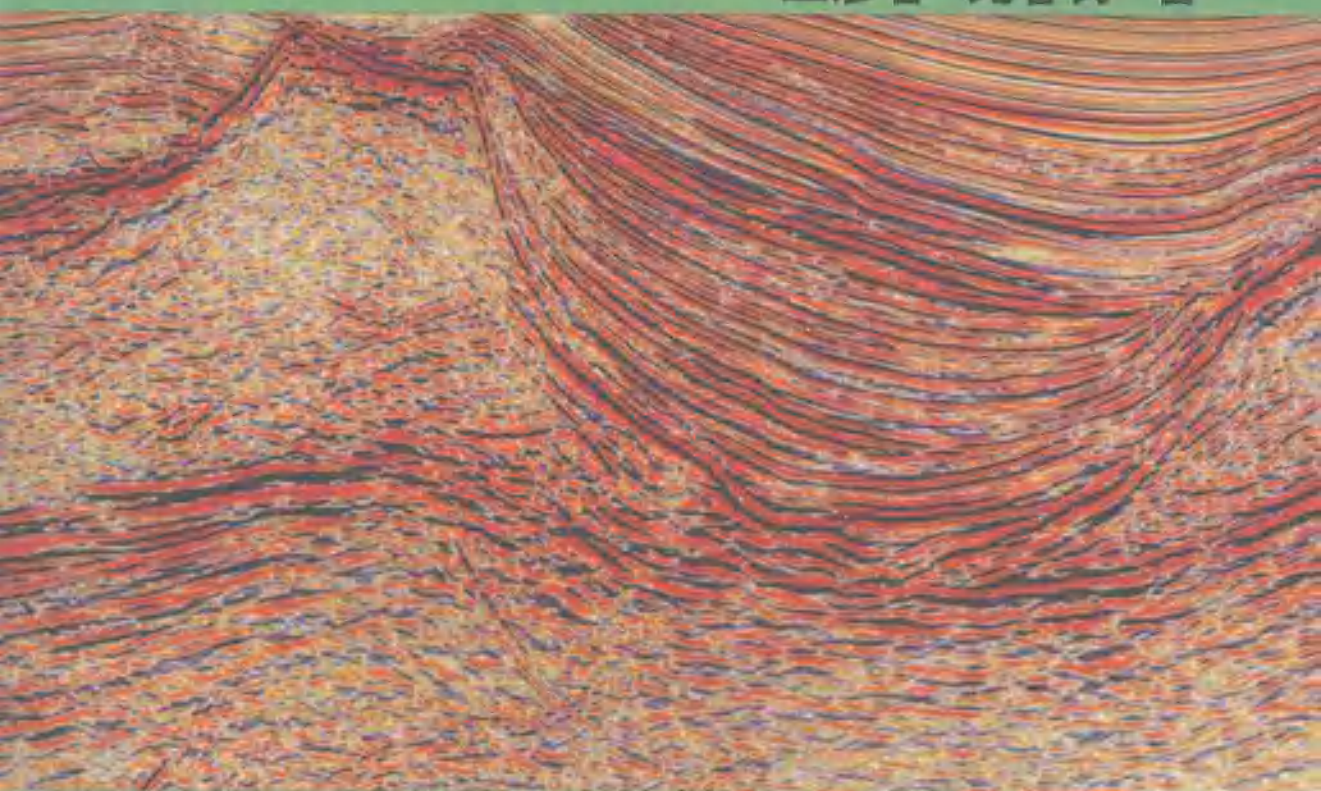


静校正及神经网络 处理技术

王彦春 苑春芳 著



地质出版社

静校正及神经网络处理技术

王彦春 苑春芳 著

地质出版社

· 北 京 ·

内容提要

本书针对地震数据处理的一些处理方法进行了深入的研究,提出了一些新的处理方法,取得了较好的应用效果。在风化层横向变化剧烈的地区,传统静校正方法难以得到满意的结果。书中提出了二维、三维交互迭代折射静校正方法,较其它方法有很大的改进,在实际资料处理中见到了很好的应用效果。将分频算法与模拟退火算法相结合的静校正方法也见到了很好的效果。

本书进行了用有监督的神经网络和无监督的神经网络进行油气预测和聚类分析的实用研究。为适应地震数据的聚类分析,对自组织网络进行了一系列改进,提高了收敛速度和聚类精度。书中还提出了改善网络预测性能的算法,实例表明,这种算法可明显地改善网络的推广性能。

图书在版编目(CIP)数据

静校正及神经网络处理技术/王彦春,苑春芳著. -北京:地质出版社,2000.10
ISBN 7-116-03247-9

I. 静... II. ①王... ②苑... III. 地震数据-数据处理-校正-方法 IV. P315.61

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第54240号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路29号)

责任编辑:白铁 于春林

责任校对:党顺行

*

北京印刷学院实习工厂 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:7.625 字数:200000

2000年10月北京第一版·2000年10月北京第一次印刷

印数:1—1000册 定价:25.00元

ISBN 7-116-03247-9

P·2149

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

目 录

第一章 静校正方法及其应用	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 二维交互迭代折射波静校正	(2)
一、引言	(2)
二、方法原理	(2)
三、实际资料处理	(5)
四、结论	(16)
第三节 扩展广义互换法 (EGRM) 静校正	(16)
一、方法的基本原理	(16)
二、初值选择及注意事项	(19)
第四节 相对折射静校正方法	(19)
一、基本原理与实现步骤	(20)
二、程序实现技巧	(23)
三、处理实例分析	(24)
第五节 广义线性反演近地表模拟	(25)
一、方法的基本原理	(26)
二、处理流程	(26)
三、理论试算与实际数据实例	(27)
第六节 控制点约束的三维拟合静校正	(29)
一、计算方法与原理	(30)
二、应用实例	(34)
第七节 三维交互迭代折射波静校正	(35)
一、引言	(35)
二、方法原理	(35)
三、实例	(39)

