

高等学校教学用书

地震勘探资料数字处理

李鸣祉 编著

中国矿业大学出版社

高等学校教学用书

地震勘探资料
数字处理

李鸣社 编

中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书对地质构造及岩性研究中应用的地震勘探资料数字处理方法,从原理到应用,作了系统的分析与阐述。该书取材新颖,不仅介绍了传统方法,也介绍了国内、外的新方法、新技术。内容有:预处理;动静校正;速度谱、频谱;叠加、偏移处理;数字滤波以及人工合成地震记录、拟测井技术;垂直地震剖面;三瞬剖面;碳氢检测技术等。

本书可作为高等院校勘查地球物理专业的教材,亦可供有关工程技术人员参考。

责任编辑:何其华

技术设计:孙建波

责任校对:佟莉莉

高等学校教学用书

地震勘探资料数字处理

李鸣社 编

中国矿业大学出版社出版发行

江苏省新华书店经销 中国科学院开封印刷厂印刷

开本787×1092毫米1/16 印张 18.75 字数 448千字

1989年9月第一版 1989年9月第一次印刷

印数: 1—1500册

ISBN 7-81021-208-7

P·6 定价: 3.15元

前 言

本书是为勘查地球物理专业的“地震勘探资料数字处理”课程而编写的教材。该课程是继“地震勘探原理”、“数字处理的数学原理及方法”等课之后必修的一门专业课程。全书共七章，讲授时间为100学时。本书是编者根据该课程的教学大纲，在多次使用的自编教材的基础上，结合自己的教学、科研和现场的实际经验编写而成的。

本书的主要内容为：预处理；动静校正；速度谱、频谱；叠加、偏移处理；数字滤波；人工合成地震记录、拟测井技术；垂直地震剖面；三瞬剖面；碳氢检测技术。在取材上，不仅注意了传统的、常规的地震勘探资料数字处理方法，还注意到了该学科最近发展起来的新方法、新技术。

为了使读者对地震资料数字处理的过程有一个完整的概念，本书内容基本按照实际处理的顺序编排。为了集中精力说明各种地震勘探资料数字处理方法的原理和应用，对于先行课程已介绍过的有关术语及内容，本书通常直接引用，不再详细介绍。

本书承中国地质大学许云教授审阅并提出宝贵的修改意见，谨向他致以谢意。本书第七章部分内容由严镇圣副教授编写。由于作者水平所限，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

1988年10月

目 录

前 言	
绪 论	(1)
第一章 预处理	(4)
第一节 解编	(4)
第二节 增益恢复与振幅恢复	(4)
第三节 不正常炮与不正常道处理	(6)
第四节 切除	(6)
第五节 抽道集	(7)
第二章 动静校正	(9)
第一节 动校正的概念及公式	(9)
第二节 动校正量板及其应用	(10)
第三节 动校正量板的制作	(11)
第四节 高精度动校正	(16)
第五节 动校正畸变及其处理	(17)
第六节 静校正的概念及其实现	(19)
第七节 剩余静校正	(21)
第三章 速度谱与频谱	(35)
第一节 速度谱的概念	(35)
第二节 速度谱的作法	(36)
第三节 速度谱的应用	(43)
第四节 频谱分析	(50)
第四章 叠加与偏移	(53)
第一节 水平叠加	(53)
第二节 自适应加权水平叠加	(55)
第三节 保持振幅叠加	(60)
第四节 偏移问题	(62)
第五节 扫描偏移叠加与叠加偏移	(63)
第六节 波动方程偏移中反射界面的显示方法	(64)
第七节 克希荷夫积分法波动方程偏移	(64)
第八节 差分法波动方程偏移	(79)
第九节 频率波数域波动方程偏移	(95)
第五章 数字滤波	(99)
第一节 数字滤波概述	(99)
第二节 数字滤波器的物理性质	(103)

第三节	一维滤波	(111)
第四节	递归滤波	(134)
第五节	时变滤波与空变滤波	(176)
第六节	二维滤波	(177)
第七节	反滤波	(185)
第六章	修饰处理	(232)
第一节	动平衡	(232)
第二节	相干加强	(235)
第三节	混波与广角混波	(240)
第七章	岩性地震勘探中常用的数字处理方法	(242)
第一节	人工合成地震记录及拟测井技术	(242)
第二节	垂直地震剖面	(253)
第三节	三瞬参数剖面	(280)
第四节	碳氢检测	(286)

绪 论

一、地震勘探资料数字处理的任务及特点

地震勘探是地球物理勘探中重要的方法之一。它用人工激发地震波，并用地震勘探仪器把大地的振动记录在磁带上，然后用计算机对野外所获得的资料进行数字处理，并对处理过的资料作出地质解释。

