

刘瑞丰, 陈运泰, 邹立晔, 陈宏峰, 梁建宏, 张立文, 韩雪君, 任泉, 孙丽. 2013. 2013 年 4 月 20 日四川芦山 $M_w6.7$ ($M_s7.0$) 地震参数的测定. 地震学报, 35(5): 652-660.

Liu Ruifeng, Chen Yun-tai, Zou Liye, Chen Hongfeng, Liang Jianhong, Zhang Liwen, Han Xuejun, Ren Xiao, Sun Li. 2013. Determination of parameters for the 20 April 2013 Lushan $M_w6.7$ ($M_s7.0$) earthquake in Sichuan Province. *Acta Seismologica Sinica*, 35(5): 652-660.

2013 年 4 月 20 日四川芦山 $M_w6.7$ ($M_s7.0$) 地震参数的测定^{*}

刘瑞丰^{1,2),*} 陈运泰²⁾ 邹立晔¹⁾ 陈宏峰¹⁾ 梁建宏¹⁾
张立文¹⁾ 韩雪君¹⁾ 任 泉¹⁾ 孙 丽¹⁾

1) 中国北京 100045 中国地震台网中心

2) 中国北京 100081 中国地震局地球物理研究所

摘要 2013 年 4 月 20 日四川芦山 $M_w6.7$ ($M_s7.0$) 地震发生后, 中国地震台网中心(CENC)发布了地震速报参数, 该文利用中国国家地震台网 97 个台站的资料对地震速报参数进行了修订, 得出: 四川芦山 $M_w6.7$ 地震的发震时刻为北京时间 8 时 2 分 47.5 秒(世界时间 0 时 2 分 47.5 秒), 震中位置为 30.30°N 、 102.99°E , 震源深度 17 km. 该地震的面波震级为 $M_s7.0$, 短周期体波震级为 $m_b6.0$, 中长周期体波震级为 $m_b7.0$; 利用波形反演的方法计算了震源机制解, 得到的最佳双力偶解的参数分别为节面 I: 走向 17° /倾角 48° /滑动角 80° ; 节面 II: 走向 212° /倾角 43° /滑动角 101° , 矩震级为 $M_w6.7$. 中国地震台网中心发布本次地震为面波震级 $M_s7.0$, 而美国地质调查局(USGS)国家地震信息中心(NEIC)发布为矩震级 $M_w6.6$. 为了消除这种差别, 建议我国也应将矩震级作为对外发布的首选震级, 使震级的发布与国际接轨.

关键词 芦山地震 地震参数 震级 震源机制

doi:10.3969/j.issn.0253-3782.2013.05.004

中图分类号: P315.3

文献标志码: A

Determination of parameters for the 20 April 2013 Lushan $M_w6.7$ ($M_s7.0$) earthquake in Sichuan Province

Liu Ruifeng^{1,2),*} Chen Yun-tai²⁾ Zou Liye¹⁾ Chen Hongfeng¹⁾ Liang
Jianhong¹⁾ Zhang Liwen¹⁾ Han Xuejun¹⁾ Ren Xiao¹⁾ Sun Li¹⁾

1) China Earthquake Networks Center, Beijing 100045, China

2) Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China

Abstract: After the Lushan $M_w6.7$ ($M_s7.0$) earthquake on 20 April, 2013 in Sichuan Province, this paper revised the earthquake parameters rapidly issued by China Earthquake Networks Center (CENC), based on the data from 97 stations of China National Seismic Network. The results are: the origin time of the

* 基金项目 地震行业科研专项(200708024)资助.

收稿日期 2013-06-14 收到初稿, 2012-07-18 决定采用修改稿.

† 通讯作者 e-mail: liurf@seis.ac.cn

earthquake is 08:02:47.5 Beijing time (00:02:47.5 UTC), the epicenter is located at (30.30°N, 102.99°E) and the focal depth is 17 km; the surface wave magnitude of the earthquake is $M_s7.0$, the short period body wave magnitude is $m_b6.0$ and the moderate-long period body wave magnitude is $m_B7.0$. The focal mechanisms are calculated by waveform inversion and the two nodal planes of the best double couple solution are: for the nodal plane I strike 17°/dip 48°/slip 80°, and strike 212°/dip 43°/slip 101° for the nodal plane II; the moment magnitude is $M_w6.7$. In addition, in view of the fact that the magnitude issued by CENC is $M_s7.0$, while that by USGS/NEIC is $M_w6.6$, so it is suggested that China should issue M_w as the preferred magnitude so as to make the magnitude report in accordance with international convention.

