

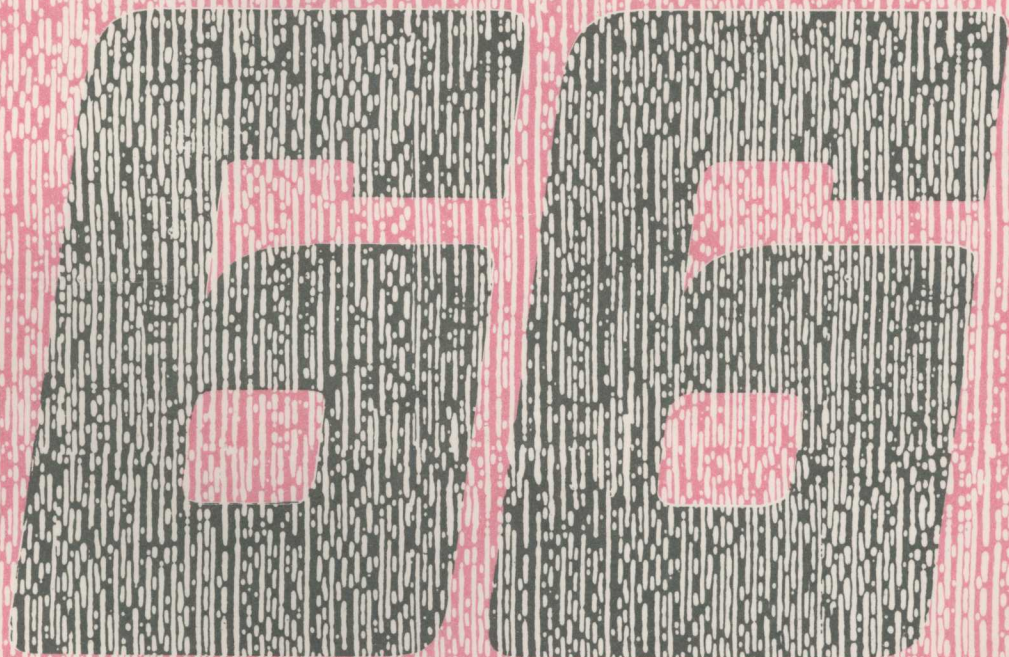
美国勘探地球物理学家学会 第66届年会论文集

地质矿产部石油物探研究所情报室

中国石油天然气总公司
地球物理勘探局

译

科技情报所



石油工业出版社

美国勘探地球物理学家学会 第 66 届年会论文集

地质矿产部石油物探研究所情报室

中国石油天然气总公司 科技情报所
地球物理勘探局

译

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是美国勘探地球物理学家学会于 1996 年 11 月 11~15 日在美国科罗拉多州丹佛市举行的第 66 届年会上所发表的部分论文的详细摘要。内容包括:地震采集、井下地球物理、地震解释、地震模拟、地震偏移、多分量地震、地震处理、岩石物理、地震岩性等方面的最新成果。本书可供应用地球物理学科的专业技术人员及大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

美国勘探地球物理学家学会第 66 届年会论文集/
地质矿产部石油物探研究所情报室,中国石油天然气
总公司地球物理勘探局科技情报所译.

北京:石油工业出版社,1997.10

ISBN 7-5021-2139-0

I. 美…

II. ①地… ②中…

III. 地球物理勘探-美国-学术会议;年会-文集

IV. P631-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 19774 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

煤炭工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 22 $\frac{3}{4}$ 印张 580 千字 印 1—1000

1997 年 10 月北京第 1 版 1997 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-2139-0/TE·1796

定价:50.00 元

目 录

地震采集	(1)
广方位角勘查中不规则几何排列的处理	(1)
物理模型试验中叠加次数对水平分辨率的影响	(5)
偏移图象的分辨率极限	(7)
三维弯曲面元和 DMO	(11)
共反射面元大小与线性速度 $v(z)$	(14)
地震可控震源的远场谐波测量	(17)
现在如何对付地滚波? 线性时差噪声抑制的三维剖析	(21)
三分量三维地震勘测的设计	(25)
井下地球物理	(27)
Hugoton 气田井间勘探: 直接研究地层、地震岩石物理特征和页岩各向异性	(27)
井间地震数据反演: 超越黑匣子	(31)
用被动地震监测确定切割注入裂缝的发育	(35)
用于加利福尼亚 Wilmington 油田孔隙度和流体特征描述的下套管声波测井	(38)
地震速度不均匀性的小波功率谱表述	(42)
井下复杂粘弹性介质中管波的传播: 模型研究的数值方法	(46)
阵列挠曲波数据的速度分析方法比较	(50)
利用井中挠曲波反演地层切变模量和研究径向有效深度	(54)
利用井中斯通利波透射和反射数据分析裂缝	(59)
根据井中斯通利波的衰减估算渗透率	(63)
利用井中数据定量分析地震数据质量	(67)
一种先进的井中震源	(70)
地震解释	(75)
下白垩系深切谷河道砂岩三维地震勘探: 风险与机遇	(75)
加拿大和平河曲部 Montney 砂岩的地震油藏描述	(78)
用三维三分量反射地震学描述 Morrow 河谷充填砂岩油藏特征	(81)
实时三维地震成像: 一个实例的剖析	(84)
深度叠加: 复杂地质构造成像的经济解	(86)
地质约束三维速度模型建立和深度偏移——北海的例子	(91)
弯曲测线, 恶劣地形: 向正确的地震成像前进	(94)
逆冲断层带深度成像的综合方法	(96)
地震属性分析和标定: 一般方法和实例	(99)
地震偏移	(103)
用共聚焦点技术进行偏移速度分析	(103)
用共焦点道集进行自动叠前偏移分析	(106)
变深度步长 $f-x$ 偏移	(109)
等效偏移距叠前偏移的理论基础	(112)