野外资料中包含着有关地下构造和岩性的信息。但这些信息是叠加在干扰背景上且被一些外界因素所扭曲的，信息之间往往是互相交织的。因此不宜直接利用野外资料作地质解释。地震勘探资料数字处理的任务就是改造野外地震资料并从中提取有关的地质信息，为地震勘探的地质解释提供可靠资料。

地震勘探资料数字处理工作是在配备有数字电子计算机、地震勘探资料处理软件系统和有关专用仪器设备的计算站中完成的。地震勘探资料处理软件系统是由地震操作系统及几十个，甚至上百个模块组成的。每个模块都是用于达到一个具体的处理目的的软件。例如，各种数字滤波、多次叠加及修饰处理的模块可以用来提高地震资料的信噪比；各种反滤波模块可以用来提高地震记录的分辨率或压制多次波的干扰；有关动静校正以及偏移处理的模块可以使地震记录直观地反映地下构造形态。总之，上述模块都是用于改造野外资料的软件。此外，用速度谱、频谱等模块可以从野外资料中提取地震波速度、频谱等有用信息；人工合成地震记录、拟测井和有关垂直地震剖面资料数字处理的模块可用来确定地震界面与地质界面之间的对应关系和提供岩性解释资料。

根据资料处理的要求，在地震操作系统的管理下，人们可以十分方便、灵活地调用各个模块，以组成各种地震勘探资料数字处理的流程。任何一种流程总是由预处理、若干个实质性处理模块和显示三部分组成。目前，为获得具有较高质量的时间剖面而采用的常规地震勘探资料数字处理的流程为：

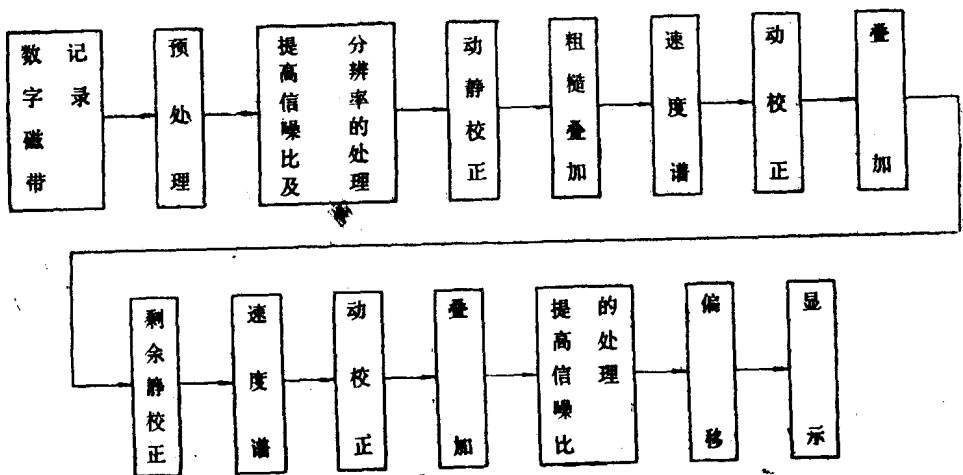


图 0-1

二、地震资料数字处理的发展简史

在地震勘探方法问世以来的几十年中，它的发展大致可分为三个阶段。第一个阶段以光点仪器记录、人工处理资料为特点；第二个阶段以模拟磁带记录、多次覆盖观测、用模拟磁带回放仪处理资料为特点；第三个阶段以数字磁带记录、高次覆盖观测、用计算机处理资料为特点。在前两个阶段中，由于记录仪器的动态范围小，在记录过程中地震波的动力学特征遭到破坏；资料处理的效率低、质量差。1964年第一台数字地震仪投入使用，地震勘探步入了第三个阶段。在这个阶段中，记录仪器的动态范围大，可以在记录过程中保留地震波的动力学特征；计算机的引入使资料处理具有速度快、精度高、功能强等特点。在数学、通讯技术、电子计算机等学科的综合影响下，地震勘探资料数字处理这门边缘学科开始形成，并获得很大的发展。

早在本世纪五十年代，地震勘探资料数字处理的基本理论就已开始萌芽。1953年N. Ricker第一个提出了地震子波概念，他研究了地震子波的传播形式和规律，指出了它对地震记录分辨率的控制作用。随后人们引入了一维合成地震记录的褶积模型。它说明了地震记录形成的物理机制，从而奠定了反滤波技术的理论基础。几乎与此同时，C. H. Dix根据地面观测结果研究了地震波的传播速度，提出了计算层速度的公式。还有些人揭示了多孔岩石中固体与流体之间变形关系的三维理论。这就为研究地震波的衰减机制提供了重要依据。由于有了这些理论准备，在计算机用于地震勘探以后，地震资料数字处理便得到了异常迅速的发展。

