

文章编号: 1004-4574(2007)02-0076-06

## 威远县地质灾害生成特点与防治措施

黄显彬<sup>1</sup>, 雷文明<sup>2</sup>, 罗永忠<sup>2</sup>

(1. 四川农业大学 工程技术系, 四川 都江堰 611830 2. 四川省建筑设计院, 四川 成都 610017)

**摘要:** 威远县位于四川盆地中部红层丘陵区, 近年来, 地质灾害频繁, 直接经济损失 90.65 万元。截至 2006 年 5 月, 县域内共发现地质灾害隐患点 189 处, 灾害类型有滑坡、崩塌(危岩)、潜在不稳定斜坡、采空塌陷和泥石流等<sup>[1]</sup>。地质灾害分布在高陡且节理较发育的边坡、有软弱层分布的地层、海拔高程在 320~700 m 的低山、深中丘区、威远背斜南东翼, 及人类工程活动如矿山开采、公路建设较频繁的地段。灾害规模小, 险情小, 危害程度为轻到中等<sup>[2]</sup>, 发生时间主要集中在每年 5-9 月份的暴雨期。针对县域内地质灾害的分布特点及形成特征, 采取的防治措施主要有避险搬迁、工程治理、监测预警等<sup>[3]</sup>, 共确定 62 处受灾害威胁需避险搬迁的农户 183 户计 710 人, 灾害点治理 13 处, 监测预警 114 处。

**关键词:** 地质灾害; 地质环境; 诱发因素; 形成机理; 防治措施

中图分类号: P694

文献标识码: A

## Formation characteristic of geological disaster in Weiyuan County and prevention measures

HUANG Xian-bin<sup>1</sup>, LEI Wen-ming<sup>2</sup>, LUO Yong-zhong<sup>2</sup>

(1. Department of Engineering Technology, Sichuan Agriculture University, Dujiangyan 611830, China

2. Sichuan Provincial Institute of Architectural Design, Chengdu 610017, China)

**Abstract** Weiyuan County is located in the red-soil hilly area of the middle of Sichuan Basin. In recent years, the geological disaster has frequently occurred and caused direct economic loss of 906 500 Yuan. Until May 2006, there were the amount of 189 points which were found to have geological disaster in the county. The disaster types include the landslides, the collapse, the latent unstable slopes, the collapses of caved goaf, debris flow and so on. These geological disasters are located at steep and fissuring-developing slope, flabby soil layer distributive stratum. The altitude of disaster places is about 320 to 700 meters of the lower hill and deep hillback in the south-eastern part of the Weiyuan. The geological disaster is on the increase due to mankind activities such as mining and highway construction, the disasters are mainly concentrated in the rainstorm period from May to September of each year. According to the characteristic of distribution and formation of the geological disaster, the main prevention and control measures include removal to avoid danger, engineering hamessing, monitoring and pre-warning etc. Migration involves 183 households, 710 persons, 13 disaster points, 114 monitoring and pre-warning places.

**Key words** geological disaster; geological environment; causing factor; formation mechanism; prevention and control measures

收稿日期: 2006-12-10 修订日期: 2007-03-04

基金项目: 四川农业大学都江堰分校科技基金资助项目 (N-200610)

作者简介: 黄显彬 (1965-), 男, 讲师, 主要从事工程技术研究。E-mail: hxianbin@scfc.edu

威远县位于四川省东部, 行政隶属四川省内江市, 地处四川盆地东南部红层丘陵区(见图 1)。地理位置: 北纬  $29^{\circ}22' \sim 29^{\circ}47'$ , 东经  $104^{\circ}16' \sim 104^{\circ}53'$ , 行政区域面积  $1\,289.22\text{ km}^2$ 。下辖 20 个乡镇, 总人口达 74.7 万人。区内主要为低山、丘陵构造剥蚀地貌。

