

# 2015年新疆皮山6.5级地震前岩石圈磁场 局部异常特征分析\*

丁新娟<sup>1</sup>, 杨福喜<sup>1</sup>, 贾路<sup>1</sup>, 王 粲<sup>2</sup>

(1. 新疆维吾尔自治区地震局, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 中国地震局地球物理研究所, 北京 100081)

**摘要:** 利用2013—2015年南北天山地区3期可靠的流动地磁矢量观测资料, 计算获得相邻两期区域岩石圈磁场变化。分析2015年新疆皮山6.5级地震前岩石圈磁场的局部变化特征, 研究这种演化特征与该地震的关系, 结果表明岩石圈磁场局部异常与测区内地震在空间上有一定的对应关系, 岩石圈磁场各要素在震中表现出不同程度的异常。

**关键词:** 地磁测量; 岩石圈磁场; 皮山6.5级地震

**中图分类号:** P318

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-0666(2017)03-0362-06

## 0 引言

地磁场由主磁场、岩石圈磁场、变化磁场和感应磁场4大部分组成(徐文耀等, 2008)。

岩石圈磁场能够反映地壳内的地质结构、构造, 以及地壳内部磁性矿物的分布。多数地震的发生位于地壳和上地幔顶部, 即岩石圈内, 在地震的孕育以及发生过程中, 会引起局部岩石圈的地质结构和应力状态等因素的变化, 从而导致局部的岩石圈磁异常(倪喆等, 2014a)。而传统的震磁效应分析多是以地磁基本场为研究对象, 地磁基本场包含主磁场与岩石圈磁场, 且主磁场占绝大部分, 利用地磁基本场来分析震磁效应, 会使得岩石圈磁场中相对微弱的震磁信息被淹没, 不利于震磁信息的提取及研究其规律, 因此通过对地磁基本场各成份剥离, 提取并分析岩石圈磁场在地震前后的时空变化特征, 将有助于对震磁效应及规律的捕捉和研究(顾春雷等, 2010)。

近年来, 国内地震地磁研究者通过对若干中强地震的分析, 比对地震前后岩石圈磁场的分布及变化, 认为岩石圈磁场异常空间分布与中强地震的发震地点具有一定对应关系(倪喆等, 2014b)。2015年7月3日新疆皮山发生 $M_s 6.5$ 地

震, 本文利用2013—2015年南北天山地区3期流动地磁矢量观测资料, 通过数据处理分析, 模型计算等过程, 获得了南北天山地区岩石圈磁场的变化, 分析皮山地震前的岩石圈磁场局部异常特征, 为地震前兆异常的辨别提供可供参考的资料和经验。

## 1 资料概况

本文使用2013—2015年南北天山地区( $73^\circ \sim 89^\circ E$ ,  $36^\circ \sim 47^\circ N$ )3期流动地磁观测资料, 测量区域东起吐鲁番火焰山, 西至伊尔克什坦斯木哈那, 北起塔城和布克赛尔, 南至新藏线甜水海, 覆盖了南北天山乃至新疆地区的主要地震带、人员密集区、经济发达地区, 图1为2013—2015年重复测量的76个测点的分布情况。野外测量主要的观测对象是测点所在位置的地磁场矢量, 包括地磁场总强度 $F$ 、磁偏角 $D$ 和磁倾角 $I$ 的绝对观测, 利用这3个已测的三要素可计算出其他4个要素(地磁场北向分量 $X$ 、东向分量 $Y$ 、水平分量 $H$ 和垂直分量 $Z$ )。3期的测量时间分别为2013年8月5日—9月8日, 2014年5月24日—6月26日, 2015年5月24日—7月12日, 其中2015年皮山6.5级地震周围的测点均是地震前完成的。

\* 收稿日期: 2017-01-21.

