

国外油气新科技丛书

# 地震反演译文集

祁少云 等译



石油工业出版社

登录号	087226
分类号	631-53
种次号	007

国外油气新科技丛书

# 地震反演译文集

(S2117/30)  
祁少云 等译



石油工业出版社

(京) 新登字 082 号

### 内 容 提 要

本书收集 1989 年以来美国勘探地球物理学家学会 (SEG) 和欧洲勘探地球物理学家学会 (EAEG) 公开发表的、有关地震反演和岩性预测这两个专题的科技文献共 12 篇, 集中介绍国外地球物理界在这两个邻域中的最新研究成果和应用情况, 供地球物理勘探工作者和有关院校师生参考。

国外油气新科技丛书  
地震反演译文集

祁少云 等译

\*

石油工业出版社出版  
(北京安定门外安华里二区一号楼)  
石油工业出版社印刷厂排版印刷  
新华书店北京发行所发行

\*

787×1092 毫米 16 开本 13 $\frac{1}{2}$ 印张 332 千字 印 1,000

1992 年 1 月北京第 1 版 1992 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-0764-9/TE·720

定价: 7.70 元

## 国外油气新科技丛书编委会

主任：李昭仁

副主任：安作相 于秀琳 段云舫

委员：(按姓氏笔划为序)

于秀琳 马家骥 孔秀兰 司徒丽丽

安作相 吕德本 牟永光 李昭仁

李希文 陈广田 张焱 林素珍

段云舫 胡文海 徐云英 章兆洪

陶世楨

## 《地震反演译文集》编委会

主任：牟永光

委员：孔秀兰 祁少云 杨静芬

## 编者的话

当今是科技迅速发展的时代，信息至关重要。石油工业则是技术密集、资金密集和风险很大的产业。为了节约资金和减少风险，引用各种新的科学技术成果，就成为发展石油工业的必由之路。

十多年来，我国的石油科技工作者，在党的改革开放方针的指引下，在学习国外先进的石油科学技术方面，取得了很大的成绩，促进了我国石油科技的迅速发展，同时，也为发展我国的石油工业作出了应有的贡献。

但是，从信息传播的速度和广度来看，还不能适应广大石油科技工作者的需要。为了解决这个问题，我们推出这套丛书。

在内容方面，这套丛书按石油科技中不同的专业，如石油地质、石油储运、石油经济……分成单册。每个专业里又根据当前我国石油工业急需的科技课题，从国外最新发表的文章中进行挑选后，组织翻译。有的还是由若干文章进行编译的。

我们希望广大石油科技工作者喜爱这套丛书，并请不吝赐教，以便改进工作。

国外油气新科技丛书编委会

# 目 录

一、综合地震勘探的关键·····	( 1 )
二、反演 = 偏移+层析成象·····	( 15 )
三、多源井间层析成象反演理论 I——声波波动方程方法·····	( 34 )
四、多源井间层析成象反演理论 II——弹性波动方程方法·····	( 54 )
五、地震反射问题的整体对策——同时恢复波阻抗界面和背景速度·····	( 68 )
六、倾斜地层、大时差及任意震源和检波器位置的旅行时反演法·····	( 81 )
七、稳健的非线性弹性波形反演——用于实际资料·····	( 96 )
八、横向均匀介质中地震反射资料的非线性反演·····	( 112 )
九、油气储集层的递增产层厚度模拟法·····	( 124 )
十、砂岩中纵波衰减、孔隙度、泥质含量和渗透率之间的关系·····	( 148 )
十一、用各向异性速度分析识别岩性·····	( 177 )
十二、VSP 资料中的转换横波用于岩性预测·····	( 195 )

# 一、综合地震勘探的关键

A.J.Berkhout

祁少云译  
范伟粹校

## 1. 引言

在当今的石油工业界，地球物理是一个技术性很强的行业。近十年来取得了许多重大的技术进步，70年代的技术已不再令人很感兴趣。

概言之，近年来取得的主要技术进步可归纳为以下五个方面。

①时间—深度。人们现已认识到，以宏观模型为基础的技术（即深度技术），是把地面地震时间观测结果转变成没有畸变且归位合理的地下地质信息时，所必须的技术。各种基于宏观模型的算法已经趋于成熟，而其实际应用尚有待于快速、经济的计算机系统的发展。

②二维—三维。用二维（2D）技术调查三维（3D）的地下情况是比较困难的，往往满足不了勘探要求。在地震普查之后，略去常规的加密测线二维地震勘探而直接进行三维采集的作法，将会在实际生产中逐渐被人们采用。良好的三维勘探不仅能得到精确的构造信息，更重要的是它还能提供丰富的地层信息。在有些三维勘探中，深度切片还可以展示与地面地质图极为相似的一些内容，如分析几百万年前的古河流和山谷等的特征。

