。

多波多分量技术发展前景展望

多波多分量地震勘探是 20 世纪 80 年代发展起来并逐渐得到应用的地震勘探方法,目前仍处于高速发展时期。其中最重要的因素是,横波对于介质各向异性(特别是定向裂缝)比纵波敏感,对流体的敏感程度比纵波要高。因此,它不仅可用于油气勘探阶段,而且在油气田开发阶段也有着广泛的应用前景。在多波采集的同时进行横波 VSP、全波测井等观测,有利于后期的综合解释研究,有利于提高地震探测隐蔽油气藏的能力。随着勘探程度的提高,隐蔽油气藏勘探所占比例越来越大,多波多分量技术的应用也将越来越普遍。

时移地震技术的应用及其发展

时移地震技术思路由来已久,最早可追溯到 20 世纪 50~60 年代,有人对同一地区两次地震反射记录的振幅变化进行研究;70 年代国外油公司开始应用此法了解油田注水前后的变化;80 年代初此法成为石油工业油气藏动态监测的一项技术措施;90 年代此法发展成为一种现代油气藏动态管理(Time-Lapse Seismic Reservoir Monitor, 缩写为 TLSRM)方法。1997 年世界用于时移地震经费约 5 亿美元,占当年地震总费用的 1/7,有人预计 2005 年将达到 35 亿美元,而地震总费用增长幅度比这要小得多。80 年代以前,二维地震技术使油气储量采收率达到 20%~30%;80 年代三维地震技术使油气采收率提高到 30%~40%;时移地震方法有望在 21 世纪使采收率提高到 40%~50%,甚至更高。

以上数据说明,时移地震技术是油气田进入开发阶段提高采收率的一项重要技术,是油气藏开发动态监测的重要手段。经过 40 多年的发展历程,目

前该技术逐步走向成熟,现已出现了许多成功的实例,产生了巨大的开发效益。在我国,时移地震技术研究与实践起步相对较晚,克拉玛依油田(1993~1995)、辽河油田(1998)和胜利油田(1998)都曾进行过这方面的试验,得到了一些十分宝贵的数据。但与国外相比仍有较大的差距,其原因首先是我国陆相地层油气藏十分复杂,地震表层条件也相对复杂,实现时移地震数据的一致性和可重复性难度相对较大,要想获得成功需要投入较大的力量;其次是此项研究缺乏全面的系统的考虑,因为时移地震是通过地震响应变化反演油藏特性变化,涉及的面很广,例如岩石物理实验、流体力学及油藏工程等,需要统一的安排进行攻关。

基本概念

时移地震主要分析研究油气藏在开采过程中所造成的储层流体运动、流体成分变化、饱和度变化、压力变化、孔隙率和温度等油藏特性变化所引起的地震响应的变化,并由地震响应反演油藏特性。由此可见,前部分内容属于正演问题,后部分内容属于反演问题。从整体思路看,只有通过充分的正演(可行性)研究,才能进入反演,其中关键的技术是地震数据的一致性和重复性。

时移地震的作用是监测油气藏特性在油气藏开发过程中的变化,实现油气藏开发动态管理。具体地说:①寻找剩余油分布,确定加密井或扩边井井位;②监测注入流体动向和前缘位置,调整开采井和注入井井位。

时移地震顾名思义就是在不同时间在同一地点进行的地震观测,按其观测方式可分为:①时移三维地震观测,常称四维地震;②时移二维地震观测,常称重复地震观测;③时移 VSP 观测,研究井史及井旁油藏变化特征,通常用三分量技术,目前出现 9 分量技术并取得成功;④井间时移地震,重复井间地震观测实现油藏动态管理;⑤时移一维地震观测,用于天然地震观测台站(油气田开发不用)。

