

嘉峪关地电场观测资料分析^①

赵洁¹, 杜学彬², 胡建军¹, 张彩艳¹, 许玉红¹, 董海龙¹

(1. 甘肃省地震局嘉峪关中心地震台, 甘肃 嘉峪关 735100;

2. 中国地震局地震预测研究所兰州科技创新基地, 甘肃 兰州 730000)

摘要:研究了大地电场变化的基本要素, 对嘉峪关地电场观测资料的质量进行了评价和分析, 得到: 嘉峪关台地电场观测基本反映了地电场的真实变化, 特别对大地电场变化的记录准确。并研究了嘉峪关台附近及周围发生的 4 次中强地震前地电场、大地电场短临前兆现象, 认为震前都显示了一定的短临异常。

关键词: 嘉峪关; 地电场; 观测资料; 分析

中图分类号: P315.72⁺2

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2009)03-0290-06

Analysis on the Observed Data of Electric Field from Jiayuguan Station

ZHAO Jie¹, DU Xue-bin², HU Jian-jun¹, ZHANG Cai-yan¹, XU Yu-hong¹, DONG Hai-long¹

(1. Earthquake Administration of Gansu Province, Jiayuguan Central Station, Gansu Jiayuguan 735100, China;

2. Lanzhou Base of Institute of Earthquake Prediction, CEA, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The quality of the observed data of geoelectric field from Jiayuguan station is analyzed and appraised in six aspects, and the basic factors of geoelectric field change are discussed. The result shows that the data of Jiayuguan station have reflected the real change of earth electric field, and the records are accurate. The short-term and imminent precursors in the geoelectric field and telluric data before 4 times moderate and strong earthquakes occurred near Jiayuguan station are studied. It is considered that before moderate-strong earthquake there are some short and imminent anomalies in the geoelectric field data.

Key words: Jiayuguan; Geoelectric field; Observation data; Analysis

0 引言

在中国的地震科学研究和地震预报实践中, 地电场观测起步早于地电阻率观测, 但迄今为止地电场方法在地震预报中的应用和研究远不如电阻率方法那样广泛深入, 其主要原因是长期观测地电场电极的极化稳定性问题没有有效解决。用铅作电极, 其电极电位大而不稳定, 使记录的地电场变化信息中电极电位的变化占绝大部分。“九五”期间甘肃省地震局在嘉峪关台安装了 ZD9A 地电场仪, 先后采用了中国地震局兰州地震研究所研制的 Pb/PbCl₂ 固体不极化电极、钝化铅电极观测, 从实际观测结果来看在一定程度上抑制了铅板电极极化不稳定性带

来的诸多问题, 提高了观测资料的可用性。该台地电场自观测以来严格按相关观测技术规范^[1]观测, 数据产出连续, 观测质量高。在 8 年的观测期间, 台站周边发生过 4 次中强地震, 都显示了短临震兆。本文将介绍嘉峪关台地电场观测资料质量的分析结果, 对其他台站的地电场观测资料的质量评估、地电场方法地震预测预报有一定参考意义。

1 地电场台基本情况

嘉峪关地电场台始建于 1999 年。台站位于嘉峪关断裂带上, 介于阿拉善断块南缘超壳断裂带和

① 收稿日期: 2008-07-13

基金项目: 国家自然科学基金资助课题(40474027)

