

高邮台地电阻率异常与地震

王福才¹, 刘广宽², 张 骞¹, 蒋延林¹,
赵卫红¹, 李凤如³, 薛家富⁴

(1. 江苏省地震局高邮地震台, 江苏 高邮 225601 ;

2. 江苏省地震局南京基准地震台, 江苏 南京 210014 ;

3. 扬州市地震局, 江苏 扬州 225002 ; 4. 高邮市地震局, 江苏 高邮 225600)

摘要 应用差分能量法和归一化月速率方法处理了江苏省高邮台的地电阻率观测资料。结果表明, 高邮台地电阻率观测对附近的中等以上地震和远距离的台湾强震有一定的映震信息检测能力。

关键词 高邮台 地电阻率异常 中等以上地震 台湾强地震

中图分类号 P315.72⁺2 **文献标识码** A **文章编号** 1000-0844(2004)01-0078-04

0 引言

高邮地电台从 1975 年建台以来已有 28 年的观测历史。笔者根据 1981 年起在高邮地电台从事地电观测工作的资料, 认为高邮台地电阻率对周围中等以上地震和特殊地区的强震有反映。本文应用“九五”攻关的差分能量法和归一化月速率方法对高邮台地电阻率变化进行总结和分析。

1 高邮地电台的基本情况

高邮地电台属于国家基本台。位于江苏省中部里下河平原, 海拔不足 5 m。离此不远的兴化一带地势低洼, 有“锅底”之称。构造上位于扬子准地台的高邮凹陷内, 台址离北东走向的郯庐大断裂约 120 km ; 北西走向的无锡—宿迁断裂贯穿台址。无锡—宿迁断裂带又称沿湖断裂带, 沿断裂带发育了一系列湖泊。本台所处的地壳特殊部位具备显示地电阻率前兆信息的优势^[1]。台址岩性: 上覆第四系松散泥沙和砾石, 厚度在 150 m 左右, 往下为晚第三系泥岩、砾岩和钙质灰岩等, 厚度为 700 m 多, 是主要的探测体。

地电测量的布极为同点三向四极对称装置, 即 NS、EW 和 N45°W。供电极距 AB 为 1 200 m, 测量极距 MN 为 400 m。台址的十字测深曲线为 KHK 型, 其中 H 型部分的范围大。

高邮台始建于 1975 年, 观测仪器为 DDC-2A 电子自动补偿仪。从 1998 年 7 月 14 日开始使用 ZD8B 数字地电仪观测, 并于 1999 年 4 月对观测场地以及外线路按规范要求进行了改造和更换, 改造后的场地环境、供电线路、测量线与电极、观测室条件均达到规范要求^[2,3], 信噪比为 52 分贝。

2 地电阻率资料

2.1 资料可信度评价

本台电极埋深 2.5 m, 在地下水位以下, 接地电阻 10~13 Ω。观测场地内基本上无高差, 无沟壑。测区西部 1 km 为京杭大运河和高邮湖, 大运河东堤为淮江二级公路, 东侧有一个季节性小灌溉渠。测区内分布农田和部分居民点, 无大型变压器和大型厂矿, 电阻率观测无明显干扰。由于台站重视观测环境保护, 自建台以来台址无变动。

DDC-2A 型电子自动补偿仪和 ZD8B 数字地电仪测量人工电位差 ΔV 和电流强度 I 的分辨率分别为 0.1 mV, 10 mA 和 0.01 mV, 0.1 mA, 后者的测量精度要比前者高 1~2 个数量级。由于本台一直严格执行地电观测技术规范(1978 版、1985 版、2001 版), 1998 年 7 月外线路改造后绝缘程度高, 三个供电回路的漏电影响系数都小于 0.3‰, 测量线对地的绝缘电阻均在 50~500 Ωm 以上, 所以高邮台地电阻率资料在资料评比中多年获省局优秀和连续三年第一名, 在全国资料评比中获全国第二、三名。

本文在资料选取上采用剔除粗差后的资料。所谓粗差就是某一时测值超过正常值的 5% 或相对误差大于 10%, 处理时剔除具有粗差性质的数据再重新计算日均值。因此本文采用的资料是可信的。

