

玉树地震的地磁预测研究

王必显, 邹小波, 冯红武, 李健康, 刘淑娟,
刘鸿斌, 刘小明, 李东生, 尹 亮, 李兴坚
(甘肃省地震局高台基准地震台, 甘肃 高台 734300)

摘要:利用玉树地震前玉树周围 500 km 范围内的地磁观测数据, 采用地磁垂直分量加卸载响应比、地磁垂直分量日变化幅度逐日比、地磁垂直分量日变化空间相关、低点位移等方法讨论了震源区地磁场变化与地震的相关性, 并发现它们之间有很好的对应关系。
关键词:加卸载响应比; 日变幅逐日比; 空间相关; 低点位移; 阈值
中图分类号: P318.6⁺2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-0844(2013)增刊-0089-09
DOI:10.3969/j.issn.1000-0844.2013.增刊.0089

A Study on Geomagnetic Prediction before the Yushu Earthquake

WANG Bi-xian, LIU Hong-bin, ZOU Xiao-bo, LI Jian-kang, LIU Shu-juan,
LI Dong-sheng, LIU Xiao-ming, YIN Liang, LI Xing-jian, FENG Hong-wu
(Gaotai Seismic Station, Earthquake Administration of Gansu Province, Gaotai Gansu 734300, China)

Abstract: At present, people recognized that the gestation and occurrence of earthquake is caused by the movement of the medium created by the accumulation of underground stress, which also brings the change of medium's electrical properties, as a result it will make geomagnetic field change. Some relevant scholars had used geomagnetic method to study Wenchuan earthquake, but before the earthquake, they did not found good correlation between the earthquake and the change of earth magnetic field at epicentre. According to the relevance between earth magnetic field and the earthquake, this paper has discussed the correlation between the change of earth magnetic field at epicenter and Yushu earthquake, and the result showed that the correlation is corresponding. In the paper, we main used observations of geomagnetic within the scope of 500 km around Yushu before the earthquake, moreover, we also used a series of methods to studying this question, such as the geomagnetic vertical component of load-unload response ratio, the geomagnetic vertical component ratio of daily variation, the geomagnetic daily variations of the vertical component of spatial correlation, and the low point displacement. According to the piezomagnetic effect theory, stress change will cause the change of underground rock magnetism, resulting in the magnetic field change. Therefore, before an earthquake occurs, the slowly accumulation process of underground stress may cause the change of rock magnetism in seismogenic region and its nearby underground, and it also brings mutation of geomagnetic field during the earthquake. According to the expansion of magnetic theory, accumulation process of seismic strain can cause geomagnetic anomaly state of medium in large range and various physical changes arising from the process. When strain accumulates to a certain degree before the earthquake, rock will produce microcrack, increase porosity, which can lead to the expansion of the volume. If there is fluid in

收稿日期: 2013-04-27
作者简介: 王必显(1988-), 男(汉族), 甘肃天水人, 助理工程师, 主要从事前兆数据处理. E-mail: wbxgkswbxgks@163.com

the rock, the expansion may lead to the spread of the fluid. Therefore, the process will cause the relative change of electric potential in the diffusion zone, thus it makes geomagnetic field change. Daily variation of geomagnetic field is a short-term change, it mainly controlled by the current system of ionospheric about 100 km altitude, and the current system is controlled by the sun. The generally accepted view is that, when there is a seismogenic zone, physical properties of the underground medium such as conductivity will change because of the stress function, especially appearing buckling stage before the impending earthquake. This change in conductivity can cause the change of variation magnetic field, leading to abnormal change in the form of daily variation of geomagnetic field. And diurnal variation of geomagnetic vertical component will deviate from normal background field, it shows the abnormal change of amplitude and phase. The anomalous characteristics in daily variations of the vertical component in spatial distribution is called geomagnetic diurnal variation anomaly field. Practice shows that predicting earthquake by geomagnetic diurnal variation anomaly field (such as geomagnetic low-value displacement method) has certain prediction effect, and there is a good correlation between this kind of rare anomaly and earthquake.

Key words: loading and unloading response ratio; ratio of daily amplitude variation; space correlation; low point displacement; threshold value

0 引言

我国的地震预测实践与研究证明,多数强震前存在可靠的地磁短临前兆。利用变化磁场特别是垂直分量日变异常场预测地震,是地震短临预测方法之一。

按照压磁效应理论应力变化将引起地下岩石磁性的改变,从而导致地磁场变化。因此,地震发生前地下应力缓慢的积累过程,有可能引起地震孕育地区及其附近地下岩石磁性的改变,出现地震时地磁场突变现象。膨胀磁效应理论^[1]认为,地震应变积累过程可引起介质在大范围内的地磁异常状态及由此而引发的各种物理变化过程。地震前应变积累到一定程度时,岩石将产生微裂隙,使孔隙度增加,从而导致体积的膨胀。如果岩石中有流体存在,这种膨胀有可能导致流体的扩散。因此,地震孕育过程将引起“扩散区”内电势的相对变化,从而引起地磁场发生变化。根据以上地球电磁场与地震关系的推断,地震前有可能出现不同类型地磁场变化的局部异常前兆现象。

