

文章编号: 1001—1749(2007)06—0486—06

射线追踪法在南海天然气水合物 速度分析中的应用

梁 劲¹, 王宏斌^{1,2}, 赵志超³

(1 广州海洋地质调查局, 广东 广州 510760)

(2 中国地质大学 地球物理与信息技术学院, 北京 100083)

(3 成都理工大学 信息工程学院, 四川 成都 610059)

摘 要: 采用射线追踪法对南海北部陆坡 A 测线层速度进行计算, 结合 BSR (Bottom Simulating Reflector)、振幅空白带, 以及波形极性反转等多种水合物赋存信息的分析, 对水合物成矿带的速度特征进行了综合研究。结果表明: 低速背景中的高速异常, 是天然气水合物赋存的重要特征; 高速异常体一般呈平行于海底的带状分布; 在高速异常体的内部, 速度也是不断变化的, 一般在异常体的中心速度最高, 由中心到边缘速度逐渐降低, 反映在水合物矿带内部, 水合物饱和度由矿体中心向边缘逐渐降低的特征。研究结果还表明, 高精度速度分析不仅可以帮助寻找水合物矿点, 还可以进一步判定水合物的富集层位。

关键词: 射线追踪法; 天然气水合物; 速度分析

中图分类号: TE 133 **文献标识码:** A

0 前言

天然气水合物是在低温、高压环境下, 由水的冰晶格架及其间吸附的天然气分子组成的笼状结构化合物, 广泛分布于海底和永久冻土带。其稳定带受温度和压力的控制, 相同气体成份水合物的形成和赋存有相对稳定的温压关系。针对天然气水合物的野外调查及研究表明: 地球物理方法是天然气水合物调查评价中行之有效的办法, 其中海底反射 BSR、速度异常、波形极性反转以及振幅空白带等属性特征, 目前已成为判断天然气水合物是否赋存的重要标志^[1~4]。

水合物的弹性性质与气、水等物质的弹性性质差别较大, 该弹性差异是分析含水合物沉积层性质的基础。其中, 地震波速度异常已成为判断沉积层中是否存在天然气水合物的重要条件之一。大量

的国内、外测试数据显示: 水合物的速度与冰的速度较为接近, 而比水高。与含水或含游离气沉积层相比, 含水合物沉积层的密度降低, 地震波速率增大, 含水合物层的地层波速比一般的地层波速高, 含水合物沉积层的下部由于充填了水或气, 而使水合物底界面出现速度负异常。因此, 地层波速反转是水合物赋存的一个地球物理标志。含水合物地层的地震波速度与水合物的含量有关, 水合物含量越高, 其地震波速度越高, BSR 是上覆高速的含水合物地层与下伏较低速的含水层或含气层之间的分界面。因此, 在速度剖面上, 含水合物地层的层速度变化趋势呈典型的三段式, 即上下小、中间大的异常特征^[5]。

二十世纪九十年代开始兴起天然气水合物的地震速度结构研究, 在基于叠加速度分析并利用射线追踪法来求取层速度有一套成熟的理论基础。国内对天然气水合物的调查研究起步较晚, 特别是

对速度的研究刚刚开始。国土资源部广州海洋地质调查局近几年在南海北部陆坡天然气水合物高分辨地震调查的基础上,对BSR较为明显的剖面在速度及其它一些属性上进行特殊处理时,发现存在天然气水合物的可靠地球物理标志。本研究通过对南海北部陆坡天然气水合物高分辨地震速度资料的精细分析,结合该地区的地质条件,在已圈定的BSR分布范围内,研究陆坡区各沉积层的速度特征,最后对地震波速度与水合物的关系进行了分析和探讨。

