Vol. 30 No. 1 March, 2008

利用双差地震定位法对民乐一山丹地震 序列重新定位

冯建刚

(中国地震局兰州地震研究所,甘肃 兰州 730000)

摘 要:利用双差地震定位方法对 2003 年 10 月 25 日民乐--山丹地震序列进行重新定位。结果显示:余震分布的优势方向为 NW 向,与震源区的区域构造环境相一致;主震位于余震序列的东南端,余震相对于主震的分布并不对称。本次地震为朝 NW 方向的单侧破裂,在 ES 方向上破裂遇到 了障碍体。

关键词: 民乐一山丹地震;余震序列;双差地震定位方法
中图分类号: P315.61
文献标识码: A
文章编号: 1000-0844(2008)01-0062-04

Relocating for the Seismic Sequence of Minle-Shandan M_s 6.1 Earthquake Using the Dual-difference Earthquake Location Method

FENG Jian-gang

(Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The seismic sequence of Minle-Shandan M_s6 . 1 earthquake on Oct. 25,2003, is relocated using the dual-difference earthquake location method. The result shows that distribution of aftershocks is in NW direction, consistent with the regional tectonics. The main shock located at southeast end of the range of seismic sequence, and aftershocks are not distributed symmetrically in both side of main shock. It implies that fracturing is from the southeast to northwest and there is a barrier at southeast of the main shock.

Key words: Minle—Shandan earthquake; Seismic sequence; The dual—difference earthquake location method

0 引言

随着地震观测技术的发展,对地球内部的研究 越来越深入,从而对地震定位的精度提出了更高的 要求。精确定位结果可以提供有关地震的发震构造 和破裂机机制的信息,增进对地震成因的认识,为地 震预测提供依据。而双差地震定位方法就是近年来 正在推广的一种精确地震定位方法。

2003 年 10 月 25 日甘肃省民乐县与山丹县间 (38°21'N, 100°56'E、38°19'N, 100°58'E)发生里氏 6.1 和 5.8 级地震,宏观震中位于甘肃省民乐县永 固镇到山丹县霍城镇一带。本次地震与区域断裂构 造的关系不十分清楚,余震空间分布也没有明显的 优势方向。本文利用双差地震定位方法对地震序列 进行重新精确定位,进而对地震序列空间分布特征 进行分析研究。

1 双差地震定位方法

双差算法由 F. waldhauser 和 W. L. Ellsworth 提出。近几年该方法已经被国内外地震学家广泛地

收稿日期:2007-02-14

基金项目:国家科技支撑计划(2006BAC01B03-04-02);局(所)青年基金(200703);中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC20070054

作者简介:冯建刚(1977-),男(汉族),山西屯留人,研究实习员,主要从事地震活动性及数字地震波方面的研究.

第1期

应用到实际的地震定位中。双差地震定位方法是研 究丛集地震定位的有效方法,它不需要设立主事件, 所有地震事件是相对于地震丛集的质心来定位。地 震丛集质心的位置随着计算机的迭代不断调整,同 时每个地震的位置相对于质心位置也不断调整,同 时每个地震的位置相对于质心位置也不断调整,直 到满足设定的精度要求,从而不完全依赖于地震事 件的初始位置。双差地震定位使用的前提条件是: 事件对之间的距离远小于事件到台站间的距离和波 传播路径上速度不均匀体的线性尺度,从而两个事 件至同一台站的走时差只由两个事件的相对位置以 及它们之间小范围内的波速所决定,这样就可以部 分地消除速度模型不确定性所带来的误差。

2 资料选取

2003年10月25日民乐一山丹6.1、5.8级地 震后,到2003年12月31日为止共发生余震598 次。余震分布相对密集,余震的空间分布没有明显 优势分布方向,与已有的历史断层没有直接关系(图 1)。本文从这些地震中选出初定位结果中有深度参 数的共133个。这些地震被140 km 以内的4个台 站记录到,由近及远依次为山丹台、祁连台、河西堡 台和肃南台(图2)。这4个台站共记录到1064条 P波和S波震相读数资料。由于部分地震震相读数





Fig. 1 Distribution of the aftershocks in Minle-Shandan seismic sequence.



图 2 4 个测震台的分布



资料的精度较差不能直接参与计算而被剔除,剩下 可以参与计算的 102 次地震,经过重新定位计算后 获得其中 88 次地震的基本参数。

3 速度模型的选择

双差地震定位方法能够很好地克服横向不均匀 性的影响,因此对地壳速度模型的依赖性相对较小。 双差定位算法中采用的是水平分层速度模型,对定 位结果产生影响的主要是震源所在层的速度值,该 值虽不影响事件间的方位分布,但会影响事件簇分 布图像的尺度,因此仍需要尽可能地选用接近真实 的地壳速度模型。表1给出本文地震定位中采用的 水平层状地壳 P 波和 S 波速度模型,其中 P 波速度 模型采用文献[2]在对玉门地震精定位中的所采用 的数值;波速比是通过计算 313 次民乐一山丹地震 序列波速比的平均值得到。图 3 给出了一次地震 S 一P 波到时差与 P 波到时之间的关系, 拟合直线的 斜率就是波速比。图 4 为每次地震的波速比和拟合 的相关系数,直线拟合的相关系数都大于 0.99。 313 次地震波速比的平均值为 1.72。虽然参与计算 的台站较少,但是参与计算的地震数目比较多,从统



图 3 波速比的拟合实例(直线的斜率为波速比) Fig. 3 Example of wave velocity rations fitting.





