

多波地震地层各向异性的初步研究和探讨

张树林 李绪宣 姜立红

(中国海洋石油南海西部公司勘探开发科学研究院 广东湛江 524057)

摘 要 利用我国海上首次采集的多波地震资料对莺歌海盆地3个构造的地下岩石介质的各向异性进行了初步研究和探讨,提出了很有意义的结论。

关键词 多波地震 转换横波 闭合差 各向异性

本世纪八十年代以前,在油气地震勘探中,人们应用的一般是单一的纵波,即纵波地震勘探技术。该技术在构造勘探方面发挥了极大的作用。但在地下岩石介质各向异性检测和油气直接检测方面,往往难以奏效。为此,人们想到了横波,于是出现了横波地震勘探技术,随之又提出了纵横波联合勘探技术(多波多分量地震技术)。国外在这方面开展了较多的理论研究和实践工作,取得了很好的效果^[1]。

我国开展此项工作较晚。前几年在陆上油田做了一些多波试验。中国海洋石油南海西部公司于1998年进行了第一次多波地震试验,在莺歌海(以下简称YGH)盆地四个构造(LA1、LA2、LA3和LA4)上采集了8条测线共一百多公里的多波地震资料。资料品质比常规资料好,分辨率和信噪比都比常规纵波高。多波地震资料包括所有测线的PZ分量(P波)时间偏移剖面、X分量(P-SV波)时间偏移剖面和一条测线的Y分量(P-SH)时间偏移剖面。

大量事实表明,地下介质广泛存在着各向异性^[2]。所谓各向异性,是指介质内某点地震波的传播与方向有关。在地震勘探中,常见的各向异性介质的TI介质、EDA介质和其它复杂的各向异性介质。

我们知道,横波携带着岩石内部十分丰富的信息,尤其是裂缝信息^[3]。反之,我们便可通过对多波多分量地震信息的深入分析和研究,探测出裂缝方位,精细描述储层。利用横波来开发裂缝性油气田已成为一个热门研究课题。

目前,国外正在进行大量的多波与各向异性的理论与实验研究,取得了一定的成果,有的石油公司也进行了应用研究,取得了良好的效果^[4]。国内学者也都很关注这一前沿课题。

1 Y分量强能量反映地下介质存在各向异性

本次YGH盆地多波地震试验,得到了丰富的、直接的或间接的资料。我们充分利用这些信息对LA2、LA1和LA3三个构造的各向异性进行了初步的研究和分析,得出了可信的、有极大实用价值的结论。

