

关于汶川 8.0 级地震速报问题的探讨^{*}

阚 丹

(云南省地震局, 昆明 650224)

摘要: 利用四川省测震台网和云南测震台网的地震记录, 采用子台初动到时对汶川 8.0 级地震进行了定位, 在此基础上分析了云南省及周边地区发生一定地震水平地震时速报应对的方法, 以期云南测震台网分析人员快速准确地速报地震提供参考。

关键词: 汶川 8.0 级地震; 地震速报; 地震定位

中图分类号: P315.6 文献标志码: A 文章编号: 1000-0666(2008)增刊-0476-04

0 引言

云南测震台网建成于 1998 年 12 月, 目前共有 46 个子台, 承担省内 3 级以上、周边地区 50 km 以内 3 级以上、100 km 以内 4 级以上、200 km 以内 5 级以上、300 km 以内 6 级以上、全球 7 级以上强震的速报任务, 并对上述地区发生的深远强震进行速报。

准确可靠的地震速报能为政府应急救援和地震研究提供重要基础数据, 它包含地震的空间坐标、发震时刻及震级大小。因此, 研究地震台网的地震定位方法和提高地震台网的地震定位精度是一个重要课题。要提高地震台网的定位能力, 即可定位的空间范围、震级大小、测定地震位置的及时性(速报), 并使地震定位结果有足够高的精度, 就需要有一个有足够多台站并且布局合理的地震台网, 这是台网定位强有力的基础(朱元清等, 1997)。震源参数测定的基础是震相或地震波初动的到时, 测定的根据是各震相或初动的走时表, 测定的标准是各子台到时拟合残差最小。随着数字化地震台网的建设, 波形数据的获取和应用为提高读取到时数据的时间分辨力和地震定位精度创造了有利条件。

1 汶川地震速报

2008 年 5 月 12 日 14 点 28 分 04 秒, 在四川省汶川县发生 8.0 级地震。四川省是云南的近邻, 汶川位于四川盆地的西面。汶川大地震的发生对全体中国人民是一个考验, 对专业测震人员更是一个大的考验。汶川地震震中位于云南测震台网布局的东北角, 张角不超过 50° , 也就是说用云南测震台网对汶川地震定位, 最大限度只能做到 $1/8$ 个圆的包围。所以研究如何解决汶川地震准确定位的问题, 对于云南测震台网解决网外邻近地区达到一定震级水平地震定位的准确性将有所帮助。

1.1 四川测震台网地震定位

为了使汶川地震的定位及震源深度确定达到一定的精度, 我们首先选取了对汶川 8.0 级地震主震包围最好的四川测震台网 5 个子台的 P 波初动震相来定位。这 5 个地震台分别是油榨坪(都江堰)、成都、汶川、小金和蒙定山(雅安)(图 1)。图 2 是这 5 个子台的数字波形记录图及 P 波初动震相的标注。由图中可直观看出, 离震中较近的成都台、汶川台的波形是中断的, 但它们的 P 波初动震相是完好的。采用云南测震台网新的定位程序 KM-N₁, 得到其地震参数为: 发震时刻为 14 点 27 分 58.17 秒; 地点为北纬 31.03° 、东经

* 收稿日期: 2008-07-15

基金项目: 国家“十五”重点项目“云南数字地震观测网络建设”资助

103.35°、深度 8.3 km, 残差为 0.02

这个定位结果的意义就在于它是由最近地震子台、地方震以及完美的包围圈得到的。表 1 是四川 5 个最近地震子台的定位结果。

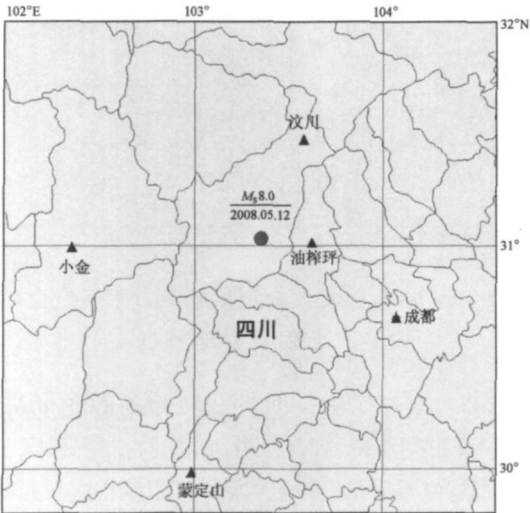


图 1 汶川 8.0 级地震震中及最近地震台站分布图 (▲: 测震台站)

