

李继业、任建辉、陈丽丽等, 2014, 黑龙江及邻区中强地震前地磁“低点位移”异常分析, 中国地震, 30(4), 611 ~ 622。

# 黑龙江及邻区中强地震前地磁 “低点位移”异常分析

李继业<sup>1)</sup> 任建辉<sup>1)</sup> 陈丽丽<sup>4)</sup> 胡滨生<sup>1)</sup> 陈长勇<sup>4)</sup>

孟令蕾<sup>1)</sup> 杜天娇<sup>1)</sup> 武晓军<sup>2)</sup> 孙鹏宇<sup>3)</sup>

1) 哈尔滨市防震减灾技术中心, 哈尔滨市世纪大道 1 号 150021

2) 哈尔滨市通河地震台, 哈尔滨 150900

3) 哈尔滨市延寿地震台, 哈尔滨 150700

4) 安徽省滁州市地震局, 安徽 239000

**摘要** 利用黑龙江及邻近地区地磁场总强度日变化极小值时间资料, 分析了 2008 ~ 2011 年黑龙江及邻区 4 次中强地震前地磁“低点时间”在空间上的分布异常特征, 发现地磁“低点位移”现象的某些特征类型与该地区中强地震活动存在一定相关性。通过对震前各种分布特征类型的分析, 讨论了地磁“低点位移”产生机制, 认为地磁“低点位移”对黑龙江及邻区地震活动的短临预测有一定参考价值。

**关键词:** 黑龙江 低点位移 中强地震

[文章编号] 1001-4683 (2014) 04-0611-12 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

## 0 引言

地磁“低点位移”是丁鉴海于上世纪 80 年代地通过震磁理论的研究和地震预测实践发现的一种用于地震活动短临预测的地磁现象。丁鉴海等(1988、1991、1994、2003、2008) 研究了中国地磁台网几十年观测资料, 发现了地磁垂直分量日变极小值出现时间的空间分布异常特征, 即“低点位移”现象。他经过大量震例总结后认为, 该异常现象与 6 级以上强震发生似有较好相关性, 发震日期为异常日后第 27 天或 41 天的前后 4 天, 地点在低点位移突变分界线附近。黄雪香等(1991、1998、2000) 对“低点位移”异常与地震对应情况进行了系统总结, 通过对新疆天祝  $M6.2$  地震, 北京沙河  $M4.0$  地震和大海坨山  $M4.5$  地震震前地磁“低点位移”异常研究发现, 利用该方法不仅能对 6 级以上强震, 还可以对重点监视区一些中强地震活动做出有意义的短临预测。张苏平等(2004、2008) 利用甘肃及邻近地区 6 个地磁台站数据对青藏高原北部和甘肃地区 5 级以上中强地震进行了震前地磁“低点位移”现象研究, 并对该参量的空间分布进行了分类。

[收稿日期] 2013-10-16 [修定日期] 2014-12-29

[项目类别] 中国地震局地震科技星火计划项目(XH12015Y)、黑龙江省自然科学基金项目(200906) 联合资助

[作者简介] 李继业, 男, 1981 年生, 硕士, 高级工程师。主要从事地震活动性及地震预测方法的研究。

E-mail: jiyeli@126.com

随着研究工作深入,地磁“低点位移”在地震预测中还面临很多难题。由于以往研究区域较大,并且通常只有大地震发生时,才能引起较大范围的地磁“低点位移”出现,因此对于中强地震可能需要在小范围进行深入研究。此外,地磁“低点位移”异常现象在我国不同地区有不同表现形式,反映不同地区、不同强度地震活动信息。例如异常所处地区不同,异常空间展布、形态也会不同,但若在同一地区出现不同形式的异常,又可能反映这一地区不同强度地震活动情况。因此,利用地磁观测资料所提供地震活动信息,对地磁“低点位移”异常进行分类,应该有助于提高利用其对中强以上地震活动的判测能力。

## 1 台站的分布及资料的选取

所用研究资料为国家地震前兆台网中心数据库 2008~2011 年东北 3 省以及内蒙古、河北两省及邻区(35~50°N,115~135°E) 15 个台站的地磁场总强度  $F$  的日变“低点时间”数据,因取值的空间范围广,可以满足地磁“低点位移”技术的分析研究(图 1)。研究震例分别为 2008 年 6 月 10 日内蒙古阿荣旗  $M5.2$ (简称阿荣旗地震)、7 月 7 日黑龙江省龙江县  $M4.6$ (简称龙江地震)、2009 年 8 月 5 日吉林省抚松县  $M4.6$ (简称抚松地震)和 12 月 21 日吉林省通榆县  $M4.7$  地震(简称通榆地震)。

