

艾萨·伊斯马伊力、黄恩贤、高丽娟, 2017, 2017年精河 M_s 6.6地震前地磁异常特征分析, 中国地震, 33(4), 764~770。

2017年精河 M_s 6.6地震前地磁异常特征分析

艾萨·伊斯马伊力¹⁾ 黄恩贤²⁾ 高丽娟¹⁾

1) 新疆维吾尔自治区地震局, 乌鲁木齐市新市区科学二街 338号 830011

2) 河南省地震局, 郑州 450016

摘要 2017年8月9日精河发生 M_s 6.6地震, 距震中 300km 范围内的温泉台、克拉玛依台、乌鲁木齐台捕捉到此次地震前的地磁异常信息, 本文对此进行了分析和总结, 结论如下: ①地磁谐波振幅比反应了观测点深部电阻率变化, 2016年呼图壁 M_s 6.2、此次精河 M_s 6.6地震均发生在克拉玛依台地磁谐波振幅比异常下降之后的转折和恢复阶段; ②震前 83天、21天沿北天山断裂带分布的地磁台站逐日比和加卸载响应比均成组出现超限的高值, 且异常高值的空间分布与震中位置有一定关联; ③全国大陆地磁台站震前 34天出现低点位移突变分界线, 且异常集中于震中附近。

关键词: 精河 M_s 6.6地震 地磁异常 谐波振幅比 逐日比 加卸载响应比

[文章编号] 1001-4683(2017)04-0764-07 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

0 引言

据中国地震台网测定, 北京时间 2017年8月9日7时27分, 新疆博尔塔拉蒙古自治州精河县境内(44.27°N, 82.89°E)发生 M_s 6.6地震, 震源深度约 20km。此次地震有感范围较广, 博乐、伊宁、克拉玛依、石河子、乌鲁木齐等地均有明显的震感, 地震对精河县、尼勒克县造成较大影响, 为新疆北天山地区 2016年12月8日呼图壁 M_s 6.2地震后发生的最大地震(图1)。

理论和震例表明, 地震孕育过程中地下介质电磁参数会发生变化, 由此也将引起地磁场的异常变化, 包括引起地磁场日变化异常(张国民等, 2001)。基于磁测深原理的地磁谐波振幅比可以反映深部地球介质电阻率的变化, 并已有较多的研究(冯志生等, 2004; 蒋延林, 2016); 而地磁垂直分量日变化幅度逐日比和加卸载响应比(冯志生等, 2000、2001), 以及地磁低点位移法是提取地磁垂直分量日变化地震异常的有效方法(丁鉴海等, 2009)。本文选取距震中 400km 范围内的地震地磁定点观测资料, 运用以上方法对精河地震前的地磁异常信息进行了分析总结。

