

文章编号:1671-4814(2010)03-221-09

# 江西省婺源县地质灾害现状与形成机制研究\*

张爱华

(江西省地质调查研究院,南昌 330030)

**摘要:**婺源县是具有悠久历史的古县,也是江西省著名的旅游胜地。本文对其地质灾害现状与形成机制作了深入研究,为有计划地开展地质灾害防治,减少灾害损失,保护人民生命财产安全提供了技术依据。

**关键词:**地质灾害;形成机制;婺源

**中图分类号:**X14

**文献标识码:**A

## 1 自然环境特征

婺源县属江西省上饶市管辖,地处江西省东北边陲,皖、浙、赣三省结合部。地理范围:东经 $117^{\circ}21'56.6''\sim 118^{\circ}12'13.7''$ ,北纬 $29^{\circ}01'43.3''\sim 29^{\circ}34'39.3''$ ,东西长83 km,南北宽54 km,面积 $2\,947.51\text{ km}^2$ 。“景一婺一黄”高速公路与“景一婺一常”高速公路,构筑成婺源县与外省,特别是长江三角洲地区的快速通道。

### 1.1 气候条件

婺源县属亚热带东南季风气候,温暖湿润,四季分明。多年平均气温 $16.7^{\circ}\text{C}$ ,年最大降水量出现在1998年,为3036.8 mm,年最小降水量出现在1978年,为1124.5 mm(年份范围为1957~2006年)。年降雨量、雨日均与地形高程成正比关系,西南部向东北部递增,年内降水量在时间上的分布季节性明显。

### 1.2 地貌条件

县域地形以中低山、丘陵为主,地域略呈椭圆形。境内山峦起伏,群山纵横,地势由北东向西南倾斜。境内最高山峰为擂鼓尖山,海拔1629.8 m,系赣皖两省界山。许村镇小港河床海拔高程33 m,为全县最低点。根据地貌形态及成因可划分为五种地貌类型:侵蚀构造中低山地貌、侵蚀剥蚀丘陵地貌、剥蚀堆积低丘垄岗地貌、碳酸岩岩溶地貌、侵蚀堆积河谷平原。

### 1.3 岩石类型及分布

区内以变质岩为主,沉积岩较少,岩浆活动微弱:变质岩面积 $2\,568.49\text{ km}^2$ ,占全县总面

\* 收稿日期:2010-01-14

第一作者简介:张爱华(1959~)女,从事水文地质、工程地质、环境地质工作。

积的87.14%，主要为变余砂岩、板岩、硅质岩等，分布在县境大部分地区，构成山地主体；沉积岩面积201.57 km<sup>2</sup>，占全县面积的6.84%，主要有碳酸盐岩、碎屑岩、红色碎屑岩，前两者常组合出露在镇头至赋春、中云、戴村一带，构成丘陵、岗地；岩浆岩面积177.45 km<sup>2</sup>，占总面积的6.02%，可分为燕山期和加里东期花岗岩，前者主要分布在北部和东北部的阆山和大鄣山等地，后者主要分布在南东部的江湾镇境内，风化剥蚀强烈，构成中低山及丘陵。

#### 1.4 地质构造

调查区属于扬子准地台江南台隆之官帽山台拱的一部分，北与浙西—皖南台褶毗邻，南东与下扬子—钱塘台拗之弋阳—玉山台陷相连。区内构造变形十分强烈，构造面貌复杂。基底构造以强烈的塑性变形为主，形成一系列北东向紧密线状褶皱，局部发生倒转并形成一系列规模较大的韧—脆性断裂。区内盖层不发育，仅局部出露石炭系小型单斜盆地，中生代以后出现一些向斜断陷盆地。

#### 1.5 新构造运动

调查区进入古近纪以来，构造运动减弱趋缓，地壳一般处于相对稳定状态，新构造运动表现为继承性的抬升为主，以区域性的地壳抬升、河流下切为其特色，奠定了县域内东高西低的构造地貌之基本轮廓。

