

贾昕晔,戴勇,高立新,等.2010年山西河津4.8级地震地磁垂直分量日变化低点时间空间分布特征[J].地震工程学报,2018,40(增刊):105-111.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2018.Supp.105

JIA Xinye, DAI Yong, GAO Lixin, et al. Spatial Distribution Characteristics of Low-point Time of Geomagnetic Vertical Component Diurnal Variation before the Hejin M4.8 Earthquake of 2010[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2018, 40(Supp): 105-111. doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2018.Supp.105

2010年山西河津4.8级地震地磁垂直分量日变化 低点时间空间分布特征

贾昕晔¹, 戴勇², 高立新², 陆颖哲³, 贾彦杰²

(1. 宝昌地震台, 内蒙古 太仆寺旗 027000; 2. 内蒙古自治区地震局, 内蒙古 呼和浩特 010010;
3. 满洲里地震台, 内蒙古 满洲里 021400)

摘要: 2010年1月11—24日, 华北地区出现7次地磁低点位移异常。异常结束1天后研究区内发生2010年1月24日山西河津4.8级地震。采用实测低点时间减去理论低点时间的方法剔除低点时间经度效应, 并以剔除经度效应后低点时间为0 h的等值线作为低点位移分界线, 山西河津4.8级地震震中处于1月16日、17日、19日、22日地磁低点位移分界线上。低点位移异常日期间, 华北地区存在显著的高梯度带, 该文采用梯度值定量描述低点时间空间变化程度。在正常日期间, 华北地区未出现梯度值大于1 h/(°)的区域, 在异常日期间, 出现梯度值大于1 h/(°)的区域, 河津4.8级地震多位于高梯度区边缘。

关键词: 河津4.8级地震; 地磁垂直分量; 日变化; 低点位移; 低点时间

中图分类号: P315.721

文献标志码: A

文章编号: 1000-0844(2018)增刊-0105-07

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2018.Supp.105

Spatial Distribution Characteristics of Low-point Time of Geomagnetic Vertical Component Diurnal Variation before the Hejin M4.8 Earthquake of 2010

JIA Xinye¹, DAI Yong², GAO Lixin², LU Yingzhe³, JIA Yanjie²

(1. Baochang Seismic Station, Taibus Banner 027000, Inner Mongolia, China;

2. Earthquake Agency of Inner Mongolia Autonomous Region, Hohhot 010010, Inner Mongolia, China;

3. Manchuria Seismic Station, Manchuria 021400, Inner Mongolia, China)

Abstract: Geomagnetic low-point displacement anomalies occurred in North China from January 11 to 24, 2010, and the Hejin M4.8 earthquake occurred in the study area on January 24, 2010, after the ending of the anomalies. In this paper, the longitudinal effect of low-point time is removed by subtracting theoretical low-point time from measured low-point time, and the isoline

收稿日期: 2018-09-09

基金项目: 中国地震局地震科技星火计划项目(XH17010Y); 震情跟踪定向工作任务(2018010401); 内蒙古自治区科技重大专项(重点地区地震预测预警技术研究开发与推广示范)

第一作者简介: 贾昕晔(1971—), 女, 内蒙古太仆寺旗人, 工程师, 主要从事地震数据处理工作。E-mail: 728332829@qq.com。

通信作者: 戴勇(1981—), 男, 安徽巢湖人, 高级工程师, 主要从事数据处理及地震预测研究工作。E-mail: daiyong06@mails.ucas.ac.cn。

whose low-point time is 0 h after removing the longitudinal effect is used as the low-point displacement boundary. The epicenter of Hejin M4.8 earthquake is located at the boundary of geomagnetic low-point time on January 16, 17, 19, and 22. The gradient value is used to describe the spatial distribution characteristics of low-point time. During the abnormal dates, there appears high gradient area in North China, whose gradient are greater than $1 \text{ h}/(^{\circ})$, and the Hejin M4.8 earthquake is generally located at the edge of the high gradient area.