1 发震构造与地磁测项概况

精河 M_s 6.6地震震中位于库松木契克山前断层东末端, 该断裂为全新世活动断裂, 性质

[收稿日期] 2017-10-26; [修定日期] 2017-11-13

[项目类别] 新疆地震科学基金(201703)资助

[作者简介] 艾萨·伊斯马伊力, 男, 1985年生, 助理工程师, 主要从事地震前兆分析预报工作。E-mail: 372455621@qq.com

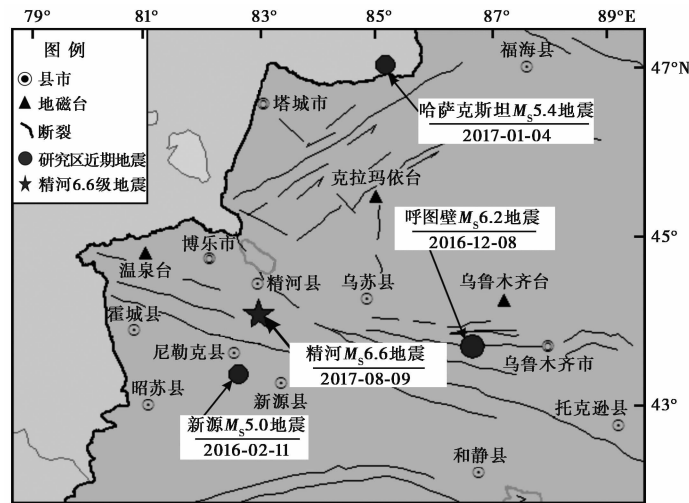


图 1 震中区构造及地磁台站分布

为右旋逆断。距张量反演结果显示,此次地震以逆冲型为主,2 个节面均近 EW 向,震源性质与区域地质构造背景一致 (<http://www.cea-igp.ac.cn/tpxw/275080.shtml>)。历史上,距震中 200km 范围内发生 11 次 6.0 级以上地震,最大震级地震为 1944 年 3 月 10 日 M_s 7.2 地震,距此次地震震中 94km。

“十五”数字化观测以来,已经积累了较丰富的新疆地区地磁观测资料,且震中周围地区地磁观测点分布比新疆其他地区相对密集、合理。距震中 400km 范围内有乌鲁木齐台、克拉玛依台、温泉台等 3 个地磁观测点,其中,温泉台使用 FGM 型磁通门磁力仪(震中距约 167km),克拉玛依台使用 FHD 质子矢量磁力仪(震中距约 215km),乌鲁木齐台使用自动化地磁台站系统 FHDZ-M15 型及 FGM 型磁通门磁力仪(震中距约 292km)。2016 年 1 月至今,3 个台数据连续且质量较好,无大干扰或仪器改造更换等事项(表 1)。

表 1 震中周围地磁观测项目概况

台站	仪器类型	观测分量	采样率	震中距/km	开始观测年份	观测中重要事件	震前有无异常
乌鲁木齐台	FHZD-M15 型	$F、H、D、Z$	秒采样	292	1984 年	2013 年迁到呼图壁观测点	有
	FGM-01 型	$H、D、Z$	秒采样	292	2014 年		有
克拉玛依台	FHD 型	$F、H、D$	分采样	215	2008 年	2012 年更换变压器	有
温泉台	FGM-01 型	$H、D、Z$	秒采样	167	2008 年	2015 年 11 月更换仪器	有

2 地磁异常分析

根据地磁观测台站分布,以下分别给出地磁谐波振幅比、地磁垂直分量日变化幅度加卸载响应比、地磁垂直分量日变化幅度逐日比和地磁低点位移等的震前异常分析结果。

2.1 背景性异常

冯志生等(2013)等对喀什台周围发生的几次 $M_s \geq 6.0$ 强震前后地磁谐波振幅比变化特

征进行分析发现,对于台站布设密度较稀的区域利用谐波振幅比资料进行地震预测具有很好的应用前景。蒋延林等(2016)研究结果表明,地磁谐波振幅比异常变化特征与直流地电阻率的异常变化特征较相似。主要特点表现为下降—转折—恢复上升的变化过程,地震一般发生在趋势性下降之后的转折点附近或恢复的过程中或长短周期不同步现象的台站附近300km范围内;在长期趋势性上升背景下,若出现下降变化,则可能为中短期信号。

笔者应用冯志生研究员编制的地磁分析软件,对克拉玛依台 FHD 质子矢量磁力仪采集2008~2017年9月分钟采样观测资料进行地磁谐波振幅比计算(图2)(乌鲁木齐台2013年底搬迁,温泉台2015年底更换仪器,所以仅对克拉玛依台进行异常分析)。数据计算具体步骤为:①将每日 Z, H, D 转换为 Z, H_x, H_y (世界时转为北京时);②格式转换(“十五”格式转为“九五”格式);③去噪声(将噪声较大、缺数较多等资料段进行数据剔除);④按周期等间隔计算5~60min的每分钟的三分量 $Z(\omega), H_x(\omega)$ 和 $H_y(\omega)$;⑤计算谐波振幅比,获得参与计算的台站谐波振幅比结果。其中,步骤⑤又包括虚实谐波振幅比每日一逐频值一带均值逐日值一月滑动一年滑动平均计算等步骤。图2给出了克拉玛依台的计算结果。由图2可见,2014~2015年为克拉玛依台谐波振幅比下降阶段,2015年底开始出现转折或长短周期不同步现象,2016年底开始 Y_{zh_x} (NS)向长周期与 Y_{zh_y} (EW)向开始恢复上升。其中, Y_{zh_x} (NS)向20、30min等中周期变化形态与其他周期变化明显不一致。精河 $M_s6.6$ 地震即发生于趋势性下降后的转折期和中、短周期不同步期。

