

地震记录及岩层剖面的光学 信息处理研究

马 德 岩

(西南石油学院)

提要: 本文研究了地震记录和岩层剖面的相干光学处理。经处理的地震记录信噪比提高; 经处理的岩层剖面清晰可见。文章对其原理和实验方法也作了有益的探讨。

Study on optical data processing of seismic records and stratum section

Ma Deyan

(Southwest China College of Petroleum Engineering)

Abstract: Coherent optical data processing of seismic records and stratum section is studied. The signal-to-noise ratio of seismic records has been improved and stratum sections so viewed may be greatly clarified through coherent optical data processing. The principles and the experimental method are discussed.

一、引 言

在勘探地下石油的工作中, 需要分析大量的地球物理勘探所得到的地震记录和地质岩层剖面。然而, 由于在地震爆炸中有用的信息和各种噪声都同时反应在地震记录中, 使记录模糊, 淹没了有用的信息; 由于岩层本身对比度的限制, 或者是采集标本时气候的影响, 使岩层剖面模糊。

作为第一阶段的工作, 我们利用建立在傅里叶光学基础上的相干光学信息处理系统, 滤去地震记录上的噪声, 提取有用信息; 以及改善岩层剖面的对比度, 使剖面构造清

晰可见, 获得了初步的结果。

和电子计算处理相比较, 光学信息处理方法具有经济、快速的优点。特别是应用于大量的需要处理的地震记录和陆地卫星图片中, 则更为有益。

二、原 理

1. 实验光路和方法

我们使用的相干光学系统是用三个透镜组成的相干光学系统(也称 $4f$ 系统)。实验装置如图 1 所示。

收稿日期: 1982 年 1 月 6 日。

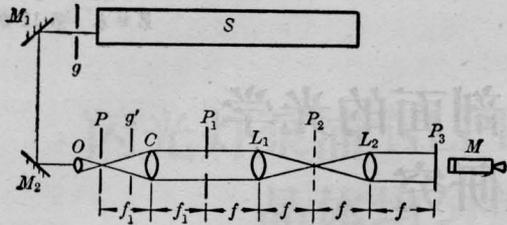


图1 相干光学处理系统

S: 氩-氟激光器, TEM₀₀ 模, 输出功率 25 毫瓦 (北京科学仪器厂产), 波长 6328 Å;

M₁, M₂: 全反射镜;

g: 快门;

O: 扩束镜 ×40;

P: 针孔滤波器, φ20 微米;

g': 光阑;

C: 准直镜, f400 相对孔径 1:4;

P₁: 输入图象面;

P₂: 图象频谱面;

P₃: 输出图象面;

L₁, L₂: 傅氏变换镜头, 通光孔径 φ80;

M: 图象观察镜。

整个处理装置安装在两个平行放置的长 2.2 米的光具座上。

氩-氟气体激光器发出的激光束经过扩束、光束滤波、准直之后, 成为单色相干平面波。在光束截面上, 光强按高斯分布。用光阑截去光束的边缘部分, 得到的中心部分光强分布比较均匀。用它垂直入射待处理的地震记录图片或岩层剖面图片。经过具有光学傅里叶变换作用的两个透镜 L₁、L₂ 组成的成像系统, 则可在 L₂ 的后焦面 P₃ 上得到放大率为 1 的倒象。用图象观察镜观察成像情况, 可看到岩层剖面清晰化的效果和地震记录经调试扇形滤波器滤波后的效果。随后用高分辨率的全息干板 (天津感光胶片厂生产的全息-I 型干板) 曝光记录所获得的图象和频谱。

