

文章编号: 1008-2336(2007) 01-0014-05

东海冲绳海槽天然气水合物地震资料处理方法研究

王 影, 龚定康

(中国石油化工股份有限公司上海海洋油气分公司研究院, 上海 200120)

摘 要: 天然气水合物是一种可以提供甲烷气体的新能源, 目前世界上主要发达国家都在进行天然气水合物的研究。通过对东海冲绳海槽地区部分二维地震资料进行以寻找天然气水合物为目的的重处理, 结果获得对天然气水合物处理上的一些新认识, 表明保幅处理、压制海底多次波、提高速度谱显示精度, 是行之有效的天然气水合物处理方法。

关键词: 冲绳海槽; 天然气水合物; BSR; 速度

中图分类号: P631.4⁺43; TE132.2

文献标识码: A

石油、天然气是目前所使用的主要能源, 按目前的消耗速度计算, 全世界剩下的石油最多在 50 年内将被耗尽。地球上发现的天然气储量也极其有限, 按目前的消耗速度只能使用 60 年, 解决能源问题迫在眉睫。近 20 年来在海洋和冻土带发现的新型资源——天然气水合物, 是又一个可以提供甲烷气体的新能源, 而且储量巨大。因此, 发展天然气水合物勘探技术, 开发利用天然气水合物, 是消除未来可能出现的“能源短缺问题”的重要选择。

目前世界上主要发达国家都在致力于天然气水合物的研究, 我国也不例外。1999 年、2000 年广州海洋地质调查局在南海西沙海槽地区开展天然气水合物前期调查, 获得了重大发现。2001 年上海海洋石油局承担的子课题“东海冲绳海槽多道地震补充调查”, 首次把了解天然气水合物作为调查目的, 在东海冲绳海槽进行了高分辨率地震勘探, 在对资料处理、解释、分析后也获得可喜的结果。

2004 年国土资源部地质调查局设立国家专项“我国海域天然气水合物资源调查”, 中石化上海海洋油气分公司研究院承担了其中的子课题“东海天然气水合物地震资料处理解释”项目中的处理任务。通过对东海冲绳海槽二维地震资料的处理, 为该地区天然气水合物的评价提供了成果

剖面, 同时为以后的天然气水合物处理提供了方法依据。

1 天然气水合物的地震反射特征

天然气水合物俗称“可燃冰”, 是天然气和水在一定的温度、压力条件下相互作用所形成的冰状可燃固体。一般来说, 在海底发现的天然气水合物通常存在水深 300~500 m 以下, 主要附存于陆坡、岛屿和盆地的表层沉积物或沉积岩中。天然气水合物存在于沉积物中的深度下限在上部海水和地层压力近似的情况下, 主要取决于地温梯度。而海底沉积物中一定范围内存在相似的正的地温梯度, 这就使得天然气水合物的稳定存在区域只能位于海底表层的沉积物中^[1]。国外大量的地震调查与研究资料表明, 一种称为 BSR (Bottom Simulating Reflection) 的类似海底特征的地震反射波与海洋中存在的天然气水合物有着非常密切的关系, 它是天然气水合物与其下伏游离气之间的一个地震反射界面, 它的存在与可识别性, 是寻找天然气水合物的地球物理基础^①。

美国在墨西哥湾及东部布莱克海台实施油气地震勘探, 首次发现了拟海底反射层 (BSR)。1970 年, 美国在布莱克海台实施了深海钻探, 证实 BSR 之上存在天然气水合物。之后, BSR 作为

收稿日期: 2006-04-19; 改回日期: 2006-05-19

作者简介: 王影(1957—), 女, 工程师, 现从事资料处理工作。

①上海海洋石油局. 我国东海天然气水合物地震资料处理初步解释与研究报告. 2005

识别海洋天然气水合物的地震标志, 被广泛地用于世界各海域的水合物调查。经典的海洋天然气水合物标志性地震反射波 BSR 剖面如图 1^[2]。

BSR 有几个显著特点: 一是具有与海底平行

的强反射波, 连续性较好; 二是 BSR 界面与海底相比普遍存在反射极性反转的现象; 三是 BSR 界面之上存在弱振幅或振幅空白带; 四是 BSR 界面之上空白带的速度明显大于下部地层的速度。