**基金项目:** 2015年度地震行业专项《中国综合地球物理场观测—大华北地区》(201508009)和新疆地震科学基金(201713)联合资助。

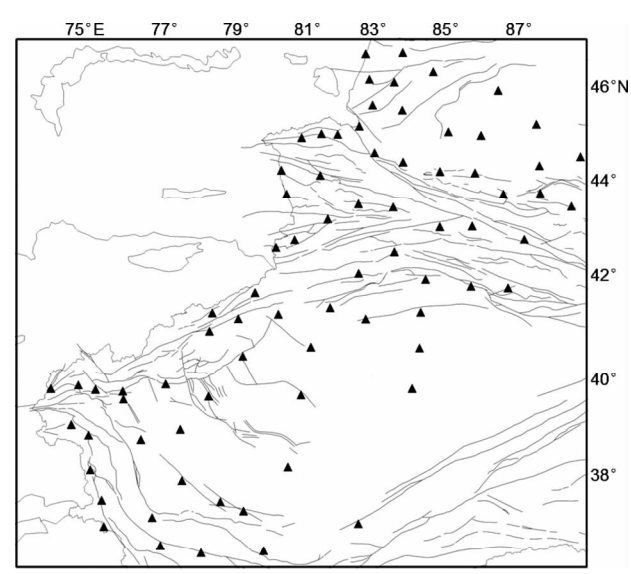


图1 南北天山地区流动地磁测点分布  
Fig. 1 Distribution of campaign magnetic measuring points in north and south Tianshan areas

## 2 数据处理和模型控制

### 2.1 数据处理

地面观测的地磁场是多种源的磁场成分的叠加,用地面地磁观测资料研究岩石圈磁场变化,来捕捉地震地磁异常时需要消除变化磁场和感应磁场成分(顾春雷等,2013)。首先,采用观测区域内及周边的地磁台站连续观测分钟值数据对野外观测资料进行地磁日变通化改正,可消除流动地磁观测数据中所包含的地磁场日变化等外源场成分(陈斌等,2011),其主要为短周期变化部分。我们采用观测区域内的乌鲁木齐(WMQ)和喀什(KSH)地磁台站连续观测分钟值,通化日为观测周期内磁情变化相对最平静日,通化零时为北京时间00:00—03:00的平均值,以2013年8月19日、2014年5月21日和2015年7月2日为通化日分别对3期的野外观测数据进行日变通化处理,通化后总强度 $F$ 的均方差小于1.5 nT,磁偏角 $D$ 与磁倾角 $I$ 的均方差都小于0.5'。

经地磁日变通化改正后的观测数据需要进行地磁场长期变化改正,以消除流动地磁观测数据中所包含的地球主磁场长期变化成分(该成分能量来自于核幔边界的磁流体动力学过程)。地磁日变通化改正后的数据采用“1995.0—2015.7 中国地区地磁基本场长期变化6阶NOC非线性模型”

进行地磁场长期变化改正通化(顾左文等,2009;陈斌等,2012),长期变化改正的标准地磁年代为2010.0年。

### 2.2 模型控制

根据上述通化后的观测数据,采用曲面样条计算方法(高金田等,2006)建立南北天山地区岩石圈磁异常模型。主磁场参考模型采用国际地磁学与高空物理学协会发布的第12代国际地磁参考场IGRF-12,将各期地磁基本场曲面样条修正模型的输出点阵数据减去IGRF-12(2010.0)相同空间坐标的输出点阵数据,即获得岩石圈磁场空间分布数值模型,将相邻两期的岩石圈磁场模型相减即可获得观测周期之间岩石圈磁场的变化模型。通过岩石圈磁场变化模型可分析监测区内地磁场动态变化规律及其与地震活动的关系。

## 3 岩石圈磁场局部变化特征

2015 新疆皮山 6.5 级地震地处西昆仑地震带,位于青藏高原造山带的西北端,根据中国地震局地质研究所公布的此次地震的区域地震构造图,该地震发生在泽普断裂附近(李金等,2016)。笔者根据岩石圈磁场变化模型,绘制了2013—2014(图2),2014—2015年(图3)的水平矢量变化、垂直矢量变化,总强度 $F$ 、磁偏角 $D$ 、磁倾角 $I$ 的等变线空间分布,来分析皮山地震前岩石圈磁场局部变化特征。

由图2可见,水平矢量在震中附近的矢量方向和量级均有变化,震中所在的泽普断裂东西两端水平矢量方向以北西向为主,量级由南向北呈现逐渐减小的趋势,泽普断裂以北的区域呈现由东向西的整体趋势,量级的变化并不明显,但是在震中矢量方向出现了明显的转折,震中位置方向凌乱,沿泽普断裂震中位置矢量方向呈现反向,断裂的北侧和南侧在震中位置又呈现出相向,且与周围区域相比,震中的量级也最小(图2a);垂直矢量在震中附近呈现由北向南的整体趋势,量级在震中位置相对较大,但整体变化并不明显,与周围区域相比震中区域矢量方向和量级都比较统一(图2b);整个观测区总强度变化的负值区域被正值区域包围,测区内正负值区域大致各占一半,负值区域较为完整,震中主要位于负值区域,且震中附近出现了正负值交界的高梯度带(图2c);

