

2020 年第 19 期（总第 20 期） 2020 年 12 月 21 日

“人工智能地震监测分析系统”震源机制解产出情况分析

■ 周连庆 赵翠萍 张 捷 车 时

地震数值预测研究和传统方法评估试点项目

地震监测站网评估试点项目

人工智能地震监测分析系统完善与应用

地震危险区精细调查和地震现场综合科学考察试点项目

预报员访学试点项目

地震信息专题图试点

地震重点监视防御区公共服务试点

中国地震局地震预测研究所

“人工智能地震监测分析系统”震源机制解产出情况分析*

■ 周连庆¹ 赵翠萍¹ 张捷² 车时³

1 震源机制解的研究意义

除了地震位置以外,震源机制解也是地震参数的常规和重要的产出。准确快速的震源机制解可以直观反映地震破裂几何特征,推断地震运动学过程。利用震源机制解,结合地震位置和其他地震活动性参数,可以确定地震的发震构造,进而进行地震趋势研判,合理评估地震灾害损失。反演震源机制解时可同时确定最佳矩心深度、矩震级等,提供更多和有意义的震源参数信息。

当前,中国地震台网中心、中国地震局地震预测研究所和中国地震局地球物理研究所针对国内5级以上地震,可以在20分钟左右产出地震震源机制解,而对于5级以下中小地震,震源机制解一般通过手动计算的方式得到。在台网的日常产出中,并没有震源机制解的产出。

2 “人工智能地震监测分析系统”震源机制解产出与评估

2020年1月1日—2020年11月24日期间,“人工智能地震监测分析系统”共记录中国地震科学实验场内发生的地震1065次,最小震级为 $M_L 1.3$,最大震级为 $M_L 5.4$,其中 $M_L 3.5$ 以上地震205次。自发震时刻开始计算,“人工智能地震监测分析系统”定位平均用时35.2s,自接收到P波波开始计算,定位平均用时6.4s。大部分地震发生在长宁县、珙县、兴文县、威远县以及龙门山断裂带,昭通—莲峰断裂带周围也有较多

的地震分布。

在此期间,“人工智能地震监测分析系统”共产出地震震源机制解150次(图1),其中 $M_L 3.5 \sim 4.0$ 地震机制解94次, $M_L 4.0 \sim 4.5$ 地震机制解35次, $M_L 4.5 \sim 5.0$ 地震机制解18次, $M_L 5.0$ 以上地震机制解3次。所有地震的震源机制解参数都列在了表1中。

2020年1月—4月,“人工智能地震监测分析系统”开始进行震源机制解产出测试,2020年5月后测试基本稳定。2020年5月后,共有11次3.5级以上地震没有产出震源机制解。没有产出的原因包括操作系统断电或死机、连续波形传输中断、误触发地震、台站波形不符合计算震源机制解的标准(网缘地震)等。缺失震源机制解的原因正在进一步排查中,改进震源机制解产出的完整性是系统近期需要改进的一个重要方向。

地震震源机制解的结果显示,在龙门山断裂带的震源机制解以逆冲型为主。在四川盆地内部的自贡地区,震源机制解以正断为主;在长宁和兴文地区,震源机制解比较复杂,既有逆冲型也有走滑型地震,正断型地震较少。云南地区的地震震源机制解呈现出分区特点,且与已有历史地震的类型一致。如巧家地区发生的一系列地震震源机制解都很一致,表现为走滑型分布。保山地区的几个地震丛也都为走滑型的震源机制解。曲靖市周围发生的几个地震的震源机制解则为正断型。

* 支撑新时代防震减灾事业现代化建设试点任务之三“人工智能地震监测分析系统完善与应用”和中国地震局地震预测研究所基本科研业务专项“川滇实验场实时地震震源参数产出系统”(2018CSES0202)项目成果。

