

张新东、闫俊岗、张小涛等 2013 用余震确定 2008 年汶川 M_W 7.9 地震的震源位置与发震时刻,中国地震 29(2) 230 ~ 235。

用余震确定 2008 年汶川 M_W 7.9 地震的震源位置与发震时刻

张新东¹⁾ 闫俊岗¹⁾ 张小涛¹⁾ 燕玲玲¹⁾ 赵翠萍²⁾

1) 河北省地震局邯郸中心台 河北省邯郸市明怡路 1 号 056001

2) 中国地震局地震预测研究所 北京 100036

摘要 利用同一地点的 2 个地震在相同台站记录的 P 波到时差是一个常数这一原理,找到了与汶川主震位置相近的余震,并利用台站距震中近,且记录波形清晰、完整的优势,对余震进行了定位,依此确定了汶川主震的位置和发震时刻。结果是震中位于 $31^{\circ}1.26'N$ 、 $103^{\circ}22.50'E$;震源深度 7.9km;发震时刻(北京时间)为 2008 年 5 月 12 日 14 时 27 分 58.80 秒。

关键词: 汶川地震 地震定位 震源参数

[文章编号] 1001-4683(2013)02-0230-06 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

0 引言

汶川大地震造成地面的剧烈振动,使得极震区附近台站的记录中断或是不完整,或由于地震计的移位而造成记录波形失真,因此确定主震位置只能利用较远台站的数据。但由于地壳介质的不完善以及速度结构的差别等因素的影响,用远台资料确定震中位置的误差较大,尤其震源深度的误差更大。如果在余震中找到和主震位置相近的地震,利用其台站较近的优势,可较好地确定余震位置,继而再确定主震位置,其结果比用远台记录确定的主震位置精度可能更高,尤其是对于确定震源深度。

1 用紫坪铺水库地震台网资料选取与汶川主震位置接近的余震

对于汶川主震,其极震区附近台站记录的 P 波到时都是真实准确的,因此可以精确地读出极震区附近各台站的 P 波到时。根据“凡是在用 P 波到时测定地震时、空参数的地方,只要各台到时的相对时间不变(可同加 1 个值或同减 1 个值),那么对于要测定的震源位置就没有影响,只是发震时刻要和各台到时一样作相应的变化”(中国地震局监测预报司,2009)即可,因此只要在余震中找到 1 个各台之间的 P 波到时差和主震相对应的各台之间的到时差相等的地震,并确定其震中位置,即确定了主震的位置。

[收稿日期] 2012-10-31; [修定日期] 2013-04-05。

[项目类别] 河北省地震局重点项目“临时地震台网的建设与管理”资助。

[作者简介] 张新东,男,1964 年出生,高级工程师,主要从事地震学研究。Email: zxd@eq-he.ac.cn

如果对于两次地震之间台站的 P 波到时差之差都是 0 的情况,那么完全可以确定主震和余震发生在同一位置,但是由于各种因素的影响,包括人为读数误差,此差值不可能完全等于 0。从表 1 可以看到,记录到 2 次地震的 5 个台站的 P 波到时差之差最大为 0.07s,因此虽然不能完全认为主震和这个余震发生在同一地点,但可以说这 2 次地震发生的位置非常接近。

表 1 给出了紫平铺水库地震台网中既记录到主震也记录到了 2008 年 12 月 23 日的余震的 5 个台站的 P 波到时、到时差以及主震和余震 P 波到时差之差。

表 1 主震及余震 P 波到时差表

台站名称	主震 P 波到时 (2008 年 5 月 12 日 14 时)				余震 P 波到时 (2008 年 12 月 23 日 7 时)				主震和余震 P 波到时差之差 (s)
	分	秒	两近台的 P 波到时差 (s)		分	秒	两近台的 P 波到时差 (s)		
BAJ	28	0.59			24	41.59			
BAY	28	1.49	BAY-BAJ	0.90	24	42.49	BAY-BAJ	0.90	0.00
MZP	28	1.78	MZP-BAJ	1.19	24	42.76	MZP-BAJ	1.17	0.02
ZDZ	28	2.37	ZDZ-BAJ	1.78	24	43.34	ZDZ-BAJ	1.75	0.03
LYS	28	3.42	LYS-BAJ	2.83	24	44.35	LYS-BAJ	2.76	0.07

用我国地震台网的数据处理软件 msdp 中的定位方法 hyp2000,即用各台的 P 波到时可对地震进行定位,同样用表 1 中 5 个台站的数据和表 2 的速度模型(赵珠等,1997)处理表 1 中 2 次地震的记录,得到的结果如表 3 和表 4,其中给出了各个台站的走时残差。

