



RESEARCH OF

EOLOGICAL
SOUTH
CHINA SEA

南海地质研究

(2010)

国土资源部广州海洋地质调查局 编

地质出版社

南海地质研究

GEOLOGICAL RESEARCH OF
SOUTH CHINA SEA

(2010)

国土资源部广州海洋地质调查局 编

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

《南海地质研究》(2010)论文集内容包括南海神狐海域天然气水合物钻孔自生黄铁矿特征、气烟囱识别分析技术在天然气水合物研究中的应用、影响天然气水合物形成的添加剂研究、应用遥感方法分析北部湾滨海湿地的分布、库泰盆地石油地质特征与勘探潜力、油藏描述技术及发展趋势、基于非稳态相移法叠前深度偏移方法应用研究、长排列地震资料电缆羽角影响消除处理方法等。本书对海洋油气勘查、天然气水合物和环境地质的调查研究具有重要的参考价值。

本书可供从事海洋地质、油气地质、水合物的地勘、科研人员及高校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

南海地质研究. 2010 / 国土资源部广州海洋地质
调查局编. —北京: 地质出版社, 2011. 8

ISBN 978 - 7 - 116 - 07296 - 1

I. ①南… II. ①国… ②广… III. ①南海—海洋地
质学—丛刊 IV. ①P736. 527 - 55

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 154912 号

NANHAI DIZHI YANJIU (2010)

责任编辑: 曾繁彩 杨丽娟 梁世容 白 铁

责任校对: 张 坤

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: (010) 82324508 (邮购部); (010) 82324579 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@ gph.com.cn

传 真: (010) 82310759

印 刷: 北京天成印务有限责任公司

开 本: 787mm × 1092mm $\frac{1}{16}$

印 张: 7

字 数: 200 千字

印 数: 1—800 册

版 次: 2011 年 8 月北京第 1 版

印 次: 2011 年 8 月北京第 1 次印刷

定 价: 25.00 元

书 号: ISBN 978 - 7 - 116 - 07296 - 1

目 次

南海神狐海域天然气水合物钻孔自生黄铁矿特征	陆红锋 廖志良 陈 芳等 (1)
气烟囱识别分析技术在天然气水合物研究中的应用	沙志彬 梁金强 王力峰等 (7)
影响天然气水合物形成的添加剂研究综述	王力峰 陆敬安 梁金强 (18)
应用遥感方法分析北部湾滨海湿地的分布	李学杰 万荣胜 林进清 (28)
库泰盆地石油地质特征与勘探潜力	韩 冰 姚永坚 李学杰 (37)
油藏描述技术及发展趋势	钟广见 (47)
基于非稳态相移法叠前深度偏移方法应用研究	王伟国 钱荣毅 (58)
基于线性水平连续介质速度模型的南海中央海盆深水区速度分析	汪 俊 高红芳 黄永健 (67)
2D 长排列地震资料电缆羽角影响消除处理方法	文鹏飞 舒 虎 徐华宁等 (77)
海洋地质学的军事战略意义	夏 真 (83)
南海天然气水合物调查技术研究	张 明 伍忠良 刘方兰 (91)
海洋小比例尺矿产储量计算方法研究	邵长高 梁 建 陈宏文等 (101)

CONTENTS

Authigenic Pyrite in the Sediments of Gas-hydrate Drilling Sites, Shenhu Area, South China Sea	<i>Lu Hongfeng, Liao Zhiliang, Chen Fang et al.</i> (6)
Application of Gas Chimney Identification Technique to Study of the Gas Hydrates	<i>Sha Zhibin, Liang Jinqiang, Wang Lifeng et al.</i> (17)
Reviews of Additives Effects on Formation of Gas Hydrate	<i>Wang Lifeng, Lu Jingan, Liang Jinqiang</i> (27)
Mapping of Coastal Wetland in Beibu Bay by Remote Sensing	<i>Li Xuejie, Wan Rongsheng, Lin Jinqing</i> (35)
Petroleum Geologic Feature and Exploration Potential of Kutai Basin	<i>Han Bing, Yao Yongjian, Li Xuejie</i> (46)
Technology and Its Development In Reservoir Description	<i>Zhong Guangjian</i> (57)
The Study on Pre-stack Depth Migration Based on Nonstationary Phase Shift	<i>Wang Weiguo, Qian Rongyi</i> (66)
Velocity Analysis of South China Sea Central Basin deep-water area Based on the Linear horizontally continuous medium Model	<i>Wang Jun, Gao Hongfang, Huang Yongjian</i> (76)
Study on Elimination of Feathering Effects in 2D long Cable Seismic Data	<i>Wen Pengfei, Shu Hu, Xu Huaning et al.</i> (82)
The Significance of Marine Geology in Military Strategy	<i>Xia Zhen</i> (90)
Study of Explorational Techniques for Gas Hydrate in South China Sea	<i>Zhang Ming, Wu Zhongliang, Liu Fanglan</i> (100)
Method of Precise Measurement and Calculation of Small Scale Mineral Reserve Calculation	<i>Shao Changgao, Liang Jian, Chen Hongwen, et al.</i> (106)

南海神狐海域天然气水合物 钻孔自生黄铁矿特征^①

陆红锋 廖志良 陈芳 刘坚 陈弘

(广州海洋地质调查局 广州 510760)

摘 要 南海神狐海域四条天然气水合物钻探岩心含有大量自生黄铁矿, 主要为长条状、短柱状和充填有孔虫。黄铁矿主要出现在沉积物浅部和含水合物层, 含量主要在 20% ~ 90% 之间, 水合物层是黄铁矿高含量的赋存层位。浅部黄铁矿主要受有机碳和甲烷缺氧氧化控制, 而深部水合物层的黄铁矿形成主要受高的甲烷通量影响。

