

三分量地震资料野外采集应遵守的重要原则

冯太林, 张学工, 李衍达

(清华大学 自动化系智能技术与系统国家重点实验室, 北京 100084)

摘要: 结合多年的工作经验和应用实例, 阐述了三分量地震资料野外采集时应遵守的几个重要原则。

关键词: 地震勘探 三分量 资料采集 原则

中图分类号: P631.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-8918(2001)01-0070-05

三分量地震勘探是近十几年来才发展起来的一项油气勘探高新技术, 意在通过对矢量波场的观测、处理和解释来寻找和圈定油气储集的岩性异常带及裂隙系引起的各向异性带, 增加用于解释的可靠信息量, 以提高解释结果的可信度, 减少多解性, 降低勘探成本。

由于三分量地震勘探是一项油气勘探高新技术, 用于批量生产还有待时日, 当前仍处于研究开发阶段, 还有许多复杂问题需要深入研究并加以解决, 但作为一项代表了未来发展趋势的新方法新技术已越来越受到油气工业的重视。针对三分量地震勘探技术有别于单分量地震勘探的若干特点, 结合 10 多个应用例子, 重申三分量地震资料野外采集时应遵守的几个重要原则, 作为各单位开展该项研究工作或应用研究时的参考, 特别是用于初次应用该项技术的单位和工作人员的参考, 以避免不必要的失误和浪费。

1 选择地质和地球物理条件较理想的工区开展试验研究

三分量地震资料记录了全波场, 即矢量波场的 3 个分量, 属于全波地震勘探, 因而波场复杂, 在当前的方法技术还不很成熟, 特别是资料处理软件对复杂波场应付能力不足的情况下, 若选在地质和地球物理条件比较复杂的工区开展工作, 势必增加问题的难度, 并影响该技术的使用效果。一般而言, 要求地表比较平坦、河塘水渠少、检波器埋置条件理想、施工方便、地下构造简单、目的层反射波组特征显著且层位可连续追踪。对地表起伏较大或低、降速带横向变化较大的工区, 必须对地表高程进行严格测量和对低、降速带纵、横波速度场的分布做认真调查。

2 做好施工设计并针对不同的勘探目标开展不同的工前参数试验

三分量地震主要用于岩性地球物理勘探, 特别是用于勘探因直立或近于直立的裂隙系所引起的地层各向异性。如果裂隙系是单组直立平行的, 那么其分裂快横波的偏振方向将沿着裂隙走向, 分裂慢横波的偏振方向将垂直裂隙走向。当二维测线平行于裂隙走向时, 将只有快横波, 而无慢横波; 当二维测线垂直于裂隙走向时, 将只有慢横波, 而无快横波。这就无法利用快、慢横波的时差来研究各向异性^[1]。具体证明如下: 设 xoy 为采集坐标系 (图 1), 裂隙走向

与测线正方向(规定 x 轴为正方向)的夹角为 α , 当横波垂直上行时, 假定入射到各向异性层之前它的粒子振动方向与测线平行, 入射时的位移为 s , 则入射后分裂出的快横波 S_p 和慢横波 S_v 的数学表达式为

$$\begin{cases} S_p = s \cos \alpha \delta(t - t_p), \\ S_v = s \sin \alpha \delta(t - t_v), \end{cases} \quad (1)$$

其中, t_p 是快波的旅行时; t_v 是慢波的旅行时; δ 为单位脉冲函数。显然, 实际记录到的 x 分量和 y 分量应分别为

$$\begin{cases} x = x_p + x_v = S_p \cos \alpha + S_v \sin \alpha, \\ y = y_p - y_v = S_p \sin \alpha - S_v \cos \alpha, \end{cases} \quad (2)$$

即

$$\begin{cases} x = s \cos^2 \alpha \delta(t - t_p) + s \sin^2 \alpha \delta(t - t_v), \\ y = \frac{s}{2} \sin 2\alpha \delta(t - t_p) - \frac{s}{2} \sin 2\alpha \delta(t - t_v). \end{cases} \quad (3)$$

由此可见, 当 $\alpha = 0^\circ$ 时, $x = s \delta(t - t_p)$, $y = 0$, 此时因无慢波信息而无法对比判别横波分裂的存在。同样, 当 $\alpha = 90^\circ$ 时, $x = s \delta(t - t_v)$, $y = 0$, 此时也因无快波信息而无法对比判别横波分裂的存在。

所以, 应使二维测线方向与裂隙走向斜交 45° 左右才能同时接收到能量都比较强的快慢横波, 这就要求做各向异性方位调查试验。试验的方法很多, 如文献[1]中就介绍了一种圆弧观测法, 其基本做法是将炮点定在 1 个半径为 R 的圆心处(这里的 R 为获得较强目的层转换反射波能量的接收距), 而把接收排列布置在 $1/4$ 圆弧上, 即以每隔 1° 或 2° 的圆心角在圆弧上设置 1 个三分量采集点, 并使每个采集点的所有三分量检波器的方向箭头一律指向圆心的炮点。通常情况下, R 可由三分量扩展排列波场特征调查结果来选择, 而三分量扩展排列波场特征调查结果还可用来选择合适生产观测的偏移距和排列长度。除此之外, 还可用相交 45° 方向的 2 个三分量扩展排列波场特征调查结果来做简易的各向异性方位调查试验。

