

王同利,崔博闻,王丽红,等. 2022. 2008年汶川 M_s 8.0地震前后地电阻率时空变化[J]. 地震研究, 45(1): 66–74, doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000-0666.2022.0008.

Wang T L, Cui B W, Wang L H, et al. 2022. Temporal and spatial evolution of the apparent resistivity before and after the 2008 Wenchuan M_s 8.0 earthquake[J]. *Journal of Seismological Research*, 45(1): 66–74, doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000-0666.2022.0008.

2008年汶川 M_s 8.0地震前后地电阻率时空变化*

王同利¹, 崔博闻¹, 王丽红¹, 颜晓晔², 李菊珍¹

(1. 北京市地震局, 北京 100080; 2. 四川省地震局, 四川 成都 610000)

摘要: 采用归一化速率变化方法对2008年汶川 M_s 8.0地震震中周边19个定点台站观测到的地电阻率的时空变化过程进行了计算分析。时序分析结果显示: 在汶川地震前, 震中周边多个地电阻率台站准同步地出现了中短期前兆异常; 空间分布过程显示, 地震孕震过程中地电阻率在震中区域有负异常丛集和由远及近的迁移现象, 负异常丛集呈象限分布, 长轴方向与震源机制解主压力方向基本吻合, 且受孕震断裂、台站位置、观测装置布设方向等的影响。

关键词: 汶川 M_s 8.0地震; 地电阻率; 时序分析; 空间分布; 归一化速率变化方法

中图分类号: P315.722 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0666(2022)01-0066-09

doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000-0666.2022.0008

0 引言

2008年5月12日14时28分, 四川省汶川县发生 M_s 8.0强烈地震, 造成69 000多人死亡, 500多万间房屋倒塌, 有感面积达250万 km^2 , 主震后又发生了多次余震。震后众多的学者研究了可能与汶川地震孕震有关的前兆异常变化(杜学彬, 2010; 解滔等, 2018; Lu et al., 2016; 张学民等, 2009; 冯志生, 2013; 高曙德等, 2010; 何案华, 2012; 邱泽华等, 2010)。

地电阻率是地下探测范围内介质电阻率的综合反映, 其在地震孕震过程中表现出的异常变化主要反映构造应力作用下, 测区介质变形诱发的微裂隙活动引起的电阻率变化, 在靠近震中区的地电阻率异常形态常以负异常为主, 并伴有年变畸变(杜学彬等, 2007)。震前电阻率异常与震源机制有关, 其升、降变化取决于台址下介质的受力状态(如膨胀或压缩等), 岩层电阻率对微小应变有放大效应, 通常可放大3个数量级。在地震发

生前的短期阶段, 由于断层预滑, 近断层破裂区的地下介质应变加速积累, 地电阻率在原有的变化背景上通常会出现加速变化, 而在近震中区应变被部分释放, 地电阻率通常表现为转折的正异常变化(汪志亮等, 2002; Du, 2011)。对岩石进行应力加载实验也表明, 随着应力的增大岩石电阻率呈下降变化, 同时在相同应力加载作用下, 岩石不同方向的电阻率呈现出各向异性变化(陆阳泉等, 1990)。

我国的地电阻率观测是在邢台地震后快速发展起来的, 通常采用对称四极装置, 观测供电极距在800~2 400 m, 同一台站在地表布设2~3个不同方向的测道, 以整点观测的方式进行长期连续观测。在超过50年的观测实践中, 多次记录到了发生在台网内和台网附近的中强地震震中区的显著地电阻率中短期异常(钱复业等, 1982; 钱家栋等, 1985; 桂燮泰等, 1989; 汪志亮等, 2002; 杜学彬等, 2015; Lu et al., 2016; 解滔等, 2018; 王同利等, 2020)。2008年汶川 M_s 8.0地震前, 其震中周边大范围内台站记录的地电阻率出

* 收稿日期: 2021-04-13.

基金项目: 中国地震局冬奥会保障晋冀蒙监测能力提升项目及星火项目(XH20210401)资助.

第一作者简介: 王同利(1973-), 高级工程师, 主要从事地震电磁和地震活动性研究工作.

E-mail: 416991552@qq.com.

现了较为显著的异常变化 (杜学彬, 2010; Zhang *et al.*, 2009; Huang, 2011; 钱家栋等, 2013; 朱涛, 2013; Lu *et al.*, 2016)。为研究汶川 $M_s 8.0$ 地震前后地电阻率的时空动态变化, 本文对其震中周边 19 个定点台站的地电阻率数据进行归一化速率变化分析, 研究地电阻率的时序变化过程和空间分布动态过程, 探讨地电阻率在强地震发生前后的异常变化、各向异性以及迁移过程等。

1 研究区概况

汶川 $M_s 8.0$ 地震发生在青藏高原东缘的龙门山构造带内, 地震破裂面长达 330 km。龙门山断裂带呈 NE—SW 向延伸, 自新生代以来发生过多次强烈的地壳变形和破裂, 致使该地区不同走向和规模的断裂纵横交错, 其西侧是鲜水河断裂带, 北侧是西秦岭北缘断裂带, 西北侧是东昆仑断裂带 (图 1)。这些断裂带的地震活动频度和强度均较高, 其中鲜水河断裂带就曾多次发生 7 级以上大地震。