地磁场日变化是一种短期变化,主要受 100 km 左右高空中的电离层电流体系控制,而这些电流体系又受太阳照射的控制。目前公认的看法是,当存在某一孕震区时,由于应力的作用,地下介质的物理特性如电导率等会引起改变,尤其在临震前出现失稳阶段。这种电导率的改变可引起磁场的改变,从而导致地磁场日变化形态的异常变化^[2]。

统计发现,水平分量和磁偏角的日变形态受太阳扰动的影响较大,而垂直分量 Z 则较小,即使在干扰日, Z 也能保持较有规律的形态^[3]。

而震前地磁垂直分量日变化会偏离正常背景场,表现出变化幅度和相位上的异常变化。我们把垂直分量日变化在空间分布上出现的异常特征称为地磁日变异常场。实践表明,利用地磁日变异常场预测地震(例如地磁低点位移方法)有一定的预测效果,且这种少见的异常现象与强震发生有较好的相关性。

因此本文利用地磁垂直分量加卸载响应比、地磁垂直分量日变幅逐日比、地磁垂直分量日变化空间相关、低点位移等方法,检验其对玉树地震的映震效果。

1 原理与方法

1.1 地磁场垂直分量加卸载响应比

设系统所受载荷为 F_1 , 对系统进行加载, 增量为 ΔF_+ 时所引起的响应量为 ΔR_+ ; 如对系统进行卸载, 增量为 ΔF_- , 所引起的增量为 ΔR_- 。系统处于稳定状态时 $(\Delta F_+) = (\Delta F_-)$, $(\Delta R_+) \approx (\Delta R_-)$; 当系统偏离稳定状态时 $(\Delta F_+) = (\Delta F_-)$, 但 $(\Delta R_+) > (\Delta R_-)$, 越偏离稳定状态 ΔR_+ 大于 ΔR_- 越多, 据此, 加卸载响应比 P 定义为:

$$P = (\Delta R_+ / \Delta F_+) / (\Delta R_- / \Delta F_-) \quad (1)$$

由于地磁垂直分量 Z 与地下介质及其变化较

其他地磁分量的关系密切,所以,以 Z 分量的极值比作为计算地磁场的加卸载响应参量 $P(Z)$ 。式中 + 号表示加载, - 号表示卸载。

$$P(Z) = \Delta R(Z) + / \Delta R(Z) - \quad (2)$$

1.2 地磁场垂直分量日变化幅度逐日比

岳明生(2009)、曾小苹^[4]等指出,地磁垂直分量日变化幅度逐日比的高比值与台站周边地震有良好的对应关系。这可能与地震发生前孕震区地下介质电阻率的变化有关。研究表明,它的异常判据阈值主要与纬度有关。例如,华东地区的逐日比异常判据阈值取为 2.9,并至少有 2 个台站的观测值在同一天超过阈值才能视为异常。

地磁垂直分量日变化幅度逐日比 Y 定义为:前一天的日变化幅度($A(t_1)$)与后一天的日变化幅度($A(t_2)$)之比:

$$Y = A(t_1)/A(t_2) \quad (3)$$

t_1 为观测日期, $t_2 = t_1 + 1$ 。

1.3 地磁场垂直分量日变化空间相关

地磁场最重要的特点之一是空间上的同步性,而这种同步性被打破可能与地震有关,空间相关是定量描述这种同步性被打破的有效方法。为了提取与地震有关的、周期在 1 天以上的地磁变化,取地磁垂直分量绝对分钟值的每日一值进行分析。为了减少变化磁场如日变化对分析的干扰(冯志生等,2003),取夜间北京时 21 点的观测值作为分析对象。

设 A 、 B 两台(A 为观测台, B 为参考台)每日北京时 21 点整点值或分钟值的地磁场垂直分量绝对观测值为 Z_A 、 Z_B ,它们线性相关,即:

$$Z_B = bZ_A + a$$

($i = 1, 2, \dots, N$, N 为计算相关系数窗长) (4)

$$\text{其中, } b = \frac{L_{BB}}{L_{AA}}, a = \frac{\sum_{i=1}^N Z_{Bi}}{N} - b \frac{\sum_{i=1}^N Z_{Ai}}{N}。$$

他们的相关系数为

$$R = \frac{L_{AB}}{(L_{AA} \cdot L_{BB})^{1/2}} \quad (5)$$

标准偏差

$$\sigma = \left[\frac{(1-R)^2 L_{BB}}{N-2} \right]^{1/2} \quad (6)$$

其中:

$$L_{AA} = \sum_{i=1}^N (Z_{Ai})^2 - \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N Z_{Ai} \right)^2,$$

$$L_{BB} = \sum_{i=1}^N (Z_{Bi})^2 - \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N Z_{Bi} \right)^2,$$

$$L_{AB} = \sum_{i=1}^N (Z_{Ai} \cdot Z_{Bi}) - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Z_{Ai} \sum_{i=1}^N Z_{Bi}。$$

注意:当两个台站经度相差小于 5° 时,可直接计算相关;当两个台站经度相差大于 5° 时,应将经度大的台站的观测数据向后延时后再计算相关系数(反之将经度小的台站的观测数据向前延时也可),延时量按 4 分钟/经度计算。

根据冯志生等(2003)研究成果:区分异常变化是参考台引起的还是观测台引起的一个较好办法是,在分析时采用多个参考台,若不同参考台的分析结果都有类似变化,则该变化是观测台引起的,否则该变化是参考台引起的。为避免零漂的影响,相关窗长定为 21 天,因为零漂的周期一般在 1 个月以上。