2.2 地电阻率资料的处理

2.2.1 剔除粗差的原始曲线

图 1 为高邮台 1996 年 8 月 1 日至 2002 年 10 月 31 日地电阻率日均值原始数据。其中 1996 年 8 月 1 日至 1998 年 7 月 13 日为 DDC-2 型电子自动补偿仪的人工读数的数据, 没有进行剔除粗差的处理, 1998 年 7 月 14 日至 1999 年 4 月 23 日的数据进行了粗差剔除处理^[2]。看出地电阻率具有不规则的趋势变化, 包括年变化成份。1998 年 7 月以后年变化更明显, 并且三个测量方向变化趋势同步。此外还存在趋势上升的长期变化, 以 NS 方向更明显。相比之下自动测量因更如实地记录了电信号, 反映地下介质电性变化更客观, 更真实。

2.2.2 差分能量法处理的曲线

差分能量法是对等时间间隔内的观测数据进行一阶差分, 统计超过 $2\sigma_{n-1}$ 限差的一阶差分频次, 并计算等间隔时段内的差分序列能量。为了尽可能将无震时段的差分值能量压制为零, 突出短临阶段的急始变化和交替变化, 对差分序列的能量取对数, 将对数值大于零的部分绘制出来。差分能量法的优点在于兼顾了差分序列上的频次和差分值幅度两个方面因素, 克服了传统差分方法中考虑频次而不考虑差分值幅度大小的欠缺。一般在附近的中强以上地震前差分值的对数值大于零, 即 $\lg \sqrt{E_k} > 0$ 。

图 2 是高邮台 1996 年 8 月 1 日至 2002 年 10 月 31 日地电阻率日均值一阶差分频次和差分能量图。看出地电阻率一阶差分能量对数在 N45°W 方向小于零, 在 NS 和 EW 方向大于零, 并且主要集中在 1998 年中期至 1999 年初。根据差分能量法的异常指标, 认定该时段为异常。对应异常时段的 1998 年 7 月和 1999 年 9 月台湾地区发生 $M_s 6.4$ 和 $M_s 7.6$ 强地震。

2.2.3 归一化月速率方法处理的曲线

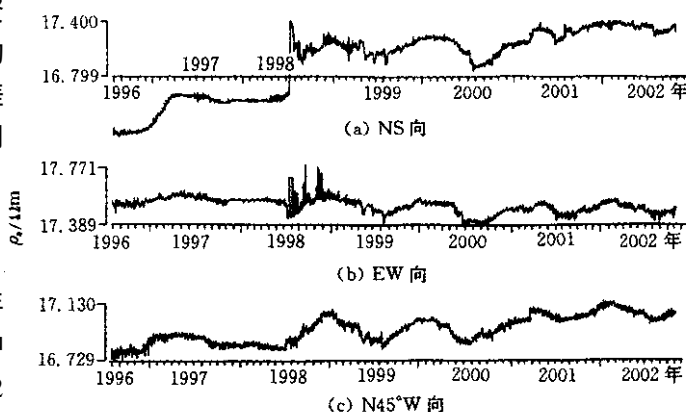


图 1 高邮台地电阻率日均值曲线

Fig. 1 Daily-mean value curves of ground resistivity in Gaoyou station.

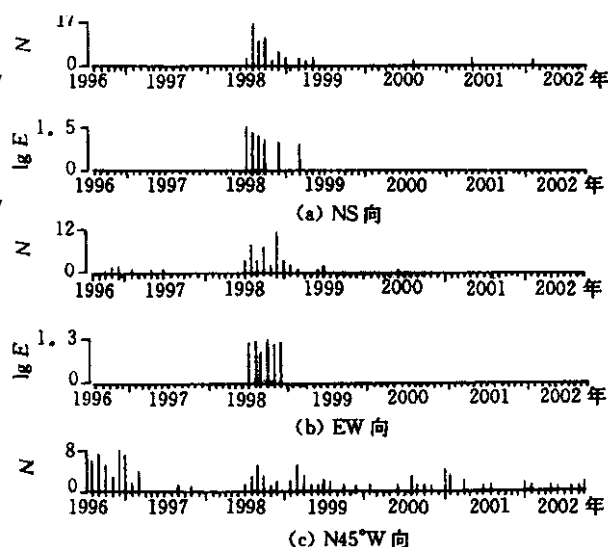


图 2 高邮台地电阻率日均值一阶差分频次、差分能量曲线

Fig. 2 Frequency and energy curves of one-order differences for daily-mean values in Gaoyou station.

