

[文章编号] 1001-4683(2005)04-486-10

中国大陆地区中强地震前加卸载响应比异常时间尺度的统计研究

张晖辉¹⁾ 尹祥础^{1,2)} 梁乃刚¹⁾

1) 中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室,北京市北四环西路 15 号 100080

2) 中国地震局地震预测研究所,北京 100036

摘要 加卸载响应比理论是近年来提出的地震预测方法。本文进行了加卸载响应比异常时间尺度的统计研究,其中包括中国大陆地区 5.0 ~ 8.1 级的部分中强地震共 30 个震例,并得出加卸载响应比异常的时间尺度与未来地震震级之间的拟合函数。结果表明,地震前加卸载响应比异常的时间尺度与未来地震的震级具有正变关系,即震级越高,地震前加卸载响应比异常的时间尺度越长。根据加卸载响应比异常的时间尺度与震级之间的关系可以估计未来地震的震发时间,同时,可以确定加卸载响应比时空扫描过程中时间长度的大小。

关键词: 中强地震 加卸载响应比(LURR) 时间尺度

[中图分类号] P315 [文献标识码] A

0 引言

地震预测是世界范围的科学难题,世界各地发生的灾难性地震引起了巨大的经济损失和人员伤亡,人们对地震预测的期盼日趋强烈。但是地震的孕育过程极为复杂,它的物理本质是震源区介质的变形、损伤及失稳破坏,而固体材料的损伤和破坏具有非线性性质,其初始缺陷的分布有很大的随机性,这就导致其演化过程非常复杂。同时,由于地球介质的不可入性,人们获得的地球内部信息非常少,我们知道的只是地壳中某些物理量的变化,基于此,尹祥础提出了一个定量地表征地震孕育过程的参数——加卸载响应比(尹祥础等,1987;1991;Yin Xiang-chu, et al.,1995;2000)。该理论将地震的孕育和发生看成是一个非线性系统的失稳过程。非线性系统在临近失稳时,加载与卸载阶段的响应是不同的,加载响应远远大于卸载响应,加载响应与卸载响应的比值反映了非线性系统的失稳程度,从而可以作为判断一个地区发生地震危险性的依据。加卸载响应比用于地震预测的实践取得了较好的效果,

[收稿日期] 2005-02-14; [修定日期] 2005-11-12。

[项目类别] 国家自然科学基金项目(编号 10232050;10572140);中国科学院知识创新工程信息化建设重大专项“超级计算环境建设与应用”(INF105-SCF-2-02);中国地震科学联合基金项目(305016);国家 973 计划项目(2004 CB418406;2002CB412706)。

[作者简介] 张晖辉,女,1975 年生,中国科学院力学研究所在读博士,主要从事地震力学、地震预测等研究工作。

E-mail: zhanghh@lnm.imech.ac.cn。

不仅成功地预测过一些国内的地震(中期预测),还成功地预测过一些国外的地震(美国,日本,土耳其等)(Yin Xiang-chu et al., 1995; 2000; 2002; 王海涛等, 1998; 王海涛, 1999; 尹祥础等, 1996)。

尹祥础等进行了中强地震前加卸载响应比变化规律的大量震例检验, 结果发现 80% 以上的震例在地震前加卸载响应比值均显著大于 1 (Yin Xiang-chu, et al., 1995), 同时, 实验研究和数值模拟也证实了加卸载响应比理论的正确性 (Mora et al., 2002; Wang et al., 1999; 2004; Yin Xiang-chu et al., 2004; 张晖辉等, 2004)。为了进一步确定加卸载响应比异常的时间尺度与地震震级的关系, 本文对中国大陆地区 $M 5.0 \sim 8.1$ 部分中强地震共 30 个震例进行了研究。

1 加卸载响应比理论简介

加卸载响应比理论的主要思路是, 系统在稳定状态时加载响应与卸载响应的比值与邻近失稳状态时的加载响应与卸载响应的比值是完全不同的。加卸载响应比 Y 是一个能够定量地反映非线性系统趋近失稳程度的参数, 可以将其定义为 (尹祥础等, 1987; 1991)

$$Y = \frac{X_+}{X_-} \quad (1)$$

式中: 正号表示加载阶段, 负号表示卸载阶段。

响应率 X 可定义为

$$X = \lim_{P \rightarrow 0} \frac{R}{P} \quad (2)$$

式中: R 和 P 表示载荷为 P 时载荷 P 和响应 R 所对应的增量。

根据加卸载响应比的思想, 当介质处于弹性状态时, 加卸载响应比的值接近于 1。而当介质发生损伤时, 加卸载响应比的值大于 1。加载响应与卸载响应的比值能定量地反映介质的损伤程度, 称之为加卸载响应比。一些学者利用统计细观损伤力学对加卸载响应比的基本规律进行了模拟, 对非均匀脆性介质破坏的共性特征与前兆进行了比较系统深入的研究, 并且提出了临界敏感性的概念, 以解释大地震前夕加卸载响应比下降的现象 (Xia et al., 2002; Zhang et al., 2004; Xu et al., 2004)。

