

郭培兰, 周 斌, 阎春恒. 2010年6月广西凌云-凤山交界3级震群成因初步分析[J]. 华南地震, 2015, 35(4): 66-70. [GUO Peilan, ZHOU Bin, YAN Chunheng. Preliminary Analysis of the Cause of M_L 3.0 Earthquake Swarm in the Boundary Area of Lingyun and Fengshan in June 2010[J]. South china journal of seismology, 2015, 35(4): 66-70.]

2010年6月广西凌云-凤山交界3级 震群成因初步分析

郭培兰, 周 斌, 阎春恒

(广西壮族自治区地震局, 广西 南宁 530022)

摘要: 2010年6月28日至8月15日, 在广西凌云与凤山交界持续发生了高密度、高集中、高频率的3级震群活动。通过对3级震群宏观现象、震中区气候条件、水文特征分析, 3级震群微震活动与暴雨过程具有明显的时空相关特性, 在时间上略有滞后。3级震群活动与其独特的岩溶环境水文地质条件是分不开的, 震群发生在地下岩溶管道系统汇集上游地下水并向下游泄流的瓶颈位置。

关键词: 震群; 暴雨; 岩溶环境; 水文地质

中图分类号: P315.7

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662 (2015) 04-0066-05

DOI: 10.13512/j.hndz.2015.04.10

Preliminary Analysis of the Cause of M_L 3.0 Earthquake Swarm in the Boundary Area of Lingyun and Fengshan in June 2010

GUO Peilan, ZHOU Bin, YAN Chunheng

(Earthquake Administration of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530022, China)

Abstract: From 28th June to 15th April in 2010, the high density, high concentrate, high frequency earthquake swarm occurred in the boundary area of Lingyun and Fengshan in Guangxi. The paper analyzes the macro-appearance, climatic condition of epicentral area, obvious hydrology characteristic. The results show that microseismic activity of earthquake swarm and heavy rainfall have a significant temporal correlation properties with a slight lag in time; there is a great relationship between M_L 3.0 earthquakes and special karst topography hydrogeology conditions; M_L 3.0 Earthquakes occurred in bottleneck place with the head waters of the underground karst pipe system releasing to lower reaches.

Keywords: Swarm; Rainfall; Karst; Geology

收稿日期: 2015-01-10

基金项目: 广西科学研究与技术开发计划项目(桂科攻 12426001)

作者简介: 郭培兰 (1974-), 女, 高级工程师, 主要从事地震编目及地震活动性分析工作。

E-mail: gxgpl@126.com.

0 引言

2008年6月、2010年6月、2012年5月在广西凌云-凤山交界发生3次震群活动,具有原地重复发生特点,3次震群均发生在雨季,主震震级不高,3级左右。2010年6月3级震群活动表现出震源浅、频度高、烈度大、密集程度高、持续时间长等特点,对震中区社会秩序、经济建设和人们生产生活造成了严重的威胁和影响。据史料记载^[1],震区周围200 km范围共发生 M_s 5级以上破坏性地震4次,1970年至2013年12月,主震30公里范围内3级以上地震也仅记录到10次,最大为3.2级地震,震区地震活动水平不高。为什么在地震活动水平不高的地方发生3次震群活动,而且均不是前兆震群^①?为什么在1970年至2007年较长时间内没有震群活动,但在2008年至2012年共4年时间内密集发生震群活动,而且均在雨季。蒋海昆等分析了2010年6月广西凌云-凤山交界3级震群活动与降雨过程直接相关的观测证据^[2],讨论震群活动的可能机理。但是震区断层构造、岩溶特性、前期干旱、短时间的大暴雨过程及成涝区域,在空间上并不仅仅局限于震中附近的极小范围,为何在该处触发了数千次事件的震群活动而在其他区域则没有?为什么在原地重复发生了3次震群活动?本文重点对2010年6月广西凌云-凤山交界3级震群的成因进行机理。

1 震群概况

2010年6月,广西凌云-凤山交界发生震群活动,这次震群活动从6月28日开始,至8月15日结束,共3071次地震,其中0.0~0.9级地震2372次,1.0~1.9级地震655次,2.0~2.9级地震41次,3.0~3.9级地震3次,最大为7月2日3.2级地震^[3]。2008年6月的震群活动,共记录微震活动58次地震,其中0.0~0.9级地震38次,1.0~1.9级地震16次,2.0~2.9级地震3次,3.0~3.9级地震1次,最大地震为2008年6月14日3.1级,震

