

南天山地震带地震平静与中强震关系再研究

王筱荣, 王 琼

(新疆维吾尔自治区地震局, 新疆, 乌鲁木齐 830011)

摘要:地震活动的平静现象可分为4种:无震平静和震后平静可归于非前兆性平静;震前平静和场兆平静则可归于前兆性平静。本文分类统计了南天山地震带东、西段的地震平静现象,分析了平静特征及其与主震的关系。平静的层次性特点有助于判定未来震级和地点。

关键词:新疆;南天山地震带;前兆性平静;非前兆性平静;中强震

中图分类号: P315.75 文献标识码: A 文章编号: 1000-0844(2010)03-0279-07

Further Research on the Relation between the Seismic Quiescence and Moderate-strong Earthquakes in the Southern Tianshan Seismic Belt

WANG Xiao-rong, WANG Qiong

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

Abstract: There are four types of seismic quiescence: Non-earthquake quiescence and quiescence after-earthquake are regarded as non-precursor quiescence, quiescence before earthquake and field-precursor quiescence are precursor quiescence. In this paper, the seismic quiescence phenomena in the both eastern and western part of southern Tianshan seismic belt are statistically divided in different types, the characteristics of the quiescence and relationship with mainshock are analyzed. Research on the characters for different seismic quiescence level is helpful for judging the magnitude and position of future earthquake.

Key words: Xinjiang Uygur Autonomous Region; Southern Tianshan seismic belt; Precursor quiescence; Non-precursor quiescence; Moderate-strong earthquake

0 引言

强震前的地震活动平静现象较为普遍。早在1961年对河源水库地震监测中平静与后续地震的关系已普遍为现场工作者所关注。密集-平静-大震的预报经验始于邢台地震,在海城地震中得到了有效应用^[1]。由于其普遍性,地震平静现象被认为是具有物理意义的地震前兆,并被作为地震预报的重要依据。

地震平静是指在某个研究区内某一时间段地震活动明显偏离该区地震活动平均背景的情形。大震前地震平静现象的物理机制,国内外学者从不同角度进行了大量研究^[2-4]。马胜利等人基于岩石变形

声发射实验结果讨论了大震前地震活动平静现象的机制,认为大地震前断层的“蠕滑-匀阻化”过程是造成地震活动平静现象的可能机制^[5]。

实际工作中我们常遇到平静发生后并未发生预期地震的现象,迫使我们不得不对平静现象进行重新认识。新疆天山地区地震活动较为频繁,由于北天山中强震前地震平静现象不显著^[6],而南天山地震带不但中强震频发,且为主要地震监视区,故本文以南天山地震带为对象开展对地震带平静现象的研究。

1 资料与方法

收稿日期:2009-02-28

基金项目:国家科技支撑计划子专题(2006BAC01B03-04-02)

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

本文选用新疆地震局地震目录。该目录 1970 年以来 4 级以上地震无遗漏,从而保证了分析结果的可信度。分析中剔除了余震。各地震带范围由第四代区划图确定。

南天山地震带东、西段年平均分别发生 4 次和 6.8 次 4 级地震。将可能发生 1 次 4 级地震的 2 倍时长作为平静发生的扫描窗长,得到东、西段 4 级地震平静扫描窗长分别为 6 个月和 4 个月。以南天山东、西段出现大于 6 个月和 4 个月的平静后,8 个月内东、西段发生的 5 级以上和 6 级以上地震作为目标地震。同理,新疆年均发生 5 级地震 4 次,6 个月 5 级地震平静可作为新疆 1 年内发生 6.5 级以上强震的前兆异常。

本文规定:对某一构造带而言,发生中强震后的地震平静现象为震后平静;构造带与大区域大体相同时间段出现的平静为场兆平静;某区域或构造带震前出现的平静为震前平静;某区域或构造带未对应目标地震的平静现象为无震平静。无震平静和震后平静都可归于非前兆性平静,这样能更客观的反

映平静状态,也利于地震趋势判定。

2 南天山地震带西段地震平静现象

2.1 平静现象分类统计

由图 1,1970 年以来南天山地震带西段 4 级以上地震平静出现 28 次。以 6 级以上地震作为目标地震,则西段 12 次(组)6 级地震前 11 次出现了 4 级地震平静,其中 7 次目标地震发生在 3 个月内,4 次目标地震发生在 8 个月内,所有目标地震均发生在柯坪块体;震后平静出现 4 次;场兆平静出现 12 次,都与天山和西昆仑交汇区 6 级以上地震或天山地震带近场 7 级以上强震相关;无震平静 5 次。有 3 次平静现象可能和两种因素有关,统计中暂且都予以考虑。

