

# 长江上游水土流失重点防治区滑坡 泥石流预警系统减灾成效评价

裴来政<sup>1,2</sup>, 钟敦伦<sup>1</sup>, 王成华<sup>1</sup>

(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, 四川 成都 610041; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 自1991年长江上游水土流失重点防治区滑坡、泥石流预警系统建立以来, 取得了巨大的预警成效。介绍了预警系统的建设历程及运行模式, 主要从减灾的经济效益、社会效益和生态效益方面对滑坡泥石流预警系统的减灾成效作了评价。对于减灾的经济效益, 主要通过投资的保护比(投资的土地保护比、投资的居民生命保护比和投资的固定资产保护比)和投资的减损比(投资的经济减损比和投资的人员伤亡减损比)来进行评价。预警系统投资保护比中, 投资的土地保护比达 15.11 km<sup>2</sup>/万元, 投资的居民生命安全保护比达 40 人/万元, 投资的固定资产保护比为 40.0~93.3; 预警系统投资减损比中, 投资的经济减损比为 3.63, 投资的人员伤亡减损比达 5.69 人/万元。相关评价数据和事例表明, 该预警系统所取得的成效是十分显著的, 应进一步加快预警的建设和发展。

**关键词:** 长江上游; 滑坡泥石流; 预警系统; 成效评价

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)05-0212-04

中图分类号: U416.1

## Effect Evaluation of Landslide and Debris Flow Early-warning System in Control Areas of Soil and Water Loss in Upper Reaches of Yangtze River

PEI Lai-zheng<sup>1,2</sup>, ZHONG Dun-lun<sup>1</sup>, WANG Cheng-hua<sup>1</sup>

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, and Key Laboratory of

Mountain Hazards and Earth Surface Processes, Chinese Academy of Sciences, Chengdu,

Sichuan 610041, China; 2. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Great effects have been achieved since 1991 when the landslide and debris flow early-warning system in the control areas of soil and water loss in the upper reaches of the Yangtze River was established. Construction process and operation mode of the system are introduced. Effects of the system are evaluated according to economic, social, and ecological effects it brings. Economical effect is evaluated according to protection ratio and loss ratio of investment. To protection ratio, land protection ratio is 15.11 km<sup>2</sup> per 10<sup>4</sup> yuan and resident life protection ratio is 40.0 persons per 10<sup>4</sup> yuan. Moreover, fixed assets protection ratio is from 40.0 to 93.3. To loss ratio of investment, economical loss ratio is 3.63 and casualty loss ratio is 5.69 persons per 10<sup>4</sup> yuan. Correlative evaluating data and instances show that the achieved effects of the system are remarkable and its construction and development should be further enhanced.

**Keywords:** upper reaches of the Yangtze River; landslide and debris flow; early-warning system; effect evaluation

长江干流宜昌以上地区称为长江上游, 上游干流长约 4 500 km, 上游流域面积 1.005×10<sup>6</sup> km<sup>2</sup>, 人口约 1.7×10<sup>8</sup> 人。由于特殊的地质、地貌环境和复杂多变的气候、水文条件, 使得沟河两岸崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害十分发育, 已成为我国地质灾害最严重的地区之一<sup>[1-3]</sup>。据统计, 长江上游近十几年来, 年

均发生重大崩塌、滑坡、泥石流灾害数十起, 每年造成数百乃至数以千计的人员伤亡, 直接经济损失在 1 亿元左右, 滑坡、泥石流已成为影响这一地区经济发展和社会稳定的因素之一<sup>[4]</sup>。

长江上游水土流失重点防治区预警系统(以下简称“预警系统”)的建立, 大大减轻了这一区域内滑坡、

收稿日期: 2010-04-20

修回日期: 2010-05-08

资助项目: 国家科技支撑计划项目“西南重大水电工程区生态保护与泥石流滑坡防治技术示范”(2006BAC10B04)和长江水利委员会项目“长江上游水土流失重点防治区滑坡、泥石流预警体系与成效评价研究”

