

# 陇陕片滑坡泥石流监测预警技术研究

郭利勇, 韦忠, 赵书平, 郭海

(长江上游滑坡泥石流预警系统陇南一级站, 甘肃武都 746000)

**摘要:** 陇南、陕南片处于秦岭山区, 滑坡、泥石流地质灾害分布广泛, 危害严重, 是我国 4 大滑坡、泥石流集中高发区之一, 给该区国民经济的发展和人民生命财产的安全带来了严重威胁。在这类地区开展滑坡、泥石流监测预警, 是我国 20 世纪 90 年代建设好生态环境, 搞好防灾减灾工作中开展的一项新课题。该文阐明了滑坡、泥石流监测预警的含义与内容, 分析了滑坡、泥石流的诱因, 探索了在土石山区“土”法开展滑坡、泥石流监测预警的技术措施、方法和效益计算。

**关键词:** 滑坡 泥石流 监测预警 技术研究 对策

文献标识码: B 文章编号: 1000-288X(2000)01-0036-03 中图分类号: P642.23

## Technical Studies of Monitoring and Warning on Landslide and Debris Flow in the South of Gansu and Shaanxi Provinces

GUO Li-yong, WEI Zhong, ZHAO Shu-ping, GUO Hai

(Longnan First-level Station for Landslide and Debris Flow Forecasting and Warning System of the Upper Reaches of the Yangtze River, Wudu County 746000, Gansu Province, PRC)

**Abstract** The south of Gansu and Shaanxi provinces which lies in Qinling mountainous areas, has wide spread and severe geological disasters of landslide and debris flow, and it is one of the four most heavy landslide and debris flow concentrated areas. These natural disasters have been threatening the development of local economy and people's life and property seriously. Setting up of monitoring and warning system on landslide and debris flow in such regions is a new subject for disaster prevention and reduction in China in 90's of 20th century to build a favorite eco-environment. The signification and content of the landslide and debris flow monitoring and warning system are explained, the inducement and probed into technical measures, methods and benefit calculation on monitoring and warning system of landslide and debris flow are analyzed with indigenous method in earth and rock based mountainous areas.

**Keywords** landslides; debris flow; monitoring and warning; technical studies; countermeasures

属于 9 大自然地质灾害之一的滑坡、泥石流, 目前已成为困扰世界许多国家区域经济发展和人民生命财产安全的祸害, 引起了人们的广泛关注。长江上游陇南、陕南片境内由于脆弱的地质构造、地层、地貌、气候作用和人为地质作用, 造成了极其严重的滑坡、泥石流灾害, 使该区资源开发和经济发展受到严重阻碍, 成为我国 4 大滑坡、泥石流集中高发区之一。

作为山地斜坡重力地质作用过程中的滑坡、泥石流, 其发生、发展和消亡, 受控于气候、地质、生态环境 3 大系统中的多种要素。对这些要素中的主要因素进行分析研究和监测, 探求成因及发展规律, 对可能发生的滑坡、泥石流进行预警预报, 尽可能减少或防止人员财产损失已成为人们渴望解决的重要课题之一。

## 1 陇陕片滑坡、泥石流概况

### 1.1 陇陕片滑坡、泥石流特征

1.1.1 形成特征 滑坡、泥石流是地质环境和气候演变的产物, 地质构造、岩石性质和地形地貌是发育基础, 气候条件和生态环境是外部激发因素。该区地层中广布的灰岩、板岩、千枚岩和砂岩等软弱岩体以及第四纪黄土和坡冲积物, 为滑坡、泥石流提供了物质基础。由于广泛存在的断层裂隙、劈理和片理等地质构造, 风化以后成为泥石流丰富的松散碎屑物, 劈理、片理则成为有利于滑坡体形成的岩体内的软弱面。地形方面, 该区属山区沟谷地形, 山高坡陡, 山谷沟坡相对高差在 500~1000 m 以上, 其发生泥石流

