

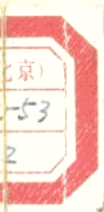
石油地震勘探 技术交流会论文集

(下册)

胡钦安 主编



石油工业出版社



登录号	086519
分类号	P631.4-53
样次号	002

石油地震勘探技术交流会 论文集

(下册)

胡钦安 主编

5256/20



莫

石油工业出版社



200398961

石油工业出版社



31.03.0

(京)新登字 082 号

内 容 提 要

本文集是从 1991 年 10 月中国石油天然气总公司地震勘探技术经验交流会上 140 多个报告中精选出的优秀论文。文集全面、深入地论述了全国各油田、各地区的石油物探单位在不同类型的地震地质条件下,运用新的地震勘探方法所取得的丰硕地质成果。

文集分上、中、下三册。上册包括高分辨率三维地震勘探的技术方法、应用条件和勘探效果等;中册包括地震资料处理的流程、技巧和新的方法,以及解释工作站的功能、使用和地质成果;下册包括储层预测、油藏描述的方法、应用实例和新的进展等。

本书是物探专业技术人员的良师益友,科研人员的参考文献,有关专业院校的辅导材料,也是领导机关工作人员不可缺少的参考资料。

石油地震勘探技术交流会论文集

(下册)

胡钦安 主编

*

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

石油地球物理勘探局制图印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 21 印张 528 千字 印 1—2000

1993 年 4 月河北第 1 版 1993 年 4 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-5021-1039-9/TE·967

定价:16.00 元

序 言

科学技术是第一生产力,振兴经济首先要振兴科技,科技工作要面向经济建设主战场,已经成为人们的共识。回顾十多年来我国石油工业每一步的发展无不和推进科技进步有关,尤其是我国的石油物探成效,更显得突出。1991年10月22日至29日在河北省涿州市物探局召开的中国石油天然气总公司地震勘探技术经验交流会是一次全面地、系统地总结和交流近年来地震勘探的新技术和新经验的大检阅。这次会议共收到140多篇有较高水平和较好应用价值的论文,大体上代表了当前我国石油物探技术水平。这些论文基本上反映了如下几方面的内容:

(1)我们已经拥有在地震地质条件极其复杂的地区获得高质量地震资料的采集技术,例如,在塔里木盆地地表沙丘起伏、构造埋藏深度大而幅度小及盖层地震速度横向变化大的地区;在河沟纵横的水网区;在崎岖的山区及高陡复杂构造区;在薄互层沉积区;在城区及地面密集的工业设施区等。这些复杂地表条件下的地震采集技术,在已有的国外文献中也是不多见的,具有鲜明的中国特色。

(2)我国的地震数据处理水平已具有相当高的水平,其中部分技术水平在国际市场上也有较强的竞争性。例如在阿尔善和河西务地区的三维地震资料处理水平已超过一些美国公司的处理水平。

(3)已拥有了一批地震数据特殊解释技术,如油田开发前期的以地震数据为主的横向预测技术;油田开发中由地震数据配合的油藏描述技术;岩相、沉积相和地史解释技术;河道、断层及特殊岩性体的解释和显示技术;人机联作解释技术和三维地震数据的特殊解释技术等。

(4)发展了地震地质解释理论,主要有陆相地震地层学、层序地层学的应用和发展;压扭和张扭应力等条件下的花式构造行迹的解释及对油气藏形成的影响;断层封堵条件的研究成果等。

鉴于上述论文具有的发展潜力及对进一步推动今后我国石油物探技术水平的作用,经总公司勘探局决定,将这次收到的论文中,除了已公开发表的以外,精选出 98 篇论文,以“石油地震勘探技术交流会论文集”的形式,由石油工业出版社公开出版。为了便于阅读,分上、中、下三册出版,每册收集相近的内容。上册以高分辨率三维地震勘探的内容为主,中册以处理和解释方法为主,下册以储层预测和油藏描述为主。为了保证本论文集的质量,每篇论文在作者重新修改的基础上分送权威专家审阅,编辑工作由物探局情报所和石油工业出版社共同承担,石油工业出版社负责全书的最终审校、出版。我们深信这套论文集的出版,对于推动我国石油物探新技术的普及和开发定会产生积极的影响。