1 方法原理

传统层速度剖面计算采用速度谱的叠加速度值,用Dix公式计算成像,但Dix公式计算的层速度仅是一种近似值。原因在于从叠加速度到均方根速度的换算时,当地层倾角较大,特别是非平行倾斜时,倾角校正公式求出的均方根速度是一种近似值。事实上,从地震剖面上读出的倾角仅是视倾角(因为地震剖面上表现的是时间域,而非空间域或深度域)。因此,由倾角校正公式和Dix公式所计算出的层速度具有较明显的误差^[6]。而射线追踪法可以不受高陡构造或大倾角地层的限制,该方法充分考虑了波的干涉和衍射,尤其在速度突变带和断距较大的断层附近,可以完全模拟地震波的传播路径,包括反射、折射、透射的综合效应进行反演,最终得到与实际地震记录较为吻合的叠加速度,可以保证反演层速度的准确性,其基本原理如下^[7-11]:

假设层速度和界面深度都是随 x 变化的函数,根据地震层析成像中广义反演的原理,可以利用层速度 $C_n(x)$ 和界面深度函数 $H_n(x)$,二者联合反演的方法求层速度场(其中 $n=1,2,\dots,N$, N 为反射界面总数)。

反演采用的是走时数据,取自共中心点(CMP)反射道集记录。在CMP道集中,第 n 个反射界面的走时在小炮检距 x 时可近似表示为

$$t_n^2(x) \approx t_n^2(0) + x^2/V_{NMO,n}^2 \tag{1}$$

其中 $t_n(0)$ 为零炮检距的走时; NMO 为正常时差, V_{NMO} 为 NMO 速度,满足

$$V_{NMO,n}^2 = \frac{1}{t_n(0) \cos^2 \beta_{q,n}} \sum_{i=1}^n C_i^2 \Delta t_i \prod_{k=1}^{i-1} \left(\frac{\cos^2 \alpha_{k,n}}{\cos^2 \beta_{k,n}} \right) \tag{2}$$

其中 $\Delta t_i = t_i + 1(0) - t_i(0)$; $\alpha_{k,n}$ 和 $\beta_{k,n}$ 分别为

对到达 n 界面的法射线在 k 界面的入射角和折射角。先用最小二乘法解方程求得 $t_n(0)$ 和 V_{NMO} ,界面水平时 NMO 速度就是均方根速度 V_{RMS} 。

采用矩阵方程的记法,上面的方程可以记成线性方程组

$$b = A \omega \tag{3}$$

其中

$$A = \begin{bmatrix} \Delta t_1 & & & \\ \Delta t_1 & \Delta t_2 & & \\ \dots & \dots & \dots & \\ \Delta t_1 & \Delta t_2 & \dots & \Delta t_n \end{bmatrix} \tag{4}$$

$$\omega_i = C_i^2 \prod_{k=1}^{i-1} \left(\frac{\cos^2 \alpha_{k,n}}{\cos^2 \beta_{k,n}} \right) \tag{5}$$

$$i = 1, 2, \dots, N$$
$$b_j = V_{NMO,j}^2 t_j(0) \cos^2 \beta_{1,j} \tag{6}$$

$$\beta_{1,n} = \arcsin \left[\frac{V_{NMO,1}}{2} \frac{dt_n(0)}{dx} \right] \tag{7}$$

这个方程组解 ω 是与层速度 C_i 有关的中间参数,解联立方程组就可求得 C_2 和 $\beta_{1,\infty}$ 。如此递推到 $n=N$ 时,便可以获得所有层速度及射线参数。对每一个CMP道集都这样作,即可得到各CMP点层速度。

在求取层速度之前,首先要对速度谱进行解释,速度谱的解释和取值是否合理,将直接影响层速度的计算精度。具体步骤如下:

