

王焱坤,陈俊,李发,等. 安徽省地电阻率台网观测质量分析与改进技术[J]. 华北地震科学, 2018, 36(2): 58-65.

安徽省地电阻率台网观测质量分析与改进技术

王焱坤¹, 陈俊², 李发³, 李军辉³, 何康³, 裴红云³, 李罡风³

(1. 安徽省地震局合肥中心台, 合肥 230031;

2. 安徽省地震局蒙城中心台, 安徽 蒙城 233527; 3. 安徽省地震局, 合肥 230031)

摘要:通过对安徽区域地电阻率台站观测资料进行全面分析整理,根据连续率、完整率、月精度等指标综合评价了观测数据质量,归纳总结引起地电阻率变化的主要干扰因素,并提出了改进措施和技术方案,对进一步提高观测资料质量具有一定的参考意义。

关键词:地电阻率;观测质量;影响因素;技术措施

中图分类号: P315.7

文献标志码: A

文章编号: 1003-1375(2018)02-0058-008

doi:10.3969/j.issn.1003-1375.2018.02.010

0 引言

利用地电阻率的变化可探测到地球浅层岩石介质的电学属性随时间的变化,其异常变化可用于地震监测预报。自1966年河北邢台 $M_s7.2$ 地震后我国开始了地电阻率观测,目前已形成了由近百个定点连续观测台站组成的地电阻率观测网。经长期观测实践,地电观测技术、方法理论研究等方面都取得了显著进展,并在大地震、中强地震前多次记录到突出的中短期地电阻率异常^[1-3],为有效预测地震提出有力的依据。安徽省自1972年开始陆续建设地电阻率台站,随着“九五”、“十五”、“十一五”项目的实施,所有台站均为数字化观测,经过多年连续观测,已积累大量的观测资料,也积累了一定的数据分析经验,在地震监测、预报和科学研究等方面发挥了重要作用^[4]。为提高安徽省现行地电阻率观测台网的监测水平,准确地掌握数据观测质量状况、有效地识别和排除干扰已成为一项必要工作。本文归纳了引起地电阻率变化的干扰因素及相关的改进技术措施,对认识地电阻率正常变化、识别异常变化以及提高资料观测质量具有实际应用价值和参考依据。

1 地电阻率台站观测概况

经过40多年的发展,目前安徽省地电阻率台网已拥有了合肥、黄山、安庆、蒙城、嘉山、合肥形变6个

数字化观测台站。建设初期,台站主要使用DDC-2型人工观测仪器,经陆续改造台站观测系统、升级观测设备,现观测仪器统一使用中国地震局地壳研究所研制的ZD8M地电仪,观测周期为每小时测量一次。

地电阻率观测装置均采用四极对称布极,电极均为铅板,外线路采用绝缘线架空方式。不同台站供电电极距分别为600~1000 m,测量极距200~250 m,供电电极和测量电极埋深约2 m左右,各观测台的基本信息如表1所示。绝大多数台站沿庐庐断裂带分布,构造活动比较活跃的地区,基础资料完备,数据观测质量较好,在利辛 $M_s4.9$ 、九江 $M_s5.7$ 、安庆 $M_s4.8$ 等地震前均有较好反映^[5],对庐庐断裂带中南段震情监视起到重要作用。

2 观测资料质量分析

2.1 连续率和完整率

目前,数据的连续率、完整率是前兆各学科观测数据质量评估比较通用的指标,连续率是以观测系统未经任何处理的原始数据为统计对象,可以反映观测系统的运转状态;完整率的统计对象是预处理数据,即按照学科要求经过相应处理后的数据,反映有效数据的连续性。对2013—2017年安徽地区地电阻率观测数据的连续率和完整率分别进行了统计(表2~3)。

表 1 安徽区域地电阻率观测台站基本情况

台站	布极方位	AB/km	MN/km	电性介质 结构	断裂位置	观测起始 时间(年)
合肥	NS	0.6	0.2			
	N45°E	0.6	0.2	HA 型	北北东向郟庐断裂带西侧约 33 km	1972
	N45°W	0.6	0.2			
黄山	NS	1.0	0.25	—	近东西向的休宁断裂和	1977
	EW	1.0	0.25		北北东向宁国—绩溪断裂	
安庆	NS	0.551	0.2	—	郟庐断裂带和宿松—枞阳断裂	1977
	EW	0.633	0.208			
蒙城	NS	1.0	0.25		郟庐断裂带西侧及涡河断裂带东侧	1978
	N45°E	1.0	0.25	HK 型		
嘉山	NS	0.6	0.2	KHA 型	郟庐断裂带东侧	1978
	EW	0.6	0.2			
合肥形变	NS	0.6	0.2	HA 型	郟庐断裂带及池河至西山驿断裂	2013
	EW	0.6	0.2			

