

DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2015.01.017

福建重大地质灾害特征及其影响因素

叶龙珍¹, 柳侃¹, 黄国平², 郑敏洲¹

(1. 福建省地质灾害防治重点实验室, 福建 福州 350002; 2. 江西省赣南地质调查大队, 江西 赣州 341000)

摘要: 通过福建省重大灾难性地质灾害的历史资料归整、野外核查分析, 总结灾害特征及影响作用因素, 简要剖析成灾机理, 以期对福建地质灾害防治提供指导。福建重大地质灾害特征包括时空分布集中、规模小危害重、滑坡泥石流灾害链形式及快速冲击效应等。其主要影响因素包括人类活动改造的局部汇水横纵坡形等微地貌、岩浆岩浅表层松散孔隙岩土体及罕见强降雨, 表现为持续强降雨及地表水入渗软弱岩土体结构面, 形成高孔隙水压及渗流动水压力形成滑坡泥石流灾害。

关键词: 地质灾害; 地灾特征; 影响因素; 福建

中图分类号: P694

文献标识码: A

文章编号: 1003-8035(2015)01-0098-05

The characteristics and influence factors of catastrophic geological disaster in Fujian province

YE Longzhen¹, LIU Kan¹, HUANG Guoping², ZHENG Minzhou¹

(1. Fujian Key Laboratory of Geohazard Prevention, Fuzhou, Fujian 350002, China;

2. Jiangxi Gannan Geological Survey Team, Ganzhou, Jiangxi 341000, China)

Abstract: Based on the data collection and investigation of the major catastrophic geological disaster in Fujian province, the characteristics are summarized for concentration of distribution in time and space, fast shock effect, small scale with heavily damage, and chain form of landslid-debris flow. Meanwhile, the main influence factors are identified by the local micro-topography and loose shallow soil with human activity, and rare heavy rainfall. The cause of geo-disaster is concluded by the formation of high pore pressure and seepage flow pressure for the continued rainfall and surface water infiltration of soft rock structural plane.

Keywords: geological disaster; characteristic of geo-disaster; influence factor; Fujian province

0 引言

随着极端异常气候频繁及人类强烈工程经济活动等因素影响, 中国近年来突发性地质灾害也日趋频繁, 其灾害后果日趋严重。2008 年汶川大地震诱发次生地质灾害造成近 3 万人死亡; 2009 年 6 月 5 日重庆武隆鸡尾山崩滑灾害造成 74 人遇难; 2009 年 8 月 9 日“莫拉克”台风引发台湾小林村滑坡泥石流造成 457

人死亡和失踪; 2010 年“6.28”贵州关岭大寨高速远程滑坡——碎屑流造成 99 人遇难; 2013 年 1 月 11 日云南省镇雄县果珠乡高坡村赵家沟滑坡造成 46 人遇难; 2013 年“3.29”西藏拉萨市墨竹工卡县普朗沟滑坡碎屑流造成 83 人遇难; 2013 年“7.10”四川都江堰中兴镇三溪村五里坡特大高位山体滑坡造成 161 人遇难, 这些地质灾害造成灾难性后果令人怵目惊心^[1-3]。黄润秋等人对 20 世纪以来中国的灾难性滑坡特征及

收稿日期: 2013-11-11; 修订日期: 2013-11-28

基金项目: 福建省广义地质工作项目——福建省重大灾情地质灾害研究(20111201); 国土资源部公益性行业科研专项经费项目课题——海西区典型地质灾害监测预警及防治技术研究(201211039-1)

第一作者: 叶龙珍(1975-), 男, 高级工程师, 研究方向为地质灾害与岩土工程。E-mail: FJDKYYLZ@163.com

其形成机制深入研究和综合分析,表明中国大陆 80% 的大型滑坡发生在环青藏高原东侧的大陆地形第一个坡降带内,强震、极端气候条件和全球气候变化构成中国大型滑坡发生的主要触发和诱发因素^[4]。

福建省处于我国东南沿海丘陵山地,地质灾害发育,据《福建省“十二五”地质灾害防治规划》统计,全省现有地质灾害隐患点 1.2 万处,类型以滑坡、崩塌为主,威胁人数 20 多万人,威胁财产 50 多亿元。20 世纪 80 年代以来,福建省发生多起地质灾害造成重大人员伤亡事件,造成 10 人以上死亡的单点重大地质灾害达 15 处共 289 人死亡或失踪^[5-6]。开展重大人员伤亡的地质灾害事件的调查分析,客观揭示福建历史重大地质灾害的成因,为今后福建乃至东南丘陵山地各省进行科学防治地质灾害具有重要指导意义。

