

刘洪良, 王青华, 张展伟, 等. 河北唐山古冶 5.1 级地震前的重力变化[J]. 华南地震, 2021, 41 (2): 71-75. [LIU Hongliang, WANG Qinghua, ZHANG Zhanwei, et al. Gravity Changes before the Guye 5.1 Earthquake in Tangshan, Hebei Province[J]. South China journal of seismology, 2021, 41(2): 71-75]

河北唐山古冶 5.1 级地震前的重力变化

刘洪良¹, 王青华², 张展伟¹, 杨雅慧¹, 刘书峰¹

(1. 河北省地震局流动测量队, 河北 保定 071000; 2. 云南省地震局, 昆明 650024)

摘要: 利用京津冀地区 2018—2020 年 5 月的流动重力观测资料, 分析了 2020 年 7 月 12 日河北唐山古冶 5.1 级地震前不同时间尺度重力场变化。结果表明: 0.5 年尺度重力场变化图像较好地反映了此次地震“震前一年, 重力场持续上升(正)变化→震前反向变化→在重力变化梯度带零等值线附近发震”的演化过程; 震前 0.5 年和 1 年年尺度重力场均显示, 地震发生在重力变化零等值线附近。

关键词: 唐山古冶 5.1 级地震; 重力变化; 零等值线

中图分类号: TU753.3

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662(2021)02-0071-5

DOI: 10.13512/j.hndz.2021.02.10

Gravity Changes before the Guye M_s 5.1 Earthquake in Tangshan, Hebei Province

LIU Hongliang¹, WANG Qinghua^{2*}, ZHANG Zhanwei¹,
YANG Yahui¹, LIU Shufeng¹

(1. Mobile Survey Team of the Hebei Earthquake Agency, Baoding 071000, China; 2. Yunnan Earthquake Agency, Kunming 650024, China)

Abstract: Based on the mobile gravity observation data of Beijing, Tianjin and Hebei region from 2018 to 2020, the paper analyzed the dynamic changes of regional gravity field at different spatial-temporal scale before Guzhi M_s 5.1 earthquake in Tangshan, Hebei on July 12th, 2020. The results show that: the half-year-scale gravity changes image before the earthquake better reflects “one year before the earthquake, the gravity field continued to rise(positive)change → reverse change before the earthquake → earthquake occurred near the zero contour of the gravity change gradient zone” the evolution process. The half-year-scale and one-year-scale gravity field changes before earthquake show that the earthquake occurred near the zero contour lines of gravity

收稿日期: 2020-09-10

基金项目: 河北省地震局星火计划面上项目: 流动重力剥离法判定京津冀地区未来发生强震的可能性(DZ20200329048)

作者简介: 刘洪良(1979-), 男, 工程师, 主要从事重力测量野外数据采集与处理, 地震监测预报工作。

E-mail: 35374@qq.com

通信作者: 王青华(1977-), 男, 高级工程师, 主要从事重力测量野外数据采集与处理, 地震监测预测工作。

E-mail: wqh308200@sohu.com

changes.

Keywords: Guye $M_{\text{s}}5.1$ earthquake in Tangshan; Gravity changes; Zero contour

0 引言

继 2019 年 12 月 5 日在河北唐山市丰南发生 4.5 级地震后, 2020 年 7 月 12 日河北唐山市古冶区 (39.78°N , 118.44°E) 再次发生 5.1 级地震, 震源深度 10 km。该地震造成河北唐山市中心震感强烈, 天津、河北承德震感明显, 北京、河北廊坊、沧州等地有震感。此次地震发生在 1976 年 7 月 28 日唐山 7.8 级地震的老震区内, 位于京津冀地区重力监测网(图 1 中绿框区域)东南缘, 最近的断层是唐山—古冶断裂。

本文利用京津冀地区重力监测网 2018—2020 年的流动重力复测资料, 分析区域不同时间尺度重力场变化与古冶 5.1 级地震的关系。

1 京津冀地区重力测网及数据处理。

自 20 世纪 80 年代起, 中国地震局开始在京津冀地区建立地震重力监测网, 并进行复测(图 1), 其空间分辨率约 20~60 km, 重力场变化具备监测 4 级以上地震的潜在能力^[1]。