表 2 地电阻率观测数据连续率 %

台站	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
合肥	99.97	99.99	99.95	99.99	99.12
蒙城	100	100	100	100	100
嘉山	99.76	99.70	100	99.52	99.08
安庆	97.78	97.40	99.98	99.97	100
黄山	95.85	98.85	98.31	98.21	98.70
合肥形变	—	96.67	100	99.99	100

表 3 地电阻率观测数据完整率 %

台站	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
合肥	99.96	99.99	99.95	99.99	73.26
蒙城	100	100	100	100	100
嘉山	99.68	99.54	99.99	98.45	98.45
安庆	97.78	97.40	99.98	99.97	99.48
黄山	93.92	91.10	88.25	84.54	90.15
合肥形变	—	96.67	99.63	99.98	99.99

从表 2 可知,除黄山台以外各台站观测系统连续率均值在 99% 以上,达到较高水平,表明仪器稳定性好,观测系统运行正常。安庆台自 2014 年数字

化观测后,连续率有所提升。由表 3 可知,大部分台站完整率与连续率相差不大,表明数据较为稳定,粗差现象较少。其中,蒙城台连续 5 年的连续率、完整率均为 100%,黄山台因场地施工干扰导致连续率、完整率偏低;合肥台自 2017 年以来因地铁干扰造成数据错误和缺测增多。

2.2 观测精度

利用月精度(相对标准差)评价地电阻率观测的噪声水平,检验观测结果的内在质量^[6]。每天每个测道的小时相对标准差的日平均值为日相对标准差,每月所有测道日相对标准差的平均值为月相对标准差, k_{σ_n} 计算公式为

$$k_{\sigma_n} = \frac{1}{N} \left\{ \sum_{j=1}^N \left[\frac{1}{D} \sum_{i=1}^D \left(\frac{1}{H} \sum_{k=1}^H \frac{(\sigma_n)_{kji}}{(\rho_s)_{kji}} \right) \right] \right\} \quad (1)$$

式中: N 指台站的测道数, D 指当月的天数, H 是 1 天中小时观测数据的个数; $(\sigma_n)_{kji}$ 是当月第 j 测道、第 i 天、第 k 小时地电阻率测值的均方差, $(\rho_s)_{kji}$ 是当月第 j 测道、第 i 天、第 k 小时地电阻率测值。

由统计 2013—2017 年观测数据月精度的计算结果(表 4)可知,蒙城台、合肥形变台、安庆台资料内在观测精度均达到较高水平。嘉山台自 2015 年起月精度逐年变差,与外线路老化漏电有较大关系;黄山台测区内 2014 年 7 月开始建设居民小区,导致

资料观测精度较差,小区建成后月精度趋于稳定;合肥台自2017年合肥市地铁通车后,观测精度已不能满足地电观测规范要求。

表4 地电阻率观测数据月观测精度 %

台站	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
合肥	0.03	0.04	0.06	0.25	2.86
蒙城	0.07	0.08	0.11	0.09	0.09
嘉山	0.19	0.17	0.33	0.36	0.39
安庆	0.17	0.16	0.09	0.15	0.12
黄山	0.20	0.86	0.25	0.42	0.16
合肥形变	—	0.09	0.10	0.13	0.19

3 主要干扰

3.1 外线路漏电

当外线路、线间不同部位漏电时,产生的漏电流都会附加到测量电流中,从而引起测值超出稳定背景值范围变化,有时甚至无法观测。漏电会导致观测资料精度大大降低,数据往往出现大的尖峰。合肥台和嘉山台外线路存在氧化、破损、接头多等问题,遇到恶劣天气易引起线路局部漏电,典型事件记录见图1。合肥台2015年12月23—25日、2016年1月4—5日有降雨,NS向地电阻率2次因线路漏电出现大幅度下降变化,变幅分别达到6.3%、10.2%,降雨停止后数据逐渐恢复正常(图1a);嘉山台2017年7月1—2日EW向地电阻率因线路漏电发生数据突变(图1b),最大变幅达到12.8%,更换破损线路后,数据恢复正常。

