

小江断裂带及邻区岩石圈磁场变化特征分析*

张忠龙, 赵育飞, 顾 健

(云南省地震局, 云南 昆明 650224)

摘要: 利用小江断裂及其邻区 2015 年和 2016 年共 4 期地磁总强度观测资料, 获得了相邻期岩石圈磁场的深部、浅表和居里面变化, 分析其变化特征。结果表明: (1) 2015 年 8 月—2016 年 3 月该区域岩石圈磁场总体表现为磁场能量从南段、中段到北段逐渐增强; (2) 在个旧附近, 岩石圈磁场变化特征明显, 在时间域上, 磁场变化表现出增强、减弱、再增强的特征; (3) 2015 年 8 月—2016 年 3 月, 在岩石圈磁场的深部、浅表变化中, 个旧附近都出现了磁场增强和减弱的明显边界。在岩石圈磁场的居里面变化中, 个旧附近也出现了居里面起伏变化的明显边界。

关键词: 小江断裂; 岩石圈磁场; 地磁总强度; 磁场变化

中图分类号: P318

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2017)03-0372-05

0 引言

地震的发生受构造运动控制(中国科学院地质研究所, 1997), 构造运动往往改变了局部岩石圈的物理特性, 进而导致岩石圈磁场发生变化, 岩石圈磁场异常是地球深部物理过程的重要信息来源之一(丁鉴海等, 1994)。云南地区 6 级以上强震常发生在活动断裂附近, 地震与活动断裂带有密切的成因关系(钱晓东, 秦嘉政, 2008)。小江断裂带是云南地区十分重要的活动断裂带, 位于川滇菱形地块南半部的东边界(毛燕等, 2016)。它是一条构造成熟度较低的断裂带, 尤其是断裂中南段。该断裂带内有多条次级断层, 彼此雁行排列, 形态复杂, 不仅断裂阶区多, 断层面陡且转弯亦多, 这些部位常处于闭锁状态, 应力强烈集中而且易引发强震, 历史上曾发生多次大地震。因此, 小江断裂带也成为了地震地磁监测的重点区域, 自 2014 年 8 月以来, 小江断裂带及邻近区域布设了由 216 个测点构成的地磁总强度监测网, 并分别于 2015 年 3 月和 8 月、2016 年 3 月和 8 月进行了 4 期观测。

地磁总强度数据经过日变通化、长期变改正后剥离得到岩石圈磁场。研究表明, 通过地磁总强度数据反演地面实测岩石圈磁场异常变化, 提

取有效的震磁信息, 可得出较为可靠的结论。顾春雷等(2012)以九江—瑞昌 5.7 级地震和汶川 8.0 级地震为研究对象, 建立两个震区的岩石圈磁场模型, 发现九江—瑞昌 5.7 级地震前后, 地磁总强度变化较为显著, 震前震中出现总强度高值异常区, 震后该高值异常迅速衰减百余纳特, 震中位于总强度高梯度带和低梯度带的交界区; 汶川地震震中位于岩石圈磁场总强度的零值线附近, 震区以外区域岩石圈磁场无明显变化。闰素萍等(2010)在分析东大别构造带地震地磁监测区岩石圈磁场特征时得出结论: 东大别构造带震磁监测试验区岩石圈磁场总强度分布与该区域构造单元有较好的对应关系, 反映了该区域构造分布情况。倪喆等(2014a)在分析芦山 7.0 级地震前后岩石圈磁场异常变化后认为: 芦山地震前岩石圈地磁总强度发生变化, 震中位于地磁总强度的零值线附近。倪喆(2014b)研究洱源 5.5 级地震前后地磁场化异常特征发现, 震前测区内相邻期总强度变化的正值区大致均衡, 逐渐演变为整个测区都是正值并出现高梯度带, 正值的高梯度带再演变为正负值交界的高梯度带, 此时震中位于正值高梯度带的边缘; 震后, 正负值交界的高梯度带远离震中, 正负值区又大致均衡。以上研究中分析了岩石圈磁场变化, 没有进一步分析岩石圈磁场

* 收稿日期: 2017-01-21.

