

# 2018年兴文5.7级地震和2019年 珙县5.3级地震前重力场变化\*

王青华<sup>1</sup>, 冯建林<sup>2</sup>, 檀玉娟<sup>2</sup>, 李洋洋<sup>2</sup>

(1. 云南省地震局, 云南 昆明 650224; 2. 中国地震局地球物理勘探中心, 河南 郑州 450002)

**摘要:** 利用2015—2018年川滇地区的流动重力观测资料, 分析了2018年四川兴文5.7级地震和2019年珙县5.3级地震前不同时间尺度的重力场演变过程。结果表明川滇地区的重力场变化对这2次地震有较好的反映: ①一年尺度的重力场变化图像较好地反映2次地震前重力场由“趋势性重力异常变化→低值变化→在重力变化高梯度带的零等值线附近发震”的演化过程; ②不同时间尺度重力场均显示, 2次地震均发生在重力变化梯度带零等值线附近, 进一步佐证了重力场动态变化图像对强震地点预测具有重要的指示意义。

**关键词:** 兴文5.7级地震; 珙县5.3级地震; 重力场变化; 四川

**中图分类号:** P315.726      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-0666(2019)03-0393-05

## 0 引言

地震孕育过程中的地壳变形和震源介质性质变化会引起震区周围重力场的变化, 因此, 通过定期流动重力重复观测, 有可能捕捉到与震源变化有关的重力前兆信息 (Chen *et al.*, 1979; 顾功叙等, 1997; 徐厚泽, 2003; 孙和平, 2004; Imanishi *et al.*, 2004)。为监测强震活动频繁的川滇交界地区的重力场时空动态变化特征及其与构造活动的关系, 捕捉可能出现的地震前兆信息 (祝意青等, 2010), 四川省地震局和云南省地震局在该区域布设了重力监测网。自2014年起, 该重力测网采用高精度重力测量仪器开始每年2期的重复重力观测。

2018年12月16日, 四川省兴文县 (28.24°N, 104.95°E) 发生5.7级地震, 2019年1月3日在四川省珙县 (28.20°N, 104.86°E) 又发生了5.3级地震。这2次地震震中相距约10 km, 且震中均位于四川省东南部, 构造上属于川滇地块与华南地块的交界区域, 附近分布有马边—盐津断裂、昭通—莲峰断裂、华蓥山断裂带等多条断裂

构造。本文利用2015—2018年川滇地区的重力测网观测资料, 分析2018年四川兴文5.7级地震和2019年珙县5.3级地震前不同时间尺度区域重力场变化, 探讨该区域重力场的异常变化与地震孕育、发生的关系。

## 1 测网概况及资料处理

2018年兴文5.7级地震和2019年珙县5.3级地震震区及周边重力网由国家重大工程项目重力网、四川省地震区域重力网和云南省地震区域重力网构成, 当前测网的分形维数为1.43~1.62, 具备监测研究区内5级以上地震的能力 (孙少安等, 2015; 胡敏章等, 2015; 王青华等, 2019), 如图1所示。四川省、云南省和湖北省地震局每年开展2期流动重力观测, 采用绝对重力控制与相对重力联测相结合的方法进行准同步观测, 观测仪器使用FG5绝对重力仪及LCR-G型、CG-5型相对重力仪 (邢乐林等, 2016)。

使用《LGADJ》程序对观测资料进行处理, 以下关、丽江、乡城、攀枝花、水城、贵州和泸州7个绝对重力点为控制点, 对观测资料进行经典

\* 收稿日期: 2019-01-25.

基金项目: 2019年中国地震局“监测、预报、科研”三结合课题 (CEA-JC/3JH-19117) 和川滇国家地震监测预报实验场项目 (2016CESE0103) 联合资助.

♣ 通讯作者: 冯建林 (1977-), 高级工程师, 主要从事重力监测及数据处理研究. E-mail: dfdqul@sohu.com.

