

李飞, 秦磊, 杨冯威, 2015. 新沂台地电阻率观测的新背景场效能评价. 震灾防御技术, 10 (2): 447—454.
doi: 10.11899/zzfy20150226

新沂台地电阻率观测的新背景场效能评价¹

李 飞 秦 磊 杨冯威

(江苏省新沂地震台, 新沂 221400)

摘要 根据中国地震局电磁学科技术管理组制定的《地电台站观测效能评估方案》, 对新沂台地电阻率新场地观测效能进行了全面评价。从评价结果来看, 新沂地震台地电阻率新场地远离或避开蔬菜大棚, 有效地避免了蔬菜大棚的影响, 台址结构条件、电磁环境、台站观测系统等均符合地电阻率台站建设规范要求, 地电阻率观测精度符合异常识别的指标要求。新场地在 2013 年的试运行中能够记录到十分清晰的区域应力场调整, 随着时间的推移, 其观测数据对本区及邻近地区的地震监测、预报和地震科学研究将发挥更加重要的作用。

关键词: 新沂台 地电阻率 效能 评价

引言

新沂地震台地电阻率观测始于 1980 年, 同时新沂地震台也是国家基准台。在 30 多年的地电阻率观测中, 所使用的仪器从过去的 DDC-2A 型更新换代为 ZD8B 型。2012 年新沂台实施地电阻率观测的背景场项目, 为了尽可能避开蔬菜大棚对地电阻率观测的影响, 在近乎同场地又新建了一个地电阻率观测新场地, 并于 2013 年 1 月 1 日进行了与老地电阻率观测场地并行的观测。新建的观测系统严格按照专业技术规范进行了勘选、设计和建设, 各类条件符合地电阻率观测对台址条件的技术要求。同时, 观测场地的电磁环境和观测系统也符合台站建设规范、观测方法标准规定的技术要求, 可保证产出准确的地电阻率观测数据。

本文依据 2012 年中国地震局电磁学科管理组制定的《地电阻率台站观测效能评估方案》, 对新沂台新建场地的观测效能分别从装置系统、测量系统、台址条件、数据产出等进行了系统的评价, 以期对获取更高精度的地电阻率观测数据提供一定的借鉴。

1 新沂台基本情况

新沂台位于郯庐断裂带上, 其东侧 500m 处为郯庐断裂带的 F_1 断裂, F_5 断裂和小 f_5 断裂从地电阻率观测场地中穿过。测区内的断层为逆掩-逆冲断层, F_5 和小 f_5 断裂兼有右旋水平位移特征, 其走向为近北南向, 断层面倾角陡, 岩性为安山岩。台站周围的地形比较平坦开阔,

¹ 基金项目 中国地震局监测、预报、科研三结合课题 (140014)

[收稿日期] 2015-04-09

[作者简介] 李飞, 男, 生于 1970 年。高级工程师。主要从事监测预报工作。E-mail: 1075624821@qq.com

东高西低，高差约 4m 多，略呈“凹兜”状。在地电阻率观测的 NS 测向以东，岩石出露较浅，仅 2—6m；而在地电阻率观测的 NS 测向以西，岩石出露逐步变深，从 6m 左右快速地过渡到 40m。

2012 年新沂台实施地电阻率的背景场项目，为了尽可能避开蔬菜大棚对地电阻率观测的影响，在近乎同场地又新建了一个地电阻率观测新场地，并于 2013 年 1 月 1 日进行了与老地电阻率观测场地并行的观测。新场地与老场地相比，新场地的 NS 测向比老场地向东平移了 60m，新场地的 N45°E 为老场地原测线沿 N45°E 方向平移了 380m，其目的是为了避开附近的蔬菜大棚区，而 EW 测向仍位于老场地的原处。

