

2003年2月24日巴楚—伽师6.8级地震前部分相关前兆现象

曲延军, 王海涛, 聂晓红

(新疆维吾尔自治区地震局, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要:本文通过中国大陆的大震活动及特殊部位的中小地震活动与新疆强震活动关系的分析研究, 发现新疆巴楚—伽师6.8级地震前存在一些具有相关意义的前兆现象。

关键词:强震; 前兆现象; 巴楚—伽师地震; 新疆

中图分类号: P315.72 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2005)03-0255-05

Some Relative Precursor Phenomenons before $M_s6.8$ Bachu—Jiashi Earthquake on Feb. 24, 2003 in Xingjiang

QU Yang-jun, WANG Hai-tao, NIE Xiao-hong

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

Abstract: By analyzing the relationship between the activity of large earthquakes in Chinese continent and middle-small earthquakes in some special regions and the activity of strong earthquakes in Xinjiang region, it is found that there exists precursor relativity before $M_s6.8$ Bachu—Jiashi earthquake on Feb. 24, 2003, in Xinjiang.

Key words: Strong earthquake; Precursor phenomenon; Bachu—Jiashi earthquake; Xinjiang

0 引言

2003年2月24日新疆巴楚—伽师发生6.8级地震, 造成268人死亡和近14亿元的直接经济损失。此次地震是在新疆成组强震活跃之后显著平静的背景下发生的: 1996—1998年, 在6.8级地震附近数十公里范围接连发生11次6级以上强震^[1]; 1999年新疆5级地震活动也相对活跃; 但2000年以后新疆地区的中强地震活动进入平静状态, 尤其2000年12月10日伊宁5.0级地震后至2002年12月25日乌恰5.8级地震前, 新疆境内没有发生5级以上地震, 这种异常平静是极为少见的, 也从一定程度上显示未来强震形势的严峻性。在此期间, 中国地震局和新疆地震局高度重视未来震情趋势, 召开多次不同层次的震情趋势研讨会, 以期对新疆地震形势发展作出客观科学的判定。本文即在有关震情研讨资料的基础上侧重分析研究巴楚—伽师6.8级

地震前可能存在的一些具有相关意义的前兆现象, 为区域强震趋势预测研究提供分析参考依据。

1 昆仑山口西8.1级地震对中国大陆及新疆地震活动的影响分析

2001年11月14日昆仑山口西8.1级地震后, 为客观分析8级地震对新疆地区地震形势的影响, 我们对1900年以来中国大陆8级以上地震后1~3年内新疆、云南、四川、西藏、青海和甘肃地区6级以上地震活动情况进行了统计(表1)^[2]。

由表1可见, 自1900年以来中国大陆共发生6次8级大震, 若将1950年和1951年西藏境内发生的两次8级大震视为一组, 则震后1~3年中国西部发生的6级以上地震可分为5组。第一组新疆占3次, 四川、青海各占1次; 第二组新疆、云南、四川各占2次, 西藏1次; 第三组云南占7次, 新疆、四川、

收稿日期: 2004-05-19

基金项目: “十五”重点科研项目资助(10-5-08-07)