关于三分量检波器的结构有两种选择, 其一是 3 个接收分量轴都与垂直轴相交 54.7° 的斜三分量检波器, 其二是常规意义上的正三分量检波器。图 2 所示为某工区三维三分量地震勘探用斜三分量检波器接收到的一炮记录的一部分, 各种反射波混合在一起, 很难辨别出纵波反射和转换波反射, 必须做坐标旋转变换将其变为正三分量记录(图 3), 该变换的计算公式如下:

$$x = \frac{\sqrt{6}}{3}a - \frac{\sqrt{6}}{6}(b + c), \quad y = \frac{\sqrt{2}}{2}(b - c), \quad z = \frac{\sqrt{3}}{3}(a + b + c). \quad (4)$$

式中, a, b, c 分别为斜三分量记录的 3 个分量。

对比图 2 和图 3 可清楚地看到图 3 中水平分量与垂直分量的有效分离, 从而有效地分离出纵波反射和转换波反射, 但也清楚地看到图 3 水平分量中第 13 道的反道和第 20 道的死道, 而这一点在原记录(图 2)中是看不出的, 因此, 我们建议采用正三分量检波器。大量实践结果也都表明使用正三分量检波器比使用斜三分量检波器有很多优势。

做完上述波场特征调查及各向异性方位调查试验并选好接收道数、道距、采样率之后, 就可以做药量、组合方式、组合参数、井深等项试验了。这里需要强调的是, 试验药量千万不可选

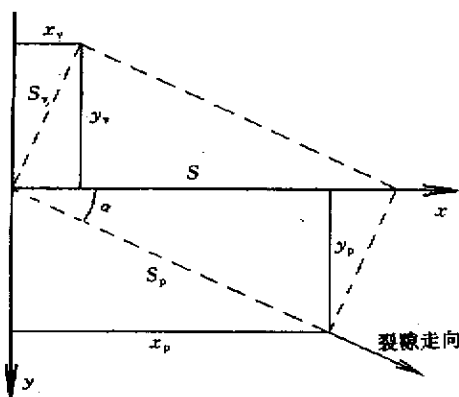


图 1 快慢横波的坐标投影

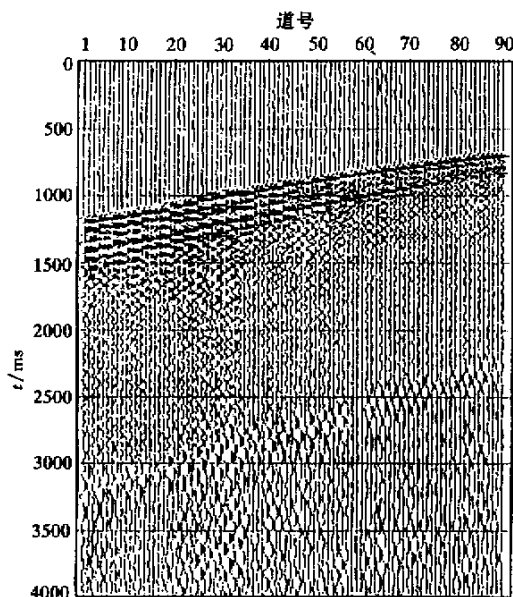


图 2 斜三分量地震记录

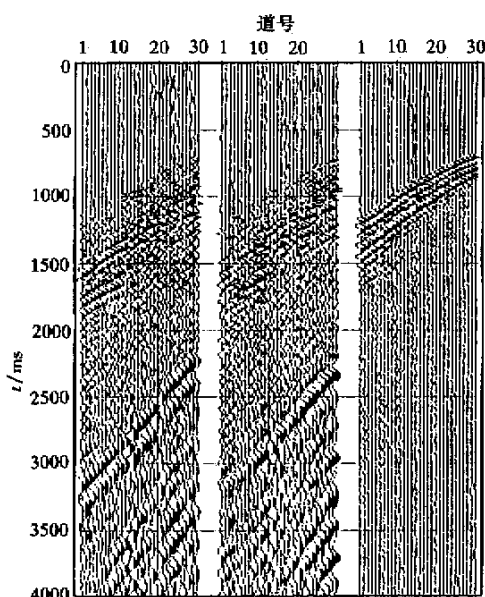


图 3 斜三分量向正三分量的坐标旋转变换

择太小,其最小值最好不要小于最大目的层埋深值的一倍,一般以 2 倍值为宜,比如目的层埋深为 1.5 km 时,药量一般取 3.0 kg 为宜。组合方式一般以沿测线方向的线性组合为主,以便于检波器的准确定向。组内距不宜过大,可以采用点埋方式。检波器的箭头指向必须在班报中予以记录,对生产观测,所有检波器的箭头必须指向同一方位。

