

王玮铭, 廖晓峰, 王迪, 等. 积石山  $M_s6.2$  地震前周边地电场异常变化[J]. 华南地震, 2024, 44(S1): 90–92. [WANG Weiming, LIAO Xiaofeng, WANG Di, et al. Anormalous Changes of Geoelectric Field Before the Jishishan  $M_s6.2$  Earthquake[J]. South China journal of seismology, 2024, 44(S1): 90–92]

## 积石山 $M_s6.2$ 地震前周边地电场异常变化

王玮铭, 廖晓峰, 王迪, 任越霞, 包雨睿

(四川省地震局, 成都 610041)

### Anormalous Changes of Geoelectric Field Before the Jishishan $M_s6.2$ Earthquake

WANG Weiming, LIAO Xiaofeng, WANG Di, REN Yuexia, BAO Yurui  
(Sichuan Earthquake Agency, Chengdu 610041, China)

关键词: 积石山  $M_s6.2$ ; 地电场; 异常变化; 优势方位角; 相关性

Keywords: Jishishan  $M_s6.2$  earthquake; Geoelectric field; Anormalous changes; Dominant azimuth; Correlation

中图分类号: P315

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2024)S1-0090-03

DOI: 10.13512/j.hndz.2024.S1.32

## 0 研究背景

20世纪80年代, 希腊学者 Varotsos 等根据自然电场局部场地的稳定性、均匀性和“点源”模型, 提出了探索性的地震预测方法——VAN法<sup>[1]</sup>。21世纪以来, 中国学者针对地电场变化特征、影响因素、机理认知、地震预测等方面开展了详尽的工作, 提出了一种物理解析思路<sup>[2]</sup>, 并发现了地电场潮汐现象<sup>[2]</sup>。而后, 学者进一步将数学、物理学、数字信号处理与地震地电场机理变化过程相结合<sup>[2]</sup>, 提出了大地电场潮汐机理和岩体裂隙水(电荷)渗流(移动)模型<sup>[3]</sup>。目前, VAN法和地电场优势方位角方法逐步成为国内地震预测分析的重要方法。

2023年12月18日, 甘肃积石山发生  $M_s6.2$  地震, 为深入研究地震电磁现象的复杂性提供了一次难得的震例。在震中350 km范围内有6个地电场

观测台站(图1), 本文基于地电场物理解析思路, 对6个台站的观测数据开展分析, 对于探索地电场的异常变化在震前预报的应用有了新的认知。

## 1 研究内容和方法

积石山  $M_s6.2$  地震震中位于北纬  $35.70^\circ$ , 东经  $102.79^\circ$ , 震源深度10 km, 距震中最近的断裂带为拉脊山北缘断裂。震中350 km内共分布有6个地电场观测台站(图1), 各台站布极方式见图2a~d。依据台站2022、2023年度观测报告、工作日志以及季度报表记载, 各台站的电极状态、场地环境、仪器运行状况正常。

### 1.1 地电场数据相关性变化分析

基于地电场分钟采样数据, 可以分别计算其不同方向间( $\delta_{xy}$ )和长短极距间的相关系数( $\delta_{xx}$ ), 计算式如(1), 其中: 计算不同方向间相关性时,  $X$ 、

收稿日期: 2024-10-10

基金项目: 震情跟踪定向工作任务(CEA-ZQGQ-202501031); 四川省地震局地震科技专项(LY2403)联合资助。

作者简介: 王玮铭(1995-), 女, 硕士, 助理工程师, 主要从事地震电磁研究工作。

E-mail: tariwmm@163.com

$Y$  分别表示两个不同方向的地电场值；计算长短极距间相关性时， $X$ 、 $Y$  分别表示长、短极距的地电场值。本文为便于表示，分别用 1、2、3 表示 NS、EW、NW/NE 测向。

$$\delta = \frac{\sum_i (X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_i (X_i - \bar{X})^2 \cdot (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (1)$$

本次各台站的  $\delta_{xy}$ 、 $\delta_{xx}$  结果如图 2e~j 所示。可以看出：在数据平稳时段（例如 2023 年初），除天

水台数据相关性较低外，其余 5 个台站相关系数绝对值均在 0.8 以上，且具有相对稳定性。发震前，门源  $\delta_{13}$  和  $\delta_{33}$ 、天水台  $\delta_{22}$  在震前出现升高现象，大武台  $\delta_{12}$  出现显著下降变化，古丰、景泰和固原台  $\delta_{xy}$ 、 $\delta_{xx}$  出现明显下降现象，但各台站相关系数变化幅度有差异，大致在 2023 年 8 月前后达到最大变幅，这表现出时间上的准同步性。除古丰、大武台外，其余各台站  $\delta_{xy}$ 、 $\delta_{xx}$  的异常变化现象在震后均逐渐恢复，但恢复时间长短有所差异。