平差计算;先确定各台仪器的先验方差,经过多次迭代,再重新进行平差计算,以得到最佳合理解算结果(祝意青等,2013,2015,2017;郝洪涛等,2016;王同庆等,2017;冯建林等,2017);经过统一基准解算的重力平差计算结果内在质量较好,2015—2018年每期的重力测量精度均优于 $10 \times 10^{-8} \text{ ms}^{-2}$ ;采用Kriging方法对重力变化进行数据网格化,对不规则离散重力点数据进行最佳拟合,并通过矩阵滤波,最终获得基于绝对重力控制解算下的川滇地区重力场变化图像。

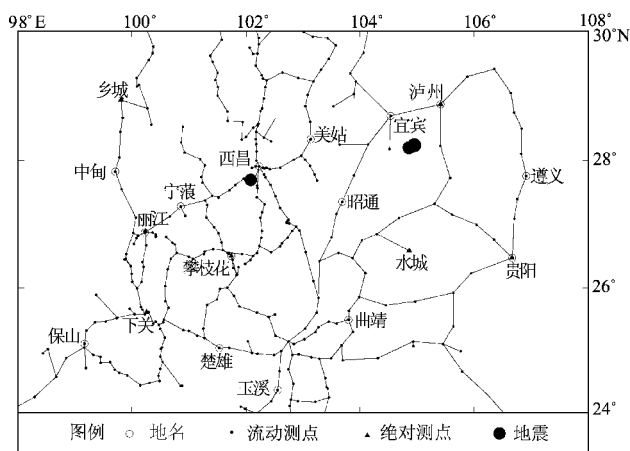


图1 川滇地区重力测网分布

Fig. 1 Distribution of gravity net in Sichuan-Yunnan region

## 2 区域重力场变化图像

诸多学者曾对川滇地区2015年前的重力变化进行过相关研究(祝意青等,2013,2015,2017;陈石等,2014;孙少安等,2015;胡敏章等,2015;王青华等,2019),本文的重力场变化主要是利用2015—2018年川滇地区重力资料联合计算获得的新研究成果(图2)。

### 2.1 一年尺度重力场变化

对2015—2018年川滇地区获得的多期重力资料,进行一年尺度重力场变化分析(图2)。

(1) 2015—10—2016—10,川滇交界地区重力场变化剧烈,主要表现为自南向北由正向负变化,并沿西昌、美姑一带出现重力变化高梯度带,幅值约为 $60 \times 10^{-8} \text{ ms}^{-2}$ ;测网西南部的保山地区形成幅值约为 $40 \times 10^{-8} \text{ ms}^{-2}$ 的局部重力异常区,并于2015年10月30日和2016年5月18日,在

