

桂东南容县地质灾害发育与时空分布特征

文海涛¹, 韦朝华², 廖丽萍^{2,3,4},
杨云川^{2,3,4}, 赵艳林², 马少坤², 陈立华²

(1. 广西壮族自治区地质环境监测总站, 广西 桂林 541000; 2. 广西大学 土木建筑工程学院, 广西 南宁 530004;
3. 工程防灾与结构安全教育部重点实验室, 广西 南宁 530004; 4. 广西防灾减灾与工程安全重点实验室, 广西 南宁 530004)

摘要: [目的] 掌握广西壮族自治区容县地质灾害的发育状况, 为地质灾害的防治规划和监测预警提供科学依据。[方法] 基于 10 a 余的详查资料, 运用统计分析方法, 深入探讨地质灾害的发育与时空分布特征。[结果] 地质灾害有滑坡、崩塌、不稳定斜坡和泥石流 4 种类型, 数量百分率分别为 40.57%, 26.87%, 32.30% 和 0.26%, 规模以小型为主。致灾体多为表层残坡积土, 滑坡以牵引式为主, 崩塌以滑移式与牵引式为主, 不稳定斜坡有坡面局部崩塌型、坡面冲蚀型、高陡型。地质灾害受局地强降雨与台风降雨影响显著, 在 6—8 月集中发生, 稍滞后于降雨, 具有夏汛突发的特点。地质灾害地域分布呈全县整体分散而部分乡镇高密度聚集的特点, 主要发育于低山丘陵地貌区和块状坚硬花岗岩岩组区。沿地质构造带呈局部线状分布, 但受地质构造的影响不大。[结论] 容县地质灾害发育与分布主要受岩土体类型、降雨与人类工程活动影响。

关键词: 容县; 地质灾害; 灾害发育; 时空分布特征

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2017)05-0182-07

中图分类号: P694, P642

文献参数: 文海涛, 韦朝华, 廖丽萍, 等. 桂东南容县地质灾害发育与时空分布特征[J]. 水土保持通报, 2017, 37(5): 182-188. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.20170919.001; Wen Haitao, Wei Chaohua, Liao Liping, et al. Occurrence and temporal-spatial distribution characteristics of geological hazards in Rongxian County in Southeast Guangxi Zhuang Autonomous Region [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(5): 182-188. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.20170919.001

Occurrence and Temporal-spatial Distribution Characteristics of Geological Hazards in Rongxian County in Southeast Guangxi Zhuang Autonomous Region

WEN Haitao¹, WEI Chaohua², LIAO Liping^{2,3,4},

YANG Yunchuan^{2,3,4}, ZHAO Yanlin², MA Shaokun², CHEN Lihua²

(1. Guangxi Zhuang Autonomous Region Geological Environmental Monitoring Station,

Guilin, Guangxi 541000, China; 2. College of Civil Engineering and Architecture, Guangxi

University, Nanning, Guangxi 530004, China; 3. Key Laboratory of Disaster Prevention and Structural

Safety of Ministry of Education, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530004, China; 4. Guangxi Key

Laboratory of Disaster Prevention and Engineering Safety, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530004, China)

Abstract: [Objective] The occurrence condition of geological hazards was analyzed in order to provide a scientific reference for the prevention and control of regional geological hazards in Rongxian County, Guangxi Zhuang Autonomous Region. [Methods] The occurrence and temporal-spatial distribution features were analyzed by adopting a statistical method based on the detailed data of field surveys over the past ten years. [Results] There were 4 types of geological hazard: landslide, collapse, unstable slope and debris flow. Their occurrence scales were small, and occurrence rates accounted for 40.57%, 26.87%, 32.30% and 0.26% of the total hazards respectively. The movement ways were tractive in the landslide, tractive and sliding in the collapse. The unstable slope manifested three types: partial collapse slope, partial erosive slope, and high steep slope. Geological hazards were significantly influenced by local heavy rainfall and typhoon rainfall, and

收稿日期: 2016-04-08

修回日期: 2017-08-31

资助项目: 广西国土厅 2015 年科研项目“广西降雨诱发型滑坡机理及实用预警技术研究”(GXZC2015-G3~4366-KLZB-L); 广西重点实验室系统性研究项目“广西容县降雨诱发型花岗岩残积土滑坡的土水作用机理”(2016ZDX09)

第一作者: 文海涛(1983—), 男(汉族), 广西壮族自治区桂林市人, 硕士, 工程师, 主要从事地质灾害机理与防治研究。E-mail: wavewen500@163.com。

通讯作者: 廖丽萍(1985—), 女(壮族), 广西壮族自治区柳州市人, 博士, 博士后, 讲师, 主要从事地质灾害机理与防治研究。E-mail: 011lp@163.com。

concentrated in the period of June and August, having time lag effect and always happened suddenly in summer rainy season. The geological hazards distributed in the whole region but happened more frequently in some townships. Most of the hazards occurred in low hilly region and granite region, and presented a local linear distribution along the geological structural belt. However, the geological structure had no remarkable impact on these geological hazards. [Conclusion] The occurrence and distribution features are influenced by three aspects, including types of rock soil mass, rainfall and human engineering activity.