1 中国地震局地震预测研究所,北京,100036。

2 中国科技大学,安徽合肥,230026。

3 中国地震局,北京,100036。

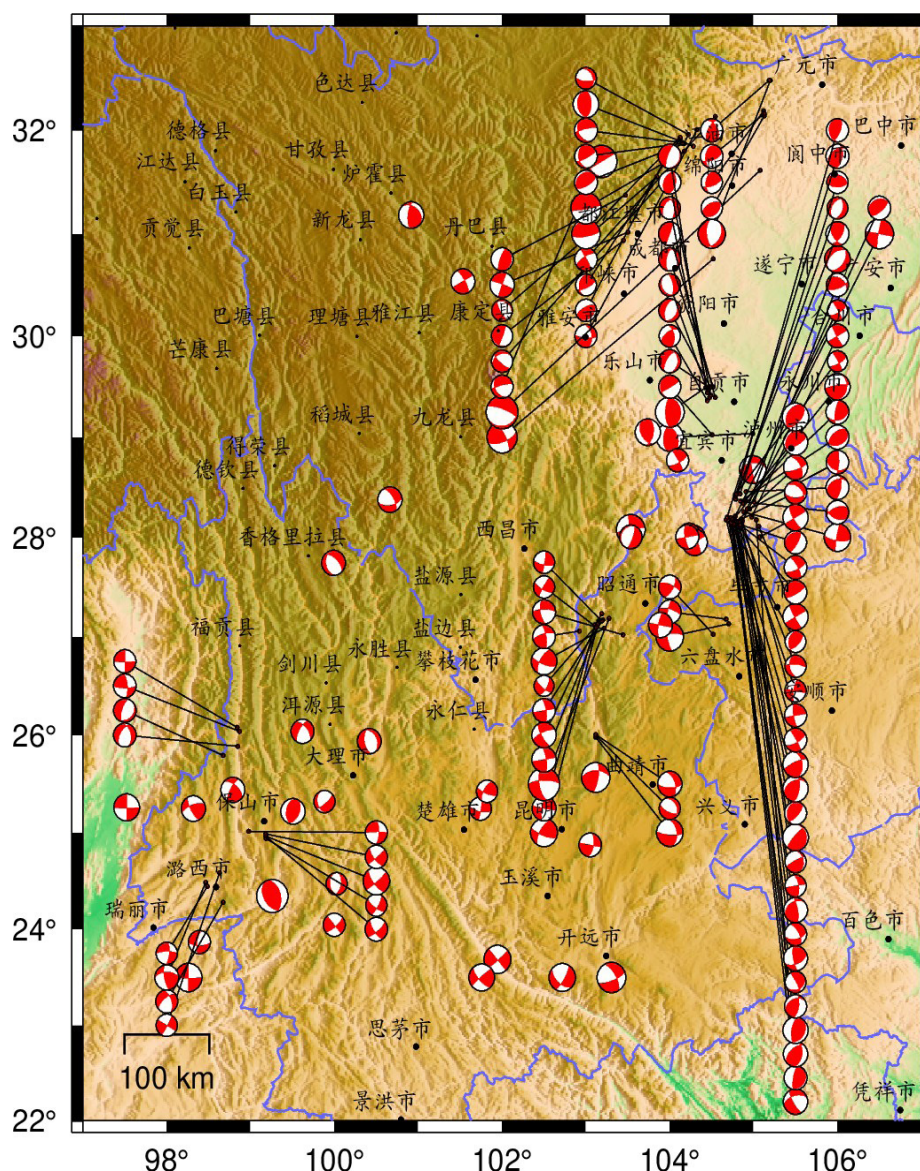


图1 2020年1月1日—2020年11月24日期间，“人工智能地震监测分析系统”产生的震源机制解分布图，图中沙滩球的大小代表地震矩震级的大小

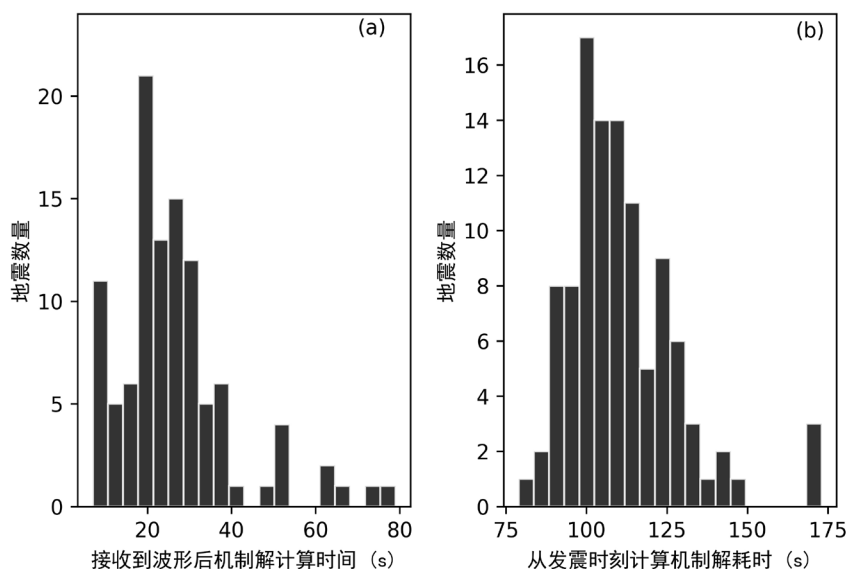
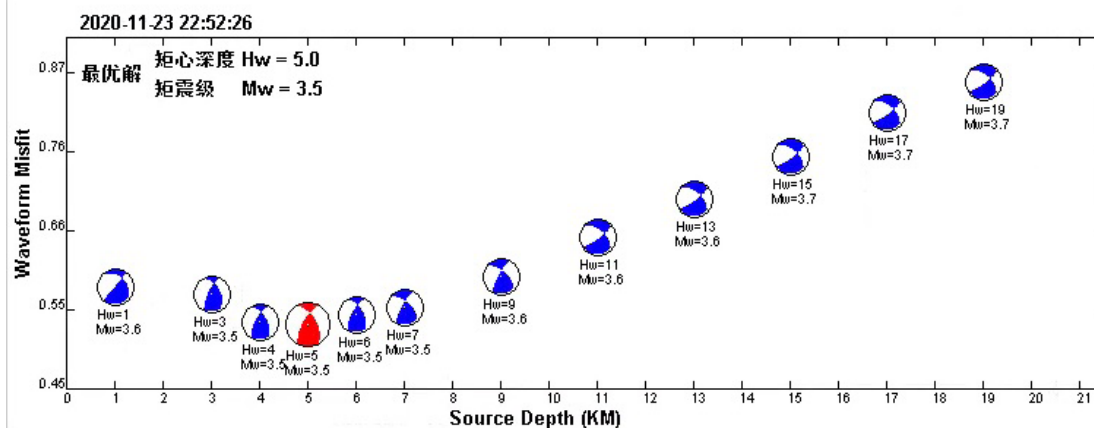


图2 “人工智能地震监测分析系统”震源机制解产出时间统计（共产出震源机制解150次）。

(a) 自接收到波形计算震源机制解耗时 (b) 自发震时刻计算机制解耗时

[illegible]