林美等(1997)指出,异常成立条件为:震源区内至少应有 2 个台站同时出现相关系数 R 连续多日低于 $\bar{R} - 2\sigma$ 的变化才能视为异常; $\bar{R}$ 为正常时段数据的均值, σ 为其方差,异常持续时间一般为几天至 1~2 个月。

1.4 地磁场垂直分量低点位移

垂直分量日变极小值出现时间(简称低点时间)一般为地方时 12 时左右,如果偏离此时间过多,则认为单台低点时间发生位移。从地磁学理论分析这并不是异常,可能只是正常状态的随机偏离^[5]。大量震例统计得出:发震日期大多数为异常日后第 27 天或 41 天前 4 天内,发震地区在低点位移突变分界线附近^[6]。

规定日变的低点时间在 0~23 点之间选取。然后把同一天各台站的低点时间(均按北京时间)用计算机作成全国低点时间分布图。所用低点时间以量到分的台站为主,量到小时的作为参考。当发现低点时间的分布偏离分布规律时,即低点时间偏离正常规律 2 小时以上,则认为出现“低点位移”现象。画出正常与位移的突变分界线(或闭合圈),将这一天(或几天)全国地磁台低点时间分为两大区域(如有两个以上地震叠加,可分为三个区域)。

(1) 震级预测:

两区域低点时间相差 2 小时以上,而在每个区域内低点时间差在 2 小时以内,就把这一天(或几天)出现的“低点位移”作为 7 级左右强震异常。

(2) 地区预测

“低点位移”方法不能预报准确的发展震地点,只能指出发震地区在突变分界线附近。据统计,6 级以上地震中,90% 地震的震中与低点位移分界线的

距离不超过分界线两侧距震中最近的两台站的间隔距离^[7]。

(3) 发震时间预测

根据震例统计,异常日附近并不发震,约 80% 的地震发生在异常过后第 27 天前 4 天或 41 天前 4 天时间段内。如果对异常分析和地震预报判定有偏差,对应率有所下降,发生的部分地震偏离预报的时间段,但至少 66% 发生在异常过后第 27 天前 4 天或 41 天前 4 天时间段内^[8]。若第 27 天前发生了预期的地震,则第 41 天不再预报,或作为参考时间点,即可能发生中强以上地震或余震,但发震概率降低;若第 27 天前不发生地震,则第 41 天前 4 天坚持预报。

$$Tt(\text{低点位移日期})+27(\text{或 } 41)\text{ 天} =$$
$$Te(\text{发震日期})$$

2 资料选取与数据处理结果

本文所选用的地磁台站在相应时间段内的地磁资料,都是在国家地磁台网上逐一收集,并通过专业软件仔细分析,反复计算得到的结果。通过作图验证,并结合前人大量研究结果认为,这些台站资料是真实可靠的,符合对区域地磁场变化特征的研究和震磁信息分析的要求。

由于玉树附近地磁台站较少,距离玉树 500 km 内的地磁台站数量有限,故添加了湟源、拉萨、西宁、兰州、成都、天水台的地磁数据帮助研究(新沂、高邮台为参考台)。因为地磁场包含变化磁场,它的稳定性与基本磁场相比较差,所以,虽然理论上说:依据震磁效应方法应仅在震中附近(500 km 内)有异常,但其他地方也可能存在异常,即 500 km 的界限不可能是绝对的(但作为学术研究,设定一个明确的界限是必要的)。文中有可靠数据的地磁台站见表 1。

表 1 选用的地磁台站信息统计表

地磁台站	震中距/km	地磁台站	震中距/km
玉树台	30	西宁台	644
大武台	337	新沂台	1973
都兰台	376	高邮台	2 079
格尔木台	392	兰州台	758
道孚台	448	成都台	784
湟源台	554	天水台	859
拉萨台	625		

2.1 地磁场垂直分量加卸载响应比与玉树地震

依据岳明生等(2009)对华东地区的震磁关系的研究结果:异常(一般至少持续一天)出现后 10 个月内台站附近 500 km 内可能发生中强地震(大部分

地震都发生在异常出现后的 3~5 个月内);反之,若地震前 500 km 内的台站未出现异常,则视该地震无异常。当有多个台站出现异常时,地震一般应靠近异常高值台站(该理论同样适用于下文的逐日比预测法)。

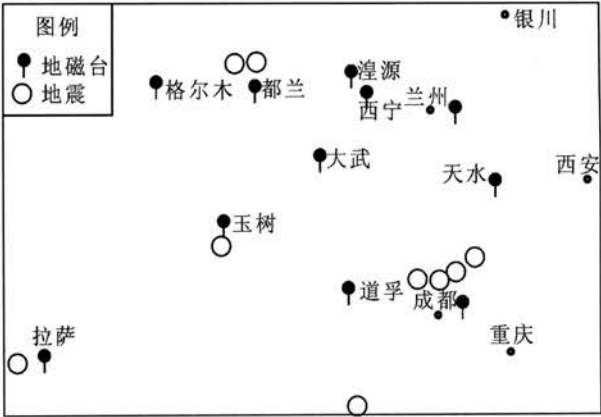


图 1 地磁台站与地震震中分布图

Fig.1 Distribution of geomagnetic stations and the epicenters

本次研究所选台站为:玉树、格尔木、拉萨、西宁、兰州、成都、天水台,距玉树地震距离分别为 30、392、625、644、758、784、859 km。为方便震磁异常的判断,所选资料为上述台站的 2009 年 1 月 1 日至 2010 年 4 月 30 日的 Z 值日变化数据,以及此时间段内发生在此地区的 $M_s=3.0$ 以上的地震数据。