截至 2006 年 5 月最新调查资料统计, 全县共有地质灾害点 189 处, 其中滑坡 71 处, 崩塌(危岩) 89 处, 不稳定斜坡 22 处, 塌陷 6 处, 泥石流 1 处。遍布 20 个乡镇, 这 189 处地质灾害点共造成经济损失 90.65 万元。目前受这 189 处地质灾害点威胁的有 1 033 户 4 193 人, 公路 1.37 km, 威胁资产达 9 930 万元。

在查清全县的地质灾害发育分布的基础上, 开展形成特征研究, 可以指导开展全省类似红层区地质灾害的调查工作, 制定相应的地质灾害防治措施, 并编制地质灾害防御预案, 最大程度上避免地质灾害带来的人员伤亡和经济损失。因此, 开展该项研究具有十分深远的意义。

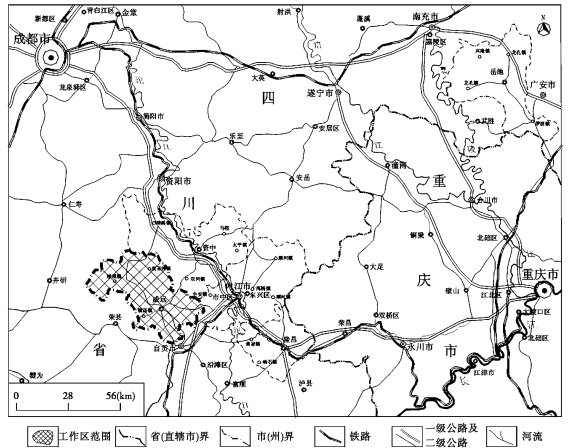


图 1 威远县交通位置图

Fig 1 Traffic situation map in Weiyuan County

## 1 影响地质灾害发育的主控因素

主要有降雨、地形、地层岩性及不合理的人类工程活动等。

### 1.1 气象水文

县境大部分地区平均降水在 900 mm 以上, 降雨量存在着由西北向东南递减的趋势, 且低山区多于丘陵区。多雨中心在溪流河谷, 年均降水 1 163.3 mm。季节分布上, 6—8 月降水量占全年的 60% 以上。

威远县境威远河属沱江一级支流, 平均流量  $10.97\text{ m}^3/\text{s}$ ; 年径流量  $3.8\text{ 亿 m}^3$ ; 西侧越溪河为岷江一级支流。

### 1.2 地形地貌

根据县境内的海拔高程与地形起伏将县境内分为低山、丘陵构造剥蚀地貌。县域北部如两河、连界、观英滩、新场、碗厂等镇以低山为主, 中部如黄荆沟镇、铺子湾、镇西、高石、庆卫、龙会、东联、严陵等镇以深丘、中丘为主, 南部如新店、镇西等镇以浅丘宽谷为主。

### 1.3 地层岩性

县境主要出露有中生界侏罗系和三叠系地层; 三叠系出露不全, 中、下统仅在荣威穹窿(亦称威远背斜)顶部出露, 岩性以砂岩夹薄层泥岩; 上统须家河组沿穹窿顶部呈环状出露; 侏罗系广泛出露于背斜南翼, 岩性以泥岩夹砂岩。第四系全新统为近代大小河流两岸阶地及山前冲洪积物和坝地、丘陵基岩风化的残坡积物, 均为现代耕地及宜林地。

### 1.4 地质构造

威远县境内地质构造有荣威穹窿与新店向斜及断裂等。

荣威穹窿(亦称威远背斜)位于川中台拱中部, 呈东西长、南北短的不对称椭圆形背斜, 轴线呈北东—北东东走向, 横贯县境西北部。构造特征是南陡北缓, 西窄紧, 东开阔。

