

2007年3月13日福建顺昌4.9、4.7级地震前 福建流动地磁观测资料异常分析

李 华, 黄莉菁, 许仪西
(福建省地震局, 福建 福州 350003)

摘 要:利用地磁差值年同期差值法计算分析得出2006年4月福建西部的流磁观测结果出现异常, 认为可能与福建顺昌4.9级、4.7级地震前的区域应力场增强有关;震前沿断裂走向分布的流磁测点同步出现异常,可能与断裂构造部位应力比较集中有关。

关键词:顺昌地震;流动地磁;年同期差;异常

中图分类号: P315.72⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2007)03-0267-04

Analysis on the Anomalies in Mobile Geomagnetic Survey before Shunchang M4.9, 4.7 Earthquakes on March 13, 2007 in Fujian Province

LI Hua, HUANG Li-jing, XU Yi-xi

(Earthquake Administration of Fujian Province, Fuzhou 350003, China)

Abstract: Using the method of geomagnetic annual difference, the anomalies in data of mobile geomagnetic survey in April, 2006, in west area of Fujian province are identified. It is considered that the anomalies are relate to the increasing of the regional stress field before M4.9 and M4.7 earthquakes in Shunchang county, Fujian province. It is also found that the anomalies synchronistically occurred in the stations which distribute along a fault before the earthquakes. It is possible that the phenomena is relate to the stress centralizing in some structure parts.

Key words: Shunchang earthquakes; Mobile geomagnetic survey; Annual difference; Anomaly

0 引言

众所周知在许多地震前都观测到局部磁异常。由于定点地磁观测台站布设密度较低,如福建省仅建有5个定点地磁观测台站,最近的两个地磁台相距也达100多公里,对研究本区地磁场的空间分布和时间变化特征明显不足。而流动地磁观测网内测点分布较稠密,可较好地反映面上反映出局部地区的地磁场变化情况,是对区域定点地磁观测台网的有益补充。2007年3月13日10时22分和23分,在历史上属少震、弱震区的福建省顺昌县郑坊乡(N26.72°, E117.75°)接连发生了M_L4.9、4.7双震型地震。经实地调查研究认为这次地震属于构造地震,发生在福建省NE向政和一海丰断裂带旁侧的

次一级断裂带上。这次地震是继1997年5月31日福建永安西南5.3级地震后近十年来发生在福建内陆地区的最大地震,从而引起了大家的广泛关注。本文采用地磁差值年同期差值法对福建省流动地磁观测资料进行处理分析后认为,在地震前一年福建省流动地磁观测资料结果就显示福建西部区域地磁场出现异常变化,并就该异常变化与福建顺昌地震之间的关系进行分析探讨。

1 福建流动地磁测点概况和资料处理方法

1.1 流动地磁测点分布概况

福建流动地磁观测网于1975年开始主要沿北

收稿日期: 2007-04-20

作者简介: 李华(1971—),女(汉族),湖南嘉禾人,工程师,现主要从事电磁学科分析预报工作。

东向长乐—诏安断裂带及福建西部闽赣交界地区进行布设(图1),其中福建西部(含闽赣交界地区)原有10个测点,2002年后又增设永安、小陶、连城三个测点,现共有13个测点。由于该区地处福建内

陆,观测环境较好,观测资料受外界干扰较小,每期资料经检查验收均为优良成果。1987年江西寻乌发生5.6级地震,离震中10 km的测点上地磁变化量达15 nT,是震磁效应的典型例子^[1]。

