

青藏高原北部地区地震频度 短期异常特征研究

肖丽珠, 杨立明, 李春燕, 张小美, 张颖

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要:在青藏高原北部地区活动地块划分的基础上,以地块为研究单元,对1970年以来的小震频度进行了全时空扫描,以研究其短临时间特征.结果表明:虽然受地域和地质构造的影响,各地区小震频度的短临异常与5级地震的对应率不相同,但绝大多数地区的小震频度正、负异常的起始时间、最大(最小)值时间和结束时间均出现在中强地震前的1~6个月.对结果统计检验,本区 $R \geq R_{97.5\%}$ 的合格率为69%,内、边邻地区合计 R 值合格率为94%.

关键词:青藏高原北部;短临异常特征;地震频度.

中图分类号:P315.75 文献标识码:A 文章编号:1000-0844(2003)04-0348-06

0 引言

强震或中强震前,在震源及其附近地区地震活动的平静与活跃及其空间位置的变化是与强震或中强震的孕育过程密切相关的.中小地震的频度 N 作为地震活动性的一项指标,在中、长期预报中取得了很多成功的经验^[1].本文将青藏高原北部地区按活动构造划分为五大活动地块,从1970年以来的地震活动进行分区全时段扫描,寻找出地震频度在短临阶段的异常变化,并统计其与本区及边邻地区 $M_s \geq 5.0$ 地震的对应关系,以确定具有短临意义的频度预报指标^[2].

1 资料与方法

将青藏高原北部地区($32^\circ \sim 42^\circ \text{N}$, $92^\circ \sim 110^\circ \text{E}$)按活动构造分为五大活动地块:1、祁连山地块;2、甘东南地块;3、兰州—西宁地块;4、共和地块;5、柴达木地块(图1).祁连山地块又分为(1)祁连山西段;(2)祁连山中段;(3)祁连山东段等三段.

采用 $M_L \geq 2.0$ 全国小震目录,并剔除了5级地震的余震,对1970~2001年全时段按五大地块和祁连山三段地区,用累计期间和滑动间隔分别为1月计算月频度随时间的变化^[3].超出两倍均差 $\pm 2\sigma$ 的均作为异常,并统计其与本区及边邻地区或同一构造带上 $M_s 5.0$ 以上地震的对应关系(该点值不作为异常统计,而对于半年内同一地块内连续发生2次以上的5级以上地震均作一次地震事件处理.).

由于青藏高原北部地区1970~1985年为平静时段,1986年以后为活跃时段^[4],为了更客观地分析不同时段频度的变化,故以1986年为界,分两段分别统计其频度随时间的变化.

2 各地块频度异常

2.1 祁连山地块

该地块位于甘肃省西、中部及与青海、宁夏的交界部位,是历史上强震活跃地区之一.图2为该地块

2.2 甘东南地块

该地块位于甘肃省东南部和甘、青、川交界部位,也是历史上强震多发地区之一. 1970~1985年期间发生 $M_s \geq 5.0$ 地震1次. 高频异常出现7次,对应地震1次,另一次对应了周边地区—共和地块1次地震,虚报5次. 低频异常出现5次,均无地震对应,即虚报5次. 期间高、低频异常合计无漏报(图3(a)).

1986~2001年期间发生 $M_s \geq 5.0$ 地震2次,高频异常出现6次,对应本地区地震1次,还对应了周边柴达木地块2次地震,所以虚报3次. 低频异常出现4次,对应本地区地震1次,但对应外区祁连山地块地震1次,虚报2次. 期间高、低频异常合计无漏报地震.