在地震勘探资料数字处理刚开始的一段时间里，即六十年代中期，数字处理主要用来改造野外资料。其主要内容包括数字滤波、反滤波、动校正及共中心点多次叠加。它们的处理结果是获得信噪比和分辨率较高的地震反射界面的剖面图形。

在六十年代的后期和七十年代，为了在构造复杂地区勘探矿藏，要求地震勘探有更高的分辨率和准确性。为此地震勘探资料的采集技术有了很大发展。与此同时，在地震勘探资料数字处理中大力发展了信息提取技术。其中包括自动提取叠加速度、均方根速度、层速度的速度分析技术和自动提取静校正量的自动剩余静校正技术、自动拾取反射界面的技术。在自动提取信息和野外各种资料采集技术的基础上，可以通过人机联作来建立二维或三维的构造模型和地层模型。在野外资料的改造方面，又出现了除一维、二维数字滤波和最小平方反滤波之外的各种滤波方法及各种快速算法，如时间域的递归滤波以及加速频率域滤波的快速富氏变换等。反滤波在这个阶段一直受到很大的重视，在子波处理、最小平方反滤波和预测反滤波之外还涌现出了同态反滤波和最小熵反滤波等新方法。在这段时间里，叠加成像技术取得了突破性的进展。六十年代末，根据射线理论提出的扫描偏移叠加、叠加偏移曾盛行一时。通过它们可以在任何复杂的情况下提供反射界面或散射体的二维或三维影像。到了七十年代初期，扫描偏移叠加、叠加偏移又几乎完全被新发展起来的波动方程偏移所代替。1971年美国斯坦福大学J. F. Claerbout提出了差分法波动方程偏移，使波动方程进入了地震勘探资料数字处理的领域。这种方法是根据波动方程的数值解法来建立地下反射界面或散射体的精确的二维或三维影像。目前，克希荷夫积分法、差分法和频率一波数域法波动方程偏移都得到了成功的应用。随着符号位采集技术的出现，从七十年代开始逐渐形成了一套符号位地震勘探资料的处理方法。

在七十年代，为了适应寻找非构造型矿藏的需要，在继续发展构造地震勘探的同时还有效地发展了岩性地震勘探。当时，岩性地震勘探的主要手段是建立在地震勘探资料数字处理基础上的波阻抗技术、三瞬参数剖面 and 碳氢检测技术。

八十年代地震勘探发展的特征是高采样率、高分辨率、高信噪比、高保真度和多波勘探、多道仪器、多次覆盖、多种处理。在此期间，三维地震勘探资料的数字处理得到了进一步发展。波动方程在资料数字处理中的应用更加广泛，它除了用于偏移以外还可以用于求取地震波的传播速度。人机联作水平也得到了进一步提高。为了实现解释的自动化、智能化，发展了地震资料解释的专家系统，并加强了数据库管理。垂直地震剖面是继波阻抗技术之后的又一种把钻井岩芯、测井曲线和地震剖面相结合的方法。它在岩性地震勘探中起着重要的作用。在七十年代末和八十年代，垂直地震剖面的数字处理发展非常迅速，目前已基本上形成了一套完整的方法。

可以预言，随着数学、通讯技术及计算机科学的发展和地震勘探任务的日益繁重，地震勘探资料数字处理必将得到进一步的发展。

第一章 预处理

地震勘探资料数字处理需要经过预处理、处理、显示三个阶段。预处理的目的是把野外磁带上的数据变得更适于进行后面的逐项处理。预处理的结果往往重新记录在另外的磁带上。对数字磁带记录所进行的预处理包括：解编、真振幅恢复、不正常炮和不正常道的处理、切除、抽道集、提高地震记录信噪比、分辨率的处理和一些修饰处理。本章只介绍预处理专用的前五项内容。

第一节 解 编

由于地震记录输入、输出计算机时的数据排列方式与处理时要求的排列方式不同。所以在预处理中需要通过解编把数据重新排列。

地震记录输入计算机是从用户提出的处理起始时间开始，到用户提出的处理终了时间为止的。上述范围内的数据按时间顺序排列，即“按时分道排列”，而处理资料时要求数据按道顺序排列，即“按道分时排列”。在数字处理完毕，输出结果时又要求数据按时分道排列。因此，解编的任务就是完成按时分道排列与按道分时排列之间的相互转换，它不改变数的形式，只改变数的存放位置。