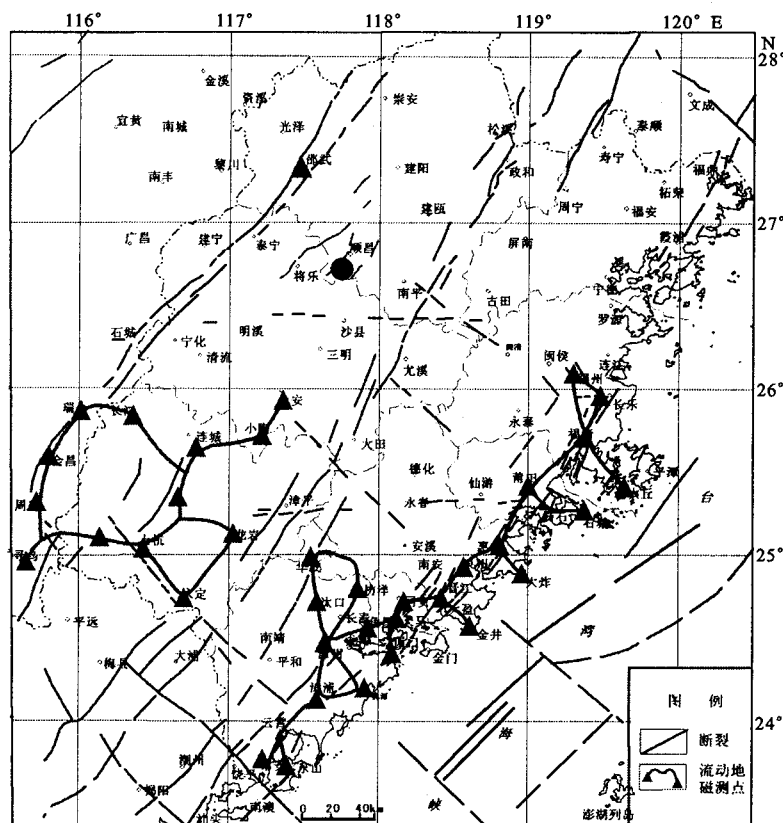


图1 福建主要的断裂构造及流动地磁测网分布图

Fig.1 Distribution of main faults and mobile geomagnetic survey net in Fujian.

1.2 资料处理方法及异常指标

福建流动地磁观测每年四月定期对福建西部测点复测一次,各测点年同期差的计算方法为:先计算出测点 i 的通化值 F_i 和对比台在通化时刻的值 F_0 的差值 ΔF_i ;再求出前后两期 ΔF_i 的变化量 δf_i 。年同期差 δf_i 的计算公式为

$$\delta f_i = \Delta F_{i,j+1} - \Delta F_{i,j} \quad (1)$$

式中 $\Delta F_{i,j}$ 为测点 i 第 j 期通化值差值。

在对野外地磁测量的成果质量进行评价时,通常用标准偏差 σ_n 作为依据, $\sigma_n = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\delta F_i - \delta \bar{F})^2 / n}$,式中 δF_i 为测点 i 的相对变化,即 $\delta F_i = \delta F'_{i2} - \delta F'_{i1}$; $\delta \bar{F} = \sum_{i=1}^n (\delta F_i / n)$; $\delta F'_{i1} = F_i - F_0$,脚标1,2分别表示相邻的前后两期的测量, F_i 为测点 i 的通化值, F_0 为对比台在通化时刻的值。根据实际资料统计,在200 km范围内磁测成果的标准偏差为2 nT左右^[2]。福建西部流磁测网尺度范围 ≤ 200 km,由

此可以估计该区磁测精度多数为2 nT左右。另根据国家地震局《地震地磁野外测量规范》中规定的计算整个测区均方误差 σ_{Σ} 的方法,对福建西部各测期观测资料进行计算分析,各测期内 $\sigma_{\Sigma} \leq 2.5$ nT。一般情况下对单个流动地磁测点资料进行分析时,常以 $\delta f \geq 3$ nT作为判别异常的阈值^[3],故一般以 $\delta f \geq 3$ nT及测区异常点数 $N_a \geq 2$ 作为判定测区磁异常指标。利用该异常指标对福建西部正常年份流磁测点年同期差值异常情况进行检验分析。考虑到福建省流动地磁观测测期较长(一年只测一期),在计算分析时以发震前1年、当年和震后1年为异常年份,其余年份视为正常(即认为无明显震磁前兆)。表1为根据式(1)计算出的正常年份各磁测点的 δf 变化情况。为了能较客观地反映测点变化情况,表1采用1991—2002年连续观测的10个测点的 δf 值,观测时间较短的测点未计算在内。由表1可知,如采用 $\delta f \geq 3$ nT及 $N \geq 2$ 作为测区异常指标,在无

明显震磁前兆的 6 年中有 3 年被判定为测区出现磁异常,误判率高达 50%;如把异常的指标提高到 $\delta f \geq 3.5 \text{ nT}$ 和 $N \geq 3$,则这 6 年均判定为测区无明显磁异常,误判率为 0%。故本文采用 $\delta f \geq 3.5 \text{ nT}$ 及测区异常点数 $N \geq 3$ 作为判定福建西部磁异常的异常指标。

表 1 福建西部正常年份 δf 变化情况表 (单位:nT)