新店子向斜位于新店子一带, 为荣威穹窿与自流井背斜构造之间, 轴线近于东西向, 两翼大致对称。

断裂、断层多在威远背斜的西端轴部和两翼, 均为压扭性逆断层。

### 1.5 人类工程活动

人类工程活动主要表现为城镇及公路建设、矿产资源开发等。如山王一踏水桥公路, 黄荆沟—威远公路建设、煤矿开采、碗厂镇采取砂岩制碗等都引起了不同类型的地质灾害发生。

## 2 地质灾害形成与发育分布特征

### 2.1 地质灾害发育分布特点

威远县地质灾害受地形地貌、地层岩性、地质构造、降水和人类工程活动等自然因素和人为因素的控制

和影响,具有种类较多、数量较多、分布不均、规模多以小型为主,危害较大的特点。根据野外调查得出地质灾害发育分布在空间上、时间上及人类工程活动方面具有以下规律。

(1) 地质灾害发生在空间上的分布规律

1) 从地形地貌上看,区内东南部浅丘区由于地形较平缓,切割深度小,地质灾害点较少。中部深丘区特别是深丘窄谷区,地形多变,地形起伏大,植被稀少,水土流失严重,灾害点数量较多。在西北低山区由于地形起伏,切割深度大,地质灾害点也较多。地质灾害发生主要受地形坡度和海拔高程控制,具有以下规律:

a 地形坡度。在坡度为 15~ 40°的斜坡地带,多发育以滑坡类型为主的地质灾害,特别是在软弱岩层形成的 20~ 35°斜坡地带,既有利于松散物质的形成堆积,又易于形成剪切滑动面,是滑坡的主要发生区。在坡度小于 15°的地区,由于地层相对稳定,地质灾害不发育。而大于 45°的地区,为崩塌的主要发育区。潜在不稳定斜坡在整个坡度范围内均有发育,特别是在 25~ 50°之间,多发育土质潜在不稳定斜坡,见表 1。

表 1 威远县地质灾害发生与地形坡度关系统计表

Table 1 Statistics of relationship between occurrence of geological disaster and slope of land form in Weiyuan County 处

地形坡度	< 20°	20~ 50°	50~ 70°	70~ 90°
滑坡	40	31		
崩塌			32	57
潜在不稳定斜坡	1	14	4	3
地面采空塌陷	5	1		
泥石流	0	1		
合计	46	47	36	60

b 海拔高程。受河流、地形地貌、构造的影响,区内地质灾害点分布在海拔 300~ 900 m 之间,尤以 300~ 700 m 地质灾害点居多。区内灾害点主要分布于低山、深丘区,河谷两岸切割深度大,高差 100~ 300 m,地质灾害容易发生;浅丘~ 中丘地势平缓,灾害点相对较少,详见表 2。

表 2 威远县地质灾害发生与海拔高程关系统计表

Table 2 Statistics of relationship between occurrence of geological disaster and altitude in Weiyuan County 处

海拔高程	300~ 400 m	400~ 500 m	500~ 600 m	600~ 700 m	700~ 800 m	800~ 900 m
滑坡	19	16	20	15	1	
崩塌	14	8	24	20	14	9
潜在不稳定斜坡	7	3	7	3	2	
地面采空塌陷	3	1	2			
泥石流				1		
合计	43	28	53	39	17	9

2) 从地层岩性上来讲,北部绝大部分出露三叠系上统须家河组 (T<sub>3xj</sub>) 砂岩、砂页岩互层,砂岩节理裂隙发育,软页岩互层的差异风化较严重,滑坡、崩塌(危岩)灾害点较多。中部、南部地层岩性主要为侏罗系中统上沙溪庙组 (J<sub>2s</sub>) 的砂岩、泥岩和砂泥岩互层,顺向坡较多,软岩也较多,砂质泥岩风化后形成较厚的风化破碎带和松散堆积体,为滑坡的形成提供了丰富的物源,所以中部、南部特别是庆卫镇、镇西镇、铺子湾镇、高石镇的滑坡、潜在不稳定斜坡等地质灾害点较多,见表 3。

表 3 威远县地质灾害发生与地层岩性关系统计表

Table 3 Statistics of relationship between occurrence of geological disaster and lithology of stratum in Weiyuan County 处