表 2 速度模型

层数	P 波速度(km/s)	深度(km)	层数	P 波速度(km/s)	深度(km)
1	4.88	2.94	4	6.82	43.09
2	5.80	8.34	5	7.61	68.51
3	6.04	21.70	6	8.38	79.45

表 3 主震处理结果和所使用的台站观测报告

震中位置: 31°0.48'N; 103°23.95'E				震源深度: 5.1km		
发震时刻: 2008 年 5 月 12 日 14 时 27 分 59.46 秒				残差: 0.120s		
序号	台名	震相	日期(年-月-日)	到时(时:分:秒)	走时残差(s)	震中距(km)
0	XX/BAJ	P _g	2008-05-12	14:28:00.590	0.04	2.89
1	XX/BAY	P _g	2008-05-12	14:28:01.490	-0.03	10.10
2	XX/MZP	P _g	2008-05-12	14:28:01.780	-0.19	12.83
3	XX/ZDZ	P _g	2008-05-12	14:28:02.370	0.01	15.09
4	XX/LYS	P _g	2008-05-12	14:28:03.420	0.18	20.36

表 4 余震处理结果和所使用台站观测报告

震中位置: 31°0.61'N; 103°23.88'E				震源深度: 5.5km		
发震时刻: 2008 年 12 月 23 日 7 时 2 分 40.39 秒				残差: 0.110s		
序号	台名	震相	日期(年-月-日)	到时(时:分:秒)	走时残差(s)	震中距(km)
0	XX/BAJ	P _g	2008-12-23	07:24:41.590	0.05	3.15
1	XX/BAY	P _g	2008-12-23	07:24:42.490	-0.02	10.35
2	XX/MZP	P _g	2008-12-23	07:24:42.760	-0.17	12.90
3	XX/ZDZ	P _g	2008-12-23	07:24:43.340	0.02	15.25
4	XX/LYS	P _g	2008-12-23	07:24:44.350	0.16	20.44

这 2 次地震的震源位置纬度相差 $0.13'$,在经度上相差 $-0.07'$,高程则相差 0.4km 。所用 5 个台站的分布如图 1 所示。

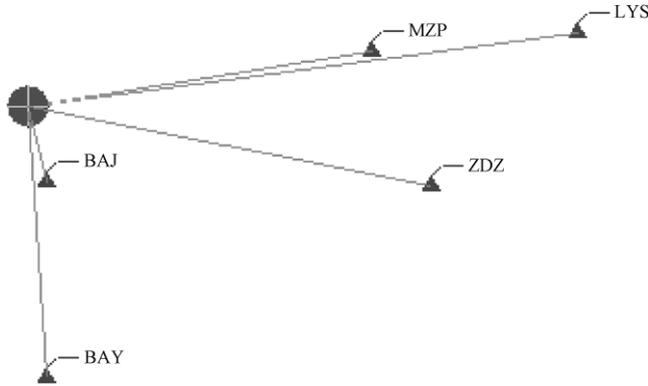


图 1 紫平铺水库地震台网的台站分布(●为震中 ▲为台站)

由图 1 可以看出 ,尽管紫平铺水库地震台网的台站距震中较近($5 \sim 24\text{km}$) ,而且处理结果的残差都比较小 ,在 0.12s 以内 ,但对于此余震而言 ,不仅台分布站偏在一边 ,且其覆盖范围极小 ,甚至不足 90° 。所以这些台站的数据对于震源参数的约束性不好 ,但具备用来确定两个地震的相对位置条件 ,也就是说 ,如果精确确定了余震位置 ,那么就可以确定主震震源的位置。即分别将余震震源的纬度值减 $0.13'$,经度值加 $0.07'$,高程减 0.4km ,所得结果即为主震震源位置。

2 确定选取余震的位置及发震时刻

要准确确定地震位置 ,台站分布起着至关重要的作用。本文收集了汶川地震发生后布设的流动台站、固定台站及紫平铺水库台站记录的 2008 年 12 月 23 日 07 点 24 分的余震的观测数据 ,用表 1 的速度模型 ,对该次余震进行再次定位。台站分布见图 2 ,定位结果见表

