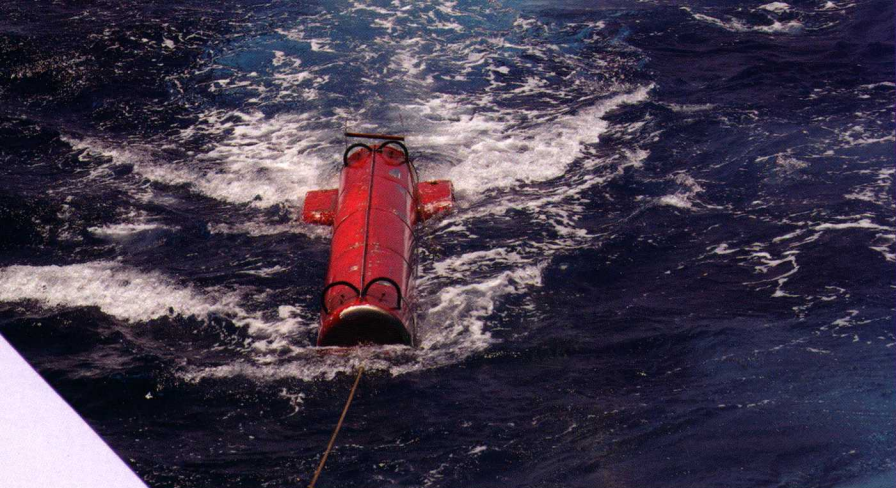




深水油气地震勘探
研究与实践丛书

南海深水沉积与储层的 地球物理识别

吴时国 王大伟 姚根顺 等 著



科学出版社

深水油气地震勘探研究与实践丛书

南海深水沉积与储层的地球物理识别

吴时国 王大伟 姚根顺 等 著



科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书为深水油气地震勘探研究与实践丛书之一,全面阐述南海深水沉积与储层的地球物理识别方法,从研究实例出发,对南海深水沉积体系的地球物理识别方法做了全面系统的分析和总结。本书共7章,从深水沉积与储层识别中应用的地球物理方法与技术出发,重点介绍了碳酸盐台地、深水水道沉积体系和块体搬运沉积体系等深水油气赋存的主要沉积体系以及深水盆地流体与地质灾害。在南海深水沉积体系识别的基础上,讨论并介绍了深水地球物理识别研究中存在的问题。

本书可以作为石油及天然气勘探开发专业的高校、科研院所研究生教材,并能给从事石油天然气地质和海洋地球物理工作以及相关专业研究人员提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

南海深水沉积与储层的地球物理识别/吴时国,王大伟,姚根顺等著.

—北京:科学出版社,2014

(深水油气地震勘探研究与实践丛书/朱伟林主编)

ISBN 978-7-03-042494-5

I. ①南… II. ①吴…②王…③姚… III. ①南海-沉积岩-地下物探
②南海-油气藏-地下物探 IV. ①P588.296.6 ②P618.130.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第263095号

责任编辑:周 丹 罗 吉/责任校对:胡小洁

责任印制:肖 兴/封面设计:许 瑞

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年6月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2015年6月第一次印刷 印张:16 1/2

字数:392 000

定价:168.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

深水油气地震勘探研究与实践丛书

编委会名单

主 编：朱伟林

编 委：（以姓氏拼音为序）

常 旭	金德刚	李绪宣	刘伊克
孙启良	王大伟	王建花	王一博
吴时国	谢宋雷	姚根顺	

丛 书 序

随着我国经济的持续高速发展,能源供应日趋紧张。根据国际能源组织发布的资料,近10年来世界上油气资源的新探明储量大部分来自海洋,尤其是深水区。据最新一轮全国油气资源评价,南海油气资源量为230亿~300亿t,约占全国总资源量的1/3,但大部分蕴藏在深水区。一方面,与世界大西洋两侧典型被动大陆边缘深水盆地相比,南海深水盆地发育在边缘海边缘,其成盆机制、盆地演化及其油气地质条件存在显著差异,进一步增加了勘探的风险;另一方面,南海深水区发育崎岖海底、陡陆坡、海底火山等复杂地震地质条件,地震资料品质不高,严重影响了深水油气资源评价和勘探研究。因此,迫切需要展开与深水油气资源相关的地质和地球物理基础科学问题的研究,研发具有自主创新和自主知识产权的深水区油气勘探的理论、方法和技术。

973计划“南海深水盆地油气资源形成与分布基础性研究”项目针对制约深水油气资源勘探的科学技术瓶颈及其基础科学问题,以我国南海北部深水盆地为靶区,利用地球物理、地球化学和石油地质学科相结合的手段,研究南海深水盆地的形成演化和石油地质特征、研究深水地球物理方法的基础性和前沿性问题,旨在建立适合南海深水区的地球物理成像理论与油藏地震响应模式;阐明南海北部深水盆地的成盆机制和演化;分析深水盆地烃源条件和生烃机理;研究远源沉积条件下沉积体系特征及储层特征;揭示深水盆地大中型油气成藏规律,预测深水盆地大中型油气田分布;为我国深水油气资源的勘探开发提供前瞻性科学方法和技术。

经过5年的产学研协同攻关,项目首次全面揭示了南海北部深水盆地油气地质条件和油气成藏特征,在烃源和储层两个最核心的科学问题上取得重要进展,填补了我国深水油气成藏研究的空白。并通过理论和实践的紧密结合,研究成果直接应用并指导了我国深水油气勘探获得一系列商业性油气发现,推动了我国深水勘探的进程。