Keywords: Hejin M4.8 earthquake; geomagnetic vertical component; daily variation; low-point displacement; low-point time

0 引言

地磁日变化异常指的是包括地磁日变化相位、幅度等发生畸变的地磁异常。由于地磁垂直分量与地下介质的关系最密切,地震发生之前地磁垂直分量日变化易发生畸变,地震学者采用地磁垂直分量日变化作为研究对象,研究其异常与地震之间的关系^[1]。用于描述日变化相位特征的物理量是地磁低点时间,地震学者主要通过地磁低点位移方法研究地磁低点时间异常特征与地震之间关系,同时定性或者定量研究其产生机理^[2-3]。丁鉴海等^[1]研究了1966—2008年逾40年间低点位移异常和地震相关性发现,低点位移法预报强震,特别是6级以上地震效果较好。自2015年开始,在中国地震局监测预报司组织下,由冯志生研究员牵头,中国地震台网中心、江苏省地震局等多家单位电磁分析预报人员参与电磁指标体系建立工作。经过近三年多的时间,初步建立起地磁低点位移判定依据和预测指标。丁鉴海等^[1]、冯志生等^[4]、陈化然等^[5]、胡久常^[6]、袁桂平等^[7]相继对地磁低点位移产生机理进行研究,并获得了外空变化磁场感应电流因某种原因聚集在低点位移线下方,进而产生反相位畸变变化等结果。

据中国地震台网中心测定,2010年1月24日10时36分(北京时间)山西河津(35.60°N , 110.70°E)发生4.8地震,震源深度12 km。此次地震可能与西辛封断裂的深部活动有关,震源体为峨嵋台地隆起,截至2010年1月30日9时共发生余震125次,最大余震为1月30日5时10分的2.1级地震^[8-11]。在河津4.8级地震发生之前,华北地区出现地磁低点位移现象。本文将着重研究河津4.8级地震前华北地磁垂直分量日变化低点时间空间分布特征,并尝试对其产生原因进行解释。

1 分析方法与资料选取

1.1 方法原理

丁鉴海等^[1]明确解释了地磁低点位移,并给出

了其判定标准和预测规则。震前垂直分量 Z 日变化的异常现象可以表现在幅度上的变化,也可以表现在相位上的变化。垂直分量日变极值出现时间(简称“低点时间”)一般为地方时12 h左右,如果偏离此时间过多,则认为单台低点发生位移。大区域中多台站的低点时间在空间分布上的异常特征即为低点位移现象^[1]。上述判定规则和预测规则仅是在丁鉴海等统计了1994年之前的震例基础之上提出的^[3],随着震例的累积,对地磁低点位移研究的深入,上述规则有可能进一步修正和完善。本文将在地磁低点位移方法基础之上,采用新技术重点研究河津4.8级地震前中国大陆地磁垂直分量低点时间空间分布特征,以期归纳出更符合地磁日变化异常物理机理的前兆异常特征,并在此基础之上尝试给出新的地磁低点位移异常判别建议。

1.2 资料选取及数据处理

选取台站分布密集、均匀的华北地区($27^{\circ}\sim 42^{\circ}\text{N}$, $105^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$)地磁台站垂直分量日变化低点时间作为研究对象。本文一律采用北京时间描述低点时间。为了数据处理方便,将传统的 $\times\times:\times\times(\text{hh:mm})$ 表示方式统一转为 $\times\times.\times\times\text{h}$,例如将低点时间12:30转为12.50 h。采用克里格方法^[12-13]对华北低点时间数据进行空间插值处理,位于台网内部区域采用内插算法,位于台网外部区域采用外推算法,经过插值生成的数据为网格数据文件,其中经向点数为301个,纬向点数为301个,经向和纬向点间距均为 0.05° 。在此需说明的是,对于有几套仪器的地磁台站,本文仅选取其中一套仪器的垂直分量日变化低点时间作为分析对象;对于受到干扰较严重的台站,在研究时不采用其数据。由于仪器故障、干扰等原因,分析中国大陆地区不同日期低点时间空间分布时所采用地磁台站略有不同。

2 地磁垂直分量日变化低点时间时空演化特征

2.1 实测低点时间空间分布

河津4.8级地震前11天之内,华北地区出现过7

次地磁低点位移,具体时间是 1 月 14—17 日、19 日和 21 日,其中 16 日、17 日、19 日、22 日低点位移分界线(简称“分界线”)穿过地震震中附近区域。本节将重点研究河津 4.8 级地震前地磁低点时间空间分布特