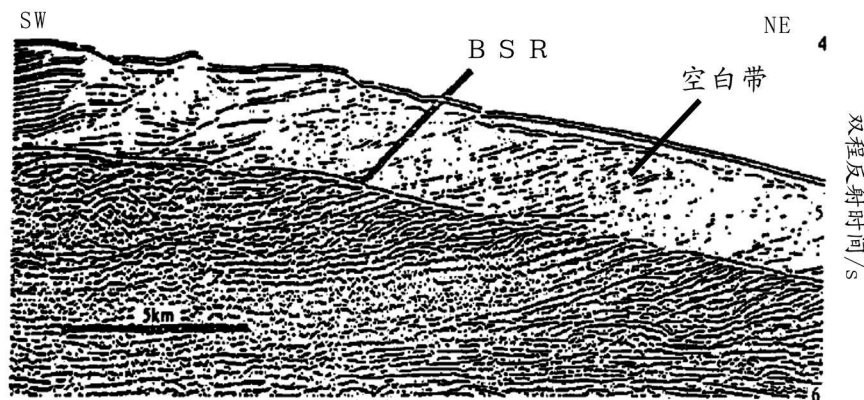


图 1 布莱克海岭多道地震反射剖面

Fig. 1 Multi channel seismic profile of Black Ridge

2 资料处理

针对天然气水合物的存储条件, 以及天然气水合物存在 BSR、振幅异常、速度异常等地震特征, 取水深大于 200 m 的地段进行处理, 并把处理重点放在浅部, 即海底及以下 1 s 左右地层。采用的方法与技术以保证资料的高分辨率、高保真度和高信噪比为目的, 使其地震波特征突出的表现出来, 以便更有利于识别天然气水合物。

处理首先要进行振幅补偿, 补偿的方法很多, 1984 年老资料处理时采用指数增益。为了达到高保真度的目的, 本次处理采用了相对精确的一种方法——球面扩散补偿法。该方法依赖于与一次反射波有关的速度函数, 能够较真实地反映地下岩性情况, 实现真振幅恢复。

从原始资料分析可知, 本工区海底多次波相当发育, 严重影响信噪比, 必须采取有效的方法对其进行压制。处理中采用了保真的多次波衰减方法——Radon 变换法。这种方法用一次波速度做动校正, 多次波校正不足, 呈抛物线状, 根据定义的多波范围应用 Radon 变换算出多次波模型, 再从原始道集中减去多次波模型。在保证不损失有效反射信息的情况下, 最大限度地压制原始记录中的多次波干扰, 提高目的层的信噪比。

分析可见, 要达到高分辨率、高保真度和高信噪比的处理要求, 建立准确的速度场尤为重要。

不仅如此, 速度还是寻找水合物的重要依据。因此, 如何用现有的技术和手段求准每条线的速度场是一个关键。处理中在这方面与常规的做法有较大的不同。常规做法是用一组速度, 即工区速度作参考求取速度、用工区速度做球面扩散补偿。由于本次处理的资料海底变化幅度大, 有的测线段水深最浅处 200 多米, 最深处 2000 多米, 参考速度求不准, 用一组速度很难代表整个工区的情况, 所以采用了逐步调整、逐步逼近的做法。

首先, 做较大间隔常速速度谱, 这种方法做速度谱时与水深无关, 给定一个固定的速度值, 程序利用此速度及相关参数线性扫描计算速度谱, 这样的谱能较精确的反映资料情况, 由此得到每条线与实际情况最接近的初始速度, 如图 2。左图为用浅水地段的速度做参考得到的深水处的速度谱, 右图为常速速度谱, 可见右图速度精度高于左图。

再用初始速度作为参考, 加密谱点, 做变速速度谱, 并规定一个“扇形区”, 程序根据相关参数在一定的扇形范围内进行非线性扫描, 计算速度谱。取“扇形区”内的速度值得到一组速度。