作者简介: 裴来政(1979—), 男(汉族), 湖北省荆州市人, 博士研究生, 研究方向为山地灾害。E-mail: plz\_2000@163.com。

泥石流造成的人员伤亡和财产损失,其预警减灾成效是十分显著的。

## 1 预警系统的建立背景及建设过程

### 1.1 建立背景

党中央和国务院针对长江上游滑坡、泥石流灾害相当严重的实际情况,于1991年将滑坡、泥石流预警纳入长江上游水土保持重点防治工程体系中,考虑到长江上游滑坡、泥石流灾害的特点和治理难度巨大等现实,采取了“以防为主”的预警策略,组建了长江上游水土流失重点防治区滑坡、泥石流预警系统,并将它作为实施十年国际防灾减灾计划的一个重要组成部分和有效举措。

### 1.2 建设发展过程

在各级党委和政府的关怀与支持下,长江上游滑坡、泥石流预警系统的建设发展过程是顺利的,也是艰辛的,其建设发展过程可分为3个主要阶段。

**1.2.1 酝酿筹备阶段** 水利部的领导和专家在1989年初至1990年5月期间,根据国际国内对联合国提出的“国际减轻自然灾害十年”的响应态势和长江上游水土流失重点防治区滑坡、泥石流所造成的严重危害的实际状况,洞察到将长江上游滑坡、泥石流预警系统建设纳入我国“国际减灾十年”计划的时机已逐步成熟,提出在长江上游水土流失重点防治区建立滑坡泥石流预警系统的议案。1990年5月长江水利委员会水土保持局在武汉召开“长江上游滑坡泥石流预警系统研讨会”,形成了预警系统建设的初步方案。

**1.2.2 建设阶段** 1990年6月长江水利委员会水土保持局组织了由有关科研、勘测设计、大专院校等单位主持和相关省(市、区)水土保持委员会办公室参加的考察队,分别对3大片试点区域进行了滑坡、泥石流的普查,编写了预选预警点的详查报告。

长江水利委员会水土保持局在综合和充分分析3片区的普查和详查报告的基础上,初步形成了在长江上游设立1个滑坡泥石流预警中心站,3个1级站,9个2级站和29个预警点的方案。其具体布局是:在武汉长江上游水土保持办公室设立一个滑坡泥石流预警中心站;在宜宾、武都和万县设立3个1级站;在会理、雷波、昭通、毕节、涪陵、秭归、舟曲、礼县和略阳设立9个2级站;在2级站内根据需要分别设立1~3个预警点,共设立29个预警点;每个预警点都要负责指导当地的群测群防工作。

**1.2.3 发展阶段** 长江上游水土保持重点防治区滑坡泥石流预警系统1991年5月正式运行后,6月就

成功地预报了鸡鸣寺滑坡。1991年12月,预警系统在万县召开了第一次工作会议。会议对预警系统1a来的工作进行了总结,提出了下年的工作计划并增加了10个新的预警点,使预警系统获得了第1次发展。1992年4月预警系统中心站在万县举办了预警系统实用技术培训班,同年11月应流域内各地的实际需求,又新增了监测预警点20个;1993年4—5月预警中心站又对1992年新增加的20个监测预警点的监测人员进行了培训,同时又新增加云南省昭通市的绥江和甘肃陇南的武都为群测群防试点县。

1993年3月中心站编制了《长江上游滑坡泥石流预警系统技术手册》,规范了各级站点的监测预警工作;1995年预警中心站又编制了统一的滑坡泥石流资料整编报表,进一步规范了滑坡泥石流资料的整编工作,至此滑坡泥石流预警系统步入了制度化、规范化和科学化发展阶段。截止2008年底,预警系统建成了1个中心站,3个1级站,8个2级站,56个预警点和18个群测群防重点县的网络系统;这些站点分布在长江上游7个省(市)的14个市(地、州),36个县(区),监测区的面积达 $1.134 \times 10^5 \text{ km}^2$ ,保护着 $3.00 \times 10^5$ 人和数10亿元固定资产的安全。

