

地震平静特征与新疆的中强地震

王筱荣

(新疆维吾尔自治区地震局, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要:系统分析了新疆地震活动的平静现象, 认为新疆中强震前地震活动以平静为主要特征, 并通过统计提取了新疆中强震前地震平静的预报指标.

关键词:地震平静; 时空扫描; 新疆; 中强震

中图分类号: P315.75 文献标识码: A 文章编号: 1000-0844(2003)03-0246-07

0 引言

自 1966 年我国地震工作者在邢台地震期间发现地震平静现象至今, 此类研究工作已有很大进展^[1-4]. 事实上, 在各种地震活动图像分析研究中, 震前平静是较为常见的, 特别是在日常分析预报中, 由于平静现象直观明了, 易于发现易于分析研究, 有着不可替代的作用. 对强震而言, 震前平静现象表现为两类: 一类是增强—平静—发震; 一类是增强—平静—前震—发震. 而对于中等地震来讲, 情况较为复杂^[2]. 新疆地震强度大频度高, 5 级以上地震年平均发震约为 5 次, 6 级以上地震年平均发震约为 1 次. 本文将对新疆中强震前地震平静现象作一系统研究, 为今后的预报工作提供分析依据.

1 资料情况

本文以新疆地震局地震目录(1970~2002 年 6 月)为基础资料. 其天山地震带 3 级以上地震的定位精度一般在 3 类以内($A < 30$ km), 所以定位精度对地震活动图像分析结果产生的影响较小. 采用链式剔除法对余震进行了删除.

以新疆 6.5 级以上地震及相邻地区 7 级以上地震作为全疆范围时空扫描目标地震; 以 $5.0 \leq M \leq 6.5$ 地震作为小范围内时空扫描目标地震. 研究区范围见图 1. 不同研究区内的目标地震参数列于表 1.

2 新疆境内地震平静现象时空扫描

2.1 新疆全境地震平静扫描分析

1970~2002 年新疆每年平均发生 5 级以上地震 5.4 次, 即每 3 个月发生 1 次 5 级以上地震. 将可能发生 1 次 5 级地震的 2 倍时长作为平静发生的扫描窗长. 同理, 新疆年均发生 4 级以上地震 30.5 次, 平均每月发生 2.54 次, 将 2 个月作为 4 级地震平静的时间窗长. 显然 6 个月和 2 个月分别不发生一次 5 级以上和 4 级地震的概率远小于自然发生概率.

以 6 个月窗长、1 个月步长对新疆 5 级以上地震进行全时空扫描, 结果显示(表 2): 当 5 级地震大范围平静后, 新疆或相邻地区一般将发生较大地震. 在 19 次 5 级地震平静后有 12 次对应了 11 个月内发生的 13 例 6.5 级以上地震, 占对应目标数的 13/14; 未对应地震的平静时段有 6 次; 一次待对应. 以 2 个月窗长、1 个月步长对 1970 年至 2002 年新疆 4 级以上地震全时空扫描, 4 级地震前维持 3 个月平静现象一次, 2 个月平静有 15 次, 其中有 8 次对应了 11 个月内发生的 9 例 6.5 级以上地震, 占对应目标地震数的 9/14. 显然, 新疆全境 5 级地震平静比 4 级地震平静更具预报意义.

收稿日期: 2002-09-25

基金项目: 中国地震局“十五”攻关项目(01-03-03)

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和地震波及地震预报工作.