本文研究区范围为四川及周边的甘肃、云南、宁夏和陕西等地区 ($25^\circ \sim 40^\circ \text{N}$, $95^\circ \sim 110^\circ \text{E}$), 选取 2003—2009 年汶川 $M_s 8.0$ 地震震中周边 500 km 范围内共 19 个台站 (图 1) 记录的地电阻率数据。台间距为 50 ~ 200 km, 地表观测极距为 1 000 ~ 2 000 m, 电极埋深为 2 m; 井下观测极距为 80 ~ 200 m, 电极埋深为 100 ~ 200 m。

2 研究方法

归一化速率变化方法 (Normalized Variation Rate Method, 简称 NVRM) 主要用于处理原始时序数据曲线, 消除年变化曲线等传统方法不易识别的“弱”幅度异常 (杜学彬等, 2001)。计算过程为: 首先对时序观测数据中的个别数据进行预处理, 然后再按固定步长 ξ 个数据组成子序列, 对子序列进行线性回归并求得回归直线的斜率 k_i 和相关系数 R_i (第 i 个子序列), 由 $k_i \cdot R_i$ 得到初始速率值 $\dot{\rho}'_i$, 以 ξ 为步长依次向后滑动计算初始速率时间序列; 对初始速率进行均值为“0”“1”的归一化处理, 得到最终的时间序列 (即 $\dot{\rho}$ 值序列)。杜学彬等 (2001) 通过对 196 次 $M_s 3.2 \sim 7.9$

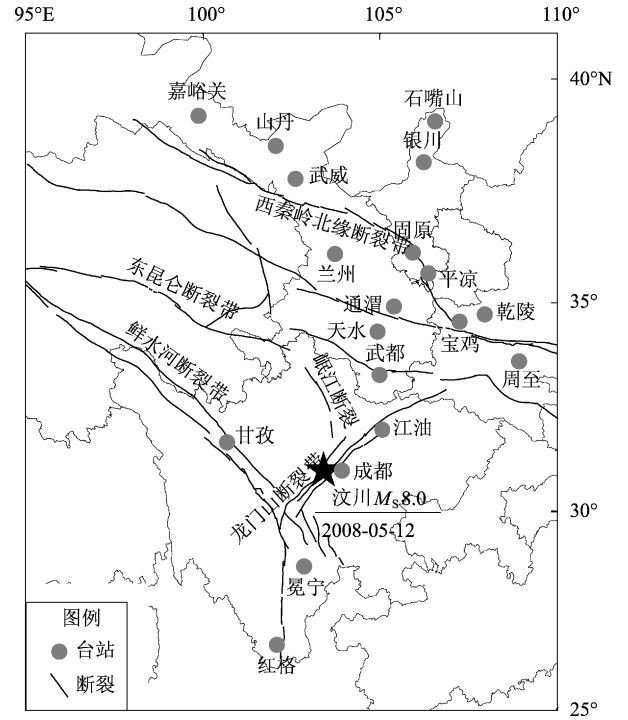


图 1 研究区构造背景及地电阻率台站分布

Fig. 1 Tectonic background and apparent-resistivity stations in the study area

地震 (94% 以上为 $M_s \geq 4.0$ 地震) 的计算表明前兆异常阈值为 ± 2.4 , 无量纲。NVRM 方法的关键是首先要对观测资料进行预处理, 去除突跳数据、年变化、非年变周期等, 对存在阶段性长趋势变化的资料要根据实际异常落实情况时分段处理。该方法已得到广泛应用, 众多学者获得了地震前后的地电阻率时序异常 (刘君等, 2013; 史红军等, 2014; 徐锡泉等, 2014; 阎睿等, 2015; 李姜, 2019)。

NVRM 原理如下, 首先针对时间轴计算斜率:

$$k_i = \frac{\sum_{j=1}^n T_j \sum_{j=1}^n y_j - n \sum_{j=1}^n T_j y_j}{\left(\sum_{j=1}^n T_j \right)^2 - n \sum_{j=1}^n T_j^2} \quad (1)$$

再计算自相关系数:

$$R_i = \frac{\sum_{j=1}^n T_j y_j - \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n T_j \sum_{j=1}^n y_j \right)}{\sqrt{\left[\sum_{j=1}^n T_j^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n T_j \right)^2 \right] \cdot \left[\sum_{j=1}^n y_j^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n y_j \right)^2 \right]}} \quad (2)$$

最后计算得出归一化速率变化法序列为:

$$S_i = R_i \times K_i / \sigma_{n-1} \quad (i = n, n+1, \dots, N) \quad (3)$$

式中: n 为滑动步长; N 为资料长度; σ_{n-1} 为 $N-n$ 个 $R_i \times K_i$ 时间序列的均方差, $\{y\}$ 是等间隔前兆数据时间序列, $\{T\}$ 是相应的等间隔时间序列。如果利用月均法曲线滑动, S_i 是月速率; 如果利用五日均法曲线滑动, S_i 是五日变化速率。

