

浙江省泥石流类型及分布特征研究

岳丽霞, 王永, 余淑姣, 冯杭建

(浙江省地质矿产研究所, 浙江 杭州 310007)

摘要: 2005—2008年浙江省对全省48个山区县市的泥石流进行了全面调查及评价, 查明有42个山区县市共发育过486处泥石流, 其中沟谷泥石流347条, 坡面泥石流139处。并对泥石流的类型及分布特征进行了分析研究。结果表明, 浙江泥石流主要有沟谷型泥石流(灾害规模小, 危害程度大), 滑坡、崩塌转化型泥石流, 暴雨型泥石流等类型特征。在分布上主要受地形地貌、岩性构造及降水的控制, 主要分布在火山岩区域, 泥石流地质灾害发育的构造规律有沿深大断裂发育区域呈带状分布特点。在降水上受梅雨及台风交替控制, 分布具有明显的“双峰”现象。

关键词: 小流域泥石流; 泥石流类型; 分布特征

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)06-0185-05

中图分类号: P642.23

Debris Flow Types and Their Distribution in Zhejiang Province

YUE Li-xia, WANG Yong, YU Shu-jiao, FENG Hang-jian

(Institute of Geology and Minerals of Zhejiang Province, Hangzhou, Zhejiang 310007, China)

Abstract: In 2005—2008, Zhejiang Province made an inquiry and evaluation to the debris flows in 42 mountainous counties of the province. It was found that there were 486 debris flows at various scales in the whole province, among which there were about 347 gully debris flows and 139 slope debris flows. From the analyses and studies of debris flow types and their distribution characteristics, gully debris flow is the main type of debris flow, characterized by small scale, large damage, and landslide-collapse changing into debris flow. The distribution of debris flow is mainly controlled by landform, rock nature structure, and precipitation and it is mainly distributed in the volcanic area along big fractures. Debris flows have the obvious bimodal distribution form due to plum rain and typhoon.

Keywords: debris flow in small basin; debris flow type; distribution characteristic of debris flow

浙江省是一个地质灾害易发和多发的省份, 尤其近年来受台风的频繁影响, 泥石流地质灾害频频发生, 危害尤为严重^[1]。为了最大限度地避免和减少泥石流地质灾害损失, 浙江省政府、浙江省国土资源厅用2005—2008年的3 a时间, 由省国土资源厅牵头, 由各县市国土资源局具体组织实施, 本着“以人为本”的原则, 围绕保护人民生命财产和生存环境、重大建设工程、重要矿山、旅游景区等重要设施, 以县(市、区)为单位, 以小流域为调查基本单元, 对浙江省48个山区县市的泥石流进行了全面调查及评价, 以探明该省泥石流的类型及其分布发育规律。

1 浙江省泥石流灾害概况

2004年8月13日凌晨, 受“云娜”台风的影响,

浙江省温州乐清市北部山区遭受百年不遇的特大暴雨, 使乐清市的龙西乡上山村、仙人坦村, 仙溪镇石碧岩村、白岩山村、福溪乡凤溪村等地群发泥石流灾害, 共造成人员死亡和失踪达47人, 其中泥石流造成的直接死亡和失踪总人数为37人。

2005年9月1—3日, 受“泰利”台风的影响, 浙江省景宁、临安、文成等地普降暴雨, 相继发生多处泥石流, 共造成30多人死亡, 直接经济损失达到上千万; 2006年8月11日凌晨, 受“桑美”超强台风影响, 庆元县发生17条沟谷型泥石流和6处坡面型泥石流, 共造成35人死亡; 2007年9月19日, 受13号强台风“韦帕”强降雨的影响, 青田小舟山乡黄员平村乌马沙自然村南西侧沟发生泥石流, 造成5死7伤^[2]。

据不完全统计, 至2008年初, 浙江省由于泥石流灾害

收稿日期: 2010-04-29

修回日期: 2010-06-06

资助项目: 浙江省国土资源厅重点项目“浙江省小流域泥石流综合研究”〔省国土厅(2005)5.15任务书〕; 浙江省科技厅公益技术研究社会发展项目(2010CC33082)