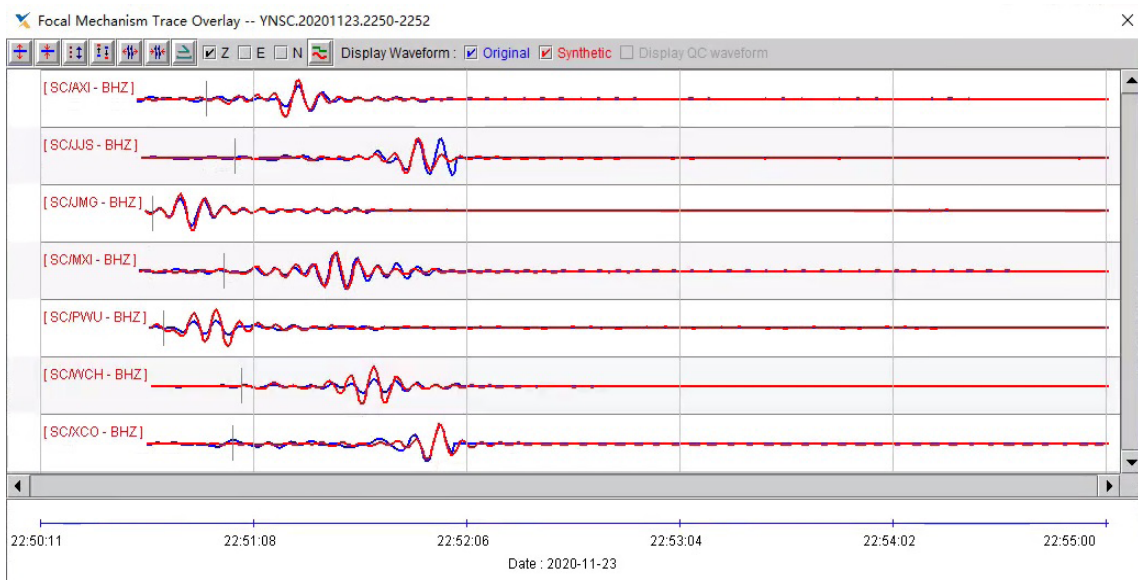


图 3 震源机制解求解示例

该图为 2020 年 11 月 23 日 22:50:44.15 发生的四川广元青川县 M_L 3.6 地震的震源机制解求解示例。“人工智能地震监测分析系统”震源机制解的结果展示分 3 部分。其中，上图表示研究区的地震震中分布，高亮的地震表示震源机制解对应的地震位置，蓝色线条指示了该地震定位和机制解求解中所使用的台站。中图表示不同深度对应的震源机制解的拟合结果，其中拟合偏差最小的机制解被选为最优解，用红色的沙滩球表示。最优解对应的地震矩心深度和矩震级也显示在图中。上面的波形表示所选用的台站对应的理论经验格林函数与观测波形的拟合情况（只显示了垂直向的波形拟合图）。

云南大理白族自治州洱源县ML3.5级地震

EarthX智能地动 10月23日

云南大理白族自治州洱源县ML3.5级地震

Origin Time: 2020-10-23 12:02:02.22

Location: Lat=26.02 Lon=99.63

Magnitude: ML=3.5; Mw=3.7

Event Depth: 10.4km (Hw=3km)

Source Focal Mechanism Solution:

Fault Plane 1: Strike=30 Dip=65 Rake=-40

Fault Plane 2: Strike=140 Dip=54 Rake=31

Event analysis time: 9 seconds

Message sent after the earthquake origin time: 1 m 29 s

Sent from EarthX automatically.

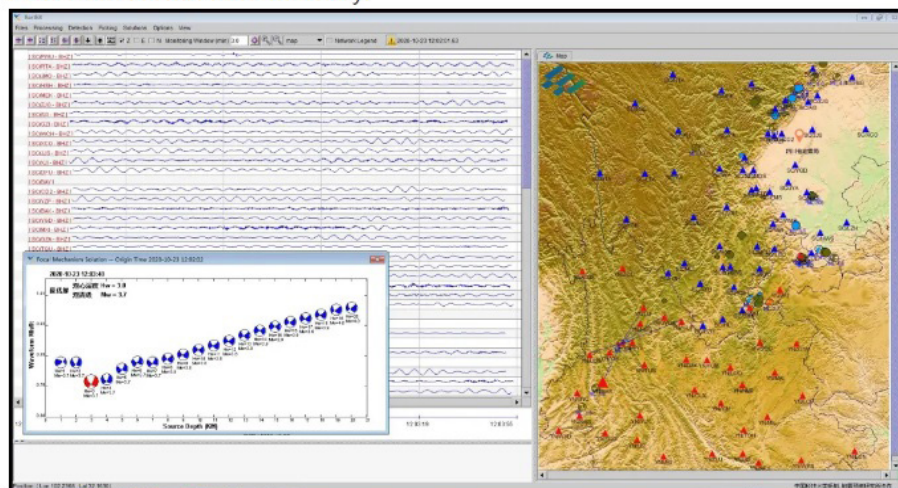


图 4 “人工智能地震监测分析系统”的微信公众号推送截图

推送截图中显示了地震信息和震源机制解参数，并显示了“人工智能地震监测分析系统”的产出界面截图

欢迎访问 [EarthX小程序](#)

近期,中国科技大学张捷教授研究团队对“人工智能地震监测分析系统”震源机制解的求解和展示做了重要更新,推出了实验场范围内 M_3 地震震源机制解的公众号推送(图4)。当“人工智能地震监测分析系统”产出震源机制解后,实时通过微信公众号的推送可以让我们在第一时间掌握该地震的发震信息和震源机制,对地震会商和震后的应急救援都具有重要的意义。此外,为了缩短震源机制解的计算时间,优化了震源机制解的搜索方式和计算间隔,在距离最优解较远的深度处,将波形拟合的深度间隔由1 km增加为2 km。此外,系统还增加了人工智能去噪功能,优化了震相拾取,进一步提高了地震定位的精度。

3 讨论

为了评价“智能系统”产出震源机制解的准确性,我们将系统产出的震源机制解与中国地震局地震预测研究所大震应急自动产出(简称“大震应急产出”)的机制解结果进行对比(图5)。“大震应急产出”作为中国地震局应急产出的重要产品,一直为中国地震局提供可靠的震源机制解参考结果,也是地震预测研究所地震会商和地震应急震情判定和跟踪的重要参考依据。经过多年的应用和反复验证,产出结果相对可靠。“大震应急产出”使用TDMT方法,在获取中国台网中心大震速报结果的目录后,通常在10~20分钟产出 M_5 级以上地震震源机制解结果。经过不断的测试完善,“大震应急产出”可得到最低4级左右地

