

艾萨·伊斯马伊力. 喀什台地磁异常与地震 [J]. 华南地震, 2017, 37 (4): 54-60. [Aisa·Yisimayili. Geomagnetic Anomalies Before Aktu Earthquake with  $M_s 6.7$  on November 11<sup>th</sup>, 2016 [J]. South China journal of seismology, 2017, 37(4): 54-60.]

## 喀什台地磁异常与地震

艾萨·伊斯马伊力

(新疆维吾尔自治区地震局, 乌鲁木齐 830011)

**摘要:** 运用地磁垂直分量日变幅逐日比、地磁加卸载响应比、地磁垂直分量归零法, 结合回顾震例及前人研究成果, 对喀什地磁台 2008 年至 2016 年的数字化地磁观测资料进行分析, 结果表明, 在中强地震前喀什地磁台的地磁场存在明显的磁异常变化, 属于中、短期异常。

**关键词:** 喀什台; 地磁异常; 地磁日变幅

**中图分类号:** P315.7      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-8662 (2017) 04-0054-07

**DOI:** 10.13512/j.hndz.2017.04.010

## Geomagnetic Anomalies Before Aktu Earthquake with $M_s 6.7$ on November 11<sup>th</sup>, 2016

Aisa·Yisimayili

(Xinjiang Uygur Autonomous Region Earthquake Agency, Urumqi 830011, China)

**Abstract:** The paper analyzed the comprehensive character of geomagnetic anomaly in Kashi geomagnetic station to Aktu  $M_s 6.7$  earthquake on Nov 25<sup>th</sup>, 2016 by the geomagnetic  $Z$  component daily ratio, geomagnetic load-unload response ratio, fitting curve of return to zero methods. The results show that there is a significant magnetic anomaly change in Kashi Geomagnetic station before the strong earthquake, which belongs to the medium and short-term anomalies.

**Keywords:** Kashi station; Geomagnetic anomalies; Geomagnetic daily ratio

### 0 前言

新疆是中强地震的高发地区, 但是地磁观测台站很少, 目前有乌鲁木齐、温泉、克拉玛依、乌什、喀什、且末等 6 个地磁台站, 这对具有 16 000 km<sup>2</sup> 国土面积的新疆区域来说, 台站分布相当稀疏、台站相距相当远, 很难应用多台地磁资料

进行联合分析, 因此如何挖掘单台资料中所含的丰富信息就显得尤为重要。

地球磁场垂直分量的日变化可以反映局部地区地球内部介质<sup>[1-4]</sup>电磁性质的变化。冯志生、朱燕、沙木哈尔、叶尔肯等运用地磁场垂直分量日变幅逐日比、加卸载响应比对江苏、华东、新疆等区域地磁资料进行处理, 并与区域内中强地震进

**收稿日期:** 2017-02-10

**基金项目:** 新疆地震科学基金(201308)

**作者简介:** 艾萨·伊斯马伊力(1985-), 男, 助理工程师, 主要从事地震前兆分析预报工作

**E-mail:** 372455621@qq.com.

行对应分析.发现在大部分地震之前地磁垂直分量日变幅逐日比、加卸载响应比都存在超限高值的异常。张翼<sup>[9]</sup>等采用地磁垂直分量归零法在喀什地磁与邻近强震关系做过初步的分析研究，也发现地磁垂直分量归零法低值异常跟在喀什地磁台周围发生的强震有很好的对应关系。

本文主要运用地磁垂直分量日变幅逐日比、地磁垂直分量归零法，相继对喀什台 2008 年至 2016 年的数字化地磁观测资料进行了梳理分析，发现中强地震前喀什地磁台地磁资料存在明显的震磁异常现象，并探讨了其地震前兆信息特征。