作者简介: 岳丽霞(1977—), 女(汉族), 甘肃省通渭县人, 硕士, 地质工程师, 主要研究方向为山地灾害。E-mail: yuelx@126.com。

所造成的人员死亡达 350 多人,直接经济损失近 2 亿元,泥石流灾害导致人员死亡人数占地质灾害总死亡人数的近 30%。

根据调查及评价结果,浙江省 48 个山区县市中,发生过泥石流的县市有 42 个,共 486 处泥石流,其中沟谷泥石流 347 条,坡面泥石流 139 处;48 个山区县市均有隐患泥石流,隐患泥石流数量 1 571 处,威胁人数约 3.7 万人,威胁财产约 90 000 万元,因此,泥石流灾害已严重威胁到人民生命和财产的安全。

2 浙江省泥石流类型

根据浙江省泥石流的特点,主要从 5 个方面对泥石流进行分类;按泥石流流域特征分为沟谷型泥石流和坡面型泥石流两类;按泥石流的暴发规模分类分为特大规模、大规模、中等规模、小规模泥石流沟;按泥石流的危害程度分为特大级、重大级、较大级和一般级;按泥石流的固体物质来源分为滑坡、崩塌转化型泥石流、坡面侵蚀泥石流等;按泥石流的降雨成因划分为有前期降雨泥石流,无前期降雨泥石流^[3-4]。

2.1 按泥石流流域特征分类

浙江省沟谷泥石流及坡面泥石流均较为发育。沟谷泥石流与通常定义上的沟谷泥石流相比具有泥石流的 3 区分界不明显,流通区与堆积区较难区分,流域面积相对较小,沟长相对较短等特征,因此,常常出现某些泥石流难以判断其为沟谷泥石流还是坡面泥石流的情况^[5-7]。坡面泥石流特征表现在:坡面陡,流域面积很小,一般小于 0.2 km²,群发性明显等特征。

2.1.1 沟谷泥石流 浙江省沟谷泥石流约占浙江省泥石流总数的 74%。且区内沟谷型泥石流形成特征多为单沟泥石流,即一般以支沟形式发生,多沟汇合型泥石流的发生几率小。浙江省沟谷泥石流流域面积小,已发沟谷泥石流中流域面积小于 5.0 km² 的占统计泥石流的 97%,小于 0.5 km² 的泥石流占统计泥石流的 47%;相对高差在 100~500 m 之间的泥石流占统计泥石流的约 70%;流程短,沟长小于 2 km 的泥石流占泥石流总数的 90%。

2.1.2 坡面泥石流 据不完全统计,区内已发生的坡面泥石流 139 处,约占泥石流总数的 26%,坡面泥石流发育的区域东部多于西部,台风降雨影响区泥石流数目多于梅雨影响区。从地质条件来看,坡面泥石流发育区地质多是上面松软下面是坚硬的二元结构,在强降雨的浸泡下,很容易发生坡面泥石流。区内坡面泥石流在地形地貌上的发育特征主要在:一般流域面积小,据统计均小于 0.2 km²,沟谷或坡面陡急,沟

床坡度在 30°~45° 之间的占坡面泥石流总数的 80%,相对高差小于 300 m 的占坡面泥石流总数的 86%。

坡面泥石流往往形成区和堆积区直接相连,没有明显的流通区,因此泥石流一般来势凶猛,速度极快,使其可预知性低,难于防范,危害性很大。且由于强降雨的局地性,坡面泥石流往往在同一斜坡面上多处发生,呈梳状排列,有些地方形象地称其“龙扒掌”,泥石流过后,往往使山坡遭受强烈侵蚀而变得千疮百孔,破烂不堪,通常被称为“癞痢头”(图 1)。



图 1 景宁县群发坡面泥石流

2.2 按泥石流的暴发规模分类

对浙江省已发泥石流规模进行分类,有特大规模、大规模、中等规模、小规模等,主要以小规模泥石流为主。分类标注参照及泥石流分类情况如表 1 所示。

表 1 泥石流规模分类情况

项目	特大规模	大规模	中等规模	小规模
堆积规模/10 ⁴ m ³	> 50	20~50	2~20	< 2
占总数百分比/%	1.33	3.33	18.00	77.33

