

强震前震中区附近地震学参数中期震兆标志研究

高立新, 曹井泉

(内蒙古自治区地震局, 内蒙古自治区 呼和浩特 010051)

摘要: 以1975年以来中国大陆6.0级以上地震震例作为研究对象, 在一定的扫描时段和扫描半径下选择了10种物理意义明确、独立性较强的测震学指标, 对大陆西南、华北、西北3个研究区进行了强震前震中区附近地震学参数中期震兆标志研究。结果发现, 西南研究区15个震例异常的平均对应率为0.8, 华北研究区10个震例的异常的平均对应率为0.7, 西北研究区18个震例异常的平均对应率为0.7, 可作为中国大陆强震测震学指标分区预测标志。

关键词: 震中区 地震学 参数 震兆标志

中图分类号: P315.75

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2004)04-0347-06

0 引言

随着地震预报研究的推进, 特别是非线性科学的引入, 应用于地震预报的地震学参数逐渐增多。测震学的各参数或指标尽管其数学表达各有差异, 但是他们使用的资料是相同或相近的, 都是应用地震目录进行分析。这些参数中具有独立物理意义的较少, 参数之间或多或少存在一定的相关性^[1]。在地震预测实践中, 单个参数的预测效能普遍较差, 利用群体参数出现的群体异常进行地震预测是新的尝试和探讨。本文选取1975年1月-2003年12月期间中国大陆地区部分 $M_s \geq 6.0$ 地震作为研究震例, 以震例震中为圆心, 选取适当的空间范围作为统计单元, 挑选出10种物理意义清楚、独立性较强的地震学参数, 研究强震前震中区附近地震学参数的变化特征。在此基础上对西南、华北、西北进行分片区异常情况统计, 提取具有区域特征的具有中期预报意义的震兆标志。

一般来说强震的孕育和发生直接受构造活动的控制, 而中小地震活动并不严格受构造活动控制, 因此按构造分区研究地震活动特征仍有其局限性。本文试图通过寻找强震前3年震中区附近一定区域测震学参数是否出现群体异常, 抛开构造活动的界限和差异, 来建立新的强震中短期预测标志。地震预报 Mapsis 软件基本具备这些功能。

1 资料选取与研究方法

1.1 资料的选取

(1) 描述区域: 以主震为中心的一定半径的圆域作为研究扫描区域。以 $M_s 6.0$ 作为起始震级, 扫描半径定为150 km, 然后震级每增加0.1级, 扫描半径增加10 km。这样6.0~8.9级地震的扫描半径在150~440 km。

(2) 扫描时段: 取主震发生前10年、后2年作为扫描的时段。1979年前的震例取主震发生前5年、后2年作为扫描时段。时段内地震活动统计的震级下限约定为: 华北地区2.0, 西北和西南地区为2.5, 部分监测能力较弱的地区取3.0。上限约定为取主震前3年的最大地震为扫描的震级上限, 排除在扫描中由于主震影响造成的虚假异常。

(3) 研究步长和窗长: 步长1个月, 窗长12个月。

1.2 研究方法

根据异常可比性原则,每个震例所有研究指标的异常提取采取统一原则、统一标准,使选取指标之间、异常之间具有可比性。

在指标选取上挑选了地震学时空状态参数(集中度 C 值、危险区 D 值、地震活动非均匀度 GL 值)、强度变化参数(应变释放 $\Sigma \sqrt{E}$ 、频度 N 值、强度因子 M_f 值)、比例系数参数(b 值、 η 值)、环境因子调制参数(小震调制比 R_m 值、加卸载响应比 Y 值)等 10 种参数。

异常分析判定中以正负 1 倍均方差作为异常阈值的控制线。趋势性较强的指标辅以其他分析方法进行异常提取。 b 值高值异常未进行统计; C 、 D 、 M_f 值的低值异常未进行统计;蠕变曲线主要根据短期加速和持平进行判定。所有异常判定均统计到震例前 3 年。

