

郑海刚, 李军辉, 王雪莹, 等. 运用小波-超限率方法提取霍山  $M_L4.7$  级地震体应变异常[J]. 华南地震, 2021, 41(1): 9-15. [ZHENG Haigang, LI Junhui, WANG Xueying, et al. Anomaly Extracting of Volumetric Strain of the Huoshan  $M_L4.7$  Earthquake by Means of Wavelet-Overrun Rate Analysis[J]. South China journal of seismology, 2021, 41(1): 9-15]

## 运用小波-超限率方法提取霍山 $M_L4.7$ 级地震体应变异常

郑海刚<sup>1,2,3</sup>, 李军辉<sup>1,2,3</sup>, 王雪莹<sup>2,3</sup>, 何 康<sup>2,3</sup>, 王 俊<sup>2,3</sup>, 李玲利<sup>2,3</sup>

(1. 中国科学技术大学地球与空间科学学院, 合肥 230026; 2. 安徽省地震局, 合肥 230031;  
3. 蒙城地球物理国家野外科学观测研究站, 安徽 亳州 233500)

**摘要:** 以安徽省钻孔体应变观测数据为基础, 应用小波分析法对体应变观测数据进行了细节分析, 选择小波分析结果进行超限率计算, 获得了合肥、嘉山、滁州和六安台的强度超限率和数量超限率。并将超限率变化与 2012 年以来安徽省发生的  $M_L4.0$  级以上地震进行对比分析发现, 2014 年 4 月 20 日霍山  $M_L4.7$  级地震前合肥、六安、滁州和嘉山台体应变小波分析结果的强度超限率和数量超限率都有一定程度的异常变化。

**关键词:** 小波-超限率; 霍山地震; 体应变; 异常提取

中图分类号: P315.72 文献标志码: A 文章编号: 1001-8662(2021)01-009-07

DOI: 10.13512/j.hndz.2021.01.02

## Anomaly Extracting of Volumetric Strain of the Huoshan $M_L4.7$ Earthquake by Means of Wavelet-Overrun Rate Analysis

ZHENG Haigang<sup>1,2,3</sup>, LI Junhui<sup>1,2,3</sup>, WANG Xueying<sup>2,3</sup>, HE Kang<sup>2,3</sup>,  
WANG Jun<sup>2,3</sup>, LI Lingli<sup>2,3</sup>

(1. School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 23002, China;  
2. Anhui Earthquake Agency, Hefei 23003, China; 3. Mengcheng Geophysics National Field Scientific Observation and Research Station, Bozhou 233500, China)

**Abstract:** Base on the observation data of volumetric strain in Anhui province, this paper analyzes these original data in detail by using the wavelet analysis, selects the wavelet analysis results to calculate the overrun rate, and obtains the intensity overrun rate and quantity overrun rate of Hefei, Jiashan, Chuzhou and Lu'an Seismic Stations. By comparing the overrun rate changes with the earthquakes with  $M_L \geq 4.0$  in Anhui Province since 2012, it is found that there are some anomalous changes in the intensity overrun rate and the quantity overrun rate before the Huoshan  $M_L 4.7$  earthquake on April 20<sup>th</sup>, 2014 at Hefei, Jiashan, Chuzhou and Lu'an

收稿日期: 2020-05-10

基金项目: 安徽省地震科技创新专项(CX201803)

