

河南范县 $M_L 4.3$ 地震前后的重力场变化与预报过程

秦建增¹, 李清林¹, 郭德科², 冯建林¹, 张瑞敏¹, 谢汝一¹, 张晓普¹

(1. 中国地震局地球物理勘探中心, 河南 郑州 450002; 2. 河南省濮阳市濮阳地震台, 河南 濮阳 457000)

摘要: 讨论了2005年4月27日范县 $M_L 4.3$ 地震前后重力场的变化: 自2003年5月经历了趋势下降→转折上升→变化加速, 地震发生在加速变化过程中。部分测点点值、测段段差值的趋势性异常在持续相当长时间后变化幅值在 $(30 \sim 60) \times 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ 之间。震后该区的重力异常没有恢复。重力变化可能是由该区地壳形变、地壳深部质量迁移和断层蠕动共同作用引起的。介绍了根据重力异常预报地震的过程。

关键词: 范县地震; 重力异常; 地震活动性; 地震预报

中图分类号: P315.72+6

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2007)04-0380-05

Short-term Change of Gravity Field before and after Fanxian $M_L 4.3$ Earthquake in Henan the Prediction Process

QIN Jian-zeng¹, LI Qing-lin¹, GUO De-ke², FENG Jian-lin¹

ZHANG Rui-min¹, XIE Ru-yi¹, ZHANG Xiao-pu¹

(1. Research Center of Exploration Geophysics, CSB, Zhengzhou 450002, China;

2. Seismological Station of Puyang, Henan, Puyang 457000, China)

Abstract: The variation feature of gravity field and seismicity before and after Fanxian $M_L 4.3$ earthquake discussed. Since May in 2003, the gravity field showed a tendentious descent-ascent-accelerative ascent style, and the earthquake occurred in accelerative change stage. After the tendency anomalies of point-value at some measuring stations and of segment-value of measuring segment lasted a considerable time, the variation amplitudes were $(30 \sim 60) \times 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. After the earthquake the gravity anomaly in this region did not recovered. Variations of gravity field in this area may be caused by the earth crust deformation, quality transition in deep crust and fault creep deformation. Meanwhile the earthquake prediction according to the gravity anomalies is introduced.

Key words: Fanxian earthquake; Anomaly of gravity; Seismicity; Earthquake prediction

0 引言

2005年4月27日10时26分河南范县($35^{\circ}41' \text{ N}$, $115^{\circ}25' \text{ E}$)发生了 $M_L 4.3$ 地震, 宏观震中位于河南范县辛庄乡政府和杨庄之间, 震源深度13 km。地震发生在聊兰断裂北段的西侧。聊兰断裂带由一系列规模不等的 NNE—NE 向断裂组成, 是华北平原拗陷区和鲁西隆起区之间的分界断裂, 在航磁和

重力异常图上显示为梯度带, 全长约270 km。该断裂南段活动强烈, 在全新世早期还有活动。地震也多发生在南段, 其中以1937年菏泽7.0级地震最大; 北段在范县附近发生过5.5级地震, 1502年曾发生6.5级地震, 2003年4月发生 $M_L 4.0$ 地震(图1)。本文根据“豫鲁测网”的重力场资料, 分析2005年范县4.3级地震前后重力场异常, 探讨其变化特征和成因, 并介绍根据重力异常对这次地震进行预