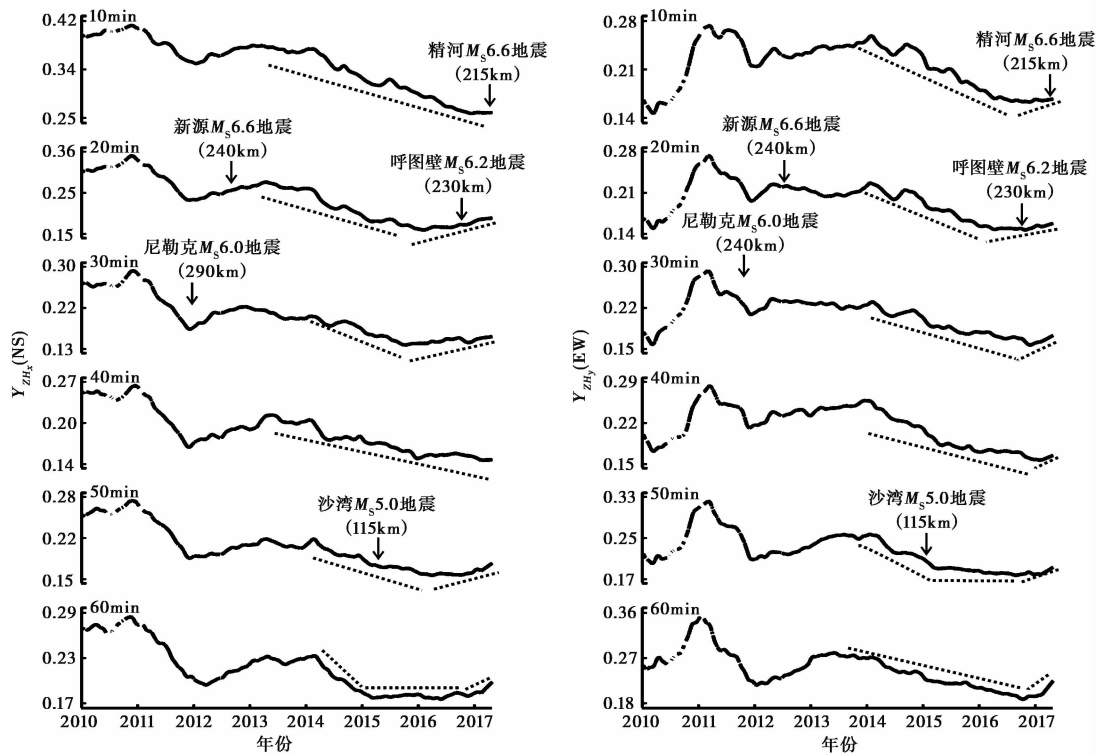


图2 克拉玛依台地磁谐波振幅比变化与对应地震
滑动窗长 365 天;括号内为震中距

2.2 短期异常

2.2.1 地磁垂直分量日变幅加卸载响应比

地磁加卸载响应比是曾小平等(1996)由尹祥础等(1994)提出的加卸载响应比理论向地震地磁学的延拓(冯志生等,2000)。将磁扰过程作为地球磁场对太阳风加载和、卸载响应的过程。以垂直分量 Z 为例,取 Z 分量的日变幅度作为计算加卸载响应比的参量,定义响应比为