陆邦干

目 录

✓ 探索用地震资料研究油藏参数的技术	杜世通等(1)
✓ 应用模式识别方法进行储集层的横向预测	钱绍新(14)
✓ 地震横向预测技术及应用	王智谔等(20)
✓ 地震横向预测技术研究	姚逢昌等(29)
地震法预测异常地层压力	陈洪丽(40)
三维波阻抗、AVO 处理技术及其应用	周锦明等(47)
克拉玛依油田稠油热采地震热前缘监测试验	金效国等(58)
马西地区河道砂体的预测	杨英学等(69)
冀中拗陷下第三系层序地层学研究	张振生(78)
层序地层学在断陷湖盆中的应用——以济阳拗陷下第三系为例	宋国奇等(88)
三维波阻抗和岩性预测方法及应用	高俊川等(98)
朝阳沟地区薄层油藏地质地球物理综合描述方法的效果	陈树民等(109)
• 松辽盆地北部古龙地区泥岩裂缝油气藏的地震预测方法	李大成等(120)
合成声阻抗剖面的制作及在横向预测中的应用	张文坡等(129)
吐鲁番—哈密盆地描述	袁 非(138)
准噶尔盆地三台油田马庄油藏描述	林祖彬等(144)
乌里亚斯太凹陷描述	刘国玺(150)
地震技术在舍女寺地区油藏描述中的应用及效果	祝文亮(156)
胜利油田油藏描述技术研究及推广应用	谭明友等(164)
✓ • 四川盆地碳酸盐岩裂缝发育带预测技术新进展	高如曾等(182)
✓ 川东地区石炭系储层厚度预测	张 红(194)
✓ • SH 盆地碳酸盐岩风化壳储层地震横向预测	潘存焕等(200)
✓ • 裂缝性油气藏的地震预测方法	陈志勇(221)
多元统计分析预测系统研制及在邵家地区的初步应用	胡中标等(229)
✓ 储层横向预测技术在松辽盆地南部中央拗陷区的应用实例	李晓光等(241)
辽南火山岩地区含气砂岩预测	张映红等(250)
高邮凹陷 XJZ 地区油藏预测及其效果	朱立华(256)
南阳凹陷黑龙庙地区岩性圈闭预测及其效果	李云昌等(276)
利用波形变化预测开发区含油储层分布范围	陈韶生等(284)
✓ 歧北凹陷储层横向预测——利用合成声速剖面进行砂体厚度定量解释	王建华等(292)
✓ 储层横向预测处理技术和实例	陈繁勤等(297)
✓ 金腾地区薄互层反射资料的采集、处理及储层预测	李勤学等(310)

探索用地震资料研究油藏参数的技术

杜世通 王永刚 陆 蓉 李 利

(石油大学(华东)勘探系)

摘 要

油藏描述技术研究要求利用地震资料解决油区储层横向预测问题。在探索用地震资料研究油藏参数的技术研究中,建立了:(1)地震多参数拾取及综合处理技术,根据油藏地球物理异常目标分布,实现储层岩性横向预测和油气分布预测;(2)由地震参数转换储层物性参数的随机过程滤波技术,根据地震旅行时参数,实现储层孔隙度空间分布预测。这两项技术为高分辨率三维地震资料解释、地质、测井和地震资料综合研究,进行油气储层描述,提供了新的研究方法。列举了储层岩性横向预测和储层孔隙度参数空间分布预测的实例。初步试验结果表明,上述方法研究成果可以满足油区早期油藏描述的要求,有实际使用价值,为开发地震研究补充了两项实用技术。

引 言

油藏描述技术为地震勘探技术提出了崭新课题。地球物理测井技术在储层研究和物性参数解释方面已达到较高的精细度,但要实现多井解释还必须进行井间储层横向预测和物性参数空间分布预测。虽然地震勘探及其资料处理取得了巨大进步,高分辨率三维地震勘探、声阻抗反演、垂直地震剖面法为油藏描述提供了强有力的工具,但在地震勘探技术发展的现阶段,用地震资料研究油藏参数难度仍然很大。为解决这一难题,采取了以下有效途径:(1)研究地震多参数的拾取及综合处理方法,实现储层岩性预测、油藏分布范围预测,并取得符合程度较高的地质解释结论;(2)研究地震参数滤波技术,实现由地震参数到储层物性参数的转换,并消除其它地质因素的影响,提高参数预测的精度和可靠性;(3)探索地震新技术,如井间地震观测、地震旅行时反演、地震层析成像技术等,在提高分辨率,进行储层研究方面的潜力和可能性。在此基础上形成了地震多参数拾取及综合处理、储层物性参数空间分布预测等两项实用技术,并在初步试验中取得了良好地质效果。这里将对上述两项实用技术做一系统介绍。

地震多参数综合处理技术原理

地震地层学解释的基础是假定地震反射剖面上反射同相轴对应沉积层地质年代的时间线,而地震反射特征的改变则反映了沉积层岩性信息。人们从地震剖面中提取各种有用信息,进行地震相分析,解决储层横向预测和油气预测问题。但是,由于观测条件和精度所限,使用单一参数解释复杂地质现象存在着多解性,而使用多参数综合解释又往往产生相互矛盾的结果,人工的综合又难免主观性判断的错误。地震多参数综合处理方法研究的目的是,建立一套在计算机上实现的地震剖面反射特征分析、地震多参数拾取与综合处理的算法和程序,将综合研究过程变为处理过程,将地球物理数据变为地质解释语言,尽量减少解释人员的主观判断因素影

响。为实现地震多参数综合处理^{[1][2]},从现有的模式识别方法中选择使用了:(1)无标准样本学习的输出能量最大准则滤波方法;(2)有标准样本学习的判别分析方法。)

地球物理场的性质受多种地质因素的影响,而单一的地质研究目标又会引起多个地球物理参数的变异。多参数综合处理就是要拾取地球物理场中能量贡献最大的低频成分,反映出影响各个地球物理参数的共同的地质因素。最大能量滤波器输出的是综合参数,而判别分析中计算的是判别函数。尽管它们已失去了各地震参数原有明确的物理意义,但却代表了多参数中包含的共性的变化,能较可靠地反映产生这些变化的地质因素。根据综合参数和判别函数进行统计判断,划分地球物理异常目标,参考已知地质资料及已知区域地球物理异常性质,可以对所划分出来的地球物理异常目标做出解释。将这项技术用于储层横向预测,可以根据地球物理异常目标分布,判断储层横向变化及砂岩体分布范围,油气检测,确定油气藏分布位置、圈定边界轮廓。地震多参数综合处理结果,更接近地质语言,便于地质人员直接使用。