灾害类型	滑 坡	崩塌(危岩)	潜在不稳定斜坡	地面采空塌陷	泥石流
三叠系须家河组 (T <sub>3xj</sub> ) 砂岩	27	57	10	1	1
三叠系须家河组 (T <sub>3xj</sub> ) 砂页岩	7	14	2	1	
三叠系须家河组 (T <sub>3xj</sub> ) 砂质泥岩	6		2		
侏罗系上沙溪庙组 (J <sub>2s</sub> ) 砂岩	1	8	5	2	
侏罗系上沙溪庙组 (J <sub>2s</sub> ) 砂泥岩	2	7			
侏罗系上沙溪庙组 (J <sub>2s</sub> ) 泥岩	21	2	2		
合 计	64	88	21	4	1

3) 从地质构造上看,新店子向斜位于威远县南部中丘~ 浅丘区,地势平缓,地质灾害较少。而威远背斜,由于荣威穹窿轴心和核部部位的植被非常发育,且人口数量相对较少,人类工程活动较少,所以位于荣威穹窿两翼部位的地质灾害点明显多于穹窿轴心和核部部位。

4) 从降水量的空间分布上讲,区内西北部降水量较大,年降雨量 940~ 1 140 mm,特别是在越溪河谷,年平均降水 1 163.3 mm,该区地质灾害点较多。东南部降水量较小,年降雨量 800~ 900 mm,故地质灾害点较少。

### (2) 地质灾害发生在时间上的分布规律

降雨是诱发地质灾害的主要因素, 尤其是暴雨、长期持续降雨的影响更明显。由于区内降雨年内分布不均, 导致地质灾害年内分配不均。但灾害发生时多具有群发性, 在降雨强度大、持续时间长的条件下, 全县各处都有不同程度的地质灾害发生, 比如 2001 年 8 月 19 日大洪灾。据调查, 几乎所有的滑坡及崩塌等地质灾害的发生多集中在每年 5-9 月份, 特别是 6-8 月份发生频率最高, 占 75% 以上。详见表 4。

表 4 威远县地质灾害时间分布统计表

Table 4 Statistics of temporal distribution of geological disaster in Weiyuan County

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
滑坡			1	2	3	5	31	21	6	2			71
崩塌(危岩)	1	1	2	2	3	9	41	16	6	4	2	2	89
潜在不稳定斜坡						1	16	4	1				22
地面采空塌陷					1	1	2	1	1				6
泥石流							1						1
合计	1	1	3	4	7	16	91	42	14	6	2	2	189

### (3) 地质灾害的发生与人类工程经济活动强度密切相关

县域内基础设施的建设, 公路修建以及矿山开采都直接或间接改变了当地的地质环境, 成为地质灾害发生的诱因。山王一踏水桥公路、黄荆沟—威远公路都引起了地质灾害的发生。而在黄荆沟镇, 煤矿的开采导致该镇的崩塌(危岩)、滑坡频繁发生, 所以中部地质灾害点最多。在县西北部的碗厂镇, 由于历史上人们采取砂岩用于制碗, 大量开挖边坡形成了凹腔, 导致了崩塌(危岩)时有发生。

总体来看, 灾害分布范围遍及全县 20 个乡镇, 尤以小河、碗厂、越溪、两河、连界、观英滩、山王、黄荆沟、新场、镇西、庆卫、铺子湾镇分布密集, 灾害点密度达 0.147 处 / km<sup>2</sup>。

## 2.2 地质灾害的形成特征

威远县地质灾害类型较多, 目前有滑坡、崩塌(危岩)、不稳定斜坡、采空塌陷、泥石流等 5 种。统计分析表明, 县域地质灾害以滑坡、崩塌为主, 分别占 37.6%, 47.1%, 每种灾害形成条件、发育特征不一样, 不稳定斜坡的形成与滑坡具有非常相似的特征。以下就滑坡、崩塌灾害形成特征分析如下<sup>[1]</sup>。

### 2.2.1 滑坡

#### (1) 适宜的地形条件为滑坡的发育提供有利的空间

据调查资料显示, 形成滑坡的地形坡度一般为 20~50°, 尤其是凹型坡和顺向坡易发生滑坡。通过野外调查发现, 威远县域内滑坡发生的斜坡坡度在 10~45°之间, 主要集中在 20~40°之间, 并且大多数滑坡所在斜坡都属于顺向坡。滑坡发育的地貌形态在浅丘区内为浅丘斜坡, 在低山区内多为山前斜坡, 个别发育在山前台地。