3 地电阻率时序变化

对 2003—2009 年汶川地震震中周边 500 km 范围内台站定点的地电阻率的原始观测曲线进行分析, 并进行 NVRM 分析, 结果显示: 成都、冕宁、江油、天水、甘孜和武都台的地电阻率长程时序曲线在震前均出现了中短期的下降变化异常 (图 2)。图 2 中横虚线为归一化阈值线, 黑色区域表示超出阈值部分。

成都台 NE 测道原始数据和 NVRM 计算数据曲线均在 2006 年中出现年变畸变, 原始曲线出现持续性下降至地震发生后发生折返, 下降幅度约 5.5% (图 2a-1); NVRM 曲线在 2007 年 5 月超过阈值, 6 月到达最低值后开始转折回升, 汶川地震就发生在折返上升的过程中 (图 2a-2); 成都台 NW 与 NE 测道原始曲线变化基本同步, 但变化较为不明显 (图 2b-1), NW 测道 NVRM 曲线则更清晰地反映了震前地电阻率的变化过程 (图 2b-2)。

冕宁台 EW 测道原始曲线自 2005 年 12 月至 2008 年 2 月出现持续性下降变化, 下降幅度约 23% (图 2c-1), NVRM 曲线显示下降变化明显超过阈值 (图 2c-2)。NS 和 NW 测道 2 种曲线都无显著变化。

江油台 NE 测道原始曲线在震前无明显变化, 震后则出现快速下降-折返上升变化 (图 2d-1), NW 测道自 2006 年 8 月开始出现下降变化, 下降幅度约 1.1% (2e-1); 两测道的 NVRM 曲线显示, 在震前的下降变化均没有超过阈值, 在震后下降超过阈值后折返上升 (图 2d-2、e-2)。

天水台 EW 测道原始曲线于 2008 年 2 月底出现阶跃性上升短期变化, 上升幅度约 1.5%, 之后快速下降, 汶川地震就发生在快速下降的过程中, 地震后恢复至震前的观测状态, NVRM 曲线变化基本同步 (图 2f)。

