

刘超, 许力生, 陈运泰. 2010. 2008年10月至2009年11月32次中强地震的快速矩张量解. 地震学报, 32(5): 619-624.

Liu Chao, Xu Lisheng, Chen Yun-tai. 2010. Quick moment tensor solutions for 32 moderate and large earthquakes of October 2008–November 2009. *Acta Seismologica Sinica*, 32(5): 619–624.

2008年10月至2009年11月32次 中强地震的快速矩张量解^{*}

刘 超¹⁾ 许力生^{1,†} 陈运泰^{1,2)}

1) 中国北京 100081 中国地震局地球物理研究所

2) 中国北京 100871 北京大学地球与空间科学学院

摘要 总结了2008年10月至2009年11月, 作者对国内 $M_s \geq 5.5$ 和国外 $M_s \geq 7.0$ 的32次地震的矩张量快速反演结果. 其中绝大部分结果均在从地震学联合研究会(I Incorporated Research Institutions for Seismology, IRIS)数据中心下载数据后的2小时内发布.

关键词 矩张量解 震源机制 断层参数 快速矩张量解

doi: 10.3969/j.issn.0253-3782.2010.05.011 中图分类号: P315.3⁺3 文献标识码: A

Quick moment tensor solutions for 32 moderate and large earthquakes of October 2008–November 2009

Liu Chao¹⁾ Xu Lisheng^{1,†} Chen Yun-tai^{1,2)}

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

2) School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China

Abstract: Quick moment tensor solutions (QMTSs) are presented for 32 earthquakes of $M_s \geq 5.5$ in China and $M_s \geq 7.0$ worldwide, which occurred from October 2008 to November 2009. Most of the QMTSs were obtained and released within two hours after we downloaded data from IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology) data center.

Key words: moment tensor; focal mechanism; fault parameter; quick moment tensor solution

经过半个世纪的发展, 地震震源的矩张量表示及其反演已日臻成熟(Dziewonski, Woodhouse, 1983). 地震矩张量不但能够较好地反映地震震源的特性, 而且还为其它研究提供有益的参考. 国际上一些科研机构和组织如美国地质调查局(USGS)和全球矩心矩张量研究组(GCMT)现在已经能够在震后5小时内准实时地发布矩张量解. 为了满足我国地

* 基金项目 中国地震局地震行业科研专项(200808068)资助. 中国地震局地球物理研究所论著 10AC1030.

收稿日期 2010-08-02 收到初稿, 2010-08-06 决定采用修改稿.

† 通讯作者 e-mail: xuls@cea-igp.ac.cn

震应急工作的需要,我们在已有工作的基础上,建立起了快速矩张量解应急响应工作流程。在应急响应工作的试行阶段,我们对国内 $M_s \geq 5.5$ 和国外 $M_s \geq 7.0$ 的地震进行快速矩张量反演。在 2008 年 10 月至 2009 年 11 月期间,共获得了 32 次地震的矩张量解。其中绝大部分结果均在从地震学联合研究会 (Incorporated Research Institutions for Seismology, IRIS) 数据中心下载得到地震波形数据后 2 小时内发布。