重力变化梯度带的零等值线附近分别发生保山5.0级和云龙5.1级地震(图2a)。

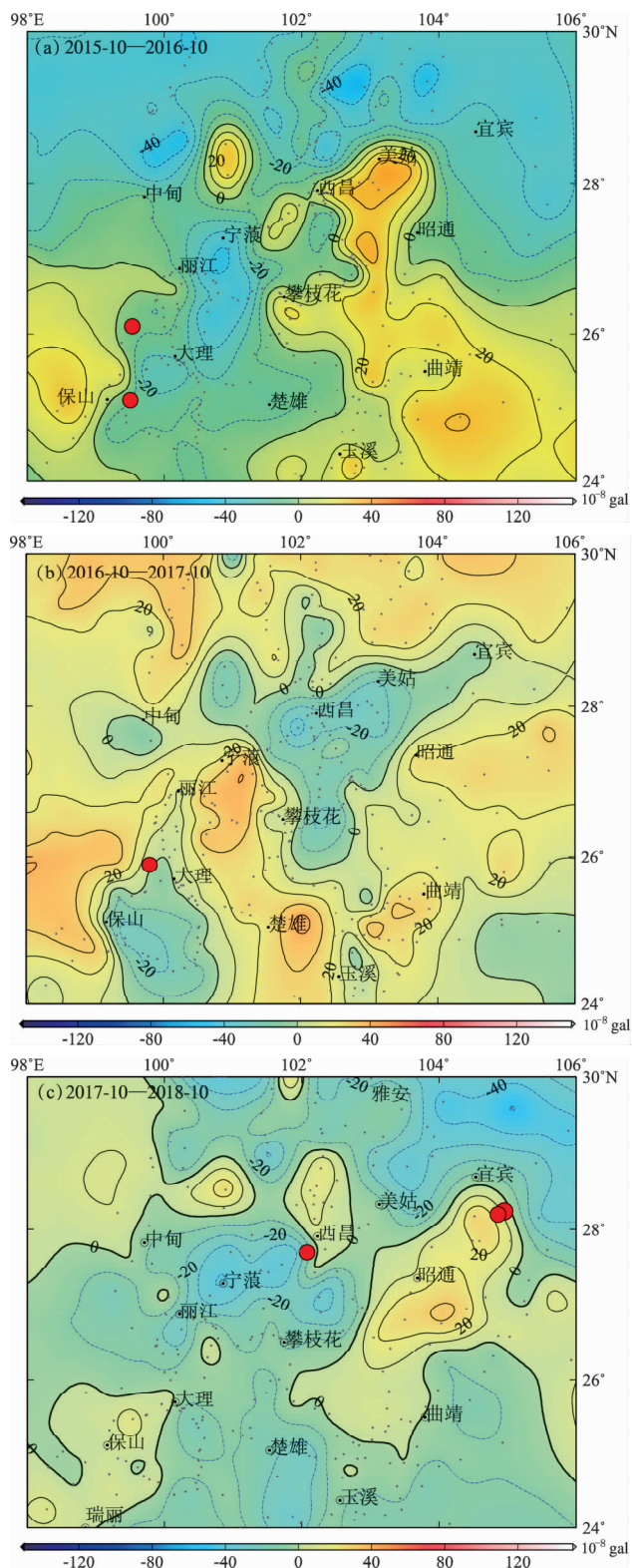


图2 川滇地区1年尺度重力场变化

Fig. 2 Gravity changes in one year scale in Sichuan-Yunnan region

(2) 2016-10—2017-10, 川滇交界地区重力场出现了一定的反向变化现象, 西昌、美姑一带的重力变化高梯度带向东北延伸至宜宾附近, 幅度有所减小, 约为  $40 \times 10^{-8} \text{ ms}^{-2}$ ; 测网西南部的保山地区局部重力异常区依然存在, 幅值约为  $50 \times 10^{-8} \text{ ms}^{-2}$ , 并于 2017 年 3 月 27 日在重力变化梯度带的零等值线附近发生漾濞 5.1 级地震 (图 2b)。

(3) 2017-10—2018-10, 川滇交界地区西昌—美姑—宜宾重力变化高梯度消失, 并在西昌和宜宾—昭通—攀枝花等地区出现了一对范围为  $20 \times 10^{-8} \text{ ms}^{-2}$  的局部重力异常区, 并在零等值线附近分别发生西昌 5.1 级地震 (2018 年 10 月 31) 及兴文 5.7 级地震和珙县 5.3 级地震; 测网西南部的保山地区重力场出现反向变化, 但变化较平缓 (图 2c)。

## 2.2 震前半年尺度重力场变化

为分析研究 2018 年兴文 5.7 级地震和 2019 年珙县 5.3 级地震震前区域重力场的短期前兆变化特征, 绘制了这 2 次地震震前半年尺度的区域重力场差