#### (2) 松散的土体和软弱层状岩体是滑坡发育的物质基础

岩性软弱、力学强度低及抗水作用能力低, 易受水浸润软化的土体和页岩、泥岩等岩土体组成的斜坡易发生滑坡, 尤其是松散堆积的土体较易形成滑塌。

本次调查, 区内绝大部分为松散土体形成的土质滑坡, 且主要分布于侏罗系中统上沙溪庙组(J<sub>2s</sub>)和下统自流井组(J<sub>1-2z</sub>)的泥岩、三叠系上统须家河组(T<sub>3xj</sub>)页岩中。斜坡松散物质多为第四系残坡积(粘土、粉质粘土), 层厚, 夹碎石土、块石土等。岩体的隔水性相对较强, 因此在土岩接触面上受地下水的浸润多形成滑面。有些地段岩体形成的斜坡较陡, 为滑坡的形成提供了临空面。如刘家坝滑坡, 见图 2。

#### (3) 降雨是诱发滑坡形成的主要因素<sup>[2]</sup>

威远县年平均降雨量 900mm, 降雨主要集中在 5-8 月, 占全年降雨量的 60%, 降雨强度大; 9-10 月降水虽比夏季少, 但雨日增多, 持续时间长。降雨作用使松散的滑坡物质饱水, 增加了滑坡体的容重; 雨水下渗, 顺滑床运移, 对滑面浸泡, 降低了滑面的力学性质, 抗滑能力急剧降低; 另外雨水及地表水的入渗, 使地下水位抬升, 对滑坡产生了动水压力和静水压力, 从而诱发了滑坡的形成。此外, 河流的冲刷、淘蚀坡脚也是诱发滑坡的一个因素。

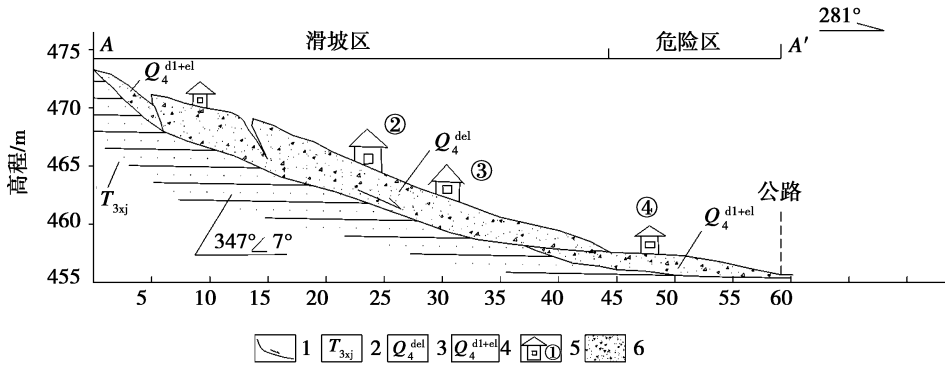
(4) 人类工程活动诱发和加剧了滑坡的发展

由于不合理、不科学的人类工程活动,破坏了斜坡原始结构、平衡状态,使斜坡形成人为的临空面或滑坡体加载,激发了斜坡的滑动变形。根据本次调查,受人类工程活动影响形成的滑坡主要为公路两侧削坡加载(山王一踏水桥公路,黄荆沟—威远公路)和修建房屋边坡开挖等。

2 2 2 崩塌(危岩)

(1) 高陡的自然斜坡和人工边坡

崩塌(危岩)的形成主要受重力卸荷作用,高陡地形由于势能大,岩体重力卸荷作用强,是崩塌发生的必备条件,是主要的控制因素之一。威远县内崩塌(危岩)所在斜坡坡度在 50~ 90°之间,主要集中在 60~ 85°,坡度较陡。如永兴桥村崩塌,见图 3。



