

于磊, 张宇, 王晓, 等. 大蜀山地电阻率观测数据影响因素与抑制分析[J]. 华南地震, 2024, 44(S1): 171-173. [YU Lei, ZHANG Yu, WANG Xiao, et al. Influencing Factors and Suppression Analysis of Ground Resistivity Observation Data at Dashushan Seismic Station[J]. South China journal of seismology, 2024, 44(S1): 171-173]

大蜀山地电阻率观测数据影响因素与抑制分析

于磊¹, 张宇², 王晓³, 王扬帆¹, 疏鹏¹, 李鹏飞¹

(1. 安徽省地震局, 合肥 231201; 2. 中国地震局地震预测研究所, 北京 100036; 3. 中国地震台网中心, 北京 100045)

Influencing Factors and Suppression Analysis of Ground Resistivity Observation Data at Dashushan Seismic Station

YU Lei¹, ZHANG Yu², WANG Xiao³, WANG Yangfan¹, SHU Peng¹, LI Pengfei¹

(1. Anhui Earthquake Agency, Hefei 230031, China; 2. Institute of Earthquake Forecasting, CEA, Beijing 100045, China; 3. China Earthquake Network Center, Beijing 100045, China)

关键词: 地电阻率; 大蜀山; 影响因素; 频率; 对比观测

Keywords: Earth resistivity; Dashushan; Impact factors; Frequency; Contrast observation

中图分类号: P315

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2024)S1-0171-03

DOI: 10.13512/j.hndz.2024.S1.62

0 研究背景

我国自1966年邢台 $M_s7.2$ 级地震后开展了大规模的地电阻率观测,在多次地震中邻近震中的台站记录地电阻率均呈现了典型的异常特点^[1]。目前一些地电阻率台站受到的干扰日趋严重。受到的干扰既有工频的也有非工频的,其中地铁运行造成的干扰尤为严重。这种干扰造成观测数据的严重畸变,部分台站因此被迫搬迁。

2016年合肥开通了第1条地铁线路,随后以每年开通1条线路的速度递增,大蜀山台地电阻率观测受到地铁运行影响。具体表现为:地电阻率观测数据质量急剧下降,部分观测数据的误差已超

过规范要求。目前国内开展了一些对地铁干扰信号的抑制处理研究,张世中等提出了伪随机供电方式^[2-3],用交流观测方法抑制地铁运行对江宁台地电阻率观测的影响。本文分析合肥中心站下辖大蜀山地震台的地电阻率观测数据影响因素,重点对比较突出的地铁干扰特征进行分析,采用夜间观测均值代替日均值和交流观测的方法,尝试减小干扰对大蜀山台地电阻率观测的影响。

1 干扰分析

按照干扰的种类,数据干扰来源主要有工频和非工频两种类型。按照干扰的来源,大蜀山地电阻率观测的干扰源主要有地铁运行干扰,降水

收稿日期: 2024-10-10

基金项目: 中国地震局科技星火计划青年项目(XH23021YB); 中国地震局三结合课题(3JH-202402004)联合资助。

作者简介: 于磊(1983-),男,工程师,主要从事地震电磁学研究。

E-mail: 163yulei@163.com

通信作者: 张宇(1984-),女,副研究员,主要从事地壳结构成像及地球物理观测资料数据处理分析方法研究。

E-mail: zyflyngfish@163.com

干扰, 铁丝网干扰等, 其中地铁运行干扰为主要干扰。为确定干扰类型和影响幅度, 选择大蜀山台 2023 年 6 月 3 日—6 日连续测试数据进行分析, 采用 FFT 方法计算每段数据的频谱, 并提取 50 Hz 工频信号幅度作为每分钟工频扰动幅度, 将所有分段计算结果整合在一起, 得到测试时段的工频扰动幅度。图 1 为测试期间 50 Hz 工频幅度分钟数据曲线。从图 1 可以看出, 南北方向工频干扰信号最大幅度为 10 mV, 北东方向工频干扰信号最大幅度为 13 mV 左右, 北西方向工频干扰信号最大幅度为 6 mV 左右, 场地工频电磁环境符合地电阻率观测小于 0.5 V 的要求。

根据 GB/T19531.2-2004 的要求, 对场地非工频干扰以 1 Hz 采样数据进行评估。对 500 Hz 采样数据进行数字滤波和降采样, 将数据的采样率降为 1 Hz 采样数据。数字滤波器设计采用 FIR 滤波器, 频率响应如图 2 所示, 通带截止频率为 0.05 Hz。

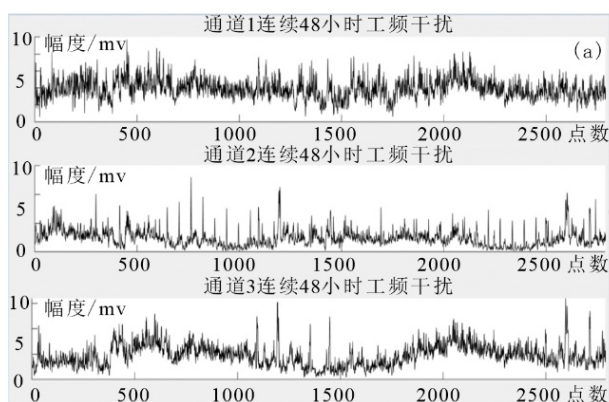


图1 测试时段工频扰动幅度(分钟值)