2 分片区的综合、单项指标评价

2.1 西南片区

根据选取的 10 项指标研究西南片区强震前群体异常的演化规律,不注重个体指标的异常对应情况及 R 值评分,重在研究 10 项指标震前 3 年的整体异常情况。根据统计结果(表 1),15 个震例、10 项指标的对应率平均为 0.8。大多数指标在震前 3 年出现异常。出现异常频次最高的是 R_m 值、 D 值、 GL 值,分别出现 19 次、18 次、18 次;最少的是 b 值、 Y 值,出现 8 次;10 项指标平均出现异常 11.6 次,异常出现率 0.8。

图 1 是 1975 年 1 月 5 日四川康定 6.2 级地震前 10 种测震学指标异常情况。从图中可以看出, η 值、 b 值、 C 值、 D 值、 GL 值、频度(N 值)、蠕变、 R_m 值、 Y 值在震前 3 年出现异常,只有 M_f 值未出现异常,异常对应率为 0.9,震前 3 年出现群体异常的特征表现的比较明显。

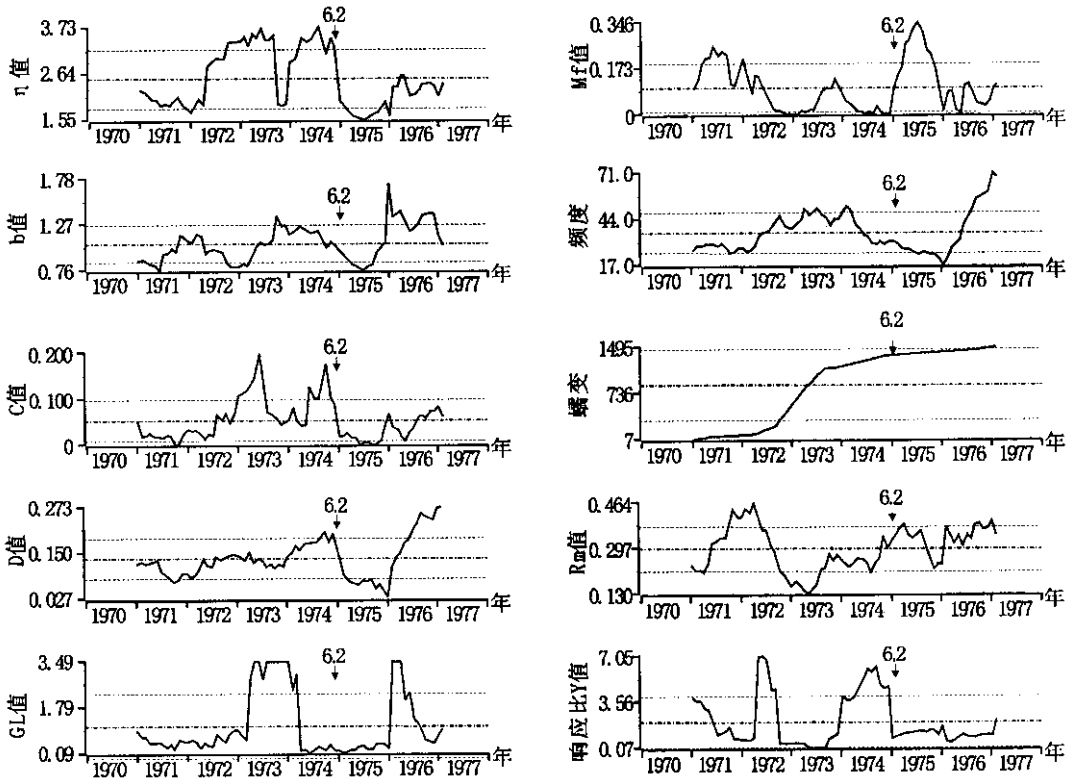


图 1 康定 6.2 级地震的测震学指标异常

Fig. 1 The index anomalies of seismology parameters before Kangding $M_s6.2$ earthquake.

