

张伟峰, 王 远, 潘 洁, 等. 嘉山台地电阻率与降雨关系探究[J]. 华南地震, 2015, 35(1): 84-89. [ZHANG Weifeng, WANG Yuan, PAN Jie, et al. Exploration on the Relationship of the Rainfall and Earth Resistivity in Jiashan Seismic Station[J]. South china journal of seismology, 2015, 35(1): 84-89.]

## 嘉山台地电阻率与降雨关系探究

张伟峰, 王 远, 潘 洁, 孙亮亮, 肖 攀, 李露露  
(安徽省地震局蚌埠中心地震台, 安徽 蚌埠 230000)

**摘要:** 地电阻率观测系统由于技术及环境变化等原因, 在观测资料中常常会出现与地震孕育及地壳区域应力状态无关的变化, 其中降雨就是比较显著的影响因素, 根据嘉山台 2000—2013 年的数字化资料分析降雨与地电阻率之间的关系, 结果表明: 降雨与地电阻率的季节性变化之间存在较好的相关关系, 并尝试通过数字方法剔除资料中的降雨影响。

**关键词:** 嘉山地震台; 地电阻率; 降雨; 数学方法

**中图分类号:** P319.24 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8662 (2015) 01-0084-06

**DOI:** 10.13512/j.hndz.2015.01.013

## Exploration on the Relationship of the Rainfall and Earth Resistivity in Jiashan Seismic Station

ZHANG Weifeng, WANG Yuan, PAN Jie, SUN Liangliang, XIAO Pan, LI Lulu  
(Bangbu Seismic Station, Earthquake Administration of Anhui Province, Bangbu 230000)

**Abstract:** Because of the technical reasons of earth resistivity observation systems and environmental changes, changes in the observation data often occur with no relation with earthquake preparation and crustal stress state. Rainfall is one of the more significant factors. Based on the digital information data of Jiashan station during 2000 and 2013, the paper analyzes the relationship between rainfall and earth resistivity. The results show that there is a good correlation between the seasonal variations of rainfall and earth resistivity.

**Keywords:** Jiashan seismic station; Earth resistivity; Rainfall; Mathematical methods

### 0 引言

地电阻率前兆观测是利用分布于地表固定观测点上的特定装置系统, 定时观测地球介质的视电阻率, 研究其随时间的变化和这种变化的空间分布规律, 以寻求与地震孕育过程之间的内在联系<sup>[1]</sup>。嘉山台地电阻率自 1973 年观测至今, 积累

了长时间的资料, 2000 年嘉山地电阻率实现数字化观测, 降雨量也实现时值记录, 这些都为研究地电阻率与降雨关系提供了理想的观测条件。本文根据近几年的数字化资料初步分析两者之间的关系, 研究降雨对嘉山台地电阻率数据产生变化的原因并尝试通过数学方法剔除资料中的降雨影响。

**收稿日期:** 2014-05-27

**基金项目:** 安徽省蒙城地球物理国家野外科学观测研究站项目

**作者简介:** 张伟峰 (1983- ), 男, 助理工程师, 主要从事地震监测工作。

**E-mail:** zhangweifeng116@163.com.

1 嘉山台地电阻率观测区情况

嘉山地震台处于淮阳台隆的张公岭台拱内，属下扬子地块，印支燕山期，该区受西侧郯庐断裂影响有强烈变形，新生代该区仍表现为上升，台基岩性为玄武岩。地电测区为农田，南北向供电电极和测量极之间有小型沟壑穿过，中心杆东北角 150 m 有一个小型水塘，周围无其他明显的干扰源(图 1)。

地电布极方式采用四极对称系统，共有 NS 和 EW 两个测向(表 1)。NS 向供电电极距 600 m，测量极距 200 m；EW 向供电电极距 600 m，测量极距 200 m，电极埋深 1.5 m，南北地形坡度约为 2°，根据电测深曲线显示地电阻率测区内共有 5 个电

表 1 嘉山台地电阻率布极参数  
Table 1 Pole parameters of earth resistivity in Jiashan seismic station