起伏地形等效偏移距叠前偏移法.....	(116)
用克希霍夫算子分裂法进行三维叠前深度偏移.....	(120)
用多尺度偏移作多尺度边缘检测.....	(123)
各向异性介质中的多参数 DMO/TZO	(126)
与初至旅行时有关的深度偏移假象.....	(132)
横向变化介质中偏移方法的比较.....	(135)
复杂构造叠前深度成像中克希霍夫和逆时偏移法的应用比较.....	(139)
我们能平滑后的宏观速度模型对复杂构造成像吗?	(142)
三维叠前保持振幅偏移:实际资料的应用	(145)
用几种旅行时发生器对 SEG/EAGE 盐丘模型的克希霍夫偏移结果进行比较	(148)
应用转换波能量和声波深度偏移对盐下成像.....	(152)
地震模拟	(155)
用格子气自动机模拟波在固体中传播的模型研究.....	(155)
单个滞弹性的破裂和裂缝的弹性波散射.....	(158)
Marmousi 模型中的二点射线追踪	(161)
复杂构造三维反射层析成像.....	(165)
在平面波域利用 VFSA 自动估计背景速度	(171)
用概率型神经网络法在叠前偏移道集中作自动同相轴拾取.....	(174)
多分量地震	(178)
双孔隙度气藏的多分量声波及地震资料解释.....	(178)
利用 Hallettsville 地区三维声阻抗资料进行储层描述	(181)
利用从宽带地震资料求得的 v_P/v_S 值进行储层描述	(184)
地震处理	(189)
偏移前宽带数据的水平分辨率.....	(189)
地震分辨率的定量估算.....	(192)
用混合傅里叶—拉冬变换对稀疏采样数据进行信号和噪音分解.....	(196)
利用 $f-x$ 谱估算地震信号带	(201)
无假频 $f-k$ 域地震道内插(UFKI)	(205)
等效炮检距叠前偏移中的自然去假频.....	(209)
用于不规则三维采集的 DZO	(213)
各向异性介质中正常时差的三维描述.....	(217)
水平横向各向同性介质的非双曲线型的反射时差.....	(221)
在横向各向同性介质中用非双曲线型时差进行速度分析.....	(225)
倾斜对称轴横向各向同性介质中各向异性参数的确定:地面测量法	(230)
非均匀介质中的速度估计.....	(233)
压制多次波对 AVO 分析和 CMP 叠加数据的意义	(236)
用反向散射衰减层内多次波:叠前一维与二维声波及弹性合成结果	(240)
改进型 Radon 变换对多次波衰减的影响	(244)
地面和层间多次波的消除法.....	(249)
加拿大阿尔伯特(Alberta)加法里(Joffre)油田三维横波资料的方位分析	(252)

转换波(P—SV)叠前偏移和偏移速度分析	(256)
通过多重同态谱求取子波	(260)
存在噪声时的保持振幅处理:反褶积问题	(264)
通过反褶积不可视变可视的方法提高子波稳定性	(268)
地震道的奇性特征分析	(272)
地震叠加剖面的子带压缩	(276)
小波压缩用于三维深度偏移	(280)
地震数据一维、二维、三维小波压缩方法的定量比较	(282)
剩余静校正估计中地表一致性假设的质量	(286)
利用三维回转射线层析成像进行以模型为基础的静校正	(290)
提高神经网络拾取初至的可靠性	(293)
岩石物理	(297)
Glenn Pool 油田砂岩的超声 P 波衰减与孔隙度、渗透率和粘土含量的关系	(297)
地震频率的衰减和速度弥散	(299)
流体饱和孔隙介质中动电转换的实验研究	(302)
地震岩性	(306)
两步法速度估计与 τ - p 域 AVO 反演	(306)
真振幅 DMO、炮检距延拓和弯曲反射面的 AVA/AVO	(310)
用岩相层序进行烃类检测	(314)
根据 AVO 反演直接确定碎屑岩储层孔隙度及压力	(318)
油藏监测:多学科可行性研究	(321)
油藏监测:依据地震和测井数据进行流体前缘分类	(326)
利用地层反演和模式识别进行三维储层描述	(328)
依据方位速度分析利用三维地面地震数据进行裂隙作图	(332)
摄动理论下的弱横向各向同性	(336)
地震波在相互连通的裂隙和孔隙介质中的传播	(340)
从地面地震数据确定各向异性:一项实例研究	(344)
专题研究	(348)
地震数据压缩的若干问题	(348)
衡量地震数据的压缩结果:多大的损失可以接受?	(351)
通过多维小波变换和与数据有关的量化优化压缩过程	(352)
利用地震属性进行储层特征描述:来自印度尼西亚 Peciko 的实例	(353)
怀俄明州 Powder 河盆地 Donkey Creek North Minnelusa 油田的三维可视化	(356)

地震采集

广方位角勘查中不规则几何排列的处理

Nizar Chemingui, Stanford University; and Biondo Biondi, Stanford University

摘要 用于振幅反演的地震资料处理往往忽略了一个重要的不利于保持振幅的问题:稀疏和不规则几何排列的影响。在为了研究 AVO 梯度中方位角变化所进行的广方位角勘查中,此问题是严重的。我们提出了一种用来处理广方位角勘查的新技术,它能使三维地震资料精确成象,同时保持相对振幅来描述随炮检距和方位角变化的反射系数函数。该方法重点既在算法的精确度,也在于恰当地处理不规则几何排列,并可对偏移资料作可靠的 AVO 分析。此项技术基于将地震数据重排成共方位角(OA)和共炮检距(CO)立方体并在成象以前使其内插到一个规格的网格中。然后用效率高的真振幅偏移算法对此规则的 CA/CO 立方体作偏移。我们应用此项技术是为了转换成合成的反射系统模型以模拟在裂缝性储层上进行实际三维广方位角陆地勘查。正如所料,结果显示克希霍夫偏移对不规则采样相当敏感,它产生了强烈的振幅畸变。方位角时差(AMO)变换成功地将数据编排成规则的网格立方体并有助于保持振幅信息和成象。我们断言,在偏移之前内插地震数据有助于保持振幅信息并且 AMO 可减少广方位角勘查中不规则采样造成的影响。

引言

自从“真振幅”处理作为一种新的研究领域出现以来,大部分振幅研究已把重点放在开发振幅保持成象算子上,如像 DMO 和偏移(Beasley 和 Mobley(1988);Black 等(1993);Bleistein(1987);Sullivan 和 Cohen(1987);Schleicher 等(1993);Ronen 等(1995))。然而,正如 Beasley(1994)指出,焦点完全集中在算法精度上会忽略一个不利于振幅保持的问题:稀疏和不规则几何排列的影响。Gardner 和 Canning(1994)通过用真三维陆上采集几何排列合成的例子来说明不规则采样对三维叠前偏移的某些影响。任何处理顺序的设计都不得不考虑算法精度和不规则采样这两个问题。