$$P(Z) = \Delta Z_+ / \Delta Z_- \quad (1)$$

其中,下角标“+”号表示加载,“-”表示卸载。该方法提取的异常为短期异常,地震一般在异常出现后半年内发生。应用该方法判定异常时,阈值选取是关键。冯志生等(2000)、朱燕等(2001)、戴勇等(2016)等对华东、新疆、甘青地区利用加卸载响应比法研究映震效果,结果表明,加卸载响应比高值与邻区中强震间有一定对应关系。上述研究结果表明,根据不同地区测点的加卸载响应比 $P(Z)$ 值时序曲线,由其附近的震例找出震前 $P(Z)$ 异常的最低值即阈值 $P_0(Z)$ 。当 $P(Z) < P_0(Z)$ 时正常;当 $P(Z) \geq P_0(Z)$ 为异常,即有可能与其后发生的中强地震相对应。艾萨·伊斯马伊力等(2017)研究认为,正常情况下,乌鲁木齐台、克拉玛依台、温泉台地磁垂直分量日变幅加卸载响应比值 $P(Z)$ 一般为 1.0~2.0。因此,本文将地磁响应比 $P(Z) \geq 3.3$ 并且震中区至少有 2 个或 2 个以上台站的地磁垂直分量加卸载响应比阈值 $P_0(Z)$ 大于最低异常值作为判据。

2016 年 7 月 18 日乌鲁木齐台(2 套仪器)、克拉玛依台、温泉台 Z 分量日变幅加卸载响应比同时出现超限高值异常,异常值分别为 3.65、3.68、4.16、4.92;从异常出现到发震计 21 天,该时段无人或自然环境干扰;结合震例,可判定为此次地震的前兆异常,精河地震震中即位于异常最高值台站附近的断裂上(图 3)。对比 2016 年呼图壁 $M_s6.2$ 地震异常发现,呼图壁 $M_s6.2$ 地震前只有 2 个台同步出现超限高值,这可能与震级和震中位置有一定关联。

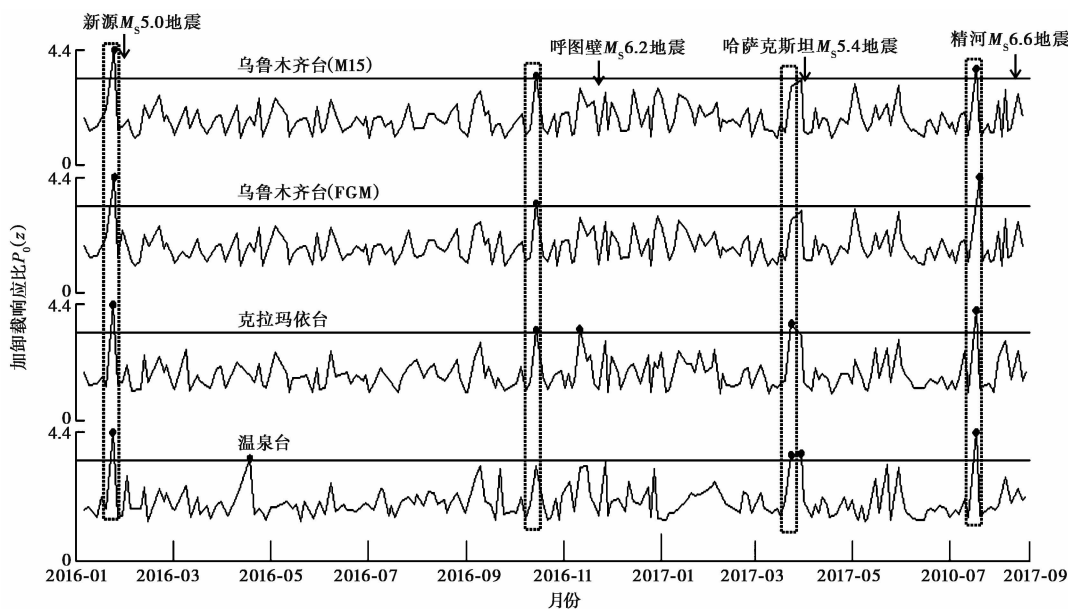


图 3 Z 分量日变幅加卸载响应比

2.2.2 地磁日变幅逐日比

曾小平等(1996)分析了地磁垂直分量日变化幅度极大值与其后极小值之比与地震间的关系,发现高比值与台站周边地震间有良好的对应关系。在应用该方法的过程中,冯志生等(2001)发现下式中简单比值的高值与台站周边的地震间也有良好的对应效果。

$$Y = A(t_1)/A(t_2) \quad (2)$$

其中, $A(t_1)$ 为地磁垂直分量日变化幅度; $t_2 = t_1 + 1$ (t_1 为观测日期); Y 为地磁垂直分量日变化幅度逐日比值。以往震例显示,地磁逐日比异常为短期异常,地震一般在异常出现后半年内发生。

