



兰州区域数字地震遥测台网常用近震定位程序的定位效果分析

党红, 郝臻, 李春玲

(甘肃省地震局, 甘肃 兰州 730000)

摘要:对兰州台网 2002 年 1 月 1 日至 2002 年 10 月 31 日网内、网缘共 100 次 $2.0 \leq M_L \leq 4.3$ 以上地震事件的 Hypo81、Genetic、NearLoc 三种定位程序的定位结果作了研究分析, 结果表明: NearLoc 程序的定位效果明显优于其它两种定位程序, 其使用范围广, 对网内、网缘以及网外 1 000 km 以内的地震都有较好的定位效果。

关键词:兰州数字地震台网; 近震定位; Hypo81; Genetic; NearLoc

中图分类号: P315.61

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2005)03-0284-03

Effectiveness Analysis on Some Seismic Location Programs for Near Shock Used in Lanzhou District Digital Telemetered Seismic Network

DANG Hong, HAO Zhen, LI Chun-ling

(Earthquake Administration of Gansu Province, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The seismic location results for 100 earthquakes events with $2.0 \leq M_L \leq 4.3$ from Jan. 1, to Oct. 31, 2002, recorded by Lanzhou District Digital Telemetered seismic network, using 3 different locating program Hypo81, Genetic and Nearloc, is analyzed and compared. The result shows that the locating effectiveness of Nearloc program is obviously better than other two programs. Nearloc has good locating effectiveness for events which took place both inside the network and outside edge of the network to 1,000 km, so it can be used widely.

Key word: Lanzhou District Digital Telemetered Seismic Network; Program of local seismic location; Effectiveness analysis

0 引言

地震定位是地震监测和地震速报工作中非常重要的内容之一, 尤其在发生破坏性地震时, 快速、准确的地震定位结果对上级主管部门、政府以及其它社会保障部门的科学决策、大震应急、大震救援、抗震救灾等工作有着至关重要的指导意义。不仅如此, 准确的地震定位结果对于研究地震活动构造、地球内部结构、震源的几何构造等科研工作也有非常重要的意义。因此, 地震科学家们一直在不断地改进或研究新的地震定位方法。“九五”以来, 随着计算机技术和通讯技术的飞速发展, 我国的地震监测技术也发生了巨大的变化, 数字化地震监测技术取代了模拟地震监测技术, 传统的手工交切定位法也被计算机快速定位所取代, 大大提高了地震定位的精度和速度。本文对兰州区域数字遥测台网常用的 3 种近震定位程序的定位结果进行分析比较。

1 台网简介

兰州区域数字遥测地震台网是 2000 年初建成, 通过半

年多的试运行和考核运行于 2000 年底正式投入运行的。台网共由 21 个子台组成, 其地理分布如图 1 所示。



图 1 兰州区域数字地震遥测台网分布图
Fig. 1 Distribution of Lanzhou district digital telemetered seismic network.

兰州区域数字遥测地震台网使用的数字地震仪是由北

收稿日期: 2004-12-10

中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC20050035

作者简介: 党红(1964—), 女(汉族), 陕西长安人, 助理工程师, 现主要从事地震监测工作。

京港震机电技术有限公司研发生产的 FBS 系列宽频带地震计,灵敏度高,动态范围大;地震实时处理软件系统 EDSP-RTS 和人机交互处理软件系统 EDSP-IAS 也都是由港震公司研发的(3.1 版)。港震公司的交互处理系统 EDSP-IAS 共提供了七套定位程序,其中近震定位程序四套,分别是 Isec、Hypo81、GELOR-P、GENETIC。由于 Isec 采用屏幕交切定位,速度慢;GELOR-P 定位效果不理想。因此,兰州台网常用的近震定位程序是 Hypo81、GENETIC 和我局郝臻、王斌共同研制的近震定位程序 NearLoc。

2 定位程序介绍

Hypo81 程序基于奇异值分解的 Geiger 经典方法,最早由 Lee 等人编写,我国的赵仲和先生参与了 80、81 版程序的研制工作^[2]。Hypo81 选用多台近震 S、P 震相,其正演方法为模型计算法,可为不同的台站指定不同的速度模型,适用于网内近震和地方震。Hypo81 是一个非常优秀的近震定位程序,使用范围广,适用于各种台网分布。