(1)速度谱的解释先从地质条件简单、反射层质量好、能量团强、干扰少的剖面段开始,绘制叠加速度~反射时间曲线,并逐渐向外扩展。

(2)结合地震剖面的反射特征,判断速度极值点是否正确,并选择读取能量团最大的极值点。排除干扰波能量团,从而求得有效波的叠加速度。

(3)对相邻速度谱进行比较,通过比较速度谱曲线的形状、相同反射层的速度极值等方法予以检查和修改。

(4)每隔40个CDP拾取一组叠加速度数据,然后用射线追踪计算层速度。

2 研究区概况

南海北部陆坡位于欧亚、太平洋和印度~澳大利亚三大板块的交汇处,地质发展经历了由板内裂陷演变为边缘拗陷的过程。研究区基底构造复杂,

断裂发育,新构造作用活跃,由于受到北东、北东东、东西、北西方向断裂的控制,南海北部陆坡海底地形呈阶梯状逐级下降。在陆坡上发育有深海槽、海底高原、陆坡台地、冲刷槽沟、海底陡崖、海底陡坡和海谷海丘等各种特殊构造地貌或地质体。研究区内张性断层和褶皱构造发育,为下部天然气向浅部地层运移开辟了有利的通道,促使气体向上运移到水合物的稳定带上,而褶皱构造更易于对天然气的捕获,进而形成水合物矿藏。区内还发育一系列可能与天然气水合物有关的特殊构造体(如滑塌体、泥底辟、增生楔等),是天然气水合物发育的有利区域。研究区水深在 200 m~3 000 m 之间,东西横跨约 200 km,南北纵跨 270 km,水深线走向大体与海岸线平行。海底地形比较复杂,坡度变化大,上陆坡陡,下陆坡缓。晚中新世以来,深水重力流相当发育,沉积速率达 40 cm/ka~120 cm/ka,高的沉积速率导致发育有巨厚的中、新生代快速沉积物,厚达几千米,有的甚至超过万米,并在沉积中积累大量有机质含量,为细菌将其降解成甲烷气提供物源。经过近年来的调查,区内已发现多处 BSR 发育区,展示出良好的天然气水合物勘探前景^[12]。

3 BSR 分析和讨论

BSR、振幅空白带、波形极性反转和速度异常天然气水合物为四大地震响应特征。运用这几种特殊地震成像来综合分析,是天然气水合物地震资料解释的关键技术。作者在本文中,研究通过对测线 A 的地震速度剖面的详细分析,并结合 BSR、振幅空白带和波形极性特征进行综合分析,总结出天然气水合物成矿带的速度特征。

3.1 BSR

BSR 是指在地震剖面上近似平行于海底展布的反射面,该反射面的形成,是由含天然气水合物沉积层与下伏地层(通常为含游离气层)之间的波阻抗差异所致。当气体供给及储集层充分的条件下,水合物稳定带的分布仅与地层的温度及压力有关。BSR 代表水合物成矿带的底面,它是一个近似于平行海底的等温面,与地层产状无关,当地层产状与海底不一致时,BSR 往往与地层斜交,这是 BSR 的主要特征。

图 1 是南海北部陆坡测线 A 的地震反射剖面,从图 1 中可以看出,距海底大约 200 m s 处有一个近似平行于海底较强反射(BSR),但横向上表现

为断断续续,其连续性较差。BSR 上面有明显的、连续性较好的振幅空白带。

国内、外研究表明,在地震反射剖面上,BSR 一般位于海底以下 1 000 m s 以内的范围内(双程反射时间),分布深度大体在 300 m~1 000 m,水深大于 300 m。由于 BSR 的分布深度与温度和压力有关,一般情况下,BSR 的深度随着水深的增大而略有增大。BSR 是一个近似平行于海底的反射面,当地层产状与海底地形不平行时,BSR 与地层有明显的斜交的现象。在大多数情况下,BSR 与地层平行,仅在局部能见到 BSR 与地层斜交现象。BSR 上方振幅通常明显降低,呈现出空白带或者弱振幅带。BSR 上方含天然气水合物地层的平均层速度一般为 1 700 m/s~2 000 m/s,相应的反射强度为 0.05~0.01。BSR 下方含游离气地层的层速度一般为 1 200 m/s~1 700 m/s,反射强度可达到 0.1^[13]。