2018—2020 年间使用的重力仪器有 CG-5、BRURIS 和 LCR-G 型重力仪, 共两个单位作业组进行测量(河北省地震局和中国地震局地球物理勘

探中心), 采用经典平差处理所得流动重力资料, 以京津冀地区同期绝对重力测量数据作为控制(如图红色三角标志, 共 8 个绝对重力测量点), 以实测数据标定重力仪一次项系数, 以削弱仪器格值系数变化带来的误差^[2-4], 平差计算时反复迭代分配各台仪器的先验方差, 以得到最佳合理计算结果^[5-8]。通过上述相关改正后的重力平差计算结果较好, 2018—2020 年的点值精度平均值均优于 $9.1 \mu\text{Gal}$, 最高达 $7.2 \mu\text{Gal}$ (表 1)。采用 Kriging 方法对重力变化点值进行网格化, 剔除稳定性差和信噪比较低的测点, 对不规则离散重力点数据进行了最佳拟合, 获得了不同时间尺度重力场变化图像。

2 古冶 5.1 级地震前重力场变化

2.1 古冶 5.1 级地震前重力场差分变化

为了分析古冶 5.1 级地震前区域重力场的短期前兆变化特征, 以相邻 2 期的观测资料为时间基准, 分别绘制了相邻 2 期(0.5 年尺度)区域重力场的差分图像(图 2), 分析图 2 可以发现以下特征:

2018-09—2019-04 期间(图 2a): 测区重力场以张家口为界, 呈西负东正的变化态势, 唐山—

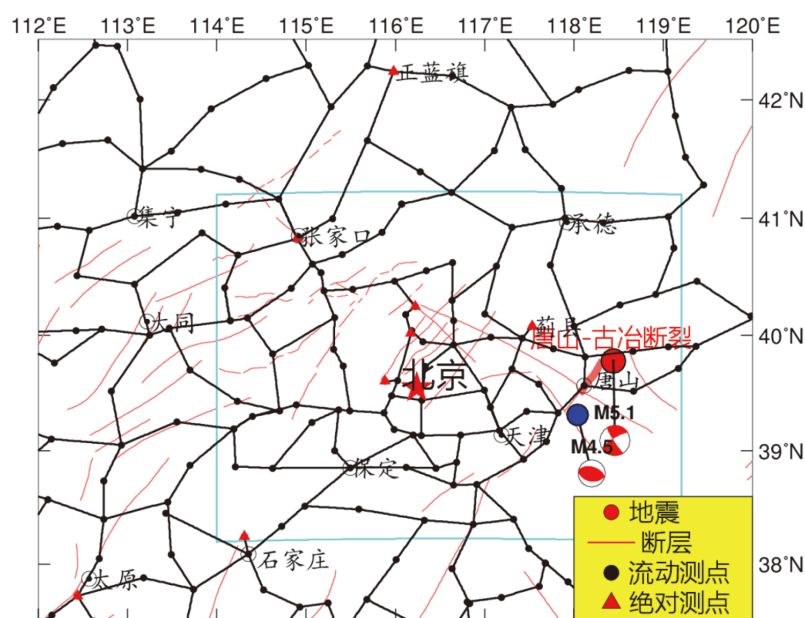


图 1 京津冀地区重力监测网和构造略图

Fig.1 Gravity Monitoring Network and structure sketch in the Beijing-Tianjin-Hebei region

表 1 京津冀地区重力测网数据处理精度

Table 1 Data processing accuracy of gravity survey network in Beijing-Tianjin-Hebei region

观测期数	观测时间	观测仪器	点值精度平均值/ μGal
2018 年 1 期	2018-03-20—04-30	CG-5 097、098CG-5 859、873	8.8
2018 年 2 期	2018-08-12—10-06	CG-5 097、098CG-5 859、873	8.6
2019 年 1 期	2019-03-15—5-03	CG-5 859、873BUR-B 515、602	7.2
2019 年 2 期	2019-08-16—10-09	CG-5 859、873LCR-G 793、1132	8.3
2020 年 1 期	2020-04-18—06-01	CG-5 859、873LCR-G 793、1132	9.1

