

景泰 5.9 级地震后大地电磁跟踪监测研究

王书明¹, 林长佑², 陈军营²

(1. 中国地质大学, 湖北 武汉 430074;

2. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要:介绍了 2000 年 6 月 6 日景泰 M_s 5.9 地震后, 在该区进行的大地电磁跟踪监测结果. 在监测时段内所观测的视电阻率随时间没有大的变化, 在观测误差范围内有较好的可重复性. 据此判定震后一段时间内发生较大地震的可能性不大. 判定结果与实际情况相符.

关键词:大地电磁测深; 地震监测; 视电阻率; 景泰地震

中图分类号: P631.3⁺25; P315.72 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2001)03-0297-04

0 引言

2000 年 6 月 6 日, 在甘肃省景泰县发生了 M_s 5.9 地震. 地震发生后是否有强余震或更大的地震发生, 是当时人们普遍关注的问题, 也是地震专业人员急需回答的问题. 兰州地震研究所大地电磁监测组于震后第 2 天迅速赶往震区进行大地电磁(MT)跟踪监测工作. 自 6 月 8 日至 6 月 21 日, 在景泰县大庄村布点并完成了 23 次 MT 监测记录. 本文介绍了监测结果及其在震后地震趋势判断中的应用.

1 地震概况

据仪器测定, 该次地震的震中位置为 37.1°N , 104.0°E , 宏观震中位于景泰县寺滩乡一带, 震源深度 15 km. 该次地震后的余震衰减很快, 截止到 2000 年 6 月 20 日, 共发生余震 34 次, 最大余震震级为 M_s 3.2.

该次地震的有感范围较大, 北起银川, 南到临夏, 西到张掖, 东至庆阳都有明显的震感. 地震烈度区呈椭圆形, 长轴方向 NW~SE. 极震区烈度为 VIII 长轴长度约 6 km, 短轴长度约 2 km, 面积约 12 km²; VII 度区长轴长度约 11 km, 短轴长度约 10 km, 面积约 68 km². 地震烈度分布如图 1 所示. 从图中可以看出, 由极震区向西, 地震烈度衰减迅速. 根据现场考察及对震源机制解的分析, 该次地震的发震断裂为老虎山断裂东段^①.

2 监测系统、测点布设及资料采集

在跟踪监测过程中, 利用美国 EMI 公司制造的 MT-1 大地电磁观测系统进行数据采集和处理. 该系统为当今国际上先进的大地电磁数据采集处理系统. 它具有极宽的频带范围(观测

收稿日期: 2001-01-06

作者简介: 王书明(1966-), 男(汉族), 陕西铜川人, 助理研究员(现在中国地质大学攻读博士学位), 主要从事信号处理、地球物理数据处理与解释工作.

① 中国地震局兰州地震研究所. 2001 年甘肃省震情趋势研究报告. 2000.

频带约为 0.003 ~ 10 000 s)和很强的抗干扰能力, 配备有强大的数据采集和处理软件包, 可以实现野外资料的实时处理和估算. 正是由于这些优点使得该系统能够用于地震预报研究^[1]. 目前已经在该套仪器的系统计算机内建立起了大地电磁资料监测数据库, 因此能够在数据采集现场完成多参数对比分析.

大地电磁测深法利用天然磁场作为场源, 不同频率的电磁场具有不同的穿透深度, 将带来不同深度岩石的信息^[2], 因此可以用于地震监测.

根据 MT-1 系统的特点, 在野外工作中电极需呈 L 形布设, NS 和 EW 二个方向的极距均为 100 m; 测区地形起伏不大于电极距的 10%, 远离湖、河及小溪等; 测点布设应尽量避免避开变电站、高压线及广播电台等干扰. 考虑到上述各种因素, 经过现场实地考察, 我们把测点定在 VII 度区内的大庄村(37° 05' N, 103° 50' E). 由于测点位于 VII 度区内且靠近 VIII 度区, 因此可以监测到地震孕育发生的深部信息.

自 6 月 8 日开始第一次 MT 监测, 至 6 月 21 日共完成 23 次 MT 监测, 平均每天观测 2 次, 其中包括 2 次长达 1×10^4 s 的记录和 1 次中频段的连续时间记录. 每次记录之后均对新采集的资料进行初步实时现场多参数综合分析, 从而可以及时发现地震前兆异常.