利用上述资料根据公式(1)计算结果如图 2 所示。图中红点为 $P(Z)$ 的高值;红线为判定异常的阈值;蓝色椭圆形标出同时出现高值异常的台站。

正常情况下 $P(Z)$ 值在 0.5~2.2 之间变化,据图分析,选取 $P(Z)=2.2$ 为判定异常的阈值。由图可见,2009 年 1 月 1 日至 2010 年 4 月 30 日,研究区域内的地磁垂直分量加卸载响应比 $P(Z)$ 多台同时出现高值的情况有 7 次(表 3)。

图 2 将 $P(Z) \geq 2.2$ 的异常与玉树地震的主震进行了对比分析,并给出了台站附近 500 km 以内 6.0 级以上地震。

多个台站同时出现高值异常(图中蓝色椭圆形)后 10 个月内,异常台站附近 500 km 内有发生 5 级以上地震的可能(如图中 2009 年 6 月 28 日的异常及其后的 3 个 6 级地震)。图中可见玉树 7.1 级地震前 10 个月内(2009 年 6 月之后)多个台站同时出现高值异常。但另一方面,距离震中最近的台——玉树(异常出现在 2009 年 3 月 03 日)震前 10 个月内无异常出现,距离震中第二近的台——格尔木(最后一次异常出现在 2009 年 9 月 19 日)震前

表 2 选用的地震信息统计表(源于中国地震信息网)

序号	地震信息			距离 500 km 范围内的地磁台站
	时间	地点	震级	
1	2008-05-13T15:07:11	四川汶川县	6.1	成都、天水、大武、道孚
2	2008-05-18T01:08:23	四川江油市	6.0	成都、天水、道孚、兰州
3	2008-08-05T17:49:18	四川省广元市青川县	6.1	成都、天水、道孚、兰州
4	2008-08-30T16:30:50	四川省攀枝花市仁和区	6.1	成都、道孚
5	2008-10-06T16:30:46	西藏自治区拉萨市当雄县	6.6	拉萨
6	2008-11-10T09:22:05	青海省海西蒙古族藏族自治州	6.3	西宁、玉树、大武、都兰、格尔木、湟源
7	2009-07-09T19:19:13	云南省楚雄彝族自治州姚安县	6.0	无
8	2009-08-28T09:52:06	青海省海西蒙古族藏族自治州	6.4	西宁、玉树、大武、都兰、格尔木、湟源
9	2009-09-21T16:53:07	不丹	6.3	无
10	2009-11-28T00:04:02	四川省德阳市什邡市	5.0	成都、道孚、天水
11	2009-12-21T13:15:10	青海省海西蒙古族藏族自治州德令哈市	5.0	西宁、玉树、大武、都兰、格尔木、湟源
12	2010-04-14T07:49:40	青海省玉树藏族自治州玉树县	7.1	玉树、道孚、大武、格尔木、都兰