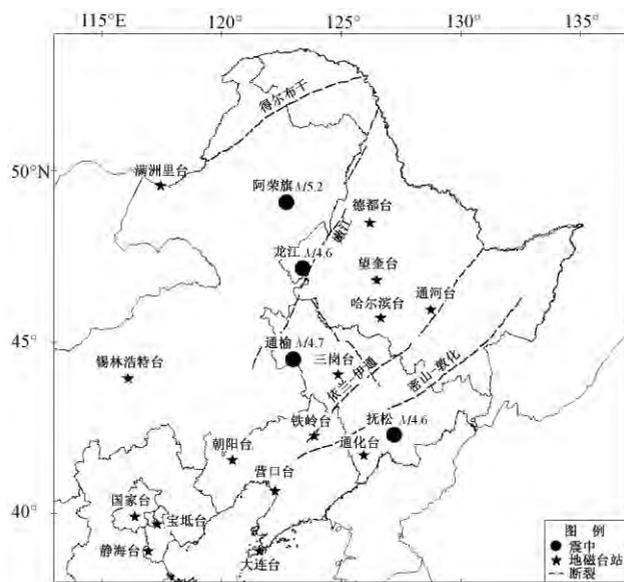


图 1 地磁台站及震中分布图

## 2 地磁“低点时间”提取和判别标准

以往对地磁“低点位移”现象研究多采用地磁垂直分量数据,由于研究区地磁记录中地磁场总强度  $F$  的资料相对完整,且地磁场总强度  $F$  与地磁垂直分量  $Z$  存在以下关系

$$Z = F \times \sin I \quad (1)$$

其中,  $I$  为地磁倾角。针对研究区地磁场要素特点,本文运用地磁场总强度  $F$  的资料对研究区的地磁“低点位移”现象进行研究,与运用地磁垂直分量数据具有相同效果。

地磁日变化极小值出现的时间称为“低点时间”。“低点时间”对于某一区域来说相对集中且固定。将地磁场总强度分钟值数据合并成整点值数据,然后用 MAPSIS 软件绘制地磁场总强度整点值,找出每日变化的极小值。黑龙江及邻近地区地磁场总强度  $F$  的“低点时间”一般在凌晨 2~4 时之间。地磁“低点位移”是指某一天在某个范围内,地磁日变极小值时间出现截然不同的 2 个(或 2 个以上)区域,其中每个区域内极小值时间基本统一在某个时区里、各站点之间时差小于 2h,两大区域之间的时差大于 2h 以上,中间有一条明确的曲线把不同的时区分开(吴小平等,2004)。一般情况下,其中的某个区域地磁日变化极小值的时间呈“常规”分布,而另一区域则是违反其“常规”分布。相对于“常规”来说,这个异常有 2 种可能:一种是地磁日变极小值提前出现,称之为极小值“超前”;另一种是日变极小值推迟出现,称之为极小值“滞后”。把 2 种情况统称为地磁“低点位移”异常,各大区域之间的分界线叫地磁低点位移异常分界线(黄雪香等,2000)。需要注意的是,不能用某一个台站的单台资料进行异常的识别。因为即使在连续的静日,低点时间也有可能有很大的差异,甚至可以相差几小时。因此必须用分布在较大范围内的多台资料进行综合分析,才能判断某个地区、某个时段是否有地磁“低点位移”异常出现。

### 3 地磁“低点位移”的空间分布特征

张苏平等(2004、2008)根据不同地磁台站在同一天出现的不同“低点时间”,将“低点时间”大致相同的台站划分到一个区域中,并根据地磁“低点位移”空间分布特征,将其分成 4 种类型:

(1) 单台型。震前某一个台站地磁“低点时间”与其余台相差 2 小时以上,出现这类异常的地震活动多发生于地磁“低点位移”形成偏离的单台附近或与其它台站的分界区域(图 2(a))。这种类型需要偏离单台具有较好观测质量,确定时具有一定难度。

(2) 2 块分界线型。震前地磁“低点时间”形成明显分界线,把研究区分成 2 个区域,地震往往位于分界线附近(图 2(b))。此地磁“低点位移”类型在实际应用中具有较好的应用效果。

(3) 3 块分界线型。震前地磁“低点位移”在空间分布上形成 3 个区域,出现这类异常,地震活动多发生于中间区域,但因范围较大,判断地点非常困难(图 2(c)),必须结合其他短临前兆异常信息进行综合判断。

(4) 不确定型。震前地磁“低点位移”在空间分布上与上述 3 种能够对应,但震中位置与之不对应。遇到这种情况,判断发震地点十分困难,只能对发震地点进行概率预测(图 2(d))。

## 4 震例分析

地磁“低点位移”方法主要应用于一些  $M5.0$  以上地震活动的预测,但由于黑龙江及邻近地区  $M5.0$  以上地震发生较少且提取资料有限,所以本文对 2008~2011 年黑龙江及邻近地区 4 次  $M4.5$  以上地震进行震例分析。

### 4.1 阿荣旗地震

2008 年 6 月 10 日 14 时 5 分,在内蒙古鄂伦春自治旗与阿荣旗交界( $49.0^{\circ}\text{N}, 122.7^{\circ}\text{E}$ )