图1是LA1构造LA1-1测线X分量剖面图。图2是该测线Y分量剖面图。从两剖面可看出,Y分量能量不亚于X分量,而Y分量接收到的主要是SH波。本次野外采集时,空

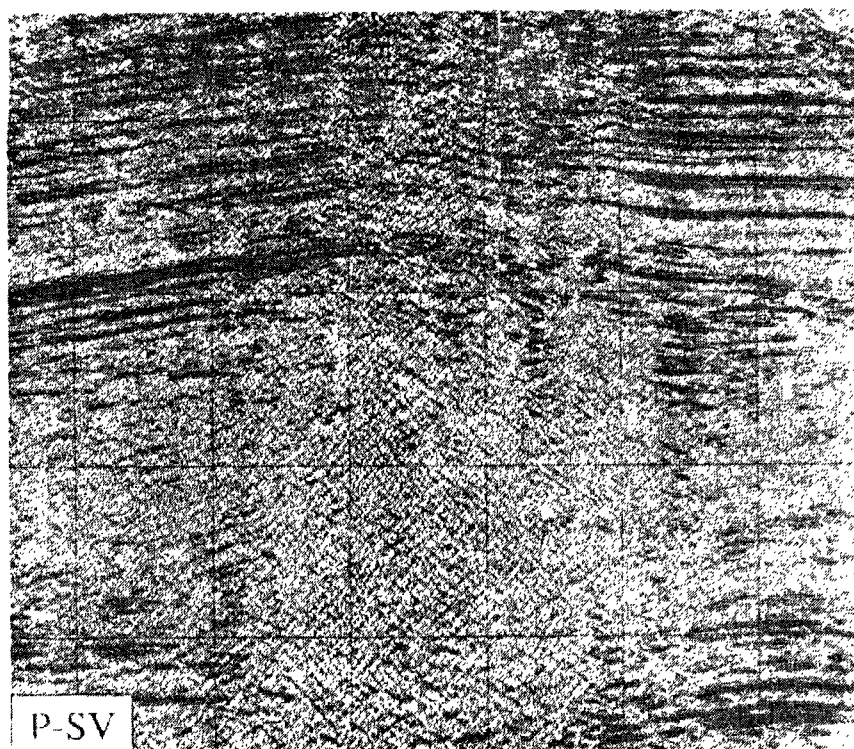


图1 LA1-1 测线 X 分量剖面图

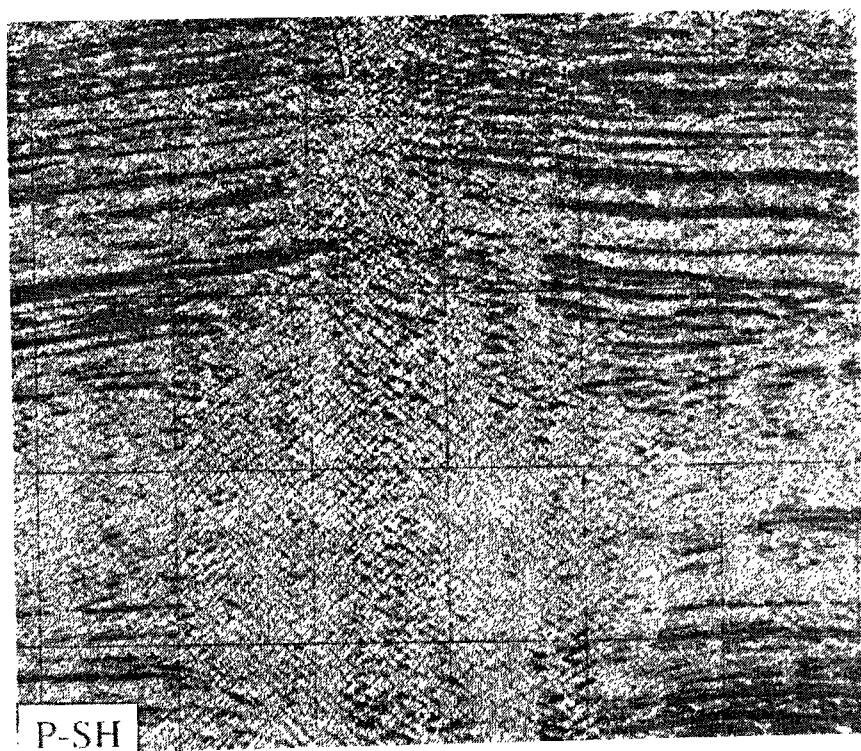


图2 LA1-1 测线 Y 分量剖面图

气枪放在水面以下 7 m 的地方,震源到海底还有九十余米的距离。这说明,震源散发并传入地层介质的是 P 波(水的剪切模量 $\mu=0$,无横波), λ 射 P 波经地层波阻抗界面转换后成为转换 SH 波即 P-SH 波。众所周知,在各向同性介质中,P 波是不可能转换成 SH 波的,只有在各向异性介质中才能转换成 SH 波。这说明,LA1 构造是存在严重的各向异性的。