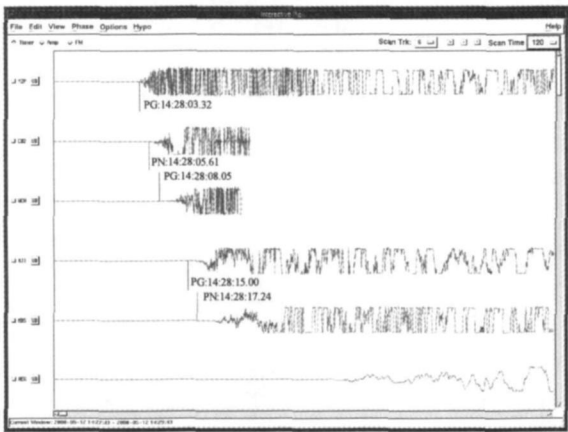


图 2 汶川 8.0 级地震四川测震台网 5 个子台的波形记录图

表 1 汶川 8.0 级地震四川测震台网 5 个子台的定位结果

定位台站名	P波初动到时	震中距 / km
油榨坪	14 : 28 : 03.32	27.6
成都	14 : 28 : 05.61	41.5
汶川	14 : 28 : 08.05	55.0
小金	14 : 28 : 15.00	94.4
蒙定山	14 : 28 : 17.24	110.4

1.2 用云南测震台网对汶川 8.0 级地震定位分析

(1) 资料的选择

云南测震台网现有台站 46 个 (图 3), 永胜台

因时钟问题被剔除, 用于汶川地震定位的台站有 10 个。在对汶川 8.0 级地震分析的过程中遵循以下原则: (1) 对于量取的参数只重震相本身; (2) 量取各台的 P 波初动震相; (3) P 波初动震相从近到远排序; (4) 选取云南省内可用以汶川地震定位的最大张角的台站 (图 4); (5) 选取时间压缩在 300~600 s 的波形数据。我们利用拟合残差最小的前 10 个台进行定位分析, 得到汶川 8.0 级地震定位结果为: 发震时刻为 14 点 27 分 59.91 秒; 地点为北纬 31.00°、东经 103.54°、震源深度 13.4 km, 残差为 0.36 (表 2)。

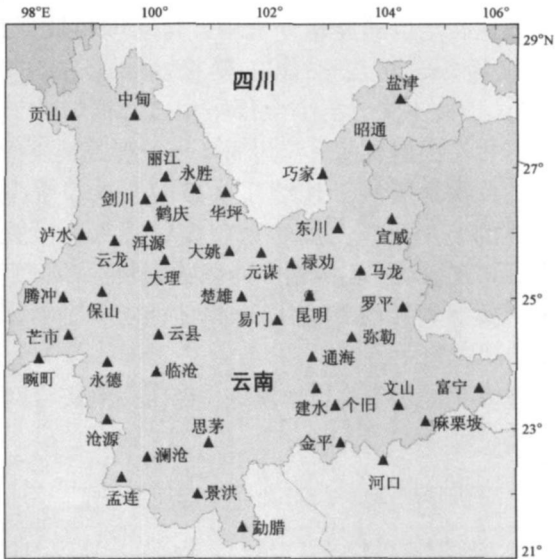


图 3 云南测震台网子台分布图 (▲: 测震台站)