关键词 南海 天然气水合物 自生黄铁矿

2007 年, 广州海洋地质调查局在南海神狐海域实施了我国海域首次天然气水合物钻探, 获取岩心最大深度 260m, 在其中两口钻孔 SH2B 和 SH7B 中发现天然气水合物样品。本论文主要针对天然气水合物钻探 SH1B、SH2B、SH5C 和 SH7B 岩心的自生黄铁矿开展研究, 分析自生黄铁矿与富甲烷环境的关系。

1 地质背景和取样位置

南海是西太平洋最大的边缘海之一, 位于欧亚板块、太平洋板块和印度洋板块的交汇处。受三大板块互相运动所制约, 南海具有独特的边缘构造特征^[1]。在东部南海板块沿马尼拉海沟向东俯冲, 形成叠瓦状逆掩推覆的增生楔, 北部、西部发生一系列的扩张裂陷、剪切、沉降作用, 形成大中型沉积盆地, 为有机质的富集提供最佳场所。

神狐海域位于南海北部陆坡珠江口盆地、神狐隆起和尖峰北盆地附近。海底地形变化相对平缓, 水深变化范围在 300 ~ 3500 m 之间, 水深线与海岸线大致平行。地形由北西向南东倾斜, 平均坡降为 13.6‰, 平均坡角达 7°40′。在海区西北和陆架转折带及上陆坡附近, 海底地形及坡度变化较大, 往东南部, 水深缓慢增加, 地形变化较平缓。神狐水合物钻探区水深在 1000 ~ 1500 m 之间 (图 1), SH1B 站位水深 1264 m, 孔深 261 m; SH2B 站位水深 1230 m, 孔深 238 m; SH5C 站位水深 1264 m, 孔深 175 m; SH7B 站位水深 1108 m, 孔深为 194 m。其中, 分别在 SH2B、SH7B 站位大约 200 m、160 m 附近层位发现天然气水合物。

第一作者简介: 陆红锋 (1976—), 男, 博士, 从事岩矿测试和地球化学研究。E-mail: luhongfeng@hyd.z.cn

① 国家自然科学基金 (40730844)、国土资源部公益性行业科研专项经费项目 (200811014-02-02) 联合资助。

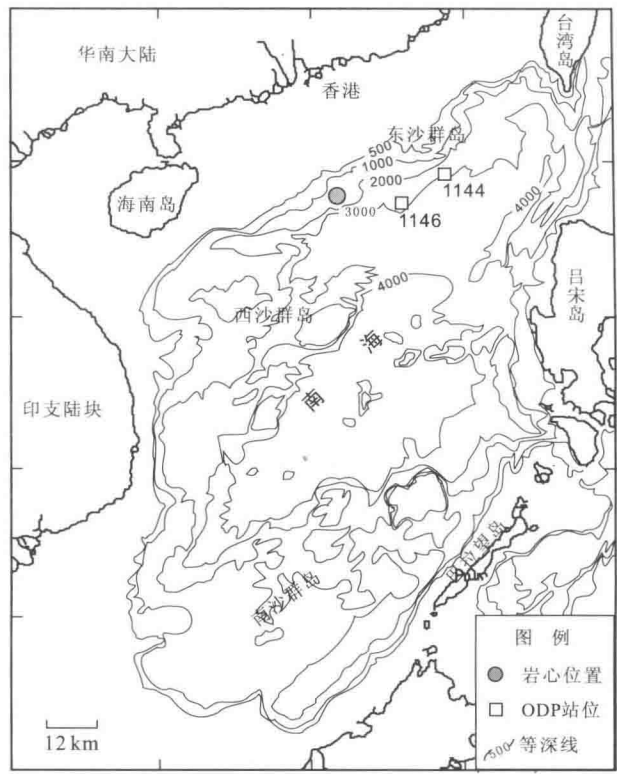


图1 神狐海域天然气水合物钻探位置示意图

Fig. 1 Location of gas-hydrate drilling, South China Sea

2 样品处理和分析方法

本文采用沉积物碎屑矿物鉴定的方法来分析各岩心的黄铁矿含量。样品自航次调查归岸后保存在4℃以下的冷冻库里，避免了温度较高情况下岩心中有机质降解形成后期的黄铁矿。样品从岩心顶部开始按20 cm或25 cm的间隔进行取样，将沉积物岩心分为许多等份，每等份的干重为7.00 g，然后分别把每份样品置于粒径0.063 mm的筛子中用蒸馏水进行清洗，将粘土等组分冲洗干净，余下碎屑部分（矿物和生物体）用于鉴定黄铁矿的含量。黄铁矿鉴定采用莱卡（LEICA）MZ8 实体显微镜，该仪器的最大放大倍数为120倍。分析过程主要为：在适合的放大倍数下，将每份样品置于实体显微镜视域范围中，仔细挑出碎屑矿物中的黄铁矿个体，然后在分析天平下称出其重量，最后沉积物中黄铁矿含量结果以占分析碎屑的重量百分比表示，可以清晰地显示黄铁矿在预处理后碎屑部分中的含量变化。

有机碳含量分析采用重铬酸钾氧化-还原容量法。该方法的原理：在浓硫酸介质中，加入一定量的标准重铬酸钾，在加热条件下将样品中有机碳氧化成二氧化碳。剩余的重铬酸钾用硫酸亚铁标准溶液回滴，按重铬酸钾的消耗量，按照下式计算沉积物干样中有机碳的百分含量：

$$W_{oc} = \{cFe^{2+} (V_1 - V_2) \times 0.003\} / M (1 - W_{H_2O}) \times 100\%$$

