

邓志辉, 刘吉平, 吕金水, 等. 2019 年 10 月 12 日广西北流—广东化州 5.2 级地震特征分析 [J]. 华南地震, 2020, 40 (2): 1-12. [DENG Zhihui, LIU Jiping, LYU Jinshui, et al. Characteristics of Huazhou-Beiliu  $M_s$  5.2 Earthquake on October 12<sup>th</sup>, 2019 [J]. South China journal of seismology, 2020, 40 (2): 1-12]

## 2019 年 10 月 12 日广西北流—广东化州 5.2 级地震特征分析

邓志辉<sup>1,2</sup>, 刘吉平<sup>1,2</sup>, 吕金水<sup>1</sup>, 叶东华<sup>1</sup>, 廖桂金<sup>1</sup>,  
王小娜<sup>1,2</sup>, 刘锦<sup>1</sup>, 刘特培<sup>1</sup>, 李健梅<sup>1</sup>

(1. 广东省地震局, 广州 510070; 2. 南方海洋科学与工程广东省实验室, 广东 珠海 519000)

**摘要:** 2019 年 10 月 12 日, 在广东省化州市与广西壮族自治区北流市交界地区发生 5.2 级地震, 这是华南地区进入 20 世纪以来第 V 活跃幕之后发生的第 3 次 5 级以上地震, 也是粤桂交界地区第 V 活跃幕以来第 2 次 5 级以上地震。此地震发生北西向巴马—博白—茂名断裂带的陆川—高州段上, 属 6 级潜在震源区, 基本烈度为 VI 度区。震中区在历史上属于少震弱震区, 但从 2014 年以来, 地震活动出现间歇性增强, 多项地球物理观测数据也有异常表现。广东省地震局在 2018 年度地震会商时把此区域确定为 2019 年度地震危险重点注意地区。10 月 12 日 5.2 级地震的发生验证了年度地震危险重点注意地区的判定, 为以后的地震预测工作提供了可参考的分析依据。

**关键词:** 广西北流—广东化州地震; 博白—茂名断裂; 地震活动; 流动重力; 地下流体; 井孔应变

**中图分类号:** P315.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8662 (2020) 02-001-012

**DOI:** 10.13512/j.hndz.2020.02.01

## Characteristics of Huazhou-Beiliu $M_s$ 5.2 Earthquake on October 12<sup>th</sup>, 2019

DENG Zhihui<sup>1,2</sup>, LIU Jiping<sup>1,2</sup>, LYU Jinshui<sup>1</sup>, YE Donghua<sup>1</sup>, LIAO Guijin<sup>1</sup>,

WANG Xiaona<sup>1,2</sup>, LIU Jin<sup>1</sup>, LIU Tepei<sup>1</sup>, LI Jianmei

(1. Guangdong Earthquake Agency, Guangzhou 510070, China;

2. Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory, Zhuhai 519000, China)

**Abstract:** On October 12<sup>th</sup>, 2019, an  $M_s$  5.2 earthquake occurred at the junction of Huazhou City, Guangdong Province and Beiliu City, Guangxi Zhuang Autonomous Region, which is the third earthquake with  $M_s \geq 5$  after the South China region entered the second active period and the fifth active scene, and is also the second earthquake with  $M_s \geq 5$  since the fifth active scene in the border area between Guangdong and Guangxi. This earthquake

收稿日期: 2020-01-10

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41604055, 41676057); 广东省科技计划项目 (2019B020208014, 2018B020207011); 南方海洋科学与工程广东省实验室环南海地质过程与灾害项目 (99147-42080024) 联合资助

作者简介: 邓志辉 (1962-), 男, 博士, 研究员, 主要研究方向为地震异常信息挖掘与预测方法研究。

E-mail: deng6789@163.com.

occurred on the Luchuan-Gaozhou section of the Bama-Bobai-Maoming fault zone in the northwest direction, which is a potential source of magnitude 6 with a basic intensity of VI. The epicentral area is a weak earthquake area historically, but since 2014, seismic activity has increased intermittently, and many geophysical observations also have anomalous performance. The Guangdong earthquake agency identified the area as a key earthquake hazard area in 2019 in the annual earthquake conference (2018). The occurrence of the  $M_s 5.2$  earthquake has verified the judgment of the key earthquake hazard area of the year and provided a reference for the future earthquake prediction.

**Keywords:** Huazhou-Beiliu earthquake; Bobai-Maoming fault; Seismic activity; Flowing gravity; Underground fluid; Borehole strain

## 0 地震概况

经中国地震台网测定, 2019 年 10 月 12 日 22 时 55 分在广东省化州市与广西壮族自治区北流市交界地区(北纬  $22.18^\circ$ , 东经  $110.51^\circ$ ) 发生 5.2 级地震, 震源深度 10.0 km, 震中烈度 VI 度, 等震线椭圆长轴北西走向, 共造成广东和广西 5 个乡镇受灾。这是华南地区进入 20 世纪以来第 V 活跃幕之后发生的第 3 次 5 级以上地震, 也是粤桂交界地区第 V 活跃幕以来第 2 个 5 级以上地震。在第五代《中国地震动参数区划图》中属于茂名 6 级潜在震源区。震中附近的地震区划基本烈度为 VI 度。

此次地震震中现场调查等震线为椭圆型分布, 总体走向为北西向, 震中烈度为 VI 度, 与第 V 代地震动参数区划图基本地震烈度一致, 共造成 26 间房屋破坏, 59 人受灾, 无人伤亡<sup>[1]</sup>。震源机制解为第一个节面走向  $103.12^\circ$ , 倾角  $77.50^\circ$ , 滑动角  $-179.92^\circ$ ; 第二个节面走向  $13.10^\circ$ , 倾角  $89.92^\circ$ , 滑动角  $-12.50^\circ$ ; P 轴走向  $327.42^\circ$ , 倾角  $8.86^\circ$ ; T 轴的走向  $58.80^\circ$ , 倾角  $8.75^\circ$ ; B 轴的走向  $192.74^\circ$ , 倾角  $77.50^\circ$ <sup>[2]</sup>。与区域应力场方向总体一致。

截止到 2020 年 3 月 31 日, 震中 50 km 范围内共发生 1 级以上余震 96 次, 其中 1.0~1.9 级 81 次, 2.0~2.9 级 13 次, 3.0~3.9 级 2 次, 最大余震为 2019 年 10 月 12 日的 3.2 级地震。

