

文安 5.1 级地震前的重力场变化^{*}

苏树朋¹, 张纳莉¹, 李 非², 史彦华¹, 王顺昌¹

(1. 河北省地震局保定中心台, 河北 保定 071000; 2. 河北省地震局后土桥地震台, 河北 昌黎 066611)

摘要: 绘制了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 2006 年 7 月文安 5.1 级地震前的流动重力异常的演化及特征。结果显示, 地震的孕育过程与重力场变化有关, 震中位于重力变化高梯度区的“0”等值线附近。

关键词: 文安地震; 流动重力; 异常特征

中图分类号: P135.72 文献标识码: A

0 引言

重力变化与地震孕育存在对应关系早已被人注意到了^[1]。2006 年 7 月 4 日在文安 (E116.3°、N38.9°) 发生了 5.1 级地震, 该次地震震中位于我省流动重力测量文霸测网的测区内, 文霸测网的测点布设密集, 为我们分析讨论强震前的重力场变化提供了丰富的资料。本文对文安地震前文霸网的重力场变化进行了分析, 以期探讨地震前重力异常的提取方法。

1 观测情况

流动重力文霸测网现有 40 个测点, 观测方式为使用拉科斯特重力仪进行相对重力测值, 其中高碑店测点为该测网的“0”起算点。重复测量周期为 1 年 2 期, 出测时间在每年的 4 月和 10 月。点位布设情况如(图 1)所示。

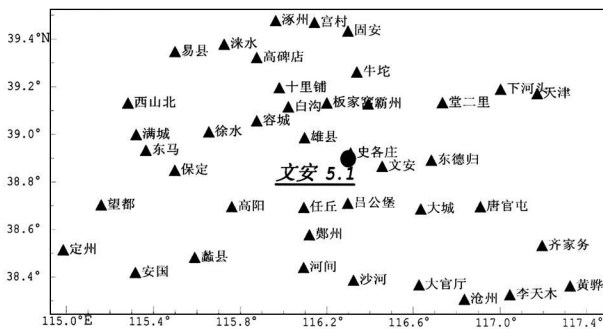


图 1 文霸重力观测网点位分布图

2 测区内部分重力点位的单点值时序变化情况

测网内测点密集, 达到 40 个。重复重力测量的测值时序曲线不同于连续观测的曲线形态那样具有良好的周期变化特征, 随机性较强, 这给我们的异常信息认定和提取工作带来一定的影响, 通过对测点逐一进行加常数改正(由迁点引起)、整体绘图、分段绘图、分类、综合等过程, 发现测区内有多个测点的测值曲线在震前出现了一定程度的异常反应, 按其变化特征分成 2 大类。

(1) 有趋势性异常表现的测点。该类测点共有 6 个, 其测值整体形态基本单调上升, 存在明显的趋势性上升背景, 且上升斜率较为稳定(图 2)。自 2004 年 10 月起, 测值同步下降, 之后小幅度回升或继续下降, 在此期间曲线走向转而下行, 斜率出现明显的转折, 其中保定点下降变化最为明显, 量值较大(31 μ Gal), 曲线形态转折变化显著(在图中以加粗曲线表示)。震前测值明显回升, 大部分测点上升量值较大(超过 30 μ Gal)。尽管该组测点的下降幅度不是很突出, 但因其处在曲线整体趋势性上升的背景影下, 且上升速率连续两期走低, 具备了一定的持续性, 加之震前幅度较大的加速回升, 因而具备了较为明显的异常特征。该类测点在地理空间上并不孤立, 形成连续分布的两组, 震前异常的持续时间与震级对应也较好, 因而异常表现具有较高的可信度。

