

金花,冉慧敏,赵石柱,等.2018 年新疆伽师 $M_s5.5$ 地震的发震构造初探[J].地震工程学报,2021,43(2):316-321.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2021.02.316

JIN Hua,RAN Huimei,ZHAO Shizhu,et al.A Preliminary Study on the Seismogenic Structure of the 2018 Jiashi $M_s5.5$ Earthquake in Xinjiang[J].China Earthquake Engineering Journal,2021,43(2):316-321.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2021.02.316

2018 年新疆伽师 $M_s5.5$ 地震的发震构造初探

金 花,冉慧敏,赵石柱,闫新义

(新疆维吾尔自治区地震局,新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要:运用 CAP 方法反演 2018 年 9 月 4 日新疆伽师 $M_s5.5$ 地震及 $M_s \geq 3.0$ 余震的震源机制解,计算出伽师 $M_s5.5$ 地震的震源机制解为:节面 I:走向 48° ,倾角 83° ,滑动角 3° ;节面 II:走向 318° ,倾角 87° ,滑动角 173° ;主压应力 P 轴方位角为 3° ,倾角为 3° ,主张应力 T 轴方位角 273° ,倾角为 7° ;矩震级为 $M_w5.3$ 。使用双差定位法对主震及余震共计 129 个 $M_s \geq 1.5$ 地震进行重新定位,并对震源机制解和重定位结果进行综合分析,发现此次重定位地震结果与 CAP 方法反演结果的展布方向一致,地震集中分布在 NEE 向,因此认为节面 I 是此次地震的主破裂面;重定位后 NS、EW 和 UD 方向的平均相对误差分别为 0.25、0.23 及 0.09 km,平均走时残差为 0.026 s,震源深度集中分布在 5~15 km。此次地震及其余震附近地表无明显的断层出露,所以初步判定 2018 年新疆伽师 $M_s5.5$ 地震可能受控于柯坪断裂带附近的隐伏断裂。

关键词:伽师 $M_s5.5$ 地震;地震序列;震源机制解;应力场;双差定位

中图分类号: P315.2

文献标志码: A

文章编号: 1000-0844(2021)02-0316-06

DOI:10.3969/j.issn.1000-0844.2021.02.316

A Preliminary Study on the Seismogenic Structure of the 2018 Jiashi $M_s5.5$ Earthquake in Xinjiang

JIN Hua, RAN Huimei, ZHAO Shizhu, YAN Xinyi

(Xinjiang Earthquake Agency, Urumqi 830011, Xinjiang, China)

Abstract: On September 4, 2018, an $M_s5.5$ earthquake occurred in Jiashi, Xinjiang. In this paper, the CAP method was applied to calculate the focal mechanism solutions of the $M_s5.5$ mainshock and $M_s \geq 3.0$ aftershocks, and the result showed that the strike, dip, and rake angles of nodal plane I and II are 48° , 83° , 3° , and 318° , 87° , 173° , respectively. The azimuth and plunge of the principal compressive stress P axis are 3° and 3° , respectively, and the azimuth and plunge of the principal tensile stress T axis are 273° and 7° , respectively. The moment magnitude of the mainshock is $M_w5.3$. The double-difference location method was used to relocate 129 earthquakes with $M_s \geq 1.5$, and the focal mechanism solutions and relocation results were comprehensively analyzed. It is found that the earthquake distribution obtained from relocation result is consistent

收稿日期: 2020-04-10

基金项目:地震科技星火计划项目(XH18055);中国地震局三结合项目(3JH-20202023)

第一作者简介:金花(1991-),女,助理工程师,本科,主要从事地震监测研究。E-mail:1156390552@qq.com。

通信作者:冉慧敏,女,高级工程师,主要从事地震震目和数字地震学工作。E-mail:ccrhm@163.com。

with that from the inversion result of CAP method, and the earthquakes are concentrated in the NEE direction. Therefore, it is considered that nodal plane I is the main rupture plane of this earthquake. After relocation, the average relative errors of NS, EW, and UD directions are 0.25, 0.23, and 0.09 km, respectively. The average travel-time residual is 0.026 s, and the focal depth is concentrated in 5—15 km. It is preliminarily determined that the 2018 Jiashi $M_s5.5$ earthquake may be controlled by the hidden fault near the Keping fault zone.