③共中心点—共深度点。直到目前，共中心点（CMP）叠加，对于提高信噪比并简化数据，一直是一种十分重要的地震资料处理手段。但是，共中心点叠加具有很大的缺陷，当采用不规则的观测系统或地下构造比较复杂时，其缺陷尤为突出，这一点也是人们所共知的。可以这样说，如果“面元叠加”和“共中心点叠加”本身所固有的缺点不能通过新的技术替代来解决，那么今后地震资料处理质量的提高将是有限的。作者认为，对于不规则的资料不能采用规则算子来处理，必须寻找其它途径。此外，叠加处理也不应该在地震反演之前做，而应该在反演过程中进行。这样就实现了真正的共深度点（CDP）叠加。

④声学—弹性学。地震响应中所包含的信息远远多于现在各种处理技术所利用的信息，陆上资料尤为如此。可以证明，横波资料在岩性反演中是一种基本信息。因此，可以预期，在陆上资料采集中，不断增加的可用地震道数将会被用来促进多分量数据测量。Delft 大学开发了一种基于波动理论的分解技术，用它可以把地面多分量测量结果分解成纯纵波和纯横波资料。这一分解处理具有比较深远的意义，因为分解之后，许多弹性波地震处理过程便可用现有的标量处理软件实现。

⑤工作站—信息管理。现在，已经可以看到一个明显的发展趋势，即把各个独立的工作站与主计算机联接成先进的计算机网络。这样，地震工作站就会逐渐发展成为功能很强的人机联作方法和各种综合应用的用户接口。同时，人们也进一步认识到，只有建立一个单一模型的勘探开发数据库系统和快速的数据库管理系统，才能真正地实现综合应用。毋庸置疑，信息管理将会成为未来十年中的中心议题。

因此，人们一方面看到地震技术本身在不断地趋于完善，同时从另一方面也逐渐认识到仅从完美的地震资料中也不可能得到最终的结果。因此，为得到最佳的地下模型，必须综合其它各种地质信息。

### 1) 关于地下情况的描述

如果钻一口井，并在井中进行测量的话，就会得到如图 1-1 (a) 所示的速度成果。关于该观测曲线（速度测井）的一个重要而有趣的分析，是把它看作是变化趋势和变化细节相叠加的结果。趋势曲线（图 1-1 (b)）反映了与深度有关的地层压实特征，而细节曲线（图 1-1 (c)）则反映了不同的岩石和各地层（在速度测井的分辨率以内）的孔隙特征。根据趋势信息可以把地下地层分为若干所谓的宏观层，每一宏观层可以看作是具有相同压实特征的