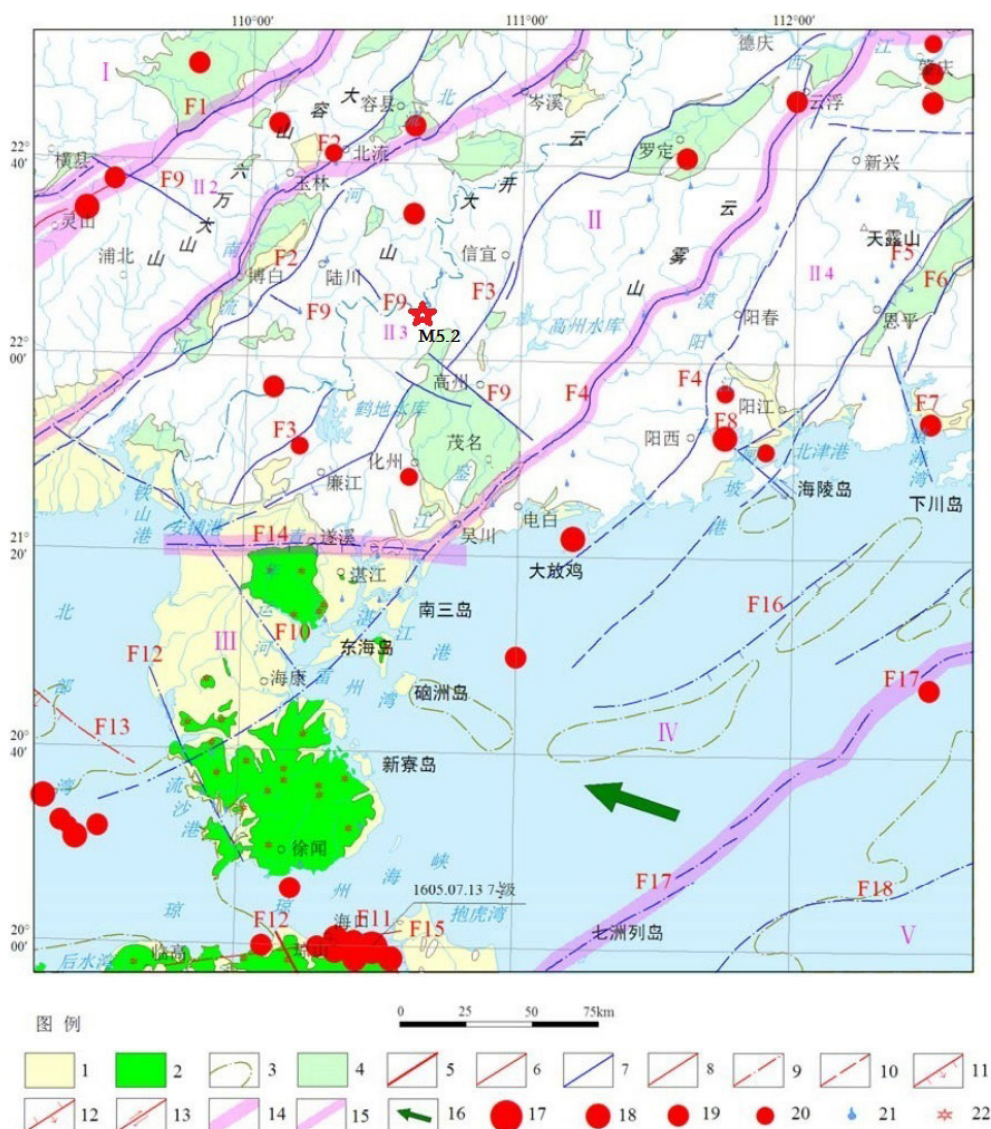
## 1 发震构造特征

此次地震发生在广东化州与广西北流交界地区, 地震距离茂名市约 68 km。本区地质构造比较复杂, 区域构造总体格局为一组北西向

的活动断层和一组北东向的活动断层互相切割, 形成网格状构造(图 1), 其中北西向断层主要有发震构造巴马—博白—茂名断裂(F9)、西南侧那丽—合浦—沈塘断裂(F10)、东侧丰头河断裂(F8); 北东向断层主要有中部廉江—信宜断裂带(F3)、西北侧合浦—北流断裂带(F2)和东南侧四会—吴川断裂带(F4)<sup>[3]</sup>。

此次地震主要发震构造为巴马—博白—茂名断裂, 该断裂带东南始于广东省茂名一带, 往西北经高州、广西博白、横县、昆仑关、大化、巴马, 而后进入贵州省境内, 总体走向  $310^\circ\sim 330^\circ$ , 全长达 800 多公里。倾向以北东为主, 倾角  $40^\circ\sim 85^\circ$ 。此断裂带最早形成于华力西期构造旋回, 印支期强烈活动, 表现出左旋剪切—挤压性质。断裂切割寒武系至第三系, 在新生代以来和第四纪时期具强烈的活动<sup>[4]</sup>。1958 年灵山  $5\frac{3}{4}$  级地震就发生在该断裂带上, 1936 年灵山  $6\frac{3}{4}$  级地震也与此断裂带的关系密切。该断裂带由多条断裂组成, 断续分布, 自西北而东南包括: 高田—横县断裂、镇龙断裂、单塘—石南断裂、平山—永安断裂、六万山断裂、乌石—石鼓断裂及陆川—高州断裂等。陆川—高州断裂是此次化州—北流 5.2 级的发震构造。

陆川—高州断裂西北起于陆川往南东至宝圩以南, 经高州而达茂名, 地表断续延伸百多公里, 切割震旦系、古生界、加里东混合花岗岩及白垩系, 在茂名地区控制第三纪断陷盆地的发育。断裂出露数米宽的糜棱岩及破碎角砾岩带。在高州南侧可见宽达 200 m 的硅化岩带。新构造时期以来, 断裂在茂名地区使下第三系逆冲于上第三系之上。在陆川一带, 卫片分析断裂具有左旋走滑运动。该断裂曾发生过两次 5 级地震和一些有感地震<sup>[5]</sup>。



1. 第四纪盆地; 2. 喜山期火山岩; 3. 南海新生代盆地; 4. 白垩世—第三纪盆地; 5. 全新世断层; 6. 晚更新世断层; 7. 早、中更新世断层; 8. 实测断层; 9. 隐伏断层; 10. 推测断层; 11. 正断层; 12. 逆断层; 13. 走滑断层; 14. 一级新构造单元分界线; 15. 二级新构造单元分界线; 16. 主压应力场方向; 17. 7.0~7.9级地震震中; 18. 6.0~6.9级地震震中; 19. 5.0~5.9级地震震中; 20. 4.7~4.9级地震震中; 21. 温泉出露点; 22. 第四纪火山口; 23. 化州—北流5.2级地震震中; F1: 钦州—灵山断裂带; F2: 合浦—北流断裂带; F3: 廉江—信宜断裂带; F4: 四会—吴川断裂带; F5: 苍城—海陵断裂带; F6: 鹤城—金鸡断裂带; F7: 镇海湾断裂; F8: 丰头河断裂; F9: 巴马—博白—茂名断裂带; F10: 那丽—合浦—沈塘断裂带; F11: 铺前—清澜断裂带; F12: 长流—仙沟断裂; F13: 涠洲—中南暗沙断裂; F14: 遂溪断裂; F15: 铺前一马袅断裂; F16: 雷东凹陷北缘断裂; F17: 北部湾滨海断裂带; F18: 珠三拗陷北缘断裂; I: 桂东南断块差异隆起区; II: 桂东粤西断块差异隆起区; III: 雷琼断陷区; IV: 北部湾和雷东新生代断拗盆地区; V: 珠江口外盆地沉降区; II 2: 六万大山—大容山断隆; II 3: 云开大山断隆; II 4: 云雾山断隆。

图1 化州—北流及其附近地区地震构造图<sup>[5]</sup>

Fig.1 Earthquake tectonic map of Huazhou-Beiliu and its vicinity<sup>[5]</sup>

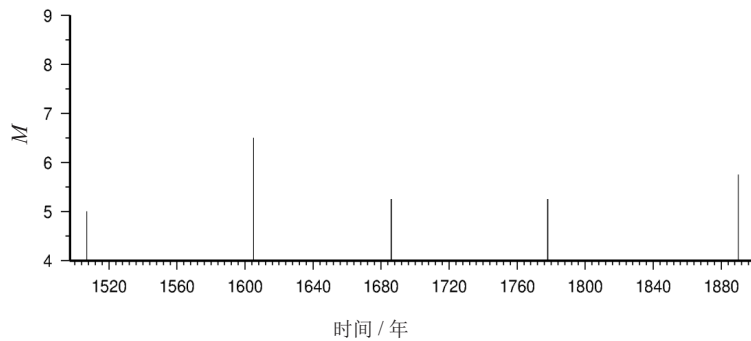
## 2 地震活动特征

有地震历史记录以来,震中周边100 km范围内共发生5级以上地震7次<sup>[6]</sup>(图1,表1),其中5.0~5.9级地震4次,6.0~6.9级地震3次。最大地震为1605年7月19日广东廉江附近的6.5级地震,距离约为67 km。距离此次地震最近的