近来,方位角的各向异性,更准确地说是断裂引起的各向异性是否可在三维纵波资料上检测和测量的问题已经被提出来供研究和调查(Lefevre,1994;Lynn 等,1995)。显然,这种影响只能在广方位角范围内常常被认为是有问题的那一类勘查资料上观测得到。挑战不是来自广方位角变化范围本身,而是每一方位角在中点上和炮检距上未被充分采样这一事实(Canning 和 Gardner,1995)。当对地震资料应用三维叠前偏移时,这些采样的不规则性可引起噪声,导致振幅甚至构造的畸变(Gardner 和 Canning,1994)。在本项工作中,我们为处理广方位角勘查以及处理与之有关联的不规则几何排列提供一种新策略。该方法基于应用 AMO 变换(Biondi 和 Chemingui,1994)把广三维勘查排列成较低叠次的单方位角勘查的集合。因此,当离散的方位角被独立处理时,每一方位角模拟一种海洋三维勘查。

最后,为了正确地分析振幅信息,需用叠前偏移来确定 AVO 异常的位置和范围。对于叠前成像,克希霍夫偏移已成为用于三维数据集的优先选用方法,因为它能被应用于全叠前数据的任何子集并且估计可处理三维勘查中的不规则几何排列。本文中,我们仔细研究了恒炮检距偏移中真振幅处理问题,并且证明直接用克希霍夫偏移无法处理三维勘查中的不规则采样。我们显示 AMO 变换之后,数据内插成共方位角子集,在中点—炮检距上规则地采样。然后用振幅保持克希霍夫偏移算法来偏移共方位角共炮检距立方体。我们用合成模型说明了我们的技术,它模拟了怀俄明州粉河盆地裂缝储层上一次真三维勘查。将真振幅序列用于实际资料的结果将以口头形式说明。

真振幅序列

图 1 中基本处理流程概述了保幅处理的主要步骤。它包括用于 AVO 分析的重要基础:即恢复相对振幅,当数据重组和规格化时保持振幅,用相干部分叠加增强信噪比,以及反射层的正确定位。本文讨论了后三个方面。

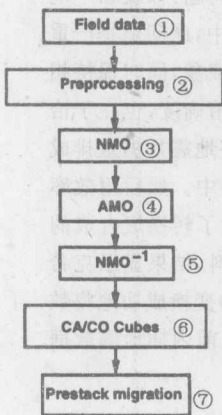


图 1 广方位角勘查振幅保持处理的流程图

- ①野外资料;②预处理;
③动校正;④方位角时差校正;
⑤反动校正;⑥共方位角/共炮
检距立方体;⑦叠前偏移

成像算子的算法精度

真振幅成像目的在于产生一个随角度变化的反射率函数。该定义简单得足以把我们提议的序列中的算子作为“真振幅”来考虑。

AMO 变换既保持了振幅信息 (Chemingui 和 Biondi, 1995) 又通过相干部分叠加保持了构造倾角 (Biondi 等, 1996)。根据 Fomel 和 Biondi (1995) 的工作, 我们开发了一种用于 AMO 的时间和空间公式的既实际又精确的执行程序以适当地处理算子的有限孔径。振幅权值是由 Chemingui 和 Biondi (1995) 提出来的, 并基于由它准确的渐近反演所级联的 DMO 的 FK 定义。

成像顺序中的第二步需要叠前偏移, 以便确定 AVO 异常的位置和范围。偏移的目的在于使基于地震资料单向表达的反射率函数成像。在此结构中, 偏移能用公式表示成一种反演问题 (Sullivan 和 Cohen (1987); Bleistein (1987); Schleicher 等 (1993))。在正演问题中, 每道模拟为反射层图象源的加权总和。因此, 地震资料的克希霍夫偏移包括经过滤波的地面记录道的加权总和, 权重是从反演理论或从几何考虑推导出来的。当我们执行克希霍夫叠前深度偏移时, 对模型作射线跟踪求出与震源和检波器项有关的格林函数旅行时的值并计算它们相应的 WKB 振幅 (Lumley, 1989)。

因为 AMO 和偏移算法二者都是为用于克希霍夫计算而开发的, 尤其要小心避免算子的假频。最大频率由算子局部斜率确定的带通时间滤波器可用来防止沿着算子的陡旅行时斜坡出现的假频。

不规则几何排列的处理

常规的共反射面元和内插技术往往会完全忽略震源—检波器的方向问题并且引起在所给区域内将振幅平均的有害效应。我们提出应用 AMO 算子把广方位角范围不规则三维勘查转换成规则的具有共同震源—检波器方位角的中点—炮检距子集。所得到的规则几何排列可方便地适用于需要规则网格的其它处理算法。在下文中, 我们显示如何能应用此项技术来转换实际的广方位角三维勘查几何排列产生的合成反射率模型。

野外数据

Arco 公司在怀俄明州粉河盆地的裂缝储层上采集了近四平方英里的三维单分量数据。该项目的目标是打算说明断裂的取向和密度能从成本低廉的纵波地面地震勘查来确定。数据的质量很高。该地区主要的地质结构是平的。目的层为 Niobrara/Frontier 层, 深约 10500ft^① (大约为 2.2s)。以前的二维工作通过横波分裂、纵波速度分析、反射率研究和 AVO 反演显示了各向异性证据。这些资料为试验我们的技术提供了一种好的选择。

采集几何排列

该项勘查是为了提供大范围的方位角覆盖而设计的。我们选择了一种按钮—大面积组合几何排列, 并使用了总共十个大面积组合。图 2 显示了该勘查的设计图和按钮的结构。此次勘查用了 840 炮和 3840 个接收器。每个检波器阵列是由 30ft 圆圈上的 12 个检波器组成。横跨 4.5mile^② 的目标带可达到 20 次满叠加次数。标称的和最大的炮检距分别为 12000ft 和 18000ft。从远绝对炮检距确定的目的层最大反射角约为 60°。