群持续了15天,14日和15日地震活动频度较高,分别为13次和18次^②。2012年4月的震群活动,共发生79次0级以上地震,最大地震为2012年5月27日1.4级^③。2010年6月广西凌云-凤山交界3级震群频次之高,空间位置特殊,在广西的地震观测史上比较少见,仅在1977年冬天发生的广西陆川小震群,其地震频次约900次^[1,4]。

2 宏观现象

2011年,据广西水文地质工程地质队^④,对震区峰丛洼地洪淹及震动响声的村屯进行调查,了解到不同年代洪淹状况及2010年6月震群期间洪淹特征,洪淹程度等,如气爆响声、震动感觉、水面浪花翻滚等重要水文地质现象。根据本次野外调查和收集到的资料,2010年6月广西凌云-凤山交界3级震群引发的次生地质灾害点35处,地质灾害类型有滑坡、岩溶地面塌陷、地裂缝及危岩,其中滑坡(崩塌)点5处、岩溶地面塌陷点10处、地裂缝点8处、危岩点12处,分别占地质灾害总数的14%、29%、23%、34%。地面调查发现震群活动的许多现象与岩溶水文地质特征是有关系的,在对工作区进行调查时,经多方访问,当地居民把地震说成“气震”,并听到地下洞有放炮声;在对陇彩村访问2008年6月

地震时的情形时,当居民说“洼地水边涨边震,且可见水面浪花翻滚”;凤山县中亭乡岩桃湾屯旁近地表洞穴曾冒出强气流吓死一小孩;2010年7月1日3.2级地震时,震区的哥立湾消水漏斗突然冒出水柱100 m,持续10 min,然后地动山摇;很显然,这些现象与岩溶水文地质特征是有关系的。根据地裂缝观测结果,有四组地裂缝发育,其走向分别为350°~0°、293°、30°~40°、330°,其中以350°~0°组最为发育,293°组次之,330°组最弱。而震群活动区主要断裂构造走向为北西310°和北东40°~50°左右^{⑤⑥},地裂缝走向与断裂构造走向不一相差甚远,即地裂缝不应是由断裂构造活动引起。从地裂缝间伴有岩溶地面塌陷

① 周 斌,张 华,郭培兰,等. 2012年度广西及邻区地震趋势研究报告. 广西壮族自治区地震局, 2011.

② 龙政强,徐宁,黄树生,等. 广西数字地震台网地震观测报告. 广西壮族自治区地震局, 2008.

③ 龙政强,徐宁,黄树生,等. 广西数字地震台网地震观测报告. 广西壮族自治区地震局, 2012.

④ 蒙荣国,荣明书,樊保东,等. 岩溶环境水文地质条件与“6.28”震群关系调查研究, 广西水文地质工程地质队, 2012.

⑤ 李细光,严小敏,陆俊宏,等. “6.28”震群发震构造调查及研究. 广西工程防震研究院, 2012.

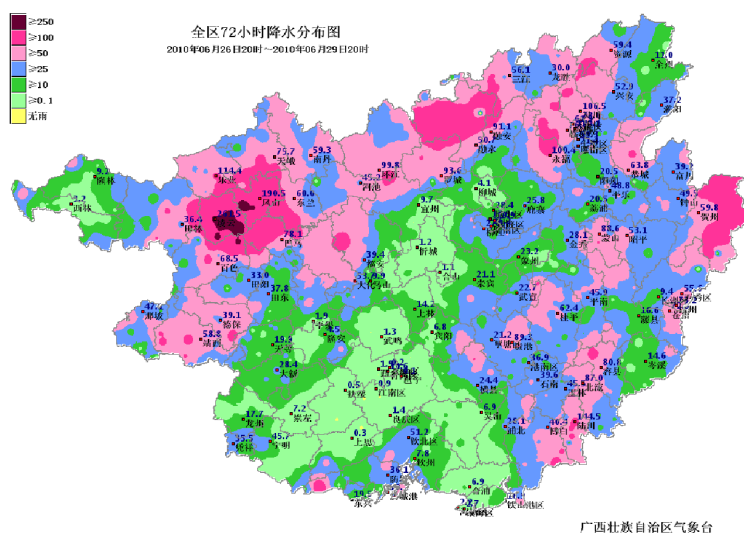
⑥ 周 斌,张 华,郭培兰,等. 广西壮族自治区2012年度地震趋势研究报告. 广西壮族自治区地震局, 2011.