本文综合了 2008 年 10 月至 2009 年 11 月,作者对国内 $M_s \geq 5.5$ 和国外 $M_s \geq 7.0$ 的 32 次地震的矩张量快速反演结果(表 1)。其中包含国内 $M_s \geq 5.5$ 地震 10 次,国外 $M_s \geq 7.0$ 地震 20 次,还包含了 2009 年 4 月 6 日的意大利拉奎拉 (L'Aquila) $M_w 6.4$ 地震 (No. 12) 和 2009 年 9 月 21 日不丹 $M_w 6.3$ 地震 (No. 23)。在这 32 次地震中,报道有人员伤亡的地震 11 次,分别为 2008 年 10 月 5 日新疆乌恰县 $M_w 7.0$ 地震 (No. 1), 2008 年 11 月 10 日青海 $M_w 6.6$ 地震 (No. 3), 2009 年 1 月 3 日印尼 $M_w 7.8$, $M_w 7.7$ 地震 (No. 6, No. 7), 2009 年 4 月 6 日意大利拉奎拉 $M_w 6.4$ 地震 (No. 12), 2009 年 5 月 28 日洪都拉斯 $M_w 7.1$ 地震 (No. 13), 2009 年 7 月 9 日云南姚安 $M_w 5.6$ 地震 (No. 14), 2009 年 8 月 16 日印尼明打威群岛 (Kepulauan Mentawai Region) $M_w 6.7$ 地震 (No. 21), 2009 年 9 月 2 日印尼爪哇 $M_w 7.0$ 地震 (No. 22), 2009 年 9 月 21 日不丹 $M_w 6.4$ 地震 (No. 23) 和 2009 年 9 月 30 日印尼苏门答腊 $M_w 7.5$ 地震 (No. 25)。

我们利用远震 P 波的垂直向信号快速反演地震矩张量和震源时间函数。反演的方法和流程在刘超等 (2008) 的论文中已详细叙述。本工作中,我们对该方法做了一些改进,简化了震源时间函数的反演,以提高计算效率。反演过程中我们采用标准的全球速度结构模型 (Kennett, Engdahl, 1991),运用反射率方法计算格林函数 (Kennett, 1983)。

本文发布的 32 次地震的震中和矩张量解如图 1 所示。图中采用震源球下半球等面积投影,初动为压缩(+)的区域用红色表示,初动为膨胀(-)的区域用白色表示,与最佳双力偶相应的断层面解用细黑线表示。表 1 中地震事件的参数均来自美国地质调查局 (USGS) 国家地震信息中心 (NEIC) 的快报结果,有的地震的震中位置和(或)发震时刻可能与其后来修订的最终结果有差别,但差别不大,几乎不影响快速反演结果。因为在反演中我们只使用对震中和发震时刻的变化并不敏感的远震低频信号。在表 1 的 32 次地震事件中,还包括了已经以快报形式发表的 4 个结果 (刘超等, 2009a, b, c, d)。

国际上,矩张量快速反演已经成为一项对地震学基础研究和地震应急救援工作均有重要意义的常规性工作。经过一年多的试运行,我们较好地完成了快速矩张量反演的应急响应任务。产出结果的时效性、准确性和精确性均得到了检验。在今后的工作中,我们将进一步完善应急响应工作流程,提高工作的自动化程度,降低快速矩张量解应急响应的震级范围下限。

本研究使用的数字地震波形资料均通过地震学联合研究会 (IRIS) 数据中心的数据服务获得,在此谨表谢忱。

表1 2008年10月至2009年11月国内 $M_s \geq 5.5$ 和国外 $M_s \geq 7.0$ 地震的矩张量解
 Table 1 Quick moment tensor solutions (QMTSs) for earthquakes of $M_s \geq 5.5$ in China and
 $M_s \geq 7.0$ worldwide from October 2008 to November 2009