2 新沂台观测系统评价

2.1 装置系统

新场地的地电阻率采用四极对称系统，分别有 3 个测向即 NS 向、N45°E 向、EW 向。其中：NS 和 EW 向的供电极距为 1000m；N45°E 向的供电极距为 1020m；3 个测向的测量极距均为 240m。此外，新场地各电极的埋深与老场地不同（老场地均为 2.5m 左右），平均埋深约为 6m 左右。其中，最浅的为 B3 电极，埋深约 3.5m；最深的为 A3 电极，埋深约 16.5m。总体布设是越往场地西侧，电极埋深越深，具体如图 1 所示。而供电极与测量极电极都采用直径 36mm、高 1000mm 的圆筒铅筒，再用 8 芯 16mm² 铜线作为引线接出地面。经测量，各电极的接地电阻维持在 6.4—18.6Ω·m 左右，其中高电阻为场地东北部的 B1、B2、B3 电极。外线路从观测室到原中心杆的供电线路为 2.5mm²×8 芯的铜芯埋地电缆，测量线电缆为 1.5mm²×19 芯的铜

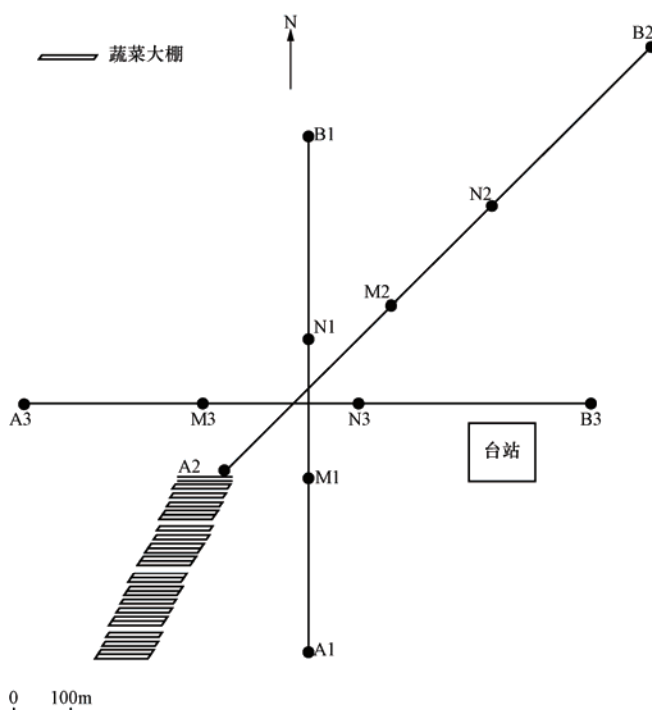


图 1 新沂台地电阻率布极示意图

Fig.1 The schematic map showing distribution of poles in Xinyi station

芯架空电缆。从原中心杆到各电极均为 $8\text{mm}^2 \times 7$ 芯铝线，并采用架空连接。一部分干线采用钢绞线悬吊方式，另一部分干线采用横担绝缘子架空方式。电杆采用 8m 标准圆柱水泥电杆。因此，新沂台装置系统基本符合 DB/T 18.1-2006（杜学彬等，2006）关于台站建设的技术要求。

2.2 测量系统

新沂台原场地自 1998 年 7 月以来使用 ZD8B 数字地电仪观测，电压测量的准确度为： $\pm (0.2\% \text{ 读数} + 0.05\% \text{ 满度值})$ 。改造后，新场地仍沿用 ZD8M 数字地电仪系统观测。虽然都是使用 ZD8B 数字地电仪，但后者却增加了网络传输、网页下载、自动查漏电等功能，更能保证测量系统对地电阻率观测仪器的要求，即符合 DB/T 18.1-2006（杜学彬等，2006）。

2.3 常规检查

按照《地震及前兆数字观测技术规范（电场观测）》（中国地震局科技监测司，2001）的要求，新沂台对测量系统按季度进行标定、校准，标准仪器为 0.01 级的直流电位差计和 0.005 级的饱和标准电池，标准仪器每年在计量部门进行年检。从每年的检查结果看，测量系统稳定，各类检查、标定结果均符合规范要求。每季度定期对外线路绝缘性能进行检查，并定期检查外负载。每半年定期检查各电极的接地电阻。每月定期巡视检查观测场地环境，保证了观测系统正常运行。