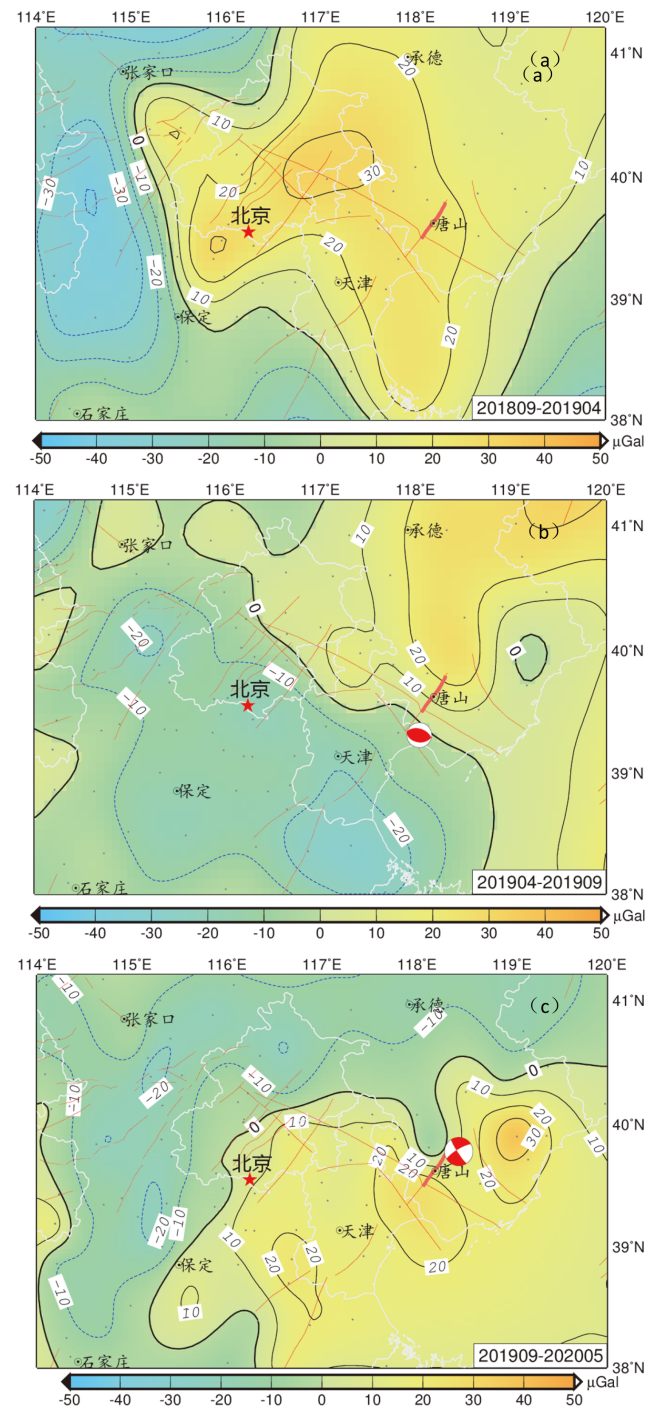


图 2 2020 年 7 月 12 日古冶 5.1 级地震前 0.5 年尺度重力场变化图

Fig.2 The half-year scale gravity field changes map before the Guye $M_s5.1$ earthquake on July 12th, 2020

天津间重力场呈正值变化,幅值 $20 \mu\text{Gal}$;

2019-04—2019-09 期间(图 2b): 张家口—保定间形成的梯度带消失,在唐山—天津间形成与蓟运河断裂走向基本一致的梯度带,梯度带两侧的重力差异变化约 $40 \mu\text{Gal}$,重力变化梯度带零等值线附近发生了 2019 年 12 月 5 日河北丰南 4.5 级

地震; 2019-09—2020-05 期间(图 2c): 唐山—天津间重力正值变化,并形成 $30 \mu\text{Gal}$ 的局部重力异常区及与唐山—古冶断裂走向基本一致的梯度带,零等值线在唐山附近拐弯,重力差异变化约 $40 \mu\text{Gal}$,2020 年 7 月 12 日古冶 5.1 级地震就发生在重力变化梯度带零等值线附近。