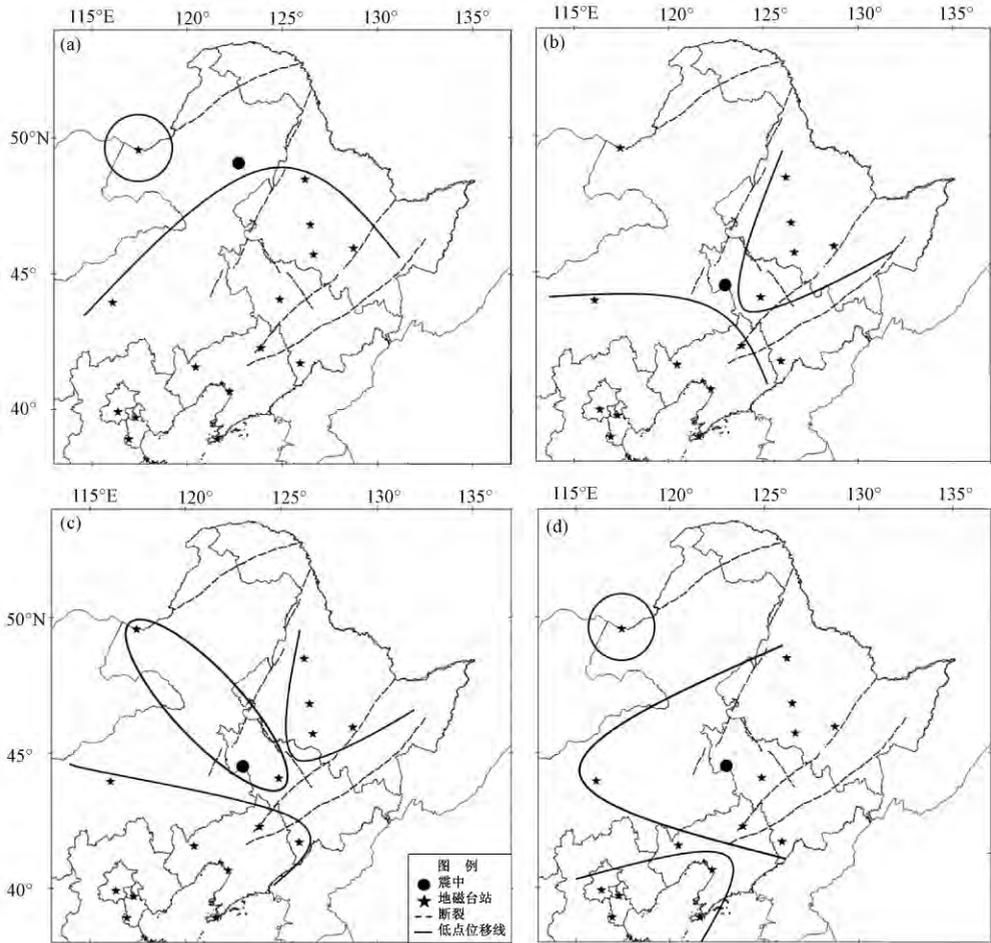


图2 地磁“低点位移”空间分布特征  
 (a)单台型; (b)两块分界线型; (c)三块分界线型; (d)不确定型

发生  $M 5.2$  地震,震源深度  $16\text{km}$ 。对地震前 40 天黑龙江及邻近地区地磁“低点时间”进行了分析。结果显示,阿荣旗地震前共出现 2 次地磁“低点位移”现象,分别在 5 月 9 日和 5 月 20 日,与地震的相隔天数各为 32 天和 21 天。

2008 年 5 月 9 日,黑龙江省 4 个台站、吉林省三岗台以及内蒙古满洲里台和锡林浩特台“低点时间”为  $6:00$ ,其余台站“低点时间”为  $3:00$ ,将整个研究区域分为 2 块,但震中位置并不在分界线附近,呈不确定型(图 3(a))。5 月 20 日,黑龙江省 4 个台站、吉林省 2 个台站以及辽宁省铁岭台当日出现了 3 次“低点时间”分别是  $2:00$ 、 $7:00$  和  $14:00$ ,其余台站“低点时间”为  $3:00$ ,将整个研究区域分为 2 块,震中位置在分界线附近,呈 2 块分界线型(图 3(b))。

#### 4.2 龙江地震

2008 年 7 月 7 日 14 时 32 分,在黑龙江省龙江县 ( $47.0^{\circ}\text{N}$ ,  $123.4^{\circ}\text{E}$ ) 发生  $M 4.6$  地震,震源深度  $14\text{km}$ 。对地震前 40 天黑龙江及邻近地区地磁“低点时间”进行了分析。结果显