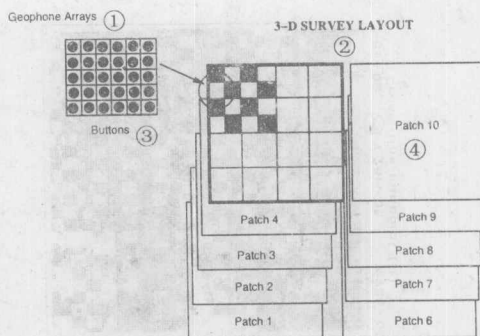


图 2 按钮—大面积组合采集几何排列

① 检波器组合; ② 三维勘查设计图; ③ 按钮; ④ 大面积组合 10

合成试验

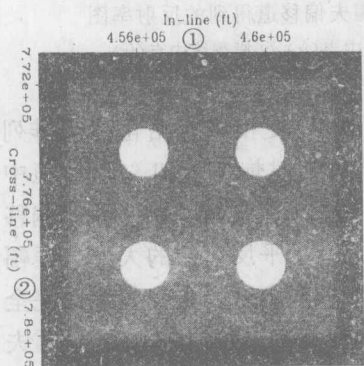


图 3 平反射层的合成反射率模型
白圈是在单位反射率常数背景下的 2.5 高反射系统区。①纵测线(ft); ②横测线(ft)

为了研究该序列中成像算子的振幅特性, 我们设计一种合成反射率模型, 它模拟了沿其表面有振幅异常的平反射层。该模型有 10000ft×10000ft 见方, 这与实际勘查面积大小相当。异常带取高反射率圆圈的形式。图 3 显示了在平反射面顶部所取的合成模型横剖面。模型各边逐渐缩减以避免模拟算法的数值绕射。为简单起见, 我们假定介质具有 10000ft/s 的常速。

在第一个试验中, 我们用规则的恒炮检距几何排列模拟了反射层。此项勘查模拟了零方位角采集以及具有 62.5ft 规则中点间隔的 8000ft 炮检距。图 4 显示了规则的 CA/CO 立方体的偏移。正如所料, 该偏移生成了很好的图象并成功地转换为沿反射层的反射率函数。圆圈形异常的边沿着零方位角采集方向(沿测线方向), 有点模糊不清。

在第二个试验中, 我们用实际三维勘查的按钮—大面积组合几何排列来模拟反射层。我们提取了总共 24000 个道头, 它们的震源—检波点方位角在 -30°至 30°之间, 绝对

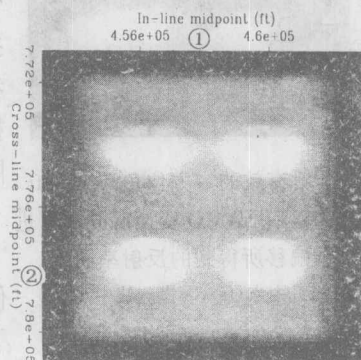


图 4 零方位角、恒炮检距试验中通过偏移规则立方体得到的反射率图象
①纵测线中点(ft); ②横测线中点(ft)

① 1ft=0.3048m。

② 1mile=1609.344m。

炮检距范围从 7000ft 到 9000ft。偏移成像的结果显示于图 6 中。反射率图分辨率很差并且受到沿所有平反射层散射造成的振幅畸变的影响。低覆盖区面积和反射率图的分辨率之间的直接相关性得到了记录。剖面左边两个异常遭受畸变最厉害,因为相应于图上的那边缺失了许多道。图 5 显示了重叠在输入道中点几何排列之上的异常位置。左边两个异常采样较少,远远超出假频的范围。我们得出结论,单独的克希霍夫偏移不能保持反射层振幅和判定很稀疏和不规则覆盖情况下异常的位置。

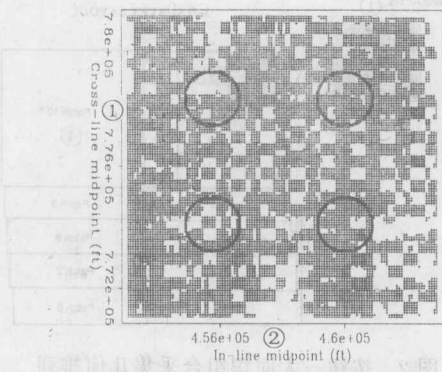


图 5 重叠于记录道中点几何排列上的振幅异常位置
①横测线中点(ft);②纵测线中点(ft)

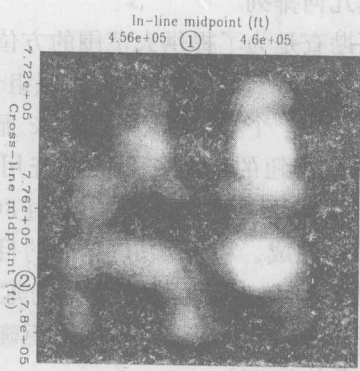


图 6 用实际三维不规则几何排列模拟直接克希霍夫偏移道得到的反射率图
①纵测线中点(ft);②横测线中点(ft)

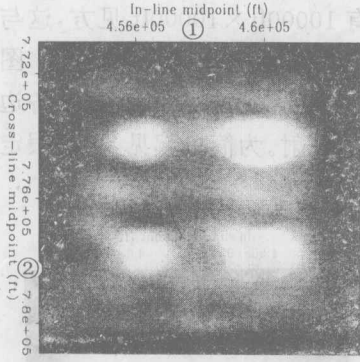


图 7 对有效的零方位角和 8000ft 恒炮检距应用 AMO 变换后的数据进行偏移所得到的反射率图
①纵测线中点(ft);②横测线中点(ft)

在最后的试验中,我们用 AMO 变换来规格化几何排列并将数据重建为具有 8000ft 有效绝对炮检距和 62.5ft 恒中点间隔的零方位角立方体。图 7 显示了应用 AMO 后的偏移结果。偏移前 AMO 变换消除了沿水平反射层的大部分振幅畸变。左下边那个异常明确多了,而左上边异常仍然没有完全恢复。该异常对应于稀疏道覆盖区的极端情况。在克希霍夫执行过程中的 AMO 算子不能在那个位置完全重建反射率。我们得出结论,在偏移前内插数据并规格化几何排列对保持振幅很有帮助。AMO 提供了用于共方位角处理时组织数据同时减少稀疏和不规则覆盖影响的一种方便工具。