1 地质环境背景及灾害特点

1.1 地质环境背景

福建省位于中国东南部,濒临西太平洋,属华南褶皱系的东部。境内峰岭耸峙,丘陵连绵,河谷、盆地穿插其间,山地丘陵占全省陆地面积约 90%,素有“八山一水一分田”之称。受新华夏构造的控制,在西部和中部形成北东向斜贯全省的武夷山脉闽西大山带和鹫峰山、戴云山、博平岭闽中大山带。山坡残坡积层分布广泛,厚度大。因山多地少、用地条件差,山区建设依山就势、削坡布局,城乡存在数量庞大的高陡边坡。福建属亚热带海洋性季风气候,雨量充沛,沿海地区年降雨量 1000~1400 mm/a,内陆山区 1400~1800 mm/a,降雨集中于春、夏两季,春夏季汛期占全年降水量的 45%~60%,对闽西北影响强烈,夏秋季多台风暴雨占全年降水量的 20%~38%,对沿海闽东、闽南影响强烈。

1.2 地质灾害特点

独特的地理、地质、气象条件很大程度上影响地质灾害的发育强度及危害程度,造就福建省成为我国地质灾害多发的省份之一。

依据中国地质灾害监测预警区划分区,福建属我国东南山地丘陵地质灾害高易发区,滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、地面沉降等各类地质灾害均有发生,其地质灾害具“点多、面广,规模小、突发性强、危害性大”等特点。地质灾害的发生与地形关系密切,并受强降雨和工程活动诱发。孕灾地形上,易发生在坡度 20°以上斜坡;发灾时间上,易发于 5~6 月强降雨期和 7~9 月台风暴雨期;成灾部位上,易发在房前屋后削

坡、种植经济林、顺坡弃土等区段^[7-8]。

2 重大灾难性地灾特征

2.1 时空分布特征

福建省突发性地质灾害主要类型为崩塌、滑坡、泥石流,时空分布具有明显的区段性。从 1980 年以来,福建重大地质灾害分布表现出相对明显集中群发规律性。在空间分布上,行政区域而言,闽西三明市沙县和宁化、闽北南平市延平、建瓯、政和受汛期强降雨作用突出,共发生 8 处,闽东宁德市蕉城、福鼎和古田、福州市闽清及闽南漳州市龙海、漳浦、云霄主要受台风暴雨作用,共发生 7 处。以闽中-闽东鹫峰山-太姥山脉数量最多共 9 处,闽南戴云山-博平岭及闽北-闽西武夷山脉各 3 处;就灾害区域地貌单元而言,除沙县大洛镇前村和宁化县济村罗家障 2 处滑坡泥石流分布于武夷山脉中低山地貌单元外,其余 13 处均发生于低山丘陵地貌单元,并以丘陵地貌单元为主。在时间分布上,也存在相对集中暴发特点,1980~1989 年区间发生 2 处,1990~1999 年间发生 5 处,主要集中发生于 1994 年及 1998 年各 2 处,2000~2010 年间发生 8 处,主要集中发生于 2006 年 3 处及 2010 年 4 处;就灾害发生季节或月份而言,除福鼎大樟山北 1 处滑坡泥石流发生于 1998 年 2 月外,5~6 月汛期雨季共发生 10 处,7~9 月台风暴雨季发生 4 处;再而细分灾害发生时间段而言,发生在白天 8 时~17 时灾害共计 7 处,另 8 处均发生于晚 22 时~次日凌晨 6 时防范薄弱时段造成 154 人遇难。

2.2 微地质环境条件影响的灾害类型特征

福建省重大人员伤亡地质灾害主要发生低山丘陵区段,在微地貌条件下较集中表现为横纵坡形方面,其中横坡坡形多呈宽缓凹坡,利于降雨或地表水汇集入渗、冲刷切蚀综合作用,纵坡坡形则多呈上凹中凸下凹状,利于滑坡在上部凹部地形初始发育形成并在发展过程中中部凸坡产生飞跃,形成较快的势能向动能转化,呈现快速滑坡运移解体向泥石流演变形态,在下部凹状汇水地形中地表水汇集冲击渗流作用,进一步加剧泥石流的破坏作用,此类型多为位移 100 m 以上较长距离的滑坡解体形成泥石流运移堆积,后缘滑坡形成区与坡脚泥石流堆积区高差较大,一般大于 50 m,部分大者超过 100 m,具强烈的冲击波效应,地灾类型即表现为滑坡-泥石流灾害链,占全省重大灾难性地灾灾害的 2/3。如 1984 年沙县大洛镇前村滑坡泥石流在上部微凹的平缓梯田渗流作用下形成初始滑坡,经