作者简介: 赵洁(1971-), 男(汉族), 甘肃民乐人, 工程师, 主要从事地震监测与研究等方面工作。

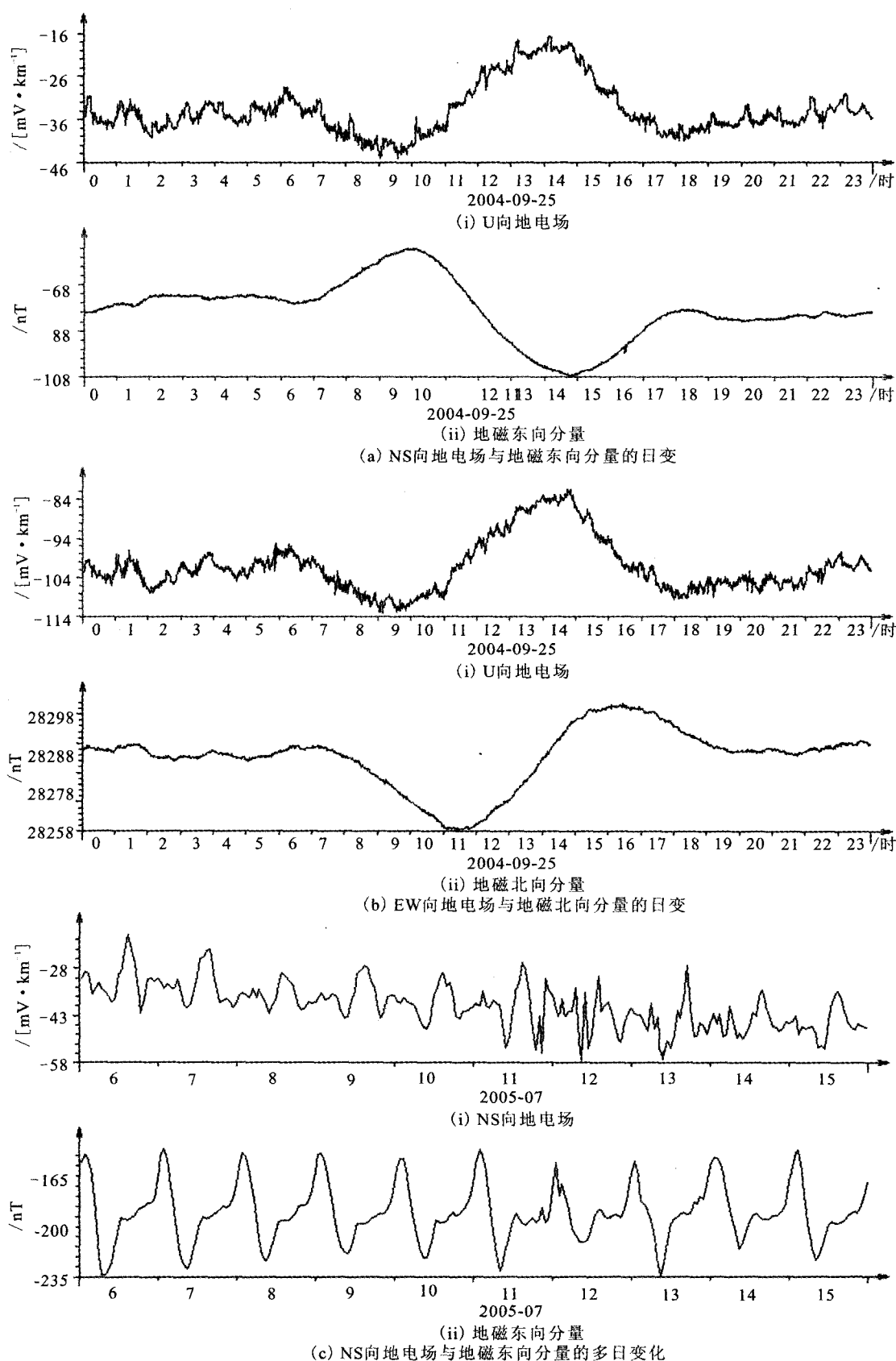


图1 嘉峪关台地电场与地磁场相应分量之间的形态关系

Fig. 1 Comparison of the component of geoelectric field and magnetic field at Jiayuguang station.