沟数和频次比较高。另外,气候、水文、植被脆弱叠加以及人类经济活动因素也是滑坡、泥石流发生发展的重要外部因素。

1.1.2 分布特征 (1) 滑坡、泥石流在南部和东北较密,东南和西北相对稀少。(2) 区域性分布明显,大都沿构造断裂带分布。如白龙江、西汉水和白水江泥石流区均为构造断裂非常发育的地方,这些区域往往断裂褶皱交错,新构造运动强盛,地层破碎,地势陡峻。(3) 泥石流几乎都分布在软弱岩性区。(4) 滑坡、泥石流时空分布呈集中趋势,往往连片成群分布,相互影响。(5) 泥石流分布区与人类活动区域相吻合,人口集中区泥石流分布较密集,这与人类居住区域自然资源被较早的开发有关。

研究结果表明,(1) 陇陕片滑坡、泥石流近期已处于高发期,几乎每年都有 10 多次滑坡、泥石流灾害发生。据不完全统计,区内 82% 的泥石流沟为旺盛期,18% 为始发期。(2) 滑坡、泥石流活动与水密切相关,泥石流大多数为暴雨型泥石流,滑坡受水影响亦颇大,夏秋两季往往是发生高峰季节。降水因素是诱发滑坡体形成及加速下滑和泥石流形成的首要因子。

## 1.2 陇陕片滑坡、泥石流成因分析

1.2.1 不合理的灌溉及生活引水等 不合理的灌溉及生活引水等加速了滑坡、泥石流活动。8a 来,92 处成功预报和险情处理无一例外地证明了这一点。据实测,舟曲南山、西和落凤坡、武都桔柑滑坡,都是由于降水和不合理的引水、大水灌溉,使滑体中部土壤含水量已接近塑限所致。

1.2.2 生态变化 由于区内一些不合理的经济活动,如滥伐森林、滥垦坡地、开矿、修路等,造成了严重的水土流失,影响了坡地的稳定性,加速了该地区滑坡、泥石流的发生和发展。如白龙江流域,自明朝到现在随着人口增长毁草垦荒,广种薄收,造成生态失调。解放 40a 以来,开荒近  $1.3 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ,平均每增加 1 口人,耕地增加  $0.15 \text{ hm}^2$ ,开垦坡度陡达  $43^\circ$  以上。如成县、西和县现有的各类矿点 50 多个,弃渣量达  $1.0 \times 10^8 \text{ m}^3$  多,礼县森林覆盖率由原来的 16.5% 减少到 9.8%,陇南地区 1949—1980 年,森林覆盖率由 37% 减少到 23.7%。武都县洛塘区属泥石流稀疏区,人口密度只有 46 人/ $\text{km}^2$ ,森林覆盖率 39.52%,而白龙江两岸及其支流属泥石流密集区,人口密度高达 133 人/ $\text{km}^2$ ,森林覆盖率仅为 7.74%。

## 2 监测预警监测技术

### 2.1 监测预警现状

1991 年预警系统建立以来,本着“因害设防,确

保重点”的原则和“防大汛,抗大灾,减轻灾害损失,服务于当地经济”的指导思想,在陇南、陕南片设立了 1 个一级站,3 个二级站,19 个监测预警点,359 个群防看守点和 3 个群测群防试点县。目前已配备专业预警技术人员 89 人,预警设施 850 个,交通通讯设备 32 台,在监测站点建成了规范的站房、监测断面、排桩等设施 and 监测预警仪器,配置了办公设施和无线电台通讯等。监控滑坡体积达  $1.25 \times 10^{10} \text{ m}^3$ ,监控泥石流面积达  $2.0 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,保护着  $4.0 \times 10^5$  人,  $2.45 \times 10^9$  元生命财产安危。