结论

我们提出了一种处理广方位角勘察的新技术,它精确地使三维地震数据成像的同时又保持相对振幅。该方法既考虑了算法精度问题又适当地处理了不规则几何排列,因此为偏

移过的资料作可靠的 AVO 分析创造了条件。我们应用此项技术反演合成反射率模型,该模型模拟了实际三维广方位角陆上勘察情况。结果显示,在稀疏和不规则覆盖的情况下,克希霍夫偏移不能保持振幅。偏移前的 AMO 变换成功地将数据重构成规则网格立方体,同时有助于保持其振幅信息以成象。我们得出结论:(1)在偏移前内插地震数据有助于保持振幅信息;(2)AMO 是共方位角处理时组织数据同时补偿稀疏和不规则覆盖的有效工具。

张仪宁 译

物理模型试验中叠加次数对水平分辨率的影响

Steven A. Markley, AMOCO Exploration & Production, Daniel A. Ebrom, Karuthethil K. Sekharan, AGL/University of Houston, and John A. McDonald, Curtin University of Technology

摘要 利用在同一物理模型上以不同几何排列采集的两个数据集,对 Neidell 的假设进行了验证。发现叠加次数对空间分辨率具有较大影响。然而,对于给定的同等数目的道,更精细的面元间隔对分辨率的提高要比叠加次数大得多。

引言

最近,Neidell 假设高叠加次数的三维数据可以产生具有粗 CMP 面元的成像良好的结果 (Neidell, 1994)。Neidell 论述了用炮检距域内的采样替代空间采样并且利用适当的算法可以从空间采样不足的数据重建地下图象。作为第二种考虑,高叠加次数的三维可提供更精确的速度控制并改进偏移的效果。Ebrom 等 (1995) 阐明了克希霍夫算法能产生比采集 CMP 面元更精细的极好图象。这些结果是用 30 次叠加记录物理模型数据时获得的。现在的研究依赖于 Ebrom 等早期的成果。

为了进一步试验 Neidell 的假设,在同一物理模型 (模型 94) 上采集了附加数据集。这个新的数据集减少了叠加次数同时增加了面元数。两个数据集含有大致相等的道数。这两个数据集的比较验证了 Neidell 的论点,即高叠加次数、稀疏 CMP 数据产生了与低叠次三维采集数据相当的图象。我们没有证实高叠加次数的数据会产生更好的速度分析这一论点。我们认为在低叠次采集的数据上作速度分析更加困难。

方法

图 1 是物理模型 94 的图形显示。该模型包括从一个薄平的胶质玻璃块上突出的一组铜栓钉。当该模型放入物理模型箱中的时候,铜栓钉起着绕射体的作用。为了给水平分辨率试验提供空间波数的连续区,这些铜栓钉以逐渐变化的间隔来设置。

1994 年后期采集了原始数据集。该数据集是用 30 次叠加海洋放炮记录的。其 CMP 面元相当于 $30 \times 30 \text{ft}^2$, 相应于紧邻铜栓钉之间的间隔。1995 年 Ebrom 等用此数据集举例说明了作为内插算子的克希霍夫偏移的作用。

后来,在模型 94 上采集了新的单次覆盖数据集。新的测量是在 $8 \times 8 \text{ft}$ 面元中心采集的。新的数据集具有叠合的震源和接收点对,亦即为单次覆盖零炮检距数据集。这两个数据集有关的参数见表 1。

图 2 是通过单次覆盖数据集铜栓钉上部平面的时间切片。注意,图中可见到一般的圆形特点,但不能分辨细节。此图是非涅耳带光滑效应的一个好例子。

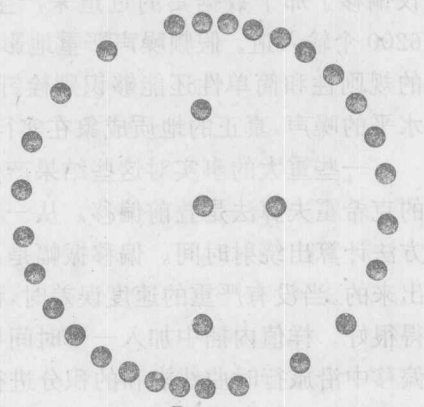


图 1 模型 94 平面观察简图

表 1

	1994 年数据	1995 年数据
叠加次数	30	1
面元大小(ft)	30×30	8×8
面元数	80×109	400×400
总道数	192000	160000
最小炮检距	500	0
最大炮检距	2240	0
绕射深度(ms)	697	779
绕射深度(ft)	1633	1825
沿线孔径	44.7 度	41.2 度
横线孔径	36.3 度	41.2 度
对角孔径	51.0 度	51.1 度

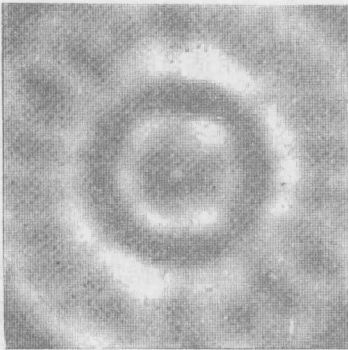


图 2 通过未经偏移的单次叠加数据集的时间切片

图 3 是单次覆盖数据集的克希霍夫偏移。铜栓钉的像非常清楚。偏移速度分析确定了精确的速度。偏移速度为 4685ft/s。我们确信速度误差小于 10ft/s 或 0.2%。因模型是事先已知的,所以能达到这样的精确度,速度可以优化以产生所期望的图象。

图 4 是从 30 次叠加数据集作出的铜栓钉上部时间切片。采集 CMP 面元间隔是 30×30ft。图象道以 7.5×7.5ft 间隔构成,实际上,克希霍夫偏移算子被用作内插算子。在全部铜栓钉的图象易于区别的同时,背景噪声显然比起 8×8ft 采集的结果更为显著。注意这些噪声有点规则,它们实际发生在 30×30ft 的组合中。该噪声是由采集面元间隔的假频引起的。

图 5 是从 30 次叠加数据集偏移过的子集构成的。

仅偏移了那个数据集的近道来产生此图象。因此仅偏移了 6200 个输入道。假频噪声严重地影响了图象质量。在因模型的规则性和简单性还能够识别栓钉的同时,由于存在着这种水平的噪声,真正的地质成象在实行中就显得非常困难。

