

新疆天山地区强震前地震条带不清晰的原因初探

龙海英, 聂晓红, 高国英

(新疆维吾尔自治区地震局, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要:新疆地区在强震前地震条带不明显。本文对比分析了新疆天山与川滇地区区域构造背景和地震震源机制解, 得到: ①新疆天山地区区域地震构造以逆冲型为主, 而川滇地区区域地震构造以走滑型为主。②1970年以来的天山地区中强地震以逆断层和走滑型地震类型为主, 走滑型地震多数包含较大的倾滑分量; 而川滇地区6级强震以走滑型地震类型为主, 地震主要以水平错动为主。认为弱震条带适用于以水平剪切错动为主的地震, 而新疆天山地区地震倾滑分量较大, 因此中强地震前弱震条带图像不清晰, 中短期地震预报意义不显著。

关键词: 地震条带; 新疆天山地区; 川滇地区; 区域构造; 震源机制解

中图分类号: P315.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2008)01-0056-06

Preliminary Research on the Reason of Unclear Seismic Belt Before Mid-strong Earthquakes in Tianshan Mountain Area, Xinjiang Uyger Autonomous Region

LONG Hai-ying, NIE Xiao-hong, GAO Guo-ying

(Earthquake Administration of Xinjiang Uyger Autonomous Region, Urumqi 830011, Xinjiang, China)

Abstract: The seismic belt before mid-strong earthquakes in Xinjiang Region is not clear. For this problem, the regional structure background and focal mechanism solutions of Tianshan Mountain area in Xinjiang are contrasted and analyzed with that in Sichuan and Yunnan provinces. The result shows: ① The regional earthquake structures in Tianshan Mountain area are mainly thrust faults, while ones in Sichuan and Yunnan area are mainly strike-slip faults. ② Since 1970, the focal mechanism solutions of mid-strong earthquakes were mainly reverse and strike-slip types in Tianshan Mountain area, and most of the strike-slip events contained lean components. While ones of $M_s 6$ strong earthquakes area were mainly the strike-slip types in Sichuan and Yunnan area, and the lean component were very small, mainly showed horizontal movement. The weak seismic belts should be applied to earthquakes which are horizontal shear movement in focal mechanism solution. Since the lean components of earthquakes were big in Tianshan Mountain area, the images of the seismic belt before mid-strong earthquakes were vague, and its significance for the earthquake forecast of mid-short term is not good.

Key words: Seismic belt; Tianshan Mountain area in Xinjiang region; Sichuan and Yunnan area; Regional structure; Focal mechanism solution

0 引言

许多研究发现^[1-2], 在强震的孕育过程中其周围地区的中、小地震活动通常表现为地震活动围空、带

状分布、密集—平静等图像。判断是否出现条带图像最根本的一条是, 孕震区附近的地震活动是否在以往地震较活跃的地区近期出现明显减弱或明显增

收稿日期: 2007-01-19

基金项目: 新疆地震局联合基金项目(200408)

作者简介: 龙海英(1973—), 女, 副研究员, 硕士, 主要从事地震综合分析预报等研究。

强,而周围地区仍相对活跃或明显减弱的图像;或是中小地震的分布由随机到有序。刘蒲雄和陈章立^[1]、韩渭宾^[2]、周传荣^[3]等很多地震专家对川滇地区地震条带做了很好的工作,显示出地震条带是一种可行有效的地震预报方法。

然而在“八五”、“九五”、“十五”各次攻关课题研究中,很多人对新疆地震条带也做了大量的研究工作,但始终没有获得理想的成果。为什么在川滇地区表现清晰的地震条带在新疆却表现不明显?是地震条带存在地区差异还是什么别的原因?本文针对这一问题从对比新疆和川滇地区的区域构造背景和震源机制类型入手,做了一些初步的研究工作。