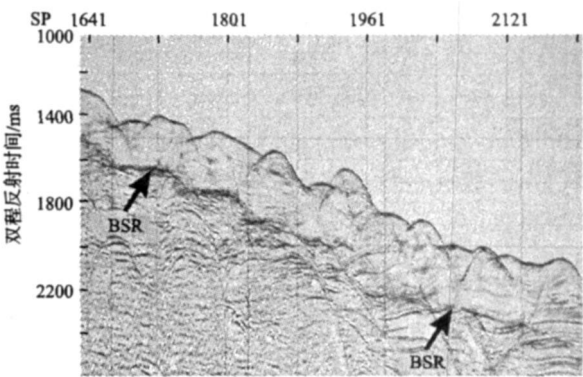


图 1 南海北部陆坡测线 A 地震反射剖面

Fig 1 The seismic profile of the line A in the North slope of the South China Sea

3.2 振幅空白带

在含水合物地层中,由于地震波速度增大,使它与下伏地层之间的反射系数增大,在地震剖面上出现相应的强反射界面。而在其上方的含水合物层,由于沉积物孔隙被水合物充填胶结,使地层变得“均匀”,地震反射剖面上通常呈现出弱振幅或振幅空白带。一般情况下,反射振幅的强、弱与水合物含量有关,空白程度与孔隙空间内胶结水合物数量成比例。水合物含量越高,振幅越弱,空白程度越高;反之,若地层中仅含少量水合物,则仅表现为振幅的减弱。因此,在 BSR 之上出现的振幅空白现象是水合物存在的证据,在没有明显强 BSR 的地区,可作为探测水合物的重要地震指示。同时,由于振幅减弱程度与水合物含量直接相关,因

此可以利用地震反射振幅信息, 间接地估计水合物的含量及储量大小^[14]。

图 2 是南海北部陆坡测线 A 的振幅强度剖面, 对比图 1 可以看出, 海底和 BSR 之间的地层出现清晰的, 比较均匀的空白反射或弱反射, 厚度大约为 200 m。虽然振幅空白带与其它地质因素也有一定的关系, 如沉积环境、沉积物岩性等, 但多数显示有 BSR 存在的地震剖面, 都表现出一定程度的振幅空白现象, 并且空白带在 BSR 之上尤为集中, 结合层速度特征可推测, 该剖面上出现的振幅空白带与天然气水合物有关。

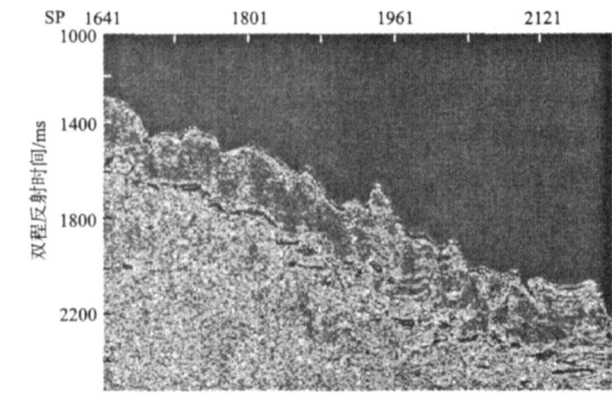


图 2 南海北部陆坡测线 A 振幅强度剖面
Fig 2 The amplitude intensity profile of the line A in the North slope of the South China Sea

3.3 波形特征

从世界上发现水合物地区表明, BSR 的子波波形通常呈现负极性, 即极性反转 (与海底反射波极性相反), 并具有较大反射系数。

图 3 是南海北部陆坡测线 A 的波形剖面, 海底和 BSR 都表现为成对出现的强振幅双峰波形特征, 海底反射波峰方向向左, 而 BSR 波峰方向向右, 这表明相对于海底, BSR 显示出负极性反射同相轴, 即极性反转。反射波的极性是由反射界面的反射系数决定的, 而反射系数则与界面二侧的波阻抗差有关。实际上, 海底和 BSR 都是一个强波阻抗面, 海底是海水和表层沉积物的分界面, 上部为低速层, 下部为相对高速层, 反射系数为正值。BSR 是含水合物层与下部含气地层的分界面, 上部为高速层 (水合物成矿带是相对高速体), 下部为相对低速层, 反射系数为负值, 因此造成了 BSR 和海底反射波极性相反的现象, 从而验证了天然气水合物存在的可能性^[15 16]。