### 1 资料概况

喀什地磁基准台(以下简称喀什台)位于喀什市西北约 20k m 的疏附县栏杆乡沙依村境内，台

站地理坐标 (39.5°N、75.8°E)，高程 1 309 m。观测点位于河间地带克孜河冲积平原上，北、西、南三面环山，东南开阔，西部封闭，地势西高东低。喀什台地处南天山地震带西段和帕米尔-西昆仑地震带交汇处。喀什台属国家 I 类地磁基准台，多年来积累了大量有关“震磁”的研究资料。本文选取喀什台资料品质较好且相对记录连续的 2001 年来的观测资料 (FHDZ-M15)<sup>[6]</sup>。图 1 为喀什台地理位置示意图。

喀什-乌恰交汇区是新疆地震活动最强烈的地区之一，地震能量积累和释放速率较快，有发生 7 级左右地震的构造条件。该区地震活动强度大、频度高，1900 年以来发生  $M_s$  8 级地震 1 次，多次  $M_s$  7 级以上地震，最大地震为 1902 年 8 月 22 日在阿图什  $M_s$  8.3 级地震 ( $\Delta=46$  km)。从 2008—2016 年之间喀什周围也发生了很多次  $M_s$  5.0 以上地震。

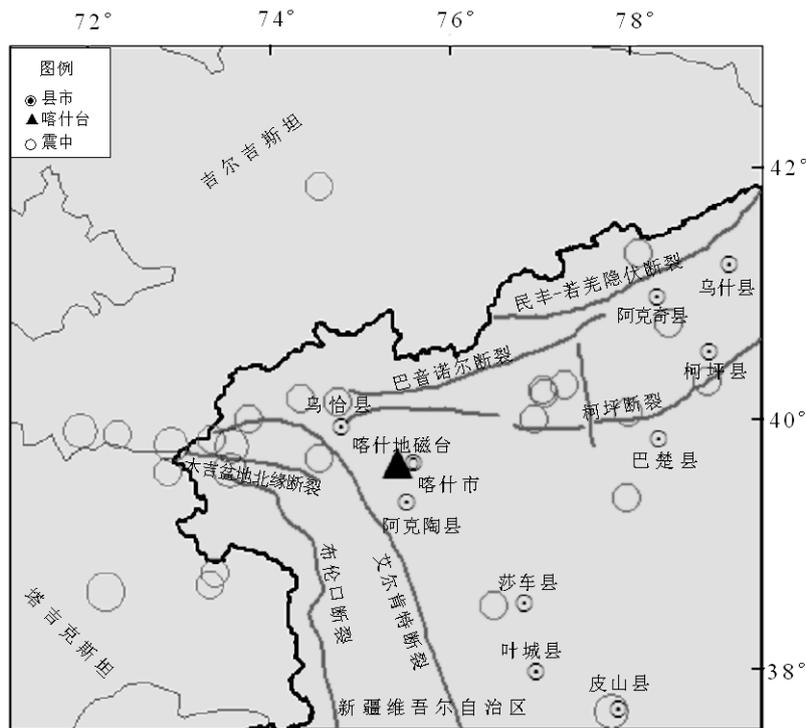


图 1 喀什地磁台及地震震中分布图

Fig.1 Kashi geomagnetic station and the distribution map of earthquake

## 2 地磁异常分析

### 2.1 地磁 Z 分量日变幅逐日比异常分析

地球磁场垂直分量的日变化幅度可以反映局部地区地球内部介质电性性质的变化。地磁垂直分量 Z 日变幅逐日比法是冯志生研究员在应用地磁垂直分量 Z 日变幅加卸载响应比法时发现

的一个新的分析方法，冯志生、曾小平等研究中发现比值的高值与其台站周边地震也有很好的对应效果<sup>[3]</sup>。

$$Y=A(t_1)/A(t_2) \tag{1}$$

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)，本文将 Y 取名为地磁垂直分量日变化幅度逐日比值。

但是,应用该方法判定异常时,阈值选取是关键,从1984—2007年之间的以往研究成果及2008—2016年的喀什地磁Z分量日变幅逐日比值结果经过反复计算比较,发现当日变幅逐日比值 $Y_0(Z) \geq 2.6$ 时,喀什台周边地区常有较大的地震发生。为了更好的描述异常与周围地震的关系,通过多年的震例梳理分析,我们将异常判别标准定为 $Y_0(Z) \geq 2.6$ 的作为一次异常,如两次异常间