基金项目: 2015 年地震行业科研专项——中国综合地球物理场观测—大华北地区(201508009)中协作任务《大华北地区西南缘地磁观测研究》和李建成院士站(2015IC015)。

变化在浅表和深部的变化以及居里面变化。本文利用已获取的小江断裂带及邻区4期地磁总强度数据，着重分析了该区域岩石圈磁场在深部、浅表和居里面的变化特征。

1 地磁数据及数据处理

1.1 地磁数据

小江断裂地磁总强度监测网（23°~28°N，101°~104°E）测点间距约25 km，测点周围环境良好，无电磁干扰。整个测区覆盖了小江断裂、红河断裂带中南部、楚雄建水断裂中南部、元谋—绿汁江断裂带、则木河断裂带及其周边区域。为了保证地震地磁监测的有效性和连续性，从2015年开始，每年的3月和8月对小江断裂总强度监测网各进行一次地磁总强度观测，且尽量保证每期都在原点位测量。测点分布和已有数据信息见图1和表1。

1.2 数据处理

地磁总强度数据的处理过程如下：

（1）日变通化。利用通海标准地磁台数据的分钟值对野外观测数据进行日变通化，主要目的是尽量消除变化磁场和感应磁场。4期数据日变通化时间见表1。

（2）长期变化改正。利用1995.0—2015.0年中国地区地磁场非线性变化模型（NOC）对日变通化后的数据进行长期变化改正（顾左文等，2006；陈斌等，2011），将日变通化改正后数据统一归算至2015.0地磁标准年代；地磁内源场由主磁场与岩石圈磁场组成。获取岩石圈磁场需要从地磁内源场中剥离掉核幔边界磁流体主磁场。

（3）模型计算。选取第12代国际地磁参考场模型（IGRF12）来获取地磁主磁场数据。由地磁长期变化改正数据减掉地磁主磁场数据，剥离得到岩石圈磁场数据。通过一次差分计算得到相邻测期岩石圈磁场数据的动态变化模型。为了保证地震地磁监测的连续性和可靠性，模型计算要求同一测点相邻两期的观测必须是在同一位置。但野外地磁测点由于各种原因会遭到不同程度的破坏，一部分测点相邻两期存在点位改动，在模型计算时需去除点位发生变动的测点，使用相邻两期测点位置相同的有效测点参与计算。同时为了提高模型计算精度，均匀选取测区周边的27个地

磁三分量矢量测点作为模型计算时的边界约束。文中模型计算时使用的有效测点和边界约束测点信息见图1和表1。

（4）解析延拓。使用重磁勘探系统软件GMS3.0对岩石圈磁场异常模型进行向上延拓，将实测岩石圈磁场异常换算成场源以及其它空间位置的磁异常，即换算成岩石圈磁场异常浅表部分、深部部分和居里面；居里面深度为15 km，浅表深