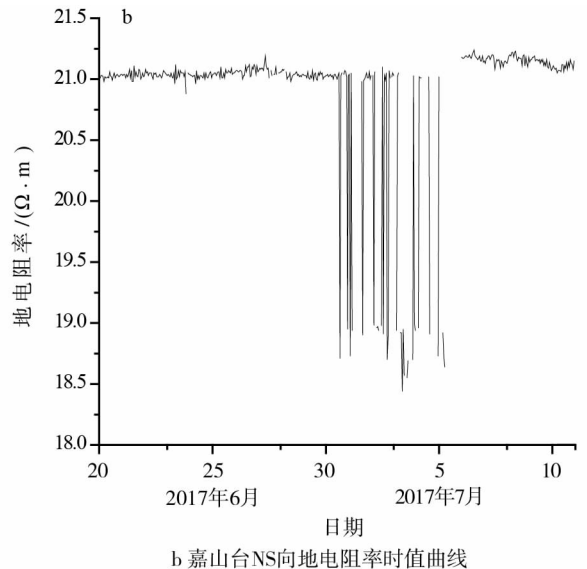
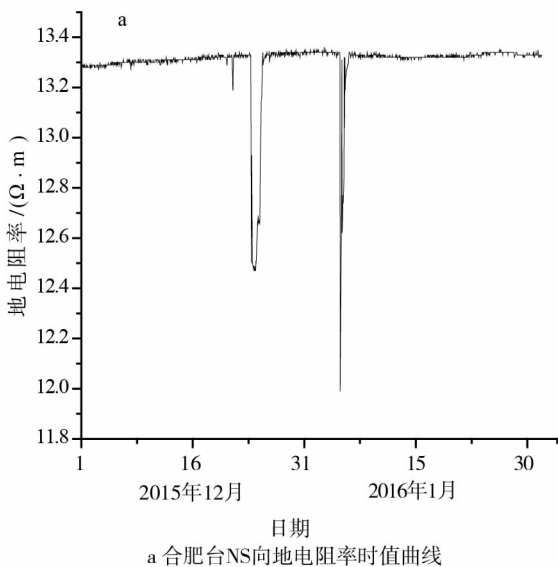


图1 地电阻率受外线路漏电干扰形态

3.2 场地环境干扰

随着社会经济的发展,台站周围生活设施干扰和电磁干扰的日益增多,如周边农田大面积灌溉、地下金属管线敷设、高压直流输电线、场地施工、直流用电系统等均会对地电观测造成不同程度的影响。目前安徽嘉山台、黄山台和合肥台地电阻率受场地环境干扰严重,嘉山台于2008—2009年测区西北部搭建钢架厂房,数根金属钢管埋于地下,埋设约2m,辅以钢筋混凝土柱支撑,埋设地距离西向供电测线A3电极仅有1m。从2009年开始EW向地电阻率年变形态出现畸变,突跳、台阶变化增多(图2a)。黄山台自2014年7月以来地电测区及电极附近有大规模居民

小区建设施工,大范围地基挖掘及建筑施工使得地电阻率数据长期呈现毛刺、台阶现象(图2b)。

合肥台距离合肥市地铁2号线直接距离为830m,地铁2号线于2017年6月空载试运行后,合肥台地电阻率观测受到严重干扰,出现大幅度、高频次突跳变化(图3a),较正常背景值变化高达2%~6%,均方差增大20%,在地铁停止运行时段(00—05时),地电阻率数据比较稳定光滑。合肥形变台距地铁2号线直线距离为19.2km,在地铁运行时段地电阻率变化形态与合肥台受地铁干扰形态一致,幅度达到0.5%~1.5%,均方差显著增大表明测值精度减低(图3b)。

