

甘肃省及邻区 Ms4.0 以上地震前的电磁波异常特征

吴伯荣 张玉芳 吴永信

(国家地震局兰州地震研究所)

摘 要

本文根据分布在甘肃省河西地区 14 个电磁波台站近 6 年来的观测资料, 分析了近几年来发生在甘肃省及邻近地区的 11 个 Ms4.0 以上地震的电磁波异常特征。结果表明, 震前电磁波异常信号主要有低频脉冲和阵发性脉冲两类; 异常信号出现的时间强度与地震的大小及距离远近有关, 震级大、距离远的地震信号出现的时间早、幅度大; 震源浅的地震异常信号强, 累计持续时间长, 其信号呈脉冲形式, 震源深信号相对较弱, 并显示低频脉动特征; 震前电磁波异常信号呈现密集—平静—发震的过程。

关键词: 甘肃; 中强地震; 电磁波异常

为了加强甘肃省祁连山中西段地震重点监视区的前兆监测能力, 从 1987 年到 1991 年我们先后在河西地区建立了 14 个电磁波观测台站。虽然这些台站还存在着各种各样的问题, 但也观测到了一些较好的震例。本文对这些台站记录到的电磁波异常进行了客观分析, 对其异常特征进行了总结。

一、甘肃省电磁波观测台网的分布及仪器工作状况

甘肃省目前有 14 个电磁波观测台 (图 1), 主要分布在河西地区从敦煌到兰州 1100km 的条带上, 河东地区只有平凉一个台。

几年来的观测实践表明, 位于城区和大城市内的永登台、504 厂台, 由于环境干扰大, 放大倍数低, 对地震的反映也很差。而其他一些台站由于环境干扰小, 对地震的反映较好。

我们在布设台网的过程中, 除了考虑台网的布局和环境干扰的因素外, 尽可能地把台网布设在断层周围, 如高台、肃南、敦煌、景泰、玉门等台, 民乐台位于隐伏断层之上。另外, 在布设台网的过程中, 我们尽可能地把台站架设在未来震源区附近。对未来震源区的估计既考虑了震害评估中提出的潜在震源区, 也考虑了大地形变测量和偶极测深确定的异常分布区。

观测仪器选择超低频电磁信号接收仪。在 14 个台站中, 有两个台采用脉冲记录方式, 12 个台采用地震仪器记录。各台所用传感器全部相同, 采用西安延光电器厂生产的 CGY—1A 型大磁棒。该磁棒主要性能如下: 固有频率: 210Hz; 频率范围: 0.001—

10Hz; 电感量: 2800H; 电压灵敏度: $270\mu\text{V}/\text{NT}/\text{Hz}$; 14个电磁波观测台站的基本情况见表1。

表1 甘肃省电磁波台站基本情况一览表

台站名称	经纬度	基岩 岩性	建台 时间	记录器 型号	传感器 型号	观测 环境
酒泉	E98°32' N39°44'	第四系 砂砾石	1989年 8月	63A型 烟记录器	CGY-1A	地窖
玉门	E97°33' N39°48'	砾石砂岩	1991年 4月10日	DD-2 记录器	CGY-1A	院内 砂砾石
敦煌	E94°32' N40°02'	第四系 砂砾岩	1990年 12月	DD-2 记录器	CGY-1A	院内 土壤
张掖	E100°24'18" N38°55'22"	含砾砂 质泥岩	1987年 7月	63A型烟 记录器	CGY-1A	地下室
民乐	E100°48'5" N38°26'	含砾砂 质泥岩	1987年 7月	DJ-1墨水 记录器	CGY-1A	土壤
山丹	E101°2'16.9" N38°48'27"	粘土质 砂砾岩	1988年 9月	DJ-1墨水 记录器	CGY-1A	防空洞
肃南	E99°37'3.1" N39°50'35.2"	红色砾岩	1989年 11月	63A型烟 记录器	CGY-1A	洞室
高台	E99°48'51.5" N39°24'38.4"	花岗岩	1990年 2月	DJ-1墨水 记录器	CGY-1A	室外 基岩
武威	E102°37' N37°02'	砾石	1990年 3月	DJ-1墨水 记录器	CGY-1A	楼顶
永登	E102°15' N36°44'	水砂岩	1987年 6月	DD-2 记录器	CGY-1A	地下室
景泰	E104°05' N37°02'	砂砾石	1990年 7月	63A型烟 记录器	CGY-1A	地下室
五〇四厂	E102° N36°	黄土	1990年 1月	63A型烟 记录器	CGY-1A	土壤
平凉	E106°40' N35°22'	第四纪黄 土状亚砂	1991年 7月12日	电磁波微 电脑脉冲 记录仪	CGY-1A	井
祁连	E100°53' N38°11'	第三纪 紫红色 砂砾岩	1990年 5月3日	YKM 3066	CGY-1A	土壤

