

王静波,柴文锐,杨红静.地磁加卸载响应比与宁强 $M_s5.3$ 地震[J].地震工程学报,2018,40(增刊):18-21.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2018.Supp.018

WANG Jingbo, CAI Wenrui, YANG Hongjing. Geomagnetic Loading-Unloading Response Ratio and the Ningqiang $M_s5.3$ Earthquake[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2018, 40(Supp): 18-21. doi: 10.3969/j.issn.1000-0844.2018.Supp.018

地磁加卸载响应比与宁强 $M_s5.3$ 地震

王静波, 柴文锐, 杨红静

(甘肃省地震局兰州观象台, 甘肃 兰州 730045)

摘要: 2018 年 9 月 12 日 19 时 6 分在陕西省宁强县(32.75°N , 105.69°E)发生 $M_s5.3$ 地震,震源深度 11 km。以宁强县及其周边 420 km 为研究区域,使用地磁垂直分量 Z 加卸载响应比的方法,对陕—川—甘地区的汉中、周至楼、乾陵、泾阳、成都、天水 and 兰州七个地磁台站的资料进行处理分析,发现加卸载响应比 $P(Z)$ 的高值异常与此次宁强县地震有较好的对应,为今后中短期预报提供一定的依据,也进一步推广和检验了地磁加卸载响应比在地震预报方面的应用。

关键词: 加卸载响应比; 高值异常; 中短期预报; 宁强县地震

中图分类号: P318.2; P315.75

文献标志码: A

文章编号: 1000-0844(2018)增刊-0018-05

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2018.Supp.018

Geomagnetic Loading-Unloading Response Ratio and the Ningqiang $M_s5.3$ Earthquake

WANG Jingbo, CHAI Wenrui, YANG Hongjing

(Lanzhou Geomagnetic Observatory, Earthquake Agency of Gansu Province, Lanzhou 730046, Gansu, China)

Abstract: On September 12, 2018, an $M_s5.3$ earthquake with a focal depth of 11 km occurred in Ningqiang County, Shaanxi Province (32.75°N , 105.69°E). In this work, Ningqiang County and its surrounding areas (within the radius of 420 km) were taken as the study areas. Data from seven geomagnetic stations located in Hanzhong, Zhouzhilou, Qianling, Jingyang, Chengdu, Tianshui, and Lanzhou were processed and analyzed by using the loading-unloading response ratio method of the geomagnetic Z component. Results showed that high values of abnormal changes in the load-unloading response ratio $P(Z)$ had a strong correspondence with the Ningqiang $M_s5.3$ earthquake. The results of this study can provide a basis for mid-short term earthquake prediction in the future. Meanwhile, the application of the loading-unloading response ratio method in earthquake prediction warrants further promotion and testing.

Keywords: Loading and unloading response ratio; high value anomaly; mid-short term prediction; Ningqiang earthquake

0 引言

尹祥础等^[1]提出的加卸载响应比理论,自引入地震预报以来,经过地震预报专家不断分析、研究和实

践,在地震预报领域取得了良好的效果和应用^[2-6]。其中冯志生等^[7-8]利用此理论对江苏省各地震台的地磁资料进行分析、处理,取得了很好的映震效果;郑在

收稿日期:2018-08-20

基金项目:地震行业科研专项课题(201208009)

第一作者简介:王静波(1970—),女,高级工程师,主要从事地震台站监测工作。E-mail:623915220@qq.com。

壮等^[9]把它应用在琼中台的地磁资料中,也印证了 $P(Z)$ 的映震效果。本文拟用此方法对 2018 年 9 月 12 日陕西省宁强县发生的 $M_s5.3$ 地震进行分析研究,进一步推广该理论在地磁资料预报方面的效果。