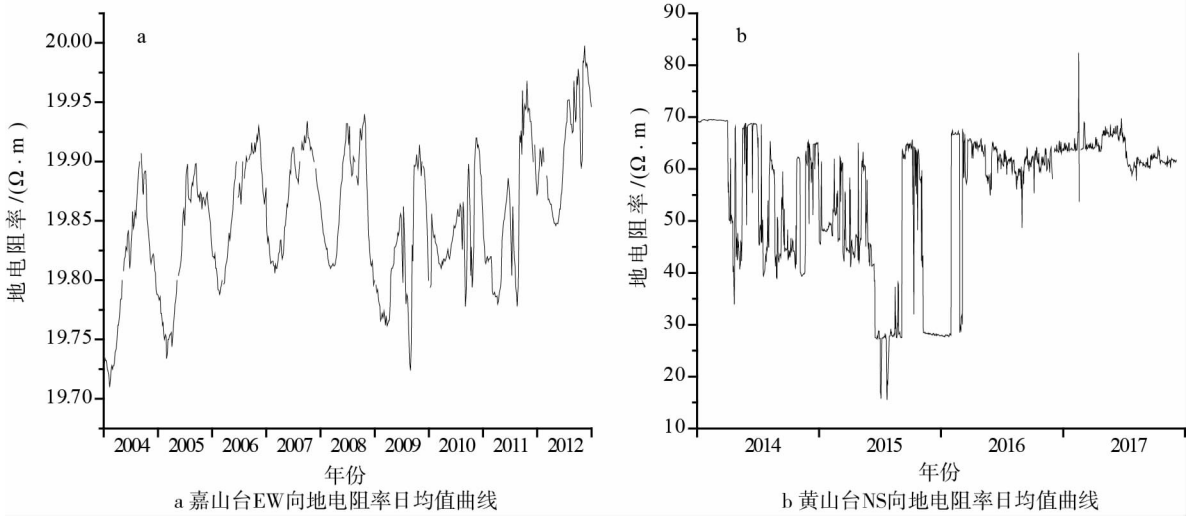


图 2 地电阻率受场地环境干扰形态

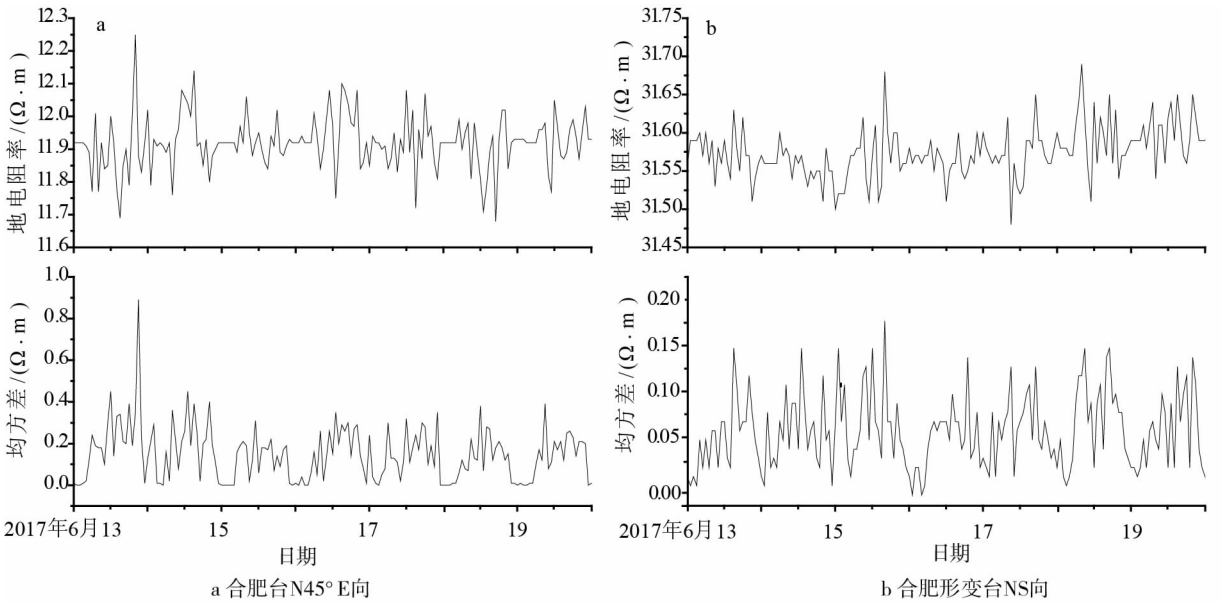


图 3 2 台地电阻率与均方差时值曲线

3.3 降雨干扰

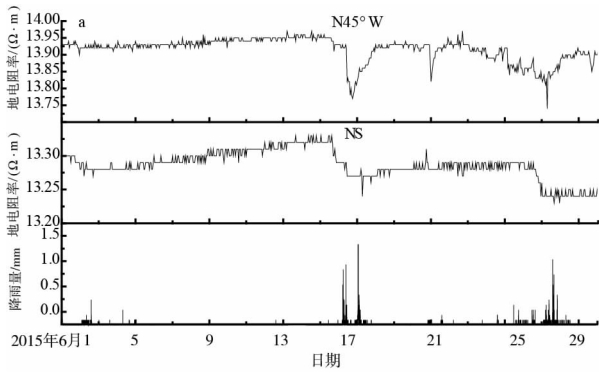
降雨对地电阻率的影响分为 2 种,短时强降雨对地电阻率引起即时变化效应;连续降雨天气时地电阻率的影响表现为持续下降变化,雨后随着地面慢慢变干,测值又逐渐回升。图 4 给出了合肥台、安庆台受强降雨影响引起的数据变化,从图 4 看出测值下降与降水时间比较同步,变化形态多为下降—缓慢上升,下降幅度与降水量大小有关。因台址条件和区域气候不同,各台站对于降水后的数据变化形态、幅度也各不相同,即使同一台站不同测向也存在差异。

3.4 年变干扰

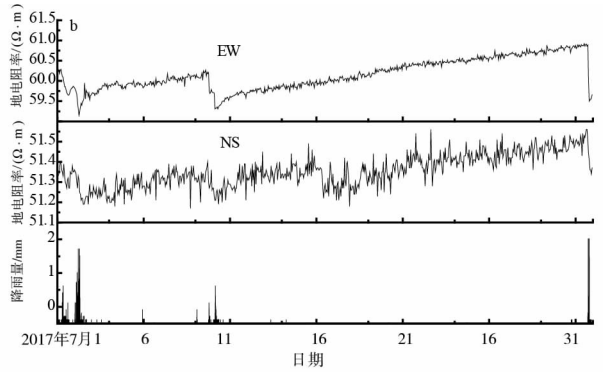
蒙城台存在规则的年变形态,幅度在 2.5% 左右。这种年周期性的变化,是非应力—应变因素变化引起的干扰,与地震无关,习惯称为年变干扰。年变化物理成因主要来自于地电阻率测区探测范围内地下水中潜水水位的动态变化,与表层降水及地下水位等气象因素密切相关^[7]。经过对蒙城台地电阻率与同期地下水位资料的对比分析(图 5),看出该台年变化随伴地下水位升降而产生,而地下水位主要靠当地降雨的补给。每年 6—8 月强降雨时段,地下水位得到降水的补给,水位持续上升,NS 向地电阻率随之下降,EW 向随之上升;春、冬季水位较低