为了利用加卸载响应比理论进行地震预测, 必须解决的一个科学问题就是如何对孕震区进行加载和卸载。我们研究的对象是整个孕震区, 其线尺度可达几百甚至上千公里。对这样巨大的系统进行加卸载, 显然不是目前人力所能及的。好在大自然为我们提供了这样的条件, 这就是日、月运行产生的引潮力。引潮力使地球内部各处的应力不断周期性地变化, 也就是永不停息地对地球进行加卸载。

根据大量实验研究, 在利用加卸载响应比理论进行地震预测实践时, 其加载阶段和卸载阶段由地球固体潮引起的库仑破裂应力的增加和减少来确定 (尹祥础, 1985)。根据库仑准则, 断层面的库仑破裂应力 (Coulomb Failure Stress) 为

$$CFS = \tau + f_n \quad (3)$$

其中, f 、 τ 和 n 分别代表断层面的内摩擦系数、剪应力和正应力。当断层面上库仑破裂应力的变化大于零时判断为加载, 反之, 当断层面上库仑破裂应力的变化小于零时判断为卸载

(Resernberg et al ,1992 ;Harris ,1998)。

在计算库仑破裂应力时需要计算地球内部任意一点的应力,其中包括构造应力和潮汐应力。关于中国大陆地区的构造应力场,我们利用许忠淮等(1989)的计算结果,对于其他地区则利用 Zoback(1992)的结果。在前人研究成果的基础上,我们编写的程序能准确计算地壳内部任一点在任一时刻的应力张量。利用公式(3)可以计算出给定断层面上的正应力和剪应力,从而计算出库仑破裂应力。

在地震学中,常使用释放的地震波的能量 E 及其相关量作为响应量,利用释放的地震波的能量作响应量可将 Y 的值定义为

$$Y = \frac{\left[\begin{matrix} N^+ \\ E_i^m \end{matrix} \right]_+}{\left[\begin{matrix} N^- \\ E_i^m \end{matrix} \right]_-} \tag{4}$$

式中 E 为释放的地震波的能量,“+”代表加载,“-”代表卸载。 m 可以取为 0,1/3,1/2,2/3 或 1。当 $m=1$ 时, E^m 表示能量;当 $m=1/3$ 和 $m=2/3$ 时, E^m 分别表示孕震区域的线性尺度和面尺度;当 $m=1/2$ 时, E^m 表示 Benioff 应变;当 $m=0$ 时, Y 值相当于 N^+/N^- ,而 N^+ 和 N^- 分别代表加载和卸载过程中出现的地震数量。在本文中, m 取为 1/2,也就是说加卸载响应比 Y 值为加载和卸载期间的 Benioff 应变的比值。

2 震例分析

大量地震震例的研究表明,在地震平静期,加卸载响应比在 1 附近波动,而在大地震前夕,加卸载响应比明显升高至 $\gg 1$,在最高值开始回落之后,大地震随之发生。

本文所讨论的加卸载响应比的时间尺度 T 是指从加卸载响应比的最高值到地震发生的时间间隔,也就是从地震成核开始一直到大地震发生的时间间隔(图 1)(Yn Xiang-chu,et

al.,2006)。刘桂萍等(1994)通过对首都圈地区 9 个 4 级以上地震的研究,发现加卸载响应比的高值出现在震前 1~4 个月。图 1 为昆仑山地震前加卸载响应比的变化曲线,其中计算区域为以震中位置为圆心,半径为 600km 的圆形区域, M 为计算加卸载响应比所选择地震的震级范围, N 为计算时间窗/滑动时间窗(天), Par 为断层参数解,分别为断层的走向、倾角和滑动角。由图 1 可以看出,在震前很长一段时间内(约 5 年),加卸载响应比的值一直比较低而且比较稳定,但是,在 1998 年底加卸载响应比值出现了明显的异常增高,到大地震发生的时间间隔约为 3 年。

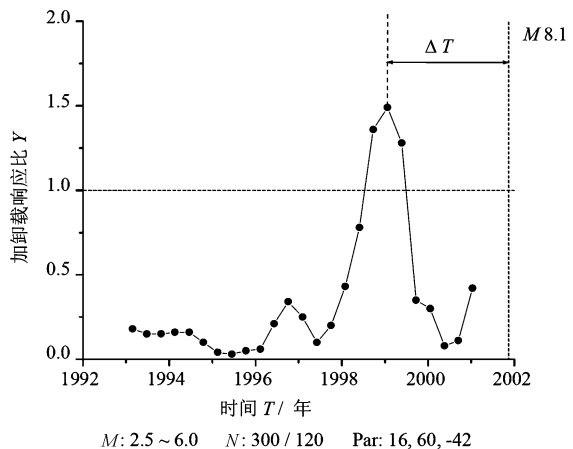


图 1 2001 年 11 月 14 日昆仑山地震前 LURR 的变化情况
Fig. 1 The variation of LURR prior to the Kunlun Mountain earthquake on Nov. 14, 2001