式中: W_{oc} ——沉积物干样中有机碳含量, %;

cFe^{2+} ——硫酸亚铁标准溶液的浓度, mol/L;

V_1 ——滴定空白样时硫酸亚铁标准溶液的用量, mL;

V_2 ——滴定样品时硫酸亚铁标准溶液的用量, mL;

M ——样品的称取量, g;

W_{H_2O} ——风干样品的含水率, %。

上述分析工作在广州海洋地质调查局实验测试所完成。

3 结 果

四个天然气水合物钻探岩心的碎屑矿物实体显微镜鉴定结果显示, 岩心随深度增加而出现不同程度含量的黄铁矿, 尤其是含水合物站位 SH2B、SH7B, 在深部出现大量的黄铁矿。钻探区自生黄铁矿多为粒状、短柱状、长条状和充填有孔虫房室的外形, 其中短柱状和长条状外形比较常见, 长度在 0.10 ~ 6.00 mm 之间, 外直径大小均匀, 集中在 0.25 ~ 0.30 mm 之间 (图 2)。黄铁矿的表面为褐黑色、灰黄色, 新鲜断口和管壁则显示新鲜的黄铜色。黄铁矿的颜色可能由于不同的表面氧化程度影响, 表面容易形成氧化膜而颜色变暗, 内部则新鲜。

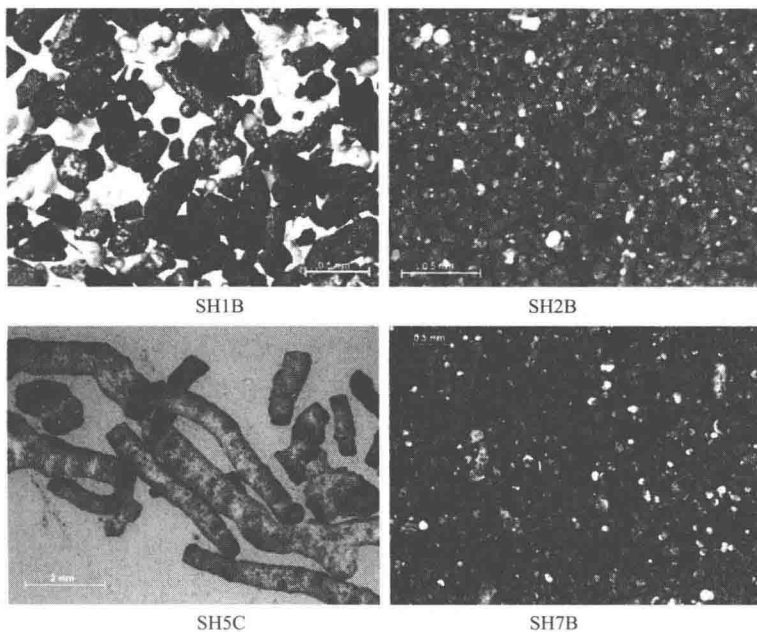


图 2 钻探岩心黄铁矿显微镜照片

Fig. 2 Photographs of authigenic pyrite

四个钻探岩心的黄铁矿含量剖面如图 3 所示: SH1B 岩心 0 ~ 90 m 之间的层位黄铁矿含量较高, 90 m 以下黄铁矿含量很低, 黄铁矿的峰值出现在 18.70 m、29.12 m 和

82.86 m的层位; SH2B 岩心的黄铁矿含量变化较大, 在 70 ~ 80 m 区间和 191 m 层位黄铁矿含量超过 50%, 其中 191 m 附近层位属于含水合物层, 黄铁矿含量异常高; SH5C 的黄铁矿在 0 ~ 30 m 区间含量随深度增加而增加, 最高达到 30% 以上, 此外在 171 m 处含量也达到 28%; SH7B 岩心的黄铁矿含量在 20 ~ 30 m 间含量较高, 达 20%, 在 160 ~ 190 m 之间存在黄铁矿峰值, 含量在 20% ~ 90% 之间, 正好处于该岩心的水合物层 (图 3)。

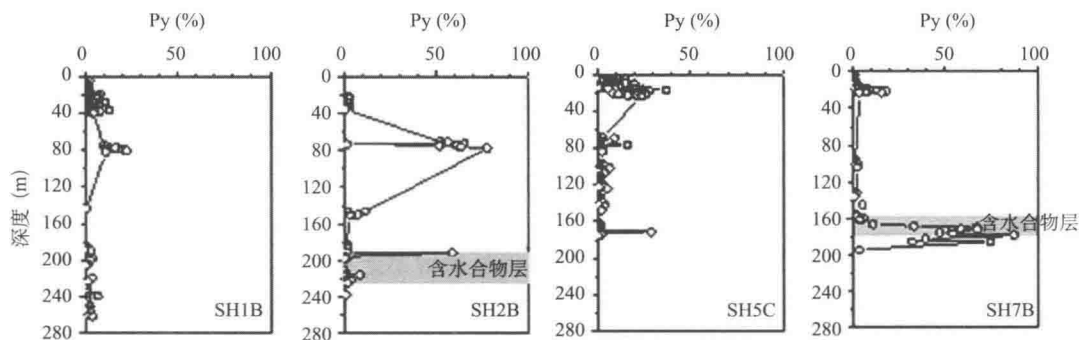


图 3 钻探岩心黄铁矿含量剖面

Fig. 3 Pyrite profiles of drilling cores

4 讨 论

海洋沉积物中自生黄铁矿主要受三大物质的控制: ①有机质; ②溶解硫酸盐; ③易活化的铁矿物^[2]。甲烷异常环境中, 甲烷也是自生黄铁矿形成的有利条件^[3-5]。缺氧环境下有机质参与缺氧硫酸盐还原过程或甲烷高通量环境中甲烷缺氧氧化过程, 都为海洋自生黄铁矿的形成提供丰富的硫源。这两个过程表示如下:



海洋沉积物浅部往往以有机质氧化过程为主导, 大部分有机质的消耗是通过这个过程发生^[2,6]。随着沉积物深部有机质含量的减少、甲烷生成作用的增强, 或者当深部存在甲烷源 (例如天然气水合物) 时, 沉积物中的甲烷浓度逐渐增加, 甲烷缺氧氧化过程就成为沉积物中硫酸盐消耗的主要过程^[7]。因此, 这两个过程发生区域, 同时提供了大量的硫, 影响着黄铁矿的形成。

神狐海域四个钻探站位的黄铁矿- 甲烷- 硫酸盐- 有机碳剖面显示 (图 4), 浅部黄铁矿含量的增加与有机碳、甲烷具有明显的联系。SH1B 在 10 ~ 40 m 之间黄铁矿含量剧增, 有机碳含量较高, 甲烷也在 30 m 处含量突然增加; SH2B 的黄铁矿在 20 m 附近与有机碳趋势相似, 甲烷也在 20 m 处开始剧增; SH5C 的黄铁矿增加趋势与有机碳相似, 同时也与甲烷吻合, 显示了有机碳和甲烷可能共同控制了黄铁矿的形成; SH7B 的黄铁矿与甲烷趋势相一致, 均在 10 ~ 20 m 之间出现了明显的增加。四个沉积物岩心的黄铁矿含量均在甲烷-硫酸盐界面 (SMI) 之上出现小幅增加, 这些层位的有机碳含量也相对较高。可见, 钻探岩心浅部黄铁矿的含量变化, 均与沉积物中有机碳和甲烷存在一定的关系, 有机碳氧

化、甲烷的缺氧氧化有利于黄铁矿的形成。另外, SH2B 和 SH7B 岩心的水合物层中, 黄铁矿含量也出现不同程度的增加, 尤其是 SH7B 的深部, 黄铁矿在水合物层附近猛增到浅部的水平, 显示了良好的对应关系 (图 4)。这种无独有偶的现象, 可能暗示了天然气水合物赋存层位独特的矿物组合。根据图 4 可知, 硫酸盐含量在 SMI 界面往下就逐渐降低, 深部的有机质氧化和甲烷缺氧氧化所需的硫酸盐缺乏, 这两个过程发生的程度低。那么天然气水合物层如何形成大量的自生黄铁矿? 我们推测, 尽管深部缺乏硫酸盐, 但整个天然气水合物层位甲烷充足, 形成强烈的还原氛围, 同时不排除存在强烈的细菌活动, 在这种环境下弱的有机质氧化和甲烷缺氧氧化都有利于黄铁矿的持续形成。

因此, SH1B、SH2B、SH5C 和 SH7B 浅部 0~30 m 钻探岩心的黄铁矿含量受有机碳和甲烷的影响, 两者控制了黄铁矿的形成。而具有水合物层的 SH2B 和 SH7B 深部的黄铁矿, 可能主要与高的甲烷通量有关。

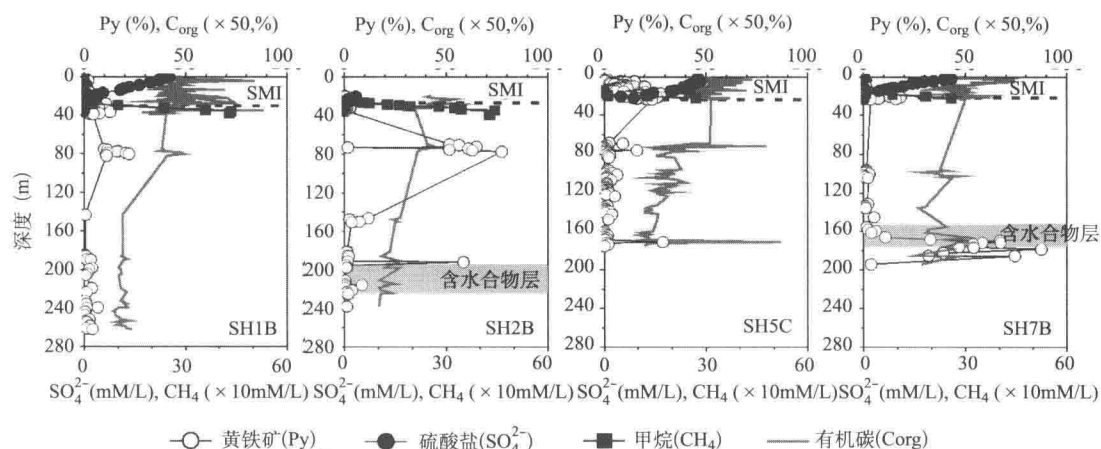


图 4 钻探岩心黄铁矿-甲烷-硫酸盐-有机碳剖面变化图

(硫酸盐、甲烷数据来源于文献 [8])

Fig. 4 Profiles of pyrite-methane-sulfate-organic carbon at drilling cores

5 结 论

SH1B、SH2B、SH5C 和 SH7B 钻探岩心含有较高的自生黄铁矿含量, 黄铁矿均有典型的自生形态, 以长条状、短柱状、充填有孔虫为主。黄铁矿主要富集于浅表层和 SMI 界面附近, 而 SH2B 和 SH7B 岩心的黄铁矿含量在水合物层位剧增, 最高者达到占分析重量的 90%。钻探岩心含水合物层出现的自生黄铁矿, 可能是天然气水合物赋存层位独特的矿物组合。