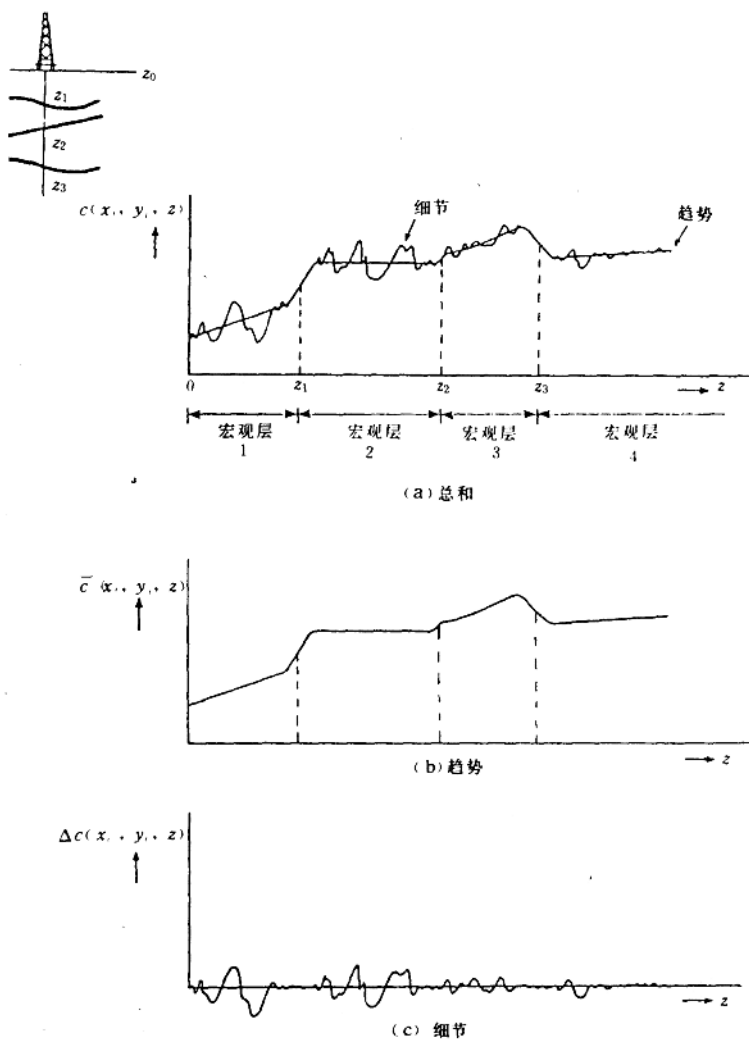


图 1-1 按照趋势和细节描述的地下情况



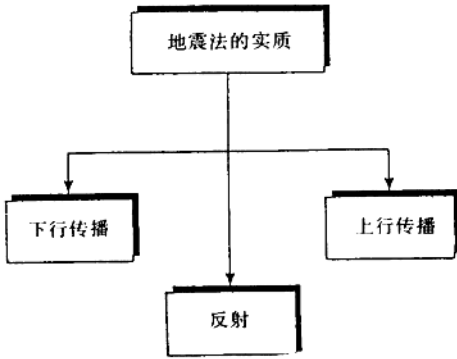


图 1-2 用地下的传播和反射特征定义的地震响应

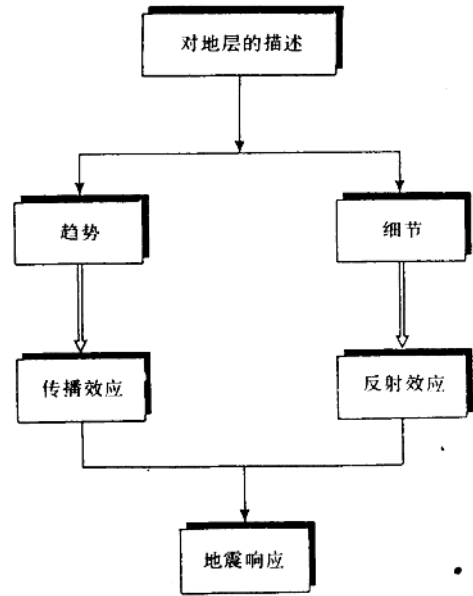


图 1-3 宏观层和精细层分别决定了地震响应中的传播效应和反射效应

一组地质上相关的地层。趋势和细节，也即宏观层和精细层的区别，将在地震反演中起到重要作用。

地震法的实质可以用传播和反射来说明(图 1-2)。震源波场向下传播到地层中，并在地层界面处发生反射，而反射波场再回传到地面。因此，我们在地面所测量的地震响应实际上是一个传播和反射信息的混和物。大部分地震处理过程是专门用来消除地震响应中的传播效应，使真振幅反射率得以正确归位。再来考虑上文中对地下情况的分析，我们就可以得到一个很重要的结论(图 1-3)，即地下趋势(宏观层)决定着传播效应，而地下细节(精细层)决定着反射效应。因此，要消除传播效应就应该有一个宏观模型，也就是说地震资料处理应该基于宏观地层模型。这就意味着估计宏观模型的问题应该是地震技术的一个关键问题。

## 2) 关于地震资料的描述

在地面 ( $z=z_0$ ) 得到的地下不均匀介质的基本信息可以用下式来表示:

$$P^-(z_0) = \sum_m W^-(z_0, z_m) R^+(z_m) S^+(z_m) \quad (1.1a)$$

和 
$$S^+(z_m) = W^+(z_m, z_0) S^+(z_0) \quad (1.1b)$$

- 式中  $S^+(z_0)$  ——地面的震源波场;  
 $W^+(z_m, z_0)$  ——从  $z_0$  到  $z_m$  的下行传播算子;  
 $S^+(z_m)$  —— $z_m$  处的下行震源波场;  
 $R^+(z_m)$  —— $z_m$  处的下行波的反射算子;  
 $W^-(z_0, z_m)$  ——从  $z_m$  到  $z_0$  的上行传播算子;

$P^-(z_0)$  ——地面对上行波场。

传播算子  $W^+(z_m, z_0)$  和  $W^-(z_0, z_m)$  取决于  $z_0$  和  $z_m$  之间的宏观地质特征。反射算子  $R^+(z_m)$  则取决于  $z_m$  处的细节特征。图 1-4 用一个点震源和一个反射界面的情况说明了 (1.1) 式。在数学上, 算子  $W^+$ 、 $R^+$  和  $W^-$  都表示矩阵, 并考虑了地下任一类型的垂向和横向变化。 $P^-(z_0)$  代表大家所熟知的、包含全部炮记录的数据矩阵。并于这方面的详细内容可参阅 Berkhout 著的《地震偏移——波场外推法声波成像》一书 (1985 年版第六章)。