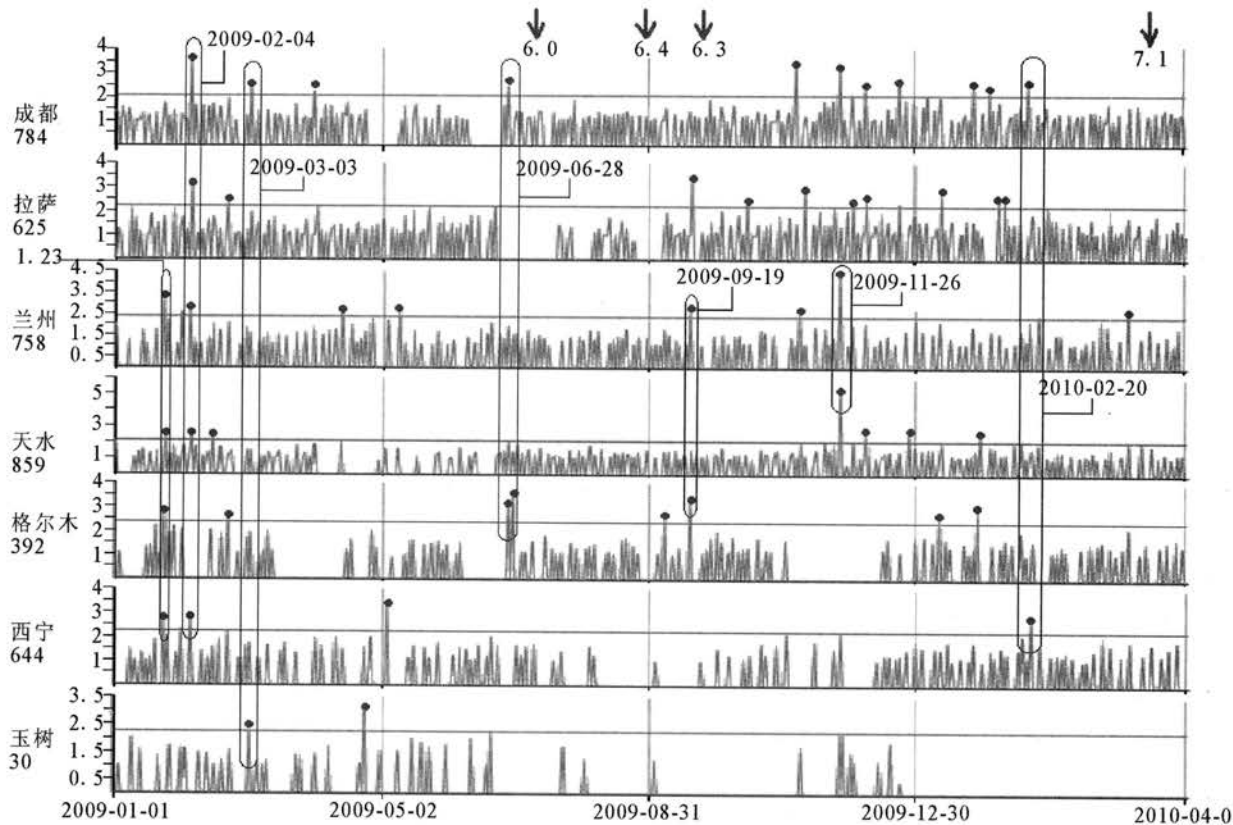


图 2 地磁场垂直分量加卸载响应比与玉树地震(红线为阈值 $P_0(Z)=2.2$)

Fig. 2 Load-unload response ratio of geomagnetic vertical component and the Yushu earthquake
(The redline refers to threshold value $P_0(Z)=2.2$)

表 3 地磁垂直分量加卸载响应比 $P(Z)$ 多台同时出现高值的情况统计

	同时出现高值的时间	同时出现高值的台站	$P(Z)$
1	2009-01-23	兰州、格尔木	3.11、2.68
2	2009-02-04	成都、拉萨	3.51、3.03
3	2009-03-03	成都、玉树	2.41、2.28
4	2009-06-28	成都、格尔木	2.43、2.97
5	2009-09-19	兰州、格尔木	2.55、3.26
6	2009-11-26	兰州、天水	4.27、5.35
7	2010-02-20	成都、西宁	2.4、2.63

10 个月内出现了一次异常,而其他台站都在 500 km 之外,这可能与玉树台较低的监测水平,和较差的资料质量有关。需注意的是,图中的零星高值不是同时出现,因此不能判定是地震异常。

通过以上的分析证明了玉树地震前震源区附近地磁加卸载响应比出现的异常信度较高。震前玉树等地磁台及其周围地区的磁场发生了变化,这种现象在震前是客观存在的。通过分析计算玉树等地磁台 2009 年 1 月 1 日至 2010 年 4 月 14 日的地磁垂

直分量的数据资料,发现地震前 10 个月,玉树等地磁台地磁加卸载响应比值 $P(Z)$ 明显有异常高值出现。

2.2 地磁场垂直分量日变化幅度逐日比与玉树地震

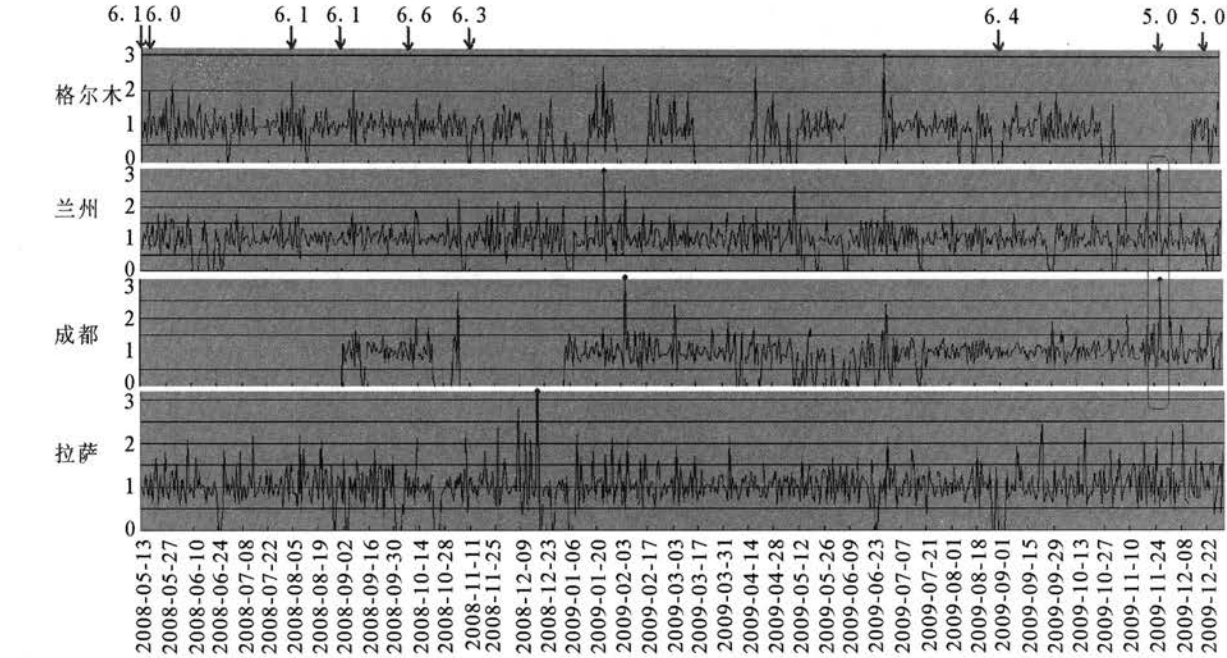


图 3 地磁垂直分量日变化幅度逐日比与地震
Fig. 3 The ratio of daily variation of geomagnetic vertical component and the Yushu earthquake

