

文章编号: 1108-2786-(2017)1-117-04

DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000203

泰宁县芦庵坑沟特大灾害性泥石流应急科学调查

陈宁生^{1*} 黄丹青^{1,2} 赵春瑶^{1,3} 刘丽红¹

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 中国科学院山地灾害与地表过程重点实验室, 成都 610041;

2. 中国科学院大学; 3. 成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 成都 610059)

摘 要: 2016 年 5 月 8 日福建泰宁县开善乡金溪左岸的芦庵坑沟发生了特大规模的灾害性泥石流, 导致 36 人死亡失踪。现场调查表明, 本次灾害为稀遇低频、粘性、特大规模、灾害型沟道泥石流。泥石流容重达 2.0 g/cm^3 。沟口扇顶上游 120 m 的流通区断面泥石流流速达到 12.2 m/s , 泥石流流量 $830 \text{ m}^3/\text{s}$, 泥石流运动时间 2 min, 一次固体物质总量为 1.9 万 m^3 , 泥石流的颗粒冲击力达 900 t。泥石流成因系沟床与坡面崩滑堆积物在高频率的雷声与强暴雨联合作用下引发。

关键词: 泰宁; 芦庵坑沟; 灾害性泥石流; 运动特征; 灾害成因

中图分类号: P642.21

文献标志码: A

1 芦庵坑沟泥石流发育的自然和社会经济背景

2016 年 5 月 8 日早晨 4 时 45 分, 位于福建省泰宁县开善乡池潭电站下游 1.5 km 处的芦庵坑沟发生特大规模的泥石流灾害。泥石流摧毁了沟口池潭电厂的办公大楼和水电十六局与十二局的 2 幢临时工棚, 导致 36 人死亡失踪。

泰宁县芦庵坑沟位于武夷山中段, 闽江上游池潭电站坝区下游 1.5 km 处。它是金溪左岸的一条冲沟小流域, 流域面积为 0.44 km^2 , 流域最高点海拔 853.1 m, 最低点的沟口海拔 215.0 m, 流域高差 638.1 m, 主沟长 1.05 km, 平均比降 70%。区域气候上属中亚热带季风性湿润气候, 年平均降雨量 1784.2 mm。流域发育亚热带次生阔叶林, 植被覆盖率 90% 以上。

流域地处华南大陆弱隆升亚区, 基岩为白垩系石帽山群寨下组上段的流纹斑岩。岩体被节理和断层切割成体积从数立方厘米到上千立方米的岩块。流域内岩体的节理主要有 3 组, $265^\circ \angle 78^\circ$, $175^\circ \angle 51^\circ$, $83^\circ \angle 76^\circ$ 。

2 泥石流事件经历与堆积特征

据现场调查, 当地气象局于 7 日预报了极端暴雨, 池潭电站也于 7 日晚上的 18 点以前撤离了河道附近的设备。8 日凌晨雷雨交加, 凌晨 4:00 池潭电站安全负责人电话通知现场施工的水电 12 局, 水电 16 局的现场负责人, 进行安全巡查。巡查人员关注主河金溪的洪水, 报告没有异常。十多分钟后, 即 4:45, 发生了大规模的泥石流灾害, 持续时间极短。泥石流直接将 43 m 宽的池潭电站办公大楼和其下游侧的 2 个工棚摧毁导致 36 人的死亡失踪, 砖混结

收稿日期(Received): 2016-06-24; 改回日期(Accepted): 2016-07-20。

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金国际(地区)合作与交流项目(41661134012); 中国长江三峡集团公司科研项目(JGJ0492014) [Project of International Cooperation and Exchange of National Natural Science Foundation of China (41661134012); Research project of China Three Gorges Corporation(JGJ0492014)]

作者简介(Biography): 陈宁生(1965-), 男, 福建建宁, 博士, 研究员, 博士生导师, 研究方向: 山地灾害与工程研究[Chen Ningsheng (1965-), male, born in Jianning of Fujian province, Ph. D, professor, engaged in mountain hazards and engineering research] E-mail: chennsh@imde.ac.cn