此速度用于球面扩散补偿、去除多次波、并作为解释 DMO 速度谱时的参考。用去除多次波后的 DMO 道集进行速度分析, 使 CDP 道集中同相轴同相性更好, 能量团更集中, 得到 DMO 速度。

由解释人员提供存在 BSR 特征的区段, 对这些区段用 DMO 速度作为参考, 加密谱点, 调整分

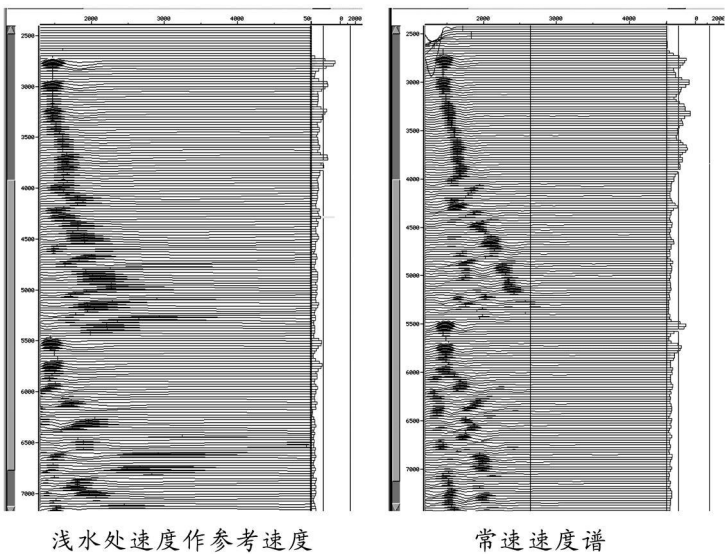


图 2 不同参考速度的速度谱对比

Fig. 2 The comparison of velocity spectrum with different reference velocity

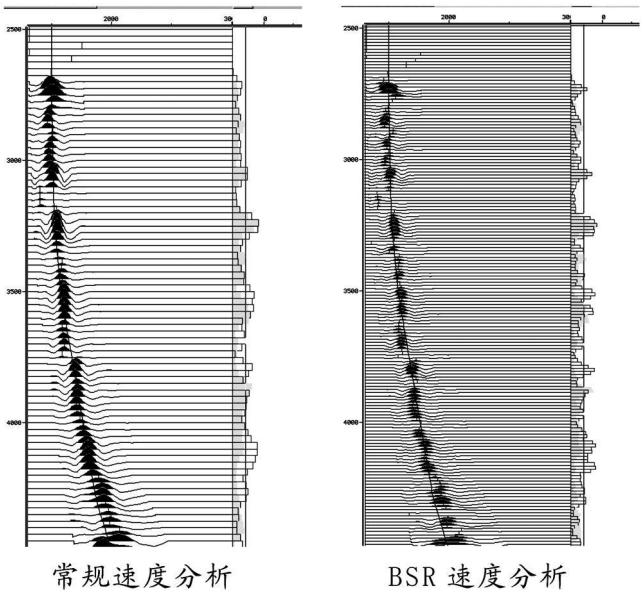


图 3 常规速度分析与 BSR 速度分析对比

Fig. 3 The comparison of velocity analysis between conventional and BSR

析时窗步长, 增加扫描线, 局部放大, 提高速度谱分辨率(图 3), 进行 BSR 速度分析, 确定是否有速度异常。

在整个速度分析过程中, 采用交互速度拾取软件, 在解释速度时参照相邻的速度谱, 已被解释的相邻速度分析可以在当前的速度分析上显示出来, 指导当前速度的拾取。屏幕上同时显示 CDP 道集、变速扫描迭加段、速度等值线等。为了提高速度分析的精度和质量, 更好地控制速度横向变化, 在特殊地段(如可能存在 BSR、构造复杂和横向速度变化剧烈等地段)加密谱点。对于一些构