2 不同构造主联测线交点处转换波的闭合差不同反映了地下介质各向异性的不同

图 3 是多波工区 4 个测线交点[LA1-2 和 LA1-3(a)、LA1-1 和 LA1-3(b)、LA2-1 和 LA2-2(c)、LA3-1 和 LA3-2(d)]处的转换横波(P-SV)双向剖面图。从图中可清楚看出,LA1 构造北端主测线和联络测线的转换波剖面存在极大的闭合差,南端闭合差有所减小。LA2 构造的闭合差明显小于 LA1 构造,而 LA3 构造主联测线的浅层闭合差又小于 LA2 构造,这一现象引起了我们高度注意并作了深入思考和分析。处理资料时,已尝试过用多种办法进行了多次转换横波静校正,且三个构造选用的是同样的静校正方法和处理流程。这就基本上排除了因静校正不够或过量而引起大的闭合差的可能性。这样,这种现象就只有从各向异性上找原因了,这种大小不同的闭合差是地下介质各向异性的反映。

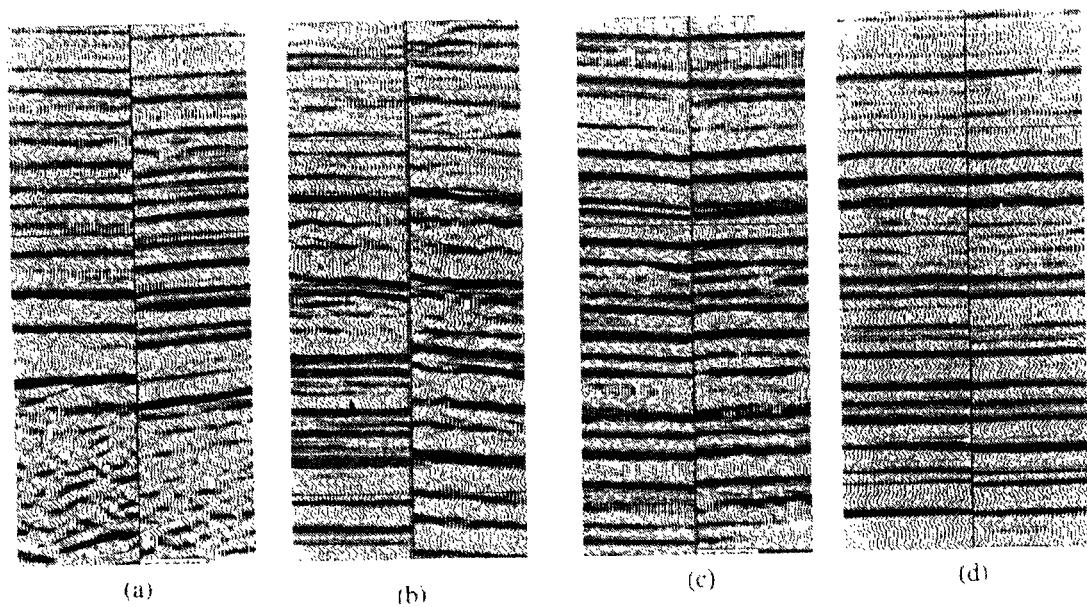


图 3 多波工区 4 个测线交点处的转换横波(P-SV)双向剖面图

3 准各向异性系数的计算方法及地质含义

在进行闭合差的直观分析后,我们拾取了各测线交点处的几乎所有层的闭合差,利用拾取的闭合差计算了准各向异性系数。

在横波分裂与各向异性理论中,衡量介质各向异性严重与否的一个主要参数就是各向异性系数(Kc)^[5]。

对于某一波阻抗界面,设快横波的旅行时为 T_s ,慢横波的旅行时为 $T_{s\perp}$,快慢横波旅行时之差为

$$\Delta T=T_{s\perp}-T_s$$

则各向异性系数(Kc)为

$$Kc=\Delta T/T_s \tag{1}$$

Kc 越大,各向异性越严重,当 Kc 达到 5% 以上时,就说明地层各向异性很严重了^[6]。

从测线交点处主联测线的旅行时来看,LA1 和 LA2 构造的主测线转换横波比联络测线走得快,而 LA3 构造比较复杂。这样,我们近似地把走得快的转换波当成横波分裂中的快横波,走得慢的转换横波当成横波分裂中的慢横波。但应明确,上述转换横波并不是真正意义上的快横波或慢横波。