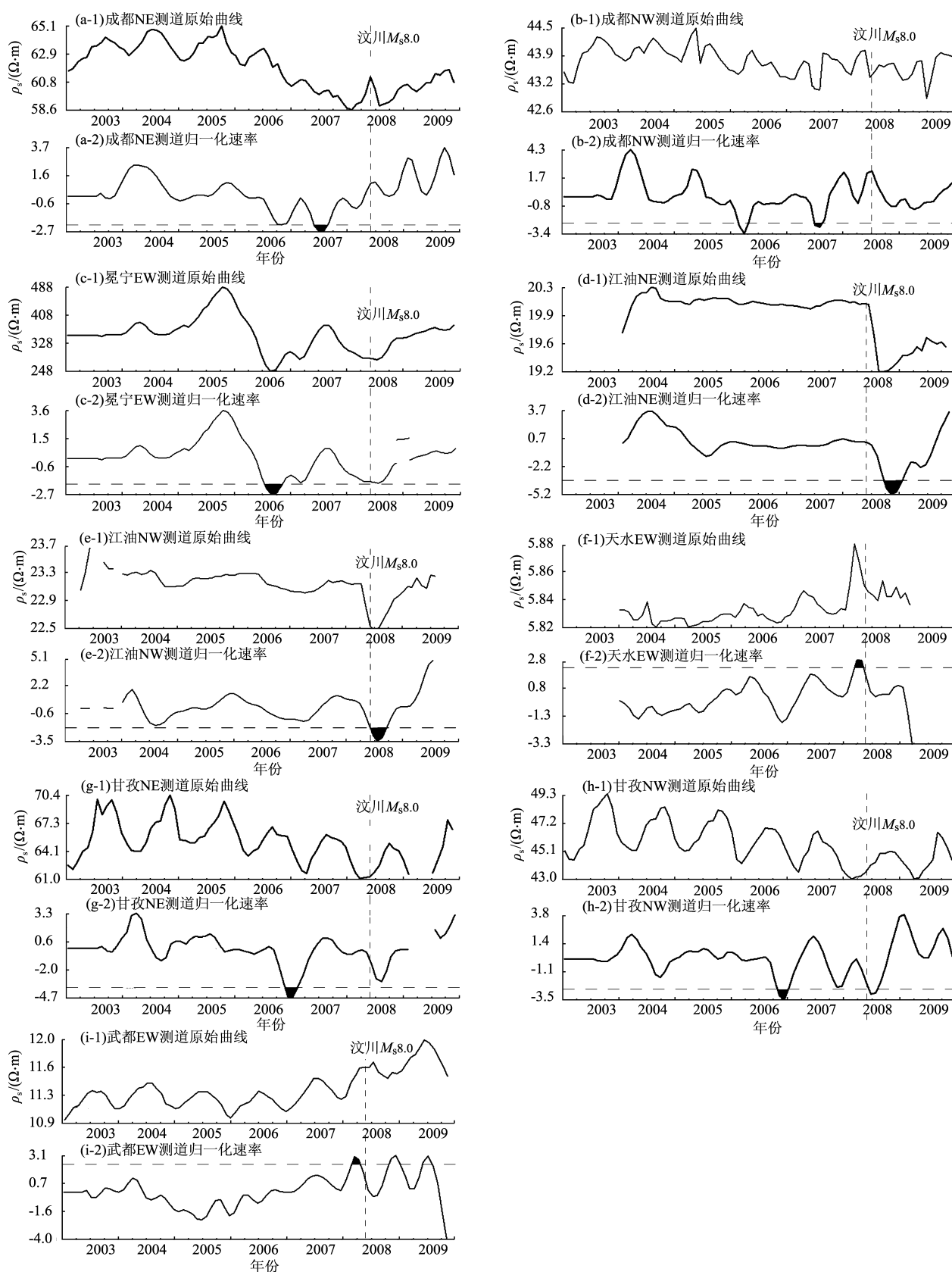
自 2006 年开始, 甘孜台 NE 和 NW 测道原始

曲线在震前 2~3 a 就开始出现持续趋势下降, 且年变形态清晰, 震前累计下降幅度分别约为 4.9% 和 8.3%, 地震发生后原有变化趋势也未改变 (图 2g-1、h-1); NVRM 曲线显示, 在 2006 年底, 两测道均出现下降变化, 超过阈值后发生折返上升, 于 2007 年 5—6 月上升到最高值后下降, 同时 NW 测道年变形态发生改变, 于 2008 年 1 月又开始出现下降变化, 略折转上升至 3 月再次下降, 在汶川地震发生后又下降 (图 2g-2、h-2)。

武都台 EW 测道原始曲线年变形态清晰稳定, 自 2007 年 2 月开始呈现趋势上升, 未出现年变畸变现象, 地震后其变化趋势也未改变, 截至 2009 年 6 月上升幅度约 8%, 之后折返 (图 2i-1); NVRM 曲线显示, 震前上升超过阈值现象明显 (图 2i-2), 地震发生在折返下降过程中, NS 和 NE 测道震前无明显异常变化。

4 空间异常动态分析

空间异常动态过程, 是指异常的空间分布图像随时间迁移变化的过程。电阻率观测的空间异常动态是由区域性应力场加强和介质不均匀性引起的, 即除震源区是一个高应力集中区外, 周围介质还会形成多个集中点, 这些应力集中点多分布在断层附近, 介质不均匀性较为明显, 且对震源区的应力变化较为灵敏。因此, 当震源区应力场加强到一定程度时, 周围介质就会出现多个局部地段应力集中, 形成区域应力场异常, 这种反映震源区域的应力场变化通常会导致地电阻率的明显异常, 一般以地电阻率下降为主。强震发生时地电阻率下降的异常区范围半径约一二百千米。桂燮泰等 (1987)、金安忠 (1982) 分析结果显示在 1976 年唐山 $M_s 7.8$ 地震前, 华北地区相当大的范围内地电阻率观测值就出现了负异常随时间、空间的动态变化。空间上常常表现为以震中区为中心向外扩展, 异常变化幅度从震中区向外逐渐由大变小, 且分布不均匀; 同一观测站点的异常变化动态过程为随着地震发生时间临近, 负异常变化幅度愈来愈大。王同利等 (2020) 分析了 2017 年九寨沟 $M_s 7.0$ 地震前地电阻率的空间动态演化过程, 结果显示地电阻率负异常空间分布随时间迁移, 且和地震震中区有很好的关联。

图2 汶川 $M_s 8.0$ 地震震中周边台站地电阻率月均值和 NVRM 变化曲线Fig. 2 Monthly average and NVRM - analysis curves of the apparent resistivity recorded by stations around the Wenchuan $M_s 8.0$ earthquake