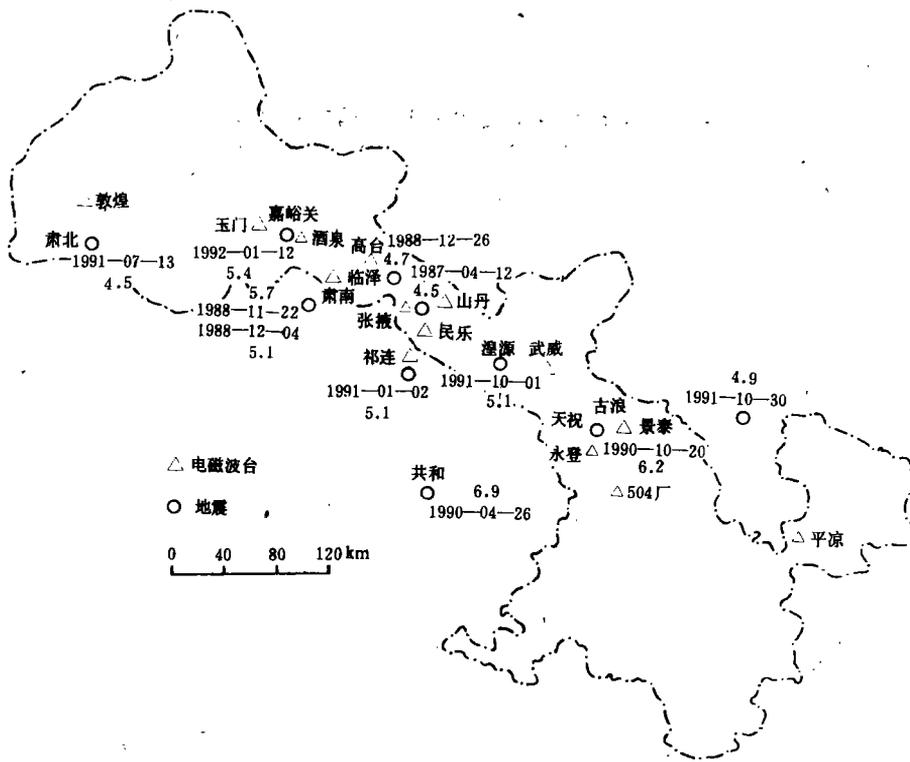


图 1 甘肃省电磁波观测台站及震中分布图

Fig.1 Distribution of earthquakes and net work of electromagnetic wave observation in Gansu province

二、地震前甘肃省电磁波台网记录特征

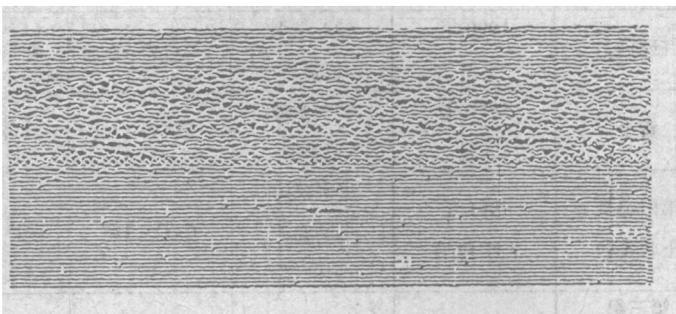


图 2 张掖观测台 1987 年 9 月 12 日异常记录

Fig.2 Anomalous record on Sept.12, 1987 at Zhangye station

甘肃省电磁波台网组建以来，其观测资料先后对 11 个 4.0 级以上地震有较好的临震反应。根据观测资料，对有的地震曾作出了有较好的临震预报。现将一些地震前电磁波异常特征分述如下。