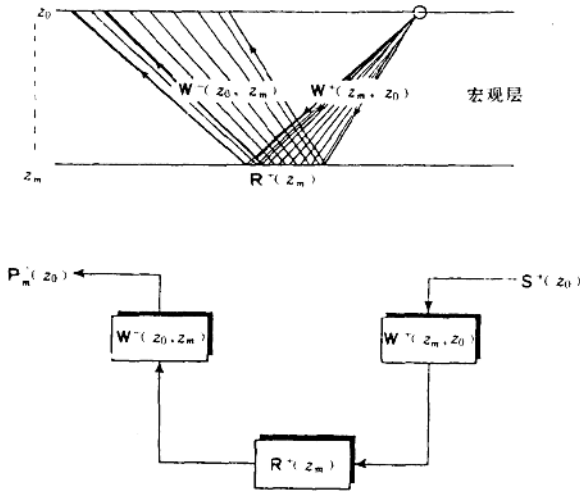


图 1-4 一个点震源和一个反射界面在不考虑地面反射率情况下的传播和反射

实际上, 地面 ( $z=z_0$ ) 是一个很强的反射界面, (1.1) 式应该修改为

$$P^-(z_0) = \sum_m W^-(z_0, z_m) R^+(z_m) P^+(z_m) \quad (1.2a)$$

和 
$$P^+(z_m) = W^+(z_m, z_0) P^+(z_0) \quad (1.2b)$$

$$P^+(z_0) = S^+(z_0) + R^-(z_0) P^-(z_0) \quad (1.2c)$$

式中  $R^-(z_0)$  ——地面对上行波的反射算子。

图 1-5 用一个点震源和一个反射界面的情形说明了 (1.2) 式。可见 (1.2) 式中的响应  $P^-(z_0)$  包含了地面的所有多次波。通过模拟能够比较容易地证明: 有关多次波的问题实际上主要是由地面多次波引起的, 如图 1-6 所示。

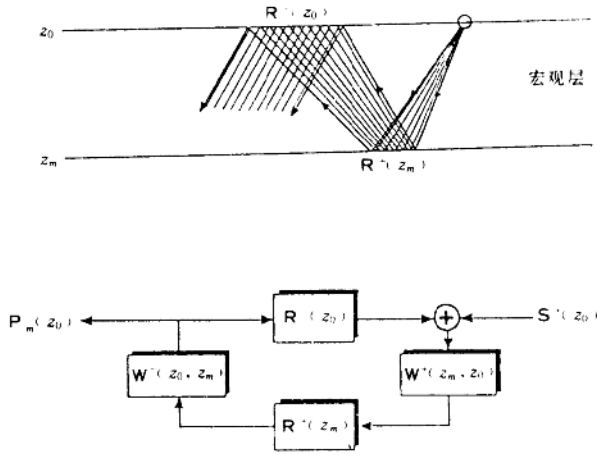


图 1-5 考虑地面反射率时一个点波源和一个反射界面情形的传播和反射

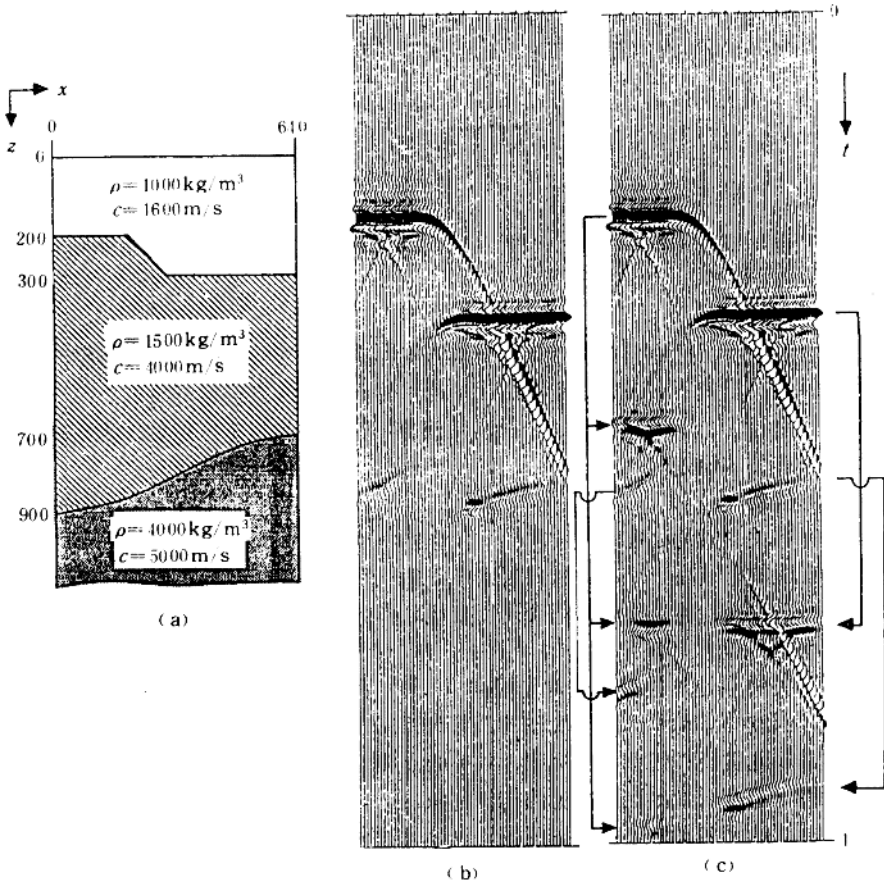


图 1-6 地面反射率的影响

(a) 地层柱“ ” (b) 没有与地面有关的多次波的零偏移距资料; (c) 含有与地面有关的多次波的零偏移距资料

传播、反射和接收过程可概括为图 1-7。分解算子  $D^+(z_0)$  把震源函数  $S(z_0)$  变换成下行波场  $S^+(z_0)$ ，而分解算子  $D^-(z_0)$ ，则把测量结果  $P(z_0)$  变换成上行反射波场  $P^-(z_0)$ ，即

$$S^+(z_0) = D^+(z_0) S(z_0) \quad (1.3a)$$

$$P^-(z_0) = D^-(z_0) P(z_0) \quad (1.3b)$$

如果把 (1.2) 式写成递归形式，则地下任一点都可以当作震源和接收位置，而且，传播算子  $W^+(z_m, z_0)$  和  $W^-(z_0, z_m)$  中的内部多次波就可以比较容易地测定。