更新世时期，以乐安江为主体的各级水系，纵横迂回于崇山峻岭之间，沿其古河道与漫滩区段，形成了以砂砾及细纹状红土为主的冲洪积相沉积；在地壳抬升的过程中，更新世地层中偶尔有一些小断层形成；全新世以来，地壳活动较弱，地壳趋于平稳抬升，现代山川地貌已趋完成。

## 2 自然资源

### 2.1 水资源状况

县域内河流属饶河水系，也是乐安河发源地，流域面积150 km<sup>2</sup>以上的河流有：段莘水、清华水、小港水、高砂水、中云水和赋春水，总集水面积2404.4 km<sup>2</sup>，河流总长370.1 km，河流天然落差146~652 m不等，各河均由北东流向南西，注入乐安江，蜿蜒向西汇入鄱阳湖。婺源县水利水电设施较完善，蓄水工程以水库、水塘为主，总蓄水量2.08亿m<sup>3</sup>。地表径流量与降水量之间具有明显的同步相关关系。

### 2.2 土地资源

婺源县于1993年被列为全国51个生态农业试点县之一，全县分为三个生态农业区域，东北部为生态林业区，中部为生态茶果区，西南部为粮牧渔业生态区。截至2006年末，全县共有农业人口27.955万，耕地面积1.76万hm<sup>2</sup>，主要农作物有粮食、油料、茶叶、水果等，是一个“八分半山一分田，半分水路和庄园”的典型江南山区县。

### 2.3 植被资源

县域内植被以典型的亚热带常绿阔叶林和针阔混交林为主，在低山丘陵区主要有马尾松、湿地松、杉、油茶、和毛竹等树种。山腰以下部分种有柑橘、梨、板栗、茶叶等经济果木林。房前屋后，公路、渠道两旁泡桐、桉树、苦楝、樟树、玉杨等零星分布，全县植被覆盖率约80%。

### 3 地质灾害状况

#### 3.1 地质灾害现状

婺源县地质灾害类型有崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷。本次共调查和发现地质灾害点及灾害隐患点共357处,其中滑坡点209处,崩塌点21处,泥石流点2处,地面塌陷10处,不稳定斜坡点115处(表1)。以县境北东部的段莘乡、溪头乡,中部的秋口镇地质灾害最为发育,其次为镇头镇、许村镇。县域内1968年发生的地质灾害造成278间房屋损毁。有1人在灾害中死亡,1人受伤,直接经济损失202.06万元;有2208人受地质灾害的威胁,受威胁的财产折算成经济损失总计达1460.35万元。

表1 婺源县地质灾害调查点类型及数量一览表

Table 1 Quantities and types of geologic disaster investigation sites in Wuyuan County

调查点类型	滑坡	崩塌	泥石流	地面塌陷	不稳定斜坡
分类统计(处)	209	21	2	10	115
所占比例(%)	58.5	5.9	0.6	2.8	32.2

在已发生的地质灾害中,以滑坡为主,其它灾种较少。从灾害规模来看,中型的1处,其余均为小型。随着人口的增长,经济的发展,人为活动已经成为引发地质灾害的重要因素。

#### 3.2 地质灾害形成机制

##### 3.2.1 自然因素

###### (1) 地形地貌因素

对已发生的崩滑灾点进行统计分析表明,区域地貌形态决定着县内崩滑流灾害的总体分布趋势,微地貌则与其发育特征密切相关:从灾点数量看,北东部中低山区残坡积层较厚有1~10 m,且松散破碎,地质灾害发育强度较高,西南部丘陵区次之;从灾种分析,中低山区滑坡较多;丘陵及岗埠区灾害种类较齐全,山间河谷平原则以土质崩滑居多(表2)。

表2 婺源县各地貌类型崩塌、滑坡灾害分布统计表

Table 2 Statistics of distributions of different geomorphic type collapse and landslide disaster in Wuyuan County

地貌类型	中低山	丘陵及岗埠	河谷平原	总计
分布面积(km <sup>2</sup> )	1786.20	1087.38	73.93	2947.51
崩塌(处)	11	9	1	21
滑坡(处)	106	96	7	209
泥石流(处)	1	1		2
地质灾害总计(处)	118	106	8	232
百分比(%)	50.9	45.7	3.4	100.0