地震多参数最大能量滤波原理

假设沿测线对研究目标测定了多种地震参数,每个测点上的参数观测数据可表示为一个多维向量

$$\{x_k\} = (x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kl}, \dots, x_{kL})^T \quad (1)$$

式中 k ——沿测线的测点序号;

l ——观测参数序号, $l=1, 2, \dots, L$;

L ——参数的总数。

对 k 测点上的全部参数观测数据可表示为一个 $K \times L$ 数据矩阵

$$[x] = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1l} & \dots & x_{1L} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2l} & \dots & x_{2L} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{k1} & x_{k2} & x_{k3} & \dots & x_{kl} & \dots & x_{kL} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{K1} & x_{K2} & x_{K3} & \dots & x_{Kl} & \dots & x_{KL} \end{bmatrix} \quad (2)$$

测点 k 上的综合参数 S_k 为该测点上各观测参数的加权平均值

$$S_k = \sum_{l=1}^L x_{kl} h_l \quad (3)$$

我们寻求加权因子 $\{h\}$, 使 S_k 在对各研究目标按信号有无的分类上有最大的区分度, 这将导出求解加权因子 $\{h\}$ 的线性方程组

$$\{[R] - \lambda[I]\}\{h\} = 0 \quad (4)$$

式中 $[R]$ 是地震多参数数据的自相关矩阵。矩阵元素可以表示为

$$R_{lm} = \sum_{k=1}^K (x_{kl} - \bar{x}_l)(x_{km} - \bar{x}_m) \quad (5)$$

$l, m=1, 2, \dots, L$

式中 $\bar{x}_l$ ——参数 l 对全测线的平均值。

方程(4)是地震参数自相关矩阵的本征方程, 对应最大本征值 $\lambda_{\max}$ 的本征向量, 是输出端能量信噪比最大的滤波因子, 也就是所寻求的加权因子 $\{h\}$ 。所以说综合参数处理实际上是地震多参数的最大能量滤波过程。

根据综合参数 S_k 拾取地球物理异常目标,是一个信号检测问题。为此,选择 T 为判定门檻值,当 $S_k > T$,为有异常判定;当 $S_k \leq T$,为无异常判定。

地震多参数判别分析原理

判别分析是一种常用的学习标准样本的模式识别方法,在地球物理资料综合研究中,按照地球物理特征对地质目标进行分类时,得到广泛应用。

地震参数以多维向量形式给出,如公式(1)和(2),并按研究目标分组。比如,在做储层岩性横向预测时,可以划分为以砂岩为主的岩性段和以泥岩为主的岩性段;在做油气预测时,可以划分为含油气区段和不含油气区段。当要求做多类别分类时,可以多次进行两个类别的分类。做判别分析时,首先选定两类已知地质目标作为标准样本,编号 $j=1$ 和 2 。对标准样本进行分析,确定判别系数 $C_l, l=1, 2, \dots, L$ 。选择判别系数,要求在两种不同类别地质目标范围内观测的数据组组内数据达到最大的均匀性,而在组间这种均匀性最小,区分度最大。这将导出求解判别系数 C 的方程组

$$[S]\{C\} = \{d\} \quad (6)$$

式中 $[S]$ 是数据自相关矩阵,矩阵元素表达式是

$$S_{lm} = \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^{K_j} (x_{kl}^{(j)} - \bar{x}_l^{(j)})(x_{km}^{(j)} - \bar{x}_m^{(j)}) \quad (7)$$

$$l, m = 1, 2, 3, \dots, L$$

式中 K_j —— j 类目标上测点总数;

(j) ——表示属 j 类目标的观测数据;

$\bar{x}_l^{(j)}$ ——第 l 参数在 j 目标上的观测数据平均值。

两类目标范围内 l 参数平均值之差

$$d_l = x_l^{(1)} - \bar{x}_l^{(2)}$$

式中 d_l ——构造列向量 $\{d\}$ 的元素。

判别函数 y_k 是参数观测数据 x_{kl} 的加权平均值

$$y_k = \sum_{l=1}^L C_l x_{kl} \quad (8)$$

根据已知地质目标上的判别函数,检验标准样本回判正确率。为此,应使用尽可能多的已知地质目标上的观测数据。达到足够的标准样本回判正确率后,对未知研究目标上的观测数据,使用选定的判别系数,计算判别函数(公式8),并进行两个类别的分类判定。通常选择两类标准样本判别函数平均值 $\bar{y}^{(1)}$ 和 $\bar{y}^{(2)}$ 的加权平均值作为判定界限 y_c 。

$$y_c = \frac{K_1 \bar{y}^{(1)} + K_2 \bar{y}^{(2)}}{K_1 + K_2} \quad (9)$$

当 $\bar{y}^{(1)} > \bar{y}^{(2)}$ 时, $y_k > y_c$ 属 $j=1$ 目标, $y_k < y_c$ 属 $j=2$ 目标;当 $\bar{y}^{(1)} < \bar{y}^{(2)}$ 时, $y_k > y_c$ 属 $j=2$ 目标, $y_k < y_c$ 属 $j=1$ 目标。显然,判别分析是根据已知地质目标的地球物理特征来推断未知目标地质属性的地震多参数综合处理方法。

