

DOI:10.16788/j.hddz.32-1865/P.2018.01.009

引用格式:刘明军,周明浪,张育志,等. 浙江泰顺县台风“苏迪罗”期间地质灾害发育特征[J]. 华东地质,2018,39(1):66-72.

浙江泰顺县台风“苏迪罗”期间地质灾害发育特征

刘明军¹,周明浪²,张育志³,张泰丽⁴

(1. 泰顺县地质环境监测站,泰顺 325500; 2. 温州市地质环境监测站,温州 325027;
3. 浙江省第十一地质大队,温州 325006; 4. 中国地质调查局南京地质调查中心,南京 210016)

摘要: 2015 年第 13 号台风“苏迪罗”造成浙南地区重大损失。文章以重灾区泰顺县为例,根据应急调查结果和现场踏勘情况,通过统计及对比分析,认为泰顺县因“苏迪罗”台风暴雨诱发的地质灾害发育特征为:时空分布不均匀,集中分布在仕阳镇;多发生在台风登陆前 3 小时和登陆后 6 小时;具群发性,以滑坡(浅层土质)为主,虽多为小型,但危害较大;多发生在构造侵蚀低山丘陵区,地形坡度为 $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$,以第四系残坡积层及晚侏罗世西山头组(J_3x)火山岩为主。地质灾害与罕见的台风暴雨直接相关,与不规范的人为活动密切相关。预测了泰顺县地质灾害发展趋势,结合当地实际提出了“分级管理和分类治理”的防治建议。

关键词: 台风“苏迪罗”;地质灾害;发育特征;泰顺县;浙江

中图分类号: P694

文献标识码: A

文章编号: 2096-1871(2018)01-066-07

2015 年第 13 号台风“苏迪罗”于 7 月 30 日在西北太平洋洋面生成,8 月 2 日 14 时加强为台风级,8 月 3 日 14 时加强为超强台风,8 月 7 日 4 时在台湾省花莲县沿海首次登陆,8 月 8 日 22 时在福建省莆田市秀屿区沿海二次登陆,登陆时中心附近最大风力 13 级。根据泰顺县气象台数据,8 月 7 日 8 时—8 月 10 日 8 时,全县面平均降雨量为 389.6 mm,8 月 8 日单日降雨量达 300~500 mm。浙江省气候中心监测分析,此次台风暴雨为 100~120 年一遇。该县 10 个乡镇均出现不同程度的灾害,受灾人数为 25.8 万人,因灾死亡 1 人,造成直接经济损失 5.6 亿元。经评估,气象致灾条件风险等级为特重等级。受台风“苏迪罗”强降雨影响,泰顺县发生多处崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害,是浙南地区受灾最严重的 3 个县之一。

目前,针对台风“苏迪罗”的研究主要集中于台风移动路径、暴雨洪水、台风灾害等,针对其诱发的地质灾害研究较少。本文以地质灾害重灾区泰顺县为研究对象,结合台风“苏迪罗”造成的灾后现场

调查结果,收集气象、地质、人口等资料,对台风暴雨期间地质灾害的时空发育特征及成因进行研究,为地方政府地质灾害防治工作提供参考。

1 地质环境特征

泰顺县位于浙南山区,面积约 1 761 km²,下辖 9 镇 1 乡。该县属亚热带海洋型季风气候,年平均降雨量 2 000 mm,主要集中于每年 5—6 月梅雨期和 7—9 月台风期,台风期受登陆浙闽沿海台风影响严重。区域以构造侵蚀低山丘陵为主,主要出露早白垩世火山—沉积岩系,其中分布最广的是晚侏罗世西山头组(J_3x),岩性为流纹质玻屑凝灰岩、流纹质晶屑玻屑熔结凝灰岩夹凝灰质砂岩、凝灰质粉砂岩。第四系主要分布于山间盆地、大溪流两侧及较平缓的山坡,残坡积物(Q^{el-de})厚度为 0.5~5 m,以灰褐色含碎石粘性土或含粘性土碎石为主,碎石含量为 5%~10%,粒径为 0.5~2 cm。区内中生代燕山晚期岩浆活动强烈,侵入岩大多呈 NNE 向展布,以正长花岗岩出露最广。该区地质构造属浙东南