步极方位	AB 极距/km	MN 极距/km	装置系数 K/km
NS	0.6	0.2	1.257
EW	0.6	0.2	1.257

性层，NS、EW 均为 KH(A)型，第 1 层表底深 1.76~2.08 m，电阻率为 9.8~11.3 Ω·m，第 2 层为风化熔岩层底，层深 10.18~16.86 m，电阻率为 26.9~28.5 Ω·m，第 3 层和第 4 层分别为第二次和第一次喷发熔底，层深分别为 357~373 m 和 766~779 m，电阻率分别为 18.5~20.4 Ω·m 和 32.1~39.4 Ω·m，第 5 层为高阻基底，电阻率大于 $2\times10^4$  Ω·m。

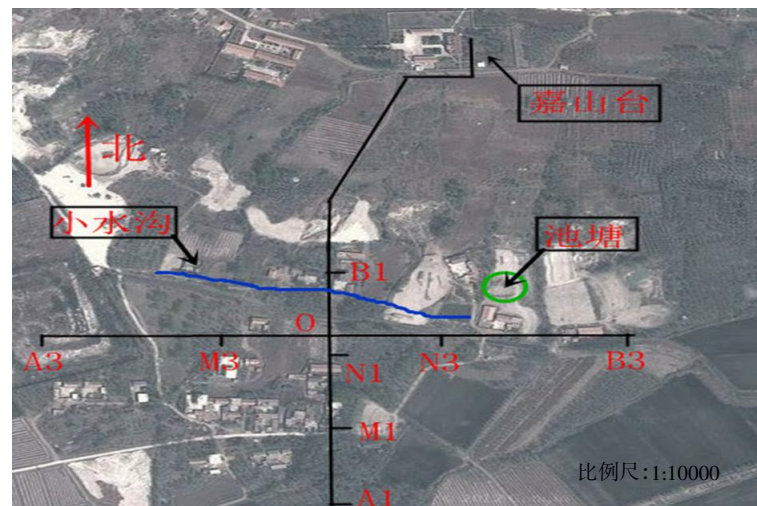


图 1 嘉山地震台地电阻率测区卫星图  
Fig.1 Satellite map of resistivity survey area in Jiashan seismic station

2 嘉山台地电阻率观测资料分析

2.1 电阻率变化同降雨量的关系

自观测以来，嘉山地电阻率变化的总体形态基本是“夏高冬低”，NS 向数据受降雨的影响极为显著，且具有很强的同步性。一段间期内，本地无降雨或降雨量较少，NS 向数据则会快速上升；若出现较大降雨或持续降雨，数据会大幅或多次下降。EW 测向  $\rho_s$  有显著的年变化，且该方向的年变化都比较规律。从以往的年变规律可知，该台 EW 向数据自每年 1、2 月份开始出现极小值并持续上升，到 8、9 月份出现峰值并呈下降趋势。出现这种情况的原因为浅层水位同时受到地表水和与大气降水的补给，大气降水是面状补给，普遍而均匀；地表水是线状补给，局限于地表水体的周边。嘉山台南北地形坡度约为 2°，当降雨之后

浅表积水不均衡且地势低洼处容易形成积水，东西测向沿线旁有宽约为 3 m 的天然水沟(图 2)，因此 EW 测量电极埋设区域内浅层水位较 NS 向相对稳定，主要接受地表水的补给，受降水的影响要小于 NS 测向。因此当一段时间内测区内无降水或降水量较少，NS 向数据则会快速上升；若出现较大降水或持续降水，数据会大幅或多次下降；EW 测向数据受降水的影响就没有 NS 测向明显，反而在降水时会出现与 NS 测向反向的小幅度变化。

2.2 地电阻率年变与降雨量的关系

通过对嘉山台 2000—2013 年的降雨量与历年的地电阻率年变幅对比分析可以看出(表 2)，对于大多数年份来说，降水量比较高时，NS 测向电阻率的变化幅差就大，同时长期降水或干旱还会影响次年的年变幅，EW 测向电阻率的变化差幅比较平均，受降水的影响没有 NS 向明显。

同时，每年地电阻率变化率最大的 5 个月，同期的降雨量可占全年降雨总量的 70%。由于引起地电阻率季节变化的因素在地表浅层，就嘉山台地电阻率而言，测区地下水位较深，主要是降雨通过改变电极所在的表层介质的电性来影响地电阻率的变化。

