

新疆中强震预报的探讨

王筱荣, 李志海

(新疆维吾尔自治区地震局, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要:利用物理意义清晰、彼此间及与地震目录关联度小的预测方法,进行了在新疆预测中强地震及其发震地点和发震条件的探讨。结果表明:3级地震频次维持3个月以上低值和5级地震维持6个月平静反映了6级以上地震的中短期发震背景,地震对应率大于83%;将地震活跃期6级地震发生后3个月内研究区发生的4级地震作为响应地震,其250 km范围内一年内发生中强震的为62%,两年内发生中强震的为79%;以响应区 b 值出现低值—回返作为预备震源可能发震的条件,其后一年内发震的为75%,2年内发震的为92%。

关键词:中强震预报;地震频度;响应地震; b 值

中图分类号: P315.75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2008)02-0132-07

Discussion on Moderate-strong Earthquake Prediction in Xinjiang

WANG Xiao-rong, LI Zhi-hai

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

Abstract: With prediction methods which have clear physical - meaning, are less related each other and with catalogue, the possibility location and condition of moderate-strong earthquakes in Xinjiang region are discussed. The result shows that the low frequency of $M3$ earthquake lasting longer than 3 months, $M5$ earthquake quietness lasting 6 months reflect mid-short term character of occurring $M \geq 6$ earthquakes, and corresponding rate is greater than 83%. Taking $M4$ earthquakes occurring within 3 months after $M6$ earthquake during the earthquake active phase as the response earthquake, the rate of occurring a mid-strong earthquake is 62% in the range of 250 km within one year, and 79% within 2 years. Taking low value - returning of b value in response region as possible occurring condition of prepared focal region, occurring rate is 75% within one year, and 92% within 2 years.

Key words: Prediction of moderate-strong earthquake; Earthquake frequency; Response earthquake; b Value

0 引言

几十年来,为从地震活动性的研究中寻求地震预报实用化或地震危险性分析的技术途径,基于统计方法的参量研究得到迅速发展,仅国内涉及的此类方法就达20多种。尽管各研究者均将所得出的地震活动性参数赋予了一定的孕震物理意义,但由于分析资料都来源于地震目录,因此分析结果彼此相关不可避免,这对异常的综合分析及预报权重对结果的影响有害无利。郑兆苾^[1]等人对1986-

1999年中国126个5级以上震例各类异常总结认为,频度、空区、 b 值是测震学中应用程度最高预测效果最好的方法,而3个参量正是反映地震时间域、空间分布、震级关系的基本物理特征量。上述结果与张肇诚总结1966-1985年中国震例结果基本一致。总结发现随震级的增大异常百分比增大,且中期异常百分比大于短期异常,短期异常百分比大于临震异常。从异常时间来看前兆测项在短临预报中占优势,而测震学在长、中、短期预报中均占优势。

收稿日期:2007-05-10

基金项目:新疆地震局基金(2006Z03)

作者简介:王筱荣(1957-),女(汉族),陕西米脂人,高级工程师,长期从事地震活动性及地震预报工作。

在目前地震前兆机理研究水平和地震预报水平还不高的情况下,需要在前人工作的基础上寻找一些物理意义清晰、彼此间与地震目录关联小的综合预测方法。根据这种思路结合新疆实际和作者多年预报经验,重点研究了新疆3级地震频度和5级地震平静与6级地震的关系,响应地震与中强震发震地点的关系,响应地震所在区 b 值特征与地震孕震过程的关系。这有助于解决年度地震预测中是否有震,如若震发震地点在何处,哪些地点先发震的问题。

1 新疆6级地震发生前区域地震活动状态

系统分析新疆地震目录完整程度认为,1986年

后新疆地震定位能力有较大提高,3级地震定位已不遗漏,天山地震带已达到2级地震不遗漏的定位能力。因此,文中测震学计算内容均从1986年起算。中强以上地震从1970年起算(剔除余震)。约定1年内发生的多次6级地震计为一次地震事件。