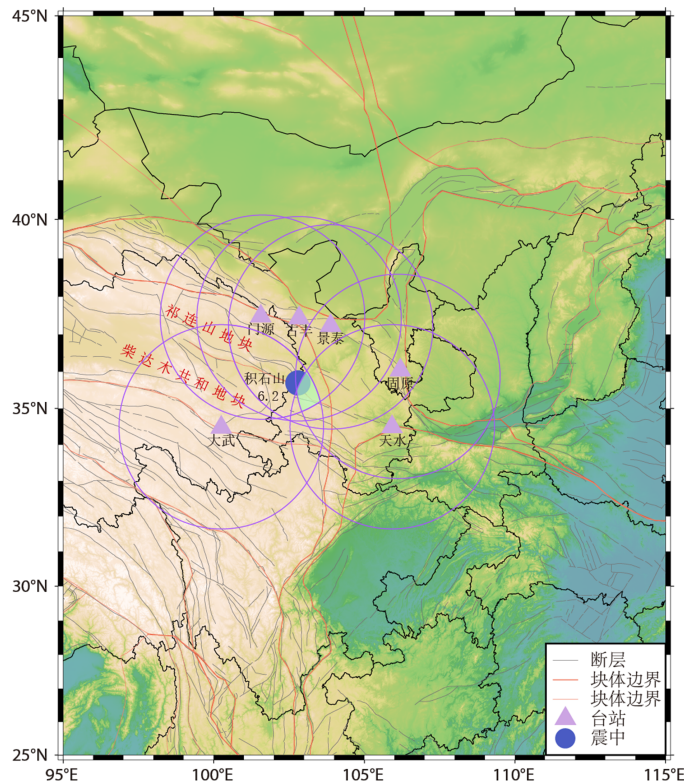


图 1 积石山  $M_s6.2$  地震前 350 km 内地电场台站分布及震中推断

Fig.1 Distribution of geoelectric stations within 350 km of the Jishishan  $M_s6.2$  earthquake epicenter and the inferred epicenters

### 1.2 大地电场优势方位角变化分析

基于大地电场的岩体裂隙水(电荷)渗流(移动)模型，以 NW、NS 为例，大地电场优势方位角  $\alpha$  计算方式如下<sup>[3]</sup>：

$$\alpha = \pi - \left( \frac{180}{\pi} \right) \cdot \arctan \left( \sqrt{2} \frac{\sum_{i=1}^{10} A_{(NW)i}}{\sum_{i=1}^{10} A_{(NS)i}} - 1 \right) \quad (2)$$

式(2)中， $A_i$  是前 10 阶潮汐谐波振幅，其周期分别为 24 h、12 h、8 h、6 h、4.8 h、4 h、3.4 h、3 h、2.7 h、2.4h。选择其他测向时，式(2)中选用对应测向的  $A_i$  值。计算得到此次积石山  $M_s6.2$  地震前后 6 个台站的大地电场优势方位角  $\alpha$  变化，如图 2k~p

所示。可见：古丰、景泰和大武台  $\alpha$  在震前出现离散变化，变化幅度从  $45^\circ \sim 90^\circ$  不等(图 2)，这反映出场地岩体裂隙结构在发生剧烈变化，考虑是在应力的挤压作用下出现了一些新裂隙。门源、固原、和天水台  $\alpha$  变化范围收窄近直线，偏转角度为  $55^\circ \sim 90^\circ$  不等(图 2)，应该是应力挤压导致岩体裂隙结构变得有序。图 2 中所示台站  $\alpha$  跳变范围明显变化，变化发生的时间有准同步性，仅固原台于 2023 年 4 月 7 日开始出现异常变化，时间稍早，其余台站异常现象均于 2023 年 5 月前后开始出现。门源、景泰和天水台的异常变化在震后逐渐恢复，这一过程反应了在震后应力逐渐卸载后，岩体弹性形变逐渐恢复的过程。