除去 4 次震后平静,24 次平静对应研究区内 6 级以上地震的占 46%,其中平静后 3 个月发震的占对应地震数的 73%。由此可见异常平静的前兆意义。

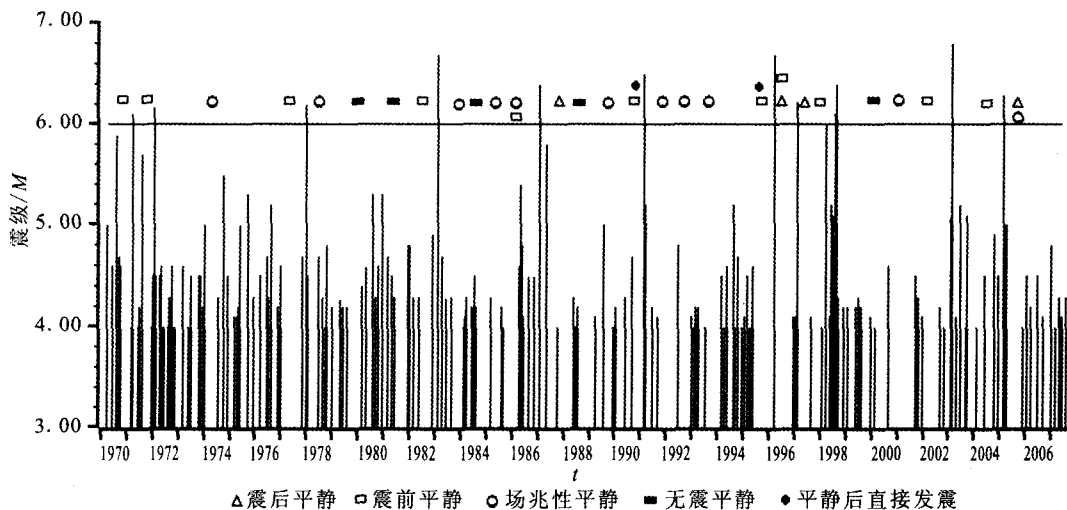


图 1 南天山地震带西段 1970 年以来 4 级以上地震时序图

Fig. 1 $M-t$ diagram of $M_s \geq 4$ earthquakes since 1970 in the western part of Southern Tianshan seismic belt.

2.2 场兆性平静分析

前已述及西段场兆性平静占平静总数的 43%,这与该区的特殊构造位置有关。南天山地震带西段和西昆仑地震带北端紧密相连,此交汇区地震关联性活动较强。将图 1 中场兆性平静和近场 6 级以上地震依次列于表 1,结合图 2 其关联性活动更加清晰:6 次场兆性平静直接与交汇区 6 级以上地震相关,这些地震距南天山地震带均在 50 km 范围;5 次场兆性平静与距南天山地震带 500 km 范围内天山和昆仑地震带 7 级以上地震相关;研究时段唯一

次 8 级地震虽然距南天山西段千公里之遥,但对构造带及整个新疆的影响也很强。因此,构造复杂地区某条构造带地震起伏,不但与自身中强震有关,还可能与相邻构造未来中强震相关,这一点应特别引起关注。若将南天山西段上述场兆性平静与近场 6 级以上地震联系起来分析,该区平静与地震的对应水平将提高到 67%。