四、结论	(41)
第八节 模型迭代剩余静校正	(41)
一、方法的基本原理	(41)
二、剩余时差拾取	(42)
三、剩余时差分解	(44)
四、剩余静校正值的应用	(45)
第九节 相关法求取剩余静校正量	(45)
一、基本假设和实现步骤	(46)
二、计算技巧及方法之间的比较	(51)
三、处理效果分析办法	(52)
第十节 分频及模拟退火算法计算静校正量	(52)
一、分频静校正	(52)
二、模拟退火算法计算剩余静校正量	(53)
三、实际处理效果	(56)
 第二章 神经网络及其在石油物探中的应用	(58)
第一节 概述	(58)
一、神经网络研究的历史	(58)
二、大脑神经元的构成及其机理	(59)
三、神经网络的基本特征和通有性质	(62)
四、神经网络的分类与工作方式	(63)
五、神经网络在石油工业中的应用	(65)
第二节 网络算法研究	(66)
一、多层感知器和 BP 算法	(67)
二、误差曲面的特征	(68)
三、初始权对 BP 算法收敛速度的影响	(71)
四、减少“过饱和”节点的一个措施	(73)
五、自适应调节学习速率的误差反传算法	(74)
六、自动确定网络大小的学习算法	(79)

七、神经网络灵敏度分析	(80)
八、曲率最小意义下的神经网络算法	(82)
第三节 用神经网络进行自适应反褶积	(87)
一、用神经网络进行自适应反褶积的原理	(87)
二、理论验证	(89)
第四节 改进的 Kohonen 自组织神经网络及其在地震数据聚类分析中的应用	(90)
一、引言	(90)
二、Kohonen 自组织特征映射网络	(91)
三、改进的 Kohonen 算法	(92)
四、聚类方法的应用	(94)
五、结论	(99)
第五节 改进的 BP 算法用于油气横向预测的研究	(99)
一、引言	(99)
二、技术原理	(99)
三、实例检验	(103)
第六节 神经网络油气预测在辽河盆地“暗点型”油气藏中的应用	(106)
一、辽河盆地含油气层的地震反射特征	(107)
二、应用实例	(109)
三、结论	(113)
参考文献及资料	(114)

第一章 静校正方法及其应用

第一节 概述

静校正是陆地地震资料常规处理流程中必不可少的一环。在我国西北地区，地表条件比较复杂，静校正问题尤为严重。目前地震勘探的重点主要在我国西部，在这些地区，静校正问题严重制约着地震勘探的效果，解决好静校正问题具有重要的理论意义和实际意义。

我们在推导反射波时距曲线方程时，假设观测面是一个水平面，地下传播介质是均匀的。但实际情况并非如此，观测面不是一个水平面，通常是起伏不平的，地下传播介质通常也不是均匀的，其表层还存在着低降速带的横向变化。因此野外观测得到的反射波到达时间，不满足教科书中给出的双曲线方程，面是一条畸变了的双曲线。静校正就是研究由于地形起伏、地表低降速带横向变化对地震波传播时间的影响，并进行校正。著名地球物理学家迪克斯教授生前曾说过，解决好静校正就等于解决了地震勘探中几乎一半的问题。可见静校正工作的重要性。

静校正是实现 CMP (共中心点) 叠加的一项最主要的基础工作，它直接影响叠加效果，决定叠加剖面的信噪比和剖面的垂向分辨率，同时又影响叠加速度分析的质量。静校正量信息来自于两个方面：一是从野外直接观测数据进行整理换算，如地面高程数据、井口检波器记录时间、微测井数据、小折射数据等；二是从地震记录中，根据地下反射波信息或者是初至波记录信息来求取校正量。一般来说，前者称为基准面校正或野外静校正，后者称为反射波剩余静校正（不包括初至折射波法）。对于多数地区，这两种静校正工作都需要，后者在前者完成以后进行。

一个地震道对应一个炮点和一个接收点，就一个地震道面言，它的校正量应是炮点校正量和接收点校正量的和。对于地表一致性模型来说，一个道的静校正量是一个时间常量。这实际上是假定到达同一接收点的所有射线，当它们接近到达地面前，其传播路径均与地面近于垂直。为此要求表层速度与下伏地层速度之间有着明显的差异（由低到高）。只有这样，我们才能根据斯奈尔定律，使浅、中、深反射经过低降速带时，几乎遵循着同一路径，因此它们的静校正量才大致相同。当表层速度高到与下伏地层速度相近时，浅、中、深反射在接近到达地面之前路径是不同的，波经过低降速带所走的路程长度与反射波时间有关，这是非地表一致性模型，也就是所谓的“静校不静”的问题。

炮点或接收点的静校正量沿空间方向变化的曲线，和其它波形一样，可以分解成高频分量和低频分量。高频分量的静校正称为短波长分量静校正。相应地，低频分量的静校正称为长波长分量静校正。长、短波长的划分是相对于野外观测排列长度面言的。小于一个排列长度范围内低降速层变化引起的静校正量称为短波长分量，它严重地影响 CMP 叠加的效果；大于一个排列长度范围的低降速层变化（即区域异常）引起的静校正量称为长波长分

量,它对 CMP 叠加效果一般来说影响不十分明显,但影响小幅度构造的勘探,产生构造假象或使构造要素畸变。在数字处理过程中,长波长分量不易被发现,校正起来更加困难。

第二节 二维交互迭代折射波静校正

一、引言

静校正是实现 CMP 叠加的一项最主要的基础工作,它直接影响叠加效果,决定叠加剖面的信噪比和垂向分辨率,同时又影响叠加速度的质量。

在风化层横向变化剧烈、地表起伏变化较大、相邻两个接收点之间的静校正值差别较大的地区,采用高程校正和根据控制点上的小折射数据或微测井数据作线性内插的方法,已无法求准基准面静校正量。在这种情况下,剩余静校正量将超过反射波波形的 $1/2$ 周期,应用自动剩余静校正方法不能取得满意的效果。为此,人们不断地提出利用大炮地震记录初至时间来计算基准面静校正量的方法,如 FARR 显示法、相对折射静校正法 (PRS)、广义反演 (GLI) 等方法,这些方法对解决复杂地区的静校正问题都见到了一定的效果。我们这里提出一种折射交互迭代静校正方法,在共炮点域、共检波点域、共偏移距域进行交互迭代,求取静校正量,逐步向最佳静校正量逼近。该方法对于解决复杂地区的静校正问题比较有效。