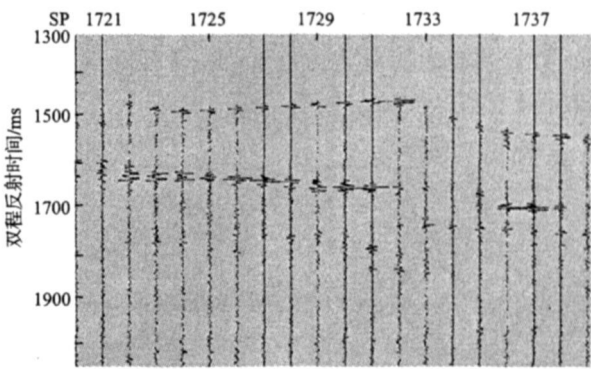


图 3 南海北部陆坡测线 A 波形剖面
Fig 3 The wavelet profile of the line A in the North slope of the South China Sea

4 速度特征分析

高精度的层速度分析可帮助判定水合物的富集层位, 水合物的地震波速度及振幅异常结构是水合物与下伏游离气共同作用形成的特殊影像, 在剖面上表现为“上隆下坳”结构。多层叠合构成一明显的垂向“亮斑”, 这一特殊成像结构在水合物稳定带内较适用于寻找水合物储层, 并可据此定量估算水合物储层内水合物的资源量, 分析 BSR 上、下的详细速度结构, 是水合物地震资料综合解释的重要手段^[17]。

4.1 层速度剖面和速度谱特征

通常在海洋中, 浅层沉积层的地震纵波速度一般为 1 600 m/s~ 1 800 m/s。BSR 是上覆高速的含水合物地层与下伏较低速的含水层或含气层之间的分界面。如果存在水合物, 地震波速度将会大幅提高, 可达 1 850 m/s~ 2 500 m/s。如果水合物层下面为游离气层, 则地震波速度可以骤减到 200 m/s~ 500 m/s。西西伯利亚麦索雅哈气田的资料表明, 在原为含水砂层内形成水合物之后, 其纵波的传播速度会从 1 850 m/s 提高到 2 700 m/s, 而在胶结砂岩层, 这种速度会从 3 000 m/s 提高到 3 500 m/s^[18]。

下页图 4 是用射线追踪法计算出来的层速度剖面, 从图 4 中可以看到, 在地震剖面上解释为 BSR 位置 (距海底大约 200 m) 上方, 明显地显示出一段近似平行于海底的相对高速层, 其上、下都是相对的低速层, 高速层的层速度大约在 1 750 m/s~ 2 000 m/s 之间, 其上面的低速层的层速度大约在 1 500 m/s~ 1 750 m/s 之间, 而下面

的低速层的层速度大约在 1 250 m/s~ 1 750 m/s 之间, 有明显的游离气存在特征, 高速层位置与地震反射剖面上振幅空白带位置十分吻合。

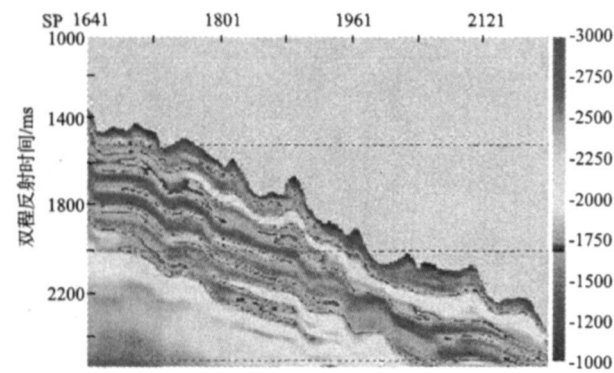


图 4 用追踪射线法计算的南海北部陆坡测线 A 层速度剖面

Fig 4 Interval velocity profile of the line A in the North slope of the South China Sea computed by Ray-Tracing Method