2.3 打破平静 4 级地震空间分布特点

由图 1,6 级地震发生前的平静现象一种是被 4 级地震打破,另一种是由 6 级地震自身打破。为进

表1 南天山西段场兆性平静与近场及远场地震关系

序号	平静时段	平静后近场6级以上地震			平静后远场7级以上地震			7级地震震后平静		
		日期	地点	震级/M	时间	地点	震级/M	时间	地点	震级/M
1	1974-02 - 1974-06	1974-08-11	乌恰	7.3						
2	1978-02 - 1978-05	1978-10-08	乌恰	6.0	1978-03-24	吉尔吉斯斯坦	7.3			
3	1983-10 - 1984-01	1983-12-16	乌恰	6.1						
4	1985-03 - 1985-07	1985-08-23	乌恰	7.1						
5	1985-09 - 1986-03							1985-08-23	乌恰	7.1
6	1989-07 - 1989-11	1990-04-17	乌恰	6.4						
7	1991-09 - 1992-05				1992-08-19	吉尔吉斯斯坦	7.5			
8	1992-08 - 1992-12							1992-08-19	吉尔吉斯斯坦	7.5
9	1993-08 - 1993-11	1993-12-01	乌恰	6.2						
10	2000-09 - 2001-08				2001-11-14	昆仑山口西	8.1			
11	2005-04 - 2005-11				2005-10-08	巴基斯坦	7.8			

一步弄清6级地震前短临信息,对打破平静地震与6级地震的空间分布情况进行了研究(篇幅所限图略),相关结果列于表2。由表2,打破平静后3个月内发生主震的有6次,占67%。打破平静地震与后

续主震构造关系密切的有4次,这些主震都发生在普昌断裂东侧;发震关系不密切的位于普昌断裂西侧或西南的伽师地区。另有两次平静由6级地震直接打破,主震分别位于普昌断裂东西两侧。

表2 南天山西段打破平静地震相关参数

序号	打破平静地震发生时间	6级地震		与主震的时间间隔	打破平静后4级地震数	4级地震与6级地震位置关系
		时间	地点			
1	1971-03-12	1971-03-23	乌什	1个月	1	构造位置关系密切
2	1971-12-12	1972-01-16	柯坪	1个月	2	构造位置关系密切1个
3	1977-10-26	1977-12-19	西克尔	2个月	1	构造位置关系不密切
4	1983-11-22	1983-02-13	乌恰	3个月	1	构造位置关系不密切
5	1986-04-08	1987-01-24	乌什	8个月	9	构造位置关系密切3个
6	1997-01-15	1997-01-21	伽师	1个月	2	构造位置关系不密切
7	1998-01-23	1998-03-19	阿图什	2个月	2	构造位置关系不密切
8	2002-11-02	2003-02-24	伽师	4个月	1	构造位置关系不密切
9	2004-10-08	2005-02-15	乌什	4个月	4	构造位置关系密切1个

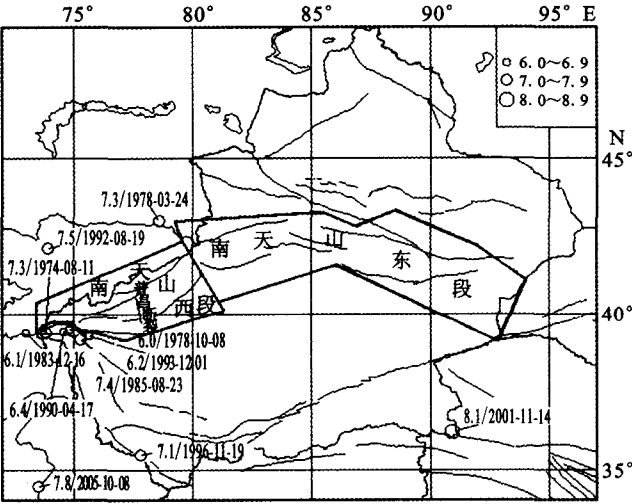


图2 南天山地震带西段与场兆性平静相关的6级以上地震分布

Fig.2 Epicenter distribution of $M_s \geq 6$ earthquakes in the western part of Southern Tianshan seismic belt related to the field - precursor quiescence.

3 南天山地震带东段地震平静现象

3.1 平静现象分类统计

南天山地震带东段4级地震平静共出现24次,对应了11次5级以上地震,占14次(组)5级以上地震前平静数的79%。其中8次目标地震发生在3个月内,2次目标地震发生在8个月内,1次相隔14个月。震后平静出现7次,占平静总数的29%;场兆性平静出现4次;无震平静出现3次(图3)。扣除震后平静,5级地震前4级地震平静6个月以上占平静总次数的65%,可见平静现象在东段也具有一定的前兆意义。中强震发生在平静后14个月的这次事件较为特殊,由图3可知,经过1996年长期平静和1997年相对平静后,东段15个月内连续发生6次5级以上地震,是1950年以来该段短时间发震次数最多的一次中强震成组活动事件。