二、方法原理

一般来说,采用折射波法求取静校正量的方法,均假定折射波通过低降速层所用的时间与反射波通过该低降速层所用的时间大致相等。

我们假定所用的折射层是相对稳定的,其变化是比较平缓的。这里所求的静校正量就是所用折射界面以上地层速度和厚度变化所引起的地震波传播时间差异量。该静校正方法的基本原理是基于这样的基本事实:当所用折射层上面不存在静校正问题时,我们拾取来自该层的折射波初至时间,该折射层的一些共偏移距初至曲线的变化是比较平缓的,曲线之间是大致相互平行的,这些共偏移距初至曲线与它们的折射界面也有一定程度的相似性。当该折射面以上由于速度和厚度的变化而存在静校正量时,该折射层的共偏移距初至曲线的变化会比较剧烈。用一定的拟合步长,对这些共偏移距初至曲线进行拟合。我们认为其拟合值与相应初至时间的差是炮点静校正量和检波点静校正量造成的,将计算出的静校正量对初至时间进行校正,若校后的共偏移距初至曲线已变得比较平缓,说明我们所求的静校正量比较正确。否则,再对静校正后的共偏移距初至曲线进行曲线拟合,将它们的拟合差分解成剩余炮点静校正量和检波点静校正量,直到静校正后的共偏移距初至曲线已经足够平缓,即认为所求的静校正量是正确的。

进行折射交互迭代静校正的步骤如图 1.2.1 的流程图所示。下面分别对每一步骤及原理加以说明。

1. 高程静校正或野外静校正

若野外资料的道头字中,有野外炮点静校正量和检波点静校正量,则将它们作为折射交互迭代静校正的初始值进行迭代。如果没有野外静校正量,而有地面高程和基准面高程,又有低降速层的替代速度,则可以计算出高程静校正量,并将它作为折射交互迭代静校正的初值。它对计算精度和计算速度均有一定的影响。

2. 拾取参考初至时间

我们进行折射静校正要用到某一折射波的初至时间，所以对来自某一折射界面的折射波进行初至时间拾取。我们选取某一炮，人工拾取其初至时间，作为其它炮的参考初至时间。初至时间自动判别所用范围是以参考初至时间为中心的某一范围。

3. 初至时间自动拾取

如果人工逐炮逐道拾取初至，效率比较低，将会影响资料处理的速度，所以我们要尽量让计算机正确地拾取初至。

上面已经求取了参考初至时间，初至时间自动判别所用的范围是以参考初至时间为中心的某一范围。如果沿测线速度变化比较大，也就是各炮初至时间相差较大，则要用一个较大的判别范围，反之，用一个较小的判别范围。

初至自动拾取我们采用了两种方法。第一种方法是神经网络方法，第二种方法是阈值

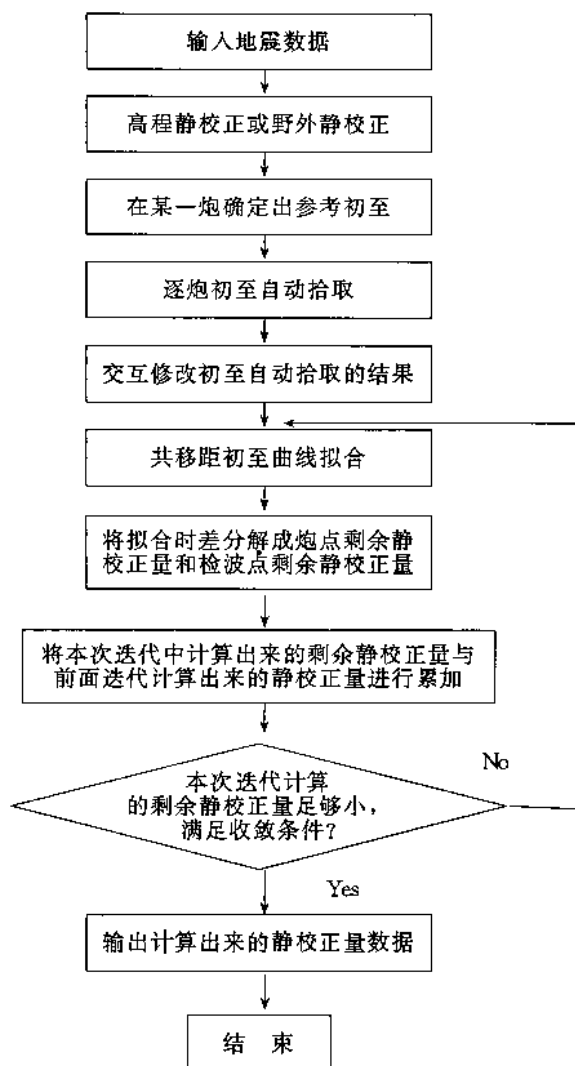


图1. 2. 1 交互迭代折射静校正方法流程图

特征判别法。

神经网络方法是先拾取初至样本和非初至样本,之后用误差反传算法对网络进行训练,训练完毕后,用训练好的网络逐炮逐道进行初至自动判别。

我们所用的特征参数有:相位的最大振幅,正振幅与负振幅的绝对值之和,选取的相位前后时窗的均方根振幅之比值,上、下两道前后时窗的均方根振幅之比。我们定义初至样本的期望输出为1,非初至样本的期望输出为0。要尽量选用那些对于初至和非初至区分性较好的特征参数。用已经选取的样本对人工神经网络进行训练,训练完毕后,用训练好的网络逐个相位判别是否为初至。

这种方法的自动判别结果,与所选初至和非初至样本关系很大。当所选样本概括性较好时,则训练好的网络的预测性能较好,初至自动判别的正确率就会较高。反之,初至自动判别的正确率就会较低。