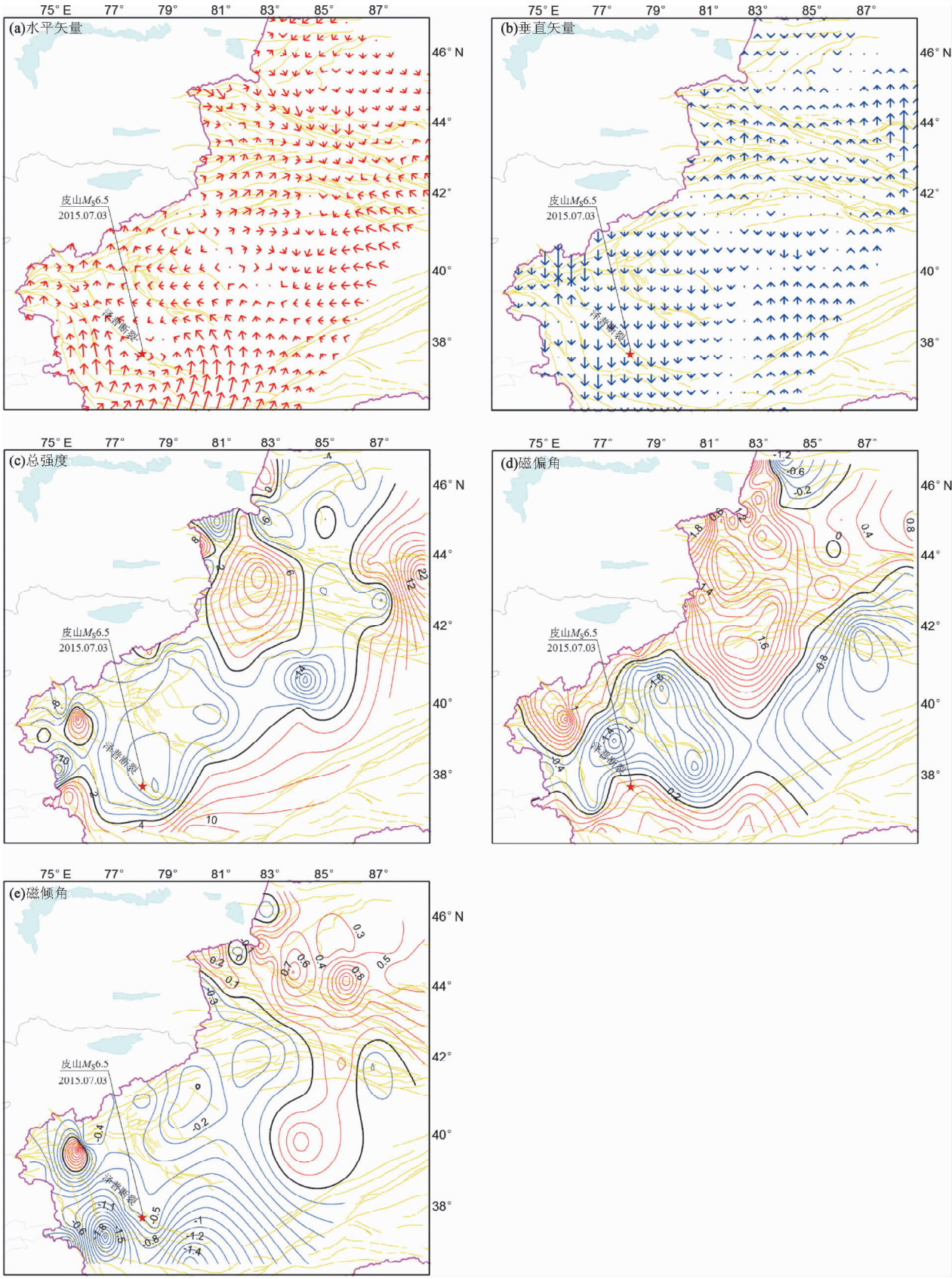


图 2 2013—2014 年南北天山地区岩石圈磁场变化分布图

(等值线中红色线表示正值, 蓝色线表示负值, 黑色线表示零线, 图 c 的等值线间隔为 2 nT, 图 d 和 e 等值线间隔 0.2°)

Fig. 2 The distribution of lithosphere magnetic changes in north and south Tianshan areas from 2013 to 2014