钻探岩心浅部黄铁矿含量主要受有机碳和甲烷的影响, 而含水合物层的 SH2B 和 SH7B 站位深部黄铁矿, 可能主要与高的甲烷通量有关。

参 考 文 献

- [1] 王宏斌,张光学,杨木壮,等. 南海陆坡天然气水合物成藏的构造环境. 海洋地质与第四纪地质,2003,23(1):81~86
- [2] Berner R A. Sulphate reduction,organic matter decomposition and pyrite formation. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1985, A315: 25~38
- [3] Sassen R, Roberts H H, Carney R, et al. Free hydrocarbon gas, gas hydrate, and authigenic minerals in chemosynthetic communities of the northern Gulf of Mexico continental slope: relation to microbial processes. Chemical Geology, 2004, 205: 195~217
- [4] 刘坚,陆红锋,廖志良,等. 东沙海域浅层沉积物硫化物分布特征及与其天然气水合物的关系. 地学前缘,2005,12(3):258~262
- [5] 陆红锋,陈芳,廖志良,等. 南海东北部 HD196A 岩心的自生条状黄铁矿. 地质学报,2007,81(4):519~525
- [6] Lin S, Huang K-M, Chen S-K. Organic carbon deposition and its control on iron sulfide formation of the southern East China Sea continental shelf sediments. Continental Shelf Research, 2000,20: 619~635
- [7] Jørgensen B B, Weber A, Zopfi J. Sulfate reduction and anaerobic methane oxidation in Black Sea sediments. Deep-Sea Research, 2001, 48: 2097~2120
- [8] Deepwater Gas Hydrate Investigation Field Factual Report,SHENHU Survey Area, South China Sea, Offshore China. June 26,2007

Authigenic Pyrite in the Sediments of Gas-hydrate Drilling Sites, Shenhu Area, South China Sea

Lu Hongfeng, Liao Zhiliang, Chen Fang, Liu Jian, Chen Hong
(Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou, 510760)

Abstract: Large amounts of authigenic pyrites occur in the sediments of gas-hydrate drilling sites, Shenhu area, South China Sea. The morphologies of pyrites are as the form of long rod, grain and filling foraminifera, which mainly exist in the shallow sediments and gas hydrate-bearing sediments. Pyrite content range from 20% to 90% (ratio to analysis part), which reach to the maximum at the gas hydrate-bearing layer. Pyrite formation at the shallow sediments is controlled by organic carbon decomposition and anaerobic methane oxidation, whereas its formation is on the control of high methane flux at the gas hydrate-bearing layer.

Key words: South China Sea; Gas Hydrate; Authigenic Pyrite

气烟囱识别分析技术在天然气水合物研究中的应用

沙志彬 梁金强 王力峰 匡增桂

(广州海洋地质调查局 广州 510760)

摘 要 天然气水合物是一种新型能源,形成水合物的天然气主要是来自于下部生烃源岩,当天然气在向上溢出的过程中遇到温度、压力和地层物性合适的区域便形成了天然气水合物矿藏。但天然气又是靠什么路径运移到储层的呢?经过研究,认定研究区的天然气主要是利用气烟囱进行运移的。而气烟囱识别分析技术就是利用研究区三维地震信息,通过对地震剖面的分析以及神经网络的运算,对天然气运移形式进行描述,直观地展示天然气运移通道及赋存情况,通过垂向上和平面上的气烟囱效应来预测水合物的发育带,并将形成水合物富集所需要的天然气源岩进行初步评估。然后在平面上展示出天然气运移分布范围和天然气水合物矿藏的成藏范围,从而为进一步研究水合物的形成、存储提供依据,并可为水合物勘探中的井位部署提供参考。

关键词 气烟囱 天然气水合物 研究 应用

1 气烟囱的概念

在石油地质学中,“气烟囱”(Gas Chimney)是一个崭新的概念,“气烟囱”一经形成,就可作为后期油气或热流体不可忽视的通道,揭示油气的发育地点及运移到一个储层,以及如何从储层溢出,产生浅层油气。可见“气烟囱”对油气运移与聚集会产生重要影响,是大中型油气田存在的重要标志之一^[1-2]。

从地质成因角度来说,气烟囱是由活动热流体作用形成的一种特殊的伴生构造,这种伴生构造曾经是热流体(气、液)的泄压通道,不仅形似烟囱,且具烟囱效应。其静态形状上似裂隙、裂缝,而在动态变化上表现为增压破裂—泄压闭合—增压破裂这种旋回性“幕式”张合特征^[2]。从地震表现角度来说,气烟囱则可定义为在品质非常好的常规地震剖面上,某些部位反射波突然出现杂乱反射、振幅大幅度减弱(偶尔为强振幅)的这种柱状、椭圆状或锥形地震模糊带,并且核部低速,据此可识别气体渗漏的位置和展布情况^[3]。

地震剖面上所揭示的气烟囱是流体垂向活动的直接证据。在地震剖面上造成反射模糊带,甚至空白区,其原因是气层低速异常和反射屏蔽的影响,使反射波信噪比大幅度降

基金项目:国土资源部公益性行业科研专项项目(编号:200811014)、国家高技术研究发展计划课题(编号:2009AA09A202)和国家重点基础研究发展(973)计划(编号:2009CB219502-1)资助。

第一作者简介:沙志彬(1972.4—),男,教授级高工,主要从事石油地质和天然气水合物的研究。

低。对于地震剖面上弱振幅、低连续性的特征,其原因可能为天然气从储层沿着构造薄弱带向上运移,当运移比较剧烈时可能破坏地层原始沉积层理,同时地层中含有天然气会大量吸收地震能量^[4]。