5级以上地震为1778年10月29日广西玉林东南 $5\frac{1}{4}$ 级地震,约为36 km。1970年以来震中周边未记录到4级以上地震。除1605年连续发生多次6级以上地震外,总体上表现为间发型分布(图2、图3),间隔时间81~112年,显示出时间间隔增加的趋势,最近两次时间间隔为129年(1890—2019),超过历史最大值<sup>[7-8]</sup>。

表 1 震中附近历史地震记录 ( $M_s \geq 5.0$ )Table 1 Historical earthquake records near the epicenter ( $M_s \geq 5.0$ )

时间 / 年 - 月 - 日	震级 / $M_s$	地点	距离 / km	时间间隔 / 年
1507-03-14	5	广西玉林东北	69	-
1605-07-19	6.5	广东廉江附近	67	98
1605-08-17	6	广东廉江附近	67	0
1605-10-07	6	广西陆川南	97	0
1686-01-01	$5\frac{1}{4}$	广西梧州、合浦间	80	81
1778-10-29	$5\frac{1}{4}$	广西玉林东南	36	92
1890-08-30	$5\frac{3}{4}$	广东廉江—广西陆川间	52	112
2019-10-12	5.2	广东化州—广西北流间		129

图 2 历史地震  $M-t$  图 ( $M_s \geq 5.0$ )Fig.2  $M-t$  map of historical earthquakes ( $M_s \geq 5.0$ )

从 1850 年至 2018 年, 区域中强地震应变能的累积释放曲线显示该区积累了发生  $M \geq 5.0$  级地震所需的应变能 (图 4)。1970—2018 年

$M_L \geq 2.0$  级地震的  $\text{Lg}N-M$  曲线显示, 该区可能发生  $M_L 5.2$  ( $M 4.8$ ) 级地震 (图 4)。实际地震 5.2 级略大于事前的估计。

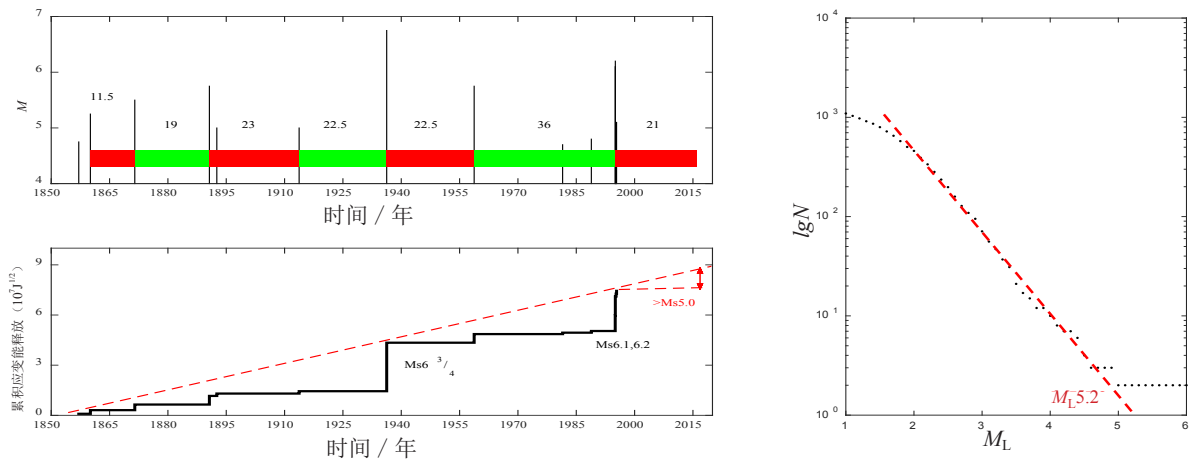


图 4 粤桂交界地区地震应变能的累积释放和 G-R 关系曲线 (1850—2018)

Fig.4 Accumulative release of seismic strain energy and G-R relationship curve in the border area between Guangdong and Guangxi (1850—2018)

## 4 地震预测实践

在 2019 年度广东省地震活动危险性研究报告中, 在广东地区确定了 4 个 2019 年度重

点注意地区, 粤桂交界中南段是其中之一<sup>[9]</sup>。2019 年 10 月 12 日广西北流—广东化州 5.2 级地震就发生在这个重点注意区内。这一地区被确定为年度重点注意地区在历史上是第一次,



这一地区从2014年开始就陆续出现了多项地震活动和地球物理观测数据异常,主要分布在震中附近100 km范围内。

#### 4.1 地震活动时空动态

从1970年1月1日至2019年10月11日,在震中区附近50 km范围内,共发生 $M_L$ 1.0级以上地震473次,其中1.0~1.9级361次,2.0~2.9级100次,3.0~3.9级11次,4.0~4.9级1次,最大为2013年12月6日4.2级地震(图5、图6、

图7)。

从 $M_L$ 1.0级以上地震 $M$ - $T$ 图和 $N$ - $T$ 图(图6、图7)来看,该区地震活动从2007年才开始活跃,主要发生在信宜与高州交界地区的高州水库,而从2014年之后,地震主要活跃区域往西迁移,频度进一步上升。2016—2017年该区地震活动相对减弱,但2018年下半年地震活动再次增强,频度显著增加(图5、图8、图9、图10)。

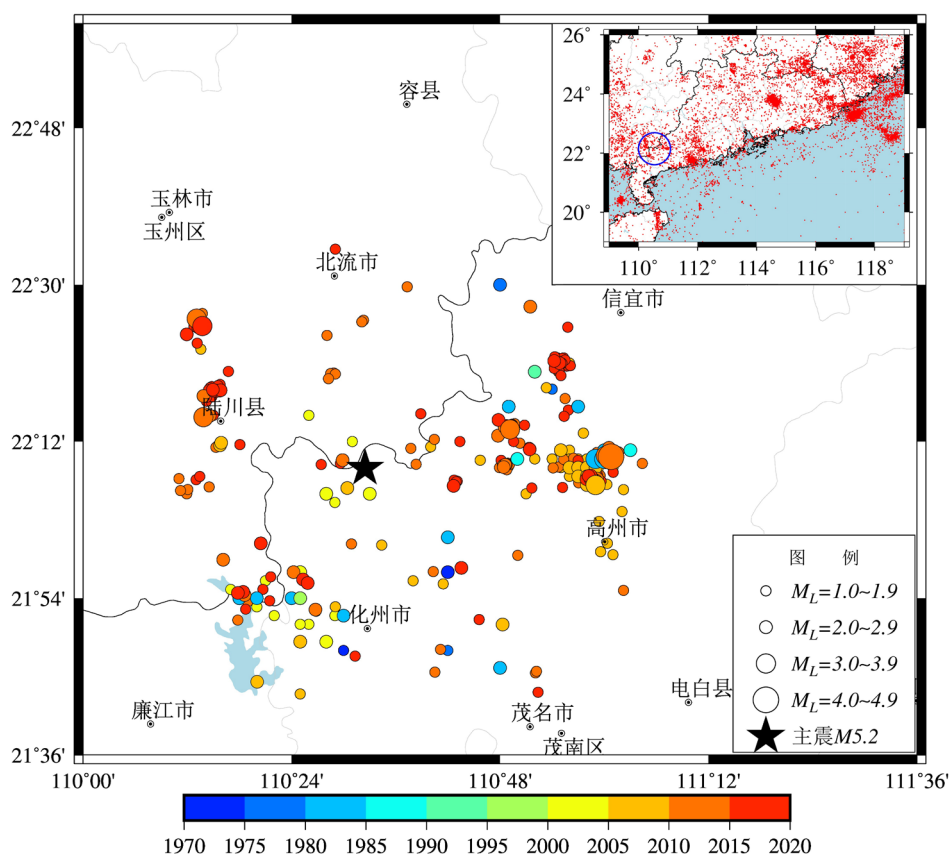


图5 震中附近50 km范围内 $M_L \geq 1.0$ 级地震分布图(1970年至2019年10月11日)