Key words: Lushan earthquake; earthquake parameter; magnitude; focal mechanism

引言

据中国地震台网中心测定, 2013 年 4 月 20 日北京时间 8 时 2 分 46 秒(世界时间 0 时 2 分 46 秒)在我国四川省芦山县发生了矩震级为 $M_w6.7$ (面波震级为 $M_s7.0$) 的地震. 该地震发生在龙门山断裂带上的西南段, 是继 2008 年 5 月 12 日汶川面波震级 $M_s8.0$ 地震之后的又一次破坏性地震, 已造成 13 个市州 69 个县 150 万余人受灾.

地震发生以后, 中国地震台网中心和国际上的地震机构都快速测定了该地震的参数, 并及时向社会发布了地震信息. 本文综述了这些机构对芦山地震参数的测定情况, 并利用中国国家地震台网的波形数据测定了震源机制解, 收集了 97 个台站资料, 对该地震的参数进行重新测定, 正式编辑出版了《中国数字地震台网观测报告》, 为地球科学研究提供资料.

1 地震参数速报

为进一步提高地震速报的实效性, 中国地震局监测预报司于 2011 年 9 月启动了自动地震速报能力评估工作, 对自动地震速报系统的运行情况、漏报情况、误报情况及参数精度进行了全面的统计分析. 2012 年 5 月监测预报司在中国地震台网中心成立项目组, 启动了“自动地震速报综合触发平台”的开发工作, 2013 年 1 月 16 日该平台通过验收, 从 2013 年 4 月 1 日起, 自动地震速报结果正式对外发布.

2013 年 4 月 20 日 8 时 2 分 57 秒, 中国地震台网中心警报声响起, 自动定位系统显示在四川省芦山县发生了一次较大的地震. 8 时 3 分 43 秒(地震发生后 57 s), 自动地震速报系统测定出了地震的发震时间、震中位置和震级, 2 分钟内便发出了第一报: “08 时 02 分四川省雅安市雨城区附近发生 5.9 级左右地震, 最终结果以正式速报为准”. 中国地震局领导、地震监测人员、地震应急人员随即收到手机短信, 并迅速启动应急预案. 中国地震局网站(中国地震局, 2013)、中国地震信息网(中国地震台网, 2013)、新浪微博、腾讯微博、新华社、中央电视台等媒体均在第一时间收到速报信息, 并通过网站和微博向社会公众发布. 8 时 14 分 4 秒, 中国地震台网中心发布正式速报结果: 震中位置为北纬 30.3°、东经 103.0°, 震源深度为 13 km, 面波震级为 $M_s7.0$. 中央电视台新闻频道在 8 点 30 分播发了

四川省芦山县发生了 $M_s7.0$ 地震的消息.

地震发生后世界各地的地震机构,如美国地质调查局(USGS, 2013)、瑞士地震服务中心(Schweizerischer Erdbebendienst, 2013)、德国格拉芬堡地震观测中心(SZGRF Home, 2013)、欧洲地中海地震中心(European-Mediterranean Seismological Centre, 2013)等也都迅速测定并在各自的网站上发布了这次地震的参数. 中国地震台网中心和各国际地震机构快速测定的芦山地震参数的结果如表 1 所示.

表 1 中国地震台网中心和国际地震机构速报的芦山地震参数
Table 1 The rapid report parameters of Lushan earthquake from CENC
and other international seismological institutions

序号	发震时刻 (世界时) 时:分:秒	震中位置		震源 深度 /km	震 级			测 定 机 构	
		纬度 /°N	经度 /°E		M_s	m_b	M_w	名称	代码
1	00:02:46.0	30.30	103.00	13.0	7.0			中国地震台网中心	CENC
2	00:02:48.0	30.31	102.93	16.4	6.9			美国地质调查局 国家地震信息中心	USGS/NEIC
3	00:02:49.0	30.27	102.90	20.0			6.8	欧洲地中海地震中心	EMS
4	00:02:48.0	30.32	102.91	10.0			6.7	德国地学研究中心	GFZ
5	00:02:45.0	30.20	103.00	10.0		6.5		俄罗斯科学院	GSR

就震级而言,从全球各地震机构公布的地震速报结果看,最先公布的震级是面波震级和体波震级,然后是矩震级. 随着观测资料的增加,各地震机构测定的参数也在发生变化,如 USGS/NEIC 于当日把面波震级 $M_s6.9$ 修订为矩震级 $M_w6.6$,俄罗斯科学院把体波震级修订为 $m_b6.5$,面波震级修订为 $M_s7.0$.