作者简介: 曲延军(1959—), 女(汉族), 山东烟台人, 副研究员, 主要从事地震活动性及地震预测等研究。

表 1 中国大陆 8 级地震后新疆及西部地区
6 级以上地震活动特征统计

8 级大震			8 级地震后 1~3 年 6 级地震		
时间	震级/M	地点	时间	震级/M	主体地区
1902-08-22	8.3	新疆阿图什	1902-08-31	6.8	新疆(西昆仑)
			1902-11-04	6.9	青海
			1903-10-19	6.2	新疆(南天山)
			1904-02-05	6.1	新疆(南天山)
			1904-08-30	7.0	四川
1920-12-16	8.5	宁夏海原	1920-12-22	6.0	云南
			1921-10-15	6.3	西藏
			1922-10-17	6.5	新疆(阿尔金)
			1922-12-17	6.0	新疆(南天山)
			1923-03-24	7.3	四川
			1923-07-01	6.5	云南
			1923-10-20	6.5	四川
1927-05-23	8.0	甘肃古浪	1927-09-23	6.8	新疆(南天山)
			1929-03-22	6.0	云南
			1929-10-17	6.5	云南
			1930-04-28	6.0	四川
			1930-04-29	6.3	云南
			1930-05-15	6.0	云南
			1930-07-14	6.5	青海
			1930-09-22	6.5	云南
			1930-09-26	6.0	云南
			1930-12-02	6.0	云南
			1931-09-13	6.5	西藏
			1932-03-07	6.0	四川
			1932-09-11	6.0	新疆(北天山)
1931-08-11	8.0	新疆富蕴	1932-12-25	7.6	甘肃
			1933-02-13	6.5	新疆(阿尔泰)
			1933-06-07	6.3	云南
			1933-08-11	6.5	云南
			1933-08-25	7.5	四川
			1933-09-26	6.8	新疆(阿尔金)
			1934-01-12	6.0	云南
			1934-01-19	6.0	云南
			1934-06-23	6.0	青海
			1934-08-07	6.0	新疆(北天山)
			1934-12-15	7.0	西藏
1950-08-15	8.6	西藏察隅	1951-12-21	6.3	云南
1951-11-18	8.0	西藏当雄	1951-12-27	6.0	甘肃
			1952-06-19	6.5	云南
			1952-08-18	7.5	西藏
			1952-09-30	6.8	四川
			1952-10-06	6.0	青海
			1952-11-01	6.0	青海
			1953-07-10	6.0	新疆(南天山)
			1953-10-12	6.3	西藏
			1953-12-03	6.3	西藏

青海各占 1 次;第四组新疆、云南各占 4 次,四川、西藏各占 2 次,青海、甘肃各占 1 次;第 5 组西藏占 3 次,云南、青海各占 2 次,新疆、四川、甘肃各占 1 次。可见 8 级大震后 1~3 年均均有 6 级以上地震呼应的地区为新疆和四川,而新疆地震又较四川地区的地

震频度高。但其间四川地区发生了 3 次 7 级地震,新疆则只有 6~6.9 级地震。由此我们认为今后 1~3 年新疆境内有可能发生 6 级以上地震。且可能的地区以南天山地震带为主,其次为北天山地震带。2003 年 2 月 24 日巴楚—伽师 6.8 级地震的发生表明这一分析是正确的。

2 特殊部位地震活动与新疆地震活动相关现象

张国民等对板块边界活动与中国大陆强震活动进行了研究^[3-4],指出中国大陆西部地区地震活动与印度板块边界作用关系密切,大陆西部的地震活动主要受印度板块的控制和制约。在印度板块对中国大陆的作用中存在着两个“触角”,其中对新疆地区影响最大的是西“触角”,它是印度板块对中国大陆向北推挤的着力点,因此这一地区的地震活动对新疆乃至中国大陆的地震活动都将有某种“驱动”和“触发”的意义。

2.1 兴都库什地区地震活动与新疆地震活动相关现象

兴都库什地区位于印度板块与欧亚板块碰撞的西北“楔角”部位,形成了一系列向北凸出的弧形断裂带,这里中深源地震十分发育^[5]。

本文统计了 1900—2001 年兴都库什地区发生的 24 次 7 级以上地震(表 2),其中有 17 次其后 36 个月内新疆境内发生了 6 级以上地震,占 71%,18 个月内发震的占 58%。从空间距离统计,距兴都库什震区大约 300~500 km 的西昆仑地震带首发 6 级以上地震的占 17%;相距 600~800 km 的南天山西段占 35%;相距 1 200~1 500 km 的南天山东段及北天山西段占 23%;相距 1 700~2 000 km 的阿尔泰地震带占 23%。

2002 年 3 月 3 日兴都库什 7.1 级地震的发生,预示着未来 1~3 年内新疆可能发生 6 级以上强震,从空间上讲,南天山西段的可能性要大一些。2003 年 2 月 24 日巴楚—伽师 6.8 级地震就发生在南天山西段与塔里木盆地的交界处,距兴都库什 7.1 级地震 690 km。

2.2 乔格里峰地震活动与新疆地震活动相关现象

乔格里峰位于印度板块与欧亚板块碰撞形成的一系列向北凸出的弧形断裂带的弧顶部位^[6],其附近区域的中等地震活动与新疆境内强震活动具有一定的相关性。图 1 为 1970 年以来该区 4 级以上地震月频次图。由图可见,研究时段内共出现 4 次显