* 收稿日期:2017-01-03 修订日期:2017-04-07 责任编辑:谭桂丽

基金项目:中国地质调查局“浙江省飞云江流域调查(编号:DD20160282)”项目资助。

第一作者简介:刘明军,1984 年生,男,工程师,主要从事地质灾害防治工作。

褶皱带,位于温州—临海拗陷及泰顺—温州断拗南部^[1],泰顺—黄岩大断裂贯穿全区,宽约 20 km,走向为 40°~65°,一般倾向为 NW,倾角为 40°~80°,节理以 NW 向、NE 向为主,多出现在断裂两侧,倾角为 70°~90°。受地形限制,当地切坡建房、公路开挖、弃土堆渣及垦造耕地等破坏山体的人类工程活动频繁,在强降雨作用下,极易发生地质灾害。至 2015 年,区内共发生地质灾害 127 处,现有地质灾害隐患点 169 处^[2]。

2 台风“苏迪罗”暴雨特征

2.1 台风强度及移动特征

台风“苏迪罗”具有强度大、影响范围广、持续时间长和移动方向、速度稳定的特点。台风在 7 月 30 日生成后迅速加强为超强台风,主体以 20 km/h 的速度向西偏北方向移动,8 月 7 日以强台风级登陆台湾,8 月 8 日以台风级登陆福建沿海。由于泰顺县位于台风“苏迪罗”移动路径北侧,逆时针旋转的台风云团受浙南山地阻挡,8 月 7 日—10 日全县普降暴雨,并在县域南部和北部形成 2 个暴雨中心。台风“苏迪罗”为近年来影响泰顺县的台风中小时雨强最强、面雨量最大的台风^[3]。

2.2 降雨特征

根据气象资料,8 月 7 日 8 时至 8 月 10 日 8 时,泰顺县面平均降雨量为 389.6 mm,单站过程雨量有 4 个站点超过 600 mm,7 个站点超过 500 mm,13 个站点超过 400 mm,36 个站点超过 300 mm,县城 24 小时降雨量达 256.5 mm(图 1),经浙江省气候中心监测分析达 100~120 年一遇^[4]。台风“苏迪罗”带来的 1—24 小时雨强均为建站以来最大,最大雨强时段集中在台风二次登陆前后 9 小时内(8 日 20 时—9 日 5 时),且降雨区域主要集中在仕阳、雅阳、泗溪等乡镇。

2.3 风力特征

台风“苏迪罗”期间泰顺县普遍出现 8 级以上大风,持续达 3 小时。过程极大风力:月湖、卢梨 12 级;翁山、万排、九峰、松垌、龟湖、国岭、彭溪、联云、西岙 11 级;横坑、雅阳、泗溪、三魁、大安 10 级。

3 地质灾害发育特征

根据台风“苏迪罗”(8 月 8 日—8 月 9 日)地质灾

害应急调查结果,泰顺县共发生地质灾害 81 处,造成 1 人死亡,5 人受伤,直接经济损失达 4 118 万元^[5]。

3.1 地质灾害类型

主要包括崩塌、滑坡、泥石流等,以滑坡为主,共有 74 处,占 91%;泥石流 4 处,占 5%;崩塌 3 处,占 4%。

3.2 地质灾害规模

查明的地质灾害规模均以小型为主,滑坡、崩塌规模一般 <1 000 m³,少数 >30 000 m³,泥石流规模均 <2 000 m³。

3.3 地质灾害形态

滑坡平面多呈圈椅形或横长形;滑面多为残坡积层及全风化层内错动带,占 68%;其次为松散土层与基岩接触界面,占 22%;基岩节理面及人工填土层各占 5%;滑体厚度多为 1~5 m;主滑方向与坡向基本一致,120°~200°较为集中,占 46%。