1 地震条带的特征

强震前地震活动条带是有别于地震带、地震活动成带转移的一种震兆^[2],是指大震前区域地震活动由凌乱、分散的分布转为集中成带的现象。与通常所说的地震成带分布(即地震带)的概念不同^[4],地震带是对大地震和长时间尺度而言,而条带是大震前较短时间内由中小地震所显示的分布特征。强震前的地震活动条带可分为两种:背景性条带和弱震密集条带。前者由 4 级以上地震组成,出现时间早,持续时间长,可用于中期预报,其分布大体上与活动断裂带一致;后者使用资料的震级下限低,出现时间晚,持续时间短,可用于中短期预报。

地震条带的清晰度一方面与组成条带的地震个数有关,另一方面与地震条带外围一定区域的地震活动水平有关。地震条带外围地震越平静,平静区越大,则条带越清晰。为此给出清晰条带的以下判别标准:(1)组成条带的地震个数 $N \geq 6$;条带长度 $L > 200 \text{ km}$ (震级下限 $M_L < 3$)或 $L > 400 \text{ km}$ (震级下限 $M_L \geq 3$);条带的长宽比 $L/D \geq 5$;其最大空段 $\leq$ 全长的 $1/3$ 。(2)在 L^2 区域内,条带上的地震频度 N 与条带外围地震频度 M 满足 $N/(N+M) \geq 0.75$ 。

此外,异常条带还具有以下特点:条带一般与大断裂带相一致,而不一定与某一条断层相符合;条带出现在区域地震活动增强的后期;伴随条带的形成应变释放速率、频度、 b 值的变化遵循一种特殊的组合关系^[1]。

利用新疆地震目录对新疆天山地区 1970 年以来 6 级以上地震(新疆天山东经 81° 以东地区 1970 年以来 6 级以上地震较少,补充了 5.5 级以上中强地震)全时空扫描,发现大震发生前半年至一年左右

弱震条带不清晰,多数地震前不存在地震条带图像。

经研究认为^[5],弱震密集条带有的与活动断裂带一致,有的在地质图上找不到相应的活动断裂,但经统计检验证实,弱震密集条带与 P 波初动解的一个节面即最大剪应力方向关系密切。并且前兆性条带适用于震源机制以水平剪切错动为主的地震。由此,我们对新疆天山地区及川滇地区区域构造背景及中强地震震源机制类型做了对比分析。

2 区域构造背景

2.1 新疆天山地区

新疆天山地区分为南、北天山地震带。北天山地震带的强震活动是以近 EW 向逆断裂为主,与逆冲—褶皱活动构造带关系密切。主要发震构造有大河沿—洛包泉断裂带、博格达弧形断裂带、吐鲁番盆地中央褶皱断裂带、清水河子断裂、霍尔果斯—吐鲁番断裂、艾比湖—依连哈比尔尕 NW 向断裂构造带、库西木楔克断裂、喀什河断裂、恰克布河断裂、特克斯河断裂。除艾比湖—依连哈比尔尕断裂为右旋逆走滑外,其余断裂均以逆冲为主。北天山以乌鲁木齐为界分为两大逆冲地震构造,乌鲁木齐以东是博格达推覆构造,以西为北天山玛纳斯南逆断裂褶皱构造^[6]。

南天山地震带主要分布我国境内的南天山及其与塔里木盆地的结合部。该带分为东西两段,库尔勒以东至阿克苏为东段,乌什至阿图什、乌恰一带为西段。东段总体近 EW 向展布,其发震构造主要有洪水沟断裂、北轮台断裂、霍拉山山前断裂及却勒塔格断裂。西段总体呈 NEE 向展布,其主要发震构造有柯坪断裂、乌什断裂、铁列克巴什断裂、托特拱拜孜—阿尔帕雷克断裂,以及 NW 向的塔拉斯—费尔干纳断裂,NNW 向的皮羌(普昌)断裂。该段内地质构造复杂,新构造运动强烈^[6]。南天山分为 4 个独立的地震构造^[7],自东向西分别为库尔勒以东的逆冲构造、库尔勒至杨霞以北轮台—辛格尔断裂为代表的逆冲构造、库车推覆构造、柯坪推覆构造。