Keywords: Jiashi $M_s5.5$ earthquake; seismic sequence; focal mechanism solution; stress field; double-difference location method

0 引言

北京时间 2018 年 9 月 4 日 5:52,新疆喀什地区伽师县发生 $M_s5.5$ 地震,震中及余震主要集中在塔里木盆地西部,位于天山山脉与盆地的连接部位。此次地震主要造成部分陈旧土木结构的房屋受损,部分住户房屋倒塌。震中附近分布有阿图什断裂、羊达曼断裂、麦盖提断裂、柯坪断裂带等。这些断裂周边长期以来地震活动频繁,历史上曾出现过 1902 年阿图什 $M_s8.2$ 地震、1955 年乌恰 2 次 $M_s7.0$ 地震为首的震群、1990—1997 年“伽师强震群区”、1996 年伽师—阿图什地区 $M_s6.7$ 地震等^[1-2]。伽师强震群已经引起一些学者的关注,如王勤彩等^[3]通过尾波包络线反演方法对伽师强震群区地壳的非均匀结构进行研究,认为研究区下方中上地壳中具有非均匀结构;单新建等^[4]对伽师强震群震源破裂特征进行分析,认为其破裂断层面为 NE 向。

2018 年伽师 $M_s5.5$ 地震及其序列位于塔里木盆地西部,沉积层厚,震源区地表未见明显出露断层(图 1),余震均沿未出露的断层方向展布。为获取精度更高的地震定位结果,本文用双差地震定位法对该地震及其余震进行重新定位,结合 CAP 方法计算震源机制解,并分析其发震构造。

1 CAP 方法计算震源机制解

1.1 CAP 方法和数据处理

基于新疆测震台网产出的波形资料,选用宽频带波形记录,用 CAP(Cut and Paste)方法计算 2018 年新疆伽师 $M_s5.5$ 地震主震及 18 次记录清楚的 $M_s\geq 3.0$ 余震的震源机制解,并依据余震分布与区域地质背景讨论地震的发震构造。CAP 方法是

将宽频带数字地震记录分成体波和面波 2 个部分进行反演,计算其理论合成波形与实际记录波形的误差函数,在相关参数空间中搜索出最佳矩张量解^[5-6]。CAP 方法近年来较为流行,国内许多专家应用该方法计算地震震源机制解与矩心深度,均得出了较好

的结果^[7-8]。

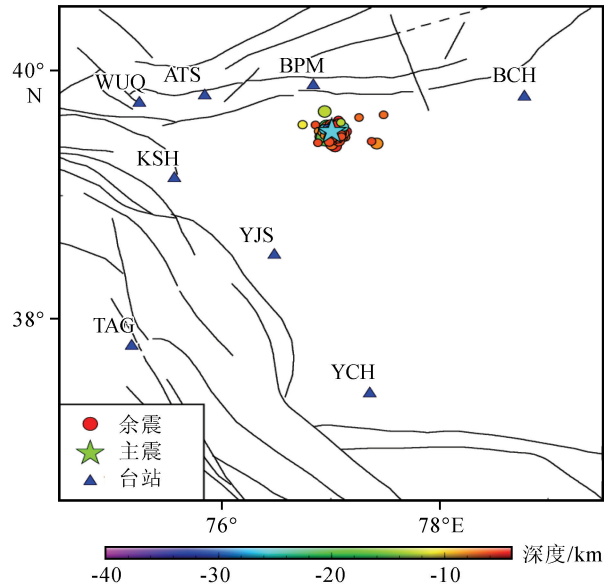


图 1 地震事件和台站分布图

Fig.1 Distribution map of seismic events and stations

选取 8 个震中距小于 400 km、信噪比较高且方位角较好的台站来计算主震及其余震的震源机制解(图 1、表 1)。同时采用 CRUST2.0 全球地壳模型得到伽师速度模型(表 2),进行格林函数计算。由表 2 可算出地壳厚度为 55 km。