2 地震参数修订

2.1 地震参数

本文利用中国国家地震台网 97 个地震台的震相数据对芦山 $M_w6.7$ 地震进行了重新定位,得到芦山地震的震中位置为 30.30°N 、 102.99°E ,发震时刻为北京时间 8 时 2 分 47.5 秒,震源深度 17 km. 定位误差为:在水平面上,误差椭圆长半轴 4.7 km,短半轴 3.9 km,椭圆长半轴方位角为 138° ;震源深度的误差为 2.4 km. 我们使用 63 个国家地震台的资料测定芦山地震的面波震级为 $M_s7.0$,用 55 个国家地震台的资料测定该地震的短周期体波震级为 $m_b6.0$,用 51 个国家地震台的资料测定中长周期体波震级为 $m_b7.0$. 本文以及 USGS/NEIC 修订后的芦山地震的参数如表 2 所示.

芦山地震发生以后,各地震机构汇集到了更多的地震台站资料,对地震速报结果进行了修订,编辑了地震观测报告. 美国 USGS/NEIC 利用全球地震台网(global seismic network, 简称为 GSN)774 个台站的震相到时重新进行了地震定位,并利用其中的 50 个台站的资料计算了面波震级,结果为 $M_s6.8$;用 370 个台站测定的短周期体波震级结果为 $m_b6.5$;用波形反演的的方法得到的矩震级为 $M_w6.7$ (表 2).

2.2 面波震级

本文和 NEIC 测定面波震级的详细情况如表 3 和表 4 所示. 由于历史的原因,我国和美国所使用的测定面波震级的公式不同,测量方法也有一些差异(刘瑞丰等, 2006). 通过对大量的实测资料进行分析与对比表明,中国地震台网测定的面波震级总体上要比美国

表 2 本文和美国地质调查局国家地震信息中心(USGS/NEIC)修订后的芦山地震参数
Table 2 The revised parameters of Lushan earthquake by this paper and USGS/NEIC

序号	发震时刻 (世界时) 时:分:秒	震中位置		震源 深度 /km	震级			测定机构	
		纬度 /°N	经度 /°E		M_s	m_b	M_w	名称	代码
1	00:02:47.5	30.30	102.99	17.0	7.0	6.0	6.7	本文结果	
2	00:02:47.3	30.28	102.96	12.3	6.8	6.5	6.6	美国地质调查局 国家地震信息中心	USGS/NEIC

表 3 本文用以测定芦山地震面波震级(M_s)的台站、震中距、方位角及测定结果
Table 3 The epicentral distances and azimuths of the seismic stations used to determine the
surface magnitude of the Lushan earthquake and the results in this paper

序号	台站 名称	台站 代码	震中距 /°	方位角 /°	M_s	序 号	台站 名称	台站 代码	震中距 /°	方位角 /°	M_s
1	重庆	CQI	3.2	105	7.0	33	巴里坤	BKO1	15.4	332	7.0
2	巴塘	BTA1	3.4	266	7.0	34	锡林浩特	XLT	17.1	34	7.0
3	攀枝花	PZH	3.9	196	6.6	35	赤峰	CHF	17.6	43	7.0
4	天水	TIS1	4.8	32	7.0	36	大连	DL2	17.6	56	7.0
5	洱源	EYA	5.0	213	7.0	37	库尔勒	KOL1	18.0	315	7.0
6	贵阳	GYA	5.0	139	7.2	38	朝阳	CHY1	18.1	47	7.0
7	昆明	KMI	5.1	182	7.1	39	乌鲁木齐	WMQ	18.1	322	7.2
8	兰州	LZH	5.8	7	7.3	40	营口	YKO	19.0	52	7.1
9	吉首	JIS	6.2	107	6.8	41	富蕴	FUY	19.7	332	7.1
10	固原	GYU	6.2	24	7.1	42	库车	KUC	19.9	311	7.1
11	西安	XAN	6.3	52	6.9	43	丹东	DDO	20.0	55	7.1
12	湟源	HUY	6.5	347	7.2	44	沈阳	SNY	20.2	50	7.1
13	腾冲	TCG1	6.6	218	7.2	45	和田	HTA	20.3	296	7.0
14	个旧	GEJ	6.9	179	7.0	46	新源	XNY	20.4	315	7.1
15	盐池	YCI	8.3	25	7.0	47	乌兰浩特	WHT	21.7	38	7.0
16	德令哈	DLH	8.5	328	7.1	48	通化	THA1	21.7	52	7.1
17	银川	YCH	8.6	16	7.0	49	巴楚	BCH1	21.9	302	7.0
18	临汾	LNFI	9.1	48	6.9	50	乌什	WUS	22.1	306	7.0
19	那曲	NAQ	9.5	282	7.1	51	长春	CN2	22.3	47	7.0
20	拉萨	LSA	10.3	270	6.8	52	温泉	WNQ	22.6	316	7.0
21	太原	TIY	10.8	44	6.8	53	海拉尔	HLR1	22.8	29	6.8
22	乌加河	WJH	11.7	19	7.2	54	碾子山	NZN	23.0	36	7.0
23	安西	AXX	11.8	332	6.9	55	长白山	CBS	23.3	53	7.2
24	蒙城	MCG	11.9	72	7.3	56	喀什	KSH	24.1	299	6.7
25	红山	HNS	12.0	51	7.0	57	延边	YNB1	24.6	52	7.2
26	呼和浩特	HHC	12.6	31	7.0	58	牡丹江	MDJ	25.4	48	7.1
27	琼中	QZN	12.8	149	7.3	59	五大连池	WDL	25.5	37	7.1
28	大同	SHZ	12.9	38	7.0	60	加格达奇	JGD	25.5	32	7.0
29	泰安	TIA	13.2	60	7.1	61	鹤岗	HEG	27.0	43	7.2
30	南京	NJ2	13.7	79	7.3	62	黑河	HHE	27.1	36	7.2
31	张家口	ZJK	14.3	39	7.2	63	密山	MIH	27.2	48	7.2
32	宝昌	BAC	15.2	37	7.0	平均					7.0

