

层析静校正方法研究与应用

周国婷, 潘冬明, 牛欢, 凌丹丹, 夏暖

(中国矿业大学 资源与地球科学学院, 江苏 徐州 221116)

摘要:在资源勘探中,由于煤田目的层埋深较浅,地表的起伏引起的静校正量对于煤田勘探影响较为严重;而且煤田勘探主要是寻找断层、陷落柱等小构造,这就对静校正提出了更高的要求。因此,针对煤田勘探复杂地表的静校正问题显得尤为重要。通过对模型正演记录和实际资料进行层析静校正量计算,有效地消除了复杂地表的影响,得到了较高质量的叠加剖面。

关键词:复杂地表;正演模拟;初至拾取;层析反演静校正

中图分类号: P631.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2012)05-0802-04

在我国煤炭是最主要的一次能源,现今在中国东部地区煤炭资源逐渐枯竭,地震勘探区逐渐由平原地区向沙漠、山区、黄土高原等地区转移。这些地区地形复杂,地形变化剧烈,相对高差大,地表条件极为复杂,在这种情况下,野外数据采集是一个很大的挑战,因此在复杂地区所采集到的野外地震记录一般信噪比低,资料品质差,这样就给地震资料的数据处理和解释带来很大难度,静校正更是此类地区地震资料处理的关键和难点^[1]。

1 基本原理

静校正的形成一般是由于地形的起伏和低降速带的变化造成的。地形的起伏会造成地面上不同的接收点的延迟时不同,而在低降速带内地震波的传播速度比下面地层的速度要低得多。复杂地表条件下的地震资料处理对静校正的要求非常高。静校正是实现 CMP 叠加的一项最主要的基础工作,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^[2]。

目前常用的静校正方法主要是野外一次静校正和折射静校正^[3]。层析成像是由 Dines 和 Lytle^[4]首先将层析成像引入地球物理领域的,即地震层析成像技术。初至层析反演静校正主要利用的是地震初至波射线的走时和路径,通过走时和路径来反演地下介质的速度结构,它是一种非线性模型反演技术。其优点是利用初至波,它传播距离短,能量损失小,易于识别,不受地表及近地表结构纵、横向

变化的限制。通过射线追踪反演出地表及近地表底层中不同介质的速度模型,从而分别求取炮点和检波点的静校正量,然后在精度要求范围内控制正演初至时间与实际初至时间的误差,再经反复迭代不断修正速度模型,最终消除复杂地形对地震资料造成的影响,使反射波的分辨率提高,得到高质量的地震剖面。

层析静校正是在层析反演技术基础上,反演近地表速度场,继而求取静校正量的一种方法^[4]。它包括一个正演过程和一个反演过程,正演过程即计算每个炮检对的旅行时,反演过程即根据初至的剩余时间交互更新速度模型。通常,将不同的初始模型和不同噪声水平的初至时间经多次迭代后,误差都能够得到收敛。地震波的走时是对介质慢度函数沿射线路径 L 的线积分,有射线理论知旅行时与层深度之间的关系可表示为

$$t(x_s, x_r) = \int_L s(x, z) dl, \quad (1)$$

式中, x_s 为炮点位置, x_r 为检波点位置, $t(x_s, x_r)$ 为地震波从炮点到检波点的旅行时; $s(x, z)$ 为地下介质的慢度函数; dl 为射线路径的微分。将上式离散后,可写成如下矩阵形式的代数方程

$$A\Delta S = \Delta T, \quad (2)$$

式中, A 是与慢度场 (x, z) 有关的射线路径矩阵,通过射线追踪可以获得该矩阵, ΔT 是实际的初至时间与正演旅行时之差,为列向量,即为所有激发点到

接收点的走时矩阵, ΔS 是对 (x, z) 的慢度修正量, 是一个需要求解的列向量。通过求解该方程, 可获得慢度修正量 ΔS , 然后对慢度场 (x, z) 更新, 在新的慢度场的基础上, 通过射线追踪建立新的方程, 求解新的慢度修正量, 经反复迭代, 直到计算的理论旅行时与观测的初至旅行时之差满足合适精度为止。

