

# 基于工区管理的二维地震浮动基准面静校正

王秀东<sup>1</sup>, 陈清静<sup>2</sup>

(1. 山东省煤田地质规划勘察研究院, 山东 泰安 271021; 2. 山东省煤田地质局物测队, 山东 泰安 271021)

摘要:通过分析传统的二维地震资料处理不同基准面的静校正方法,指出这些方法在西部煤炭资源勘探中的局限性。在此基础上提出基于工区近地表基准面的静校正方法,把处理方法与解释紧密结合起来,通过实际应用,大大降低了传统二维地震交点闭合差的影响,提高了深度解释的可靠性。该方法适用于勘探范围广、工区地表起伏大的西部煤田勘察。

关键词:浮动基准面;静校正;工区管理;闭合差

中图分类号:P631.42

文献标志码:A

文章编号:1003-1375(2013)04-0001-05

## 0 引言

目前我国东部煤炭资源的开发已基本达到最大产能,难以长期满足国民经济的需求,煤炭资源勘察的重点逐渐西移。西部煤炭资源蕴藏量丰富,勘探程度普遍较低。由于地震地质条件复杂,给野外数据采集、资料处理提出了难题,如激发、接收、静校正等,其中静校正问题的某些环节在生产过程中是容易忽视的问题<sup>[1]</sup>。

新疆地区煤炭资源多为中生代侏罗系煤田,中生代以后,聚煤盆地上伏地层长期接受侵蚀,致使地表呈现残丘状风蚀地貌或戈壁,地表起伏较大,局部倾角可达 30°以上;高差变化也较大,同一测区有的最大可达 500 m 以上,静校正难度大,一方面影响资料的同相叠加效果,另一方面造成相交测线的交点闭合差,增加地震波的对比与闭合工作量,更严重的是由于闭合差的存在,得到的构造图可能失真,影响构造形态和目的层深度解释的精度。

## 1 地震资料处理基准面概述

目前广泛应用的地震处理软件按勘探方法分为二维、三维 2 类。三维地震资料处理采用工区管理的方法,静校正基准面可在全区统一选择,既可选用近地表基准面,也可采用水平基准面。与三维资料处理不同的是,二维资料处理是以单线进行管理的。

### 1.1 近地表浮动基准面

近地表浮动基准面是利用测线上测量出的高程

资料,经过平滑内插,得到的一个消除了高频地表起伏的平滑曲面(线)<sup>[2]</sup>。它保留了地表起伏的低频分量,同时也满足叠加道集同相叠加的要求,图 1 中 A1 至 An 点为对应地下反射点 A 的共中心道集的地面激发、接收点,各道地震反射时间经动、静校正后仍将存在剩余时差,其大小与基准面相关,剩余时差越小叠加效果越好。

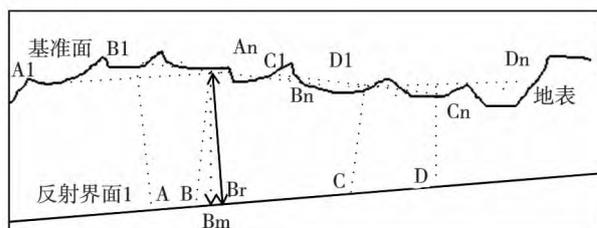


图 1 近地表浮动基准面静校正示意图

近地表浮动基准面校正后,地震资料反映相邻反射点的反射界面的视倾角除与界面倾角有关外,还与基准面的选择有关,也就是它反映的地下反射界面是失真的。同样在测线交点处,由于相交两测线高程变化趋势未必一致,在一个方向的高频分量在另一方向可能是低频分量,而一个方向的极高点在另一方向可能变为极低值,这样两方向测线选择的浮动基准面是不一致的,如在马鞍部可能造成较大的闭合差。

根据二维地震的抽道集公式, B1~Bn 间共中心点道集形成的叠加道投影位于垂线下方的 Bm (图

1),它忽略了高程的影响。而共中心点自激自收反射点位于 Br,非零炮间距的反射点位于 Br 的上倾方向,Br 与 Bm 间的距离就是偏移距离。B 为考虑高程情况下 B1~Bn 间的共中心点道集形成的叠加道投影位置,由于浮动基准面倾角不一定处处为零,B 与 Bm 两点并不一定重合,其偏离无法通过偏移校正。可见经过近地表浮动基准面静校正方法处理的迭加时间剖面,其反射波同相轴近似反映了时间域反射界面的深度变化趋势,其近似程度取决于局部基准面倾角的大小。