图1 福建省重大地质灾害分布图

Fig.1 Distribution map of major geological disasters in Fujian province

中部陡状凸坡的激发,滑坡快速解体向下部坡体冲击,形成强烈冲击波,放大泥石流流通速率,造成16人遇难的严重灾难。另外,滑移相对较短距离100 m以下滑坡直接冲击作用产生重大人员伤亡的重大地灾,微地貌中主要表现为纵坡的上陡下缓或短距离近直线坡,滑坡发生前后缘高差较小,多小于50 m,如国道205线南平至建瓯路段、南平市延平区西芹镇县道延塔线公路滑坡和云霄县和平乡半岭村、沙县高砂镇高砂村、南平市延平区峡阳镇蔡源村滑坡,此类型表现为滑坡快速下滑直接掩埋或推挤民房、车辆及人员,地灾类型即表现为快速滑坡,具显著的突发冲击特性。

2.3 规模及危害特征

福建省重大灾情地质灾害规模以小型为主,表现为规模小、危害重。除福鼎市白琳镇大嶂山北坡滑坡-泥石流规模约 $15 \times 10^4 \text{ m}^3$ 属中型滑坡外,政和县外屯乡车潭村老礁厂、闽清县金沙镇溪头村丘乾滑坡泥石流规模约 $6 \times 10^4 \sim 7 \times 10^4 \text{ m}^3$,其余均处小型滑坡或滑坡-泥石流灾害,规模 $1.0 \times 10^4 \sim 3.5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 居多计9处,而云霄县和平乡半岭村、漳浦县中西林场场内过溪滑坡仅为 $3000 \sim 5000 \text{ m}^3$,南平市延平区西芹镇县道延塔线公路滑坡仅为 400 m^3 。地质灾害产生危害后果严重,造成20人以上人员死亡的灾点数计7个,包

括建瓯和延平公路滑坡分别死亡23人和24人,最多人员伤亡灾点为政和县外屯乡车潭村老礁厂滑坡泥石流共33人遇难。

3 重大地质灾害的控制因素和影响因素

就致灾因素而言,福建省地质灾害形成发育与地形地貌、岩土体条件密切相关,尤其是规模小的浅表层地质灾害,而人类活动条件下微地貌的改变及外界强降雨则诱发地质灾害的发生、发展和演化^[9]。就承灾对象而言,民众薄弱防灾意识是造成严重灾害后果的重要因素。

3.1 地形地貌

地质历史形成的区域地貌和人类工程活动改变的局部微地貌均构成福建重大地质灾害的重要影响因素。

受新华夏构造作用,福建境内形成闽西北武夷山脉和闽东-闽中鹫峰山、戴云山、博平岭山脉,成为影响福建沿海山区不同降雨类型的分带界线。如鹫峰山、博平岭山脉成为福建沿海台风暴雨影响的分水岭,台风携带降雨受其山脉地形迅速抬升影响,在闽东柘荣、虎贝、闽南漳浦、平和等地形成强降雨中心。而武夷山脉与鹫峰山、戴云山脉之间断陷拗地三明、南平等地则成为福建汛期强降雨中心,这与福建省地质灾害集中发育以及重大地质灾害发生地点具显著对应性。

福建重大地质灾害发生、发展与微地貌密切相关,表现为上述横向凹坡、纵向上凹中凸下凹状或近直线状地貌,利于形成快速滑坡、泥石流灾害。同时人类工程活动对重大地灾起“推波助澜”作用,表现在灾害斜坡后缘开挖道路、水渠、农田、弃碴堆载,如沙县大洛镇前村后山坡主要因农田灌溉持续渗漏形成渗流泄水通道,政和县外屯老礁厂后山因水电站水渠渗漏毁损及闽清县金沙镇丘乾后山灌溉水渠渗漏形成滑坡,福鼎市白琳镇大嶂山滑坡形成重要原因之一即为弃碴堆载过度荷载,古田县黄田镇八虎路滑坡则为坡后人工松散覆填土失稳下滑,云霄县和平乡半岭滑坡主要因后山公路排水涵洞堵塞后地表水漫溢浸润冲刷坡体导致滑坡;另一方面,坡脚切挖且缺乏有效防护、坡上垦植改变微地貌形态也是重要影响因素,如沙县高砂镇高砂滑坡因坡上垦植茶园坡脚切挖建房,而南平市延平区延塔公路、建瓯市国道205线公路滑坡则因坡脚切挖坡上未有效防护产生滑坡导致过往客运车辆坠溪造成重大人员伤亡。