阈值特征法是先对以参考初至为中心的时窗进行归一化处理,从时窗的左边开始,当某一相位的振幅超过我们给定的阈值,同时该相位的一些特征参数又满足我们给定的条件时,我们认为该相位的起始点是该地震道的初至。这种方法对于初至波前干涉波较弱的情况,效果较好。

4. 交互修改自动拾取结果

由于地震资料的复杂性,我们不能保证初至自动拾取的结果都是正确的。另外,某个折射层的折射波在一些地段为初至波,而在另外一些地段出现在续至波内。而我们在计算静校正量时,要用同一折射层的折射波的初至时间,所以我们要用鼠标交互修改初至自动拾取的结果。人的模式识别能力要优于计算机,我们可以根据相邻炮、相邻道的波组关系,在干扰背景中识别出折射波,从而修改不正确的初至自动拾取结果。这里的初至时间为相对初至时间,既可以统一拾取正相位,又可以统一拾取负相位。

5. 共偏移距初至曲线拟合

我们在计算静校正时,并不必须利用每炮所有地震道的初至时间。一般来说,每炮的初至波很难都是来自于同一个折射层,而我们的算法要求来自同一层折射波的初至时间。在不太复杂的情况下,可以找到一个偏移距范围,在此范围内其初至折射波是来自同一折射层。

设所用炮数为 M ,每炮的道数为 N ,第 i 炮第 j 道的初至时间为 B_{ij} 。假定每炮所用道为从 N_1 道到 N_2 道,我们对每个共偏移距道集按一定步长进行滑动曲线拟合。不失一般性,这里假定共偏移距道集与共道号道集是等价的。在变观的情况下要进行不同的处理。若只希望解决短波长静校正问题,拟合步长可选较小的值,若又要同时解决长波长静校正问题,拟合步长适当选大一点,一般来说拟合步长应大于20小于100。

我们对每个共偏移距道集都进行滑动直线拟合,令拟合值为

$$\bar{B}_{ij}(i=1,2,\dots,M;j=N_1,N_1+1,\dots,N_2)$$

拟合结果与相应的初至时间的差为

$$\Delta B_{ij} = B_{ij} - \bar{B}_{ij}(i=1,2,\dots,M;j=N_1,N_1+1,\dots,N_2) \quad (1.2.1)$$

我们把 ΔB_{ij} 看作是炮点剩余静校正量和检波点剩余静校正量综合作用的结果。

6. 拟合结果与初至时间差的剩余静校正量分解

$\Delta B_{ij}(i=1,2,\dots,M;j=N_1,N_1+1,\dots,N_2)$ 可以被看作是第 i 炮炮点剩余静校

正量与该炮第 j 个检波点剩余静校正量之和。在 M 炮中，我们可以从其中任意一炮开始迭代计算。假设我们从第 k ($1 \leq k \leq M$) 炮开始计算，令第 k 炮炮点剩余静校正量为

$$ST_k = 2 \sum_{j=N_1}^{N_2} \Delta B_{kj} / 3(N_2 - N_1 + 1) \quad (1.2.2)$$

则该炮的检波点剩余静校正量为

$$RT_{kj} = \Delta B_{kj} - ST_k (j = N_1, N_1 + 1, \dots, N_2) \quad (1.2.3)$$

我们从第 k 炮朝大炮号方向迭代，用每炮从第 N_1 道到第 N_2 道的初至时间。相邻炮所用地震道均有一些道相重叠，这是该方法的一个限定。我们知道对于同一检波点所有炮在该检波点的接收点剩余静校正量都是一样的。我们已知第 k 炮的检波点剩余静校正量，所用第 $k+1$ 炮的地震道集，即第 N_1 道到第 N_2 与第 k 炮接收点有一部分相重合，所以第 $k+1$ 炮也有一部分检波点剩余静校正量为已知的，假设第 $k+1$ 炮的第 N_3 道到第 N_4 道的检波点剩余静校正量 $RT_{(k+1)j}$ 是已知的，则可以求出第 $k+1$ 炮的炮点剩余静校正量

$$ST_{k+1} = \sum_{j=N_3}^{N_4} (\Delta B_{(k+1)j} - RT_{(k+1)j}) / (N_4 - N_3 + 1) \quad (1.2.4)$$

按照这种思路可以求出 $k+1$ 炮的接收点剩余静校正量，求出第 $k+2$ 炮的炮点剩余静校正量，……直到第 M 炮。同理，向小炮号方向递推。如果我们已知第 k 炮的接收点剩余静校正量，也由于第 $k-1$ 炮和第 k 炮的一些接收点是相互重合的，可以求出第 $k-1$ 炮的炮点剩余静校正量，直到第一炮。

可以从任一炮开始向前、向后递推进行剩余静校正量分解，我们可以对 ΔB_{ij} ($i=1, 2, \dots, M; j=N_1, N_1+1, \dots, N_2$) 进行 M 次分解，计算出 M 组解。由于 ΔB_{ij} ($i=1, 2, \dots, M; j=N_1, N_1+1, \dots, N_2$) 是由第 i 炮炮点剩余静校正量与第 j 个检波点的接收点剩余静校正量之和，所以我们对每组解求它的绝对平均值，若某一组解的绝对平均值最小，就认为它是本次迭代的最佳结果。

7. 对折射波初至时间进行静校正

将上面所求的剩余静校正量与以前迭代得到的静校正量进行累加，将累加得到的炮点静校正量和检波点静校正量对折射波初至时间校正，并绘出共偏移距初至曲线和共炮点初至曲线；若共偏移距初至曲线相互较平行，变化比较平缓，就认为所求的静校正量是合适的。否则，继续迭代，即返回到第 5 步。停止迭代的定量标准是，在当前次迭代中，所计算的剩余静校正量的平均值小于 1 ms，此时，再进一步迭代所计算出来的静校正量变化很小。一般迭代 3 次就可满足收敛条件。

