



中强地震前菏泽、郯城地震地电阻率各向异性值变化特征

魏 焕¹, 邓柏昌², 于立业³, 钟普裕¹, 王峰吉¹

(1. 山东省地震局, 山东 济南 250014; 2. 华南理工大学物理科学与技术学院, 广东 广州 510641;

3. 山东省龙口市地震局, 山东 龙口 265700)

摘要:对山东菏泽和郯城两台站地震地电阻率观测资料进行处理的基础上,研究了地震地电阻率各向异性的前兆异常特征,得出两台站周围 300 km 内的 5 级以上地震发生前均存在明显的地震地电阻率各向异性前兆异常,在中强地震发生时其各向异性值基本处于高值附近。对其物理机理进行了初步的探讨。

关键词:地电阻率各向异性值 s ; 前兆异常; 地应力; 菏泽、郯城

中图分类号: P315.75+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2007)03-0289-04

Variation Characteristics of Geoelectrical Resistivity Anisotropy Values before Moderate-strong Earthquakes in Heze and Tancheng Stations

WEI Huan¹, DENG Bai-chang², YU Li-ye³, ZHONG Pu-yu¹, WANG Feng-ji¹

(1. Earthquake Administration of Shandong Province, Jinan 250014, China;

2. College of Physical Science and Tech., South China Univ. of Tech., Guangzhou 510640, China;

3. Earthquake Administration of Longkou, Shandong Longkou 250014, China)

Abstract: Based on the processed observation data of geoelectrical resistivity from Heze and Tancheng stations in Shandong province, the characteristics of precursor anomaly of geoelectrical resistivity anisotropy values are researched. The result indicates that there are obvious precursor anomalies of the anisotropy in both stations before $M \geq 5$ earthquakes occurring in range of 300 km, and the anisotropy values change in a stable variation range near the high value. Meanwhile the physical mechanism of this phenomena is discussed.

Key words: s value of geoelectrical resistivity anisotropy; Precursor anomaly; Stress; Heze and Tancheng counties

0 引言

在地震地电阻率观测所得到的原始数据中反映了地电阻率各向异性变化,其中除包含由地震引起的地电阻率各向异性前兆异常外,还应包括环境因素、地下水位和大气降雨等因素引起的年变影响,以及人为因素或其它的影响。杜学彬等人^[1]曾用归一化月速率方法去处理中强震前近震中区地电阻率数据,提取出了地震地电阻率各向异性前兆异常。本文通过对山东省地电阻率观测资料进行必要的处理,再利用蒋骏等在 EIS2000 系统中推出的地电阻率各向异性值计算公式以及相应的计算程序

$$s = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\rho_{ns}}{\rho_{ew}} \right) - 1 \right] \times 10^3$$

计算地震地电阻率各向异性前兆异常,并在此基础上研究台

站周围 300 km 内的 5 级以上地震发生前的异常特征。

1 实测资料研究

1.1 山东菏泽台观测资料处理分析

山东菏泽地电阻率观测台位于北东向聊考断裂带东侧,东经 115.43°,北纬 35.25°。周围地势平坦,为黄河冲积沉积平原,基岩埋深在 800 m 左右。图 1(a)、(b)为山东菏泽地电阻率观测台 1982—2005 年南北和东西向实测原始资料曲线。从图中可见原始资料变化复杂,包括了人为调整观测系统装置影响、黄淮冲积平原水平沉积的不均匀性引起的大气降水和地下水位变化的影响,以及由地震引起的地电阻率前兆异常变化。可利用数据平移处理方法消除人为观测系统

装置影响,再利用傅立叶滑动消除年周期变化影响,然后计算地电阻率各向异性值 s 。经笔者研究,该台观测资料和观测环境均符合地震地电阻率观测规范要求,但其中 1988 年

至 1998 年的数据因为特殊原因存在一种人为影响因素,因其影响巨大且难以消除,因此舍去该段资料不予计算。计算结果分年段放大显示如图 1(c)、(d):