在进行各向异性系数计算时,需要进行上覆地层的剥离,我们没有条件做这一步。基于上述原因,我们提出“准各向异性系数”这一概念,以便与真正含义的各向异性系数相区别。准各向异性系数的计算方法如下:①拾取测线交点处主联测线转换波旅行时;②计算每一层主联测线转换波旅行时之差 ΔT ;③把走时快的转换波旅行时当成 T_s ;④利用公式(1)计算准各向异性系数。

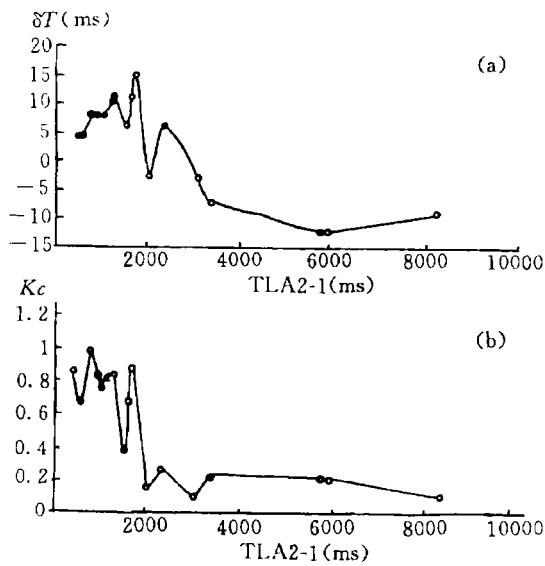


图 4 LA1-2 和 LA1-3 二测线交点处 P-SV 波
各层旅行时闭合差(a)及准各向异性系数(b)图

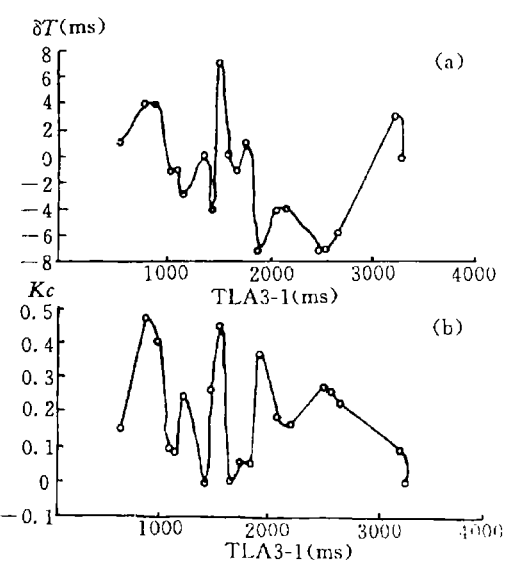


图 5 LA1-1 和 LA1-3 二测线交点处 P-SV 波
各层旅行时闭合差(a)及准各向异性系数(b)图

图 4 和图 5 分别是 LA1 构造 LA1-2 和 LA1-3 二测线交点、LA1-1 和 LA1-3 二测线交点处 P-SV 波剖面各层闭合差(a)和准各向异性系数曲线(b)图。图中 δT 为联络测线(LA1-3)与主测线(LA1-2、LA1-1)双程 P-SV 波旅行时之差(下同),TLA1-2 表示横坐标为 LA1-2 测线的 P-SV 波双程旅行时(下同)。从图看出,最大闭合差达 80 ms,最大准各向异性系数达 5.7%。图 6 是 LA2 构造 LA2-2 与 LA2-1 二测线交点处 P-SV 波剖面各层闭合差(a)和准各向异性系数曲线(b)图,最大闭合差达 15 ms,最大准各向异性系数达 0.99%。图 7 是 LA3

构造 LA3-2 与 LA3-1 二测线交点处的 P-SV 波各层闭合差(a)与准各向异性系数曲线(b)图,最大闭合差达 7 ms,最大准各向异性系数达 0.47%。

