

地震剖面波形的自动识别与提取

颜世磊¹⁾ 陈世军^{1),2)} 史玉平³⁾

¹⁾(中国石化胜利油田有限公司物探研究院, 山东东营 257022) ²⁾(中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

³⁾(同济大学海洋地质与地球物理系, 上海 200092)

摘要 在没有数字资料的情况下, 如何充分利用旧的光点模拟地震纸剖面 and 胶片? 如何重新对比解释, 重新处理和储存这些资料(包括在上面作过手工解释的地震纸剖面)? 如何解决硬拷贝的地震剖面只能阅读而不能进一步处理的困难? 为了解决这些问题, 提出了一个有效的途径, 从而使老剖面、老胶片的重新处理和重新解释成为可能, 即利用图形图象处理技术, 首先对由扫描纸剖面得到的光栅图象上的地震波形进行预处理、细化、识别和提取, 并转化为数字资料, 若再重新格式化为标准的 SEG-Y 格式, 则可以进一步用来处理和解释。通过对该技术应用于实际旧剖面所取得的结果的分析可以看到, 在数字化的地震剖面上, 原剖面的特征面貌得到有效恢复, 可见, 该技术用于旧地震剖面的重建是行之有效的。

关键词 计算机图象处理(520·6040) 地震剖面 扫描 图象处理 识别 波形提取 数字化

中图法分类号: TP391.41 P631.443-39 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2003)11-1291-04

A Method of Automatically Identifying and Extracting Seismic Waveforms from Old Seismic Ections

YAN Shi-lei¹⁾, CHEN Shi-jun^{1),2)}, SHI Yu-ping³⁾

¹⁾(Geophysical Research Institute of ShengLi Oilfield Company Limited, SINOPEC, Shandong Dongying 257022)

²⁾(Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

³⁾(Department of Ocean and Earth Science Tongji University, Shanghai 200092)

Abstract Without digital data, how to fully make use of the old optical analogue seismic sections and films and renewedly constrast, reinterpret, especially to reprocess and restore them (including those on which have been manually interpreted), how to solve the problem that the hard copied seismic sections can only be read but not be further reprocessed, an effective approach has been put forward in this paper. Which makes it possible to reprocess and reinterpret old seismic sections and films. According to the graphical image processing technology, the seismic waveforms on the rasterized images scanned from paper seismic sections can be refined, identified and extracted and be converted into digital data, then be reformatted as the standard SEG-Y format, which can be used for being further processed and interpreted. Analyzing the results of applying this approach to old paper seismic sections, we realize that in the digitalized seismic sections their original characteristics can be effectively retrieved. Therefore this approach is feasible to reconstruct old paper seismic sections.

Keywords Seismic section, Scan, Image processing, Identify, Extracting waveforms, Digitization

0 前言

随着油田勘探开发的深入, 由于常常需要对一些老探区进行更精细的勘探和地震数据处理, 因此急需

对这些探区的地震数据进行叠后处理分析。为了节省投资, 必须充分利用早期的地震处理资料, 但由于早期的地震处理资料只保存有旧的地震纸剖面资料, 而没有建立叠后地震资料的数据库, 因此, 如何充分利用这些没有数字磁带的光点、模拟老数字剖面资料

(包括已解释、画线的地震纸剖面)及胶片来进行重新对比解释、特殊处理、存储建库呢?以及如何解决硬拷贝地震剖面只能阅读而不能进一步处理的问题就成为迫切需要解决的问题.当然最简单的一种方法就是从原始的数据开始进行处理,但这就势必导致时间和资源的浪费,同时也需投入较大的处理费用.另外,由于磁带存放时间太久,因而发生了类似粘连、脱磁等现象,无法读取其数据,而进行新的野外数据采集施工,既费时又费力,且所需费用较高;另一种方法是将从扫描仪扫描输入的地震纸剖面光栅图象,用地震波波形自动拾取方法,将数字化数据转成标准的 SEGY 格式数据,以便进行进一步的处理和解释.由此可见,开展旧地震剖面数字化处理技术的研究与应用具有极大的社会效益和经济效益.