3.4 地质灾害滑体物质

研究发现泰顺县较易发生浅层滑坡^[6-7]。本次台风引发的滑坡、崩塌体及泥石流堆积物主要由残坡积土层及全风化基岩构成,以含碎石粉质粘土为主,部分为夹砾(块)石砂状土或人工填土。大部分岩体风化程度为强风化,节理裂隙较发育,岩土体多呈粘土状,表层土体易被雨水冲刷,工程地质条件较差,区内灾害以浅层土质滑坡为主,岩质滑坡、崩塌极少。

3.5 地质灾害分布特征

3.5.1 地域分布特征

台风“苏迪罗”诱发的地质灾害在地域上分布极不均匀。在仕阳镇高度集中爆发,其余乡镇零星发生,其中仕阳镇查明地质灾害 65 处,占 80%;罗阳镇查明地质灾害 5 处,占 6%;筱村镇查明地质灾害 5 处,占 6%;三魁镇查明地质灾害 3 处,雅阳镇查明地质灾害 2 处,百丈镇查明地质灾害 1 处(图 2),泗溪、彭溪、司前、竹里等 4 个乡镇无灾(险)情。台风“苏迪罗”诱发的地质灾害具有群发性,符合《全国地质灾害防治“十二五”规划》划定的“浙闽赣丘陵山地群发性滑坡重点防治区”^[8]。

3.5.2 地形地貌对地质灾害空间分布的影响

以滑坡、崩塌为例,台风“苏迪罗”诱发的地质灾害具有以下特征。

自然地形地貌分布特征:在地势上,地质灾害主要分布在高程 300~700 m 之间,占 95%,尤其集

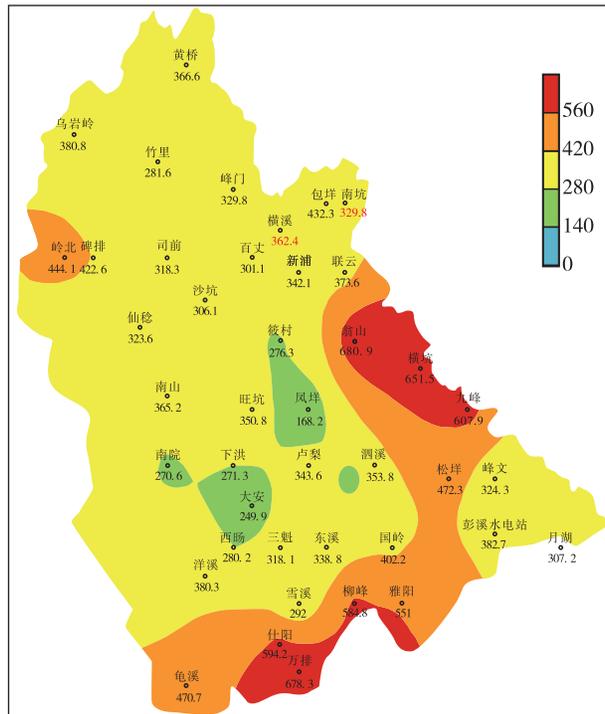


图1 泰顺县台风“苏迪罗”过程降雨量图

Fig. 1 Map showing the rainfall amount of Taishun County during typhoon “Soudelor”

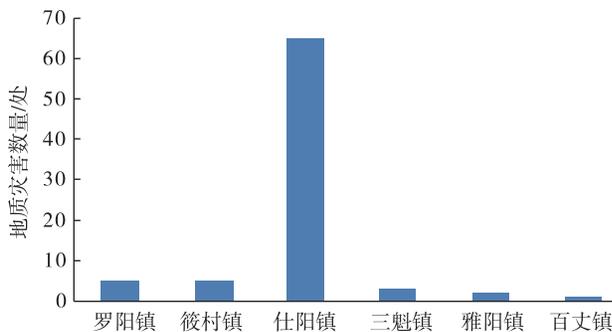


图2 泰顺县各乡镇地质灾害数量分布直方图

Fig. 2 Histogram showing the distribution of geological hazards in various towns, Taishun County