3 新沂台台址条件评价

3.1 台址地质结构

新沂台电测深曲线主要为 AHQ 型，浅层电测深曲线为 A 型（150m 范围内），如图 2 所示。测区中部偏东多数地区在 10m 范围内为电阻值较低的土层、风化层砂砾石，如图 3 所示。电阻率变化范围在 $16\text{—}100\Omega \cdot \text{m}$ ，符合地电阻率台站浅部电阻率大于 $10\Omega \cdot \text{m}$ 的要求。同时，通过地质剖面图 4 可以看出，NS 向与 EW 向地下结构存在较明显的差异，这也验证了两测向电测深曲线的略不相同。其中，NS 和 EW 向深部电阻率差异较大，各向异性明显，有利于深部电阻率观测（杜学彬等，2007）。

3.2 台址电磁环境

在新沂台地电阻率没有进行背景场改造前，在观测区内当地农民于 2007 年 9—11 月新建了一片蔬菜大棚，大棚近东西走向，长 100m，宽 12m 左右，大棚内地下无金属管道。每个蔬菜大棚的东西方向用大约 53 根钢丝作为拉丝，基本上每根钢丝与地单独连接；而南北向

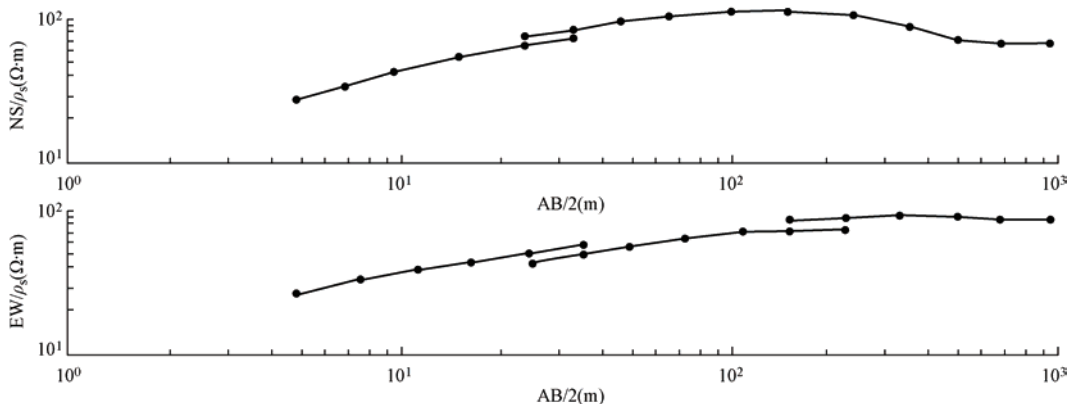


图 2 新沂台 NS、EW 向电测深双对数曲线

Fig. 2 The double logarithm curve of electric sounding data along NS and EW direction in Xinyi station