假若用矩阵表示，按时分道排列的数据可以表示为

$$\begin{pmatrix} y_1(T_b) & y_2(T_b) & \cdots & y_N(T_b) \\ y_1(T_b + \Delta) & y_2(T_b + \Delta) & \cdots & y_N(T_b + \Delta) \\ y_1(T_b + 2\Delta) & y_2(T_b + 2\Delta) & \cdots & y_N(T_b + 2\Delta) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ y_1(T_e) & y_2(T_e) & \cdots & y_N(T_e) \end{pmatrix}$$

其中 $y_i(t)$ 表示第 i 道地震记录在 t 时刻的采样值 ($i = 1, 2, \dots, N$)； T_b 表示处理起始时间； T_e 表示处理终了时间； Δ 表示地震记录的采样间隔。

仍采用上述符号，按道分时排列的数据可用矩阵表示为

$$\begin{pmatrix} y_1(T_b) & y_1(T_b + \Delta) & y_1(T_b + 2\Delta) & \cdots & y_1(T_e) \\ y_2(T_b) & y_2(T_b + \Delta) & y_2(T_b + 2\Delta) & \cdots & y_2(T_e) \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ y_N(T_b) & y_N(T_b + \Delta) & y_N(T_b + 2\Delta) & \cdots & y_N(T_e) \end{pmatrix}$$

对比上面两个矩阵，可以看出，解编就是矩阵的转置。

第二节 增益恢复与振幅恢复

增益恢复与振幅恢复总称真振幅恢复。它的目的是去掉外界因素对地面测点上记录的地震波振幅的影响，使处理后的地震波振幅能反映所考查的界面反射系数的大小。

一、增益恢复

增益恢复的目的是去除地震仪器对于地震波振幅的影响。因为地震勘探信号很弱，

一般在几 μV 到几 mV 的范围，所以在地震仪器中对信号要进行放大。数字地震仪的动态范围一般可以达到84dB，但是相对于地震勘探信号动态范围120dB来说，它还不够大。因此在记录过程中仪器要采用增益控制措施。数字地震仪的前置放大器设有 2^5 和 2^7 两种增益供记录时选用。这个增益参数一旦选定，各道记录在前置放大器中的增益都是一样的。因此，不考虑前置放大器的增益恢复，而把它输出的信号视为地震波振幅 A_0 。在数字地震仪的主放大器内，针对地震信号的大小，仪器自动采用可变增益。这些可变增益有 $2^0, 2^1, 2^2, \dots, 2^{14}$ 几挡，其指数 m 形成增益码，被记录在下述记录格式的阶码位置上。主放输出的地震波振幅 A 的绝对值记录在尾数位置上，其符号记录在符号位置上。数字地震仪的记录格式为

阶 符	阶 码	符 号	尾 数
-----	-----	-----	-----

综上所述，由于增益的变化使振幅 A 并不正比于地震波振幅 A_0 ，它们之间的关系是： $A = |A_0|2^m \text{sign} A$ 。增益恢复的公式为

$$A_0 = \frac{|A|}{2^m} \text{sign} A \quad (1-1)$$

式中 A_0 ——增益恢复结果；

A ——数字地震记录的振幅绝对值，可从记录格式的“尾数”上取；

m ——数字地震记录的增益码，可从记录格式的“阶码”上取；

$\text{sign} A$ ——数字地震记录的振幅符号，可从记录格式的“符号”上取。

二、振幅恢复

除了地震仪器以外，影响有效波振幅的外界因素有以下五种：①地震波在传播过程中的波前扩散；②非完全弹性介质对地震波的吸收；③当采用层状介质模型时，有效波透射各个波阻抗分界面的能量损失；④散射；⑤激发、接收条件的变化。在振幅恢复处理中，仅直接对前两种因素进行补偿。因为这两种因素对地震波振幅的影响最大。其它各种因素可以大致折合成前两种因素进行补偿。

波前扩散使地震波的振幅与传播距离呈反比例变化。介质吸收作用使地震波的振幅随传播距离的增大按指数规律衰减。综合这两种作用，则有

$$A_1 = \frac{A_2}{r} e^{-\alpha r} \quad (1-2)$$

式中 A_2 ——距点震源单位距离处地震波的振幅；

A_1 ——点震源产生的波在吸收系数为 α 的均匀介质中传播了 r 距离后的振幅；

α ——等效介质对地震波的吸收系数，用统计的方法由地震记录求取；

r ——地震波的传播距离。

根据式(1-2)，振幅恢复公式为

$$A_2 = A_1 r e^{\alpha r} \quad (1-3)$$

由于地震波的传播距离等于波速与传播时间的乘积，所以式(1-3)还可以写成

$$A_2 = A_1 V t e^{\alpha V t} \quad (1-4)$$

式中 V ——地震波在地下介质中的传播速度（当介质不均匀时取射线平均速度）；

t ——地震波的传播时间。

在实际处理时，由于事先没有检测出有效波的确切位置，所以不能仅对有效波的振幅进行真振幅恢复，只能对各个地震记录采样值均作上述处理。

第三节 不正常炮与不正常道处理

不正常炮指废炮、缺炮。为了免除不正常炮记录对处理的影响，避免记录对应关系的混乱，在输入时把它们作为哑炮处理。目前，要求在记录输入计算机之前给出不正常炮的炮号。通过这项处理，把它们在计算机中对应的内存单元充零。