本系列丛书主要总结了该项目与地球物理理论方法相关的研究成果。丛书共4册,分别是:《南海深水区地震采集技术研究与实践》、《深水油气地震成像研究与实践》、《南海深水多次波压制理论与方法》、《南海深水沉积与储层的地球物理识别》。希望能对从事石油天然气地质和地球物理工作者以及相关专业研究人员具有参考价值。

973项目首席科学家



2013年11月

前 言

近 10 年来,世界深水油气资源勘探如火如荼,我国深水油气勘探理论与技术也取得了突飞猛进的进展,以朱伟林首席为首的深水油气 973 项目“南海深水盆地油气资源形成和分布的基础性研究”第一期也已圆满结束。在这种大好形势下,中国科学院海洋研究所深水油气研究团队在南海深水沉积与储层的地球物理识别的阶段性研究成果和理论总结的基础上,编写了《南海深水沉积与储层的地球物理识别》一书。

在此书稿完成之际,十分感谢中海石油(中国)有限公司北京研究总院、广州海洋地质调查局、中国石油杭州地质研究院、中海石油(中国)有限公司深圳分公司、中海石油(中国)有限公司湛江分公司等单位对我们研究工作的大力支持。米立军、张功成、李绪宣、徐强、李久川、施和生、杨计海、王志君等专家给予了许多具体的指导和帮助。深水油气 973 项目办公室主任刘伊克、钟锴博士的辛勤工作和卓有成效的组织,保证了研究的顺利执行。丛书编委会朱伟林、常旭等领导的关心和鼓励,使得我们有勇气完成此书。与姚伯初、朱筱敏、王英民、刘震、邵磊、孙珍、解习农、任建业、张光学、钟广法、庞雄、颜承志、孙志鹏、吕福亮、邱燕等深水油气方面的专家教授讨论,获益匪浅。也要特别感谢我们的深水油气研究团队和已毕业研究生袁圣强、马玉波、刘峰、孙运宝、秦志亮、吕彩丽、张广旭、赵撼霆、赵强、杨振、王磊、田洁、黄昱丞、贾连凯、王真真等,本书汇集了他们的研究成果和认识。

本书分为 4 部分,第 1 章是讲深水沉积与储层识别中应用的地球物理方法与技术;第 2~4 章是讲深水油气赋存的主要沉积体系,包括对碳酸盐台地、深水水道沉积体系和块体搬运沉积体系进行阐述;第 5 章和第 6 章是讲深水盆地流体与地质灾害;第 7 章是讲深水地球物理识别研究中存在的问题。其中,第 1 章由王大伟撰写,第 2 章由吴时国和姚根顺撰写,第 3 章由吴时国和陈端新撰写,第 4 章由王大伟撰写,第 5 章由吴时国和孙启良撰写,第 6 章由吴时国和李翠琳撰写,第 7 章由吴时国和姚根顺撰写,吴时国和王大伟负责全书统筹编排。田洁、张新元和贾连凯承担了图件清绘工作,在此一并感谢。

由于作者的学识和能力有限,疏漏之处在所难免,恳请读者见谅并指正。希望本书能起到抛砖引玉的作用,激励更多的人去从事深水油气地质研究,并能给从事石油天然气地质和海洋地球物理工作者以及相关专业研究人员提供参考。

本书的出版得到了国家基础科学研究深水油气 973 项目(2009CB219406)、国家自然科学基金重点项目(40930845)、国家自然科学基金南海深部重大计划重点项目(91228208)和中国科学院三亚深海科学与工程研究所知识创新前沿项目(SIDSSE-201403)。

著 者

2014 年 2 月于青岛

目 录

丛书序

前言

第 1 章 深水地球物理识别技术	1
1.1 地震属性	1
1.1.1 概念和分类	1
1.1.2 地震属性分析方法	1
1.1.3 部分属性及应用	9
1.2 地震相	13
1.2.1 基本原理	13
1.2.2 地震相分析方法	14
1.2.3 地震相分析过程	16
1.3 相干体	18
1.3.1 基本原理	18
1.3.2 相干技术	18
1.3.3 相干技术应用	23
1.4 三维可视化	25
1.4.1 基本原理	25
1.4.2 分析方法	26
1.4.3 实现步骤	26
1.5 弹性波阻抗反演	28
1.5.1 基本原理	28
1.5.2 应用条件	29
第 2 章 碳酸盐台地	32
2.1 碳酸盐岩识别	32
2.1.1 岩石物理学基础	32
2.1.2 测井特征	37
2.1.3 地震特征	40
2.2 碳酸盐岩深埋溶蚀	42
2.2.1 几何学特征	43
2.2.2 成因分析	46
2.3 生物礁	54
2.3.1 概念及分类	54
2.3.2 地球物理识别特征	58