1—滑面及方向; 2—三叠系中统须家河组; 3—滑坡堆积层; 4—坡残积层; 5—民房; 6—粘性土夹碎石

图 2 刘家坝滑坡工程地质剖面图

Fig 2 Sectional drawing of engineering geology of eandslide in Liu jia Dan

(2) 砂泥岩互层形成的差异性风化

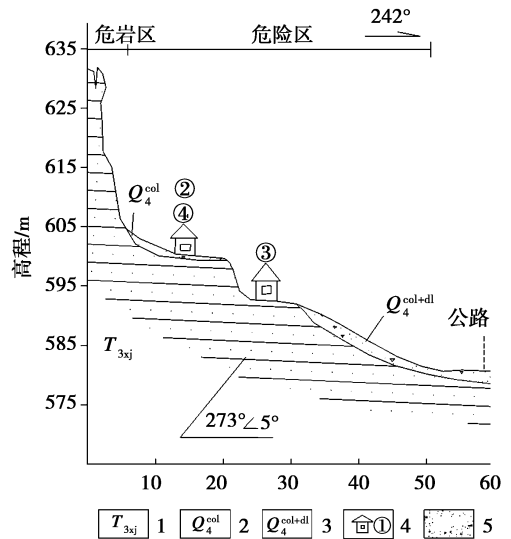
区内主要为三叠系上统须家河组 (T<sub>3xj</sub>) 砂页岩、侏罗系中统上沙溪庙组 (J<sub>2s</sub>) 和下统自流井组 (J<sub>1-2z</sub>) 的砂泥岩互层。砂岩为相对硬质岩石,易形成陡崖或陡坎,为崩塌(危岩)的形成提供物质基础。在软硬岩相间的砂页岩、砂泥岩中,页岩、泥岩多分布于陡崖下部的斜坡上,由于岩性的不同,岩体风化速度也就不同,砂岩抗风化能力相对较强,页岩和泥岩抗风化弱,差异性风化作用常在下部形成凹岩腔,上部岩体在自重作用下易于产生崩塌。

(3) 构造裂隙较发育

构造裂隙、节理的发育,破坏了岩体的完整性,降低了岩体力学强度。当陡崖上岩体重力卸荷作用大于岩体强度抗力作用时,岩体内部发生应力变化,使节理、裂隙等软弱结构部位位移变形扩张,同时有新的裂隙产生或发展,促使危岩体失稳而脱离母岩。该区内的危岩一般构造裂隙较发育,岩体破碎,加之风化作用,其稳定性较差。

(4) 强降雨是诱发崩塌的重要因素<sup>[2]</sup>

降雨形成的地表水侵蚀及动静水压力促进了岩体结构面的发展,降低了岩体完整性和力学强度。强降雨尤其是暴雨将加速这一地质作用,诱发崩塌的形成。本次调查的绝大部分崩塌都是在强降雨的情况下发生的,有些是在降雨后暴晒风化剥落掉块形成的。



1—三叠系上统须家河组; 2—崩积层; 3—崩塌堆积层; 4—民房; 5—粘性土夹碎石

图 3 永兴桥村崩塌工程地质剖面图

Fig 3 Sectional drawing of engineering geology of collapse in Yongxinqiao Village

### 3 地质灾害防治措施

国外目前对地质灾害防治主要采取避险搬迁、工程治理和监测预警等措施<sup>[4]</sup>。我国随着 2004 年 4 月 1 日《地质灾害防治条例》的实施, 国家将地质灾害防治纳入法制化轨道。该条例对地质灾害责任主体、组织实施单位作了明确规定。针对威远县地质灾害形成发育分布特征, 制定相应的防治措施如下。