研究发现^[2],新疆5级地震平静与区域6级地震的发生有一定的关联性。本文对此进行了进一步系统研究。1970-2006年新疆6个月以上5级地震平静现象出现过21次,平静结束后1年内新疆及边邻地区发生6级以上地震14次(组),3次漏报,5次虚报,一次待对应(见表1)。平静对应地震率75%,地震对应率83%。平静时长与地震震级大小对应关系不明确。3次漏报地震均发生在柯坪块体,这可能与其特殊的构造有关。

表1 1970-2006年新疆5级地震6个月以上平静

序号	平静时段	平静时长/月	后续6级以上地震			平静结束至发震间隔/月
			时间	地点	震级/M	
1	/		1972-01-16	巴楚	6.2	
2	1972-04-10—1972-11-22	7.4	1973-06-03	精河	6.0	7
			1973-07-14	玛尼	7.3	8
3	1974-01-05—1974-08-02	6.9	1974-07-05	巴里坤	7.1	0
			1974-08-11	乌恰	7.3	1
4	1976-01-11—1976-08-02	6.7	/			
5	1976-10-02—1977-07-22	9.7	1977-12-19	西克尔	6.2	5
			1978-03-24	伊塞克湖	7.3	8
			1978-10-08	乌恰	6.0	14
6	1979-03-30—1979-12-01	8.0	/			
7	1981-02-11—1982-03-19	13.3	1983-02-13	乌恰	6.7	11
8	1983-12-16—1985-06-14	17.9	1985-08-23	乌恰	7.1	2
9	1985-08-24—1986-04-22	7.9	/			
10	1986-04-27—1987-01-05	8.3	1987-01-24	乌什	6.3	0
11	1988-08-14—1989-06-09	9.8	1990-04-17	乌恰	6.4	10
			1990-06-14	斋桑	7.3	12
12	/		1991-02-25	柯坪	6.5	
13	1991-07-01—1992-04-04	9.1	1992-08-19	苏萨梅尔	7.5	4
14	1992-04-06—1992-11-27	7.7	1993-10-02	若羌	6.6	11
			1993-12-01	乌恰	6.2	12
15	1994-01-13—1994-08-22	7.3	/			
16	/		1996-03-19	阿图什	6.7	
17	1996-03-20—1996-11-18	7.9	1996-11-19	昆仑山	7.1	0
			1997-01-21	伽师	6级震群	2
			1997-11-08	玛尼	7.3	0
18	1997-06-05—1998-03-18	9.4	1998-03-19	阿图什	6.0	0
			1998-08	伽师	6级双震	5
19	2000-03-28—2000-12-09	8.4	/			
20	2000-12-11—2001-11-13	11.1	2001-11-14	新青	8.1	0
21	2001-11-15—2002-12-24	13.3	2003-02-14	伽师	6.8	2
22	2003-02-15—2003-09-01	7.5	2003-09-27	俄罗斯	7.9	1
			2003-12-01	昭苏	6.0	2
23	2003-12-02—2005-02-14	14.4	2005-02-15	乌什	6.3	0
			2005-10-08	巴基斯坦	7.8	10
24	2005-08-26—2006-09-11	12				

在5级地震平静的基础上进一步对区域3级地震进行分析。选取1986年以来新疆境内3级以上地震,以6个月为窗长,3个月为滑动步长。当3级地震频次低于均值线后,新疆一般会发6级以上地震。研究时段内共出现大于3个月的低值异常10次,对应了新疆9次(组)6级以上地震。多数异常对应了半年内发生的6级以上地震。3次6.5级以上地震前低值异常持续时间均大于一年,表明地震频次低值时间与未来震级大小呈正相关(图1)。

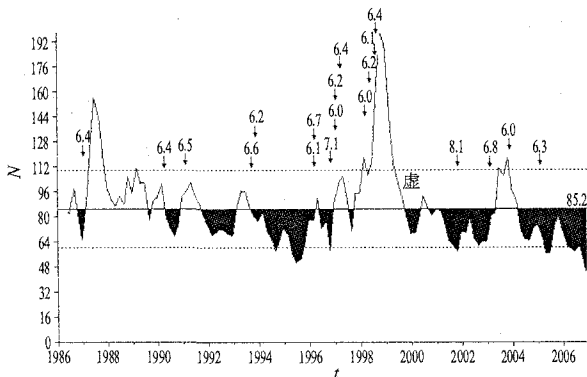


图1 新疆3级以上地震频度与6级地震关系

Fig. 1 Relationship between the frequency of $M \geq 3$ earthquakes and $M \geq 6.0$ mainshock in Xinjiang.