震的震源机制解。2020年1月1日—2020年11月24日期间,“大震应急产出”共得到了18个地震的震源机制解结果。通过“人工智能地震监测分析系统”和“大震应急产出”的对比可以看到,对于大部分地震,虽然两种产出的结果显示的机制解类型基本一致。不过,震源参数的细节如断层走向、滑动方向和断层倾角对还存在一些细微差别,可能与两种方法本来都存在一些误差有关。个别地震,如2020年2月3日的 $M_W4.8$ 级地震的机制解类型存在错误,该地震发生在龙门山断裂的中北段,属于中国地震科学实验场的边缘地区,台站覆盖较差,在该地震震中北、东面没有台站分布,可能导致了“人工智能地震监测分析系统”得到的震源机制解结果存在错误。大震应急产出有部分地震如2020年8月11日 $M_W3.8$ 地震,2020年10月22日 $M_W4.7$ 地震和2020年11月13日的 $M_W4.4$ 地震的机制解的波形拟合情况很差,因此产出的机制解可能并不准确,并不能客观评价“人工智能地震监测分析系统”产出的机制解的准确性。我们会在将来下一步研究中人工计算这些地震的震源机制解,以得到较为准确的结果评价。两种方法得到的地震矩震级较为接近,其中大部分地震的矩震级差异在0.1~0.2级左右,矩震级差异最大的地震为2020年2月28日的地震,矩震级差达到了0.5级,由于两种方法所使用的台站存在差异,这样的矩震级差也属于合理的范围内。

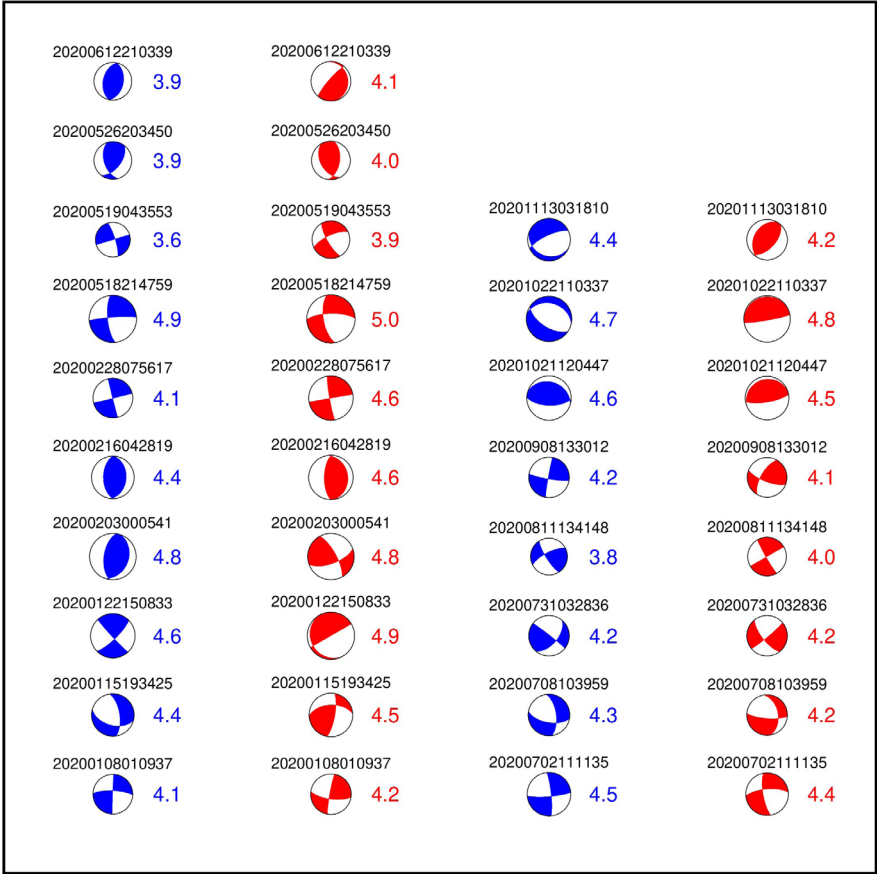


图5 “人工智能地震监测分析系统”(红)与中国地震局地震预测研究所大震应急震源机制解快速产出结果(蓝)对比。机制解上方的标记为地震的发震时刻,右边的小数为相应机制解产出的矩震级 M_W 。

与中国地震科学实验场已有的历史地震机制解结果相比（图 6），“人工智能地震监测分析系统”得到的震源机制解分布与相近区域或断层手动计算的震源机制解结果具有较好的一致性。如龙门山断裂带震

源机制解多为逆冲型，川滇菱形块体东边界，如小江断裂带，昭通莲峰断裂带周围，震源机制解多为走滑型。丽江、大理地区地震机制解以正断型分布为主，保山和潞西地区地震机制解多为走滑分布。