## 2 预警系统的运行模式

长江上游滑坡、泥石流预警体系实行的是内循环、外开放的运行模式。

### 2.1 内循环模式

中心站是整个预警系统的指挥管理中心,对整个预警系统行使指挥管理的功能;2级站及下属的预警点和群测群防站及看守点是整个预警系统的基础,预警信息的源地;1级站是中心站派往3个片区的管理站,起着上、下联通的纽带作用,是整个预警系统运行的保证,没有1级站的努力工作,整个预警系统会濒临瘫痪。当中心站向1级站发出指令时,1级站依据所辖2级站特征迅速传到2级站,2级站将所属监测点的资料和其它信息迅速整理分析,上报1级站,1级站将所辖2级站的资料尽快汇集整理上报中心站。中心站将1,2级站上报资料储于数据库中,形成一个完整的内部监测与数据管理体系。当发生险情时,2级站及时组织技术人员会商,及时把会商结果报1级站和当地政府,同时提供减灾措施的建议。在灾情分析过程中,1级站适时给予技术咨询,必要时1,2级站共同研讨。

### 2.2 外开放模式

在外开放体系中,预警系统的1,2级站在工作过程中接受地方政府的领导,并与地方水土保持行政部

门进行业务沟通,必要时请求帮助和支持。当隐患点出现险情时,预警点在向 1,2 级站和中心站报告的同时也向地方政府报告,当险情达到预警级别时,由地方政府或由其委托部门发出预警报。当灾情出现后,1,2 级站点人员应在地方政府抢险救灾指挥中心的安排下,迅速投入抢险救灾工作。

经过近 20 a 的运行实践,内循环、外开放运行模式运行良好,是切实可行的。

### 3 预警系统的减灾成效评价

预警经过全体监测预警人员近 20 a 的努力,截止到 2008 年底,已成功预报处理了滑坡、泥石流灾害 275 处,撤离和转移群众 4.27 万人,避免直接经济损失 2.73 亿元,其成效十分显著<sup>[5-8]</sup>。同时,预警系统在近 20 a 的发展过程中,积累了大量成功预警的经验,很大程度上减轻了预警区域居民所遭受的滑坡、泥石流的危害,从而使预警区域的安全有了基本的保障,得到当地政府和群众的拥护和支持。

#### 3.1 减灾经济效益的评价

对于经济效益的评价,主要是通过投资与收益间的比较来确定的。对于防灾和减灾而言,可通过投资的保护比和投资的减损比来分析确定。

3.1.1 投资的保护比 投资的保护比,是指单位投资所能保护的面积受到保护对象的数量。

(1) 投资的土地保护比。投资的土地保护比,是指单位投资额度所保护的面积(不是指耕地)数量,即

$$T_{B1} = \frac{T_D}{T_Z} \quad (1)$$

式中:  $T_{B1}$ ——投资的土地保护比 ( $\text{km}^2/\text{万元}$ );  $T_D$ ——受保护的面积数量 ( $\text{km}^2$ );  $T_Z$ ——投资数额 (万元)。

根据长江上游水利委员会水土保持局和预警中心站提供的资料,截止 2008 年底,预警系统所保护的面积为  $1.134 \times 10^5 \text{ km}^2$ ,累计投入资金为  $7.505 \times 10^7$  元,将其代入式(1),即求得其投资的土地保护比为  $15.11 \text{ km}^2/\text{万元}$ 。

(2) 投资的居民生命保护比。居民既是构成社会的基本单位,又是创造财富的主体,具有社会和经济的双重价值。投资的居民生命安全保护比,是指单位投资额度所保护的居民数量,即

$$T_{B2} = \frac{J_{M1}}{T_Z} \quad (2)$$

式中:  $T_{B2}$ ——投资的居民生命安全保护比 (人/万元);  $J_{M1}$ ——受保护的居民数量 (人); 其余符号同前。

根据长江水利委员会水土保持局和预警系统中心站统计,预警区内受保护的居民达 30 万人,将其与投资数额代入式(2),便求得预警系统投资的居民生命安全保护比为 40 人/万元。