计的意义上来讲这样得到的波速比也是比较可信 的。

昆氏二山凰地区地震的演 度構測

地壳厚度/km	P波速度/km・s ⁻¹	S波速度/km・s ⁻¹
0.0	4.57	2.67
1.1	5.31	3.10
6.9	5.45	3.18
21.0	5.86	3.42
51.9	7.35	4.29

 $V_{\rm P}/V_{\rm S} = 1.72$

4 定位结果分析

4.1 定位精度

对 102 次地震重新定位,最终获得其中 88 次地 震的精确定位基本参数。重新定位后到时残差的均 方根为 0.14 s;震源位置的估算误差在 EW 方向平 均为 1 060.0 m,在 NS 方向平均为 1 206 m,在垂直 方向平均为 2 328.2 m。

4.2 震源深度

在重新定位的计算过程中发现,地壳速度模型 的改变对深度误差的影响较大,而对水平方向位置 的影响不明显。如图 5 所示,定位前的深度主要集 中在 9~12 km 的范围内,重新定位后深度优势分 布范围在 9~15 km。精定位后余震序列在深度分 布上有一定的连续性,地壳从浅到深都有分布。

在地震定位深度误差较小的前提下讨论地震序 列在深度剖面上的投影才具有实际意义。本文重新 定位结果在深度上的误差较小,误差为2.3 km。图 6 给出地震序列的震源深度在不同剖面上的投影, a 为与地震序列走向一致的竖直剖面, b 为与 a 垂直 的竖直剖面, 右图为不同竖直剖面上地震序列震源 深度的投影。可以看出: 地震序列震源深度在 a 剖 面上的投影比在 b 剖面上分散, 这说明断裂的方向 应该是沿 a 剖面的走向, 主震位于余震序列的东南



图 5 双差定位前后地震深度的变化

Fig. 5 Change of earthquakes' depth before and after relocating.

端,余震相对于主震的分布并不对称。断层为朝 NW方向近乎于单侧破裂;断层的 SE 端余震分布 较少,说明断层在该方向破裂不充分,可能预示着遇 到了障碍体。

4.3 精定位后余震空间分布图像分析

图 7 给出精定位前后的余震空间分布图像。由 于在重新定位过程中舍弃了部分地震,为增加可比 性,在重新定位前的图像中已删除了相应地震。经 过双差定位后余震的优势分布走向比较明显,余震 空间展布方向从图 8 看出和本区域的活动构造走向 是基本一致的。区域断裂构造(榆木山断裂和祁连 山北缘断裂)主要以 NW 或 NWW 方向为主,民乐



图 6 深度剖面投影图

Fig. 6 Projection on different section of the earthquake sequence.

第30卷





图7 双差定位前后地震的空间分布情况

Fig. 7 Change of earthquake distribution before and after relocating.

一山丹地震距离榆木山断裂最近,余震分布也呈现 出明显的 NW 优势展布方向,与榆木山断裂东南段 的走向基本吻合。重新定位后余震序列震中分布更 加集中,优势条带分布更为明显。 5 结论与讨论

利用双差法对 2003 年 10 月 25 日民乐一山丹 地震序列重新定位,可以得出以下几点初步认识:

(1)民乐一山丹地震是朝 NW 方向的单侧破裂,余震序列的分布相对于主震来说并不对称,主震的东南端余震分布较少,说明断层朝东南方向破裂不充分,预示着断层在东南端破裂遇到了障碍体;

(2)民乐一山丹地震序列经重新精定位后,余 震的分布更加集中,余震在空间上呈北西向分布,和 实际的断裂走滑方向一致。

[参考文献]

- Waldhauser F, Hypo D D. A program to computer doubledifference hypocenter location [R]. US Geological Survery Open File Report, 2001.
- [2] Waldhauser F, Ellsworth W L. A double-difference earthquake location algorithm: method and application to the Northem Hayward Fault, California [J]. Bull. Seism. Socl. Am., 2000,90(6):1353-1368.
- [3] 荣代路,李亚荣.基于"双差法"地震精确定位研究 2002 年 12 月 14 日玉门 5.9 级地震的发震断层和发震机制[J].西北地震 学报,2004,26(3):223-227.
- [4] 杨智娴,陈运泰,郑月军,等.双差地震定位算法在我国中西部 地区地震精确定位中的应用[J].中国科学,2003,33(增刊), 129-136.
- [5] 杨智娴,陈运泰.用双差地震定位法再次精确测定1998年张北 一尚义地震序列的震源参数[J].地震学报,2004,26(2);115-120.



Fig. 8 The tectonic environment for Minle-Shandan earthquake.