地震多参数综合处理举例

图1和图2是地震多参数综合处理成果图。图的上部是被测试的储层段相应的地震反射剖面,图的下部是对这段地震记录做反射特征分析后拾取的地震多参数剖面图。分析记录反射特征,可以拾取波形特征、振幅特征、傅里叶谱特征、功率谱特征、相关分析特征、自回归分析参

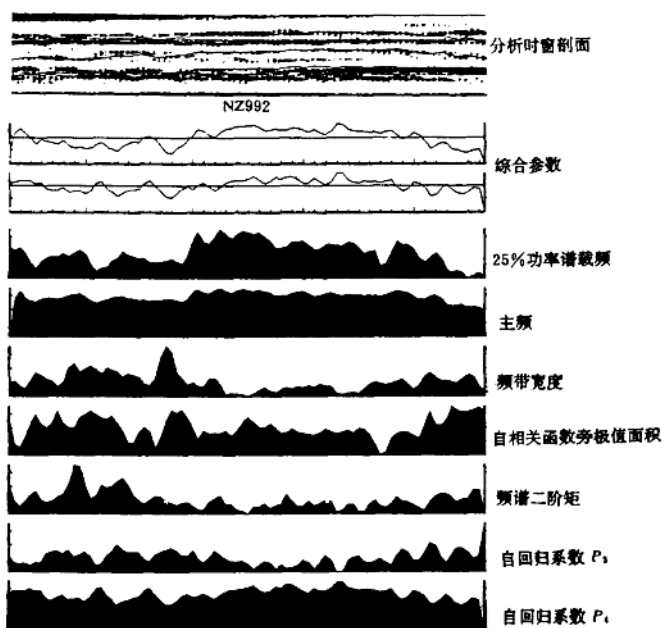


图 1 综合参数剖面图

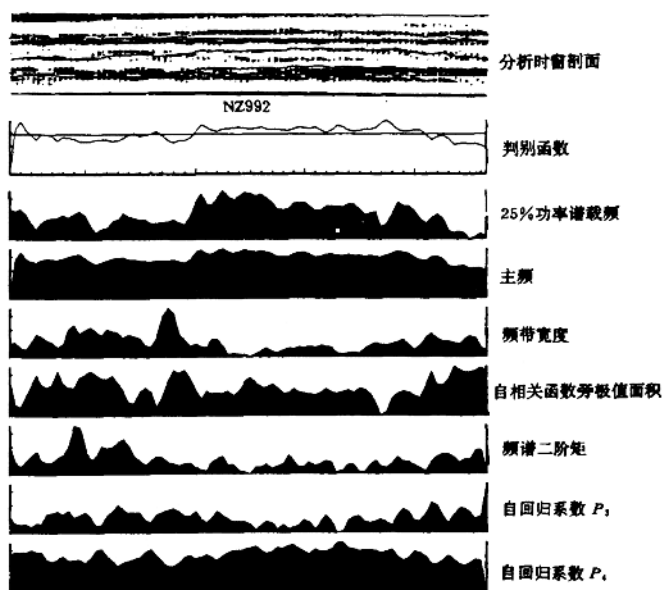


图 2 判别分析剖面图

数、地层吸收参数等,并选择一组与所研究的地质目标相关性强的参数,称为最佳特征参数组合,用于多参数综合处理。在所举的例子中,研究的目的是进行储层岩性横向预测,寻找砂岩发育地段。图1中部是最大能量滤波器输出的综合参数曲线,而图2中部是判别函数曲线,对地球物理异常目标作出解释,为一砂岩体。这一推断与钻井结果相符合。

储层参数转换滤波原理

油田发现初期,做早期油藏描述,要求根据少量钻井地质资料和测井资料,估算油田储量,以确定油田开发经济效益。为了估算油田储量,首先要确定油藏空间分布,圈定油藏边界,计算油藏的线性储量

$$V = h_e \cdot k \cdot \varphi$$

式中 h_e ——油层有效厚度;

k ——含油气饱和度;

φ ——储层孔隙度。

地面地球物理方法一般是不能直接测定这些油藏参数的。常用的方法是通过地震勘探方法直接测定或间接计算的参数,实行参数转换来研究储层参数的。为此,必须根据实测数据做统计分析,阐明地震参数 t 与待测储层参数 p 的对比关系。这里 t 泛指地震参数,可以是地震旅行时,也可以是声阻抗、反射系数、吸收系数等;而 p 也泛指储层参数,可以是孔隙度,也可以是油层有效厚度、含油气饱和度、渗透率等。

$$p = F(t) \quad (10)$$

储层参数预测的基础是确定算子 F ,然后按关系(10)将地震参数转换为储层参数。储层参数 p 在已知的数据标准空间为给定值,这个值通常来自钻井地质资料或测井资料。与井旁相应的地震资料 t 对比,找出关系 F ,使用算子 F 在预测空间根据已知的地震参数 t 预测储层参数 p 。这里使用的是已知数据标准空间与预测空间相似原则,由已知推断未知的分析方法。