作者简介: 郑海刚(1981-), 高级工程师, 在读博士, 主要从事地震地质、地壳形变应用研究。

E-mail: zhghfut@163.com。



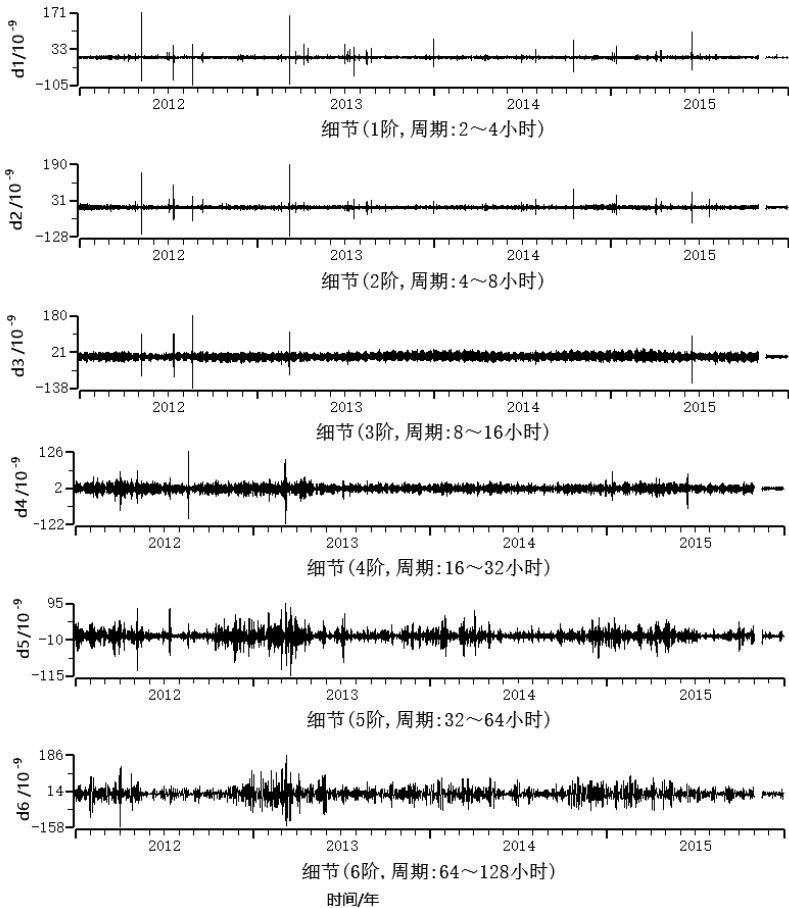


图 2 合肥台体应变小波分析结果

Fig.2 Wavelet result of volumetric strain at Hefei Station