不正常道指不正常工作道以及极性接反的道。目前一般要求在处理前给出这些道对应的炮号、道号。通过这项处理把不能正常工作的道所对应的数据充零，把极性接反的道所对应的数据符号颠倒过来。

最近国外研制出一种检波器脉冲测试仪，该仪器可使计算机识别并处理有问题的地震记录。

在进行不正常炮与不正常道处理的同时往往还进行清野值及校偏处理。所谓“野值”是指那些显著大于一般地震记录数据的记录值。它们往往是一种干扰。清野值是把野值充零。校偏又称调零，它的功能是去除记录道中的直流分量。具体作法是将各采样值减去记录道中各采样值的平均值。

第四节 切除

地震记录的初至部分（头部）和尾部往往存在一些对于处理和解释有害的波。应该把它们“切除”，即把相应的数据充零。

在一些地震勘探资料数字处理软件中，只有初至切除的功能。这时，对于一道记录只要求给出一个切除时间，软件将把切除时间以前的数据充零。在另一些软件中，不仅有初至切除功能，而且有尾部切除功能。这时则要求对每道地震记录给出两个切除时间，“切除”软件将把第一个切除时间以前和第二个切除时间以后的数据充零。在上述两种情况下，各记录道的切除时间都是可以选择的。各道的切除时间组成切除函数。在经常采用的线性切除法中，切除函数为线性函数。这时对于一张地震记录，一般只需给出首道、末道的切除时间，有时也可以再给出中间某些道的切除时间，对于没有给出参数的那些道可以由已知道切除时间用线性内插法求得其切除时间。

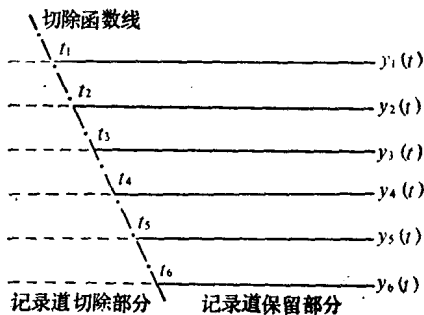


图 1-1

图1-1为一线性切除函数的例子。

图1-2a说明，由于切除会造成记录道的振动曲线不连续，它将导致切除后记录道的高频成分增加。为了克服这种现象，在切除后的一段时间内（如100ms内）可将记录乘以一个逐渐增大的、小于1的斜坡函数，这就是减弱切除对记录频谱影响的斜坡处理。斜坡函数有时也称为匀变函数，它往往是一条随时间变化的折线。图1-2b给出了一个斜坡函数P的例子。

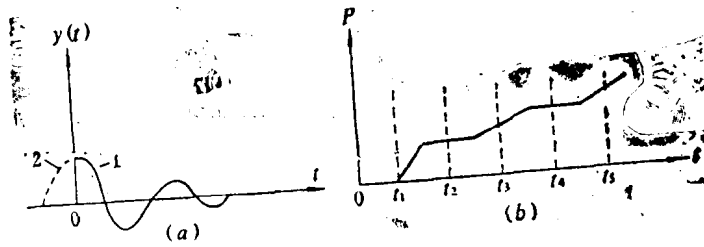


图 1-2

1—记录道未切除部分；2—记录道切除部分

第五节 抽道集

抽道集是把地震记录按某种原则进行排列，以便于进行某些处理。为了便于计算速度谱或进行叠加，需要把共中心点的各道记录按炮检距从小到大的顺序排列。为了进行剩余静校正，需要把共炮点或共接收点的各道记录按炮检距从小到大的顺序排列。为了检查记录质量，需要把相同炮检距的记录道按中心点位置顺序排列，并显示。