但是,影响地震参数 t 的地质因素很多。在希望把地震参数 t 转换为储层参数 p 时,应该把地震参数看成是预测储层参数和其它地质因素的多元函数。不考虑其它地质因素影响,仅仅根据已知的储层参数与地震参数的实测数据进行统计分析,数据点比较分散,所得到的统计对比关系 F 有较大偏差。这些偏差带入储层参数转换,使预测结果具有较大误差,降低了预测的可靠性。为了解决这个问题,可以把地震参数看作是输入信号,把其中包含的储层参数信息看作是有效信号,把其它可能的地质因素影响看作是干扰,使用地震参数滤波方法,突出有效信号,压制干扰,就可改进储层参数预测的精度。在这里,由地震参数到储层参数的转换过程是一个相关滤波,根据已知的地震参数与储层参数的互相关函数设计滤波器,拾取储层参数。这一观点纠正了目前常用的参数转换的统计对比方法,提出了一个用地震参数研究油藏参数的新方向。

参数转换滤波器设计

设地震参数 $t = t(\bar{x})$ 和储层参数 $p = p(\bar{x})$, 它们是储层空间位置坐标 $x = (x, y)$ 双变量函数,具有广义随机过程的性质,可以计算它们的平均值 m_t 和 m_p ; 由观测值减去平均值,得到均值为零的区域变量样点,为方便起见,仍称之为地震参数 t 和储层参数 p 。地震参数可表示为储层参数加干扰 n , 且干扰与储层参数不相关,即

$$t(x) = p(x) + n(x) \quad (11)$$

设计一个参数转换滤波器 W , 使地震参数经滤波后, 得到一个储层参数估计值 p^* , 要求储层参数估计值与真值均方误差为最小, 这是一个随机过程的最佳线性滤波器, 如图 3 所示。

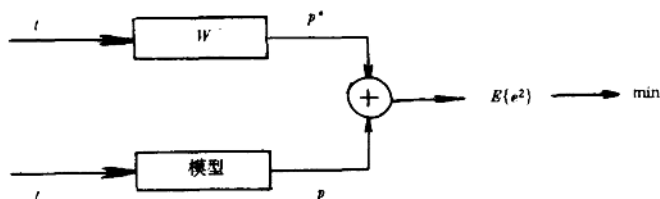


图 3 参数转换滤波器示意图

图中 $e = p - p^*$; $E\{\cdot\}$ 为取数学期望

设在地震参数和储层参数两个随机过程的相关半径范围内有 N 项数据, 则在储层参数预测点 x 上的估计值为

$$p^*(x) = \sum_{i=1}^N W_i t(x-i) \quad (12)$$

它是预测点周围地震参数的加权平均值。权系数 $\{W\}$ 将根据下面的线性方程组求解

$$[R_u]\{W\} = \{R_p\} \quad (13)$$

式中 $[R_u]$ ——地震参数的自相关矩阵;

$\{R_p\}$ ——储层参数与地震参数的互相关函数列向量。

其元素计算公式是

$$R_{pi}(i) = E\{p(x)t(x-i)\} \quad (14)$$

$$R_u(j-i) = E\{t(x-i)t(x-j)\} \quad (15)$$

此时, 储层函数预测误差为最小, 在数值上等于

$$E\{e^2\} = \sigma_p^2 - \{R_p\}^T \{[R_u]^{-1}\} \{R_p\} \quad (16)$$

式中, σ_p^2 为储层参数估计方差; 第二项为非负项, 滤波后将改进储层参数估计误差。当地震参数分布为白噪, 其方差为 σ_t^2 时, 储层参数预测误差为

$$E\{e^2\} = \sigma_p^2 - \frac{1}{\sigma_t^2} \sum_{i=1}^N R_{pi}^2(i) \quad (17)$$

可见, 储层参数预测精度改进与互相关函数 R_{pi} 有关。当两者相关性很强时, $R_{pi}(i)$ 接近于 1, 则经滤波后储层参数估计精度有较大提高。储层参数预测的关键在于建立地震参数与储层参数之间准确的互相关函数。

将方程组(13)写成代数形式, 可有

$$\sum_{i=1}^N W_i R_u(j-i) = R_{pi}(j) \quad (18)$$

$j=1, 2, \dots, N$

互相关函数 R_{pi} 是自相关函数 R_u 与权系数 W_i 的褶积, 取 Z 变换, 可以写作

$$W(z)R_u(z) = R_{pi}(z) \quad (19)$$

式中传输函数 $W(z)$ 表示为

$$W(z) = \frac{R_{pt}(z)}{R_{tt}(z)} \quad (20)$$

滤波方程(12)在 Z 变换域可表示为

$$p^*(z) = W(z)t(z) = \frac{R_{pt}(z)}{R_{tt}(z)}t(z) \quad (21)$$

显然,这是一个相关滤波器。根据地震参数自相关和地震参数与储层参数的互相关函数,设计滤波器,从而实现了由地震参数到储层参数的转换。

根据关系式(11),分别计算地震参数自相关函数和地震参数与储层参数互相关函数,并取 Z 变换,可有

$$R_{tt}(z) = R_{pp}(z) + R_{nn}(z) \quad (22)$$

$$R_{pt}(z) = R_{pp}(z) \quad (23)$$

式中 R_{pp} 和 R_{nn} 分别表示储层参数和干扰自相关函数。滤波器传输函数(20)可改写为

$$W(z) = \frac{R_{pp}(z)}{R_{pp}(z) + R_{nn}(z)} \quad (24)$$

取其单位圆上的值,可得滤波器频率特性

$$W(j\omega) = \frac{R_{pp}(j\omega)}{R_{pp}(j\omega) + R_{nn}(j\omega)} \quad (25)$$

