

河北省文霸网流动重力观测对网区及周边地震的反应

苏树朋¹, 张跃刚²

(1. 河北省地震局保定中心台, 河北 保定 071000; 2. 河北省地震局, 河北 石家庄 050021)

摘要:绘制了河北省文霸网流动重力测值的时序变化曲线和空间等值线,从动态的角度分析了观测对网区及周边地震的反应。重力异常呈现下列特征:震前异常持续时间约2年左右,变化量值在几十微伽;异常主要形态表现为持续下降,震前转折;邢台5.4级地震和文安5.1级地震前网区重力场均出现了显著的、连续的高值异常区;网区内的文安5.1级地震的震中位于重力变化零等值线附近的高梯度带上。

关键词:文霸网流动重力;地震反应;异常特征

中图分类号: P315.72⁺6

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2009)01-0091-06

Response of Mobile Gravity Observation in Wenba Net to the Earthquakes in the Net and Its Surrounding Area

SU Shu-peng¹, ZHANG Yue-gang²

(1. Baoding Central Seismostation, Hebei Baoding 071000, China;

2. Earthquake Administration of Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: The time sequence curves and spatial isolines of mobile gravity observational values from the Wenba net in Hebei province are drawn, and the response of gravity observation to earthquakes in the net and its surrounding area is analyzed. The gravitational anomalies showed the following characteristics; the anomalies might last out about 2 years, and its magnitude can reach tens μg ; most anomalies showed continually decreasing and turning before earthquake; some high value region appeared in the gravitational field of Wenba net before Xingtai M5.4 and Wen'an M5.1 earthquakes; the epicenter of Wen'an earthquake located near the 0 isoline of high grads region.

Key words: Mobile gravity observation in Wenba net; Response to earthquake; Characteristic of anomaly

0 引言

地震的孕育和发生与地球重力场变化之间存在着密切的联系。地震是震源区介质发生的快速破裂错动或是原断层的失稳,在地震孕育过程中诱发的地壳形变会导致地壳介质密度发生不同程度的变化,地壳和上地幔内还可能存在着物质迁移,所有这些变化都将导致重力场的变化^[1-2]。流动重力文霸测网位于京、津地区南侧,测点数量达40个,是河北省流动重力测量点最多、最密集的测网。通过多年来

的观测,已积累了丰富的数据资料,为我们较为系统地进行地震前兆异常研究提供了条件。笔者对河北省近年3次中强震前后该测网的重力异常特征进行了初步的分析。

1 文霸重力网和选取的地震

1.1 观测情况

流动重力文霸测网现有40个测点,观测方式为

收稿日期:2008-04-8

基金项目:国家科技支撑计划子专题(2006BAC01B02-02-05)

作者简介:苏树朋(1975-),男(汉族),河北博野人,工程师,主要从事前兆观测工作。

使用拉科斯特重力仪进行相对重力测量,其中高碑店测点为该测网的相对“0”点。重复测量周期为 1 年 2 期。点位布设情况如图 1 所示。

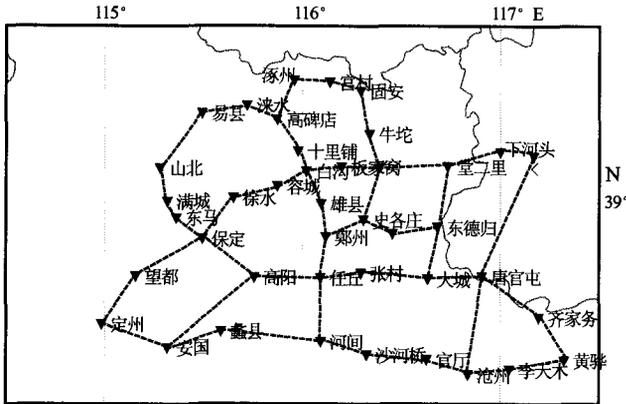


图 1 文霸重力测网点位分布示意图
Fig. 1 Distribution of observation sites for Wenba gravitational net.