Fig.5 Distribution map of earthquakes with  $M_L \geq 1.0$  within 50 km of the epicenter (from 1970 to October 11<sup>th</sup>, 2019)

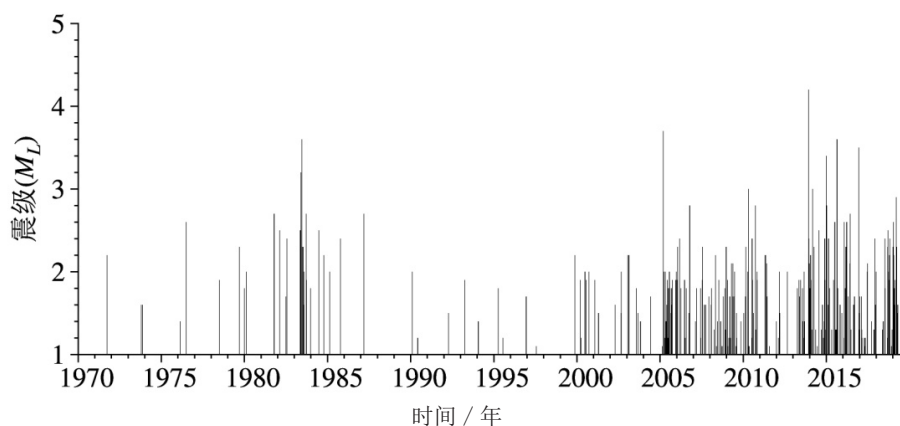


图6 震中附近50 km范围内1970年以来 $M_L \geq 1.0$ 级地震 $M$ - $T$ 图

Fig.6  $M$ - $T$  map of earthquakes with  $M_L \geq 1.0$  within 50 km of the epicenter since 1970

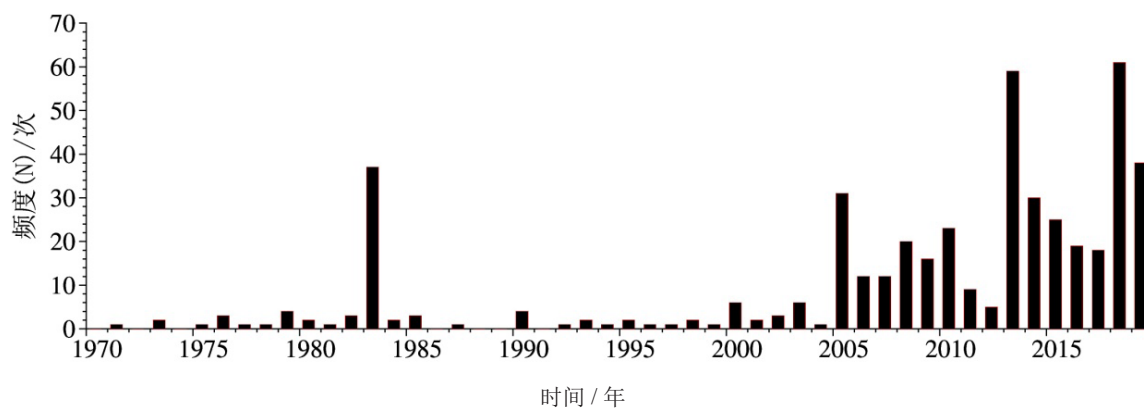


图7 震中附近 50 km 范围内 1970 年以来  $M_L \geq 1.0$  级地震频度分布图

Fig.7 Frequency distribution of earthquakes with  $M_L \geq 1.0$  within 50 km of the epicenter since 1970

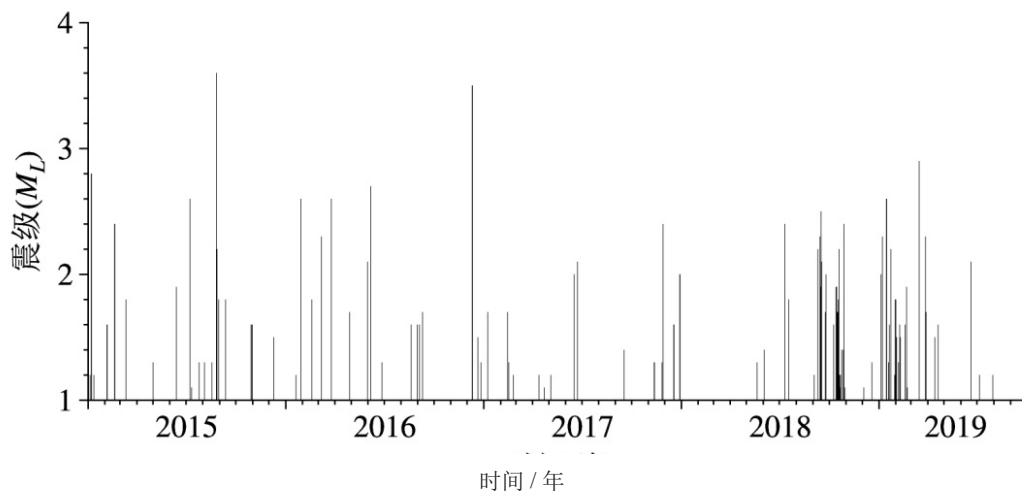


图8 震中附近 50 km 范围内 2015 年以来  $M_L \geq 1.0$  级地震  $M-T$  图

Fig.8  $M-T$  map of earthquakes with  $M_L \geq 1.0$  within 50 km of the epicenter since 2015