三、实际资料处理

根据上述的方法原理，研制了交互初至自动拾取和迭代计算静校正量的软件包。我们对一些理论和实际地震资料进行了试处理，均取得了较好的效果。

图 1.2.2 是某一测线的两个原始单炮记录，图中折射波比较乱，并且看不到反射波的影子。图 1.2.3 是经过本书的交互折射波静校正之后的两原始单炮记录，折射波有明显的改善，在 0.9s 左右已见到明显的反射波。图 1.2.4 为某测线经过高程静校正的叠加剖面，从图中可以看出，叠加效果较差。图 1.2.5 为该测线用 EGRM 折射静校正方法处理后的叠加剖面，它的叠加效果比图 1.2.4 的叠加效果有明显的好转。图 1.2.6 为图 1.2.4 所示测线经过本书的静校正方法处理的叠加剖面。从图中可见，经过交互折射静校正后，剖面浅层

同相轴明显变好，信噪比得到了较大的提高，若再经过剩余静校正，叠加效果还会有更进一步的改进。

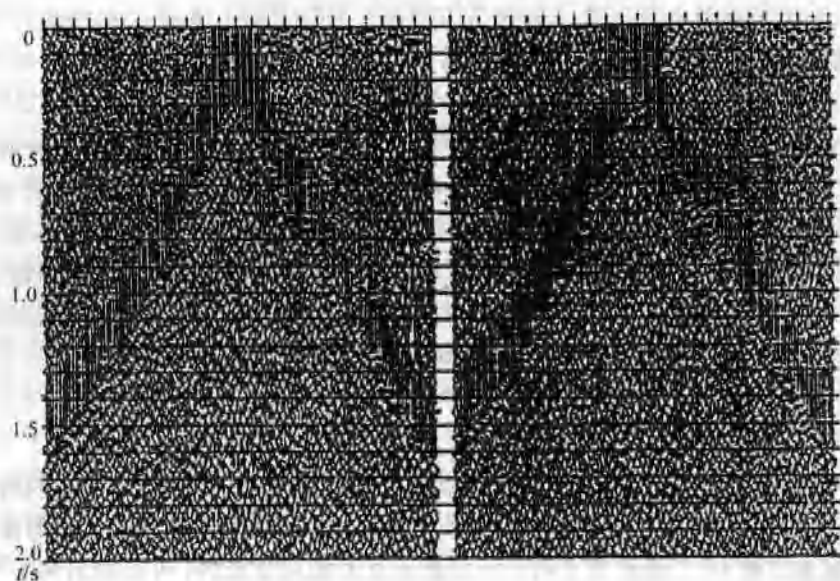


图 1.2.2 某测线两原始单炮地震记录

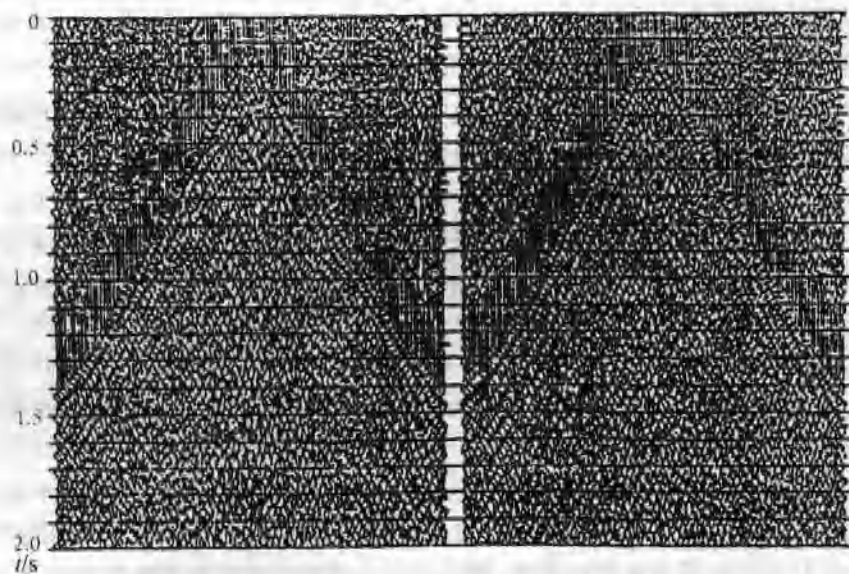


图 1.2.3 图 1.2.2 经过交互折射静校正后两炮地震记录