1.2 选取震例

近 10 年河北省共发生 3 次 5 级以上强震,分别是 1998 年 1 月 10 日张北 6.2 级地震(114.3°E、41.1°N),2002 年 4 月 22 日邢台 5.4 级地震(114.5°E,37.4°N),2006 年 7 月 4 日文安 5.1 级地震(116.3°E,38.9°N)。本文选取这三次地震作为震列进行讨论,其震中分布与文霸重力测网的相对位置如图 2 所示。

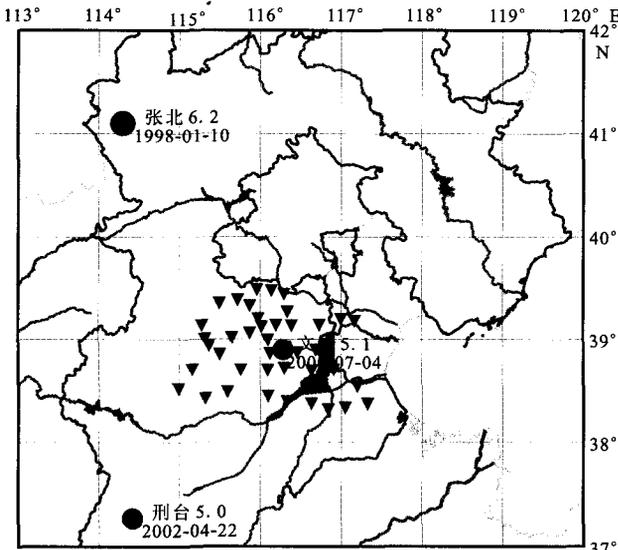


图 2 三次强震的震中位置和文霸测网分布
Fig. 2 Location of the epicenters of three earthquakes and the Wenba net.

2 震前重力场的变化情况

选取测点时变曲线和重力场空间变化平面图两

种图像方法进行分析。重力变化平面图所用数据由网区全部点位重力单点值与前期观测成果相减而得,图中为了方便区分正、负异常区,“0”等值线用加粗虚线表示,正异常区等值线为实线,负异常区等值线为虚线,等值线间距为 10 μg 。重力变化大于异常指标(30 μg)的高值正、负异常区分别用有符号“+”、“-”标缀的深色区域标识。

2.1 1998 年 1 月张北—尚义 6.2 级地震

2.1.1 测值的时序变化

测网内有大量测点震前出现趋势性异常反应,归纳如下:

(1) 震前三期测值持续下降的测点。此类测点有 4 个(图 3),自 1996 年 4 月起连续 3 期测值同步持续下降,累积下降幅度在 18~38 μg ,震后下降趋势发生转折,明显上升。积累的绝对变化量值尽管不够巨大,但考虑到该组时序曲线之前的整体趋势形态为基本单调上升或平稳变化,该较长时段的测值持续下降具备了一定的前兆异常特征。

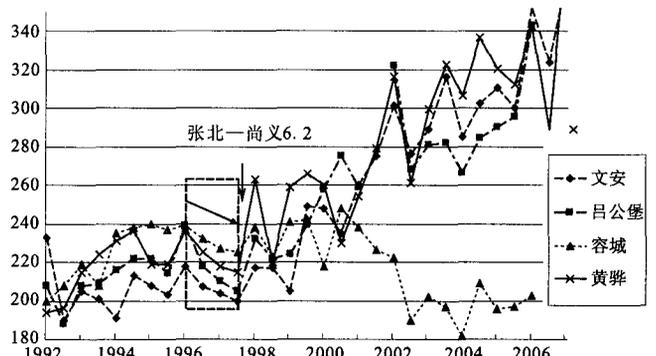


图 3 张北—尚义 6.2 级地震震前测值持续下降的测点

Fig. 3 The observational values kept drop before the Zhangbei—Shangyi earthquake with M_s 6.2 in 1996.