收稿日期: 2006-12-06

物探中心论著编号: 0615

作者简介: 秦建增(1963—), 男(汉族), 河南林州人, 高级工程师, 主要从事地震监测与预报研究。

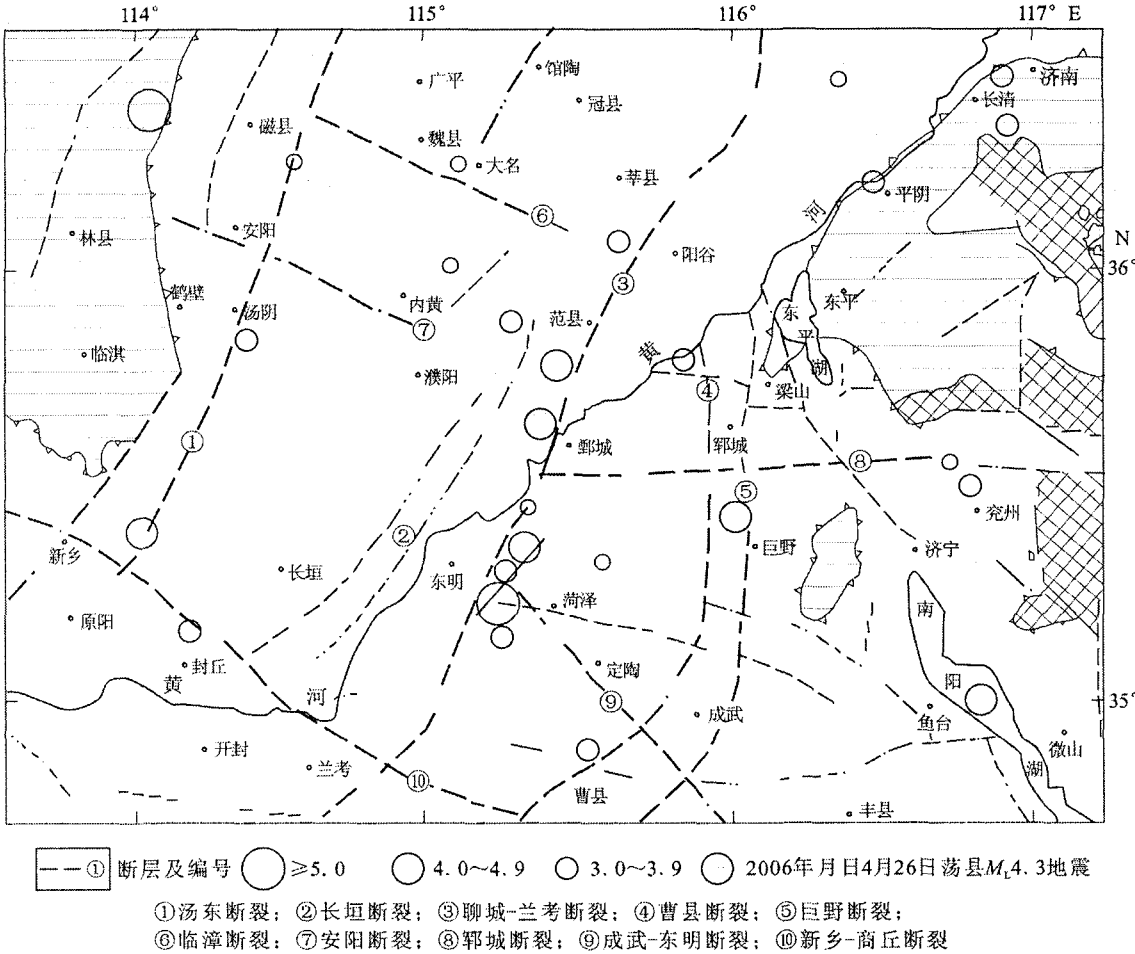


图 1 范县 M_L4.3 级地震附近区域地震构造图

Fig. 1 Regional main structures and epicenters of Fanxian M_L4.3 earthquake.

报的过程。

1 重力测网概况

豫鲁重力复测网最早建于 1973 年,当时仅限于豫北地区,称“豫北测网”。1983 年菏泽地震后扩展到山东西南部,改称“豫鲁测网”。1995 年 9 月根据新规范的要求对测网进行了全面改造,重新布设了测点,全部新建了观测平台。该网共有 41 个测点,45 个测段,5 个闭合环^[1]。1995 年以后,全部观测资料以 1995 年 9 月的观测结果作为基值计算其随时间的变化,到范县 M_L4.3 地震时共积累了 39 期观测资料。