Keywords: Rongxian County; geological hazards; hazards occurrence; temporal-spatial distribution features

地质灾害是多因素综合作用的复杂物理过程^[1-2],不仅导致地质环境恶化和破坏,而且给人类生命安全和财产损失造成巨大威胁^[3]。广西壮族自治区(以下简称广西)作为全国 7 个地质灾害多易发省之一^[4-5],尤其以桂东南为重灾区,其中,容县即是该地区地质灾害类型多样、灾害点及隐患点众多、灾害事件易发、突发和群发最为典型的县域之一^[1]。容县地质环境复杂且脆弱,强风化的花岗岩与碎屑岩广泛发育,孕育了地质灾害发生的本底环境;而区域充沛的降雨则是主要的激发因素^[6-7];此外,区域日益加剧的人类工程活动,致使原本脆弱的地质环境屡遭破坏,是地质灾害发生不容忽视的人为助力。几十年来,容县地质灾害不仅造成了重大的人类生命财产损失与工程损毁,直接经济损失达到 3 766.12 万元^[2],同时也制约着区域生态环境恢复与经济重建。因此,自 20 世纪 90 年代以来,广西壮族自治区地质环境监测总站与广西水文地质工程地质队多次对容县地质灾害发育与分布情况进行了详查与统计分析,主要分别于 1993 年完成了《1:100 万广西地质灾害区划报告》,于 2005 年完成了《1:10 万容县地质灾害调查与区划报告》;于 2011 年完成了《广西地质灾害易发区和隐患点普查、核查报告》;于 2012 年完成了《容县突发性地质灾害调查简报》。

随着地质灾害危害程度日趋严重、防治态势日益严峻,广西壮族自治区地质环境监测总站和广西大学于 2013—2014 年再次对容县开展了 1:5 万地质灾害详查,深入分析地质灾害的类型、发育与时空分布特征^[2],旨在进一步掌握容县地质灾害成因及危害状况,为开展地质灾害风险评估,建立监测预警预报系统^[8-10],健全群测群防网络体系等一系列灾害防治与调控工作的逐步实施提供基础数据和科学理论依据^[11-12]。本文拟对该次详查工作部分成果进行总结,主要涉及容县地质灾害发育与时空分布特征方面的内容,以期掌握容县地质灾害的发育状况,为地质灾害的防治规划和监测预警提供科学依据。

1 研究区域、数据与方法

容县地处广西东南部,玉林市最东部,北流江(容

县称之为绣江)中游,地理坐标为东经:110°15'00"—110°53'00",北纬:22°27'00"—23°07'00"。全县面积 2 257 km²,东西最大横距 51 km,南北最大纵距 73.5 km。行政区划包括 15 个镇,分别是:容州、杨梅、灵山、六王、黎村、杨村、县底、自良、松山、罗江、石头、石寨、容西、十里和浪水镇。

1.1 自然地理环境

(1) 气象水文。容县属亚热带季风气候区,多年平均气温为 21.3 ℃,极端最高气温 38 ℃,最低为 -2.3 ℃。多年平均日照数为 1 746.3 h,平均日照百分率为 39%。全县降雨受台风影响大,类型主要有局地强降雨和台风降雨,是区域地质灾害的主要诱发因素^[6];其中,多年平均降雨量为 1 737.4 mm,最高为 2 314.7 mm,最低为 1 087.3 mm,4—9 月为多雨期,约占年降雨量的 78.6%,5—7 月是降雨高峰期,其次为 4,8 和 9,10 月至次年 3 月为少雨期。县内河流水系属西江支流北流河水系,流域面积在 20 km² 以上的河流有 50 多条,河网密度为 0.3 km/km²;最大干流为绣江,贯穿县境中部。

(2) 地形地貌。容县位于大容山和云开大山两大山脉之间,山峦叠嶂,岭谷相间,河谷交错,丘陵起伏,山地面积约占全县总面积的 85%。地势特征是东西南 3 面高,中部和东北部低,由南向北东倾斜;西北部有大容山,主峰高 1 147.8 m,最低海拔 350 m,呈北东—南西走向,长约 35 km;西南有天堂山,是云开大山支脉,主峰高 1 274.1 m,最低海拔 500 m,呈北西—南东走向,长约 35 km;中部有都峯山,为特殊的丹霞地貌,最高海拔 744 m,流域相对高差达 600 m,面积约 34.19 km²。全县主要的地貌类型为构造侵蚀地貌、侵蚀剥蚀地貌、侵蚀堆积地貌。

(3) 地层岩性。地层以岩浆岩为主,面积为 1 260.09 km²,占全县总面积的 55.83%,岩性主要为花岗岩,其形成时期为印支—华力西期、印支期、燕山期;其次为沉积岩,除石炭系、二叠系、三叠系缺失外,自寒武系至第四系皆有出露,面积为 920.49 km²,占 40.78%;变质岩及第四系全新统分布在南面天堂山一带,面积较小,分别为 52.94,23.48 km²,分

别占 2.35% 和 1.04%，岩性主要为灵山岩组和平政岩组的混合花岗岩。

(4) 岩土体类型。主要岩土体类型有岩浆岩、碎屑岩、变质岩和第四系松散土。根据岩性组合、物理力学性质、岩体结构类型，共划分为 7 类工程地质岩组，分别是块状坚硬花岗岩岩组，块状坚硬、较坚硬喷出岩岩组，块状坚硬混合岩岩组，中厚层状坚硬的砂岩、砾岩夹软弱的泥岩、页岩岩组，薄—中层状软弱的泥岩、页岩夹坚硬的砂岩岩组，厚层—块状坚硬较坚硬的砾岩、砂岩岩组，中厚层状较坚硬砂岩、砾岩夹薄层状软弱页岩岩组。根据土层结构划分，第四系松散土体有两类：黏性土与砂卵石双层土体、黏土夹砂砾石、砾石、碎石单层土体。