式中: $j = \sqrt{-1}$ 。由关系式(25)可见,当干扰 n 很小时,滤波器频率特性接近于 1; 当干扰 n 较大时,其频率特性小于 1,输入数据经滤波后压制了干扰,排除了其它地质因素的影响,获得了储层参数 p 的可靠估计。

储层孔隙度参数空间分布预测

储层孔隙和微裂缝的存在使岩石的密度减小,使地震速度降低。在一定的孔隙度变化范围内,地震波(指纵波)传播速度与孔隙度的关系基本符合时间平均公式。在声波测井资料的孔隙度参数解释中,就是用这一关系将声波时差转换为视孔隙度,地层孔隙度由视孔隙度经过泥质校正后获得。使用地面地震资料换算孔隙度时,选用与测井声波时差相应的地震波旅行时,并将其换算为单位厚度的储层段垂直地震旅行时($\mu\text{s}/\text{m}$)。从储层参数转换原理来看,可以使用任何与孔隙度有关联的地震参数做孔隙度分布预测,例如声阻抗、反射系数、地震波振幅等。但是,地震波旅行时比这几个参数更容易取准,同时考虑到与声波测井资料解释相衔接以及使用地震三维数据体求取储层地震旅行时的精度,在下面介绍的实例中使用了单位厚度的储层段垂直地震旅行时,简称为声波时差。

根据高分辨率三维地震资料解释结果拾取声波时差参数的过程如下:

在三维地震资料解释中,进行储层对比,划分储层顶界和底界,测定各个深度点上的储层顶、底界间地震旅行时差,绘制旅行时差等值线图(图 4)。为了将地震旅行时差换算为声波时差,要求已知砂岩体储层厚度分布图,这里要求的储层厚度,必须有独立于地震旅行时差的信息来源,如钻井地质资料、测井解释分层数据、或对薄层储层根据地震反射波振幅调谐曲线测定的厚度数据。给定层速度,根据储层顶底地震旅行时计算的层厚度,已失去了孔隙度信息,不能用于孔隙度分布预测。图 5 为与图 4 对应的砂岩体使用调谐振幅曲线测定的砂体等厚图。选择可靠数据,以相同位置坐标点上的地震旅行时差除以层厚度,得到以($\mu\text{s}/\text{m}$)为量纲的声波时差或者称为慢度参数,网格化后得到声波时差等值线图,是预测孔隙度分布的基础图件(图 6)。