2 气烟囱与天然气水合物成藏的关系

天然气水合物是一种新型能源,其成藏条件比较特殊,主要形成于 300 m 深的海底以下 100 ~ 400 m 之间的地层中,是以层状、块状、团状等形式富集,主要是充填在海底沉积物的空隙和裂缝中,形成水合物的天然气主要是来自于下部源岩生烃后运移到合适的地层富集成藏的^[5-6]。但天然气又是靠什么路径运移到储层的呢?经过对地震剖面的分析以及神经网络的运算,认定研究区的天然气主要是利用气烟囱进行运移的(图 1)。当天然气在向上溢出的过程中遇到温度、压力和地层物性合适的区域便形成了天然气水合物矿藏^[7-8]。因此,可以利用气烟囱识别技术预测天然气水合物分布范围^[9]。同时,气烟囱在形成过程中携带大量富含甲烷气的流体向上运移到天然气水合物稳定带,形成之后仍可作为后期活动的油气向上运移的特殊通道^[10]。此外,运用地震识别出的似海底反射(BSR)来识别气烟囱构造,通过速度、泥岩含量、流体势等属性参数及钻井资料,还可以判断该烟囱构造的类型^[11-12]。

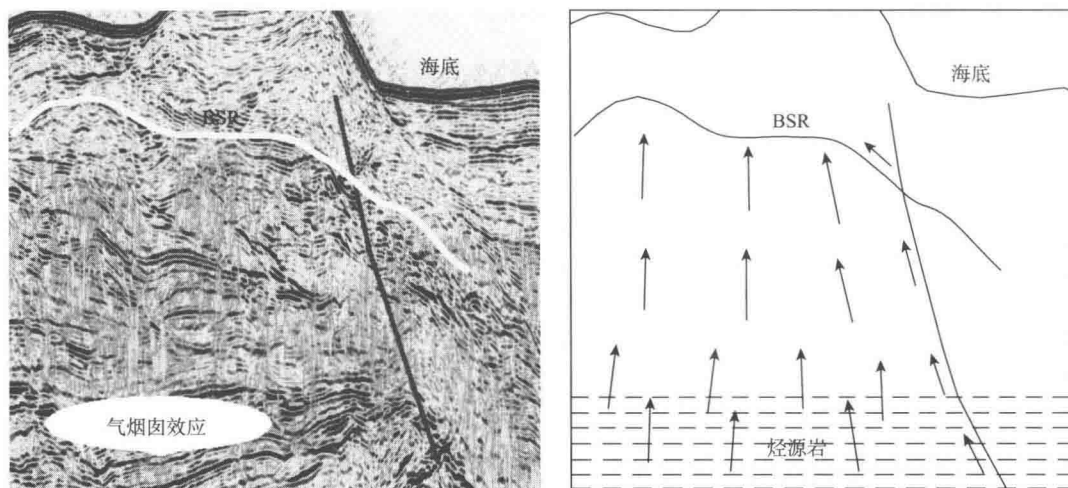


图 1 烃类的运移、聚集特征示意图

Fig. 1 Illustration of hydrocarbon migration and accumulation

至于水合物形成的地质模式,目前主要有两种观点:一种是原先的因温度或孔隙压力变化而转变为水合物;另外一种为微生物成因气或热成因气从下部运移至水合物稳定带而形成水合物。前一种情况下,水合物形成的重要原因不是外来物质的供给,而是原先天然气藏系统内的变化,水合物呈分散状存在于岩石中或者与已存在的气藏共生^[3]。而后一种情况,由于天然气丰度不断增加,当天然气在向上溢出的过程中遇到温度、压力和地层物性合适的区域便导致水合物生成、积聚。当沉积层中的水合物充填程度越来越高时,沉积层变得不透水不透气,并在水合物稳定带之下形成常规气藏^[4]。

深部形成的烃类气体一旦形成,就出现在运移和聚集的动态过程中。在粘土、粉砂质粘土等低渗透性沉积物中,一般发生垂直向上的运移;在高渗透性的砂质沉积物,或者裂隙发育的岩层中,深部来源的烃类气体大多沿地层上倾方向运移^[2~3]。在深部构造发育的区块,对于热解气以及深部运移气体形成的水合物而言,有利于气体进入水合物稳定域的运移通道是控制水合物形成和分布的关键因素^[13~14]。

因此,认为气烟囱与天然气水合物成藏的关系体现如下:

- 1) 气烟囱以流体运移为主要特征;
- 2) 气烟囱是天然气垂向运移的有效途径;
- 3) 气烟囱构造为天然气聚集形成水合物提供有利圈闭条件^[15~16]。

3 气烟囱识别分析技术的研发及应用

3.1 地质模拟与工作流程

在气烟囱体中地震响应的垂直扰动得到加强,这些扰动常常与油气的垂直运移通道有关,通过对世界范围内许多处理的地震气烟囱的推断已经证明气烟囱在油源评价、运移、储存、(断层)封堵性以及溢出点都非常有用^[2,4],其成因机理模型如图2、图3和图4。从以上三个图中可以看出,图2气烟囱发育较弱,油气藏以油层为主,含气较少,且断层跟油气藏没有直接连通,油气封盖条件较好,因此油气逸散量较小,在油气藏上覆地层气烟囱效应较弱,所以该类油气藏总体保存条件较好;图3气烟囱发育明显,油气藏富集,封盖条件较好,但下部气层较厚,含气层具有较大的流体压力,因此上部盖层的封盖压力不足以完全对气层形成封盖,因此具有较明显的气烟囱效应,所以该类油气藏总体保存条件一般;图4气烟囱发育明显,由于有断层跟上、下部油气层直接连通,且断层封堵性较差,油气储存条件被破坏,造成油气大量逸散,因此具有明显的气烟囱效应,所以该类油气藏总体保存条件较差。