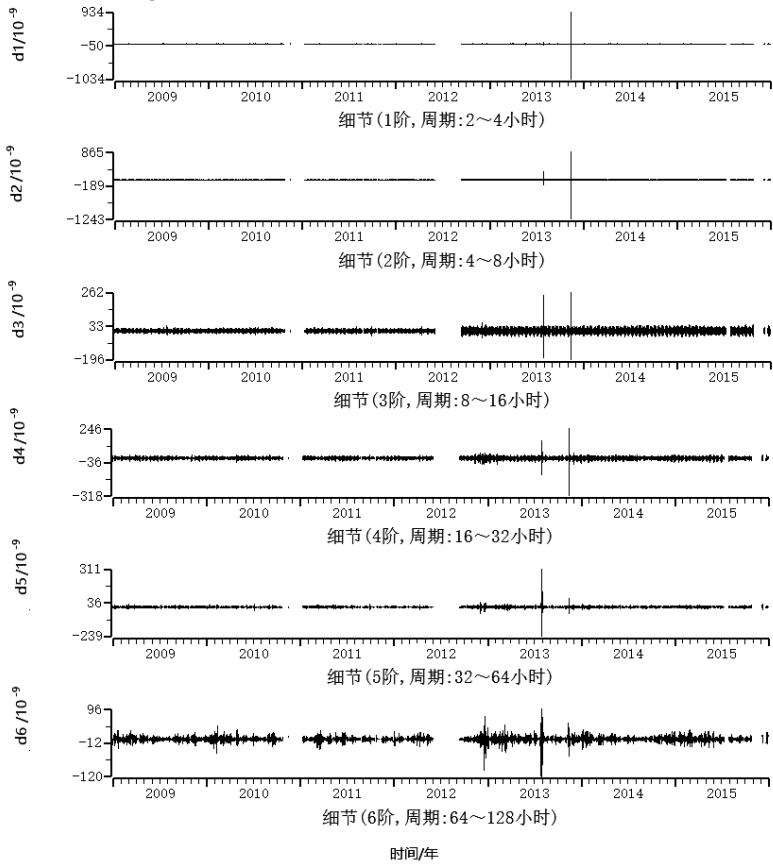


图 3 六安台体应变小波分析结果

Fig.3 Wavelet result of volumetric strain at Lu'an Station

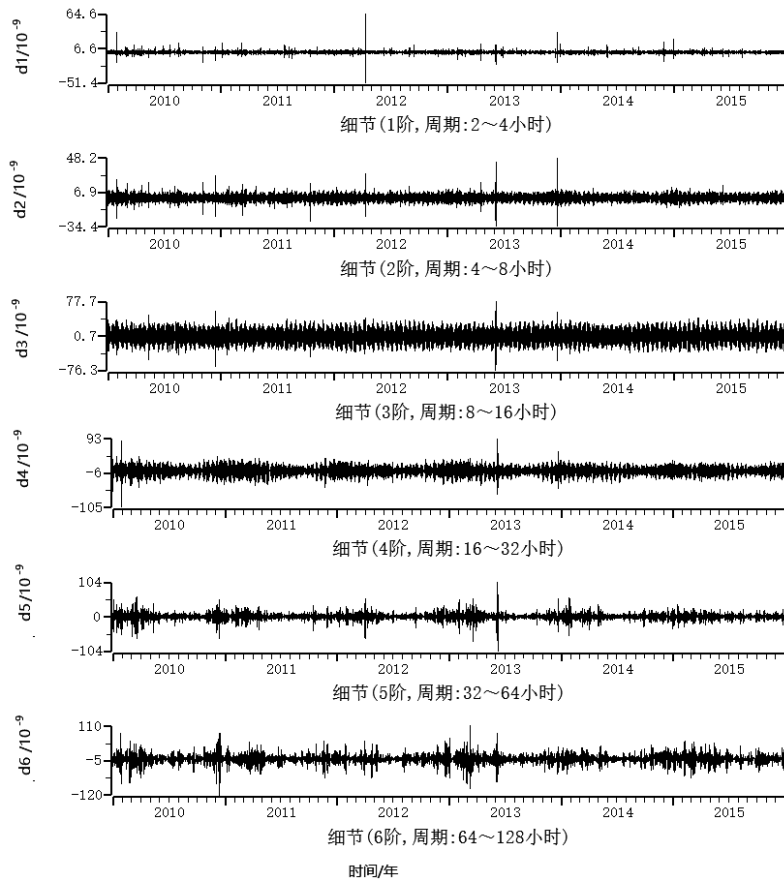


图 4 滁州台体应变小波分析结果