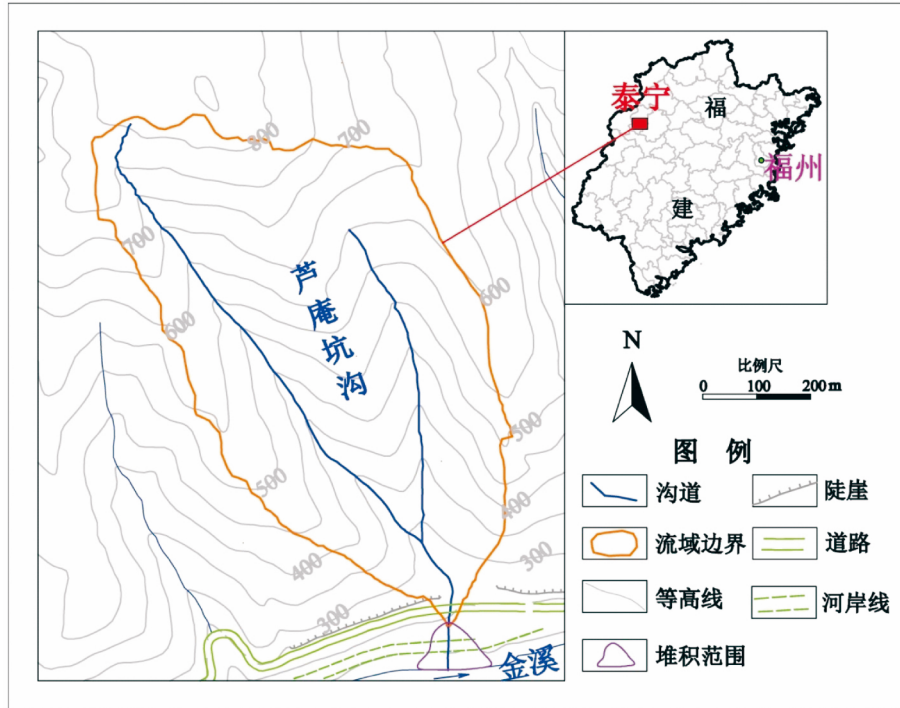


图1 芦庵坑沟流域地形和位置图

Fig. 1 Topography and location of the Luankeng gully

构的办公大楼和工棚地面建筑部分完全消失。

现场发现,在芦庵坑沟沟口,残留有颗粒直径达 $2.3 \times 2.0 \times 1.8 \text{ m}$ 的古老山洪泥石流堆积物,沟口主河滩险石多。依据沟床堆积物洪痕确定泥石流侵蚀掉沟床堆积物总量为 1.9 万 m^3 ,灾后残留在沟内的堆积物最大颗粒为 $11.0 \times 10.8 \times 5.3 \text{ m}$,泥石流堆积扇区面积 $5\,500 \text{ m}^2$,堆积于扇上的泥石流堆积固体物质总量 1.6 万 m^3 ,实际一次固体物质总量大于此数值 0.3 万 m^3 ,泥石流进入主河,泥石流搬运的最大颗粒为 $13.7 \times 11.3 \times 9.9 \text{ m}$ 。

3 泥石流动力学参数

基于现场测量和调查,结合最新研究成果^[1-3],采用模型估算泥石流的动力学参数,确定此次泥石流容重可达 2.0 g/cm^3 ,沟口扇顶上游 120 m 的流通区断面的泥石流流速达到 12.2 m/s ,洪痕断面面积 68 m^2 ,泥石流流量 $830 \text{ m}^3/\text{s}$,泥石流运动时间 2 min ,泥石流的颗粒冲击力可达 900 t 。