表 1 为中国大陆地区部分 5.0 级以上中强地震前加卸载响应比时间尺度的统计结果(王海涛,1999;彭克银,2000)。

表 1 中国大陆地区部分 5.0 级以上中强地震前加卸载响应比异常时间尺度的统计结果

编号	地震时间 (年-月-日)	地点	震中位置		震级 <i>M</i>	计算区域的 半径 <i>R</i> (km) (震中位置为圆心)	加卸载响应比 的时间尺度 (月)
			纬度(°)	经度(°)			
1	2001-11-14	昆仑山口西	35.93	90.53	8.1	600	35
2	1988-11-06	云南澜沧	22.38	99.72	7.6	400	23
3	1976-05-29	云南龙陵	24.55	98.75	7.5	350	18
4	1985-08-23	新疆乌恰	39.58	75.60	7.4	350	25
5	1975-02-04	辽宁海城	40.70	122.70	7.3	350	11
6	1976-08-23	四川松潘	32.48	104.15	7.3	300	23
7	1990-04-26	青海共和	36.12	100.13	7.1	350	13
8	1996-03-19	新疆伽师	40.13	76.63	7.1	300	11
9	2003-04-17	青海德令哈	37.65	96.57	6.8	250	9
10	1973-08-16	云南龙陵	22.82	100.97	6.7	250	18
11	2000-01-15	云南省大姚-姚安	25.58	101.12	6.7	280	13
12	1996-05-03	内蒙古包头	40.78	109.68	6.6	350	6
13	2000-09-12	青海省兴海	35.57	99.62	6.6	250	11
14	1986-08-26	青海共和	37.70	101.57	6.4	280	21
15	1997-01-21	新疆伽师	39.65	76.93	6.4	250	20
16	1998-11-19	云南省大姚	27.23	100.98	6.4	250	8
17	2003-07-21	云南省大姚	25.95	101.23	6.4	200	10
18	1998-01-10	河北张北	41.10	114.30	6.2	250	9
19	2001-05-24	云南省大姚	27.63	100.80	6.1	200	11
20	2003-05-04	新疆巴楚	39.40	77.17	6.1	250	8
21	1990-10-20	甘肃天祝	37.12	103.60	6.0	230	6
22	2004-08-10	云南鲁甸	27.17	103.60	5.9	280	4
23	2002-10-27	青海都兰	35.18	96.12	5.8	300	16
24	2002-12-14	甘肃省玉门市	39.82	97.33	5.8	280	11
25	1999-11-01	山西大同-阳高	39.92	113.92	5.7	150	1
26	2001-07-11	青海德令哈	39.03	97.50	5.6	250	8
27	1995-10-06	河北唐山	39.67	118.33	5.4	230	6
28	2004-09-17	广东阳江	21.77	111.87	5.2	200	5
29	1999-03-20	内蒙古中部	39.82	106.67	5.1	250	9
30	1998-04-14	河北滦县	39.68	118.47	5.0	150	2

图 2 为根据表 1 绘制的加卸载响应比时间尺度与地震震级之间的关系图。由图 2 可以看出,加卸载响应比异常的时间尺度与地震的震级大致呈正变关系,但是有一定的分散性。

根据尹祥础等(1982)、郑天愉等(1983)和 Ohnaka (2004a) 的地震成核模型,地震的成核时间与震级应该有如下形式的函数关系

$$T = A(1 - B \times 10^{-CM}) \quad (5)$$

根据图 2 及表 1 中的数据得到加卸载响应比异常的时间尺度与地震震级之间的拟合结果为

$$T = 60(1 - 2.3 \times 10^{-0.08M}) \quad (6)$$

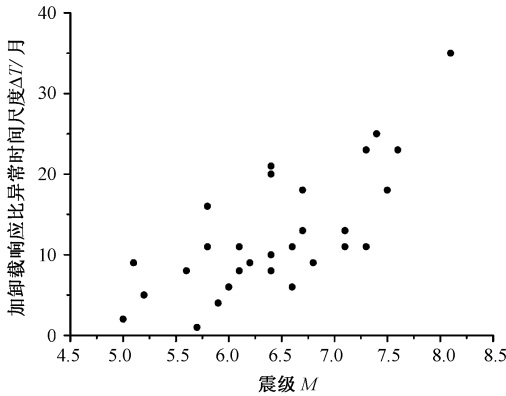


图2 加卸载响应比异常的时间尺度与地震震级之间的关系

Fig. 2 The relationship between the LURR anomaly temporal scale and the earthquake magnitude

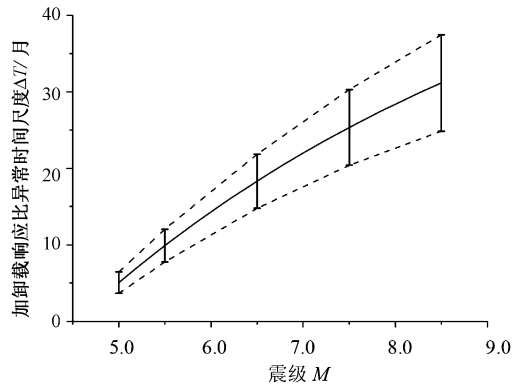


图3 根据(6)式绘制的震级-时间尺度曲线(虚线为误差项)