崩滑流灾害发生与人为活动因素有关,200~300 m 标高地区人口密集、人为活动较多,灾害发生频率较高。

自然斜坡的坡高、坡度与崩塌、滑坡发育形成呈正相关。坡高小于10 m,坡度小于或等

于 $15^\circ$ ,边坡基本上呈稳定状态,崩滑灾害较少;当坡高大于15 m,坡度大于 $20^\circ$ 时,崩滑灾害较多。这是由于斜坡高差越大、坡度越陡,则滑坡的势能就越大。坡面形态也是影响崩滑发育的一个重要因素,崩滑中前缘呈凸形坡居多,而阶状坡最少,平直与凹形坡介于二者之间。凸形坡控滑面以上的岩土体体积较大,下滑力则较大,加之凸坡附近的坡脚建房多,切坡形成临空面时易产生崩滑(表3)。

表3 婺源县斜坡坡高、坡度与崩塌、滑坡对应关系统计表

Table 3 Statistics of corresponding relations of slope heights and grades with collapse and landslide disasters in Wuyuan County

地形因素	自然坡高(m)				自然坡度( $^\circ$ )				自然坡形				
	<10	10~15	$\geq 15$	合计	<15	15~20	$\geq 20$	合计	凸形	平直	阶状	凹形	合计
崩滑数(处)	53	94	83	230	8	23	199	230	150	52	12	16	230
百分比(%)	23.0	40.9	36.1	100	3.5	10.0	86.5	100	65.2	22.6	5.2	7.0	100

### (2) 岩土体类型因素

岩土体岩性决定了岩土体的物理力学特征<sup>[1]</sup>,不同的岩性,地质灾害的类型和发育程度存在明显差异。县内变质岩分布区地质灾害最为发育,其余岩土体分布区则较少(表4)。变质岩中变余长石石英砂岩抗风能力较强,岩层中节理裂隙发育;板岩、千枚岩抗风化能力较差,风化层厚度一般为2~5 m,最厚处可达10 m,由松散粘土夹碎石块构成,降雨时下渗水沿强风层和弱风化层之间顺坡径流,使岩土之间的摩擦力及粘聚力降低,在自身重力作用下,残坡积层易顺界面下滑。

表4 婺源县各岩土体类型崩塌、滑坡、泥石流地质灾害分布统计表

Table 4 Statistics of distributions of different rock and soil type collapse, landslide and mud-rock flow geological disasters in Wuyuan County

类型	变质岩类 (B)	松散土体 (Q)	碳酸盐岩类 (T)	岩浆岩类 (Y)	碎屑岩类 (S)	总计
分布面积(km <sup>2</sup> )	2568.49	43.93	73.75	177.45	83.89	2947.51
崩塌(处)	18	1	0	2	0	21
滑坡(处)	195	3	4	6	1	209
泥石流(处)	2	0	0	0	0	2
地灾总计(处)	215	4	4	8	1	232
百分比(%)	92.8	1.7	1.7	3.4	0.4	100.0

### (3) 地质构造因素

地质构造也是影响地质灾害发生的一个重要因素<sup>[2]</sup>。在本县,沿北东向断裂组和北北东向断裂带两旁,山坡坡度一般较大,崩塌、滑坡往往集中发育,且沿断裂走向呈线状展布。断裂带附近岩石破碎,易于风化,残坡积土层厚度大。断裂带附近裂隙较为发育,有利于大气降水的人渗和地下水的运移,为地质灾害的发生提供动力条件。

### (4) 斜坡控滑结构特征因素

本次调查的崩滑地质灾害,多发育在岩土混合斜坡中,控滑结构面主要为覆盖层与基岩接触面,其次为节理裂隙面。从已发生的崩滑灾点中的230处统计,覆盖层与基岩接触面为

控滑面的灾点195处,占84.8%,节理裂隙面为控滑面的灾点18处,占7.8%,层内错动带为控滑面的灾点10处,占4.3%,老滑面为控滑面的灾点6处,占2.6%,层理面为控滑面的灾点只有1处,这是由于岩层软弱相间,在坡陡或坡脚临空地段,风化残坡积层常顺软弱结构面蠕变下滑,产生弧形张裂。当雨水沿张裂渗入时,在浅层地下水渗透压力等作用下,沿土体与基岩接触面形成滑坡。