按此标准划分,根据调查结果,浙江省有 4 条特大规模泥石流,分别为 1988 年发生于该省龙泉市的净信村泥石流,搬运的泥石流堆积方量达到 6.80×10⁴ m³;2005 年发生在景宁的梨树坳泥石流和濠头下村泥石流,泥石流堆积方量达到 7 000 m³;澄照乡濠头下村泥石流堆积方量达到 6 000 m³;1996 年发生于青田的石平川横坑泥石流堆积方量达到 78 000 m³。中等规模泥石流约占统计泥石流总数的 18%,小规模泥石流数量最多,占统计泥石流总数的约 77.33%。

2.3 按泥石流的灾情及危害程度分类

按浙江省小流域泥石流调查中泥石流地质灾害灾情与危害程度划分,分级标准如表 2 所示。

可以看出,较大级以上的泥石流占统计泥石流总数的约 30.2%,特大级泥石流有 1 处,为 1996 年 8 月 1 日的青田县黄*乡石平川村横坑泥石流,此次泥石流死亡 33 人,泥石流地质灾害灾情与危害程度较大。

表2 泥石流地质灾害灾情与危害程度分级

指标名称	特大级(特重)	重大级(重)	较大级(中)	一般级(轻)
死亡人数/人	> 30	30~10	10~3	< 3
直接经济损失/万元	> 1 000	1 000~500	500~100	< 100
直接威胁人数/人	> 1 000	1 000~100	100~10	< 10
所占比例/%	0.3	4.3	24.7	70.7

注: 灾情分级: 即对已发生的地质灾害进行灾度分级, 采用“死亡人数”和“直接经济损失”栏指标评价。危害程度分级: 即对可能发生的地质灾害危害程度的预测分级, 采用“受威胁人数”和“直接经济损失”(预测值)栏指标评价

2.4 按松散物来源分类

给泥石流提供松散物源的不外乎沟内的斜坡或沟床有足够数量的松散堆积物。山坡表层岩石风化破碎后形成的残积物、坡积物, 滑坡、崩塌发生后在坡脚和沟床上形成的松散堆积物, 沟谷中各种沉积物及人工开山采石、采矿、隧道施工和筑路开挖、水利水电工程建设等的弃渣, 是最常见的泥石流固体物质的来源。按物质来源分类有滑坡泥石流、崩塌泥石流、沟床侵蚀泥石流、坡面侵蚀泥石流。

对于浙江发育的泥石流, 就其物源来分, 主要有滑坡、崩塌、坡面侵蚀等3个方面提供泥石流物源, 其中滑坡、崩塌提供物源的泥石流占泥石流总数的约80%, 而坡面侵蚀提供物源的主要为坡面泥石流。浙江省内泥石流沟谷断面“V”型居多, 沟道狭窄, 由于洪水频发, 不断冲刷等原因, 沟道内松散物源相对少, 而且, 区内泥石流多为低频泥石流, 即使沟道内残存泥石流堆积物, 这些堆积物再次参与泥石流过程而提供物源的几率较低, 因此, 对于沟床侵蚀提供松散物源发生泥石流的几率很小。

2.5 按泥石流有无前期降雨分类

泥石流在启动过程中, 前期降雨及激发泥石流的短历时降雨起着决定性的作用, 前期的累计雨量会增加土壤的含水量, 也会使下垫面土体饱和。后续受到短历时强降雨激发而极易形成泥石流。前期降雨往

往对泥石流形成的贡献比较大, 短历时雨强主要起到激发作用。在本次调查中还发现, 浙江省内发育的泥石流往往出现即使前期少雨或没有的情况下, 短时间内强集中暴雨同样也可以诱发泥石流的情况, 只是在这种情况下, 暴雨的强度比前者要大。