利用上述资料根据公式(3)计算结果如图 3 所示。由于此区域与华东地区处于相同的纬度,故将异常判据阈值取为 2.9。图中给出了相应台站的地磁垂直分量日变化幅度逐日比,并给出了台站附近 500 km 以内 5.0 级以上地震,震中距超过 500 km 未再标出。

计算了 4 个地磁台垂直分量日变幅,求出各自的日变幅逐日比的比值,发现在玉树 7.1 级地震前 10 个月内,兰州、成都台地磁垂直分量日变幅度逐日比 $Y(z)$ 同时出现明显的高值异常。

因此,从以上初步分析结果来看,此次玉树 7.1 级地震震前震中附近地区存在中短期性质的地磁垂直分量日变化幅度逐日比异常,震前震源区附近地磁场变化与地震(10 个月内)有较好的相关性。

2.3 地磁场垂直分量日变化空间相关与玉树地震

冯志生等^[10]通过对江苏地区的观测资料分析发现,在中高纬度地区(30°以上),冬季(每年的 11 月初至次年的 2 月底)的地磁 Z 分量日变化较弱,信噪比低,相关性差,无法提取该时段地震的前兆异常,建议该时段内的相关系数不参与计算 $\bar{R}$ 及 σ ,并称该时段为无效时区。

由于成都、兰州、天水地磁台 2010 年的 Z 日变

震

本次研究选取的资料为:格尔木、拉萨、兰州、成都台的 2008 年 05 月 13 日至 2009 年 12 月 31 日的 Z 的日变化数据。

化空间相关数据在国家地磁台网数据库中实在无法搜到,所以有可靠数据的地磁台站仅见图 4 和图 5。本次研究选取 2 个同纬度区的参考台(新沂、高邮)和 8 个观测台(图 4、图 5),观测数据为这些台的垂直分量 2010 年 3 月 1 日至 4 月 14 日的绝对分钟值数据。(由于该方法与本文介绍的其它方法在原理上有很大区别,所以选取的数据时段也截然不同)

计算前按给定台站经度自动进行延时处理后,根据上述相关系数计算公式对选定数据进行处理,计算出 $\bar{R}-2\sigma=0.85$;各台与参考台的相关系数随时间变化曲线如图 4、5。

如图所示,湟源、格尔木、西宁、道孚、都兰和拉萨在 3 月份前半月以及 4 月份中旬,相关系数都有不同程度的低值脉冲变化过程,并且均发生在 7.1 级地震之前(图中阴影)。并且,越是靠近震中区的台站(如玉树、大武台)出现异常的时间越长,异常量也越大大;而距离震中区较远的台站(如湟源、拉萨台)出现异常的时间则较短,异常量也较小。

仔细观察还可以发现,虽然高邮台、新沂台与各观测台相关系数的变化程度不尽相同,但以上两个参考台的分析结果在相同时间域内都有类似的变化,这可以充分说明此次地震异常变化是由观测台

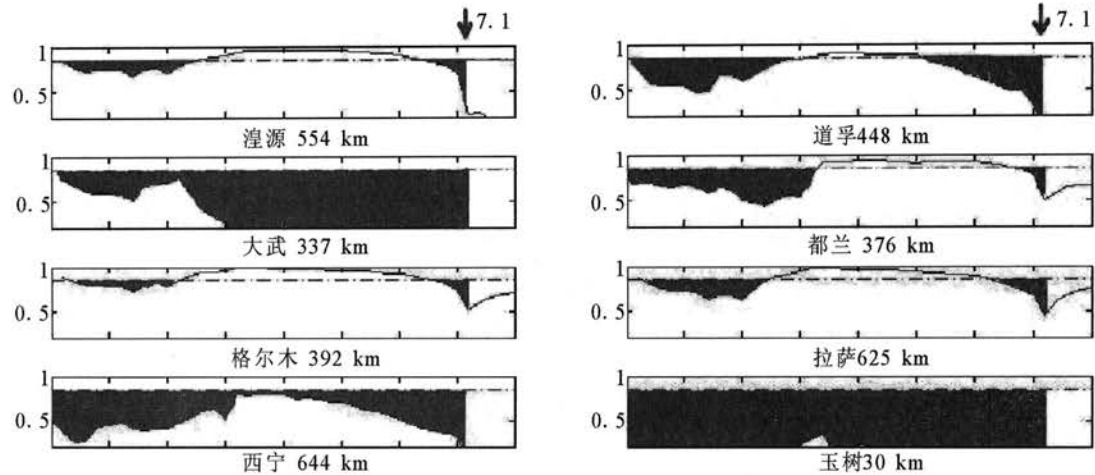


图 4 地磁垂直分量日变化空间相关与地震(参考台:高邨台)