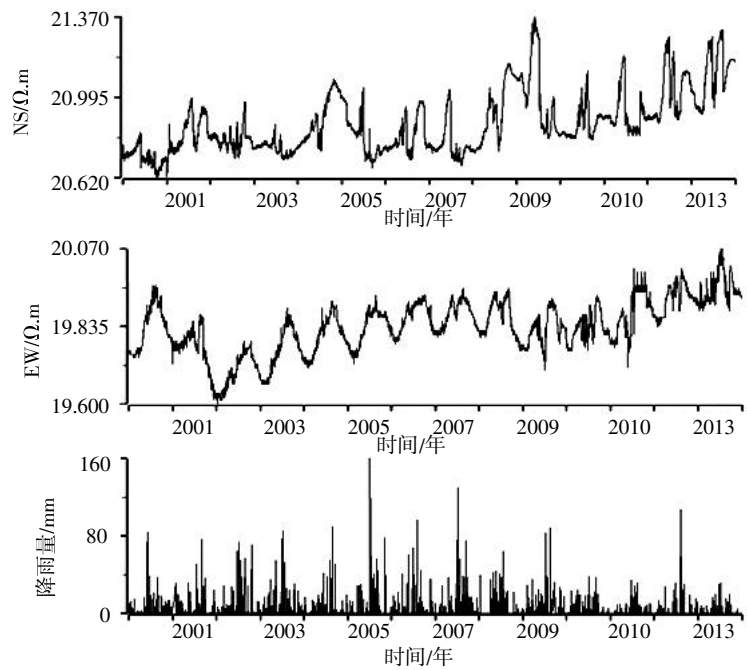


图 2 嘉山地震台地电阻率与降雨量的关系(2000—2013 年)  
Fig.2 Relationship between earth resistivity of Jiashan seismic station and rainfall (from 2000 to 2013)

表 2 地电阻率年变幅和变化量与年降雨量的关系(2000—2013 年)

Table 2 Relationship between annual amplitude and variable quantity of earth resistivity and annual rainfall (from 2000 to 2013)

时 间	年变幅/%		年降雨量/mm	变化量/ $\Omega\cdot\text{m}$	
	NS	EW		NS	EW
2000	0.72	0.91	704	0.39	0.38
2001	1.10	0.96	512	0.65	0.38
2002	0.58	0.71	873	0.48	0.34
2003	0.43	0.96	1 125	0.27	0.38
2004	1.34	0.86	727	0.51	0.31
2005	1.39	0.71	1112	0.54	0.30
2006	1.15	0.55	951	0.54	0.28
2007	1.35	0.55	1 014	0.51	0.28
2008	1.86	0.81	649	0.58	0.32
2009	2.28	0.66	843	0.80	0.43
2010	0.96	0.55	565	0.55	0.31
2011	1.29	0.81	426	0.59	0.44
2012	1.67	0.55	541	0.61	0.29
2013	0.62	0.28	304	0.38	0.15

2.3 不同降雨方式对地电阻率变化的影响

根据嘉山台电测深资料，NS 向及 EW 向均呈 KH(A)型。嘉山台受河水及降雨影响，表层电阻率变化明显，属地表薄层电阻率随各类干扰因素变化影响的干扰模型。在具有 K、Q 型断面的台站，当地表浅层存在电阻率变化干扰层时(如含水

量的变化)，将在某一段 AB 距范围内出现反常的季节性干扰变化，特别是 K 型断面更为明显。K 型地电断面会出现明显反常季节干扰，这是对 EW 向反季节变化(降雨时电阻率升高、长期干旱时电阻率下降)较好的解释<sup>[2]</sup>。

(1) 突降型。起始的降雨量较大( $\geq 10\text{ mm}$ )，这时大量的雨水会使表层变为低电阻介质，改变

地下人工电场的分布,并且降雨和地电阻率的突降是同步的,以嘉山台 2005 年 7 月份数据为例(图 3)。由于这种降雨的特点是雨量集中,持续时间一般不超过两天,对地电阻率的影响比较显著,但影响时间较短。

(2) 缓降型。起始降雨量较小,整个过程雨

量比较均匀,降雨的持续时间较长(2 天以上),对地电阻率的影响是一个缓慢的过程<sup>[4]</sup>。以嘉山台 2007 年 5 月份数据为例(图 4)。当地电阻率观测值在无震时的应力作用下,其年变形态的特征与地下水位和降水的形态(极大值或极小值、上升或下降时间等)相似,且有较好的重复性。