注：震中距 $1^\circ \approx 110$ km.

表 4 美国地质调查局国家地震信息中心(USGS/NEIC)测定的芦山地震
面波震级(M_s)的台站、震中距、方位角及测定结果

Table 4 The epicentral distances and azimuths of the stations used to determine the surface magnitude M_s of the Lushan earthquake from USGS/NEIC and the results

序号	台站 代码	震中距 /°	方位角 /°	M_s	序号	台站 代码	震中距 /°	方位角 /°	M_s
1	TLY	21.4	1	7.2	26	PMBI	33.0	177	7.1
2	JOW	22.5	93	6.4	27	BKB	33.9	154	6.9
3	HIA	22.8	29	6.7	28	ERM	34.2	59	6.8
4	MAKZ	23.2	321	7.0	29	MNAI	34.5	180	7.0
5	KULM	25.0	186	6.5	30	YSS	34.8	50	7.0
6	MDJ	25.4	48	6.6	31	MNCI	35.5	238	6.7
7	IPM	25.7	184	6.6	32	CISI	37.9	172	6.8
8	LHMI	25.6	194	6.5	33	SMRI	37.8	168	6.4
9	AAK	25.9	306	6.8	34	UGM	38.7	168	6.3
10	FRU1	25.8	307	6.8	35	ARU	40.5	323	7.0
11	USA0B	26.8	51	6.8	36	XMIS	40.6	176	6.6
12	ZAA0	27.0	336	7.0	37	COCO	42.6	189	6.7
13	KKM	27.1	150	6.6	38	MA2	43.3	33	6.7
14	KURK	27.3	325	7.1	39	TIXI	43.7	12	7.1
15	MYKOM	28.3	178	7.3	40	PEA0B	45.5	44	7.0
16	INU	29.0	71	7.1	41	PET	46.0	44	7.0
17	GSI	29.3	191	6.6	42	DGAR	47.6	223	6.5
18	KSM	29.5	165	6.5	43	KIV	48.9	304	6.9
19	MAJO	30.0	69	6.6	44	BILL	52.4	25	7.1
20	MJB9	30.0	69	6.7	45	OBN	52.4	318	7.1
21	BKNI	29.8	184	6.6	46	MANU	53.1	119	6.5
22	PALK	31.0	227	6.5	47	GIRL	53.7	167	6.5
23	JHJ2	31.4	75	6.8	48	LVZ	54.2	334	7.5
24	DAV	31.4	133	6.3	49	KEV	57.1	336	7.0
25	BRVK	32.9	323	7.2	平均				6.8

注：震中距 $1^\circ \approx 111.1$ km.

NEIC 测定的结果平均偏高 0.2(刘瑞丰等, 2006). 从本次地震的面波震级测定结果看, 本文得出的测定结果比 NEIC 测定面波震级大 0.1. 考虑到上述系统偏差, 应当说两者的结果是一致的.