(2) 震前测值呈现“降—降—升”变化的特点

该类测点的数量很多,为清晰地表现其变化特征,我们把它又归为 2 类:①存在明显背景性趋势异常的测点,共有 9 个(图 4)。其测值时序曲线整体形态均为基本单调上升,变化速率较为稳定。震前 3 期测值呈现“下降—下降—转折—上升—发震”的变化过程,连续 2 期的测值下降变化累积量值达 40 μg 左右,下降幅度在测值曲线整体上升的背景下十分突出,使曲线形态发生明显的转折,对曲线的整体走向产生了显著的影响,其“连续下降—转折发震”的变化过程具备典型趋势性前兆异常的特征。②无明显背景性趋势异常的测点,共有 7 个。其测值时序曲线整体无明显趋势背景,测值变化随机性很强。

为避免图形过于杂乱,我们选取 2000 年前的部分时段进行讨论。从图 5 中可以看到,震前 3 期测值出现了“下降—下降—转折上升—发震”的变化过程,具有良好的同步特征。由此可见该次地震对网区重力场产生了影响,使得多个原本无规律变化的测点产生了少见的较长时段同步变化的情况。

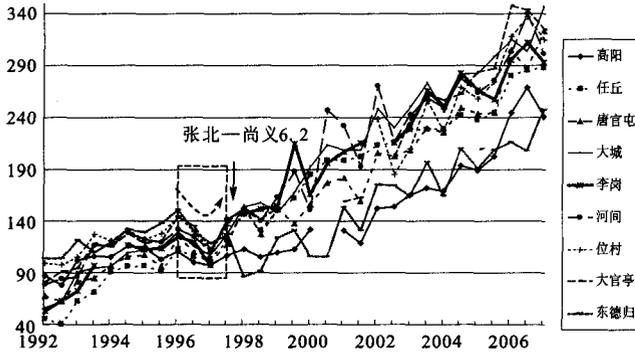


图 4 上升背景下震前“降—降—升”的测点

Fig. 4 The sites showed "drop→drop→rise" in the rising background before the earthquake.

2.1.2 网区重力场的空间变化

网区多数测点的测值表现出明确的基本单调上

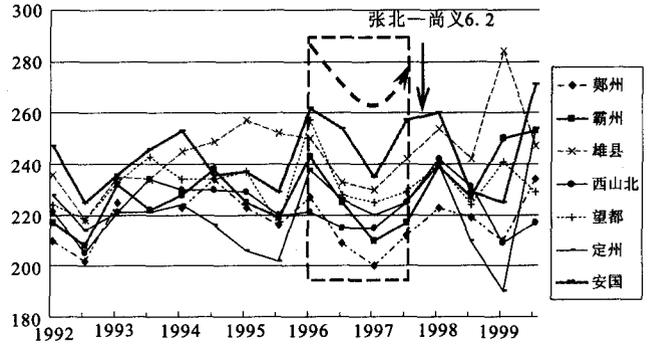


图 5 不同背景下震前同步变化的测点

Fig. 5 The sites with same variation in different background before the earthquake.

升背景性异常,故其重力场变化的空间分布也存在上升变化背景。1995 年 9 月—1996 年 3 月,网区重力场主体呈现上升变化(图 6(a)),接近正常的背景变化;1996 年 3—9 月,网区重力场变化速率出现明显的转折,开始出现整体性的下降变化(图 6(b));1996 年 9 月—1997 年 3 月,主体仍呈现下降变化(图 6(c)),负异常区占据明显优势,变化趋势得到延续;1997 年 3—9 月,临震再度转折,呈现明显的