2.4	碳酸盐台地周缘丘形沉积体	71
2.4.1	识别特征	73
2.4.2	成因分析	77
第3章	深水水道沉积体系	79
3.1	中央峡谷-水道沉积体系	79
3.1.1	区域背景	79
3.1.2	中央峡谷-水道	81
3.2	琼东南盆地高弯曲水道沉积体系	96
3.2.1	分布范围	96
3.2.2	地震相特征	96
3.2.3	时空展布特征	100
3.2.4	成因机制探讨	107
3.3	珠江口盆地白云凹陷水道沉积体系	110
3.3.1	地质背景	110
3.3.2	沉积特征	111
3.3.3	演化过程	117
3.3.4	成因机制探讨	118
第4章	块体搬运沉积体系	122
4.1	块体搬运沉积体系	122
4.1.1	基本概念	122
4.1.2	地球物理特征	124
4.1.3	沉积模式	128
4.1.4	成因机制	130
4.1.5	研究意义	132
4.2	华光块体搬运沉积体系	134
4.2.1	区域背景	134
4.2.2	时空分布	140
4.2.3	地球物理特征	142
4.2.4	成因机制分析	146
4.3	白云块体搬运沉积体系	150
4.3.1	区域背景	150
4.3.2	分布范围	151
4.3.3	地球物理特征	152
4.3.4	成因机制分析	157
第5章	深水盆地流体系统	161
5.1	聚集型流体系统类型	161
5.2	断层相关的聚集型流体系统	161
5.2.1	构造断层聚集型流体系统	161

5.2.2 多边形断层聚集型流体系统	163
5.3 侵入相关的聚集型流体系统	168
5.3.1 南海北部泥底辟、泥火山和气烟囱流体活动系统	169
5.3.2 砂岩和岩浆侵入流体系统	174
5.4 管状相关的聚集型流体系统	176
第6章 白云凹陷深水地质灾害	181
6.1 天然气水合物	181
6.1.1 白云凹陷水合物分布	181
6.1.2 含水合物层地球物理特征	185
6.2 白云海底滑坡数值模拟	188
6.2.1 分布范围	188
6.2.2 影响因素	189
6.2.3 数值模型构建	192
6.2.4 数值模拟分析	195
6.3 浅水流	202
6.3.1 基本概念	202
6.3.2 地球物理识别方法	202
6.3.3 压力场数值模拟	204
第7章 深水地球物理识别中存在的问题	211
7.1 丘状反射体的地质成因	211
7.1.1 块体搬运沉积体系	211
7.1.2 三角洲朵叶	213
7.1.3 等深积体	214
7.1.4 泥底辟构造	215
7.2 天然气水合物地震资料解释中的问题	216
7.2.1 似海底反射层的真伪	216
7.2.2 水合物稳定带分布范围	217
7.2.3 游离气的圈闭类型	218
7.3 3D地震解释中的假象	219
7.4 AVO技术在深水油气检测中的问题	219
参考文献	221

第1章 深水地球物理识别技术

1.1 地震属性

1.1.1 概念和分类

地震属性 (seismic attributes) 一词, 于 20 世纪 70 年代由 Anstey 等正式提出。但实际上, 属性分析自 20 世纪 30 年代就已经出现, 地球物理学家从野外地震记录中拾取地震走时。起初, 国内在译名上并不完全统一, 直到 20 世纪末才基本统一称作地震属性。地震属性的发展与计算机技术的变革密切相关, 20 世纪 60 年代数字记录的出现提高了地震振幅测量的精度, 由此发展起来的亮点技术指出了烃类孔隙流体与强振幅之间的对应关系; 70 年代引入彩色显示技术使得地震反射强度、频率、相位和层速度等信息从过去的黑白地震道上凸现出来; 80 年代地震解释工作站的出现为实现人机交互和井震结合解释提供了硬件支持; 现今, 技术人员利用功能强大的大型机站操纵地震数据体, 提取各类属性用于追踪地质或储层信息已是司空见惯的事 (Chopra and Marfurt, 2005)。

地震属性, 概括而言, 就是对地震勘探中有利区域特征的定量表征。从数学意义上讲, 是地震资料的几何学、运动学、动力学及统计学特征的一种量度; 从属性的提取过程来说, 是一种描述和量化地震资料的特性, 是原始地震资料中包含全部信息的子集。

地震属性的分类形式多种多样, 很多学者均对此进行过研究。Brown 和 Fisher (1980) 将地震属性分为时间、振幅、频率和衰减 4 类, 并提出了叠前属性和叠后属性的分法; Taner 等 (1979) 将地震属性分为几何属性和物理属性; 20 世纪 90 年代末, Chen 和 Sidney (1997) 在上述分类方法的基础上提出了一套比较系统的分类方法。依据叠前属性和叠后属性的不同, 分为几何学属性、运动学属性、动力学属性和统计学属性。其中统计学属性一般没有明确的物理意义, 但却含有更丰富的地质意义, 在石油勘探中应用非常广泛。

1.1.2 地震属性分析方法

众所周知, 储层参数主要包括储层的岩性、物性和含油气性。地震储层预测主要研究地震反射波的振幅、频率、相位、速度等信息, 其中速度信息最为关键。储层岩性、物性、储层内的流体性质、地层纵向组合等的变化, 都能引起速度的相应变化, 而振幅、频率等则是速度变化的具体表现形式。利用地震属性进行储层预测就是通过上述参数的研究来达到预测储层性质及其变化规律的目的。

地震属性的提取采用多种数学方法来实现。20 世纪 90 年代中期, 统计学属性发展迅速, 大量地质统计方法在属性提取中得到了广泛应用, 如本征值、协方差、线性回归、小波变换、模拟退火、遗传算法、人工神经网络等, 这些技术在识别和定性描述储层的过程中起到了重要作用, 如河道砂以及碳酸盐岩孔洞缝等储层。下面介绍几种在实际工作中常用的地震属性技术。

1) 复地震道分析

1979年, Taner 等在 *Geophysics* 上发表文章, 提出了复地震道 (complex-trace) 分析方法, 将信号处理中的 Hilbert 变换应用于地震资料的解释。利用该方法可以获得地震资料的三类属性值, 包括瞬时振幅、瞬时相位和瞬时频率 (图 1-1), 简称“三瞬属性”。瞬时振幅也称反射强度和振幅包络。