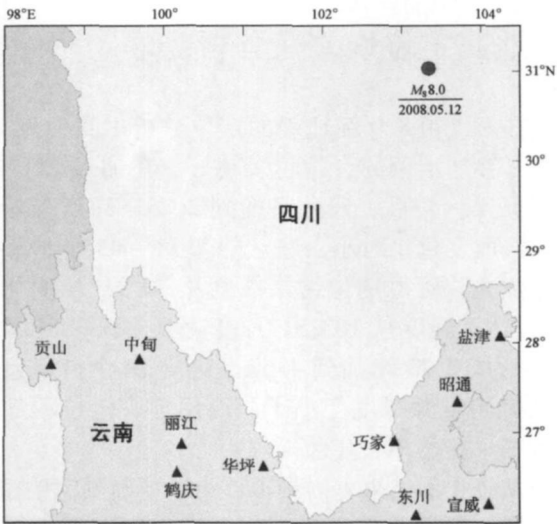


图 4 汶川 8.0 级地震震中及云南测震台网 10 个子台分布图 (▲: 测震台站)

表 2 汶川 8.0 级地震云南测震台网 10 个子台的定位结果

定位台站名	P波初动到时	震中距 / km
盐津	14 : 28 : 47. 30	327. 4
昭通	14 : 28 : 58. 48	408. 4
巧家	14 : 29 : 04. 28	457. 4
中甸	14 : 29 : 11. 36	513. 2
华坪	14 : 29 : 14. 34	540. 1
东川	14 : 29 : 14. 60	545. 4
宣威	14 : 29 : 15. 40	547. 9
丽江	14 : 29 : 17. 32	557. 8
鹤庆	14 : 29 : 20. 72	594. 2
贡山	14 : 29 : 21. 16	595. 1

(2) 资料结果对比

在地震定位的震相分析中，初动震相最直观、受干扰最小，精度较其它震相高（李桂华等，2005）。因此本文分析中全部采用震相清晰的 P 波初动震相。根据目前对汶川 8.0 级地震破裂过程的研究，此次地震属于连续多次破裂，系多个强地震合成的一个巨震。虽然地震震级很大，但震相复杂，P 波初动并不清晰。所以必须将原始记录波形放大足够大（约 10 倍以上）才能够得到清晰的 P 波初动震相。

图 5 是能用于汶川地震定位的云南测震台网 10

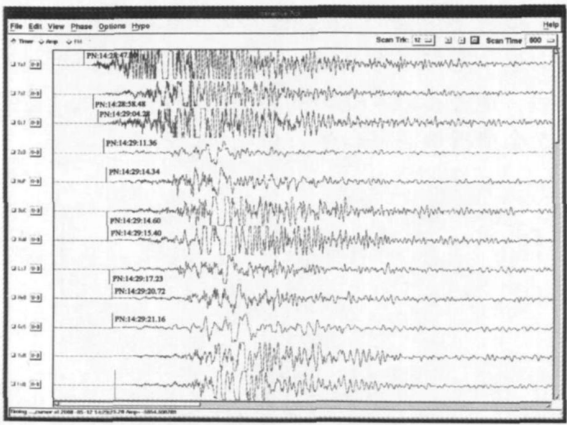


图 5 汶川 8.0 级云南测震台网 10 个子台的波形记录图

个子台的数字波形记录图及 P 波初动震相的标注。定位程序采用 KM—N₁，其特点是：用不同深度（深度间隔 0.5 km）的走时表（国内平均双层地壳模型近震走时表，因为它与云南的地壳模型最接近）和初动到时进行震中交切，取拟合残差最小时的震中参数和震源深度。所得定位结果（表 3）与四川汶川 8.0 级地震最近测震子台、中国地震局资料结果非常接近。

表 3 汶川 8.0 级地震定位结果对比表

资料来源	年—月—日	时：分：秒	北纬 / (°)	东经 / (°)	深度 / km	震级	残差
中国地震局资料（中国地震信息网）	2008—05—12	14 : 28 : 04. 0	31. 00	103. 40	14. 0	8. 0	
四川省测震台网分析结果	2008—05—12	14 : 27 : 58. 17	31. 03	103. 35	8. 3		0. 02
云南省测震台网分析结果	2008—05—12	14 : 27 : 59. 91	31. 00	103. 54	13. 4		0. 36