1. 张掖 4.5 级地震

该次地震发震时间为 1987 年 9 月 12 日 08 时 40 分，震源深度 7.3km。张掖观

测台的记录从 9 月 12 日零时至 3 时连续 3 个小时出现低频扰动，振幅 3-5mm，周期 2-3 秒，异常结束后 5 个小时发震。震中距为 23km。其记录波形见图 2。

2. 肃南 5.7 级地震



图3 山丹观测台 1988 年 11 月 7 日异常记录

Fig.3 Anomalous record on Nov. 7, 1988 at Shandan station

发震时间为 1988 年 11 月 22 日 1 时 46 分, 震源深度 20km。当时只有张掖、山丹两个观测台, 张掖台因探头漏电, 返厂检修, 未进行观测。山丹台从 11 月 5 日至 8 日记录到累计时间长达 8 小时, 最大振幅为 80mm 的脉冲信号。震中距山丹台 130km。如图 3 所示。

1988 年 12 月 4 日 10 时 38 分, 肃南又发生 Ms5.1 级地震。山丹台从 12 月 1 日至 4 日记录到阵发性脉冲, 张掖台从 12 月 3 日仪器修复后立即投入观测并记录到同一类信号, 异常时间分别为 35.5 小时和 21 小时, 最大振幅分别达 50mm 和 20mm。震中距分别为 132km 和 85km。

3. 临泽 4.7 级地震

发震时间为 1988 年 12 月 26 日 15 时 16 分。山丹台 (震中距 95km) 于 12 月 9 日、10 日和 15 日三天记录到阵发性脉冲 (图 4), 张掖台 (震中距 43km) 于 12 月 10 日和 14-16 日分别记录到电磁波脉冲信号。

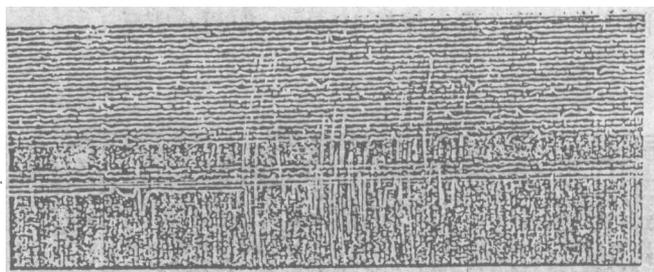


图4 山丹观测台 1988 年 12 月 15 日异常记录图

Fig.4 Anomalous record on Dec.15, 1988 at Shandan station

4. 共和 6.9 级地震

发震时间为 1990 年 4 月 26 日 17 时 37 分 12 秒。当时已有 9 个台站进行观测, 其中有 4 个台站记录到震前电磁波信号。武威观测台 (震中距 240km) 从 4 月 26 日 12 时开始记录到脉冲异常信号, 最大振幅 25mm, 15 时 20 分结束, 2.5 小时后发震 (图 5)。永登观测台 (震中距 290km) 于 4 月 26 日 12 时记录到异常脉冲信号, 持续时间为 4 分钟, 最大振幅只有 5mm, 信号弱的原因是由于该台台址差, 干扰大, 平时只能压低放大倍数观测。高台观测台 (震中距 390km) 位于龙首山南缘断裂带与榆木山断裂交汇处, 台基为花岗岩, 放大倍数高, 因此, 3 月 27 日记录到振幅达 80mm 的脉冲信号, 由于仪

器发生故障,未能记录到异常过程。肃南观测台(震中距300km)4月24日记录到阵发性脉冲,异常时间为30分钟,最大振幅为20mm。其它台站有些由于工作不正常,如山丹、酒泉等台均未记录到震前电磁幅射异常,对此需要进一步深入研究。