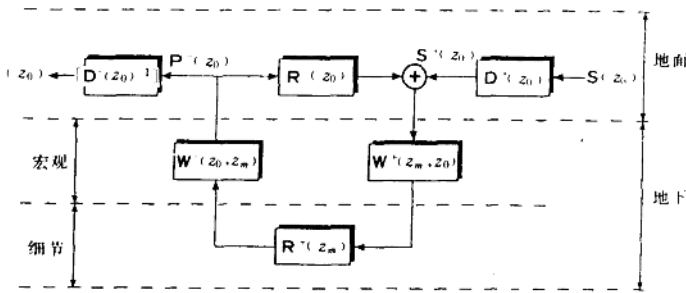


图 1-7 激发（地面）、传播、反射（一个反射界面）和接收（地面）过程的概括

### 3) 关于分步反演

从表面上看，旨在把地震观测结果转换成岩石和孔隙参数的这样一个大型反演方案似乎很吸引人。但是，即使不在乎它所花费的大量计算时间，就此方案本身而言，也不见得是解决问题的最佳途径。图 1-8 给出了一个分步反演方案，可通过以下三层软件来实现：

- ① 与地面有关的预处理；
- ② 反射率成象；
- ③ 与目标有关的后续处理。

该分步反演的要点在于：在此软件层次中，每一个层次完成之后都要对其结果进行一致性检验。这些一致性检验工作非常适合于用人机联作的方式来进行。离散信号理论是第一软件层处理的基础。输入和输出都是时间剖面。这一处理阶段不需要有关地层情况的特殊资料，与地面有关的预处理过程应该首先根据 (1.3a) 和 (1.3b) 把观测资料分解成上行波场和下行波场。面波的压制和地面多次波的消除也都属于软件层次 1 的内容。

因此，常规地震资料处理（反褶积、共中心点叠加和时间偏移等）应该看作是与其地面有关的处理过程，它可以给出地层情况的初步映象。

压制重要的地面多次波可直接按照图 1-9 所示过程进行

$$P^-(z_0) T(z_0, z_0) P^+(z_0)$$

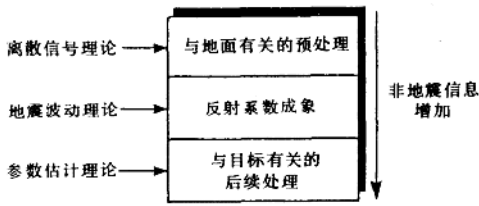


图 1-8 由三个独立软件层实现的  
分步地震反演

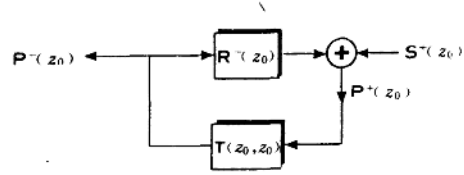


图 1-9 消除多次波中最重要的部分  
(即地面多次波)的模型

或 
$$P^-(z_0) = T(z_0, z_0) [S^+(z_0) + R^-(z_0) P^-(z_0)] \quad (1.4a)$$

或 
$$T(z_0, z_0) = \frac{P^-(z_0)}{S^+(z_0) + R^-(z_0) P^-(z_0)} \quad (1.4b)$$

因此，如果已知地面反射率（不需要知道地下情况），就可以压制所有的地面多次波。另外，压制过程（1.4b）必须包括对震源的反褶积，因此震源特征也必须知道。在 Delft 大学，已经实现了这一地面多次波压制过程，并能在此过程中同时估计出震源特征。这样，人们不禁会惊叹，多次波的信息竟然也能用来提取震源特征！图 1-10 是对图 1-6 所示资料的多次波压制处理结果。这里只给出了零偏移距资料的处理效果，而实际上，我们对所有的炮记录都作了这样的处理（叠前方法）。

在许多实际情况下，内部多次波往往都比较弱，因此，地层变换算子  $T(z_0, z_0)$  可以看作是在一个没有地面反射的均匀表面上采集的经反褶积后的“一次反射”资料（参见 1.2）式）

$$T(z_0, z_0) = \sum_m W^-(z_0, z_m) R^+(z_m) W^+(z_m, z_0) \quad (1.5)$$

在软件层次 2 中，预处理后的资料应该首先用来确定宏观的地层模型的参数。在简单情况下，所选择的初始宏观模型参数，只要能使最后的估算结果完全符合由地震资料测得的叠加速度和双程旅行时间，就算是满足要求。如果要更精确一些，就不能采用双曲线假设，而应该把模拟的共中心点道集与实际的共中心点道集进行比较。在声波条件下是得不到横波速度  $\bar{c}_s$  的，而应该对每一宏观层用一个参考关系来估算，如“泥岩线”（mud rock line）