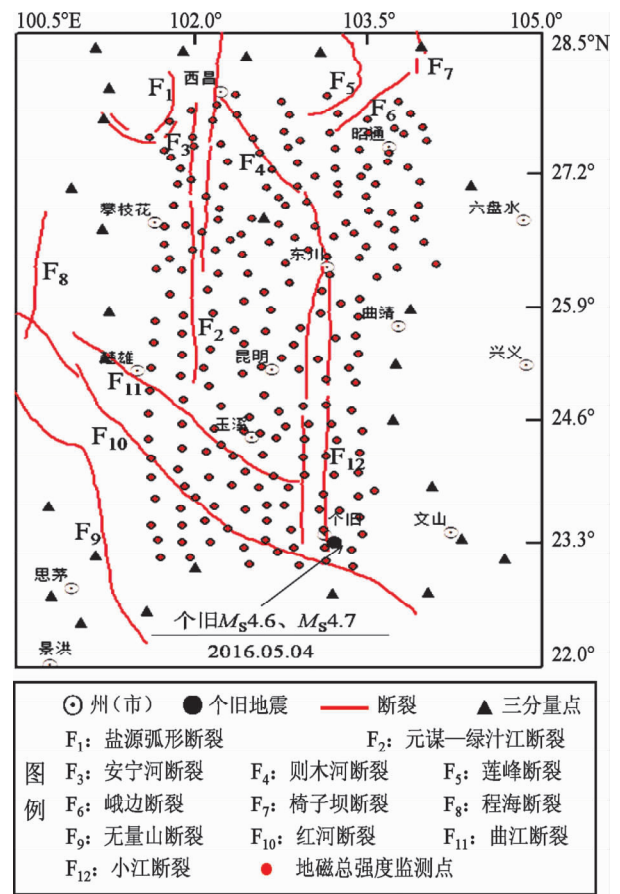


图1 小江断裂地磁总强度加密区测点分布图
Fig.1 Distribution of measuring points in the total intensity of Xiaojiang fault

表1 小江断裂地磁总强度加密区数据基本信息表
Tab.1 Data information on the total intensity of the Xiaojiang fault

年份	期数	实测 点数	测量 时间	通化 时间	有效 测点	边界约 束点
2015	第Ⅰ期	216	3月	3月9日	212	27
	第Ⅱ期	216	8月	7月2日	213	27
2016	第Ⅰ期	216	3月	3月13日	213	27
	第Ⅱ期	216	8月	8月15日	214	27

度小于 15 km，深部深度大于 15 km。主要目的是削弱局部干扰异常，压制浅部干扰，反映深部异常。同时利用 ModelVision 软件生成岩石圈磁场异常浅表部分和深部部分以及居里面的变密度伪彩色图像，提高数据视觉效果，便于岩石圈磁异常的直观判定。

2 结果分析

利用 4 期的地磁总强度观测资料，获得小江断裂及其周边区域相邻期岩石圈磁场异常的深部和浅表变化以及居里面变化。分析小江断裂岩石圈磁场在不同深度处的变化特征。2016 年 5 月 4 日在云南省个旧市 (23.28°N, 103.23°E) 发生了 4.6 级和 4.7 级地震，两次地震处于小江断裂带地磁总强度加密观测区内，发震时间也在数据观测期内。下文对个旧地震与岩石圈磁场异常变化相关的震磁信息进行讨论。

小江断裂带居里面变化分布如图 2 所示。在 3 个相邻期变化中，居里面变化特征在时间域和空间域上总体都表现为居里面起伏趋势从小江断裂南段、中段到北段持续增大，并且区域逐步扩大。

2015 年 3—8 月，在个旧附近区域居里面起伏趋势增强；在鲁甸县附近区域起伏趋势减弱。2015 年 8 月—2016 年 3 月，居里面起伏在个旧北部减弱，南部增强，在个旧附近出现居里面起伏趋势增强和减弱的明显边界；在鲁甸县北端和南端起伏趋势增强。2016 年 3—8 月，个旧附近区域居里面起伏表现为逐渐增强的趋势，之前出现的居里面起伏趋势增强与减弱的边界消失；而鲁甸县北端和南端居里面起伏增强的趋势更强、增强范围也更大。

小江断裂岩石圈磁场异常深部变化分布如图 3 所示。在 3 个相邻期变化中，岩石圈磁场异常深部变化特征在时间域和空间域上总体都表现为从小江断裂南段、中段到北段持续增强，并且磁场增强区域逐步扩大。2015 年 3—8 月，在个旧附近区域磁场增强；2015 年 8 月—2016 年 3 月，个旧北部磁场变化减弱，南部能量增强，在个旧附近出现磁场变化增强与减弱的明显边界；2016 年 3—8 月，个旧附近区域磁场变化增强，且能量增强程度更高、范围更大，且文前出现的磁场变化增强与减弱的交界消失。在 3 个相邻期变化中，鲁甸区域的磁场变化逐渐增强，并逐渐表现出磁场变化增强与减弱的较为明显的边界。