Fig. 3 The magnitude-time curve according to equation (6) (dotted line is error)

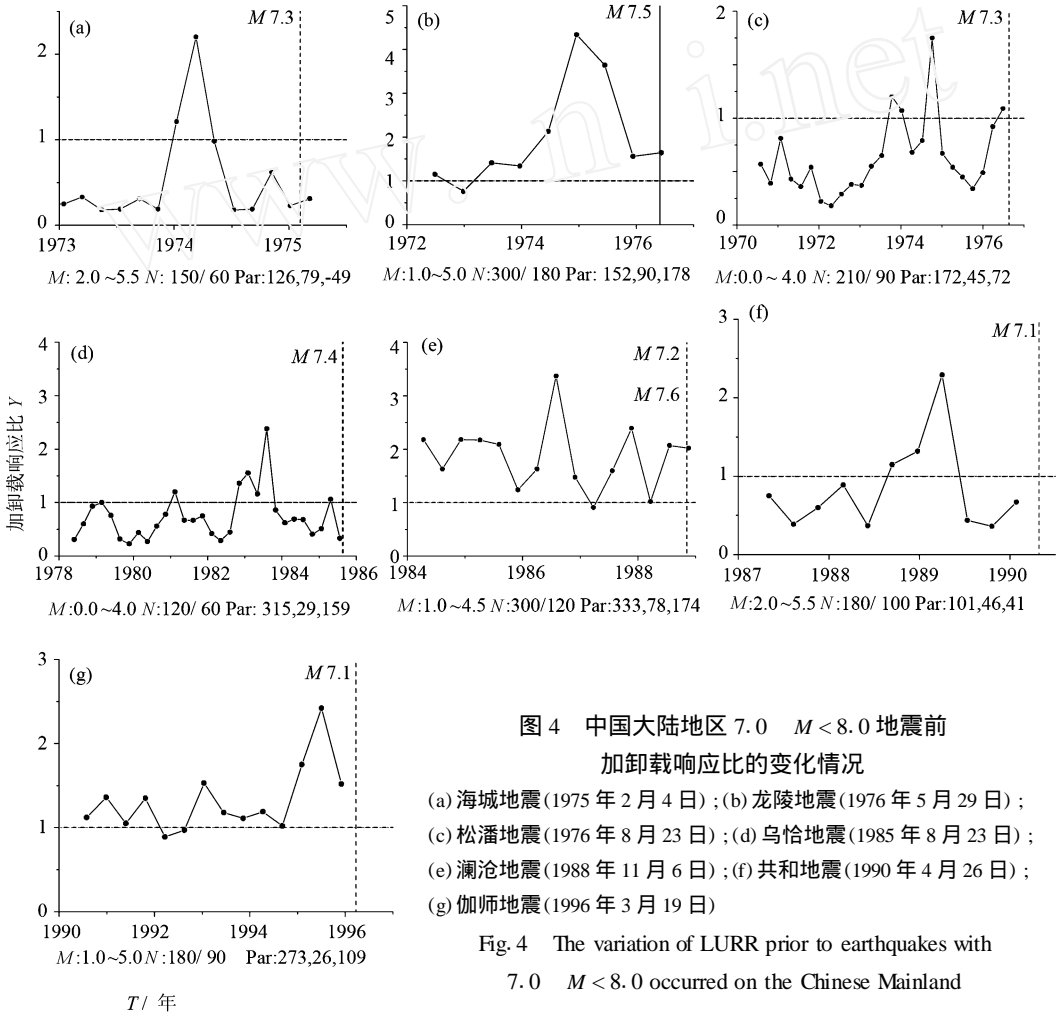


图4 中国大陆地区 7.0 $M < 8.0$ 地震前加卸载响应比的变化情况

- (a) 海城地震(1975年2月4日); (b) 陵龙地震(1976年5月29日);
- (c) 松潘地震(1976年8月23日); (d) 乌恰地震(1985年8月23日);
- (e) 澜沧地震(1988年11月6日); (f) 共和地震(1990年4月26日);
- (g) 伽师地震(1996年3月19日)

Fig. 4 The variation of LURR prior to earthquakes with 7.0 $M < 8.0$ occurred on the Chinese Mainland

其中： M 为未来地震的震级 ($M \geq 5$)， T 是指从加卸载响应比的最高值到地震发生的时间间隔(月)。

从(6)式可以看出,未来地震的震级越高,加卸载响应比异常的时间尺度越大。在地震预测实践中,当加卸载响应比曲线达到峰值点以后,就可以根据(6)式大致的估计出未来地震的发震时间。图3为根据(6)式绘制的 T 与 M 的关系图。