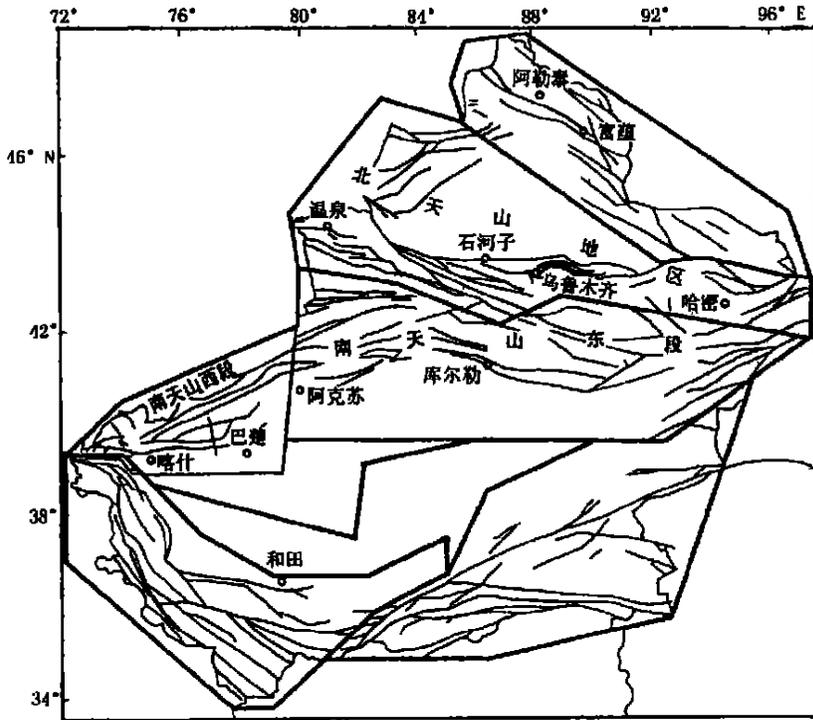


图1 研究区范围示意图

Fig. 1 Range of the working region.

表1 不同研究范围内目标地震参数

序号	全疆 6.5 级及邻区 7 级以上目标地震			北天山目标地震			南天山东段目标地震			南天山西段目标地震		
	时间	地点	震级/ M	时间	地点	震级/ M	时间	地点	震级/ M	时间	地点	震级/ M
1	1973-07-14	玛尼	7.3	1971-11-01	乌苏	5.0	1970-11-29	拜城	5.0	1971-03-23	乌什	6.1
2	1974-07-05	巴里坤	7.1	1973-06-03	精河	6.0	1972-04-09	轮台	5.5	1972-01-16	巴楚	6.2
3	1974-08-11	乌恰	7.3	1974-11-03	昭苏	5.0	1973-05-17	拜城	5.1	1974-08-11	乌恰	7.3
4	1978-03-24	伊塞克湖	7.3	1980-11-06	石河子	5.7	1976-01-10	库车	5.8	1977-12-19	西克尔	6.2
5	1983-02-13	乌恰	6.7	1983-03-03	呼图壁	5.0	1977-07-23	库车	5.4	1978-10-08	乌恰	6.0
6	1985-08-23	乌恰	7.1	1983-06-01	乌鲁木齐	5.0	1978-03-12	汗峰	5.5	1983-02-13	乌恰	6.7
7	1990-06-14	斋桑	7.3	1983-12-15	和硕	5.0	1978-04-22	库尔勒	5.4	1985-08-23	乌恰	7.1
8	1991-02-25	柯坪	6.5	1990-10-25	乌苏	5.2	1979-03-29	库车	6.0	1987-01-24	乌什	6.3
9	1992-08-19	苏萨梅尔	7.5	1991-06-06	和静	5.2	1987-01-06	拜城	5.9	1990-04-17	乌恰	6.4
10	1993-10-02	若羌	6.6	1995-03-19	和静	5.0	1987-08-05	拜城	5.0	1991-02-25	柯坪	6.5
11	1996-03-19	阿图什	6.7	1995-05-02	乌苏	5.8	1987-12-22	罗布泊	5.5	1993-12-01	乌恰	6.2
12	1996-11-19	昆仑山	7.1	1996-01-09	沙湾	5.2	1988-05-26	库尔勒	5.2	1996-03-19	阿图什	6.7
13	1997-11-08	玛尼	7.3	1997-06-04	新源	5.0	1990-11-04	罗布泊	5.0	1997	伽师震群	
14	2001-11-14	新青	8.1	2000-12-10	伊宁	5.0	1992-11-28	托克逊	5.4	1998-03-19	阿图什	6.0
15							1993-02-03	库尔勒	5.7	1998-08	伽师双震	
16							1995-09-26	拜城	5.1			
17							1998-06-25	阿克苏	5.1			
18							1998-07-28	拜城	5.4			
19							1999-01-30	托克逊	5.6			
20							1999-03-15	库车	5.7			
21							1999-06-17	拜城	5.0			
22							1999-09-23	轮台	5.1			