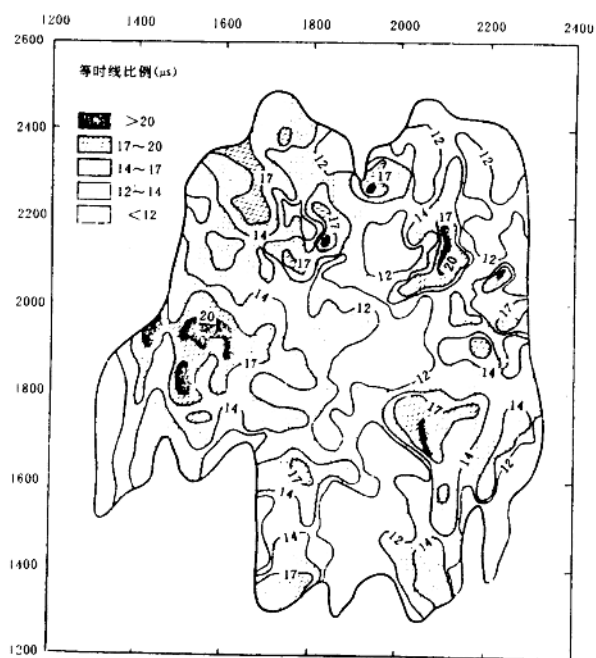


图4 砂体地震旅行时差图

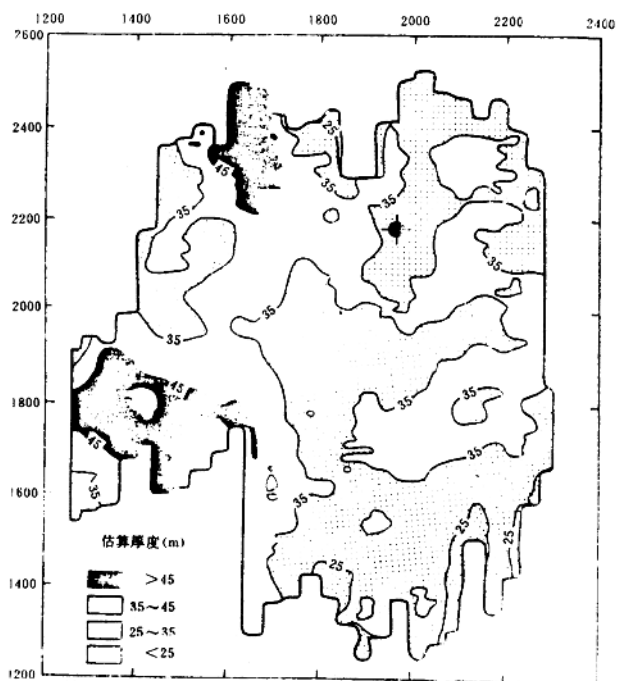


图5 砂体厚度等值线图

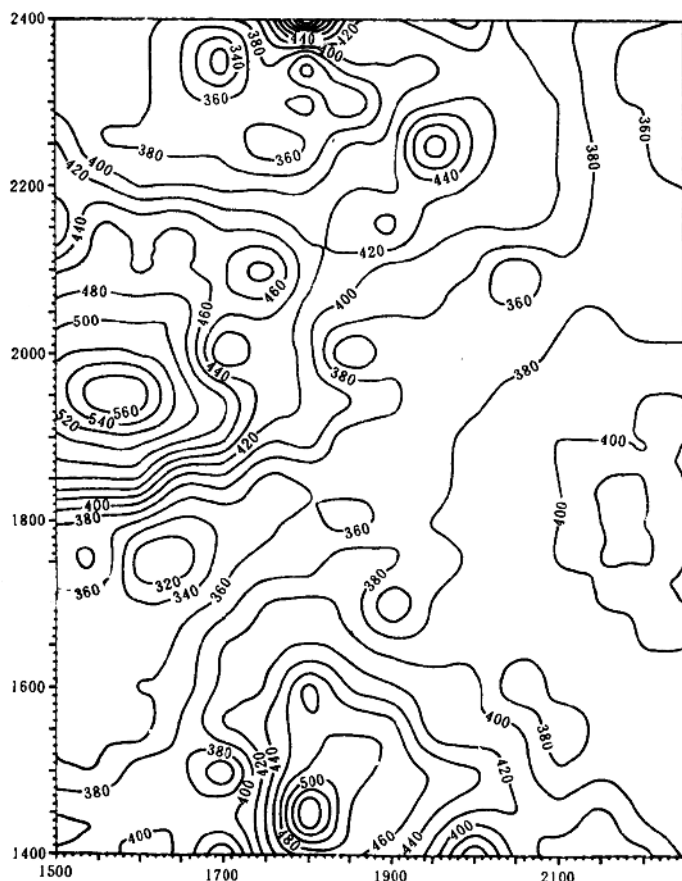


图6 砂体声波时差等值线图

由调谐振幅曲线建立地震反射波振幅与薄层厚度的关系,是一个统计分析过程,为确保参数拾取的可靠性,应尽可能多地使用已知井的资料进行厚度标定,并剔除偏差大的不可靠的振幅数据。为设计储层参数转换相关滤波器,利用声波时差等值线图 and 已知井位上的声波解释孔隙度数据,进行相关分析,计算声波时差自相关函数 R_u 和孔隙度与声波时差的互相关函数 R_{uv} ,并确定相关半径。当所研究地区没有已知孔隙度资料时,也可以利用相邻地区积累的孔隙度与声波时差的互相关函数进行孔隙度参数初步预测,为早期油藏描述提供参数数据。已知声波时差自相关矩阵和孔隙度与声波时差的互相关列向量可求解方程组(13),获得权系数 $\{W\}$,按公式(12)计算孔隙度估计值,称为相对孔隙度(图7)。相对孔隙度与该地区孔隙度平均值 m_p 相加,得到预测孔隙度(图8)。

在做孔隙度参数转换时,可使用公式(16)或(17)计算孔隙度预测误差。根据预测误差分布图,研究人员可以判断给定的孔隙度参数分布的可靠性。积累足够的实际资料,改进孔隙度与声波时差的互相关函数的拟合精度,设计出准确的孔隙度预测滤波器,是这项技术的关键。