(5) 地质构造。容县地质构造运动强烈，褶皱和断裂构造发育。褶皱主要形成于加里东期，展布方向以东北向为主，与区域性大断裂的走向基本一致，包含贯穿整个县境呈北东走向的北面大容山复背斜和中部的北流复向斜，以及东面的大塘背斜、南东面的水汶向斜。断裂构造带包含广西 24 条深大断裂^[13]中博白—梧州深大断裂和陆川—岑溪深大断裂、以及狮子顶—旺冲坡断裂、大坡外断裂、容县—岑溪断裂，其中博白—梧州深大断裂与陆川—岑溪深大断裂是主要断裂构造带，分别通过县中部及南部，走向皆为北东向。

1.2 研究数据与方法

本文所采用的数据来源于：2005—2012 年容县突发性地质灾害调查资料，1:10 万容县地质灾害调查与区划项目，容县 2010 年 6 月 2 日突发性地质灾害调查，2010 年地质灾害易发区和隐患点普查及 2011 年地质灾害易发区和隐患点核查资料，2013—2014 年容县地质灾害详查报告。研究分析中，在确定容县地质灾害类型与数量的基础上，结合灾害点实地调查情况，讨论各灾害类型的发育特征，最后重点分析地质灾害地域分布特征及其与地貌、地层岩性、地质构造之间的关系。

2 地质灾害类型与发育特征

2.1 地质灾害类型

根据 2005—2012 年地质灾害调查资料以及 2013—2014 年多次实地详查发现，容县复杂的地质背景环境条件，在局地强降雨、台风降雨和人类工程活动的影响下，地质灾害极为发育，类型多样，主要有滑坡、崩塌、不稳定斜坡、泥石流 4 种，共计 774 处。其中，滑坡 314 处，占 40.57%；崩塌 208 处，占 26.87%；不稳定斜坡 250 处，占 32.30%；泥石流 2 处，占 0.26%。统计结果表明，滑坡是容县最主要的地

质灾害，其次为不稳定斜坡、崩塌，泥石流发育极少。因此，后续的论述以滑坡、崩塌、不稳定斜坡为主。

2.2 地质灾害规模

滑坡共 314 处，其中小型滑坡有 310 处，占 99.4%，中型滑坡有 4 处，占 0.5%。崩塌共 208 处，其中小型崩塌 208 处，占 100%。不稳定斜坡规模全是小型。泥石流：共 2 处，分别为黎村镇的碰垠冲泥石流和容州镇的簪坡塘泥石流。其中，碰垠冲泥石流为中型的沟谷型泥石流，体积约 120 000 m³；簪坡塘泥石流为小型坡面泥石流，体积约 8 000 m³。统计结果表明：容县地质灾害规模以小型为主。

2.3 地质灾害发育特征

(1) 滑坡。滑坡是分布最广，数量最多的灾害类型。在花岗岩、碎屑岩和变质岩的残坡积层和全风化土层中集中发育，均为土质滑坡，坡度一般为 30°~40°，多位于房前屋后，诱发因素主要为人工切坡建房与降雨。滑坡平面形态有舌形、半圆形和不规则形，以舌形为主。自然边坡的剖面形态主要为凸型，其次为凹型、直线型。人工切坡的剖面形态主要为直线型，其次是凹型、阶梯型。滑体物质组成主要为第四系残坡积土（含砂砾石黏土、砂质黏土、黏土、碎石土等），其次为全风化层，厚度在 1~8 m 之间。土体结构松散，遇水易崩解软化，边坡内部结构时常变化，易形成发生间歇性滑动，变形缓慢。滑动面较单一，多位于残坡积层中的错动面，或其与全风化层的分界面、下伏基岩的接触面中，滑动面形态为凹形或直线形，多数处于初期蠕动变形阶段，具有多级滑动的特点。按运动形式分类，牵引式（如六王镇龙头双全滑坡，见图 1a）滑坡有 237 处，占 75.5%，推移式（如六王镇龙头水枳 2 号滑坡，见图 1b）滑坡有 77 处，占 24.5%。

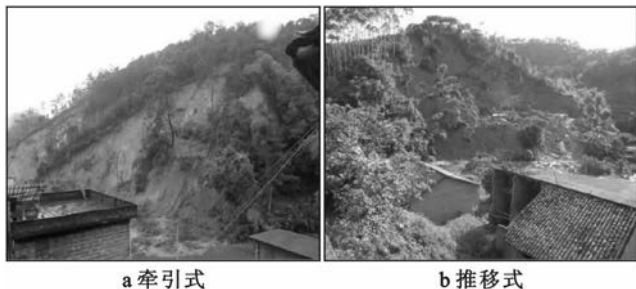


图 1 容县滑坡运动形式

(2) 崩塌。崩塌在花岗岩、粉砂岩、泥岩、砂岩、残坡积土与全风化砂土中发育。其中，土质崩塌 204 处，占 98.1%，岩质崩塌 4 处，占 1.9%。土质崩塌除 1 处发生于自然斜坡外，其余 203 处全部发生于人工边坡上，主要以坡残积层崩塌为主，运动方式以推移式与牵引式为主。崩塌周界形态呈折线形、弧线形。

坡脚因人工切坡形成陡峭的临空面,临空面在重力作用下鼓胀、外倾,引起后缘土体发育张拉裂缝,在降雨激发作用下,拉张裂缝扩张,导致裂缝周围的土体黏结力下降,滑坡、崩落形成崩塌。如六王镇思良白明 1 号滑移式崩塌(图 2a),灵山镇六泉坡牵引式崩塌(图 2b)。