3 资料分析及地震趋势判断

MT 法是一种以趋肤效应为基础的体积勘探方法, 地下有效勘探深度上方任何一深度范围内电导率分布的变化, 都将会引起某一观测频段内 MT 响应函数的变化. 由于存在观测噪声和干扰, 所估算的某些响应函数有时出现个别频点的离散和跳动情况, 因此, 将连续 3 个频点以上的一个频段内的 MT 响应函数同方向的系统性变化, 视为与地震前兆相关联的异常变化.

由于某些 MT 响应函数(如视电阻率)幅值范围可能达几个数量级, 因此, 在定量研究其变化时以使用相对变化为宜. 对于给定频率, MT 响应函数 2 次观测值 F_1 和 F_2 的相对变化为: $2 \sqrt{(F_1 - F_2) / (F_1 + F_2)}$, 2 次观测的相对误差为 $(\Delta F_1 / F_1 + \Delta F_2 / F_2) / 2$, 其中 ΔF_1 和 ΔF_2 为观测误差. 考虑到观测仪器精度、仪器系统架设时磁棒的定向和电极距误差以及人为电磁干扰影响等, 正常情况下 MT 响应函数的相对变化应小于 5%, 相对变化大于 5% 但与其相应的相对误差之比小于 3, 也可以认为仍处于误差棒范围之内.

限于篇幅, 本文仅给出了具有代表性的数据, 见表 1、表 2 和图 2 ~ 7. 图中竖线表示某频点处误差棒的大小.

由这些结果可以看出, 在跟踪监测时段内, 除个别频点外, MT 响应函数在观测误差范围内没有明显的变化, 具有较好的可重复性. 其余 19 次观测数据, 除了由于干扰引起的个别飞点外, 也具有较好的可重复性. 说明在观测期间震区地下电阻率没有发生系统性变化, 应力状态分布稳定. 由此推断, 震区及其附近在今后一段时间内发生较大地震的可能性不大. 这一判断为震后的实际情况所证实.

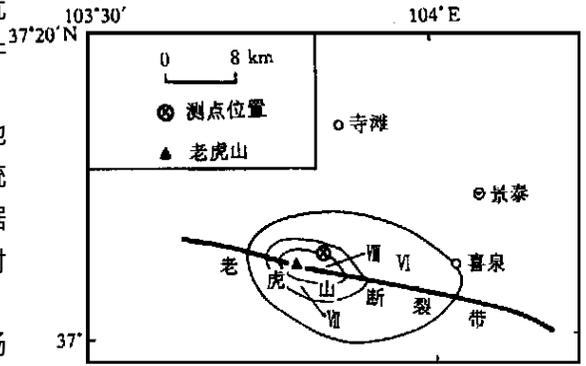


图 1 2000 年 6 月 6 日景泰 5.9 级地震烈度分布

Fig. 1 The intensity distribution of the Jingtai M_S 5.9 earthquake on Jun. 6, 2000.

表 1 NS 道视电阻率观测资料统计

周期 T/s	第 4 次观测 $\rho_{4yx}/\Omega m$	第 8 次观测 $\rho_{8yx}/\Omega m$	第 10 次观测 $\rho_{10yx}/\Omega m$	第 16 次观测 $\rho_{16yx}/\Omega m$	平均值 $\rho_{axy}/\Omega m$	平均相对误差 $\rho_{ax}/\Omega m$	$\overline{\rho_{xy}/\rho_{ax}}$
0.83E-02	0.22E+02	0.14E+02	0.49E+02	0.21E+02	0.27E+02	0.42E+00	0.34E+00
0.68E-01	0.43E+02	0.48E+02	0.47E+02	0.51E+02	0.47E+02	0.47E-01	0.75E+00
0.97E-01	0.39E+02	0.38E+02	0.36E+02	0.41E+02	0.38E+02	0.43E-01	0.64E+01
0.19E+00	0.60E+02	0.61E+02	0.52E+02	0.62E+02	0.59E+02	0.56E-01	0.29E+00
0.88E+00	0.11E+03	0.11E+03	0.12E+03	0.11E+03	0.11E+03	0.21E-01	0.82E+00
0.40E+01	0.15E+03	0.15E+03	0.14E+03	0.17E+03	0.15E+03	0.48E-01	0.12E+01
0.88E+01	0.17E+03	0.16E+03	0.18E+03	0.19E+03	0.18E+03	0.13E-01	0.19E+00
0.23E+02	0.18E+03	0.15E+03	0.18E+03	0.17E+03	0.17E+03	0.11E-01	0.22E+00