1 加卸载响应比的方法介绍

地磁垂直分量 Z 的日变化幅度最能反映测点地下介质的变化情况,且它与太阳活动的关系也最为密切。故而取地磁垂直分量 Z 的日变化幅度在太阳风加载与卸载比值作为加卸载响应比 $P(Z)$ 的值,即:

$$P(Z) = A^+ / A_- \tag{1}$$

其中, A^+ 为地磁垂直分量日变幅的极大值即加载响应; A_- 为地磁垂直分量日变幅的极小值即卸载响应。

根据加卸载响应比的理论以及地磁垂直分量与太阳风活动的密切关系,此值是最为接近加卸载响应比的理论值:

$$P(Z) = D_s(Z)_+ / D_s(Z)_- \tag{2}$$

其中: $D_s(Z)$ 为 Z 分量地磁扰动场的日变幅;“+”为加载;“-”为卸载^[7]。

在日常资料处理中,常利用式(1)去计算加卸载响应比。本文以此方法来分析计算经处理过的地磁垂直分量的加卸载响应比,研究其与宁强县 $M_s5.3$

地震的磁震关系。

2 资料的选取

目前,本次地震震中宁强县周边用于日常分析处理的地磁仪器共有 20 余套。我们根据 2013 年中国地震台网中心国家地磁台网预报效能评估结果以及对仪器周边环境干扰程度、观测系统故障率等的核实,对上述仪器进行筛选,最终选取了宁强县周围 420 km 范围内 7 个地磁台的 11 套仪器所记录的地磁垂直分量 Z 的日变幅作为研究对象,其中包括:汉中台(FHD-2),天水台[(GM-4(4)、GM-4(5)、FHD-2)],周至楼(FHD-2),乾陵台[FHDZ-M15、GM-4(2)、GM4-XL(1)],泾阳台(FHD-2),成都台[FGM-01(9)],兰州台[GM-4(9)]。经过与台站人员的核实,我们所选取的台站记录仪器都状态良好,资料连续且能有效地同步地球磁场的变化,符合对地磁加卸载响应比特征的研究和磁震信息分析的要求。由于所选地磁仪器因类型不同,其时间有世界时和北京时之分,为研究方便,将所用仪器的数据进行时间转换,统一为北京时。台站工作人员也对数据进行了预处理,剔除其中明显的突跳、尖峰等数据,保证资料的可靠性和实用性。各台地理位置分布如图 1 所示。

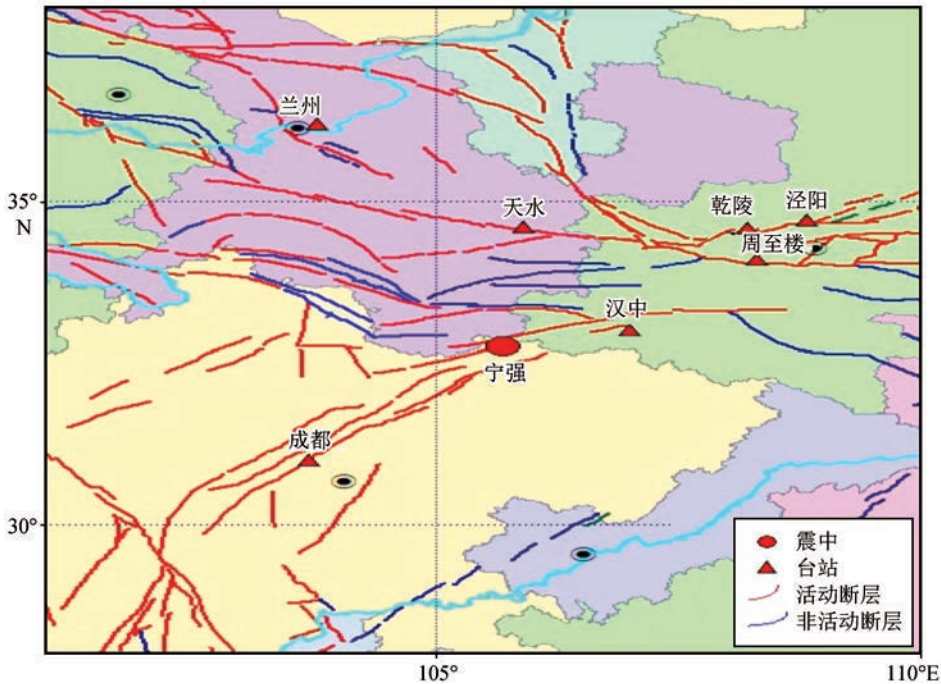


图 1 震中及其周边部分地磁台站分布图

3 选取资料加卸载响应比的计算结果

我们应用上海地震局李鸿宇和朱培育老师编写的“地震地磁数据分析和预报软件”对本文所选地磁

台的地磁 Z 分量数据进行日变幅的下载、计算和处理,最终计算出各台 201-01-01—2018-09-30 的加卸载响应比 $P(Z)$ 值,并绘出如图 2 所示的 $P(Z)$ 变化曲线图。