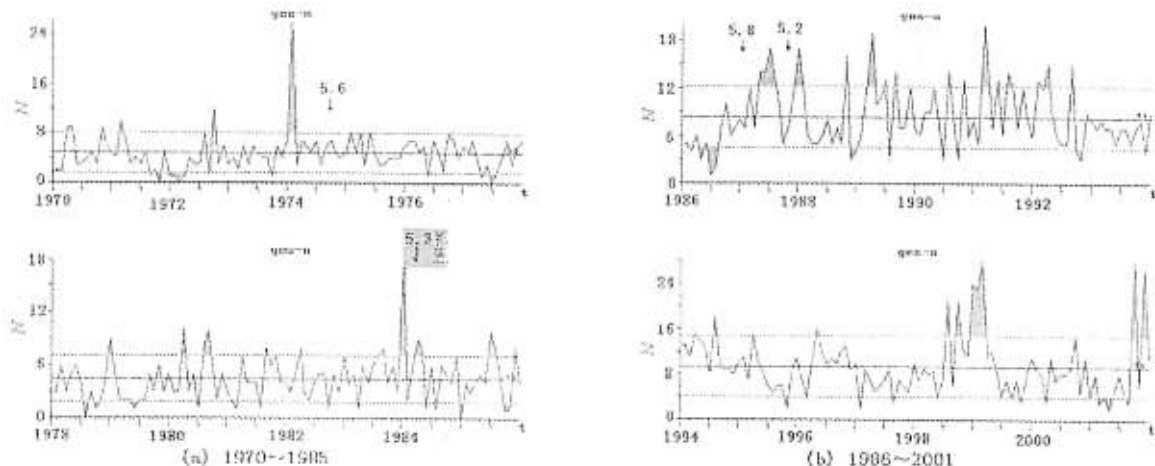


图3 甘东南地块频度曲线

Fig. 3 Frequency curve of southeast Gansu block.

2.3 兰州—西宁地块

该地块位于甘肃省中部及青海、宁夏交界部位. 构造比较复杂,也是历史上地震多发区. 1970~1985年间发生 $M_s \geq 5.0$ 地震2次. 高频异常出现6次,对应本地区地震1次,对应边邻柴达木地块地震1次,虚报4次. 低频异常出现3次,对应地震1次,虚报2次. 期间高、低频异常合计无漏报地震.

1986~2001年期间发生 $M_s \geq 5.0$ 地震8次,其中1990年10月20日景泰6.2级和1991年1月2日祁连5.1级计为一次事件,所以共计地震事件7次. 期间高频异常出现9次,其中震后高频现象3次,实际高频异常为6次,对应本地区地震3次,边邻柴达木地块地震1次,虚报2次. 低频异常出现8次,对应地震3次,虚报5次. 期间高、低频异常合计漏报地震2次. 详细资料见表1和表2.

2.4 共和地块

该地块位于青海省中部,是历史和现今强地震活动频繁的地区. 1970~1985年发生 $M_s \geq 5.0$ 以上地震2次. 高频异常出现6次,其中震后高频现象2次,实际高频异常为4次. 对应本地区地震1次,边邻柴达木地块地震事件1次,虚报2次. 低频异常出现2次,均无地震对应,即虚报2次. 该时段高、低频异常合计漏报地震1次.

1986~2001年期间该地块发生5级以上地震10次,计为9次事件. 高频异常出现5次,实际高频异常为3次,对应本地区地震2次,边邻柴达木地块地震2次,无虚报地震. 期间低频异常出现4次,对应地震1次,虚报3次. 高、低频合计漏报地震6次,包括邻区对应地震则漏报地震5次. 详细资料见表1和表2.

2.5 柴达木地块

该地块位于青海省南部,地质构造复杂,是历史和现今强震多发地区. 1970~1985年间该地块发生5级以上地震11次,计为7次地震事件. 高频异常出现5次,对应地震事件4次(7次地震),虚报1次. 低频异常出现3次,对应地震1次,虚报2次. 该时段高、低频异常合计漏报地震2次.

1986~2001年间发生5级以上地震14次,计为10次地震事件. 期间高频异常出现8次,其中震后高频现象3次,实际高频异常5次,对应地震事件4次(5次地震),虚报1次. 无低频异常. 该时段高、低频异

常合计漏报地震 6 次 ,详细资料见表 1 和表 2.

限于篇幅的原因 ,祁连山西、中、东三段的频度异常与地震的对应特征这里不再一一详述 ,详细资料见表 1 和表 2.

表 1 各地块高频度异常与对应地震的时间和次数

地块		起始时间 Δt_1 / 月					结束时间 Δt_2 / 月					最高值时间 $\Delta t_{\text{高}}$ / 月				
		1~3	4~6	7~9	10~12	>12	1~3	4~6	7~9	10~12	>12	1~3	4~6	7~9	10~12	>12
祁连山	本区	1	2	1	1	1	4	1	1			3	1	1		1
	邻区	1					1					1				
祁连山西段	本区	2	1			1	3		1			3				1
祁连山中段	本区	1	1	3			3		2			2		3		
	邻区	2					2					2				
祁连山东段	本区	1	2				1	2				1	2			
	邻区	2	1	2			2	2	1			2		1	2	
甘东南	本区		1	1			1	1				1		1		
	地块	2			1		2	1				2	1			
兰州 - 西宁	本区	2		2			3		1			3		1		
	地块		1		1		1		1				1		1	
共和	本区	1	1	1	1		1	1	2			1	1	2		
	地块		2			1	3					1	1			1
柴达木	本区	4	2	1	1	1	8				1	8				1
	地块															
合计	本区	12	10	9	3	3	24	5	7	0	1	22	4	8	0	3
	邻区	7	3	1	4	1	11	3	2	0	0	8	3	1	3	1