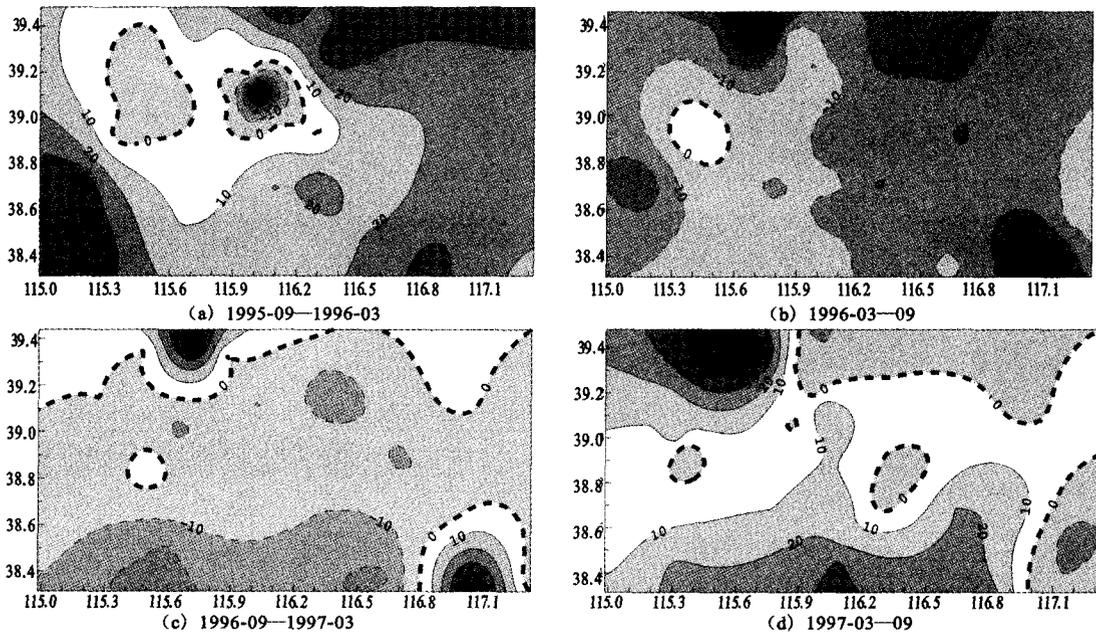


图 6 张北 6.2 级地震前重力场的空间变化

Fig. 6 The spatial variation of gravtational field before Zhangbei M6.2 earthquake.

上升变化(图 6(d)),并且在距震中最近的西北方变化量值较大,形成一块高值正异常区。

小结:震前网区重力场呈现“下降—下降—转折回升—发震”的变化过程,其连续两期重力场持续下降变化过程在网区重力场主体存在上升变化的背景

中具有很强的特殊性,具备明显的异常特征;测值时序异常变化则表现为大量测点的测值曲线同步产生明显的持续下降变化,曲线形态产生明显转折,震前转折回升。

2.2 2002 年 4 月邢台 5.4 级地震

2.2.1 测值时序变化

震前部分测值时序异常变化形态较为明显的测点如(图7)所示,该组测点存在基本单调上升变化背景,2001年3月起多个测点在同步呈现“小幅下降—震前急速回升”的变化过程,具有一定的异常表现。临震前同步产生的大幅度(30~80 μg)上升变

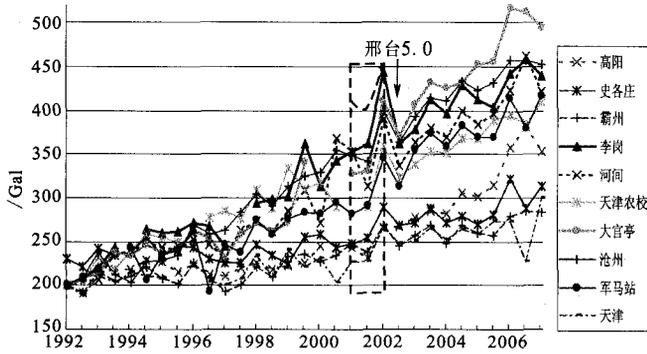


图7 邢台5.4级地震临震同步大幅度上升的测点
Fig.7 The sites rising greatly just before Xingtai M5.4 earthquake in 2002.

化,量值可观,临震表现出显著的突发性异常特征。

2.2.2 网区重力场的空间变化

2000年3—10月,网区重力场以上升变化为主,正异常区的面积、变化量值均占据明显优势(见图8(a));2000年10月—2001年3月,负异常区控制面积略有增加(见图8(b));2001年3—7月(图8(c)),下降变化进一步明显增强,重力场主体呈现下降变化,负异常区面积明显超过了正异常区;2001年7—11月(图8(d)),重力场变化临震产生转折,显著上升,变化剧烈,形成了面积巨大的连续高值正异常区。

小结:震前重力场的演化过程中出现了重力下降变化明显加强的阶段,相对于网区重力场存在的上升变化背景,具备了明确的特殊性。重力场的空间变化最明显的异常反应是临震出现了面积巨大的高值异常区,在测值时序变化曲线上则表现为震前大量测点同步大幅上升。

