

地震数值预测理论、方法与技术

III-01

# 基于渐近破坏模型的震前“静音期” 数值分析与思考

李世海<sup>1,2,3)\*</sup> 林钦栋<sup>1,2)</sup> 池顺良<sup>1)</sup>

- 1) 中国科学院大学, 北京 100049
- 2) 中国科学院力学研究所, 北京 100190
- 3) 前衍工程科学研究院, 北京 100000

中图分类号: P315.61 文献标识码: A doi: 10.3969/j.issn.0253-4975.2019.08.073

在国内两次地震中某地震应变仪测量数据显示,地震发生前期约几个月的时间,有 5 天没有观测到压性脉冲及阶跃应变异常信号。而在这 5 天之外,压性脉冲及阶跃应变异常信号频繁。在岩石力学应力应变实验中,也有较多的文献表明,在应力峰值附近,灾变前也有一个时间段声发射信息较少。为叙述方便,我们将这个时间段称为“静音期”。鉴于这种现象在汶川 8 级大地震及之后的芦山 7 级地震中皆出现过,我们认为静音期很有可能是大地震的前兆现象,对地震预报具有重要意义。

为什么会有静音期呢?为什么认为这是地震前兆呢?我们可否作为实现地震短期预警的依据呢?关于地震预报,马谨院士通过岩石试块破坏实验,提出了亚失稳状态;白以龙院士提出的基于大地变形测量的地震预报方法;李世海、周东等提出了描述材料本构关系的应变强度分布准则,与该准则相对应的宏观现象是地质体的渐近破坏;有较多的观测声发射的岩块力学特性试验研究,也认为有静音期。

本文借助连续非连续数值分析法开展了不同尺度、非均匀材料的数值模型试验,发现了岩石试验破坏过程中存在着静音期,静音期出现在应力峰值附近,静音期之后发生灾变。研究了材料的强度非均匀性与产生静音期的关系。捕捉到了弹性能释放应力转移诱发破裂事件,研究了近区应力转移与远区地应力加载破坏的区别。

借助渐近破坏模型,说明静音期是非均匀地质体渐近破坏的宏观表像。岩块破坏实验

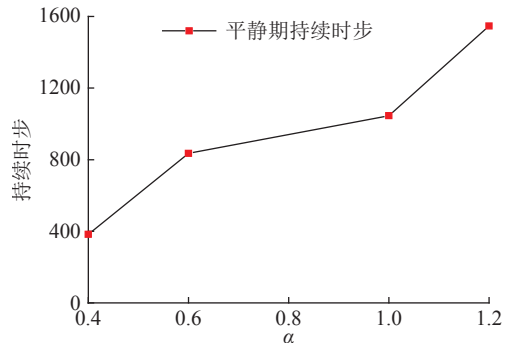


图 1 平静期持续时步变化曲线。图中  $\alpha$  为分布区间间隔与平均值的比值

\* 作者信息: 李世海, 男, 研究员, 中国科学院力学研究所, E-mail: shli@imech.ac.cn.

中,当局部区域的岩体强度与加载应力比小于1时,岩体发生局部破裂,发生应力调整,产生微震或表现为慢地震形态的应变阶跃和应变脉冲。在地震前这种渐近破坏会持续发生,产生的原因是潜在大震区弹性能释放所致。而当渐近破坏区附近出现了较大区域强度与加载应力比小于1,且弹性能释放不足以增加足够的破裂应力时,破裂停止,出现静音期。高强度的区域需要构造应力增加,即远区位移加载,更大范围内的应力调整。当应力达到高强度区的破坏应力时,更大的破裂产生,静音期持续时间越长和静音后不发生较大地震的时间越长,未来大震的震级会越高。芦山7级地震前,静音期出现在震前2个月;汶川8级地震前,静音期出现在震前5个月。

综之,静音期是地震预警研究的重要信息,地震监测、岩石力学试验和数值模拟都表明它是“灾变”前兆。初步分析了产生静音时段的产生机理,认为是地质体渐近破坏与地质体区域平均强度不均匀所致。加强监测与全尺度数值模拟及预测理论相结合有助于深化相关问题的研究。

### III-02

## 利用精定位小震资料反演龙滩 库区主要断层面参数

阎春恒<sup>1)\*</sup> 周 斌<sup>1)</sup> 李 莎<sup>1)</sup> 黄国华<sup>1)</sup> 宁广金<sup>2)</sup>

1)广西壮族自治区地震局,南宁 530022

2)广西壮族自治区北海市合浦县地震局,广西北海 536100

中图分类号: P315.63 文献标识码: A doi: 10.3969/j.issn.0253-4975.2019.08.074

广西龙滩水库位于珠江干流红水河上游的广西天峨县境内,属于高山峡谷型高坝大库容水库。2006年9月水库下闸蓄水后,库区小震密集活跃。精定位结果显示,地震主要位于罗妥(A丛)、八茂(B丛)、拉浪(C丛)、坝首(D丛)、布柳河(E丛)5个深水区及库区下游天峨地区(F丛)。地震丛集区域断裂发育,断裂裂隙通道为水的渗透提供了便利条件,而水的孔隙压力及其对介质的弱化作用是诱发水库地震活动的重要因素,推测库区地震活动主要沿库区断层面分布,则根据密集的小震活动可以获得断层面的形状和位置。依据地质调查得到库区主要断裂分布及精定位得到地震丛集特征,共选取了11处地震密集区域的地震进行断层参数反演,其中A地震丛选取2个地震丛集区,编号为A1和A2,B地震丛选取3个地震丛集区,编号为B1、B2和B3,C地震丛选取2个地震丛集区,编号为C1和C2,F地震丛选取2个地震丛集区,编号为F1和F2,D和E地震丛各选取1个地震丛集区,编号为D和E,各地震丛的地震丛集区选取范围详见图1。基于龙滩库区小震精定位、应力场等结果,利用模拟退火算法和高斯-牛顿算法(万永革教授提供计算程序),精确地确定与龙滩水库蓄水后地震丛集活动相关的地震断层面参数信息。获得以下认识:

(1)穿过罗妥地震丛(A)的主要断裂为凤亭一下老断裂( $F_3$ ),其走向为近NE向,倾角很

\* 作者信息: 阎春恒,男,高级工程师,广西壮族自治区地震局, Tel: 18172383768, E-mail: 148423179@qq.com。