另外,由于接收点静校正分量在不同道集中的方向可能不同,如 B1 接收点校正量在 A 与 B 中分别为负和正,该方法的剩余时差收敛性差,易产生低频效应。因而在工区小、高差变化不大、追求高分辨率的高勘探阶段不宜采用。

近地表浮动基准面静校正方法的显著特点是校正量较小且充填速度易掌握,选择表层速度即可。

## 1.2 水平基准面

水平基准面静校正选用统一高程作为基准面

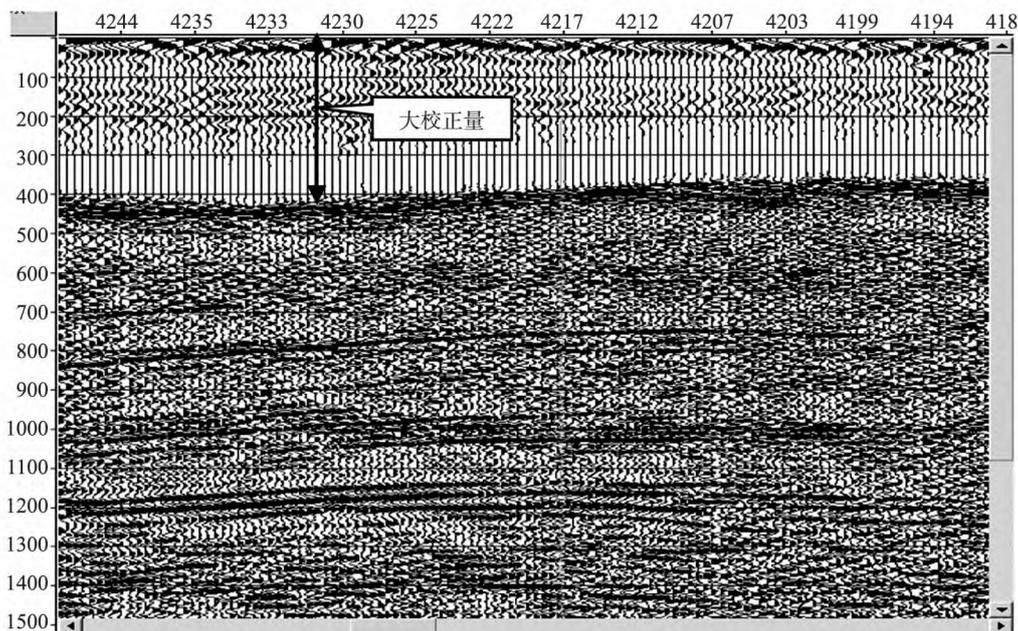


图3 水平基准面校正剖面

水平基准面高程静校正方法在校正量小、速度求取准确的情况下,能取得较好的效果,在相交测线速度选择一致的情况下,可以有效地减小交点闭合差。

上述两种静校正方法均存在不利于地震资料解释的弊端。

(图2),适于高程变化较小的测区,其结果反映了反射界面标高的变化,基准面一般选择在测区目的层的最高处,以使该目的层的反射时间处处大于零<sup>[3]</sup>。

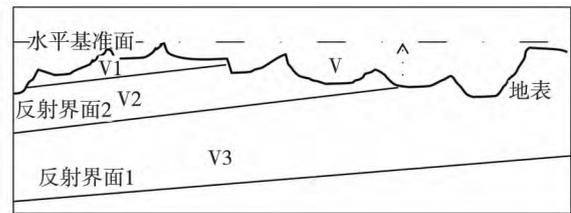


图2 水平基准面静校正示意图

在测区面积大、高差变化较大时,水平基准面静校正方法存在充填速度 V 选择难度大(图2)、高程校正量大(图3)的问题<sup>[4]</sup>。由于地层速度存在差异,处理后得到的地震时间剖面的反射波时深,转换速度可能离散较大,造成深度解释的误差。理想情况下其反射波同相轴的形态反映反射层的标高变化,与界面深度无关。

## 2 工区基准面静校正

### 2.1 工区基准面的选择

为了消除基准面校正带来的不利因素,在基准面选择时应遵循以下原则:

- (1) 保证校正后的叠加道集同相叠加;

- (2)校正量尽量小,以减小绝对校正误差;
- (3)所需充填速度尽量横向变化小;
- (4)时间剖面形态与地质形态尽量一致;
- (5)全区统一校正,降低闭合差。

## 2.2 工区基准面的获得

水平基准面静校正方法所采用的基准面简单,在处理系统上易于实现工区管理,但由于该方法对于西部高差、速度变化大的地区存在局限性,有必要采用统一的工区近地表浮动基准面静校正。