一些重大的事实对这些结果产生了影响。用于这些数据的克希霍夫算法是叠前偏移。从一种等价于双平方根方程的方法计算出绕射时间。偏移振幅是从输入样值 4 点内插计算出来的。当没有严重的速度误差时,该算法在保持高频方面做得很好。样值内插中加入一个时间导数以对出现在克希霍夫偏移中沿旅行时曲线求和的积分进行补偿。偏移程序不包括对偏移算子的去假频滤波器。缺少去假频滤波器使数据中加入了噪声,它还可能使得可解释的图象小于假频极限。例如,图 4 必定有可见水平的假频噪声。在这同样的输出上用空间去假频滤波器还将显著地降低相邻绕射体之间的分辨率。可能是因为 30 次叠加的炮检距采样,假频噪声比预计的要少。

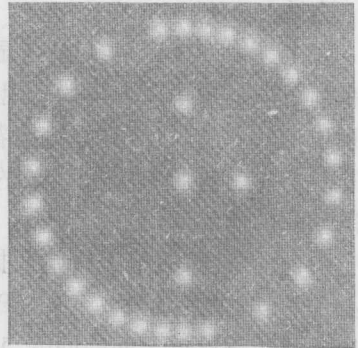


图 3 通过偏移后的单次叠加数据集的时间切片

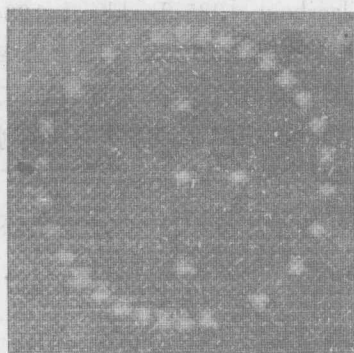


图4 通过偏移后的30次叠加数据集的时间切片

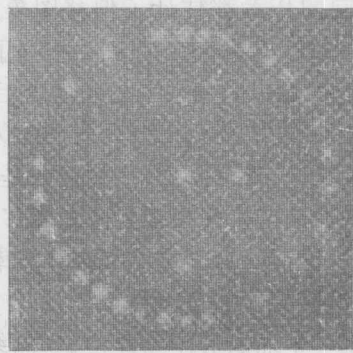


图5 通过偏移过的30次叠加数据集近道子集的时间切片

结论

单次(图3)和30次叠加(图4)图象的比较清楚地显示了更精细的CMP面元显著地改善了图象。此结果可以观测到而不管以下事实,即30次叠加数据集有更长的记录孔径以及更多的道对图象产生了影响。这项观测往往与Neidell假设的严格解释有矛盾。

具有不同叠加次数而有等值的面元间隔的两个图象(图4和图5)的比较显示出增加叠加次数显著地提高了分辨率。在叠加次数提高了分辨率的意义上,Neidell假设受到了支持。30次叠加数据集中炮检距采样(500至2240乘以60ft)对于700ms处的目标不能达到 8×8 ft面元间隔所能达到的同样的分辨率。

该物理模型环境几乎是无噪声的。差不多所有观测到的噪声来自于某些系统误差中,比如震源产生的噪声,处理假像,或偏移算子假频。

高频率输入数据促进了精细空间成像。扩展了原始记录带宽的反褶积提高了空间分辨率。事实上,模型94原来制作时预计最小绕射间隔是不能分辨的。我们相信,反褶积的应用使得这些原来的预计能被超越。

张仪宁 译

偏移图象的分辨率极限

Jing Chen and G. T. Schuster, University of Utah

摘要 本文推导了2D和3D偏移叠后和叠前图象的水平分辨率极限的远场公式。数字试验证明了在实际的CDP几何排列中这些公式的有效性。我们的结果表明,一般来说,水平分辨率的极限与散射体的深度成正比而与波数和孔径大小成反比。叠前偏移图象比叠后偏移图象的分辨率和动态范围更高。

引言

不同的作者都估计了偏移图象的分辨率极限 (Claerbout, 1985; Berkhout, 1984; Stolt 和 Benson, 1986)。Schuster (1994) 推导了叠后和叠前 2D 偏移的垂直和水平空间分辨率公式。本文推导了 2D 和 3D 偏移响应以及叠后与叠前偏移的水平分辨率极限。我们也给出了每一种情况的数值试验结果以证实这些公式。为了得到偏移响应和分辨率极限, 我们假定在测线中部下面埋有一个点散射体。我们的任务是确定这个点散射体的分辨率极限。首先推导了埋置的点散射体情况下的正演模拟公式和偏移公式。然后我们推导了远场近似下该点散射体偏移响应的解析公式。最后, 推导了横向分辨率极限公式并验证了这些公式的有效性。

2D 偏移的分辨率极限

假定一个点散射体埋置在 2D 测线中部下面。它的频率域零炮检距脉冲响应由下式给出

$$f(\vec{r}_g, \omega) = \frac{e^{-i2\omega|\vec{r}_g - \vec{r}_p|/c}}{|\vec{r}_g - \vec{r}_p|} \quad (1)$$

用孔径长度 L_g 对 2D 叠后剖面进行偏移的公式为

$$m(\vec{r}_i, \omega) = \int_{-L_g}^{L_g} \frac{e^{i2\omega|\vec{r}_i - \vec{r}_g|/c} f(\vec{r}_g, \omega)}{|\vec{r}_i - \vec{r}_g|} dx_g \quad (2)$$

将方程 1 代入方程 2, 我们得到

$$m(\vec{r}_i, \omega) = \int_{-L_g}^{L_g} \frac{e^{ik(|\vec{r}_i - \vec{r}_g| - |\vec{r}_g - \vec{r}_p|)}}{|\vec{r}_i - \vec{r}_g| |\vec{r}_g - \vec{r}_p|} dx_g \quad (3)$$

假定: (1) $2L_g/|z_p| \ll 1$ 和 $2L_g/|z_i| \ll 1$, 这意味着该点散射体和成像点的深度远远大于测线的孔径宽度; (2) $r \gg L_g^2 k / 2\pi$, 我们就得到该点散射体偏移图象的远场近似

$$m(\vec{r}_i, \omega) = \frac{2A \sin(kL_g \sin\theta)}{k \sin\theta} \quad (4)$$