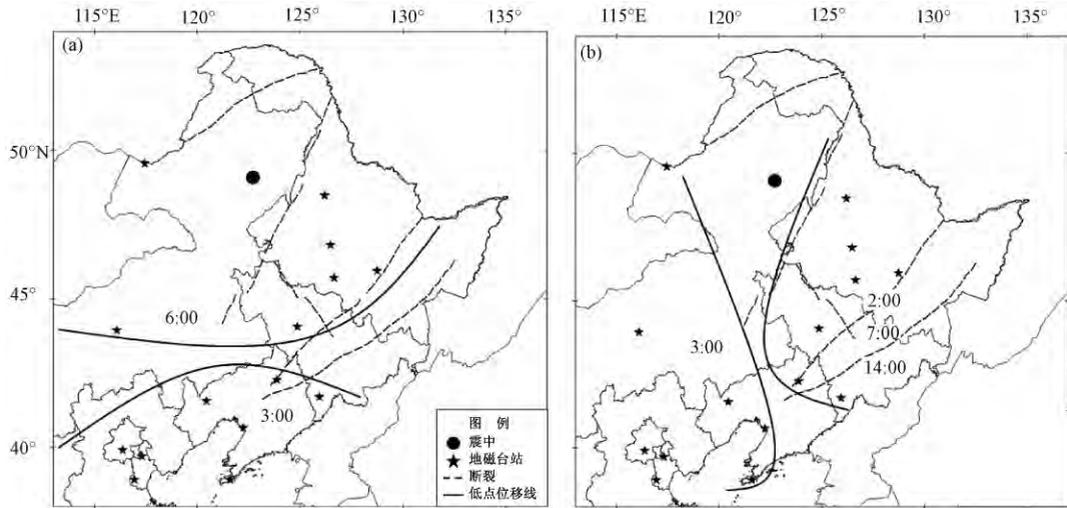


图3 阿荣旗地震前地磁“低点位移”空间分布图

(a) 5月9日; (b) 5月20日

示,龙江地震前共发生了3次地磁“低点位移”现象,分别出现在6月16日、6月21日和6月27日,与发震的相隔天数分别为21天、16天和10天。

2008年6月16日黑龙江省德都台、望奎台和通河台“低点时间”为1:00,其余台站“低点时间”为4:00,将整个研究区域分为2块,震中位置在分界线附近,呈2块分界线型(图4(a))。6月21日黑龙江省4个台站、吉林省2个台站以及辽宁省铁岭台“低点时间”为2:00,其余台站“低点时间”为4:00,把整个研究区域分为2块,震中位置在分界线附近,呈2块分界线型(图4(b))。6月27日东北3省所有台站“低点时间”均为2:00,其余台站“低点时间”为5:00,把整个研究区域分为2块,震中位置在分界线附近,呈2块分界线型(图4(c))。

#### 4.3 抚松地震

2009年8月5日20时8分,在吉林省白山市靖宇县与抚松县交界(42.3°N, 127.2°E)处发生 $M 4.6$ 地震,震源深度9km。对地震前40天黑龙江及邻近地区地磁“低点时间”进行了分析。结果显示,抚松地震前共发生了8次地磁“低点位移”现象,与发震的相隔时间为29~1天(表1)。

表1 抚松震例“低点位移”与地震对应关系

序号	“低点位移”出现时间(年.月.日)	发震时间(年.月.日)	相隔时间(d)
1	2009.07.07		29
2	2009.07.10		26
3	2009.07.13		23
4	2009.07.14	2009.08.05	22
5	2009.07.16		20
6	2009.07.18		18
7	2009.07.20		16
8	2009.08.04		1