序号	日期		时间		纬度/°	经度/°	深度/km	M_{rr}	M_{tt}	M_{pp}	M_{rt}	M_{rp}	M_{tp}	矩张量的单位/N·m	最佳双力偶解						M_w
	年-月-日	时:分:秒	节面 I	节面 II											走向/°	倾角/°	滑动角/°	走向/°	倾角/°	滑动角/°	
1	2008-10-05	15:52:50	39.530	73.820	10	1.27	-3.69	-0.91	-1.52	0.03	-1.82	10^{19}	41	37	56	262	60	113	7.0		
2	2008-10-06	08:30:46	29.810	90.350	12	-3.83	-0.53	4.35	-0.31	0.96	1.46	10^{18}	186	51	-103	26	40	-74	6.4		
3	2008-11-10	01:22:01	37.619	95.847	10	7.65	-7.45	-0.20	2.16	-4.86	2.60	10^{18}	130	61	114	268	37	54	6.6		
4	2008-11-24	09:02:58	54.194	154.315	10	-2.15	3.22	-1.07	-3.43	-7.35	2.15	10^{19}	29	83	-110	281	21	-20	7.2		
5	2008-12-09	06:24:02	-31.060	-177.029	10	-2.42	0.82	1.60	1.94	-1.08	-0.47	10^{19}	311	68	-101	159	24	-64	6.9		
6	2009-01-03	19:43:56	-0.581	132.538	10	3.89	-2.43	-1.46	-3.65	3.44	1.31	10^{20}	312	72	93	121	18	80	7.8		
7	2009-01-03	22:33:38	-0.685	133.247	10	2.78	-3.35	0.58	-2.67	1.68	2.43	10^{20}	103	26	72	303	66	98	7.7		
8	2009-01-15	17:49:39	46.890	155.170	10	6.80	-1.96	-4.84	-0.66	1.33	-0.20	10^{20}	358	51	84	188	39	97	7.8		
9	2009-02-11	17:34:52	3.870	126.410	10	1.04	-0.41	-0.63	0.31	1.02	0.41	10^{20}	356	69	111	129	29	48	7.4		
10	2009-02-18	21:53:42	-27.415	-176.419	10	-0.01	0.13	-0.12	-0.25	6.04	-3.17	10^{19}	268	28	-180	178	90	-62	7.2		
11	2009-03-19	18:17:38	-23.015	-174.782	10	8.74	-3.56	-5.18	2.51	5.85	-0.20	10^{20}	19	66	93	192	24	83	7.9		
12	2009-04-06	01:32:42	42.334	13.334	10	-3.23	0.57	2.66	-0.85	0.94	-4.49	10^{18}	132	53	-103	333	39	-73	6.4		
13	2009-05-28	08:24:45	16.783	-86.166	10	0.16	-4.08	3.92	-1.59	2.24	2.04	10^{19}	328	90	149	58	59	0	7.1		
14	2009-07-09	11:19:17	25.619	101.086	10	0.16	-2.38	2.22	-0.00	-0.33	-1.56	10^{17}	118	84	176	208	86	6	5.6		
15	2009-07-13	18:05:02	23.997	122.177	10	2.04	-3.96	1.93	3.07	-0.87	1.35	10^{18}	268	23	70	109	68	98	6.4		
16	2009-07-15	09:22:32	-45.721	166.643	10	0.43	0.20	-0.62	0.57	-1.07	-0.47	10^{21}	56	29	161	163	81	63	8.0		
17	2009-07-24	03:11:56	31.120	85.860	10	1.03	5.38	-6.41	-1.82	-0.24	0.21	10^{17}	222	77	164	316	75	13	5.8		