1.2 反演结果与数据分析

采用 CAP 方法获得此次 $M_s5.5$ 地震及 $M_s3.0$ 以上余震的震源机制解,并将其列于表 3。从表中可见,伽师 $M_s5.5$ 地震的震源机制解结果为:节面 I:走向 48°,倾角 83°,滑动角 3°;节面 II:走向 318°,倾角 87°,滑动角 173°;P 轴方位角 3°,倾角 3°,T 轴方位角 273°,倾角 7°;矩震级 M_w 为 5.3。该地震断层属于走滑型,震源深度 9 km,属于上地壳地震。

根据乔学军等^[9]对新疆伽师强震群的 InSAR 观测研究,认为伽师地区 1997—1998 年强震群的发生主要受 NEE 断层和 EW 向断层的触发和影响,这与本文 CAP 方法所得的断裂倾向一致,均为 NEE

表 1 研究所用台站参数

Table 1 Parameters of the stations used in the study						
序号	台站名称	台站代码	N/(°)	E/(°)	高程/m	震中距/km
1	八盘水磨	BPM	39.88	76.84	1 301	43
2	阿图什	ATS	39.80	75.84	1 815	104
3	英吉沙	YJS	38.52	76.48	1 603	119
4	喀什	KSH	39.14	75.56	1 531	131
5	乌恰	WUQ	39.74	75.24	2 206	154
6	巴楚	BCH	39.79	78.78	1 142	155
7	叶城	YCH	37.39	77.36	2 023	238
8	塔什库尔干	TAG	37.78	75.17	3 100	250

表 2 Crust2.0 全球地壳速度模型

Table 2 The global crustal velocity model of Crust2.0			
层号	厚度/km	$v_p/(km \cdot s^{-1})$	$v_s/(km \cdot s^{-1})$
1	1.0	2.5	1.2
2	3.5	4.1	2.1
3	20.5	6.1	3.5
4	20	6.3	3.6
5	10	7.2	4.0

向。由于此次地震地表无明显的断层出露,初步判定 2018 年新疆伽师 $M_s5.5$ 地震可能受控于柯坪断裂带附近的隐伏断裂,节面 I 为破裂面。将本次地震的理论合成波形与 8 个台站的实测波形进行拟合,结果如图 2 所示。由图 2 可知,8 个台站共记录到 37 个震相,相关系数平均值为 0.75,大于 0.6 的有 30 个,占总数的 81%,属于强度相关。这说

表 3 伽师 $M_s5.5$ 地震及 18 次 $M_s3.0$ 以上余震的震源参数和震源机制解

Table 3 Focal parameters and focal mechanism solutions of Jiashi $M_s5.5$ earthquake and 18 $M_s>3.0$ aftershocks																
序号	发震时刻	E /(°)	N /(°)	震级 M_s	震级 M_w	CAP 深 度/km	节面 I/(°)			节面 II/(°)			P 轴/(°)		T 轴/(°)	
							走向	倾角	滑动角	走向	倾角	滑动角	方位	倾角	方位	倾角
1	2018-09-04 T05:52	76.98	39.51	5.5	5.3	9	48	83	3	318	87	173	3	3	273	7
2	2018-09-04 T06:24	77.05	39.52	3.0	3.8	9	96	37	33	338	71	122	45	20	286	53
3	2018-09-04 T06:48	76.96	39.56	3.3	3.6	9	251	49	-68	39	46	-113	230	74	326	2
4	2018-09-04 T06:52	77.00	39.53	3.3	3.7	10	255	22	-16	0	84	-111	248	47	108	36
5	2018-09-04 T07:20	77.06	39.49	3.2	3.5	8	80	73	-4	171	86	-163	37	15	304	9
6	2018-09-04 T07:29	77.04	39.40	3.0	3.4	11	33	66	-21	132	71	-154	354	32	262	4
7	2018-09-04 T08:25	77.06	39.47	3.8	3.9	8	47	82	-42	144	49	-169	357	35	102	21
8	2018-09-04 T10:51	76.93	39.46	4.6	4.5	10	54	81	-12	146	78	-171	10	15	100	2
9	2018-09-04 T11:26	76.99	39.52	3.1	3.4	7	44	84	-22	137	68	-173	359	20	93	11
10	2018-09-04 T15:11	76.95	39.53	3.0	3.3	9	32	71	-22	129	69	-160	350	29	81	2
11	2018-09-04 T21:11	77.02	39.55	3.2	3.4	11	90	48	0	0	90	138	53	28	307	28
12	2018-09-04 T21:57	76.99	39.50	3.4	3.5	10	40	67	-8	133	83	-157	359	22	265	11
13	2018-09-05 T01:52	77.03	39.55	3.0	3.4	11	260	56	-15	359	78	-145	225	33	125	14
14	2018-09-05 T02:44	77.01	39.48	3.6	3.7	8	55	47	31	303	68	133	3	12	259	48
15	2018-09-05 T11:15	77.05	39.54	3.7	4.0	7	127	90	180	217	90	0	352	0	262	0
16	2018-09-07 T02:42	77.03	39.46	3.3	3.8	14	217	35	-66	9	58	-106	240	72	111	12
17	2018-09-07 T04:06	77.09	39.48	3.1	3.5	10	45	90	-17	135	73	180	359	12	91	12
18	2018-09-07 T09:01	77.04	39.49	3.0	3.5	9	337	50	60	199	49	121	88	0	179	67
19	2018-09-20 T13:24	76.95	39.67	3.0	3.5	14	75	73	166	169	77	17	302	2	33	21