表 2 1970-01 ~ 2002-06 各分区平静现象扫描结果与目标地震参数

序号	新疆境内			北天山			南天山东段			南天山西段		
	T_j	T_d	后续地震	T_j	T_d	后续地震	T_j	T_d	后续地震	T_j	T_d	后续地震
1	12	3	1973-07-14 玛尼 7.3 级	7			10	1	1970-11-29 拜城 5.0 级	4	1	1971-03-23 乌什 6.1 级
2	5	1	1974-07-05 巴里坤 7.1 级	10	4	1971-11-01 乌苏 5.0 级	5			5	1	1972-01-16 巴楚 6.2 级
		2	1974-08-11 乌恰 7.3 级									
3	6			7	12	1973-06-03 精河 6.0 级	4	4	1972-04-09 轮台 5.5 级	5	2	1974-08-11 乌恰 7.3 级
4	8	9	1978-03-24 伊塞克湖 7.3 级	8	9	1974-11-03 昭苏 5.0 级	6	5	1973-05-17 拜城 5.1 级	10	3	1977-12-19 西克尔 6.2 级
5	10			10			14			4	5	1978-10-08 乌恰 6.0 级
6	18	9	1983-02-13 乌恰 6.7 级	7			4			5		
7	18	0	1985-08-23 乌恰 7.1 级	8			5	3	1976-01-10 库车 5.8 级	5		
8	8			16			4			4		
9	9			9			7	2	1977-07-23 库车 5.4 级	5	4	1983-02-13 乌恰 6.7 级
10	8	3	1990-06-14 斋桑 7.3 级	6	11	1990-10-25 乌苏 5.2 级	5	1	1978-03-12 汗峰 5.5 级	4		
									2 1978-04-22 库尔勒 5.4 级			
11	16	0	1992-08-19 苏萨梅尔 7.5 级	9	0	1991-06-06 和静 5.2 级	5	6	1979-03-29 库车 6.0 级	5		
12	6	2	1993-10-02 若羌 6.6 级	11			11			5	1	1985-08-23 乌恰 7.1 级
13	7			13			9			7	10	1987-01-24 乌什 6.3 级
14	6	11	1996-03-19 阿图什 6.7 级	8	5	1995-03-19 和静 5.0 级	5			5		
15	6	1	1996-11-19 昆仑山 7.1 级	9	8	1995-05-02 乌苏 5.8 级	4			6		
16	8	0	1997-11-08 玛尼 7.3 级	15	6	1997-06-04 新源 5.0 级	7			4	5	1990-04-17 乌恰 6.4 级
17	8			11			15			4	0	1991-02-25 柯坪 6.5 级
18	11	0	2001-11-14 新青 8.1 级				6			9		
19	7						6			5		
20							5			4	0	1993-12-01 乌恰 6.2 级
21							4	1	1987-01-06 拜城 5.9 级	8	1	1996-03-19 阿图什 6.7 级
22							6	1	1987-08-05 拜城 5.0 级	5	5	1997 伽师震群
							5		1987-12-22 罗布泊 5.5 级			
23							4	1	1988-05-26 库尔勒 5.2 级	4		
24							5			5	1	1998-03-19 阿图什 6.0 级
25										6		1998-08 伽师双震
26							8			4		
27							9	1	1999-01-104 罗布泊 5.0 级	12		
28							5			4		
29							8	1	1992-11-28 托克逊 5.4 级			
							4		1993-02-03 库尔勒 5.7 级			
30							13					
31							8	7	1995-09-26 拜城 5.1 级			
32							13					
33							6					
							5		1 1998-06-25 阿克苏 5.1 级			
34									2 1998-07-28 拜城 5.4 级			
							4	1	1999-01-30 托克逊 5.6 级			
							3		1999-03-15 库车 5.7 级			
35									6 1999-06-17 拜城 5.0 级			
									9 1999-09-23 轮台 5.1 级			
36							11					
37							4					
							11					

注: T_j 为平静时间, 黑体为平静前无增强发生; T_d 为平静结束至目标地震发生时间(单位: 月).

特别注意到, 新疆及邻区 10 例 7 级地震前全疆范围内无一例外出现 5 级地震平静, 其中平静前半年内无增强的有 3 例, 其余均显示出地震增强. 以平静发生半年内是否有地震增强来判断异常平静, 表 2 中 6 个未对应地震的平静时段均为非异常平静.