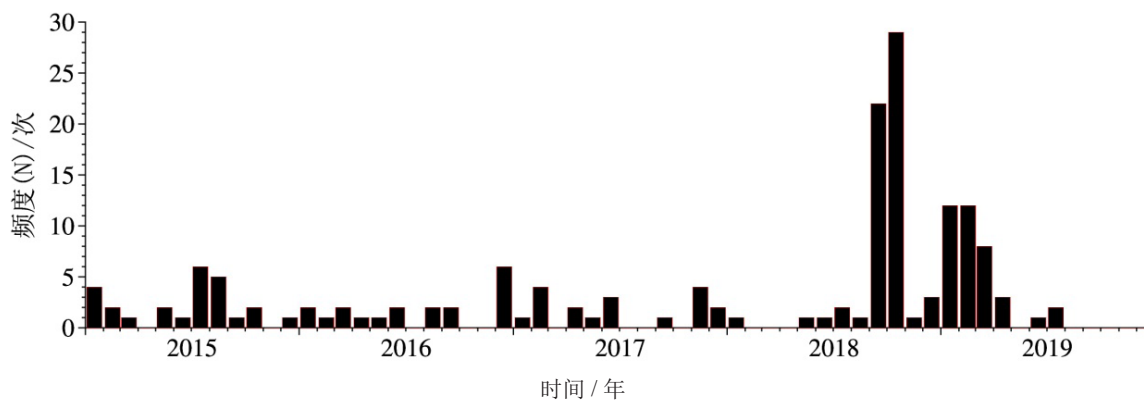
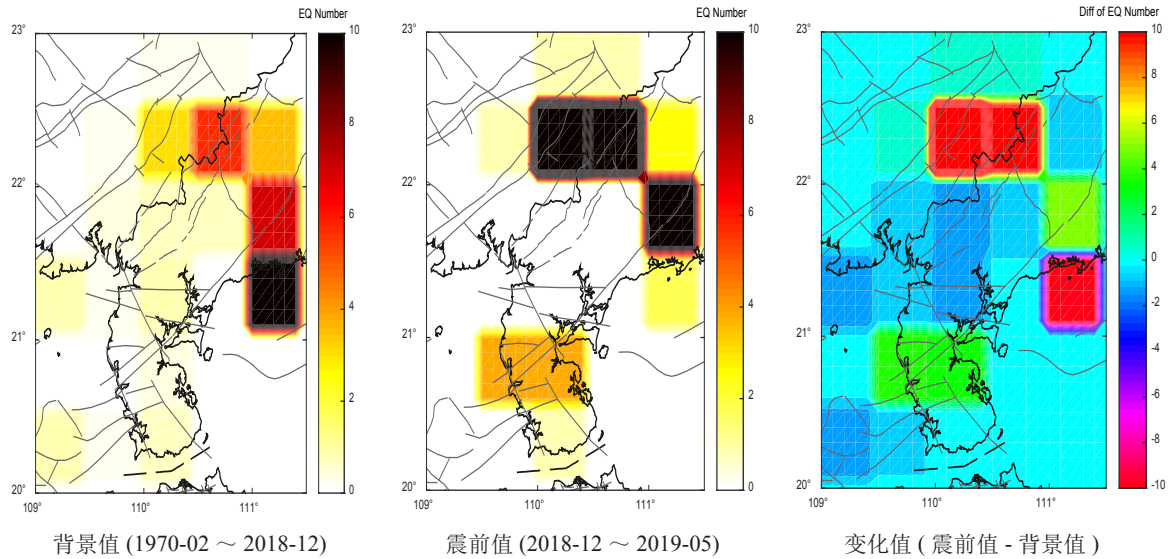


图9 震中附近 50 km 范围内 2015 年以来  $M_L \geq 1.0$  级地震频度分布图

Fig.9 Frequency distribution of earthquakes with  $M_L \geq 1.0$  within 50 km of the epicenter since 2015

图 10 区域  $M_L \geq 1.0$  级地震活动频度变化分布图Fig.10 Distribution of seismic activity frequency change of earthquakes with  $M_L \geq 1.0$  in the region

#### 4.2 震前 $b$ 值空间分布

$b$  值是 Gutenberg - Richter (1944) 地震震级 - 频度经验关系式

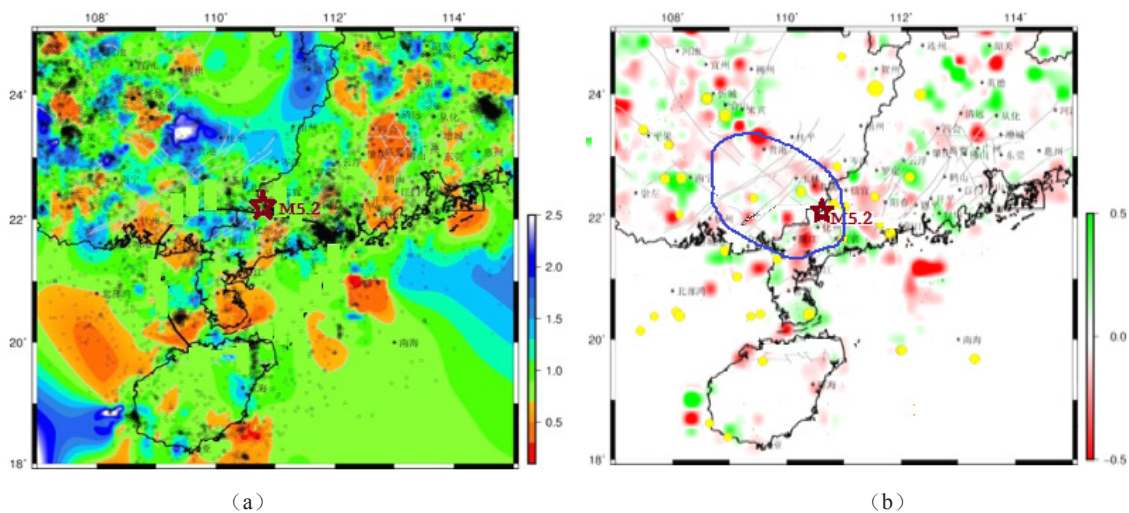
$$\log_{10} N = a - bM$$

中的拟合系数。式中,  $N$  为震级  $M \geq M_C$  ( $M_C$  为最小完整性震级) 地震的累积频度,  $a$  代表某一区域某个时期内地震活动率,  $b$  代表统计时段内不同大小地震之间的比例。

$b$  值本质上反映的是不同震级地震之间的比例关系。研究表明,  $b$  值主要取决于震源区应力状况和介质性质, 与应力呈反比关系<sup>[10-11]</sup>,  $b$  值大, 表示区域平均应力低,  $b$  值小, 则区域平均

应力高, 因此,  $b$  值可以作为衡量区域应力水平的一个指标<sup>[12]</sup>, 用于地震危险区判定。此外,  $b$  值还受到构造条件、温度、流体、受力方式等因素的控制<sup>[13]</sup>。

利用粤西及邻区 1970 年以来  $M_L 1.0$  级以上地震目录, 网格大小为 0.005, 扫描半径为 2km, 进行  $b$  值空间扫描。扫描结果显示, 低  $b$  值区域主要集中在雷州半岛东侧、北部湾地区和广西沿海。广东化州至广西北流交界及其附近区域在 5.2 级地震前近 3 年  $b$  值呈下降变化 (图 11), 显示应力持续积累。

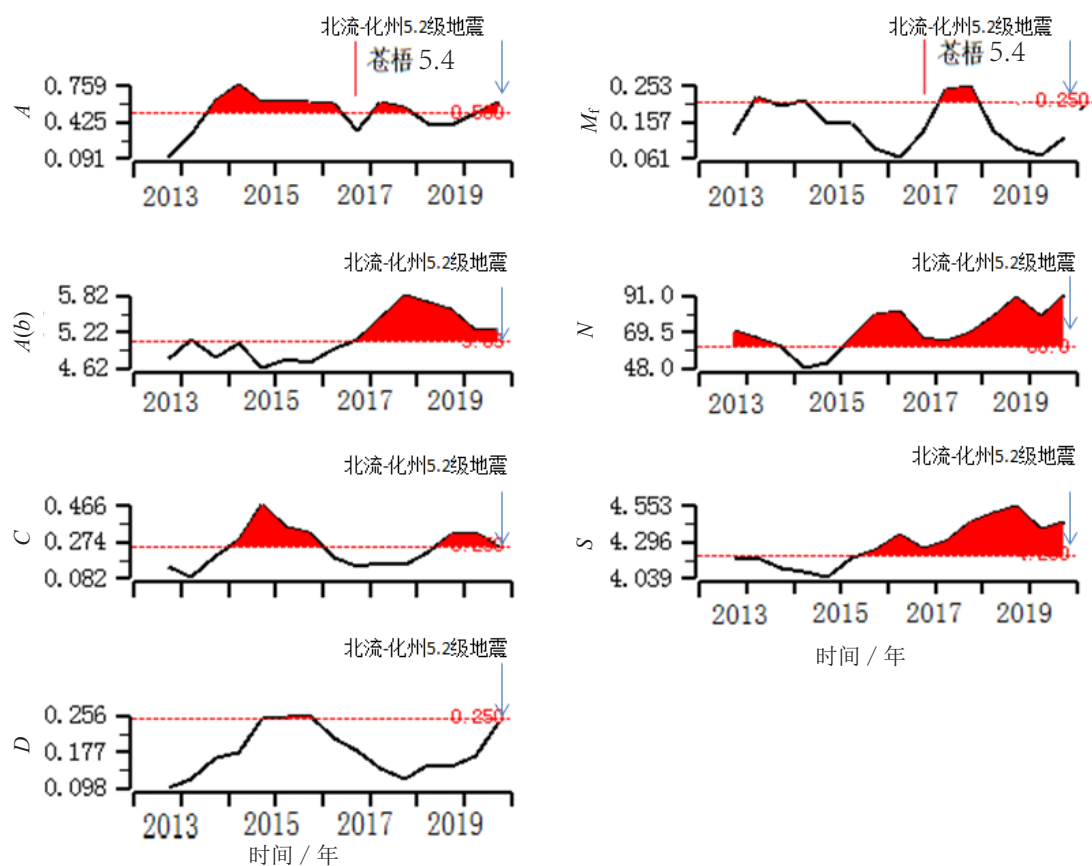
(2018 年  $b$  值 - 背景值) 分布图 (b)图 11 区域背景  $b$  值 (1970—2017) 空间分布 (a) 及震前  $\Delta b$  值变化Fig.11 Spatial distribution of regional background  $b$  value (1970—2017) (a) and distribution map of  $\Delta b$  value change before earthquake (2018  $b$  value-background value) (b)