中在 400~600 m, 占 54%; 在地貌上, 地质灾害主要分布在构造侵蚀低山丘陵区, 其中低山区占 53%, 丘陵区占 47%, 中山区与河谷平原区均无分布; 在坡度上, 主要集中在 15°~25°, 占 75%, 超过 35° 的陡坡较少。

人造地貌分布特征: 人类工程活动对边坡的改造主要分为边坡开挖和边坡填方 2 种类型, 其中边坡开挖诱发地质灾害数占总数的 91%, 填方边坡诱发地质灾害数占总数的 5%, 同时开挖和填方的边坡诱发地质灾害数占总数的 4%。在坡高上, 地质灾害多集

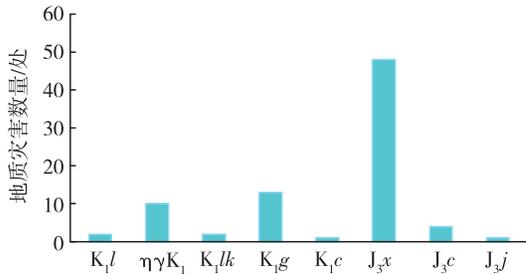
中在高差 6~10 m 之间, 占 71%; 在坡向上, 地质灾害分布较分散, 主要集中在 90°~180°, 占 43%, 且主要位于台风“苏迪罗”路径迎风坡; 在坡度上, 地质灾害主要集中于 60°~70°; 在边坡支护上, 无任何支护措施的地质灾害占 62%, 采取简易支护措施的占 38%, 简易措施包括干砌块石、挡墙支挡等, 普遍存在“墙体单薄、高度不够、基础埋深浅和抗滑力不足”等问题。通过现场调查发现, 采用厚实的浆砌块石挡墙、钢混挡墙则较少出现边坡失稳现象。可知, 建设活动形成的陡立边坡未得到有效支护, 坡体前沿多处于临空状态, 在台风暴雨的激发下, 极易发生边坡失稳, 造成较大人员伤亡及财产损失。

3.5.3 地层岩性对地质灾害空间分布的影响

地质灾害主要物质来源为第四系残坡积层, 多为含碎(块)石粉质粘土, 碎(块)石含量为 2%~20%, 粒径为 1~5 cm, 少数达 30 cm, 硬塑—可塑状, 厚一般为 0.5~2.5 m。

不同工程地质条件发育区地质灾害成灾条件差异明显, 晚侏罗世西山头组(J_3x)、早白垩世馆头组(K_1g)、燕山晚期侵入岩二长花岗岩($\eta\gamma K_1$)、早白垩世茶湾组(K_1c)发育地质灾害占比分别为 59%、16%、12%、5%, 其它地层占比较小(图 3)。

晚侏罗世西山头组(J_3x)岩性为凝灰岩、凝灰质砂岩、粉砂岩等,出露地层全一强风化,全风化层厚为 3~6 m,结构松散,呈粘土或砂土状,强风化层一般厚 2~4 m,呈碎裂—镶嵌结构;早白垩世馆头组(K_1g)岩性为砂岩,出露地段全一强风化,厚 2~10 m,节理裂隙发育,呈碎裂结构;燕晚期侵入岩二长花岗岩($\eta\gamma K_1$),风化严重,结构松散,厚 3~6 m。岩性风化程度高、结构破碎,遇水易软化崩解,抗滑力降低,在强降雨冲刷浸泡条件下,极易发生崩塌、滑坡等地质灾害。