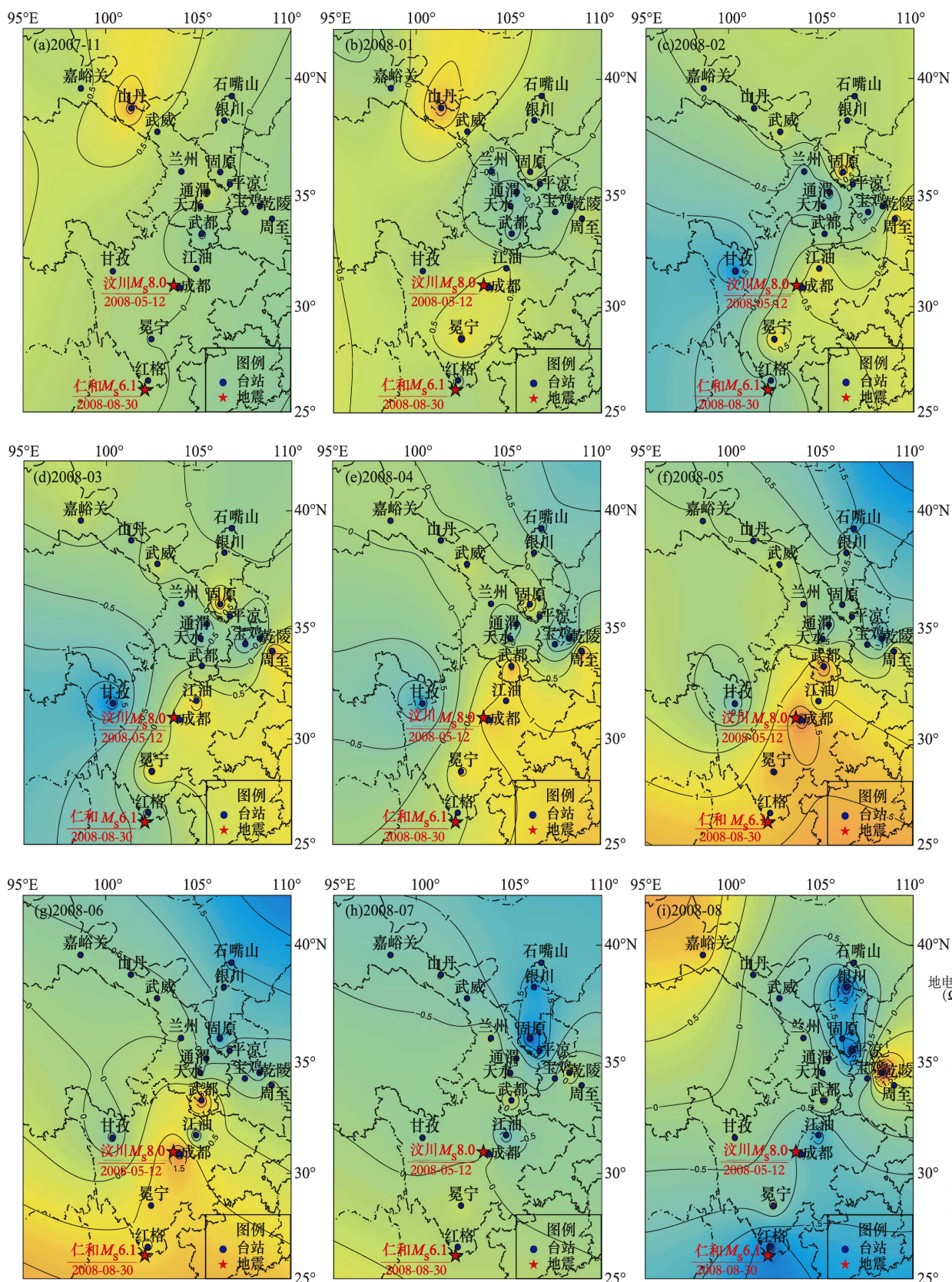
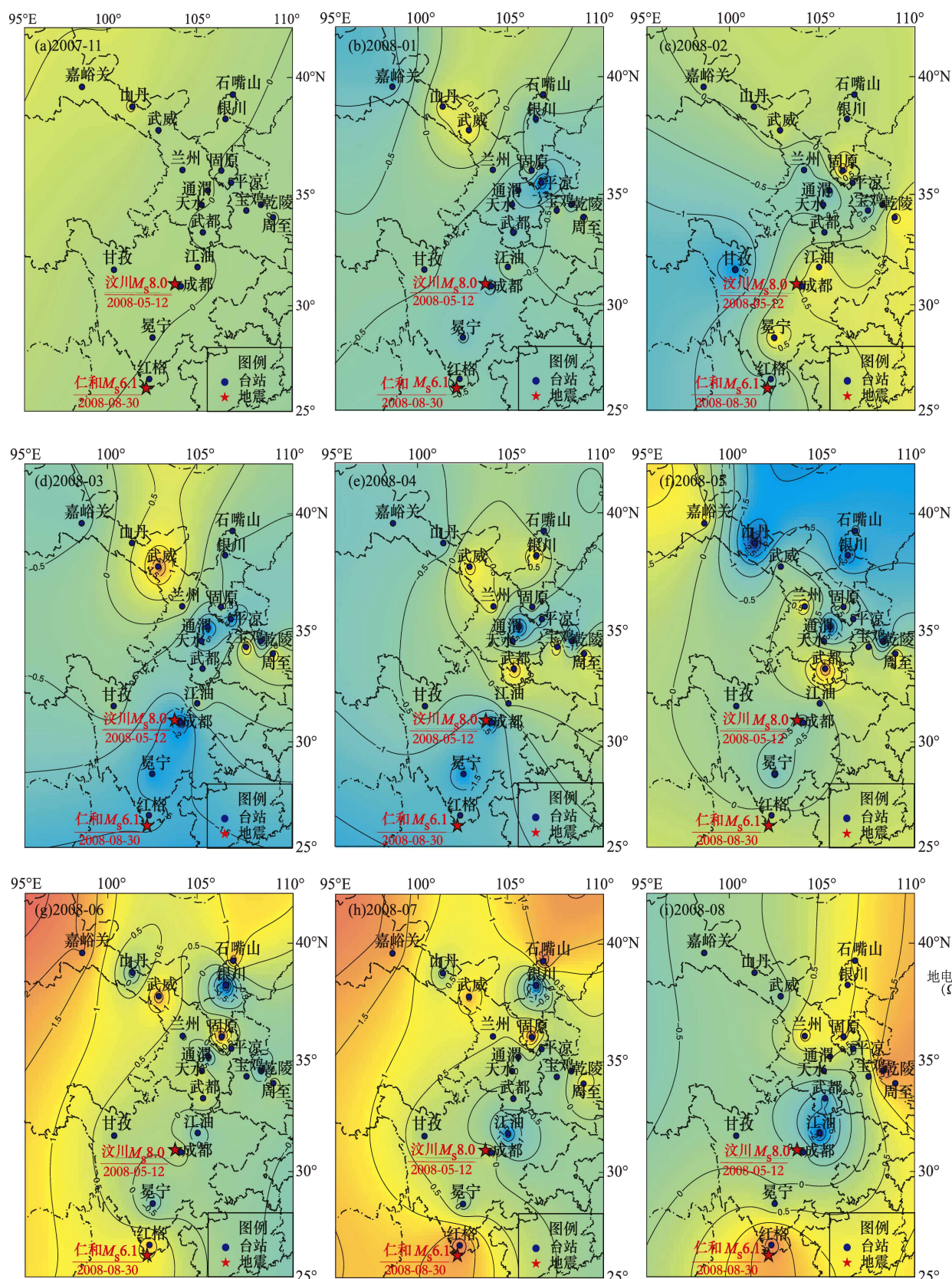