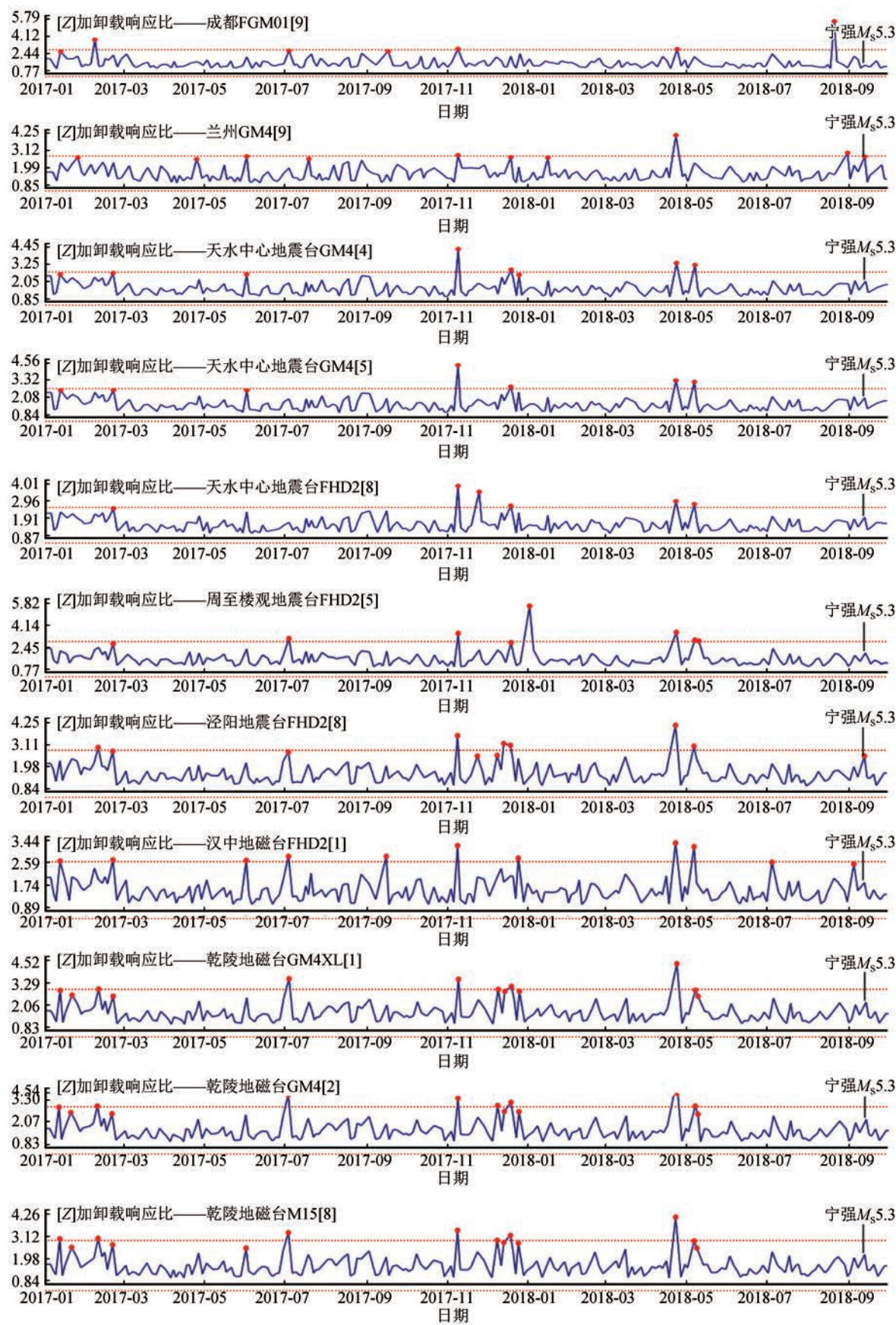


图2 各台站地磁 Z 分量加卸载响应比变化曲线 [$P_0(Z) = 2.5$]