明本文反演的震源机制解结果较好,数据可靠性较高。

1.3 地震序列分析

从节面解对此次地震序列进行分析:

(1) 由节面特征分析(表 3、图 3)可知,走向:节面 I 分布离散,优势取向为 NEE 向,近 45°;倾角:节面 I 倾角优势分布为 30°~60°,而主震的倾角为 83°,说明余震整体断层面比主震断层面缓,极个别

余震分布在近直立的断面上;节面 I 滑动角依据文献[10]研究,计算出走向滑动地震占总数的 67%,倾向滑动和斜向滑动共占 33%。由此可知走向滑动占绝对优势,其次是倾向滑动和斜向滑动,说明该地区存在地壳非均匀性。

(2) 由应力特征分析(图 3)可知:从 P、T 轴方位角分布来看,P 轴优势分布方向为 300°~359°,即优势方位为近 NNW-SSE 向,T 轴优势方位为近

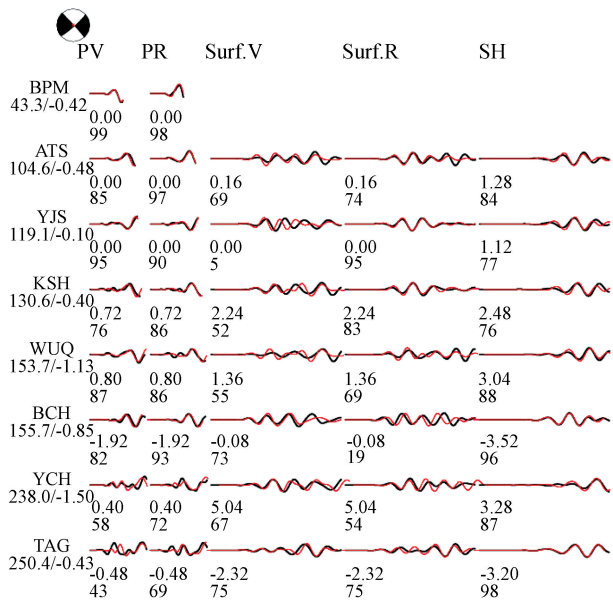


图 2 波形拟合结果图

Fig.2 Fitting results of theoretical synthetic and measured waveform

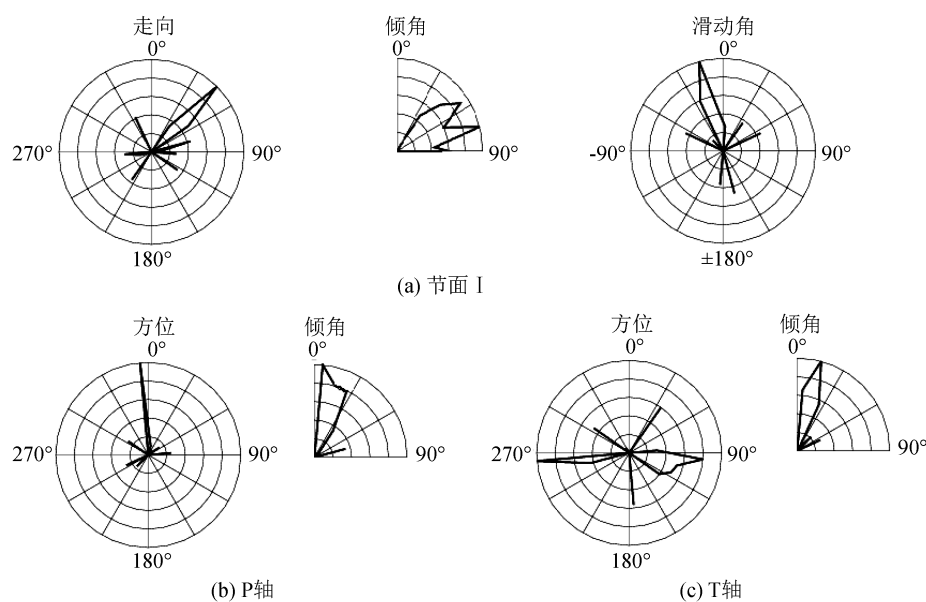


图 3 18 次余震震源机制解节面、P 轴、T 轴解显示图

Fig.3 Nodal plane, P axis, and T axis from the focal mechanism solution of the eighteen aftershocks

震,去掉震相数小于最小观察数的地震,重定位后得到 129 个地震。

2.2 空间展布特征

图 4、图 5 分别为重定位前、后主震和余震的震中分布。由于距余震序列较近的出露断层方向主要沿近 EW 向平行,分别沿 AA'、BB'作近 EW 向平行和垂直于断层方向的震源深度剖面(图 5)。由图 4、5 可知,同定位前结果比较,重定位后序列分布 ES 向余震偏少,发生了转移,由 ES 向变为 SW 向收敛。