表 2 各地块低频度异常与对应地震的时间和次数

地块		起始时间 Δt_1 / 月					结束时间 Δt_2 / 月					最高值时间 $\Delta t_{\text{高}}$ / 月				
		1~3	4~6	7~9	10~12	>12	1~3	4~6	7~9	10~12	>12	1~3	4~6	7~9	10~12	>12
祁连山	本区	1	3	2	2		4	2	2			2	4	2		
	地块															
祁连山西段	本区	2				1	2	1				2		1		
祁连山中段	本区			1		1		1			1		1			1
	地块															
祁连山东段	本区	1			1			1		1		1			1	
	地块															
甘东南	本区			1			1						1			
	地块				1					1					1	
兰州 - 西宁	本区	1	1	1	1		3	1				1	1	2		
	地块															
共和	本区			1			1							1		
	地块															
柴达木	本区	1					1					1				
	地块															
合计	本区	6	5	6	4	2	12	6	2	1	1	7	7	6	1	1
	邻区	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0

3 异常与地震的对应特征

表 1、2 给出了异常段的起始时间 T_1 、结束时间 T_2 和最大(最小)值时间 $T_{\text{高}}$ 距离对应地震的时间

Δt_1 、 Δt_2 和 $\Delta t_{\text{高}}$ 分别在 1 ~ 3 月、4 ~ 6 月、7 ~ 9 月、10 ~ 12 月和 > 12 月各时段的统计次数。经分析,各地块异常段起始点距发震时间 Δt_1 , 结束点距发震时间 Δt_2 和最大(小)值距发震时间 $\Delta t_{\text{高}}$, 在 1 ~ 3 月和 4 ~ 6 月内与地震对应率最高。即不论以 T_1 、 T_2 还是 $T_{\text{高}}$ 作为异常的起算时间,其异常与地震的对应关系在统计意义上均以 1 ~ 3 月为优势时段,其次是 4 ~ 6 月。另外从表和图可看出,甘东南地块的频度异常与同一构造带,即库玛带上的地震对应较好;共和地块的频度异常与边邻地区柴达木地块的地震也有较好的对应;祁连山东段的频度异常与同一构造带祁连山西段和兰州 - 西宁地块的地震对应也较好。

4 预报效能 R 值检验

为了科学而客观地评价频度预报地震的实际能力,我们取异常出现距发震的时间在 1 ~ 6 个月内为预报地震的有效时段进行统计,并计算其预报效能的 R 值。具体方法按许绍燮提出的 R 值计算标准及综合评分:

$$R = 1 - a - b$$

其中漏报率: $a = n_{01}/N_1$, n_{01} 为漏报次数, N_1 为实际有震次数。虚报率: $b = n_{10}/N_0$; n_{10} 为虚报次数, N_0 为实际无震次数。

以异常月向后数第一个月至第六个月为预测的发震月。在 1970 ~ 2001 年间共有这样的时段 64 个,经过逐月统计,各地震带(区)在 1970 ~ 1985, 1986 ~ 2001 年两个时段,频度预报地震的全面情况和综合评分列于表 3。表中 $R_{97.5\%}$ 值为可信度为 97.5% 的预报效能值, $R_{\text{内部}}$ 值为本区与外区合计预报效能值。由表可看出,本区频度 R 值评分分别在 1970 ~ 1985, 1986 ~ 2001 年两个时段中以 0.60 以上的占半数。其中祁连山地块、甘东南地块和祁连山东段 R 值评分比较高,两个时段的平均 R 值均在 0.6 以上。共和地块 R 值较低,两个时段的平均 R 值在 0.30 以下。