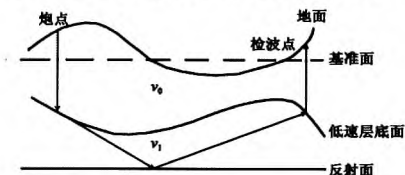


图1 反射波在近地表的路径示意

利用层析成像反演出近地表速度模型(图1)后, 就能导出各点的静校正量, 静校正量公式为

$$t_s = \frac{h_s - w_s - H}{v} + \frac{w_s}{v_0} - t_a,$$

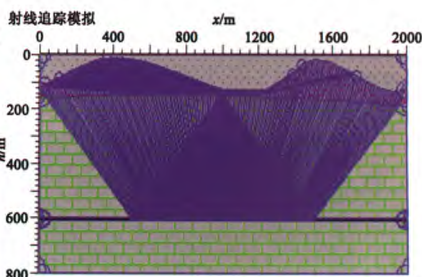
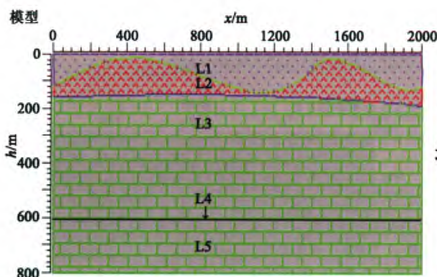


图2 起伏地表模型及射线追踪模拟

(2) 初至拾取。在进行层析静校正方法处理前, 需首先拾取初至, 拾取初至的目的是要得到地震波从激发点至接收点的最小传播时间, 并以此作为层析反演射线走时的目标函数。一般先自动拾取, 然后对个别不满意的初至进行手动拾取, 这样既能节省工作量而且精度较高。层析反演的精度受近地表速度精度的影响, 而近地表速度精度由初至时间决定, 故初至波的精度是层析反演的基础。为提高反演精度, 需要提高初至拾取的精度。一般说来, 初至拾取软件对拾取初至波的波峰有较高的精度, 但实际上真正的初至时间并不一定在初至波波峰处。对于炸药震源来说, 初至时间应在初至波的起跳点, 但直接拾取初至波的起跳点并不容易。为此, 需在拾取初至波波峰时间的基础上, 再将拾取的时间锁定到从负到正的过零点上, 通过统计波峰到过零点

$$t_r = \frac{h_r - w_r - H}{v} + \frac{w_r}{v_0}, \quad (3)$$

其中, t_s 为炮点 s 的静校正量, t_r 为接收点 r 的静校正量; H_s 和 H_r 分别为炮点 s 和接收点 r 的地面高程; w_s 和 w_r 分别为炮点 s 和接收点 r 的低速层厚度; v_0 和 v_0 分别为炮点 s 和接收点 r 的低速层速度; H 为基准面高程; v 为基岩速度, t_a 为炮点井口时间。

2 实现步骤

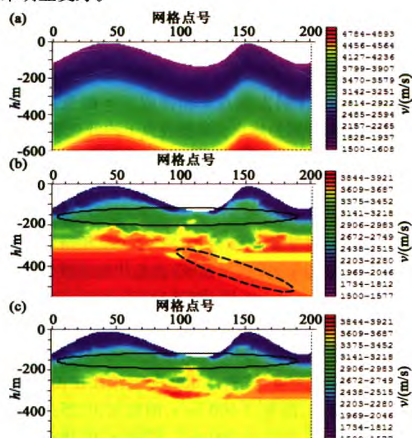
(1) 运用正演软件 GX II^[9] 设计一复杂地表模型(图2), 采用全排观测系统, 在起伏地表放炮和接收, 炮距 20 m, 共 101 炮, 道距 10 m, 共 201 道, 最小偏移距为 0。从上到下各介质参数为:

- L1: 空气, 波速: 340 m/s, 泊松比: 0.5;
- L2: 起伏地表, 波速: 1 800 m/s, 泊松比: 0.25;
- L3: 灰岩, 波速: 3 500 m/s, 泊松比: 0.25;
- L4: 煤层, 波速: 1 700 m/s, 泊松比: 0.25;
- L5: 灰岩, 波速: 3 500 m/s, 泊松比: 0.25。

之间的时间差, 就可以估算出初至波起跳点的时间值。

(3) 根据初至波走时反演速度模型。在建立初始速度模型及完成初至波拾取的基础上, 对区域内表层及近地表速度模型进行层析反演。层析反演的第一步是运用费马原理, 对任意介质模型网络初至波射线正演。通过选取不同的迭代次数, 得到如图3的速度场。通过比较可以发现反演的效果与迭代次数有很大的关系, 当迭代次数为 5 次时, 在 160 m 处, 表土层底界面与模型一致性不是很明显(如图中实线框所示), 而且由于算法本身的影响, 加上迭代次数不足导致收敛精度不够, 而产生了虚线框中的倾斜界面且速度场不均匀。当迭代次数为 15 次时, 可以看出表土层底界面与模型有较好的一致性, 而且整个速度场更均匀, 没有出现倾斜界面, 反演效