EW 向。从 P、T 轴倾角分布来看,均为倾角接近水平的 $0^{\circ}\sim30^{\circ}$ 最多。

2 伽师地震及其余震重定位

2.1 方法与资料选取

使用表 2 中的地壳速度模型,采用双差定位方法对伽师地区主震发生后 3 个月内 $M_s\geq1.5$ 的地震进行重新定位。双差定位方法由 Waldhauser 等^[11-12] 首先提出,是一种相对定位方法,可以将地震事件两两组对,再依据组对事件的震相到时的区别得到其相对空间分布。该方法的优势在于同单个地震定位方法相比,可以减少地壳介质密度横向不均匀导致的定位误差,在最后计算中消除路径效应,使地震定位的精度明显提高。近年来双差定位法在相关领域得到了广泛应用^[13-15]。

在使用双差定位法进行重新定位时,需满足同一个地震的记录台站数 ≥3 个。原来共计 141 个地

重定位后,余震整体分布呈 NEE 向,余震沿主震的 NEE 和 SWW 向分布,其中 SWW 向地震最多。

2.3 深度剖面特征

根据双差法重定位后沿不同剖面的地震分布情况,伽师地震主震位于序列中间,余震分布在其周边。深度沿剖面的走向与剖面的地形升降有关,地势低的地方震源深度多集中于 $15\sim25$ km,而地势高的地方震源深度多聚集在 $5\sim10$ km。在沿主震东北方向、走向角 45° 方向上做剖面(图 6),发现序

列深度由深至浅分布,优势深度主要聚集在 5~12 km,部分地震集中分布在 15~25 km;震后不久,震源深度主要集中在 5~10 km,并有逐渐变浅的趋势。在沿主震西北方向、走向角 315°方向上做剖面(图 7),发现深度一开始分布在 5~12 km,中段逐渐加深,分布在 6~25 km,最后又趋于变浅,分布在 5~10 km。