2.2 北天山地区平静现象扫描分析

据统计 1970 ~ 2002 年北天山年均发生 4 级和 3.5 级以上地震分别是 3.5 次和 6.8 次, 平均每月发生

4级和3.5级以上地震分别是0.29次和0.57次.将可能发生1次4级地震的1.5倍和1次3.5级地震的2倍时段作为平静发生的扫描窗长,得到北天山4级地震和3.5级地震平静扫描窗长分别是6个月和4个月.

以6个月窗长、1个月步长对4级地震扫描(表2),17个平静时段中8个对应了9例目标地震,占目标地震数的9/14,平静结束至发震时间在0~12个月之间;另有9个平静时段未对应地震.以4个月窗长、1个月步长对3.5级地震扫描,17个平静时段中8个对应了10例目标地震,占目标地震数的10/14,平静结束至发震时间在0~12个月之间;有9个未对应地震;有5次平静时长超过6个月,对应地震情况并不理想(表略).

以平静发生前半年内是否有地震增强来判断异常平静,多次未对应地震时段被判定为非地震异常,已对应地震的平静时段也有多次平静前未出现增强.值得注意的是,上述未对应地震的平静时段明显与新疆及邻边地区的7级大震相关.另外表1中北天山4.5、6、7号地震无论哪种扫描组合均未发现震前出现平静过程,这也从一个侧面表明中等地震前地震活动图像更加复杂.从各类扫描结果未发现平静时长与震级间存在相关关系.

2.3 南天山东段平静现象扫描分析

据统计1970~2002年南天山东段每年平均发生4级地震4次,将可能发生1次4级地震的1.5倍时段作为平静发生的扫描窗长,得到南天山东段4级地震平静扫描窗长为4个月.

以4个月窗长、1个月步长对4级地震扫描(表2),37个平静时段中的15个在一年范围内对应了22例5级以上地震,占目标地震数的22/22,平静结束至发震时间多数在半年之内.以平静发生半年内是否有地震增强来判断异常平静,表2中22个未对应地震时段内有18个被判定为非地震异常,已对应地震的平静时段中有8个时段平静前未出现增强.值得关注的是,未对应地震的平静时段较为集中地分布在1979年至1985年和1999年至2002年两个时段内,之后的相应年份新疆分别发生了1985年7级地震和2001年8级地震,这种呼应关系可能不是巧合.南天山东段也未发现平静时长与震级间存在相关关系.

2.4 南天山西段平静现象扫描分析

据统计1970~2002年南天山西段每年平均发生4级地震6.8次,将可能发生1次4级地震的2倍时段作为平静发生的扫描窗长,得到南天山西段4级地震平静扫描窗长为4个月.

以4个月窗长、1个月步长对4级地震进行扫描(表2),27个平静时段中的14个在一年范围内对应了15例6级以上地震,占目标地震数的15/15,平静结束至发震绝大多数在半年之内.也未发现平静时长与该区震级间存在相关关系.以平静发生半年内是否有地震增强来判断异常平静,表2中13个未对应地震时段内有8个被判定为非地震异常,已对应地震的平静时段中有6个时段平静前未出现增强.值得一提的是,13个未对应地震平静时段也集中分布在1979年至1985年和1999年至2002年间.结合北天山和南天山东段分析结果可推测,新疆在上述时段受到一个强大的统一的应力场的控制,其调控作用具有节律性,在南天山比北天山表现更强.且北天山前期还受到了境外伊塞克湖7级地震的影响,该地震在构造上属北天山地震带.

3 预报规则及指标

由以上分析可以看出,新疆大多数中强震前均可观测到地震平静现象,震前平静时长在0~12个月内.

由表2,以新疆5级地震平静后3个月内发生的强震作为目标地震,则有9个时段10例目标地震入选,占应对应地震数的10/14;4次漏报;3次虚报.扣除非地震平静时段,计算得 R 值为0.55,查具有97.5置信度的 R 值表, R 值为0.29,故通过检验.

若以4级以上地震平静4个月后南天山东段3个月内发生的5级以上地震作为目标地震,则有11个时段14例目标地震入选,占应对应地震数的14/22;漏报8次;虚报12次.扣除非地震平静时段,计算得

R 值为 0.35, 查具有 97.5 置信度的 R 值表, R 值为 0.23, 通过检验.