上述研究表明,新疆3级地震频次维持低值和5级地震平静是较好的中短期地震预测方法。异常结束后一年对应中强地震的概率都大于75%,地震对应率均大于83%。

2 响应地震与中强震发震地点的关系

根据多点应力集中观点^[3],在一定范围内不止存在一个预备震源,而这些震源的发震条件由多种因素决定。当系统中某一子系统(震源)失稳发生,整个系统将出现非线性响应,这时那些已处于(或接近)临界失稳状态的子震源失稳发生显著的地震活动。但这些预备震源并非个个都会发生强震,只有进入非线性自组织状态的区域才会发生强震^[4]。根据这种具有非线性响应行为现象,对1985年以来新疆及周边强震的响应地震进行了系统研究。

将6级地震发生后3个月内新疆发生的4级地震作为响应地震,以响应地震为圆心,250 km范围内5级以上地震作为目标地震,同一范围同月发生的5级以上地震作为一次主震看待,地震对应期不超过3年。由于主震较多,中仅将2001年昆仑山口8.1级地震图件作为示例(图2),其它主震与响应地震及后续主震具体结果见表2。1985年以来17次(组)6级以上地震后共发生80次响应地震,其中

8次响应地震还未对应中强震,71次响应地震对应了62次后续主震。同一区域时间上相距较近的多次响应地震可能对应同一主震,如表2中2号地震发生后1987年2月7日和1987年4月2日和田4级地震都是对应了同一主震的响应地震。响应地震发生后一年内对应中强震的占62%(44/71),两年内对应地震的占79%(56/71),可见以响应地震发生区作为未来中强震发震区预报效果较好。

阿尔泰山地震带响应地震与后续地震距离与其他地震带有较大差别,响应地震发生在该带任何部位都与该带后续地震相关。阿勒泰山地震带是新疆4大地震带中走滑性质最强的断裂带,断裂带近南北向,这一构造性质可能会形成与逆冲性质为主的天山构造带不同的响应状态。

多次响应是指多次6级地震后在某个地区都发生了响应地震的情形:表2中2、3号地震在和田和皮山附近均发生了响应地震,1987年4月10日和田发生5.1级地震;14、15号地震在和田附近同样有响应地震发生,2005年8月26日和田发生5.5级地震;10、11号地震发生后出现了类似的情况。上述地区均处于塔里木边缘,相同的构造背景和区域介质状态可能是形成多次响应的原因,这一点还需深入研究。

3 预备震源区 b 值异常特征

b 值是地震活动性研究中最具普适意义的规律之一。研究表明^[5-6],当应力水平达到破坏应力的2/3时, b 值曲线的规律发生突变,系统将进入非线性状态,系统自组织加强。因而此点可以认为是一个特征点,它区分着体系的状态及机制。近年研究发现的大震前降维现象,不仅包含了地震空间分维的降维,同时也包含了断层几何分维的降维^[7],这正是人们早已熟知的大震前 b 值下降的物理实质所在。围压试验表明,随应力的增加 b 值的变化分为3个阶段:第一阶段 b 值与外围应力差水平没有明显的依赖关系,大体表现为与岩石性质有关的一个噪声水平;第二阶段 b 值曲线的规律发生突变;第三阶段 b 值曲线的变化与外界应力水平呈正相关。显然我们日常观测到的 b 值异常有可能是三者延续,更有可能是后两者的体现。因此特征点与异常程度及大破裂发生时间密切相关。