征(图 1)。图 1(a)、(f)、(h)、(l)显示的是处于 1 月 13 日、18 日、20 日和 24 日正常日期间华北地区实测的低点时间空间分布特征,低点时间自西向东由 11 h 逐渐递增至 13 h,整个华北地区未出现高梯度带。

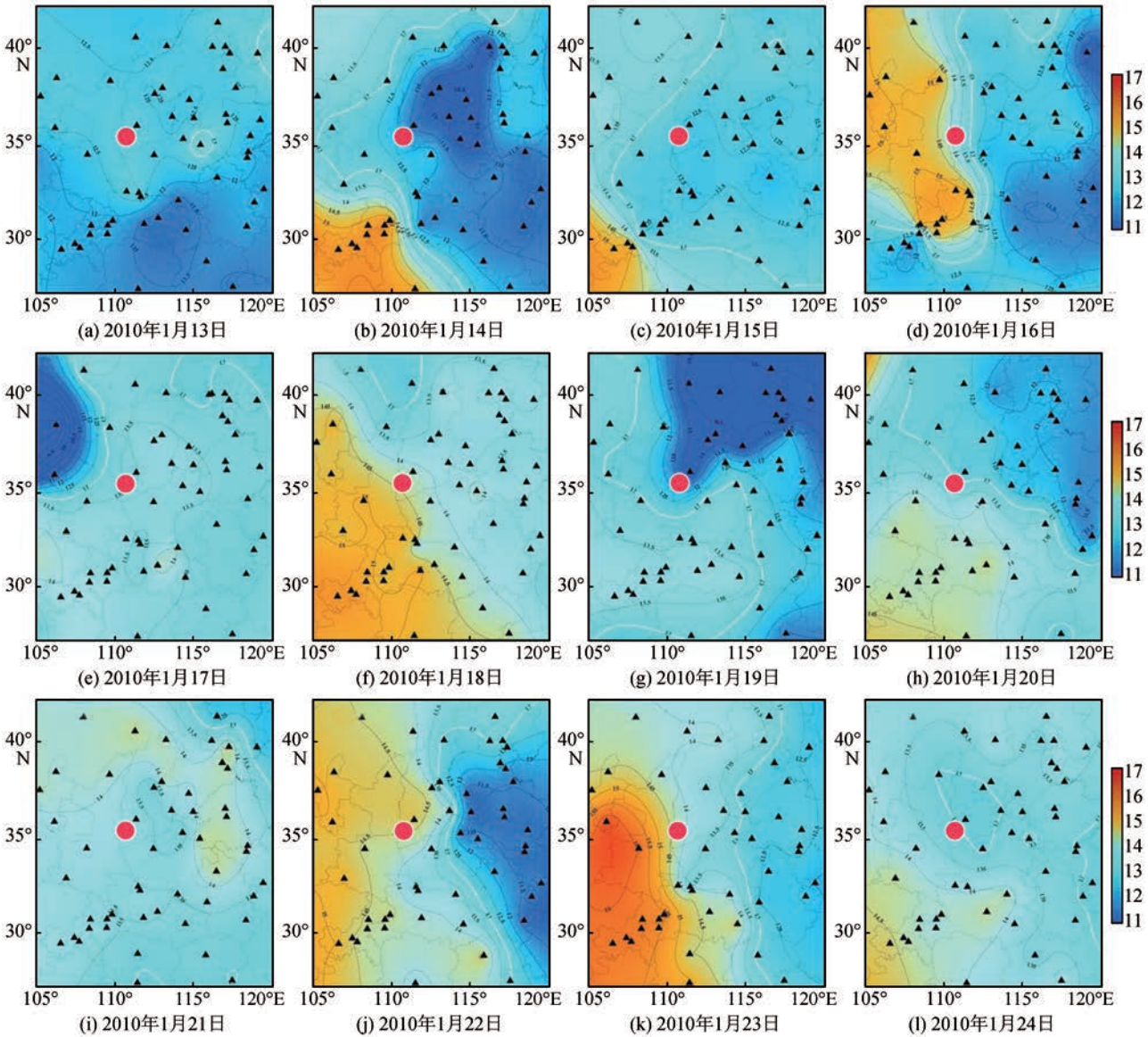


图 1 地磁垂直分量日变化实测低点时间空间分布

图 1(b)~(f)显示的是处于 1 月 14—17 日异常日期间华北地区实测的低点时间空间分布特征,可以看出西南部存在呈 NW 走向的高梯度带,河津 4.8 级地震震中位于 1 月 13 日低点时间为 13 h 的等值线上,且位于梯度最大的区域边缘。图 1(g)显示的是处于 1 月 19 日异常日期间华北地区实测的低点时间空间分布特征,其西北部存在呈 NE 走向的高梯度带,河津 4.8 级地震震中位于低点时间为 13 h 的等值线上,且位于梯度最大的区域边缘。图 1(j)显示的是处于 1 月 22 日异常日期间华北地区实测

的低点时间空间分布特征,其西北部存在呈 NS 走向的高梯度带,河津 4.8 级地震震中偏离低点时间为 13 h 的等值线,且偏离梯度最大的区域。