若以 4 级地震平静发生后南天山西段 3 个月发生的强震作为目标地震, 则有 9 个时段 9 例目标地震入选, 占对应地震数的 9/15; 6 次漏报; 11 次虚报. 扣除非地震平静时段, 计算得 R 值为 0.59, 查具有 97.5 置信度的 R 值表, R 值为 0.28, 通过检验.

未发现北天山 3.5 级和 4 级地震平静的短临预报指标, 其 4 个月以上 3.5 级以上地震平静可作为短期预报参考.

综上得到新疆不同地区地震平静现象预报地震的短临预报指标为:

- (1) 全疆范围内若出现 6 个月以上 5 级地震平静, 可自平静结束后预报新疆及边邻地区 3 个月内会发生大于 6.5 级地震.
- (2) 南天山东段地区若出现 4 个月以上的 4 级地震平静, 可自平静结束后预报南天山东段 3 个月内会发生大于 5 级地震.
- (3) 南天山西段若出现 4 个月以上 4 级地震平静, 可自平静结束后预报南天山西段 3 个月内会发生大于 6 级地震.

4 讨论

(1) 前已述及, 各区 1979 年至 1985 年和 1999 年至 2002 年平静过程与天山的 7 级大震明显相关, 且平静过程与地震的关系具有层次性和地域性. 大震前的平静过程不止出现一次, 这与他人研究结果相同^①. 由图 2 可明显看出: 1985 年 7 级地震前新疆的 5 级地震平静分为 3 期, 即 1979 年 4 月~1980 年 1 月、1981 年 1 月~1982 年 6 月、1984 年 1 月~1985 年 8 月. 对应上述过程南天山西段 4 级地震平静也可大致分为 3 期, 即 1979 年 2 月~1980 年 6 月、1983 年 10 月~1984 年 1 月、1984 年 8 月~1985 年 7 月, 在第二期 5 级地震平静时南天山西段的 4 级地震处于增强状态. 南天山东段的平静过程也可大致分为 3 期,

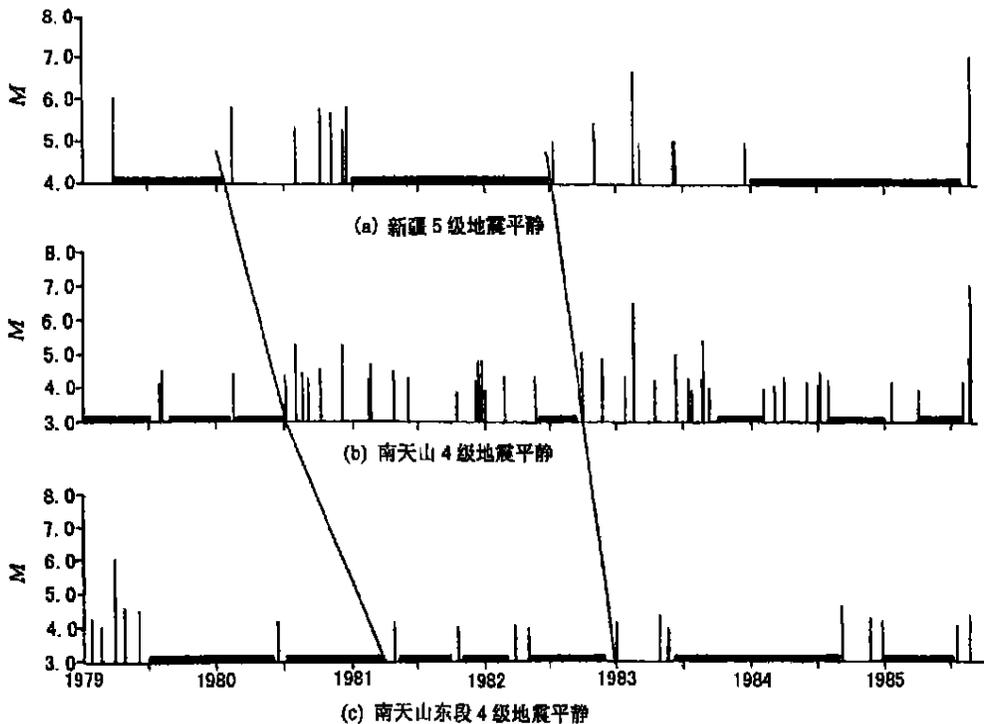


图 2 1979~1985 年不同区域地震活动时序图

Fig. 2 Time sequence of seismic activity in different regions from 1979 to 1985.