对常规地震道 $f(t)$ 做 Hilbert 变换得到其对应的正交道 $h(t)$, 将两者分别作为复地震道 $c(t)$ 的实部和虚部。虚部具有和实部一样的包络和类似的振幅, 但相位上做了 90° 延迟。定义式如下:

$$h(t) = \frac{1}{\pi t} \cdot f(t) \quad (1-1)$$

$$c(t) = f(t) + ih(t) = A(t) e^{i\varphi(t)} \quad (1-2)$$

(1) 瞬时振幅, 表达式为

$$A(t) = \sqrt{f(t)^2 + h(t)^2} = |c(t)| \quad (1-3)$$

该属性表示所选样点上各道时间域振幅包络值 [图 1-1 (b)], 广泛应用于地震资料的构造与地层解释, 常与其他振幅属性一起用于分离高振幅与低振幅区, 如亮点、暗点技术等。

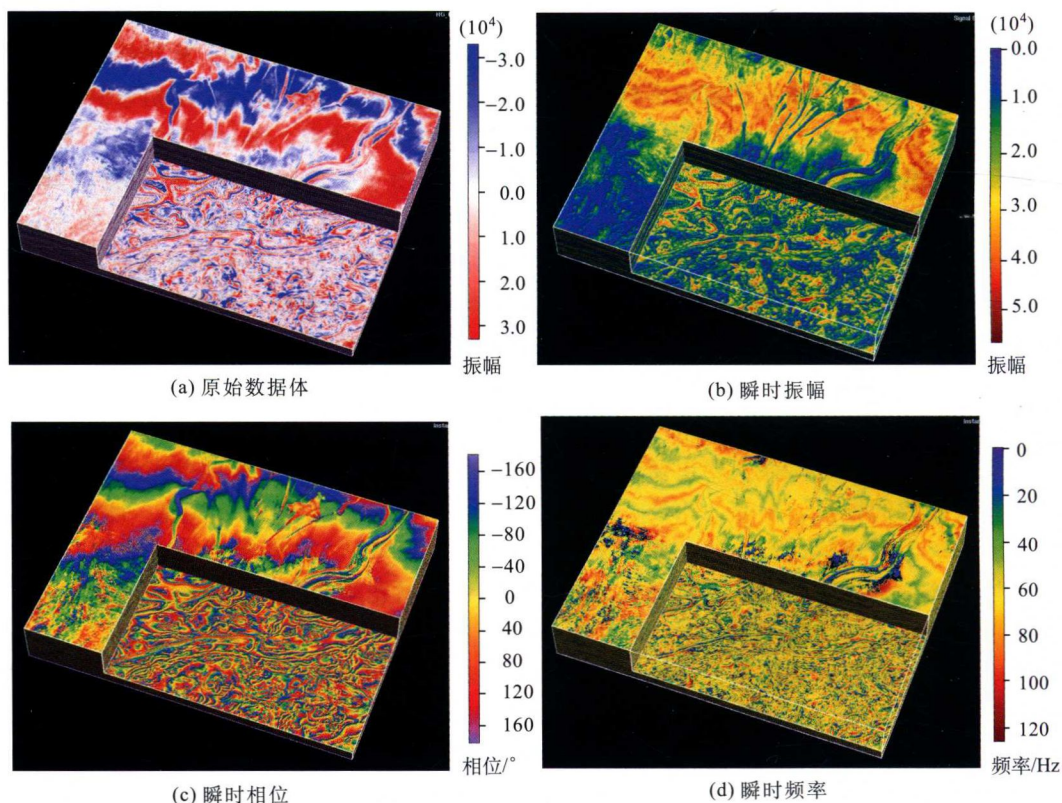


图 1-1 三维复地震道数据体

(2) 瞬时相位, 表达式为

$$\varphi(t) = \arctan \frac{h(t)}{f(t)} \quad (1-4)$$

该属性值表示所选样点上各道相位值 [图 1-1 (c)], 单位为°或 rad, 主要用于增强油藏内部弱同相轴, 但对噪声也有放大作用。油气常引起相位的局部变化, 所以该属性常与其他属性一起作为油气的检测指标之一。同时也可用于测定薄层的相位特征, 横向变化与流体及薄层组合有关。

(3) 瞬时频率, 表达式为

$$\omega(t) = \frac{d\varphi(t)}{dt} = \text{Im} \left[\frac{c'(t)}{c(t)} \right] = \frac{f(t)h'(t) - f'(t)h(t)}{f(t)^2 + h(t)^2} \quad (1-5)$$

瞬时频率定义为瞬时相位关于时间的一阶导数 [图 1-1 (d)], 单位为°/ms, 或 rad/ms。常用于估计地震波衰减。储层油气往往会引起高频成分的衰减, 这一属性可以检测油气。

这一方法弥补了常规地震数据识别岩性和流体变化的局限, 提高了地震波信息的敏感度和识别精度。

2) AVO 属性分析

AVO 分析方法是一项利用振幅信息研究岩性、检测油气的地震勘探技术。AVO 是振幅随偏移距变化 (amplitude variation with offset) 或振幅与偏移距关系 (amplitude versus offset) 的英文缩写。AVO 技术是利用共中心点 (CMP) 道集或共反射面元 (common reflection bin, CRB) 资料分析反射波随偏移距 (或入射角 α) 的变化规律, 估算界面两侧的弹性参数, 进一步推断储层的岩性和含油气性的一种地震数据分析处理技术。图 1-2 为几类不同岩性组合下的 AVO (或 AVA) 异常。