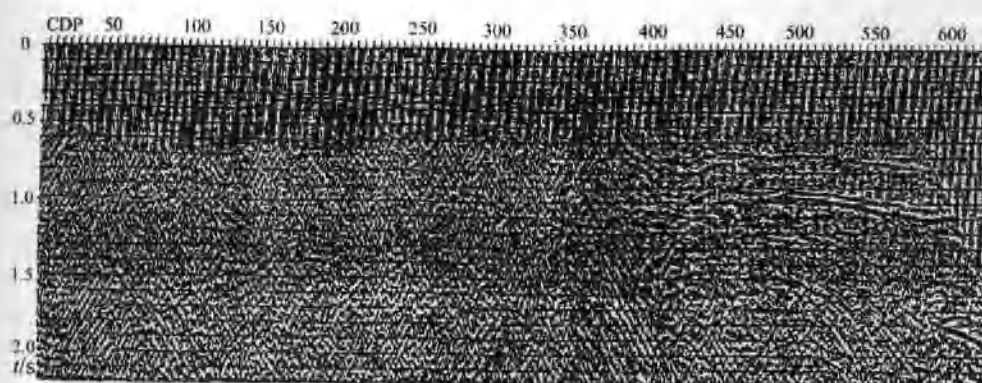


图 1.2.4 某测线进行高程静校正后的叠加剖面

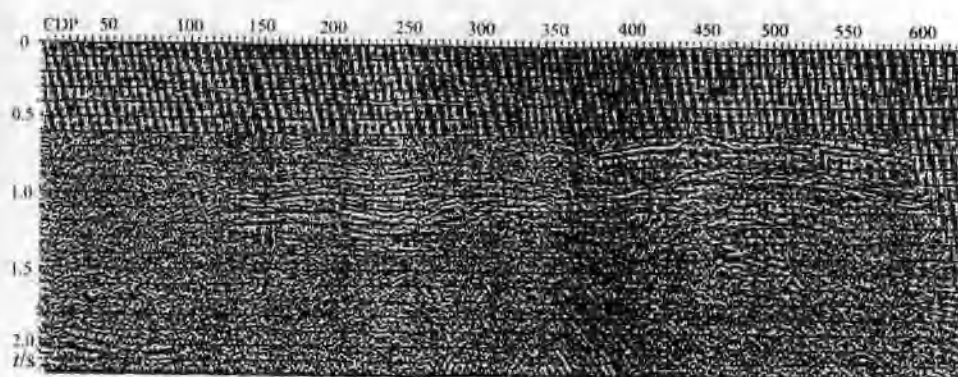


图 1.2.5 图 1.2.4 所示测线用 EGRM 折射静校正方法处理后的叠加剖面

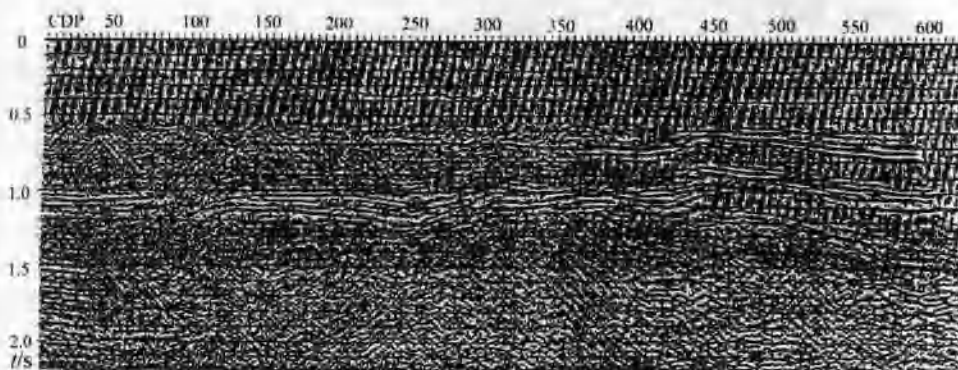


图 1.2.6 图 1.2.4 所示测线用交互迭代静校正方法处理的叠加剖面

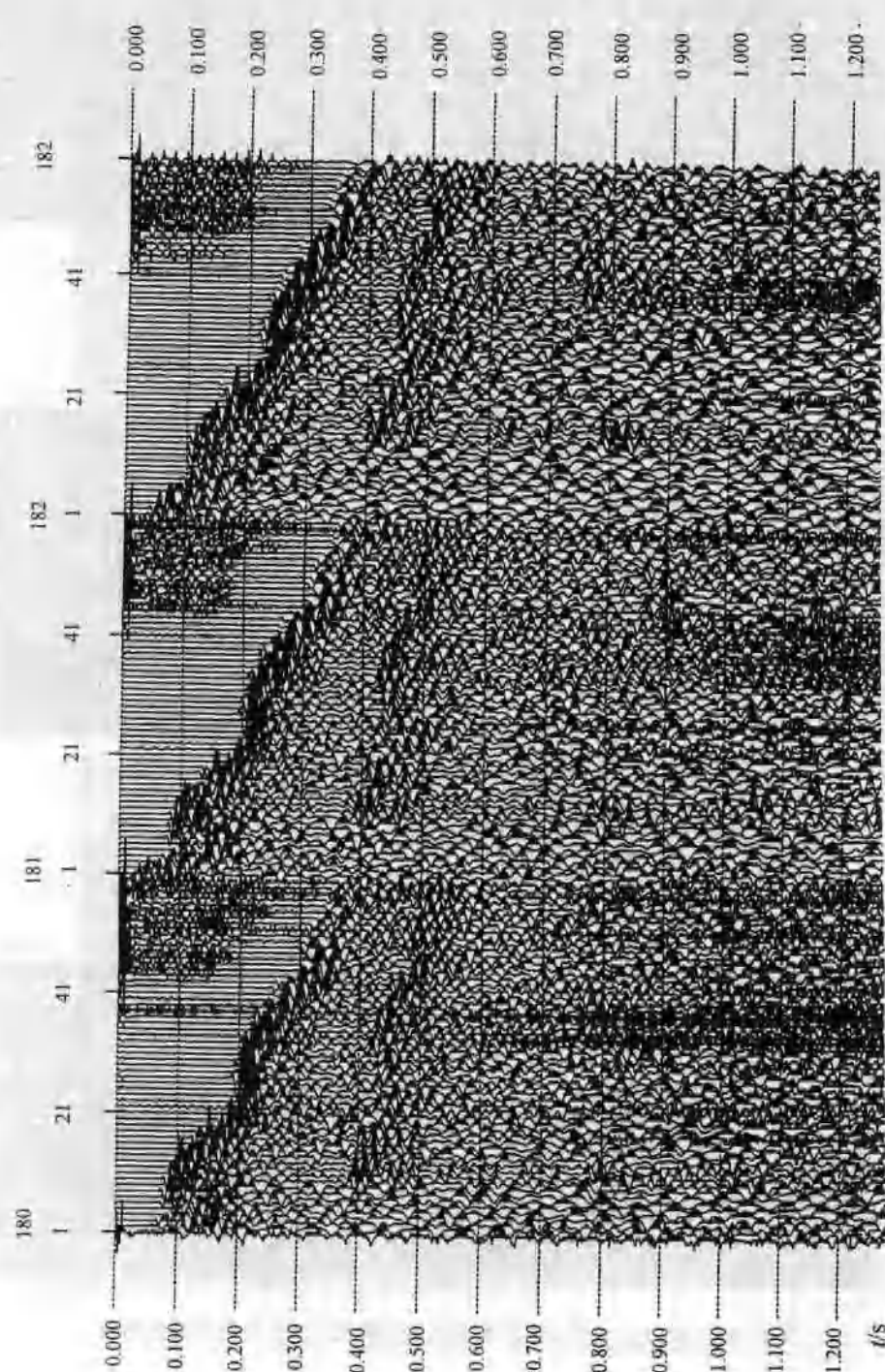