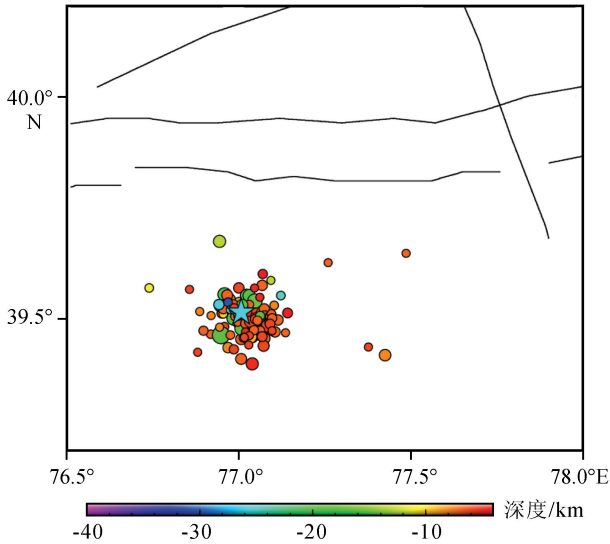


图 4 重定位前主震和余震分布

Fig.4 Epicenter distribution of Jiashi $M_s5.5$ main shock and aftershocks before relocation

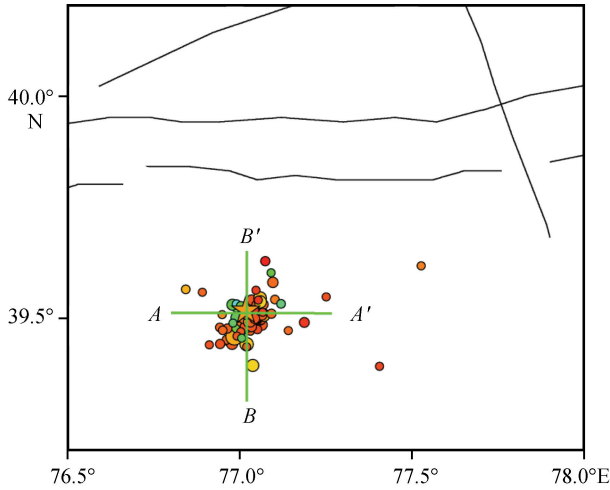


图 5 重定位后主震和余震分布

Fig.5 Epicenter distribution of Jiashi $M_s5.5$ main shock and aftershocks after relocation

3 结论与讨论

(1) 通过双差法重新定位伽师 $M_s5.5$ 地震及其余震,结合震源机制解结果发现余震整体分布和此次地震的走向具有很好的一致性,余震整体呈 NEE

方向展布,和出露的发震断层走向存在一定的夹角,并未沿断裂带走向分布,说明这次地震发生的区域可能存在走向为 NEE 向的隐伏断裂。伽师 $M_s5.5$ 地震序列的破裂优势方向为 NEE-SWW 向,倾角以 30°~60°为主,滑动角以 -30°~0°、150°~180°居多,震源机制类型以走向滑动为主。

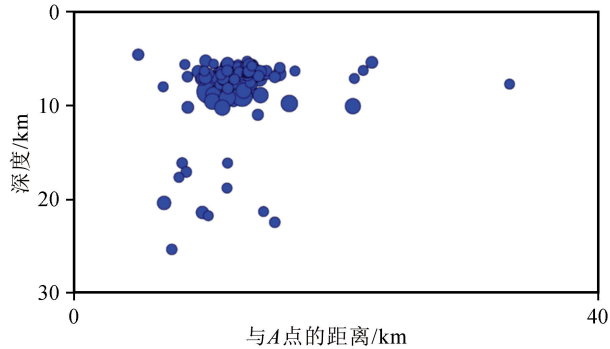


图 6 重定位后不同时间段沿走向角 45°剖面的余震深度分布图

Fig.6 Distribution of aftershock depths along strike angle 45°profile in different time periods after relocation

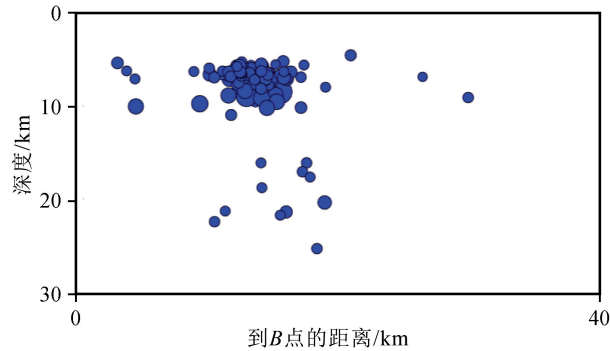


图 7 重定位后不同时间段沿走向角 315°剖面的余震深度分布

Fig.7 Distribution of aftershock depths along strike angle 315°profile in different time periods after relocation