Fig.4 Wavelet analysis result of volumetric strain at Chuzhou Station

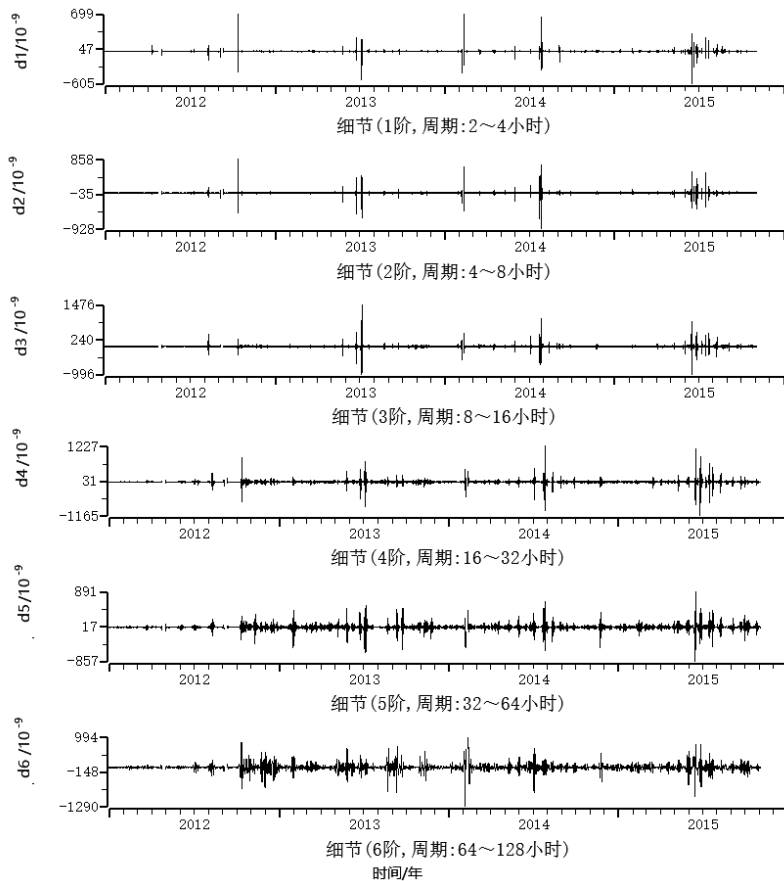
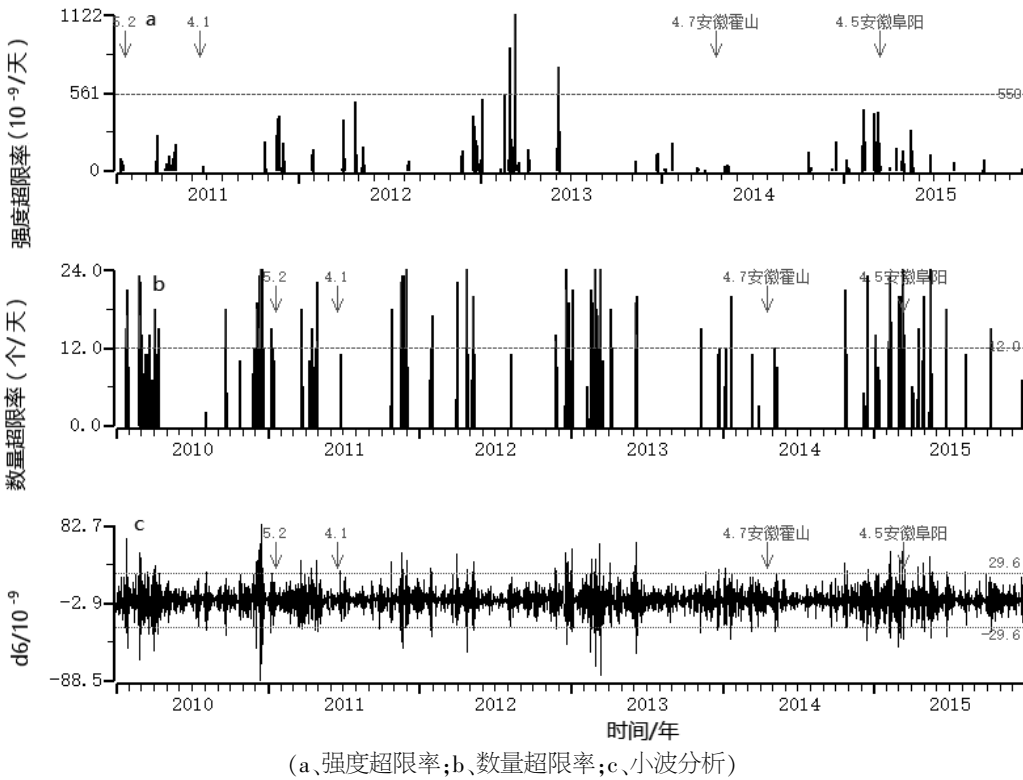
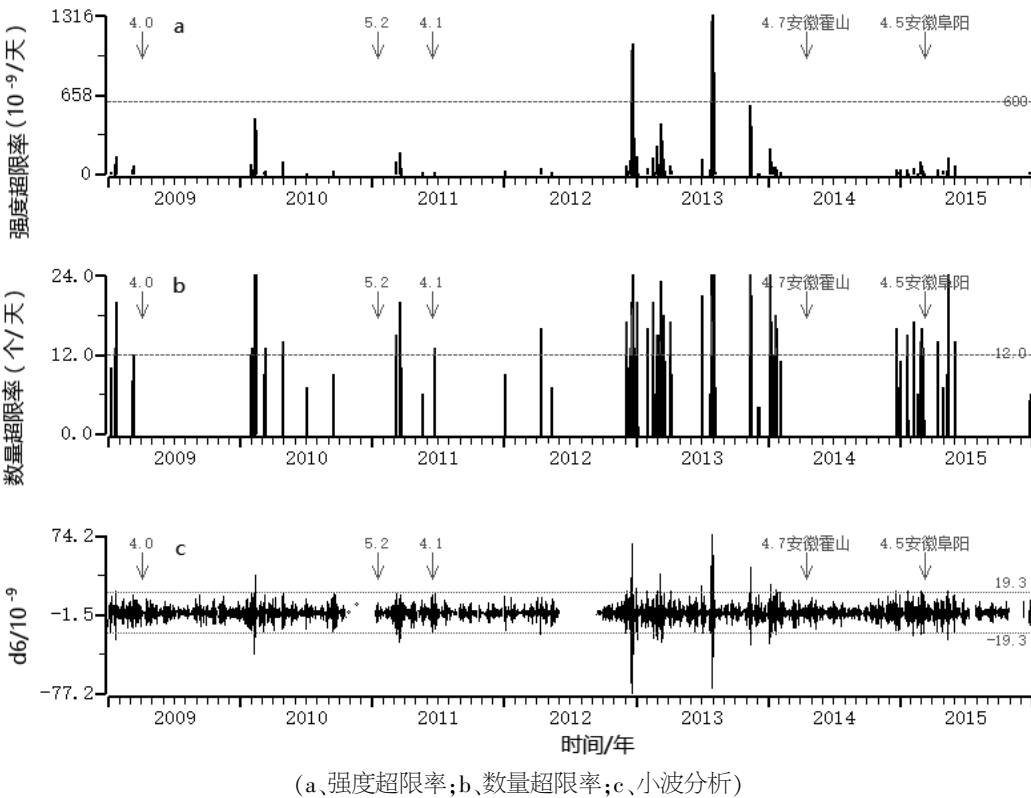