按此特征, 浙江省泥石流可以分为两种情况: 有前期降雨量和没有前期降雨量(此处前期降雨量指激发泥石流的当次降雨之前的降雨), 前者主要是浙江省中西部受梅雨期影响, 局部暴雨引发泥石流; 后者则主要为浙江省东部由于台风降雨诱发的泥石流, 约占泥石流总数的40%。

3 泥石流空间分布特征

3.1 行政区划规律

3.1.1 地级市分布 浙江省所辖11个地级市中有泥石流活动的有8个地级市, 分别为杭州、宁波、温州、湖州、金华、台州、衢州、丽水, 从表3可以看出, 泥石流的分布主要集中在杭州、温州、金华和丽水市, 这4个地级市泥石流分布数量占泥石流总数量的88.9%, 其中温州泥石流的分布数量最多, 达141处, 占泥石流总数的29.1%, 其次为金华, 泥石流数量104处, 占泥石流总数的21.4%, 丽水95处, 杭州92处, 其余地级市泥石流分布相对较小。

表3 浙江省泥石流各地级市分布统计

项目	地级市							
	杭州	宁波	温州	湖州	金华	台州	衢州	丽水
泥石流数量/处	92	9	141	2	104	9	34	95
所占百分比/%	18.93	1.85	29.01	0.41	21.40	1.85	7.00	19.55

3.1.2 县市区分布 浙江省有泥石流活动的县(市)区共42个, 泥石流分布数量超过10处的有16个县(市), 泥石流分布数量由大到小排列为: 永嘉、临安、乐清、浦江、武义、庆元、景宁、东阳、淳安、泰顺、萧山、龙泉、富阳、文成、磐安、开化余姚、常山、瓯海、瑞安、松阳、苍南、衢江、缙云、平阳、建德、桐庐、仙居、龙游、云和、遂昌、青田、义乌、天台、余杭、婺城、兰溪、江山、莲都、永康、长兴和安吉县。

泥石流分布数量最高的为永嘉县, 分布53处泥石流, 占泥石流总数的10.91%, 其次为临安, 泥石流分布数量37处, 占泥石流总数的7.61%, 乐清泥石流分布数量34处、浦江泥石流分布数量30处、武义泥石流分布数量30处、庆元泥石流分布数量27处、景宁泥石流分布数量24处、东阳泥石流分布数量22处、淳安泥石流分布数量20处, 其余县(市)泥石流分布数量小于20处^[9-10]。

3.2 地形地貌规律

浙江省地形复杂,地域差异显著,山地丘陵面积 $7.17 \times 10^4 \text{ km}^2$,山区泥石流密度为6.7条/1 000 km^2 ,主要分布在海拔相对较高的山区。各县市山区面积相差大,其泥石流的分布数量也相差较大。

以6大地形地貌分区中泥石流的分布来看,除了浙北平原外,其余5个分区均有泥石流分布,浙南中山区泥石流分布数量最多,分布密度7.94条/1 000 km^2 ,分布较不均匀,主要集中于温州乐清、永嘉及丽水的庆元和金华的武义等几个县(市),浙西中山丘陵区泥石流分布次之,分布密度5.77条/1 000 km^2 ,除了在金华浦江一带的几次坡面泥石流外,其余区域分布较均匀。其余区域为以盆地、丘陵为主的地形标高较低的区域,泥石流分布数量少。

3.3 坡向差异性规律

迎风坡比背风坡的日照时间长,太阳辐射强,气温高,日较差大,蒸发强烈,湿度低。这种水热条件的坡向差异导致植被、水文、土壤、地形等自然地理要素的规律性分异,从而使滑坡、泥石流的分布呈现出坡向差异规律。在浙江省小流域泥石流调查结果中发现,这种规律在浙江省具有较为明显的特征,即沿深切割地貌屏障迎风坡泥石流的分布较为密集,就其形成原因主要有地形作用可以加大迎风坡的降水,使降水中心强度明显增强;同时使背风坡降水减少,从而导致降水分布更不均匀,更不对称。由于浙江省沿海地区山脉多呈北东—南西走向,而从东海洋面来的台风的移动方向往往与山脉走向近乎垂直,因此,台风往往在山脉的南东侧形成迎风坡降雨,这种效应在浙东南沿海的山脉迎风坡或两支山脉形成的喇叭口附近尤其明显,使得浙东南沿海往往受台风降雨的影响最大,在这种降雨特征影响下的泥石流的分布也呈现迎风坡常群发现象。其次,迎风坡岩石风化速度快,产生更多的碎屑,这种风化、剥蚀、搬运作用为泥石流的发生累积了丰富的碎屑物源条件。