将响应地震发生区域作为预备震源区,以各响应地震为圆心200、300 km半径范围内2级以上地震为基础资料,分析目标主震前4年 b 值变化过程。

表2 响应地震和b值与后续主震对应关系

序号	主震参数			响应地震参数			后续主震参数			b 值低值异常/月								
	时间	地点	震级/M	时间	地点	震级/M	时间	地点	震级/M	时间	持续	距发震						
1	1985-08-23	乌恰	7.1	1985-11-12	哈巴河	4.1	1986-07-01	阿勒泰	6.0	1985-03—1986-07	16	0						
				1985-11-04	皮山	4.1							未形成持续异常					
				1985-08-28	温泉	4.6							未形成持续异常					
				1985-10-08	且末	4.1							/					
2	1986-07-01	阿勒泰	6.0	1986-08-16	巴楚	4.5	1987.01.24	乌什	6.4	1984-12—1986-07	20	6						
				1986-07-07	喀喇昆仑	6.2	1986-08-20	巴楚	4.0				1987-01-24	乌什	6.4			
				1986-10-01	阿合奇	4.5	1987-01-24	乌什	6.4									
				1986-07-17	阿合奇	4.5	1987-01-24	乌什	6.4									
				1986-08-24	托克逊	4.2	1987-12-22	托克逊	5.5									
				1986-08-27	和田	4.3	1987-04-10	和田	5.1									
				1986-09-14	皮山	4.1	1987-04-10	和田	5.1				1986-04—1987-01	9	4			
				1986-10-03	乌恰	4.3	1987-04-30	乌恰	5.8				1985-02—1986-06	16	10			
3	1987-01-24	乌什	6.4	1987-02-07	和田	4.2	1987-04-10	和田	5.1	1986-04—1987-01	9	1						
				1987-04-02	和田	4.6							1987-04-10	和田	5.1			
				1987-03-09	乌恰	4.2							1987-04-30	乌恰	5.8	1985-02—1986-06	16	1
				1987-04-05	昭苏	4.1							1987-08-05	拜城	5.0	1986-06—1987-08	14	0
				1987-04-24	塔城	4.2							/					
4	1990-04-17	乌恰	6.4	1990-06-20	托里	4.2	1990-10-25	乌苏	5.2	1989-02—1990-01	11①	9						
				1990-06-26	沙湾	4.0							1990-11-04	吐鲁番	5.0			
				1990-07-07	吐鲁番	4.1							1991-02-25	柯坪	6.5	1990-01—1991-02	13	0
				1990-05-21	巴楚	4.3												
5	1991-02-25	柯坪	6.5	1991-03-07	乌恰	4.0	1993-12-01	乌恰	6.2	1991-03—1992-06	15	6						
				1991-04-03	塔里木	4.8												
				1991-03-24	青河	4.3							未形成持续异常					
6	1993-12-01	乌恰	6.2	1993-12-01	伊吾	4.5	1996-03-13	阿勒泰	6.1	1995-04—1996-03	11	0						
				1994-02-25	伊吾	4.1							1996-03-13	阿勒泰	6.1			
				1993-12-14	阿克陶	4.1							1994-10-03	阿克陶	5.1	1994-02—1994-10	8	0
				1994-01-12	新源	4.1							1995-05-02	乌苏	5.8	1993-01—1993-11	11	18
				1994-02-26	乌恰	4.5							1996-03-19	阿图什	6.7	1994-02—1995-02	12	13
7	1996-03-13	阿勒泰	6.1	1996-03-20	和硕	4.3	1997-06-04	新源	5.0	1995-02—1996-01	11②	17						
				1996-03-19	阿图什	6.7							1996-11-19	喀喇昆仑山	7.1	1992-01—1994-06	26	29
				1996-06-04	若羌	4.0												
8	1996-11-19	喀喇昆仑	7.1	1996-12-06	巴楚	4.1	1997-01-21	伽师	6.2	1996-11—1998-05	18	0						
				1997-01-15	巴楚	4.1							1997-01-21	伽师	6.2			
				1996-11-23	莎车	5.0							1998-05-29	皮山新源	6.2			
				1996-11-30	阿拉山口	4.8							1997-06-04		5.0	1995-10—1997-06	20④	0
9	1997-01-21	伽师	6.0	1997-01-25	阿克陶	4.1	1998-03-19	阿克陶	5.5	1997-05—1998-03	10	0						
				1997-02-06	阿克陶	4.2							1998-03-19	阿克陶	5.5			
				1997-03-05	乌恰	4.0							1998-03-19	阿图什	6.0			
				1997-03-05	阿合奇	4.5							1998-03-19	阿图什	6.0	1996-09—1997-09	12	6
10	1998-03-19	阿图什	6.0	1998-05-18	阿图什	4.1	1998-08-02	伽师	6.1			⑤						
11	1998-05-29	皮山	6.2	1998-07-01	阿图什	4.0	1998-08-02	伽师	6.1			⑥						
12	1998-08-02	伽师	6.1	1998-08-02	拜城	4.9	1999-03-15	库车	5.7	1998-07—1999-03	9	0						
				1998-08-27	伽师	6.4							1999-02-28	阿合奇	5.3			
				1998-09-18	阿合奇	4.3	1999-02-28	阿合奇	5.3									
				1998-08-14	阿图什	4.3	1999-02-28	阿合奇	5.3				1998-04—1999-02	10	0			
13	2001-11-14	昆仑山	8.1	2001-12-17	伽什	4.1	2003-02-24	伽什	6.8	2000-01—2001-02	14	24						
				2001-12-19	乌恰	4.0							2002-12-25	乌恰	5.8	2001-11—2002-12	13	0
				2001-12-25	喀喇昆仑	4.5							2002-11-21	境外	6.5			
				2001-12-22	石河子	4.0							2003-02-14	石河子	5.4			
				2002-02-08	石河子	4.6							2003-02-14	石河子	5.4	2002-02—2003-02	12	0
				2001-11-24	阿勒泰	4.1							2003-05-07	阿勒泰	5.8			
				2001-12-05	巴里坤	4.6												
2001-12-11	巴里坤	4.1																