图 5 是南海北部陆坡测线 A 的速度谱 (SP1801)。从图 5 中可以看出, 在浅层约 1 500 ms~ 1 700 ms 段, 叠加速度随地层深度增加而增加, 速度值在 1 520 m/s~ 1 600 m/s 之间, 至 1 750 ms~ 1 800 ms 段, 叠加速度突然下降到 1 500 m/s, 比水合物之上地层的速度值要低, 然后逐渐增大, 与地震剖面 BSR 和空白带位置以及层速度剖面的异常位置有明显的对应性。根据其相对高速的层速度特征、BSR 位置、极性反转, 以及振幅空白带的分布情况, 可以认为测线 A 相对高速的叠加速度及层速度与天然气水合物存在有关。

4 2 水合物带的速度特征

水合物的生成除了需要一定的温度和压力条件外, 还需要大量的碳氢气体和充足的水。这就需要地层具有较高的孔隙度和渗透率。未固结沉积岩的孔隙度很高, 渗透率大, 具备水合物生成的物理条件。具备这种特征的未固结沉积岩的地震波速度较低, 而含水合物地层的地震波速度增大, 这就形成了水合物成矿带作为低速背景中的高速地质体特征。另外, 水合物的生成受温度和压力控制, 等温面和等压面近似平行于海底, 因此, 低速背景中近似平行于海底的相对高速地质体, 是水合物成矿带的特征^[19, 20]。

用射线追踪法计算的速度剖面, 在一定程度上能反映岩性分层, 能区别含水合物地层和一般地

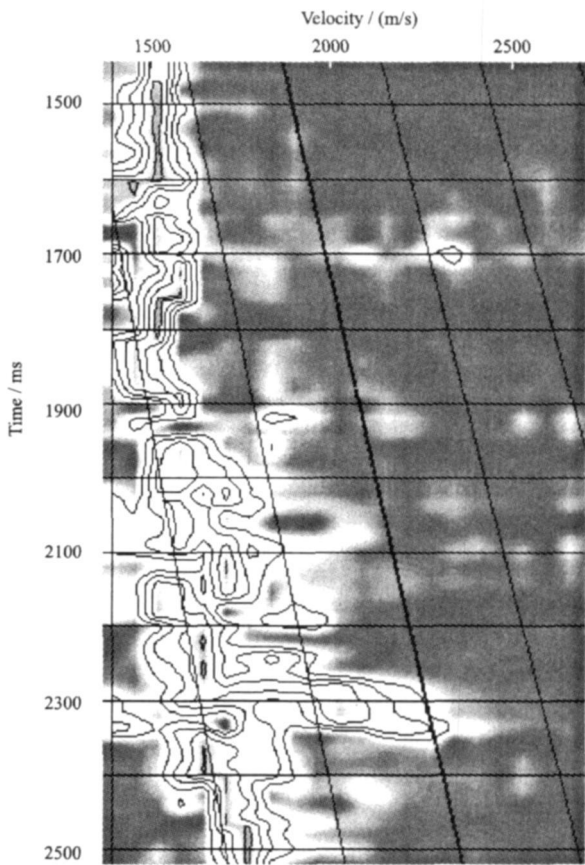


图 5 南海北部陆坡测线 A 速度谱 (SP1801)

Fig 5 The velocity spectrum (SP1801) of the line A in the North slope of the South China Sea

层, 主要反映岩性的变化趋势, 具有简单方便的特点, 其准确度取决于地层的倾角及速度谱能量团的集中程度。

含天然气水合物的层速度剖面, 主要有以下特征:

- (1) 剖面一般呈平行海底层状显示。
- (2) 水合物成矿带的层速度一般高于其上、下地层的层速度。
- (3) 根据水合物成矿带下面的低速带, 在层速度剖面上有明显的低速特征 (与水合物成矿带上面的低速带比较) 及 BSR 特征, 可推断水合物成矿带下是否含有游离气^[21]。

5 结论

通过对南海北部陆坡测线 A 层速度的计算, 并且结合 BSR 和振幅空白带识别, 以及波形极性反转等多种特殊地震属性成像进行综合分析, 可以进一步了解水合物成矿带的速度特征: ①低速背景