通过比较正常日和异常日低点时间空间分布特征发现,正常日内低点时间空间变化平缓,未出现显著的大范围高梯度带,异常日内低点时间空间变化在某些区域内剧烈,形成显著的高梯度带。

选用低点时间为 13 h 的等值线作为分界线,结果显示,1 月 16 日、17 日、19 日和 22 日异常日期间,新采用的分界线穿过河津 4.8 级地震震中。本

文采用等值线作为分界线,比传统的人工勾绘分界线更加客观且具有物理意义,同时也为自动寻找分界线提供可能。

2.2 理论低点时间空间分布

地磁日变化的相位依赖于地方时,具体为相位随经度延时为 $4\text{ min}/(^{\circ})$ ^[4],这说明低点时间有经度效应。这一效应给低点位移分界线自动识别和提取带来了难度,因低点位移异常位于中国大陆不同区域,因此所选取的作为低点位移分界线的低点时间

等值线不同,若低点位移异常位于 120°E 附近时则选取低点时间为 12 h 的等值线较为适宜,若低点位移异常位于 105°E 附近时则选取低点时间为 13 h 的等值线较为适宜。

本节将通过绘制具有正常日变形态的理论低点时间空间分布图,着重讨论低点时间经度效应。图 2 显示的是 1 月 13—24 日华北地区理论低点时间空间分布特征。从图中可以看出空间分布逐日差异性小,不因参与计算台站的改变而有大的变化,低