时,NS向地电阻率达到高值,EW向地电阻率则达

到低值。



a 合肥台2015年6月地电阻率与降雨量整点值曲线



b 安庆台2017年7月地电阻率与降雨量整点值曲线

图4 地电阻率受降雨干扰形态

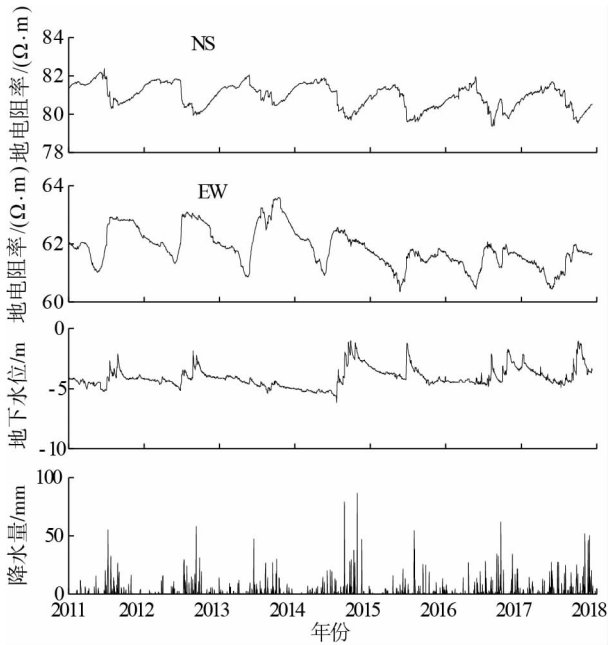


图5 蒙城台地电阻率与地下水位、降水日均值对比曲线

4 提高观测质量的技术措施

4.1 外线路维护与改造措施

外线路由于线路长,布极周围环境复杂,且线路节点多,易松动,经日晒雨淋及氧化后容易破损。外线路的布线设计、保养、定期检查以及排除漏电是提高资料内在质量的关键所在。经过多年经验总结如下:①为了避免漏电干扰,供电极引线及测线引线的接头应悬空,并套上热缩管或加装保护盒,且接头不应承受拉力;②调整供电线和测量线的位置,将供电线集中在左侧,而将测量线换到右侧,加大2种线路间的距离,尽量避免相互间的电磁影响;③增加外线

路巡检次数,对严重老化线路应进行改造、更换,保证线路中间无接头;④线路切勿挂在钢索上,钢索与电杆之间没有绝缘,这就在测区中人为地形成多个联通的接地点,影响到人工电场的分布,当接地条件改变时造成观测结果变化,特别是降雨会出现地电阻率测值的大幅度变化。

合肥形变台外线路直接挂在钢索上,雨后绝缘性降低。2016年9月24日至11月18日合肥形变台对钢索线加装拉紧绝缘子(瓷瓶),改造后外线路绝缘电阻大于500 MΩ,大大降低了漏电隐患。由图6看出,安装拉紧绝缘子期间导致NS向地电阻率出现持续下降变化,变幅达1.10%,11月底地电阻率处于小幅度年变上升并逐渐趋于平稳;2017年的年变幅度比往年均值(1.23%)减小了0.41%,与同期降雨资料做对比分析,发现受降雨影响下降幅度也显著减小,表明改造线路后绝缘程度升高,达到了预期的效果。

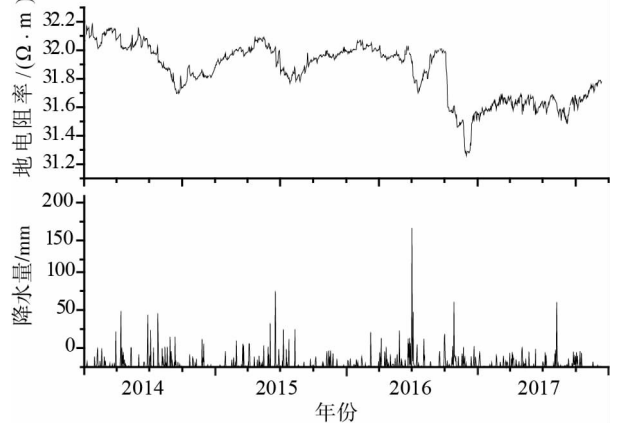


图6 肥东台地电阻率与降雨量日均值曲线

4.2 改进观测方法的技术方案

根据以往方法实验和研究成果^[8-9],本文针对测区环境干扰提出一些抗干扰措施和建议,为有针对性提升安徽省地电阻率观测质量提供技术参考和方案。

1)采用交流地电阻率观测方式:合肥台距离地铁2号线约830 m,地铁漏电电流的影响相对埋深基本可以看作是远场干扰,因此深埋电极观测对于减小地铁漏电影响基本没有意义。为有效地抑制地铁运营等各种杂散电流的影响,可行的方法是对合肥台采用交流地电阻率法观测系统,供电频率应避开地铁干扰频段范围。目前国内地震前兆观测仅在江苏江宁等台做过交流与直流地电阻率观测对比试验,取得了较好的效果,但还没有专门的观测系统。随着地电阻率交流观测方法的深入研究和观测系统的稳定,预期该方法能够弥补目前直流地电阻率观测系统抗地铁干扰能力的不足。