① 刘蒲雄. 关于近期我国大陆 7 级地震形势. 震情研究, 2002. (2).

即 1979 年 7 月~1981 年 3 月、1983 年 6 月~1984 年 8 月、1985 年 1 月~1985 年 6 月, 在第二期 5 级地震平静时南天山西段的 4 级地震也处于相对增强状态. 对比 3 个不同区域地震活动时序过程可认为, 1983 年前各区地震平静与增强韵律性不强, 而 1983 年之后各区地震都经历了增强—平静—增强—平静的过程, 表现出较为一致的韵律性. 由图 2 还可以看出, 1981 年至 1982 年新疆大范围 5 级地震平静时期, 7 级地震震区中等地震活动处于增强过程中. 而当 1984 年至 1985 年新疆大范围地震平静时期, 7 级地震震区中等地震活动经历了增强—平静—增强—平静过程. 值得注意的是 3 个区域地震活动无论前期变化如何, 在 7 级地震前都有一段不同时间的平静过程. 上述情况说明强震前地震平静过程在地域和震级方面具有层次性, 在时间过程方面具有韵律性.

(2) 1999 年至 2002 年的平静过程具有现实预报意义. 与上类同, 图 3 也将各区地震活动作同期分析. 对比图 2 和图 3, 图 2 中 1983 年后地震活动图像与图 3 中 1999 年后的地震活动图像极为相似, 若考虑 8 级地震的影响, 震后各区的平静一方面可认为是震后效应, 另一方面可认为是震后的调整还未展开. 例如 1985 年乌恰 7 级地震后新疆仍维持了 7 个月地震平静, 再如 1996 年阿图什 6 级地震和 1997 年伽师强震群后南天山西段 4 级地震也维持了数月的平静, 对应不同范围不同震级的平静, 一年内相应区域都发生了 6 级地震. 若弱化 8 级地震的影响并考虑到震后的调整活动, 推测南天山地区短期内有发生强震的可能性 (2003 年 2 月 24 日已发生 6.8 级地震).

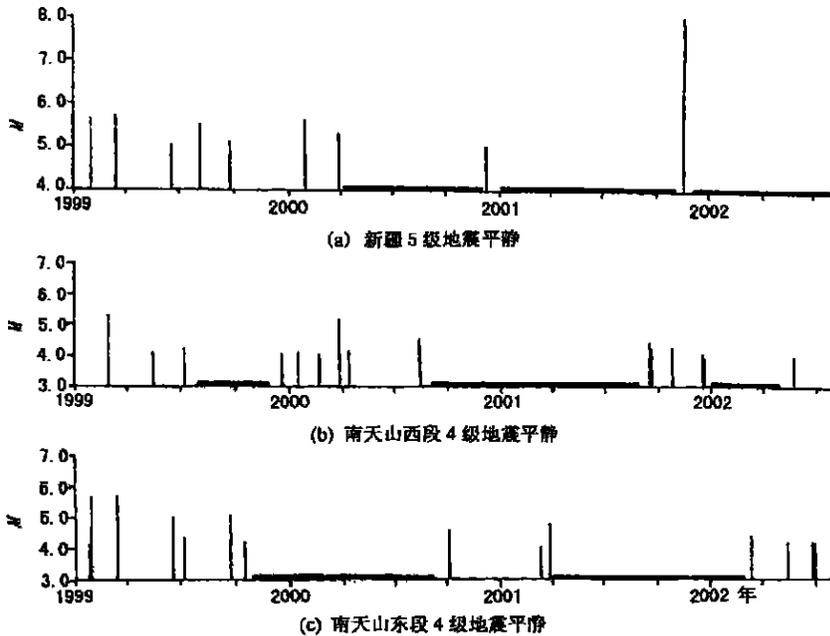


图 3 1999~2002 年不同区域地震活动时序图

Fig. 3 Time sequence of seismic activity in different regions from 1999 to 2002.