综上所述,新疆天山地区发震构造主要以逆冲型地震构造为主。

2.2 川滇地区

川滇地区位于青藏高原东南缘,新生代以来受青藏高原地壳物质向东侧运移和阿萨姆顶点楔入的共同作用,使得这一地区的构造活动十分复杂,区内主要发育有 NW 向的鲜水河—安宁河—小江断裂、金沙江—红河断裂、怒江—澜沧江断裂和北东向的

龙门山—锦屏山—玉龙雪山断裂等大型断裂带。

鲜水河—安宁河—小江断裂带是川滇菱形块体的东北边界,可分为 3 段,即北段的 NW 向鲜水河断裂,中段的近 SN 向安宁河断裂和南段 NNW 至近 SN 向则木河断裂、小江断裂。三者斜列衔接成巨大的弧形断裂带,现代活动均显示左旋走滑为主的压扭性。金沙江—红河地震构造带构成川滇菱形块体的西南边界。北部的金沙江断裂以右旋走滑活动为主,南部的红河断裂是典型的右旋走滑断裂,NE 向丽江—剑川断裂组成滇西北裂陷湖盆区。红河断裂中南段北侧平行发育的石屏—建水断裂与曲江断裂均为右旋走滑活动。怒江—澜沧江断裂带是印支块体和腾冲—保山块体的分界线。该区北东向发育有近等间距的瑞丽—龙陵断裂、南汀河断裂、孟连—澜沧断裂和打洛—景洪断裂,均具左旋运动性质。龙门山断裂是一条以逆断推覆构造活动为主,兼具右旋走滑活动的断裂带^[8]。

综上所述,川滇地区区域发震构造主要以走滑活动构造为主。

对比看出:新疆天山地区区域构造以逆冲型构造为主,易于发生逆冲型地震;而川滇地区构造以走滑型构造为主,易于发生走滑型地震。

3 中强地震震源机制

条带特征与地震震源机制类型有一定的关系^[1]。条带走向一般接近于未来主破裂面的走向,条带可能反映与未来主破裂直接有关的断裂带(发震断裂带)的活动。因此,对研究区中强地震的震源机制解做了分析。

由地震震源机制地震可分为走滑型和倾滑型两大类。实际地震中多数是既含走滑分量,又含有倾滑分量。为了能定性的讨论震源类型,假定:对于正断层,最大主压应力 P 轴的倾角大于 45°;对于逆断层,最大主张应力 T 轴的倾角大于 45°;若 P 轴和 T 轴的倾角都小于或等于 45°,则该事件属于走滑型。

3.1 新疆天山地区

收集 1970 年以来新疆天山地区中强地震震源机制解,所有结果都转换成下半球投影,并根据震源参数计算了断层面的滑动角。通过查阅《中国震例》,定节面 A 为地震断层面。部分地震震例中没有,则根据《新疆通志》11 卷中《地震志》^[9] 查阅等震线,并结合中强震后的余震分布及地震所在断层的走向确定地震断层面。