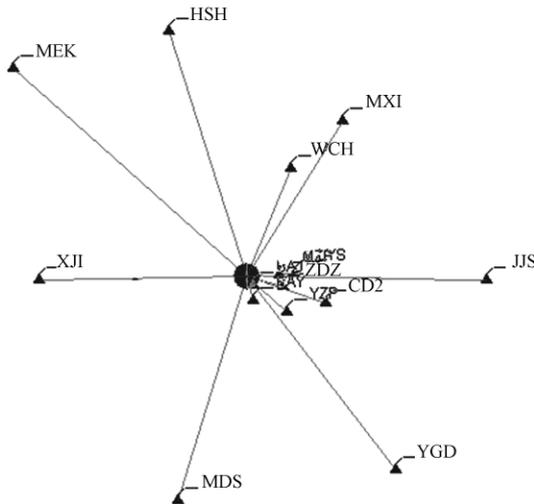


图 2 使用数据的台站分布图(图例如图 1)

5 其中给出了各个台站的走时残差。

表 5 余震处理结果和使用台站观测报告表

		震中位置: 31°1.36'N; 103°22.43'E			震源深度: 8.3km	
		发震时刻: 2008 年 12 月 23 日 7 时 24 分 39.78 秒			残差: 0.140s	
序号	台名	震相	日期(年-月-日)	到时(时:分:秒)	走时残差(s)	震中距(km)
0	XX/BAJ	Pg	2008-12-23	07:24:41.590	0.03	5.43
		Sg	2008-12-23	07:24:42.700	-0.09	
1	XX/BAY	Pg	2008-12-23	07:24:42.490	0.09	12.12
		Sg	2008-12-23	07:24:44.270	0.06	
2	XX/MZP	Pg	2008-12-23	07:24:42.760	-0.10	15.09
		Sg	2008-12-23	07:24:44.940	-0.05	
3	XX/ZDZ	Pg	2008-12-23	07:24:43.340	0.05	17.81
4	XX/LYS	Pg	2008-12-23	07:24:44.350	0.28	22.62
		Sg	2008-12-23	07:24:48.160	1.13	
5	XX/YZP	Pg	2008-12-23	07:24:44.410	-0.09	25.26
6	XX/CD2	Pg	2008-12-23	07:24:46.690	-0.09	38.89
		Sg	2008-12-23	07:24:52.370	0.76	
7	XX/WCH	Pg	2008-12-23	07:24:49.330	-0.08	54.85
		Sg	2008-12-23	07:24:56.240	0.19	
8	XX/MXI	Pg	2008-12-23	07:24:54.220	-0.37	85.94
		Sg	2008-12-23	07:25:04.690	-0.12	
9	XX/XJI	Pg	2008-12-23	07:24:56.430	0.00	96.65
10	XX/MDS	Pg	2008-12-23	07:24:58.460	-0.22	110.65
		Sg	2008-12-23	07:25:12.320	0.60	
11	XX/YGD	Pg	2008-12-23	07:24:58.930	-0.48	114.87
12	XX/JJS	Pg	2008-12-23	07:24:59.250	0.24	112.11
13	XX/HSB	Pg	2008-12-23	07:25:00.970	0.61	120.94
		Sg	2008-12-23	07:25:15.100	0.54	
14	XX/MEK	Pg	2008-12-23	07:25:05.040	0.86	146.60
		Sg	2008-12-23	07:25:22.330	1.31	

由图 2 可以看出,所用台站分布较好,基本包围了地震,且有 5 个距震中较近的紫平铺水库地震台站(4~24km),残差为 0.14s。

确定主震的发震时刻:据表 1 或图 2 给出的资料可计算出余震各台 P 波走时,由主震的 P 波到时减去走时即可得到主震发震时刻。表 6 给出了计算主震发震时刻的结果。

表 6 主震的发震时刻

序号	台站	余震(2008-12-23 07:24:39.78)		主震	
		P 波到时	P 波走时 (P 波到时-发震时刻)	P 波到时	发震时刻 (P 波到时-P 波走时)
0	BAJ	24:41.59	1.81	28:0.59	27:58.78
1	BAY	24:42.49	2.71	28:1.49	27:58.78
2	MZP	24:42.76	2.98	28:1.78	27:58.80
3	ZDZ	24:43.34	3.56	28:2.37	27:58.81
4	LYS	24:44.35	4.57	28:3.42	27:58.85
平均值				27:58.80	

由此确定了2008年5月12日汶川 M_w 7.9 地震的震源参数:震中位置 $31^{\circ}1.26'N$, $103^{\circ}22.50'E$,震源深度 7.9km,发震时刻(北京时间):2008年5月12日14时27分58.80秒(主震位置就是分别在余震的位置的纬度值减 $0.13'$,经度值加 $0.07'$,高程减 0.4km)。