祁连山北缘超壳断裂带之间。地理坐标:北纬 $39^{\circ}48'$, 东经 $98^{\circ}13'$, 海拔约 1 700 m。测区地理位置偏僻, 地形开阔、平坦, 周围无大的干扰源。布极方式采用三角形布设法, 布设 3 个观测方向 6 个测道, 埋设 6 个电极, 其埋深约 4 m。在每个观测方向布设两组极距, 均为 200 m。测线全部采用三芯屏蔽电缆悬空架设, 抗拉力强; 外线路与电极引线接头全部采用先焊接再热缩的方法处理, 外线路绝缘电阻大于 1 000 M Ω , 保证了外线路绝缘程度高。在电杆半中央装密封性较好的分线盒, 观测室内配有专用的避雷接线装置, 以供 ZD9A 地电场仪避雷安全使用。

2 地电场变化分析

一般来说, 地电场观测数据中包含了下述四种成份: 大地电场(由外空电流系产生)、自然电场(由地表水系、矿体过滤和扩散吸附、氧化还原作用等产生, 是一种局部区域电场)、电极电位(由电极极化所产生)和环境引起的电磁干扰。在上述四种成份中, 地电场(大地电场与自然电场的总称)与电极电位在观测值中所占的比例随电极材料的不同而改变。嘉峪关台使用 Pb/PbCl₂ 固体不极化电极进行地电场观测, 其观测到的变化中地电场变化的成分占多大? 观测物理量的可靠性如何? 以下从六个方面对嘉峪

关台地电场观测质量进行评估。

2.1 大地电场变化与变化地磁场的关系

由于地电场与地磁场的快变化部分有相同的场源(天电), 因此它们应具有相同类型的变化。就每日周期变化(日变化)而言, 地电场的 N 分量应与地磁场东向分量的变化形态相似, 而地电场的 E 分量应与地磁场北向分量的变化形态相似。图 1(a)、(b)分别是嘉峪关台地电场 N、E 分量与地磁场东、北向分量一天的分钟值图, 图 1(c)是连续多天的电、磁分量日变化对比图。不难看出, 无论是一天的变化, 还是多天的变化, 观测到的地电场、地磁场相应分量的形态是相似的, 也存在少许的相位差(地电场仪与地磁仪间时钟差 ≤ 6 s)。

2.2 地电场日变化的形态与幅度

据相关研究^[3-4], 一般情况下, 地电场日变化的形态是两峰、两谷波形, 半日波强于全日波, 同时还有 8 小时、6 小时等周期的变化成分。图 2(a)是嘉峪关台观测到的静日地电场变化, 可以看出其两峰、两谷特征非常明显。图 2(b)为磁暴时(29 日, $K=9$)观测到的地电场变化, 其变化形态与静日变化截然不同。对图 2(a)中地电场日变化的幅度为 33.3 mV/km, 地电场方向与地理子午线的交角为 33° , 符合中纬度地区大多数地电场日变化的变化范围^[3-5]。