绘制加卸载响应比变化曲线图所用数据的数值为预处理后北京时间的分数数据转换得到的日变幅数据。经过预处理后的数据排除了车辆、高压直流、标定、重启等各种干扰,保证了其可靠性和实用性。傅

氏拟合阶数采用 48、阈值阶数采用 2.5,中间的虚横线为阈值线。加卸载响应比 $P(Z)$ 计算结果如表 1 所示。

我们用来计算加卸载响应比 $P(Z)$ 的资料长度

表 1 各地磁台地磁 Z 分量加卸载响应比异常 $P(Z)$ 在 $M_s5.3$ 地震前的情况统计

台站	仪器	日变幅	震中距	$P(Z)$	$P(Z)$ 最大值	提前时间	$P(Z)>P_0(Z)$
		A	/km	最大值	出现的时间	Δt /天	的次数
汉中	FHD-2	2.31	131	3.32	2018-04-23	139	11
涇阳	FHD-2	3.09	404	4.10	2018-04-23	139	11
周至楼	FHD-2	4.58	363	5.59	2018-01-02	249	8
乾陵台	GM4-XL	3.35	391	4.35	2018-04-23	139	13
	GM4(2)	3.37		4.37	2018-04-23	139	13
	FHDZ-M15	3.10		4.10	2018-04-23	139	14
兰州	GM4	3.08	418	4.10	2018-04-23	139	10
成都	FGM01	4.55	279	5.56	2018-08-21	22	7
天水台	GM4(4)	3.27	194	4.29	2017-11-09	308	8
	GM4(5)	3.37		4.39	2017-11-09	308	7
	FHD-2	2.85		3.87	2017-11-09	308	6

为 2017-01-01—2018-09-30。从表 1 可以看出,宁强县 2018 年 9 月 12 日 $M_s5.3$ 地震前一年多的时间里,各地磁台各类型地磁仪器的地磁 Z 分量的加卸载响应比 $P(Z)$ 都出现了不同程度的异常,且其异常最大值均大于资料的日变幅 A ,差值几乎都在 1.0 左右; $P(Z)$ 最大值出现时间和发生地震的时间 Δt : 成都 $P(Z)$ 最大值出现 22 天、周至楼 249 天、天水台 308 天后发生宁强县 $M_s5.3$ 地震,且震中距最近的汉中与震中距在 400 km 左右的兰州、涇阳和乾陵均在 $P(Z)$ 最大值出现 139 天后发生宁强 $M_s5.3$ 地震。这更加有力地证明地磁加卸载响应比 $P(Z)$ 的高值异常与地震有非常高的关联性,在日常工作中我们有必要密切注意这个比值的变化。

从图 1 和表 1 中也可看出,在地震前一年多的时间里,震中距接近 200 km 的天水台 $P(Z)>P_0(Z)$ 的次数最少,但至少也有 6 次,而震中距接近 400 km 的乾陵台 $P(Z)>P_0(Z)$ 的次数最多,达到了 14 次。这再次证明地磁 Z 分量加卸载响应比 $P(Z)$ 异常变化与地震有很好的对应关系。

4 讨论

(1) 从加卸载响应比值 $P(Z)$ 的概念可知,每个地磁台站在正常状态下,地磁 Z 分量的加卸载响应比 $P(Z)$ 值都会有一个比值范围,这个范围并不会很大。本文所涉及的地磁台站都是台网中心有关专家根据地磁选台规范而选定的,其地下介质的电导率变化符合标准,力学的稳定性能也不会超标,所以 $P(Z)$ 不会轻易出现高值异常,而 $P(Z)$ 值在一

定范围内的变化,说明在非孕震期地球会被强烈的太阳暴风加、卸载而影响地磁场,使地磁垂直分量 Z 数据发生扰动。

(2) 本文所涉及的地磁台站,其 $P(Z)$ 值如果出现高值异常,且异常值大于日变幅 1.0 左右,则会引起重视,结合其他前兆资料数据进行综合分析,判断这个高值异常反映的是局部区域磁场变化,还是震前异常信息,以避免对地震的漏报和虚报。