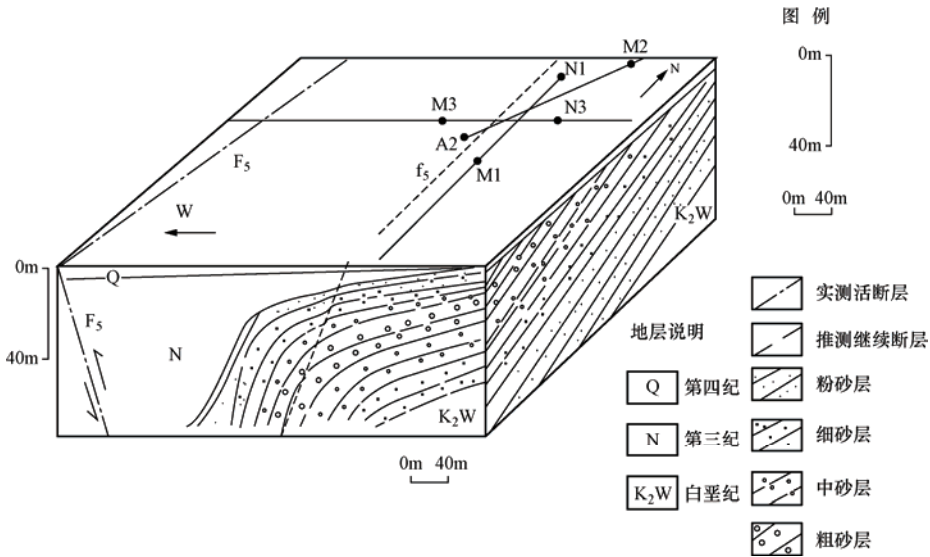


图3 新沂台测量场地部分区域地质剖面图

Fig. 3 Geologic section along measuring site in Xinyi station

用 25 根钢管作为龙骨,并用水泥棒支撑与大棚东西向的钢丝相连。蔬菜大棚最近点距离原场地 M2 (位置见图 3) 约 2m 左右,距 EW 测向约 100m 左右,大棚最近点到 NS 测线的距离约 95—160m 左右。

在蔬菜大棚建设及建成期间,新沂台对背景场曾进行过相关调查和分析(张秀霞等, 2009)。结果表明,蔬菜大棚确实对新沂台地电阻率存在一定的影响,其主要表现为对 NS、N45°E 测向的影响,而对 EW 测向没有影响,为此在 2008 年 6 月进行过相关处理。但近几年发现,每当出现明显的降雨前后以及蔬菜大棚耕种期间,蔬菜大棚对 NS、N45°E 测向的小时值还是存在一定影响,其主要表现为:一是在降雨前后,NS 测向往往会出现先下降后上升;二是在 N45°E 测向往往会出现降雨时快速上升,雨后很快下降,虽然幅度不大,但比较明显,这与张秀霞等(2009)的研究结果相似;三是在蔬菜大棚耕种时,电阻率的均方差较平时能增大 4—6 倍左右。为此,在 2012 年新沂台进行背景场改造时,为了减小蔬菜大棚的影响,将 NS 测向向东平移了 60m;同时 N45°E 测向沿测向方向平移了 380m,以减小或避免蔬菜大棚的影响。测线和蔬菜大棚的具体分布情况见图 1。

此外,再没有影响地电阻率观测的干扰源。表 1 列出了新沂台地电阻率测区几种主要干扰源的距离,基本符合《地震及前兆数字观测技术规范(电场观测)》(中国地震局科技监测司, 2001)中要求的观测环境标准。

表 1 新沂台地电阻率测区几种主要干扰源距离

Table 1 The distances of major interference sources around the survey area in Xinyi station

序号	干扰源	要求避开距离 (km)	实际距离 (km)
1	变压器 (容量 $\geq 50\text{kV} \cdot \text{A}$)	0.10	>0.40
2	地下金属管线	0.30	>1.00
3	工业用抽水井站	0.30	>1.00

续表

序号	干扰源	要求避开距离 (km)	实际距离 (km)
4	35kV 高压输电线	0.30	>1.00
5	带护栏的封闭公路	0.50	>1.00
6	110kV 高压输电线	0.50	>1.00
7	铁路	1.00	>1.00
8	两线一地交流变压器 (500kV · A)	2.00	>2.00

4 新沂台数据产出评价

4.1 数据产出的精度

自 1998 年 7 月以来, 新沂台使用 ZD8B 型数字地电仪每天整点进行观测 24 次, 以产出地电阻率小时值和日均值。2012 年新沂台进行背景场改造后, 从 2013 年开始又使用 ZD8M 型数字地电仪进行了与老地电阻率观测场地并行的观测。经过近 1 年的并行观测, 两套仪器的完整率分别为 99.97% 和 99.91%。使用 ZD8B 型数字地电仪新沂台分别获得了: σ_{n-1} 日均值为 1 天 24 个 ρ_s 的均方根误差值; σ_{n-1} 月均值为 1 个月的 ρ_s 日值均方根误差值; σ_n 日均值为 1 天 24 个 ρ_s 的 σ_{n-1} 的平均值; σ_n 月均值为 1 个月的 σ_n 日均值的平均值。