与加卸载响应比一样,不同地区的逐日比阈值并不完全相同,所以,在将逐日比运用于区域震情判定之前确定阈值很重要,阈值设定不合理可导致虚报或者漏报。张翼等(2007)等利用乌鲁木齐台地磁垂直分量 1980~2004 年 25 年间的时均值资料计算日变幅及其逐日比,并对乌鲁木齐台地磁日变幅逐日比的映震效果进行了分析。其结果表明,日变幅逐日比异常与台站周围地震间有较好的对应效果,且通过了 97.5% 置信水平的 R 值评分检验,具有较好的预测效能。笔者将地磁逐日比应用于研究区的数字地磁资料,通过依次尝试选取不同的阈值进行对比分析认为,新疆地区的逐日比方法阈值选取 2.7 比较合理(艾萨·伊斯马伊力等,2017)。2017 年 5 月 16 日、8 月 5 日乌鲁木齐台(2 套仪器)、克拉玛依台、温泉地磁台(2 套仪器) Z 分量日变幅逐日比出现超阈值的高值异常,异常值分别为 2.75、2.80、2.97、2.80;从第 1 次异常出现到发震共 83 天,该时段无人或自然环境干扰,2016 年 12 月 8 日呼图壁 $M_s 6.2$ 地震前也出现类似变化。结合震例,上述异常可判定为精河 $M_s 6.6$ 地震的前兆异常,其特征为短期异常(图 3)。

2.2.3 地磁低点位移

丁鉴海等(2009)利用中国地磁台网多年的资料,研究了地磁垂直分量日变极小值出现的时间(低点时间)在空间分布的异常特征,即“低点位移”现象。这种少见的地磁异常现象与地震的发生间有较好的相关性,发震时间绝大多数为异常出现后 1~2 个月内,发震地区在低点位移突变分界线附近。2017 年 7 月 5 日中国大陆地磁场出现低点位移异常,2017 年 8 月 9 日精河 $M_s 6.6$ 地震即发生在低点位移突变分界线附近,低点位移预测时间 8 月 1 日或 8 月 15 日前后 4 天(图 4、5)。

3 结论与讨论

通过以上分析可以得出,2017 年 8 月 9 日精河 $M_s 6.6$ 地震前周边地磁场存在异常变化,其主要特征如下。

(1)时间与空间上,沿断裂带及其附近台站震前 83 天地磁逐日比和震前 21 天地磁加卸载响应比均出现超限的高值,且异常高值的空间分布都相对集中于震中区附近(最小震中距 167km,最大震中距 292km)。此外,2017 年 7 月 5 日出现低点位移异常,其穿过震中附近地区,表现出一定的时空分布。

(2)精河 $M_s 6.6$ 地震震中位于异常高值集中带(异常最大值区距震中 167km),即逐日比和加卸载响应比异常最高值与震中位置间有一定关联。但是,2016 年 12 月 8 日呼图壁 $M_s 6.2$ 地震前,只有乌鲁木齐台和克拉玛依台出现地磁加卸载响应比异常,这可能与震中位