(2) 震前产生较大量级变化的测点。该类测点

* 收稿日期: 2007-09-17

作者简介: 苏树朋(1975-), 男(汉族), 河北省博野县人, 保定地震中心台工程师, 主要从事前兆观测工作。

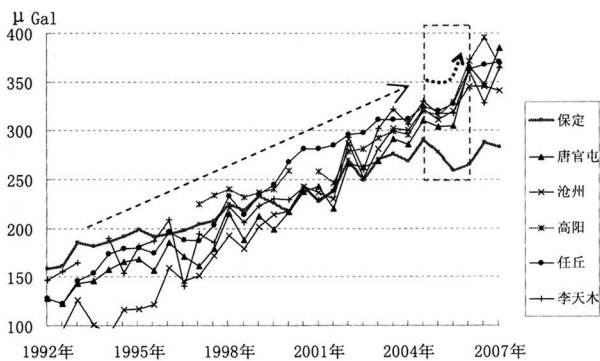


图2 震前有趋势性异常表现的测点图

数量较多,按其时变曲线的背景形态又可分为2类。

①在背景性的趋势性异常基础上,发震前加速上升的测点。该类测点有高阳、任丘、唐官屯、大官亭4个测点。其测值时序曲线的变化特征是基本单调上升,在很长的时间背景上保持了小量级持续上升的发展趋势,在震前同步产生了一个具有较大量级(40~60 μ Gal)上升,形成了较为明显的震前变化速率突然加速的情况(图3)。虽然曲线上升的幅度在其整体形态的影响下不是十分醒目,但其实际的变化量值还是比较可观的(超过30 μ Gal),已经达到了我们判定中等强度地震异常的幅度,进一步参照曲线的历史形态来看,这个变化幅度在曲线的历次变化中还是十分突出的,上一次有较为明显的同步加速异常变化是在2002年4月邢台5.4级地震前,其中3个测点的测值时序曲线同步加速上升,其变化量级及变化形态与该次文安地震前的反应有较好的一致性,表明该网内的部分测点对周边中强地震具有较好规律性的临震异常反应,我们在日后的作业和分析过程中应对其给予重视,积累经验,为地震预报工作服务。

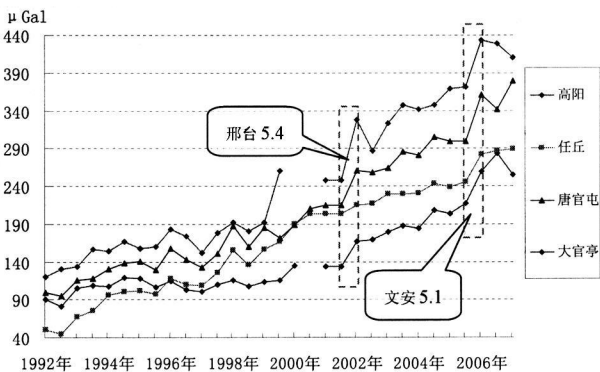


图3 持续小幅度上升,震前上升加速的测点图

共有郑州、史各庄、文安、吕公堡4个测点,其测值时序曲线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 μ Gal左右,相对于测值曲线近期的变化形态,这个异常变化的幅度十分显著,具有较强的突然性(图4)。有一点值得引起高度关注:连同刚刚讨论过的高阳、任丘、唐官屯、大官亭4个测点,这8个测点在地理位置上间隔很近(参见图1),变化特征类同,形成了一个区域性的异常空间,震中位置处于这个地理空间的北部边缘地带,史各庄测点甚至几乎与震中位置重合,这就让我们极难得地捕捉到了该次地震的震源区及其毗邻地区重力场的震前变化过程及特征。

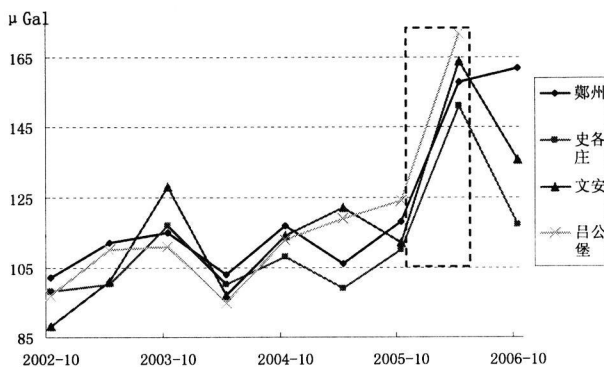


图4 变化平稳,震前突然上升测点图

2006年7月4日文安5.1级地震前,流动重力测量文霸测网内有多个测点的测值时变曲线有了较为明显的变化,表明该次地震的孕震过程对其周围的重力场产生了一定的影响。临震加速异常反应较为明显,趋势性异常的变化幅度相对而言不是十分显著,说明该次地震未引发周边重力场显著的大量级、长趋势重力变化。有临震加速异常反应的测点测值变化均表现为正向变化,同我们习惯上认识的“地震多发生在重力负异常时段”说法有明显的差异,或者说该次地震前的“扩容”过程反应不明显,表明了地震重力异常的复杂性。

3 震前的重力场空间变化

在重力场变化平面图中,我们要关注的是震前网区重力场的总体变化特征及未来震中位置的特殊性。以下分析所用重力变化平面图的数据来源是利用各期测量结果与前次邻期的测量结果相减得到。为力求分析的客观性和全面性,我们采集网区内全部测点的观测资料进行分析,因测点密集,等值线图