和综合物探探测地下存在强岩溶化灰岩异常和地下河异常分析,这些地裂缝可能是由于气爆地震或岩溶陷落地震破坏岩土体结构形成。据访陇善村群众,近百年来陇善一带洼地中仅在 2008 年 2010 年及 2012 年有洪淹积水现象,一般年份的洼地中都不积水。所以在广西凌云-凤山发生的震群活动,一方面是与持续干旱后瞬时暴雨的灾害天气特征有关,另一方面是 2008 年以来该地段地下岩溶管道或洼地排水通道可能受堵塞严重,这可能与人类工程活动有较大关系。

3 强降雨过程

2009 年 8 月份以来广西区内降雨量严重偏少,2010 年 2 月份平均降雨量仅 11 mm,比历年平均偏少 80%,3 月上旬全区平均降水量 2.7 mm,比常年同期偏少 85%。在前期严重干旱的背景下,

2010 年 6 月 27 日晚开始,广西西北部部分县、市出现暴雨到特大暴雨,暴雨中心位于凌云、田林、凤山、东兰、巴马、都安等地,震中区附近的凌云县逻楼镇于 2010 年 6 月 27 日 18:00 至 28 日 8:00 降了特大暴雨,其中 28 日 1:00~7:00 降雨量高达 236 mm,属于 300 年一遇暴雨,为 1962 年建站以来实测最大降雨量。暴雨造成严重洪涝,凌云全县 8 个乡镇中有 7 个乡镇道路交通全部中断,4 个乡镇电力中断,逻楼镇严重内涝,水深 2.7 m²;凤山县 9 个乡镇全部遭灾,降雨量最大的中亭乡达 210.7 mm,凤山县城降雨量 139.1 mm,降雨导致穿城而过的九曲河河水暴涨,倒灌入县城引发严重内涝。因此,“6.28”震群产生的气候条件可概括为久旱遇特大暴雨。图 1 是 2010 年 6 月 26 日 20 时至 6 月 29 日 20 时广西地区降雨量分布及震群位置示意图,震群位于广西境内降雨量最大的凌云县逻楼镇附近。



浅红、洋红及褐色分别为 50、100 及 250mm 范围;"+" 为震群位置。

图 1 2010 年 6 月 26 日 20 时至 6 月 29 日 20 时广西地区降雨量分布及震群位置示意图

Fig.1 Schematic map of rainfall distribution and earthquake swarm location in Guangxi area from 20th to 29th June 2010

位于震中区的江洲(图 2a)、逻楼气象站 6 月 28 日降雨量分别为 106.4 mm 和 128 mm,是自 2009 年夏天干旱以来的最大降雨量,凌云-凤山震群地震自 6 月 28 日 17 时开始密集发生,29 日出现最高频次 129 次,微震频次最高值出现的时间滞后于最大降雨时间(图 2b),6 月 28 日 17 时至 29 日 13 时,微震震级也相对较高。从统计结果也可以看到,6 月 28 日 01 时逻楼站记录到最大降雨量 43.9 mm/h,微震从 28 日 17 时开始密集活动,29 日 6 时记录到微震活动的最高频次 18