Genetic 是基于遗传算法的一种定位程序,其基本思想是将整个参数空间化为四维网格,参数 (x, y, z, t) 可有相应的网格坐标 (i_x, i_y, i_z, i_t) 通过下式来确定: $x = x_{\min} + i_x$ 。首先,在搜索范围内随机产生一组个体,逐个计算每个模型对应个台站观测资料的拟合差,然后运用拟合差确定各模型的生存概率。Genetic 也是采用计算初值,查走时表确定走时。

NearLoc 程序是我局郝臻用 C 语言重写了王斌的一个基于 DOS 的 Basic 程序,经过优化后外挂在交互式处理系统上的一个近震定位程序。原程序是王斌根据多年从事台网速报和编目工作的经验,在原 LOC-768 程序的基础上,结合兰州台网的布局特点与地壳模型特点,经过重大改进和优化而研制的一个近震定位程序,其算法思想是基于 Powell 逼近法与波震面方位角法的思想,结合兰州台网的布局特点、地壳模型特点和速度模型特点做了四点重大改进:(1) 改走时表法为走时公式法;(2) 采用方位角法选定初值;(3) 改进的震中位置逼近法;(4) 利用 Geiger 法修订震中;有关 NearLoc 程序的详细情况请参考文献[6]。

3 定位结果分析

选择了 2002 年 1 月 1 日至 2002 年 10 月 31 日,网内、网缘 $2.0 \leq M_L \leq 4.3$ 的 100 个地震事件,其震中距 $37 \text{ km} \leq \Delta \leq 555 \text{ km}$,分别用 Genetic、Hypo81、NearLoc 三种定位程序进行定位。结果如下:

3.1 震中的计算

我们用三种定位程序计算的震中位置(经、纬度)分别与甘肃地震目录作了对比。结果表明:对于网内包围好的地震,Genetic 和 Hypo81 程序的定位效果都比较理想;对于网缘地震,Genetic 和 Hypo81 的定位效果就比较差了,Hypo81 比 Genetic 略好一些;对于网外地震,Genetic 和 Hypo81 程序的定位效果都很差,基本不能用。而 NearLoc 程序对于网内、网缘地震的定位效果都比较理想,对于网外 1 000 km 以内的地震也有较好的定位效果。同时,我们对三种定位程序的震中残差分布也作了分析,发现:NearLoc 的残差最小,平

均为 0.8;其次是 Genetic,平均为 1.19;Hypo81 的残差最大,平均为 2.75。总体来看,NearLoc 程序的定位效果要明显优于 Genetic 和 Hypo81。

3.2 发震时刻的计算

对同一地震事件的发震时刻分别用三种定位程序进行计算,并将计算结果与甘肃地震目录中的发震时刻进行比较,计算两者之间的误差。结果表明:NearLoc 计算的发震时刻与地震目录中的发震时刻比较靠近,误差分布比较稳定,都在基准值“0”附近,平均误差为 0.294;Genetic 计算的发震时刻普遍比目录中的发震时刻提前,但分布较均匀,在基准值“0”下方,即误差为负值,平均误差为 -1.827;Hypo81 计算的发震时刻与地震目录中的发震时刻的误差虽然都分布在基准值“0”的附近,但稳定性较差,平均误差为 -0.226,误差绝对值的平均值为 1.974。由此可以看出,对于发震时刻的计算 NearLoc 优于其它两种定位程序,平均误差小,稳定性好。

3.3 震级的计算

对三种地震定位程序计算的震级与甘肃省地震目录中的震级进行比较:Genetic 的震级误差分布在基准值“0”的下方,形态稳定,平均误差为 -0.2;Hypo81 的震级误差也是分布在基准值“0”的下方,平均误差为 -0.3,形态也比较稳定;NearLoc 的震级误差同样分布在基准值“0”的下方,但靠基准值较近,平均误差仅为 -0.1,形态稳定。由此看出,对于震级的计算三种定位程序计算的结果都偏小,但 NearLoc 平均误差最小,然后是 Genetic,再次是 Hypo81。