$$\bar{c}_p - \bar{c}_0 + \alpha \bar{c}_s \quad (1.6a)$$

类似地，宏观模型每一层的密度参数  $\bar{\rho}$  可以用“加德纳关系（Gardner relation）”来估算

$$\log \bar{\rho} = \log \rho_0 + \beta \log \bar{c}_p \quad (1.6b)$$

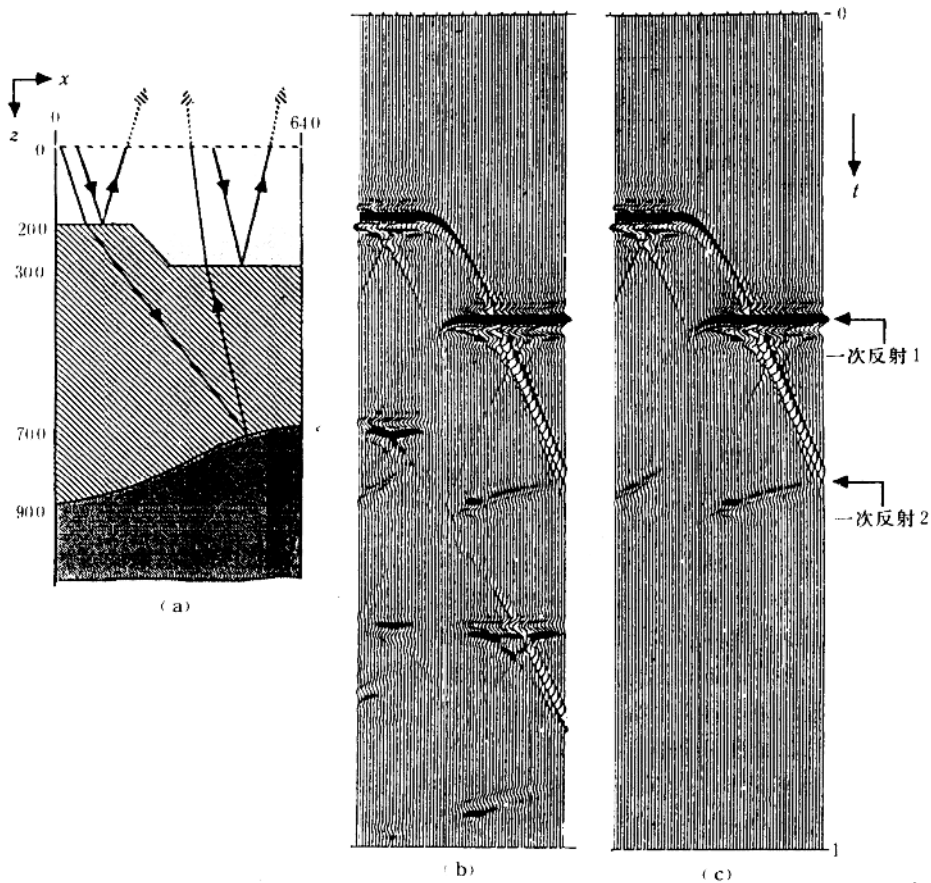


图 1-10 用预处理消除地面反射率的影响 (只显示零偏移距资料), 可见即使在本例中地层反射率较大的情况下, 内部多次波也可忽略不计

(a) 地层模型; (b) 含有地面多次波的零偏移距资料; (c) 地面多次波压制后的零偏移距资料

软件层次 2 的处理过程是基于波动理论的。其目的是利用 (1.5) 式和宏观模型, 把多偏移距一次反射资料  $\mathbf{T}(z_0, z_0)$  转换成各深度点  $z_m$  处与角度有关的反射率  $\mathbf{R}^+(z_m)$ 。这一过程可以在叠前偏移处理中完成。由 (1.5) 式可以看出,  $\mathbf{T}(z_0, z_0)$  变换到  $\mathbf{R}^+(z_m)$  需要反演传播算子  $\mathbf{W}^+(z_m, z_0)$  和  $\mathbf{W}^-(z_0, z_m)$ 。可以证明 (Berkhout, 1985), 下行波算子  $\mathbf{W}^+(z_m, z_0)$  的反演需要在共接收点道集上做空间反褶积处理, 而上行波传播算子  $\mathbf{W}^-(z_0, z_m)$  的反演则需要在共炮点道集上做空间反褶积处理。但实际上, 这两个空间反褶积过程可以通过对每一炮记录做一次处理来完成。炮记录的叠前偏移就是目前为实现这一过程而比较普遍采用的一种方法。在叠前偏移中, 通常的做法是把偏移输出简化为地下各网格点 (深度点) 的一个叠加后的反射系数, 而叠加时应尽可能包括每一深度点 (CDP 叠加) 处的各种入射角的信息。在共中心点处理中, 首先是做共中心点叠加, 之后通常是零偏移距偏移

处理, 然后才做共深度点叠加。除此之外, 在共深度点处理时还用对共反射点道集的相关分析(用以检验和修改宏观模型)代替了对共中心点道集的相关分析(用以确定叠加速度)。