3 工前参数试验资料处理分析与最佳施工参数选择

三分量地震资料记录的主要研究对象是 2 个水平分量,这 2 个分量中记录到的有效反射信息主要是 P-SV 型转换反射波,其强能量反射只集中在某一接收段,并且强能量反射段随反射界面深度的增加而远离炮点,因而单炮记录中的转换波强能量反射只集中在 1 个以炮点为顶点的三角形区域内,这就要求选择偏移距和排列长度时必须同时兼顾纵波和转换波反射,一般要求最大接收距在目的层埋深的 2 倍以上。另一方面,水平分量的信噪比一般低于垂直分量,并且其有效波主频总是比较低,因而最好选择使对应目的层转换波反射达到最大信噪比的炸药量。

对三维正三分量记录的 2 个水平分量,最好做 1 次旋转变换,以获得沿炮检方向的径向分量和垂直炮检方向的横向分量,具体计算如下^[2]。

设炮点的水平坐标为 (x_s, y_s) , 检波点的水平坐标为 (x_g, y_g) , 则径向与 x 轴正向的交角 β_1 (图 4) 可由下式

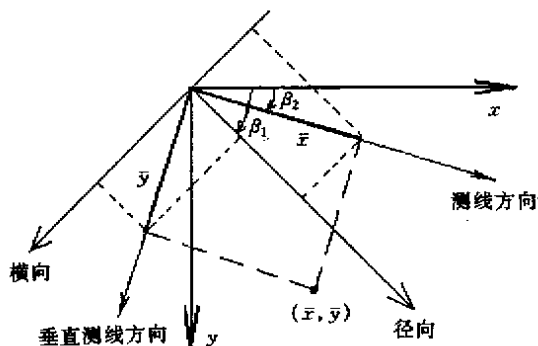


图 4 采集坐标中水平分量在径—横向坐标中的投影

$$\tan\beta_1 = \frac{y_s - y_g}{x_s - x_g} \tag{5}$$

求得,而测线正向与 x 轴正向的交角 β_2 是一定的,可由测线上指向测线正向的 2 个检波点坐标 (x_{g1}, y_{g1}) 和 (x_{g2}, y_{g2}) 通过下式求得

$$\tan\beta_2 = \frac{y_{g2} - y_{g1}}{x_{g2} - x_{g1}}, \tag{6}$$

因而有旋转角 $\beta = \beta_2 - \beta_1$ 。假定采集坐标系下的 2 个水平分量分别为 $\bar{x}, \bar{y}$, 则可用下式来计算径向分量 r 和横向分量 t

$$r = \bar{x}\cos\beta - \bar{y}\sin\beta, \quad t = \bar{x}\sin\beta + \bar{y}\cos\beta. \tag{7}$$

4 严格按照规范施工埋好检波器

施工中最难把握的就是质量关。三分量检波器的最大特点是具有方向标记和调平水泡,其目的在于保证日后资料处理的可操作性和正确性。如果埋置的检波器未调平,或方向未对准,必将影响资料质量,特别是影响水平分量的叠加结果,因为水平分量具有方向性,方向错误会导致叠加时正负反射信号的抵消。埋紧是要求检波器与大地紧密耦合,确保有效信号的接收。此外,施工时一定要保证每个检波器相同分量的一致性,并及时修整。采集时最好配备三分量野外质量监控系统,便于及时发现死道、坏道、反道、不一致性道。总之,要严格按照规范进行施工,严把质量关。最后需要指出的是,对二维三分量测线,采集时尽可能不要改变观测系统。

5 结束语

本文阐述并强调了三分量地震资料野外采集时应遵守的几个重要原则。首要原则是应尽量选择在地质和地球物理条件都比较理想的工区开展试验研究,其次是做好施工设计并针对不同的勘探目标开展不同的工前参数试验工作,再次是认真处理分析工前参数试验资料,选择最佳生产施工参数,最后是要把检波器水泡调平、方向对准、尾锥插紧,及时修整检波器,严格按照规范进行施工,严把质量关。呼吁施工单位能认真对待,严格遵守。

参考文献：

[1] 冯太林.用转换波探测直立裂隙系[J].石油地球物理勘探,1996,31(增刊 1) 76—81.
[2] 马中高,管路平,冯太林,等.斜三分量三维地震资料处理技术[J],石油物探,1999,38(1) 21—30.

THE IMPORTANT PRINCIPLES IN THE ACQUISITION OF
THREE-COMPONENT SEISMIC DATA

FENG Tai-lin, ZHANG Xue-gong, LI Yan-da

(Automation Department and State Key Laboratory of Intelligent Technology and Systems, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract : Combined with years of the worked experience and some application examples, this paper expounds several important principles which should be strictly abided by during the field acquisition of seismic three-component data.

万方数据

Key words : seismic prospecting ; three-component ; data acquisition ; principle

作者简介 :冯太林(1961 -),男,江苏扬州人,1998 年 6 月毕业于南京理工大学机械制造及其自动化专业,获工学博士学位。现在清华大学自动化系智能技术与系统国家重点实验室做博士后研究工作。已从事多波多分量地震勘探方法研究十多年,主持或参与过十多个科研项目,发表论文近 40 篇,获得部级科技进步二、三等奖各一项。**万方数据**