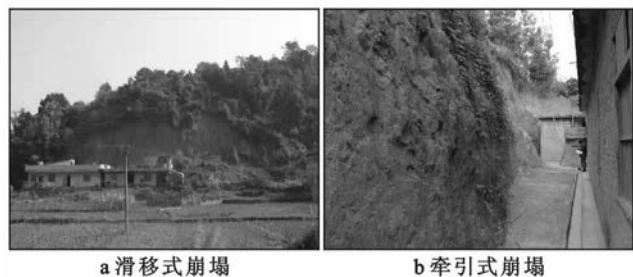


图 2 容县土质崩塌类型

岩质崩塌中 3 处为强风化中细粒花岗岩岩质崩塌,1 处为粉砂岩岩质崩塌。前 3 处崩塌的运动方式为倾倒地,坡体中倾向临空面的结构面或平行于坡面的结构面(如浪水镇浪北简一崩塌,见图 3a),以及发育良好且交错复杂的节理裂隙面,对崩塌的形成以及斜坡变形破坏起到显著的控制作用,一部分坡体沿着结构面倾倒,另一部分坡体中节理裂隙面扩展形成贯通裂缝,切割岩石块体,破碎孤立的岩石块体向外倾倒,最终在自重作用下卸载形成崩塌(如容州镇三和牛毛崩塌,见图 3b)。后 1 处崩塌的运动方式为滑移式,如罗江镇梨木村旺华队 S211 公路罗江段崩塌(见图 3c),该崩塌形成于 2013 年 8 月 16 日尤特台风强降雨期间,平均高度约 18 m,体积约 9 600 m³,崩塌物质由残坡积土和强风化破碎岩土体组成,局部可见层理清晰的风化岩块。

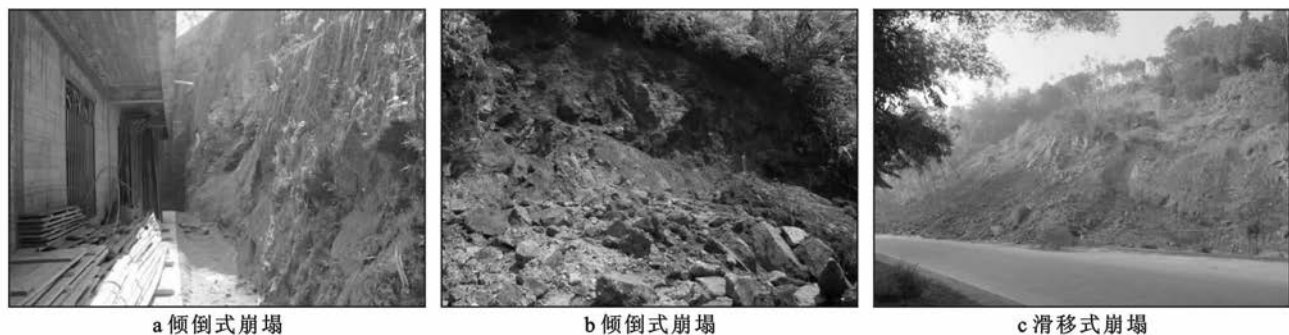


图 3 容县岩质崩塌类型

(3) 不稳定斜坡。不稳定斜坡中土质不稳定斜坡 245 处,占 98.0%,岩质不稳定斜坡 5 处,占 2.0%,形成原因主要是人工切坡建房。

土质不稳定斜坡有坡面局部崩塌型、坡面冲蚀型、高陡型 3 种类型: ①局部崩滑型(六王镇龙头外村土质不稳定斜坡,见图 4a)指坡脚在排水不利的条件下崩落形成临空面,破坏坡体的整体稳定性,导致坡体剪切失稳破坏,最终导致大面积的崩滑; ②坡面冲蚀型在中细粒—细粒花岗岩边坡中发育,雨水强烈的冲刷侵蚀作用使得残坡积土及全风化花岗岩坡面发育形成一道道宽度和深度不一的冲蚀沟,沟内细粒

土不断流失、粗颗粒沉积,沟道两侧土体支离破碎,最终失稳破坏,如自良镇思旺冲口塘不稳定斜坡(如自良镇思旺冲口塘土质不稳定斜坡,见图 4b); ③高陡型(如六王镇陈村威土质不稳定斜坡,见图 4c)是指坡高大于 10 m,坡度大于 70°,且坡面梯级放坡、梯级平台宽度较小(约 0.5 m)的边坡,在全风化花岗岩中较为常见。④岩质不稳定斜坡(如黎村镇荣丰 5 队岩质不稳定斜坡,见图 4d)均位于花岗岩分布区,属于人工切坡。表层全风化层较薄,约 5 cm,下覆强风化花岗岩中节理裂隙发育,坡脚在雨后常有裂隙水渗出且坡面存在掉石块的现象,如黎村镇荣丰 5 队不稳定斜坡。



图 4 容县不稳定斜坡类型

3 地质灾害的时空分布特征

3.1 时间分布特征

降雨是地质灾害的直接诱发因素之一,地质灾害与降雨的时间分布有密切联系。容县地质灾害时间分布特征具有季节性与群发性特点。季节性体现为:地质灾害受局地强降雨与台风强降雨影响显著,在每年 4—8 月的雨季集中发生,其中 6—8 月的地质灾害数量占总数的 93.80%,呈现出夏汛突发的特点(图 5)。自 2010 年以来,容县经历了 2 次由强降雨诱发的群发性地质灾害事件:①2010 年 6 月 2 日局地强降雨诱发的地质灾害;②2013 年 8 月中旬“尤特”台风强降雨诱发的地质灾害。两次事件中的地质灾害虽然规模小,以表层或浅层滑坡、崩塌为主,但是数量众多、危害范围广。地质灾害的启动时间具有一定的滞后性但滞后时间短,仍然发生在相对集中的降雨时段,此外,台风降雨诱发的地质灾害点与台风运移轨迹基本上一致。