图 5 嘉山台体应变小波分析结果

Fig.5 Wavelet analysis result of volumetric at Jishan Station



(a、强度超限率;b、数量超限率;c、小波分析)  
图 6 合肥台小波-超限率结果  
Fig.6 Wavelet-overrun rate result at Hefei Station



(a、强度超限率;b、数量超限率;c、小波分析)  
图 7 六安台体应变小波-超限率结果  
Fig.7 Wavelet-overrun rate result at Lu'an Station

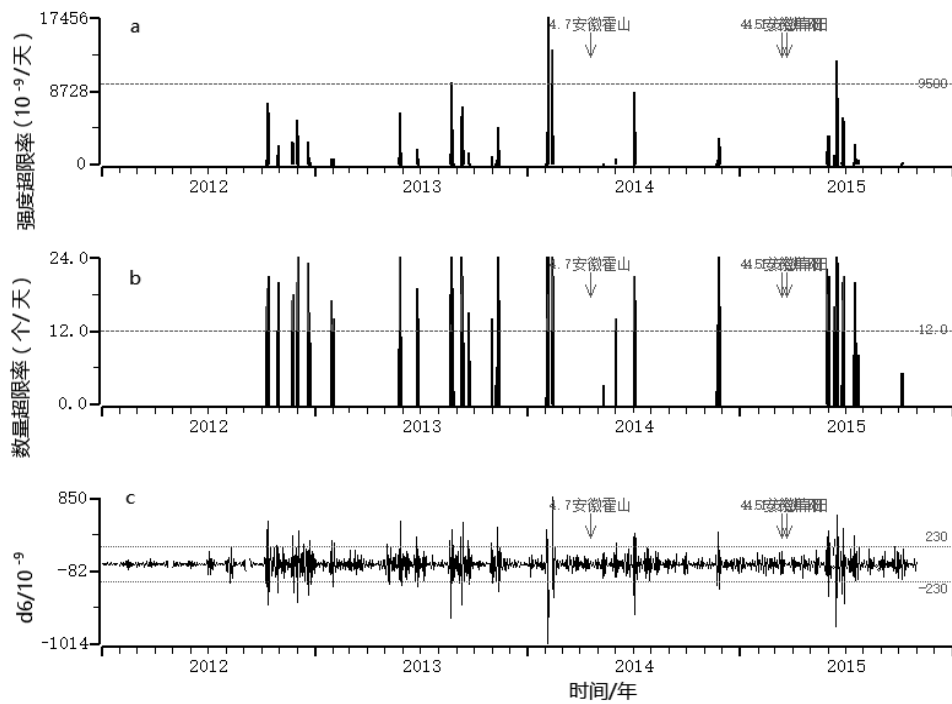


图 8 滁州台小波-超限率结果

Fig.8 Wavelet-overrun rate result at Chuzhou Station

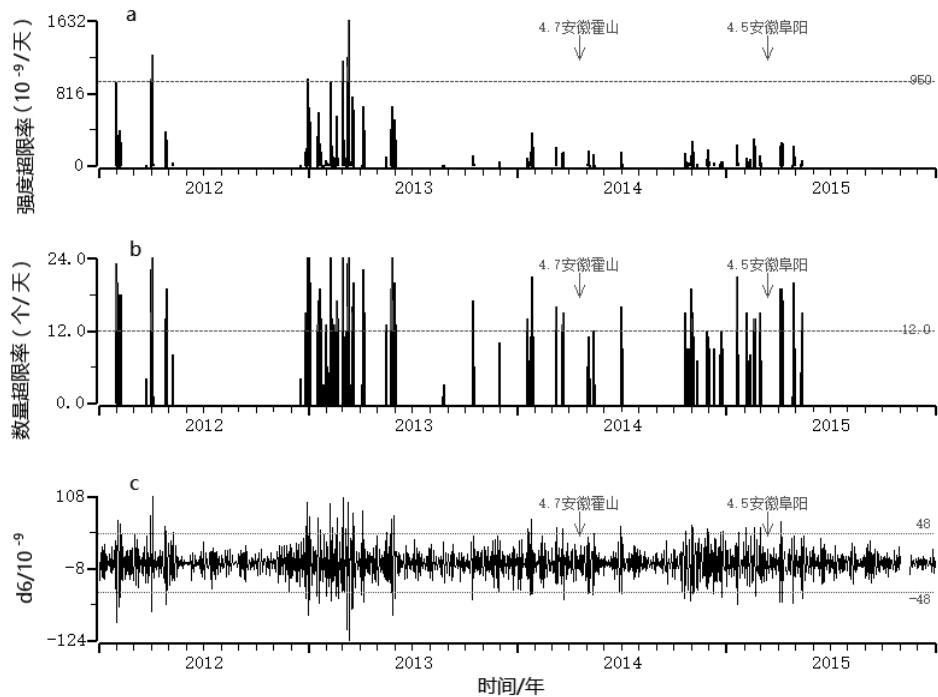


图 9 嘉山台小波-超限率结果

Fig.9 Wavelet-overrun rate result at Jishan Station

## 2 超限率法异常分析

地震预报目前仍然是一项世界性科学难题,原因之一是观测数据受干扰较多。合理剔除干扰及科学提取地震异常是目前前兆数据分析的重点工

作<sup>[9-10]</sup>。多年以来,随着观测仪器的数字化改造,大量新的前兆分析方法涌现出来,超限率方法就是其中之一。周龙寿等用超限率方法进一步验证汶川地震前驱波<sup>[11]</sup>;高丽娟等应用超限率方法提取钻孔倾斜地震前兆异常信号<sup>[12]</sup>;李军辉等应用超限