2)采用井下地电阻率观测方式:黄山台地电布极区内建设居民小区,受周边环境限制应采取深井观测,将地表的电极装置深埋在地下一定深度,在地下水平向开展对称四极的地电阻率观测和垂直方向地电阻率观测,从而缓解地电观测与地方经济建设用地的矛盾,有效抑制和减小了地面的施工、降雨等干扰,提升观测质量。

3)深埋电极方式:嘉山台EW向A3电极距离钢架厂房仅有1 m,为提高数据精度应避开钢架埋设位置,把电极往西迁移20~50 m,并采取深埋电极,将大大减少表层电阻率的影响,对抑制降雨、金属管道等干扰较为有利;安庆台EW向电极在雨后泡水,可埋设电极在含水层以下。

4.3 数据处理方法

4.3.1 地铁运营时段数据处理

尝试采用轨道交通停运期间的整点均值替代日均值方法,来达到降低地铁干扰的目的。以2017年合肥台地电阻率观测资料为例,绘制每日地铁未运营时段(00—05时)整点均值曲线,与原始日均值曲线进行对比(图7),两者变化趋势基本一致,经计算2条曲线的月相关度,最高为0.985,最低为0.553,平均0.769,故认为夜间数据均值取代日均值进行资料分析是可行的。

4.3.2 消除降雨影响处理

合肥台地电阻率年变形态为“冬高夏低”,与降雨分布较为一致。降雨对地电阻率的影响比较复杂,不仅有一定的即时效应,还存在一定的时间滞后

效应,利用褶积滤波法可以较好地去除降雨对地电阻率的影响^[10]。

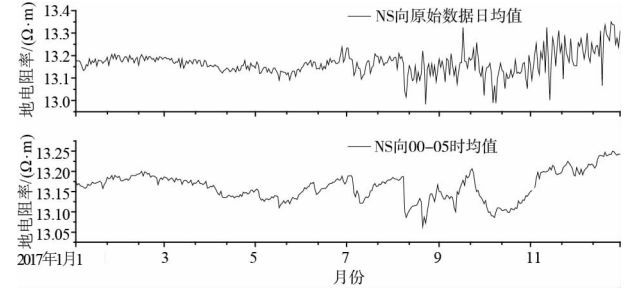


图7 合肥台2017年地电阻率日均值与00—05时均值对比曲线

根据褶积滤波法原理,即把土层看成一个系统,降雨量 $C_R(t)$ 为输入信号,降雨量对 ρ_s 的影响函数为 $R(t)$,地电阻率的趋势变化为

$$M(t) = B_0 + B_1 t \quad (2)$$

$$\rho_s(t) = M(t) + R(t) * C_R(t) \quad (3)$$

如果将降雨的即时及滞后效应考虑进去的话,则有

$$\rho_s(t) = M(t) + R(t) * C_R(t) = B_0 + B_1 t + \sum_{\tau=-\infty}^{\infty} R(\tau) C_R(t - \tau) \quad (4)$$

如选取滞后影响时间为5个月,则

$$\rho_s(t) = B_0 + B_1 t + A_0 C_0 + A_1 C_1 + A_2 C_2 + A_3 C_3 + A_4 C_4 + A_5 C_5 \quad (5)$$

通过Matlab软件对2008—2016年合肥台降雨量对NS向地电阻率的影响值进行多元回归计算,其结果如图8所示,当去掉降雨量的影响后,地电阻率相对稳定一些,年变幅度减小,但仍存在一定的趋势性变化;还可以看出2015—2016年降雨量明显比往年增多,使得地电阻率影响量值也显著增大,对消除降水影响后期间地电阻率趋势下降变化有所抑制。

4.3.3 消除地下水水位影响处理

蒙城台地电阻率年变化伴随地下水位升降而产生,两者变化对应较好,计算2000—2016年NS、N45°E、EW向地电阻率与地下水位的相关系数达到0.763、0.725、0.638,说明地电阻率观测与地下水位是显著相关的。采用一元线性回归分析方法对水位进行定量消除,利用蒙城台水位、NS向地电阻率日均值参量拟合出地电阻率值,线性公式为 $y = -0.646 2x + 79.113$,然后计算出实测观测值与拟合值的残差,并将所选时间段残差值绘制曲线(图9),消除水位影响后的年变化幅度明显减小。