隔不超过 $90 \pm 4$ 的划分为同一组异常,异常时间以第1次异常出现的时间为准。该方法在2008年至2016年的统计时间内和空间内的地震对应率80%、虚报率19%、漏报率4.7%(见表1)。对应地震的高达16组,共对应22个地震(其中五组对应2个以上地震),属于中、短期异常(图2),因此喀什地磁垂直分量日变幅逐日比高值超限异常来做中短期预报有较好的预报效能。

表1 喀什台地磁日变幅逐日比异常与周围地震对应统计

Table 1 Statistics table of correspondence between geomagnetic daily ratio anomalies of Z component and earthquakes with  $M_s \geq 5.0$  in Kashi geomagnetic station and its surrounding areas

序号	异常时间	异常值 ( $\geq 2.6$ )	地震				对应情况
			发震日期	震级	震中距	地名	
1	2008-03-24	2.75	2008-09-20	5.5	205	中塔交界	对应
	2008-04-22	3.63	2008-10-05	6.9	162	乌恰	
2	2008-10-16	3.16					虚报
3	2009-02-09	2.77	2009-02-20	5.4	265	柯坪	对应
	2009-04-17	2.66	2009-04-19	5.8	277	阿克奇	
			2009-04-22	5.0	134	阿图什	
			2009-07-01	5.4	208	吉尔吉斯斯坦	
4	2010-02-18	3.25	2010-06-10	5.2	112	乌恰	对应
5	2010-08-08	2.69	2010-09-07	5.6	181	中塔吉	对应
			2010-12-08	6.0	228	吉尔吉斯斯坦	
6			2011-08-11	5.6	126	阿图什	漏报
7	2011-08-19	3.48	2011-12-01	5.2	157	莎车	对应
8	2011-12-28	2.83					对应
	2012-01-08	3.73	2012-02-05	5.2	249	吉尔吉斯斯坦	
9	2012-01-20	2.72	2012-03-02	5.0	82	乌恰	对应
	2012-03-25	2.99	2012-06-01	5.1	81	乌恰	对应
10	2012-07-17	3.65	2012-07-26	5.6	204	塔吉克	对应
			2012-08-11	5.0	210	阿图什	
11	2013-02-01	2.68					对应
	2013-03-02	3.03	2013-03-11	5.2	162	阿图什	
12	2013-06-28	4.18	2013-06-30	5.0	219	中塔	对应
	2013-08-18	2.63	2013-12-01	5.3	278	柯坪	
13	2014-12-08	2.62	2015-01-10	5.0	142	阿图什	对应
	2014-12-31	2.61	2015-05-31	5.2	290	塔吉克斯坦	
14			2015-07-03	6.5	289	皮山	虚报
15	2015-07-24						虚报
16	2015-10-02	3.25					对应
	2015-10-29	3.20					
17	2015-11-02	2.68	2015-11-18	6.0	281	阿富汗	对应
	2015-12-02	2.51	2015-12-07	7.4	298	塔吉克斯坦	
18	2015-12-22	3.08					虚报
19	2016-02-01	2.68	2016-06-26	6.7	220	吉尔吉斯斯坦	对应
	2016-08-28	3.88					
20	2016-09-18	4.12					对应
	2016-11-11	3.25	2016-11-25	6.7	172	阿克陶	