AVO 属性分析主要以 CMP 道集为输入, 经角度道转换后, 同一角度的道集组成一个角度道道集, 简称角道集, 从角道集上可以观测和分析地震反射振幅随入射角的变化。以角道集为输入, 根据相应的算法即可得到截距剖面、梯度剖面等各种 AVO 属性剖面。

AVO 技术的理论基础是地震波动力学理论中推导出的 Zoeppritz 方程组及其简化思路。目前常用的 Shuey 近似公式获得的梯度-截距属性交会图。

$$W = aP + bG \quad (1-6)$$

式中, P 为截距, 反映垂直入射时的振幅; G 为梯度, 反映振幅随炮检距的变化率。 P 和 G 的线性组合可以表示 AVO 属性 W 。

3) 谱分解

地震勘探中, 谱分解 (spectral decomposition) 是对地震道进行连续时频分析的方法。时频分析针对非平稳信号和时变信号, 可以将一维地震道变换为二维时频域分布图, 作为分析时变非平稳信号的有力工具, 时频分析方法提供了时间域与频率域的联合分布信息, 清楚地描述了信号频率随时间变化的关系 (图 1-3)。因此, 地震道的每个时间采样点都能产生频谱。谱分解应用广泛, 包括确定层厚 (Partyka et al., 1999)、地层可视化 (Marfurt

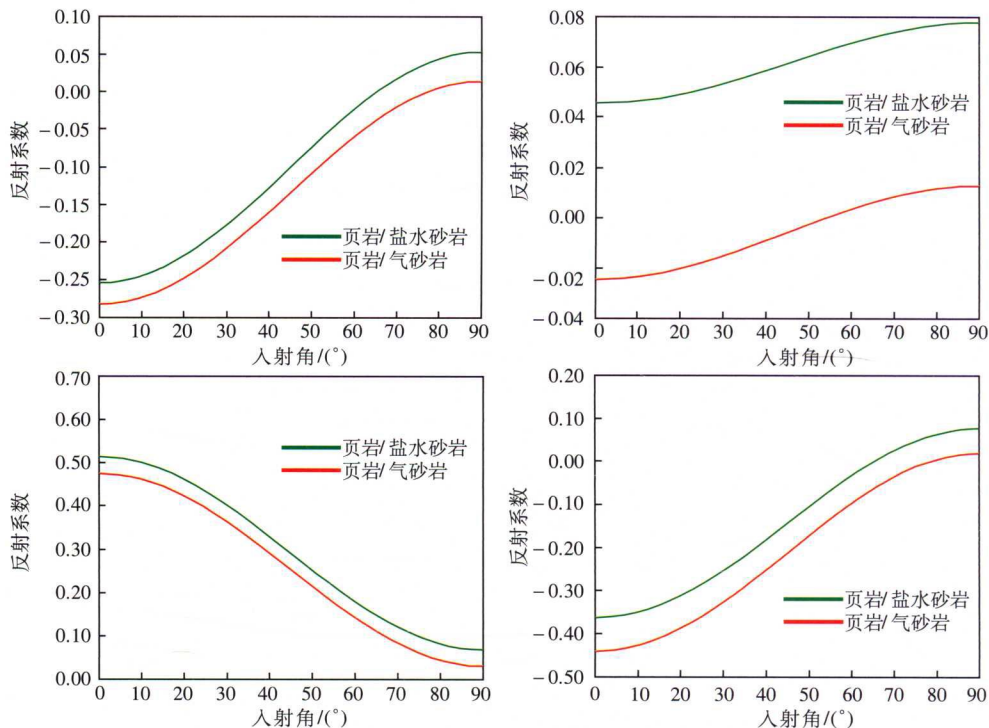


图 1-2 几类不同岩性组合下的 AVO (或 AVA) 异常

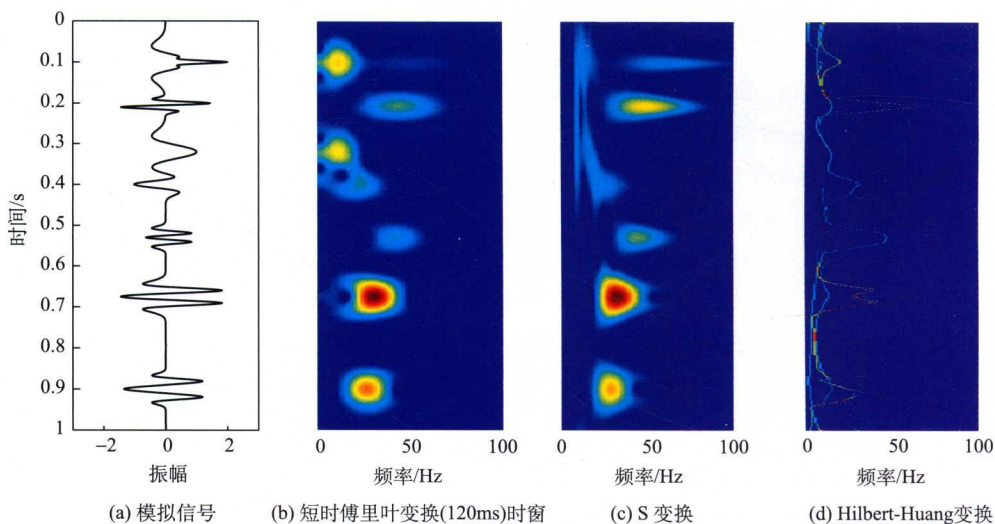


图 1-3 谱分解方法对比

and Kirilin, 2001) 以及烃类的直接检测 (Castagna et al., 2003; Sinha et al., 2005)。谱分解是一个非唯一过程, 因而一个地震道可以产生不同的时频分析结果。谱分解的方法也有很多, 包括 DFT (离散傅氏变换)、MEM (最大熵法)、CWT (连续小波变换)、ST (S 变换)、MPD (匹配追踪分解法) 以及 HHT (Hilbert-Huang 变换) 等。这些方法, 严格