造复杂且信噪比不高的区域, 速度谱拾取困难时, 做常速或变速扫描等。

通过相对振幅保持处理, 使结果数据的保真度得到了一定的提高; 通过叠前一系列去噪处理, 有效地压制了干扰, 提高了资料的信噪比; 通过精细速度分析以及 DMO 倾角时差校正, 较好地消除了地层倾角对速度的影响, 有效地提高了速度分析的精度, 同时使绕射波得到收敛, 使断点、断块特征清晰。天然气水合物的特征反射波 BSR 在地震剖面上的反映比较突出, 振幅空白带及反射极性 etc 都有较好的显示(图 4)。层速度反转现

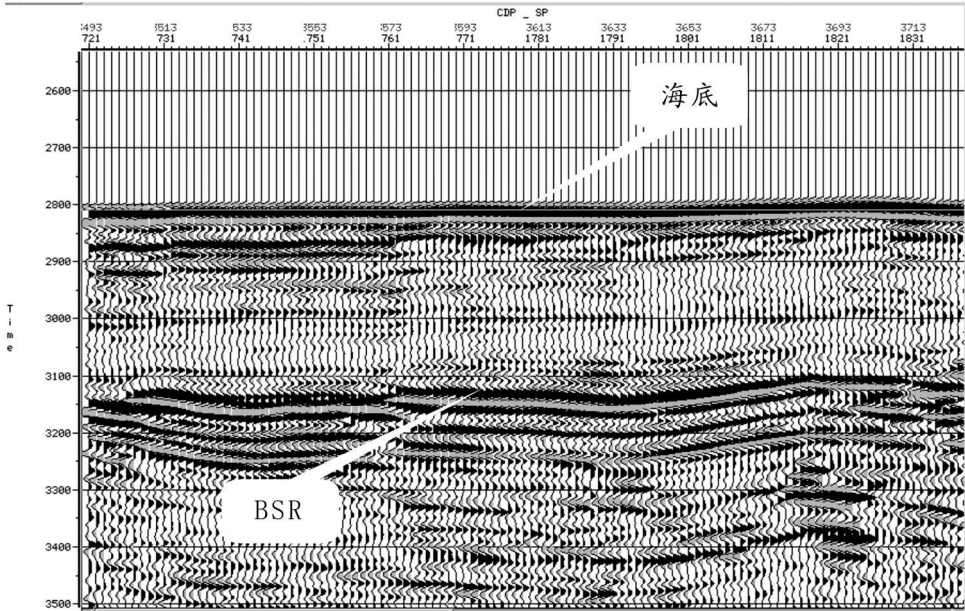


图 4 BSR 极性特征
Fig. 4 The inversion polarity characteristics of BSR

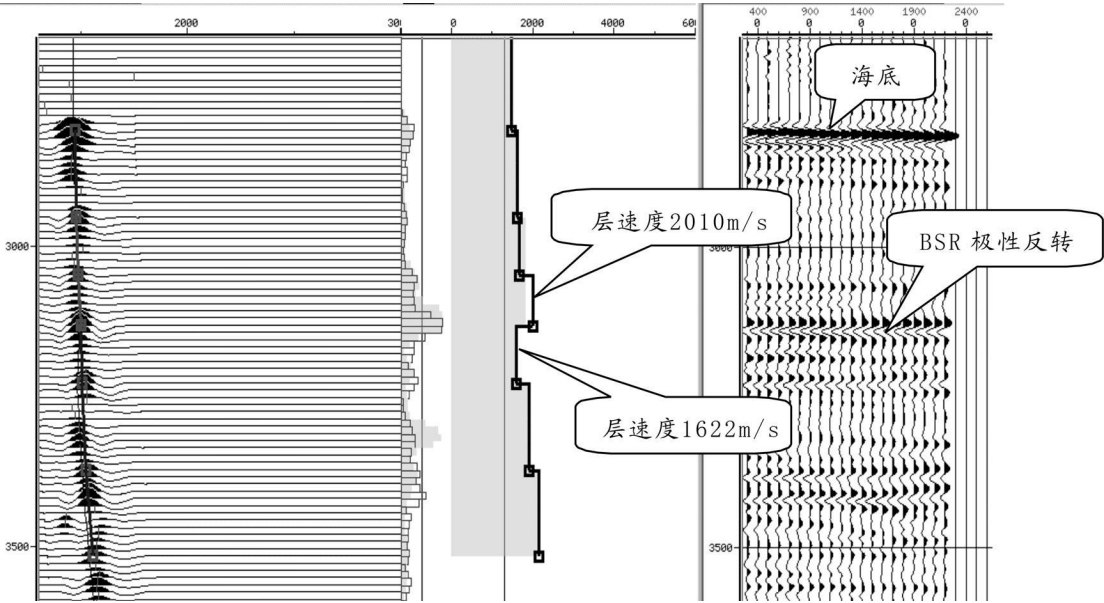


图 5 BSR 层速度特征
Fig. 5 The interval velocity of BSR

象也清楚地表现出来(图 5)。

3 结论

通过对东海冲绳海槽二维地震资料的处理,表明保幅处理、压制海底多次波、提高速度谱显示精度,是行之有效的天然气水合物处理方法。

经过保幅处理后的剖面保持含水合物层底界上、下反射波的相对振幅关系,并对地震波在传播过程中的振幅损失予以补偿,这对识别水合物层

的振幅空白及 BSR 的强振幅特征有很大的帮助^[3]。

海底多次波的特征与 BSR 非常相似,在一定水深时,容易造成混淆。因此识别海底多次波,采取有效的方法对其进行压制,对天然气水合物处理而言是必不可少的。

精细的速度分析有利于识别水合物层与下伏地层的速度反转关系,除了常速扫描、变速扫描,沿层分析等手段外,空间上加密谱点、时间上进行短时窗分析也是手段之一。

天然气水合物的处理是一项较新的课题, 用地震反射法勘探天然气水合物, 也处于摸索阶段。我们还需要在实践中不断摸索, 研究处理流程、显示方式等一套有效方法, 才能适应寻找天然气水合物的需要。

参考文献:

[1] 刘怀山, 周正云. 用于研究东海天然气水合物的地震资料处理方法[J]. 青岛海洋大学学报: 自然科学版, 2002, 32(3): 441 – 448.

[2] 杨文达, 曾久岭, 王振宇. 东海陆坡天然气水合物成矿远景[J]. 海洋石油, 2004, 24(2): 1– 8.

[3] 符溪, 杨木壮, 文鹏飞, 等. 南海天然气水合物地震资料处理及其特征[J]. 地质科技情报, 2001, 20(4): 33– 40.

The seismic data reprocessing of gas-hydrate of the Okinawa Trough

Wang Ying, Gong Dingkang

(Institute of SINOPEC Shanghai Offshore Oil & Gas Company, Shanghai 200120)