(3) 平静与增强无论对哪一量级的地震而言都是相对的. 普遍认为大震前地震增强后的平静预报意义更强^[5]. 图 4 所示由上至下分别是本文研究时段内新疆和南天山西段以及南天山东段 4 级以上地震滑动能量时序图. 由图可明显看出, 中强震前地震增强活动一般并不明显, 而平静现象显得较为突出. 据经验中强震前地震能量一般达不到预报指南的指标^q (即年释放量是前三年平均释放量的两倍), 能够达到这一指标的地震往往是大震. 例如 1985 年 7 级地震前 1983 年的地震活动, 2001 年 8 级地震前 1996 年至 1998 年的增强活动. 由此认为对新疆 5~6 级地震而言, 震前地震平静现象似乎比地震增强更具短临预报意义.

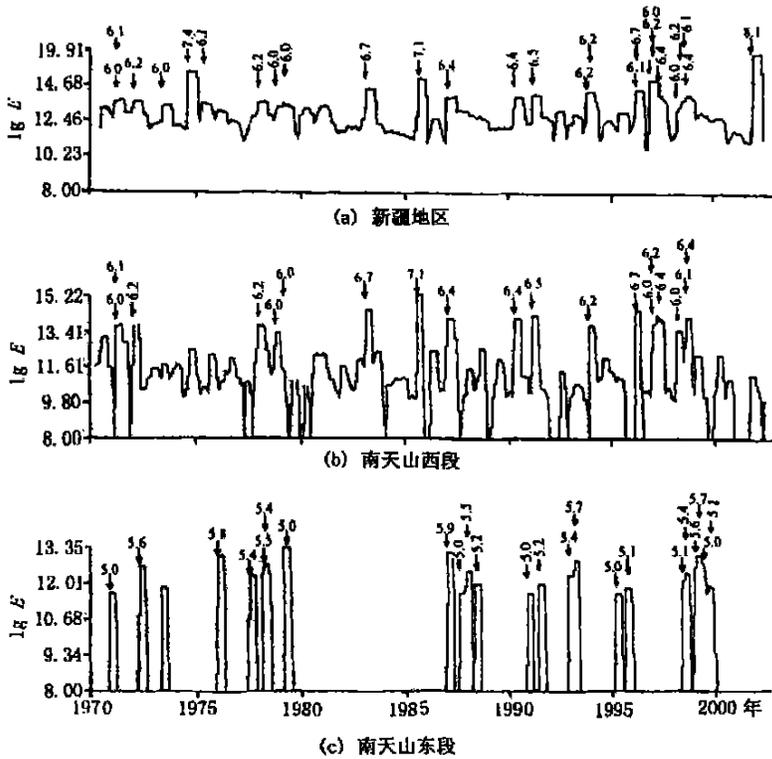


图 4 研究时段不同区域 4 级以上地震滑动能量时序图

Fig. 4 Time sequence of sliding-energy of $M_s \geq 4$ earthquakes within research period in different regions.

[参考文献]

- [1] 林邦慧. 华北强震前小震的密集—平静特征及其初步解释[A]. 见: 国家地震局科技监测司. 地震监测与预报方法清理成果汇编(测震学分册)[C]. 北京: 地震出版社, 1989. 203—214.
- [2] 陆远忠. 地震预报的测震学方法[M]. 北京: 地震出版社, 1985. 86—93.
- [3] 宋俊高. 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, 2000, 22(3): 37—43.
- [4] 王筱荣. 柯坪块体的地震活动特征[J]. 西北地震学报, 2001, 23(4): 382—388.
- [5] 刘蒲雄. 大震前地震活动图像演变及中期向短期过渡的地震活动性标志[J]. 地震, 1997, 17(2): 113—125.
- [6] 国家地震局科技监测司. 地震学分析预报方法式指南[M]. 北京: 地震出版社, 1990. 17—19.

CHARACTERISTICS OF SEISMIC QUIESCENCE AND MEDIUM-STRONG EARTHQUAKE IN XINJIANG

WANG Xiao-rong

(Seismological Bureau of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830011, China)

Abstract: The seismic quiescent phenomena in Xinjiang is analyzed systemically. The result shows that the main feature of seismicity before medium-strong earthquakes in Xinjiang is seismic quiescence, and the forecast indexes of seismic quiescence are extracted through statistic method.

Key words: Seismic quiescence; Spatial-temporal scanning; Xinjiang; Medium-strong earthquake