4 泥石流性质与灾害成因

依据芦庵的碑文可知,芦庵庙至少在 132 年前

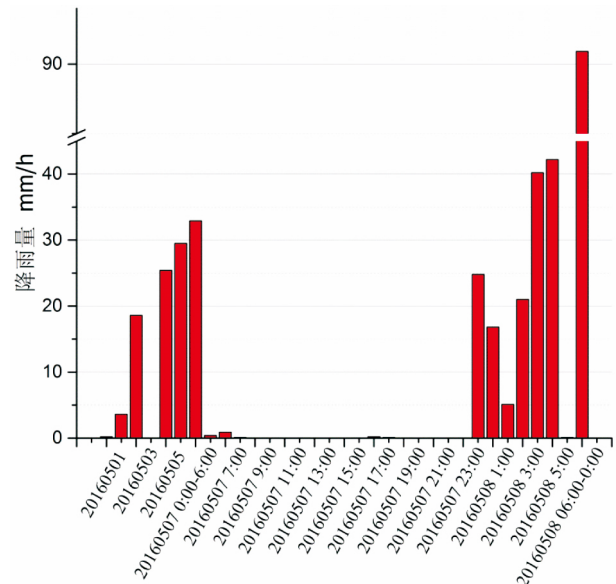
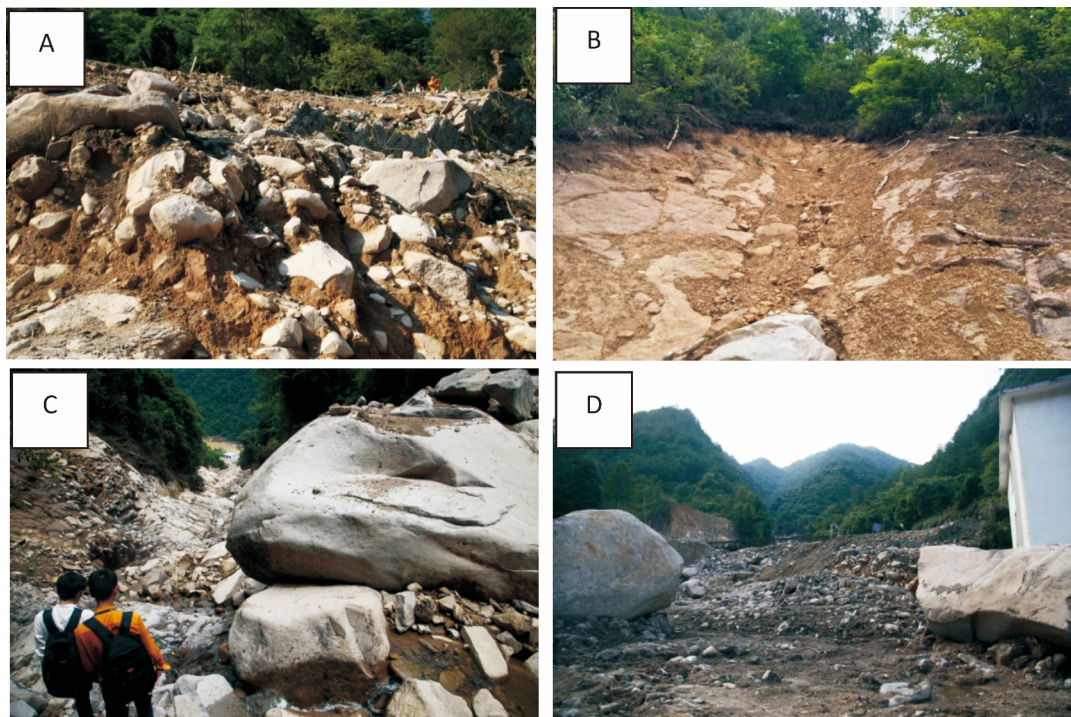


图2 2016年5月1日至5月8日池潭大坝气象站降雨量图

Fig. 2 Rainfall distribution map obtained at Chitan weather station from May 1 to May 8, 2016

就已存在,建庙时的调访历史年限在百年左右,可以据此推测此沟至少 200 多年未暴发过泥石流。灾害所在的泰宁县泥石流灾害很少,近 20 年来有记录的泥石流灾害仅为 2002 年 6 月 21 日发生于大龙乡的泥石流灾害。此次泥石流暴发前夕的 5 月 7 日 21 点



注: A. 固结的古老泥石流堆积体(最大石块直径4.8 m); B. “5.08”泥石流形成区; C. 运动区粗大漂砾堵塞并导致溃决断面; D. 泥石流堆积扇的巨大颗粒

Note: A. Consolidated old debris flow accumulation zone (maximum rock diameter 4.8m); B. “5.08” debris flow initiation point; C. The section of the motor area where large boulders blocked the gully causing outburst phenomenon; D. Huge boulders at debris flow fan area

图3 芦庵坑沟老泥石流堆积物及“5.08”泥石流形成区、运动区及堆积区图

Fig. 3 A view of the old, consolidated Luankeng gully and the recent “5.08” debris flow formation and accumulation zone