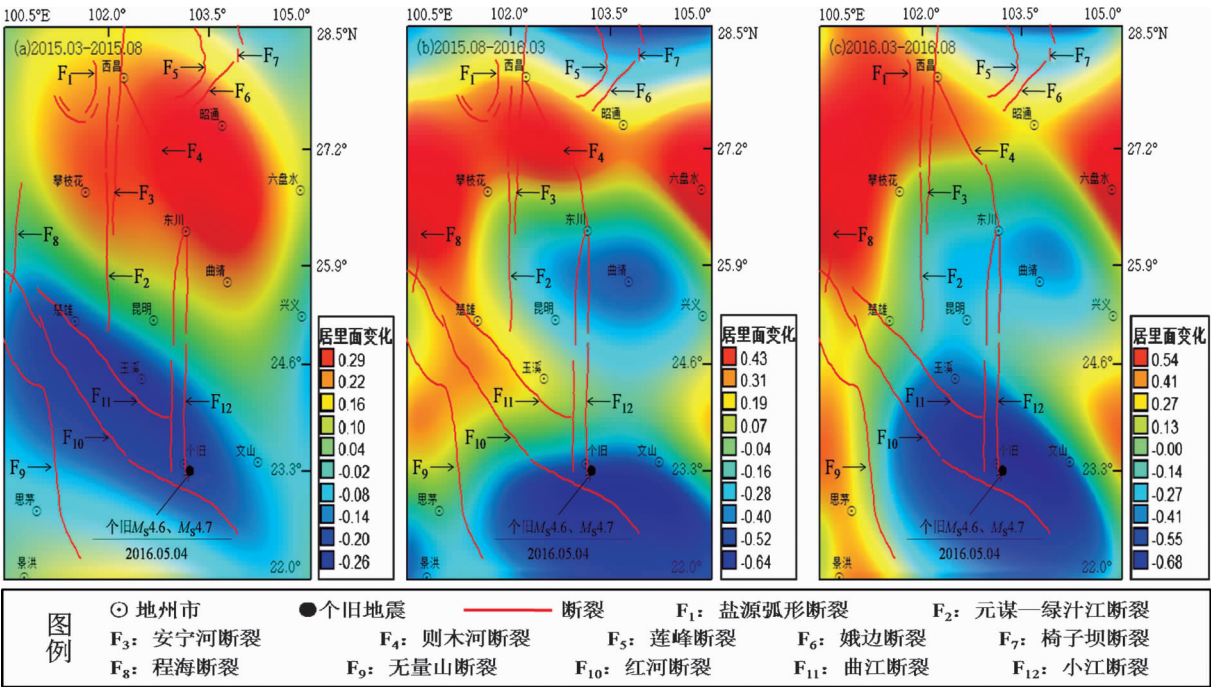


图 2 2015 年 3 月—2016 年 8 月小江断裂相邻期居里面变化分布

Fig. 2 Distribution of the variation of curiousive in successive period in Xiaojiang fault during March 2015 to August 2016

小江断裂岩石圈磁场异常浅表变化分布如图 4 所示。在 3 个相邻期变化中，岩石圈磁场浅表变化特征在鲁甸区域表现为逐渐增强，并在 2016 年 3—8 月出现较为明显的磁场变化增强与减弱的边

界。2015 年 3—8 月，在个旧附近区域磁场变化增强；2015 年 8 月—2016 年 3 月，在个旧附近出现磁场变化增强与减弱的边界；2016 年 3—8 月，个旧附近区域磁场变化增强。