续表 2

14	2003-02-24	伽什	6.8	2003-03-18	乌恰	4.1	2003-09-02	阿克陶	5.8	2002-05—2003-03	10	6
				2003-05-20	乌恰	4.1	2003-09-02	阿克陶	5.8			
				2003-04-18	阿合奇	4.0	2003-09-27	阿图什	5.4			
				2003-04-23	阿合奇	4.1	2003-09-27	阿图什	5.4			
				2003-05-07	阿勒泰	5.8	2003-09-27	俄罗斯	7.9			
				2003-02-24	拜城	4.1	2003-12-01	昭苏	6.0			
				2003-04-01	温泉	4.4	2004-10-27	温泉	5.1			
				2003-05-14	和田	4.5	2005-08-26	和田	5.5			
				2003-05-12	和田	4.2	2005-08-26	和田	5.5			
				2003-03-13	库尔勒	4.3						
15	2003-12-01	昭苏	6.0	2004-02-23	乌恰	4.2	2004-03-21	乌恰	5.0	2003-09—2004-03	6	0
				2003-12-25	阿克陶	4.2	2004-03-21	乌恰	5.0			
				2003-12-05	乌恰	4.1	2004-03-21	乌恰	5.0			
				2004-01-23	乌什	4.0	2005-02-15	乌什	6.3			
				2004-02-16	和田	4.7	2005-08-26	和田	5.5			
				2004-02-06	和田	4.3	2005-08-26	和田	5.5			
16	2005-02-15	乌什	6.3	2005-03-24	巴楚	4.3	2005-08-25	阿瓦提	5.2	2003-02—2004-04	14	⑦
				2005-04-15	拜城	4.3	?					
				2005-03-10	拜城	4.2	?					
				2005-05-10	库车	4.1	?					
				2005-05-06	库车	4.3	?					
				2005-02-15	富蕴	4.8	?					
				2005-04—2006-08	16	⑧						
17	2005-10-08	巴基斯坦	7.8	2005-10-09	新源	4.2	2006-11-23	乌苏	5.1	2003-11—2004-11	12	24
				2005-10-20	库车	4.7	?					
				2005-11-14	乌什	4.2	?					
				2006-01-06	阿图什	4.5	?					
				2006-01-04	乌恰	4.0	2006-08-06	塔什库尔干	5.5			
				2003-09—2004-09	12	23						