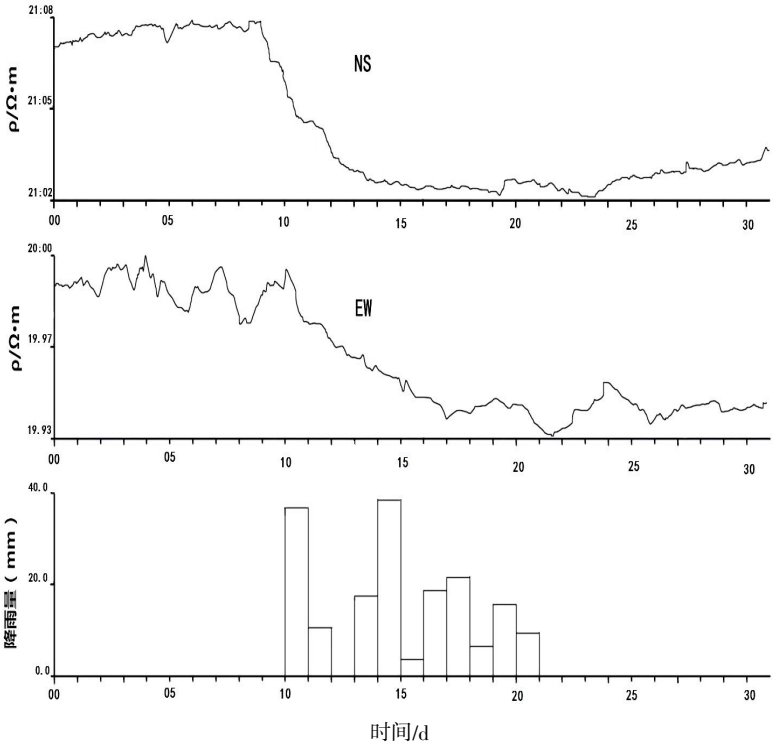


图 3 嘉山地震台单次地电阻率变化幅度与降雨量对比(突降型)

Fig.3 Comparison of change range of single ground resistivity in Jiashan seismic station and rainfall (dump type)

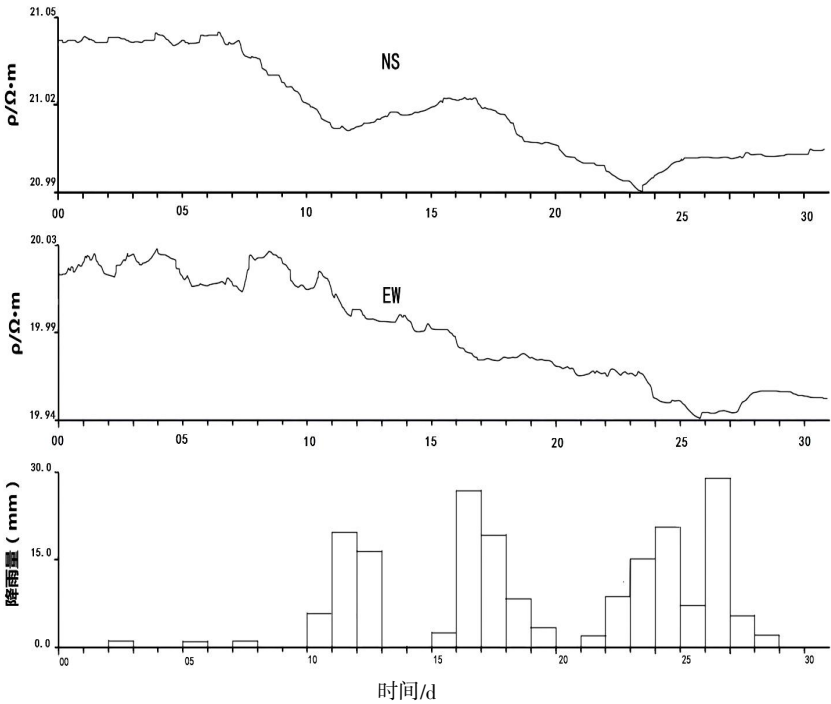


图 4 嘉山地震台单次地电阻率变化幅度与降雨量对比(缓降型)

Fig.4 Comparison of change range of single ground resistivity in Jiashan seismic station and rainfall (slow type)