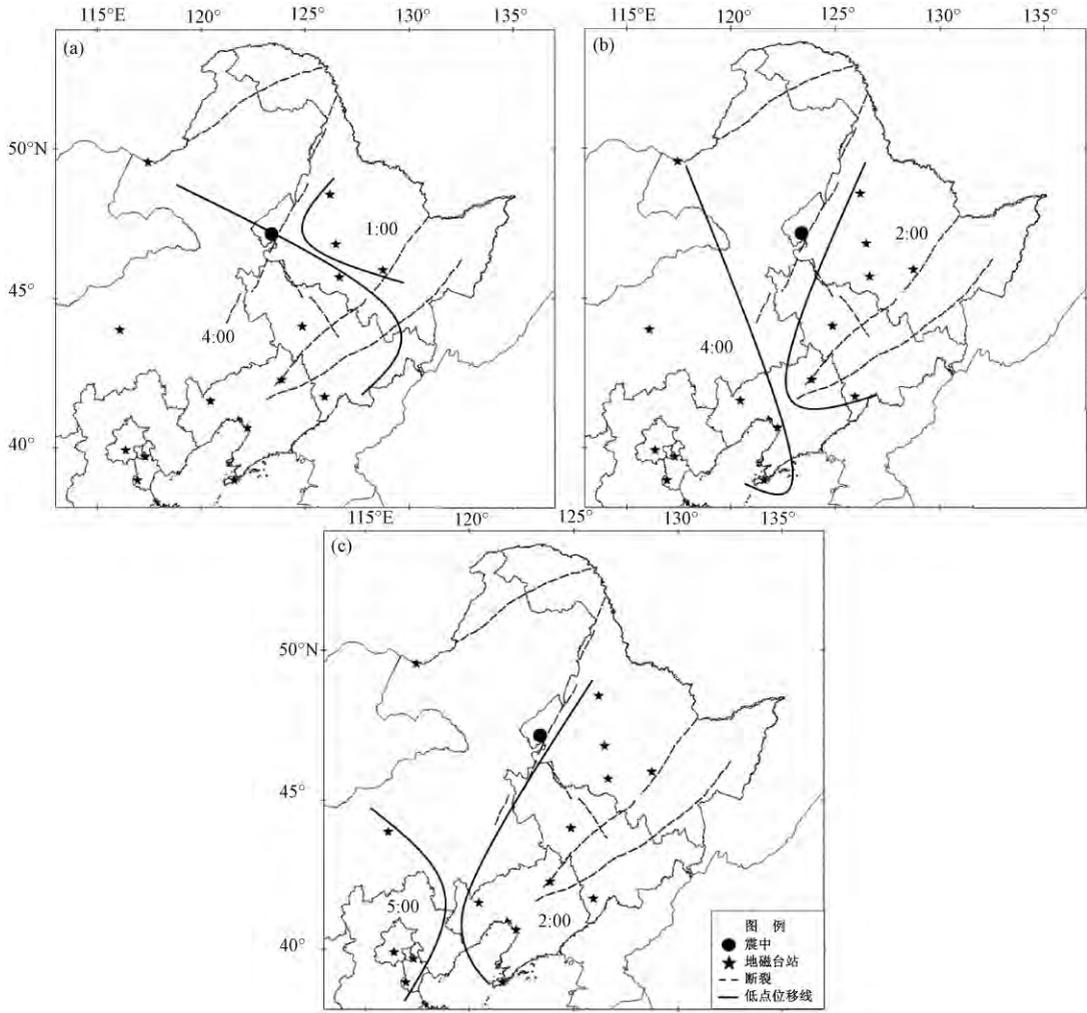


图4 龙江地震前地磁“低点位移”空间分布图  
 (a) 6月16日; (b) 6月21日; (c) 6月27日

2009年7月7日黑龙江省通台和吉林省通化台“低点时间”为1:00;其余台站“低点时间”为3:00,把整个研究区域分为2块,震中位置在分界线附近,为2块分界线型(图5(a))。7月10日黑龙江省4个台站“低点时间”为2:00,其余台站“低点时间”为5:00,把整个研究区域分为2块,震中位置在分界线附近,为2块分界线型(图5(b))。7月13日吉林省通化台和辽宁省大连台、朝阳台“低点时间”为1:00,其余台站“低点时间”为4:00,把整个研究区域分为2块,震中位置在分界线附近,为2块分界线型(图5(c))。7月16日东北3省所有台站“低点时间”均为1:00,其余台站“低点时间”为4:00,把整个研究区域分为2块,但震中位置离2块分界线较远,为不确定型(图5(d))。8月4日黑龙江省4个台站和吉林省2个台站“低点时间”为1:00,其余台站“低点时间”为3:00,把整个研究区域分为2块,震中位置在分界线附近,为2块分界线型(图5(e))。7月14日、18日和20日这3天,

满洲里台“低点时间”为 5:00,其余台站“低点时间”为 2:00,但震中位置离满洲里台相对较远,为不确定型(图 5(f))。

#### 4.4 通榆地震

2009 年 12 月 21 日 5 时 31 分,在吉林省通榆县、长岭县、内蒙古科尔沁左翼中旗交界(44.5°N,123.0°E)发生  $M$  4.7 地震,震源深度 8km。对地震前 40 天黑龙江及邻近地区地磁“低点时间”进行了分析。结果显示,通榆地震前共发生了 13 次地磁“低点位移”现象,与地震的相隔时间从震前 40~2 天不等(表 2)。

表 2 通榆震例中“低点位移”与地震对应关系

序号	“低点位移”出现时间(年.月.日)	发震时间(年.月.日)	相隔时间(d)
1	2009.11.11		40
2	2009.11.15		36
3	2009.11.18		33
4	2009.11.23		28
5	2009.11.28		23
6	2009.12.01	2009.12.21	20
7	2009.12.04		17
8	2009.12.07		14
9	2009.12.14		7
10	2009.12.15		6
11	2009.12.16		5
12	2009.12.17		4
13	2009.12.19		2

2009 年 11 月 11 日黑龙江省 4 个台站以及吉林省三岗台和内蒙古的满洲里台“低点时间”为 4 时;内蒙古锡林浩特台“低点时间”为 12:00,其余台站“低点时间”为 7:00,把整个研究区域分为 3 块,震中位置在 3 块分界线附近,并未出现在中间区域,为不确定型(图 6(a))。11 月 18 日东北 3 省 10 个台站“低点时间”为 3:00;内蒙古的锡林浩特台“低点时间”为 4:00;其余台站“低点时间”为 9:00,把整个研究区域分为 3 块,“低点时间”在空间分布上属于典型的 3 块型,但震中位置并未出现在中间区域,为不确定型(图 6(b))。11 月 28 日黑龙江省德都台以及内蒙古满洲里台、锡林浩特台“低点时间”发生大尺度变化,为 11:00,其余台站“低点时间”为 2 时,把整个研究区域分为 2 块,震中位置在分界线附近,为 2 块分界线型(图 6(c))。12 月 1 日黑龙江省 4 个台站“低点时间”发生大尺度变化,为 14:00,其余台站“低点时间”为 3 时,把整个研究区域分为 2 块,震中位置在分界线附近,为 2 块分界线型(图 6(d))。12 月 14 日黑龙江省 4 个台站“低点时间”为 9:00,其余台站“低点时间”为 3:00,把整个研究区域分为 2 块,震中位置在分界线附近,为 2 块分界线型(图 6(e))。12 月 16 日黑龙江省 4 个台站以及内蒙古的满洲里台“低点时间”发生大尺度变化,为 18:00,其余台站“低点时间”为 3:00,把整个研究区域分为 2 块,震中位置在分界线附近,为 2 块分界线型(图 6(f))。11 月 15、23 日和 12 月 4 日内蒙古满洲里台出现“低点位移”现象,其“低点时间”为 8:00~10:00,其余台站“低点时间”为 2:00~4:00,但震中位置离满洲里台较远,为不确定型(图 6(g))。12 月 7、15、17 和 19 日内蒙古满洲里台出现了大尺度“低点位移”现象,其“低点时间”为 19:00~21:00,其余台站“低点时间”为 2:00~4:00,但