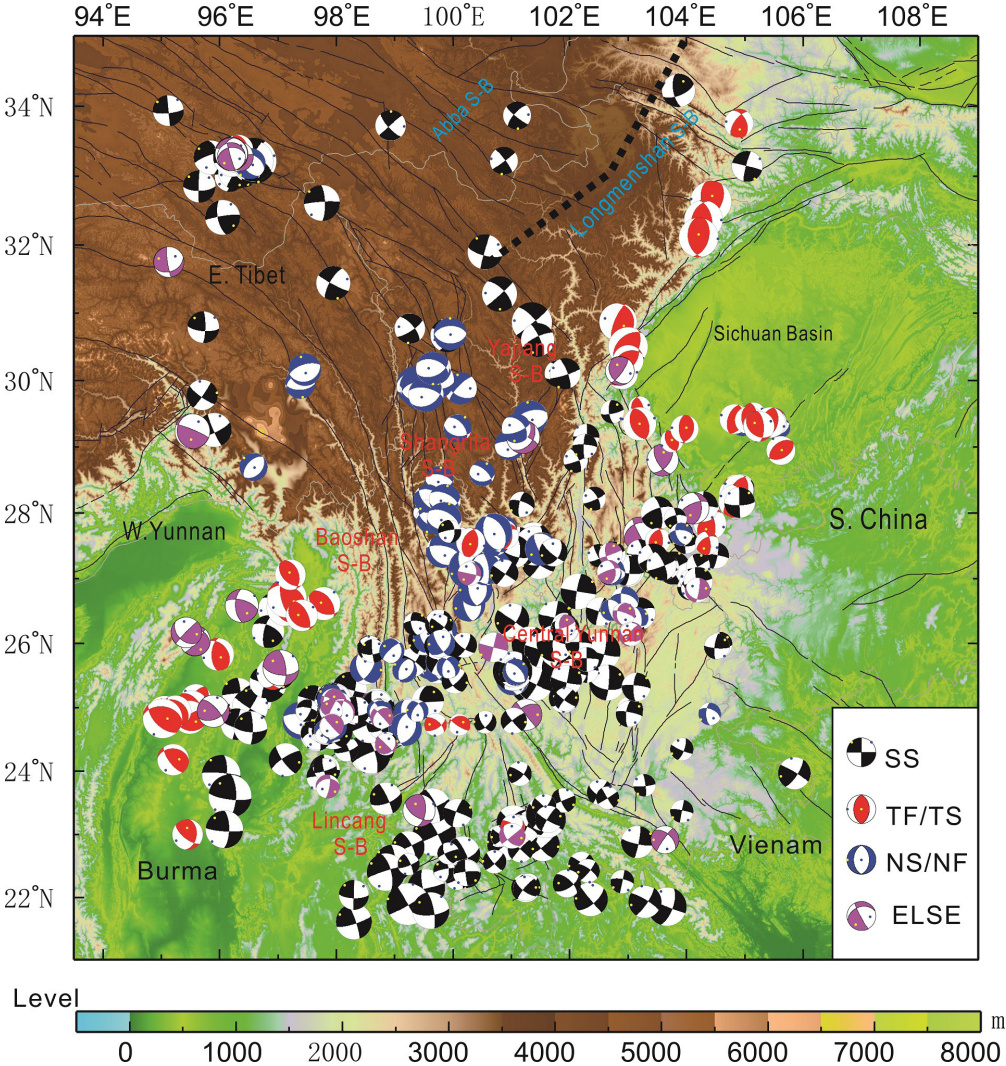


图 6 2007 年 8 月至 2014 年 12 月期间中国地震科学实验场区 173 次 $M_L \geq 3.5$ 级地震的震源机制解（Luo 等，2016）

相对 M_L 震级，地震矩震级 M_W 根据地震的能量来计算震级大小，具有更明确的物理意义，通常矩震级的测定也比较稳定。通过系统产出的 M_W 和 M_L 震级的对比（图 7）可以看出，台网的 M_L 震级和“人工智能地震监测分析系统”产出的 M_W 震级往往存在一定的偏差。对于大部分地震来说，在 $M_L < 4.5$ 范围，本系统产出的 M_W 震级比区域台网的 M_L 震级稍大； $M_L \geq 4.5$ 范围 M_W 略小于台网目录的 M_L 震级。可能是由于使用的台站不同造成的 M_L 震级的差异。相比目前台网的发布震级，矩震级的快速产出和发布对统一震级标度具有重要意义。

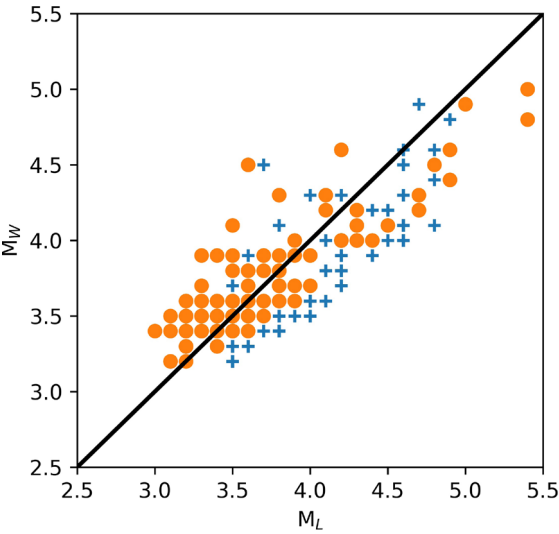


图 7 “人工智能地震监测分析系统”产出的 M_W 震级与 M_L 震级标度关系
黑色线表示 $M_L = M_W$ 的参考直线，蓝色加号表示同一个地震的“人工智能地震监测分析系统”产出的 M_L 震级对应的系统产出的 M_W 震级，橙色圆圈表示同一个地震的台网产出的 M_L 震级所对应的系统产出的 M_W 震级。

4 结论

2020 年 1 月 1 日—2020 年 11 月 24 日期间,“人工智能地震监测分析系统”产出地震震源机制解 150 次,其中 M_L 3.5~4.0 地震机制解 94 次, M_L 4.0~4.5 地震机制解 35 次, M_L 4.5~5.0 地震机制解 18 次, M_L 5.0 以上地震机制解 3 次。实验场区同一丛地震或同一条断裂带上发生的地震震源机制解具有较好的一致性。自发震时刻计算机制解平均用时 111.1 s,自接收到波形后计算机制解平均用时 26.4 s。

“大震应急产出”的机制解结果是自动产出得到的结果,本身可能存在一定的误差。本文使用其作为评估“人工智能地震监测分析系统”产出的机制解结果的评估标准,这不是一个严格的标准,可能给我们对“人工智能地震监测分析系统”的产出评估带来偏差。但是,同样作为自动机制解产出系统,两者的对比也有一定的参考价值。通过对比我们可以看出,“人

工智能地震监测分析系统”产出的机制解结果与“大震应急产出”的结果基本一致,但将传统的震源机制解产出时间从震后 10~20 分钟减少为 1~3 分钟,将机制解产出下限从 $M4.0\sim5.0$ 降低为 $M3.0$,这种改进对地震震情和地震序列的判定和跟踪提供了更有时效性和完整性的震源机制解信息。下一步,我们计划利用手动求解震源机制解的方法,通过严格筛选台站和考虑波形拟合等手段,得到更为精确的机制解结果,用更为精确的标准来评估“人工智能地震监测分析系统”震源机制解结果的准确性。

参考文献

Luo, J., C. Zhao*, J. Lu, L. Zhou, S. Zheng, Characteristics of Focal Mechanisms and the Stress Field in the Southeastern Margin of the Tibetan Plateau, Pure Appl. Geophys., 2016, 173(8), 2687-2710.