根据地电阻率观测的评比标准, 其观测精度 f 可用公式 (1) 计算:

$$f = 1 - \left(\frac{k\sigma_1}{12} + \frac{2k\sigma_2}{5} \right) \quad (1)$$

其中:

$$k\sigma_1 = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^{12} (\overline{\sigma_n})_{月ji} / (\overline{\rho_s})_{月ji} \quad (2)$$

$$k\sigma_2 = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^2 \sum_{i=x}^{x+4} (\overline{\sigma_{n-1}})_{月ji} / (\overline{\rho_s})_{月ji} \quad (3)$$

所以, σ_{n-1} 和 σ_n 值的大小是评判电阻率观测内在质量优劣的关键。根据公式 (1) 笔者分别计算了新沂台新、老场地的 f 值。其中, 新场地 NS、N45°E、EW 三个测向的 f 值分别为 0.9988、0.9989 和 0.9991; 而老场地 NS、N45°E、EW 三个测向的 f 值分别为 0.9973、0.9978 和 0.9990。由此可以看出, 新、老场地 EW 向的观测精度基本相当, 而对于其他 2 个测向的观测精度, 新场地要高于老场地。

为了比较清晰地验证观测资料的变化是否存在蔬菜大棚的影响, 笔者还进行了新、老场地地电阻率日值均方差曲线的对比分析, 如图 4 所示。从图中可以看出, 新场地的地电阻率均方差在雨季存在个别天受到降雨影响造成观测值偏大外, 整体维持在较小的水平; 而旧场地除 EW 测向外, NS、N45°E 测向在蔬菜大棚耕种期间灌溉用水量最大的 2、4、5、6 月, 其观测数据的均方差日值明显偏大, 且比同期新场地的地电阻率均方差高 4—6 倍, 由此可见, 新场地要优于老场地。