K_1l . 早白垩世洛河组; $\eta\gamma K_1$. 二长花岗岩; K_1lk . 早白垩世岭壳村组; K_1g . 早白垩世馆头组; K_1c . 早白垩世朝川组; J_3x . 晚侏罗世西山头组; J_3c . 晚侏罗世茶湾组; J_3j . 晚侏罗世九里坪组

图 3 各地层地质灾害分布数量图

Fig. 3 Histogram showing the amount of geological hazards occurring in various strata

3.5.4 植被类型对地质灾害空间分布的影响

地质灾害的发生与植被密切相关。统计发现,毛竹种植区发生地质灾害 19 处,杉(松)树区发育地质灾害 11 处,毛竹、杉(松)树种植区发育地质灾害 8 处,杨梅树种植区发育地质灾害 2 处,乔木状植物区发育地质灾害 40 处,占 52%,此类植物的特点是树干修长、枝叶茂盛、根系较浅,台风期间植物顶部被大风剧烈摇晃,根部被雨水持续冲刷,头重脚轻,造成重心不稳,进而带动坡体表层岩土体失稳滑塌,为地质灾害发生的不利因素。

4 台风暴雨诱发地质灾害成因分析

泰顺县地质灾害主要发生在台风暴雨期间。一些学者对台风暴雨诱发的地质灾害进行了研究^[9-10],分析总结了台风暴雨诱发地质灾害的区域、时空分布及成因。根据前人研究成果,结合本次应急调查结果和现场踏勘情况,对台风“苏迪罗”期间诱发泰顺县地质灾害成因分析如下。

受台风“苏迪罗”影响,8月7日8时至8月10日8时,泰顺县面降雨量为 389.6 mm,在南部仕阳镇和北部筱村镇与泗溪镇交界处形成 2 个暴雨中心。区域上,地质灾害主要分布在雨量集中的区域(图 4),台风“苏迪罗”带来的暴雨级别达 100~120 年一遇,

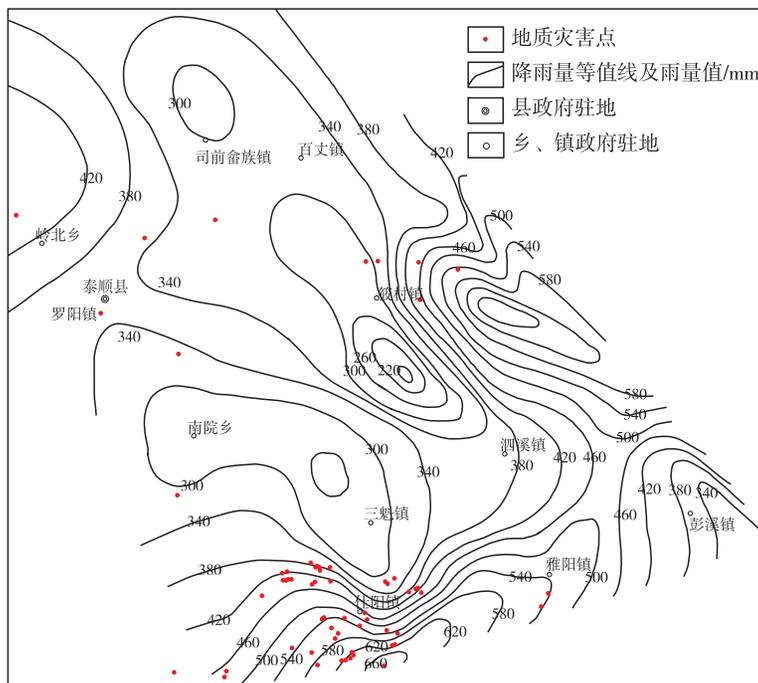


图 4 泰顺县台风“苏迪罗”过程雨量等值线与灾害点分布图

Fig. 4 Rainfall contours and hazard spots distribution during typhoon “Soudelor” in Taishun County