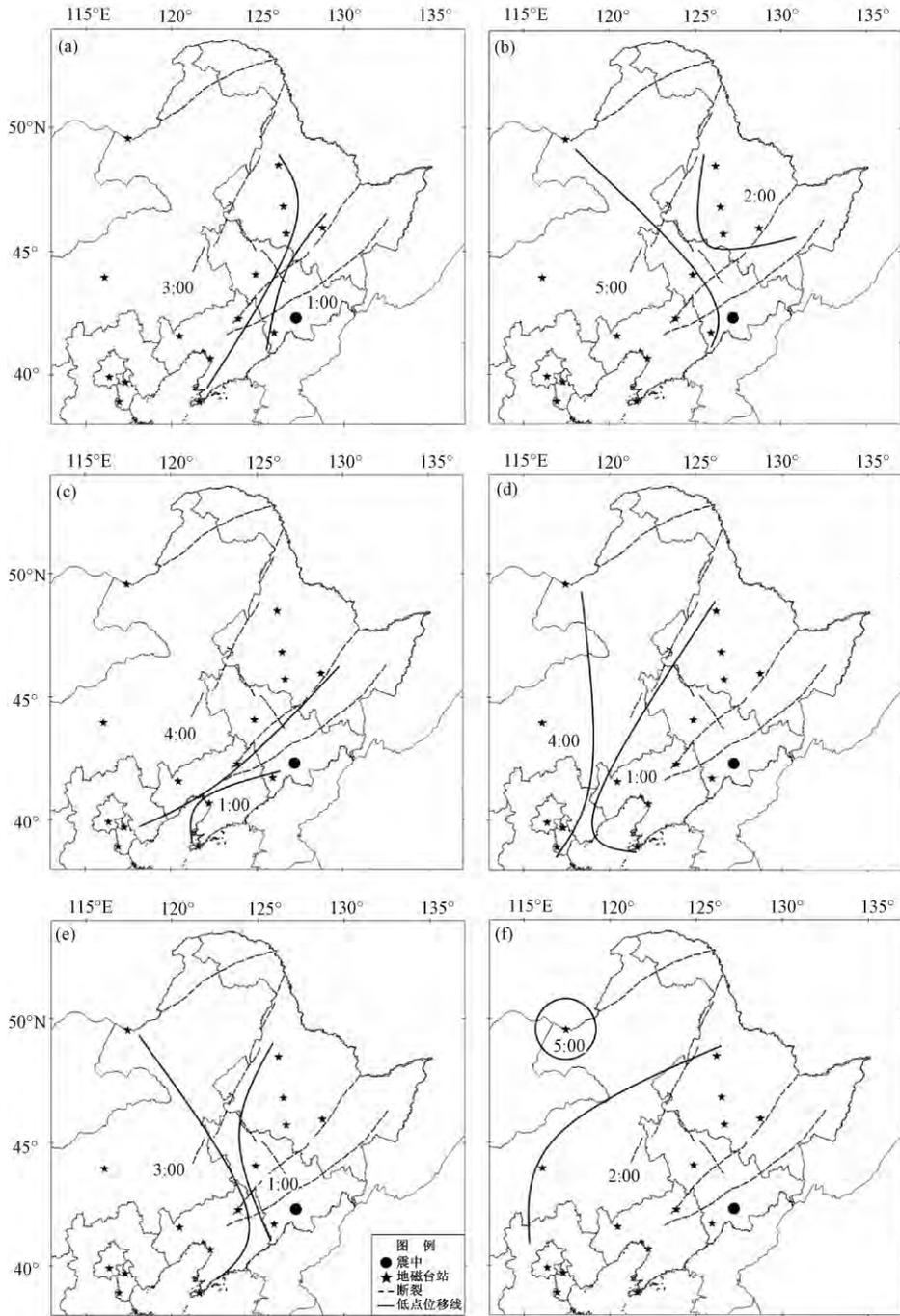


图5 抚松地震前地磁“低点位移”空间分布图

(a) 7月7日, (b) 7月10日, (c) 7月13日, (d) 7月16日, (e) 8月4日, (f) 7月14日、7月18日、7月20日

震中位置离满洲里台较远, 为不确定型(图6(h))。

另外, 在通榆地震前, 除上述区域性“低点位移”外, 2009年11月8、9、10、14、21、24、26

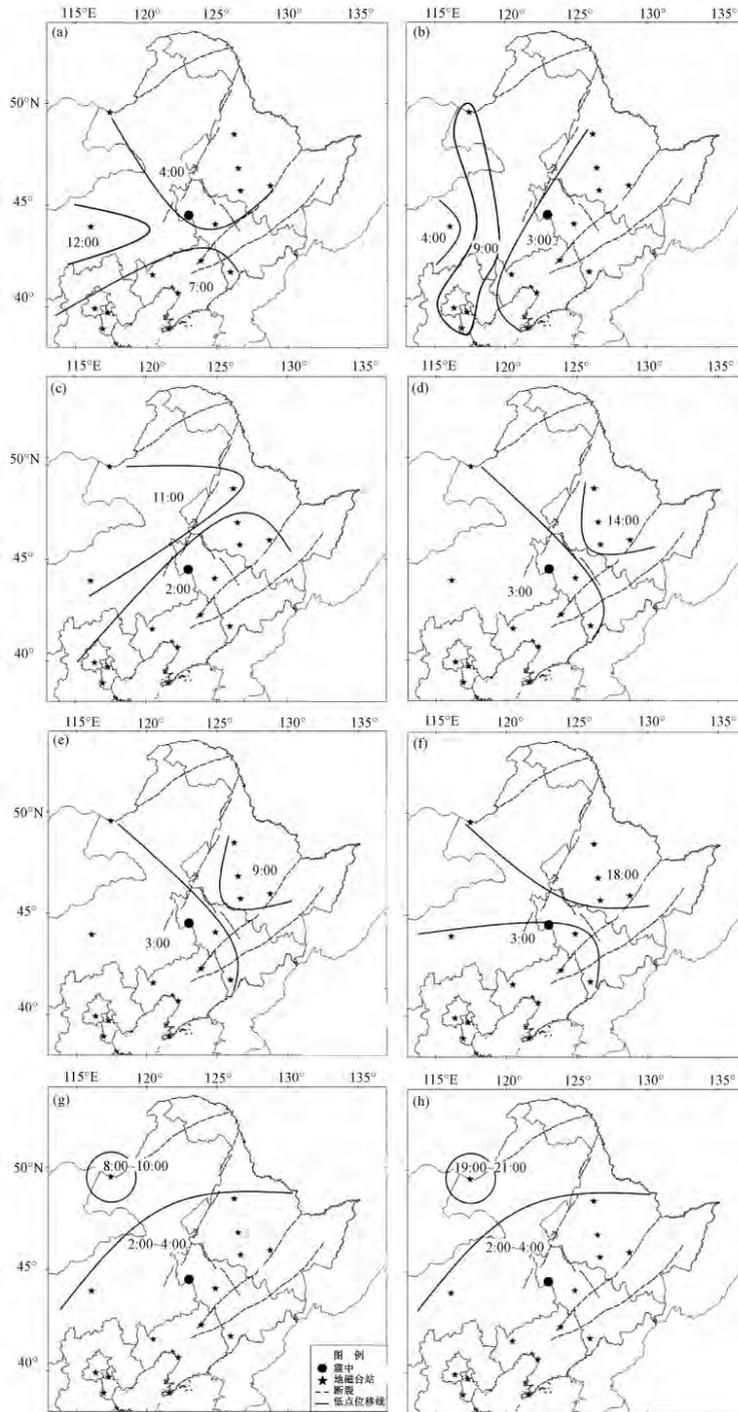


图6 通榆地震前地磁“低点位移”空间分布图

(a) 11月11日; (b) 11月18日; (c) 11月28日; (d) 12月1日; (e) 12月14日; (f) 12月16日;  
(g) 11月15、23日以及12月4日; (h) 12月7、15、17、19日

日和12月5、13日,研究区所有地磁台站在当天均出现了大尺度的“低点位移”现象,但“低点时间”分界线并不在这个大区域内,这个现象可能与其它地区的地震活动或非震因素(如:太阳黑子、磁暴等)相关。

## 5 地磁“低点位移”预测地震机理分析

前人在关于地磁“低点位移”的成因和异常机理的研究方面已经得到了大量的结果。丁鉴海等(2008)认为造成地磁“低点位移”异常的周期成分包含1~3h周期;张学民等(2008)则发现地磁“低点位移”日8.5h和13.7h周期的频谱值增加,且“低点位移”的发生与赤道附近空间电子密度 $N_e$ 的增加有很好的对应性;冯志生等(2009)依据Biot-Savart定律(Duma