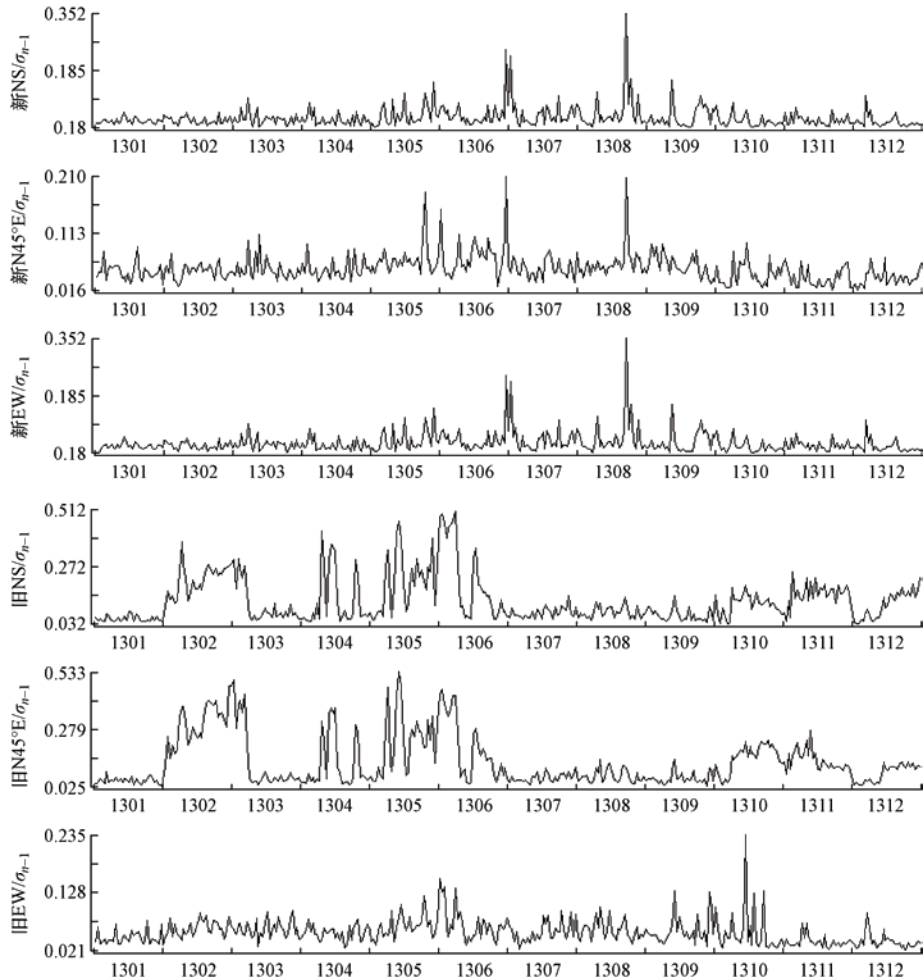


图 4 2013 年新沂台新、老场地的地电阻率均方差日均值曲线

Fig. 4 Daily variance curve of geoelectrical resistivity at new and old sites in Xinyi station in 2014

从整体来看,新沂台数字地电仪观测精度不低于 3‰,可保证识别不低于 1%的地电阻率异常。

4.2 背景噪声

依据《地震及前兆数字观测技术规范(电场观测)》(中国地震局科技监测司,2001)中的要求,场地观测的信噪比可用公式(4)计算:

$$\frac{S}{N} = 20 \lg \frac{V_{MN供}}{V_{MN扰}} (dB) \quad (4)$$

式中, $V_{MN供}$ 为测量极上测得的由供电产生的人工电位差; $V_{MN扰}$ 为测量极上测得的背景扰动电压幅值。

根据公式(4)笔者分别计算出了新沂台 NS、N45°E、EW 三个测向的 $V_{MN供}$ 值,其全年基本维持在 30.85mV—31.77mV、33.61mV—34.54mV 和 33.00mV—33.96mV 左右,而 $V_{MN扰}$ 皆小于 0.01mV。同时,计算出的新沂台 NS、N45°E、EW 三个测向的背景噪声都大于 70dB,

远高于规范规定的不小于 40dB 的标准。另外，新沂台为了减小电磁同场地观测对 FHD（每分钟采集一组 F、H、D 观测值）的影响，供电电流仅为 1.10A，如果用 2.00A 的电流，信噪比还会有所提高。

5 新沂台观测数据的效能评价

根据李飞等（2008）的研究，新沂台老场地过去对于周边地区中强地震的发生有着较好的映震能力。但由于新沂台新场地目前仅仅运行了 1 年多时间，所获取的数据时间长度还较短，另外周边地区（300km 范围内）在此期间还没有发生过 $M_S > 4.0$ 级地震，因此，新场地对地震的映震能力目前还难以给出明确的评价。但通过 2013 年新老场地、周边地区的马陵山地震台地电阻率日值观测对比分析可知（见图 5），新沂台新场地地电阻率 NS 测向 5 月 27 日至 7 月 4 日存在似台阶的明显高值变化，短短 2 天，新沂台新场地地电阻率上升约 0.7% 左右，马陵山上升 0.4%。此后 1 个月左右，新沂台新老场地一直维持在高值波动，而马陵山台持续上升，变化幅度 $0.4 \Omega \cdot m$ ，变化量约 0.8%，此变化量与新沂台新场地的变化量大体相当。在此期间两台都组织人员对观测系统、线路、观测环境等进行了认真检查，结果未发现任何干扰，由此判断新场地的观测是真实可靠的。同时由于两台站的观测都出现了上述变化，所以可以认定此变化为区域应力场发生调整造成的。