在技术上对气烟囱体的预测研究主要是所谓的“地震气烟囱处理技术”,即运用多层

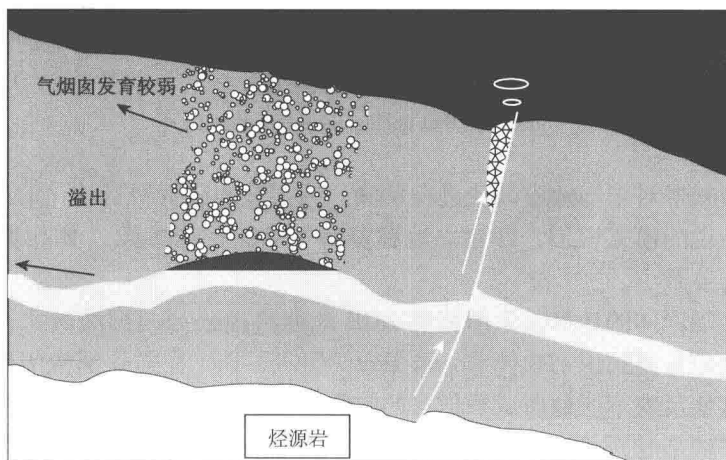


图2 地质发育配置关系较好

Fig. 2 Good geological arrangement

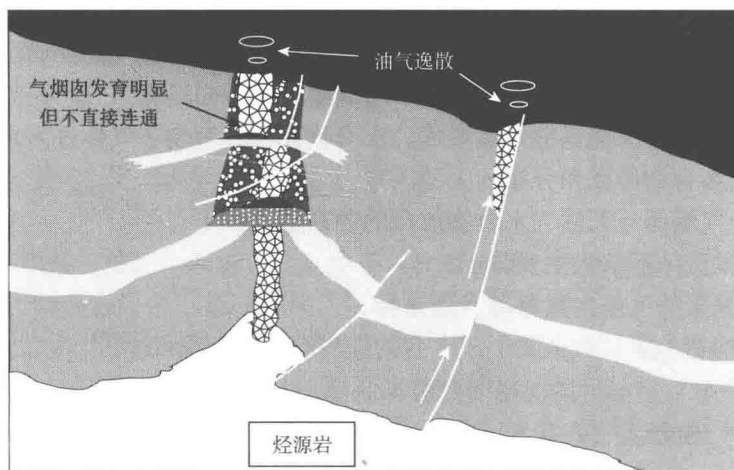


图3 地质发育配置关系一般

Fig. 3 Ordinary geological arrangement

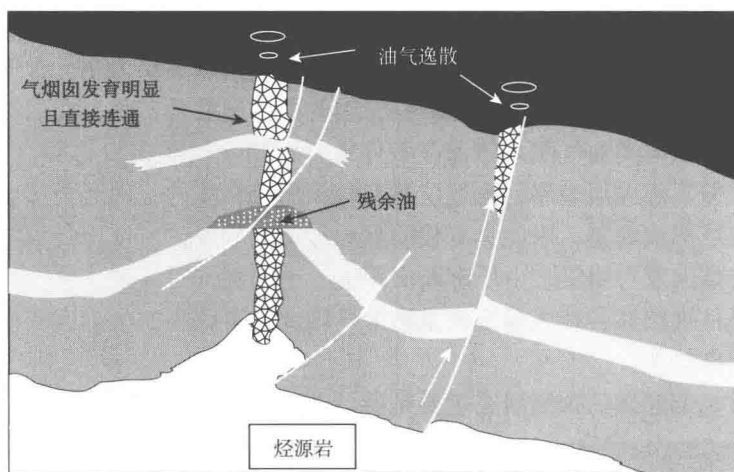


图4 地质发育配置关系较差

Fig. 4 Bad geological arrangement

非线性神经网络技术对未知地震区块进行预测。为实现地震资料自动化的地质解释，其中心环节是通常所说的模式识别，即建立地震资料气烟囱特征参数（如相似性）与气烟囱地质目标之间的关系^[3]。

为了实现气烟囱体的计算，采用荷兰 DGB 地球科技公司与挪威国家石油公司共同开发的地震属性处理与模式识别软件 Opend-Tect。Opend-Tect 在强化细微的地震特征信息的基础上，分析这些反映不同地质沉积信息的空间分布，把多种地震数据体的信息综合到一起以得到目标体的最佳图像。并且 Opend-Tect 用神经网络、数学逻辑运算对多个属性体处理，得到直接反映地下地质特征的新属性。Opend-Tect 的核心步骤是倾角控制（Steering），它在其所有的运算和处理过程中起着举足轻重的作用，是后续神经网络运算的前提和基础。以下就是我们应用 Opend-Tect 计算气烟囱体的工作流程（图 5）。