众所周知,由于存放时间太久和绘图原因,早期的地震资料往往存在如下一些问题:即要数字化的地震纸剖面图比较陈旧,且有折叠;波形存在大量的断点,解释的人为标记比较多;地震剖面道与道之间的波形有重叠现象;经大型滚筒扫描仪扫描后的图件具有失真、畸变和抖动等现象,因此这些问题均使得旧地震剖面的波形拾取比一般的图件数字化要难得多、复杂得多.目前从国内文献和资料查询可知,冉家琼等人于1999年曾采用扫描仪把测井工程图纸扫描成一幅不同灰度级的测井工程图纸,并利用基于轮廓曲线矢量化方法成功地实现了测井工程图纸图象中交叉点、解释线等的自动追踪和多比例尺、断点等的人工交互追踪^[1],而国内暂还没有旧地震剖面数字化的报道.本文主要根据地地震剖面的先验知识和特征,利用图形图象处理技术^[2],结合细化原理^[3]和跟踪算法,把从扫描仪扫描输入的旧地震纸剖面光栅图象用地震波波形自动拾取方法转换成矢量数据,然后将这些矢量数据转成标准的 SEGY 数据格式,以用于进一步的处理和解释.实践证明,效果较好,这样就为处理和解释老、旧的地震资料提供了一条有效途径.

从图象处理的角度出发,通过大量经过扫描的地震剖面图的分析,归纳出扫描后的地震剖面图有以下特点:

(1) 地震剖面图中有许多时间轴,这些时间轴具有不同的宽度,且有抖动现象,这给自动跟踪提取波形带来了困难;

(2) 地震剖面中存在大量的断点和缺失信息,这给自动跟踪波形和进行波形的拟合增加了难度;

(3) 地震剖面中,地震道与地震道之间存在大量的交叉和重叠现象;

(4) 地震剖面图中,地震道的数量比较多,一般有几千道,且密度大,这给波形的自动拾取提出了更高的要求.

1 地震波波形的提取方法

1.1 地震剖面图的细化

由于地震剖面一般是采用变面积显示,即“右填充”,因此在进行波形提取之前,应把变面积波形变成曲线波形,也就是把填充区域去掉,这一过程在图形图象处理中称为细化.根据地地震波变面积显示的这一特点,可采用如下的细化算法:如图1所示,如果像素1、5、7的颜色值与背景色不一致,那么就on把像素4的颜色值设为背景色.图2为细化前后的地震剖面图.

0	2
3	4
6	8

图1 细化示意图

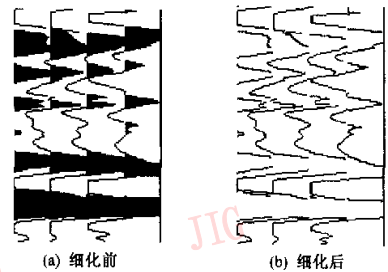


图2 细化前后的地震剖面图

1.2 地震剖面图细化后的特征提取

为了方便提取特征,可把细化后的波形点特征分为如下4种形式(以黑白二值图象为例):

$$\begin{cases} \text{交叉点} & f(i, j) \geq 4 \\ \text{内点} & f(i, j) = 3 \\ \text{断点} & f(i, j) = 2 \\ \text{孤立点} & f(i, j) = 1 \end{cases}$$

其中, $f(i, j) = \sum_{j'-1}^{j+1} \sum_{i'-1}^{i+1} h(i', j')$, $h(i', j')$ 为像素的灰度值(1或0).