另外,斜坡的控滑结构面倾向与自然坡向顺向时,斜坡稳定性较差。

(5)残坡积层特征、土质因素

残坡积层的岩性结构、厚度等因素往往控制崩滑灾害的发育程度。变质岩及岩浆岩分布区的表层多为含碎石粘土,厚度大多1~5 m,少数达10 m,土质松散,结构零乱,内摩擦角一般小于粘性土<sup>[3]</sup>,改变了岩土体的力学平衡,有利地表水入渗<sup>[4]</sup>,导致滑坡、崩塌产生。

在调查到的132处残坡积碎石粘土及土质崩滑中,从覆盖厚度分析,厚度在1 m以上时易发生崩滑,厚度在1 m以内崩滑较少。土层厚度在1 m内的11处,占8.3%;1~3 m的113处,占85.6%;3 m以上的8处,占6.1%(表5)。

表5 覆盖层厚度与崩滑相关统计表

Table 5 Statistics of correlations of cover layer thicknesses with collapse and landslide disasters

土层厚度(m)	<1	1	1.2	1.3	1.5	2	2.5	3	4	5	7	8	10	总计
灾点数(处)	11	16	14	6	23	34	11	9	3	2	1	1	1	132
百分比(%)	8.3	12.1	10.6	4.5	17.4	25.6	8.3	6.8	8.4	2.2	0.8	0.8	0.8	100

(6)降雨因素

降雨是县内地质灾害形成的最重要的诱发原因,崩滑流受其影响显著。全县已发生的232处崩滑流灾点,均由降雨入渗诱发产生。

降雨影响主要表现在三个方面:一是雨水漫流,浸入坡体内造成较高的孔隙水压力<sup>[5]</sup>,增加了坡体自重,加大了土体下滑力;二是雨水浸入坡体所造成土体饱和后,产生地下水浮托力,降低了滑带抗滑力;三是雨水渗入坡体后,使岩土体软化,凝聚力降低、内摩擦角减小,同时润滑软弱结构面,促使坡体崩滑。在崩滑现象较多、沟谷发育的低山区,崩滑土体淤堵沟谷,在暴雨面流作用下转化成泥石流。通过对县内崩滑流与降雨的对比分析,降雨与崩滑流的发生具有明显一致性。日降雨量及降雨集中程度则是诱发崩滑流的关键要素。

从县内崩滑流发生的年分布特征看,丰水年高于枯水年;从崩滑流的月份分布特征看,月降雨量与崩滑流发生具有较好的一致性,绝大多数灾害发生在汛期(4-6月份)。6月的多年的月均降雨量达376.7mm,该月灾害占崩滑流灾害总数的37.7%(表6)。1998年7月份的

表6 月降雨量与崩滑流灾害相关性分析表

Table 6 Analysis of correlations of monthly rainfall amounts with collapse, landslide and mud-rock flow disasters

月份	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一	十二	合计
月均降雨量(mm)	85.2	127.9	206.2	257.4	265.0	376.7	219.6	130.8	96.7	85.9	62.2	51.6	1962.2
灾点数(处)	2	0	1	8	37	86	84	2	1	0	7	1	228
百分比(%)	0.9	0	0.4	3.5	16.2	37.7	36.8	0.9	0.4	0	3.1	0.4	100
备注	灾害点数以调查到有准确发生时间的228处灾害点统计,月平均降雨量为1957-2006年平均值。												

特大降雨导致大量的地质灾害发生,全月降雨达 970.4mm,为百年一遇,仅这一个月发生地质灾害 50 处,占全部灾害点的 21.9%(表 7)。

表 7 1998 年月降雨量与崩滑流灾害相关性分析表

Table 7 Analysis of correlations of monthly rainfall amounts with collapse, landslide and mud-rock flow disasters in 1998