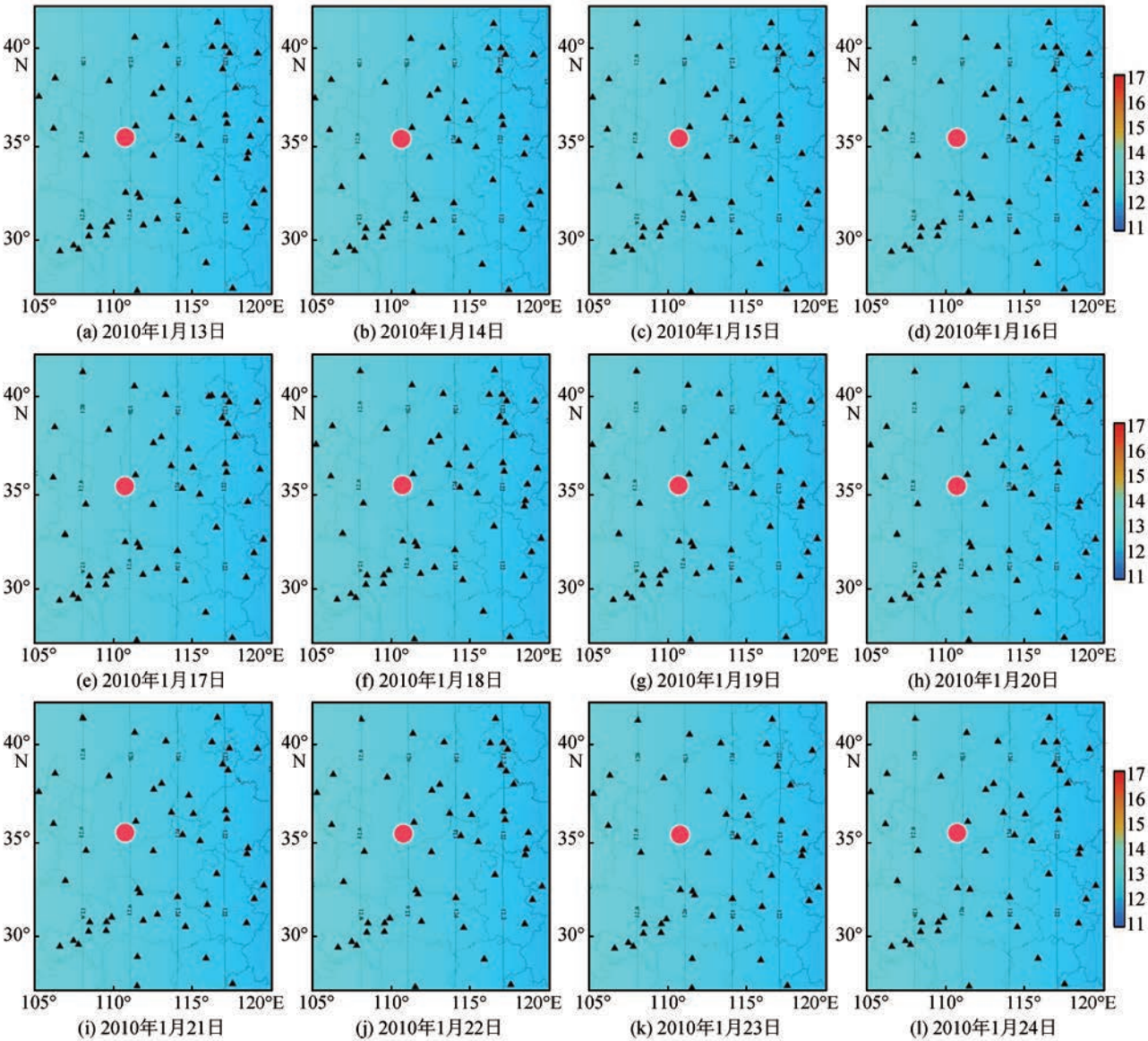


图 2 地磁垂直分量日变化理论低点时间空间分布

点时间等值线走向基本与经度线一致。

2.3 剔除经度效应的低点时间空间分布

图 3 显示的是剔除经度效应后低点时间空间分布。从中可以看出低点时间为 0 h 表示地磁垂直分量日变化相位未出现畸变,低点时间为负表示地磁

垂直分量日变化相位滞后,低点时间为正表示地磁垂直分量日变化相位提前。

图 3(a)、(f)、(h)、(l)显示的是处于 1 月 13 日、18 日、20 日和 24 日正常日期间剔除经度效应后地磁垂直分量日变化低点时间空间分布。从中可以看