率方法分析了安徽阜阳 4.3 级地震前电磁扰动数据, 结果发现电磁扰动脉冲超限频次和超限幅度均出现明显的增强现象<sup>[13]</sup>; 武善艺等应用超限率方法提取了汶川地震前定点形变高频异常, 并分析了其变化特征<sup>[14]</sup>; 高丽娟等还应用超限率分析法提取了精河 6.6 级地震前钻孔应变的高频信号异常<sup>[15]</sup>。

本文在前人研究的基础上, 采用超限率法对合肥、六安、滁州和嘉山台 4 个体应变小波分析结果进行了异常提取, 结果显示: 2014 年 4 月 20 日霍山  $M_L4.7$  地震前<sup>[16]</sup>, 合肥台体应变小波超限率结果在 2013 年 1 月至 2013 年 5 月之间出现多次强度超限率异常(图 6); 六安台体应变小波超限率结果在 2012 年 12 月至 2014 年 1 月间多次出现强度超限率异常(图 7); 滁州台体应变小波超限率结果在 2012 年 12 月至 2013 年 5 月间多次出现强度超限率异常(图 8); 嘉山台体应变小波超限率在 2012 年 12 月至 2013 年 5 月间多次出现强度超限率异常(图 9)。这些异常不仅在时间上具有一定同步性, 而且均为强度超限率异常。尽管在 2014 年 4 月 20 日霍山  $M_L4.7$  地震前, 也有很多数量超限率异常, 但由于其数量较多, 对地震预报意义不明显, 本文未做重点讨论。