图 1a 是在平面极坐标中本文测定面波震级所使用的台站震中距 R 、方位角 φ 和所测定的震级大小的分布图. 图中 N 是正北方向. 圆点表示该台测得的 $M_s > 7.0$, 方块表示该台测得的 $M_s < 7.0$, 十字表示该台测得的 $M_s = 7.0$. 图 1b 是本文测定面波震级所使用的台站方位角和所测定的面波震级大小的分布图. 图中实线圆圈表示落在该圆圈上的地震台测得的面波震级为 $M_s 7.0$.

本文测定面波震级所使用的台站为 63 个, 震中距范围为 $3.2^\circ - 27.2^\circ$ ($1^\circ \approx 111.1$ km), 台站的方位分布比较均匀. 测得的面波震级最大的台站是兰州、蒙城、琼中和南京等 4 个台站, 震级为 $M_s 7.3$; 测得的面波震级最小的台站是攀枝花台, 震级为 $M_s 6.6$.

图 2a 是在平面极坐标中 NEIC 所使用的全球地震台站震中距 R 、方位角 φ 和所测定的震级大小分布图. 图中, N 是正北方向, 圆点表示该台测得的 $M_s > 6.8$, 方块表示该台测

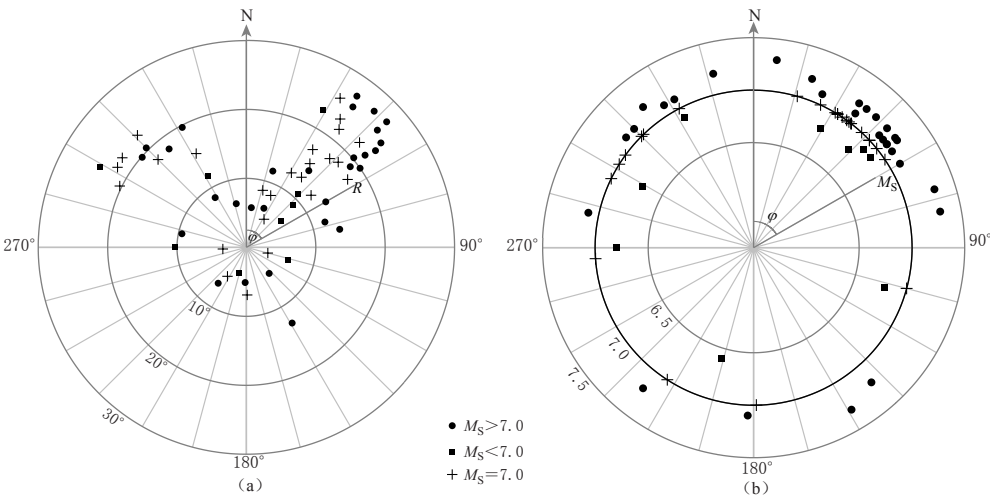


图 1 震中距为 R 、方位角为 φ (a)和方位角为 φ (b)的台站上所测定的震级大小分布图
图(a)中圆圈旁的数字(10° , 20° , 30°)为震中距; 图(b)中圆圈旁的数字(6.5 , 7.0 , 7.5)
表示面波震级 M_s , 最外层圆圈旁的数字(90° , 180° , 270°)为方位角

Fig. 1 The size distribution of the magnitudes measured by the stations at
epicentral distance R and azimuth φ (a) and azimuth φ (b)
In Fig. 1a the numbers 10° , 20° , 30° marked on the circles represent epicentral distances;
In Fig. 1b the numbers 6.5 , 7.0 , 7.5 marked on the circles represent surface
magnitude M_s , and 90° , 180° , 270° marked on the outmost circle are azimuths