(2) 伽师 $M_s5.5$ 地震震源区 P 轴和 T 轴方位分别以近 NNW-SSE 向和近 EW 向优势分布,当 P 轴、T 轴均在近水平应力作用时,地震序列以走向滑动为主。重新定位后,余震序列震源深度优势集中在 5~12 km,极少部分深度集中在 15~25 km,说明该范围深度上震源区介质速度横向变化较大,易积累应力^[16-19]。

(3) 伽师地震余震序列的空间形态沿发震破裂存在非均匀特征,余震向主震的 NEE 和 SWW 两个方向延伸。余震展布区域的宽度较宽,西南方向地震数量较多,东北方向数量较少,表明主震的东北方向性质较坚硬,制约了余震的扩散。

参考文献(References)

- [1] 屠泓为,王秀红,高歌,等.1977 年至 2006 年新疆伽师地震断层性质及应力场变化原因初探[J].地球物理学进展,2008,23(4):1038-1044.
TU Hongwei, WAN Xuhong, GAO Ge, et al. Research of the Reason for Variations of the Earthquake Fault Characters and the Stress Field in the Jiashi Region of Xinjiang from 1977 to 2006[J]. Progress in Geophysics, 2008, 23(4): 1038-1044.
- [2] 史勇军,杨义陵,孙燕萍.伽师—阿图什 6.7 级地震阿图什地倾斜异常特征[J].内陆地震,1998,12(1):68-72.
SHI Yongjun, YANG Youling, SUN Yanping. Ground Tilt Anomaly Characteristics of the Jiashi—Atushi $M_s6.7$ Earthquake[J]. Inland Earthquake, 1998, 12(1): 68-72.
- [3] 王勤彩,陈章立, Y. Asano, 等.利用尾波包络线反演方法研究伽师强震群区地壳的非均匀结构[J].地球物理学报,2009,52(1):90-98.
WANG Qincai, CHEN Zhangli, ASANO Y, et al. Imaging Crustal Heterogeneity in Jiashi Strong Earthquake Swarm Region by Coda Envelope Inversion Analysis[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2009, 52(1): 90-98.
- [4] 单新建,何玉梅,朱燕,等.伽师强震群震源破裂特征的初步分析[J].地球物理学报,2002,45(3):416-425.
SHAN Xinjian, HE Yumei, ZHU Yan, et al. A Preliminary Analysis on Rupture Characteristics of Jiashi Strong Earthquake Swarm[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2002, 45(3): 416-425.
- [5] ZHAO L S, HELMBERGER D V. Source Estimation from Broadband Regional Seismograms[J]. Bulletin of the Seismological Society of America, 1994, 84(1): 91-104.
- [6] ZHU L P, HELMBERGER D V. Advancement in Source Estimation Techniques Using Broadband Regional Seismograms[J]. Bulletin of the Seismological Society of America, 1996, 86(5): 1634-1641.
- [7] 冉慧敏,张志斌,赵庆.2012 年 6 月 30 日新疆新源—和静 $M_s6.6$ 地震序列震源机制解[J].中国地震,2014,30(3):432-441.
RAN Huimin, ZHANG Zhibin, ZHAO Qing. The Focal Mechanism Solution of the Xinyuan—Hejing $M_s6.6$ Earthquake in Xinjiang on June 30, 2012[J]. Earthquake Research in China, 2014, 30(3): 432-441.
- [8] 张志斌,赵晓成,任林.新疆天山中段的震源机制解与构造应力场特征分析[J].地震地质,2020,42(3):595-611.
ZHANG Zhibin, ZHAO Xiaocheng, REN Lin. Focal Mechanism Solution and Tectonic Stress Field Characteristics of the Middle Tianshan Mountains, Xinjiang[J]. Seismology and Geology, 2020, 42(3): 595-611.
- [9] 乔学军,郭利民.新疆伽师强震群区的 InSAR 观测研究[J].大地测量与地球动力学,2007,27(1):7-13.
QIAO Xuejun, GUO Limin. Study on Jiashi Strong Earthquake Swarm Area by InSAR[J]. Journal of Geodesy and Geodynamics, 2007, 27(1): 7-13.