②变化平稳,震前突然上升的测点。该类测点

可能会稍显凌乱。

讨论所用重力变化平面图中, 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, 重力变化大于该网异常指标 $30\mu\text{Gal}$ 的高值正、负异常区分别用有符号“+”、“-”标缀的深色区域标识。等值线间的重力变化量值统一在 $10\mu\text{Gal}$, 这样我们就可以通过等值线的疏密来直观地判断网区重力场变化的剧烈程度。

(1)2004 年 4 月~2004 年 10 月(图 5), 测区重力场以正值变化为主, 出现了一定面积的高值正异常区, 但不连续。

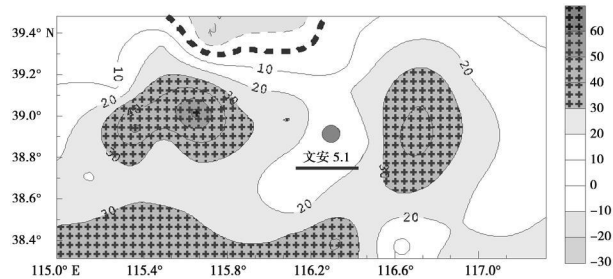


图 5 2004 年 4 月~2004 年 10 月文霸测网重力场空间变化图

(2)2004 年 10 月~2005 年 4 月(图 6), 网区重力场转为以负向变化为主($+25 \sim -50\mu\text{Gal}$), 负异常区面积占据明显优势, 变化量值也明显超出了正向变化。未来震中在平面图中的位置有了明显的特征: 处于其下方保存的一块持续正向变化区域与大面积负异常区交界的“0”等值线附近, 且重力场变化梯度较大的部位。

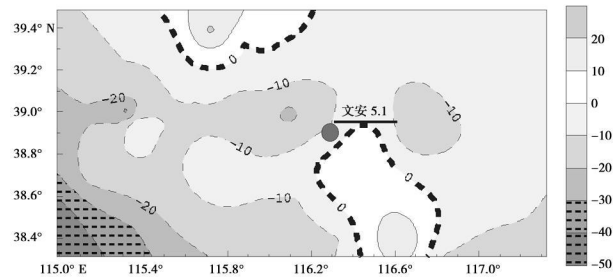


图 6 2004 年 10 月~2005 年 4 月文霸测网重力场空间变化图

(3)2005 年 4 月~2005 年 10 月(图 7), 测区重力场变化量值很小($+19 \sim -26\mu\text{Gal}$), 处于一个十分平静的阶段, 高值异常区完全消失, 为我们讨论过的几个重力变化阶段中最为稳定的时期, 可知网区重力场基本维持在前一阶段所处水平上。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。

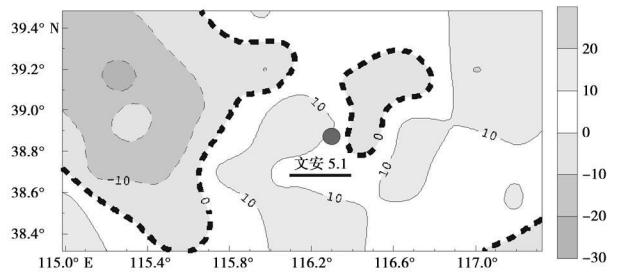


图 7 2005 年 4 月~2005 年 10 月文霸测网重力场空间变化图

(4)2005 年 10 月~2006 年 4 月(图 8), 震前的重力变化活跃, 是我们讨论过的几期重力场空间变化中重力变化最剧烈、特征最鲜明的一次, 相对于前两期的平静变化, 本期变化的增强在地域、量级上都有显著的反应, 具备较强的突然性和加速特征: 正负向变化的量值均有显著增加($+60 \sim -45\mu\text{Gal}$), 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 $+35\mu\text{Gal}$), 处于重力变化梯度较大的位置, 距“0”等值线较近。