表 2 兴都库什 7 级地震与新疆 6 级地震活动统计关系表

编号	兴都库什 7 级中深震				H/km	新疆地区 $M_s \geq 6.0$ 后续地震					
	时间	纬度	经度	震级/M		ΔT /月	时间	纬度	经度	震级/M	ΔS /km
1	1902-10-06	36.50°	70.50°	7.1	200	12	1903-10-19	39.30°	74.50°	6.2	600
							1904-02-05	40.00°	78.00°	6.1	
							1905-03-14	40.00°	76.00°	6.0	
2	1911-01-01	38.00°	66.00°	7.1	50	1	1911-02-18	40.00°	73.00°	7.8	630
3	1911-07-04	36.00°	70.50°	7.5	190	36	1914-08-05	43.58°	93.25°	7.5	2 000
4	1917-04-21	37.00°	70.50°	7.9	220	7	1914-10-09	35.00°	78.00°	6.5	
							1917-11-28	46.90°	90.00°	6.1	1 900
							1918-12-01	39.00°	73.00°	6.5	
							1919-07-24	40.00°	76.00°	6.5	
5	1921-11-15	36.50°	70.50°	7.8	215	11	1920-10-12	36.00°	81.00°	6.3	
							1922-10-17	39.50°	91.00°	6.5	
							1924-07-03	36.80°	84.10°	7.3	
							1924-07-12	37.00°	84.80°	7.3	
6	1924-10-13	36.00°	70.50°	7.3	220	13	1925-12-07	37.00°	76.50°	6.0	1 200
7	1929-02-01	36.50°	70.50°	7.0	220	25	1926-08-07	35.40°	78.70°	6.3	
							1931-08-11	46.75°	89.90°	8.0	1 900
8	1937-11-14	36.50°	70.50°	7.1	240	0	1937-11-16	35.00°	78.00°	6.5	650
9	1943-02-28	36.50°	70.50°	7.0	210	1	1939-02-23	42.50°	84.00°	6.0	
							1943-04-05	39.30°	73.30°	6.5	380
							1944-03-10	44.00	84.00	6.5	
							1944-03-10	44.00°	84.00°	7.2	
							1944-09-28	39.32°	75.00°	7.0	
10	1949-03-04	36.00°	70.50°	7.5	230	2	1949-05-25	42.00°	83.60°	6.3	1 260
11	1949-07-10	39.00°	70.50°	7.5		30	1958-12-21	44.50°	80.80°	6.5	1 500
	1956-06-09	35.00°	67.50°	7.5				41.90°	80.00°	6.7	
12	1965-03-14	36.40°	70.69°	7.5	205	8	1959-06-28	41.90°	80.00°	6.7	
13	1974-07-30	36.40°	70.69°	7.0	207	0	1965-11-13	43.98°	88.13°	6.6	1 700
							1966-10-14	36.50°	87.40°	6.0	
							1967-05-11	39.30°	73.80°	6.3	
							1974-08-11	39.43°	74.10°	7.3	450
							1975-04-28	36.25°	80.15°	6.1	
							1975-06-04	36.23°	79.75°	6.1	
							1977-01-02	38.20°	91.20°	6.4	
14	1982-12-16	36.00°	68.30°	7.0	35	1	1977-01-19	37.10°	95.80°	6.3	
15	1983-12-31	36.00°	71.00°	7.0	209	15	1983-02-13	40.18°	75.17°	6.7	760
16	1985-07-29	36.00°	70.00°	7.0	102	1	1985-04-21	35.70°	87.30°	6.1	1 400
							1985-08-23	39.52°	75.35°	7.1	300
							1986-07-01	48.90°	87.90°	6.1	
							1987-01-24	41.43°	79.30°	6.4	
							1987-04-30	39.77°	74.70°	6.0	
17	1998-05-30	37.50°	70.50°	7.1	30	2	1998-08-02	39.72°	77.05°	6.1	640
							1998-08-27	39.82°	77.13°	6.4	
18	2002-03-03	36.40°	69.80°	7.1	160	7	2003-02-24	39.00°	77.22°	6.8	650

著的 4 级地震高频次活动,前 3 次峰值后 1~3 年南天山西段及西昆仑地震带分别发生了 7 级地震,而各次 7 级地震与峰值之间一般又发生 1~2 次 6 级地震。2002 年底至 2003 年初该区 4 级地震又出现显著高峰值,紧接其后发生了巴楚—伽师 6.8 级地震。