月 份	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一	十二	合计
降雨量 (mm)	251.3	144.6	210.8	250.1	243.6	682.3	970.4	126.3	64.6	36.0	26.5	30.3	3036.8
灾点数(个)	0	0	0	1	1	15	50	1	0	0	0	0	68
百分比(%)	0	0	0	1.5	1.5	22.0	73.5	1.5	0	0	0	0	100

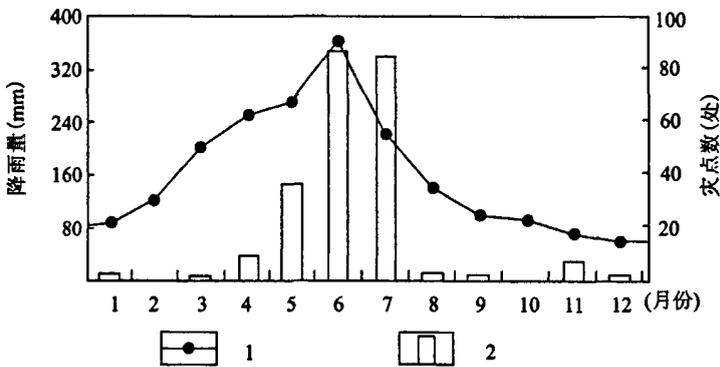


图 1 婺源县月均降水量与地质灾害数量对照图

1-月均降水量; 2-灾点数

Fig. 1 Comparison between monthly average rainfall amounts and geological disaster quantities in Wuyuan County

### 3.2.2 崩滑流灾害形成的人为因素

人为工程活动是县内地质灾害多发的重要因素,本次调查到的 232 处崩滑流灾点中, 212 处与人为因素有关(占 91.4%),主要表现在建房切坡、交通建设等方面。

#### (1) 建房切坡

县内因建房切坡引发的崩滑 177 处,占崩滑流灾点的 76.3%。婺源县属山区县,人口密度为 116 人/km<sup>2</sup>,农业人口密度为 100 人/km<sup>2</sup>,山区人均耕地面积一般不足 0.5 亩。居民大多傍山拓地建房,形成大量的高陡人工边坡,致使崩滑地质灾害十分发育。

人工切坡的坡高、坡度是影响坡体稳定性的重要因素,县内产生崩滑的人工切坡多为岩土混合边坡,上部以残坡积碎石土居多,下部一般为风化裂隙极发育的基岩强风化层,纯岩质或土质边坡的现象较少。人工切坡、劈山修路、切坡依山建房,改变了斜坡的自然坡脚,破坏了斜坡的原始平衡;形成地下水位降落,使斜坡应力集中于斜坡前缘,从而导致斜坡失衡而产生变动。

对于岩土混合边坡,人工切坡高度达到 3m、切坡坡度 50°以上时,易产生崩滑;切坡高度小于 1m、坡度在 40°以下时,则无崩滑现象,参见表 8。

表8 人工切坡的坡度、坡高与崩滑灾害相关性统计表

Table 8 Statistics of correlations of artificial cut slope heights and grades with collapse and landslide disasters

坡高、坡度	人工切坡坡高(m)			人工切坡坡度(°)		
	<1	1~3	≥3	<40°	40°~50°	≥50°
灾点数(处)	0	4	173	0	16	161
百分比(%)	0.0	2.3	97.7	0.0	9.0	91.0
备注	以177处有切坡现象的崩滑灾点统计。					

## (2) 交通建设

近几年婺源县公路建设步伐较快,县境内拥有二至四级公路共416.67 km,傍山切坡修路活动强烈,县域内北部、东部及西南部的中低山区,大部分都是傍山切坡修路,坡高路陡,有些地段公路改造拓宽,切坡高度加大。本次调查到公路不稳定斜坡达87处,坡高3~30 m,坡度50~75°,多为岩土混合坡,大多无护坡等支挡措施,在强降雨的诱发下易发生崩滑灾害,存在较大隐患。