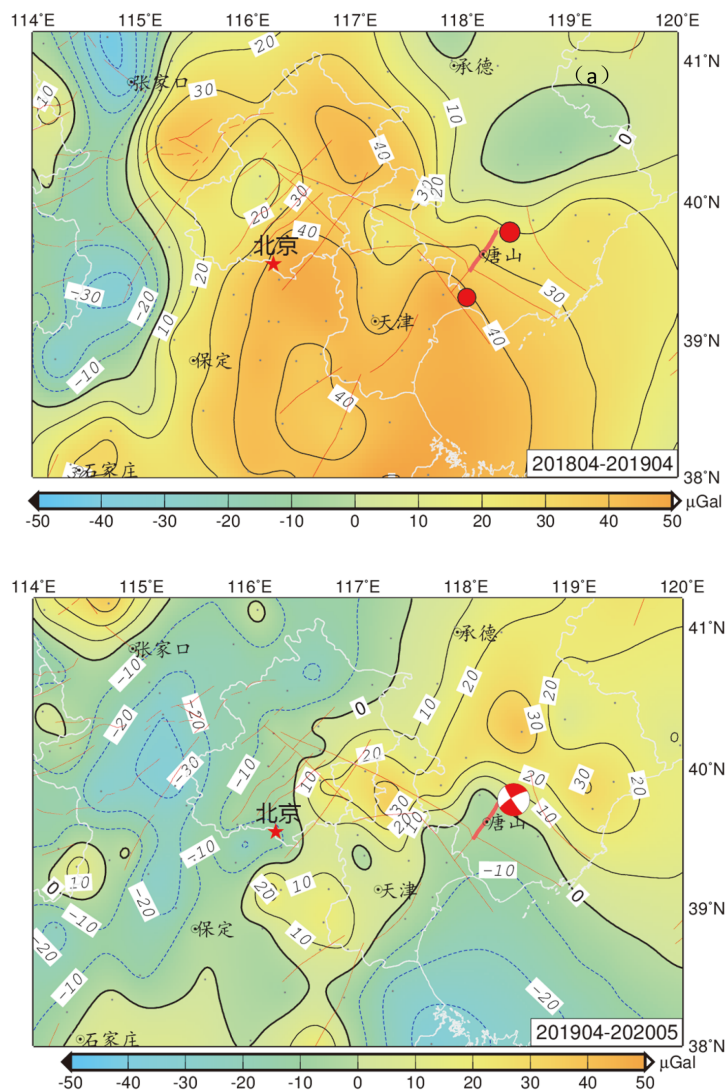


图 3 2020 年 7 月 12 日古冶 5.1 级地震前 1 年尺度重力场变化图

Fig.3 The one-year scale gravity field changes map before the Guoye $M_s5.1$ earthquake on July 12th, 2020

2.2 古冶 5.1 级地震前 1 年尺度重力场变化

分别绘制了测区 1 年尺度(2018-09—2019-09、2019-04—2020-05)的重力场变化图(图 3), 仔细分析有如下特征:

2018-04—2019-04 期间(图 3a): 天津—唐山间表现为大面积正值异常,2019 年 12 月 5 日丰南 4.5 级地震发生在最大正值变化区,但 2020 年 7 月 12 日古冶 5.1 级地震震中区附近重力变化

较小,幅值 $20 \mu\text{Gal}$;

2019-04—2020-05 期间(图 3b): 重力场表现为正-负-正的变化格局,天津—唐山间形成与唐山断裂走向基本一致的梯度带,幅值约 $40 \mu\text{Gal}$,零等值线在唐山—古冶附近拐弯,2020 年 7 月 12 日古冶 5.1 级地震就发生在零等值线附近。

3 重力变化与古冶 5.1 级地震

3.1 重力场变化与古冶 5.1 级地震的关系

分析震前区域重力场差分图像(图2)可以看出:震中附近区域重力场出现较明显的异常变化,2018-09—2019-04期间,唐山附近约有20 μGal 的正值变化;2019-04—2019-09期间,在天津-唐山间形成一负一正异常区,唐山附近地区持续重力正值变化;2019年12月5日丰南4.5级地震就发生正负异常区零等值线附近;2019-09—2020-05期间,重力场表现为北负南正的变化格局,唐山-天津间重力场呈反向变化,并形成与唐山-古冶断裂走向基本一致的梯度带,2020年7月12日古冶5.1级地震就发生在重力变化梯度带零等值线拐弯部位。

京津冀地区重力监测网0.5年尺度的差分图像较好地反映了古冶5.1级地震前的重力变化,是一个由“震前一年,重力场持续上升(正)变化→震前反向变化→在重力变化梯度带零等值线附近发震”的演化过程。