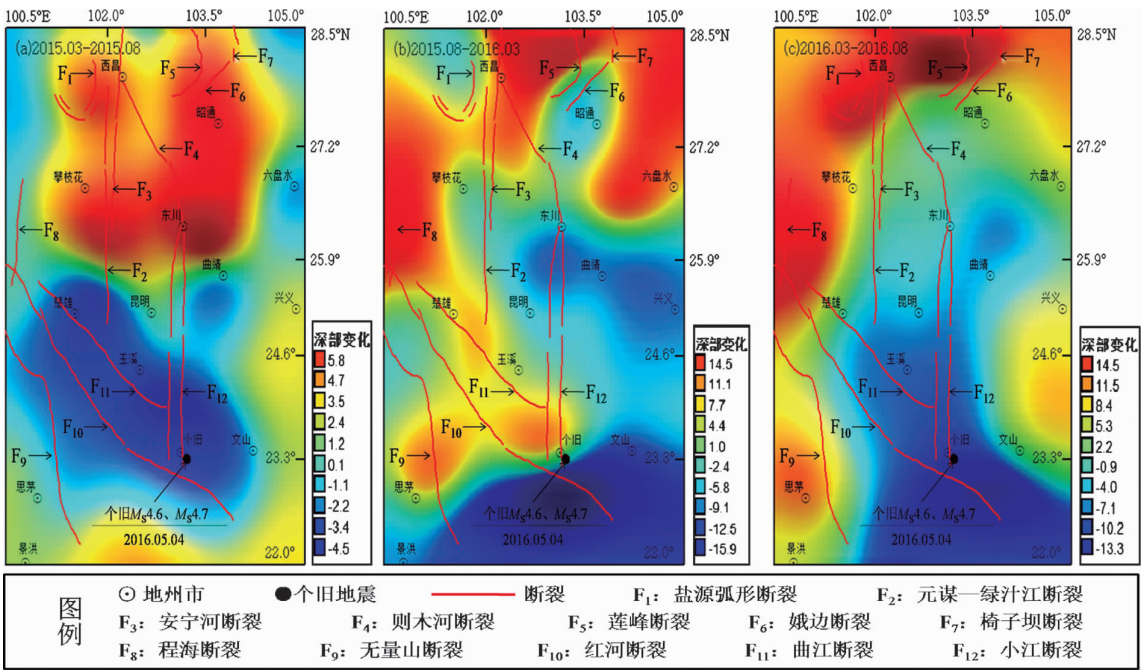


图 3 2015 年 3 月—2016 年 8 月小江断裂相邻期深部变化分布
Fig. 3 Distribution of deep changes in successive period in Xiaojiang fault during March 2015 to August 2016

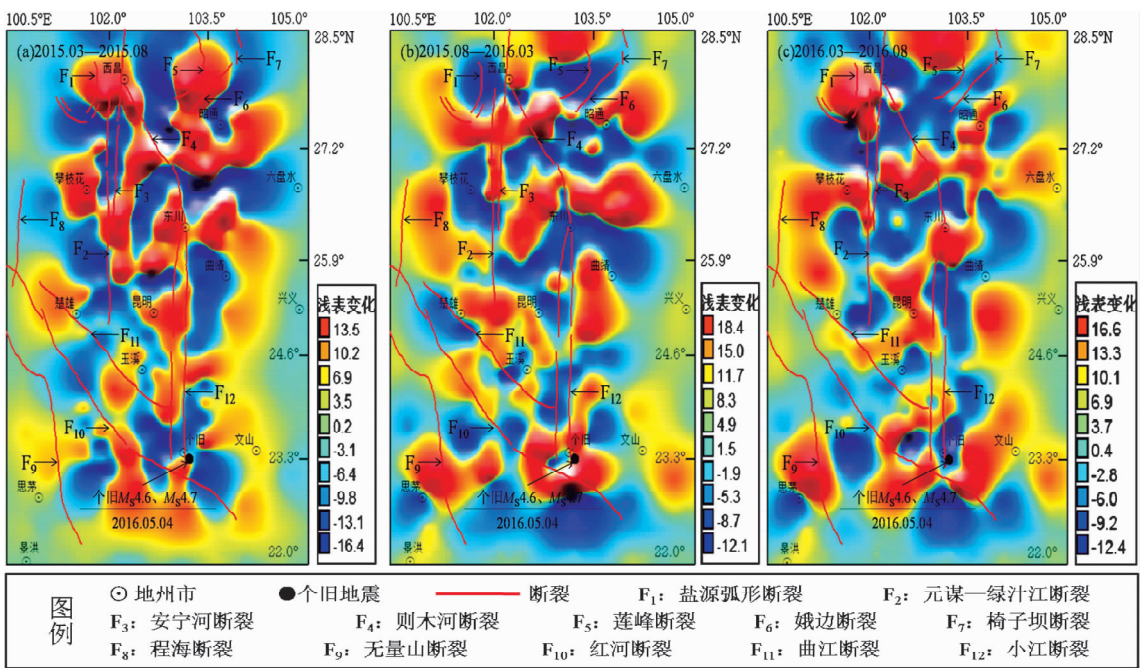


图 4 2015 年 3 月—2016 年 8 月小江断裂相邻期浅表变化分布
Fig. 4 Distribution of the varivation of superficial in successive period in Xiaojiang fault during March 2015 and August 2016