图4~6分别为中国大陆地区不同震级地震前加卸载响应比的变化曲线。其中水平虚线表示加卸载响应比的值为1,垂直虚线表示地震发生的时间,其余参数的意义与图1中相同。

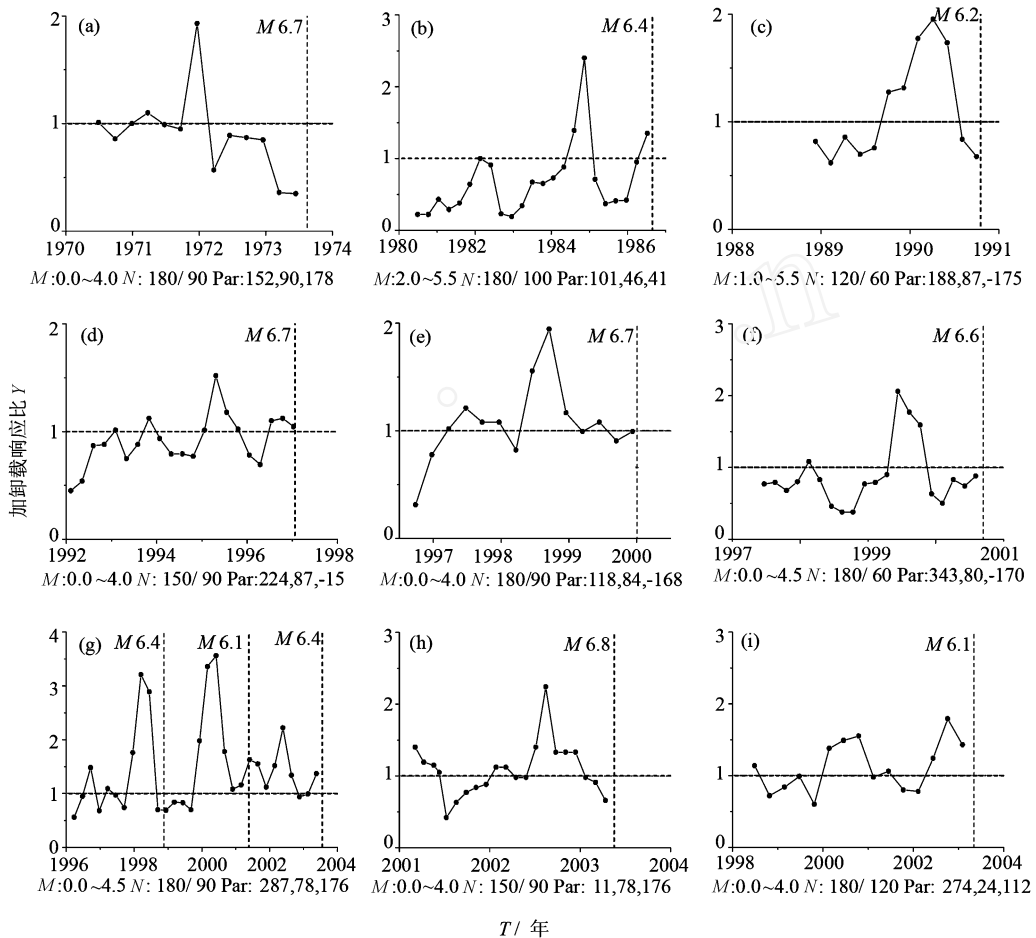


图5 中国大陆地区 6.0 $M < 7.0$ 地震前加卸载响应比的变化情况

- (a) 云南龙陵(1973年8月16日) (b) 青海共和(1986年8月26日) (c) 甘肃天祝(1990年10月20日) (d) 新疆伽师(1997年1月21日) (e) 云南大姚-姚安(2000年1月15日) (f) 青海兴海(2000年9月12日) (g) 云南大姚(1998年11月19日、2001年5月24日、2003年7月21日) (h) 青海德令哈(2003年4月17日) (i) 新疆巴楚(2003年5月4日)

Fig. 5 The variation of LURR prior to earthquakes with $6.0 < M < 7.0$ occurred on the Chinese Mainland