全县发生地质灾害灾(险)情 81 处,位于南部暴雨中心的仕阳镇,灾(险)情数量占全县 80%,辖区内万排(678.3 mm)、仕阳(594.2 mm)、龟湖(470.7 mm)等 3 个站点降雨量均位居全县前 10 位。此外,竹里乡、司前镇、百丈镇、彭溪镇及泗溪镇中南部降雨量相对较小(250~350 mm),地质灾害分布较少,说明地质灾害的发生概率与台风降雨量直接相关,特大暴雨是此次地质灾害群发的主要诱发因素。其次,重灾区仕阳镇万排站、龟湖站的极大风力达 11 级,且持续时间较长,对斜坡上的植被进行反复猛烈摇晃,甚至连根拔起,进而带动边坡表层土体滑动,风力大也是此次地质灾害群发的诱发因素之一。

位于县域北部筱村镇与泗溪镇交界处暴雨中心的翁山(680.9 mm)、横坑(651.5 mm)、九峰(607.9 mm)3 个站点降雨量超过或接近南部仕阳镇,两个区域均以早白垩世西山头组(K_{1x})为主,但筱村镇与泗溪镇交界处未发生地质灾害。分析认为,仕阳镇地质灾害集中多发与人为建设活动破坏山体有关。仕阳镇自上世纪 80 年代开始开采加工辉绿岩,切坡建房、公路开挖、人工填方等活动频繁,山体破坏严重,形成地质灾害隐患。例如,朝阳村滑坡由于坡脚居民建房屋削坡,在台风“苏迪罗”期间发生大规模滑坡,造成 9 间房屋损毁。此外,群众防灾意识差,边坡支护措施简陋。区域内人工边坡普遍较陡,坡脚距离房屋近,由于防灾意识薄弱,多数无支护或支护措施不到位。

台风带来的强降雨是导致灾害发生的最主要原因^[11-13]。泰顺县地质灾害主要发生在台风登陆前后几小时内。据统计,地质灾害发生在台风登陆前共 33 处,占 41%,发生在登陆后共有 48 处,占 59%,主要集中在台风登陆前 3 小时和登陆后 6 小

时内,分别占 33%和 49%(图 5),其它时段分布较少。以仕阳站为例,1 小时降雨量在台风登陆前和登陆后各出现 1 个峰值(图 6),分别是 8 日 20 时和 9 日 5 时,降雨量分别达 51.2 mm 和 71.6 mm,此 2 个峰值出现前后,正是地质灾害集中多发时段,其中仕阳镇 8 日 20—22 时发生地质灾害 24 处,占 37%,地质灾害峰值较 1 小时降雨量峰值滞后出现;9 日 03—05 时发生地质灾害 34 处,占 52%,地质灾害峰值较 1 小时降雨峰值提前出现。虽然整体上地质灾害呈“即雨即滑”^[14-15]趋势,但在台风登陆前,1 小时降雨量达到峰值,2 小时后灾害达到峰值;台风登陆后则相反,灾害峰值在 1 小时降雨量峰值前 2 小时出现。从风力上看,8 日 07 时—9 日 04 时,仕阳站极大风速一直维持高位,风速在 9 日 04 时后迅速降低,地质灾害在到达峰值后随之降低(图 7)。

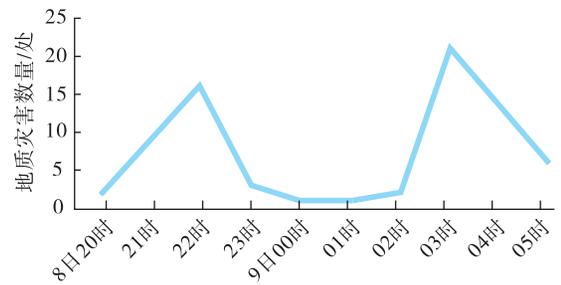


图 5 泰顺县苏迪罗登陆前后各时段地质灾害发生数量
Fig. 5 Amount variation of geological hazards before and after Soudelor landing in Taishun County