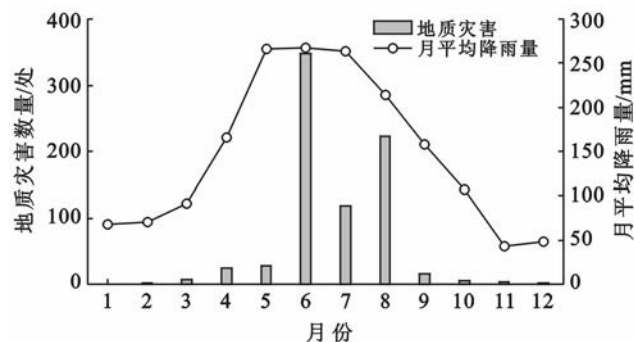


图 5 容县月平均降雨量与地质灾害数量的关系

3.2 空间分布特征

3.2.1 地域分布特征呈现分散性与聚集性 根据地质灾害类型按照乡镇进行统计发现,地质灾害在各个乡镇内均有分布,但分布密度差异较大。这种差异主要与 2 个因素有关:一是地质环境条件的微小区别,比如微地形、地层岩性与岩土体类型;二是人类工程活动的剧烈程度。发育数量上,地质灾害在六王镇、黎村镇、石头镇、灵山镇、县底镇集中分布。六王镇的地质灾害数量最多,共 289 处,占 37.34%,其中,滑坡 151 处,崩塌 86 处、不稳定斜坡 52 处,数量居乡镇之首;黎村镇和石头镇的地质灾害数量次之,分别为 73 处和 61 处,占 9.43%,7.88%;容西镇的地质灾害数量最少,共 2 处(图 6)。由不同乡镇地质灾害的发育密度统计结果可知,六王镇的地质灾害发育密度最大,为 1.58 处/km²,其次是黎村镇和石头镇,发育密度分别为 0.36,0.29 处/km²;容西镇的发育密度最

小,仅为 0.04 处/km²。统计结果表明:地质灾害的地域分布特征呈现显著的分散性与聚集性。其中,分散性体现为地质灾害在各乡镇星罗棋布的分布。聚集性体现为地质灾害分布在 3 个密集区,分别是东部六王镇地质灾害发育密集区、西北部石头镇—松山镇地质灾害发育密集区、南部灵山—黎村—杨村地质灾害发育密集区。

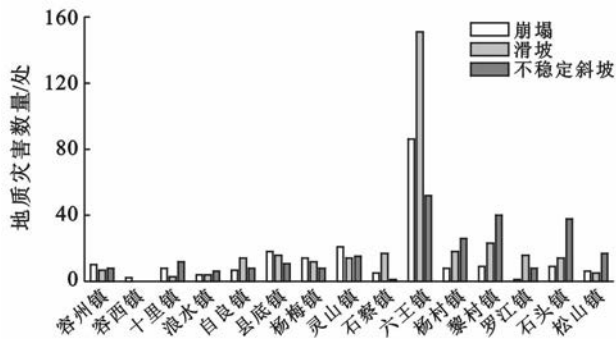


图 6 容县地质灾害地域分布

3.2.2 地质灾害在低山丘陵地貌区集中分布 地质灾害在各地貌单元区均有发育,多发育于低山丘陵地貌区。低山丘陵地貌区的地质灾害数量最多,共 537 处,占 69.38%,发育密度也最大,为 0.489 处/km²,是滑坡、崩塌与不稳定斜坡的集中分布区,主要原因是:①低山丘陵地貌区是容县面积最大的地貌单元区,面积为 1 097.4 km²,约占总面积的 50%;②该区域的人口密度大而平地少,人工切坡建房现象十分普遍,边坡的整体稳定性差,是地质灾害频发,不容忽视的重要因素;低山、中低山地貌区的地质灾害数量次之,分别为 100 处、82 处,发育密度分别为 0.258 处/km²和 0.185 处/km²;河谷阶地地貌区的地质灾害最少,仅 1 处,为不稳定斜坡,发育密度也最小,为 0.071 处/km²(图 7)。