- [10] 刁桂苓,王绍晋,龙晓帆,等.1976 年龙陵震群的小震震源机制[J].地震研究,1996,19(4):331-339.
DIAO Guiling, WANG Shaojin, LONG Xiaofan, et al. Focal Mechanisms of Small Events to Longling Earthquake Swarms in 1976[J]. Journal of Seismological Research, 1996, 19(4): 331-339.
- [11] WALDHAUSER F. A Double-Difference Earthquake Location Algorithm: Method and Application to the Northern Hayward Fault, California[J]. Bulletin of the Seismological Society of America, 2000, 90(6): 1353-1368.
- [12] WALDHAUSER F. Fault Structure and Mechanics of the Hayward Fault, California, from Double-Difference Earthquake Locations[J]. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 2002, 107(B3): 2054.
- [13] 王未来,吴建平,房立华,等.2014 年云南鲁甸 $M_s6.5$ 地震序列的双差定位[J].地球物理学报,2014,57(9):3042-3051.
WANG Weilai, WU Jianping, FANG Lihua, et al. Double Difference Location of the Ludian $M_s6.5$ Earthquake Sequences in Yunnan Province in 2014[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2014, 57(9): 3042-3051.
- [14] 孔祥艳,陈向军,刘建明,等.2016 年 12 月 8 日呼图壁 $M_s6.2$ 地震余震序列精定位研究[J].内陆地震,2017,31(3):237-241.
KONG Xiangyan, CHEN Xiangjun, LIU Jianming, et al. Relocation of Mainshock and Aftershocks of Hutubi Earthquake with $M_s6.2$ Occurred on December 8th, 2016 [J]. Inland Earthquake, 2017, 31(3): 237-241.
- [15] 房立华,吴建平,苏金蓉,等.四川九寨沟 $M_s7.0$ 地震主震及其余震序列精定位[J].科学通报,2018,63(7):649-662.
FANG Lihua, WU Jianping, SU Jinrong, et al. Relocation of Mainshock and Aftershock Sequence of the $M_s7.0$ Sichuan Jiuzhaigou Earthquake[J]. Chinese Science Bulletin, 2018, 63(7): 649-662.
- [16] FANG L H, WU J P, WANG W L, et al. Aftershock Observation and Analysis of the 2013 $M_s7.0$ Lushan Earthquake[J]. Seismological Research Letters, 2015, 86(4): 1135-1142.
- [17] 黄媛,杨建思,张天中.2003 年新疆巴楚—伽师地震序列的双差法重新定位研究[J].地球物理学报,2006,49(1):162-169.
HUANG Yuan, YANG Jiansi, ZHANG Tianzhong. Relocation of the Bachu-Jiashi, Xinjiang Earthquake Sequence in 2003 Using the Double-Difference Location Algorithm[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2006, 49(1): 162-169.
- [18] 木拉提江·阿不来提,闫玮,阿里木江·麦麦提依明,等.2016 年 11 月 25 日新疆阿克陶 $M_s6.7$ 地震前兆异常分析[J].内陆地震,2017,31(2):222-228.
Mulatijiang · Abulaiti, YAN Wei, Alimujiang · Maimaitiyiming, et al. Precursory Anomaly before Aketao Earthquake with $M_s6.7$ on November 25th, 2016 [J]. Inland Earthquake, 2017, 31(2): 222-228.
- [19] 李艳永,王成虎,杨佳佳.呼图壁地区震源机制解及构造应力场特征分析[J].大地测量与地球动力学,2018,38(12):1246-1250.
LI Yanyong, WANG Chenghu, YANG Jiajia. The Focal Mechanism Solution and Stress Field Inversion of Earthquakes along Hutubi[J]. Journal of Geodesy and Geodynamics, 2018, 38(12): 1246-1250.