次/h,微震开始密集活动时间及最大频次时间分别滞后于最大降雨时间约 16 h 及 30 h。随着降雨量的减少,地震活动逐渐衰减,地震频次逐渐减少(图 2b)。

4 地质构造背景

4.1 地形地貌概况

震中区位于云贵高原东南麓,地处滇西、黔南和桂西的高峰丛石山和泥页岩中山区,以高峰

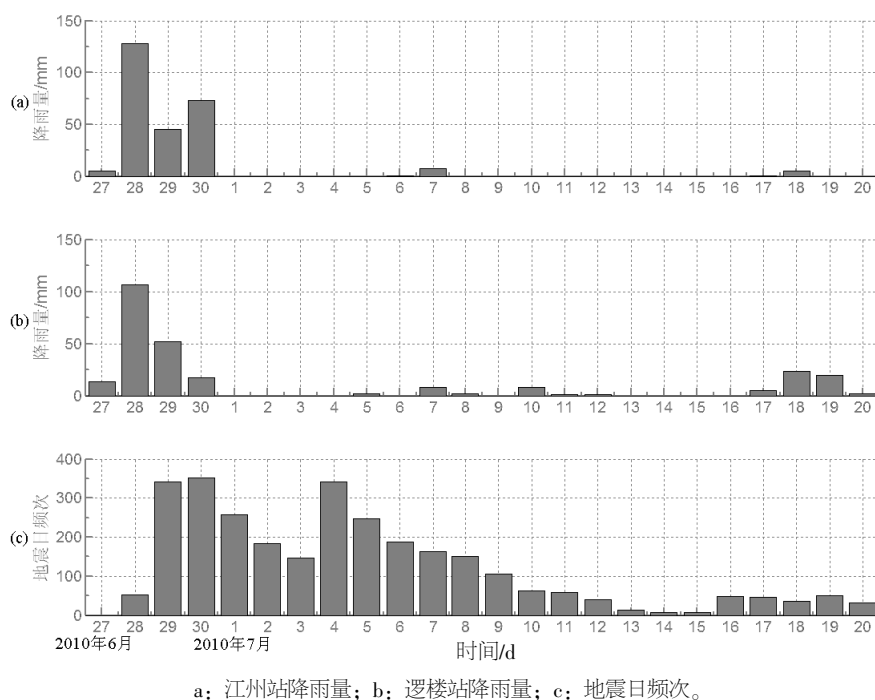


图2 2010年6月凌云凤山震群日降雨量与 $M_L \geq 0.0$ 级地震日频次统计

Fig.2 Statistics of daily rainfall of Lingyun-fengshan earthquake swarm and daily frequency of earthquakes with $M_L \geq 0.0$ in June 2010

丛石山和中山为主,海拔多在900~1 200 m左右,由于受云贵高原强烈隆起的影响,地势自西北向东南倾斜,西北与东北部海拔较高多数在1 200 m左右,最高山为位于西北面浪平乡的姚家湾老山,海拔为1 816 m,东南部及南部稍低,在600~800 m左右。区域地表主要由古生代碳酸盐岩和中生代泥页岩组成,其中喀斯特地貌极为发育,可见3~4级溶洞发育,受地表水和地下水的溶蚀作用,常形成奇异的地形地貌景观。

4.2 岩溶背景特征

震中区附近区域岩溶地貌高度发育。出露地层有中泥盆统-中三叠统,其中中泥盆统-二叠系为碳酸盐岩,三叠系主要为碎屑岩。广泛分布的碳酸盐岩地层,在水的作用下喀斯特岩溶地貌极为发育,形成丰富多样的溶洞、地下河、天窗、天生桥及天坑等岩溶构造,凤山全县约41%的面积显示岩溶地貌特征。由于地下河对溶岩的长期溶蚀和侵蚀,在地下形成纵横交错的洞穴通道,在断层裂隙密集分布处形成贯通地表的岩溶天窗,如大洞、桑亭、下京里、太平、江洲、三门海等。其中位于江洲乡分上、下两层的地下溶洞是世界上发育于二叠系地层中最长的洞穴,目前已测长度约37 km,洞内可见较多的历史崩塌现象。

4.3 水文地质特征

震群发生在岩溶地区,这个区域岩溶地貌高

度发育。震区出露地层有寒武系-第四系,其中上泥盆统-下三叠系为碳酸盐岩建造。广泛分布的碳酸盐岩地层,在水的作用下喀斯特岩溶地貌极为发育,形成丰富多样的溶洞、地下暗河、天窗、天生桥等岩溶构造,由于地下暗河对溶岩的长期溶蚀和侵蚀,在地下形成纵横交错的洞穴通道,在断层裂隙密集分布处形成贯通地表的岩溶天窗。地下河由主流和支流共同组成类似树枝状的一种较复杂的暗河系统,在地下暗河径流过程中,局部地段存在承压现象而处于压流状态。据前人调查结果,沿地下暗河易于发生岩溶塌陷地质灾害。2008年6月、2010年6月、2012年5月在广西凌云-凤山交界发生3次震群活动大体发生在同一的位置。从地下岩溶构造与震群分布的关系来看:3.0级以上地震震中区均为岩溶发育区,且南北两侧被非岩溶区所夹持;震群发生在地下岩溶管道系统汇集上游地下水并向下游泄流的瓶颈位置(图3),上游管道系统比较分散,有利于汇水,特别是在暴雨季节,震中区因岩溶管道排水不畅,易受流体触发产生岩溶塌陷。由图3可见,2级地震主要集中在3级地震附近的5 km范围,1.0~1.9级地震比较分散,可能是由于定位误差引起。据利用架设在江洲流动台的s-p到时分析认为,凌云-凤山震群震源深度较浅,震中集中,87.59%的震源深度小于2.514 3 km,震中主要集中在江洲流动台2.514 3 km范围,更进一步说明了3级震群