#### 3.1 避险搬迁

针对威远县地质灾害分布较为分散, 且规模小, 危害性较大, 早期人们对地质灾害的认识不足等, 威远县将危岩分散农户, 治理成本太大, 与工程治理方案比较起来适合于搬迁的受地质灾害威胁的农户实施避险搬迁, 从根本上清除地质灾害对居民生命财产的危害。通过对比论证, 结合受灾害农户自愿的原则, 确定 62 处地质灾害威胁的 183 户共计 710 人实施避险搬迁。目前由四川省财政厅、国土资源厅联合组织实施的该项搬迁工程正式启动, 威远县将需紧急搬迁的 183 户 710 人作为示范工程, 省财政厅将按受灾害威胁需紧急搬迁的每户居民补助标准 8000 元, 做为居民搬迁补助经费, 当地政府适当给予一定补贴。

#### 3.2 工程治理

对于受地质灾害威胁的集中居民点、乡镇所在地、风景名胜区、重要交通干线及水利水电工程设施, 在实施避险搬迁方案不可行的前提下, 根据受威胁人员、威胁资产等确定实施工程治理的主体。由于威远县地质灾害规模相对较小, 多以威胁分散农户为主, 因此在 189 处地质灾害隐患点仅选取 13 处作为工程治理, 其中 2 处由内江市国土局组织实施, 其它均为威远县国土局组织实施。具体治理工程措施: (1) 对于滑坡, 大多采取后缘截水, 滑坡体设排水沟, 二者组成排水网络系统; 前缘设置挡土墙 (剩余下滑力小, 滑体厚度小于 6 m, 且为缓坡) 或抗滑桩 (滑坡推力大、滑体较深等)。(2) 对于崩塌 (危岩), 采取爆破清除 (前缘距居民房屋远, 且少量居民)、锚杆 (索)、挂网喷砼支护, 坡设挡土墙 (有宽缓地段、可缓冲崩落块石)。(3) 对于采空区塌陷, 在已废弃山区应采取回填矿渣, 地面进行土地复垦复耕等地质环境恢复治理; 在生产矿山, 应由所在矿山在开采过程中采取预留矿体安全柱, 少爆破震动, 往深部开采等。(4) 在泥石流沟, 应恢复上游生态植被, 形成区采取谷坊坝, 堆积区采取拦渣坝、格栅坝、排导槽等工程措施<sup>[4]</sup>。

#### 3.3 监测预警

在以上两种措施均不能实施的前提下, 或是因为滑坡危害程度中等—轻, 搬迁不可能实施或是采取工程措施、工程治理成本太大的情况下, 对灾害点实施监测预警是最优的防治措施, 本次共确定 114 处地质灾害作为监测点, 按灾害危害程度、险情等确定其中的 33 处灾害点作为专业监测点, 在灾害体上埋石设置监测点, 用精密全站仪进行有周期性的观测, 观测曲线数据应及时上报上级主管部门进行科学分析, 作为该点是否启动防御预案的依据, 一旦有险情, 由村社负责人通知受威胁农户进行临时避让, 并成立应急抢险小分队, 一旦边坡稳定后解除预警。对于危害程度较轻的地质灾害点, 应在坡体内设置木杆标尺, 变形拉裂墙体上贴玻璃片、石膏片等进行简易观测, 遇较大暴雨应每小时观测一次, 我省早些时候在卢州纳溪区、宣汉天台乡滑坡监测预警中取得了成功, 从而避免了人员伤亡。

### 4 结论

四川省是一个地质灾害多发的省份, 开展对全省易发区地质灾害调查, 并对其发育分布、形成机理特征的研究, 将给政府决策管理提供科学依据, 保证地方国民经济的顺利发展, 减少因地质灾害造成的巨大经济损失, 随着全省受地质灾害威胁的分散农户避险搬迁工作的正式启动, 将给我省地质灾害防治推上一个新的台阶, 真正体现政府管理“以人为本”, 为民办实事, 并将产生良好的社会效益。

### 参考文献:

- [1] 张倬元, 王士天, 王兰生. 工程地质分析原理 [M]. 北京: 地质出版社, 1997: 308- 377
- [2] 张倬元, 等. 工程地质探索与开拓 [M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1996: 34- 46
- [3] 王恭先. 滑坡防治工程措施的国内外现状 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 1998(1): 22- 26
- [4] 徐卫亚, 等. 地质灾害防治基本原则及防治对策 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 1992(2): 31- 35