果明显变好。



a—初始速度场;b—迭代5次的速度场;c—迭代15次的速度场

图3 初始速度场与不同迭代次数的速度场的对比

(4) 求取炮点和检波点静校正量。在层析反演得到的速度—深度模型上交互拾取高速层顶界(即低速带底界)以及相应的校正基准面,通过对速

度—深度模型上各网格时间的纵向求和,便得到地表观测点相应的静校正量。

3 应用效果及结论

将层析静校正应用到单炮记录中,通过比较运用层析静校正前、后(图4)的单炮记录,而可以发现运用层析静校正以后初至(图4中虚线框所示)得到修复,煤层反射波双曲线形态也得到了很好的恢复。

将层析静校正量导入处理得到叠加剖面,图5是层析静校正处理前后的叠加剖面比较。通过比较可以明显看出300 ms左右处煤层反射波同向轴基本被拉直且变得比较连续清晰。这就表明起伏地表和低速带对煤层反射波的影响几乎被消除了。

通过上面的几组比较,可以看出对于复杂地表情况和低速带,层析静校正可以很好地校正煤层反射波,可以使同向轴变得连续,能量加强和集中,还可以提高分辨率。另外,由于主要研究的是层析静校正,对记录中的多次波和面波没有进行细致地压制和去除,所以剖面图中煤层反射波的下面有多次波和面波干扰。

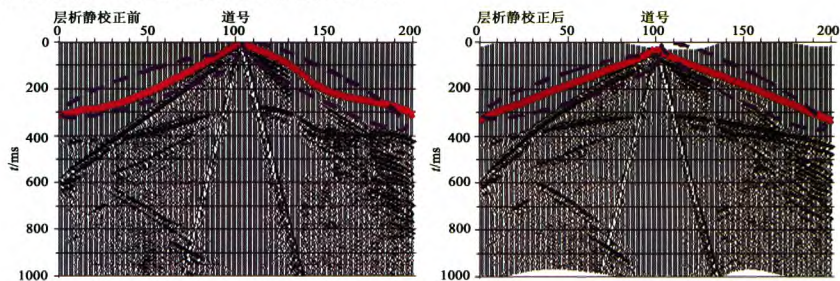


图4 层析静校正前后的单炮记录对比

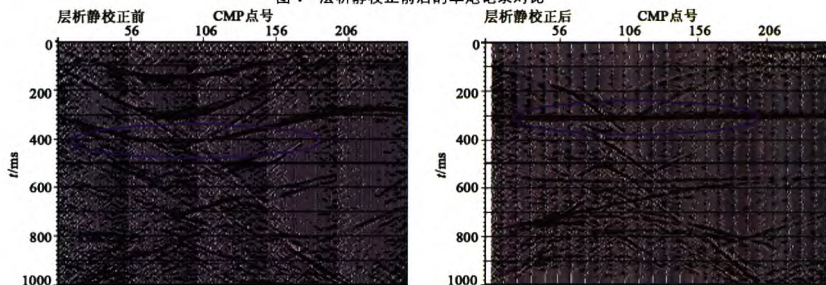
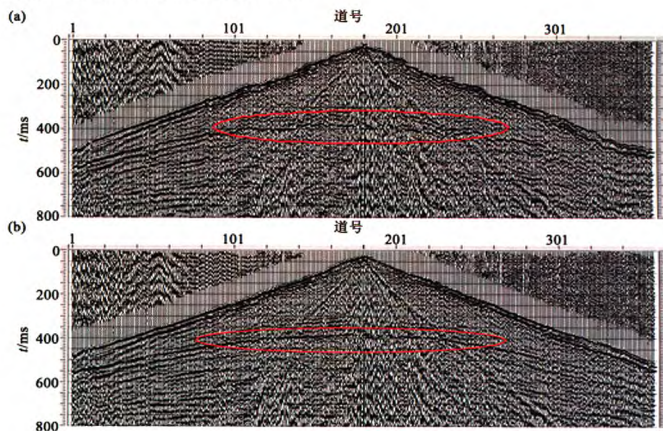


图5 层析静校正前后的叠加剖面对比

4 应用实例

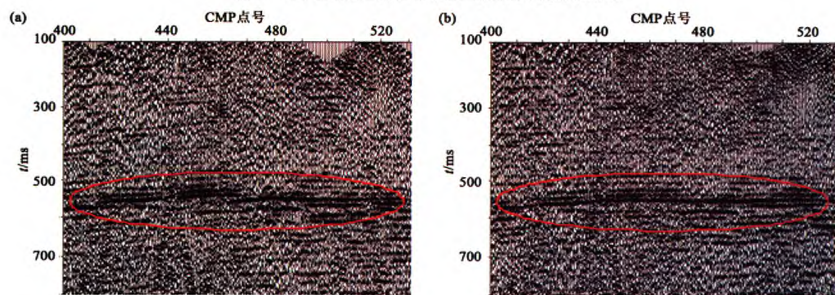
采用初至层析静校正的方法对山西沁水盆地某区所采集的数据进行层析静校正处理。图 6 是应用静校正量前后的单炮记录比较,可以看出,在应用层析静校正后,反射同相轴形态得到了很好的重现。