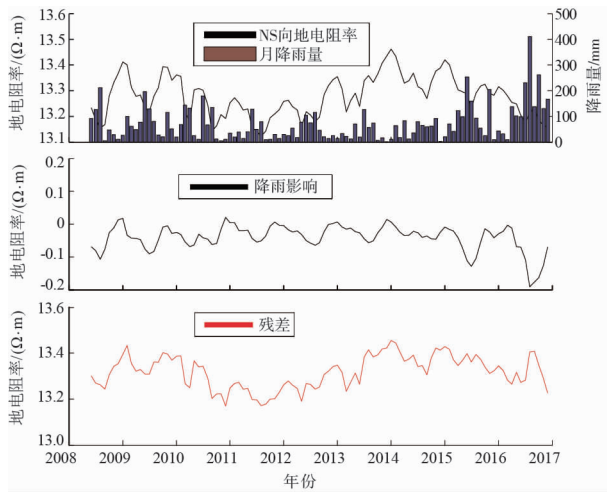


图8 合肥台降雨定量校正后地电阻率曲线

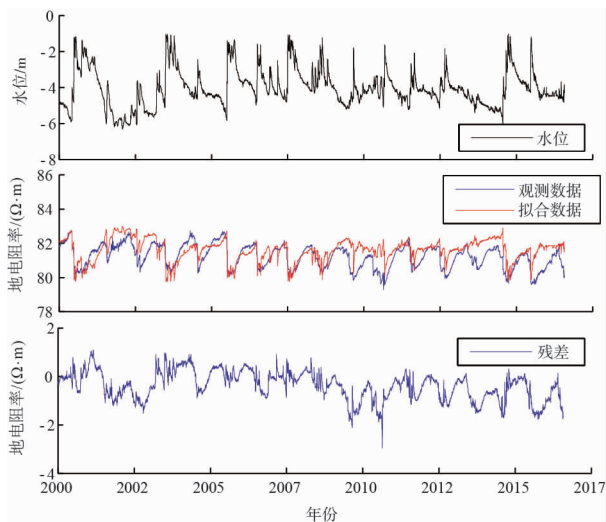


图9 蒙城台地下水位定量校正后地电阻率曲线

5 结论

安徽区域地电阻率观测资料的整体连续率、完整率较高,观测系统稳定、可靠,数据内在精度达到较高水平,除黄山台和合肥台以外均能够满足分析预报使用的要求。黄山台数据质量较差,月精度指标不合格,合肥台自2017年以来数据粗差和缺测增多,资料可用性显著降低。

经分析得知场地环境、观测装置运转状况(如观测线路绝缘及线路接触情况)、线路定期保养和维护检查、降水等都是影响观测资料精度的主要因素。其中线路漏电干扰会造成数据严重失真,按照电磁观测规范的技术要求对线路做相关检查和改造,排除后干扰随之结束。场地环境干扰对地电阻率观测的影响不容忽视,会导致观测精度降低,甚至使数据失去使用价值,根据现有观测技术可采用井下地电阻率观测和深埋电极方式提高抗干扰能力,对场地施工、地下金属管道、降雨等表层干扰有较好的抑制效果。合肥台受地铁干扰影响,数据离散度显著增大,精度降低,目前针对抑制地铁干扰的交流地电阻率观测仍处于试验阶段,数据处理可采用地铁非运行时段的观测数据。地电阻率中长期变化和年变化主要是降雨量和地下水位引起的,异常识别过程中,应当选用褶积滤波法和相关分析法去掉相应干扰。

本文从观测系统改造、改进观测方法、数据处理方法等方面介绍了提高地电阻率观测质量方面的一些技术措施和建议,可供地电阻率观测工作者借鉴参考。

参考文献:

- [1] 王志贤,汪志亮,赵成达,等. 地震地电阻率前兆异常特征及其机理研究[J]. 华北地震科学, 1993, 11(2): 75-82.
- [2] 杜学彬,谭大诚. 地电阻率1年尺度异常时空丛集现象与地震活动性[J]. 中国地震, 2000, 16(3): 283-292.
- [3] 钱家栋,马钦忠,李劲称. 汶川 $M_s 8.0$ 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, 2013, 35(1): 4-17.
- [4] 何康,郑兆蕊,刘泽民. 安徽省地电监测能力综合评价[J]. 地震地磁观测与研究, 2007, 28(3): 62-66.
- [5] 何康,程鑫,李军辉,等. 安徽省数字化地电阻率干扰与短临异常研究[J]. 地震地磁观测与研究, 2010, 31(4): 86-91.
- [6] 刘春国,李正媛,吕品姬,等. 数字化地震前兆台网观测数据质量评价方法[J]. 中国地震, 2017, 33(1): 112-121.
- [7] 钱家栋,陈有发. 地电阻率法在地震预报中的应用[M]. 北京:地震出版社, 1985.
- [8] 田山,刘允秀,聂永安,等. 地震地电阻率观测改进方法研究——电测井技术的移植应用与数值模型分析[J]. 地震学报, 2009, 31(3): 272-281.
- [9] 张宇,张兴国,王兰炜,等. 新型地电阻率交流观测系统研究及江宁台观测试验[J]. 地震学报, 2016, 38(5): 807-810.
- [10] 张学民,王志贤,臧明珍,等. 降雨对地电阻率干扰的分析[J]. 华北地震科学, 1996, 14(4): 71-75.