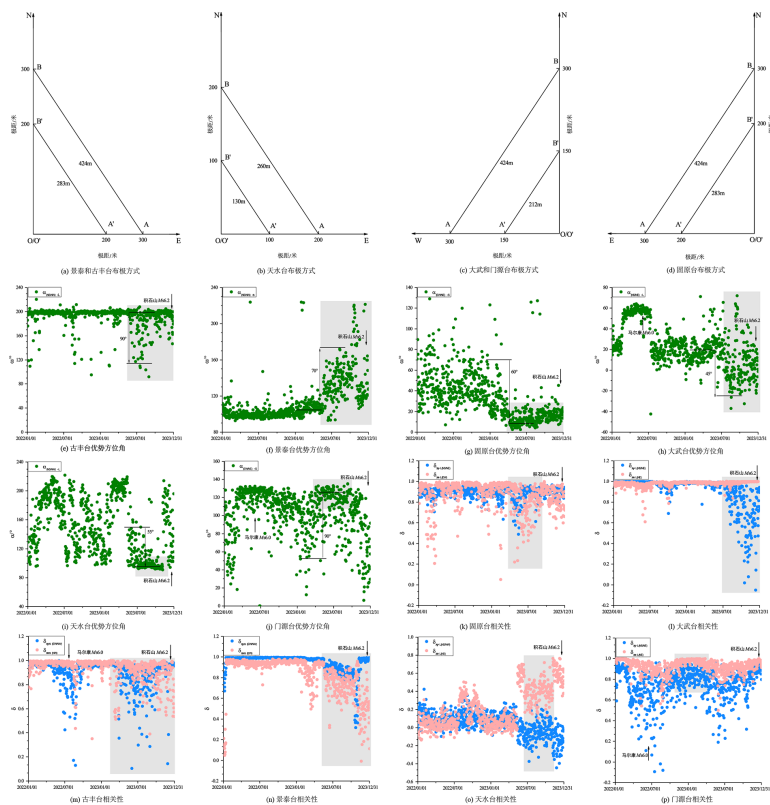


图2 积石山  $M_{5.6}$ 地震前各台站地电场数据变化及台站布极方式

Fig.2 The distribution and data variation of geoelectric stations before Jishishan  $M_{5.6}$  earthquake

### 1.3 对进一步确认发震地点的新认识

在本次研究中,以6个台站为圆心,350 km为半径作圆,最后得到图1中的绿色阴影交汇区域,而本次积石山  $M_{5.6}$ 地震便发生在该区域边缘。在现行预测规则中,主要是对台站300 km内的范围进行地震预测,考虑300 km内台站出现的异常变化可能更剧烈,有助于在震前进行异常识别和判定。但是采用观测台站越多,可以锁定的发震地点便越精准。另外,本次选用的6个观测台站主要分布在北侧,南侧相对较少,因而考虑台站分布的不均匀也会对地点的判定产生一定的干扰,所以加大台站密度和科学规划台站布局也有助于发震地点的确定。

## 2 研究结果

(1)在区域构造活动平稳时段,各场地的地电场变化具有相对稳定的均匀性,但地震孕育和发生期间,场地的地电场发生非均匀变化,这种均匀性会被打破。

(2)地震孕育和发生时,局部场地地电场的岩体裂隙会随区域应力的加、卸载发生同步变化,计算得到的大地电场优势方位角也会出现明显的准同步变化。

(3)发震地点可以利用多个出现异常变化的台

站进行预测,地震往往发生在多个台站预测范围交汇区域内部及周边。观测台站的密度和区域内台站布局规划也会影响预测三要素的判定,更为密集、分布更加均匀的台站布局有利于对发震地点进行更小范围、更精准的判定。

## 3 结语

本文初步认识到地震前后局部场地地电场会发生非均匀变化。深入研究这种地电场的非均匀变化特征,有助于地震地电场学科的发展。

感谢:甘肃省、青海省、宁夏省地震局提供的观测数据。

### 参考文献

- [1] Varotsos P, Alexopoulos K. Physical properties of the electric field of the earth preceding earthquake. II. Determination of epicenter and magnitude[J]. Tectonophysics, 1984 (110):99-125.
- [2] 黄清华,刘涛.新岛台地电场的潮汐响应与地震[J].地球物理学报,2006,49(6):1745~1754.
- [3] 谭大诚,辛建村,王建军,等.大地电场岩体裂隙模型的应用基础与震例解析[J].地球物理学报,2019,62(02):558-571.