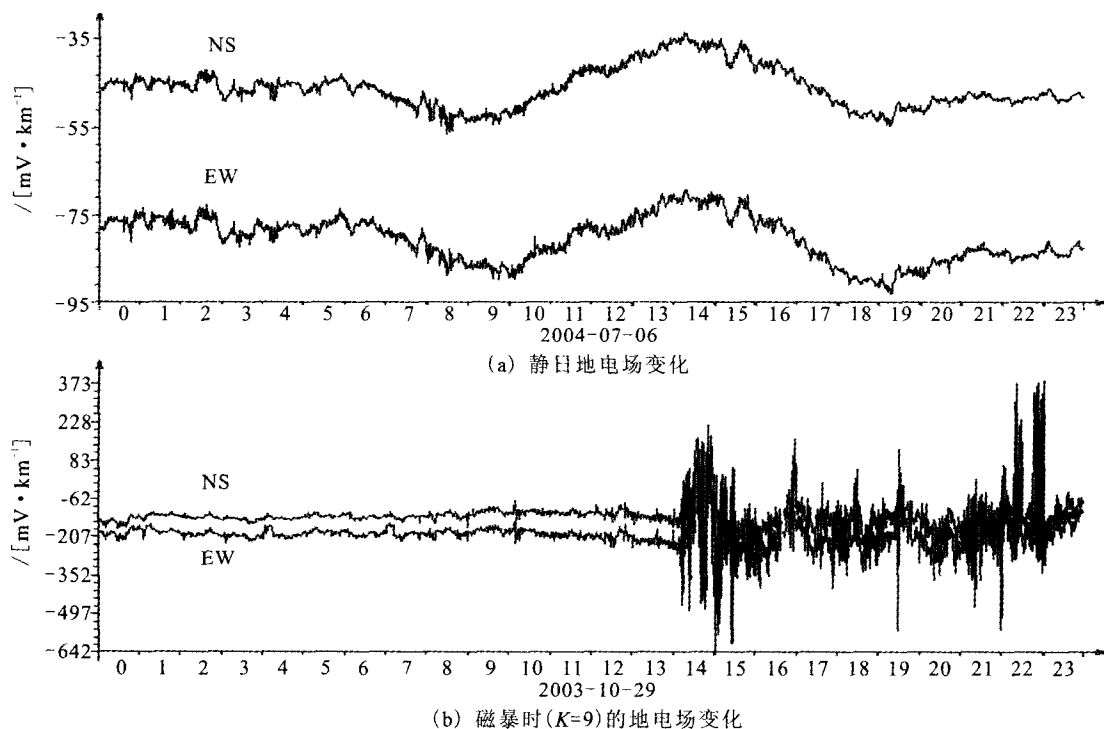


图2 地电场日变化的形态与幅度

Fig. 2 Shape and amplitude of geoelectric field change at Jiayuguan station.

2.3 同一观测方向不同测线的测值

在一个不太大的区域内,如果地势平坦,无明显干扰,同方向不同极距测道观测到的地电场的场强应相同,否则,说明电极电位不稳定或是场地观测环境受干扰等。图 3(a)是嘉峪关台同一方向不同极距地电场场强分钟值曲线对比图,可以看出,其快、慢变化部分基本一致。表明,嘉峪关台使用固体不极化电极,测值中绝大部分为地电场的变化。

2.4 地电场的矢量性

地电场是矢量,任意两正交方向上的观测值经矢量合成所求得的第三个方向的值应与该方向上的实测值接近,在介质趋于均匀情况下应相同。而电极电位总是伴随电极的埋设条件而产生的,与电极的排列方向无关,所以不同测道的电极电位不满足

矢量合成原理。图 3 是嘉峪关台地电场的矢量合成结果,可见合成值与实测值的快变化部分在形态、幅度上完全一致;其慢变化部分则有差异,一般是局部介质不均匀,自然电场变化造成的。

2.5 地电暴时地电场变化的相关性

地电暴是由太阳黑子活动等造成的一种空间的强电磁辐射现象。嘉峪关台的地电场观测清楚的记录到了地电暴发生的全过程,且在发生地电暴的当天,各测道不同极距间的相关性都很好(表 1)。主要原因是发生地电暴时记录到的空间强大电磁场幅度远远超过了平常的电场变化幅度。嘉峪关台正常观测到的地电场场强一般为 100 mV/km(包括大地电场、自然电场),但在发生地电暴时初相幅度大致为 130 mV/km,主相幅度大致为 420 mV/km。

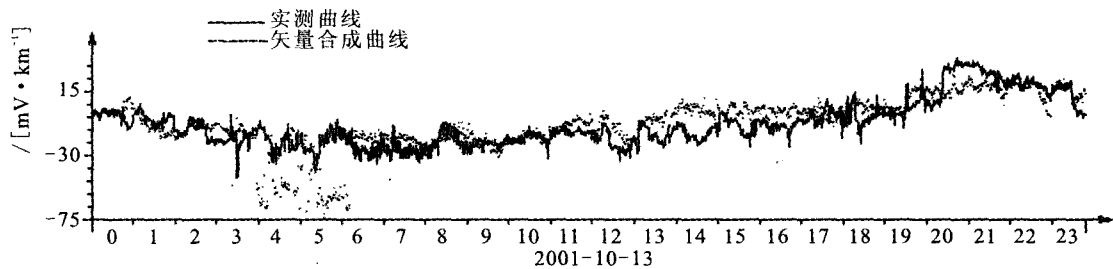


图 3 嘉峪关台正交两测道(NS、EW)计算出斜道(N45°W)理论观测值与斜道实测值关系曲线

Fig. 3 The curve of clip (N45°W) theoretical observation values calculated by two orthogonal intersection measurings (NS, EW) and the real curve of measured values at Jiayuguan seismic station.