2 地震定位误差及分析

在对汶川 8.0 级地震的定位分析中我们发现，并不是参加定位的台站越多越好。在加入第 11 个台（元谋台）后，残差突变到 2.23 纬度开始变小，经度变化相对小一些。随着 11~45 个地震台逐个加入，所得定位结果纬度从 30.91°N 变化到 30.60°N 经度从 103.51°E 变化到 103.38°E 而残差则从 2.23 增加到 4.67。从第 29 个台（富宁台）开始震源深度变小了；而用远震定位程序定位其结果更是相去甚远（表 4）。

从表 4 的结果可以看出，为了精确测定地震震中位置，提高地震定位精度，首先要搞清楚地震定位误差产生的原因。我们分析认为主要有以下几个方面的原因：（1）模型误差。主要由地球介

质各向异性、地震台站台基以及大断层和破碎带等引起；（2）走时误差。主要由实际地震波射线路径和理论地震波射线路径不一致、各类震相判读误差等引起；（3）路程计算误差。主要由台站坐标经纬度不精确、地球曲率以及地震深度不确定等引起；（4）与地震震源有关的误差。在地震定位时通常把地震震源看成一个点源加以确定，或者说是确定地震的初始破裂点。但对一个有一定破裂长度的地震，其初始破裂点的能量对不同的破裂方式可能有大有小。当能量较小时，对近距离的地震台站，它可以较好地收到初始破裂点激发的地震波；而对较远距离的地震台站，它可能无法较好地接收到初始破裂点激发的地震波，其接收的可能是由非初始破裂点激发的地震波。地震定位问题所使用的观测到时数据来自地震台站，而台站都分布于地面或井中。对于一个区域

表 4 汶川 8.0 级地震云南省测震台网其它子台参与定位情况

台名	单台震中 距离 / km	北纬 /(°)	东经 /(°)	深度 / km	残差
元谋	584.4	30.91	103.51	1.30	2.23
禄劝	587.2	30.88	103.52	1.30	2.57
马龙	590.2	30.88	103.51	1.30	2.56
大姚	597.6	30.88	103.52	1.40	2.54
洱源	622.5	30.88	103.52	1.40	2.40
黑龙潭	625.8	30.88	103.52	1.40	2.42
团山	654.1	30.81	103.48	7.40	2.78
楚雄	663.7	30.80	103.49	3.00	3.15
罗平	654.6	30.88	103.43	3.00	2.56
易门	684.4	30.86	103.42	3.00	2.72
弥勒	703.6	30.84	103.42	3.00	2.85
泸水	712.1	30.81	103.42	1.40	3.35
通海	739.4	30.85	103.42	1.40	2.95
保山	758.2	30.74	103.38	15.40	3.02
云县	775.0	30.71	103.39	15.10	3.34
建水	790.7	30.60	103.44	15.10	4.41
腾冲	802.6	30.60	103.43	15.10	4.40
元江	810.9	30.63	103.41	15.10	4.07
富宁	816.6	30.67	103.47	0.10	4.67
文山	817.2	30.69	103.47	0.10	4.47
个旧	820.8	30.70	103.47	0.10	4.31
临沧	834.5	30.71	103.47	0.10	4.17
景谷	849.3	30.70	103.46	0.10	4.22
永德	855.5	30.69	103.46	0.10	4.37
芒市	852.5	30.70	103.48	0.10	4.17
麻栗坡	853.0	30.73	103.47	0.10	3.83
金平	883.8	30.72	103.48	0.10	3.94
思茅	918.2	30.72	103.48	0.10	3.94
畹町	913.6	30.74	103.55	0.10	3.42
沧源	943.3	30.74	103.52	0.10	3.47
澜沧	976.3	30.75	103.53	0.10	3.40
孟连	1011.0	30.74	103.52	0.10	3.40
景洪	1006.3	30.78	103.51	0.10	2.99
勐腊	1052.3	30.75	103.52	0.10	3.24
用远震定位结果		37.54	105.82	33	2.05