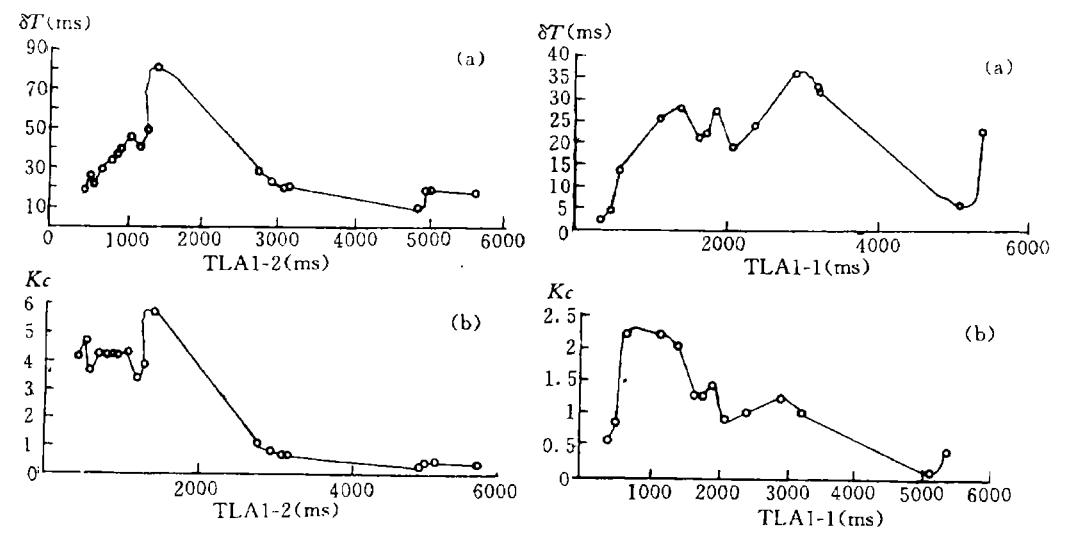


图 6 LA2-1 和 LA2-2 二测线交点处 P-SV 波 图 7 LA3-1 和 LA3-2 二测线交点处 P-SV 波
各层旅行时闭合差(a)及准各向异性系数(b)图 各层旅行时闭合差(a)及准各向异性系数(b)图

通过比较可知,LA1 构造 P-SV 波的闭合差和准各向异性系数大于 LA2 构造;LA2 构造 P-SV 波的闭合差和准各向异性系数大于 LA3 构造。这说明:①LA1 构造北部的各向异性强于南部;②LA1 构造的各向异性强于 LA3 构造;③LA2 构造的各向异性稍强于 LA3 构造;④LA1 构造的裂缝走向为北东—南西向;LA2 构造中浅层(3 000 ms 以上)的裂缝走向为北东—南西向,深层裂缝走向为北西—南东向;LA3 构造的裂缝走向难以定论,从浅至深走向不断发生变化。

4 结 论

- 根据以上大量的研究和分析,我们可得出以下三个主要结论。
- (1)LA1 等三个构造均存在不同程度的各向异性,LA1 构造的各向异性最严重。
 - (2)上述初步判别地下岩石介质各向异性的方法是可行的。
 - (3)对各向异性的探讨和研究有助于油气田的开发,具有很高的研究和应用价值。

参 考 文 献

1 张树林. 横波地震技术: 联邦德国深部地球物理研究. 成都: 成都地质学院, 1991. 182~190.
2 DF Winterstein. Shear-wave Polarization and Subsurface stress directions at Lost Hills field. Geophysics, 1991, 9: 328~340.
3 SH. Danbom et al. Shear-wave Exploration. Society of Exploration Geophysicists, 1987, (1): 159~165.
4 王维佳. 各向异性与多分量地震勘探. 石油物探译丛, 1990, (4): 38~43.
5 牛毓荃主编. 石油物探新技术系列调研成果. 北京: 石油工业出版社, 1996.
6 范伟粹编. 横波地震勘探译文集. 北京: 中国石油天然气总公司情报所, 1992.