分动态变化图像 (图 3)。

(1) 2017-10—2018-04, 区域重力场自西向东出现负—正—负的变化格局, 重力场变化在  $(-20 \sim 30) \times 10^{-8} \text{ ms}^{-2}$ ; 并在四川西昌—攀枝花地区出现贯通南北的重力正值变化异常区; 在宜宾一带形成幅值约为  $40 \times 10^{-8} \text{ ms}^{-2}$  的重力变化高梯度带 (图 3a)。

(2) 2018-04—2018-10, 区域重力场变化具有分区特征 (图 3b)。2017-10—2018-04 出现的贯通南北的重力正值变化异常区在西昌附近急剧收缩, 西昌以南地区出现与上期反向的变化特征, 并在西昌以北地区产生局部重力异常区及其伴生的重力变化高梯度带, 西昌地震即发生在重力变化零等值线附近; 2017-10—2018-04 在宜宾一带形成的梯度带发生  $90^\circ$  转折, 表现为在宜宾—昭通一带形成与 NE 向的华蓥山断裂带走向较为一致的梯度带, 幅值约为  $50 \times 10^{-8} \text{ ms}^{-2}$ , 兴文 5.7 级地震和珙县 5.3 级地震发生在与 NE 向的华蓥山断裂带走向基本一致的重力变化梯度带的转弯部位、零等值线附近。

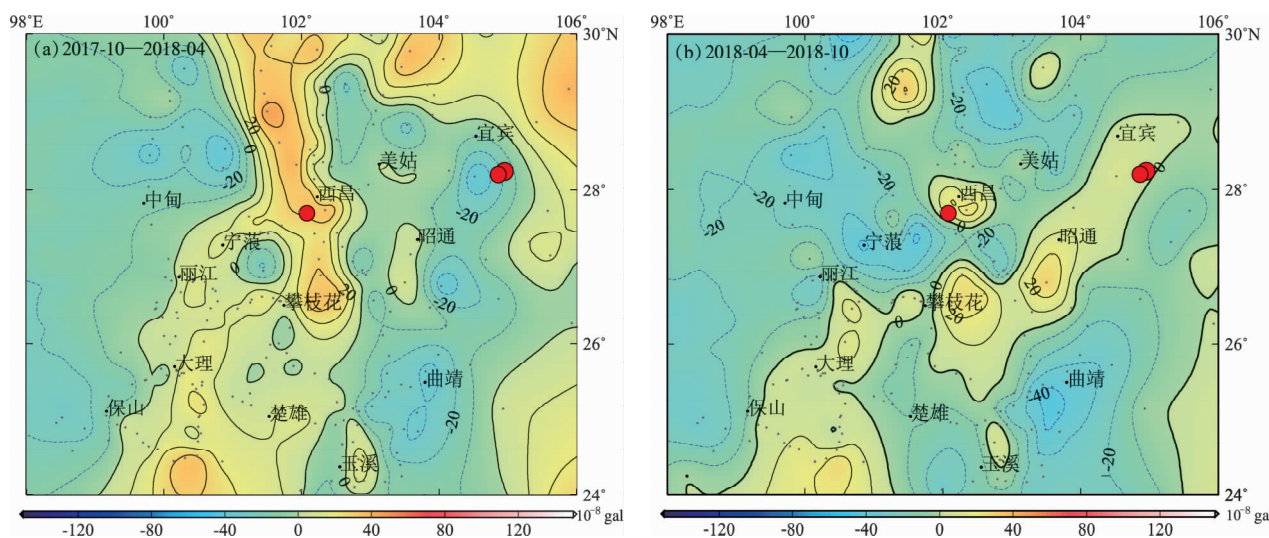


图 3 兴文地震和珙县地震前半年尺度重力场差分变化

Fig. 3 Gravity different changes in half a year scale before Xinwen and Gongxian earthquake