附表 “人工智能地震监测分析系统”产出震源机制解的参数列表
(2020 年 1 月 1 日 -2020 年 11 月 24 日)

日期	时间	经度	纬度	深度	震级 (M_L)	倾角	滑动方向	走向	M_w	矩心深度 (km)
2020/1/1	01:58.7	104.991	29.0361	9.6	4.6	45	60	330	4.3	2
2020/1/8	09:38.3	104.882	28.2566	8.1	4.5	85	20	190	4.2	2
2020/1/15	34:24.8	103.116	25.5652	13.5	4.6	75	40	10	4.5	8
2020/1/22	08:31.9	103.188	31.7008	11	4.7	15	0	150	4.9	17
2020/2/3	05:38.7	104.52	30.7548	14.8	4.9	65	20	70	4.8	9
2020/2/7	45:08.0	103.152	27.1574	6.7	4	65	20	210	4.3	3
2020/2/16	28:19.1	104.426	29.4891	9.2	4.8	25	80	350	4.6	2
2020/2/28	56:16.3	103.536	28.0768	12.3	4.6	85	0	170	4.6	20
2020/3/6	34:44.6	105.2	32.4803	5.2	4.6	35	-60	30	4.4	1
2020/3/17	30:37.3	104.991	28.6763	5.1	4.5	85	-40	170	4.2	20
2020/4/11	03:04.6	101.944	23.6865	12.2	4.2	85	0	50	4.3	14
2020/4/14	00:06.8	105.034	28.1767	5.2	3.6	75	-40	150	3.9	20
2020/4/15	39:11.3	98.3178	25.2454	12.8	4	65	20	250	3.9	11
2020/4/15	46:24.6	98.7882	25.4386	7.3	3.6	55	20	310	3.8	3
2020/4/15	35:18.3	105.41	29.2159	11.6	3.7	85	0	190	4.5	20
2020/4/16	40:20.3	104.875	28.3566	12.2	3.5	55	60	250	3.6	12
2020/4/19	04:58.2	104.506	29.0227	10.8	3.6	15	20	170	3.5	1
2020/4/21	24:52.6	105.381	29.2159	9.3	3.6	65	80	50	3.6	3
2020/4/22	39:42.3	104.325	32.0073	10	3.5	45	-20	350	3.5	14
2020/4/24	39:31.5	103.109	27.1174	9.6	3.7	75	0	190	3.8	3
2020/4/27	37:12.7	104.73	28.1767	10.8	4	75	80	190	3.7	5
2020/5/9	27:43.1	98.8461	25.885	13.7	3.6	55	-60	210	3.6	9
2020/5/10	42:28.8	104.737	28.1567	6.9	4.2	45	60	10	3.9	2
2020/5/11	09:49.1	104.911	28.4565	7.1	3.9	65	60	10	3.7	5
2020/5/11	22:19.5	98.6724	25.7917	13.9	3.8	25	-60	50	3.6	2
2020/5/18	20:36.5	104.014	31.8274	5.6	3.8	25	80	50	3.4	1

2020/5/18	47:57.8	103.275	27.1841	14.1	5.4	65	-20	170	5	8
2020/5/18	57:27.7	103.174	27.1574	11.6	3.9	75	0	350	3.9	6
2020/5/19	35:51.9	103.188	27.2307	10.7	4.4	75	-20	150	3.9	8
2020/5/20	03:17.6	103.203	27.1707	7.9	3.5	75	0	350	3.6	6
2020/5/22	12:49.2	104.73	28.1967	6.2	4.4	65	80	190	4	4
2020/5/22	32:31.5	101.741	25.2454	10.3	3.6	85	-20	10	3.5	8
2020/5/23	10:28.5	100.026	24.4726	10.4	3.5	55	-80	10	3.4	7
2020/5/25	01:28.8	104.708	28.1634	10	3.7	65	60	10	3.5	1
2020/5/26	34:49.7	103.739	29.0494	10.5	4.3	45	60	150	4	9
2020/5/28	36:03.9	104.788	28.1567	7.9	3.6	85	-60	330	3.3	1
2020/5/30	30:56.6	103.536	28.0035	8.5	3.8	15	-80	210	3.6	5
2020/6/1	42:04.3	104.817	28.13	13.2	4.1	75	40	170	3.8	6
2020/6/1	56:20.4	104.839	28.0967	12	4	65	-40	330	3.5	6
2020/6/2	44:02.7	98.2599	23.5	11.3	4.9	85	0	90	4.3	6
2020/6/2	39:04.7	104.752	28.13	14.2	4.2	75	60	350	3.8	1
2020/6/3	57:54.7	100.916	31.1812	6.3	4.3	35	40	310	4	9
2020/6/3	10:58.1	99.8811	25.3187	11.8	3.5	75	-60	50	3.4	6
2020/6/8	56:56.8	98.3902	23.8664	12.9	3.8	65	-20	90	3.5	5
2020/6/9	39:05.2	100.417	25.9383	13	3.7	55	-80	170	3.8	8
2020/6/10	20:31.7	104.853	28.1833	10.7	3.8	65	0	350	3.4	3
2020/6/11	47:40.2	104.477	29.4891	7.6	3.7	65	-80	210	3.5	3
2020/6/11	25:39.8	104.788	28.1367	7.3	3.8	25	20	350	3.4	1
2020/6/11	32:58.0	99.9969	24.0463	14.2	3.7	75	0	50	3.5	3
2020/6/12	03:38.4	104.788	28.0501	13.8	4.6	15	40	350	4.1	1
2020/6/13	32:49.7	104.788	28.1634	10.8	4	25	60	190	3.5	3
2020/6/16	12:41.2	103.304	23.5	8.4	4.3	65	-20	330	4.6	12
2020/6/22	08:51.3	104.448	29.3625	9.6	3.6	55	40	350	3.4	5
2020/6/23	12:21.8	104.672	28.1767	5.8	4.1	65	60	10	4	1
2020/6/27	13:08.2	104.484	29.4957	6.5	3.7	35	-80	30	3.5	6
2020/6/28	37:39.2	104.954	28.2833	12.3	3.9	35	20	110	3.6	2
2020/6/30	55:08.4	104.708	28.1634	6.4	4.4	45	20	350	4	2
2020/7/2	11:35.3	104.701	27.1308	13.1	4.8	75	-20	170	4.4	2
2020/7/2	57:58.4	104.672	27.1774	11.2	3.8	75	-20	190	3.6	5
2020/7/2	44:16.6	104.846	28.3632	10.4	4	55	80	230	3.7	2
2020/7/6	33:47.7	100.663	28.3765	5.7	3.9	65	-40	330	3.9	4
2020/7/8	39:59.8	103.116	25.9782	7.5	4.4	45	-20	350	4.2	5
2020/7/8	55:11.5	103.116	25.9982	11.7	3.5	35	-60	330	3.4	5
2020/7/11	03:31.4	103.116	26.0049	10.1	3.7	65	220	90	3.9	7
2020/7/12	22:06.7	102.718	23.5	10.9	4.2	75	-40	30	4.2	5
2020/7/14	33:32.4	99.5047	25.2188	11.4	4	45	80	190	3.9	3
2020/7/22	23:23.0	105.077	31.6142	8.6	3.7	75	-80	290	5.1	20
2020/7/23	54:33.1	99.9896	27.7437	11.7	3.8	35	-60	170	3.8	9
2020/7/24	47:12.5	99.1863	24.959	10.6	3.9	75	-20	50	3.6	6