图5 武威观测台1990年4月26日异常记录图

Fig.5 Anomalous record on April 26, 1990 at Wuwei station

5.天祝、景泰6.2级地震

发震时间为1990年10月20日16时07分。景泰台(震中距40km)仪器尚未正常工作,但从10月6日18时起记录到脉冲异常,振幅为3mm,但由于无时分号装置,仪器放大倍数很低,异常只有1分钟。景泰地震办公室根据此异常作了预报,预报震级为5-5.5。永登台(震中距54km)从10月13日起到10月20日,每天记录到大约持续有40分钟的脉冲信号,振幅为3-7mm。武威台(震中距120km)10月20日08时记录到脉冲异常,异常时间5个小时,最大振幅10mm,如图6所示。



图6 武威台1990年10月20日异常记录图

Fig.6 Anomalous record on Oct.20, 1990 at Wuwei station

6.湟源5.1级地震

发震时间为1991年10月1日00时33分4.2秒,震源深度1km。肃南台(震中距190km)于9月29日记录到阵发性脉冲信号,持续时间30分钟。祁连台的脉冲数字记录也出现了震前异常,如图7所示。

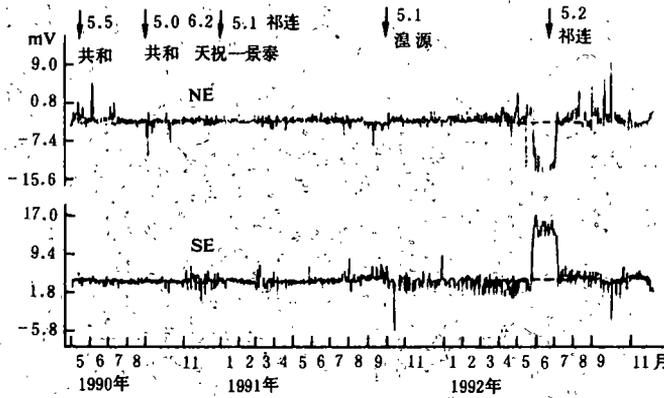


图7 祁连台北东、南东向日均值曲线图

Fig.7 Daily mean-value curve of NE, SE directions at Qilian station

7.肃北 4.5 级地震

发震时间为 1991 年 7 月 13 日 05 时 56 分 19.07 秒。震前敦煌台（震中距千佛洞观测台 41km）南北测道记录到异常信号。异常时间自 1991 年 6 月 26 日至 7 月 12 日，持续 17 天，异常最大幅度为 164mm，周期为 0.2-3.5 秒，临震信息出现在 7 月 12 日，表现为高频颤动波形，持续时间达 7200 秒（图 8）。

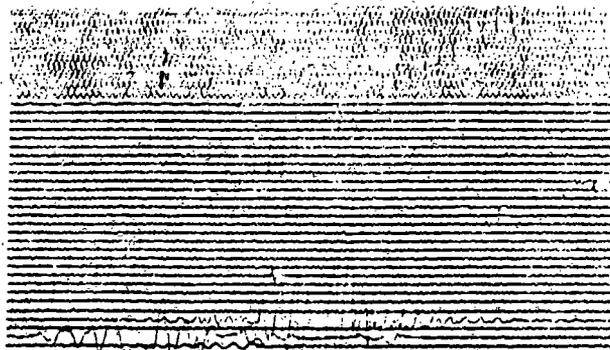


图8 敦煌台 1991 年 7 月 12 日异常记录图

Fig.8 Anomalous record on July 12, 1991 at Dunhuang station

8.祁连 5.1 级地震

发震时间为 1991 年 1 月 2 日 10 时 58 分，震源深度 3km。肃南台（震中距 85km）

从 1990 年 12 月 26 日开始记录到阵发性脉冲信号。祁连台（震中距 12km）在震前记录到电磁波脉冲异常。民乐台（震中距 80km）于震前 2 小时记录到低频扰动，如图 9 所示。其它测点均未记录到异常。