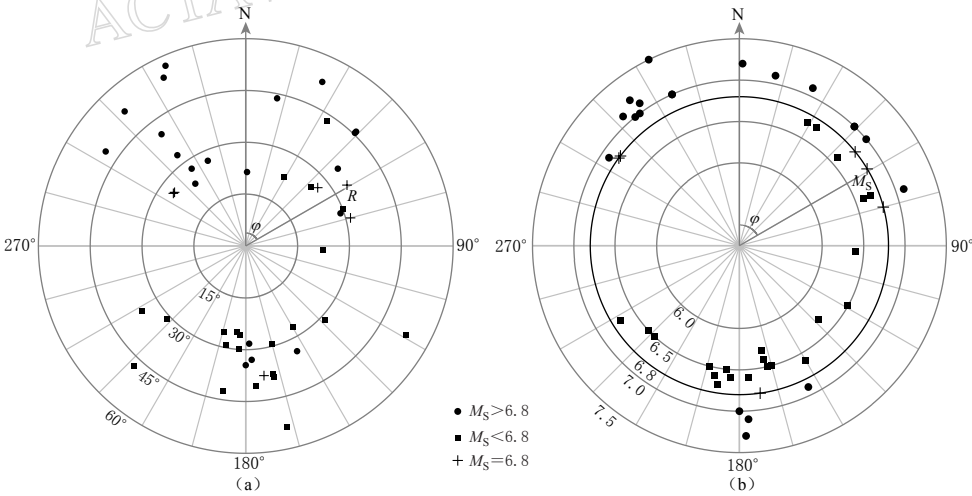


图 2 震中距为 R 、方位角为 φ (a)和方位角为 φ (b)的 NEIC 台站上所测定的震级大小分布图
图(a)中圆圈旁的数字(15° , 30° , 45° , 60°)为震中距; 图(b)中圆圈旁的数字(6.0 , 6.5 , 6.8 ,
 7.0 , 7.5)表示面波震级 M_s , 最外层圆圈旁的数字(90° , 180° , 270°)为方位角

Fig. 2 The size distribution of the magnitudes measured by the NEIC stations at
distance R and azimuth φ (a) and azimuth φ (b)
In Fig. 2a, the numbers 15° , 30° , 45° , 60° marked on the circles represent epicentral distances;
in Fig. 2b the numbers 6.0 , 6.5 , 6.8 , 7.0 , 7.5 marked on the circles represent surface
magnitude M_s , and 90° , 180° , 270° marked on the outmost circle are azimuths

得的 $M_s < 6.8$, 十字表示该台测得的 $M_s = 6.8$. 图 2b 是 NEIC 所使用的全球地震台站方位角和所测定的震级大小的分布图, 图中实线圆圈表示落在该圆圈上的地震台测得震级为 $M_s 6.8$.

USGS/NEIC 测定面波震级所使用的台站为 49 个, 震中距范围为 $21.40^{\circ} \sim 57.10^{\circ}$, 台站的方位分布较均匀. 测定面波震级最大的台站是 LVZ 台, 震级为 $M_s 7.5$; 测定面波震级最小的台站是 DAV 和 UGM 台, 震级为 $M_s 6.3$.

从图 1 和图 2 可以看出, 测定震级偏大的台站主要分布在震中的东北和西北方向, 测定震级偏小的台站主要分布在震中的西南和东南方向.

3 震源机制

本文利用国家地震台网的实时波形数据, 采用波形拟和方法确定震源机制解(Dziwonski *et al.*, 1981). 该方法采用少量地震台站的远震长周期体波和面波的波形记录, 确定震源的地震矩张量和最佳点震源的位置参数. 通过本征值计算, 可以得到地震矩张量的本征值和本征向量, 也即主应力轴的值和取向, 并计算了最佳双力偶模型的两个节面解, 得到了标量地震矩和矩震级.

地震发生以后, 国内外的研究者和地震机构利用数字地震台网观测资料测定了该地震的震源机制解(陈运泰等, 2013; 刘超等, 2013; 张勇等, 2013). 从测定结果看(表 5), 不同机构测定的震源机制解相当一致, 矩震级大都为 $M_w 6.6$ 和 $M_w 6.7$, 表明芦山地震的震

表 5 本文和不同地震机构测得的芦山地震震源机制
Table 5 The focal mechanisms of Lushan earthquake contributed by this paper and other seismological institutions

序号	节面 1			节面 2			“海滩球”示意图	M_w	测定机构	
	$\theta/^{\circ}$	$\delta/^{\circ}$	$\lambda/^{\circ}$	$\theta/^{\circ}$	$\delta/^{\circ}$	$\lambda/^{\circ}$			名称	代码
1	17	48	80	212	43	101		6.7	本文结果	
2	34	55	87	220	35	95		6.7	刘超等(2013)	
3	27	56	82	220	35	101		6.7	赵旭等 ^①	
4	15	43	71	220	50	107		6.6	韩立波等 ^①	
5	35	44	92	212	46	88		6.5	王勤彩等 ^①	
6	8	36	54	230	62	113			郭祥云等 ^①	
7	22	53	85	210	38	96		6.6	全球矩心矩张量项目	GCMT
8	33	47	96	204	43	84		6.6	德国地学中心	GFZ
9	23	58	83	216	33	101		6.6	日本气象厅	JMA
10	40	59	102	198	33	71		6.6	美国地质调查局	USGS
11	32	43	87	216	47	93		6.5	美国地质调查局	USGS(体波)

注: 表中 θ 为走向, δ 为倾角, λ 为滑动角.