### 4.3 地震活动参数异常

研究表明,多个地震参数异常的同时出现对中等—中强震具一定的前兆意义。在2016年7月31日苍梧5.4级地震和2019年10月12日广西北流—广东化州5.2级地震前粤桂交界地区都出现了显著的多参数异常(图12)。

在2016年苍梧5.4级地震前,10个地震学参数除 $GL$ 值、 $\eta$ 值和 $b$ 值外,其余参数均出现不同程度的异常。2016年苍梧5.4级地震后,

只有 $C$ 值和 $D$ 值异常在短时间内恢复,其它参数仍维持苍梧地震前的异常状态, $C$ 值和 $D$ 值在2018年下半年开始又出现异常,地震活动增强的地震频度 $N$ 值和地震活动度 $S$ 值不仅由苍梧震前开始持续异常,而且从2019年之后还逐步升高,说明粤桂琼交界及其邻海地震活动并没有因为苍梧5.4级地震而减弱,2019年10月12日发生广西北流—广东化州5.2级地震,多参数异常可能是此次地震前后的异常反应。



(2010-01~2019-10,  $M_L \geq 3.0$ , 红色表示异常)

图12 粤桂琼交界及其邻海多地震活动参数时间扫描结果

Fig.12 Time-scan results of multiple seismic activity parameters in the border between Guangdong, Guangxi, and Hainan and its adjacent sea

### 4.4 地震活动图像PI异常

作为统计物理与地震学的交叉,PI方法的出发点是:地震活动可以作为受稳恒速度连续驱动的“阈值系统”;系统中的能量耗散在长期平均的意义上接近稳定,但常有随机的波尔兹曼涨落;相关性是判断系统是否具有“合作行为”的重要判据;PI方法通过对地震活动的“涨落”的分析,在中长期时间尺度上估计未来地震

的发生概率<sup>[14]</sup>。

选取广东全省 $M_L 2.0$ 级以上地震目录,计算PI空间分布,第一时段为1996年9月30日至2010年9月30日,第二时段为2016年9月30日至2018年9月30日,以第一时段PI值作为背景,第二时段空间PI值减去背景值,发现茂名地区存在高值异常点(图13)<sup>[17-18]</sup>。



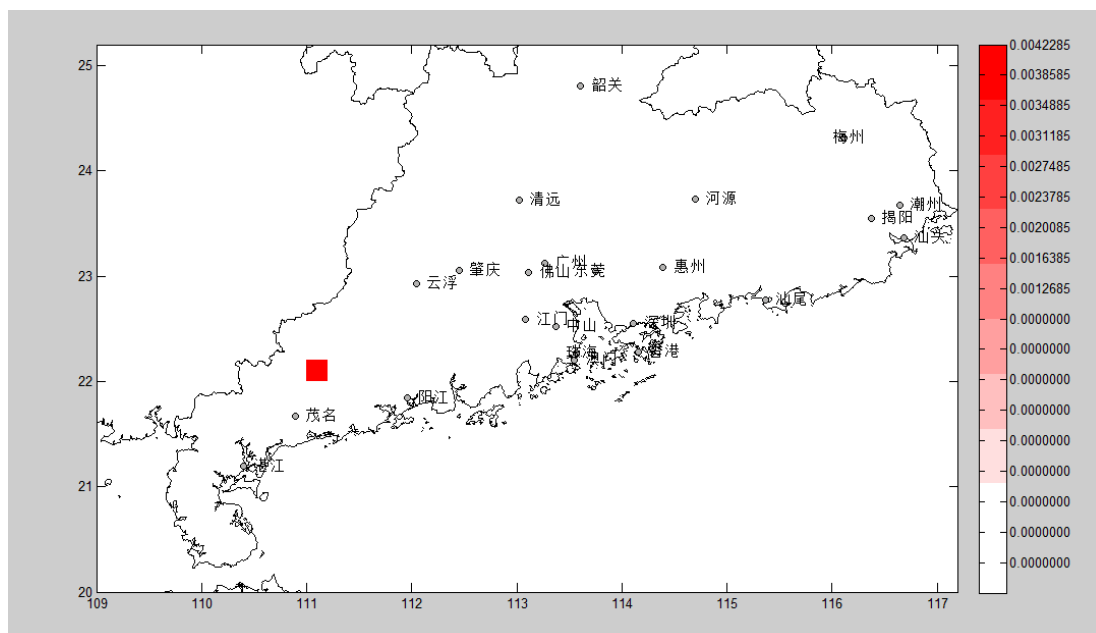


图 13 粤桂交界中南部地区地震活动图像 PI 计算结果 (据广东省地震局, 2018)

Fig.13 PI calculation results of seismic activity images in the central and southern areas of the junction of Guangdong and Guangxi (according to the Guangdong Earthquake Agency, 2018)

#### 4.5 流动重力异常

广西北流—广东化州 5.2 级地震前的 2018 年在化州—信宜—阳江地区流动重力测值表现为显著的重力正异常, 年累积变化达  $33\sim 42\ \mu\text{gal}$ , 重力等值线异常分布表现为较为明

显的四象限分布<sup>[15-16]</sup>, 且存在密集的重力等值线, 反映了重力变化存在高梯度带 (图 14)。区内的阳江、程村、儒洞等测点的时序曲线自 2018 年以来表现为由下降转折上升 (图 15)。