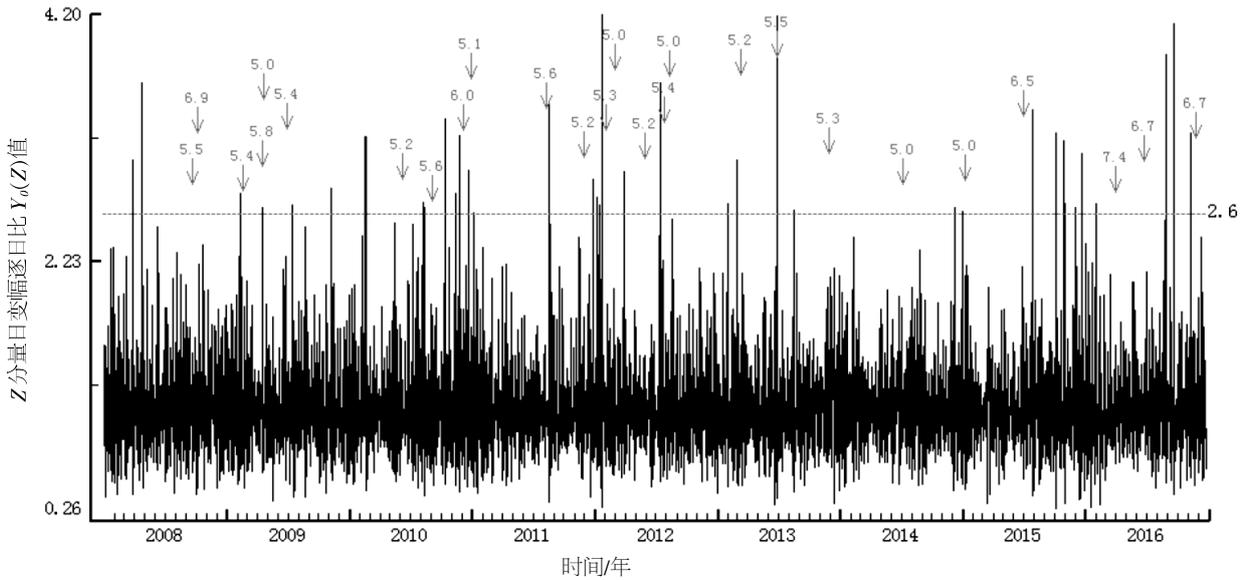


图 2 喀什地磁 Z 分量日变幅逐日比  $Y_0(Z)$  图(横线为阈值  $Y_0(Z)=2.6$ )

Fig.2 Daily ratio  $Y_0(Z)$  of geomagnetic Z component in Kashi seismic station

### 2.2 地磁 Z 分量日变幅加卸载响应比异常分析

地磁加卸载响应比是王文、曾小平等人由尹祥础、尹灿<sup>[6-7]</sup>提出的加卸载响应比理论向地磁学延拓的。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：

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

式(2)中，下角标“+”号表示加载，“-”表示卸载。

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，冯志生等前人的研究中发现当日变幅响应比高值  $P(Z) \geq P_0(Z)$  时，异常台站周边地区常有可能发生较大地震。地磁加卸载响应比异常指标为中短期异常指标<sup>[8]</sup>。

朱燕等人的研究结果显示，在正常情况下，喀什地磁的加卸载响应比值  $P(Z)$  一般在 1.0~2.0 左右，发现喀什地磁日变幅响应比的超限高值与其台站周边地震也有很好的对应效果<sup>[8]</sup>。本文选取喀什台 2008—2016 年地磁资料日变幅进行反复计算，规定喀什地磁台出现  $P(Z) \geq 3.1$  时异常成立。2011—2016 年时间段内总共出现了 27 组异常(第一次出现异常后三个月内再次出现的异常归结为一组异常，对应的时间以第一次出现异常的时间)，得出的结论是总共对应地震的高达 16 组，

共对应 21 个地震(其中四组对应 2 个以上地震)，这表明喀什地磁数据日变幅加卸载响应比异常可信度很高(表 2、图 3)，如果冬季或震后两周内出现的异常可信度则较低。