为了便于波形搜索跟踪,本文把波形的形态归结为如下 5 个模式:

- (1) 正弦模式:包括正弦和余弦波形,它代表了大部分波形;
- (2) 线系模式:包括线段和折线;
- (3) 峰系模式:包括奇峰和双峰;
- (4) 断点模式;
- (5) 交叉模式。

由于地震剖面图比较复杂,因此这些特征和模式为以后的数字化跟踪和波形提取奠定了基础。另外,在数字化过程中,由于不仅充分利用了地震波形的特征和本身的属性信息,还采用边细化、边提取的搜索算法,从而大大减少了干扰信息。

1.3 地震波形连续片段的跟踪方法

如图 3 所示,从起始点 $(x_0, 0)$ 开始(其中 x_0 为波形的中心位置),然后沿 x_0 找到有效点,并扩展为波形片段,同时记住波形片段的起点和终点,加入链表。如果在 (x, y) 处为断点,则将 x 变为 x_0 ,再沿 x_0 找到有效点,并扩展为波形片段。在图 3 中,由于地震波轴所在的位置为 $x=x_0$,因此,在地震波波搜索时, a, b, c, d, e 这几个点的搜索顺序依次是 $b \rightarrow a \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow f$ 。

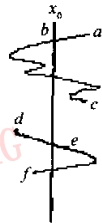
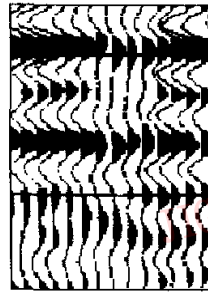


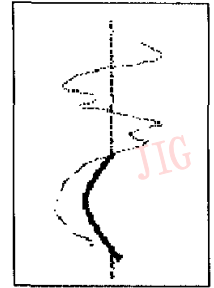
图 3 地震波形跟踪示意图

1.4 地震波形断点区域的自动搜索

由于存放时间太久和绘图原因,致使地震剖面图中的波形存在大量的断点和丢失信息(图 4(a))。由于这种断点区域经常是以一连串小断线段的形式出现,这使得搜索过程经常跑到相邻道,因此智能方法也不是特别的有效。这里采用曲线逼近的方法(图 4(b))来进行搜索波形,即自道中心轴位置开始作曲线,首先计算该曲线上可能有效点的数目,然后计算曲线的一次及二次导数平方和(图 4(b)中的黑粗线为逼近曲线),最后取二次导数平方和最小的曲线为搜索结果。同时,这一过程中,剖面的绘制方法、波峰和波谷的交替关系等信息都有助于断点的最佳判别。



(a) 地震波形断点区域



(b) 自动搜索示意图

图 4 地震波形断点区域自动搜索

2 应用实例与分析

利用前面所叙述的方法原理,即可按图 5 的处理流程,对实际的扫描地震剖面图进行处理。通过对不同品质的地震剖面进行处理的结果可见,效果比较理想。

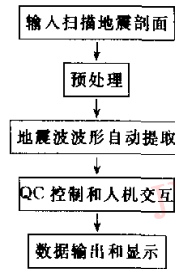


图 5 地震剖面地震波波自动提取流程图

由于经大型滚筒扫描仪扫描后的地震剖面图一般具有失真、畸变和抖动等现象,因此在进行地震波波提取之前,应对扫描的地震图进行几何校正等预处理。扫描地震剖面图的预处理主要包括地震剖面的几何校正、时间轴中心位置的自动提取和时间轴的消除等。

图 6(a)为实际的扫描地震剖面,其波形的连续性很差,断点较多;图 6(b)是用本文方法对图 6(a)进行自动搜索、识别的结果,从图 6(b)可以清楚地看出,它与原图相差无几,可很好反映原剖面的原貌。图 7(a)是比较复杂的扫描旧地震剖面,在该图上面有以前解释留下的痕迹,且波形的连续性不好,图 7(b)是用本文方法对图 7(a)进行搜索、识别的结果,它不仅反映出了地震剖面的原貌,而且基本细节也较为准确地表示了出来,特别是对有解释痕迹的区域,也得到了较好的恢复。