例如采用单边放炮、偏移三个道间距的六次覆盖观测系统。该观测系统的综合平面图如图1-3a所示。图a中各炮对应的激发点、接收点的位置如图b所示。 O_1, O_2, \dots 和所有的接收点均在同一条测线上，为了表示得清楚在图b中把各炮对应的测线沿垂直方向彼此拉开了一段距离。在该例中对应地面共中心点A的道集可以根据图1-3中的虚线确定，它们是： O_6 点激发的第1道、 O_5 点激发的第5道、 \dots 、 O_1 点激发的第21道。对应共接收点B的道集可以根据图中的点划线确定，它们是 O_{12} 点激发的第1道、 O_{11} 点激发的第3道、 \dots 、 O_1 点激发的第23道。炮检距为16个道间距的各道可以根据图中的点线确定，它们是： O_1 点激发的第14道、 O_2 点激发的第14道， \dots 。

抽道集处理既需要在计算机中存有经过解编等处理的地震记录，还需要有根据观测系统编制的空间属性文件。

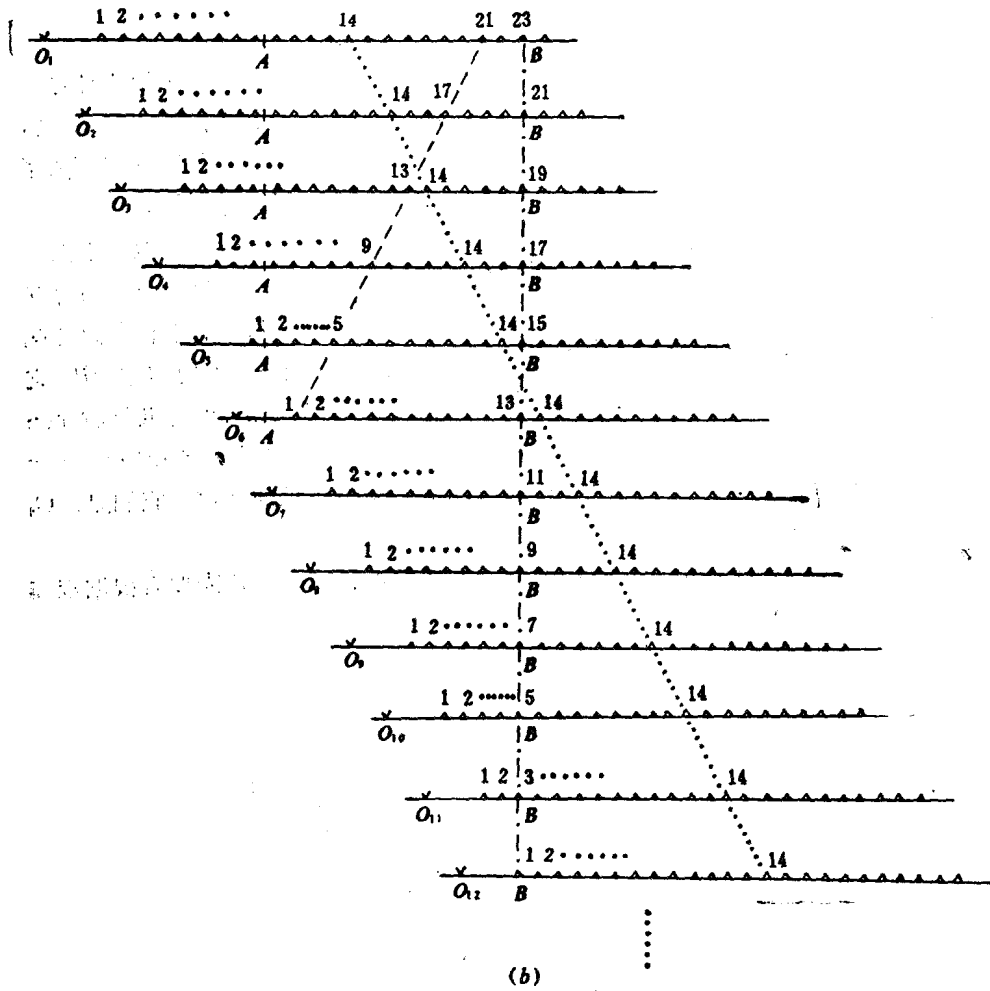
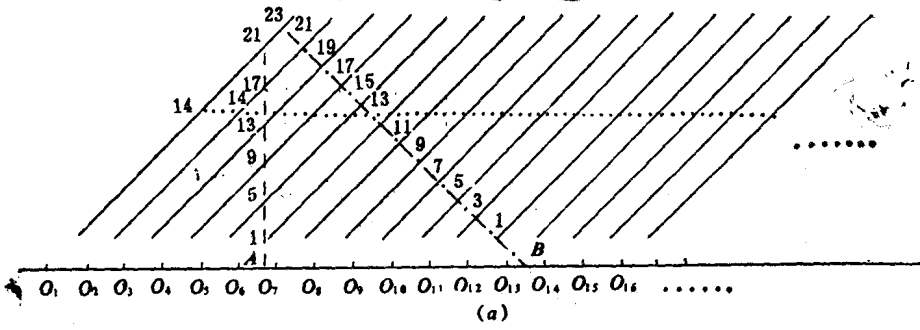