测点	1994 年	1995 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年
龙岩	-0.2	-3	缺数	-1.7	缺数	缺数
新泉	2.5	-2.2	1.1	0	-0.5	1.5
上杭	-0.5	-2.8	0.5	0.7	0.7	1.8
永定	1.1	-1	1	-1.3	3.1	-0.4
长汀	2.5	-3.9	1.7	0.6	-0.6	-2.2
武平	0.8	-1.9	-0.1	1	缺数	缺数
瑞金	缺数	缺数	-1.9	-0.4	4.2	4.9
会昌	0	-1.6	缺数	1.9	1.1	4
周田	2	-2.2	0.5	2	-0.1	0.1
寻乌	缺数	0.4	1.5	-1	5.4	3.4

* 注:表中缺数是由于测点及周边观测环境遭到破坏重新改点所致。

2 顺昌地震前流磁观测资料异常分析

1991—2002 年福建西部内陆地区发生了两次中强地震,1992 年 11 月 26 日福建龙岩 5.2 级地震和 1997 年 5 月 31 日永安西南 5.3 级地震。震前均

出现超出指标的异常(见表 2,表中超指标值和年份用黑体表示)。

表 2 福建西部两次中强震前后 δf 变化情况表 (单位:nT)

测点	1991 年	1992 年	1993 年	1996 年	1997 年	1998 年
龙岩	-2.7	-3.8	2.7	-2.3	缺数	缺数
新泉	1	-2.1	1.5	缺数	缺数	2
上杭	-0.4	-2.8	2.7	3.1	-2.2	-1.6
永定	0.9	-5.3	1	6	0.3	-4.1
长汀	-0.1	-1.6	2	4	-3.1	-0.7
武平	-2.7	-0.2	1.8	1.1	-2.5	-2
瑞金	2.1	-5.6	-3.5	3	-2.3	-3.9
会昌	4.2	-0.4	2.6	3.4	0.1	缺数
周田	-0.4	-1.6	2.4	2.1	-2.3	-1.6
寻乌	0.3	-6.5	干扰	4.1	-3.4	-1

* 注:表中缺数是由于测点及周边观测环境遭到破坏重新改点所致。

如表 2 所示,1992 年 4 月龙岩、永定、瑞金、寻乌 4 个测点 δf 超出该区异常指标,同年 11 月福建龙岩发生 5.2 级地震。据考查认为 NE 向政和一海丰断裂带附近次一级断裂为该地震的主要发震构造。在震前出现异常的龙岩、永定测点就紧邻政和一海丰断裂带布设,测点连线与断裂走向基本一致,见图 2 中的连线①。同时位于邵武—河源断裂带附近的瑞金、寻乌测点震前也出现磁异常,如图 2 中的

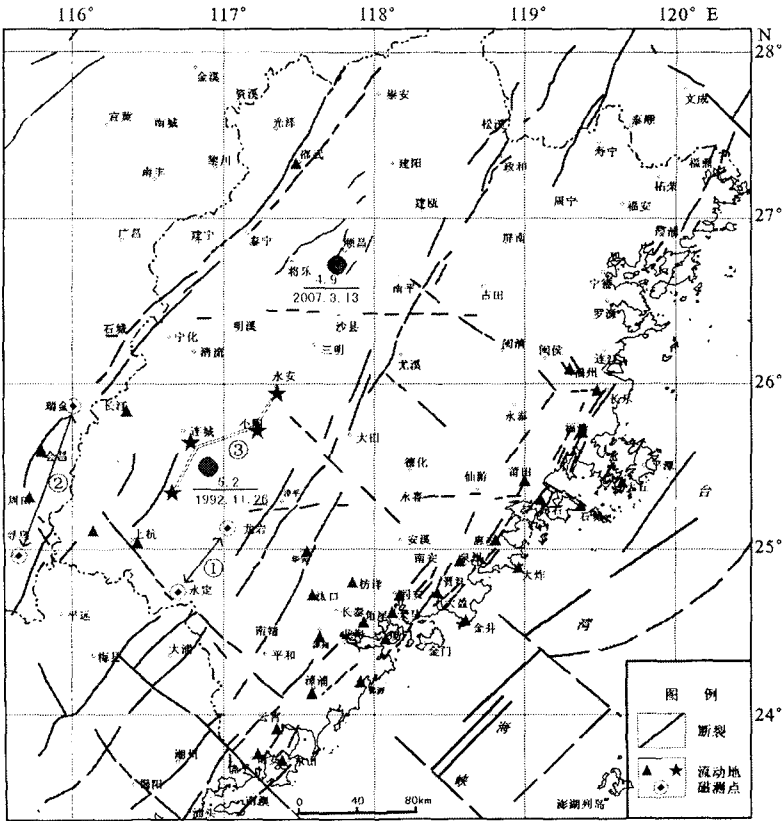


图 2 福建西部中强震前异常流磁测点分布图

Fig. 2 Distribution of the station with anomalies before moderate-strong earthquakes in Fujian.