3.2 岩土体条件

地质历史形成的地层岩性和人类工程活动改变的浅表层岩土体也构成福建重大地质灾害的重要影响因素。

地层岩性构成滑坡、泥石流的内在因素,风化残坡积层的厚度往往决定了滑坡规模。福建重大地质灾害多为小型土质滑坡启动,滑面多为残坡积层与下伏强风化或中风化层界面,滑体组成则为上覆第四系残坡积层。除建甌市 G205 公路滑坡发生于白垩系沙县组沉积砂岩外,其余基底母岩均为岩浆岩类,其中以加里东期侵入花岗岩 4 处,燕山期侵入花岗岩 4 处,侏罗系南园组火山岩 4 处,白垩系石帽山群火山岩 2 处。侵入花岗岩因结晶较完整普遍存在风化残积形成较厚层的砾质粘性土层,残积层下部孔隙较大,为降雨形成孔隙潜水创造有利条件,而形成时代相对较新的侏罗、白垩系火山岩类在地质构造作用下,地表多形成含较多碎块石的残坡积层,也为地表水下渗形成渗流通道创造较好条件。

新近时期人类活动加剧表层松散残坡积覆盖层的扰动破坏,茶园、竹木及经济林垦植,加大表层土体洞隙、孔隙,对地表水或降雨入渗提供便利。如漳浦县内过溪后山坡竹木垦植,在降雨条件下形成地表水下渗上覆浅表薄层的坡积含碎块石粘性土体形成超孔隙水压,沙县大洛镇前村因垦植形成众陡坡梯田导致滑坡饱水快速转化泥石流灾害。

3.3 强降雨

极端气候条件频发是福建省重大地质灾害发生的重要诱因,其中历史罕见的强降雨影响最为突出。受 1987 年 12 号台风影响,9 月 11 日降雨量达 109 mm/h,造成宁德市蕉城区九都镇上九仙山洪泥石流致 30 人死亡;1994 年 5 月 1 日 14 时至 3 日 5 时,三明市发生“百年一遇”降雨,并集中于 1 日下午、1 日夜里~2 日凌晨、2 日 08 时~11 时三个时段,导致 5 月 2 日 12 时宁化县济村乡罗家嶂滑坡泥石流 13 人遇难;1998 年 6 月 12 日始闽北发生持续强降雨,过程降雨量超 600 mm,21 日 23 时政和县外屯乡老碓厂滑坡泥石流致 33 人死亡;2010 年“6.18”闽西北再次发生罕见持续暴雨,最大过程降雨量达 784.2 mm,沙县、延平共发生 4 处重大滑坡、泥石流地质灾害,造成 83 人遇难。而 2006 年 5 月 18 日受 1 号“珍珠”台风影响降雨量达 272 mm/d,导致云霄和平半岭滑坡致 10 人死亡,7 月 16 日“碧利斯”台风暴雨雨量达 429 mm/d,造成漳浦内过溪滑坡、龙海和山泥泥石流地质灾害,导致 21 人遇

难。1998 年 2 月 16~18 日,福鼎市连续降雨达多年平均 2 月份一次性过程降雨量值 7 倍,过程降雨量达 167 mm,18 日凌晨 5 时 40 分大嶂山后坡弃碴失稳下滑形成泥石流致 17 人死亡、10 人受伤。

强降雨或灌溉地表水入渗表层岩土体,致上覆盖层土体饱和,直至下伏相对致密隔水层包括新近填土或弃碴与原生残坡积层界面、残积层内残留节理裂隙界面、残坡积层与强风化岩界面、覆盖层与基岩界面等,浸润饱和和界面附近土体形成软弱滑带,促使滑带土抗剪强度显著降低,同时在界面附近形成渗流通道,局部产生微承压“浮托”效应及高孔隙水压,在渗流动水压力作用下失稳产生滑坡、泥石流灾害。