与角度有关的地层反射率将作为软件层次3的输入。在此阶段(3a步骤), 首先是选取目的层与角度有关的反射率资料, 并通过应用关于与角度有关的反射系数的表达式, 趋势资料(宏观模型)和可能有的目的层  $c_p$ 、 $c_s$  与  $\rho$  的交会图, 再把这些反射率资料转换成地下各点处的速度和密度信息 ( $c_p$ 、 $c_s$ 、 $\rho$ )。应当注意, 交会图对反演的稳定性可能会起到很重要的作用。此外, 与角度有关的纵波反射系数可用下式来表示 (Berkhout, 1987):

$$R_{PP}^+ = \frac{[A_{11}\rho_2c_{p2}\cos\alpha_p + A_{12}\cos\alpha_p\cos\beta_p] - [A_{22}\rho_1c_{p1}\cos\beta_p + A_{21}\sin\alpha_p\sin\beta_p]}{[A_{11}\rho_2c_{p2}\cos\alpha_p + A_{12}\cos\alpha_p\cos\beta_p] + [A_{22}\rho_1c_{p1}\cos\beta_p + A_{21}\sin\alpha_p\sin\beta_p]} \quad (1.7a)$$

$$\text{式中 } A_{11} = [1 - Q/\rho_2]^2 \rho_2 c_{s2} \cos\alpha_s + \rho_1 c_{s1} \cos\beta_s$$

$$A_{22} = [1 + Q/\rho_1]^2 \rho_1 c_{s1} \cos\beta_s + \rho_2 c_{s2} \cos\alpha_s$$

$$A_{12} = [Q^2/\rho^2] \cos\alpha_s \cos\beta_s$$

$$A_{21} = c_{s1} c_{s2} [\rho_1 - \rho_2 + Q]^2$$

$$Q = 2P^2 [\rho_2 c_{s2}^2 - \rho_1 c_{s1}^2]$$

$$P = \sin\alpha_p / c_{p1} = \sin\alpha_s / c_{s1} = \sin\beta_p / c_{p2} = \sin\beta_s / c_{s2}$$

(1.7a) 式的线性形式 (Smith 和 Gidlow, 1987) 可表示为

$$R_{PP}^+ = a_1 \frac{\Delta z_p}{z_p} + a_2 \frac{\Delta c_s}{c_s} \quad (1.7b)$$

式中  $z_p = \rho c_p$

$$a_1 = 1 - \frac{4}{5} b^2 \sin^2 \alpha_p + \frac{4}{5} \tan^2 \alpha_p$$

$$a_2 = -4b^2 \sin^2 \alpha_p$$

$$b^2 = \frac{c_s^2}{c_p^2} / \frac{c_s^2}{c_p^2}$$

用 (1.7b) 式作线性反演可得到共深度点道集的加权叠加结果。但在线性反演时, 独立的  $\rho$  和  $c_p$  的估算值只能在有附加条件时才能得到, 如借助于“加德纳关系式”

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = 0.25 \frac{\Delta c_p}{c_p} \quad (1.7c)$$

$\rho$  和  $c_p$  的交会图有一个重要的优点, 由它可得到含有协方差信息的一个加德纳型关系式(即随机的再公式化过程), 使所得结果偏离上式的平均曲线。

在最后一个反演阶段(即步骤3b中), 目的层的速度和密度资料将被用来估算下列参数。

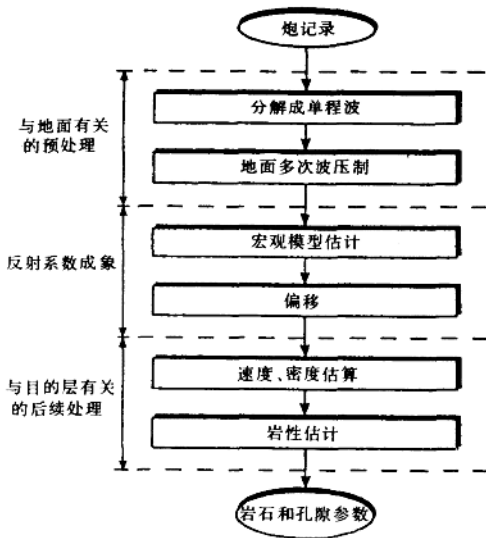


图 1-11 声波情况下的分步地震反演过程

这里，我们首先会发现，只有利用大量的附加（非地震的）资料，才能真正实现岩性反演。

图 1-11 归纳了上述分步反演法的地震资料处理过程（针对声波情况）。可认为它是对新一代地震资料处理软件功能的一个概括。在中间（即第二）阶段，传播效应和反射信息（通过偏移处理）将被分解。这一关键的而又最费时间的处理过程的有效性，可通过对共深度点道集的评价来估计。例如，对于目的层的一个深度点，如果其不同炮记录的反射系数资料不能排成一条直线，那么，就不能开始第三步反演，而必须修改宏观模型（通过人机联作方式）并重复步骤 2。