例如,浙江省庆元县在地形地貌上来看,洞宫山脉自西南至北东纵贯全境,高耸的洞宫山脉成为阻击由西往东行进台风的天然屏障,“桑美”超强台风过境时,处于背风坡的西部地区降雨量明显小于迎风坡的东部地区,使得泥石流呈群发趋势既是这种现象。即泥石流的分布规律具有明显的地形斜坡坡向的影响。

3.4 水系分布规律

泥石流分布的水系规律有沿水系河谷,且各水系分布不均匀。从泥石流在8大水系的分布图上看,浙江省内泥石流在各水系分布呈现明显的不均匀性,且几乎所有的泥石流沟都是沿大的河流切割的谷地分

布,即各水系流域内泥石流的分布集中于相对高差大和山坡陡峻的河谷地带。主要在钱塘江水系和瓯江水系,其中钱塘江水系流域面积最大,分布泥石流条数最多,钱塘江水系分布的泥石流约占泥石流总数的40%,瓯江水系分布的泥石流占泥石流总数的约25%,其次为飞云江水系,分布的泥石流约占泥石流总数的8%,其余几个水系分布泥石流较少。此外泥石流分布有随着相对高差减小、沟床比降和山坡变缓、切割程度变浅分布密度逐渐变小,甚至直至完全消失的趋势,即泥石流分布在各大水系流域的支流的上游部位。

3.5 随降水量空间变化的分布规律

浙江台风、强降雨或暴雨对泥石流的发生具有明显的控制作用,降雨量多,降雨强度大的区域泥石流分布密度明显高。台风区泥石流分布集中,坡面泥石流较发育,梅雨区和台梅兼容区泥石流分布较为均匀,泥石流类型以沟谷泥石流为主。就各区泥石流发育的规模来看,中等以上规模泥石流主要分布在台梅兼容区,其次为梅雨区,台风区发育的中等规模以上的泥石流数7处,泥石流在各降雨区的这种分布特征与3大降雨区不同的降雨特征有明显的相关性,台风影响区降雨强度大历时短,泥石流易于在短时间聚集松散物源,常常群发,因此,泥石流分布密度大,多发坡面泥石流,但规模较小,相反,梅雨控制区降雨多有前期降雨量的连续性降雨,降雨历时长,雨量的缓慢渗透,使更多的松散物源的含水量趋于饱和,因此,导致这一区域泥石流的规模偏大。

4 泥石流时间分布规律

4.1 泥石流发生的年内变化

浙江省受梅雨、台风交替变化的降雨形态的控制,暴雨的年内分布往往呈现双峰现象,即暴雨、大暴雨频次最高发生在6月和9月。与降雨密切相关的泥石流的发生也呈现明显的双峰现象(图2),6月和8—9月的泥石流数量明显偏多。前峰主要受梅雨降雨的影响,由于梅雨降雨强度通常会小于台风降雨,因此,受强降雨控制的泥石流地质灾害发生数量相对少,后峰受台风降雨的影响,超强降雨次数多,强度大,尤其在沿海山地迎风坡特大暴雨发生几率高,因此,泥石流地质灾害群发,发生数量急剧增加,据不完全统计,发生在6—9这4个月的泥石流灾害约占该统计泥石流灾害的90%以上,6—7月为一个峰值,8—9月为一个峰值,发生月份最多的为8月,其次为9月份,8—9两月份泥石流占统计泥石流总数的约68%。