3.4 薄弱防灾意识

除上述致灾作用因素外,人类垦植、切挖、堆载、灌溉、筑路等工程活动也是重要影响因素;针对承灾对象因素方面,人类因防灾意识薄弱,人口集中避灾选址失当,也是发生福建重大人员伤亡的重要原因。如沙县大洛前村滑坡泥石流发生前,途经村民曾查觉后缘山坡变形开裂下错并及时告知坡脚村民,但疏于防范;南平公路滑坡形成之前外围均发生了局部崩塌、坍塌,司机因存在侥幸心理强行通过避灾不及;南平延平区红星立墩村因集中于沟口中央礼堂避灾、宁化济村罗家嶂村民建房于沟中央,受泥石流冲击、掩埋。因此,科学树立强烈的地质灾害防护意识,是今后避免再次发生重大地质灾害的重要因素之一。

4 结论

福建省重大地质灾害发生时段相对集中,具有强突发、高危害的特点,多呈快速滑坡泥石流灾害链状结构特征,普遍具强烈冲击波特性。

福建重大地灾影响因素包括人类坡后垦植、灌溉、堆载、坡脚切挖等活动改变的微地貌形态,并致浅表层岩土体结构松散、孔洞隙增加等不利条件,以及罕见持续强降雨气候条件。其成灾机理表现为持续强降雨及部分地表水入渗软弱岩土体结构面,形成高孔隙水压及渗流动水压力形成滑坡泥石流灾害链危害。

建议树立科学的地质灾害防范意识,在开展地质灾害详查及精细化地灾气象风险预警等相关工作时加强软弱结构面及人类工程活动调查,需特别加强沟口人员集中区、坡后农田水渠分布地带的地质灾害隐患风险评价。

参考文献:

- [1] 许强,黄润秋,殷跃平,等. 2009 年 6.5 重庆武隆鸡

- 尾山崩滑灾害基本特征与成因机理初步研究[J]. 工程地质学报, 2009, 17(4): 433 - 444.
- XU Qiang, HUANG Runqiu, YIN Yueping, et al. The Jiweishan landslide of June 5, 2009 in Wulong, Chongqing: characteristics and failure mechanism [J]. Journal of Engineering Geology, 2009, 17(4): 433 - 444.
- [2] 刘传正. 贵州关岭大寨崩滑碎屑流灾害实步研究[J]. 工程地质学报, 2010, 18(5): 623 - 630.
- LIU Chuazheng. Research on the Dazhai landslide-debris disaster happened in Guanling, Guizhou [J]. Journal of Engineering Geology, 2010, 18(5): 623 - 630.
- [3] 殷跃平. 云南镇雄滑坡灾害的启示[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2013, 24(1): 1 - 2.
- YIN Yueping. The revelation of landslide in Zhenxiong county, Yunnan province [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2013, 24(1): 1 - 2.
- [4] 黄润秋. 20 世纪以来中国的大型滑坡及其发生机制[J]. 岩石力学与工程学报, 2007, 26(3): 433 - 454.
- HUANG Runqiu. Large-scale landslides and their sliding mechanisms in China since the 20th century [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2007, 26(3): 433 - 454.
- [5] 宋德众, 蔡诗树, 饶如龙, 等. 中国气象灾害大典 (福建卷) [M]. 北京: 气象出版社, 2007: 369 - 385.
- SONG Dezhong, CAI Shishu, RAO Rurong, et al. China meteorological disasters dictionary (Fujian edition) [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2007: 369 - 385.
- [6] 中华人民共和国国务院. 地质灾害防治条例[S]. 2004: 1 - 2.
- The State Council of the people's Republic of China, Regulations on the prevention of geological disasters [S]. 2004: 1 - 2.
- [7] 福建省第二水文地质工程地质队. 福建省 1:50 万环境地质调查报告[R]. 2001: 20 - 35.
- The second team of hydrogeology and engineering geology of Fujian. 1: 50 million environmental geological survey of Fujian province [R]. 2001: 20 - 35.
- [8] 周天智, 陈刚, 赵旭峰, 等. 福建省滑坡分布规律及成因分析[J]. 重庆科技学院学报(自然科学版), 2007, 9(2): 17 - 19.
- ZHOU Tianzhi, CHEN Gang, ZHAO Xufeng, et al. Study of distribution laws and genesis of landslides in Fujian province [J]. Journal of Chongqing University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2007, 9(2): 17 - 19.
- [9] 谈树成, 金艳珠, 虎雄岗, 等. 基于 GIS 的建设项目地质灾害危险性评估[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2012, 23(4): 47 - 52.
- TAN Shucheng, JIN Yanzhu, HU Xionggang, et al. Geo-hazard danger evaluation of construction project based on GIS [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2012, 23(4): 47 - 52.