Fig. 4 Daily variations spatial correlation of the geomagnetic vertical component and the Yushu earthquake (the reference station: Gaoyou station)

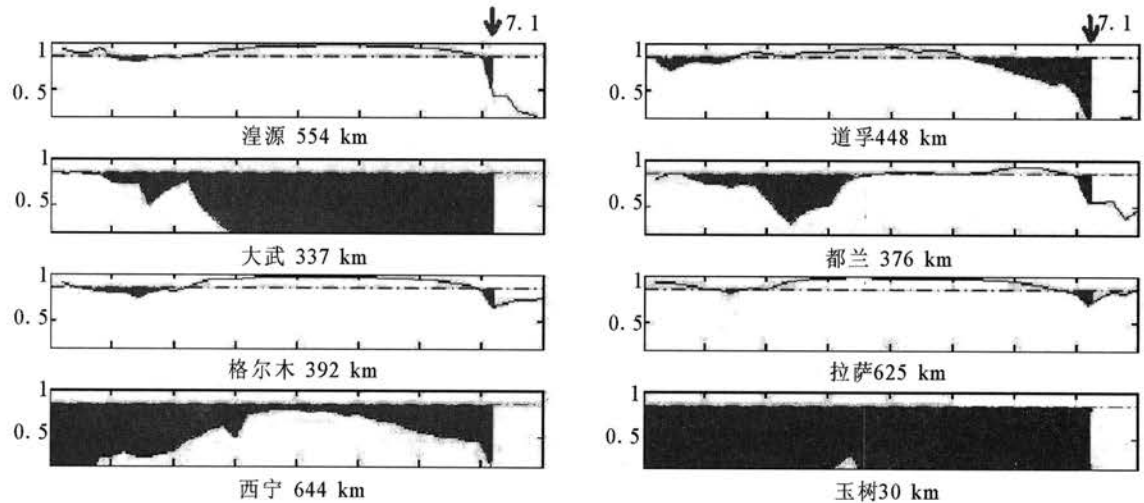


图 5 地磁垂直分量日变化空间相关与地震(参考台:新沂台)

Fig. 5 Daily variations spatial correlation of the geomagnetic vertical component and the Yushu earthquake (the reference station: Xinyi station)

引起的。

以上异常均出现在玉树震前 1~2 个月内。故该法系短临异常分析方法,主要用于定量提取地磁垂直分量日变化畸变异常。

2.4 地磁场垂直分量低点位移与玉树地震

根据时间的预测经验,选用全国地磁台站 2010-02-28—03-08(玉树地震 41 天前的前后 4 天)以及 2010-03-14—22(玉树地震 27 天前的前后 4 天)的地磁垂直分量日变化相对分钟值。

经过计算低点时间(本文全部为北京时间)、作图分析比较,发现 2010-03-05 的地磁低点位移异常与玉树地震有较好的相关性(图 6)。

从图 6 可看出 2010 年 3 月 5 日中国大陆地磁场出现低点位移异常,低点时间分为三个区域。东

部有一条突变分界线,穿过内蒙古东部、山西、河南、四川、湖南、江西、福建地区,分界线以西大致为 14 时左右,以东为 11~12 时;我国中西部青海、甘肃地区有一个闭合圈,圈内时间约为 18 时左右,圈外为 14 时左右。异常出现后 40 天,在低点位移分界线附近发生了青海玉树 7.1 级地震。

3 结束语

本文根据地磁映震效应理论,采用地磁垂直分量加卸载响应比、地磁垂直分量日变化幅度逐日比、地磁垂直分量日变化空间相关、低点位移等方法,研究了震源区地磁场变化与玉树地震的相关性,发现它们之间有良好的对应关系。