Fig.1 Power frequency disturbance amplitude during the test period

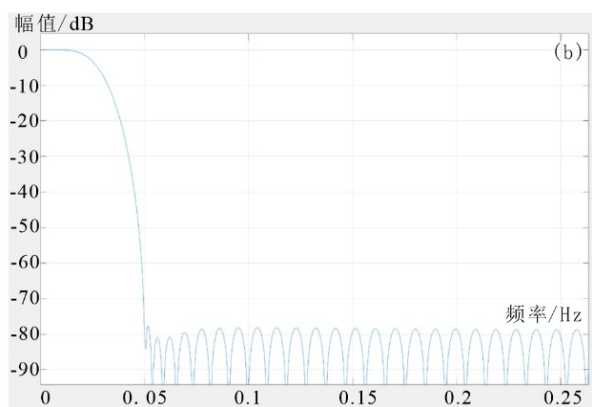


图2 低通滤波器频率响应

Fig.2 Frequency response of low-pass filter

2 干扰对地电阻率观测的影响

现场测量得到大蜀山观测场地工频和非工频干扰的数据之后, 根据 GB/T19531.2-2004 的要求, 对受地电阻率观测场地影响的数据处理步骤如下:

(1) 选择 48 h 的连续观测数据, 数据段选取以包含更大的噪声为原则, 每个测向以连续 24 h 数据为一组数据, 假设为数组 $[a]$, $[a]$ 中包含的数据个数为 86 400 个;

(2) 计算数组 $[a]$ 中每间隔 9 个数值的差值的绝对值, 得到数组 $[b]$, $b_i = |a_{i+9} - a_i|$;

(3) 计算数组 $[b]$ 中数据的 10 点滑动平均, 得到数组 $[c]$, $c_i = \frac{b_i + b_{i+1} + b_{i+2} + \dots + b_{i+9}}{10}$, $[c]$ 中数据个数为 86 381 个;

(4) 计算数组 $[c]$ 的平均值 \bar{c} 和均方差 σ , 然后将数组 $[c]$ 中与均值差值绝对值大于 2 倍均方差的数据点作为偶然误差删除, 即删除 $|c_i - \bar{c}| > 2\sigma$ 的数据点, 形成数组 $[e]$;

(5) 选取数组 $[e]$ 中最大值作为非工频干扰信号幅度 V_d 。

(6) 按照同样的步骤处理连续的另外 24 h 的测试数据。只要 2 d 的 V_d 均不大于规定的 $45 \mu\text{V}$, 则可以认为场地的非工频干扰符合地电阻率观测要求。

将全部观测数据分了两段 24 h 数据, 按照“地电阻率非工频干扰分析方法”中的 (1) 至 (7) 步骤计算扰动幅度。标准中要求极距为 300 m, 实际两方向的极距均为 200 m。假设干扰为均匀场, 将扰动测量结果换算到 300 m 极距。结果见表 1, 三个方向均超过标准要求。

地铁运行干扰为典型的非工频干扰, 大蜀山台的观测场地和地铁的直线距离只有 300 m, 目前非工频干扰严重超标, 对观测造成影响, 因此如何抑制这种干扰成为仪器运行的关键。

3 干扰抑制与分析

合肥地铁的运营时间比较固定, 地铁运行仅对 06~23 h 观测值造成影响, 尝试采用夜间观测均值代替日均值。结果显示 00~05 h 数据曲线与地铁运行之前的形态相仿, 曲线光滑, 也能显示

表1 扰动分析结果
Table1 Results of perturbation analysis

时间	NS方向干扰幅度/ μV	NE方向干扰幅度/ μV	NW方向干扰幅度/ μV
3日11时—4日11时	8085.6	11 760.2	10 008.4
4日11时—5日11时	15 861.1	13 017.9	6417.0
5日11时—6日11时	23 319.6	27 207.5	3418.3

年度变化。但这种方式减少了大量的日间观测数据，如果异常发生在这些时段，将丢失关键的异常信息，给地震预报造成困难，所以运用交流观测成为必要的选择。

交流观测区别于直流观测的主要方面为：ZD8AC交流观测仪频率范围和电流均可调，其中频率范围为0.1~10 Hz，电流范围为0.1~5 A。大蜀山台的交流和直流观测电流均选取1.5A，直流观测不能选择观测频率，交流观测选取0.1 Hz、1.0 Hz、5.0 Hz三种频率。通过对比观测，交流观测和直流观测数据同步变化，一致性保持在0.95以上的水平，且交流观测在地铁运行和不运行时段数据较平稳，没有大幅突跳和超差现象出现。

4 结语

通过对大蜀山台地电阻率受到的干扰进行工频和非工频分析，可以看出大蜀山台地电阻率观测受到的干扰比较严重，三方向数据都已经超过标准要求。其中，地铁运行干扰是最突出的问题，干扰幅度可达正常背景值的2%~10%，部分时段出现超差现象。对大蜀山台观测采用夜间观测均值代替日均值和交流观测的方法，尝试减小典型干扰对大蜀山台地电阻率观测的影响。通过实验和分析，得到以下认识：

(1)大蜀山地电阻率观测受到的影响，不同方

向受到的影响幅度不同，应是测向和地铁走向的夹角有关。

(2)运用地铁不运行时段观测数据均值替代日均值的方法，可以进行一些资料分析。但这种方式删掉了大量数据，可能会丢失关键的异常信息，给地震预报造成困难。

(3)运用交流观测方法能够不删除数据，且和直流观测的数据一致性较高，但在频率选择方面需要因地制宜，不同的台站需要选择合适自身观测条件的频率。

参考文献

[1] 叶青,杜学彬,陈军营,等. 2003年大姚和民乐—山丹地震1年尺度预测[J]. 地震研究,2005,17(03):226-230.
[2] 张世中,石航,王兰炜,等. 地电台站受城市轨道交通干扰的测试分析与抗干扰措施研究[J]. 地震学报,2013,35(01):117-124.
[3] 王兰炜,张宇,张兴国,等. 地震地电阻率交流观测方法及观测实验[J]. 大地测量与地球动力学,2019,39(07):738-742.