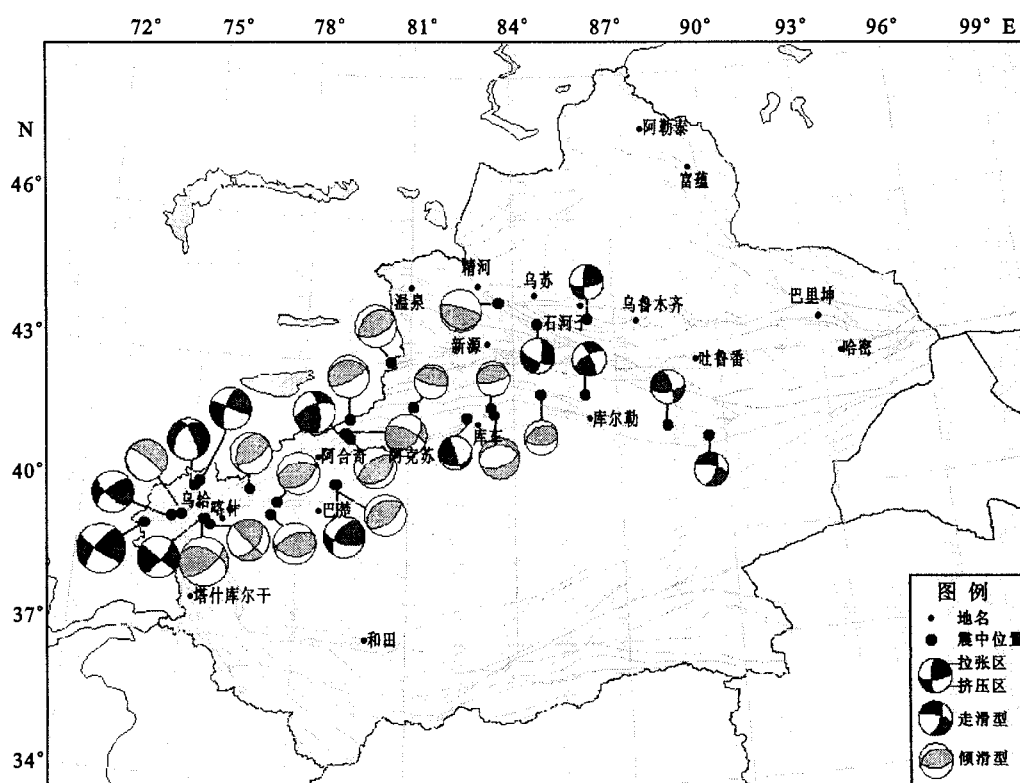


图 1 新疆天山地区中强地震震源机制解

Fig. 1 The focal mechanism solutions of mid-strong earthquakes in Tianshan Mountain area, Xinjiang region.

表 1 新疆天山地区中强震震源机制解结果

日期	震中位置			震级 M _s	节面 A			节面 B			P 轴		T 轴		N 轴		断层 性质
	北纬 /°	东经 /°	地区		走向 /°	倾角 /°	滑动 角/°	走向 /°	倾角 /°	滑动 角/°	方位 /°	倾角 /°	方位 /°	倾角 /°	方位 /°	倾角 /°	
1971-03-23	41.4	79.25	乌什	6.0	249	63	157	351	69	29	120	5	210	35	23	55	走滑型
1971-03-24	41.3	79.37	乌什	6.1	235	59	90	55	31	90	325	14	144	76	234	0	逆断层
1972-01-16	42.3	79.07	柯坪	6.2	215	61	34	107	61	146	161	0	71	44	251	46	走滑型
1972-04-09	42.3	84.80	轮台	5.6	247	38	74	87	53	102	168	8	42	78	259	10	逆断层
1973-06-03	44.2	83.61	精河	6.0	103	13	88	285	77	90	15	32	196	58	105	0	逆断层
1974-08-11	39.2	73.83	乌兹别里山口	7.3	218	71	12	124	78	160	172	5	80	22	274	67	走滑型
1976-01-10	42.0	83.38	库车	5.8	258	19	91	77	71	90	167	26	346	64	77	0	逆断层
1977-12-19	39.9	77.41	伽师	6.2	259	48	104	57	44	74	339	2	238	79	69	11	逆断层
1978-10-08	39.5	74.80	乌恰	6.0	308	86	-94	176	6	-42	213	49	42	41	308	4	正断层
1979-03-29	41.9	83.45	库车	6.0	268	36	105	69	55	79	167	10	302	77	75	9	逆断层
1980-11-06	43.8	86.20	玛纳斯	5.7	84	67	161	182	72	24	312	3	44	29	217	61	走滑型
1983-02-13	40.1	75.33	乌恰	6.7	291	86	-161	199	71	-4	157	16	63	10	302	71	走滑型
1983-04-05	40.1	75.10	乌恰	6.1	220	45	-34	335	67	-130	199	51	92	13	352	36	正断层
1985-08-23	39.5	75.51	乌恰	7.1	295	45	145	52	66	51	169	12	275	52	70	35	逆断层
1985-09-12	39.4	75.48	喀什	6.6	310	89	164	41	74	1	357	10	264	12	125	74	走滑型
1987-01-06	42.0	81.01	拜城	5.9	102	74	90	282	16	90	192	29	12	61	102	0	逆断层
1987-01-24	41.4	79.28	乌什	6.4	46	48	31	294	68	134	354	12	251	48	94	40	逆断层
1987-12-22	41.3	89.80	罗布泊	5.5	283	73	-26	21	65	-161	240	30	334	5	72	59	走滑型
1990-04-17	39.5	74.50	乌恰	6.4	132	67	157	232	69	25	362	2	92	32	269	58	走滑型
1991-02-25	40.3	79.00	柯坪	6.5	240	32	98	50	58	85	144	13	306	75	53	4	逆断层
1993-02-03	42.1	86.06	和静	5.7	335	77	21	240	70	166	108	6	197	24	5	66	走滑型
1993-12-01	39.1	75.38	喀什	6.2	135	84	39	40	51	172	258	20	8	30	142	50	走滑型
1995-05-02	43.4	84.44	乌苏南	5.8	113	62	-155	11	69	-30	330	36	63	4	158	54	走滑型
1996-03-19	40.0	76.38	阿图什	6.7	60	62	109	205	33	59	136	17	11	69	231	16	逆断层
1999-01-30	41.9	88.71	托克逊	5.6	82	65	21	342	71	154	32	4	302	32	128	58	走滑型
1999-03-15	41.8	82.68	库车	5.7	76	26	-174	341	87	-64	275	42	48	37	159	26	走滑型
2003-02-24	39.62	77.27	伽师	6.8	96	39	114	246	55	71	349	8	105	73	257	15	逆断层
2003-12-01	42.99	80.47	昭苏	6.0	67	56	101	228	35	75	149	11	9	76	241	9	逆断层
2005-02-15	41.72	79.37	乌什	6.3	61	71	80	270	21	118	160	30	310	67	64	10	逆断层