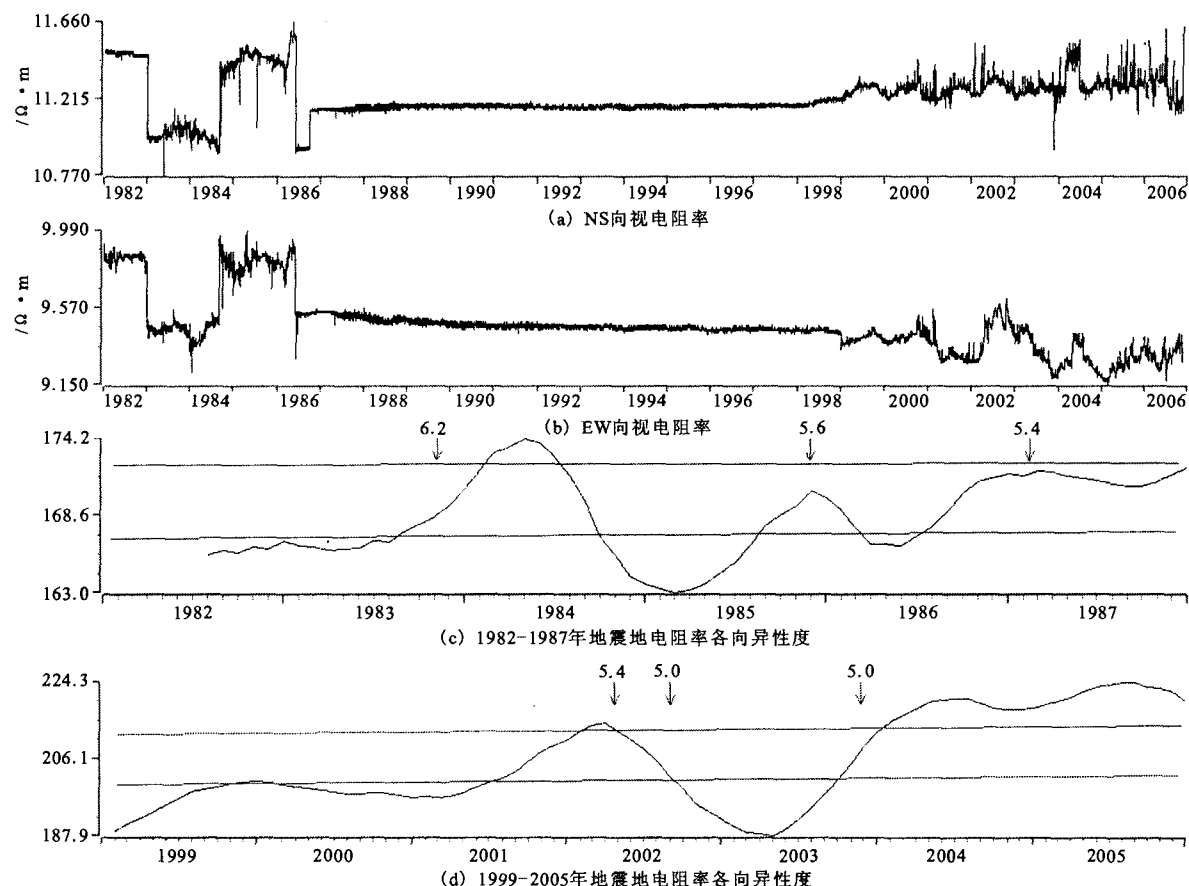


图 1 菏泽地电阻率观测及各向异性变化曲线图

Fig. 1 Original geoelectrical resistivity data and anisotropy variation curves in Heze station.

图 1(c)显示:1983 年菏泽台地电阻率各向异性值快速上升,1983 年 11 月台站西 20 余公里发生菏泽 $M_L 6.2$ 地震,地震发生时各向异性值为 169,1984 年 4 月达极大值 174;1985 年 11 月各向异性值又一次达到极大值 170,11 月 30 日距台站 200 多公里发生邢台 $M_L 5.6$ 地震;1986 年 12 月又上升到 172 的高值,1987 年 2 月江苏沿海发生 $M_L 5.4$ 地震,震中距近 500 km。震后各向异性值又开始下降。