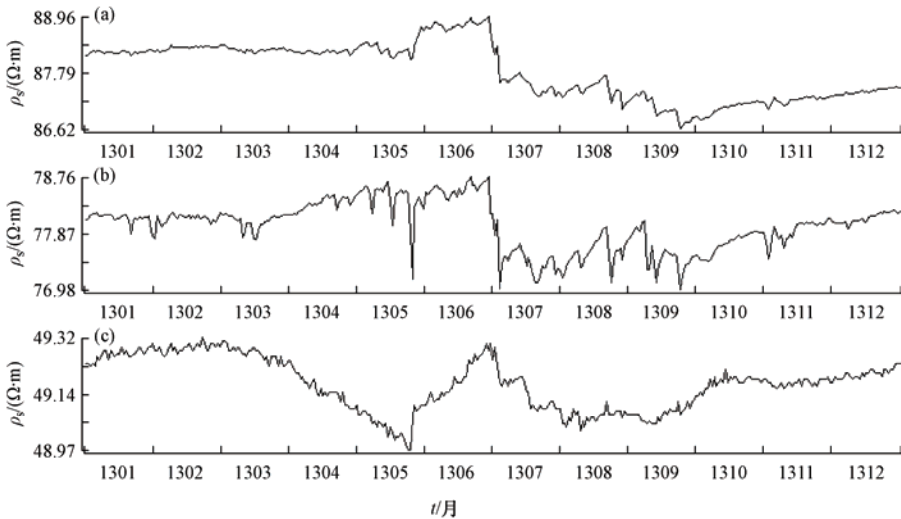


图 5 2013 年新沂台新老场地、马陵山台 NS 测向地电阻率日值曲线

Fig. 5 Daily curve of geoelectrical resistivity at new and old sites in Xinyi station and Malingshan station in 2013

6 结论

(1) 通过对新沂台地电阻率新场地的观测系统、台址条件、数据产出等方面的分析与评价，验证了观测装置系统、测量系统符合地电阻率台站的技术要求。同时，按照《地震及前兆数字观测技术规范（电场观测）》（中国地震局科技监测司，2001）的要求，进行了严格的常规检查、测试和校准，表明台站观测系统运行正常。另外，从观测场地结构、背景场环境、数据产出等方面看，新沂台地电阻率新场地的观测数据精度符合异常识别的指标要求。

(2) 对新场地的分析结果表明, 新沂台地电阻率新场地基本没有受到蔬菜大棚及其他因素干扰, 同时观测数据精度较老场地有所提高。虽然新场地投入观测时间不长, 但通过对比分析可发现, 新场地在 2013 年的试运行中还是能够记录到十分清晰的区域应力场调整, 随着时间的推移, 其观测数据对本区及邻近地区的地震监测、预报和地震科学研究将发挥更加重要的作用。

参考文献

- 杜学彬, 赵家骝, 谭大诚等, 2006. 地震台站观测技术规范 地电台站第 1 部分: 地电阻率观测 (DB/T 18.1 2006). 北京: 地震出版社, 1—13.
- 杜学彬, 钱家栋, 陈军营等, 2007. 地电阻率台址条件研究. 地震, 27 (3): 19—27.
- 李飞, 杨冯威, 2008. 新沂地震台地电阻率变化与江苏邻近地区的中强震关系的研究. 地震地磁观测与研究, 29 (6): 106—109.
- 张秀霞, 李飞, 杨冯威等, 2009. 蔬菜大棚对新沂地震台地电阻率的影响. 地震地磁观测与研究, 30 (增刊): 32—36.
- 中国地震局科技监测司, 2001. 地震及前兆数字观测技术规范 (电场观测). 北京: 地震出版社, 21, 26, 34—37.

Assessment on Observation Efficiency in Xinyi New Goelectric Resistivity Station

Li Fei, Qin Lei and Yang Fengwei

(Xinyi Seismic Station, Xinyi 221400, China)

Abstract The observation efficiency of the new goelectric resistivity in Xinyi Seismic Station has been evaluated comprehensively according to The Guideline of Observation Efficiency Assessment of the Goelectric Stations by China Earthquake Administration (CEA). Because Xinyi new goelectric resistivity station was moved away from vegetable greenhouse, the impact of greenhouse was reduced effectively. We conclude out that the site foundation, electric magnetic environment and observation system of Xinyi Seismic Station meet the technical standards. Earth resistivity anomaly observation accuracy meets the requirements identified indicators in this station. The data of the geo-resistivity in Xinyi Station play an important role in seismic monitoring, earthquake prediction and scientific research of the mid or large scaled earthquakes in local and neighboring regions.

Key words: Xinyi; Earth resistivity; Observation; Efficiency