表 2 EW 道视电阻率观测资料统计

周期 T/s	第 4 次观测 $\rho_{4yx}/\Omega m$	第 8 次观测 $\rho_{8yx}/\Omega m$	第 16 次观测 $\rho_{16yx}/\Omega m$	第 21 次观测 $\rho_{21yx}/\Omega m$	平均值 $\rho_{axy}/\Omega m$	平均相对误差 $\rho_{ax}/\Omega m$	$\overline{\rho_{xy}/\rho_{ax}}$
0.83E-02	0.25E+02	0.23E+02	0.23E+02	0.24E+02	0.24E+02	0.31E-01	0.84E-01
0.68E-01	0.41E+02	0.37E+02	0.41E+02	0.39E+02	0.40E+02	0.38E-01	0.82E-02
0.97E-01	0.35E+02	0.40E+02	0.38E+02	0.35E+02	0.37E+02	0.54E-01	0.47E+01
0.19E+00	0.45E+02	0.47E+02	0.45E+02	0.44E+02	0.45E+02	0.17E-01	0.15E+01
0.88E+00	0.56E+03	0.49E+03	0.67E+03	0.62E+03	0.59E+03	0.10E+00	0.38E+01
0.40E+01	0.18E+03	0.12E+03	0.23E+03	0.19E+03	0.18E+03	0.30E-01	0.20E+01
0.88E+01	0.25E+03	0.23E+03	0.28E+03	0.25E+03	0.25E+03	0.50E-01	0.11E+01
0.23E+02	0.30E+03	0.27E+03	0.29E+03	0.30E+03	0.29E+03	0.43E-01	0.89E+00

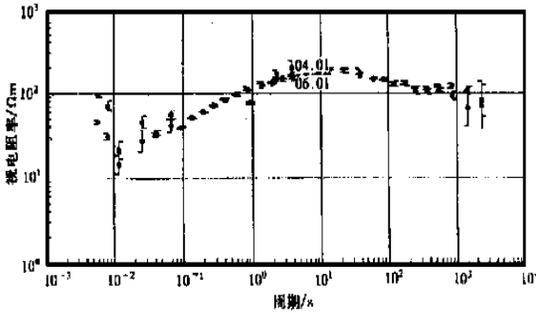


图 2 第 4 次和第 6 次观测的 x 道视电阻率对比
Fig. 2 The comparison of observed x channel apparent resistivities between sixth and fourth.

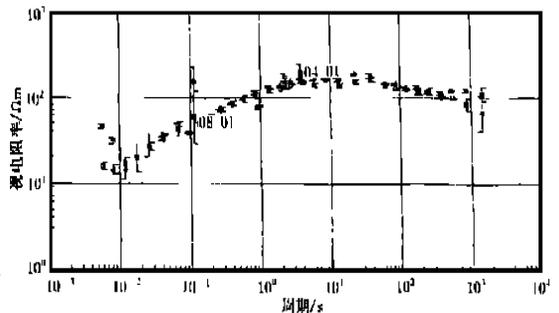


图 3 第 4 次和第 8 次观测的 x 道视电阻率对比
Fig. 3 The comparison of observed x channel apparent resistivities between eighth and fourth.

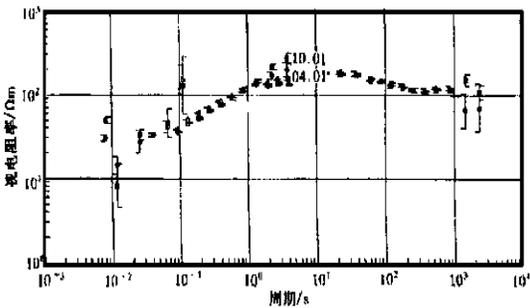


图 4 第 4 次和第 10 次观测的 x 道视电阻率对比
Fig. 4 The comparison of observed x channel apparent resistivities between tenth and fourth.