图 3 是高邮台地电阻率不同时段归一化月速率曲线。图中虚线为 $|S_i| = 2.4$,是统计了 196 次地震信息得到的异常限差 ,其数学意义比较清楚^[4]。在无外因引起地壳介质电性系统变化的正常时段 ,归一化月速率值 S_i 在限差内平稳变化 ;存在系统性影响时 S_i 在限差之外变化。 $S_i > 0$ 时地电阻率变化为上升变化 ; $S_i < 0$ 时地电阻率变化为下降变化 ,并且分别集中在“+”或“-”范围。

3 电阻率异常与地震

在图 1 ~ 3 中 ,地电阻率曲线中除了年变化成份、长期变化成份和无规律可循的变化之外 ,还有一些更重要的异常变化部分。表 1 列出了测区周围 132 ~ 195 km 范围内的地震及台湾强地震时间、震级、震中距、异常时间等参数。由表 1 可以看出 ,高邮台地电阻率异常对这两个地区的地震有对应关系。文献[5]认为地电阻率异常震前持续时间与震中距或震源距有密切关系 ,存在如下关系式 :

$$\log(R \times T) = 0.956 + 0.414M。$$

式中 R 为震源距 $R = \sqrt{\Delta^2 + h^2}$ (Δ 为震中距 h 为震源深度) ; T 为异常时间 ,单位为月。关系式的相关系数为 0.949。计算值与实际值的偏差在 1 ~ 2.2 个月。统计结果表明 ,高邮台地电阻率异常与两个地区的地震活动有很好的相关关系 ,有明显的映震能力。

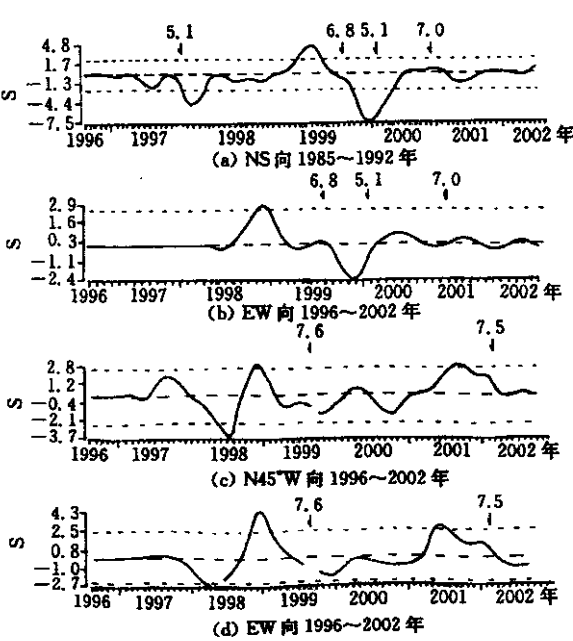


图 3 高邮台 1996 年至 2002 年地电阻率归一化月速率曲线

Fig. 3 Curves of normalized monthly variation rate for ground resistivity in different periods at Gaoyou station .

表 1 高邮台地电阻率归一化速率异常与中强地震关系

序号	发震时间	震级 / M	震中距 / km	地 点	测道	S 异常出 现时间	S 异 常值	提前时间 Δ t / 月
1	1979-03-02	5.0	195	安徽固镇	NS	1987-08	-3.2	6.5
2	1979-07-09	6.0	147	江苏溧阳	NS	1978-08	-3.2	10.5
3	1981-01-29	6.4	931	台湾地区	NS	1980-08	+3.3	5.5
4	1987-02-17	5.1	134	江苏射阳	NS	1986-08	-2.4	6.5
5	1989-08-03	6.8	1 116	台湾地区	NS	1988-12	+4.8	8.0
					EW	1988-10	+2.9	10.0
6	1990-02-10	5.1	189	江苏常熟	NS	1989-10	-7.5	4.5
					EW	1998-11	+4.3	10.0
7	1999-09-21	7.6	992	台湾地区	NW	1998-10	+2.8	11.0
					EW	2001-06	+2.8	9.0
8	2002-03-31	7.5	887	台湾地区	EW	2001-03	+2.8	12.0
					NW	2001-03	+2.8	12.0