表 1 嘉峪关地电场在电暴日的相关系数统计结果

电暴日期	相关系数		
	NS	EW	NW
2001-11-06	0.977	0.969	0.818
2002-10-01	0.954	0.942	0.925
2003-10-29	0.891	0.890	0.881
2004-09-15	0.904	0.918	0.907
2004-11-08	0.963	0.971	0.967
2004-11-09	0.975	0.967	0.945
2004-11-10	0.967	0.976	0.941
2004-11-11	0.948	0.955	0.953
2004-11-12	0.934	0.957	0.948
2005-06-15	0.945	0.951	0.942
2005-06-16	0.946	0.956	0.959

2.6 地电场长、短极距测道相关性检验

在地电场观测中,电极的长期稳定性是关键技术,目前国内外还没有完全解决这个技术问题。在布极时同一观测方向均布设长、短极距两个测道,短极距测道进行观测数据校验。在同一观测方向的长、短极距测道观测数据中,剔除观测系统或场地干扰引起的个别奇异数据后,应用相关系数 R_i 衡量观

测数据质量。计算相关系数时,选择每年每月 15 天的数据计算相关系数。从图 4 中可以看出,多数时段的相关系数 R 在 0.85 以上,且两测道的变化较一致^[3]。从数理统计的意义上讲,此类观测数据可以应用。

根据以上分析、讨论,嘉峪关台的地电场观测数据具有一定的质量保障,产出数据可以在科学研究和地震监测预报中应用。

3 几次中强地震前地电场异常变化

2001 年 7 月 11 日肃南祁青发生了 $M_s5.3$ 地震、2002 年 12 月 14 日玉门发生了 $M_s5.9$ 地震、2003 年 10 月 25 日山丹—民乐发生了 $M_s6.1$ 、 5.8 地震、2008 年 3 月 30 日肃南发生了 $M_s5.0$ 地震。嘉峪关台对于这四次地震的震中距分别是 87 km、82 km、280 km、300 km。以下分析嘉峪关台地电场观测信息中与这 4 次地震有关的短临异常。