图 1.2.7 西北某煤田线 3 炮原始地震记录

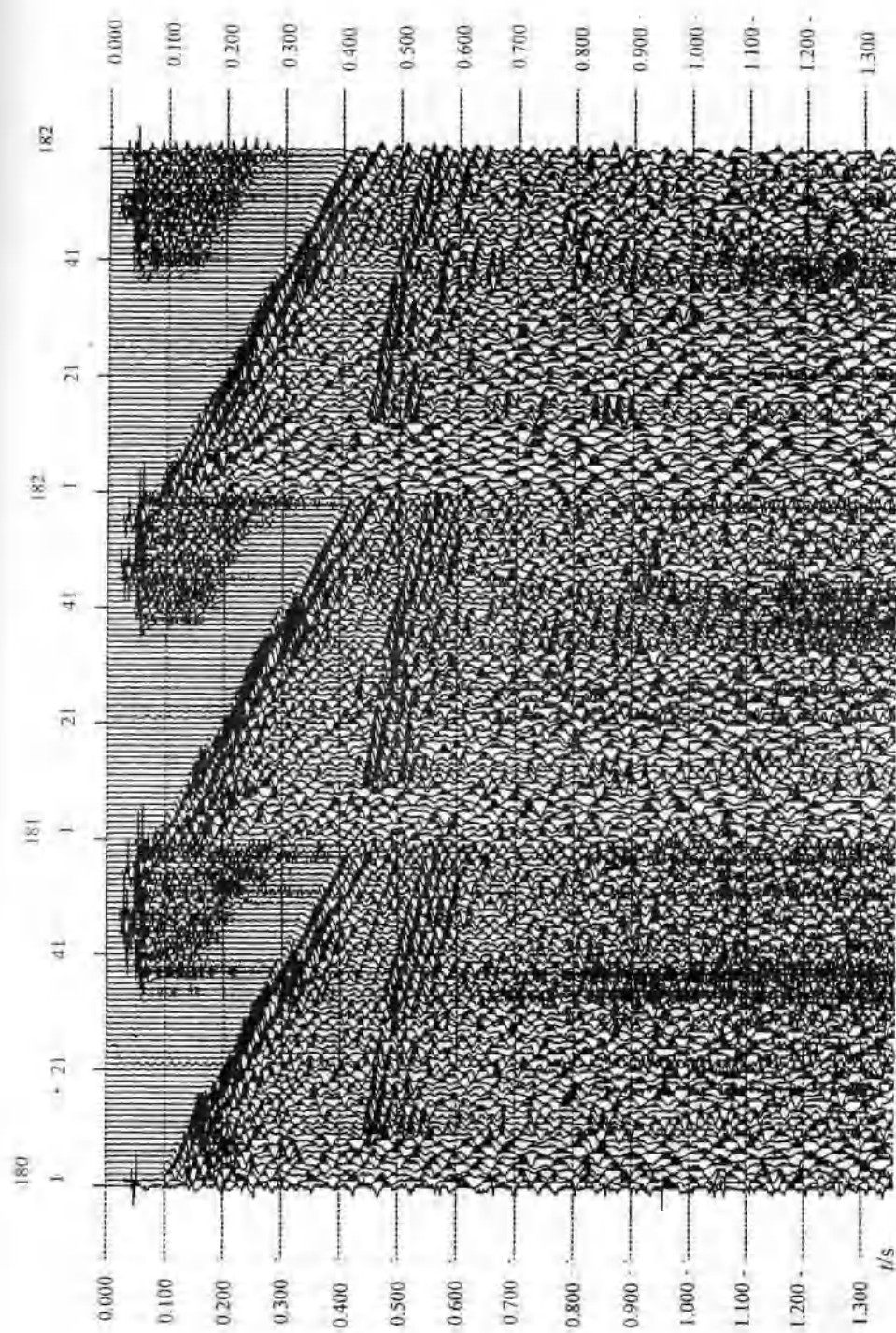


图 1.2.8 对图 1.7 的单炮地震记录经过静校正后的结果

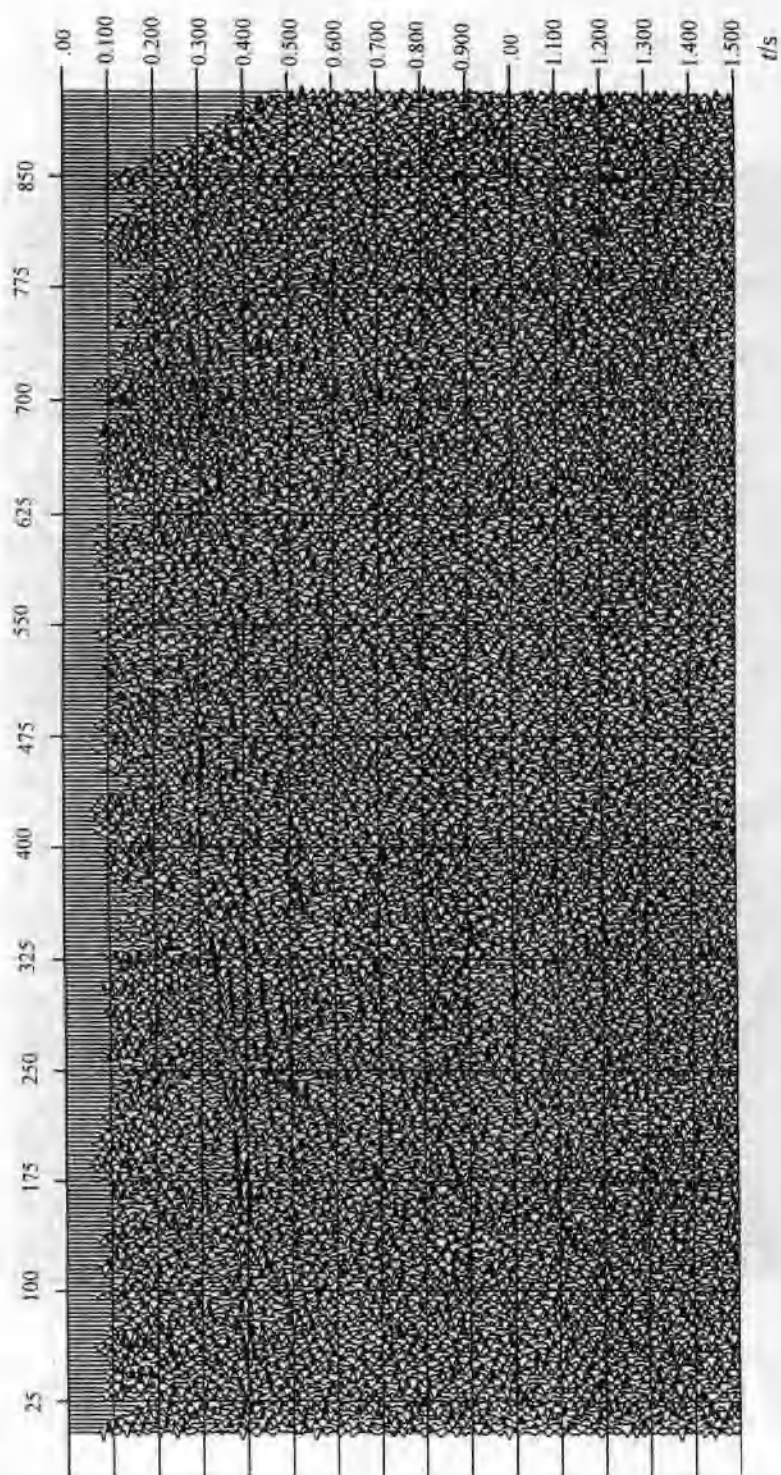


图 1.2.9 图 1.2.7 所示测线采用其它静校正方法处理后的叠加剖面

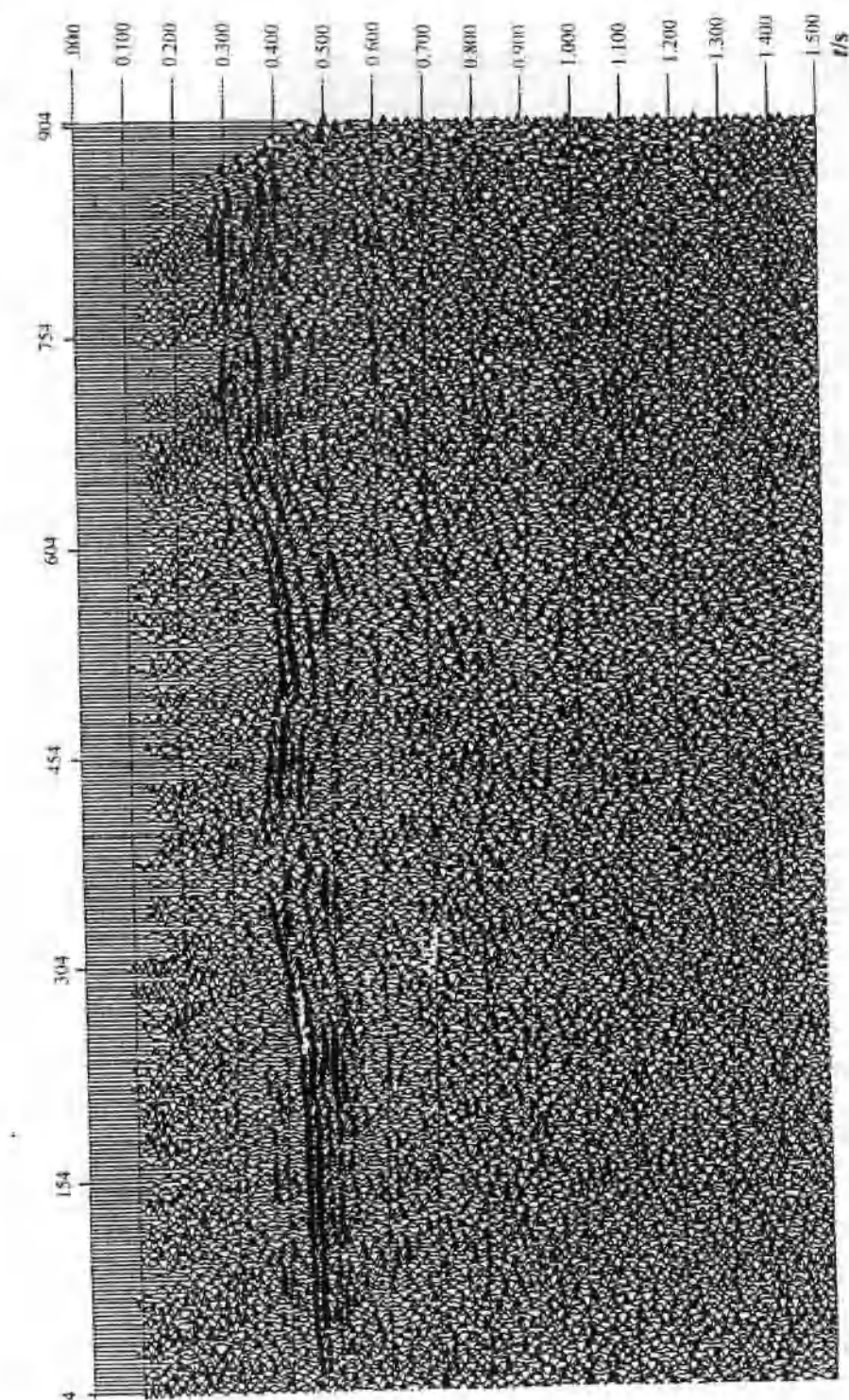


图 1.2.10 图 1.2.7 所示测线用本书方法处理后的叠加剖面