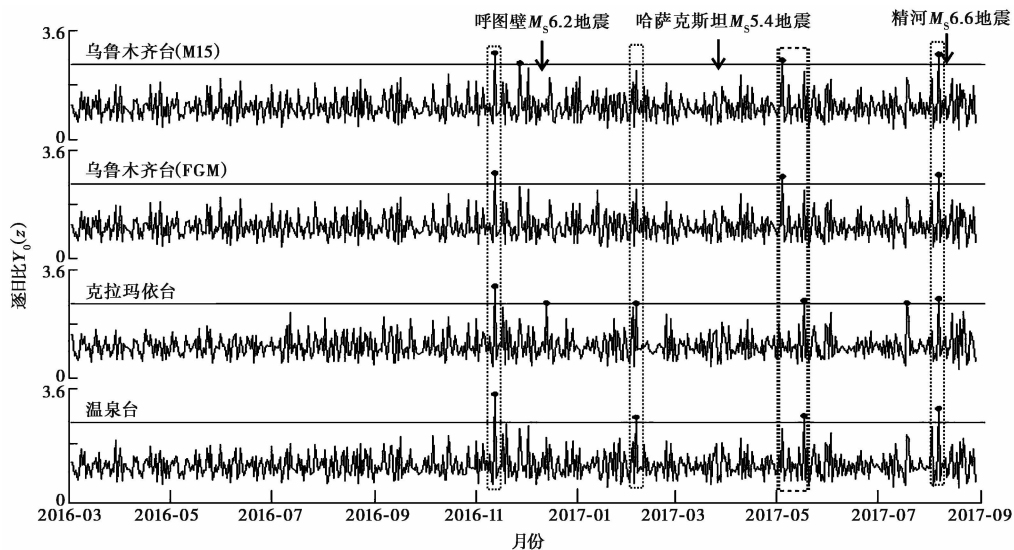


图 4 Z 分量日变幅逐日比

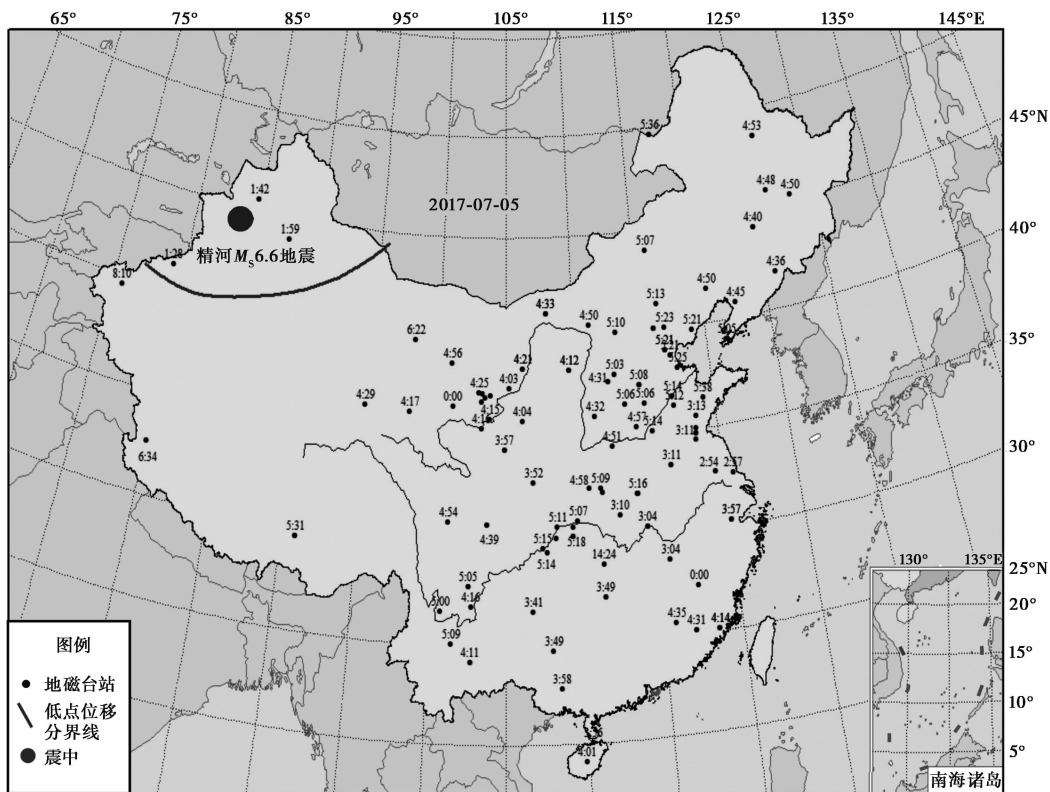


图 5 2017 年 7 月 5 日地磁低点位移异常

置、震级等之间有一定关联。

(3) 克拉玛依台谐波振幅比中周期与其他周期变化趋势不同步,即 20、30min 周期与 40min 周期变化不同步,这与震中位置间有一定的关联(克拉玛依台距震中 215km)。