3.2 场兆性平静分析

南天山地震带东段场兆性平静占平静总数的17%,由图3可知它们分别出现在1973 - 1974年、

1984年、1985年和2001年。在此期间1974年8月乌恰发生了7.3级地震,1985年8月乌恰发生7.1级地震,2001年11月昆仑山口西发生8.1级地震。结合图5不难看出,1973-1974年带内平静与新疆5级地震平静时段有重合,推测前期平静可能反映

了带内震后平静,后期与新疆5级地震重合的平静时段可视为场兆平静。1985年乌恰7级地震前1.5年新疆都处于平静状态,东段1984年和1985年出现的2次平静可能都与这次7级地震有关。

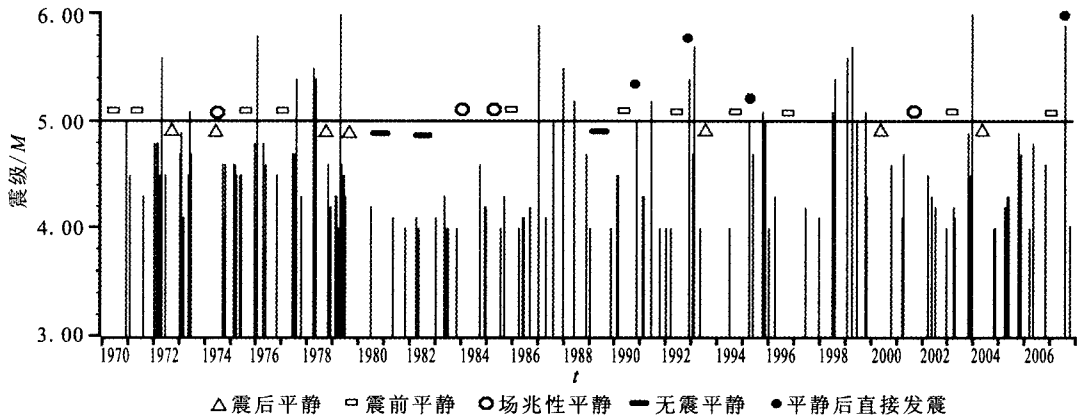


图3 南天山地震带东段1970年以来4级以上地震时序图

Fig. 3 $M-t$ diagram of $M_s \geq 4$ earthquakes since 1970 in the eastern part of Southern Tianshan seismic belt.

表3 南天山东段场兆性平静与近场及远场地震关系

序号	平静时段	平静后5级以上地震	平静与远场7级以上地震		
			时间	地点	震级/M
1	1973-06-1974-07	无	1974-08-11	乌恰	7.3
2	1983-12-1984-09	无	1985-08-23	乌恰	7.1
3	1985-01-1985-06	无	1985-08-23	乌恰	7.1
4	2001-04-2002-02	无	2001-11-14	昆仑山口西	8.1

从图3可见,打破平静也分为2种,一种是由4级完成,另一种是由5级以上地震自身完成。4级地震打破平静至5级地震发生时间段内地震分布情况见图4和表4。由表4,8组地震中5级以上地震发生在打破平静后3个月内的有5次。除1976年地震较特殊外,打破平静后4级地震分布与后续5级地震震中关系密切的有5例。

3.3 打破平静地震空间分布特点

表4 南天山东段打破平静地震相关参数

组号	打破平静地震发生时间	5级地震		与主震的时间间隔	打破平静后4级地震数	4级地震与5级地震位置关系
		时间	地点			
第一组	1972-01-02	1972-04-09	轮台	3个月	5	位置关系密切
第二组	1973-01-15	1973-05-17	拜城	4个月	8(震群)	位置关系密切
第三组	1974-09-21	1976-01-10	库车	15个月	6	位置关系密切
	1975-11-27	1976-01-10	库车	1.5个月	1	位置关系不密切
第四组	1977-06-06	1977-07-23	库车	1.5个月	4	位置关系密切
第五组	1978-10-14	1979-03-29	库车	5.5个月	4	位置关系密切
第六组	1986-03-20	1987-01-06	拜城	9.5个月	3	位置关系不密切
第七组	1997-05-27	1998-06-25	阿克苏	1个月	2	位置关系不密切
第八组	2003-10-11	2003-12-01	昭苏	1.5个月	4(震群)	位置关系密切