(1) 加卸载响应比与玉树地震

利用玉树等地磁台 2009 年 1 月 1 日至 2010 年

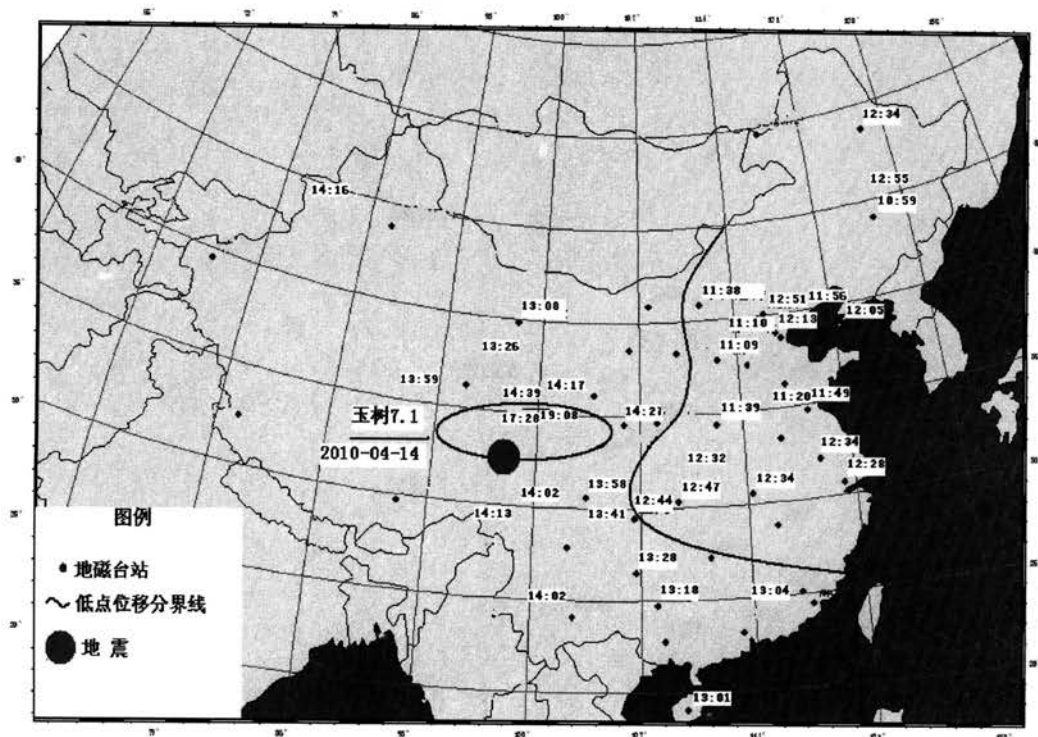


图6 2010年3月5日地磁低点位移异常

Fig. 6 Displacement anomaly of geomagnetic low point in March 5, 2010

4月30日间地磁垂直分量日变化数据资料,计算出 $P(Z)$ 值,发现玉树7.1级地震前10个月,玉树等地磁台地磁加卸载响应比值 $P(Z)$ 明显有异常高值出现,异常信度较高(图2)。

(2) 日变化幅度逐日比与玉树地震

利用格尔木等地磁台2008年5月13日至2009年12月31日的地磁垂直分量日变化数据资料,发现在玉树7.1级地震前10个月内,兰州、成都台地磁垂直分量日变幅度逐日比 $Y(Z)$ 明显有高值异常出现(图3)。此次玉树7.1级地震震前震中附近地区存在中短期性质的地磁垂直分量日变化幅度逐日比异常,震源区附近地磁场变化与玉树地震有较好的相关性。

(3) 日变化空间相关与玉树地震

利用玉树等地磁台2010年3月1日至2010年4月14日间地磁垂直分量日变化数据资料,计算出玉树等观测台与新沂、高邮参考台之间的相关系数 R ,发现玉树7.1级地震前1~2个月内,所有台站的相关性都较差,并伴有明显的震前相关性低值异常(图4和图5)

岳明生等(2009)指出,一个6级地震的震前相关性低值异常的幅度和持续时间就有可能达到1~2月份无效时区的相关性变化。因此一个7.1级地

震在震前完全有可能出现图中所示程度的异常。

(4) 低点位移与玉树地震

利用全国地磁台站2010-02-28—03-08日(玉树地震41天前的前后4天)以及2010-03-14—22日(玉树地震27天前的前后4天)的地磁垂直分量日变化相对分钟值,经过计算低点时间^[11](本文全部为北京时间)、作图分析比较,发现2010-03-05的地磁低点位移异常与玉树地震有较好的相关性(图6)。

以上研究结果表明,地磁垂直分量加卸载响应比、地磁垂直分量日变化幅度逐日比、地磁垂直分量日变化空间相关、低点位移等方法作为地震预测的中短期预报方法,对玉树地震的依磁报震具有一定的意义。本文的研究只是初步性的探讨,加上经验少,故暂时还不能得出异常值与震级、震中距、地震发生的时间之间的定量关系。最好结合青海省其他台站进行研究,这样才更有实用价值。

参考文献

- [1] 祁贵仲. “膨胀”磁效应[J]. 地球物理学报, 1978, (1): 18-33.
- [2] 冯志生, 夏忠, 梅卫萍, 等. FHD磁力仪分量线圈装置误差对磁偏角观测的影响分析[J]. 地震, 2003, (4): 98-104.
- [3] 王宣文. 地磁日变规律的破坏与地震的关系研究[J]. 地震地磁观测与研究, 2003, 24(1): 1-6.

- [4] 曾小平, 续春荣, 赵明, 等. 地球磁场对太阳风的加卸载响应与地震[J]. 地震地磁观测与研究, 1996, 17(1): 49-53.
- [5] 丁鉴海, 卢振业, 黄雪香. 地震地磁学[M]. 北京: 地震出版社, 1994.
- [6] 丁鉴海, 余素荣, 王亚丽. 地磁低点位移现象与强震预测研究[J]. 电波科学学报, 2008, 23(6): 3-9.
- [7] 徐文耀. 地磁学[M]. 北京: 地震出版社, 2003.
- [8] 徐文耀. 磁层电场引起的 S_q “低点位移”[J]. 地震地磁观测与研究, 1985, 6(1): 8-12.
- [9] 宋治平, 尹祥础, 陈学忠. 加卸载响应比的时空演变特征及其对地震三要素的预测意义[J]. 地震学报, 1996, 18(2): 179-186.
- [10] 冯志生, 王建宇, 蒋延林, 等. 地磁 Z 分量整点值空间相关法在江苏地区地震预报中的初步应用[J]. 地震学刊, 1998, 18(3): 13-18.
- [11] 高玉芬. 地磁垂直分量日变化极小值出现时间空间分布异常初析[C]//国家地震局科技监测司. 地震预报方法实用化研究文集: 地磁地电专辑. 武汉: 学术书刊出版社, 1990.