图 1-3

第二章 动静校正

野外地震记录上的反射波波至时间不仅取决于反射界面的构造,而且与观测时的炮检距及地表因素有关。动校正就是消除炮检距对于反射波波至时间的影响,获得能大致反映地下反射界面形态的时间剖面的一种处理方法。它是多次叠加和地震勘探地质解释的基础。在地表条件比较复杂的地区,为了获得高质量的时间剖面必须进行静校正处理。静校正可以消除地表因素引起的时间剖面的畸变。动静校正是地震勘探资料数字处理的基本内容。本章介绍数字动静校正的方法及存在的问题。

第一节 动校正的概念及公式

动校正把非零炮检距的地震道接收到的反射波旅行时间 t 校正到激发点和接收点的中心处对应的自激自收时间 t_0 , 消除非零炮检距对一次反射波时距曲线的影响。这是一种通过对炮检距进行归一化处理来消除其影响的资料处理方法。简单连续观测系统得到的地震记录经过动校正可以形成一次时间剖面。多次覆盖地震记录经过动校正、叠加可以得到信噪比高的多次时间剖面。时间剖面可用来进行地质解释。

假定在水平层状多层介质情况下,第 N 个反射界面的共中心点时距曲线上某点的时间为 t , 将其校正至共中心点处自激自收时间 t_0 所需的动校正量(即第 N 个反射界面反射波的动校正量)为

$$\begin{aligned} \Delta t &= t - t_0 \\ &= 2 \sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i \sqrt{1 - P^2 V_i^2}} - 2 \sum_{i=1}^N t_i \\ &= 2 \sum_{i=1}^N t_i \left(1 - \frac{1}{2} P^2 V_i^2 + \frac{1}{2} \frac{3}{4} P^4 V_i^4 + \dots \right) - 2 \sum_{i=1}^N t_i \end{aligned} \quad (2-1)$$

式中 h_i ——第 i 层介质厚度;

V_i ——第 i 层介质中的地震波传播速度;

P ——地震波射线参数,

$$P = \frac{\sin \alpha_i}{V_i}$$

α_i ——地震波对第 i 个反射界面的入射角;

t_i ——地震波在第 i 层介质中的单程垂直传播时间。

当 α_i 较小时 $P V_i = \sin \alpha_i$ 的高次项可以略去,水平层状多层介质反射波时距曲线近似为双曲线。这时动校正量的计算公式可近似为

$$\Delta t = \sqrt{t_0^2 + \left(\frac{x_i}{V(t_0)} \right)^2} - t_0 \quad (2-2)$$

式中 x_i ——动校正道的炮检距;

$V(t_0)$ —— t_0 对应的最佳叠加速度。

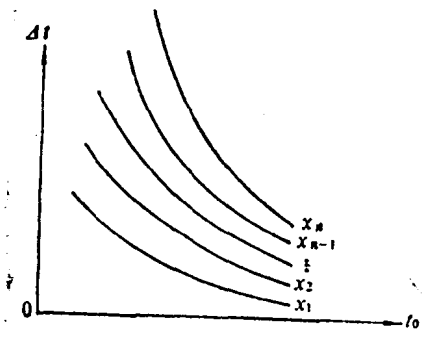


图 2 1

目前多数采用式(2-2)计算动校正量。这时，动校正后的 t_0 时刻对应动校正前的 $t = t_0 + \Delta t$ 时刻；动校正量计算公式不以 t 为自变量而以 t_0 为自变量的原因是速度 V 是 t_0 的函数。

式(2-2)说明，在 t_0 不变的情况下， x_i 越大 Δt 越大；在 x_i 不变的情况下， t_0 越大， Δt 越小。同一道记录的校正量随时间变化，这是它被称之为“动校正”的原因。 Δt 与 x_i 、 t_0 的关系如图 2-1 所示，图中 $x_n > x_{n-1} > \dots > x_2 > x_1$ 。

第二节 动校正量板及其应用

为使处理快速、简便，在一般数字动校正中要求动校正量为采样间隔的整数倍，当它不是整数倍时，可以四舍五入取整。这样，只需将动校正前 $t_0 + \Delta t$ 时刻的振幅值（该振幅值存放在与 $t_0 + \Delta t$ 时刻对应的内存单元中）向前搬动 Δt 对应的采样间隔数即可得到动校正后 t_0 时刻的振幅值。动校正可以用逐点搬家的方法实现。