图 7 是应用常规静校正方法和应用层析静校正的叠加剖面比较,可以看出常规算法得出的静校正量存在串相位现象。而在应用层析静校正方法计算的静校正量后,串相位现象消除,整体成像效果得到改善。



a—层析静校正前;b—层析静校正后

图 6 沁水盆地某区段层析静校正前后的单炮记录对比



a—常规静校正;b—初至层析静校正

图 7 沁水盆地某区段常规静校正与初至层析静校正的叠加剖面对比

5 结论

表层模型层析反演静校正技术在地震数据处理中已逐步推广使用。首先,该方法能够直接利用实际地震记录的初至时间,传播距离短,信噪比高、畸变小,易于识别。通过射线追踪方法反演地震作业区内地表及近地表的速率—深度模型,这样,就弥补

了在某些地区采用传统的低降速带静校正方法无法获取准确的地表及近地表速率—深度数据以及静校正数据的缺陷。其次,建立的地表及近地表速率—深度模型,可以直观地反映整条测线地下地表及近地表速率的纵横向变化规律,并能连续确定观测点下低降速带底界形态,求取准确的静校正量,较好地解决地震勘探中的静校正问题。

下转 841 页

THE APPLICATION AND DEVELOPMENT OF EULER DECONVOLUTION IN GRAVITY AND MAGNETIC FIELD

WANG Ming^{1,2}, LUO Yao^{1,2}, LUO Feng^{1,2}, TIAN Song^{1,2}

(1. China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, China; 2. Laboratory of Earth Observation Technology, China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, China)

Abstract: As an important method in potential field data processing and interpretation, Euler deconvolution has aroused widespread attention among researchers because it can provide automatic or semi-automatic estimates of source locations and depths under the condition of less priori information. This paper described the principles of Euler deconvolution, summarized its improvement as well as related problems that geophysical experts both in China and abroad have been working on in recent decades, analyzed the choice of structural index and the stability of Euler solution and the others. The future research emphasis and developing direction of Euler deconvolution are pointed out in this paper, which are of important significance for practical use of Euler deconvolution in potential fields.

Key words: Euler deconvolution; structural index; Euler solutions; moving windows; background field

作者简介: 王明(1981-),男,山东人,助理工程师,硕士研究生,主要从事航空物探方法技术研究。

上接 805 页

参考文献:

- [1] 林依华, 张中杰, 尹成, 等. 复杂地形条件下静校正的综合寻优[J]. 地球物理学报, 2003, 46(1): 101-106.
- [2] 熊震. 地震数据数字处理应用技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993.
- [3] 赵妍. 层析成像静校正方法研究[D]. 中国石油大学, 2009.
- [4] Marsden Dave. Static corrections-a review (part I, part II) [J]. The Leading Edge, 1993. 12(1, 2). 43-49, 115-120.
- [5] Nolet G. 地震层析成像及应用[M]. 王椿镛, 吴宁远, 刘启元等, 译. 北京: 学术期刊出版社, 1989.
- [6] 陆基孟. 地震勘探原理及资料解释[M]. 北京: 石油工业出版社, 1991.
- [7] 李鸣社. 地震勘探资料数字处理[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1989.
- [8] 苑益军. 复杂地区静校正技术剖析[C]//中国地球物理学会年刊, 1998.
- [9] GX II User Guide by the GX Technology Corporation (Version 4.0). Manual Handbook.
- [10] 潘海娜. 复杂地表条件下静校正方法的应用研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2009.

RESEARCH AND APPLICATION OF THE TOMOGRAPHIC STATIC CORRECTION METHOD

ZHOU Guo-ting, PAN Dong-ming, NIU Huan, LING Dan-dan, XIA Nuan

(The School of Resource and Earth Science. CUMT, Xuzhou 221116, China)

Abstract: In the exploration of coal resources, the static caused by the shallow target depth and the rolling ground influences the coalfield seriously, and coal exploration is mainly focused on faults, collapse columns, and other small structures, which sets higher demands on static correction. Therefore, the static problems which aim at tackling complicated surface in coalfield exploration are especially important. The authors calculated the tomographic static of the forward modeling data records and the actual data and, as a result, the influence of complex surface was eliminated effectively, resulting in the obtaining of high-quality stack profiles.

Key words: complex surface; forward modeling; first-break picking; tomo-inversion-based static correction

作者简介: 周国婷(1986-),女,湖北荆州人,硕士研究生,从事煤田地震勘探资料处理及解释研究,公开发表学术论文数篇。