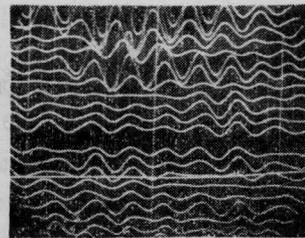
2. 技术关键

(1) 翻拍目标: 用摄影大座机, 将所处理的地震记录或待处理的岩层进行拍照, 制成负片。负片尺寸应与通光孔径相匹配。曝光、显影必须适度。

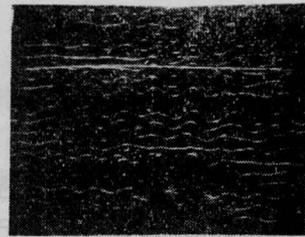
(2) 频谱分析: 不同的输入函数具有不

同的空间频谱分布, 在频谱面上拍下输入面频谱, 再对其进行显微摄影, 以便分析其特征。并设计其所需的滤波器, 如图 2 所示。应用傅氏变换的缩放原理图象缩小, 频谱放大, 作出同一目标、不同尺寸的频谱图, 以便分析频谱的精细分布, 如图 3 所示。图 3(a) 中不清楚的噪声频谱经缩放处理后, 在图 3(e) 中变得清晰可见。

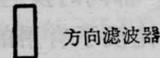
(3) 研制滤波器: 由于未经放大的频谱受透镜焦距的限制, 仅分布在直径约 2 毫米的范围内。因此滤波器研制极为精细。本系统所用的扇形滤波器系在读数显微镜下进行精密机械加工的 (也可采用照相制板的方法)。滤波器制作好后, 在显微镜下进行装配, 图 4 所示为我们在处理地震记录时所用的扇形滤波器。



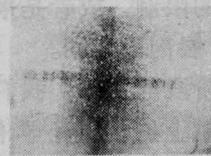
原图象



处理后图象



方向滤波器



频谱

图2 地震记录方向滤波实验

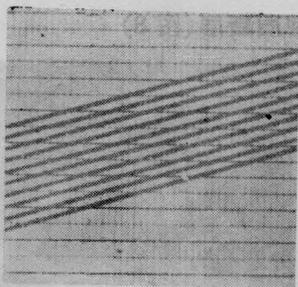
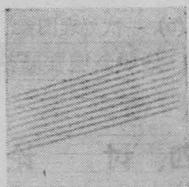
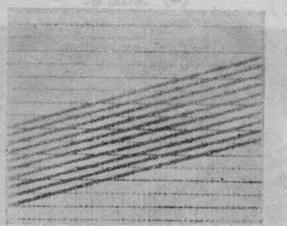
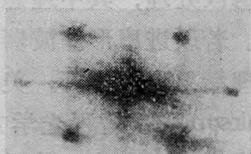


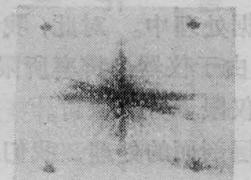
图 3 (a)



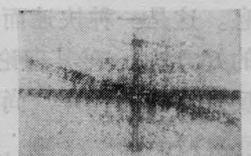
不同比例的理想地震记录的图象



(a)



(b)



(c)

不同比例的理想地震记录的频谱

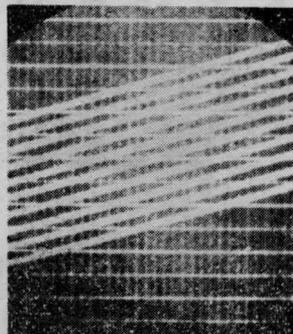
图 3 频谱缩放原理



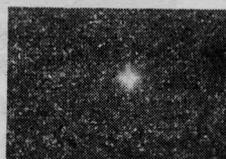
图 4 扇形滤波器

三、实验结果

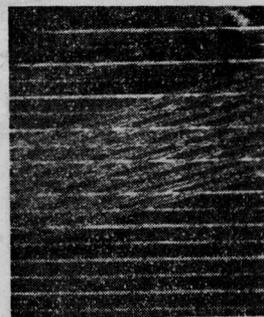
1. 理想地震记录(图 5)