出低点时间空间分布虽逐日差异大,但整个华北地区未出现显著高梯度带。

图 3(d)、(e)、(g)、(j) 显示的是 1 月 16 日、17

日、19 日和 22 日异常日期间剔除经度效应地磁垂直分量日变化低点时间空间分布。从中可以看出以低点时间为 0 h 的等值线作为分界线,则河津 4.8 级

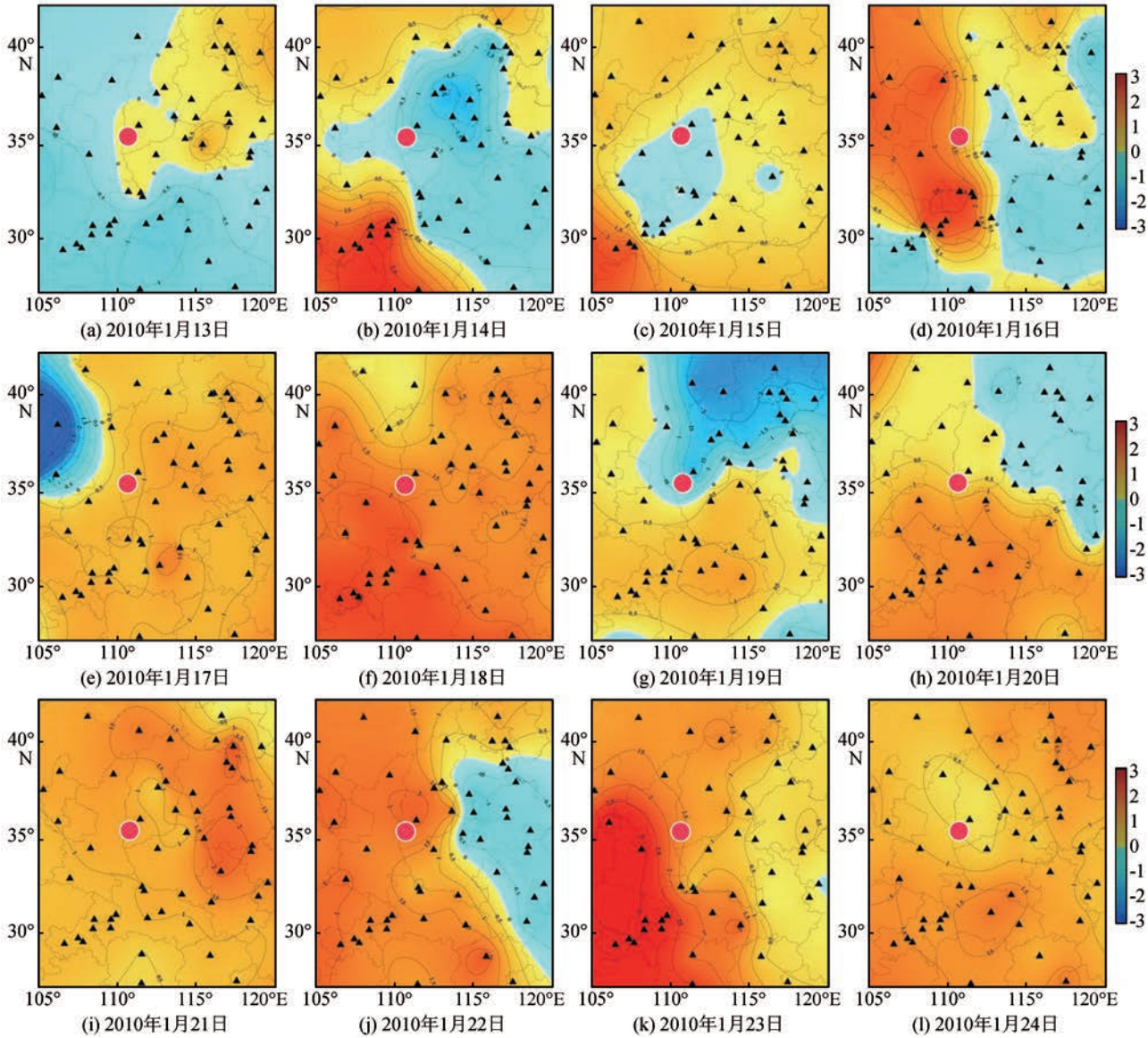


图 3 地磁垂直分量日变化低点时间空间分布(剔除经度效应)

地震震中位于分界线上。

2.4 低点时间梯度值空间分布

本节采用梯度值定量描述低点时间空间变化程度,图 4 显示的是 1 月 13—24 日剔除经度效应的低点时间梯度值空间分布。在 1 月 13 日、18 日、20 日和 24 日正常日期间,华北未出现大范围梯度值大于 1.0 h/(°) 的异常区[图 4(a)、(f)、(h)、(l)]。

图 4(b)~(d) 显示的是处于 1 月 14—16 日异常日期间,位于华北东南部梯度值大于 1.0 h/(°) 的异常区域范围呈现扩大趋势,河津 4.8 级地震震中位于 1 月 16 日异常增强区域北端。

图 4(e) 显示的是处于 1 月 17 日异常日期间华

北西北部实测的低点时间梯度空间分布,可以看出其西北部存在梯度值大于 1.0 h/(°) 异常区,该异常区呈 NE 走向,河津 4.8 级地震震中正位于低点时间为 13 h 的等值线上,且位于异常区域东侧。