注:结果主要来源于 1997 年《内陆地震》增刊中的天山中强震震源机制解及《中国震例》,1999 年以后的资料来源于高国英、聂晓红。

1970 年以来,新疆天山地区中强地震震源机制解(见表 1 和图 1)多数以逆断层和走滑型地震为主,逆断层地震 14 次,占 48.3%;走滑型地震 13 次,占 44.8%;仅有个别地震为正断层地震。走滑型地震主要分布于新疆天山的东、西两端,由表 1 中节面 A 的滑动角可见,断层面错动方向与水平向夹角大多在 30°左右。显示出走滑型地震大多包含较大的倾滑分量。仅个别地震错动方向与水平向夹角较小,以水平剪切错动为主。

综上所述,新疆天山地区中强地震断错性质大多以逆断层和走滑错动为主,且走滑型地震大多包含倾滑分量,单纯的水平错动地震数量极少。

3.2 川滇地区

收集 1970 年以来川滇地区 6 级以上强震震源机制解结果。仅一次为 1966 年 2 月 5 日 6.5 级地震,由于该地震在“八五”攻关课题研究中做了地震条带研究,因此也加入统计。同样,对所有结果转换成下半球投影,并根据地震震源机制解参数计算断

层面的滑动角。通过查阅《中国震例》,定节面 A 为地震断层面。个别地震震例中没有,受地震目录资料所限,仅根据地震所在断层的走向,确定地震断层面。

由川滇地区 6 级以上强震震源机制解(表 2 和图 2),川滇地区强震主要以走滑型地震为主。走滑型地震 27 次,占 81.8%;逆断层仅 3 次;正断层仅 3 次。走滑型地震断层面滑动角大多集中分布在 0°左右及±180°左右,与水平方向夹角大多集中在 10°之内。显示出地震主要以水平错动为主,仅个别走滑型地震包含倾滑分量。