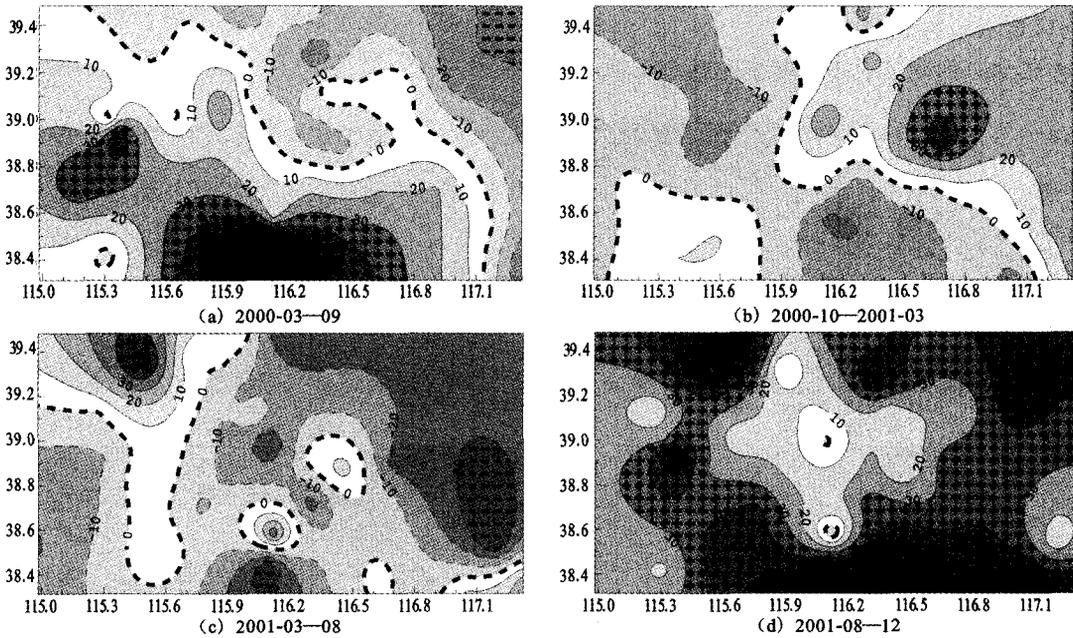


图8 邢台5.4级地震前重力场的空间变化

Fig.8 The spatial variation of gravitational field before Xingtai M5.4 earthquake.

2.3 2006年7月文安5.1级地震

文安5.1地震是华北地区近期发生的突出地震事件,文安地震也相应的引起了区域应变场的变化^[3],自然也会引起区域重力场变化。

2.3.1 测值时序变化

(1) 有趋势性异常表现的测点,共有6个。其测值整体形态为基本单调上升,变化斜率较为稳定(图9)。自2004年10月起测值同步下降,之后小

幅度回升或继续下降,上升速率连续两期明显走低,在此期间曲线走向转而下行,曲线斜率出现转折。震前测值明显回升,幅度较大。

(2) 临震突然上升加速的测点。在背景性的趋势上升基础上,发震前突然加速上升的测点共有4个,其测值时序曲线存在基本单调上升背景,变化速率较为稳定,震前同步产生了一个具有较大量级(40~60 μg)上升变化,出现变化速率突然加速的情况

(图 10)。前一次类似情况的出现是在 2002 年 4 月邢台 5.4 级地震前,表明该网内的部分测点同步加速的现象对周边中强地震具有较好的临震异常反应,应引起我们的重视。

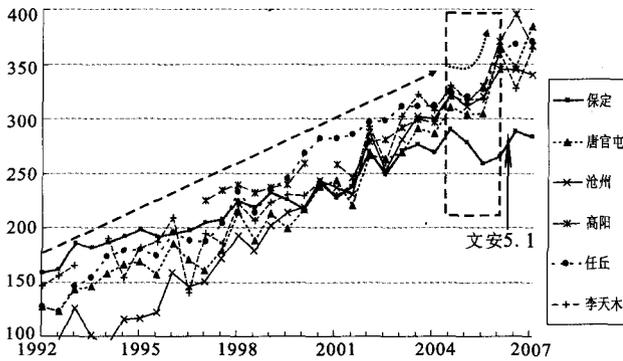


图 9 文安 5.1 级地震震前有趋势性异常表现的测点

Fig. 9 The sites showed tendency anomalies before Wen'an M5.1 earthquake in 2006.