① <http://www.ceic.ac.cn/CC20130420080246.html>. 查询日期[2013-04-29].

源机制与 2008 年 5 月 12 日汶川地震的震源机制相当一致，都是以逆断层为主兼有小量右旋走滑分量的剪切错动，但右旋走滑分量比汶川地震要小。

4 余震分布

截至 2013 年 5 月 31 日 16 时，中国地震台网中心和四川省地震局共记录到余震 1 万 144 次，其中 $M_s \geq 3.0$ 余震 134 次， $M_s 5.0-5.9$ 地震 4 次， $M_s 4.0-4.9$ 地震 23 次， $M_s 3.0-3.9$ 地震 107 次，最大余震是北京时间 2013 年 4 月 21 日 17 时 5 分发生的 $M_s 5.4$ 地震。本次地震最大的特点是余震频繁，在震后 48 小时内发生 $M_s \geq 3.0$ 地震 90 次，占目前所有 $M_s \geq 3.0$ 地震的 67.16%，余震分布如图 3 所示。从图 3 可以看出，芦山地震的余震主要沿龙门山断层向西南方向展布。这些是地震台网的定位结果，研究人员要根据这些地震目录和震相数据做出更精确的地震定位结果。

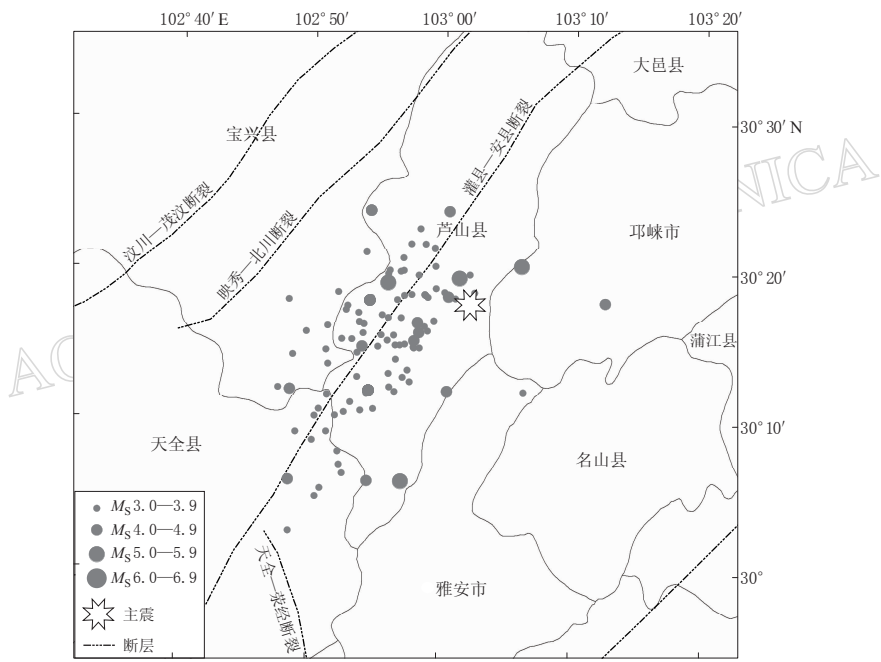


图 3 芦山 $M_w6.7$ 地震余震震中分布图

Fig. 3 The epicentral distribution of aftershocks of the Lushan $M_w6.7$ earthquake

5 讨论与结论

芦山 $M_w6.7$ 地震是自动地震速报系统运行 20 天后，第一次向中国地震局和新浪微博、腾讯微博、新华社、中央电视台等媒体发布全自动地震速报信息的地震，在 57 s 内由于使用的台站数量偏少，使得自动测定为 $M_s 5.9$ ，到 2 分钟自动测定的震级可以达到 $M_s 6.8$ ，因此自动地震速报系统要在地震速报的速度与精度之间寻找合适的平衡点。

本文的研究结果表明：芦山地震的发震时刻为北京时间 8 时 2 分 47.5 秒，震中位置为 $30.30^{\circ}N$ 、 $102.99^{\circ}E$ ，震源深度为 17 km。其面波震级为 $M_s 7.0$ ，短周期体波震级为 $m_b 6.0$ ，中长周期体波震级为 $m_b 7.0$ ，矩震级为 $M_w 6.7$ 。通过对比可知，不同机构的定位结果差别