连线②。4个出现磁异常的磁测点均位于政和一海丰断裂西侧,异常为“同向”磁异常,即磁场强度同为下降,而不在断裂带附近的测点其 δf 变化量均 <3.5 nT,震后1993年4月复测磁异常基本消失。在1996年4月的磁测中,永定、长汀、寻乌3个测点同步出现 >3.5 nT的磁异常,1997年5月31日发生永安西南5.3级地震。遗憾的是当时位于震中附近的永安、连城、小陶三个测点尚未布设。

2006年4月福建流磁测量结果显示,福建西部(含闽赣测区)正常观测的流磁测点中除瑞金测点外其余测点均同步下降,其中永安测点下降-4.6 nT、连城测点下降-4.1 nT、新泉测点下降-4.5 nT(见图3)。而同期观测的长一诏带测网内各测点 δf 却无明显异常,说明该异常只是位于福建西部内陆地区的局部磁异常。由历年的观测结果看,该区各测点的 δf 是随时间起伏变化而非稳定不变的,因此认为该区局部磁异常并非由稳定的场源产生,可能是由地震等构造运动引起的。

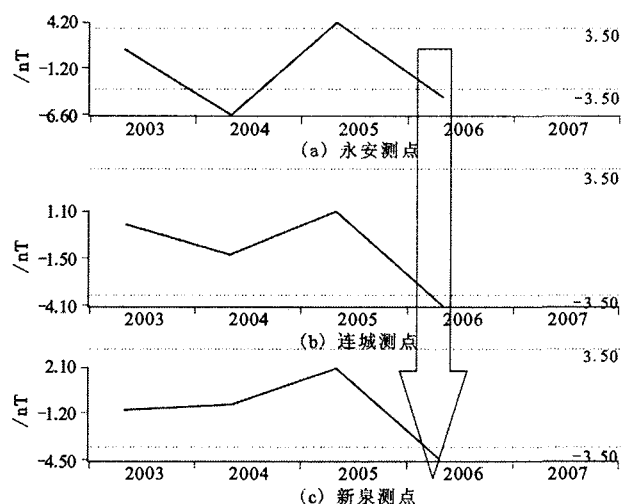


图3 永安、连城、新泉测点 δf 异常变化图
(2003—2006)

Fig. 3 Variation of δf in Yong'an, Lianchen, Xinquan stations(2003—2006).

有关研究表明,地震前与震源有关的震磁效应的范围可达数百公里。地震前除了在孕震区出现地下介质特征和应力应变的变化外,在孕震区所处区域构造块体边缘及其他特殊构造部位也会产生应力和电磁参数的大幅度变化,这种变化同样会引起地磁异常^[4]。所以在2006年4月的流磁观测中距2007年3月13日顺昌地震震中100 km左右的永安(约93 km)、连城(约150 km)以及新泉(约180 km)三个流磁测点的磁测结果同步下降超过3.5 nT,可能与震前孕震区的区域应力场变化有关。另

据调查研究,顺昌地震的发震构造为北东向政和一海丰断裂的次一级断裂,而震前位于该断裂西侧的福建西部流磁测网内除永安、连城、新泉三个流磁测点外,其余测点 δf 异常变化不明显。这一现象除了由于这三个测点距震中较近外,还可能因为这三个测点震中同位于政和一海丰断裂带西侧,三个测点沿NE向分布,测点连线与政和一海丰断裂走向基本一致。如果说震前这三个测点的磁异常是由测点附近的应力大幅变化引起的,是否可推断有一条NE向政和一海丰次一级隐伏断裂从顺昌延伸至此,有待于作进一步调查研究。

3 结论与讨论

(1) 以上研究表明福建西部内陆地区中强地震前一年左右,受区域应力场的作用会出现局部磁异常,异常超出 $\delta f \geq 3.5$ nT及异常点数 $N \geq 3$ 为测区异常指标。