图 5 是肃南 5.3 级地震前后 27 天的观测数据

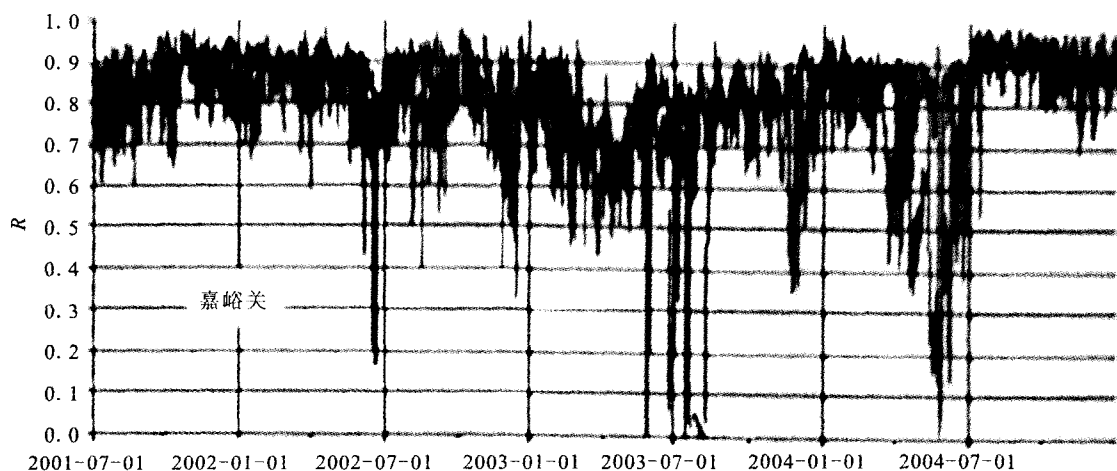
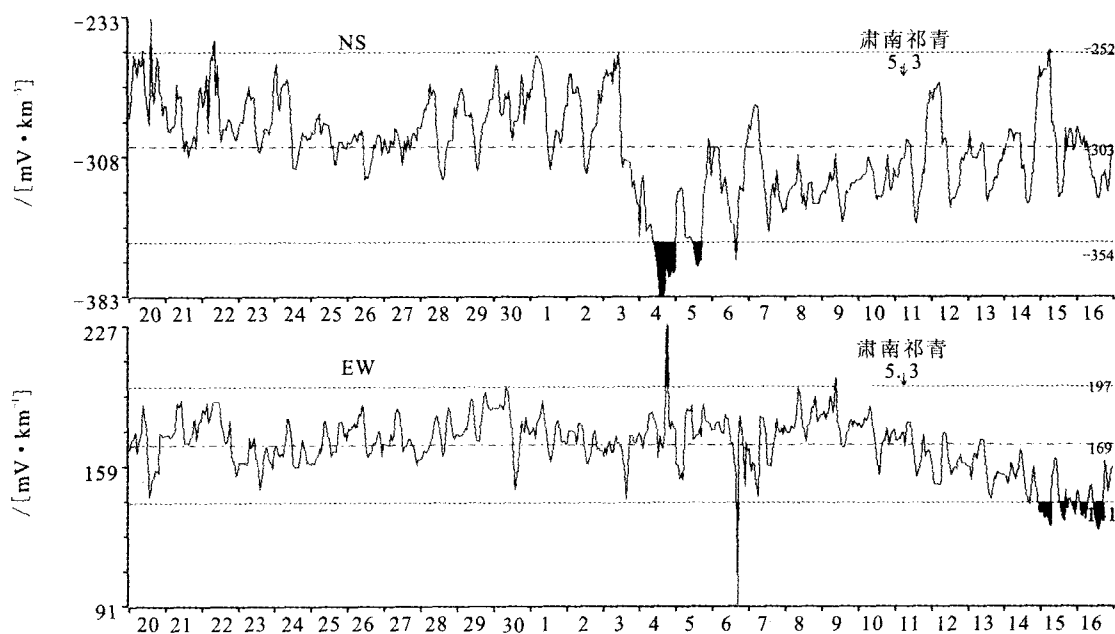
图4 嘉峪关台地电场每日相关系数 R Fig. 4 Daily correlative coefficient R of geoelectric field at Jiayuguang station.

图5 嘉峪关台地电场 2001 年 6 月 20 日至 7 月 16 日时均值曲线

Fig. 5 The average hour value curves of geoelectric field from June 20 to July 16 in 2001 at Jiayuguang station.

的时均值曲线,看出从 7 月 3 日开始自然地电场部分出现了明显的减小变化。经查 7 月份无磁暴,与降雨时间对比也无直接关系。在地震的当天和震前两天恢复了正常的日变化。图 6 是山丹—民乐 6.1、5.8 级地震前后一个月的观测资料时均值曲线,由图可见两道测值曲线在 10 月 16 日 19 时和 24 日 23 时出现了日变形态畸变现象,在地震的当天恢复了日变化。29 日、30 日的连续突跳是由于特大磁暴 ($K=9$) 造成^[4]。

另外在 2002 年 12 月 14 日甘肃玉门 5.9 级地震前两道测值存在波形畸变现象;2008 年 3 月 30

日肃南 5.0 级地震前两个测道测值也出现了日变形态畸变现象,在地震的当天(30 日 23 时)恢复了日变化。

4 认识与结论

通过以上研究,本文得到以下认识和结论:

(1) 嘉峪关地电场观测基本反应了在通常情况下的地电场的变化,尤其对于大地电场中的快变化部分记录可靠,其观测数据可以应用于地震科学研究和地震监测预报实践。本文对该台地电场观测资料质量评价的具体方法,有助于确定我省地电场观测资料的质量评价方案,推动我省地电场观测资料