2.3 乌兹别里地震活动与新疆地震活动相关性现象

乌兹别里山口地区位于印度板块与欧亚板块挤压弧形变形带的转角部位^[7]。据统计乌兹别里山口 4 级以上地震年频次(年累积月滑动)持续增高 1 年以上,其后 1~3 年新疆境内有可能发生 6 以上地震(图 2)。特别是新疆 3 次 7 级以上地震前,乌兹别里山口地区的 $M \geq 4$ 地震一般有 2~6 年的持续增强。巴楚—伽师 6.8 级地震前,自 2000 年下半年以来该区的 $M \geq 4$ 地震持续高水平活动达 2 年半以

上。仅次于1969—1973年和1979—1984年的持续高水平活动,而这两次持续高值后分别发生了1974年乌兹别里山口的7.3和1985年乌恰7.1级地震。

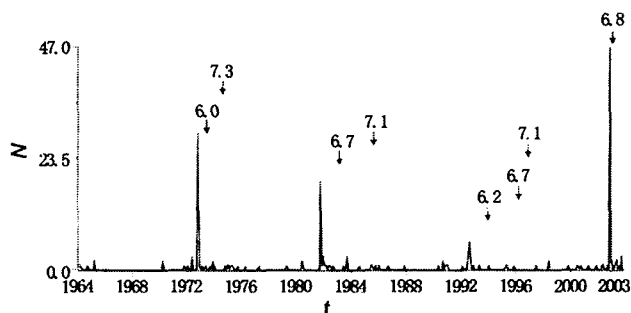


图1 乔格里峰西南地区中等地震频度与新疆强震关系

Fig. 1 Relationship between frequency of middle earthquakes in Southwest region to Qiaogeli Mountain and strong earthquakes in Xinjiang.

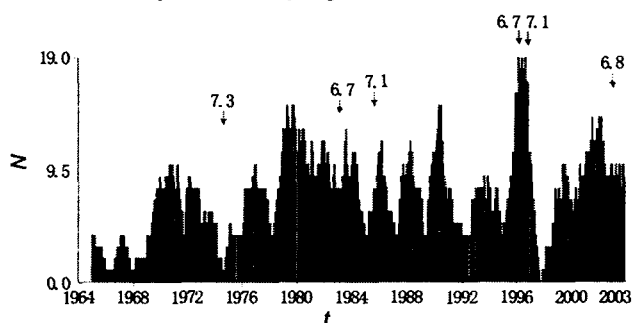


图2 乌兹别里山口4级以上地震频度与南天山及西昆仑地震带强震关系

Fig. 2 Relationship between frequency of $M \geq 4$ earthquakes in Wuzhibieli Mountain pass region and strong earthquakes in seismic belt of Southern Tianshan Mountain and Western Kunlun Mountain.

3 云南地震与新疆地震活动的相关现象

新疆和云南分别位于印度板块与欧亚板块挤压的两个“楔角”附近,由于共同受控于印度板块的动力驱动,两地的地震活动有其内在的联系。程式等^[8]认为这里两板块间的相对运动类似一种跷跷板模式:一端先释放能量后,形成不平衡,则另一端接着释放能量,达到暂时平衡。由图3可见新疆和云南两区的6.5级以上地震分布表现出交替活动的分布格局。这种交替变化很难分辨其先后,但统计两区交替发震的间隔时间仍有一定的预测参考价值。若以两区交替发震一次各成一组进行统计,则1900年以来新疆有14组地震,云南有15组地震。而新

疆发震后,云南12个月以内发震的占 $5/14=36\%$;24个月以内的占 $7/14=50\%$;36个月以内的占 $10/14=71\%$;最长间隔时间92个月。云南发震后,新疆在12个月以内发震的占 $6/15=40\%$;24个月以内的占 $10/15=67\%$;36个月以内的 $14/15=93\%$ 。最长间隔时间47个月。由此可见,新疆发生6.5级以上地震后云南交替发震的时间长于云南发生6.5级以上地震后新疆交替发震的时间。一般云南地区若发生6.5级以上地震后,则随后3年新疆有很大可能(93%)发生6.5级以上地震。实际上2000年1月15日云南6.5级地震后37个月发生了新疆巴楚—伽师的6.8级地震。

图4给出了云南地区1年累积3月滑动计算的5级以上地震频度随时间变化与新疆6.8级以上地震关系。可见频次曲线高于5的波峰共出现了6组,其中5组分别对应了其3年内新疆的6.8级以上地震(1974年7.1、7.3、1985年7.1、1996年7.1、2001年8.1和2003年的6.8级地震),对应率为 $5/6(83\%)$ 。2001年底至2002年中云南地区5级以上地震累积频次出现高值变化,其后半年左右发生了新疆巴楚—伽师的6.8级地震。