来讲,无所谓“错”与“对”,每种方法都有利与弊,需要根据实际情况选用不同的方法。图 1-4 就是利用 DFT 方法进行谱分解运算求取的三维数据体的时间切片。

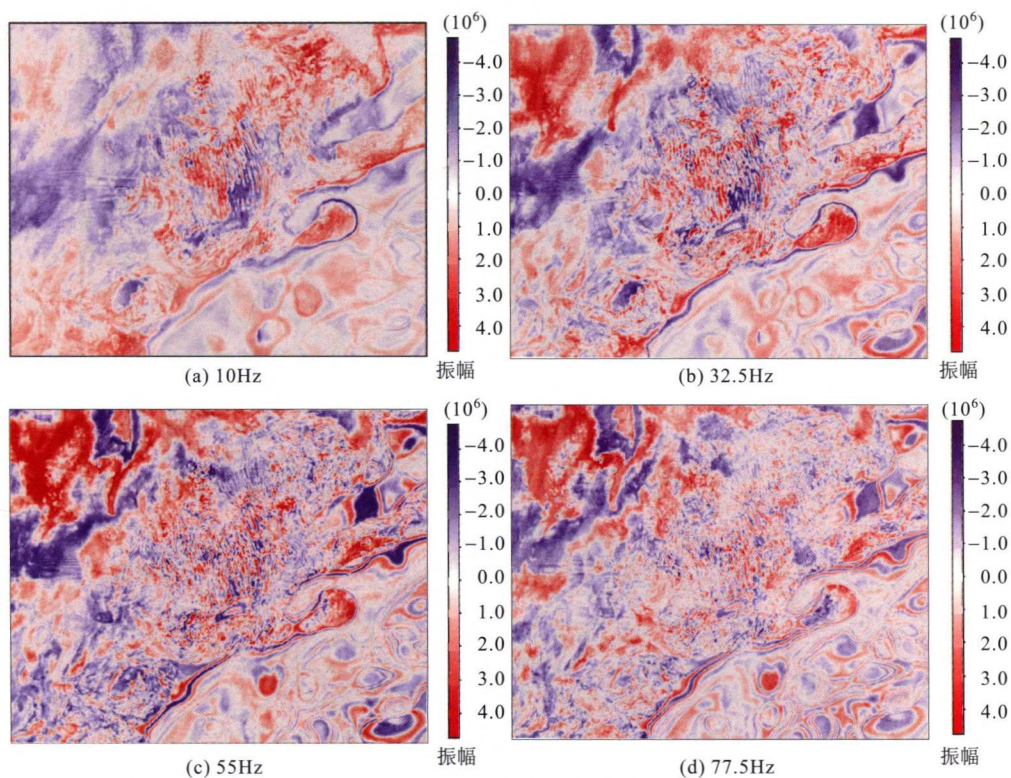


图 1-4 南海深水 10Hz、32.5Hz、55Hz、77.5Hz 三维数据体 1900ms 时间切片

4) 相干体

地震相干体 (coherence cube) 技术是 20 世纪末发展起来的一项功能强大的地震属性解释技术,自从 1995 年 Bahorich 和 Farmer 提出相干算法以来,该算法已从第一代基于互相关的算法 (简称 C_1 算法, Bahorich and Farmer, 1995)、第二代利用多道相似性的算法 (简称 C_2 算法, Marfurt et al., 1998),发展到第三代基于特征结构的相干算法 (简称 C_3 算法, Gersztenkorn and Marfurt, 1999),主要用于地质构造、沉积环境的解释和隐蔽性油气藏的勘探开发。虽然地震相干计算技术用于估算反射界面的倾角、计算折射静校正、剩余静校正和种子点层位自动拾取已有近 40 年的历史,但相干体技术应用于地震解释只有近 20 年的时间,其原理及应用将在 1.3 节进行详细介绍。

相干体技术利用求同存异的原则更清楚地识别地下间断面或不连续体,通过三维地震数据体来比较不同地震波形的相似性。相干值较低的点对应地质体边界 (如断层、烟囱构造、溶洞、灰岩坑、特殊岩性体边界等),对相干数据体做切片 (等时切片、层位切片、地层切片) 显示,可揭示断层、水道-堤岸沉积体系、块体搬运沉积体系、碳酸盐台地、岩性体边界、不整合等地质现象 (图 1-5),从而为油藏描述提供特征识别证据。