## 2.4 装置系统对地绝缘性能与地电阻率变化

降雨过程中装置系统对地绝缘性能的降低也是导致地电阻率观测数据变化的一个重要方面,我台外线路绝缘电阻在几十到几百兆欧姆之间,数值越大表示装置对地绝缘性能越好,由于降雨作用,装置的对地绝缘性会变小。在 2013 年 1~2 月份该台东西向电阻率存在数据突跳和粗差现象。如图 5 南北向数据也有着同步性的变化,但变化幅度较小,且数据有异常变化的时段前后大部分

都伴随着降雨。根据以往数据分析,嘉山台降雨量达到 25 mm 时才会对地电阻率有明显影响。但在数据变化较大的 1 月 31 日、2 月 1 日、2 月 3 日,2 月 4 日降雨量均在 5~15 mm 之间,均未有强降雨情况出现。发现该问题后,选取天气条件大致相同的时间段对地电观测仪器进行检查和测试,通过标定,结果表明仪器工作正常。通过测量地电阻率外线路东西向电极的接地电阻和绝缘电阻后发现,东西向供电电极的绝缘电阻偏低(表 3),降

表 3 嘉山台东西向电极绝缘和接地电阻

Table 3 Insulation resistance value and earthing resistance value of east-west direction electrode of Jiashan seismic station

嘉山地震台	绝缘电阻值(雨)/MΩ	接地电阻值(雨)/Ω	绝缘电阻值(晴)/MΩ	接地电阻值(晴)/6.5
东供电极	70	6.5	110	6.5
西供电极	30	5	50	5
东测量极	800	3	900	3
西测量极	500	5	600	5

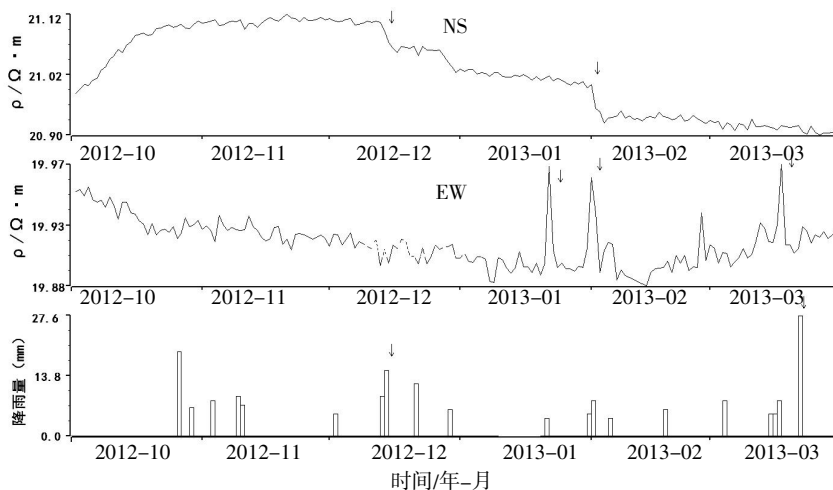


图 5 嘉山地震台电阻率日均值和降雨量对比图

Fig.5 Comparison chart of daily mean value of resistivity in Jiashan seismic station and rainfall

雨使装置系统对地绝缘性能的降低是导致地电阻率观测数据变化的根本原因。

## 3 降雨对地电阻率影响的消除

既然嘉山台地电阻率的变化与降雨存在较好的相关关系,如果采用较短时期的资料,可以认为降雨和地电阻率变化之间是一个线性相关的关系,可通过“相关分析校正”,消除降雨对地电阻率变化的影响,结果见图 6。我们看到,校正后的地电阻率变化中已经基本上看不到降雨带来的影响<sup>[2-5]</sup>。

## 4 结语

嘉山地震台地电阻率年变幅与年降雨量有一定的相关关系,其中 NS 向与降雨的相关性要高于 EW 向,不同的降雨方式对嘉山地电阻率的影响是不同的。大量集中降雨对地电阻率的影响就会表现得比较明显<sup>[6]</sup>。由于东西向地形的影响,造成实际上在测量区范围内,水渠对电阻率的影响明显要高于记录到的降水量对电阻率的影响,通过对嘉山台测区情况分析,在地电阻率布线过程中如能加大探测深度或加大 NS 向 AB 极距或可使降雨对电阻率测量的影响会有所降低。