综上所述,川滇地区强震主要以走滑型地震为主,且走滑型地震错动方式主要以水平错动为主。

4 结论及讨论

(1) 通过对比分析新疆天山地区与川滇地区地震构造背景和震源机制解,得到:①新疆天山地区区域地震构造以逆冲型为主,而川滇地区区域地震构

表 2 川滇地区地震震源机制解结果

日期	震中位置			震级 M _s	节面 A			节面 B			P 轴		T 轴		N 轴		断层 性质
	北纬 /°	东经 /°	地区		走向 /°	倾角 /°	滑动 角/°	走向 /°	倾角 /°	滑动 角/°	方位 /°	倾角 /°	方位 /°	倾角 /°	方位 /°	倾角 /°	
1966-02-05	26.2	103.2	东川	6.5	339	85	−10	69	80	−174	294	11	24	3	129	79	走滑型
1970-01-05	24.1	102.6	通海	7.7	306	87	173	37	83	3	351	3	261	7	104	82	走滑型
1970-02-07	22.9	100.8	普洱	6.2	129	78	160	223	70	13	177	5	85	23	279	66	走滑型
1970-02-24	30.35	103.3	大邑	6.2	77	75	171	170	82	16	303	5	34	17	197	72	走滑型
1971-04-28	22.8	101.2	思茅普洱	6.7	121	71	172	213	82	19	346	8	78	19	234	69	走滑型
1973-02-06	31.3	100.7	炉霍	7.6	299	89	11	209	80	179	74	7	164	8	303	79	走滑型
1973-08-11	32.9	104.1	松潘	6.5	185	57	54	56	47	132	299	5	40	60	206	29	逆断层
1973-08-16	23.1	100.9	普洱	6.3	150	45	−90	330	45	−90	0	90	240	0	330	0	正断层
1974-05-11	28.1	104.0	大关	7.1	138	87	5	47	85	176	272	1	2	6	173	84	走滑型
1976-05-29	24.37	98.63	龙陵	7.3	315	80	168	47	79	10	1	1	270	15	95	75	走滑型
1976-05-29	24.55	98.75	龙陵	7.4	142	90	−172	52	82	0	7	6	277	6	142	82	走滑型
1976-08-16	32.6	104.1	松潘	7.2	219	35	130	353	65	66	101	16	225	63	5	21	逆断层
1976-08-23	32.5	104.1	松潘	7.2	215	40	124	354	58	65	102	10	214	67	8	21	逆断层
1976-11-07	27.6	101.1	盐源	6.7	190	50	−7	285	85	−140	156	31	51	23	291	50	走滑型
1976-12-13	27.4	101.0	盐源	6.4	198	73	11	106	80	162	153	5	61	20	256	69	走滑型
1979-03-15	23.1	101.1	普洱	6.8	132	89	164	222	73	1	178	11	85	12	309	74	走滑型
1981-01-24	31.01	101.1	道孚	6.9	130	88	−2	220	88	−178	85	3	175	0	265	87	走滑型
1982-06-16	31.9	100.0	甘孜	6.0	186	79	−173	95	83	−11	50	13	141	3	244	77	走滑型
1985-04-18	25.85	102.8	禄劝	6.1	303	71	145	45	57	23	357	8	260	38	97	51	走滑型
1988-11-06	22.83	99.72	澜沧—耿马	7.6	325	78	−179	235	89	−12	190	9	280	8	52	78	走滑型
1988-11-06	23.38	99.60	澜沧—耿马	7.2	338	77	137	79	49	18	35	18	289	39	144	45	走滑型
1989-04-16	29.99	99.23	巴塘	6.6	103	83	−13	195	77	−173	58	14	150	4	256	75	走滑型
1993-01-27	22.93	101.1	普洱	6.3	329	88	−159	238	69	−2	196	16	102	13	335	69	走滑型
1995-07-12	21.98	99.07	孟连	7.3	323	87	−179	233	89	−4	188	3	278	2	42	86	走滑型
1995-10-24	25.83	103.3	武定	6.5	5	84	−21	97	70	−173	319	19	53	10	169	68	走滑型
1996-02-03	27.3	100.2	丽江	7.0	157	50	−109	5	43	−68	3	75	260	4	169	15	正断层
1998-11-19	27.23	100.98	宁蒗	6.2	115	85	163	206	74	5	162	8	69	15	279	73	走滑型
2000-01-15	25.59	101.19	姚安	6.4	27	78	−6	84	118	168	343	13	252	4	144	77	走滑型
2001-02-23	29.55	101.14	雅江	6.0	92	34	−73	252	58	−101	131	75	350	12	258	9	正断层
2001-04-12	24.96	99.13	施甸	6.0	57	63	−28	161	65	−150	19	38	288	1	196	52	走滑型
2001-05-24	27.58	100.97	宁蒗	6.0	8	87	−2	98	88	−177	323	4	233	0	132	86	走滑型
2001-10-27	26.33	100.62	永胜	6.1	35	69	1	305	89	159	352	14	258	15	122	69	走滑型
2003-07-21	25.99	101.27	大姚	6.3	200	80	−6	291	84	−170	156	11	65	3	321	78	走滑型