(4) 精河 M_s 6.6 地震前温泉台、克拉玛依台、乌鲁木齐台地磁前兆异常确实存在,从地磁资料长时间变化形态和异常时间、异常台站等特征来看这不是偶然的。震中区多台同步出现的地磁异常更多地反映了北天山地区整体区域构造应力的情况。

综上所述,在此次精河 M_s 6.6 地震前,地磁前兆在短临阶段的确有一定的反应,且时空演化特征明显。通过本文的地磁处理分析方法,可为未来该区域震情判定提供一定的参考依据。

致谢: 在本文撰写过程中,冯志生研究员给予了无私的帮助和指导,匿名审稿专家提出了宝贵意见,在此一并致谢。

参考文献

- 艾萨·伊斯马伊力、高丽娟、邢喜民,2017,2016年12月8日呼图壁 M_s 6.2 地震前地磁异常,内陆地震,31(3),270~275。
- 戴勇、高立新、杨彦明等,2015,甘-青地区地磁垂直分量加卸载响应比、逐日比分析,华南地震,35(3),1~6。
- 丁鉴海、车时、余素荣等,2009,地磁日变地震预报方法及其震例研究,1~3,北京:地震出版社。
- 冯志生、李鸿宇、张秀霞等,2013,地磁谐波振幅比异常与强地震,华南地震,33(3),9~15。
- 冯志生、林云芳、王建宇等,2000,地磁加卸载响应比的异常标志体系,地震,20(2),61~68。
- 冯志生、梅卫萍、张秀霞等,2004,中强震前地磁谐波振幅比的趋势性变化特征初步研究,西北地震学报,26(1),52~58。
- 冯志生、王建宇、蒋延林等,2001,地磁垂直分量日变幅逐日比及其与地震关系的探讨,华南地震,21(2),20~27。
- 蒋延林、袁桂平、李鸿宇等,2016,高邮-宝应 4.9 级地震地磁谐波振幅比异常特征初步分析,中国地震,32(1),143~150。
- 张国民、傅征祥、桂燮泰,2001,地震预报引论,北京:科学出版社。
- 张翼、杨福喜、和锐,2007,乌鲁木齐台地磁 Z 分量日变幅及其逐日比地震前兆分析,内陆地震,21(1),78~85。
- 朱燕、史勇军、巴克等,2001,地磁加卸载响应比方法应用初探,内陆地震,15(3),232~239。
- 曾小平、续春荣、赵明等,1996,地球磁场对太阳风的加卸载回应与地震,地震地磁观测与研究,17(1),49~53。
- 尹祥础、陈学忠、宋治平等,1994,加卸载响应比——一种新的地震预报方法,地球物理学报,37(6),767~775。

Analysis on Geomagnetic before the Jinghe M_s 6.6 earthquake in 2017

Aisa · Yisimayili¹⁾ Huang Enxian²⁾ Gao Ljuan¹⁾

1) Earthquake Administration of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830011, China

2) Earthquake Administration of Henan Province, Zhengzhou 450016, China

Abstract The comprehensive character of geomagnetic anomaly in the Jinghe M_s 6.6 earthquake on August 9, 2017 has been summed up and analysed with geomagnetic Z component daily ratio, geomagnetic load-unload response ratio, harmonic wave amplitude ratio, geomagnetic low-point time, morphological analysis methods. It is found that the geomagnetic showed obvious middle- and short-term anomalies.

Key words: Jinghe M_s 6.6 earthquake; Geomagnetic anomaly; Harmonic wave amplitude ratio; Day to Day ratio; Load-unload response ratio