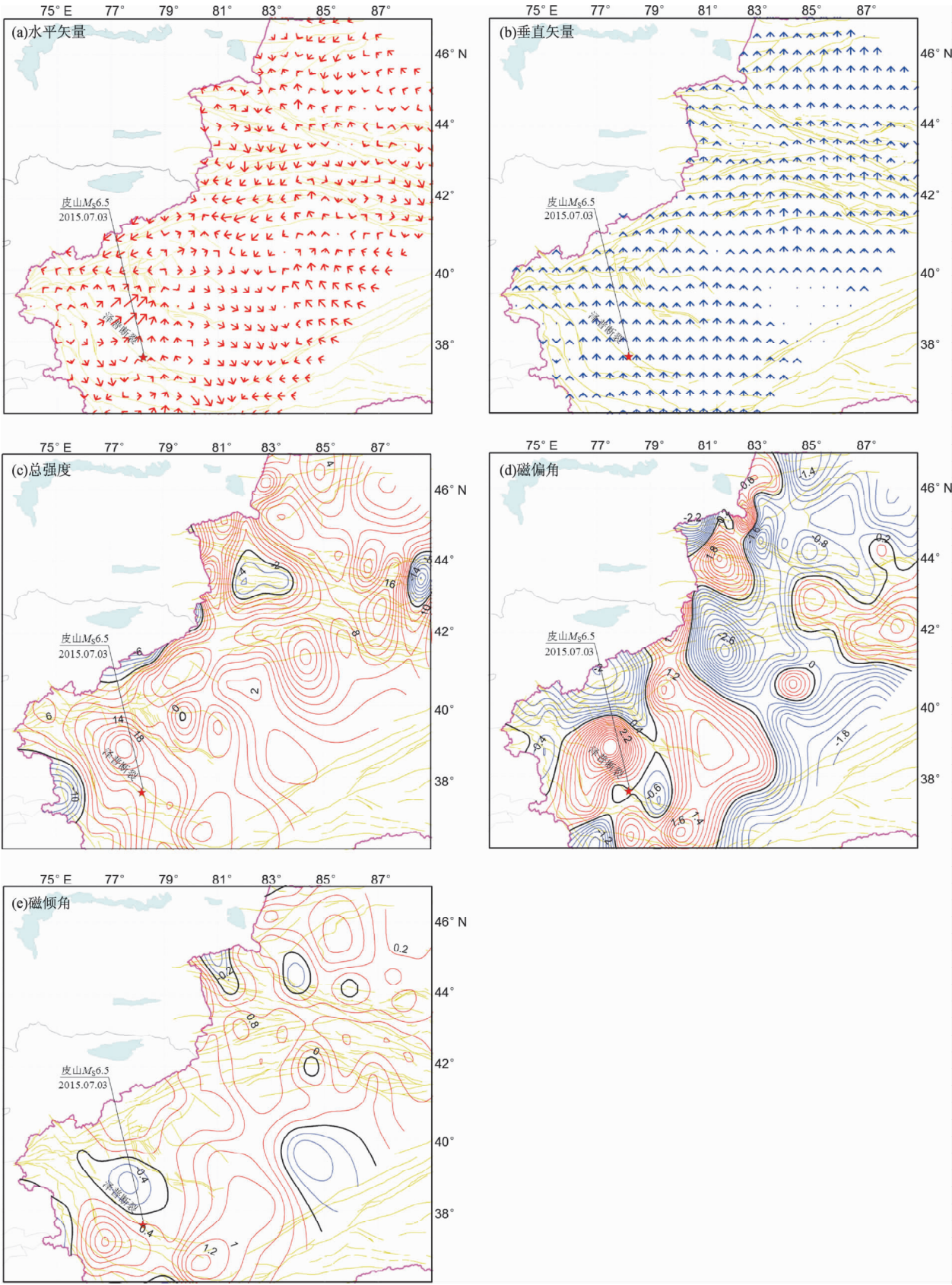


图 3 2014—2015 年南北天山地区岩石圈磁场变化分布图

(等值线中红色线表示正值，蓝色线表示负值，黑色线表示零线，图 c 的等值线间隔为 2 nT，图 d 和 e 等值线间隔 0.2°)

Fig. 3 The distribution of lithosphere magnetic changes in north and south Tianshan areas from 2014 to 2015

观测区内的磁偏角变化正负值区域基本相当,震中以北处于负值区域,以南处于正值区域,震中区域有零等变线穿过(图2d);磁倾角变化整体以负值变化为主,震中处于负值高梯度带,是整个观测区的负值高值区(图2e)。

由图3可见,水平矢量在震中附近仍然存在异常,矢量方向在震中区域出现明显转折,但是量级和异常范围较2013—2014年有所减少,泽普断裂两端的整体趋势消失(图3a);垂直矢量方向和量级仍未出现明显的异常,与2013—2014年变化方向正好相反(图3b);整个观测区总强度变化由之前的正负值区域大致各占一半,变为以正值区域为主,震中区域东部的正负值交界的高梯度带消失,震中位置由负值变成正值,异常逐渐消失(图3c);震中磁偏角变化由正值的高梯度带变成零线附近,震中以北的区域由负值变成正值,整个观测区正负值区域基本相当(图3d);磁倾角变化从之前的负值为主变成正值为主,震中附近有零线穿过,负值高梯度带消失(图3e)。