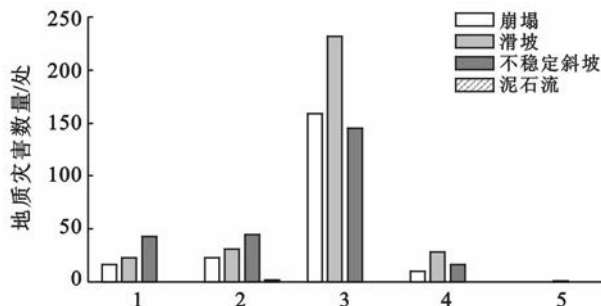


图 7 容县不同地貌区中地质灾害的数量

注:1 构造侵蚀中低山;2 构造侵蚀低山;3 侵蚀剥蚀低山丘陵;4 侵蚀剥蚀低丘盆地;5 侵蚀堆积河谷阶地。

3.2.3 地质灾害多发育于块状坚硬花岗岩岩组区 地质灾害在 3 个岩组中的发育数量相对较多,分别是

块状坚硬花岗岩岩组,中厚层状坚硬的砂岩、砾岩夹软弱泥岩、页岩岩组和中厚层状较坚硬砂岩、砾岩夹薄层状较弱页岩岩组。其中,块状坚硬花岗岩岩组的地质灾害最为发育(表 1),共 556 处,占 71.83%,发育密度也最大,为 0.431 处/km²,主要分布于石头镇、松山镇、县底镇、十里乡、六王镇、杨村镇等地,由加里东期、华力西一印支期、燕山期及喜马拉雅山四期岩浆活动期的侵入岩组成,岩性主要为花岗岩、花岗闪长岩。上述统计结果表明,区内地质灾害主要发育于母岩为花岗岩的分布区。因为发现地质灾害致灾体主要为表层残坡积土层,因此,残坡积土层的发育厚度与力学特性一方面受花岗岩的抗风化能力与力学性质影响,另一方面还控制着地质灾害的类型与发育规模^[14]。不同时期侵入的花岗岩,风化程度与力学性质差别较大。燕山期的花岗岩分布面积最大,因强烈的风化作用形成以砂质粘性土、砂土为主的风化层,风化层厚度大于 10 m,局部可达 30 m,结构松散、渗透性强、遇水易崩解软化,在雨水冲刷侵蚀、坡脚开挖等外部因素作用下,易沿着强弱风化接触带发生滑坡。华力西一印支期的花岗岩强度高,因受中风化一强风化作用,保留母岩的基本结构,上覆的土层厚度约为 1 m,发生在该类岩体中的地质灾害点较少。

中厚层状坚硬的砂岩、砾岩夹软弱的泥岩、页岩岩组的地质灾害数量次之,共 71 处,发育密度为

0.230 处/km²,占 9.17%,主要分布于中部的十里乡、石寨镇,北面的自良镇等地,由第三系邕宁群、白垩系新隆组、泥盆系信都组、莲花山组、志留系防城组、合浦组、大岗顶组、志留系下统连滩组、寒武系黄洞口组等地层组成。表层岩体风化强烈,节理裂隙较发育,普遍具有层面节理裂隙和构造裂隙双重结构面;上覆风化层岩性以含砂砾黏土和碎石土为主,厚度约 2~7 m 且结构松散,在雨水冲刷侵蚀作用下,自然斜坡易沿着残坡积层与基岩接触面形成滑坡,人工切坡沿着强弱风化面或层间错动面形成崩塌。

中厚层状较坚硬砂岩、砾岩夹薄层状较弱页岩岩组地质灾害共 56 处,发育密度为 0.397 处/km²,占 7.24%,主要分布于北面罗江镇及自良镇等地,由侏罗系大岭组、天堂组、白垩系罗文组、大坡组等地层组成。岩体结构为互层交替状,上覆风化层厚度约 3~5 m,局部 10 m,结构松散,透水性好,在降雨及其它不利因素的综合作用下,自然斜坡易沿着残积层与基岩接触面产生滑坡,人工切坡以沿着软弱结构面或强弱风化带接触面发生崩塌。

块状坚硬、较坚硬喷出岩岩组区的地质灾害最少,为 13 处,占 1.68%,发育密度也最小,为 0.124 处/km²,主要分布于杨村镇平贯、六福村一带,岩性为火山角砾岩与酸性凝灰角砾岩,霏细石英斑岩、长石霏细斑岩、石英玢岩等,岩体结构完整,致密坚硬,力学强度高。

表 1 容县不同工程地质岩组区地质灾害数量统计

工程地质岩组	地质灾害						所占比例/ %	密度/处/ km ²
	分布面积/ km ²	滑坡/ 处	崩塌/ 处	不稳定斜/ 处	泥石流/ 处	地质灾害 数量/处		
块状坚硬花岗岩	1 290.4	214	154	188	0	556	71.83	0.431
块状坚硬、较坚硬喷出岩	58.2	4	2	7	0	13	1.68	0.223
块状坚硬混合岩	54.0	6	5	7	0	18	2.33	0.333
中厚层状坚硬的砂岩、砾岩夹软弱的泥岩、页岩	308.5	37	18	15	1	71	9.17	0.230
薄—中层状软弱的泥岩、页岩夹坚硬的砂岩	111.2	12	9	5	0	26	3.36	0.234
厚层—块状坚硬较坚硬的砾岩、砂岩	274.0	7	15	11	1	34	4.39	0.124
中厚层状较坚硬砂岩、砾岩夹薄层状较弱页岩	141.2	34	5	17	0	56	7.24	0.397

3.2.4 地质灾害在局部区域沿地质构造带呈线状分布 地质构造带两侧的地质灾害点分布较分散,局部沿地质构造带呈线状分布,没有明显集中的条带状。发育于地质构造带上的地质灾害共 40 处,占 5.30%,其中滑坡 14 处,崩塌 11 处,不稳定斜坡 15 处;地质构造带两侧 0~0.5 km 范围以内(包括 0.5 km)的地质灾害 179 处,占 23.13%;地质构造带两侧 0.5~1.0 km 范围以内(包括 1.0 km)的地质灾害 94 处,占

12.14%;地质构造带两侧 1.0 km 以外的地质灾害 501 处,占 64.73%。以上统计结果表明:地质灾害的发育与地质构造之间存在一定的关系,但地质构造并不是地质灾害发育的主控因素。由图 8 可知,地质灾害数量与地质构造带的距离呈现负相关关系,相关性显著,这说明距离越大,地质灾害数量越少。崩塌、滑坡与不稳定斜坡与地质构造带距离的关系也符合该特征。