表 1 西南片区震例异常情况统计

序号	震例		指标及异常情况										对应率	
	地点	时间	震级 / M	η	b	C	D	GL	M_f	N	蠕变	R_m		Y
1	四川康定	1975-01-05	6.2	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	0.9
2	云南龙陵	1976-05-29	7.4	√	+	√	√	√	√	√	√	√	√	0.8
3	四川松潘	1976-08-16	7.2	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	1.0
4	四川盐源	1976-11-07	6.7	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	0.8
5	云南普洱	1979-03-15	6.8	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	0.8
6	四川道孚	1981-01-24	6.9	√		√	√	√	√	√	√	√	√	0.8
7	四川甘孜	1982-06-16	6.0	√				√			√	√	√	0.5
8	云南禄劝	1985-04-18	6.3			√	√	√	√	√	√	√	√	0.8
9	云南澜沧	1988-11-06	7.6	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	0.9
10	四川小金县	1989-09-22	6.6	√	+		√	√	√	√	√	√	√	0.7
11	云南普洱	1993-01-27	6.3	√	+			√		√	√	√	√	0.5
12	云南孟连	1995-07-12	7.3	√	√	√	√		√	√	√	√	√	0.8
13	云南武定	1995-10-24	6.5	√	√			√	√	√	√	√	√	0.8
14	云南丽江	1996-02-03	7.0	√	+	√	√		√	√	√	√	√	0.7
15	云南宁浪	1998-11-19	6.2	√	√		√	√	√	√	√	√	√	0.8
平均对应率													0.8	
单项指标异常合计 / 次				14	8	10	12	13	12	14	10	15	8	11.6
单项指标异常率				0.93	0.53	0.67	0.80	0.87	0.80	0.93	0.67	1.0	0.53	0.77

注：“√”表示异常；“+”表示高值异常；“b”高值异常未进行统计。

2.2 华北片区

以同样方法统计 结果见表 2。10 个震例，10 项指标的平均对应率为 0.7，大多数指标在震前 3 年出现异常。出现异常频次最高的是 M_f 值、 D 值、 N 值，皆出现 9 次；最少的是 b 值、 C 值，分别出现 4 次、5 次。

表 2 华北片区震例异常情况统计

序号	震例		指标及异常情况										对应率	
	地名	时间	震级 / M	η	b	C	D	GL	M_f	N	蠕变	R_m		Y
1	辽宁海城	1975-02-04	7.3	√	+	√	√	√	√	√	√	√	√	0.7
2	内蒙古和林格尔	1976-04-06	6.3	√	+		√	√	√	√	√	√	√	0.7
3	河北唐山	1976-07-28	7.8	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	1.0
4	内蒙古巴音木仁	1976-09-23	6.2	√	+	√	√	√	√	√	√	√	√	0.9
5	江苏溧阳	1979-07-09	6.0	√			√	√	√	√	√	√	√	0.7
6	内蒙古五原	1979-08-25	6.0	√	+	√	√	√	√	√	√	√	√	0.7
7	山西大同市	1989-10-19	6.1		√	√	√	√	√	√	√	√	√	0.6
8	内蒙古包头西	1996-05-03	6.4	√	√		√		√	√		√	√	0.7
9	长江口东海域	1996-11-09	6.1		+						√			0.1
10	河北张北	1998-01-10	6.2	√	√	√	√	√	√	√		√	√	0.9
平均对应率													0.7	
单项指标异常合计 / 次				8	4	5	9	8	9	9	8	7	6	7.0
单项指标异常率				0.8	0.4	0.5	0.9	0.8	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6	0.70

图 2 是 1975 年 2 月 4 日辽宁海城 7.3 级地震前 10 种测震学指标异常情况。从图中可以看出， η 值、 C 值、 D 值、 GL 值、 N 值、 R_m 值、 Y 值 7 种指标在震前 3 年出现异常； b 值在震前出现高值异常；只有蠕变、 M_f 值未出现异常，异常对应率为 0.7，震前 3 年出现群体异常的特征表现的比较明显。