中的近似平行于海底的高速地质体,是水合物成矿带的特征;②水合物成矿带的高速异常一般呈平行于海底的层状分布,在高速异常的内部,速度也是不断变化的。一般在异常体的中心速度最高,由中心到边缘速度逐渐降低,该现象反映在水合物矿带内部。水合物分布并不均匀,水合物饱和度由矿带中心向边缘逐渐降低;③如果水合物成矿带下的地层含有游离气,则BSR明显,否则BSR不明显。

分析BSR上、下的详细速度结构,是水合物地震资料综合解释的重要手段。高精度速度分析可帮助判定水合物的富集层位,较适用于寻找水合物矿点,并可据此估算水合物资源量。

参考文献:

- [1] 梁劲,王宏斌,龚跃华,等.西沙海槽BSR发育区热流值计算及其特征分析[J].南海地质研究,2004 16(1): 105.
- [2] 王宏斌,梁劲,龚跃华,等.基于天然气水合物地震数据计算南海北部陆坡海底热流[J].现代地质,2005 19(1): 67.
- [3] 王淑红,宋海斌,颜文,等.天然气水合物稳定带的计算方法与参数选择探讨[J].现代地质,2005 19(1): 101.
- [4] 王宏斌,黄永样,梁劲,等.南海北部陆坡坳陷断裂带中水合物赋存的温压场环境[J].现代地质,2006 20(1): 103.
- [5] 许宁生,李元元,余志.首届广东青年科学家论坛论文集[M].北京:中国科学技术出版社,2000.
- [6] 李正文,赵志超.地震勘探资料解释[M].北京:地质出版社,1988.
- [7] 吴国忱,王华忠,马在田.速度梯度射线追踪与二维速度反演[J].石油物探,2003 42(4): 434.
- [8] 高尔根,徐果明.二维速度随机分布逐步迭代射线追踪方法[J].地球物理学报,1996 39(增刊): 302.
- [9] 周兵,朱介寿.一种新的地震成像计算方法[J].石油物探,2004 43(1): 54.
- [10] 郝银全,潘懋,李忠权.Jason多井约束反演技术在油气储层预测中的应用[J].成都理工大学学报,2004 31(3): 297.
- [11] 潘东辉,肖慈珣,陈志文,等.波阻抗或层速度纵向预测[J].物探化探计算技术,2000 22(1): 8.
- [12] 蒋少涌,杨涛,薛紫晨,等.南海北部海区海底沉积物中孔隙水的 Cl^- 和 SO_4^{2-} 浓度异常特征及其对天然气水合物的指示意义[J].现代地质,2005 19(1): 45.
- [13] 宋海斌.天然气水合物的地球物理研究[M].北京:海洋出版社,2003.
- [14] LEE M W, HUTCHINSON D, AGENA W F, et al. Seismic character of gas hydrates on the Southeastern US continental margin[J]. Marine Geophysical Researches, 1994, 16(3): 163.
- [15] 沙志彬,杨木壮,梁金强,等.BSR的反射波特征及其对天然气水合物识别的应用[J].南海地质研究,2003 15(1): 55.
- [16] SHIPEY T H, HOUSTON, BULLER R T, et al. Seismic evidence for wide-spread possible gas hydrates horizons on continental slopes and rises[J]. AAPG Bulletin, 1979 63(12): 2204.
- [17] 张光学,黄永样,陈邦彦.海域天然气水合物地震学[M].北京:海洋出版社,2003.
- [18] 陈建文,闫桂京,吴志强,等.天然气水合物的地球物理识别标志[J].海洋地质动态,2004 6 9.
- [19] 刘学伟,李敏锋,张聿文,等.天然气水合物地震响应研究——中国南海HD152测线应用实例[J].现代地质,2005 19(1): 33.
- [20] 张聿文,刘学伟,金玉洁.含天然气水合物地层的速度和衰减研究[J].石油地球物理勘探,2004 39(2): 205.
- [21] 梁劲,王宏斌,郭依群,等.南海北部陆坡天然气水合物的地震速度研究[J].现代地质,2006 20(1): 123.