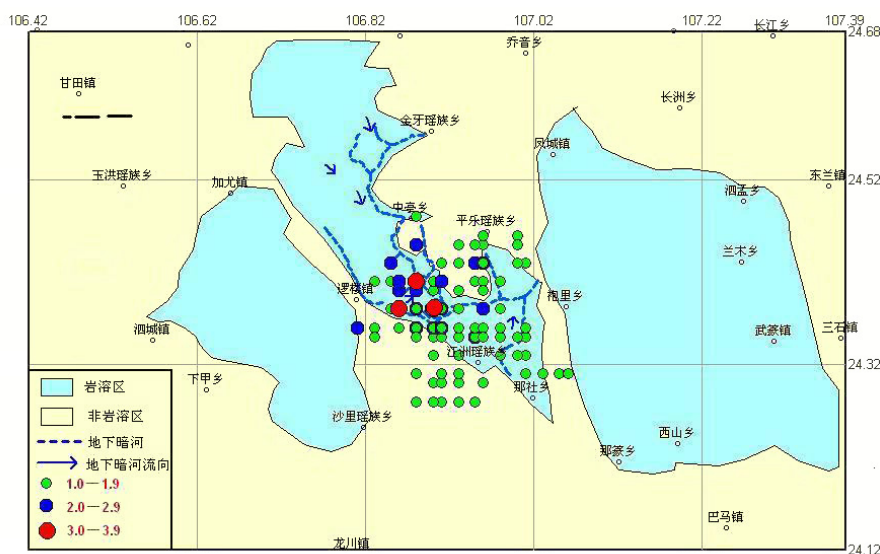


图 3 2010 年 6 月凌云-凤山交界震群分布图

Fig.3 Distribution map of earthquake swarm in the boundary area of Lingyun- fengshan in June 2010

发生在地下岩溶管道系统汇集上游地下水并向下游泄流的瓶颈位置。

5 结语

(1) 2010 年 6 月广西凌云-凤山交界 3 级震群具有震源浅、频度高、烈度大、密集程度高、持续时间长等特点。

(2) 2008、2010 及 2012 年震群震区有洪淹积水现象,一般年份的洼地中都不积水。所以在广西凌云-凤山发生的震群活动,可能与 2008 年以来该地段地下岩溶管道或洼地排水通道可能受堵塞严重,也可能与人类工程活动有较大关系。

(3) 凌云-凤山震群与大暴雨过程具有显著的时空关联特性。2010 年 6 月 27 日晚开始,广西西北部部分县市出现 300 年一遇的大暴雨过程,大范围积水成涝,凌云县逻楼镇最大 6 小时降雨量达 236 mm。降雨量最大的凌云、凤山交界于 6 月 28 日 08 时 11 分开始发生地震,17 时 36 分开始微震活动明显密集增强,形成显著的震群活动。随着降雨量的减少,地震活动逐渐衰减,地震频次逐渐减少。

(4) 2010 年 6 月广西凌云-凤山交界 3 级震群活动与其独特的岩溶环境水文地质条件是分不开的。震群发生在岩溶地区,这个区域岩溶地貌高度发育,存在纵横交错的洞穴通道及地下暗河,震群发生在地下岩溶管道系统汇集上游地下水并向下游泄流的瓶颈位置。

(5) 尽快开展桂西一带暴雨诱发岩溶地震的调查工作,增强桂西一带地质环境安全保障能力,提高地质灾害防治水平;加强灾害性天气预报工作;加强水土保持工作,减少地下河管道淤积和堵塞,是否可以根据地质灾害本身特点采用支挡、清除、回填等一般的常规措施进行治理。

参考文献:

- [1] 蒋海昆,杨马陵,孙学军,等.暴雨触发局部地震活动的一个典型例子:2010 年 6 月广西凌云-凤山交界 3 级震群活动[J].地球物理学报,2011,54(10):2607-2619
- [2] 郭培兰,龙政强,阎春恒,等.2010 年 6 月广西凌云-凤山交界 3 级震群应力水平分析[J].华南地震,2014,34(1):11-20
- [3] 莫敬业,游象照,吴时平,等.广西通志·地震志[J].南宁:广西人民出版社,1990.
- [4] 毛松林,蔡欣欣.仙游震群型地震的特点及地震机理分析[J].华南地震,2014,34(1):86-93.