式中 A 是一个包含几何扩展因数的一个因子, $\sin\theta = x_i/r_i$ 。方程 4 表明沿水平方向的图象曲线是一个正弦函数, 而不是一个点绕射体。该正弦函数的主瓣半宽是 2D 叠后偏移的瑞利分辨率极限:

$$\Delta x_{\text{叠后}} = \frac{\pi r_p}{k L_g} \quad (5)$$

因此, 主瓣的宽度正比于散射体的深度 r_p , 而与波数 k 和孔径大小 L_g 成反比。这意味着较宽的孔径和较宽的震源带宽提高了成像的点散射体的横向分辨率。数字试验证实了上述关系。

根据类似的推导, 我们得到了在 2D 叠前偏移情况下的一个点散射体的水平空间分辨率极限和偏移图象的远场近似。该远场近似的偏移响应是

$$m(\vec{r}_i, \omega) = 4A^2 \frac{\sin(2kL_s \sin\theta)}{2k \sin\theta} \frac{\sin(kL_g \sin\theta)}{k \sin\theta} \quad (6)$$

它是两个正弦函数的级联。这里的 L_s 是震源组合的孔径宽度。它的形状类似于正弦函数, 但主瓣, 即两个正弦函数的级联, 比单个正弦函数更尖锐。根据方程 6 可以得到水平分辨率极限

$$\Delta x_{\text{叠前}} = \frac{\pi r_p}{k L_{\text{max}}}, \quad L_{\text{max}} = \text{Max}(L_g, 2L_s) \quad (7)$$

如果 $L_g = L_s$, 那么我们得到

$$\Delta x_{\text{叠前}} = \frac{\pi r_p}{k 2L_g} = 0.5 \Delta x_{\text{叠后}} \quad (8)$$

因此, 2D 叠前偏移的分辨率是 2D 叠后偏移分辨率的二倍, 并且由于它较弱的旁瓣特点, 水平

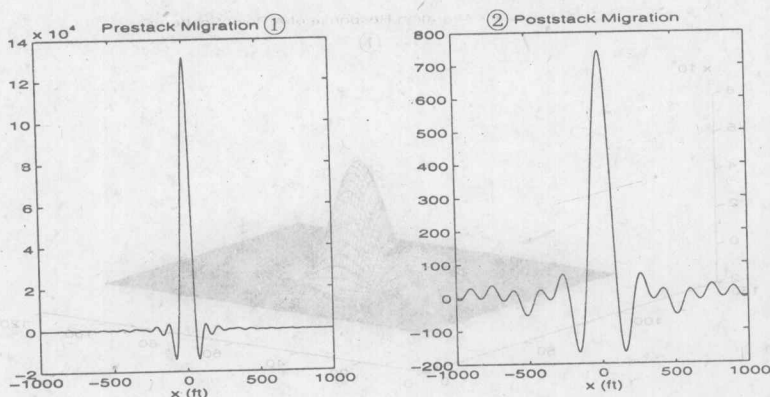


图1 点散射体的 2D 叠前(a)和 2D 叠后(b)偏移图象

$L=2000\text{ft}$, $\lambda=100\text{ft}$, $r_p=2000\text{ft}$ 。叠前和叠后几何排列有同样的孔径尺寸和同样的散射体深度。为了比较, 图象曲线是在同样的深度上。与叠后响应比, 叠前响应有一个更窄的主瓣和更好的动态范围, 是使用叠前偏移而不使用叠后偏移的一个主要原因。①叠前偏移; ②叠后偏移

动态范围也是叠后偏移的二倍。图1显示了一个埋置的点散射体的 3D 偏移响应。

3D 偏移的分辨率极限

3D 测量的几何排列不同于 2D 测量的几何排列, 在 3D 测量中震源和检波器是在两个正交方向上移动的。在远场近似下, 对于埋置的点散射体的情况, 3D 叠后偏移的图象由下式给出

$$m(\vec{r}_i, \omega) = A \frac{\sin(kL_x x_i/r_i)}{kx_i/r_i} \frac{\sin(kL_y y_i/r_i)}{ky_i/r_i} \quad (9)$$

在上面的公式中, L_x, L_y 分别是 X 和 Y 方向上检波器孔径的半宽。根据方程(9), 水平空间分辨率极限 $\Delta x_{\text{叠后}}$ 和 $\Delta y_{\text{叠后}}$ 分别是

$$\Delta x_{\text{叠后}} = \frac{\pi r_p}{kL_x}, \quad \Delta y_{\text{叠后}} = \frac{\pi r_p}{kL_y} \quad (10)$$

除了沿震源和接收器横向测线方向上存在两个附加的集成外, 3D 叠前偏移的水平空间分辨率极限的推导与 3D 叠后偏移的水平空间分辨率极限的推导相类似。点散射体的 3D 叠前偏移的远场近似由下式给出

$$m(\vec{r}_i, \omega) = 16A^2 \frac{\sin(kL_{sx} x_i/r_i)}{kx_i/r_i} \frac{\sin(kL_{sy} y_i/r_i)}{ky_i/r_i} \frac{\sin(kL_{gx} x_i/r_i)}{kx_i/r_i} \frac{\sin(kL_{gy} y_i/r_i)}{ky_i/r_i} \quad (11)$$

那么在 X 和 Y 方向上偏移图象的分辨率极限为

$$\Delta x_{\text{叠前}} = \frac{\pi r_p}{kL_{\max}^x}, \quad \Delta y_{\text{叠前}} = \frac{\pi r_p}{kL_{\max}^y} \quad (12)$$

这里, $L_{\max}^x = \max\{L_{sx}, L_{gx}\}$, $L_{\max}^y = \max\{L_{sy}, L_{gy}\}$ 。这样, 一个方向上的分辨率极限由波长、点散射体深度以及此方向最大孔径宽度确定。给出相同的最大孔径宽度, 3D 和 2D 叠前偏移在纵测线方向上具有一样的分辨能力, 但是由于四个(不是两个)正弦函数的级联, 3D 叠前偏移较 2D 叠前偏移有一个更好的动态范围。图2和图3显示了埋置的点散射体的 3D 偏移响应。