(a) 未处理的理想地震记录



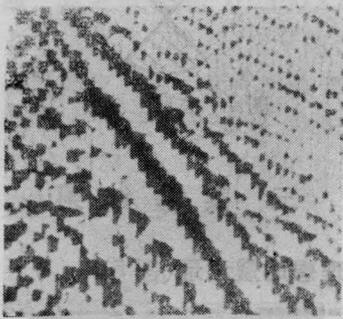
(b) 频谱及其放大



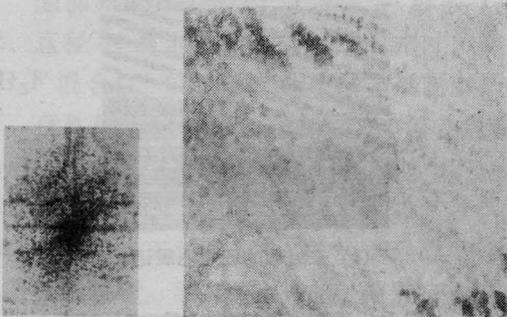
(c) 经扇形滤波后的图象

图 5 理想地震记录实验结果

2. 实际地震记录(图6)



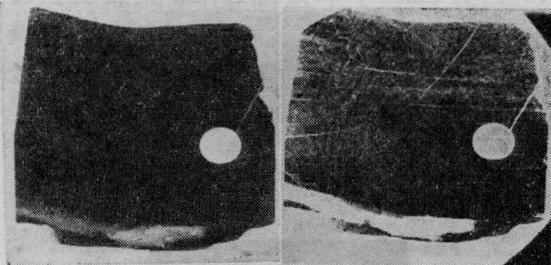
(a) 未处理的实际地震记录
(大斜线为声波干扰)



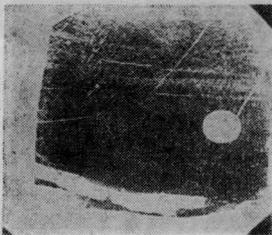
(b) 频谱 (c) 经扇形滤波后的图象
(滤去声波干扰, 突出有效波)

图6 实际地震记录实验结果

3. 岩层剖面(图7)



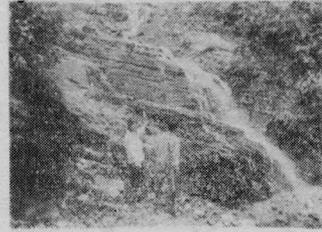
(a) 原图象 (b) 一次处理图象



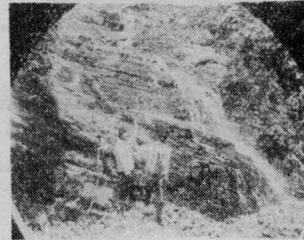
(c) 滤波后图象

图7 岩层剖面实验结果

4. 地质断层(图8)



(a) 原图象



(b) 一次处理图象

图8 地质断层实验结果

四、讨 论

我们对理想地震记录和实际地震记录都进行了扇形滤波处理, 其中理想地震记录滤波效果较好。若改进扇形滤波器可望使实际地震记录处理结果更为清晰。美国密执安大学 P. L. Jackson 先生曾用光学方法将地震波直接转换成变密度底片, 然后在相干光学系统上加以处理, 已成功地应用在地下核爆炸的大量数据处理中。对此, 我们也作了初步尝试。但由于仪器分辨率所限, 我们第一阶段的工作仅限于方法探讨。

关于岩层剖面的处理, 我们对各种岩层进行过二百多次实验, 证明图象一次处理后对比度能显著改善; 再加滤波器即可突出某一部分信息。这是一种快速而经济地改善图象清晰度的好方法。对其理论分析, 特别是一次翻拍反差增强的原理, 尚待进一步探讨。

本文图片经美国宾州大学光学信息处理专家杨震寰教授、南开大学母国光同志阅过, 在此, 对二位专家的指导和鼓励致谢。