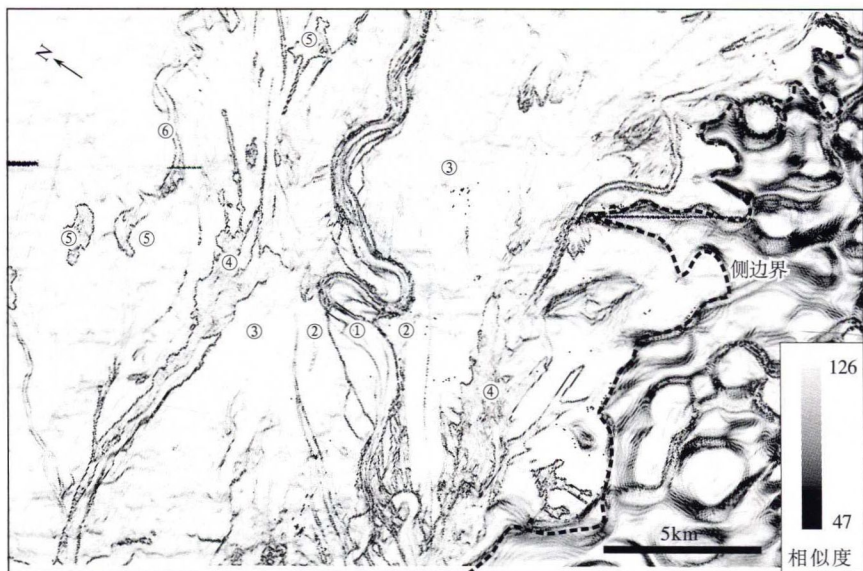


图 1-5 相干时间切片, 水道-堤岸沉积体系清晰可见

水道-堤岸沉积体系: ①水道; ②堤岸; ③越岸沉积; ④决口扇; ⑤滑塌体; ⑥碎屑流

5) 纹理属性

“地震纹理”一词早在 20 世纪 80 年代就已提出, 当时用于拾取地震剖面上具有共同信号特征的区域。近几年该属性有了新的发展, 基于统计测量, 利用灰度共生矩阵算法对纹理属性 (texture attributes) 进行分类。统计测量方法包括能量 (刻画纹理的均一性质)、熵 (测量不同纹素或体元之间的可预测性)、对比度 (重点刻画了相邻体元之间的振幅差异) 以及均一性 (强调了振幅的总体平滑度)。其中, 能量、对比度和熵被认为是描述地震数据特征最有效的一类属性。

图 1-6 是同一地层振幅和能量水平切片的对比图, 注意到在能量切片中, 河道/堤坝沉积可以更好地识别、成像和有效检测出来。

6) 曲率属性

曲率是一种三维属性, 它是对一个二次曲面相对于平面弯曲程度的度量。曲率属性 (curvature attributes) 属于地震信号二阶导数属性, 与倾角大小、倾角方位角等一阶导数属性相比, 曲率可以检测到地震数据中更细微的信息。地震曲率属性分析倾角、方位角的横向变化率, 其可以排除原始倾角的影响并且可以更清晰地刻画地下微小尺度断裂, 这些断裂往往和主要储集层或小断层联系紧密 (图 1-7), 这已经构成了大多数地震解释工作中不可或缺的部分 (Chopra and Marfurt, 2005, 2008)。

曲率属性按具体属性类别可分为构造曲率和振幅曲率, 前者由地震时间或深度剖面构造分量的横向二阶导数计算获得; 后者通过计算沿着反射层的地震振幅的二阶导数获

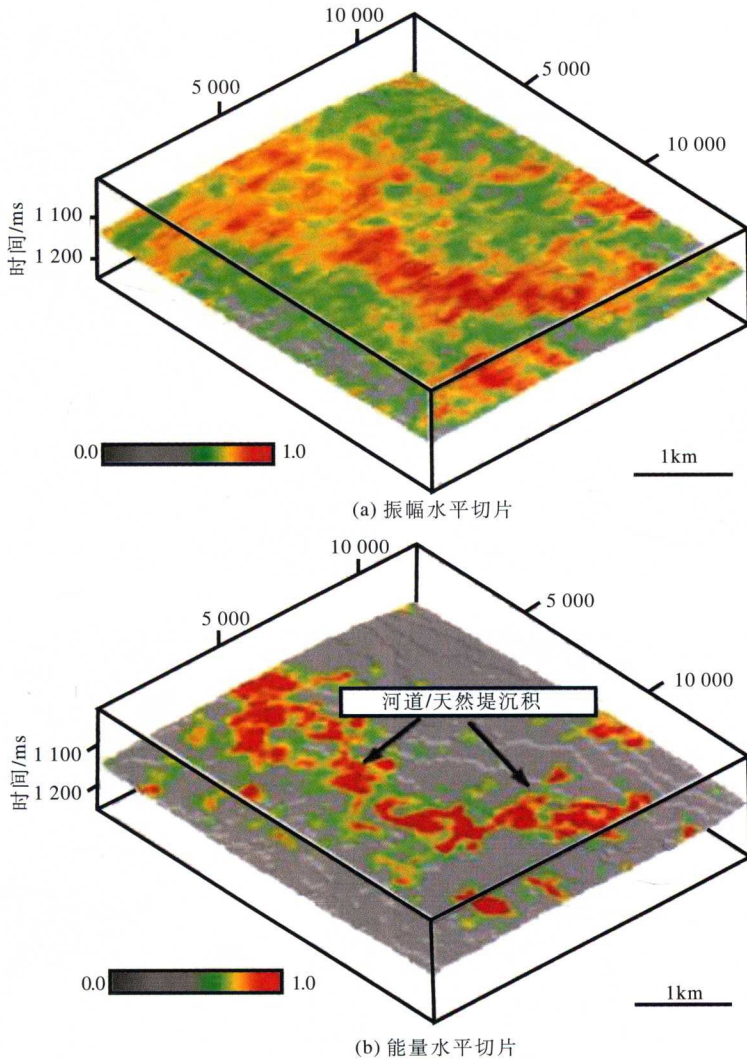


图 1-6 同一地层振幅和能量水平切片的对比图 (Chopra and Marfurt, 2005)