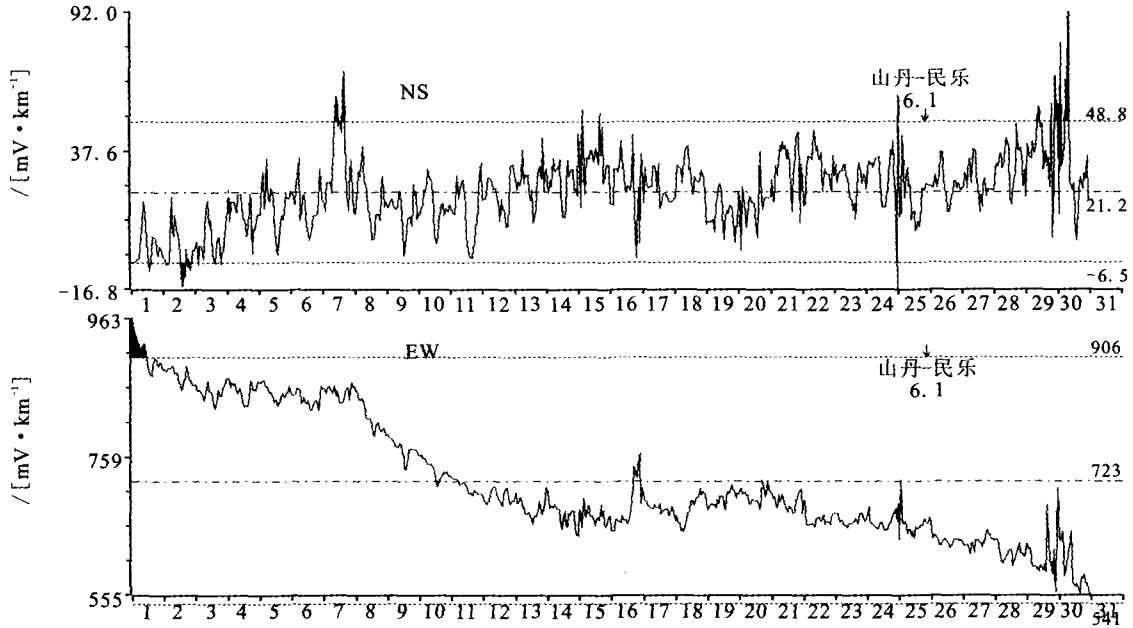


图6 嘉峪关台地电场2003年10月1日至30日时均值曲线

Fig. 6 The average hour value curves of geoelectric field from Oct. 1 to 30 in 2003 at Jiayuguang station.

质量的整体提高。

(2) 在该台附近及周围的几次中、强地震前,地电场观测记录了自然地电场变化和大地电场波形畸变现象等短临异常。在不同地震前,异常变化波形具有相似性,重复性,证明地电场观测确实能观测到地震短临变化。

(3) 几次地震前,自然电场短临异常持续几天至10多天,异常波形相对稳定,变化幅度最大达到51 mV/km;大地电场波形畸变现象持续时间相对自然电场持续时间短,一般在几天内,波形畸变现象一般在临震前、地震当天或震后即可消失。

[参考文献]

- [1] 中国地震局.地震及前兆数字观测技术规范—电磁部分(试行)[M].北京:地震出版社,2001.
- [2] 高玉芬,钱家栋,等.地震及前兆数字观测技术规范(电磁观测)[M].北京:地震出版社,2001.
- [3] 杜学彬,叶青,赵洁,等.地电场日变化研究[J].地震,2007,27(增刊):121-129.
- [4] 叶青,杜学彬,周克昌,等.大地电场变化的频谱特征[J].西北地震学报,2007,29(4):382-390.
- [5] 赵和云,阮爱国,等.天祝地电场三年观测资料的分析与讨论[A]//地震地电学发展与展望[G].兰州:兰州大学出版社,1998.
- [6] 高曙德,康好林,郝臻,等.民乐6.1级地震后强余震时地电场异常变化[J].西北地震学报,2005,27(增刊):107-111.