进行动校正时若按式(2-2)逐炮、逐道、逐个采样点计算，会导致大量的重复运算。在速度参数不变、观测系统稳定的情况下，只需算出一炮的各道动校正曲线，并把它们制成动校正量板（动校正表）备用。对各炮记录的动校正均可根据该量板进行。

动校正量板在细节上不尽相同，但主要内容是相似的。这里给出一种，如下所示。

$x_i(m)$	M_i	N_{i1}	N_{i2}	N_{i3}	N_{i4}
500	10	2	3	3	4
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

式中 x_i ——炮检距，以m为单位；

M_i ——炮检距为 x_i 的道在处理起始时间 T_i 的动校正量，以采样间隔为单位；

N_{i1} ——炮检距为 x_i 的道中按 M_i 个采样间隔进行动校正的采样点数；

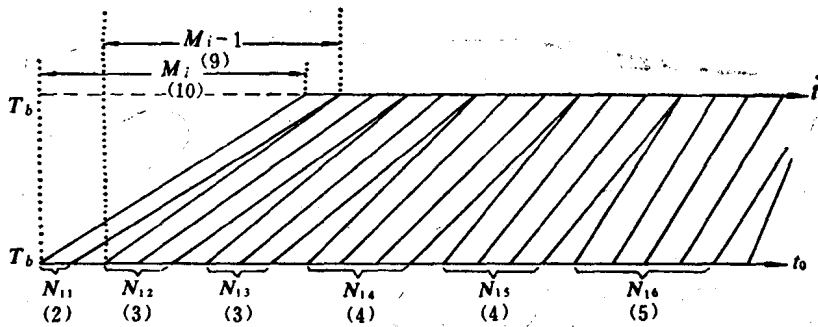
N_{i2} ——炮检距为 x_i 的道中按 $M_i - 1$ 个采样间隔进行动校正的采样点数；

N_{i3} ——炮检距为 x_i 的道中按 $M_i - 2$ 个采样间隔进行动校正的采样点数；

.....。

图2-2为根据上例量板进行数字动校正的示意图。

图中以 t 为坐标的水平线表示动校正以前的地震记录，以 t_0 为坐标的水平线表示动校正以后的地震记录。两条水平线之间的斜线表示动校正前后地震记录采样值之间的对应关系。动校正以后地震记录上从处理起始时间 T_i 开始，第1、2个采样值是从动校正以前地震记录上第11、12个采样值搬来的；第3、4、5个采样值是从动校正以前地震记录上第12、13、14个采样值搬来的；.....。这对应上述量板中 $x_i = 500m$ 时 $M_i = 10$ ， $N_{i1} = 2$ 、 $N_{i2} = 3$ 、.....的情况。



$x_i = 500 \text{ m}$

图 2-2

动校正是把大的时间 t 校正到小的时间 t_0 ，在计算机中总是把数据从后面往前面搬家，因此，动校正不必开辟新内存区。

第三节 动校正量板的制作

计算动校正量板的方法很多，在此仅介绍其中的三种。

一、快速查表法

(一) 计算动校正量

计算动校正量板首先要计算各 x_i 、 t_0 对应的动校正量 Δt 。从式(2-2)可以得到

$$\Delta t = t_0 \sqrt{1 + \left(\frac{x_i}{t_0 V(t_0)}\right)^2} - t_0$$

设

$$k = \frac{x_i}{t_0 V(t_0)} \quad (2-3)$$

$$B(k) = \sqrt{1 + k^2} - 1 \quad (2-4)$$

则式(2-2)变为

$$\Delta t = t_0 B(k) \quad (2-5)$$

对同一炮记录的不同道计算各个时刻的动校正量时会出现许多 k 值相同的情况。为了避免重复计算，可根据式(2-4)计算出一个 $B(k)-k$ 表放入内存。在计算某 x_i 、某 t_0 的动校正值时，只要把它们以及 $V(t_0)$ 代入式(2-3)算出 k 值，再由 $B(k)-k$ 表查出 $B(k)$ 值，然后代入式(2-5)即可算出相应的动校正量。

用式(2-4)计算 $B(k)-k$ 表时，为了避免开方运算，通常采用分段线性最优逼近的近似算法。在计算中，自变量 k 的取值从零开始，按一定的间隔递增，直计算到工区内可能遇到的最大 k 值为止。 k 值的最大限度记为 k_{\max} ，它的估算公式为

$$k_{\max} = \frac{x_{\max}}{t_{0\min} V(t_{0\min})} \quad (2-6)$$

式中 x_{\max} ——工区内最大炮检距；

$t_{0\min}$ ——所处理地震道的最小 t_0 值，一般取处理起始时间 T_0 ；