图 1(d)显示:2002 年 3 月达到 214 的高值,之后在下降的过程中发生了 2002 年 4 月河北邢台 $M_L 5.4$ 和 9 月山西太原 $M_L 5.0$ 地震,震中距分别为 200 km 和 460 km,发震时的各向异性值分别为 212 和 199,仍在高值区;2004 年 5 月又一次达到高值 221,2003 年 11 月发生在山西南部 $M_L 5.0$ 地震就在数据快速上升的 209 位置,其震中距 420 km。

1.2 山东郯城台观测资料处理分析

郯城地震台位于山东南部马陵山西坡的丘陵地带,东经 118.5° ,北纬 34.7° 。构造上位于北东向沂沭断裂带之安丘—莒县断裂附近。基岩为土红色砂岩,覆盖层 0~5 m。该台自上世纪 70 年代建台以来观测环境一直很好,观测资料符合规范要求。1999 年进行了数字化改造。图 2(a)、(b)为该

地电阻率观测台 1982—2005 年南北和东西走向实测原始资料曲线。对资料同样进行数据平移、傅立叶滑动等处理,然后计算地电阻率各向异性值,计算结果如图 2(c)。

可看出,1982 年该台站地电阻率各向异性位于高值区,1983 年 6 月达极大值—190,后开始下降,1983 年 11 月发生山东菏泽 $M_L 6.2$ 地震,震中距 240 km,各向异性值—193;1986 年 9 月出现一个下降过程中的局部高值 199,之后 5 个月即 1987 年 2 月江苏沿海发生 $M_L 5.4$ 地震,震中距 200 多公里,地震时各向异性值—200;此后 1991 年 11 月至 1992 年 10 月距台站 300 km 内先后发生江苏沿海 $M_L 5.1$ 、南黄海 $M_L 5.6$ 和江苏沿海 $M_L 5.0$ 三个中强地震,地震均发生在上升过程中的局部高值附近,分别为—198,—197 和—192,1994 年 8 月郯城地电阻率各向异性达最高值—184,之后各向异性值快速下降,1995 年 9 月台站西 40 km 发生山东苍山 $M_L 5.6$ 地震,发震时各向异性值为—199;1999 年 5 月各向异性值降低至—214,至今仍在大于—200 的低值区徘徊,1995 年以来郯城台站周围 300 km 内无 $M_L 5$ 以上地震发生。

1.3 地震地电阻率各向异性值特征及易发震区间

根据以上数据处理资料分析,我们认识到:

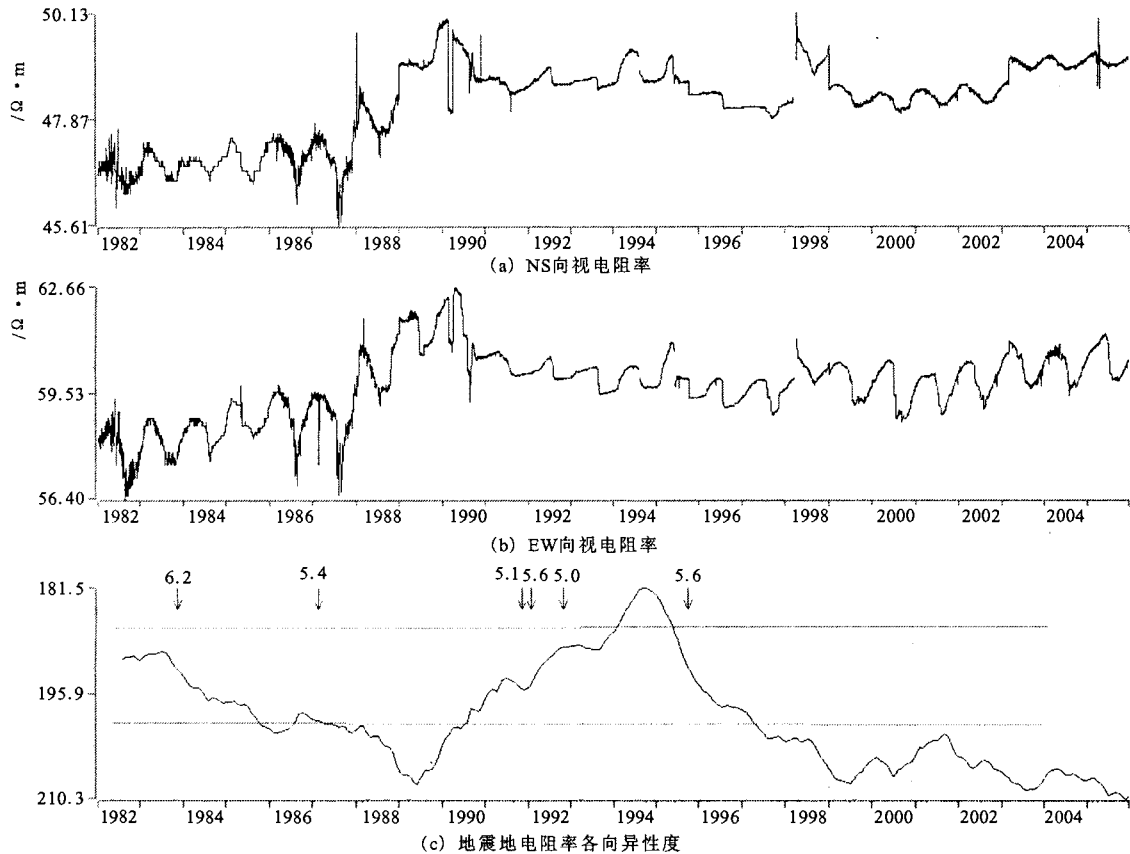


图2 郯城地电阻率观测及各向异性曲线图

Fig. 2 Original geoelectrical resistivity data and anisotropy variation curve in Tancheng station.

(1) 每次中强地震发生时地电阻率各向异性值变化都基本处于一个稳定的区间内,即可能存在一个易发震变化区间。如菏泽台 1982 年至 1987 年其易发震区间为 169 到 172,1999 年至今为 199 到 212;郯城台易发震区间在 190 至 200。菏泽台出现两个易发震区间是因为 1999 年数字化改造时整个观测装置都重新进行了调整。

(2) 菏泽和郯城地电阻率各向异性与地震的关系均为地震发生在各向异性值高值区附近;除菏泽西 $M_L 6.2$ 和山西南部 $M_L 5.0$ 地震发生在各向异性值即将达到极大值之前外,菏泽台周围其他四个地震均发生在极大值或极大值开始转折下降的过程中,前兆异常特征十分明显。而对郯城台来说,外区地震一般发生在高值(局部高值)或高值后 5 个月左右,而近区中强震发生一般滞后时间要长一些。两台站地电阻率各向异性与地震关系的差异可能与台站地质构造有关:菏泽台地势平坦,岩土沉积相对均匀;而郯城台位于山坡,SN 向第四系沉积相对均匀,EW 向分布极不均匀,有可能是产生差异的原因之一。

(3) 12 个地震中 8 个发生在各向异性值的高点,其他 4 个位于高点附近的区域,在低点区域无地震发生。

2 物理机理讨论

地电阻率各向异性值特征和地震发生时主压应力关系的物理机理是非常明显的。中国东部地区由于受太平洋板块近东西向挤压,主压应力方向为近 EW 向到 NEE 向,主张

应力方向为近 SN 向至 NNW 向。山东郯城、菏泽台的主压应力方向就是 NEE 向。在区域应力场增强时,EW 方向压应力和 SN 方向的张应力同步增大。在新增应力的作用下,EW 方向微裂隙增多,导致地下液体流入,电阻率减小;SN 方向则地电阻率增大。各向异性值 s 其实质是 SN 向与 EW 向地电阻率测值的比值,因而 s 将增大。 s 值极大表征了区域应力场的增强达到顶点,有可能发生地震,也有可能使孕震区加速孕震过程, s 极大值以后一段时间内发震,这可能是地震多发生在各向异性高值或高值后一段时间的原因。地震地电阻率各向异性变化实际上反映了大区域中的应力场变化状态,当区域应力场达到(或位于或维持)一定的强度时,在区域构造框架中软弱的“节点”就会在强大的地应力作用下破裂,发生地震的几率很高;而当区域应力场强度降到一定的程度以下时,发生中强地震的几率就会大大降低,这可能就是地震地电阻率各向异性变化有一个易发震区间的原因了。