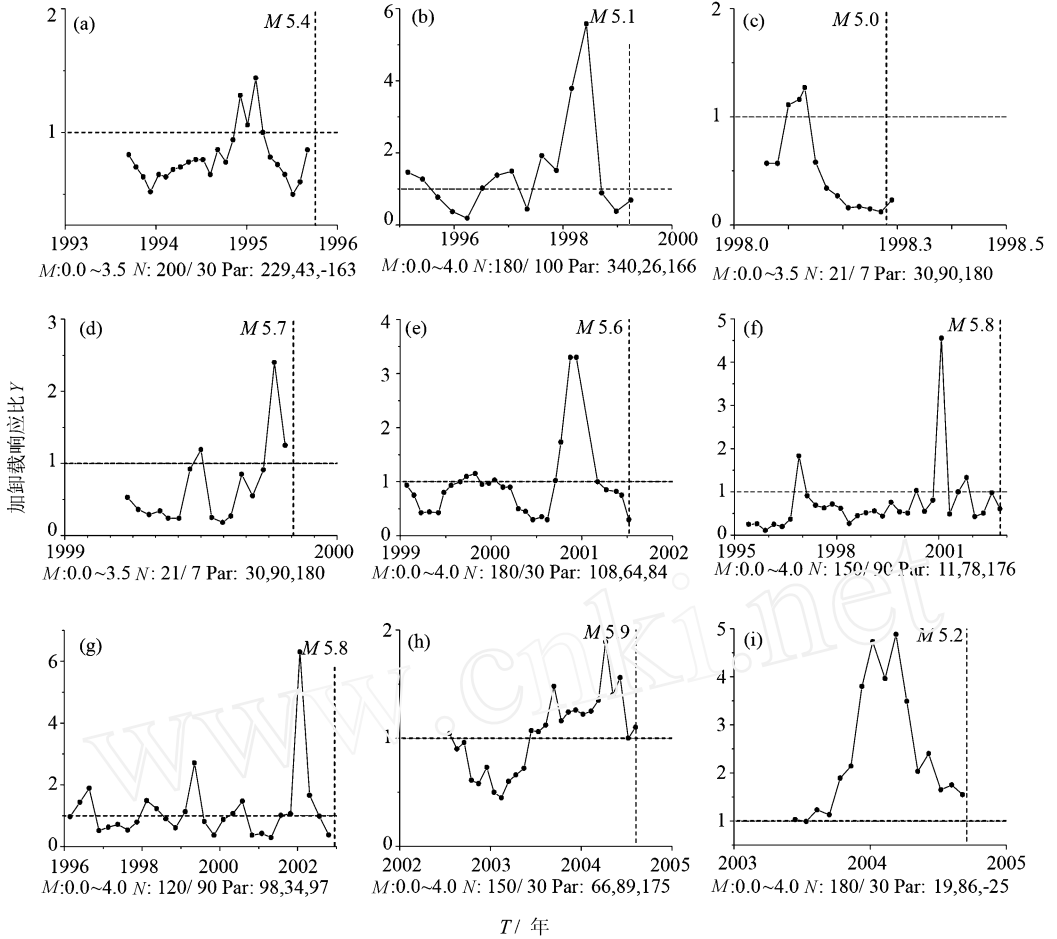


图 6 中国大陆地区 5.0 $M < 6.0$ 地震前加卸载响应比的变化情况

(a) 河北唐山(1995 年 10 月 6 日) (b) 内蒙古中部(1999 年 3 月 20 日) (c) 河北滦县(1998 年 4 月 14 日) (d) 大同 - 阳高(1999 年 11 月 1 日) (e) 青海德令哈(2001 年 7 月 11 日) (f) 青海都兰(2002 年 10 月 27 日) (g) 甘肃玉门市(2002 年 12 月 14 日) (h) 云南鲁甸(2004 年 8 月 10 日) (i) 广东阳江(2004 年 9 月 17 日)

Fig. 6 The variation of LURR prior to earthquakes with 5.0 $M < 6.0$ occurred on the Chinese Mainland

3 将加卸载响应比的时间尺度和空间尺度相结合用于地震预测

尹祥础等 (Yin Xiang-chu, et al., 2002) 根据加卸载响应比的物理机制定义了加卸载响应比的空间尺度(临界区尺度)为使加卸载响应比值达到最高的最佳半径。根据大量的震例研究,尹祥础等认为不同震级地震及空间尺度(以震中位置为圆心的圆形区域的半径 R) 之间的关系为

$$\log R = 0.087 + 0.34M \tag{7}$$

这一结果与地震临界点理论所确定的临界区是一致的 (Bowman et al., 1998; Jaume et al., 1999; Ohnaka, 2004b)。

将加卸载响应比的时间尺度和空间尺度有机结合可以提高地震预测的准确率。以 2004 年的中国大陆地区的地震预测为例。2003 年底,我们利用中国大陆地区 2002 年 10 月 1 日至 2003 年 9 月 30 的地震数据进行了加卸载响应比的空间扫描。根据加卸载响应比的空间尺度,图中的扫描半径取为 200km,扫描的滑动步长为 0.5° ,扫描结果如图 7 所示。由于 5 级以上地震加卸载响应比的时间尺度为 1 年左右,由图 7 可以预测 2004 年中国大陆地区 5 级以上地震发生的可能性,图中的阴影部分为加卸载响应比的异常区域,也就是 2004 年可能发生 5 级以上地震的地区,图形右侧的标尺代表加卸载响应比的值(尹祥础等, 2004)。经核查发现,2004 年 1 月 1 日至 12 月 31 日,中国大陆地区发生了 33 个 $M_L \geq 5$ 地震(图 7),其中 16 个发生在资料不全不能计算加卸载响应比的区域内(虚线圆,绿色),另外 17 个发生在可以计算加卸载响应比的区域内(实线圆,红色),其中 15 个地震落在高加卸载响应比区内,一个在加卸载响应比异常区的边缘,一个漏报。这些结果进一步说明,将加卸载响应比的时间尺度和空间尺度有机结合起来可以进一步提高加卸载响应比的预测能力。