## (3) 水利建设及矿山开采

水库蓄水、泄水等改了坡体的原始平衡状态,易诱发崩塌和滑坡。水库渠道渗漏会浸润和软化岩体(土体),可能导致崩塌发生;阻塞渠道后,会诱发泥石流。

婺源县矿山均属小型,主要开采矿种为砚石、煤、石灰石。据调查,煤矿采用地下开采方式,主要分布于镇头镇境内,煤矿矿山排放的煤矸石废石量约10万m<sup>3</sup>,一般在硐口外就近堆放,少有防范措施;石灰岩矿属露采矿山,镇头、赋春、大鄣山乡开采较多,不合理的开采易产生崩塌的发生。

本次调查发现因矿山开采形成的不稳定斜坡多个。如处于溪头乡砚山村的矿山废石堆,就近堆积在公路旁边,高8 m,坡度55°,潜在方量350 m<sup>3</sup>,无任何防护措施,雨季易发生灾害,威胁公路车辆及行人。

## (4) 农业耕作

农业活动中的围水耕作、不合理垦殖,也是地质灾害发生的影响因素。不合理的林木砍伐造成植被破坏、水土流失,在强降雨时产生泥石流。据调查,县内思口镇发生的泥石流在1998年,当年该区植被破坏严重,汛期山上多处可见崩滑现象,7月上、中旬大暴雨时,淤堵沟谷的松散土体及水流从沟口急速冲下,形成泥石流。

婺源县大鄣山乡西山村茶家太组地质灾害隐患点即是以上诸因素的综合体现。

茶家太村位于大山深处,群山怀抱,全村共有28户176人,滑坡隐患体处于村后的山坡上,山坡陡峻,整个斜坡呈巨大的圈椅状,原始坡高230 m,坡度40~50°,坡宽180 m,坡向100°,坡面形态呈凸形,为岩土混合坡,斜坡体岩性为含碎石粘土,结构松散。坡上植被发育,以毛竹、油茶、果树为主,山坡上已开垦有较多的梯状旱地。

该斜坡出露岩性为变质砂岩、千枚岩,千枚岩产状为:130°∠40°,岩石已中等风化。

据调查,1933年、1976年及1998年滑坡隐患体后缘均出现过数条拉张裂缝,长15~80 m不等,宽0.03~0.08 m,可见深0.02~0.10 m,目前裂缝已被泥土自然填埋。不稳定岩土体潜在规模预测70200 m<sup>3</sup>。

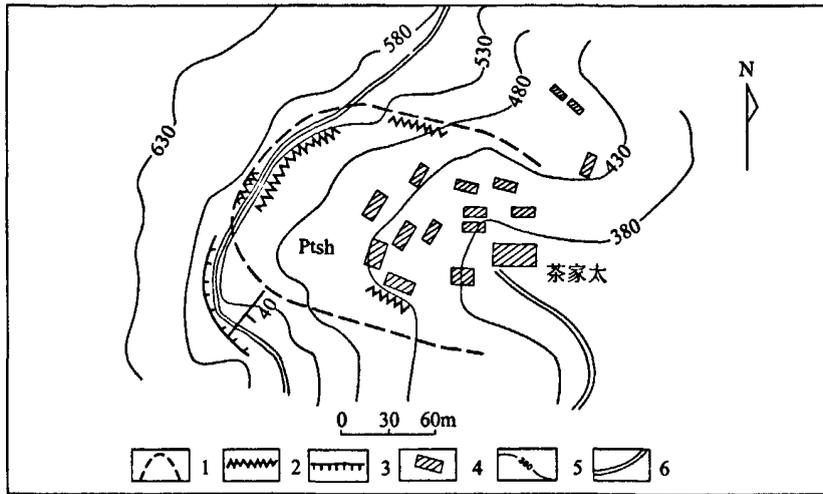


图2 茶家太滑坡隐患点平面示意图

Fig.2 Planar sketch showing landslide hidden dangerous sites in Chagiatai village  
1-灾害体周界; 2-拉张裂缝; 3-人工陡坎; 4-民房; 5-等高级; 6-简易公路