## 3 重力变化与兴文和珙县地震关系

由一年尺度的区域重力场变化可以看出, 2015-10—2016-10, 川滇交界地区及兴文和珙县地震震中区附近出现大面积重力负值变化异常区 (图

2a); 2016-10—2017-10, 川滇交界地区重力场出现了一定的反向变化, 并在西昌—美姑—宜宾出现重力变化梯度带, 幅值约为  $40 \times 10^{-8} \text{ ms}^{-2}$  (图 2b); 2017-10—2018-10, 整个测区出现大范围的反向变化, 西昌—美姑—宜宾重力变化高梯度消失, 宜宾—昭通—攀枝花等地区出现了  $20$

$\times 10^{-8} \text{ ms}^{-2}$  的局部重力异常区,并在重力变化零等值线附近发生了兴文 5.7 级地震和珙县 5.3 级地震(图 2c)。1 年尺度的重力场图像较好地反映了兴文和珙县地震孕育发生过程中震中附近的重力场变化过程,即由“趋势性重力异常变化→低值变化→在重力变化高梯度带的零等值线附近发震”的演化过程。

由震前区域重力场差分图像(图 3)可以看出,兴文和珙县地震前震中附近区域重力场也出现较明显的异常变化。2017-10—2018-04,测区中部出现一条横跨整个区域的重力变化高梯度带,西昌地震发生在重力变化梯度带附近,宜宾一带形成 NW 向梯度带(图 3a);2018-04—2018-10,兴文和珙县地震震中区附近重力变化与上期(图 3a)反向,在宜宾一带形成的梯度带发生 90° 转折,表现为在宜宾—昭通一带形成与 NE 向的华蓥山断裂走向带较为一致的梯度带(图 3b)。重力场差分演化图像比较清晰地反映了兴文和珙县地震发生在重力反向变化过程中,震中位于重力变化梯度带零等值线附近。

## 4 结论

通过处理分析 2015—2018 年川滇地区的不同时间尺度重力场变化特征,分析研究了四川省兴文和珙县地震前区域重力场变化特征与规律,得到以下初步结论:

(1) 一年尺度的重力场图像较好地反映了兴文和珙县地震孕育发生过程中震中附近的重力变化,即由“趋势性重力异常变化→低值变化→在重力变化高梯度带的零等值线附近发震”的演化过程。

(2) 兴文和珙县地震前,在宜宾一带形成的梯度带发生 90° 转折,并形成与华蓥山断裂带走向较为一致的梯度带,华蓥山断裂与这 2 次地震有较好的构造关联。

(3) 不同时间尺度重力场均显示:兴文和珙县地震发生在重力变化梯度带零等值线附近,这一观测事实进一步佐证了重力场动态变化图像对强震地点预测具有重要的指示意义(申重阳等, 2009; 祝意青等, 2009, 2013, 2015, 2017, 2018; 陈石等, 2014; 孙少安等, 2015; 胡敏章等, 2015; 梁伟锋等, 2015; 王青华等, 2019)。