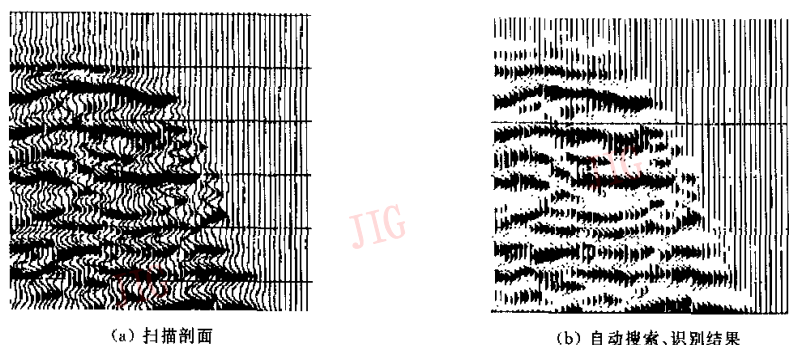


图6 实际地震剖面自动搜索、识别结果

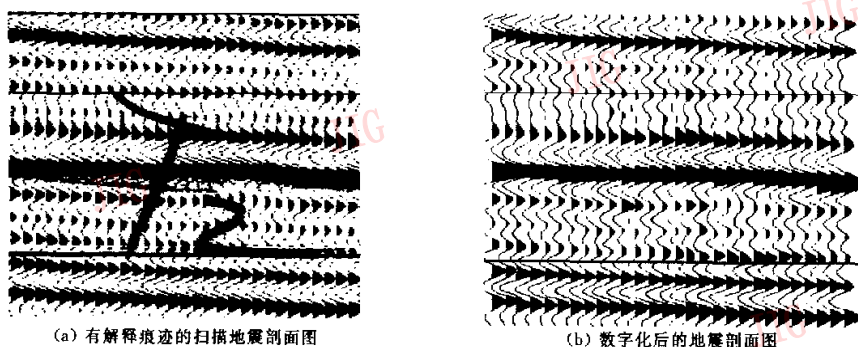


图7 实际地震剖面数字化结果

3 结论

本文以图形图象学为理论基础,通过地震波形特征的综合分析和研究,利用图形图象处理技术,对从扫描仪扫描输入的地震纸剖面光栅图象的地震波波形进行波形细化、波形识别与自动提取后,获得了相应的数字化地震数据,并最终获得可以加载的地震数据体,从而为处理和解释老、旧的地震剖面开启了方便之门。

通过对实际地震剖面的数字化处理可以看出,效果比较理想,证实了该方法是可行的,它能为老探区的再开发节省人力物力和缩短勘探开发周期,而充分发挥旧地震剖面资料的作用。

致谢 衷心感谢胜利油田有限公司的李进龙高级工程师、毛景标高级工程师和阎汉杰高级工程师等对本文支持和勉励,对所有给予帮助和关心的同志表示衷心的感谢。

参考文献

- 1 冉家琼,郑小武. 测井工程图纸图象的曲线追踪及其矢量化[J].

石油地球物理勘探, 1999, 34(增刊): 33~38.

- 2 Donald Hearn, Pauline Baker M. 计算机图形学[M]. 北京: 电子工业出版社, 1998.
- 3 孙家广, 杨长贵. 计算机图形学(新版)[M]. 北京: 清华大学出版社, 1995.



颜世磊 1974年生, 1997年获安徽大学计算机系工程学士学位, 现为胜利油田有限公司物探研究院工程师。主要从事计算机图形图象识别方法和地震处理方法软件的研制开发工作, 曾获胜利油田科研成果一等奖。



陈世军 1963年生, 高级工程师, 1983年获华东石油学院石油物探专业学士学位, 1999年获青岛海洋大学海洋地质专业理学硕士学位, 现在中国科学院地质与地球物理研究所攻读博士学位, 一直从事地震资料处理和地震物理方法研究。

史玉平 1990年获青岛海洋大学海洋地质专业理学硕士学位, 现为同济大学海洋地质系博士研究生。一直从事地球物理方法和计算机图形图象研究工作, 曾获胜利油田科研成果一等奖。