et al, 2003)推测,在“低点位移”异常期间,在“低点位移”下方有一个引起地磁垂直分量日变化畸变的电流通过;陈化然等(2009)利用地磁内外源场分离的方法,反演地震前地下和空间等效涡旋电流体系的演化图像,分析认为内、外场等效涡旋电流体系的变化可能是地磁“低点位移”异常现象产生的原因之一。关于地磁“低点位移”与地震活动的关系,笔者较为认同丁鉴海提出的“感应-触发”机制。即孕震区如果磁场强度发生剧烈突变,将导致附加应力场或感应电流增强,从而降低岩石强度,加速临震蠕变阶段的不稳定状态。地磁“低点位移”现象可以看作一种区域性的特殊磁扰,“低点位移”分界线附近附加应力最强。当“低点位移”分界线经过震源区时,其对地震的发生会起到一定的调制和触发作用。地磁“低点位移”现象与地震活动预测,一方面是通过感应磁效应发现震源区的短期变化,通过地磁“低点位移”分界线来划分大区域应力场或构造块体微动态活动;另一方面地磁“低点位移”现象又作为一种特殊的区域磁扰和突变外因,对由孕震到临震阶段的震源区起到调制和触发的作用。

## 6 讨论与结论

本文通过统计阿荣旗、龙江、抚松和通榆地震等震前发生地磁“低点位移”次数、异常与地震发生的时间间隔加以统计,并对每次地磁“低点位移”异常类型进行分析,获得了一些认识,并尝试性地给出如下结论:

(1)地磁“低点位移”现象是客观存在的一种少见的地磁异常现象。黑龙江及邻区几次中强地震前均有地磁“低点位移”异常出现说明了其与中强地震的发生应有一定的相关性。地磁“低点位移”现象除与地震、地质构造活动有关外,还可能与季节、气候和一些强大的地磁场活动有关,其自身应有一定的规律性。