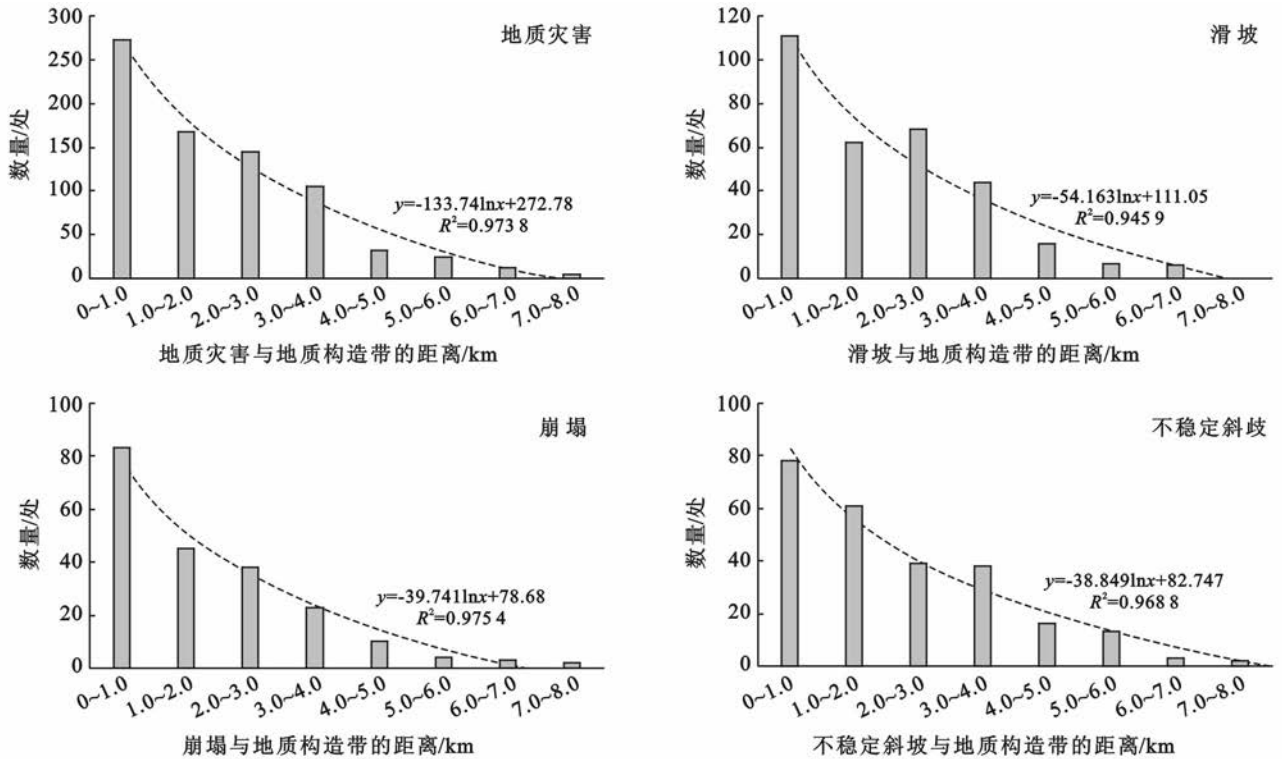


图 8 地质灾害与地质构造带距离的关系

4 结论

(1) 广西容县地质灾害类型包括滑坡、崩塌、不稳定斜坡与泥石流 4 种, 发育规模均以小型为主 (99.5%); 其中滑坡分布最广且数量最多 (40.57%), 不稳定斜坡 (32.30%)、崩塌 (26.87%) 数量次之, 泥石流发育极少 (0.26%)。

(2) 广西容县地质灾害均以土质类为主, 致灾体多为表层残坡积土, 人工切坡与降雨是主要诱发因素。其中, 滑坡滑动面单一, 多处于初期蠕变变形阶段, 具有多级滑动特点, 运动方式以牵引式为主; 崩塌几乎全部发生于人工边坡上, 运动方式以滑移式与牵引式为主; 土质不稳定斜坡类型有坡面局部崩塌型、坡面冲刷型、高陡型。

(3) 广西容县地质灾害时间分布具有季节性与群发性, 受局地强降雨与台风强降雨影响显著, 在每年 4—8 月的雨季集中发生, 其中 6—8 月的地质灾害数量占总数的 93.80%, 呈现出夏汛突发的特点。

(4) 广西容县地质灾害地域分布呈全县整体分散而部分乡镇高密度聚集的特点, 主要有 3 个密集区, 分别是东部六王镇、西北部石头镇—松山镇、南部灵山—黎村—杨村等乡镇。

(5) 广西容县地质灾害多发育于低山丘陵地貌区 (69.38%), 其他各地貌单元区虽均有分散发育但数量相对较少。究其原因, 一方面由于低山丘陵地貌

区面积大, 占全县的 50%; 另一方面由于该区域人口密度大而平地少, 人工切坡建房现象普遍。

(6) 在文中所述的 7 个工程地质岩组中, 各类地质灾害在 3 个岩组中的发育数量相对较多, 分别是块状坚硬花岗岩岩组, 中厚层状坚硬的砂岩、砾岩夹软弱泥岩、页岩岩组和中厚层状较坚硬砂岩、砾岩夹薄层状较弱页岩岩组。其中, 块状坚硬花岗岩岩组的地质灾害最为发育。