利用 2-D 工区所有测线各测点的实测坐标、高程,计算工区近地表浮动基准面。首先利用地震测量成果建立如解释工作站上相同的解释工区,内差、平滑近地表模型,在满足基准面条件的情况下,可作为工区静校正基准面(图 4)。再抽取测线基准面剖面,把各点高程值按桩号赋予处理工作站,作为静校正处理的基准面,在此基础上进行静校正处理。

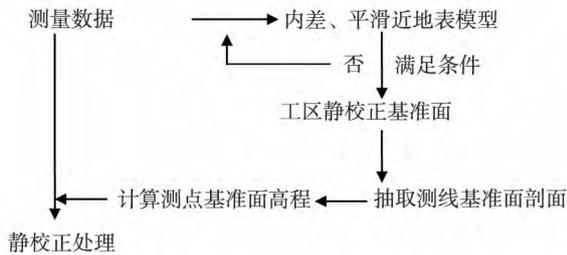


图 4 工区基准面静校正流程

为了避免简单内插造成基准面不平滑,可利用克里格内插方法,选用不小于工区边长一半的长度作为内差半径和适当的平滑参数,以得到网格化的圆滑近地表平滑基准面。克里格方法的基本出发点是待估计值  $Z(x, y)$  可用设定范围内所有测量值  $Z_i$  的线性组合来表示:

$$Z(x, y) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z_i \quad (i = 1, 2, 3 \dots n) \quad (1)$$

式中:  $\lambda_i$  为已知点  $i$  对未知点的加权系数;  $n$  为设定范围内已知点的个数。

求解系数  $\lambda_i$  使  $Z(x, y)$  为区域化变量  $Z_i$  的无偏、最小估计方差的估计量,可利用如下克里格方程组:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j \gamma(h_{ij}) + \mu = \gamma_{i0} \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \end{cases} \quad \left( \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, n \\ j = 1, 2, \dots, n \end{matrix} \right) \quad (2)$$

式中:  $\gamma(h_{ij})$  为变差函数;  $\mu$  为拉格朗日常数;  $\gamma_{i0}$  为协方差函数,  $h_{ij}$  为两点间的距离。

(2) 式共包含了  $n+1$  个方程,可求解出  $n+1$  个未知的  $\lambda_i$  和  $\mu$ 。也可用下列矩阵形式表示:

$$\begin{bmatrix} 0 & \gamma(h_{12}) & \gamma(h_{13}) & \dots & \gamma(h_{1n}) & 1 \\ \gamma(h_{21}) & 0 & \gamma(h_{23}) & \dots & \gamma(h_{2n}) & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \gamma(h_{n1}) & \gamma(h_{n2}) & \gamma(h_{n3}) & \dots & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \dots \\ \lambda_n \\ \mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma(h_{10}) \\ \gamma(h_{20}) \\ \dots \\ \gamma(h_{n0}) \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

变差函数  $\gamma(h_{ij})$  只依赖于  $h_{ij}$ 。(3) 式也清楚地表明  $\gamma(h_{ij})$  与待估点无关。因此在估计不同点上的  $Z(x, y)$  值时,仅需先对(3)式的系数矩阵求一次逆变换即可。把测量值  $Z_i$  看成是过程  $Z(x, y)$  的一次实现,克里格法就是根据数次“实现”寻找这一随机函数的空间结构,即寻找它的自相关函数  $Var(h_{ij})$  或变差函数  $\gamma(h_{ij})$  的。利用上述方法,沿测线上的测点坐标  $(x, y)$  抽取测线基准面剖面,把每一地面接收、激发点赋予工区基准面高程值。这样得到的测线交点的基准面高程是完全闭合的,为得到闭合的时间剖面打下了基础。

理想情况下,基准面平滑程度越大越能满足同相叠加,但由于速度误差的存在,随校正量增加绝对误差相应也会加大。

## 2.3 静校正方法的应用

在得到的工区近地表浮动基准面的基础上,对各测线分别进行初至折射静校正、剩余静校正处理,所得成果剖面可直接加载到解释工作站上的解释工区进行对比解释,工区基准面可用于时深转换及构造图件处理<sup>[5-6]</sup>。

新疆某区地势南低北高,南北宽度 10 km,高程相差 500 m。地表为残丘状风蚀地貌,隐伏地层露头岩性、速度横向变化较大(图 2)。为了对比不同基准面的静校正效果,采用相同的初至折射静校正参数,以 3 种不同的基准面进行了对比处理。

采用水平基准面静校正,校正量可达 350 ms 以上(图 3),充填速度无法控制,在相对校正误差较小的情况下,绝对误差也较大,表现为预测的钻孔深度误差达 70 m。