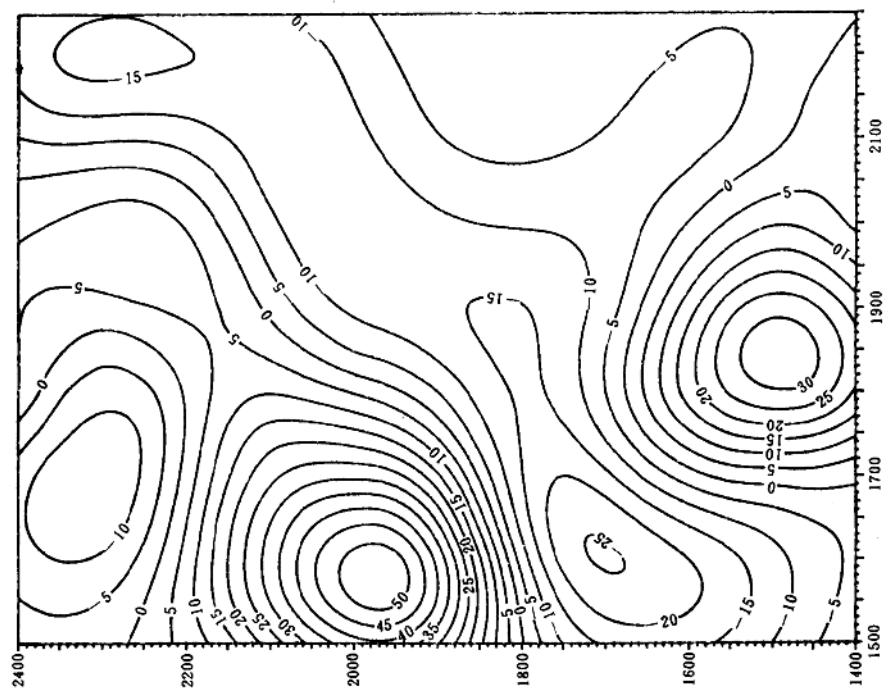


图7 砂体相对孔隙度等值线图

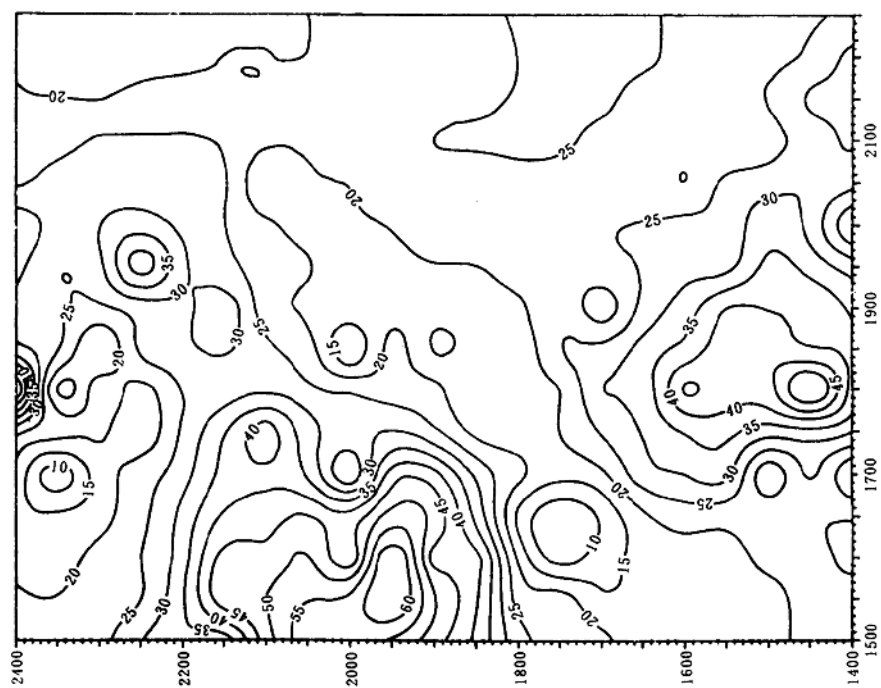


图8 砂体孔隙度参数分布图

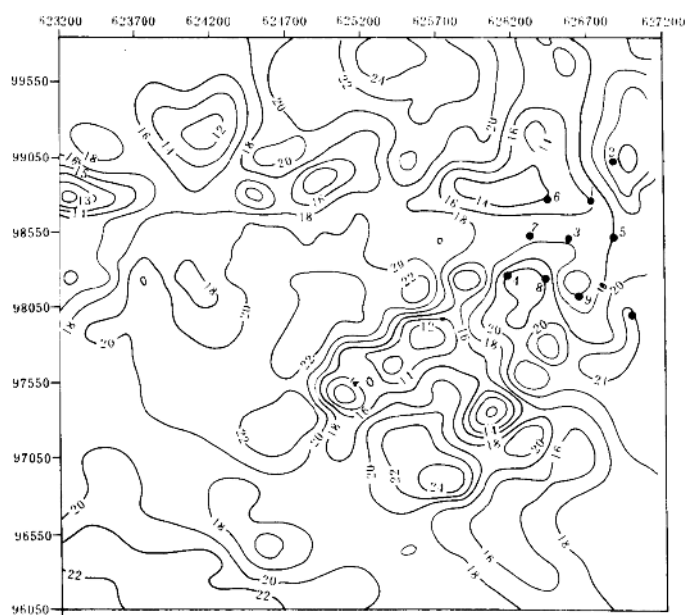


图 9 试验区砂体孔隙度分布图(相关滤波法)

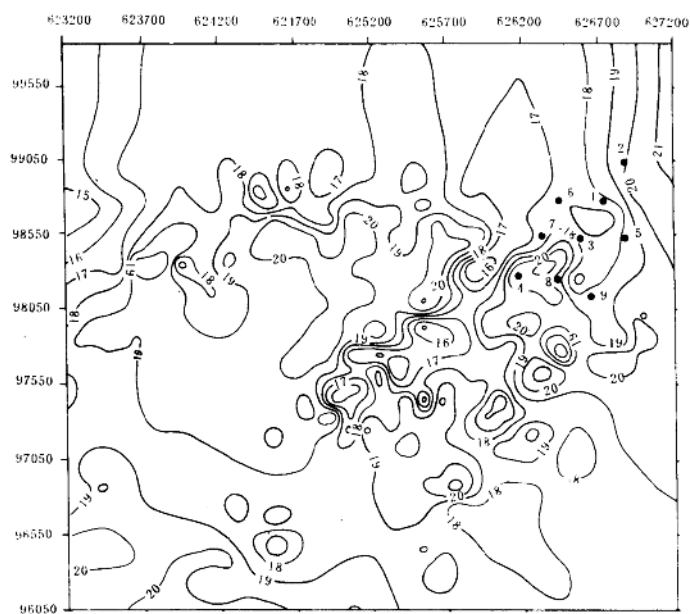


图 10 试验区砂体孔隙度分布图(协克里金法)