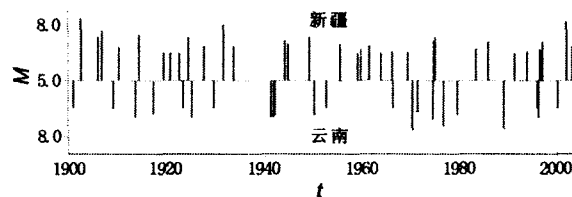


图3 新疆与云南地区 $M \geq 6.5$ 地震活动关系图
Fig. 3 Seismicity Relation of $M \geq 6.5$ earthquakes between Xinjiang and Yunnan region.

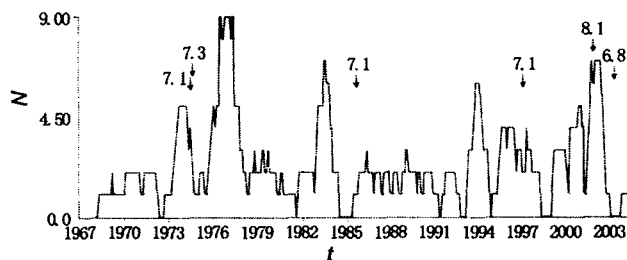


图4 云南中强震频度与新疆强震关系

Fig. 4 Relationship between frequency of middle-strong earthquakes in Yunnan and strong earthquakes in Xinjiang.

4 讨论

许多学者研究全球地震活动时,引用系统论思

想,将整个地球可看成是一个大的孕震系统,而发生在其上的复杂地震现象彼此之间相互制约、相互联系。李志雄、臧绍先^[9-10]等认为强震特别是7级以上大震的孕育与发生受多种因素的制约,大范围内的多点源地震的孕育与发生彼此之间都将产生影响,加速或延缓着相邻地震的发生过程。李献智、张国民等对板块边界活动与中国大陆强震活动的研究表明,中国西部的地震活动主要受印度板块对中国大陆向北推挤的作用,并存在着东、西两个着力点,这也是中国大陆地震活动的主要力源。因此这些地区的地震活动与新疆的地震活动有着较好的相关性。

上述理论是对我们工作中发现的这些现象的解释。这些现象的规律性研究也为地震预测提出了可供借鉴的方法,并在2003年新疆地震趋势预测中得到了较好的映证^①,但这些现象的形成机理及与地震构造的关系还值得进一步深入研究。

[参考文献]

- [1] 朱令人,苏乃秦,杨马陵. 1997年新疆伽师强震群及三次成功的临震预报[J]. 中国地震, 1998, 14(2): 101—115.
- [2] 曲延军,王海涛,袁晓红. 昆仑山口西8.1级地震前地震活动异常图像初步研究[J]. 内陆地震, 2002, 16(2): 101—107.
- [3] 张国民. 印度板块边界地震活动和中国大陆地震[J]. 地震, 1994, 14(3): 1—3.
- [4] 李献智,张国民,吕梅梅. 中国大陆邻区的地震活动和中国大陆地震的关系[J]. 地震, 1996, 16(3): 211—218.
- [5] 王周元,何少林,李勇,等. 中国中深源地震分布特征及其意义[J]. 西北地震学报, 2000, 22(3): 288—295.
- [6] 秦保燕,刘武英. 发震构造类型与震型预测[J]. 西北地震学报, 1992, 14(1): 29—36.
- [7] 陈杰,曲国胜,胡军,等. 帕米尔北缘弧形推覆构造带东段的基本特征与现代地震活动[J]. 地震地质, 1997, 19(4): 301—312.
- [8] 程式,刘文泰,杜芳,等. 帕米尔邻近地区与川滇菱形块体邻近地区地震活动的相关性[J]. 内陆地震, 1997, 11(4): 309—315.
- [9] 李志雄. 地震非均匀度的研究及在强震中期预报中的应用[J]. 地震, 1994, (6): 11—18.
- [10] 臧绍先,吴忠良,宁杰远. 中国周边板块的相互作用及其对中国应力场的影响(Ⅱ)印度板块的影响[J]. 地球物理学报, 1992, 35(4): 428—440.

① 新疆地震局. 新疆维吾尔自治区2003年度地震趋势研究报告. 2002.