采用传统的单线浮动基准面静校正,交点闭合差达到 50 ms,而且在平差处理时难以确定基准线,

统一采用主测线为基准时,得到的  $t_0$  等时线图部分交点部位形态异常,速度曲线离散,说明校正有误。

采用工区浮动基准面静校正,内插半径为 5 000 m,消除了局部的陡坎,保留了地表起伏的大致形态,最大高程校正量小于 50 m,填充速度选用平均速度 2 600 m/s,得到了全区闭合差小于 5 ms 的时

间剖面(图 5),其叠加效果优于图 3,说明该区基准面弯曲造成的影响小于速度等不准造成的误差。由于静校正量较小,填充速度误差造成的时深转换速度误差较小,得到的时深转换速度曲线离散较小,深度误差基本小于 30 m,在该勘探阶段取得了较好的勘探效果。

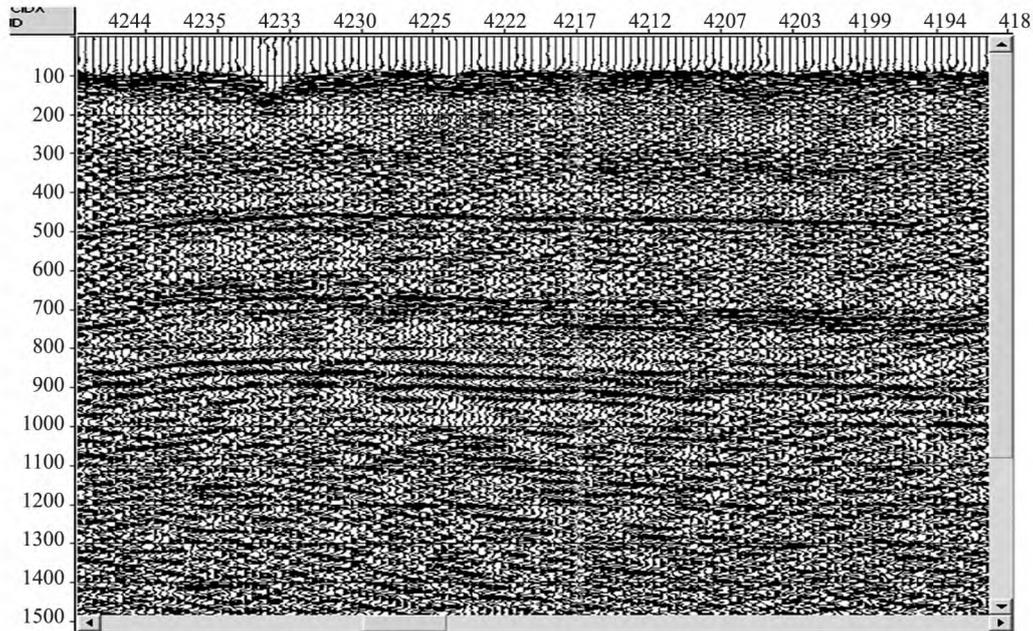


图 5 工区基准面静校正剖面

利用所得的时间剖面进行时深转换,得到的深度为近地表基准面下的深度。把处理工作站采用的工区近地表基准面数据加载到解释工作站,用工区基准面高程与深度相减可得目的层的标高。

### 3 结语

借鉴三维地震资料的处理方法,把资料处理、解释系统有机结合起来,提出了基于二维工区管理的

近地表基准面校正方法,对于西部起伏较大的测区具有明显的效果,且处理步骤易于实现。

本方法避免了大校正量情况下校正误差大、速度选取困难的情况,能得到闭合的时间剖面,有利于控制构造形态。但本方法与单线浮动基准面一样,基准面是非水平的,由此造成小幅度的剩校量,理论上对叠加效果有一定影响,实际应用中该影响视觉难以辨别。

### 参考文献:

- [1] 张宁茹,徐秀力. 综合静校正技术在山区地震资料处理中的应用[J]. 中国煤田地质,2005,17(6):35-37.
- [2] 林伯香,孙晶梅,刘起弘. 关于浮动基准面概念的讨论[J]. 石油物探,2005,44(1):94-97.
- [3] 郑鸿明,杨晓海,崔琴,等. 基准面校正的理论研究及误差分析[J]. 新疆地质,2005,23(1):79-81.
- [4] 苏贵仕,丁成震. 替换速度和叠加速度对地震数据处理效果的影响[J]. 石油地球物理勘探,2009,44(s1):64-66.
- [5] 李辉峰,邹强. 非地表一致性静校正的方法探讨[J]. 石油地球物理勘探,2005,40(s):128-133.
- [6] 崔兴福,徐凌,陈立康. 复杂近地表波动方程波场延拓静校正[J]. 石油勘探与开发,2006,33(1):80-82.