得。对于构造曲率数据体，可以计算构造倾角的纵测线和横测线分量；振幅曲率则类似计算能量加权的振幅梯度的纵横测线分量，这相当于直接测量振幅的变化。其中振幅曲率常常可以获得地下线性构造更为细致的信息。

现在的趋势是直接计算获得曲率属性体，其中，目前三维曲率属性体按属性值分类，最有效的可能是最大正曲率属性和最大负曲率属性，因为这两种最容易与地质构造产生联系，曲率属性体非常有助于构造变形地层及断裂中的挠曲、褶皱等精细构造的成像。由 Bergbauer 等在 2003 年提出多谱曲率计算方法，并被 Al-Dossary 和 Marfurt 在 2006 年引入到三维体计算。这种方法可以同时获取长波长和短波长曲率图，解释人员就可以对不同尺度的地质体进行刻画，或用于同一地质体不同尺度下特征的描述，短波长曲率应用于刻画高密度的、局部的裂隙；长波长曲率则常用于增强展布挠曲的精细特征，常规地震剖面难以做到这一点。

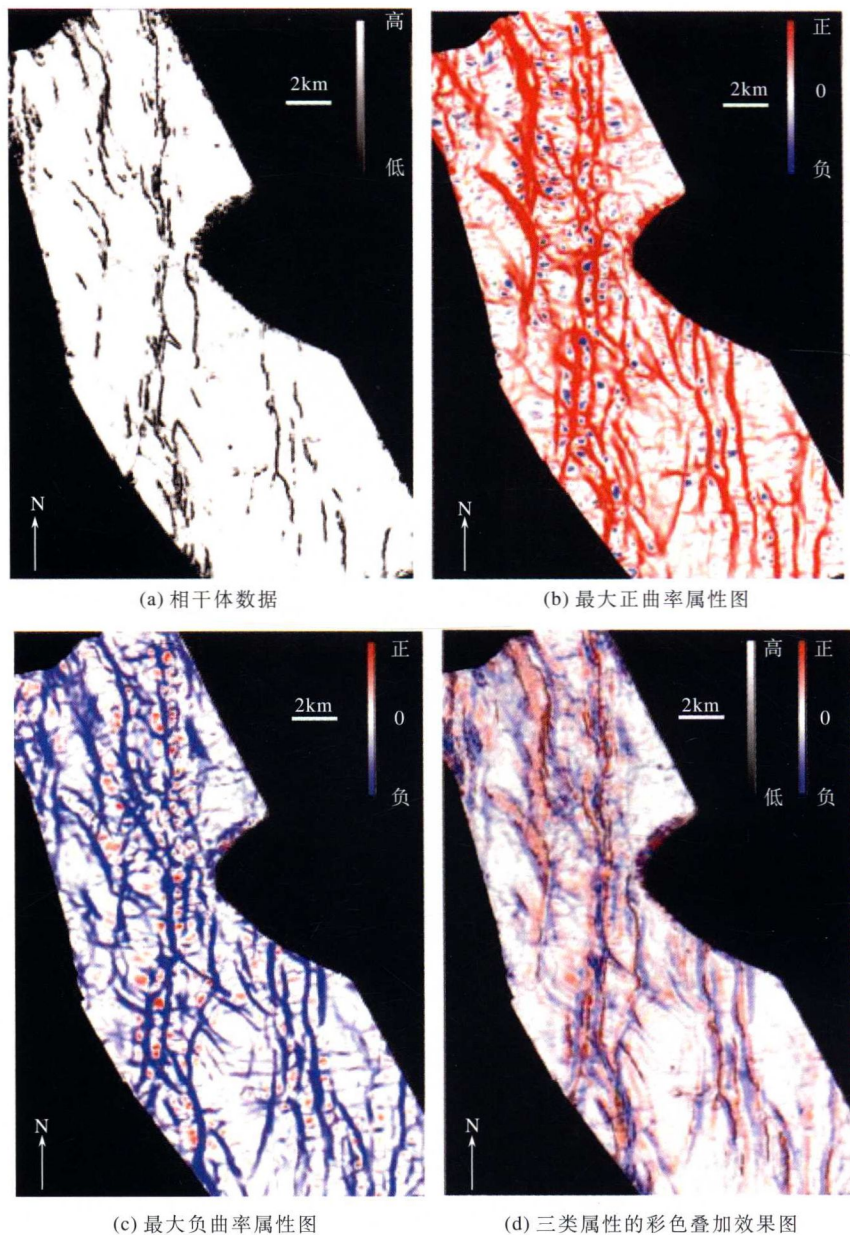


图 1-7 相干体与曲率属性对比 (Chopra and Marfurt, 2008)

相干体属性图中可见一些南北走向断层，但在曲率属性图中这些断层的细节更为清楚

7) 局部属性

地震解释中，局部地震属性不关心地震信号的瞬时特征，也不关心信号的全局特征，而是关注一个时间窗内地震信号中各个采样点附近的特征。局部属性 (local attributes) 可以定义为借助于归一化反演算法估计地震信号局部频率和不同地震道之间局部相似性的一种地震属性解释技术 (Fomel, 2007)。具体的属性包括局部频率、局部相似度等。局部频