重力复测资料采用中国地震局推广的实用化攻关软件“LGADJ 高精度重力测量资料处理系统”进行资料处理。对复测资料的分析研究及异常判别均按照“重力学地震预报方法指南”进行。重力复测资料均以郑州为起算点计算各点的相对重力点值,平均点值精度在 $6 \times 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ 左右。每年测量 2~

4 期。

2 重力场变化特征与预报过程

2.1 重力点值变化特征

在范县 M_L4.3 地震之前,大部分测点没有明显的异常变化。自 2004 年 6 月、10 月前后改变了原来的下降变化趋势,发生同步或准同步转折,点值出现明显的异常;2005 年 3 月异常又出现了加速变化。趋势异常持续较长时间、同步或准同步发生转折、加速变化的现象可能是这次地震的前兆异常。范县 M_L4.3 地震之后,2005 年 5 月的复测结果表明这些测点的点值依然维持上升趋势(图 2)。

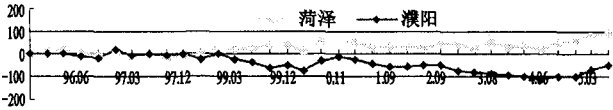


图 2 豫鲁地区部分重力测点点值变化曲线

Fig. 2 The variation curves of gravity point-value at some stations.

2.2 段差值变化特征

在范县 $M_L 4.3$ 地震之前,部分测段如四间房—滑县、长垣—慈周寨、濮阳—八公桥、菏泽—定陶等测段存在趋势性异常,且持续了较长时间,地震发生在重力场趋势性变化过程中。地震之后趋势性的重力异常仍然存在(图3)。

2.3 平面变化特征

(1) 范县 $M_L 4.3$ 地震前的重力变化特征

在2003年4月27日范县 $M_L 4.0$ 地震之后,2003年5月、10月测区的重力场都出现了大面积的

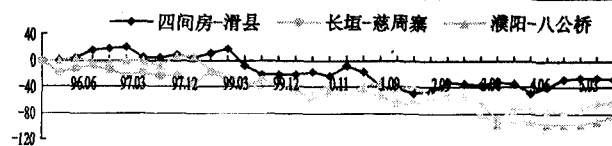
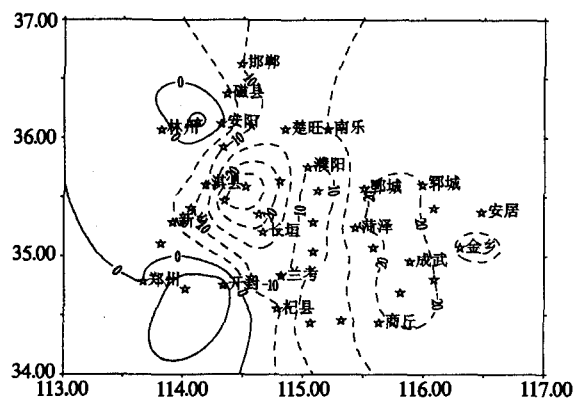


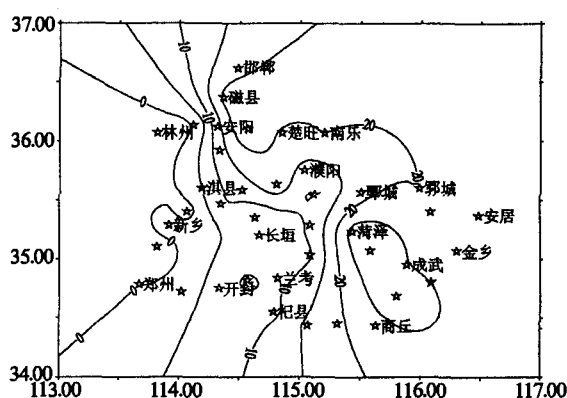
图3 豫鲁地区部分重力测段段差值变化曲线

Fig. 3 The variation curves of gravity segment-value at some stations.