## 参考文献:

- 陈石,王青华,王谦身,等. 2014. 云南鲁甸  $M_s 6.5$  地震震源区和周边三维密度结构及重力场变化[J]. 地球物理学报, 57(9): 3080-3090.
- 冯建林,檀玉娟,秦建增,等. 2017. 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, 37(3): 319-322.
- 顾功叙, Kuo J T, 刘克人, 等. 1997. 中国京津唐张地区时间上连续的重力变化与地震的孕育和发生[J]. 科学通报, 42(18): 1919-1930.
- 郝洪涛,李辉,孙和平,等. 2016. 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), 41(9): 1265-1270.
- 胡敏章,李辉,刘子维,等. 2015. 川滇地区 2010—2013 年重力变化及重力网的地震监测能力[J]. 大地测量与地球动力学, 35(4): 616-620.
- 梁伟锋,刘芳,祝意青,等. 2015. 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, 35(8): 882-886.
- 申重阳,李辉,孙少安,等. 2009. 重力场动态变化与汶川  $M_s 8.0$  地震孕育过程[J]. 地球物理学报, 52(10): 2547-2557.
- 孙和平. 2004. 重力场的变化与地球动力学[J]. 中国科学院院刊, 19(3): 189-193.
- 孙少安,郝洪涛,韦进. 2015. 云南景谷  $M_6.6$  地震前重力场变化的区域性特征[J]. 大地测量与地球动力学, 35(4): 613-615.
- 王青华,郝洪涛,汪健,等. 2019. 云南地震流动重力监测网建设与映震能力分析[J]. 大地测量与地球动力学, 39(3): 317-324.
- 王同庆,王树发,杨博,等. 2017. 基于重力和 GPS 的山西地区形变特征分析[J]. 地震研究, 40(1): 102-109.
- 邢乐林,李辉,李建国,等. 2016. 陆态网络绝对重力基准的建立及应用[J]. 测绘学报, 45(5): 538-543.
- 徐厚泽. 2003. 重力观测在中国地壳运动观测网络中的作用[J]. 大地测量与地球动力学, 23(3): 1-3.
- 祝意青,郭树松,刘芳. 2010. 攀枝花 6.1、姚安 6.0 级地震前后区域重力场变化[J]. 大地测量与地球动力学, 30(4): 8-12.
- 祝意青,梁伟锋,赵云峰,等. 2017. 2017 年四川九寨沟  $M_s 7.0$  地震前区域重力场变化[J]. 地球物理学报, 60(10): 4124-4131.
- 祝意青,刘芳,刘铁明,等. 2015. 川滇地区重力场动态变化及其强震危险含义[J]. 地球物理学报, 58(11): 4187-4196.
- 祝意青,申重阳,张国庆,等. 2018. 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, 38(5): 441-445.
- 祝意青,闻学泽,孙和平,等. 2013. 2013 年四川芦山  $M_s 7.0$  地震前的重力变化[J]. 地球物理学报, 56(6): 1887-1894.
- 祝意青,徐云马,吕弋培,等. 2009. 龙门山断裂带重力变化与汶川 8.0 级地震关系研究[J]. 地球物理学报, 52(10): 2538-2546.
- Chen Y T, Gu H D, Lu Z X. 1979. Variations of gravity before and after the haicheng earthquake, 1975, and the Tangshan earthquake, 1976 [J]. Phys Earth Planet Interi, 18(4): 330-338.
- Imanishi Y, Sato T, Higashi T, et al. 2004. A network of superconducting gravimeters detects submicrogal coseismic gravity changes [J]. Science, 306(5695): 476-478.

## Change of Gravity Field before Sichuan Xingwen $M_s5.7$ and Gongxian $M_s5.3$ Earthquakes in 2018

WANG Qinghua<sup>1</sup>, FENG Jianlin<sup>2</sup>, TAN Yujuan<sup>2</sup>, LI Yangyang<sup>2</sup>

(1. Yunnan Earthquake Agency, Kunming 650224, Yunnan, China)

(2. Geophysical Exploration Center, China Earthquake Administration, Zhengzhou 450002, China)

### Abstract

Using the relative gravity measurement data in Sichuan-Yunnan region from 2015 to 2018, we analyzed the evolution process of gravity field in different time scales before Sichuan Xinxing  $M_s5.7$  in 2018 and Gongxian  $M_s5.3$  earthquakes in 2019. The results show that the variation of gravity field in Sichuan-Yunnan region closely linked with these two earthquakes. ① The annual scale of gravity field change image better reflect the evolution process of gravity field before two earthquakes, i. e. “trend gravity anomaly change→low value change→earthquake occur near the zero contour of gravity change high gradient zone”; ② The gravity fields in different time scales show that, these two earthquakes occurred near the zero contour of the gravity gradient, which further proves that the dynamic image of gravity field has important indication significance for the prediction of strong earthquake locations.

**Keywords:** Xingwen  $M_s5.7$  earthquake; Gongxian  $M_s5.3$  earthquake; the change of gravity field; Sichuan