2020/7/24	09:09.1	104.759	28.15	14.8	4	85	-20	330	3.6	2
2020/7/25	01:20.4	99.1863	24.939	6.1	3.5	75	-20	30	3.4	7
2020/7/26	23:01.5	104.477	29.3958	12.5	3.5	65	-80	350	3.4	3
2020/7/26	39:07.4	98.8678	26.0382	15	3.7	75	20	90	3.6	3
2020/7/27	54:59.7	103.051	24.8724	12.8	3.5	65	0	10	3.6	3
2020/7/27	06:59.5	104.904	28.3765	7.3	4.2	75	60	190	3.7	3
2020/7/27	07:40.5	104.868	28.1634	5.4	3.8	75	0	170	3.5	7
2020/7/30	09:31.6	104.817	28.13	6.7	3.7	75	0	190	3.4	2
2020/7/31	28:35.7	99.179	24.9656	8.9	4.3	85	-20	50	4.2	7
2020/7/31	55:49.8	99.179	24.9856	14	3.6	85	-20	50	3.5	7
2020/8/1	53:54.6	101.756	23.5	9.3	4.2	85	20	230	4.1	6
2020/8/4	14:35.7	104.839	28.15	10.9	3.6	45	-20	170	3.4	2
2020/8/6	13:25.4	104.73	28.1367	12.6	3.6	35	60	190	3.3	3
2020/8/6	08:12.8	104.875	28.3432	11.2	4.5	25	20	10	4	4
2020/8/11	41:48.5	105.063	28.1101	13.4	4.6	85	0	150	4	5
2020/8/11	25:34.7	104.781	28.4298	14.2	3.5	85	-20	330	3.2	3
2020/8/14	30:32.2	104.976	28.2033	10.5	4	85	0	150	3.6	4
2020/8/14	34:27.0	98.8389	26.0782	14.1	3.7	85	0	90	3.5	7
2020/8/17	57:45.5	104.781	28.21	13.4	3.5	85	-20	330	3.2	2
2020/8/17	43:33.7	104.752	28.1767	12.9	3.9	15	60	210	3.6	1
2020/8/22	36:36.2	104.752	28.1833	5.2	4.1	75	-20	330	3.6	2
2020/8/24	05:46.2	97.5217	25.2588	8.9	4.8	85	0	90	4.1	9
2020/8/28	53:02.2	104.129	31.9274	8.1	3.5	35	40	190	3.3	17
2020/8/28	14:26.1	103.138	27.1241	14.7	3.5	65	-20	30	3.2	10
2020/8/30	03:30.0	105.128	32.1405	7.1	3.5	35	80	50	3.4	3
2020/8/31	43:42.2	105.005	28.3566	13.5	3.9	65	60	70	3.5	3
2020/9/4	34:02.9	103.051	31.5543	14.8	3.5	35	-20	150	3.5	2
2020/9/6	39:05.3	104.925	28.2833	8.7	3.8	45	-80	230	4.1	2
2020/9/8	30:12.4	103.217	27.0841	7.7	4.2	65	20	210	4.1	3
2020/9/9	03:36.2	103.985	31.5743	10.2	3.6	75	-60	130	3.4	12
2020/9/14	24:19.7	105.121	32.1872	13.3	3.6	45	40	190	3.4	2
2020/9/14	09:58.8	104.701	28.1634	7	3.7	75	80	30	3.5	3
2020/9/15	25:09.7	103.449	30.9347	8.9	3.5	15	20	130	3.4	2
2020/9/16	03:07.1	104.795	28.4298	5.8	4.2	55	40	150	3.7	3
2020/9/16	14:16.4	104.788	28.3832	6.3	3.5	45	-80	210	3.3	8
2020/9/17	29:46.2	104.839	28.4365	5	3.6	55	80	90	3.4	3
2020/9/17	19:48.9	104.52	27.0242	12.9	3.9	65	20	30	3.6	3
2020/9/23	22:49.0	104.52	29.4957	7.6	3.7	65	-80	190	3.5	4
2020/9/24	22:52.3	103.847	31.5543	12.7	3.5	75	-80	150	3.3	9
2020/9/24	44:38.4	98.629	24.5859	10.6	3.5	85	0	30	3.4	7
2020/9/24	41:10.5	101.531	30.535	10.3	3.7	75	0	330	3.8	6
2020/9/25	42:38.8	105.128	32.1605	13.1	4	45	40	190	3.6	2
2020/9/26	34:07.7	105.077	28.0035	7.9	4.6	75	0	150	4	3