4 讨论

高邮台特殊构造位置和台址条件决定了该台具备较好的映震能力。高邮台位于地势最低平的部位 ,又处于“锅底”地形的位置 ,这一特点决定了它容易接受到应力 - 应变的积累和变化 ,反映近区和特殊地区的地震活动。另外高邮地电台垂直方向电性的均匀性反映地下介质结构的均匀性。这种性质有利于应力 - 应变的传递。

高邮台地电阻率与台湾地震的明显对应关系可能和所处的活动构造有关。已有研究表明 ,控制华东、华南构造应力的主要因素是菲律宾海板块向西北方向碰撞和挤压 ,而台湾地区正好位于这一挤压带的前

沿^①。因此,由台湾地震孕育过程引发的区域应力场扰动可能波及华东地区。台湾地震发生前后江苏地区包括高邮地电阻率在内出现多项前兆近似同步下降和上升的短期和中期变化。台湾两次 7 级以上地震前高邮台东西向和北西向自然电位出现一年左右的异常。高邮台地电阻率异常也是这种物理联系的具体表现。据研究,我国大陆地电阻率 1 年尺度异常高潮期与大陆及周边 5 级以上地震丛集活动、地球自转加快年份基本对应,但大约 63% 的异常台站附近无地震^[6]。此对应关系很可能是地球自转速度变化导致大陆地壳应力场改变造成的,此结果也支持高邮台地电阻率异常变化与台湾远场强地震的对应关系。

以上认识还是很肤浅的,需要更多的震例来检验,以及实验来证实。由于我们实践有余,理论不足,文中错误在所难免,请同行专家指正。

[参考文献]

- [1] 杜学彬,等. 地电阻率临震突变与活断层、发震应力场 [J]. 地震学报, 1993, 15(3) 303 - 312.
- [2] 国家地震局科技监测司. 地震电磁观测技术 [M]. 北京: 地震出版社, 2000. 94 - 95.
- [3] 中国地震局. 地震及前兆数字观测技术规范(试行) [S]. 电磁观测, 2001. 30 - 31.
- [4] 杜学彬,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.
- [5] 陈有发. 地震孕育过程的扩展和地震电阻率法的统计预报 [J]. 华南地震, 1989, 9(1) 1 - 7.
- [6] 杜学彬,等. 地电阻率一年尺度异常时空丛集与地震活动性 [J]. 中国地震, 2000, 16(3) 283 - 292.

RELATIONSHIP BETWEEN SEISMICITY AND ANORMALY VARIATION OF GROUND RESISTIVITY IN GAOYOU STATION

WANG Fu-cai¹, LIU Guang-kuan², ZHANG Qian¹, JIANG Yan-lin¹,
ZHOU Wei-hong¹, LI Fen-ru³, XUE Jia-fu⁴,

(1. Seismic Station of Gaoyou, Gaoyou 225601, China; 2. Seismic Station of Nanjing,
Nanjing 210014, China; 3. Seismological Bureau of Yangzhou, Yangzhou
225600, China; 4. Seismological Bureau of Gaoyou, Gaoyou 225600, China)

Abstract :The ground resistivity data measured at Gaoyou station, Jiangsu province are processed and analysed by using the differences energy and normalized monthly variation rate methods. The result shows that the anomaly variation of ground resistivity recorded at the station has some prediction ability to moderate and strong earthquakes which near the station and strong shocks occurred in Taiwan.

Key words : Gaoyou station ; Ground resistivity anomaly ; Moderate and strong earthquake ; Taiwan strong shock

① 江苏省地震局. 江苏省 2002 年度地震趋势会商研究报告. 34 - 35.