5 建议

(1)分类治理。对于规模小、施工简单和治理成本低的地质灾害点,由当地村委会或受益群众根据简易治理方案施实应急排险,县财政予以资金补

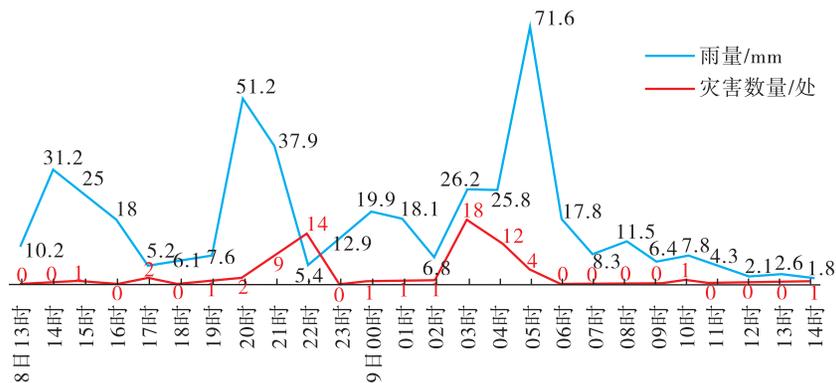


图 6 台风“苏迪罗”期间仕阳镇 1 小时降雨量与地质灾害关系图

Fig. 6 Diagram showing relation between rainfall/1 h and geological hazards in Shiyang Town during typhoon "Soudelor"

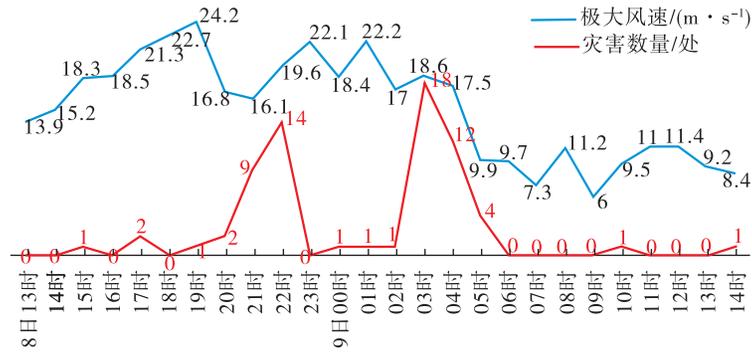


图 7 台风“苏迪罗”期间仕阳镇极大风速与地质灾害关系图

Fig. 7 Diagram showing the relationship between the maximum wind speed and geological hazards in Shiyang Town during typhoon “Soudelor”

助;对于隐患规模<1 000 m³、地质条件一般和治理成本低于 50 万元的地质灾害点,委托有资质的施工单位按应急治理方案实施治理;对于隐患规模大、危害大和治理成本高的地质灾害点实行勘查治理。

(2)分类管理。将规模大、稳定性差的地质灾害点列入地质灾害隐患点,规模一般、稳定性较差的地质灾害点列入重点巡查区,规模小、稳定性好的可不列入监管。

(3)规范人类工程建设活动,加强地灾知识科普宣传,提高安全意识,尽量少破坏山体,采取有效的边坡支护措施。

6 结 论

台风“苏迪罗”暴雨诱发泰顺县地质灾害具有群发性、规模小、危害大等特征,地质灾害类型以浅层土质滑坡为主;地层岩性上,主要集中在早白垩世西山头组(K₁x);地域上分布不均,高度集中在仕阳镇;时间上主要发生在台风登陆前 3 小时和登陆后 6 小时内,特大暴雨是最主要的诱发因素,持续的大风也具有一定影响。此外,切坡建房、边坡无支护或简单支护、种植毛竹杉树等人类活动,也与地质灾害的形成密切相关。

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, 1989:4-9.
 [2] 袁民豪,吴昌懂,王邦贤,等. 浙江省泰顺县农村山区地质灾害调查评价报告[R]. 温州:浙江省第十一地质

大队, 2015:3.