作者简介: 梁劲(1971-),男,高级工程师,主要从事天然气水合物调查与研究工作。

THE APPLICATION OF RAY – TRACING METHOD IN VELOCITY ANALYSIS OF GAS HYDRATE OF THE SOUTH CHINA SEA

LIANG Jin¹, WANG Hong-bin^{1,2}, ZHAO Zhichao³
(1. Guangzhou Marine Geological Survey, Guangdong Guangzhou 510760, China; 2. School of Geophysics and Information, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 3. Information Engineering Institute, Chengdu University of Technology, Sichuan Chengdu 610059, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEO-CHEMICAL EXPLORATION*, 2007, 29(6): 486

The interval velocity of seismic profiles A in the North slope of the South China Sea were calculated by the methods of ray-tracing method. The velocity characteristics of the gas hydrate bed were studied in detail based on the calculated results and the information, including BSR, amplitude blanking and polarity reversion of the waveform. It is shown that the higher velocity zone in the lower velocity background is an important characteristic of gas hydrate existing. That the higher velocity zone usually parallel the seafloor and the velocity changes gradually in the higher velocity zone with the highest velocity at the center whereas the lowest at the margin, suggest that the saturation of gas hydrate zone decreases gradually from the center to the margin. The study reveals that the high-resolution velocity analysis is useful not only to search the hydrate spot but also to estimate the rich layer of gas hydrate.

Key words ray-tracing method, gas hydrate, velocity analysis

RESEARCH OF SEISMIC METHOD TO METAL EXPLORATION IN DEEP COVERAGE AREA

XU Ming-cai, CHAI Ming-tao, RONG Lixin et al.
(Institute of Geophysical & Geochemical Exploration, CAGS, Langfang 065000, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEO-CHEMICAL EXPLORATION*, 2007, 29(6): 492

The detecting depth and precision of the conventional prospecting techniques can not satisfied the demand of the deep resource exploration in deep coverage areas. And seismic method can be used to make up some shortages of the prospecting techniques in the survey of the deep hidden ore-bodies. Due to very

complex geological structure in metallic ore areas, seismic method in base-ore metal exploration is a complicated question and this paper discusses the experiment and application effects of detecting hidden ultrabasic body and ore control structure with seismic method in deep coverage area combined with the experiment of Jinchang Copper-Nickel Polymetallic Deposit in Gansu province.

Key words seismic exploration, reflection method, Copper-Nickel polymetallic deposit, high resolution

DENSITY LOG PREDICTION BY USING AN IMPROVED BP NEURAL NETWORK

ZHANG Saimin¹, ZHOU Zhu-sheng¹, CHEN Lingjun²
(1. School of In-Physics Geomatics Engineering, Central South University, Changsha P. R. 410083, China; 2. Sinopec Central South Company, Changsha P. R. 410007, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEO-CHEMICAL EXPLORATION*, 2007, 29(6): 497

One of important works of seismologist is the integration of well-log and seismic data. We can derive the relationship between seismic data and well-log by analyzing training data at the position of well. The statistical relation will be constructed by extracting seismic data attributes to predict logs. This paper chooses an improved BP neural network with a three-layers structure. An example shows that the features of the network algorithm are of rapid speed, mathematical simplicity and ability of avoiding local minima. Applying this network to one 2-D seismic data section at practice, density log is predicted successfully by constructing the nonlinear relation between extracted seismic multi-attribute and log, which greatly benefit our understanding of the reservoirs.

Key words improved BP network, seismic attribute, density log

TECHNOLOGY OF THE 3D SEISMIC ACQUISITION IN LANGZHONG AREA OF SICHUAN

LI Yin¹, YE Bin²
(1. The Second Geophysical Services Company of Southwest Bureau of SINOPEC, Sichuan Deyang 618000, China; 2. College of Energy Resources of Chengdu University of Technology, Sichuan Chengdu 610059, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEO-CHEMICAL EXPLORATION*, 2008, 29(6): 501