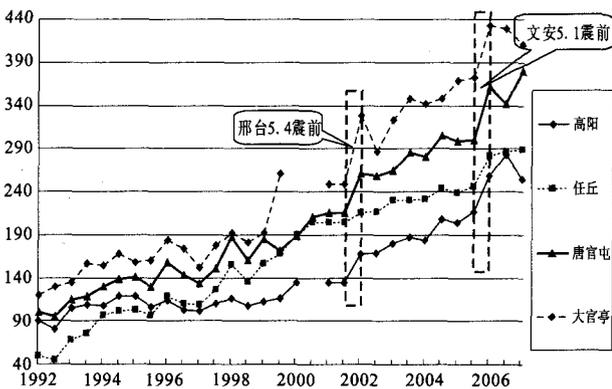


图 10 持续小幅度上升,震前上升加速的测点
Fig. 10 The sites kept rising and accelerated before the earthquake.

早期变化平稳,震前突然上升的测点有 4 个,其测值时序曲线的变化特征是先期无规律,变化较为平稳,在发震前夕突然同步产生了大幅度上升变化,变化量值在 50 微伽左右,具有很强的突发性(图 11)。

2.3.2 网区重力场的空间变化

因该次地震发生在网区范围内,我们在对网区重力场空间变化的讨论过程中同时对震中位置的特殊性给予关注,在图中用红色圆圈表示震中位置。

2004 年 3—10 月,测区重力场表现为明显的上升变化,并出现了一定规模的高值正异常区,但不连续(图 12(a));2004 年 10 月—2005 年 3 月,网区重力场转折发生下降变化,未来震中在平面图中的位置有了明显的特征:处于正负异常区交界的“0”等值

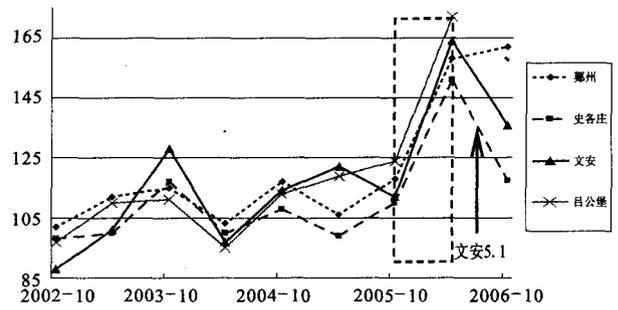


图 11 变化平稳,震前突然上升测点

Fig. 11 The sites kept steady and rose suddenly before the earthquake.

线附近,且重力场变化梯度较大的部位(图 12(b));2005 年 3—9 月,测区重力场变化量值很低,处于一个十分平静的阶段,网区重力场基本维持在前一阶段所处水平上,相对于网区重力场明显的上升变化背景,该段时期可视为重力场变化速率持续下降阶段,未来震中仍保持在正、负值变化的“0”等值线附近,且重力场变化梯度较大的部位(图 12(c));2005 年 9 月—2006 年 5 月,震前的重力变化活跃,且出现了大范围连续性很好高值正异常区,异常表现较为显著,未来震中位于高值异常区的边缘,变化量值较大(约+35 微伽),处于重力变化梯度较大的位置,距“0”等值线较近(图 12(d))。

小结:震前网区重力呈现“持续下降—大幅回升”的变化过程,同先前讨论的两个震例相似,其持续下降阶段在网区重力场上升变化的背景下具备了明确的前兆异常特征。与邢台地震类似,震前多相测点突然加速上升,形成大面积的高值异常区。震中位置也具有明确的特殊性:持续出现在正负异常区变换带“0”线附近的重力变化高梯度带上。

3 结论

通过对河北省内近期 3 次强震前文霸重力测网的重力场变化的讨论,可得到以下的认识:

- (1) 3 次强震前网区重力场均出现较为明显的异常变化,表明该重力测网对周边强震有较强的异常反应能力,观测资料具有很高的使用价值;
- (2) 震前异常持续时间约 2 年左右,变化量值在几十微伽;
- (3) 主要的异常形态表现为重力场变化速率持续降低,震前转折回升;
- (4) 邢台 5.4 级、文安 5.1 级地震前网区重力场均出现了显著的、连续的高值异常区,对强震的短期发生具有警示作用,在时变曲线中表现为大量点

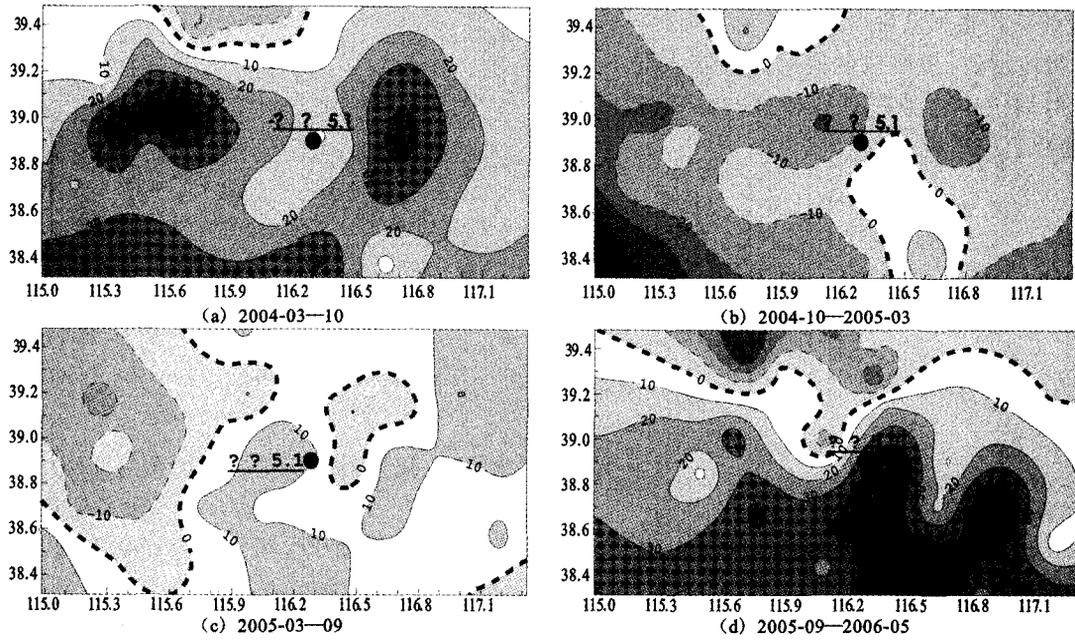


图 12 文安 5.1 级地震前重力场的空间变化

Fig. 12 The spatial variation of gravitational field before Wen'an M5.1 earthquake.

位同步加速上升,这对发震时间存在一定的预报意义;

(5) 发生在网区的文安 5.1 级地震的震中位置具有明确的特殊性,震中位于重力变化平面图中零等值线附近的高梯度带上。

作为重要的地震监测手段,流动重力异常与地震的关系已经越来越引起人们的重视,例如,孟夏、孟万辉等都讨论了这方面的问题^[4]。但是如何识别重力异常,并通过重力异常的时空变化确定潜在地震的预报要素还是一个十分复杂的问题。本文针对

华北地区的几个震例进行了一些讨论,仅供参考。

[参考文献]

- [1] 秦建增,李清林,郭德科,等. 河南范县 $M_L4.3$ 地震前后的重力场变化与预报过程[J]. 西北地震学报,2007,29(4):380-384.
- [2] 罗兰格,韩渭宾,刘耀炜,等. 强地震中短期预报方法及其效能研究[M]. 北京:地震出版社:166-176.
- [3] 张晶,陈荣华,王武星,等. 文安地震与区域应变场变化综合研究[J]. 大地测量与地球动力学,2008,28(1):28-31.
- [4] 孟夏,孟万辉,徐敬文,等. 流动重力测量结果及其与地震的关系[J]. 西北地震学报,2001,23(1):74-77.