[3] 叶语红,林丽宣,姚林塔. 2015 13 号超强台风“苏迪罗”路径突变原因分析[J]. 农村经济与科技, 2016, 37(6):16-17.
 [4] 季晓云,张庆曹,厉海斌. 台风“苏迪罗”暴雨洪水浅析[J]. 水利科技与经济, 2016, 22(3):54-56.
 [5] 洪伟,刘冬,唐军,等. 泰顺县 2015 年 13 号台风地质灾害应急调查报告[R]. 温州:浙江省第十一地质大队, 2015. 8.
 [6] 俞火明,何建友. 浙江省滑坡地质灾害发育规律研究[J]. 工程地质学报, 2008, 16(Z):208-211.
 [7] 范浩敏,王玉敏,沙晶,等. 浙江省泰顺县地质灾害形成条件初探[J]. 地下水, 2016, 39(3):213.
 [8] 国土资源部关于印发《全国地质灾害防治“十二五”规划》的通知[J]. 国土资源通讯, 2012(21):21-31.
 [9] 薛源,赵其华. 温州地区台风引发地质灾害影响因子分析[J]. 灾害学, 2014, 29(2):72-76.
 [10] 崔星,袁丽侠,陆彦俊. 台风诱发滑坡灾害的机理[J]. 自然灾害学报, 2010, 19(2):80-84.
 [11] 麻士华,李长江,孙乐玲,等. 浙江地区引发滑坡的降雨强度-历时关系[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2011, 22(2):20-25.
 [12] 陈宏凯,魏来,谭玲. 降雨型滑坡经验性降雨阈值研究综述[J]. 重庆交通大学学报, 2012, 31(5):990-996.
 [13] 高华喜,殷坤龙. 降雨与滑坡灾害相关性分析及预警预报阈值之探讨[J]. 岩土力学, 2007, 28(5):1055-1060.
 [14] 刘艳辉,唐灿,李铁峰,等. 地质灾害与降雨型的关系研究[J]. 工程地质学报, 2009, 17(5):656-661.
 [15] 刘艳辉,温铭生,苏永超,等. 台风暴雨型地质灾害时空特征及预警效果分析[J]. 水文地质工程地质, 2016, 43(5):119-126.

Development features of geological disasters in Taishun County, Zhejiang Province during typhoon “Soudelor”

LIU Ming-jun¹, ZHOU Ming-lang², ZHANG Yu-zhi³, ZHANG Tai-li⁴

(1. Taishun Station of Geo-Environmental Monitoring, Taishun 32550, China; 2. Wenzhou Station of Geo-Environmental Monitoring, Wenzhou 325027, China; 3. No.11 Geolpical Party of Zhejiang Province, Wenzhou 325006, China; 4. Nanjing Center, China Geological Survey, Nanjing 210016, China)

Abstract: The 13th Typhoon “Soudelor” in 2015 had caused a huge loss in southern Zhejiang Province. This study takes Taishun County, the severest hit area as an objective to analyze development features of geoharazds caused by rainstorm during Soudelor, based on emergency survey result and field survey check. In this County, geological hazards showed uneven distributions in both space and time, mainly concentrating in Shiyang Town, and usually took place 3 hours before or 6 hours after the landfall. Geoharazds are mainly landslides in shallow soils, although small in size but fairly dangerous. They occur mostly in erosional hilly areas with topographic slopes between $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$, which consists mainly of Quaternary residual bases and Late Jurassic Xishantou Formation (J_3x). The geological hazards are directly related to unusual typhoon rainstorms, as well as irregular human activities. At last, the authors predict the developing tendency of geological hazards in Taishun County, and put forward the prevention advice of “graded management and classified governance”.

Key words: typhoon “Soudelor”; geological hazards; development characteristics; Taishun County; Zhejiang Province