(2)黑龙江及邻区“低点位移”出现时间为中强地震前1~40天,优势时间为震前14~33天(占研究震例的70%),这与6级以上强震,“低点位移”出现在震前第27天或41天的前后4天的认识存在差异。黑龙江及邻区“低点位移”出现次数也存在差异,内蒙古阿荣旗地震和黑龙江龙江地震前地磁“低点位移”发生次数较少,吉林抚松地震和吉林通榆地震前地磁“低点位移”发生的次数要明显多于前2个震例,这可能与地磁台站的分布有关。震例显示,震中附近地磁台站越密集,则震前地磁“低点位移”被“捕获”的次数越多。

(3)黑龙江及邻近地区发生地磁“低点位移”以2块分界线型居多(占54%)且与震中位置对应较好(占85%)。出现2块分界线型,则震中位置大多数(占70%)出现在未发生

“低点位移”的分界线一侧,其中强震活动预测中更具参考意义。发生单台型地磁“低点位移”次数虽多,但全部出现在同一台站(满洲里台)且与震中位置距离较远,对本地区中强地震活动预测的帮助不大;3块分界线型与不确定型发生次数较少,对本地区中强地震预测的作用,需要进一步的震例分析总结。

(4)该方法需要进一步研究区域地磁“低点位移”的基本特征并不断充实震例,才能更好地应用于区域地震活动的预测研究中。

## 参考文献

- 陈化然、杜爱民、王亚丽等,2009,地磁低点位移与地磁场等效涡旋电流体系关系的初步研究,地震学报, **31**(1), 59~67。
- 丁鉴海、黄雪香、邢如英等,1988,地磁“低点位移”现象及其与地震的关系,地震学报, **10**(4), 406~414。
- 丁鉴海、黄雪香、张淑兰,1991,地磁“低点位移”预报地震方法的研究,地震, **6**(3), 50~58。
- 丁鉴海、卢振业、黄雪香,1994,地震地磁学,北京:地震出版社。
- 丁鉴海、余素荣、肖武军,2003,地磁“低点位移”现象与昆仑山口西8.1级地震,西北地震学报, **25**(1), 16~21。
- 丁鉴海、余素荣、王亚丽,2008,地磁“低点位移”现象与强震预测研究,电波科学学报, **23**(6), 1011~1017。
- 冯志生、李琪、李鸿宇等,2009,地磁低点位移线两侧异常变化的反相位现象及其解释,中国地震, **25**(2), 206~213。
- 黄雪香、丁鉴海、张淑兰,1991,地磁“低点位移”预报方法与天祝6.2级地震前的区域异常,西北地震学报, **13**(4), 41~48。
- 黄雪香、丁鉴海、张淑兰,1998,新疆地区强震前地磁低点位移异常的特点及其与构造活动的联系,西北地震学报, **20**(2), 22~28。
- 黄雪香、余素荣,2000,地磁低点位移异常类型特征与地震活动,地震, **20**(4), 39~44。
- 吴小平、辛华、张永久,2004,地磁“低点位移”与“磁暴”相结合预测发震时间,四川地震, **111**(2), 21~26。
- 张苏平、李晓峰,2004,青藏高原北部地区中强震前地磁低点位移特征研究,地震地磁观测与研究, **25**(1), 29~34。
- 张苏平、马尔曼、张昱等,2008,甘肃中强震前地磁“低点位移”现象研究,中国地震, **24**(3), 269~277。
- 张学民、钱家栋、王亚丽等,2008,地磁低点位移频谱特征及机理探讨,地震学报, **30**(5), 474~483。
- Duma G and Ruzhin Y, 2003, Diurnal changes of earthquake activity and geomagnetic Sq-variations, Natural Hazards and Earth System Sciences, (3), 171~177。

## Analysis of the geomagnetic low-value displacement before moderately strong earthquakes in Heilongjiang and its adjacent areas

*Li Jiye*<sup>1)</sup> *Ren Jianhui*<sup>1)</sup> *Chen Lili*<sup>4)</sup> *Hu Binsheng*<sup>1)</sup> *Chen Changyong*<sup>4)</sup>  
*Meng Linglei*<sup>1)</sup> *Du Tianjiao*<sup>1)</sup> *Wu Xiaojun*<sup>2)</sup> *Sun Pengyu*<sup>3)</sup>

1) Harbin Technical Center of Earthquake Prevention and Disaster Reduction, Harbin 150021, China

2) Tonghe Seismic Station, Harbin 150900, China

3) Yanshou Seismic Station, Harbin 150700, China

4) Seismological Bureau of Chuzhou City, Chuzhou 239000, Anhui, China

**Abstract** Using the geomagnetic total intensity daily variation in minimum time (low point time) information, we analyzed the geomagnetic low-point displacement phenomenon before 4 moderately strong earthquakes in Heilongjiang and its adjacent areas during 2008 ~ 2011, and discussed the phenomenon mechanisms. The preliminary results showed that the low-point displacement phenomenon and the occurrence of moderately strong earthquakes in this region have a certain relevance and has some reference value on short-term and impending-earthquake prediction in Heilongjiang Province and its adjacent areas.

**Key words:** Heilongjiang Low-value displacement Moderately strong earthquake