注:响应地震一栏黑体表示资料太少,不能计算 b 值。 b 值异常持续时间一栏中圈号表示计算资料受其它地震影响①1988 年和静 5 级地震②1995 年乌苏、1996 年石河子 5 级地震③1996 年阿图什 6 级地震④1995 年乌苏、1996 年石河子 5 级地震⑤1997 年伽师强震群⑥1997 年伽师强震群⑦2005 年乌什 6 级地震⑧2003 年昭苏 6 级地震

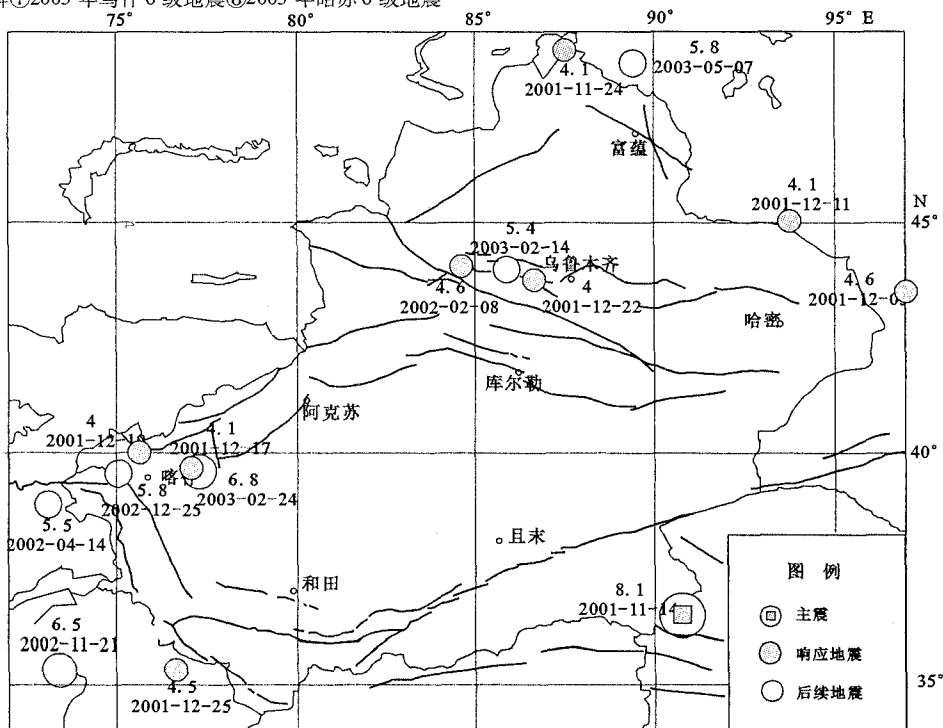


图 2 2001 年昆仑山口西 8.1 级地震后响应地震、后续主震分布

Fig. 2 Distribution of the responsible earthquakes and following main earthquakes after Kunlunshan Mouth M_s 8.1 earthquake in 2001.

由于新疆是地震高发区,特别是天山地震带各目标地震间所用基础数据叠加现象时有发生,不同构造间数据交融也常见。因此文中采选基础数据以构造为先,时间为次的原则为准。

由于篇幅限制仅将1987年1月24日乌什地震前 b 值低值异常情况作为示例(图3),其它地震前 b 值异常时间及相关数据见表2。计算结果显示中强震发生前区域 b 值呈低值,一般回返后发生地震。计算结果分为3种:一种是预备震源区通过 b 值判定为不发震的,实际也未发震,占3例;第二种是通过 b 值判定为发震的,但始终未发震,占1例;第三种是通过 b 值判定为发震的,实际后续也发生地震的,此类情况占37例(包括2次响应的情形)。 b 值最长异常时间26个月,最短6个月。6级地震异常时间一般为一年以上,5级地震异常时间一般为一年左右,异常时间与震级基本呈正相关(图4)。新疆边临地区台网布局较稀疏,阿勒泰地震带和阿尔金地震带监控能力较弱,13次有响应地震发生的地区无法用 b 值进一步分析。除了13次监控能力较弱地区和待对应地震外, b 值判定预备震源一年内发震对应率为75%,2年内发震对应率为92%。由此可以看出,在确定了预备震源的基础上用 b 值判定研究区发震与否预测效果较好。