台网（约几百公里的尺度），由于地震事件总是发生在几公里至几十公里的地下，即使是在台网包

围震中的情况下，从震源的角度看，台网仍然是偏在一边，这是地震定位存在的固有困难。若想较好解决这一问题就要充分利用地震记录中不同震相的到时数据。不同震相的射线路径相对于震源而言有不同的离源角，特别是有向上和向下出射的射线，等效于不同方向上台站接收直达数据。在数字化地震台网建成后，利用数字化地震资料宽频带、高保真地震数据的优点可进行这方面的工作（朱元清等，1997）。

3 结论

（1）由于大地震时地震波初动清楚，可精确测定初动到时。笔者利用四川测震台网 5 个子台和云南测震台网 10 个子台的地震记录，采用子台初动到时对汶川 8.0 级地震进行了定位，结果与中国地震局测定结果非常接近。

（2）当云南省及周边地区发生一定震级水平地震时，无论网内还是网外的地震，其定位首选 P 波初动震相，选尽可能大张角的台站，使之为最大弧形，同时选距震中较近、分布较好的子台的初动到时进行定位，这样可得到精确的震源位置。

本文得到颜其中研究员、崔庆谷副研究员的指导与帮助，在此深表感谢。

参考文献：

李桂华 何家斌, 颜其中. 2005. 云南测震台网近震速报 [J]. 地震地磁观测与研究, 26 (6): 56—62.
张诚. 1986. 地震分析基础 [M]. 北京: 地震出版社.
朱元清 赵仲和. 1997. 提高地震定位精度新方法的研究 [J]. 地震地磁观测与研究, 18 (5): 59—66.

Probing Quick Location of theWenchuan M_s8.0 Earthquake

KAN Dan

(Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract

To supply reference for the quick and precise seismic report, we locate theWenchuan, Sichuan, M_s8.0 earthquake respectively according to the data observed by the Yunnan and Sichuan seismic networks and compare the location results. By analysis we present some methods to improve the accuracy of location for the earthquake in Yunnan and vicinity.

Key words: Wenchuan M_s8.0 earthquake; quick report on seismic event; seismic location
©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>



李忠华 云南省地震局副局长。1986年毕业于中国人民解放军国防科学技术大学爆炸物理专业,获工学学士学位;2004年毕业于清华大学电子与通讯工程专业,获工程硕士学位。主要从事地震预测预报研究。



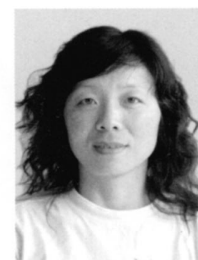
蔡明军 中国地震局地球物理研究所读博士,云南省地震局助理研究员。1996年毕业于中国科技大学地球与空间科学系,获理学学士学位。2004年获清华大学电子与信息工程硕士学位。主要从事地震监测研究工作。



阚丹 云南省地震局监测中心高级工程师。1992年毕业于云南大学地球物理专科。主要从事地震监测、地震编目工作。



张森 云南省地震局助理研究员。1996年毕业于北京大学地球物理系,获理学学士学位。主要从事地震监测工作。



曹刻 云南省地震局副局长。1989年毕业于云南大学计算机科学系软件专业,2008年4月获昆明理工大学计算机技术硕士学位。现主要从事地震应急、地震研究、计算机应用、软件开发等工作。

注:薄万举、李永莉、付虹、钱晓东、刘翔、赵小艳、秦嘉政、张希、李桂华、陈慧、叶建庆、谢英情、李西、卢永坤、施伟华、解丽、非明伦等作者的简介已分别刊登在本刊 Vol.29 No.1; Vol.29 No.4; Vol.30 No.1; Vol.29 No.1; Vol.28 No.4; Vol.30 No.2; Vol.28 No.4; Vol.30 No.3; Vol.29 No.4; Vol.30 No.4; Vol.30 No.3; Vol.28 No.4; Vol.30 No.2; Vol.29 No.1; Vol.30 No.4; Vol.30 No.4; Vol.28 No.4.