根据以上结果分析,我们认为,就兰州数字遥测台网目前常用的三种近震定位程序的定位效果来讲,NearLoc 在地震三要素的测定上要明显优于其它两种定位程序。NearLoc 不仅对网内包围比较好的地震有较好的定位效果,而且对于网缘、网外的地震也有较好的定位效果,适用范围广;而 Genetic 和 Hypo81 只对网内 300 km 以内包围好的地震有较好的定位效果,但对于网缘地震和包围差的地震,二者的定位效果都不太理想,虽然 Hypo81 对于网缘地震的定位效果优于 Genetic,但对于个别地震来说定位效果就差多了,残差很大,其适用范围受到了很大限制。

4 讨论

(1) 从数学上讲,地震定位问题的实质在于求目标函数的极小值。不同的地震定位程序对于目标函数的构造、处理,以及求极小值方法不同。在数值计算中常遇到走时的计算,偏导数的计算,方程的反演求解等问题。由于台网分布在地表,给深度定位带来一定的困难。各种定位方法正是针对其中的某几个问题而设,各有优、缺点。

(2) 地震定位精度受多方面因素的影响,如:地球速度模型、台网布局、震相识别的准确与否、台站地理坐标是否精确、仪器准确度、传递参数是否正确、计算误差等。对于不同的地震定位程序来说,由于其选用的地壳模型、算法思想等不同,其适用范围都有一定限制。所以,不能片面地评价一个定位程序是好还是坏,而应该分析一个定位程序是否适用

于本台网,适用那种类型的地震。

(3)对于不同的区域地震遥测台网,应该分析本台网的地球模型特点和布局特点,选用适合本台网的地震定位程序和地球模型参数,或研制适合本台网的地震定位程序。才能保证本台网地震定位的准确。

(4)要保证地震定位结果的精度,还要能正确识别震相,提高震相识别的水平和速度。除此之外,还应该定期对台网中各子台的地震计、数采器、GPS时间服务系统、传输系统等进行认真的检查和标定,保证台网中各台站的地理坐标、传递参数准确无误,台网各子系统的运行状态良好。

[参考文献]

- [1] 傅淑芳,刘宝诚.地震学教程[M].北京:地震出版社,1991.
- [2] 赵仲和.多重模型地震定位程序及其在北京台网的应用[J].地震学报,1983,5(2):242-254.
- [3] 吴明熙,王鸣,孙次昌,等.1985年禄劝地震部分余震的精确定位[J].地震学报,1990,12(2):121-129.
- [4] 赵卫明,金延龙,任庆维.1988年灵武地震序列的精确定位和发震构造[J].地震学报,1992,14(4):416-422.
- [5] 周明都,张元生,张树勋,等.遗传算法在地震定位的应用[J].西北地震学报,1999,21(2):167-171.
- [6] 王斌.甘肃台网近震计算机定位的进一步研究[J].地震地磁观测与研究,2004,25(增刊):71-81.
- [7] 田羽.地震定位研究综述[A].见:北京大学政学者论文集[C].2001.



(上接 283 页)

[参考文献]

- [1] 沈宗丕,徐道一.应用磁暴月相二倍法对全球 $M_s \geq 7.5$ 大地震的预测效果分析[J].西北地震学报,1996,18(3):84-86.
- [2] 沈宗丕,徐道一,张晓东,等.磁暴月相二倍法的计算发震日期与全球 $M_s \geq 7.5$ 大地震的对应关系[J].西北地震学报,2002,24(4):335-339.
- [3] 沈宗丕.2001年与2002年我国境内二次8级左右大震的短临预测[A].见:中国地球物理[C].南京:南京师范大学出版社,2003.353-354.
- [4] 沈宗丕.2003年9月全球二次8级巨震的短临预测[A].见:中国地球物理[C].西安:西安地图出版社,2004.317-318.
- [5] 徐道一.中国大陆8级巨震的时间信息有序性及其预测意义[A].见:王明太,耿庆国编.中国天灾信息预测研究进展[C].北京:石油工业出版社,2003.142-146.
- [6] 徐道一.二倍关系的元创新性[A].见:王明太,耿庆国编.中国天灾信息预测研究进展[C].北京:石油工业出版社,2004.41-43.