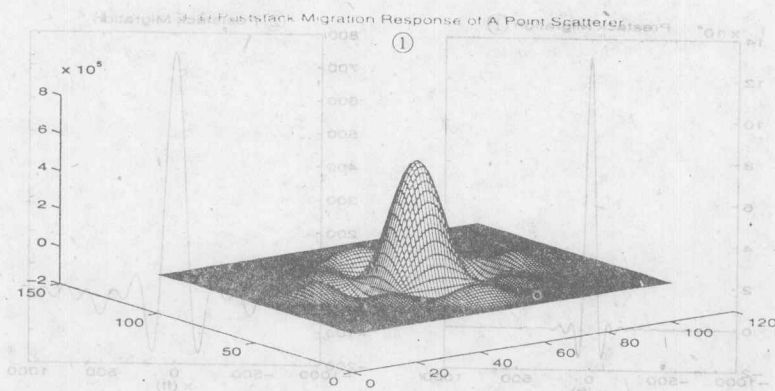


图2 埋置的点散射体的 3D 叠后偏移响应

该孔径大小 $L_x=4000\text{ft}$, $L_y=4000\text{ft}$, 该散射体埋深 $Z_p=10000\text{ft}$, 图象深度 $Z_i=10000\text{ft}$ 。

①点散射体的 3D 叠后偏移响应

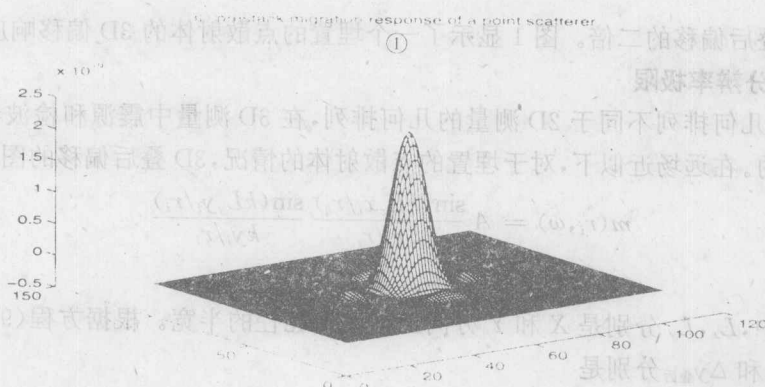


图3 埋置的点散射体的 3D 叠前偏移响应

孔径大小 $L_x=L_y=L_z=4000\text{ft}$, 散射体埋深 $Z_p=10000\text{ft}$, 图象深度 $Z_i=10000\text{ft}$ 。

主瓣振幅与最大旁瓣振幅的比(即动态范围)明显地高于 3D 叠后偏移(图2)。

①点散射体的 3D 叠前偏移响应

结论

我们推导了 2D 和 3D、叠后偏移和叠前偏移的水平分辨率极限和偏移响应。数字试验证实了这些推导。在地震偏移的四种情况下,水平分辨率极限具有共性。它们都由地震波长、埋置的点散射体的深度以及最大的孔径尺寸确定。这里推导的公式解用来快速地估算各种现场几何排列的偏移响应。

郭路平 译

三维弯曲面元和 DMO

Lee Lu, and Jeffery J. Chen, LeadingSeis Inc. ; Lee Bell, and Rolando Lara, Geosignal Inc.

摘要 不规则空间采样历来是采集中的一个问题。当 3D 数据具有一定程度的不规则性时,弯曲面元和 DMO 相结合为 DMO 处理提供了一种经济有效的方法(参见图 1,图 2)。弯曲面元方法是整个数据内插问题的微倾斜和低频率的近似。对于大规模 3D 测量,空间变化的弯曲方法可用来控制弯曲度从而使空间假频达到最小。通过与 3D 测量几何条件有关的 DMO 算子的权值相加确定 DMO 覆盖。此 DMO 覆盖信息可以作为 DMO 处理中保存振幅的一种归一化手段。

引言

3D 测量中一直存在着一定程度的不规则空间采样问题,即使此 3D 测量是用最好的采样标准设计的并认真地加以实施,也是如此。当存在一定程度不规则性时,数据常常不均匀地分布在道数缺失或过量的相邻面元上。由于降低了它们的成像过程,缺失数据问题已给地球物理学家带来了麻烦。最近 Ronen(1995)在他的去假频反演方法中已经讨论了这些问题。Claerbout(1992)在他的书中就缺失数据的恢复问题专辟了一个章节。Spitz(1991)通过克服尼奎斯特要求已成功地内插了数据。Beasley(1992)介绍了一些技术,用于不规则空间采样数据的 DMO 处理中的倾角均衡。虽然 Ronen 和 Beasley 的方法明显地改善了数据,但耗资巨大。对于缓倾斜数据,需要一种更经济有效的方法。本文,我们讨论了将弯曲面元和 DMO 结合起来应用,从而在常规数据处理中达到改善 DMO 结果的目的。我们还给出了 3D 陆地和海上/过渡带数据的实例。

弯曲面元

弯曲面元方法是普遍使用的技术,用来作海洋充填分析和质量控制,以使道分布正则化。经验表明这种方法改善了叠加质量,成像更好。在实践中,常常用不同的标准来弯曲数据,但是只有少量的文献可以利用。最近,Brune 等(1994)讨论了海洋面元覆盖问题。对于海洋数据,由于天气、海况、水流、障碍物或其它采集问题等在正确操纵电缆上的困难严重地影响了道分布,特别在沿横向测线方向上的相邻面元上。一个面元可能具有完全一样炮检距的过多的道;下一个面元可能缺失近或远炮检距。在相邻的面元上确定一些期望道是可能的。当然,这些道存在中等程度数据缺乏情况。当存在较严重的缺失问题时,其它的处理技术,诸如重新爆炸或充填技术是必须做的。对于陆地或过渡带数据来说,即使道的位置更能预测,但不均匀的道分布问题是类似的,这一弯曲面元技术仍是适用的。

弯曲面元技术是整个数据内插问题的一种缓倾斜或低频率的近似。在这种方法中,CDP 的极大面元的大小是炮检距(或其它变量如方位角)的函数。操作者首先将电缆或极大展开的炮检距分割成许多个炮检距段。段的数目被确定为期望的标称覆盖次数。在一个面元的位置上,如果在炮检距范围内(段)没有发现道,就将面元扩大,直到发现一个道,或者直到面元扩展到极大,无论哪个第一次出现。另一方面,如果在这个炮检距段上发现许多的道,那么可以将这些道减少到单个道或者可以根据预定的一些标准加权这些道。这些计算的权值得到保存,用于