2.3 西北片区

同上方方法统计结果见表 3。18 个震例，10 项指标的对应率为 0.7，大多数指标在震前 3 年出现异常。出现异常频次最高的是 R_m 值、 D 值、 Y 值、 η 值，分别出现 17 次、15 次、15 次、15 次；最少的是 b 值和蠕变，出现 9 次；10 项指标平均出现异常 12.5 次，异常出现率 0.7。

图 3 是 1977 年 12 月 19 日新疆伽师 6.0 级地震前 10 种测震学指标异常情况。从图中可以看出， η 值、 b 值、 C 值、 D 值、频度 N 值、 R_m 值、蠕变、 M_f 值、响应比 Y 值 9 种指标在震前 3 年出现异常，只有 GL 值未出现异常，异常对应率为 0.9，震前 3 年出现群体异常的特征表现的比较明显。

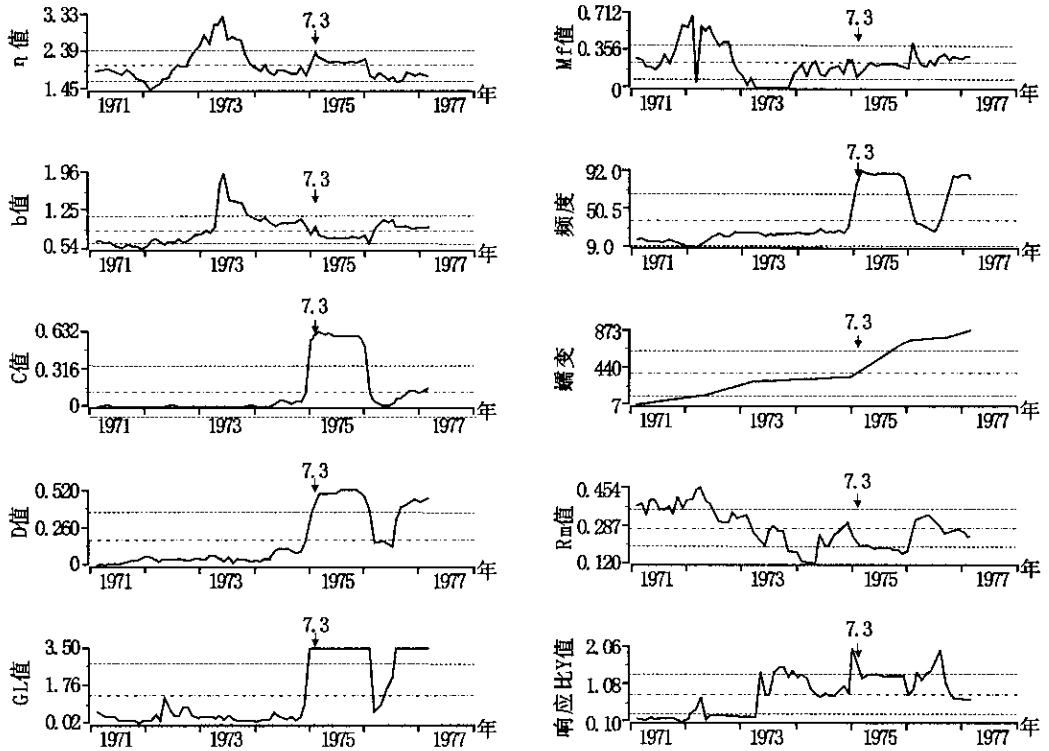


图2 海城7.3级地震前的测震学指标异常

Fig. 2 The index anomalies of seismology parameters before Haicheng M_s 7.3 earthquake.