3 讨论和结论

有多机构和作者给出了汶川地震的震源位置及发震时刻,表7是杨智娴等(2012)给出的一些机构或作者确定的汶川大地震的参数。

表7 一些机构或者作者确定的汶川大地震的参数

序号	发震时刻(北京时间)		震中位置		震源深度 (km)	震级			测定机构或作者
	年-月-日	时:分:秒	纬度($^{\circ}N$)	经度($^{\circ}E$)		m_b	M_s	M_w	
1	2008-5-12	14:28	31.0	103.4			7.6		中国地震台网中心
2	2008-5-12	14:28	31.0	103.4			8.0		中国地震台网中心
3	2008-5-12	14:28:04.1	30.95	103.40	14.0		8.0		中国地震台网中心
4	2008-5-12	14:27:58.9	30.95	103.57	14.0	6.4	8.2		中国地震台网中心
5	2008-5-12	14:27:58.7	30.97	103.57	14.0	6.4	8.3		陈培善(2008)
6	2008-5-12	14:28:0.39	30.9607	103.3523	18.8				陈九辉等(2009)
7	2008-5-12	14:27:58.7			16.0				黄媛等(2008)
8	2008-5-12	14:27:57.7	31.01	103.38	15.0		8.0	7.9	杨智娴等 ^①
9	2008-5-12	14:27:57.59	31.018	103.365	15.5		8.0	7.9	杨智娴等(2012)
10	2008-5-12	14:27:58.80	31.021	103.375	7.9				本文

汶川8级地震的水平位置,本文给出的结果和杨智娴等(2012)^①给出的结果最相近,两结果水平相距约1km。

表7中各机构和作者给出的汶川8级地震的震源深度都在14km以上,本文给出的是7.9km,结果相差较大。由于本文是用近台数据测定的震源深度,且台站分布较好(图2),残差0.14秒,因此测定的震源深度应更准确一些。另外根据四川地震台网目录对2008年12月23日07点24分的地震所确定的震源深度是8km。所以汶川地震主震的震源深度在8km左右可能性更大一些。

最终确定2008年5月12日汶川 M_w 7.9 地震的震源参数的测定结果为:震中位置 $31^{\circ}1.26'N$, $103^{\circ}22.50'E$,震源深度 7.9km,发震时刻(北京时间):2008年5月12日14时27分58.80秒。

参考文献

- 陈九辉、刘启元、李顺成等 2009,汶川 M_s 8.0 地震余震序列重新定位及其地震构造研究,地球物理学报, **52**(2), 390 ~ 397。
- 陈培善 2008,全球大震和中国及邻区中强震地震活动(2008年4~5月),地震学报, **30**(5), 545 ~ 549。
- 黄媛、吴建平、张天中等 2008,汶川8.0级大地震及其余震序列重定位研究,中国科学: D辑, **38**(10), 1242 ~ 1249。
- 杨智娴、陈运泰、苏金蓉等 2012,2008年5月12日汶川 M_w 7.9 地震的震源位置与发震时刻,地震学报, **34**(2), 127 ~ 136。

^① 杨智娴、陈运泰、苏金蓉等 2008,汶川大地震主震震源参数的初定情况报告,北京:北京大学-中国地震局现代地震科学技术研究中心。

中国地震局监测预报司 2009, 实用数字地震分析, 北京: 地震出版社。

赵珠、范军、郑斯华等, 1997, 龙门山断裂带地壳速度结构和震源位置的精确确定, 地震学报, 19(6) 615 ~ 622。

The aftershock determination of hypocenter and origin time of the M_w 7.9 Wenchuan earthquake of May 12, 2008

Zhang Xindong¹⁾ Yan Jungang¹⁾ Zhang Xiaotao¹⁾ Yan lingling¹⁾ Zhao Cui ping²⁾

1) Handan Central Seismic Station, Earthquake Administration of Hebei Province, Handan 056001, Hebei, China

2) Institute of Earthquake Science, China Earthquake Administration, Beijing 100036, China

Abstract Under the principle that the arrival time difference of P wave of the 2 earthquakes with the same locations recorded by the same station is a constant, the paper found the aftershocks near the Wenchuan earthquake, and with the advantage of close distance to the epicenter with clear and complete recorded waveforms, determined the epicenter and origin time of the quake: the position of 31.049°N , 103.338°E , the depth of 6.0km, and origin time (Beijing time) of May 12, 2008, 14: 27: 58.79.

Key words: Wenchuan earthquake Earthquake location Source parameter