-8日4点,平均每10多分钟响一次响雷,附近居民整夜难以入睡,是调访者(最大年龄53岁)有记忆以来第一次。数据表明,池潭大坝雨量站记录的激发日雨量241.4 mm,小时最大雨量42.2 mm(5月8日凌晨4点-5点),其频率约为50年一遇,而激发泥石流的雷雨叠加事件则为百年不遇。

现场勘察表明,芦庵坑沟古老泥石流堆积物坚实坚硬,为典型的古老泥石流堆积体。

泥石流物源来自于主沟顶部残坡积土堆。土堆面积25 m²,厚度60 cm,体积15 m³。当夜,极度频繁的雷声振动,扰动松散堆积物;极端降水入渗形成超渗产流,促使基覆界面的土体孔压增高,土体强度衰竭,启动并下切沟道松散土体,形成泥石流;行进中受巨大漂砾的堵塞,溃决后放大泥石流规模,流量达到正常百年一遇山洪的100多倍;数百吨的泥石流颗粒冲击力击毁房屋(一般钢筋混凝土抗冲击力为50 t)。

5 经验与教训

综合以上历史调查、堆积物固结和激发因素的频率特征,此次泥石流为稀遇低频、粘性、特大规模、灾害型沟道泥石流,系沟床与坡面崩滑堆积物在极端雷暴雨作用下引发。

由于流域植被覆盖率高,不易识别古老泥石流堆积物,泥石流灾害潜伏性强。另外,调访历史内无泥石流事件,当地群众并没有形成灾害意识。灾害现场发现,遗体衣服完整,可以推测当时人群正准备撤离,但是灾害发生过程时间极短,来不及躲避。调访发现,虽然灾前有人已经感觉异常,管理人员即使履行了灾害巡查、早期预警等职责,但由于当地群众缺乏防灾知识,并没有制定或真正执行撤离方案。

该沟泥石流暴发消耗了大量物源,今后数十年内再次暴发泥石流的可能性低。针对此类低频泥石流,今后需要加强灾害形成与判识研究,推进研究成果的应用,提升泥石流的判识和预测水平,加强多

层次的现场和网络地质灾害防治宣传教育,深化群策群防体系建设。

参考文献(References)

- [1] CHEN Ningsheng, YANG Chenglin, ZHOU Wei, et al. The critical rainfall characteristics for torrents and debris flow in the WenChuan earthquake stricken area [J]. *Journal of Mountain Science*, 2009, 6(4): 362–372
- [2] CHEN Ningsheng, LU Yang, ZHOU Haibo, et al. Combined impacts of antecedent earthquakes and droughts on hazardous debris flows[J]. *Journal of Mountain Science*, 2014, 11(6): 1507–1520
- [3] IRMLER R, DAUT G, MÄUSBACHER R. A debris flow calendar derived from sediments of lake Lago di Braies (N. Italy) [J]. *Geomorphology*, 2006, 77(1): 69–78

The Emergency Scientific Investigation on Catastrophic Debris Flow of Luankeng Gully in Taining

CHEN Ningsheng¹, HUANG Danqing^{1 2}, ZHAO Chunyao^{1 3}, LIU Lihong¹

(1. *Institute Of Mountain Hazards and Environment, Key Lab of Mountain Hazards and Surface Processes, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China;*

2. University of Chinese Academy of Sciences;

3. State Key Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China)

Abstract: On May 8th, 2016, a catastrophic debris flow hit the Luankeng gully, located at the left bank of Jingxi river, in the vicinity of Kaishan Town, Taining County of Fujian province, causing 36 people dead or missing. Field investigation revealed that it was a large scale, rare, low frequency and viscous type debris flow. The debris flow density was up to $2.0\text{g}/\text{cm}^3$ and its velocity arrived at 12.2 m/s obtained at the survey point in the travelling course of the debris flow, 120 meters upstream away from the gully mouth. Discharge of debris flow reached to $830\text{ m}^3/\text{s}$ with a duration of 2 minutes, a total amount of solid matter 1.9 million m^3 . Its impact force reached to 900 tons. The initiation mechanism of the debris flow was speculated in that the gully bed deposits and slope collapse accumulations was motivated to form debris flow under the combination of high frequency thunder and heavy precipitation.

Key words: Taining county; Luankeng gully; catastrophic debris flow; dynamic characteristics; causes of disasters