### 2.3 地磁垂直分量归零法

磁暴和地磁扰动等会引起地磁垂直分量 Z 的日均值变化，通过剔除其较大的变化可以提取震前某些异常信息。具体方法为：当  $|Z_d - Z_{d-1}| \geq a$  ( $|Z_{d-1} - Z_{d-2}| + Z_{d+1} - Z_d$ ) 时，将  $Z_d$  及其后数据加  $Z_{d-1} - Z_d$  为后一天的日均值，a 为常数，将该方法取名为地磁垂直分量归零法。

喀什地磁 Z 分量从 2011 年起以较稳定的速率不断上升，对其进行归零化处理，其结果基本呈直线上升趋势，期间几次下降—上升过程后在喀什台附近发生了较大地震，为突出异常，对其进行拟合差值(图 4)。张翼等人的研究结果表明<sup>[9]</sup>，出现低值异常后与喀什周围 500 km 范围  $M_s$  6.0 级以上( $M_s$  7.0 级地震 600 km)地震有较好的对应关系。异常特点为低值异常，当低于均值线时间达一个月以上，恢复—上升过程或返回到均值线后较短时间内常有发生  $M_s$  6.0 级左右地震。该方法在 2001—2016 年的统计时间内和空间内的地震对应率 84.7%、漏报率 14.3%。此外，从异常幅度及持续时间看，并非和震级呈线性的关系，但是异常持续时间越长后期也许发生几次中强震(表 3)。

表 2 喀什台及周围地区地磁 Z 分量加卸载响应比异常与  $M_s > 5.0$  地震对应统计Table 2 Statistics table of correspondence between geomagnetic load-unload response ratio anomalies of Z component and earthquakes with  $M_s > 5.0$  in Kashi geomagnetic station and its surrounding areas

序号	异常时间	异常值( $\geq 3.0$ )	地震				对应情况
			发震日期	震级	震中距	地名	
1	2008-01-29	3.36					虚报
2	2008-04-25	3.65	2008-09-20	5.5	205	中塔交界	对应
	2008-05-09	3.23	2008-10-05	6.9	162	乌恰	
3	2008-10-06	3.73					虚报(震后异常)
4	2009-01-16	3.52	2009-02-20	5.4	265	柯坪	对应
			2009-04-19	5.8	277	阿克奇	
			2009-04-22	5.0	134	阿图什	
5	2009-05-19	3.18	2009-07-01	5.4	208	吉尔吉斯斯坦	对应
6	2010-02-21	3.22	2010-06-10	5.2	112	乌恰	对应
7			2010-09-07	5.6	181	中塔吉	虚报
8	2010-10-12	3.37	2010-12-08	5.5	298	吉尔吉斯	对应
	2010-11-24	3.23	2011-01-10	5.1	63	乌恰	
9	2011-01-16	3.13					对应
	2011-02-02	3.17					
	2011-03-03	3.46	2011-08-11	5.6	125	阿图什	
10	2011-08-19	3.48	2011-12-01	5.2	158	莎车	对应
11	2012-01-23	4.20	2012-02-05	5.2	249	吉尔吉斯斯坦	对应
	2012-02-18	3.19	2012-03-02	5.0	141	乌恰	
			2012-06-01	5.1	81	乌恰	
12	2012-07-17	5.60	2012-07-26	5.1	196	塔吉克斯坦	对应
			2012-08-11	5.0	209	阿图什	
13	2012-09-05	3.03					虚报
	2012-10-11	3.11					
14	2012-12-01	3.75					虚报(冬季)
	2012-12-21	3.15					
15	2013-03-02	3.03	2013-03-11	5.2	163	阿图什	对应
16	2013-06-30	4.18	2013-06-30	5.5	219	中塔交界	对应
17			2013-12-01	5.3	278	柯坪	漏报
18	2013-12-13	4.25					虚报(冬季)
	2014-01-17	3.46					
19	2014-06-24	3.40	2014-07-09	5.0	143	麦盖提	对应
20	2015-01-06	3.36	2015-01-10	5.0	143	阿图什	对应
21	2015-01-25	3.11					漏报(震后异常)
22	2015-03-22	5.66	2015-07-03	6.5	289	皮山	对应
23	2015-07-28	341					虚报(震后异常)
24	2015-10-06	3.26					对应
	2015-10-29	3.20	2015-11-18	6.0	251		
25	2015-12-23	5.01					虚报(冬季)
	2016-01-02	4.31					
	2016-01-23	4.49					
26	2016-02-01	3.65					对应
	2016-02-27	3.62	2016-06-26	6.7	220	吉尔吉斯斯坦	
27	2016-08-28	4.85					对应
	2016-09-22	5.58					
	2016-11-11	3.25	2016-11-25	6.7	172	阿克陶	