图3 汶川 $M_s 8.0$ 地震前后震中周边地区地电阻率 NS 向变化空间演化

Fig. 3 Spatial evolution of the apparent resistivity in NS direction
in the area around the Wenchuan $M_s 8.0$ earthquake

图 4 汶川 $M_s 8.0$ 地震前后震中周边地区地电阻率 EW 向变化空间演化Fig. 4 Spatial evolution of the apparent resistivity in EW direction
in the area around the Wenchuan $M_s 8.0$ earthquake

本文对汶川地震震中周边 19 个台站地电阻率观测数据进行 NVRM 分析,得到了相对月变化,再进行空间等值线动态分析(图 3、4),计算中考虑大多数台站的布极为 NS 和 EW 两个测道,因此空间等值线动态分析为 NS 和 EW 两个方向,布极方式没有这两个方向的台站,分别用各台和这两个方向之间夹角最小的测道在 NS 和 EW 向上的投影计算得到的地电阻率变化量进行替代。

图 3 显示了 2007 年 11 月至 2008 年 9 月汶川地震震中周边地区地电阻率 NS 测道的空间动态变化过程。从图中可以看出,2007 年 11 月震中区周边地电阻率变化平稳;2008 年 1 月在水天、通渭和武都附近出现了小区域的负异常变化;2 月负异常变化范围逐渐扩大,向 NE-SW 向延伸,SW 向延伸至甘孜附近,NE 向延伸至宝鸡附近;3 月负异常范围进一步扩大且异常更加明显,出现显著的 NE-SW 向负异常条带;4~5 月负异常在震中区附近积聚,但相比 3 月有减弱的趋势。5 月 12 日汶川 $M_s8.0$ 地震发生,6 月地电阻率负异常条带现象减弱趋于消失,在 7~8 月出现近 NS 向的负异常条带并向南迁移,2008 年 8 月 30 日四川仁和发生 $M_s6.1$ 地震。综上,随着地震发生时间临近,负异常现象首先在震中区附近形成,然后面积逐渐变大并向外延伸形成条带,且以震中区为中心呈象限分布,地震发生后异常条带逐渐变弱消失或者发生迁移。

图 4 显示了 2007 年 11 月至 2008 年 9 月汶川 $M_s8.0$ 地震震中周边地区 EW 测道地电阻率的空间动态变化过程。从图中可以看出,2007 年 11 月震中周边地区地电阻率的空间变化基本平稳,没有负异常现象;2008 年 1—4 月在震中区附近出现由弱变强的 NE-SW 向负异常条带,负异常区域首先出现在通渭和平凉附近,然后向 NE 和 SW 两个方向延伸,NE 向延伸至银川,SW 向经过成都、甘孜延伸至冕宁和红格附近。2008 年 5 月汶川地震发生后,负异常条带减弱消失,6~9 月仅有零散的负异常,大部分地区表现为正异常或正常变化。

EW 测道的地电阻率空间动态变化过程与 NS 测道基本一致,但异常变化稍显明显。EW 测道负异常集中区域范围大于 NS 测道,负异常强度也较 NS 测道强。地电阻率负异常空间动态变化过程与