综上所述,皮山地震震前相邻两期的岩石圈磁场变化均在震中区域出现不同程度的异常特征,水平矢量在震前异常持续,在震中区域出现方向凌乱,量级减小的特征;总强度、磁偏角和磁倾角均是处于岩石圈磁场变化较大的区域,震中附近出现正负值交界的高梯度带或者有零变线穿过,在皮山地震震前总强度的异常逐渐消失,磁偏角与磁倾角的异常持续,异常特征明显。

## 4 结论与讨论

应用2013—2015年南北天山地区连续3期流动地磁观测资料,经过数据处理和模型控制获得相邻两期的岩石圈磁场变化模型,分析皮山地震前相邻两期岩石圈磁场变化的动态变化特征,结果表明:

(1) 地震对岩石圈磁场的变化影响较大,地

震前不同时间段震中区域的岩石圈磁场变化特征有所不同,需要持续关注。

(2) 岩石圈磁场局部异常与测区内地震在空间上存在一定的对应关系,异常特征主要表现在矢量方向、量级的变化,等值线的高梯度带以及零变线等,这些特征在皮山地震前均有不同程度的表现。

(3) 分析震前异常时应结合地磁各个要素共同分析,异常特征越多可信度就越高。

本文分析了皮山地震前岩石圈磁场变化的动态变化特征,这些变化特征可为今后研究震磁效应提供依据,但是地震与岩石圈磁异常的具体关系还需进一步的分析与研究,以便能做出更准确的定性定量的物理解释。

## 参考文献:

- 陈斌,顾左文,狄传之,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(自然科学版), 33(5): 548—553.
- 陈斌,顾左文,狄传之,等. 2012. 第11代国际地磁参考场[J]. 国际地震动态, (2): 20—29.
- 高金田,安振昌,顾左文,等. 2006. 用曲面 Spline 方法表示 1900—1936 年中国(部分地区)地磁场及其长期变化的分布[J]. 地球物理学报, 49(2): 398—407.
- 顾春雷,张毅,徐如刚,等. 2010. 地震前后岩石圈磁场变化特征分析[J]. 地球物理学进展, 25(2): 472—477.
- 顾春雷,张毅,徐如刚,等. 2013. 基于虚拟日变台进行地磁矢量数据日变通化方法[J]. 地球物理学进展, 26(3): 834—841.
- 顾左文,陈斌,高金田,等. 2009. 应用 NOC 方法研究中国地区地磁时空变化[J]. 地球物理学报, 52(10): 2602—2612.
- 李金,王琼,吴传勇,等. 2016. 2015年7月3日皮山6.5级地震发震构造初步研究[J]. 地球物理学报, 59(8): 2859—2870.
- 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,袁洁浩,王黎,等. 2014b. 2014年云南鲁甸6.5级、永善5.0级地震前岩石圈磁场局部异常特征分析[J]. 地震研究, 37(4): 537—541.
- 徐文耀,白春华,康国发. 2008. 地壳磁异常的全球模型[J]. 地球物理学进展, 23(3): 641—651.

# Analysis of Local Lithospheric Magnetic Field Anomalies Characteristics before Xinjiang Pishan $M_s6.5$ Earthquake in 2015

DING Xinjuan<sup>1</sup>, YANG Fuxi<sup>1</sup>, JIA Lu<sup>1</sup>, WANG Can<sup>2</sup>

(1. *Earthquake Agency of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830011, Xinjiang, China*)

(2. *Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China*)

## Abstract

By using reliable three periods mobile geomagnetic vector observation data in the north and south Tianshan Mountain area during 2013 and 2015, we obtained the differences between two successive periods of the lithospheric geomagnetic field. Then we analyzed the variation characteristics of the lithosphere local magnetic field before Pishan  $M_s6.5$  occurred on Jul. 3, 2015 in Xinjiang, and we studied the relationship between the evolution characteristics and the earthquake. The analysis results showed that there is a certain corresponding relationship between the local anomaly of the lithospheric magnetic field and the earthquake in the area, and all the elements of the lithosphere magnetic field showed abnormal characteristics in the epicentral area.

**Keywords:** magnetic survey; lithosphere magnetic field; Pishan  $M_s6.5$  earthquake