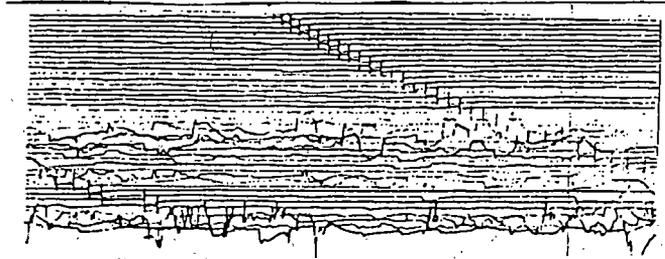


图 9 民乐台 1991 年 1 月 2 日异常记录图

Fig.9 Anomalous record on Jan. 2, 1991 at Minle station

9. 同心 4.9 级地震

发震时间为 1991 年 10 月 30 日 00 时 30 分。平凉台（震中距 180km）从 10 月 15 日开始出现异常，脉冲数大于 10^4 ，25 日大于 10^5 ，27 日降为 10^4 ，28 日异常消失，两天以后发震。平凉台使用 DWMJ-89A 型电磁波微电脑记录仪，异常值为 10^4 。

10. 嘉峪关（肃南祁丰）5.4 级地震

发震时间为 1992 年元月 12 日 08 时 12 分。敦煌台（震中距 352km）从 1992 年元月 1 日开始记录到脉冲异常，最大振幅为 110mm（图 10）。玉门台（震中距 62km）从 1991 年 12 月 25 日起记录到低频脉动信号，一直延续到 1 月 12 日。其它台均未记录到异常。尤其是酒泉台，震中距仅为 25km，却未记录到异常信号，对此还需要进一步研究。

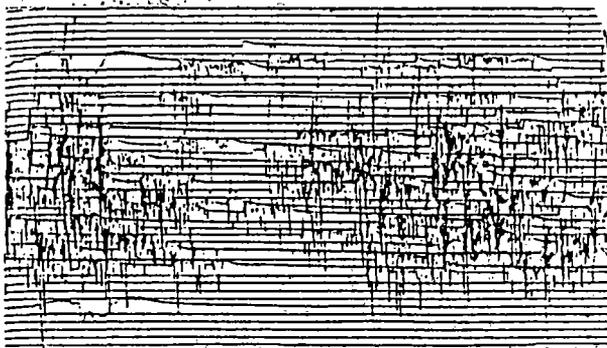


图 10 敦煌台 1992 年 1 月 12 日异常记录图

Fig.10 Anomalous record on Jan.12, 1992 at Dunhuang station

究。

综上所述，可以得出甘肃省台网的电磁波异常具有如下特征：

(1) 异常信号分为低频脉冲和阵发性脉冲二类。低频脉动周期一般为 3-6 秒，有的达 10 秒以上，幅度为 3-5mm，持续时间较长，达几十分钟、数小时甚至连续几天；阵发性脉冲的周期为 1-3 秒，有的强脉冲周期小于 1 秒，幅度一般为 10mm 以上，脉冲越强，幅度越大，持续时间为几秒至几分钟。

(2) 异常信号出现的时间和强度一般与地震的大小及距离远近有关。震级大、距离近

的地震信号出现的时间早, 信号强。根据台网观测到的情况, 6-7级地震, 反映地震异常的距离为 400-600km, 5级地震的反映距离为 300-400km, 4-5级的地震为 100-300km。

(3) 异常信号的强度、数量及累计时间与震源深度有关。震源浅, 信号强, 累计时间长, 呈现脉冲信号; 震源深, 信号相对弱, 呈低频脉动信号。

(4) 对于同一地震不是在一定范围内的所有测点都有反应, 如嘉峪关 5.4级地震前, 距震中 20 多公里的酒泉台就没有反应。

(5) 信号异常的发展变化过程, 遵循从少量信号出现—密集—平静—发震的变化过程, 在强度上信号呈现弱—强—静—发震的变化过程。

(6) 第一组异常信号出现的时间一般在震前几小时至几天, 最长不超过一个月, 震级越大, 首次异常出现的时间也越早。首次信号具有明显的短临预报意义。

三、问题讨论

目前电磁波观测尚处于探索阶段, 从我们在观测过程中积累的经验来看, 主要问题在于探头的架设和观测人员的技术水平。从 1987 年开始, 我们最早在张掖地震台架设了电磁波观测装置, 探头埋在张掖地震台周围的农田里, 埋深 2m, 该台观测资料对张掖 1987 年 9 月 12 日 4.5 级地震及 1988 年 10 月 1 日肃南 4.2 级地震反映均较好。但由于探头埋在农田里, 长期受潮和农田浇灌致使探头漏电, 不得不重新修复和改换位置, 在肃南 5.7 级地震前停记。修复以后, 把探头移到张掖地震台地下室内, 埋深 6m, 但由于交流干扰较大, 采用大电容滤波电路消除干扰, 因而使地震信号衰减很大, 因此对后来的地震反映一直不好。