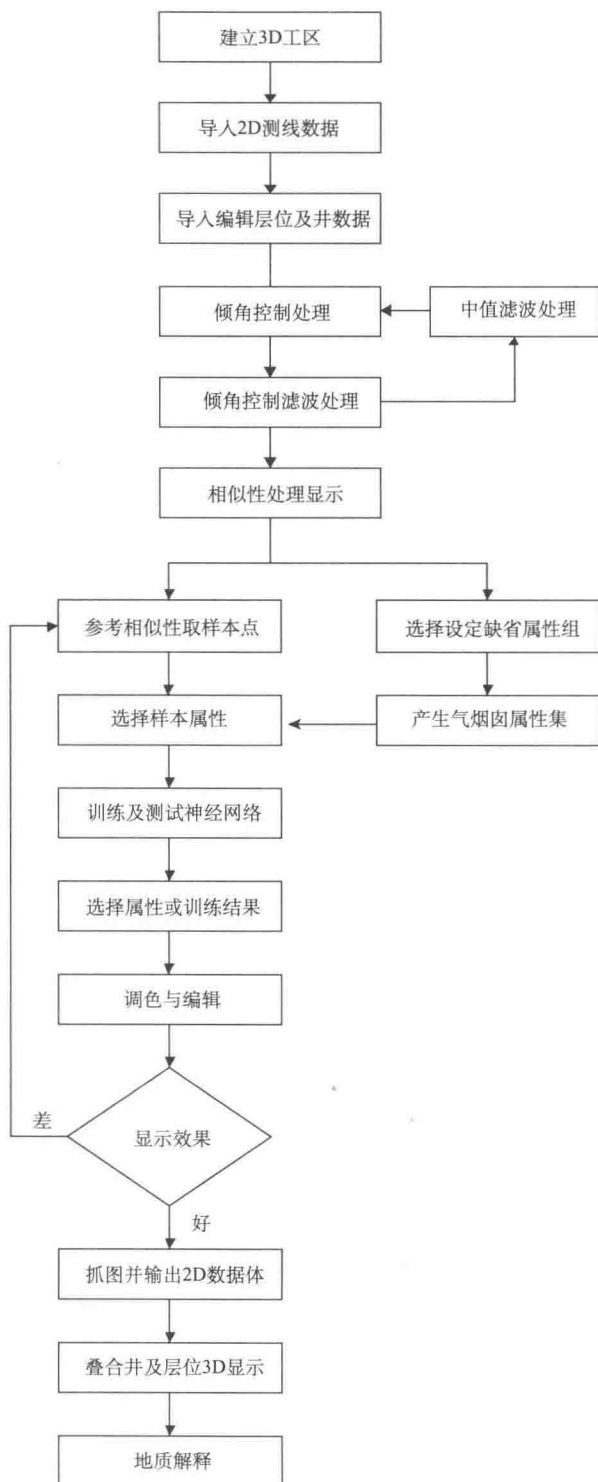


图5 预测气烟囱体技术流程图

Fig. 5 Flow chart of gas chimney predication

3.2 气烟卤体计算的数据准备

为了更准确地识别气烟卤体，我们需要对原始的地震数据做中值倾角滤波，以减少处理时产生的随机扰动，使预测出的结果更加真实可靠。

Open-Tect 核心技术之一是在提取属性和对数据滤波时考虑了所探测的地质体的方向及空间展布。当地质体的方向已知时，方向性原理容易被应用，例如在地震气烟卤或直接碳烃检测中，很多目标体无固定方向，但是它在各个方向倾斜。在这种情况下，在一定范围的倾斜时窗中提取属性比在固定时窗中更有利。因此，需要知道局部倾角及每个样点处的方位角。

Open-Tect 提供了 3 种计算倾角及方位的方法，计算结果被称为“定向体”，也就是每一个样点处都带有倾角和方位角信息的数据体。用倾角定向对地震数据做倾角定向滤波，改善同相轴的横向连续性，减少随机扰动。该滤波的主要特点是无滤波尾巴。

中值倾角滤波是一个数据驱动工具并产生一个整理过的数据体。在该数据体中，连续相位被加强并且随机分布的噪音被压制。滤波增加了地震数据输出的可解释性，提高了水平层自动追踪的可执行性。滤波基本上搜集了我们定义圆域内的所有属性并在中心用振幅中值替换了原有值，搜索区域遵循控制体内的倾角而定（图 6）。

综合控制体的滤波工作流程如下：

- 1) 定义搜索半径；
- 2) 从开始位置提取首个振幅；
- 3) 沿着倾角和方位角通向下一道；
- 4) 在该点提取内插值振幅；
- 5) 在搜索半径内对所有道重复第 3、4 步操作；
- 6) 用所有提取振幅的中值来替换起始位置振幅；
- 7) 对体内所有样本重复操作第 2~6 步。

4 道半径的滤波输入包含 57 个点。注意该圆不是平坦的也不是水平的，但是从一道到另一道是符合地震相位的。

中值应该定义成一系列中心点位置相关的值。因此，如果从最小到最大列出 N 个振幅，就可以取 $(N+1)/2$ 处的位置值作为中值，这里的 N 是一个奇数。要理解一个中值滤波的效果，可假设已经用了 3 个点的中值滤波来考虑一个地震相位。滤波过程由下面给出：

……0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 3, 0, 1, 1……

3 点中值过滤响应由下面给出：

……0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1……

要检查这个，取 3 个相邻输入号码，排列并输出中间的值，然后改变输入组的一个位置并重复的练习。

请注意：

- 1) 短于半个滤波的相位被清除（例如左侧 1 右侧 0）；
- 2) 噪音也被清除（值 3）；
- 3) 边界保留（主要的 0 带和主要的 1 带的间隙完全同一个位置，就是说无滤波导入）。

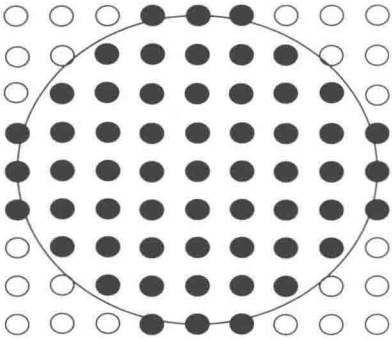


图 6 中值倾角滤波原理
Fig. 6 Median dip filtration principle