续表

序号	日期		时间		纬度/°	经度/°	深度/km	M_{rr}	M_{tt}	M_{pp}	M_{rt}	M_{rp}	M_{tp}	矩张量的单位/ $N \cdot m$	最佳双力偶解						M_w
	年-月-日	时:分:秒	节面 I	节面 II											走向/°	倾角/°	滑动角/°	走向/°	倾角/°	滑动角/°	
18	2009-08-03	17:59:56	29.066	-112.871	303	-0.02	-2.76	2.78	-0.23	-0.40	-0.75	10^{19}	218	89	9	127	81	179	6.9		
19	2009-08-09	10:55:56	33.144	138.040	303	-0.48	0.70	-0.23	-1.51	-8.84	-1.89	10^{19}	188	90	79	96	11	179	7.2		
20	2009-08-10	19:55:39	14.013	92.923	33	-6.80	-0.82	7.61	-2.14	-2.52	5.75	10^{19}	194	36	-109	37	56	-77	7.2		
21	2009-08-16	07:38:21	-1.480	99.490	44	0.78	0.62	-1.40	-0.27	1.06	0.12	10^{19}	200	26	124	343	69	75	6.7		
22	2009-09-02	07:55:01	-7.770	107.324	49	4.30	-2.01	-2.28	-0.77	-1.93	-1.69	10^{19}	50	33	103	214	58	82	7.0		
23	2009-09-21	08:53:05	27.351	91.425	10	0.47	-0.63	0.16	2.85	-0.28	0.71	10^{18}	95	84	78	339	13	154	6.3		
24	2009-09-29	17:48:14	-15.554	-172.141	35	-6.27	0.46	5.81	1.23	3.88	-1.83	10^{20}	328	33	-118	180	61	-73	7.9		
25	2009-09-30	10:16:09	-0.789	99.961	80	2.14	-1.16	-0.98	-0.27	-1.62	-0.73	10^{20}	59	29	119	207	65	75	7.5		
26	2009-10-03	17:36:05	23.635	121.565	10	1.91	-0.44	-1.46	-0.30	2.53	0.04	10^{18}	354	73	89	179	17	95	6.3		
27	2009-10-07	22:03:15	-13.052	166.187	35	3.53	0.46	-3.98	-0.16	0.72	0.41	10^{20}	177	40	93	353	51	88	7.7		
28	2009-10-08	08:28:48	-13.298	165.951	10	1.39	0.21	-1.60	0.03	-0.92	0.20	10^{19}	176	61	93	350	29	85	6.8		
29	2009-10-24	14:40:44	-6.161	130.346	138	1.07	-3.02	1.95	1.56	1.94	1.20	10^{19}	63	76	41	321	51	161	7.0		
30	2009-11-05	09:32:55	23.611	120.669	10	4.12	3.55	-7.67	-3.71	0.79	0.75	10^{17}	322	63	41	211	54	146	5.9		
31	2009-11-07	20:08:47	29.468	85.962	10	-3.54	-0.69	4.24	0.01	-0.87	0.88	10^{17}	193	39	-85	7	51	-94	5.7		
32	2009-11-09	10:44:54	-17.212	178.413	585	0.89	0.15	-1.04	0.82	0.23	-1.00	10^{20}	60	67	129	175	44	33	7.4		

注: 表中日期和时间均采用协调世界时(UTC), 北京时间 = UTC + 8.