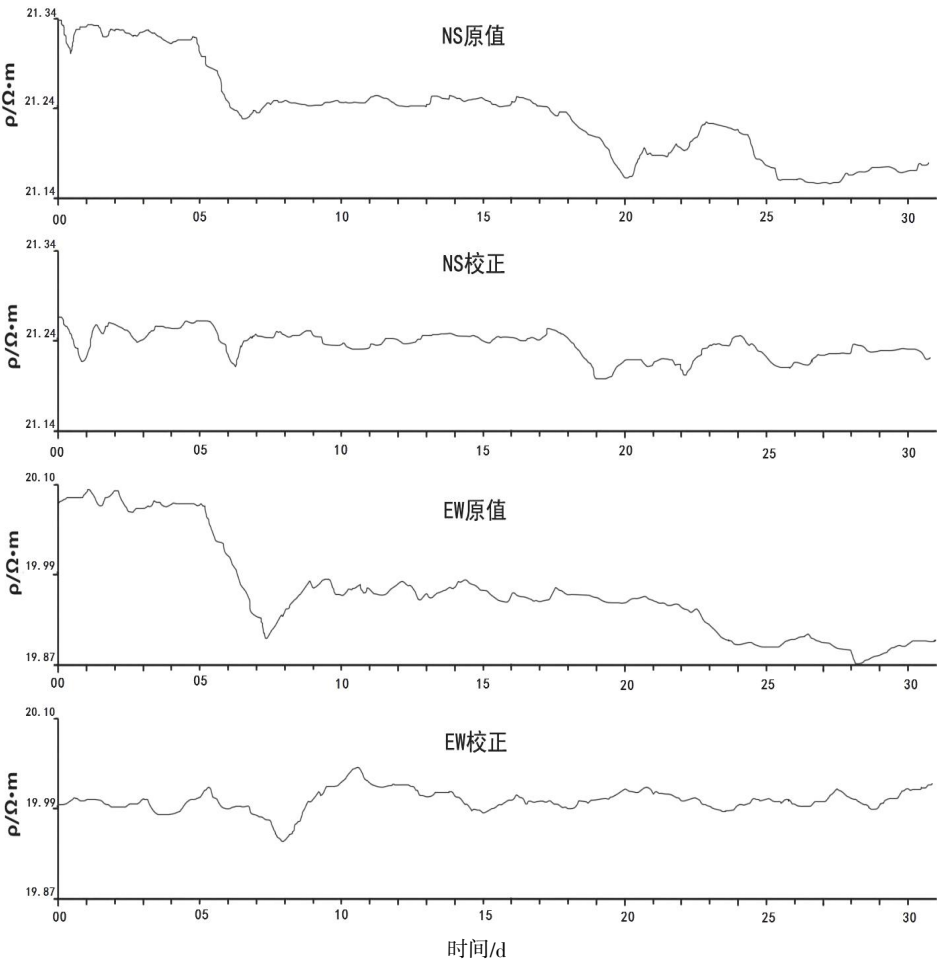


图 6 消除降雨影响后的嘉山地震台电阻率变化

Fig. 6 Resistivity changes of Jiashan seismic station after eliminating influence of rainfall

参考文献:

[1] 王新刚, 郭春生. 乌鲁木齐地震台地电阻率异常变化特征的初步研究[J]. 地震地磁观测与研究, 2012, 33 (z1): 43-49.

[2] 李飞, 姚伟中. 新沂地震台地电阻率与地下水位和降水的关系研究[J]. 地震研究, 2004, 27 (4): 326-329.

[3] 周剑青, 郭建芳, 朱彦珍, 等. 地震前昌黎台地电阻率长期观测数据研究[J]. 地震工程学报, 2014, 36 (1): 120-126.

[4] 徐锡泉, 高昌志, 王 亮. 内蒙古宝昌地电阻率长期观测数据研究[J]. 地震工程学报, 2014, 36 (2): 405-412.

[5] 张昱, 常青, 冯博, 等. 甘肃地区数字化水位资料的初步分析[J]. 华南地震, 2013, 33 (2): 27-40.

[6] 刘春, 邵辉成. 乾陵地震台地电阻率与降雨的关系[J]. 地震地磁观测与研究, 2008, 29 (1): 59-63.

[4] 何康, 程鑫. 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.