3 结论

(1) 在我国东部地区一般的地电阻率观测台站都存在降雨和地下水位变化的影响,因而在资料处理中排除这些干扰是必须考虑的。通过计算各向异性值 s 来提取地震地电阻率前兆异常特征效果非常好。

(2) 山东省菏泽和郯城两台地电阻率观测数据经处理后,对发生在台站周围 500 km 内的 5 级以上中强地震具有

明显的异常特征。最主要的特点是远离台站的地震(区域场中的地震),一般发生在地电阻率各向异性值的极大值附近区域,发生在低值区的可能性很小,即地电阻各向异性变化存在一个高值易发震变化区间。

[参考文献]

- [1] 杜学彬,阮爱国,范世宏,等. 强震近震中区地电阻率变化速率的各向异性[J]. 地震学报, 2001, 23(3): 289-297.
- [2] Crampin S, Evan R, Atkinson B K. Earthquake prediction: a new physical basis[J]. Geophys. J. R. Astr. Soc., 1984, 76(1).
- [3] 钱家栋,陈有发,金安忠. 地电阻率法在地震预报中的应用[M]. 北京:地震出版社, 1985.
- [4] 杜学彬,薛顺章,张世中,等. 地电阻率中短期异常与地震的关系[J]. 地震学报, 2000, 22(4): 368-376.
- [5] 梅世蓉,冯德益,张国民,等. 中国地震预报概论[M]. 北京:地震出版社, 1993.
- [6] 马占虎,杜学彬,谭大成,等. 地震电性变化及其物理机理初步讨论[J]. 西北地震学报, 2004, 26(3): 234-239.
- [7] 阮爱国,卢军,符琼玉,等. 两次大震的视电阻率各向异性特征[J]. 华南地震, 2004, 24(4): 1-7.
- [23] Nagel N B. Compaction and subsidence issues within the petroleum industry: from Wilmington to Ekofisk and beyond [J]. Phys. Chem. Earth. 2001, (26): 3-14.
- [24] Chilingar G V, Endres B. Environmental hazards posed by the Los Angeles Basin urban oilfields: an historical perspective of lessons learned [J]. Environ. Geol., 2005, (47): 302-317.
- [25] 刘桂仪,张兴乐. 黄河三角洲油气资源开发的环境地质问题与经济可持续发展[J]. 上海地质, 2001, (增刊): 94-96.
- [26] 周永昌,李保清,陈菊红. 大庆油田地面沉降成因分析[A]// 第七届国际地面沉降学术研讨会论文集[C]. 上海:上海科学技术出版社, 2005.
- [27] 薛传东,李保珠,魏红霞. 昆明市地面沉降的机理分析[A]// 第七届国际地面沉降学术研讨会论文集[C]. 上海:上海科学技术出版社, 2005.
- [28] 雷明堂,蒋小珍,等. 城市岩溶塌陷地质灾害风险评估[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2000, 11(4): 23-27.
- [29] 唐益群,崔振东,王兴汉,等. 密集高层建筑群的工程环境效应引起地面沉降初步研究[J]. 西北地震学报, 2007, 29(2): 105-108.
- [30] 崔振东,唐益群,郭长青. 叠层板状结构在非线性支承下的流固耦合振动[J]. 西北地震学报, 2007, 29(2): 119-122.
- [31] 李涛,潘云,等. 人工神经网络在天津市地面沉降预测中的应用[J]. 地质通报, 2005, 24(7): 677-681.
- [32] Hiroshi P Sato, Kaoru Abe, Osamu Otaki. GPS-measured land subsidence in Ojiya city, Niigata Prefecture, Japan [J]. Engineering Geology, 2003(67): 379-390.
- [33] 殷跃平,张作辰,张开军. 我国地面沉降现状与防治措施[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2005, 16(2): 1-8.
- [34] 刘毅. 地面沉降研究的新进展与面临的新问题[J]. 地学前缘, 2001, 8(2): 273-278.

(上接 278 页)