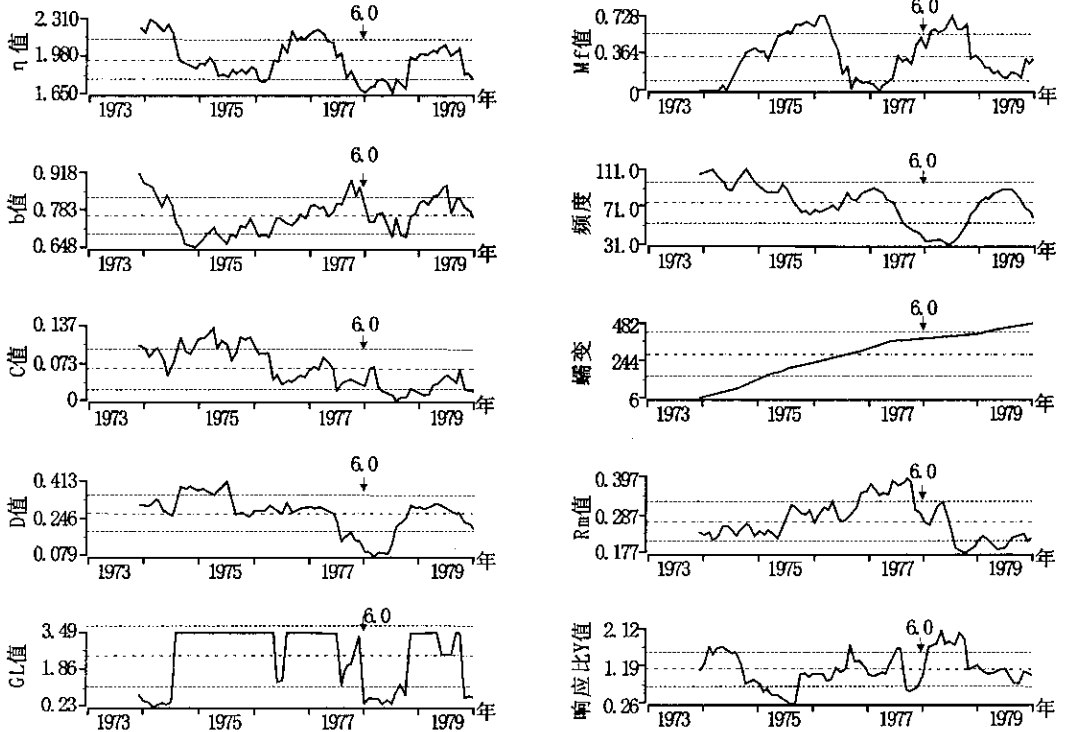


图3 伽师6.0级地震前的测震学指标异常

Fig. 3 The index anomalies of seismology parameters before Jiashi M_s 6.0 earthquake.

表3 西北片区震例异常情况统计

序号	震例		指标及异常情况										对应率	
	地名	时间	震级/M	η	b	C	D	GL	Mf	N	蠕变	Rm		Y
1	青海格尔木	1977-01-19	6.3			√	√	√	√	√	√	√	√	0.7
2	新疆伽师	1977-12-19	6.0	√	√	√	√		√	√	√	√	√	0.9
3	新疆库车	1979-03-29	6.0		√	√	√	√	√		√	√	√	0.8
4	新疆乌恰	1983-02-13	6.8	√	√		√	√	√			√	√	0.7
5	新疆乌恰	1987-01-24	6.4	√	√		√		√			√	√	0.6
6	青海唐古拉山	1988-11-05	6.8	√	+							√	√	0.3
7	青海茫崖	1990-01-14	6.6	√	+	√	√	√	√	√	√	√	√	0.9
8	青海共和	1990-04-26	7.0	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	1
9	甘肃天祝-景泰	1990-10-20	6.2	√	√	√	√	√	√			√	√	0.8
10	新疆柯坪	1991-02-25	6.5	√	+	√	√	√		√		√	√	0.7
11	青海祁连县	1993-10-02	6.6	√	+		√	√	√	√	√	√	√	0.8
12	新疆疏附	1993-12-01	6.2			√	√		√	√		√		0.5
13	青海唐古拉山	1994-06-30	6.5	√		√	√		√			√	√	0.6
14	新疆阿勒泰	1996-03-13	6.1	√	+		√			√		√	√	0.5
15	新疆阿图什	1996-03-19	6.9	√	√			√	√	√		√		0.6
16	新疆和田	1996-11-19	7.1	√			√	√		√		√	√	0.6
17	新疆皮山县	1998-05-29	6.2	√	√	√	√	√		√	√	√		0.8
18	昆仑山口西	2001-11-14	8.1	√	+		√		√		√	√	√	0.6
平均对应率														0.7
单项指标异常合计/次				15	9	10	15	12	13	10	9	17	15	12.5
单项指标异常率				0.83	0.5	0.56	0.83	0.67	0.72	0.56	0.5	0.94	0.83	0.69