3 结论及讨论

利用 2015 年和 2016 年小江断裂带及邻区的地磁总强度 4 期测量数据,得到了小江断裂及其周边区域岩石圈磁场异常的深部和浅表分布以及居里面变化,进而分析岩石圈磁场异常变化特征。小江断裂岩石圈磁场异常总体表现为从南段、中段到北段逐渐增强;在个旧和鲁甸附近,岩石圈磁场变化特征明显;在时间域上,个旧附近磁场变化还表现出增强、减弱、再增强的特征,2015 年 8 月—2016 年 3 月,在居里面、深部和浅表分布中,个旧附近都出现了磁场能量增强和减弱的明显边界。是否可以得出结论:岩石圈磁场异常深部和浅表变化中出现磁场变化增强与减弱的明显边界以及居里面起伏变化的明显边界是有效的震磁信息。在以后的研究中需进行更深入、谨慎的分析。

参考文献:

- 陈斌,顾左文,狄传芝,等. 2011. 2009~2010 年大华北岩石圈磁异常分布及其变化特征[J]. 云南大学学报,33(5):548-553.
- 丁鉴海,卢振业,黄雪香. 1994. 地震地磁学[M]. 北京:地震出版社.
- 顾春雷,张毅,顾左文,等. 2012. 华北地震区岩石圈磁异常场零值线与中强震震中分布关系[J]. 西北地震学报,34(2):174-179.
- 顾左文,安振昌,高金田,等. 2006. 2003 年中国及邻区地磁场模型的计算与分析[J]. 地震学报,28(2):141-149.
- 毛燕,刘自凤,叶建庆,等. 2016. 小江断裂带强震危险性分析[J]. 地震研究,39(2):213-217.
- 倪喆,陈双贵,袁洁浩,等. 2014a. 芦山 7.0 级地震前后岩石圈磁场异常变化研究[J]. 地震研究,37(1):61-65.
- 倪喆. 2014b. 洱源 5.5 级地震前后地磁场变化异常特征分析[J]. 地震研究,37(3):426-431.
- 钱晓东,秦嘉政. 2008. 小江断裂带及周边地区强震危险性分析[J]. 地震研究,31(4):354-361.
- 闫素萍,张毅,张有林,等. 2010. 东大别构造带地震地磁监测试验区岩石圈磁场特征分析[J]. 地球物理学进展,25(5):1599-1604.
- 中国科学院地质研究所. 1997. 中国地震地质概论[M]. 北京:科学出版社.

Analysis of Characteristics of Lithosphere Magnetic field Change Anomalies in Xiaojiang Fault and its Adjacent Area

ZHANG Zhonglong, ZHAO Yufei, GU Jian

(Yunnan Earthquake Agency, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract

Based on the observation data of the 4 periods of total intensity of geomagnetism during 2015 and 2016 obtained from the Xiaojiang fault and its surrounding regions, the distribution of the variation of curiously and the lithosphere magnetic field anomalies in the deep and shallow areas. Then the characteristics of the magnetic field of the Xiaojiang fault are analyzed. The results show that: (1) The lithosphere magnetic field anomalies of Xiaojiang fault are generally enhanced from south, middle to north; (2) In the vicinity of Gejiu and Ludian, the characteristics of the magnetic field of lithosphere anomalies are obvious. In the temporal domain, the energy of the magnetic field near Gejiu shows the characteristics of enhancement, attenuation and then enhancement. (3) From August, 2015 to March, 2016, the obvious boundary of the magnetic field energy enhancement and weakening appeared in the distribution of the lithosphere magnetic field anomalies in the deep and shallow areas.

Keywords: Xiaojiang fault; lithosphere magnetic field; total intensity of geomagnetism; magnetic field variation