Abstract: Gas-hydrate consisted of methane hydrate is a new energy source in the world. Gas hydrate study is emphasized by the majority of developed countries. The paper details the 2D data reprocessing in the Okinawa Trough of the East China Sea for finding gas-hydrate.

Key words: Okinawa Trough; gas-hydrate; BSR; velocity

(上接第 13 页)

from ice[M]. MS Thesis, U. of Pittsburgh, 1985: 42– 45.

[8] 李明川, 樊栓狮, 赵金洲. 多孔介质中天然气水合物形成实验

研究[J]. 天然气工业, 2006, 26(5): 27– 28.

[9] 刘芙蓉, 王胜杰, 张文玲, 等. 冰- 水- 气生成天然气水合物的实验研究[J]. 西安交通大学学报, 2000, 34(12): 66– 69.

Experimental research on formation of natural gas hydrates from ice in porous medium

Li Mingchuan¹, Fan Shuanshi²

(1. China University of Petroleum, Dongying 257061;

2. Research Center of Natural Gas Hydrate, CAS, Guangzhou 510640)

Abstract: In order to probe into laws on formation of natural gas hydrates in porous medium, natural gas hydrates have been formed through mixtures of ice powers and quartzes in experiments. Results in the experiments show that symmetrical and steady hydrates have been shaped; its process on formation of natural gas hydrates from ice is the course on reaction of solids and gases, which contain adsorption, catalysis, complexation and crystallization.

Key words: porous medium; natural gas hydrate; ice powers; quartz