### 3 结论

本文收集了安徽省全部 20 个钻孔应变原始数据资料, 对观测时间较长、连续率较好的合肥、六安、滁州和嘉山台运用小波-超限率方法进行了异常信息提取, 将提取结果与安徽省 2010 年以来  $M_L4.0$  级以上地震进行了对比分析, 得出了如下结论:

(1)2014 年 4 月 20 日霍山  $M_L4.7$  级地震前, 安徽合肥、六安、滁州、嘉山 4 个体应变观测数据小波-超限率结果均出现了一定多次强度超限率异常变化, 说明安徽省体应变小波-强度超限率异常对省内中等地震强度具有一定指示意义。

(2)2014 年 4 月 20 日霍山  $M_L4.7$  级地震前一年内, 安徽合肥、六安、滁州、嘉山 4 个体应变小波-超限率异常, 具有一定准同步性, 且出现时间均在地震发生前一年内, 说明安徽省体应变小波-强度超限率异常对省内中等地震时间具有较好指示意义。

### 参考文献:

- [1] 邱泽华, 周龙寿, 池顺良. 用超限率分析法研究汶川地震的前兆应变变化[J]. 大地测量与地球动力学, 2009, 29(04): 1-4+9.
- [2] 邱泽华, 唐磊, 张宝红, 等. 用小波-超限率分析提取宁陕台汶川地震体应变异常[J]. 地球物理学报, 2012, 55(02): 538-546.
- [3] 马宇, 张陪强. 基于小波分析的 TEM 快速成像[J]. 地质与勘探, 2005(02): 72-76.
- [4] 郭其一, 路向阳, 李维刚, 等. 基于小波分析和模糊神经网络的水文预测[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2005(01): 130-133.
- [5] 武晓军, 胡澜缤, 贾秀玲, 等. 用小波方法识别并提取通河体应变震前异常[J]. 防灾科技学院学报, 2010(03): 40-46.
- [6] 宋治平, 武安绪, 王梅, 等. 小波分析方法在形变数字化资料处理中的应用[J]. 大地测量与地球动力学, 2003(04): 21-27.
- [7] 王波, 张书毕, 武江伟, 等. 基于小波技术的 GPS 单历元形变信号降噪研究[J]. 测绘科学, 2008, 33(S1): 23-24.
- [8] 戴勇, 高立新, 杨彦明, 等. 基于小波变换方法的包头台形变分析[J]. 华南地震, 2013, 33(04): 39-46.
- [9] 赵文津. 就汶川地震失报探讨地震预报的科学思路——再论李四光地震预报思想[J]. 中国工程科学, 2009, 11(06): 4-15+89.
- [10] 孙小龙, 王广才, 晏锐. 利用概率密度分布提取流体观测资料中的高频异常信息——以 2008 年汶川 8.0 级地震为例[J]. 地球物理学报, 2016, 59(05): 1673-1684.
- [11] 周龙寿, 邱泽华, 唐磊. 汶川 8.0 级地震前驱波的统计检验[J]. 大地测量与地球动力学, 2009, 29(02): 24-28+38.
- [12] 高丽娟, 谢姆斯叶·艾尼瓦尔, 邢喜民, 等. 用超限率分析法提取钻孔倾斜地震前兆异常信号[J]. 大地测量与地球动力学, 2015, 35(04): 707-710.
- [13] 李军辉, 何康, 郑海刚, 等. 安徽阜阳 4.3 级地震前电磁扰动异常分析[J]. 四川地震, 2018(03): 29-32.
- [14] 武善艺, 刘琦, 龚丽文, 等. 2008 年汶川  $M_s8.0$  地震前定点形变高频异常特征的研究[J]. 地震, 2018, 38(02): 145-156.
- [15] 高丽娟, 李尚伟, 滕海涛. 用超限率分析法提取精河 6.6 级地震前的高频信号异常[J]. 中国地震, 2019, 35(01): 117-125.
- [16] 王俊, 王行舟, 周振贵, 等. 2014 年安徽霍山  $M_L4.3$  地震异常特征及预测过程总结[J]. 地震研究, 2019, 42(3): 349-357.