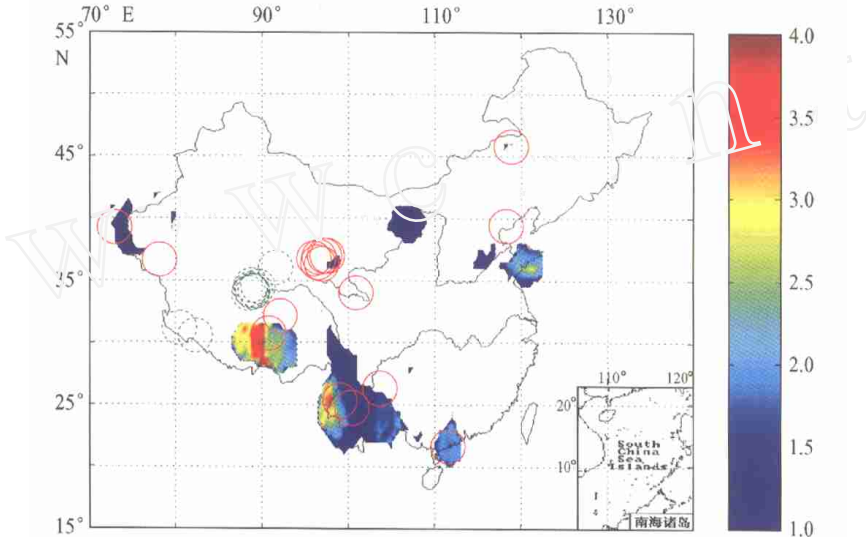


图 7 中国大陆地区 2003 年 LURR 的异常区域及
2004 年 1 月 1 日~2004 年 12 月 31 日 $M \geq 5.0$ 的地震分布图
(红色)有 LURR 计算能力的地区内 $M \geq 5.0$ 级的地震 ○(绿色)无 LURR 计算能力的地区内 $M \geq 5.0$ 级的地震

Fig. 7 The anomaly LURR regions on the Chinese mainland in 2003 and the map of epicenters of earthquakes with magnitude $M \geq 5.0$ in 2004 on the Chinese mainland.

4 结论

本文进行了加卸载响应比时间尺度的统计研究,并得出加卸载响应比的时间尺度与地震震级之间的拟合函数。结果表明,地震前加卸载响应比异常的时间尺度与未来地震的震级具有正变关系,震级越高,地震前加卸载响应比的异常时间持续得越长。根据加卸载响应比的时间尺度与震级之间的关系可以估计未来地震的震级,同时,可以确定加卸载响应比时空扫描过程中时间的长短。

致谢:本文中所使用的地震目录来源于中国数字地震台网中心,在此表示感谢。

参考文献

- 刘桂萍、马 丽等,1994,首都圈地区中等地震前响应比特征的研究,地震,14(6),34~39。
- 彭克银,2000,加卸载响应比理论若干问题的深入研究及其三维数值模拟,中国地震局地球物理研究所博士学位论文,北京,2000年12月。
- 王海涛、彭克银、张永仙等,1998,新疆伽师强震群过程中加卸载响应比变化特征,科学通报,43(2),1109~1111。
- 王海涛,1999,加卸载响应比理论在地震预报中的应用综合研究,中国地震局地球物理研究所博士学位论文,北京,1999年1月。
- 许忠淮、王素云、黄雨蕊,1989,由大量的地震资料推断的我国大陆构造应力场,地球物理学报,32(6),636~647。
- 尹祥础、郑天愉,1982,地震孕育过程的流变模式,中国科学(B辑),2,922~930。
- 尹祥础,1985,固体力学,北京:地震出版社。
- 尹祥础,1987,地震预测新途径的探索,中国地震,3(1),1~7。
- 尹祥础、尹 灿,1991,非线性系统的失稳前兆与地震预测,中国科学,5,512~518。
- 尹祥础、陈学忠、宋志平等,1996,关东等地区加卸载响应比的时间变化及其预测意义,中国地震,12(3),331~335。
- 尹祥础、张晖辉、余怀忠等,2004,加卸载响应比理论的新进展及其对中国大陆未来地震趋势的预测,自:中国地震局分析预报中心编,中国地震趋势预测研究(2004年度),北京:地震出版社,282~285。
- 郑天愉、尹祥础,1983,断层的亚临界扩展和地震的孕育过程,科学通报,28(21),1081~1085。
- 张晖辉、颜玉定、余怀忠等,2004,循环载荷下大试件岩石破坏声发射实验——岩石破坏前兆的研究,岩石力学与工程学报,23(21),3621~3628。
- Bowman, D. D., Ouilon, G., Sammis, C. G., et al., 1998, An observational test of the critical earthquake concept J. Geophys. Res., 103(B10), 24359~24372.
- Harris, R. A., 1998, Introduction to Special Section: Stress Triggers, Stress Shadows, and Implication for Seismic Hazard J. Geophys. Res., 103(B10), 24347~24358.
- Jaume, S. C. and Sykes L. R., 1999, Evolving towards a critical point: a review of accelerating seismic moment/energy release prior to large and great earthquakes, Pure and Applied Geophysics, 155(2-4), 279~306.
- Ohnaka M., 2004a, Earthquake cycles and physical modeling of the process leading up to a large earthquake, Earth Planets Space, 56(8), 773~793.
- Ohnaka, M., 2004b, A constitutive scaling law for shear rupture that is inherently scale-dependent, and physical scaling of nucleation time to critical point, Pure and Applied Geophysics, 161(9-10), 1915~1929.
- Mora, P., Wang, Y. C., Yin C., et al., 2002, Simulation of Load-unload Response Ratio and Critical Sensitivity in the Lattice Solid Model, Pure and Applied Geophysics, 159(10), 2525~2536.
- Resenberg, P. A. and Simpson, R. W., 1992, Response of Regional Seismicity to the Static Stress Change Produced by the Loma Preita Earthquake, Science, 255, 1687~1690.
- Wang Yu-cang, Yin Xiang-chu and Wang Hai-tao, 1999, The Simulation of Rock Experiment on Load/Unload Response Ratio on Earthquake Prediction, Earthquake Research in China, 14(2), 126~130.
- Wang Y. C., P. Mora, Yin C. and Place D., 2004, Statistic Tests of Load-unload Response Ratio Signals by lattice Solid Model: Implication to Tidal Triggering and Earthquake Prediction, Pure and Applied Geophysics, 161(9-10), 1829~1839.
- Xia M. F., Wei, Y. J., Ke, F. J., et al., 2002, Critical sensitivity and trans-scale fluctuations in catastrophe rupture, Pure and Applied Geophysics, 159(10), 2491~2509.
- Xu, X. H., Xia M. F., Ke, F. J., et al., 2004, Experimental evidence of critical sensitivity in catastrophe, The 4th ACES Workshop, July 9-14, 2004, Beijing, China.
- Yin Xiang-chu, Chen Xue-zhong, Song Zhi-ping, et al., 1995, A New Approach to Earthquake Prediction: The Load/Unload Response Ratio (LURR) Theory, Pure and Applied Geophysics, 145(3/4), 701~715.
- Yin Xiang-chu, Wang Yu-cang, Peng Ke-yin, et al., 2000, Development of a New Approach to Earthquake Prediction: Load/unload