1976年1月10日库车地震前经历了2次平静,第一次打破平静地震与1976年库车地震关系密切,第二次打破平静地震与1976年库车地震位置关系不大(图4(a))。

统计表明,东段4级地震年均自然发生概率为3.76次,表4中5次发震位置相关的地震打破平静至主震发生时段内4级地震个数均高于月均值。事实上,1976年1月6日库车地震前1975年2月至5月震区附近地区也连续发生了4次4级地震,其位

置关系也较密切。基于上述两点认为,南天山地震带东段平静发生后4级地震集中分布区是未来较短时间内发生5级以上地震的首选地区。2008年8月30日和静5.6级地震证明了上述结论的正确性:2007年12月至2008年7月东段4级地震平静8个月,2008年7月29日和8月22日断裂带发生2次4级地震,和静5.6级地震与2次4级地震构造关系密切。震前作者对该地震作出了明确的判定。

另外,南天山和中天山构造交汇部位和库尔勒

东部地区4级地震年均水平仅为0.46和0.70次,两区4级地震活动远低于南天山东段3.76次的年均水平。此区正是由5级地震直接打破平静中强震发震区,这可能是2区中强震前地震活动不同于其它地震的因素之一。仍有几次非直接发震的5级地

震发生在上述弱活动区,结合图3和图4可见,这几次地震恰恰发生在东段5级地震成组活动时段,表明东段5级地震成组活动时期不同层次的地震活动会波及到整个东段。

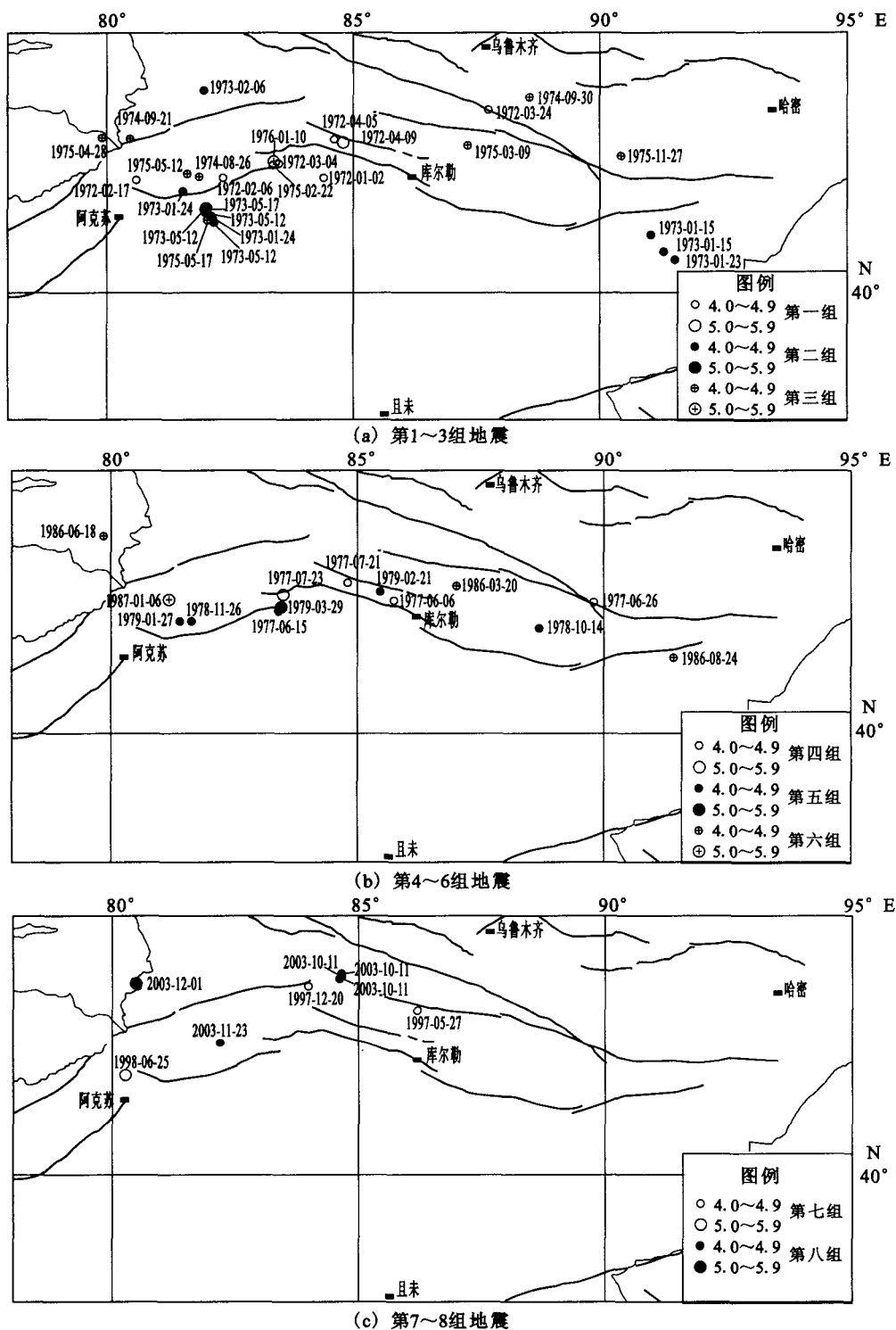


图4 南天山地震带东段打破平静4级地震与后续主震分布

Fig.4 Epicenters of M_5 earthquakes which end quiescence and following mainshocks in the eastern part of Southern Tianshan seismic belt.