(3) $P(Z)>P_0(Z)$ 的次数尚未发现与震中距的大小有明显关联性,还有待更多的震例去总结研究。

(4) $P(Z)$ 最大值出现的时间与地震发生的时间 Δt 是否有规律可寻,是否与地磁台所处地理位置和地下介质的结构有关,还有待专家研究,我们也会不断跟踪研究。

(5) 通过分析发现地磁加卸载响应比 $P(Z)$ 的高值异常以及 $P(Z)>P_0(Z)$ 的次数均与台站所使用的地磁仪器类型无关,目前台站常用的地磁仪器 FHDZ-M15、GM4、FHD、FGM01 都能很好地记录到地磁加卸载响应比值的变化。

总之,上述对地磁加卸载响应比 $P(Z)$ 和宁强县 $M_s5.3$ 地震的研究分析表明,地磁 Z 分量的加卸载响应比作为地震预测的中短期预报方法,在以磁报震上是具有一定参考价值的。但我们的研究只是做了初步性的探讨,最好能结合其他前兆手段进行综合研究分析,使地磁的加卸载响应比方法为地震预报准确率的提高做出一定的贡献。

(下转第 39 页)

地震的关系[J].地球物理学报,2013,56(5):1772-1783.

[24] 徐锡伟,闻学泽,韩竹军,等.四川芦山 7.0 级强震:一次典型的盲逆断层型地震[J].科学通报,2013,58(20):1887-1893.

[25] 李传友,徐锡伟,甘卫军,等.四川芦山 $M_s7.0$ 地震发震构造分析[J].地震地质,2013,35(3):671-683.

[26] 邓起东,朱艾斓,高翔.再议走滑断裂与地震孕育和发生条件[J].地震地质,2014,36(3):562-573.

[27] 白玉柱,徐锡伟,徐杰.断裂分段之间不同相互作用对断裂运动的影响[J].华北地震科学,2012,30(2):33-38.

[28] 楚全芝,汪良谋.活断层分段及其地震危险性评价[J].东北地震研究,1995,11(2):54-61.

[29] 徐锡伟,米仓伸之,铃木康弘,等.山西六棱山北麓晚第四纪不规则断裂作用的地貌学研究[J].地震地质,1996,18(2):169-181.

[30] 江娃利,谢新生,王焕贞,等.山西大同盆地恒山北缘断裂全新世古地震活动[J].中国地震,2003,19(1):8-19.

[31] 陆明勇.华北地区跨断层流动形变监测场地与监测网优化研究[R]//地震科技星火计划项目研究报告.2014:1-128.

[32] 程绍平,杨桂枝.山西中条山断裂带的晚第四纪分段模型[J].地震地质,2002,24(3):289-302.

(上接第 21 页)

参考文献

[1] 尹祥础,尹灿.非线性系统的失稳前兆与地震预报——响应比理论及其应用[J].中国科学(B辑),1991(5):512-518.

[2] 曾小平,续春荣,赵明,等.地球磁场对太阳风的加卸载响应与地震[J].地震地磁观测与研究,1996,17(1):49-53.

[3] 宋治平,尹祥础,陈学中.加卸载响应比的时空演变特征及其对地震三要素的预测意义[J].地震学报,1996,18(2):179-186.

[4] 丁鉴海,卢振业,黄雪香.地震地磁学[M].北京:地震出版社,1994:237-245.

[5] 张建国,曹轶,闫俊岗,等.地磁 Z 分量日变幅逐日比法在河北省的应用研究[J].华北地震科学,2008,26(1):1-7.

[6] 朱燕,史勇军,巴克,等.新疆地区地磁加卸载响应比方法应用研究[J].中国地震,2002,18(4):409-416.

[7] 冯志生,林云芳,王建宇,等.江苏地磁加卸载响应比的异常标志体系[J].地震,2000,20(2):61-68.

[8] 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(2):20-27.

[9] 郑在壮.琼中台地磁加卸载响应比与地震[J].地震地磁观测与研究,2001,22(1):44-46.