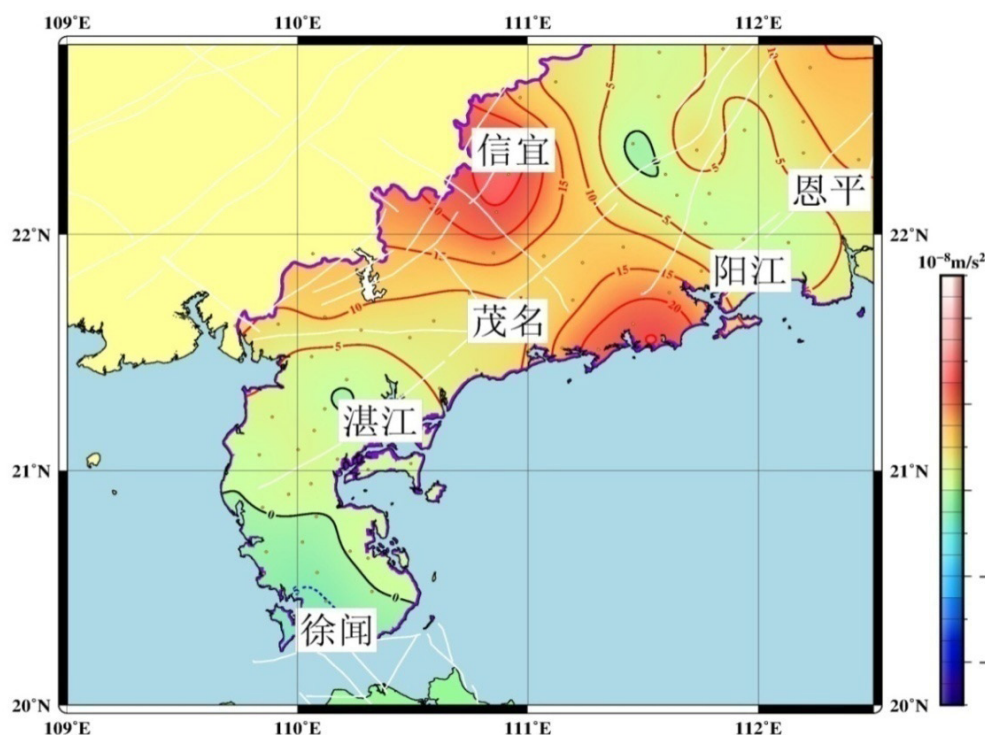


图 14 粤西地区流动重力场年变化异常分布图 (2018-03~2018-08)

Fig.14 Anomalous distribution of the annual variation of the mobile gravity field in western Guangdong (2018.3-2018.8)

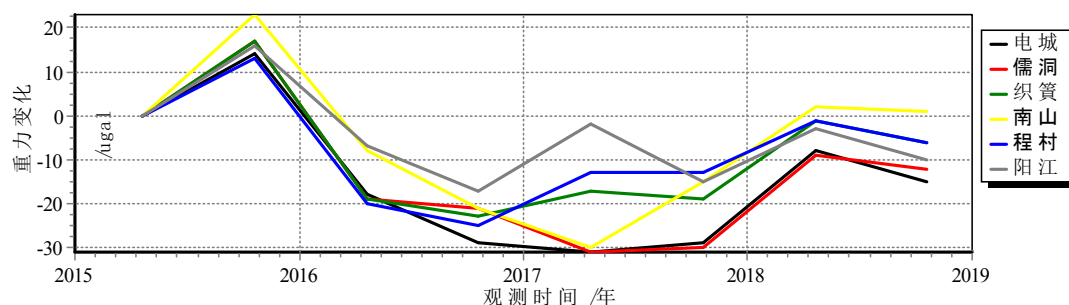


图 15 茂名—阳江流动重力异常区部分测点重力值时序变化曲线

Fig.15 Time-varying curve of gravity value at some measuring points in Maoming-Yangjiang flow gravity anomaly area

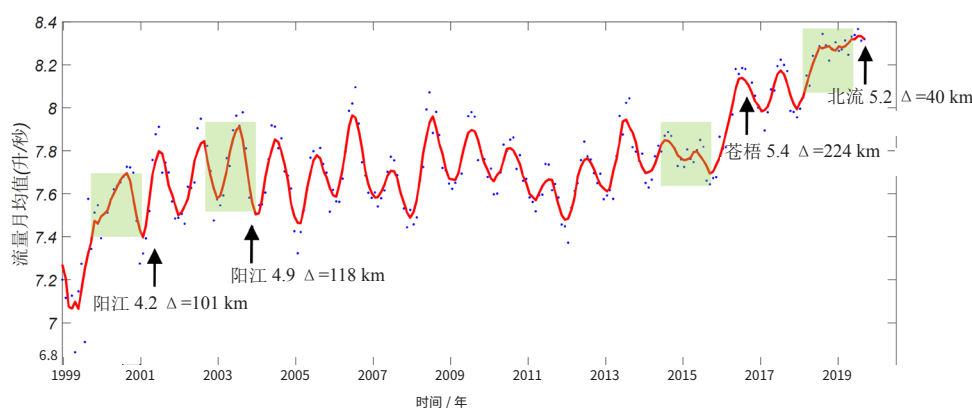
#### 4.6 地下流体观测异常

广东信宜地震台 1 号井流量自 1986 年 1 月开始观测, 观测资料连续、平稳。该井流量观测每年 5 至 10 月为流量高值, 12 月至次年 3 月常为低值, 具有较清晰的年变动态, 但也受降雨影响<sup>[17]</sup>。

图 16 是信宜 1 号井月均值流量图, 2016 年以来流量呈上升趋势, 2018 年 12 月至 2019 年 3 月流量在降雨量减少的情况下没有下降, 形态与往年不同 (图 16), 出现破年变现象。该井自观测以来, 震中距 250 km 范围内发生过 M4 级以上地震共 4 次 (图 16), 分别为 2001 年阳

江 4.2 级、2004 年阳江 4.9 级、2016 年广西苍梧 5.4 级和本次 2019 年广西北流—广东化州 5.2 级地震。本研究以流量 5 个月为窗长, 1 个月为步长, 滑动计算, 得到结果显示: 除 2004 年阳江 4.9 级地震外, 其余 3 次地震前半年左右流量都出现了破年变现象。

通过现场调查、气象因素分析、震例分析、相关数据对比分析, 未找到明显的干扰源, 认为 2019 年信宜 1 号井流量破年变异常, 可能是由区域构造变形引起的, 反映了区域应力的变化, 与区域应力变化有关, 有可能是 10 月 12 日广西北流—广东化州 5.2 级地震的前兆异常。

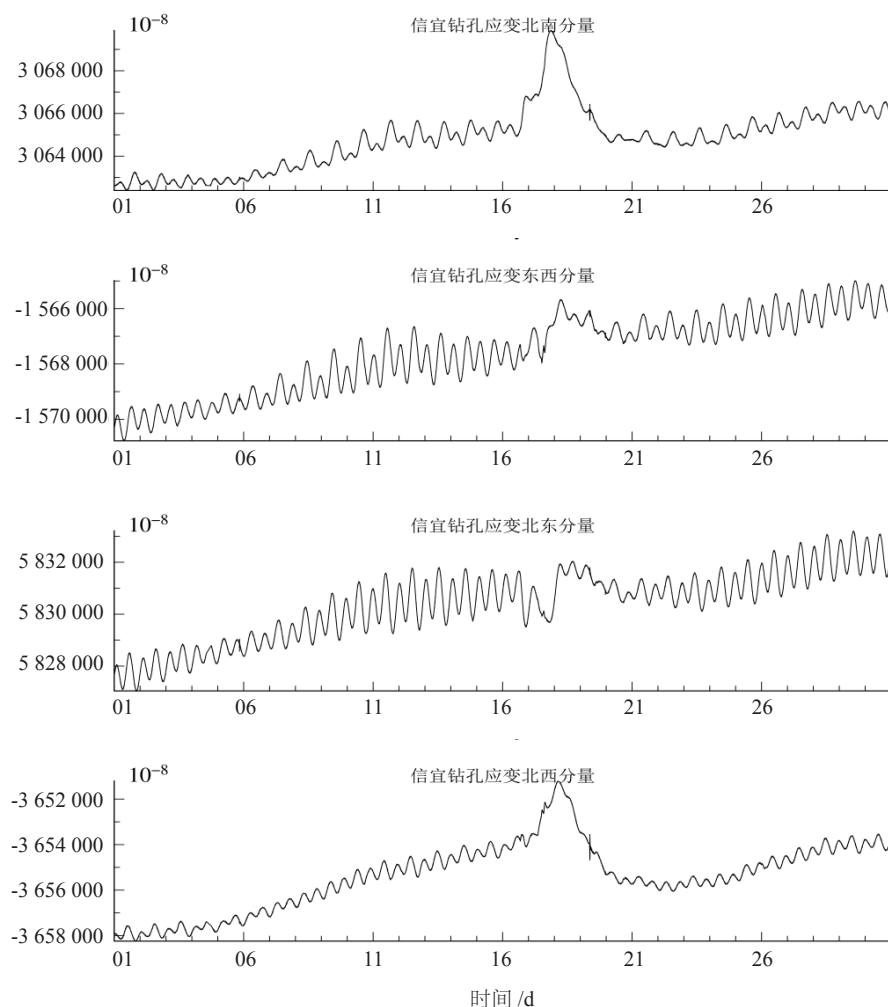
图 16 信宜 1 号井月均值流量<sup>[17]</sup>Fig.16 Monthly mean flow of No1 well in Xinyi<sup>[17]</sup>