时移地震应用条件

在油气田开发过程中,注采改变油气藏特性所造成的地震响应特征的变化,随时间不同而异,实施时移地震对储层、注采、地震均有不同的要求。

(1) 储层条件 较理想的情况是:孔隙率大于 25%,岩石比较疏松,埋藏深度较小,厚度较大,油气比高,流体饱和度变化大等。TLSRM 可筛选条件

是:①油藏岩石胶结差;②储层孔隙流体压缩系数变化大;③储层岩石压缩系数变化大;④储层温度变化大;⑤储层压力变化大。

相比之下,低骨架弹性特征有利于时移地震监测技术的实施,孔隙流体压缩系数明显的差异是时移地震获得成功的另一重要因素。

(2)注采方式 在注水或水驱过程中,如果油是轻油或活油,油与水之间有较大压缩系数差,有利于时移地震的实施;如果是重油或死油,压缩系数差小,情况就不一样。在热采过程中,随储层温度增加,孔隙流体黏度降低,岩性和孔隙流体的压缩系数增加,从而导致岩石速度、密度明显降低,这种变化必然产生地震响应的变化。因此浅层稠油热采,是实施时移地震良好的注采条件。一般情况下,时移地震适用于水驱和溶解气驱,且水驱采油最好是轻油或气;热驱采油应当是重油。对于碳酸盐岩储层,时移地震适用于气驱、二氧化碳(CO₂)、蒸汽驱和溶解气驱。

(3)地震条件 地下水位的变化会造成地表地震条件的变化,环境变更会造成环境噪声不一致,激发条件和接收条件的变化可造成能量分布和噪声类型复杂,观测系统不一致有时会造成数据体无法精确地对比,仪器性能和应用参数的差异也会造成数据特性的差异。因此地震数据的一致性和可重复性是实施时移地震的必要条件,而这种条件一般只有通过处理来保证。

另外,注采造成储层特性差异引起的地震响应差异幅度不会很大,因此地震数据具有高信噪比、高分辨率和高保真度特征,在数据处理中要确保不同时期采集的数据处理条件一致,具有可靠的对比性。

综上所述,实施时移地震应满足两个条件:

(1)在时移过程中,被观测地质目标体应存在明显的储层属性(温度、压力、岩石孔隙中流体性质等)变化,并可导致岩石物理性质(速度、泊松比等)变化,从而导致波阻抗和反射系数有10%以上的幅度变化,使地震波穿过该地质目标体时,可引起反射时间、振幅、频率、相位的变化,并且在当前技术条件下这种变化能进行可靠的识别;

(2)必须清除不同时期采集数据间非地质因素的影响,如天气、潜水面、环境干扰、激发、接收、观测系统以及设备等,确保数据的可对比性。

时移地震实施步骤

当前时移地震技术还处于技术发展阶段,有许多问题需要进行研究,特别是在我国陆相地层油气藏十分复杂和现场试验开展不多的情况下,更应重视实施时移地震作业的步骤。一般情况下,大体上可分为可行性评估、现场先导试验和油田大规模应用三个阶段。

可行性评估

实施时移地震当前在技术上有一定的难度,同时需要较大的经济投入,有较大的风险,因此在实施前要进行可行性评估和论证,一般包括两个方面的内容:

(1)技术风险评价 通过对油藏特性、注采方式和地震条件的综合分析,确定所研究的油藏是否适合用时移地震方法进行监测;

(2)经济风险评价 经济效益评估是一项非常复杂的工作,方法不同可能结论不同,同时它是时间的动态函数,其目的是使时移地震能以最经济合理的方式实现,以获得最大的经济效益。

现场先导试验

将可行性研究中所确定的一整套方法和参数用于油田具有良好前景的储层。这样既可提供最好的条件来展示时移地震技术的应用效果,又可减少资金投入的风险。在此阶段,要通过对地震数据成像质量、旅行时变化及波阻抗变化的综合分析,最终确定时移地震数据的采集、处理和解释方法,为下一阶段的应用奠定基础或提供指导。目前,时移地震监测成功的实例基本都体现出这一阶段的重要性。

油田推广应用

将现场先导试验所产生的一整套方法和参数在油田推广应用,以获得最好的开发效益。时移地震还要为油藏动态管理服务,因此时移地震还必须对新的信息有快速分析和响应的能力。时移地震需要处理大量的地球物理、地质和油藏工程方面的数据,一方面需要地球物理学家、地质家和油藏工程师的紧密配合,另一方面也必须有软件作保障。这在油田推广应用阶段都是十分重要的问题。

目前,时移地震主要检测的信息包括:①走时差异;②振幅差异;③波阻抗差异;④AVO分析数据差异;⑤油藏模拟信息(地震正演模拟变化);⑥各向异性信息。通过综合分析这些信息,实现油藏监测。

(下转第627页)