- Response Ratio (LURR) Theory ,Pure Applied Geophysics ,**157**(11-12) ,2365 ~ 2383.
- Yin Xiang-chu ,P. Mora ,Peng Ke-yin ,et al. ,2002 ,Load-unload Response Ratio and Accelerating Moment/Energy Release ,Critical Region Scaling and Earthquake Prediction ,Pure and Applied Geophysics ,**159**(10) ,2511 ~ 2524.
- Yin Xiang-chu ,Yu Huai-zhong ,Victor Kukshenko ,et al. ,2004 ,Load-Unload Response Ratio (LURR) ,Accelerating Moment/Energy Release (AM/ER) and State Vector Evolution as Precursors of Failure of Rock Specimens ,Pure and Applied Geophysics ,**161**(11-12) , 2405 ~ 2416.
- Yin Xiang-chu ,Zhang Hui-hui ,Zhang Lang-ping ,2006 ,LURR 's Twenty years and its perspective ,Pure Pure and Applied Geophysics (accepted) .
- Zhang ,X. H. ,Xu ,X. H. ,Xia ,M. F. ,et al. ,2004 ,Critical sensitivity in driven nonlinear threshold systems ,Pure and Applied Geophysics ,**161**(9-10) ,1931 ~ 1944.
- Zoback ,M. L. ,1992 ,First- and second-order patterns of stress in the lithosphere : The world stress map project , J. Geophys. Res. ,**97** (B8) ,11703 ~ 11728.

Statistic Study of LURR Anomaly Temporal Scale before Moderately Strong Earthquakes on the Chinese Mainland

Zhang Huihui¹⁾ Yin Xiangchu^{1),2)} Liang Naigang¹⁾

1) LNM (State Key Laboratory for Nonlinear Mechanics) , Institute of Mechanics , CAS , Beijing 100080 ,China

2) Institute of Earthquake Prediction , CEA , Beijing 100036 ,China

Abstract Load-Unload Response Ratio (LURR) is a new approach to earthquake prediction which was put forward in recent years. In this paper , statistic study of LURR anomaly temporal scale is conducted , which include 30 moderately strong earthquakes with magnitude 5.0 ~ 8.1 on the Chinese mainland. The fitting function between the LURR anomaly temporal scale and the magnitude of future earthquake has been obtained. The results show that the LURR anomaly temporal scale should be scale with the future earthquake magnitude , i. e. , the bigger of the magnitude of the future earthquake ,the longer the LURR anomaly temporal scale. The seismic time of future earthquake could be estimated according to relation of the LURR anomaly temporal scale and future earthquake magnitude. At the same time ,the temporal scale could also be determined in the LURR spatial scanning.

Key words : Moderately strong earthquakes Load-Unload Response Ratio (LURR) Temporal scale