4 平静的层次性与中强震的关系

我们注意到,一些平静现象在南天山地震带的东、西段大致相同的时间出现,他们似与大范围内的大震活动有关。对比分析南天山东段、西段和新疆5级地震平静现象,这些大致同步的平静与强震关系密切。换言之,构造带中小地震平静反映了自身的中强地震前兆;伴随上述平静新疆大范围出现中等以上地震平静则反映了大区域强震前兆。这种不同层次的平静现象的甄别有利于强震的识别。例如:南天山东段1976年1月10日库车地震前经历了2次平静,第一次平静发生在1973年年中至1974年年中(图3),而1974年1月至7月南天山西段也出现了平静(图1),1974年1月至7月新疆5级地震同步平静(图5),据此判断新疆存在发生强震的

可能。事实上,这次不同层次的平静与1974年8月11日乌恰7.3级地震相关。第二次平静出现在1975年,但同期新疆未出现5级地震平静,1976年1月10日在南天山东段库车附近发生5.8级地震。2001年昆仑山口西8.1级地震前也有类似情况发生。

也有平静后不但构造带发生中强震,新疆及其边邻地区也发生强震的情况。如1991-1992年间不同区域出现平静,1992年8月19日吉尔吉斯斯坦发生7.5级地震,南天山东段1992年11月至1993年2月分别发生5.4级和5.7级地震。因此,利用不同层次的平静现象判定构造带是否发震还应配合其他方法。

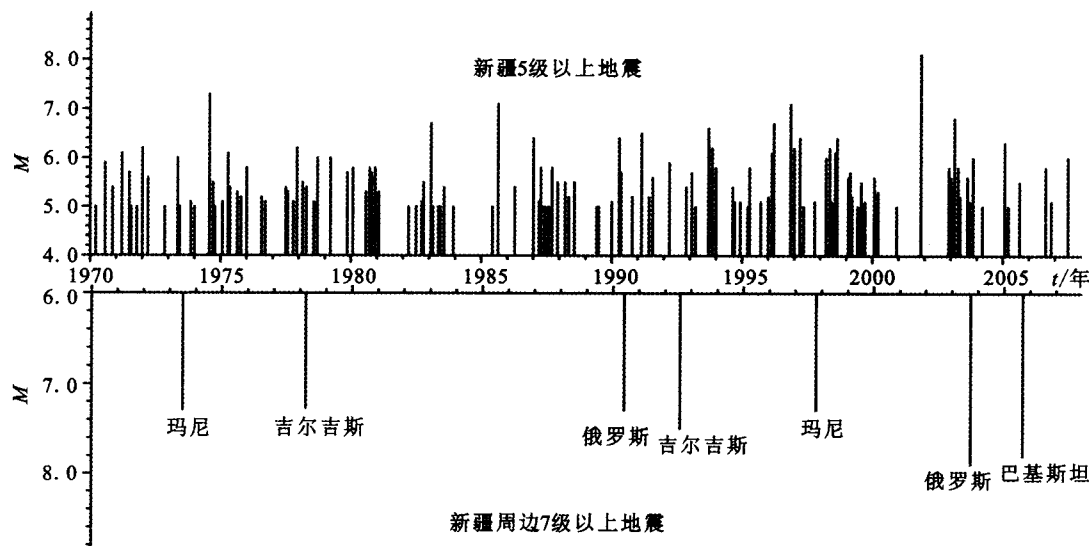


图5 新疆5级以上地震与周边7级以上地震时序图

Fig. 5 $M-t$ diagram of $M_s \geq 5$ earthquakes in Xinjiang and $M_s \geq 7$ earthquakes in adjacent areas.