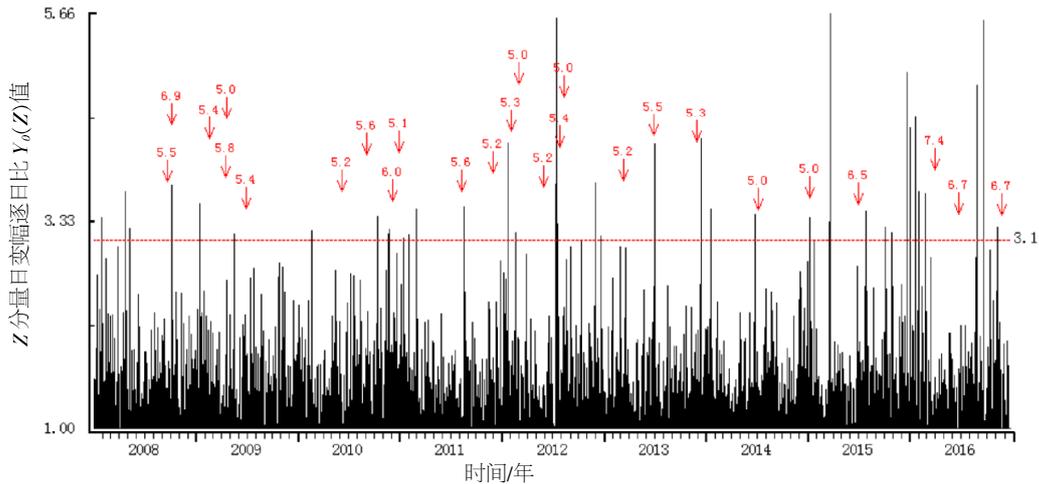


图 3 喀什地磁 Z 分量加卸载响应比  $P_0(Z)$  图 (横线为阈值  $P_0(Z)=3.1$ )

Fig.3 Geomagnetic load-unload response ratio  $P_0(Z)$  of Z component in Kashi seismic station

表 3 喀什地磁 Z 分量日均值及归零法拟合曲线与地震对应情况

Table 3 Statistics table of correspondence between daily average and zeroing method fitting curve and earthquakes recorded by Kashi seismic station

序号	异常时间	地震			地名	预报效果
		发震时间	震级/ $M_s$	震中距/km		
1	2001-09-2002-08	2003-02-24	6.8	116	伽师	对应
		2003-03-12	6.0	12	伽师	
2	2004-07-2005-02	2005-02-15	6.3	483	乌什	对应
3	2005-07-2005-09	2005-10-08	7.8	603	巴基斯坦	对应
4	2008-02-2009-02	2008-10-05	6.9	162	乌恰	漏报
		2009-04-19	5.8	277	阿克奇	
5	2010-07-2010-11	2010-12-08	6.0	299	吉尔吉斯	对应
		2011-08-11	5.8	117	阿图什-伽师	
6	2012-06-2015-03	2015-07-03	6.5	289	皮山	对应
		2015-11-18	6.0	269	吉尔吉斯斯坦	
		2015-12-07	7.4	298	塔吉克	
7	2015-12-2016-09	2016-06-26	6.7	217	吉尔吉斯斯坦	对应
		2016-11-25	6.7	172	阿克陶	