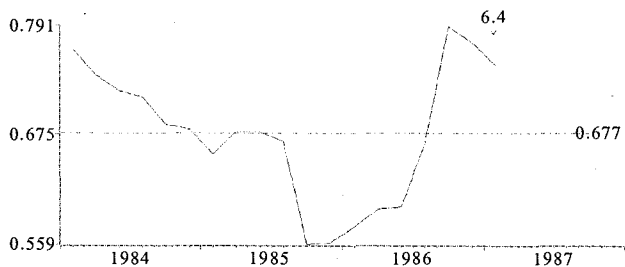


图3 1987年乌什6.4级地震前 b 值时序曲线

Fig. 3 The b value curve of Wushi M6.4 earthquake in 1987.

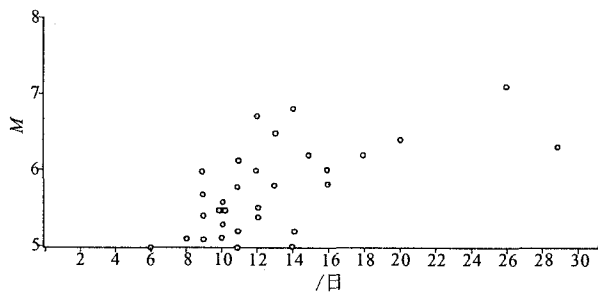


图4 b 值异常时间与后续震级的关系

Fig. 4 Relationship between anomalous time of b value and following earthquake magnitude.

分析发现,3次6.7级以上地震和乌苏5.8级地震前 b 值异常时间均小于异常结束至发震时间。

1996年3月19日阿图什6.7级地震、1996年11月19日喀喇昆仑7.1级地震、2003年2月24日伽什6.8级地震及1995年5月2日乌苏5.8级地震(研究时段内北天山最大地震)前 b 值异常时间都为11个月以上,而未来地震都发生在异常结束后13个月以上。这一现象有待研究。

4 讨论与结论

4.1 讨论

(1) 响应地震对应后续地震效果与大区域应力涨落水平正相关。研究时段内新疆发生了3组强烈地震活动,时间分别是1985—1987、1996—1998、2001—2005,三组活动过程中与响应地震相关的后续中强震明显高于其他时段。第一时段新疆共发生10次5级以上地震,与响应地震有关联的占7次,关联比为70%;第二时段关联比为67%;第三时段关联比为75%。范俊喜等研究认为^[8]成组地震活动与地块活动有关。对比三个时段后续地震分布,发现它们多发生在天山地块和羌塘地块西北段(西昆仑地震带),说明区域应力加强时上述地块受控与大系统而活动,响应地震实质上是应力场增强过程中地块活动的一种前期表现形式。

(2) 多数6级地震与响应地震相关,主震为6.8级以上地震的响应范围大于较小地震。1985年后新疆境内发生的16次6级以上地震与响应地震相关的为14次,占6级地震总数的88%,这一比率与响应地震对应地震总体比率86%一致。其中9次地震与响应地震关系密切,即后续强震发生在响应地震后12个月内。1990年4月17日乌恰地震和1993年若羌地震都发生在新疆地震弱活动阶段,震前该区未发生响应地震。2001年11月14日昆仑山8.1级地震的影响范围涉及到新疆各大地震带(参见图2),1996年11月19日喀喇昆仑7.1级地震的影响范围涉及到天山和西昆仑地震带,2003年2月24日伽师6.8级地震的影响范围也涉及到新疆各大地震带。与响应地震关系不密切的均为5级地震。普遍认同较强地震与区域应力场的增强和区域构造运动有关,它们受控于较高层次的地块运动。高层次的地块控制高震级地震,低层次地震则分布在更低层次块体边界或随机分布^[9]。