通过上述分析认为平静的层次性和中强震的关系为:当南天山东、西段4级地震满足平静指标,且该平静与新疆5级地震平静大致同步,应该考虑新疆及周边发生强震的可能;若仅在南天山西段或东段发生平静而新疆大范围未出现平静,则后续主震发生在上述2区的可能性较大,且发震震级较小。

5 讨论与结论

(1) 将特定区域的平静分为震前平静、震后平静、场兆平静和无震平静较为符合客观实际。无震平静和震后平静都可归于非前兆性平静,震前平静和场兆平静可以归于前兆性平静。本文研究区中无震平静占平静总数的15%,震后平静占21%,场兆

平静占30%。若将震后平静剔除则平静对应地震达52%。蒋海昆等对华北地区1970年以来34次5级以上地震研究表明,18次地震前出现平静,也占平静总数的52%^[7]。实际工作中震后平静和场兆平静易于区别,而震前平静和无震平静较难辨别。某一区域的无震平静又有可能是强震前分层次平静中的一个组成部分。尽管平静现象复杂多变,我们仍能从平静现象中提取中强震前有效信息,毕竟无震平静仅占平静总数的15%。当甄别了场兆性和震后平静后,震前平静确定率将有所提高。

(2) 大区域一次较强地震后构造带积累的地震能量释放较充分,导致区域地震活动不活跃,可能是震后出现平静的原因。例如新疆阿图什地区历史平

均每3.2年发生一次6级以上地震,但1902年新疆阿图什8.3级地震发生后,震区120 km半径范围内42年未发生6级以上地震。马禾青等在研究藏、青、川、滇交界地区地震活动中也有类似发现^[8]。

(3) 平静的层次性分析可以有效提高对平静状态的认知,也利于不同范围地震震情判定。对新疆地震活动主体区进行尝试性研究认为,分层次研究平静现象有利于区域强震的预测和构造带中强震的辨别。

(4) 南天山东段和南天山西段的普昌断裂以东地区,打破平静后4级地震分布与后续目标地震位置关系密切,因此上述区域平静发生后4级地震的发震位置应予以关注。

[参考文献]

- [1] 许绍燮. 震兆平静的再认识——海城地震30周年有感于经验性地震预报的议论[J]. 国际地震动态, 2005, (12): 14-18.
- [2] Scholz C H. Mechanisms of seismic quiescences[J]. Pure Appl. Geophys., 1988, 126: 701-718.
- [3] 梅世蓉. 地震前兆场物理模式与前兆时空分布机制研究(三): 强震孕育时地震活动与地壳形变异常及机制[J]. 地震学报, 1996, 18(2): 170-178.
- [4] 陈立德. 丽江7.0级地震短临异常特征及震源硬化模型[J]. 地震, 1998, 18(1): 7-13.
- [5] 马胜利, 蒋海昆, 扈小燕, 等. 基于声发射实验结果讨论大震前地震活动平静现象的机制[J]. 地震地质, 2004, 26(3): 426-435.
- [6] 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, 25(3): 246-252.
- [7] 蒋海昆, 侯海峰, 王锦. 华北地区大范围内中等地震活动平静[J]. 内陆地震, 2000, 14(2): 97-103.
- [8] 马禾青, 罗国富, 王银. 藏、青、川、滇交界地区地震活动性分析[J]. 西北地震学报, 2007, 29(4): 357-363.
- [9] 罗国富, 赵卫明, 盛菊琴, 等. 青藏高原北部中强以上地震震兆异常的分级特征研究[J]. 西北地震学报, 2009, 31(2): 179-185.
- [10] 王筱荣, 李志海. 新疆中强震预报的探讨[J]. 西北地震学报, 2008, 30(2): 132-138.
- [11] 陈玉华, 张肇诚. 昆仑山口西8.1级地震前地震活动性异常特征[J]. 西北地震学报, 2009, 31(4): 374-379.