(3) 投资的固定资产保护比。投资的固定资产保护比,是指单位投资额度所保护的固定资产的价值,即

$$T_{B3} = \frac{G_Z}{T_Z} \quad (3)$$

式中:  $T_{B3}$ ——投资的固定资产保护比 (无量纲);  $G_Z$ ——受保护的固定资产的价值 (万元); 其余符号同前。

根据长江水利委员会水土保持局和预警系统中心站统计,预警区受保护的固定资产的价值为数 10 亿元。这里设受保护的固定资产价值为 30~70 亿元,若设为 30 亿元,将其与投资额度代入式(3),便求得预警系统投资的固定资产保护比为 40.0;若设为 70 亿元,将其与投资额度代入式(3),便求得预警系统投资的固定资产保护比为 93.3。

3.1.2 投资的减损比 投资的减损比,是指投入单位额度的资金所减少的损失,可分为 2 个方面:投资的经济减损比与投资的人员伤亡减损比。

(1) 投资的经济减损比。投资的经济减损比,是指单位投资额度减少的经济损失的数量,即

$$T_{J1} = \frac{J_J}{T_Z} \quad (4)$$

式中:  $T_{J1}$ ——投资的经济减损比 (无量纲);  $J_J$ ——减少的经济损失量 (万元); 其余符号同前。

根据长江水利委员会水土保持局和预警系统中心站统计,预警系统在 1991—2008 年期间,通过预警,使预警区共减少经济损失 2.73 亿元,将其与投资金额代入式(4),则求得投资的经济减损比为 3.63,即投入 1 万元,已在预警区减少经济损失 3.63 万元。

(2) 投资的人员伤亡(居民生命安全)减损比。投资的人员伤亡减损比,是指单位投资额度可能减少的人员伤亡的数量,即

$$T_{J2} = \frac{J_{M2}}{T_Z} \quad (5)$$

式中:  $T_{J2}$ ——投资的人员伤亡减损比 (人/万元);  $J_{M2}$ ——减少的人员伤亡的数量 (人); 其余符号同前。

根据长江水利委员会水土保持局和预警系统中心站统计,在 1991—2008 年期间,预警区内根据准确预警而转移和撤离的滑坡、泥石流危险区的居民达 4.27 万人。据此将预警时转移和撤离的人员和投资数量代入式(5),便求得预警区域在 1991—2008 年期间投资的人员伤亡减损比为 5.69 人/万元,即在预警

区每投入1万元资金,已减少了5.69人的伤亡。

### 3.2 社会效益评价

社会效益的评价,主要是通过投资所取得的成效对社会的影响来展现的。一般说来,成效越大,对社会的影响也越大。但社会效益往往是不能用具体的数据来显示的,但其影响是长远而又深刻的,不可忽视的。

(1) 滑坡泥石流预警成功的重大价值。虽然目前国内外在区域性滑坡、泥石流预警方面取得了较大的进展,并已逐步进入实用阶段,但对滑坡、泥石流进行预警,尤其是要进行准确预警,其难度是非常大的。长江上游水土保持重点防治区滑坡泥石流预警系统在18 a内取得了准确预警275处的骄人案例。这一系列预警成功案例的价值在于它不是个案,而是在18 a中,在 $1.134 \times 10^5 \text{ km}^2$ 范围内的系统案例,是具有普适性的案例,标志着预警系统预警滑坡、泥石流的成功。这一成功说明了滑坡、泥石流虽然复杂、多变,但只要人们认真对待,认真加以探索和研究,仍然是可以认知的、可以预防的。这为我国政府在滑坡、泥石流多发区和重灾区实施各项减灾政策提供了可靠的手段和科学依据。