## 2. 综 合

现在，石油工业界已经公认，未来的油气勘探问题只有通过多学科研究方法才有可能解决（图 1-12）。同时还认识到，这样一种方法需要对各石油公司内部的信息和应用管理工作有一个新思想。到目前为止，大多数信息管理系统都是为不同的用户组和各种特殊应用而专门设计的。因此，各学科之间在数据库层次上的信息交换常常是非常困难的、或者说是不能实现的。信息交换仍然是以纸张（图件、报告等）或磁带（如地震资料）为主要的传递媒介，信息本身往往也不完全（如 SEG—Y 标准），而且，由于一般只提供成果，因此，信息历史（即原始记录到最终图件或剖面的全部中间处理内容）很容易丢失。而这一信息历史，即处理过程，却是评价最终结果真实性的至关重要的依据。

多学科研究方法要求在各专业之间实现信息共享和应用共享。

### (1) 信息共享

#### 1) 岩石参数

- ① 颗粒物质（固体）的密度；
- ② 颗粒物质（固体）的压缩系数；
- ③ 空孔隙岩石（整体）的压缩系数；
- ④ 空孔隙岩石（整体）的泊松比。

#### 2) 孔隙体积参数

- ① 孔隙度；
- ② 含水饱和度。

#### 3) 孔隙流体参数

- ① 水的密度；
- ② 水的压缩系数；
- ③ 气和油的密度；
- ④ 气和油的压缩系数。

该反演过程利用了纵波和横波速度的高斯曼型（Gassmann）方程，体积密度和流体压缩系数的体积平均方程，泊松比与深度的线性变化关系和骨架强度因子与深度的半经验型函数关系（Geertsma, 1961），以及其它各种可以利用的经验关



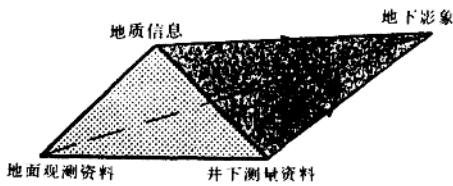


图 1-12 在综合研究中, 所有可以利用的资料全被用来建立地下影象

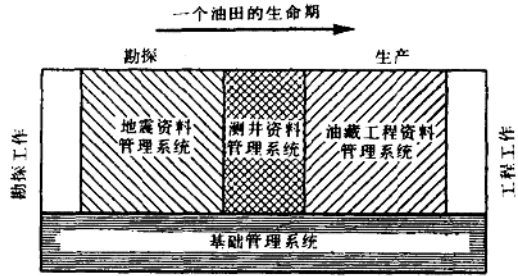


图 1-13 信息管理系统应该跨越油藏的整个生命期

①地震勘探设计时所需要的地理资料, 它对于地震资料解释、井位选定和生产管理等工作也是很重要的。

②上文已做过论述, 特别是在第三软件层次的地震处理和反演过程中, 需要大量的非地震信息, 必须利用探区中经过解释的单井测井曲线、根据多井资料作出的地层模型, 以及每种岩性的速度和密度的统计资料(交会图)等。

③将综合的地质、地震、测井资料的反演结果与油田的生产信息相结合。

## (2) 应用分享

用户接口必须能够分享所有的应用软件。在这种形式下, 系统的总功能将被对等地呈现给各种用户。

勘探开发信息系统必须能够管理全部的勘探和开发资料(即完全的资料共享), 并充分综合各种应用。如用 1-13 所示, 该信息管理系统将连续地跨越一个油藏的整个生命期(从勘探到开发)。该基础管理系统管理着全部的地震、测井和油藏工程管理数据(即与地下有关的数据)的地理信息(即与地面有关的数据)。

勘探开发信息管理的核心应该由三个子系统构成。

①数据输入、输出子系统。该子系统应该利用制表和分组等手段, 通过键盘、屏幕网络或磁盘, 实现数据的输入和输出。这些制表和分组功能被用于观察、插入和修改各种数据类型的描述性数据标识。这些表格和组段中的信息内容还可打印成书面报告形式。当数据量很大(如地震记录道、测井结果、导航数据、速度和地层层位)时, 数据库的装入和卸出也可以通过标准格式(SEG—Y, UKOOA 和斯仑贝谢 LIS 等)磁带来完成。

②基础图件子系统。用户通过这一子系统可以将储存的数据的位置及其与工程项目的关系显示在图件上(见下文)。基础图件子系统同时还能够支持根据描述性数据标识生成各个数据项报告的功能。一个生成基础图件的工具应能管理与某一工程项目有关的储存在该数据库中的一部分信息。数据可以一个工程项目为单位装入数据库或从数据库中卸出。

③数据库管理子系统。一个数据库管理系统应该负责对数据存储、数据检索和数据完整性的控制。数据库管理系统可以管理数据模型相同的多个独立的数据库。在每一个数据库中, 它都能储存各种类型的数据。目前, 每个数据库一般只存在于一个单一的硬件单元上。但是在不久的将来, 有可能将每个数据库分布在不同的计算机系统上。那样, 在一个局部网络上就能够访问所有的数据库。对每一个数据库都可以定义工程项目, 一个工程项目是指信