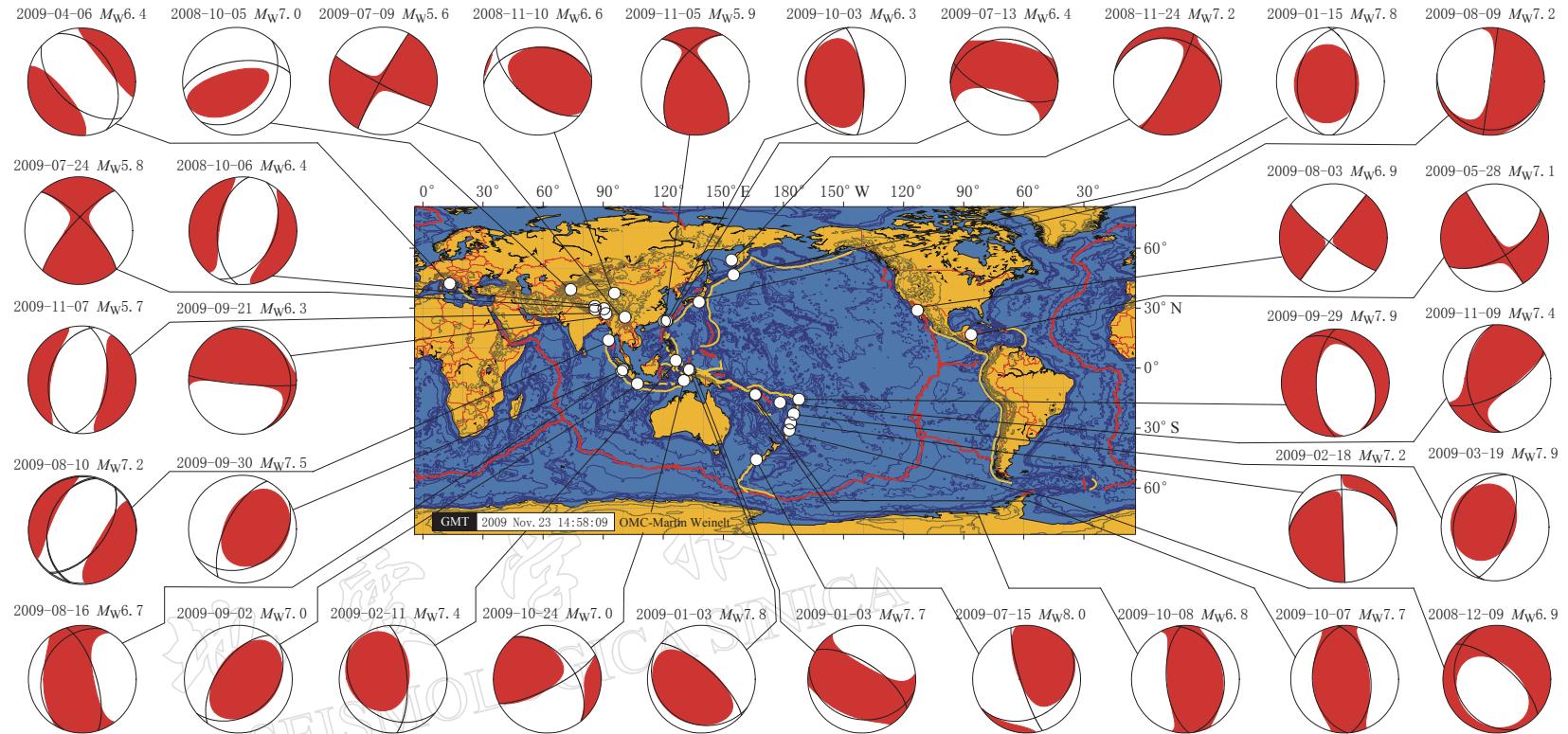


图 1 2008 年 10 月至 2009 年 11 月国内 $M_s \geq 5.5$ 和国外 $M_s \geq 7.0$ 地震的震中及快速矩张量解

Fig. 1 Epicentral locations and quick moment tensor solutions(QMTSs) for earthquakes of $M_s \geq 5.5$ in China and $M_s \geq 7.0$ worldwide from October 2008 to November 2009

参 考 文 献

- 刘超, 张勇, 陈运泰, 许力生. 2008. 一种矩张量反演新方法及其对 2008 年汶川 $M_{\text{S}}8.0$ 地震序列的应用[J]. 地震学报, **30**(4): 329–339.
- 刘超, 许力生, 陈运泰. 2009a. 2009 年 3 月 19 日汤加地震快速矩张量解[J]. 地震学报, **31**(2): 230–231.
- 刘超, 许力生, 陈运泰. 2009b. 2009 年 4 月 6 日意大利拉奎拉(L'Aquila)地震快速矩张量解[J]. 地震学报, **31**(4): 464–466.
- 刘超, 许力生, 陈运泰. 2009c. 2009 年 8 月 3 日加利福利亚湾地震快速矩张量解[J]. 地震学报, **31**(5): 583–585.
- 刘超, 许力生, 陈运泰. 2009d. 2009 年 8 月 9 日日本伊豆群岛地震矩张量解[J]. 地震学报, **31**(5): 586–588.
- Dziewonski A M, Woodhouse J H. 1983. An experiment in systematic study of global seismicity centroid-moment tensor solutions for 201 moderate and large earthquakes of 1981[J]. *J Geophys Res*, **88**(B4): 3247–3271.
- Kennett B. 1983. *Seismic Wave Propagation in Stratified Media* [M]. Cambridge: Cambridge University Press: 1–339.
- Kennett B, Engdahl E R. 1991. Travel times for global earthquake location and phase identification[J]. *Geophys J Int*, **105**(2): 429–465.