不大,同类震级之间差别也不大.本文得到的面波震级为 $M_s 7.0$, NEIC 的面波震级为 $M_s 6.9$. 由于我国与 NEIC 面波震级之间存在系统偏差, 0.1 的差别在两者系统偏差范围之内(刘瑞丰等, 2006). 本文得到的矩震级为 $M_w 6.7$, 美国地质调查局(USGS)和全球矩心矩张量项目(GCMT)的矩震级都为 $M_w 6.6$. 但我国和美国对外发布的震级差别较大, 根据“地震震级的规定”(全国地震标准化技术委员会, 1999)的要求, 我国对外发布的震级为面波震级, 因此中国对外发布的震级是面波震级 $M_s 7.0$, 而美国则把矩震级作为对外发布的首选震级(USGS, 2002), 美国对外发布的震级是矩震级 $M_w 6.6$. 因此社会公众、新闻媒体和政府官员认为中国和美国测定的芦山地震的震级差别为 0.4.

为了消除这种差别, 我国应尽快与国际接轨, 将矩震级作为对外发布的首选震级. 矩震级是一个描述地震绝对大小的力学量, 它是一个均匀的震级标度. 无论是对大震还是小震、微震甚至极微震, 无论是对浅震还是深震, 均可测量地震矩, 地震矩不会“饱和”. 目前矩震级已成为世界上大多数地震台网和地震观测机构优先使用的震级标度(USGS, 2002; 陈运泰, 刘瑞丰, 2004; Bormann *et al*, 2009).

参 考 文 献

- 陈运泰, 刘瑞丰. 2004. 地震的震级[J]. 地震地磁观测与研究, **25**(6): 1-11.
- 陈运泰, 杨智娟, 张勇, 刘超. 2013. 从汶川地震到芦山地震[J]. 中国科学: 地球科学, **43**(6): 1064-1072.
- 刘瑞丰, 陈运泰, Bormann P, 任泉, 侯建民, 邹立晔. 2006. 中国地震台网与美国地震台网测定震级的对比: II. 面波震级[J]. 地震学报, **28**(1): 1-7.
- 刘超, 许力生, 陈运泰. 2013. 2013年4月20日四川芦山 7.0 级地震(1.0 版)[EB/OL]. [2013-06-30]. <http://www.ccea-igp.ac.cn/tpxw/266824.shtml>.
- 全国地震标准化技术委员会. 1999. 地震震级的规定(GB17740-1999)[S]. 北京: 中国标准出版社.
- 张勇, 陈运泰, 许力生. 2013. 芦山 4·20 地震破裂过程及其致灾特征初步分析[J]. 地球物理学报, **56**(4): 1408-1411.
- 中国地震局. 2013. 4月20日8时2分四川省雅安市芦山县发生 7.0 级地震[EB/OL]. [2013-04-20]. <http://www.ccea.gov.cn/publish/dizhenj/464/479/20130420081617262668243/index.html>.
- 中国地震台网. 2013. 四川省雅安市芦山县发生 7.0 级地震[EB/OL]. [2013-04-20]. <http://www.csi.ac.cn/manage/fastReport.jsp?id=13e24ca9cde00>.
- Bormann P, Liu R F, Xu Z G, Ren K X, Zhang L W, Wendt S. 2009. First application of the New IASPEI teleseismic magnitude standards to data of the China National Seismographic Network[J]. *Bull Seismol Soc Am*, **99**(3): 1868-1891.
- Dziewonski A M, Chou T A, Woodhouse J H. 1981. Determination of earthquake source parameters from waveform data for studies of global and regional seismicity[J]. *J Geophys Res*, **86**: 2825-2852.
- European-Mediterranean Seismological Centre. 2013. M6.6-Western Sichuan, China-2013-04-20 00:02:48 UTC[EB/OL]. [2013-04-20]. <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/earthquake.php?id=313375>.
- Schweizerischer Erdbebendienst. 2013. EQ Information: Region: Sichuan, China-Magnitude: 6.6[EB/OL]. [2013-04-20]. http://www.seismo.ethz.ch/eq/latest/eq_detail_w/index_EN?id=c21pOmdvdi51c2dzL291dC4yMjkzMzkxLTAuNDkxNjc3NjIyMDYyNTQ3LzIwMTMwNTA2MTEyNTQ1L29yaWdpbi8x.
- SZGRF Home. 2013. Results of manual seismogram analysis at SZGRF[EB/OL]. [2013-04-20]. <http://www.szgrf.bgr.de/analysis-reports/index.html>.
- USGS. 2002. *New USGS Earthquake Magnitude Policy*[R]. MCEER Information Service News. 1-3.
- USGS. 2013. M6.6-56 km WSW of Linqiong, China (BETA) [EB/OL]. [2013-04-20]. <http://comcat.cr.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usb000gcds>.