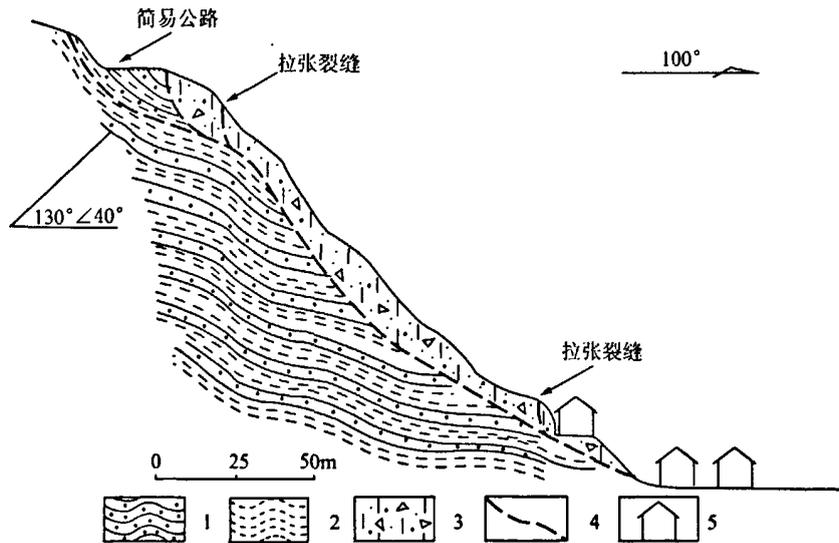


图3 茶家太滑坡隐患点平面示意图

Fig.3 Planar sketch showing landslide hidden dangerous sites in Chagiatai village  
1-变质砂岩; 2-千枚岩; 3-含碎石粉质粘土; 4-推测滑动面; 5-民房

造成滑坡隐患的主要因素为：① 斜坡高陡；② 斜坡上部土体结构松散，易接受大气降水的渗入而降低土体凝聚力；③ 民房建在山腰及坡脚，破坏了原始斜坡脆弱的自然平衡状态；④ 斜坡后缘处切坡修建了一条小路，切坡高2~4 m，加剧了整个斜坡的不稳定；⑤ 滑坡隐患体下部有人工形成的多道梯田（宽2~5 m，切坡高1.0~1.5 m，切坡坡度60~80°），水利灌溉后，影响滑坡体前缘的稳定性。

该点稳定性等级差,现斜坡变形迹象明显,时有崩坠现象,汛期持续强降雨可诱发滑坡,目前该村已安装了简易监测桩,应加强观测。

#### 4 结语

婺源县崩滑流灾害发育特征受控于地形地貌及岩土体类型;覆盖层厚度、地质构造、人类工程活动等情况为灾害发育的主要影响因素;强降雨是灾害产生的主要临界促发因素。

#### 参考文献

- [1] 张咸恭,王思敬,张倬元. 中国工程地质学[M]. 北京:科学出版社,2000:59-62.
- [2] 国土资源部地质环境司. 地质灾害防治知识[M]. 国土资源部,1998:18-19.
- [3] 彭真万,韩运寰. 综合地质[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2003:202-204.
- [4] 河北省地质局水文地质四大队. 水文地质手册[M]. 北京:地质出版社,1978:412-414.
- [5] 刘泽强. 水文地质手册[M]. 北京:地质出版社,2006:182-185.

## Study on geologic disaster status and formation mechanism in Wuyuan, Jiangxi Province

ZHANG Ai-hua

(*Jiangxi Provincial Institution of Geological Survey, Nanchang, Jiangxi 330030*)

#### Abstract

Wuyuan is an ancient county with long history and also a famous tourist destination in Jiangxi Province. This paper thoroughly studied the status and formation mechanism of geological disasters in the county to provide technical basis for carrying out planned geological disaster prevention, reduction of disaster losses and protection of human life and property.

**Key words:** geologic disaster; formation mechanism; Wuyuan