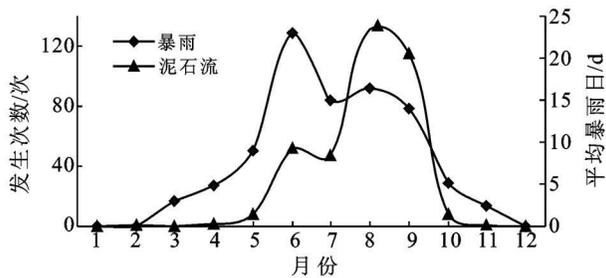


图2 浙江省泥石流发生次数随暴雨发生日数呈双峰现象

4.2 泥石流发生的年周期规律

泥石流的发生受暴雨、洪水的影响明显,当暴雨、洪水两者的活动周期相叠加时,常常形成泥石流活动的一个高潮。如浙江省发生全省性范围较广,灾害较严重的大洪水有1954, 1955, 1962, 1994, 1997, 1999, 2004年等年份,而1962, 1994, 1997, 1999, 2004年也为泥石流灾害较为严重的峰值年。

据浙江省历年泥石流统计资料显示,建国以来,省内发育的泥石流灾害大致呈现强弱交替的周期性变化(图3),20 a前,泥石流灾害较为严重的峰值年周期较长,每个周期大约7~10 a,近20 a来,泥石流周期缩短,泥石流峰值年出现的周期大致为3~5 a,不过,需要说明的是,这种结果受有限统计资料的影响不完全准确。

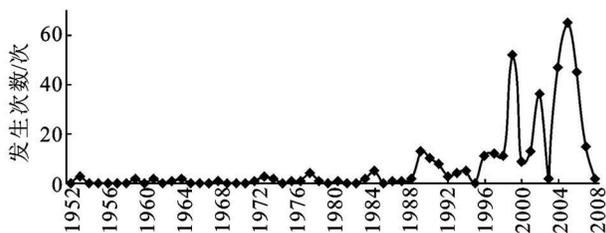


图3 浙江省泥石流年周期规律

5 结论

浙江省内泥石流类型特征主要有沟谷型泥石流多、泥石流规模小、危害程度大,滑坡、崩塌转化型等;

区内泥石流的分布具有一定的规律性和区域差异性。主要表现在行政区划上泥石流主要分布在杭州、温州、金华和丽水这4个地级市;泥石流的分布受地形地貌、岩性构造及降水的控制作用明显,泥石流分布的地层年代总体而言随地层由新至老泥石流发生数量有逐渐增大的趋势,泥石流地质灾害发育的构造规律有沿深大断裂发育区域呈带状分布等地质分布特点。在降水上受3种降雨形态的控制具有较大的差异,台风区泥石流分布集中,坡面泥石流较发育,梅雨区和台梅交界区泥石流分布较为均匀,泥石流类型以沟谷泥石流为主。同时,受梅雨及台风交替控制下的暴雨年内分配具有明显的“双峰”的影响,泥石流的年内变化也呈“双峰型”。

[参 考 文 献]

- [1] 浙江省地质矿产局. 浙江省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989: 67-120.
- [2] 浙江省水文地质工程地质大队. 浙江省区域水文地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1995: 122-150.
- [3] 浙江省地质矿产研究所. 浙江省地质环境调查与评价[R]. 杭州: 浙江省地质矿产研究所, 1999: 36-54.
- [4] 国土资源部. 泥石流灾害防治工程勘察规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006: 35-80.
- [5] 康志成, 李焯芬, 马嵩乃, 等. 中国泥石流研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 45-110.
- [6] 唐邦兴. 中国泥石流[M]. 河北: 商务印书馆, 2001: 56-70.
- [7] 钟敦伦. 北京山区泥石流[M]. 河北: 商务印书馆, 2004: 49-90.
- [8] 浙江省国土资源厅. 浙江省萧山区小流域泥石流地质灾害调查与评价报告[R]. 杭州: 浙江省地质调查队, 2008: 25-36.
- [9] 浙江大学. 浙江省余杭区小流域泥石流地质灾害调查与评价报告[R]. 2008: 23-25.
- [10] 浙江省地质矿产研究所. 浙江省富阳市小流域泥石流地质灾害调查与评价报告[R]. 杭州: 浙江省地质矿产研究所, 2008: 34-56.