注:结果主要来源于苏有锦等(2001 年)及《中国震例》,2000 年以后的结果主要来源于美国哈佛大学矩张量解。

造以走滑型为主。②1970 年以来,新疆天山地区中强地震以逆断层和走滑型地震类型为主,且走滑型地震多数包含较大的倾滑分量;而川滇地区中强地震以走滑型地震类型为主,且走滑型地震倾滑分量较小,主要以水平错动为主。前兆性条带适用于震源机制以水平剪切错动为主的地震,对于新疆天山地区,中强地震前弱震条带不清晰,中短期预报意义不显著。

(2) 由新疆天山地区和川滇地区区域构造背景及中强震震源机制解,认为新疆天山地区中强地震前弱震条带在平面上分布不清晰与中强地震多为逆断层有关。尽管新疆天山地区也存在大量的走滑型地震,但走滑型地震含有较大的倾滑分量。考虑到弱震条带分布一般沿地震断层面的一个节面,可试

图利用小地震的空间分布来寻找弱震条带,苏迺秦研究员^[10]在这方面做了很好的工作。

地震是地壳深部运动的结果,小地震对应的是小裂隙,如小地震成带出现,可能就是其共生在一条断裂,并且有所活动的表现。采用地震学和地震地质学的交叉、融合的思路,延长小地震活动分析的尺度,赋予构造学、动力学、运动学含义,一定会使我们更深刻的认识地震图象。

地震前中小地震优势破裂面走向与地震条带一致,与主震破裂面走向一致或共扼,表明他们都受同一应力场的控制^[11]。刘蒲雄等指出^[1]:①沿地震条带(或主条带)是剪切变形最强烈的地带,一般它与震源易滑面方向即未来主破裂面方向一致;②条带尺度与区域应力场出现优势取向的范围是相当的,且在时间上也是同步的;③条带的持续时间大致反