图 4(g) 显示的是处于 1 月 19 日异常日期间华北西北部实测的低点时间梯度空间分布。可以看出自山西南部至河北存在呈 NW 走向的梯度值大于 1.0 h/(°) 异常区,河津 4.8 级地震震中正位于异常区域东南端。图 4(f) 显示的是处于 1 月 22 日异常日期间华北西北实测的低点时间梯度空间分布,晋冀鲁豫交界处存在呈 NS 走向的梯度值大于 1.0 h/(°) 异常区,河津 4.8 级地震震中位于异常区域西侧。

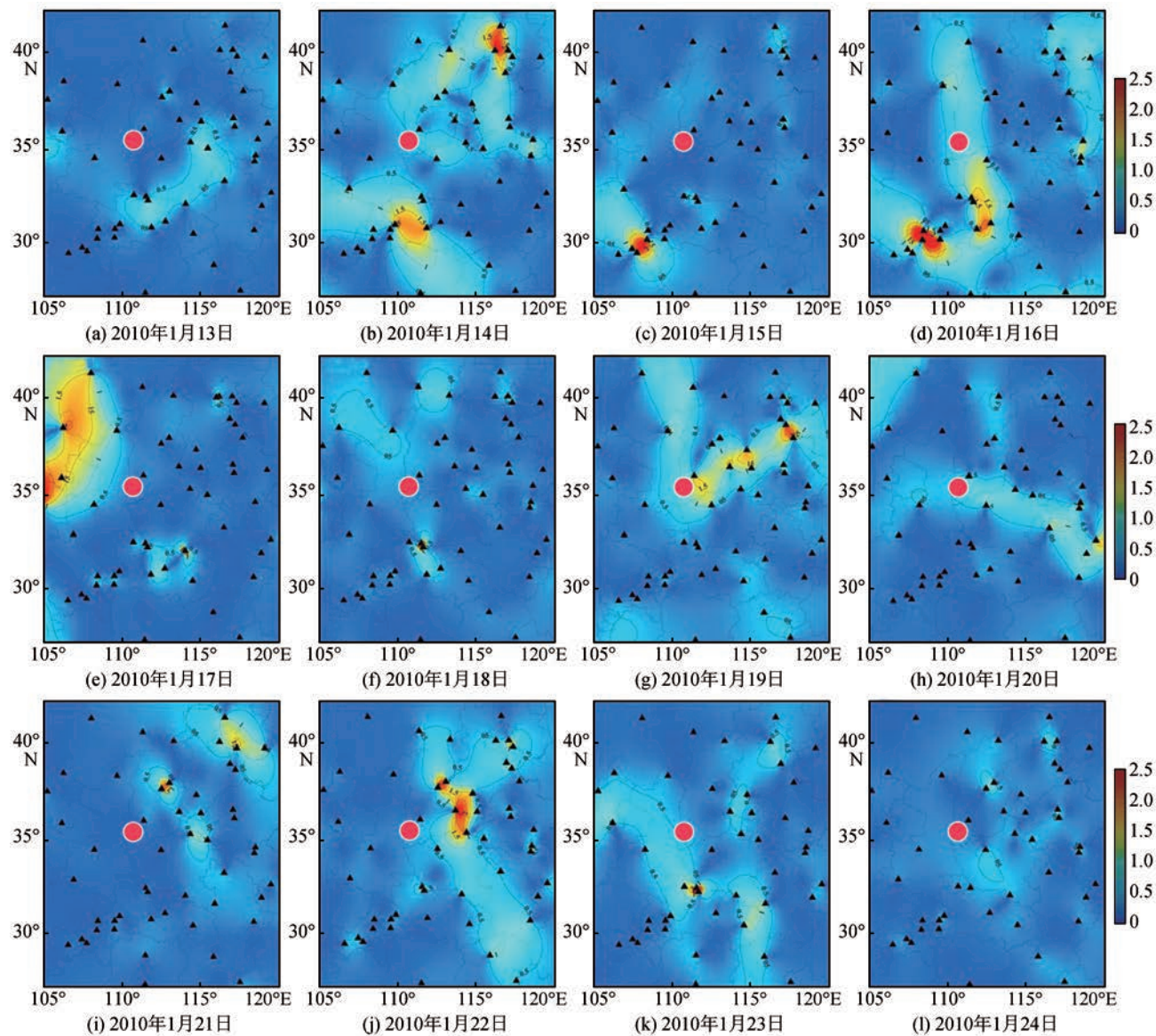


图 4 地磁垂直分量日变化低点时间梯度空间分布(去除经度影响)