2020/9/26	40:35.2	103.5	31.0147	14.3	4.2	85	0	290	3.9	7
2020/9/29	21:59.9	104.289	28.0035	12.3	3.7	85	20	170	3.5	9
2020/9/29	40:43.0	104.231	28.0235	11.9	3.8	65	0	350	3.6	5
2020/9/30	49:08.4	104.296	27.9502	9.6	4.2	75	0	330	4	10
2020/10/7	55:24.4	104.542	29.3958	14.3	3.6	5	0	110	3.6	1
2020/10/8	52:59.2	104.542	32.1339	11.4	4	85	20	330	3.6	10
2020/10/10	52:41.5	98.9764	25.0123	10.8	3.6	85	-20	270	3.5	4
2020/10/14	04:59.9	104.455	29.4424	6.2	3.5	55	240	350	3.4	5
2020/10/16	59:41.7	102.921	27.0575	6.8	3.5	75	20	350	3.6	4
2020/10/18	31:06.8	104.795	28.1567	10	3.9	45	-60	310	3.5	4
2020/10/19	43:42.5	104.687	28.2033	5.4	3.9	55	60	10	3.7	2
2020/10/20	45:55.8	104.093	28.7696	5.9	3.6	85	-20	330	3.5	3
2020/10/20	06:08.7	99.2587	24.3461	8.4	4.1	45	80	150	5	20
2020/10/21	04:44.2	104.122	31.934	7.8	5.1	15	80	250	4.5	16
2020/10/21	46:07.9	104.209	28.0035	14.7	3.8	75	0	170	3.7	8
2020/10/22	03:36.7	104.173	31.8008	12.2	5.2	5	80	250	4.8	16
2020/10/23	12:38.8	104.173	31.8741	12.9	3.8	25	80	230	3.7	18
2020/10/23	41:16.9	104.151	31.8741	10.5	3.7	35	20	170	3.6	1
2020/10/23	24:31.7	104.151	31.8807	13.2	3.8	35	-20	150	3.7	12
2020/10/23	58:47.6	103.442	27.0175	10.9	3.7	65	-20	170	3.7	5
2020/10/23	02:01.6	99.6205	26.0382	12.4	3.5	65	-40	210	3.7	3
2020/10/25	04:32.0	104.281	31.8474	14	4.6	35	80	170	4.1	14
2020/10/25	45:12.2	104.223	31.9607	7.7	3.6	35	-40	330	3.3	4
2020/10/26	20:51.3	101.821	25.4253	7.8	3.6	65	20	210	3.4	6
2020/10/29	52:45.2	103.891	27.1174	7.8	3.9	75	0	190	3.8	7
2020/10/30	46:45.4	104.766	28.1367	8	3.6	55	-20	330	3.8	18
2020/10/31	15:48.8	103.123	27.0974	19	3.6	85	20	210	3.4	7
2020/11/3	25:09.5	104.491	29.4158	10	3.5	45	80	10	3.5	6
2020/11/5	31:03.9	104.448	29.4424	19	3.6	15	-80	30	3.7	2
2020/11/7	23:29.5	104.73	28.15	2	4.3	25	60	210	3.9	3
2020/11/11	55:08.9	98.6724	24.2794	6	3.5	65	-40	230	3.5	2
2020/11/11	35:56.1	104.795	28.4365	8	3.5	25	60	170	3.5	1
2020/11/12	00:00.7	103.471	31.3744	8	3.5	15	80	10	3.5	2
2020/11/13	18:10.8	104.846	28.13	8	4.8	35	80	210	4.2	5
2020/11/21	04:46.4	98.4626	24.486	16	4.3	55	20	270	3.8	7
2020/11/21	08:44.7	98.4843	24.446	6	3.6	75	-20	270	3.4	6
2020/11/23	50:44.2	105.186	32.4803	6	3.9	45	40	330	3.5	5
2020/11/24	41:06.4	103.188	27.1574	20	3.6	85	-20	10	3.4	6

加强科技创新支撑新时代防震减灾事业现代化建设
全国地震重点监视防御区公共服务

试点

工作通讯目录

关于观测仪器中的模拟滤波与数字滤波	2020年第1期(总第1期)
推进新时代地震预测研究现代化框架方案(2020-2035年)	2020年第2期(总第2期)
2020年6月26日新疆于田 $M_s6.4$ 地震虚拟科学考察试点工作报告	2020年第3期(总第3期)
研究所加强科技创新支撑新时代防震减灾事业现代化建设试点行动方案(2020~2022年)	特刊第1期(总第4期)
地震预测基础研究成果支撑引领地震预测业务的若干基本问题	2020年第4期(总第5期)
地震监测预报预警科技进展和发展趋势	2020年第5期(总第6期)
地震危险区精细调查与地震现场综合科学考察规划(初稿)	2020年第6期(总第7期)
北京地区活动断裂与地震图	2020年第7期(总第8期)
科学规划地震预测的进步	2020年第8期(总第9期)
中国地震科学实验场地震科学考察工作预案(初稿)	2020年第9期(总第10期)
预测所地震重点监视防御区公共服务试点工作方案	2020年第10期(总第11期)
地震大形势科学问题清单	2020年第11期(总第12期)
人工智能实时地震监测分析系统的应用	2020年第12期(总第13期)
亚太经合组织地震科学合作项目 ACES	2020年第13期(总第14期)
地震电磁短临监测手段评估—GPS TEC	2020年第14期(总第15期)
2021-2030年中国大陆地震重点监视防御区确定工作报告	2020年第15期(总第16期)
人工智能研究进展分析报告(2017-2020)	2020年第16期(总第17期)
混淆矩阵评估的若干指标与地震预测预报评估讨论	2020年第17期(总第18期)
地震预测研究所2020年第三季度地震重点监视防御区公共服务试点工作总结	2020年第18期(总第19期)
“人工智能地震监测分析系统”震源机制解产出情况分析	2020年第19期(总第20期)

编委会

王武星 王琳琳 田勤俭 汤 毅 孙汉荣 吴忠良 李 营 杨林章 张永仙 张晓东 邵志刚
赵翠萍 黄 伟

编辑部：

中国地震局地震预测研究所科研管理部
E-mail:sycglb@ief.ac.cn