(2) 2006年4月福建西部(闽赣交界地区)流磁观测结果异常可能与2007的3月13日福建顺昌4.9、4.7级地震前区域应力场的增强有关。

(3) 在福建内陆中强震前,沿断裂构造部位分布的流磁测点往往同步出现异常,是否表明震前这些断裂构造部位处是应力比较集中的部位值得进一步探讨。

2005年江西瑞昌5.7级地震到顺昌4.7级地震都发生在历史上的少震地区,故少震地区的地震观测研究工作也应引起我们的重视。由于种种原因,布设高密度的地磁观测台网以监视区域地磁场的异常变化目前难以实现,但流动地磁观测不失为是对定点地磁观测台站的有益补充。就福建的流磁观测现状来看如果能在福建中、北部地区再增加流磁测点并缩短流磁观测的测期,对福建省的震磁观测研究将是十分有益的。

(下转 274 页)

震的烈度区分为V、VI、Ⅶ度三个区(图4)。

由图4可见,穿越玉树地震V、VI、Ⅶ度区的构造带为乌兰乌拉湖至玉树构造带。该构造带西起青海省乌兰乌拉湖,往东经风火山、治多至玉树后延入四川,青海境内长约800 km,倾角 $40^{\circ}\sim 70^{\circ}$,总体呈NWW展布^[5]。V、VI、Ⅶ度区的长轴方向与该构造带的走向基本一致。

2.4 发震构造讨论

由以上的余震分布图表明余震的总体分布走向为NW向;震源机制解的第Ⅱ节面的走向为NW向;现场考察的宏观烈度区的长轴方向为NW向;穿越玉树地区的区域构造带(乌兰乌拉湖至玉树构造带)也是呈NW向分布;四者基本一致。由此分析玉树地震的主破裂面应为NW向,其发震构造为乌兰乌拉湖至玉树构造带。

3 结论

(1) 在2006年7月18日04时41分在青海玉树发生了5.0级地震,19日17时53分又发生了5.6、5.4级地震,2日内共发生了3次5级地震,最

大地震与次地震的震级之差小于0.6,属于震群性地震。

(2) 余震分布、震源机制解、宏观烈度区的长轴方向表明玉树地震的主破裂面为NW向,走向为 $291^{\circ}\sim 292^{\circ}$,与穿越震区的乌兰乌拉湖至玉树构造带方向一致,由此分析认为玉树地震的发震构造为乌兰乌拉湖至玉树构造带。

[参考文献]

- [1] 都昌庭,李文巧,卢宁,等. 2006年青海玉树5.0、5.6、5.4级地震灾害损失及震害特点[J]. 震灾防御技术, 2006, 1(4): 371-376.
- [2] 张国民,傅征祥,桂璧泰,等. 地震预报引论[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 33-37.
- [3] 张诚,曹新玲,等. 中国地震震源机制[M]. 北京: 学术书刊出版社, 1990: 1-34.
- [4] 屠泓为,王海涛,赵翠萍,等. 用P波、S波初动和振幅比计算新疆伽师两次强地震震源机制解[J]. 内陆地震, 2006, 20(2): 131-138.
- [5] 青海省地质矿产局. 青海省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1982: 538-550.

(上接 270 页)

[参考文献]

- [1] 福建省地方志编纂委员会. 福建省志·地震志[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2001: 104-105.
- [2] 丁鉴海,等. 地震地磁学[M]. 北京: 地震出版社, 1994: 88-91.
- [3] 国家地震局科技监测司. 中国地震预报方法研究[M]. 北京: 地震出版社, 1991: 321-329.
- [4] 国家地震局预测预防司. 电磁学分析预报方法[M]. 北京: 地震出版社, 1998: 209-215.
- [5] 郝锦琦, L M Hastic, F D Stacey, 等. 三维位错模式的地震压磁效应[J]. 地震学报, 1984, 6(增刊): 558-573.
- [6] 赵从利,詹志佳,高金田,等. 北京地磁测网调整与地震预测研究[J]. 西北地震学报, 2003, 25(3): 275-280.
- [7] 赵从利,詹志佳,高金田,等. G856质子旋进磁力仪及其在野外震磁测量中的应用[J]. 西北地震学报, 2000, 22(1): 74-78.
- [8] 马森林,黄庆玲. 大同—阳高中强地震的地磁短期异常空间演变特征再研究[J]. 山西地震, 1995, 2(1): 45-49.
- [9] 房宗维,黄庆玲,等. 滇西实验场地磁总强度的变化分析[J]. 地震地磁观测与研究, 2002, 23(4): 38-45.