另外, 永登台探头放在防空洞内, 距铁路只有几十米, 干扰很大, 对地震反映差。民乐、504 厂台周围环境差, 虽几经搬迁, 但仍未找到一个合适的观测场地。武威台电磁波观测探头放在楼顶, 装在铁盒内, 既受风的干扰, 又对电磁波接受起屏蔽作用, 因此, 观测效果差。经搬迁以后, 观测效果有所改变。

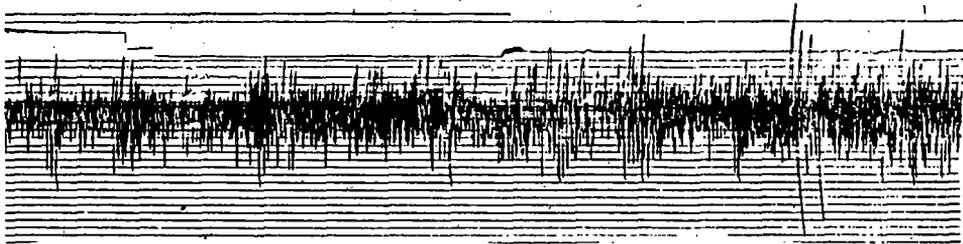


图 11 1992 年 1 月 12 日嘉峪关 5.4 级地震敦煌台的震后效应

Fig.11 Electromagnetic wave record on Jan.12, 1992 after the Jiayuguan Ms5.4 earthquake at Dunhuang station

震前电磁波异常观测已在全国各地广泛开展, 并作为一种比较有前途的短临预报手段得到应用, 但是在理论上还存在许多问题, 如不同测点和不同仪器记录的同一次地震的异

常信号的时间不同, 脉冲信号的周期和大小、间断时间更不同; 还出现较远的测点记录到的信号很强, 持续时间长, 而很近的点反而没有记录或记录的信号很弱等等。通过观测实践我们认为, (1) 震前通过检测装置能够接收到电磁信息, 但其信息可能并不是来自于震源, 而是来自于震源区应力场。(2) 由于受微破裂区应力场的作用, 震前电磁辐射不但频谱广, 而且方向性很强; (3) 不同的测点观测到的不一定是同一电磁辐射信号, 即不是来自一个信息, 一个测点的不同测向也不是接收的同一信息; (4) 震前电磁波信息有间断性; (5) 电磁辐射异常也应该有震后效应。1990年10月20日景泰6.2级地震后武威台记录到长达1小时50分钟的电磁波异常反应。1992年1月12日嘉峪关5.4级地震后于13日敦煌台也记录到了明显的震后效应, 如图11所示。

THE CHARACTERISTICS OF ELECTROMAGNETIC WAVE ANOMALIES BEFORE $M_s > 4.0$ EARTHQUAKES IN GANSU PROVINCE AND ITS ADJACENT AREA

Wu Borong, Zhang Yufang, Wu Yongxin

(*Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, China*)

Abstract

Based on the observed data of electromagnetic wave of recent six years at 14 stations in Hexi corridor of Gansu Province, this paper analyses the characteristics of electromagnetic wave anomalies before 11 earthquakes ($M_s > 4.0$) occurred recently in Gansu province and its vicinities. The results show that the anomalous signal of electromagnetic wave mainly has two kinds: low-frequency pulse and paroxysmal pulse; The time appearing anomalous signal and intensity are related to magnitudes and epicentral distances. The greater the magnitude and the nearer the epicentral distance, the earlier the time appearing anomalous signals and the bigger the amplitude is; The anomalous signal of shallow earthquake is stronger, and appears pulse form; For deep earthquake the signal is weak relatively, and appears low-frequency pulsation. The anomalous signal shows a process of concentrated-calm-earthquake triggering.

Key Words: Gansu; Mid-Strong Earthquake; Electromagnetic Wave Anomaly