(7) 广西容县各类地质灾害的发育与地质构造带的距离呈现显著的负相关关系, 其距离越大, 地质灾害数量越少; 也即地质构造不是地质灾害发育的主控因素。

[参 考 文 献]

- [1] 王昂生, 中国减灾与可持续发展[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [2] 刘传正. 中国崩塌滑坡泥石流灾害成因类型[J]. 地质论评, 2014, 60(4): 858-868.
- [3] 王国强, 徐威, 吴道祥, 等. 安徽省环境地质特征与地质灾害[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(1): 164-169.
- [4] 黎遗业. 广西突发性地质灾害的形成及治理研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(36): 11941-11943.
- [5] 王冬杰, 何启仕. 广西近年来强降雨引发地质灾害的特征分析[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(18): 8595-8596.
- [6] 徐晶, 李伟华. 台风强降雨诱发地质灾害的雨量特征分析[J]. 气象, 2009, 35(8): 42-48.

- [37] Qu Linglu, Xiao Huayun, Guan Hui, et al. Total N content and $\delta^{15}\text{N}$ signatures in moss tissue for indicating varying atmospheric nitrogen deposition in Guizhou Province, China[J]. Atmospheric Environment, 2016, 142:145-151.
- [38] Du Yuhan, Guo Peng, Liu Jianqiu, et al. Different types of nitrogen deposition show variable effects on the soil carbon cycle process of temperate forests[J]. Global Change Biology, 2014, 20(10):3222-3228.
- [39] Vries W D, Du Enzai, Butterbach-Bahl K. Short and long-term impacts of nitrogen deposition on carbon sequestration by forest ecosystems[J]. Current Opinion in Environmental Sustainability, 2014, 9-10 (S1): 90-104.
- [40] Zhan Xiaoyun, Yu Guirui, He Nianpeng, et al. Nitrogen deposition and its spatial pattern in main forest ecosystems along north-south transect of eastern China [J]. Chinese Geographical Science, 2014, 24(2): 137-146.
- [41] Long Min, Wu Honghui, Smith M D, et al. Nitrogen deposition promotes phosphorus uptake of plants in a semi-arid temperate grassland [J]. Plant and Soil, 2016, 408(1/2):475-484.
- [42] Gao Yongheng, Ma Xingxing, Cooper D J. Short-term effect of nitrogen addition on nitric oxide emissions from an alpine meadow in the Tibetan Plateau[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2016, 23(12): 12474-12479.
- [43] Tian Dashuan, Niu Shuli, Pan Qingmin, et al. Nonlinear responses of ecosystem carbon fluxes and water-use efficiency to nitrogen addition in Inner Mongolia grassland[J]. Functional Ecology, 2016, 30(3):490-499.
- [44] Shen Yue, Chen Wenqing, Yang Gaowen, et al. Can litter addition mediate plant productivity responses to increased precipitation and nitrogen deposition in a typical steppe[J]. Ecological Research, 2016, 31(4): 579-587.
- [45] 潘冬荣. 减少降水和模拟氮沉降下神农架不同林下草地土壤温室气体排放研究[D]. 兰州:甘肃农业大学, 2013.
- [46] 曹丛丛, 齐玉春, 董云社, 等. 氮沉降对陆地生态系统关键有机碳组分的影响[J]. 草业学报, 2014, 23(2): 323-332.
- [47] Li Weibin, Jin Changjie, Guan Dexin, et al. The effects of simulated nitrogen deposition on plant root traits: A meta-analysis[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2015, 82:112-118.
- [48] 袁颖红, 樊后保, 刘文飞, 等. 模拟氮沉降对杉木人工林 (*Cunninghamia lanceolata*) 土壤酶活性及微生物群落功能多样性的影响[J]. 土壤, 2013, 45(1):120-128.
- [49] Zhong Yangquanwei, Yan Weiming, Shangguan Zhouping. Impact of long-term N additions upon coupling between soil microbial community structure and activity, and nutrient-use efficiencies[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2015, 91:151-159.
- [50] 周晓兵, 张元明, 陶冶, 等. 古尔班通古特沙漠土壤酶活性和微生物量氮对模拟氮沉降的响应[J]. 生态学报, 2011, 31(12):3340-3349.

(上接第 188 页)

- [7] 刘国忠, 黄嘉宏, 曾小团, 等. 引发广西两次严重山洪地质灾害的暴雨过程分析[J]. 气象, 2013, 39(11): 1402-1412.
- [8] 刘传正, 刘艳辉, 温铭生, 等. 中国地质灾害气象预警实践: 2003-2012[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2015, 26(1):1-8.
- [9] 刘艳辉, 刘传正, 温铭生, 等. 中国地质灾害气象预警模型研究[J]. 工程地质学报, 2015, 23(4):738-746.
- [10] 唐亚明, 张茂省, 薛强, 等. 滑坡监测预警国内外研究现状及评述[J]. 地质论评, 2012, 58(3):533-541.
- [11] 黄润秋, 向喜琼, 巨能攀. 我国区域地质灾害评价的现状 & 问题[J]. 地质通报, 2004, 23(11):1078-1082.
- [12] 殷跃平. 中国地质灾害减灾战略初步研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2004, 15(2):1-7.
- [13] 隋志龙, 黄春霞, 陈国兴, 等. 恭城—栗木断裂带活动特征及其与地质灾害的关系[J]. 自然灾害学报, 2009, 18(2):160-166.
- [14] 李进, 万军伟, 黄琨, 等. 福建省长汀县地质灾害的形成条件与防治对策[J]. 水土保持研究, 2012, 19(1): 192-196, 201.