地震孕育中的应力积累动态变化有关,且明显地表现为各向异性。这种各向异性现象与九寨沟 $M_s7.0$ 、唐山 $M_s7.8$ 地震前地电阻率出现的负异常集中现象较为相似。汶川地震负异常集中区迁移方向、异常幅度增强方式与九寨沟 $M_s7.0$ 地震基本一致,这种异常迁移、震级不同、异常幅度也不同可能与地震断层错动方式和震中区岩性有关,两次地震都发生在龙门山断裂带附近,汶川 $M_s8.0$ 地震的震源机制解显示发震断层以逆冲和走滑为主,震中区以花岗岩分布为主(易桂喜等,2012;王振荣,兰江华,2008)。

5 结论

汶川 $M_s8.0$ 地震震中周边地区地电阻率观测是我国相对密集的地区之一。震中周边共有 19 个地电阻率定点观测台站,多个台站在地震发生前 2~3 a 出现了准同步下降变化。结合中强地震前地电阻率的孕震机理分析,获得了以下主要结论:

(1) 在汶川地震前,成都、冕宁、江油、天水、甘孜、武都台地电阻率出现下降异常变化,从孕震机理上符合地电阻率地震异常变化机理,且台站距离震中区域较近,这种变化是汶川地震前兆的可能性较大。

(2) 地震前,震中周边地区一个相当大的范围内,地电阻率观测值形成了以震中区为中心的电阻率负异常区域。异常空间分布表现出比较显著的条带各向异性,长轴方向和震源机制解 P 轴、发震断层破裂方向等基本一致。

(3) 空间异常变化分布形状取决于断层方向、台站和震中区的位置,并且与震中区附近的台站数和台站分布有关,异常变化幅度大小和台站与震中区距离有关。

(4) 汶川地震前地电阻率的负异常区域在 NE-SW 方向较为突出,负异常变化的长轴方向与震源机制解主压力方向吻合,且 EW 测道条带异常较 NS 测道明显。这可能与在孕震晚期,近震中区主压应力挤压占优势有关。地震前,孕震区域地下介质内部裂隙发育、裂隙走向沿主压应力方向优势排列,导电介质重新分布,导致地电阻率出现以快速下降为主的各向异性。不同观测台站或者同一观测台站不同测道的各向异性现象,是由

于在孕震过程中震中区域应力加强引起发震断层附近不均匀介质电阻率的变化所导致,与孕震断层活动密切相关。

地电阻率时序分析能清晰地反映出汶川 $M_s8.0$ 地震孕震过程中断层的应力变化过程。空间动态演化过程分析是多台观测数据变化的集合,因而单台数据受周边环境的干扰影响可以忽略。时序分析和空间异常动态分析相结合,能够更有效地揭示出中强地震的发生要素,对汶川地震的发震机理、震中区域的认识等有很好的帮助,但分析结果中难免存在因台站密度低而造成偏差的情况。总之,汶川地震发生前,地电阻率出现长时程负异常变化、空间丛集现象真实地反映了强震孕育过程中发震断层应力及周边应力应变的变化,它和地震活动性等变化有很好的关联性。分析地电阻率的时空变化过程对认识中强地震孕育过程及震源区应力场变化具有很大的意义。

参考文献:

- 杜学彬,李宁,叶青,等. 2007. 强地震附近视电阻率各向异性变化的原因[J]. 地球物理学报,50(6):1802-1810.
- 杜学彬,刘君,崔腾发,等. 2015. 两次近距离大震前成都台视电阻率重现性、相似性和各向异性变化[J]. 地球物理学报,58(2):576-588.
- 杜学彬,阮爱国,范世宏,等. 2001. 强震近震中区地电阻率变化速率的各向异性[J]. 地震学报,23(3):289-297.
- 杜学彬. 2010. 在地震预报中的两类视电阻率变化[J]. 中国科学:地球科学,40(10):1321-1330.
- 冯志生,李鸿宇,张秀霞,等. 2013. 地磁谐波振幅比异常与强地震[J]. 华南地震,33(3):9-15.
- 高曙德,汤吉,杜学彬,等. 2010. 汶川 8.0 级地震前后电磁场的变化特征[J]. 地球物理学报,53(3):512-525.
- 桂燮泰,关华平,戴经安. 1989. 唐山、松潘地震前视电阻率短临异常图像重现性[J]. 西北地震学报,11(4):71-75.
- 桂燮泰,关华平,戴经安,等. 1987. 地电视电阻率法测报强震指标讨论[J]. 华南地震,7(2):56-63.
- 何案华,赵刚,刘成龙,等. 2012. 青海玉树与德令哈地热观测井在汶川与玉树地震前的异常特征[J]. 地球物理学报,55(4):1261-1268.
- 解滔,刘杰,卢军,等. 2018. 2008年汶川 $M_s8.0$ 地震前定点观测电磁异常回溯性分析[J]. 地球物理学报,61(5):1922-1937.
- 金安忠. 1982. 唐山地震前近震中区地电阻率的震前突变现象[J]. 地震学报,3(2):169-173.
- 李姜,乔子云,张国苓,等. 2019. 华北地区地电阻率归一化速率异常分析[J]. 地震地磁观测与研究,40(6):62-71.
- 刘君,杜学彬,范莹莹,等. 2013. 甘肃岷县漳县 $M_s6.6$ 地震前的地电阻率变化[J]. 地震工程学报,35(4):819-826.
- 陆阳泉,钱家栋,刘建毅. 1990. 大型花岗岩标本缓慢膨胀破裂过程中电阻率和声发射前兆特征的实验研究[J]. 西北地震学报,12(2):35-41.
- 钱复业,赵玉林,余谋明,等. 1982. 地震前地电阻率的异常变化[J]. 中国科学:化学,12(9):831-839.
- 钱家栋,陈有发,金安忠. 1985. 地电阻率法在地震预报中的应用[M]. 北京:地震出版社,10-51.
- 钱家栋,马钦忠,李劲秋. 2013. 汶川 $M_s8.0$ 地震前成都台 NE 测线地电阻率异常的进一步研究[J]. 地震学报,35(1):4-17,137.
- 邱泽华,张宝红,池顺良,等. 2010. 汶川地震前姑咱台观测的异常应变变化[J]. 中国科学:地球科学,40(8):1031-1039.
- 史红军,赵卫星,张可佳,等. 2014. 吉林省地电阻率震兆异常分析研究[J]. 地震学报,36(3):452-463,532.
- 汪志亮,郑大林,余素荣. 2002. 地震地电阻率前兆异常现象[M]. 北京:地震出版社,58-65.
- 王同利,崔博闻,叶青,等. 2020. 九寨沟 $M_s7.0$ 地震地电阻率变化时空演化分析[J]. 地球物理学报,63(6):2345-2356.
- 王振荣,兰江华. 2008. 四川汶川大地震的构造分析[J]. 矿物岩石,28(2):1-10.
- 徐锡荣,高昌志,王亮. 2014. 内蒙古宝昌台地电阻率长期观测数据研究[J]. 地震工程学报,36(2):405-412.
- 闫睿,朱石军,胡乐银,等. 2015. 北京市延庆地震台地电阻率长程观测数据研究[J]. 地震工程学报,37(3):724-730,771.
- 易桂喜,龙锋,张致伟. 2012. 汶川 $M_s8.0$ 地震余震震源机制时空分布特征[J]. 地球物理学报,55(4):1213-1227.
- 张学民,李美,关华平. 2009. 汶川 8.0 级地震前的地电阻率异常分析[J]. 地震,29(1):108-115.
- 朱涛. 2013. 汶川 $M_s8.0$ 地震前区域性地电阻率异常初步研究[J]. 地震学报,35(1):18-25.
- Du X B. 2011. Two types of changes in apparent resistivity in earthquake prediction[J]. Science China(Earth Science),54(1):145-156.
- Huang Q H. 2011. Retrospective investigation of geophysical data possible associated with the $M_s8.0$ Wenchuan earthquake in Sichuan, China[J]. J Asian Earth Sci,41(4-5):421-427.
- Lu J, Xie T, Li M, et al. 2016. Monitoring shallow resistivity changes prior to the 12 May 2008 $M8.0$ Wenchuan earthquake on the Longmen Shan tectonic zone, China[J]. Tectonophysics,675:244-257.
- Zhang X M, Ding J H, Sheng X H, et al. 2009. Electromagnetic perturbations before Wenchuan $M8.0$ earthquake and stereo electromagnetic observation system[J]. Chinese Journal of Radio Science,24(1):1-8.

Temporal and Spatial Evolution of the Apparent Resistivity before and after the 2008 Wenchuan $M_s8.0$ Earthquake

WANG Tongli¹, CUI Bowen¹, WANG Lihong¹, YAN Xiaoye², LI Juzhen¹

(1. *Beijing Earthquake Agency, Beijing 100080, China*)

(2. *Sichuan Earthquake Agency, Chengdu 610000, Sichuan, China*)

Abstract

In this paper, the Normalized Variation Rate method is used to analyze the sequential and spatial variation of the apparent resistivity observed by 19 stations around the Wenchuan $M_s8.0$ earthquake. The sequential analysis shows that some of the earthquake stations had quasi-synchronously recorded the short- and medium-term precursory anomalies of the apparent resistivity before the Wenchuan earthquake. The spatial analysis shows that in the epicentral region, the negative anomalies of the apparent resistivity had been featured with a strip distribution and with a migration from far to near before the earthquake. The cluster of the anomalies displayed a quadrant pattern, whose long axis was consistent with the direction of principal compressive stress of the focal mechanism solution. The seismogenic fault, the station location, and the layout direction of the observational instruments also influenced the distribution direction of the long axis of the precursory anomalies.

Keywords: the Wenchuan $M_s8.0$ earthquake; apparent resistivity; time sequential analysis; spatial distribution; the Normalized Variation Rate method