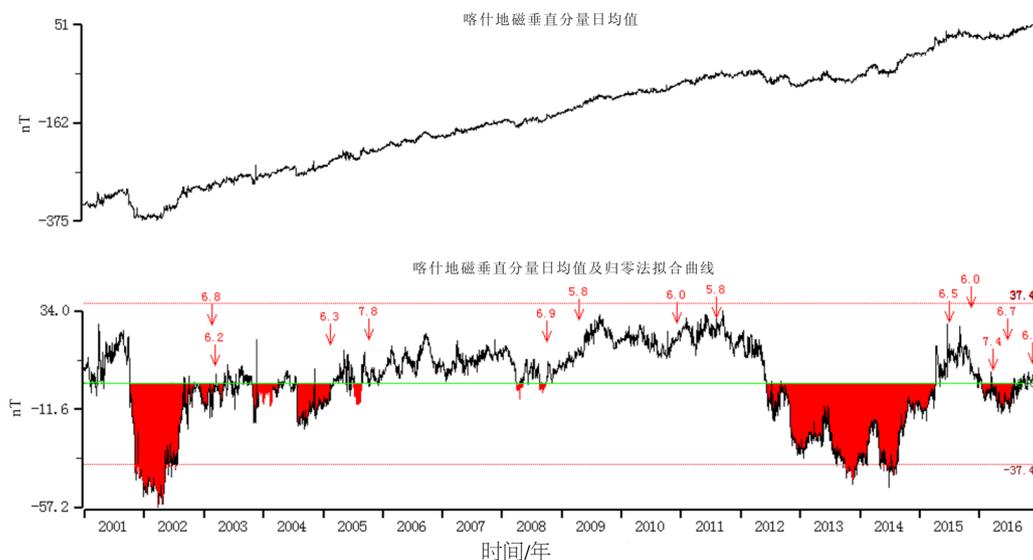


图 4 喀什地磁 Z 分量日均值及归零法拟合曲线

Fig.4 Daily average and zeroing method fitting curve of geomagnetic Z component in Kashi station

### 3 结语

本文运用三种地磁分析预报方法来对喀什台地磁资料变化特征进行梳理及分析,结果显示,除了异常量和异常持续时间不同外,喀什台地磁资料在此次台站周围发生的中强地震前均存在明显的中短期异常变化,二者以上地磁异常同步出现异常可信度就更高。但目前地震预报还没有过关的前提下,应对以地震综合预测为主。另外,地磁日变幅加卸载响应比、逐日比同步出现高值异常,比值高值跟地震震级关系待进一步的分析研究。

### 参考文献:

- [1] 冯志生,林云芳,王建宇,等. 地磁加卸载响应比的异常标志体系[J]. 地震,2000(02): 61-68.
- [2] 冯志生,王建宇,蒋延林,等. 地磁垂直分量日变幅逐日比及其与地震关系的探讨[J]. 华南地震, 2001,21(02):20-27.
- [3] 朱燕,史勇军,巴克,等. 地磁加卸载响应比方法应用初探[J]. 内陆地震,2001,15(3):232-239.
- [4] 沙木哈尔,叶尔青.
- [5] 张翼,和锐. 地磁垂直分量归零法及其初步应用[J]. 国际地震动态,2009(04):95.
- [6] 王方,曾小平.
- [7] 尹祥础,陈学忠,宋治平,等. 加卸载响应比—一种新的地震预报方法[J]. 地球物理学报,1994,37(6):767-775.
- [8] 孙海军,郑黎明. 新建喀什地磁台观测环境的初步分析[J]. 内陆地震,2009, 23(1):63-67.