## 2-D Seismic Floating Datum Static Correction Basing on Survey Management

WANG Xiu-dong<sup>1,2</sup>, CHEN Qing-jing<sup>2</sup>

(1. Shandong Provincial Research Institute of Coal Geology Planning and Exploration, Taian 271021, China;

2. Geophysical Prospecting and Surveying Brigade of Shandong Province Bureau of Coal Geology, Taian 271021, China)

**Abstract:** The paper points out the limitations of traditional static correction methods in 2-D seismic data processing, provides a static correction method based on near survey surface which combines the processing method with interpretation. The method reduced the influence of difference in intersection greatly; the reliability of interpretation in depth is improved. It can be used in exploration of western coalfield with large range and wavy surface.

**Key words:** floating datum; static correction; survey management; difference in intersection

## 《华北地震科学》征稿简则

一、《华北地震科学》是河北省地震局主管主办,中国地震局地壳应力研究所和山东省地震局协办,国内外公开发行的中国科技核心期刊。每季末出版。主要刊登地震科学领域最新科研成果及应用研究进展,具体涵盖的学科领域包括地震学、地球动力学、地震预测预报、地震观测技术、地震地质、地震工程与震害防御、地震灾害研究、地震应急救援与防震减灾对策等。遵循“百花齐放,百家争鸣”的方针和学术自由的原则,展示地震科技创新成果。

### 二、来稿要求及注意事项

1. 来稿要求选题新颖、论点明确、论据可靠、数据准确、文字简练。每篇论文(包括图、表、参考文献和 300 字以内的摘要)一般要求不超过 8000 字,其中插图以不超过 6 幅为宜;其它短文(含图、表和参考文献)一般不超过 3000 字,其中插图以不超过 3 幅为宜。字号为 5 号字。另附英文题目及英文摘要。

2. 来稿包括:摘要、关键词(3~8 个)、引言、正文、结语和参考文献,以及何种基金资助、作者简介等内容。文中外文字母、符号必须分清大小写、正斜体;上下角的字母、数字和符号,其位置高低应区分明显。对易混淆的外文字母、符号及字母的大小写需标清。文中计量单位一律采用中华人民共和国国家标准《量和单位》中颁布的法定计量单位,非许用单位,务请换算成许用单位。

3. 文中插图需提供激光打印图,线条要均匀;照片层次、反差要分明。图中内容、文字及符号须清晰,并与正文一致。插图如涉及国界,可尽量避开;如必须保留,则须把图中内容直接绘在地图出版社最新出版的带有国界的地理图上。

4. 表格一律采用“三线表”,即每个表基本上由三条组成,去掉竖线(必要时可加少量辅助线)。

5. 参考文献应列全,而且应是已公开发表的;未公开发表的资料请勿列入,但可做为脚注处理。文中所引文献必须与文末所列文献一一对应。文末参考文献的著录格式,每条文献内各项的排序是:

专著—作者. 书名[M]. 出版地:出版者,出版年. 页码.

期刊—作者. 文章名称[J]. 刊物名称,出版年,卷(期):页码.

论文集—作者. 文章名称[C]//文集名. 出版地:出版者,出版年,页码.

译著—作者.(或中译姓名). 中译书名. 译者. 出版地:原著出版者,出版年,页码.

学位论文—作者. 题名[D]. 学位授予地:学位授予单位,发表年,页码.

6. 文稿中引用他人研究成果时,务请按《著作权法》有关规定指明原作者姓名、文题及来源,并在参考文献中列出。否则由此引发的责任由投稿人自负。

7. 凡经本刊录用的文章,除本刊负责出版、发行外,将一律由本刊编辑部统一纳入万方数据—数字化期刊群,科技部西南信息中心资源部,北京京华艺咨询有限公司,进入因特网提供信息服务;并同时参加中国学术期刊(光盘版)的出版发行。不同意者,请另投它刊。

8. 投稿请注明第一作者或联系人的姓名、工作单位、详细通讯地址、邮政编码和联系电话,以及 E-mail。

三、编委会有权对来稿作适当修改或退请作者自行修改,来稿请勿一稿两投。收稿后 3 个月内如未得到采用通知(或修改稿件通知),作者可自行处理。

来稿请发至: E-mail: he3g@eq-he. ac. cn 联系电话: (0311)85814313

联系地址: 石家庄市槐中路 262 号《华北地震科学》编辑部, 邮政编码: 050022