#### 4.7 地形变观测异常

广东信宜地震台钻孔应变从 2014 年 12 月开始观测, 具有良好的固体潮汐变化, 2018 年 8 月 16 日至 19 日期间出现了固体潮各分量不同幅度的“上升—转折—下降—恢复”畸变异常 (图 17), 其中北南分量和北西分量持续时间较长, 幅度较大, 北南分量变化幅度达 0.15%, 北西分

量变化幅度为 0.07%。东西分量和北东分量持续时间小于 1 d 且幅度较小。

经现场调查, 可排除观测系统、远震响应、气象、爆破等因素的影响, 同一观测井的水位测项也出现同步变化。分析认为 2018 年信宜地震台钻孔应变异常是 5.2 级地震前的异常表现<sup>[18]</sup>。

图 17 2018 年 8 月信宜地震台钻孔应变观测分钟值曲线<sup>[17]</sup>Fig.17 Minute value curve of borehole strain observation at Xinyi Seismic Station in August 2018<sup>[17]</sup>

## 5 结语

综上所述,本研究通过对广西北流—广东化州 5.2 级地震特征的初步分析研究,得到如下几点认识:

(1) 2019 年 10 月 12 日广东省化州市与广西壮族自治区北流市交界地区发生 5.2 级地震,这是华南地区已经进入 20 世纪以来第 V 活跃幕又一重要事件。

(2) 此地震发生北西向巴马—博白—茂名断裂带上,此断裂带最早形成于华力西期构造旋回,印支期强烈活动,表现出左旋剪切—挤压性质。断裂切割寒武系至第三系,在新生代以来和第四纪时期具强烈的活动。1958 年灵山  $5\frac{3}{4}$  级地震发生在该断裂带上,1936 年灵山  $6\frac{3}{4}$  级地震也与此断裂带的关系密切。

(3) 震中区在历史上属于少震弱震区,但

震中周边 100 km 范围内历史共记录到 5 级以上地震 7 次,最大为 1605 年 7 月 19 日广东廉江附近的 6.5 级地震,距离 67 km。区域上历史地震表现为间发型分布,间隔时间 81~112 年,并显示出时间间隔增加的趋势,最近两次时间间隔为 129 年(1890—2019),超过历史最大值。

(4) 从 2014 年以来,地震活动出现间歇性增强现象,并且多项地球物理观测数据也时有异常表现。2019 年 10 月 12 日 5.2 级地震前先后出现了中小地震活动频度增强、b 值异常、地震多参数异常、地震活动 PI 异常、流动重力异常、温泉流量异常和钻孔应变异常等现象。

广东省地震局在 2018 年度地震会商时把此地震及其附近区域确定为 2019 年度地震危险重点注意地区。10 月 12 日 5.2 级地震的发生验证了年度会商的判定,为以后的地震预测工作提供了可参考的分析依据。

本研究过程中,也发现了一些问题,例如:①由于震中附近地区地震活动背景较弱,又未发现晚更新世以后的活动断裂,地震强度估计偏低(4~5级);②流动重力观测异常偏低(33~42  $\mu\text{gal}$ ),没有达到通常异常判定的50  $\mu\text{gal}$ ;③震中附近地震观测台站密度较低,综合地震观测台只有信宜1个台站,而且在地震发生前,台站附近正在进行大规模的房地产开发,对信宜地震台的观测资料产生了很大的影响;等等。这些问题将在今后的工作中不断解决和改进。

### 参考文献

- [1] 广西壮族自治区地震局. 2019年10月12日广西北流 $M_s$ 2.2地震序列及后续地震趋势分析报告[R]. 南宁:广西壮族自治区地震局, 2019.
- [2] 万永革等. 2019年10月12日广西北流5.2级地震的震源机制中心解[EB/OL]. (2019-10-13) [2020-03-10] <https://mp.weixin.qq.com/s/ODueSMjIEQvbytCiYc14bw>.
- [3] BI Lisi, LU Banghua, YANG Xuan, et al. Study of the Seismogenic structure of the  $M_s$ 5.2 Beiliu Earthquake[J]. Earthquake Research in China, 2020, 34(2): 227-239.
- [4] 王贝贝, 卢国平, 胡晓农, 欧浩. 粤西深大断裂温热水化学分析[J]. 环境化学, 2019, 38(05): 1150-1160.
- [5] 广东南粤地震工程勘察有限公司. 茂名友谊广场工程场地地震安全性评价报告[R]. 广州:广东南粤地震工程勘察有限公司, 2015.
- [6] 戚镇英. 粤西—桂东南地区地震活动性探讨[J]. 华南地震, 1992, 12(01): 38-43.
- [7] 广东省地方志编委会. 广东省志·地震志[M]. 广州:广东人民出版社, 2003.
- [8] 孙靖舒, 朱腾. 粤西地区地震活动性与地震分布特点分析[J]. 四川地质学报, 2018, 38(03): 380-383.
- [9] 广东省地震局. 2019年度广东省地震趋势研究报告[R]. 广州:广东省地震局, 2018.
- [10] Scholz C H. The frequency-magnitude relation to microfracturing in rock and its relation to earthquakes[J]. Bull Seism Soc Am, 1968, 58: 399-415.
- [11] Urbancic T I, Trifu C I, Long J M, et al. Space-time correlation of b values with stress release[J]. Pure Appl. Geophys, 1992, 139: 449-462.
- [12] Wyss M, and S Wiemer. Change in the probability for earthquakes in southern California due to the Landers magnitude 7.3 earthquake[J]. Science, 2020, 290: 1334-1338.
- [13] 蒋海昆, 马胜利, 张流, 等. 含障碍体平直断层标本变形过程中群体微破裂事件的时空演化特征[J]. 地球物理学报, 2003, 46(2): 209-216.
- [14] 蒋长胜, 吴忠良. 对地震预测的一个统计物理算法在川滇地区的回溯性预测检验[J]. 中国科学(D辑:地球科学), 2008, (07): 852-861.
- [15] 孟夏, 孟万辉, 徐敬文, 王力. 流动重力测量结果及其与地震的关系[J]. 西北地震学报, 2001, (01): 75-78.
- [16] 祝意青, 徐云马, 吕弋培, 李铁明. 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, 2009, 52(10): 2538-2546.
- [17] 广东省地震预报研究中心. 异常核实: 2018年8月30日广东信宜台水位[R]. 广州:广东省地震局, 2018.
- [18] 广东省地震预报研究中心. 异常核实: 2018年8月30日广东信宜台钻孔应变[R]. 广州:广东省地震局, 2018.