3 结论与讨论

以1975年以来中国大陆6.0级以上地震震例作为研究对象,在一定的扫描时段和扫描半径等条件的约束下,选择了10种物理意义明确、独立性较强的测震学指标,对大陆西南、华北、西北3个研究区进行了强震前震中区附近地震学参数中期震兆标志研究。结果发现,西南研究区15个震例异常的平均对应率为0.8,华北研究区10个震例的异常的平均对应率为0.7,西北研究区18个震例异常的平均对应率为0.7。提取了中国大陆强震测震学指标分区预测标志,西南研究区为0.8,华北研究区为0.7,西北研究区为0.7。

关于发震地点,由于本方法是由未来的震中中心点按一定的扫描半径进行追踪扫描,所以扫描的空间范围受到一定影响,但是对于一定级别的地震重点危险区,利用此方法判定未来震中具有可行性。可能的发震地点位于扫描的圆心或附近区域。

关于发震强度,由于该方法是基于6级以上地震震例进行统计分析的,因此预测的未来地震是6级以上的强震。

关于发震时间,追踪10项指标的异常过程,以最早出现异常的指标的时间依次作为开始时间,3年内若西南地区的异常率达到0.8,西北片区和华北片区的异常率达到0.7,该研究区就存在发生6级以上地震的危险性。

通过对西南、华北、西北地区6级以上地震震例前地震学指标中短期群体异常标志的研究,发现强震前地震学指标大多在震前3~1年出现群体异常。尽管每种测震学指标的物理意义不完全相同,但是震前在震中区附近出现群体异常,可能说明了震源区一定范围内,地震活动在时间、空间上表现出了一定的前兆意义。震中区外围一定范围内的测震学指标的前兆信息,仍需做进一步的研究和探讨。

[参考文献]

- [1] 中国地震局监测预报司. 强地震中短期预报方法及其效能研究[M]. 北京:地震出版社, 2002.
- [2] 陆远忠, 李生勒, 邓志辉, 等. 基于GIS的地震分析预报系统[M]. 成都:成都地图出版社, 2002年.

STUDY ON PRECURSOR SYMBOL OF SEISMIC PARAMETERS NEAR EPICENTER AREA BEFORE STRONG EARTHQUAKE

GAO Li-xin , CAO Jing-que

(*Seismological Bureau of Inner Mongolia Autonomous Region Hohhot 010051 , China*)

Abstract :Based on the data of $M \geq 6.0$ earthquakes in Chinese mainland from 1975 ,in a certain scan time and scan radius from the epicenters ,10 seismic parameters with clear physical significance and independence are choosed as objects to research the precursor symbol of the seismic parameters near epicenter area before strong earthquake. The result shows that the average corresponding ratio of precursor anomalies in 15 events in southwestern China is 0.77 ,the ratio in 10 events in northern China is 0.70 and in 18 events in northwestern China is 0.69. So this three numbers can be used as the precursor symbol of seismic parameters in each above rigions.

key words :Epicenter area ; Seismic parameter ; Precursor symbol