表 3 各地块频度异常预报地震效能 R 值

地震带 (区)	资料起止 时间 /年	异常总数		有震 报准 n_{11}	漏报 n_{01}	虚报 n_{10}	实际 有震 N_1	实际 无震 N_0	$R_{97.5\%}$	R	$R_{\text{内部}}$
		正	负								
祁连山	1970 ~ 1985	4	3	5	0	2	5	27	0.44	0.93	0.96
地块	1986 ~ 2001	5	7	6	4	2	10	22	0.33	0.51	
甘东南	1970 ~ 1985	7	5	1	0	11	1	31	0.46	0.65	0.68
地块	1986 ~ 2001	6	4	2	0	8	2	30	0.57	0.73	0.83
兰州 - 西宁	1970 ~ 1985	6	3	2	0	7	2	30	0.58	0.77	0.80
地块	1986 ~ 2001	6	8	5	2	8	7	25	0.42	0.40	0.44
共和	1970 ~ 1985	4	2	1	1	5	2	30	0.30	0.33	0.37
地块	1986 ~ 2001	3	4	3	6	4	9	23	0.24	0.16	0.24
柴达木	1970 ~ 1985	5	3	5	2	3	7	25	0.42	0.60	
地块	1986 ~ 2001	5	0	4	6	1	10	22	0.28	0.36	
祁连山	1970 ~ 1985	8	6	3	0	9	3	29	0.41	0.69	
西段	1986 ~ 2001	4	6	3	2	7	5	27	0.43	0.34	
祁连山	1970 ~ 1985	6	3	2	1	6	3	29	0.50	0.47	0.50
中段	1986 ~ 2001	6	5	3	2	7	5	27	0.44	0.34	0.38
祁连山	1970 ~ 1985	8	6	2	0	11	2	30	0.57	0.63	
东段	1986 ~ 2001	7	5	1	0	10	1	31	0.46	0.68	0.68

5 结论

根据以上研究分析,青藏高原北部地区地震频度异常指标的短临特征是比较清楚的。对比异常与地震的对应关系归纳为:

(1) 频度异常段起始点 T_1 , 终止点 T_2 和最大(小)值 $T_{\text{高}}$, 距离对应地震的发震时间 Δt_1 , Δt_2 和 $\Delta t_{\text{高}}$

均以 1 ~ 3 个月和 4 ~ 6 个月为优势时段 ,故可以异常出现 1 ~ 6 个月内作为预报发震的有效时段.

(2) 频度作为一项短临预报指标 ,预报效能 R 值评分大于 0. 60 的超过半数以上 ,通过 $R_{97.5\%}$ 可信度检验率较高 ,为 69% .

(3) 频度异常与外区地震的对应关系仍有一定的优势 ,尤其甘东南地块对应库玛带上的地震效果较好 ,内、邻区合计 $R \geq R_{97.5\%}$ 达 94% .

[参考文献]

[1] 陆远忠 ,陈章立 ,王碧泉. 地震预报的地震学方法 [M]. 北京 :地震出版社 ,1985.
[2] 刘正荣 ,钱兆霞 ,王维清. 前震的一标志——地震频度的衰减 [J]. 地震研究 ,1999 ,2(4) :1—9.
[3] 成尔林. 震级-频度关系的修改及其对部分地震区带的应用 [J]. 西北地震学报 ,1993 ,15(3) 33—43.
[4] 郭大庆 ,石特临 ,肖丽珠. 青藏高原北部地震区地震活动特征 [J]. 内陆地震 ,1994 ,8(4) :323—332.

STUDY ON SHORT-TERM ANOMALY CHARACTERISTICS
OF SEISMIC FREQUENCY IN NORTHERN REGION
OF QINGHAI – TIBET PLATEAU

XIAO Li-zhu , YANG Li-ming , LI Chun-yan , ZHANG Xiao-mei , ZHANG Ying
(Lanzhou Institute of Seismology ,CSB ,Gansu Lanzhou 730000 ,China)

Abstract Based on the division of active blocks in northern Qinghai – Tibet plateau , the full spatio-temporal scan for seismic frequency of small earthquakes in every blocks since 1970 is down to study short-impending anomaly characteristics. The result indicates that the corresponding ratios of the anomalies of seismic frequency to $M_s \geq 5.0$ earthquakes are different in different blocks ,owing to various regional tectonics ,but the most of starting time ,ending time and maximal (or minimal) value of positive and negative anomalies for small seismic frequency appeare one to six months before medium-strong earthquakes. And the result is checked up statistically by using R value ,the eligibility rate($R \geq R_{97.5\%}$) in the region is 69% ,and the general Eligibility rate of R -value for inner and adjacent regions is 94% .

Key words Northern Qinghai – Tibet plateau Short-impending anomaly characteristics ;Seismic frequency