3 结论与讨论

(1) 河津 4.8 级地震前 11 天内,华北地区相继出现 7 次地磁低点时间空间分布异常。这些异常位于中国大陆中部,以低点时间为 13 h 的等值线作为低点位移分界线,则河津 4.8 级地震震中多位于分界线上或者附近。本文采用实测低点时间减去理论低点时间的方法剔除经度效应,并以剔除经度效应后低点时间为 0 h 的等值线作为低点位移分界线,河津 4.8 级地震多位于分界线上或者附近。对地磁低点位移异常日期间华北地区地磁垂直分量日变形态进行统计,发现其存在显著的分区特征,区域分界线基本沿着低点位移分界线走向。

(2) 华北地区存在显著的低点时间高梯度带,本文采用梯度值定量描述低点时间空间变化程度。在正常日期间,研究区内未出现梯度值大于 1 h/(°) 的异常区域,异常日期间,出现梯度值大于 1 h/(°) 的区域,河津 4.8 级地震位于高梯度区边缘或者附近。由 Biot-Savart 定律^[13]推测,低点位移异常期间在地磁低点位移线下方有一引起地磁垂直分量日变化畸变的电流通过,低点时间梯度带的形成与该电流有直接关系,电流越大梯度越大,从这一角度来说,低点时间梯度带的走向反映地下电流的走向,梯度值的高低则反映地下电流的大小。

(3) 通过总结河津 4.8 级地震震例,可以给地磁低点位移异常的判别和预测指标的建立提供一种

能自动化、定量化的新的技术途径。具体来说,将传统的“区域间低点时间差超过两小时”的判别标准改为“梯度值超过 1.0 h/(°)”;将人工勾绘低点位移分界线改为由去经度效应后的低点时间为 0 h 的等值线作为低点位移分界线。

致谢:本文所采用的国界、省界数据、地磁数据、地磁台站信息、地震参数等均由中国地震台网中心提供,江苏地震局冯志生研究员、中国地震台网中心王亚丽副研究员、姚丽副研究员给予了无私的帮助与指导,在此一并表示感谢!

参考文献

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

[2] 丁鉴海.地磁日变地震预报方法及其震例研究[M].北京:地震出版社,2009.

[3] 徐文耀.地磁活动性概论[M].北京:科学出版社,2014.

[4] 冯志生,李琪,李鸿宇,等.地磁低点位移线两侧异常变化的反相位现象及其解释[J].中国地震,2009,25(2):206-213.

[5] 陈化然,杜爱民,王亚丽,等.地磁低点位移与地磁场等效电流

体系关系的初步研究[J].地震学报,2009,31(1):59-67.

[6] 胡久常.地磁 Z 分量日变“低点位移”异常成因分析[J].地震,2011,31(2):79-86.

[7] 袁桂平,张学民,吴迎燕,等.汶川 8.0 级地震前地磁低点位移与内外源 S_q 等效电流体系关系的研究[J].地震,2015,35(3):102-112.

[8] 山西河津 4.8 级地震现场工作队.2010 年 1 月 24 日河津 4.8 级地震现场考察报告[J].山西地震,2010(1):1-6.

[9] 宋美琴,郑勇,李斌,等.2010 年 1 月 24 日山西河津—万荣 $M_s4.8$ 地震的震源机制解与发震构造探讨[J].地震学报,2012,34(1):111-117.

[10] 杨彦明,姜立新,王祯祥.基于 Levenberg-Marquardt 方法的内蒙古及邻区地震烈度影响场改进技术[J].地震,2017,37(3):117-126.

[11] 李艳,高振强,程冬焱,等.河津 4.8 级地震前山西临汾台倾斜前驱波特征分析[J].地震研究,2013,36(2):160-164,263.

[12] 吴长祥,刘苗,吴健生.克里格方法在大地电磁静校正中的应用[J].石油物探,2008,47(1):89-94.

[13] 尤洪亮,高彦伟.时空域克里格方法在环境科学领域的应用研究进展[J].长春工业大学学报,2010,31(6):716-720.

[14] 赵凯华,陈熙谋.电磁学.上册[M].北京:人民教育出版社,1978.