映了震源区非弹性变形过程所经历的时间,也就是说条带的形成是与未来主震受同一应力场控制。

震条带的形成是否与新疆构造应力场还存在某种不可忽视的联系?有待于深入研究。

新疆天山地区处于复杂的区域构造应力场,地

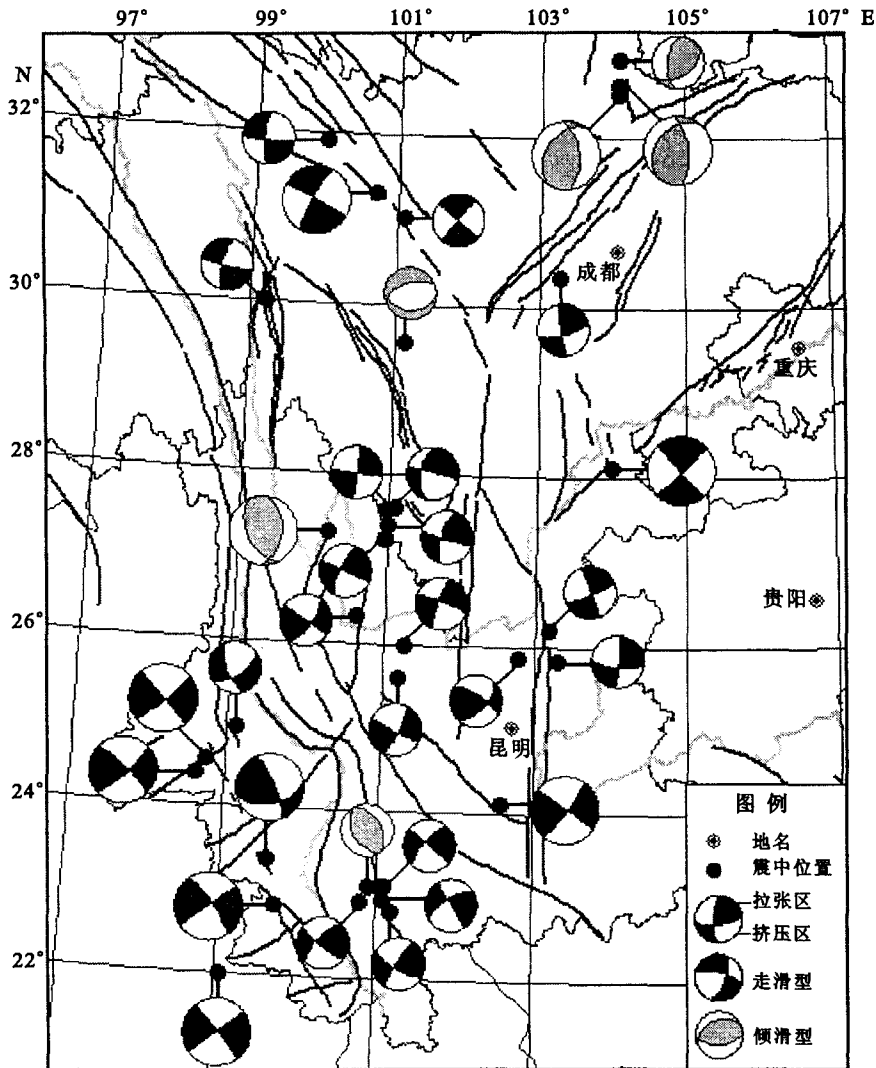


图 2 川滇地区强震震源机制解

Fig. 2 The focal mechanism solutions of strong earthquakes in Sichuan and Yunnan area.

[参考文献]

- [1] 刘蒲雄,陈章立.地震条带及其在地震预报中的应用[A]//地震预报方法实用化研究文集(地震学专辑)[G].北京:学术书刊出版社,1989:63-84.
- [2] 韩渭宾,席敦礼.四川地区地震活动条带预报效能的研究[A]//地震预报方法实用化研究文集(地震学专辑)[G].北京:学术书刊出版社,1989:85-99.
- [3] 周传荣,孙志昆.地震的条带分布[A]//地震预报方法实用化研究文集(地震学专辑)[G].北京:学术书刊出版社,1989:100-110.
- [4] 国家地震局科技监测司.地震学分析预报方法程序指南[M].北京:地震出版社,1990.
- [5] 梅世蓉,冯德益,张国民,等.中国地震预报概论[M].北京:地震出版社,1993.
- [6] 王海涛,杨立明,马文静,等.西北地区强地震短期前兆特征和预测方法研究[M].北京:地震出版社,2006.
- [7] 邓起东,冯先岳,张培震,等.天山活动构造[A]//中国活断层研究[G].北京:地震出版社,2000.
- [8] 苏有锦,秦嘉政.川滇地区强地震活动与区域新构造运行的关系[J].中国地震,2001,17(1):24-34.
- [9] 新疆通志·地震志,第十一卷[M].新疆:新疆人民出版社,2002.
- [10] 苏乃秦.新疆北天山 $M_s 5.0$ 地震前的中长期地震活动空间图像特征[J].内陆地震,2002,16(3):224-234.
- [11] 王金周,刘文龙,陈宇卫,等.地震空区及条带附近地震破裂特征的震例研究[J].西北地震学报,2002,24(2):167-173.