(2) 保障预警区居民生命财产安全的重大意义。长江上游整个预警区,在18 a期间共成功预报滑坡、泥石流275处,撤离和转移危险区居民4.27万人;其中宜宾1级站1991—2006年间成功预报滑坡、泥石流43处,撤离居住在滑坡体上的居民2319人,居住在滑坡、泥石流危险区内的居民6094人,无1人伤亡。可见,成功的预警能使滑坡、泥石流多发区和重灾区的人员伤亡事件大大减轻。这使滑坡、泥石流多发区和重灾区的广大干部与群众看到了保障自身生命财产安全的希望,从而坚定了预防滑坡、泥石流灾害和建设好家园的信心。上述充分说明通过预警,保障了预警区居民生命财产安全,意义重大。

### 3.3 生态效益评价

预警系统的主要任务是保护人的生命和贵重财物的安全,通常既不对滑坡、泥石流进行工程治理,也不对滑坡、泥石流进行生物治理,因此其直接生态效益是相对较弱的。但由于预警系统通过预警,可以大大减轻预警区域的人员伤亡和经济损失,可保障预警区域的基本安全,因此预警区域人心安定,社会稳定,经济发展迅速,这为预警区域保护生态环境提供了良好的社会经济基础。通过18 a(1991—2008年)的预警,预警区域的生态环境有了很大的改善,不少昔日

的荒山秃岭披上了绿装,不少的荒地变成了良田。这些改善都与预警系统的辛勤耕耘有密切的、不可分割的联系。可见,预警系统的生态效益是明显的。

## 4 结论

长江上游滑坡、泥石流预警系统建成投入运行以来,发展了监测预警技术,积累了丰富的监测预警经验,取得了巨大的经济效益和社会效益,并树立了良好的减灾典范。截止到2008年底,对于预警系统的投资保护比,其中投资的土地保护比达 $15.11 \text{ km}^2/\text{万元}$ ,投资的居民生命安全保护比达40人/万元,投资的固定资产保护比为40.0~93.3;对于预警系统投资减损比,其中投资的经济减损比为3.63,投资的人员伤亡减损比达5.69人/万元。这一系统数据足以充分说明预警系统的减灾成效十分显著,同时也说明当时党中央国务院的在长江上游建立滑坡、泥石流预警系统的决策是非常正确的。

随着长江上游流域管理、区域开发和社会减灾对泥石流滑坡监测预警需求的不断提高,而该系统的后续建设和完善又相对滞后,不能完全适应长江上游减灾防灾新的要求,预警系统必须进一步完善和发展,增加预警系统的监测覆盖范畴,进一步提高监测预警人员的专业知识监测技术水平,使得预警成效再上一个新台阶。

### [参 考 文 献]

- [1] 钟敦伦,韦方强,谢洪.长江上游泥石流危险度区划的原则与指标[J].山地研究,1994,12(2):78-83.
- [2] 崔鹏.长江上游及西南诸河泥石流滑坡及其减灾对策[J].中国水土保持,2008(12):31-33.
- [3] 谢洪,钟敦伦,李泳,等.长江上游泥石流灾害的特征[J].长江流域资源与环境,2004,13(1):94-99.
- [4] 胡甲均.长江上游滑坡、泥石流防灾减灾的探索与实践[J].中国水土保持,2002(1):2-4.
- [5] 尹远志,尹丽静.长江上游地区滑坡、泥石流预警系统建设及成效[J].中国水利,2004(6):33-35.
- [6] 长江水利委员会水土保持局监督管理处.长江上游滑坡、泥石流预警系统减灾效益与经验[J].中国水土保持,1999(9):24-25.
- [7] 廖纯艳,畅益锋.长江上游滑坡泥石流预警系统减灾成效及经验[J].中国水土保持,2007(1):23-24.
- [8] 张小林,吴丁丁.长江上游滑坡泥石流群测群防减灾策略与成效[J].中国水土保持,2003(12):14-15.