(3) 构造异同对 b 值的结果有较大影响,同一研究时段发生的2次以上目标地震还存在异常叠加问题。因此,计算时应充分考虑上述原因对 b 值产生的影响。根据GPS测量结果新疆南部和北部运

动速度有较大差异,北部运动速度不大于 10 mm/a,南部运动速度不小于 10 mm/a,且由南向北运动速度值递减^[10]。这一现象与南北天山地震活动的强弱差异关系密切,由于能量累积速度不同造成异常持续时间不同,可能是震级相同时北天山 b 值异常时间大于南天山的原因。低 b 值结束至南北天山较大目标地震发生等待时间较长,能否说明介质加压情况下 b 值经历的第三个过程所需时间与震级呈正相关,有待进一步研究。

(4) 中强震前地震平静是一种较普遍现象^[11-12]。实验表明^[13],岩石在单轴压缩加载破裂前,存在声发射的平静期,这一阶段正与强震活动前区域地震平静现象相一致。但实际地震活动又是复杂的,在本文研究时段内有 3 次强震前未出现地震平静现象,区域 5 次超过 6 个月的平静后未发生强震。因此在地震发生机理仍不明了的探索阶段,任何一种预测方法都有其不可面对的预报软肋。

4.2 结论

根据新疆 5 级地震平静和 3 级地震累积频次可以较好的确定年度地震趋势,利用响应地震发震位置可以较好的判定预备震源区和响应地震区域 b 值低值异常及其是否有发震可能。较为系统的进行回顾性分析得到下述具体结论:

(1) 新疆 3 级地震累积频次低于均值 3 个月以上,未来研究区有发生 6 级地震的可能。一年内发生 6 级地震的概率为 90%。5 级地震平静 6 个月以上可作为判断未来是否有 6 级以上地震的辅助判定手段。

(2) 以新疆地震活跃期响应地震分布做为预备震源区,判定未来发震地点预测信度较高。未来 3 年发生中强震的概率为 86%。

(3) 预备震源区出现低 b 值异常其 250 km 区域有可能发生中强地震。预备震源区维持一年以上低 b 值,异常结束后一年内发生 6 级地震的概率为 75%,2 年内发生 6 级地震的概率为 92% (不包括资料少的地区和 3 次伽师阿图什地震及待对应地震区)。

[参考文献]

- [1] 郑兆苾,张国民,何康,等. 中国大陆地震震例异常统计与分析[J]. 地震,2006,26(2):29-37.
- [2] 王筱荣. 地震平静特征与新疆的中强地震[J]. 西北地震学报,2003,23(3):246-252.
- [3] 马宗晋. 华北地壳的多(应力集中)点场与地震[J]. 地震地质,1980,2(1):39-48.
- [4] 白超英,王筱荣. 新疆成组中强地震活动前后地震活动图像的时空演化特征[J]. 西北地震学报,2001,21(2):149-159.
- [5] 吴小平. b 值物理机制的再探讨[J]. 西北地震学报,1990,12(3):1-12.
- [6] 秦保燕. 大震前复杂震源系统的非线性阶段和大震预报(一)[J]. 西北地震学报,1986,6(4):1-8.
- [7] 李海华,张勇利,张文孝,等. 地震自相似现象初探[J]. 内陆地震,1990,4(4):292-300.
- [8] 范俊喜,马瑾,刁桂苓,等. 地块活动与成组地震关系的初步探讨[J]. 地震学报,2001,23(5):514-522.
- [9] 张国民,马宏生,王辉,等. 中国大陆活动地块边界带与强震活动[J]. 地球物理学报,2005,48(3):602-610.
- [10] 王琪,张培震,朱之俊,等. 中国大陆现今地壳运动和构造变形[J]. 中国科学(D辑),2001,31(7):529-536.
- [11] 宋俊高,王炜,陆锦华. 前兆性地震平静在中期预报中的定量研究[J]. 西北地震学报,1997,19(3):38-43.
- [12] 吴富春,徐俊奇,张宪,等. 中国地震预报中地震学异常的统计研究[J]. 西北地震学报,2000,22(2):105-109.
- [13] 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,1993:272-277.