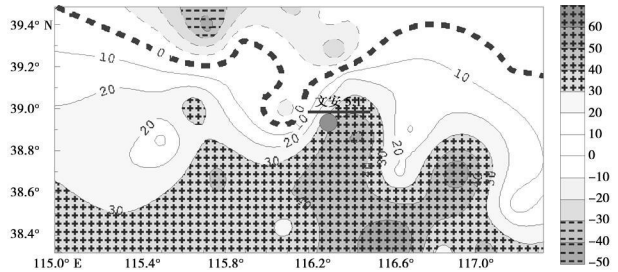


图 8 2005 年 10 月~2006 年 4 月文霸测网重力场空间变化图

通过对重力变化平面图的讨论可知, 网区重力场的空间分布不具明显的规律性, 异常形态随时间延展的持续性不强, 表明网区地下构造较为复杂, 应力场不强, 且方向多变^[2], 这就给我们进行地震前兆异常尤其是趋势性异常研究带来了一定的困难, 但是通过分析我们也能看到该次文安地震前重力场演化表现出的整体特征: 震前重力场变化存在一个“负向转折—基本维持—临震突然加速回升”的过程, 与前一节讨论过的测值时变曲线的趋势性异常表现较为一致。震前表现出的突出特征是形成一个连续的大面积高值异常区, 具有比较明显的特点; 发震位置从震前 3 期开始具有较为显著的特殊性, 即位于“0”等值线附近的高梯度区^[3]。另外, 与重力点值时变图相比, 重力变化平面图能够更好地展现网区重力场的总体变化特征, 能够直观地展示异常形态的空间分布和演化过程, 有利于异常信息的提

取。

地震孕育过程中,孕震断层周围的形变过程和物质迁移可能是引起重力场变化的主要原因。张跃刚等应用 GPS 空间大地测量数据研究发现,华北地区的各块体间存在着动态的相对运动,相应的也导致了应变场的动态变化^[4~6]。这种变化也可能影响到该地区的重力场。上述分析显示,文安地震前后华北地区的重力场动态变化明显。

4 结论

2006年7月4日文安5.1级地震前重力场有

一定的变化,通过分析我们总结出如下特征,冯建林等^[7]也有类似结果。

(1)震前文霸流动重力测网的多个测点的测值时序曲线出现一定程度的异常反应,表现为趋势性异常和变化速率临震正向加速异常。

(2)网区重力场震前呈现“负向转折—基本维持—临震突然加速回升”的演化过程,并且临震出现了连续的大面积高值正异常区。

(3)震中位置在重力变化平面图中有较为明确的特殊性:位于重力变化高梯度带,且正负异常区变换带的“0”等值线附近。

参考文献:

- [1] 李青. 华北重力网测点重力变化特征与中强地震的对应[J]. 华北地震科学, 2003, 21(1): 46-51.
- [2] 中国地震局监测预报司. 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] 陆远忠, 等. 地震中短期预报的动态图像方法[M]. 北京: 地震出版社, 2001.
- [4] 张跃刚, 胡新康. 华北地区地壳水平运动演化特征研究[J]. 大地测量与地球动力学, 2004, 24(1): 56-62.
- [5] 张跃刚, 胡新康. 华北地区块体及其边界的相对运动[J]. 大地测量与地球动力学, 2005, 25(1): 47-50.
- [6] 张跃刚, 等. 从 GPS 观测看华北地区的形变场演化[J]. 大地测量与地球动力学, 2006, 26(1): 36-41.
- [7] 冯建林, 等. 河南范县 M_{1.4} 3 级地震前后重力异常探讨[J]. 华北地震科学, 2006, 24(4): 28-31.

Variation of gravity field before Wenan M5.1 earthquake

SU Shu-peng¹, ZHANG Na-li¹, LI Fei², SHI Yan-ha¹, WANG Shun-chang¹

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

2. Houtuqiao Seismostation, Changli 066611, Hebei Province, China)

Abstract: The timing sequence curves and spatial isolines of gravity are drawn, and the dynamic variation and its characteristics of gravity anomalies before Wenan M5.1 earthquake that occurred on Jul. 4, 2006 are analyzed. The results show that the process of seismogeny is relevant to the variation of gravity field; the epicenter usually locates near 0 isoline of high grads region.

Key words: Wenan earthquake; mobile gravity; characteristic of anomalies

《华北地震科学》“汶川地震讨论”专辑征稿启事

2008年5月12日发生的汶川地震,给我们的国家和人民造成了巨大的灾害。许多地震科技工作者已经投入到第一线的抗震救灾工作中,更多的地震科技工作者在做好日常工作的同时,积极研究汶川地震的监测、预测、救灾、反思等材料。本刊决定,2008年将以《华北地震科学》增刊的形式开展汶川地震的专题讨论,希望广大科技工作者踊跃供稿,投入到汶川地震的研究中来。

来稿应符合本刊学术论文撰稿要求,并将论文电子文档发送至本刊投稿邮箱:he3g@eq.he.ac.cn。注明“汶川地震专辑文章”。投稿日期截止到2008年8月31日。