分析1年尺度重力场(图3)可以看出:2019年12月5日丰南4.5级地震和2020年7月12日古冶5.1级地震均发生在重力变化零等值线附近,且震中附近唐山附近重力值变化较低,与云南墨江5.9级地震前的重力变化特征相类似,区域重力场时空变化呈局部“硬化”现象^[9]。

3.2 重力场变化与构造的关系

重力场变化与活动断裂构造密切相关^[5]。1976年唐山7.8级地震前观测到的持续重力正变化是震中区出现深部热物质上涌和迁移过程引起的^[10-14]用深地震反射剖面及现场考察研究提示了唐山断裂深部切割和扰动了下地壳物质和壳幔过渡带,为上地幔高温物质侵入地壳提供了通道。热物质上涌使物质密度增大,从而导致局部重力增大(震前一年),而持续的加热则使物质膨胀,密度减小,从而震前半年唐山附近重力值减小。

震前一年,唐山附近重力场持续上升(正)变化,并在2019-09—2020-05期间形成与唐山—古冶断裂走向基本一致的梯度带,说明古冶5.1级地震前北东向的唐山—古冶断裂的活动引起地表重力发生了相应变化。

4 结论与讨论

本文分析讨论了2020年7月12日河北唐山古冶5.1级地震前不同时间尺度重力变化特征,得

到以下结论:

(1)0.5年尺度重力场变化图像较好地反映了此次地震“震前一年,重力场持续上升(正)变化→震前局部反向变化→在重力变化梯度带零等值线附近发震”的演化过程;

(2)震前0.5年、1年尺度重力场均显示,地震发生在重力变化零等值线附近;

(3)地震前观测到的重力变化高梯度带与区域构造走向平行,显示唐山—古冶断裂与古冶5.1级地震有较好的构造关联。

致谢:感谢国家重力台网中心提供的野外观测数据。

参考文献

- [1] 胡敏章,郝洪涛,李辉,等.地震分析预报的重力变化异常指标分析[J].中国地震,2019,35(3):417-430.
- [2] 梁伟锋,刘芳,祝意青,等.重力仪一次项系数对重力场动态变化的影响研究[J].大地测量与地球动力学,2015,35(5):882-886.
- [3] 郝洪涛,李辉,孙和平,等.CG-5重力仪零漂改正及格值系数检测应用研究[J].武汉大学学报·信息科学版,2016,41(9):1265-1270.
- [4] 冯建林,檀玉娟,秦建增,等.CG-5重力仪一次项格值系数对宁夏重力场变化的影响[J].大地测量与地球动力学,2017,37(3):319-322.
- [5] 祝意青,梁伟锋,赵云峰,等.2017年四川九寨沟 $M_s7.0$ 地震前区域重力场变化[J].地球物理学报,2017,60(10):4124-4131.
- [6] 祝意青,申重阳,张国庆,等.我国流动重力监测预报发展之再思考[J].大地测量与地球动力学,2018,38(5):441-445.
- [7] 祝意青,张勇,张国庆,等.21世纪以来青藏高原大震前重力变化[J].2020,65(7):622-632.
- [8] 胡敏章,郝洪涛,宋浩,等.弱地震活动背景地区流动重力变化探析[J].大地测量与地球动力学,2019b,39(4):339-343.
- [9] 王青华,赵云峰,陈兆辉,等.2018年云南墨江 $M5.9$ 地震前的重力变化[J].地震研究,2020,43(2):382-386.
- [10] 李瑞浩,黄建梁,李辉,等.唐山地震前后区域重力场变化机制[J].地震学报,1997,19(4):399-407.
- [11] 张晶,孙柏成,张成强.唐山地震的重力异常及其震后变化[J].地震,1998,18(3):293-298.
- [12] 曾融生,陆涵行,丁志峰.从地震折射和反射剖面结果讨论唐山地震成因[J].地球物理学报,1988,31(4):383-396.
- [13] 刘保金,曲国胜,孙铭心,等.唐山地震区地壳结构和构造:深地震反射剖面结果[J].地震地质,2011,33(4):901-909.
- [14] 张素欣,边庆凯,张子广,等.唐山断裂北段地震分布特征及其构造意义[J].地震研究,2019,43(2):271-277.