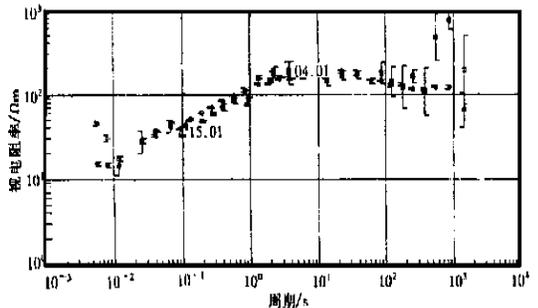


图 5 第 4 次和第 15 次观测的 x 道视电阻率对比
Fig. 5 The comparison of observed x channel apparent resistivities between fifteenth and fourth.

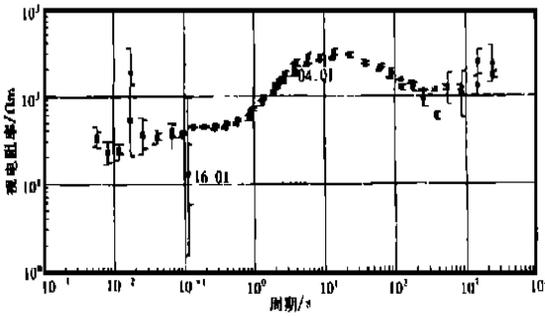


图 6 第 4 次和第 16 次观测的 y 道视电阻率对比
Fig. 6 The comparison of observed x channel apparent resistivities between sixteenth and fourth.

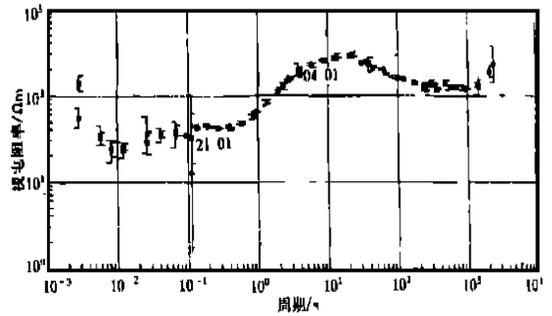


图 7 第 4 次和第 21 次观测的 y 道视电阻率对比
Fig. 7 The comparison of observed x channel apparent resistivities between twenty-first and fourth.

4 结语

在国内外将大地电磁法用于地震预报已有几十年的历史了. 尤其是近几年计算机技术的飞速发展和 MT 仪器设备精密程度不断提高, 增强了所采资料的可靠性, 使 MT 数据处理和解释技术逐步走向成熟, 大地电磁法现已成为地震预报的重要手段之一. 但是由于实际地质构造的复杂性和地震孕育机理尚未明了, 利用该方法进行地震监测预报还存在许多尚未解决的问题, 如 MT 参数系统性变化与地震孕育过程的定量化关系、不同区域几个地震同时孕育所致 MT 参数系统性变化的分辨和不同类型地震最敏感的 MT 参数特征等. 所有这些问题尚待今后进一步研究、探索.

[参考文献]

- [1] 王书明, 林长佑, 陈军营, 等. MT-1 系统在地震监测研究中的应用前景 [A]. 见石特临, 等 (编). 地震地电学发展与展望 [C]. 兰州: 兰州大学出版社, 1998. 171—175.
- [2] 刘国栋, 陈乐寿. 大地电磁测深研究 [M]. 北京: 地震出版社, 1984. 1—4.

MAGNETOTELLURIC MONITORING AFTER THE JINGTAI M_s 5.9 EARTHQUAKE

WANG Shu-ming¹, LIN Chang-you², CHEN Jun-ying²

(1. University of Geology of China, Wuhan 430074, China;

2. Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The magnetotelluric (MT) monitoring results for seismicity after the Jingtai M_s 5.9 on June 6, 2000, Gansu province are introduced. Changes of apparent resistivity with time in the monitoring period are analyzed. It is believed that it is improbable that stonger earthquakes should occur after the Jingtai earthquake according to smaller variations and repeated character in range of error of observed apparent resistivity with time. The judgement result is identical with reality.

Key words: Magnetotelluric sounding; Earthquake monitoring; Apparent resistivity; Jingtai earthquake