Quality Analysis and Technique Improvement of Georesistivity Observation Network Data in Anhui Province

WANG Yi-kun¹, CHEN Jun², LI Fa³, LI Jun-hui³, HE Kang³, PEI Hong-yun³, LI Gang-feng³

(1. Hefei Central Seismic Station, Anhui Earthquake Agency, Hefei 230031, China; 2. Mengcheng Central Seismic Station, Anhui Earthquake Agency, Hefei 233527, China; 3. Anhui Earthquake Agency, Hefei 230031, China)

Abstract: Through the comprehensive analysis and arrangement of the observation data of the georesistivity stations in Anhui area, the quality of the observed data was evaluated comprehensively according to the index of continuous rate, complete rate and monthly accuracy. The main interference factors that caused the georesistivity change are summarized and corresponding improvement measures and technical scheme are put forward. The study may has some certain significance that is helpful to improve the quality of georesistivity observational data.

Key words: georesistivity; quality of data; interference factor; technical measures

《华北地震科学》征稿简则

一、《华北地震科学》是河北省地震局主办的地震科学综合性学术季刊。每季末出版。主要刊登地震学具有创新性的研究成果,也登载与地震研究有关的地球物理、地震地质、地震工程等方面的学术论文及与地震科学有关的实验、观测、考察、问题讨论等方面的论文。

二、来稿要求及注意事项

1. 来稿要求选题新颖、论点明确、论据可靠、数据准确、文字简练。每篇论文(包括图、表、参考文献和 300 字以内的摘要)一般要求不超过 8000 字,其中插图以不超过 6 幅为宜;其他短文(含图、表和参考文献)一般不超过 3000 字,其中插图以不超过 3 幅为宜。字号为 5 号字。另附英文题目及英文摘要。

2. 来稿包括:摘要、关键词(3~8 个)、引言、正文、结语和参考文献,以及基金项目、作者简介等内容。文中外文字母、符号必须分清大小写、正斜体;上下角的字母、数字和符号,其位置高低应区分明显。对易混淆的外文字母、符号及字母的大小写需标清。文中计量单位一律采用中华人民共和国国家标准《量和单位》中颁布的法定计量单位,非许用单位,务请换算成许用单位。

3. 文中插图需提供可编辑的矢量图件,线条均匀;照片层次、反差分明。图中内容、文字及符号须清晰,并与正文一致。插图如涉及国界,可尽量避开;如必须保留,则须把图中内容直接绘在地图出版社最新出版的带有国界的地理图上。

4. 表格一律采用“三线表”,即每个表基本由三条横线组成,去掉竖线(必要时可加少量辅助线)。

5. 参考文献应列全,而且应是已公开发表的文献;未公开发表的资料请勿列入,但可作为脚注处理。文中所引文献必须与文末所列文献一一对应。文末参考文献的著录格式,每条文献内各项的排序是:

专著—作者. 书名[M]. 出版地:出版者,出版年. 页码.

期刊—作者. 文章名称[J]. 刊物名称,出版年,卷(期):页码.

论文集—作者. 文章名称[C]//文集名. 出版地:出版者,出版年,页码.

译著—作者.(或中译姓名). 中译书名. 译者. 出版地:原著出版者,出版年,页码.

学位论文—作者. 题名[D]. 学位授予地:学位授予单位,发表年,页码.

6. 文稿中引用他人研究成果时,务请按《著作权法》有关规定指明原作者姓名、文题及来源,并在参考文献中列出。否则由此引发的责任由投稿人自负。

7. 经本刊录用的文章,除本刊负责出版、发行外,将由本刊编辑部统一纳入万方数据—数字化期刊群,维普科技部西南信息中心资源部,超星中文数据库,中国知网学术资源总库,并提供网络信息服务。如有异议,请另投他刊。

8. 投稿请注明第一作者或联系人的姓名、工作单位、详细通讯地址(含邮编)、联系电话以及 E-mail。

三、编委会有权对来稿作适当修改或退请作者自行修改,来稿请勿一稿两投。收稿后 3 个月内如未得到采用通知(或修改稿件通知),作者可自行处理。

来稿请发至:E-mail:he3g@eq-he. ac. cn hbdzkk2015@163. com 联系电话:(0311)85814313

联系地址:河北省石家庄市槐中路 262 号《华北地震科学》编辑部,邮政编码:050022