下降变化,变化量超过 $-20 \times 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$; 2004年6月仍然继承2003年以来的趋势性下降变化,变化量超过 $-30 \times 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ (图4(a))。



(a) 2004-06-03



2004年10月,与相邻期(2004年6月)相比,测区的重力场改变了2003年以来的趋势性下降变化,除了卫辉、水冶、林州、八柳树1个测点外,其余的测点都出现了转折上升。变化量超过2.5倍均方差的测点有:青固(29)、单县(25)、鄆城(27)、菏泽(29)、成武(25)、永和(25)等6个测点(图4(b))。

2004年12月,测区重力场继承了2004年10月的变化趋势(上升),活动测点集中在鲁西南一带,它们是:单县(22)、金乡(23)、安居(27)、巨野(44)、鄆城(41)、鄆城(27)、定陶(21)、成武(25)(图4(c))。

2005年3月,测区的重力场出现显著的加速上升变化,之后2005年4月27日发生了范县 $M_L 4.3$ 地震,地震发生在重力场加速变化过程中(图4(d))。

(2) 范县 $M_L 4.3$ 地震后的重力变化特征

2005年5月的测量结果表明,只有聊兰断裂以

东的鄆城(—12)、鄆城(—10)2个测点的重力值产生较为明显的下降变化,其它测点均维持原来的变化趋势(上升),且在聊兰断裂仍维持着密集的重力梯级带,表明范县 $M_L 4.3$ 地震之后该区的重力异常没有恢复。这种变化可能预示着该区仍然有新的地震在孕育的过程中(图4(e)、(f))。

3 地震预报过程

从2003年5月开始测区的重力场活动逐渐趋于平静,到2004年3—6月测区的重力场异常处在最低状态(相对于相邻期或基期);从2004年9月开始重力异常的比例逐渐增加(图5)。测点点值的变化量如超过其点值精度的2.5倍,则认为该点为活动测点。和相邻期相比,2004年9月测区只有6个活动测点,占有测点的14.6%,重力场表现为相对平静;2004年12月,活动测点上升到9个,占有测点的21.9%,重力场表现为相对增强。

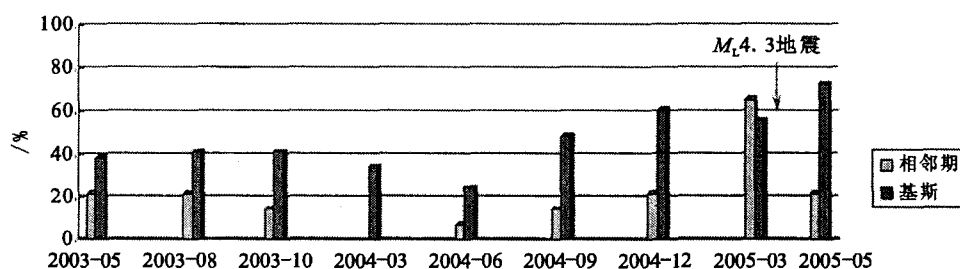


图5 测区重力异常的比例分布图

Fig. 5 Distribution of gravity abnormalities in Hennan-Shandong surveying region.

2005年3月测量表明,测区的重力场出现明显的加速上升变化,有27个测点表现为活动状态(相对于相邻期),占总测点数的65.9%,重力变化超过 $20 \times 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ 的测点有14个,占总测点数的34%。据以往的震例^[2-5],重力场的这种大范围、大幅度的变化,可能预示着该地区在孕育着一次中强地震。2005年3月23日我们提出了明确的预报意见:“近期(4~6月)在冀鲁豫交界地区有可能发生一次5级左右的地震”。并在监测预报司领导的安排下,于2005年4月上旬和中国地震台网中心进行了交流和会商,进一步核对了该区的重力场异常。

从2004年9月至2005年的3月,重力场呈现出活动性逐渐增强的活动方式可能也是此次地震的中短期前兆反映。

4 结论与探讨

4.1 重力场变化的特征

在范县 $M_L 4.3$ 地震前后,该区的重力场变化有如下的特征:

(1) 在地震的孕育过程中,重力场表现为下降—上升及活动性逐渐增强的活动方式,范县 $M_L 4.3$ 地震之后,2005年5月的复测表明重力场仍然维持原来的趋势;

(2) 地震发生在重力场加速变化过程中;

(3) 重力异常过程和异常量级与一个4级地震的水平相当;

(4) 对豫鲁测区重力场与地震活动关系的初步研究表明,由流动重力资料得到的重力场演化图像在一定程度上反映了该地区的地震孕育的演化过程。

4.2 重力变化原因探讨

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。在地震的孕育过程中,由于地壳内部应力的长期作用,应力、应变的积累,孕震区内介质

的物理、力学性质会发生不同程度的变化,导致活动性断层产生蠕动变化,这种蠕动变化以地面形变和物质质量变化表现出来。地壳形变会导致地面空间位置的变化,地壳的介质密度也可能会发生不同程度的变化,地壳和上地幔内还可能存在着物质的迁移^[6]等变化。所有这些变化都将导致重力场的变化,并且应该通过地表的重力测量反映出来。

综上所述,豫鲁测区大部分异常测点的重力变化应该是由该区地壳形变、地壳的介质密度变化和地壳深部质量迁移等变化共同作用引起的。

[参考文献]

- [1] 李清林,秦建增,冯建林. 河南原阳 2002 年 11 月 7 日 $M_L 4.5$ 地震前后的重力场变化[A]//地震研究与工程抗震[G]. 北京:原子能出版社,2003.
- [2] 李清林,秦建增. 大同 5.6 级地震前后的重力场变化和深部动力学过程[J]. 地壳形变与地震,2001,19(4):43-51.
- [3] 李清林,秦建增,冯建林. 太原 $M_L 5.0$ 地震前后的重力场变化[J]. 华北地震科学,2004,(2):41-44.
- [4] 孟夏,孟万辉,徐敬文,等. 流动重力测量结果与地震的关系[J]. 西北地震学报,2001,23(3):74-77.
- [5] 李清林,秦建增,张晓普. 1997—2001 年华北地区的重力场变化和昆仑山口西 8.1 地震[J]. 西北地震学报,2003,25(3):74-76.
- [6] 陈运泰,顾浩鼎. 1975 年海城地震与 1976 年唐山地震前后的重力场变化[J]. 地震学报,1980,2(1):21-30.

(上接 379 页)

3 结语

本文采用直接估计法对巴楚—伽师地区 1996~2003 年 $M \geq 6$ 级地震及其余震的加速度记录进行回归统计,得到该地区水平向、垂直向的土层场地加速度衰减曲线。根据资料的分布特点,水平向加速度衰减关系适用于 $4.0 \leq M \leq 6.9$,垂直向加速度衰减关系适用于 $4.0 \leq M \leq 5.9$,最佳适用的震中距为 15~60 km。

本地区发生的地震以中强地震为主,本文确定的衰减关系可以为本地区地震安全性评价、震害预测和建筑物抗震设防等工作提供参考依据。

[参考文献]

- [1] 姜慧. 地震动随机模拟方法中的场地效应研究[D]. 北京:中国地震局地球物理研究所,2005.
- [2] 霍俊荣. 近场强地面运动衰减规律研究[D]. 哈尔滨:中国地震局工程力学研究所,1989.
- [3] 赵永庆,付正新,高东,等. 云南地区地面峰值加速度衰减规律[J]. 地震研究,2003,26(3):250-256.
- [4] 徐士良编著. FORTRAN 常用算法程序集[M]. 北京:清华大学出版社,1995:372-376.
- [5] 姜慧,胡聿贤,俞言祥. 厚盖层场地的联合效应和强地面运动随机模拟[J]. 地震工程与工程振动,2004,24(2):29-35.
- [6] 胡聿贤. 地震工程学[M]. 北京:地震出版社,1988:193-210.
- [7] 胡聿贤主编. 地震安全性评价技术教程[M]. 北京:地震出版社,2003:298-300.