### 2.2 监测预警方法

2.2.1 滑坡监测预警 滑坡监测是通过对滑坡的位移、裂缝、地下水、宏观迹象的监测以及对地质环境等形成原因的分析研究,判断滑坡所处的滑动状态,确定预警临界值,预警预报是否下滑及下滑时间。监测方法视其形态而设,如滑坡位移监测有简易排桩法、三点交汇法、横向视准线法以及伸缩仪观测法等。通过较长时间的监测,绘制位移曲线图,地下水、降水、河水位及地震与位移相关图,判断滑坡活动情况,以此作出滑坡时间预报。经过 8a 的群防实践,摸索出了三点拉线法、墙壁裱糊法、泉水清浊对比法、标尺法、排桩法、电杆树木地上倾斜宏观迹象观察法等 10 多种方法,其中三点拉线法等已在陇陕片滑坡监测中广泛应用。

2.2.2 泥石流监测预警 泥石流监测目前在辖区内采用的是以接触式监测为主,结合成因预报的方法,即通过设在泥石流形成区的雨量资料,分析建立与泥石流资料的数学模型,以此来判断泥石流暴发的可能性,同时通过监测断面或泥位仪器等对泥石流流体进行量化监测,利用泥石流从监测断面到保护区的流动时间差来做出预警报。泥石流监测点主要应用了泥位检知线报警系统,有降水和断面泥石流流体流态资料监测,包括流速、流量、泥位、容重、含沙量等。这种方式最为普遍,经过数次中小型泥石流的监测预报实践,具有较高的可靠性。

### 2.3 监测预警效果

在监测预警实践中,开展了结合实际的应用课题研究,解决了一些实际问题,成功地进行了泥石流试验工程的研究;开展了群测群防探索,逐步形成了区域性滑坡、泥石流预警网络,8a 中成功预报滑坡 19 处,避免了 1085 人伤亡,  $2.92 \times 10^7$  元财产损失;成功预报泥石流 6 处,避免了 770 人伤亡,  $2.45 \times 10^6$  元财产损失;危害区防治、处理滑坡、泥石流险情 67 处,保护人口  $1.13 \times 10^5$  人,财产  $8.32 \times 10^7$  元。3 项合计共

避免经济损失  $1.15 \times 10^8$  元,与长江上游水土保持委员会办公室 8a 来下达辖区的预警经费  $5.58 \times 10^6$  元相比,投入效益比为 1: 20.59 其中站点成功预报避免经济损失及财产损失  $3.16 \times 10^7$  元,投入效益比为 1: 5.67,具有极其显著的经济效益和社会效益。

### 3 监测资料分析及其应用

#### 3.1 资料整编与分析

滑坡、泥石流监测预警自 1991 年在陇陕片实施以来,实测资料  $7.5 \times 10^4$  个,对辖区滑坡、泥石流灾害的准确预警,为政府决策提供了依据。

3.1.1 降水观测 按地理区域选择 5 个监测预警点对 8a 的 24h 降水量大于 25 mm 降水资料分析,降水时段分布集中,在 7 月最大有 15 组,占总降水的 40.5%,8 月最大有 14 组占总降水的 37.8%,9—10 月有 8 组,占总降水的 21.7%,降水集中在汛期中段。大(暴)雨时有发生,时空分布不均。8a 来共有 28 次大(暴)雨发生,几乎每次都引发不同规模的泥石流,诱发滑坡。

3.1.2 滑坡、泥石流监测 在 1991—1998 年发生的 132 次滑坡、泥石流记载中,有 92 次发生在 1992 年和 1998 年,其中 99 次发生在 7、8 月份,这与前面的降水情况相互对应。表明滑坡、泥石流的发生与降水息息相关。引发滑坡、泥石流发生的主要因子是当日降雨量与前期雨量。如在 40 次滑坡、泥石流中有前期降水的就有 29 次,占 72.5%。区域性的连续降水天气是该区引发滑坡、泥石流灾害的主要天气类型。8a 中有 2 次这种典型天气类型,均造成区域性的暴雨、洪水及滑坡、泥石流灾害。

3.1.3 分析方法 在滑坡获得大量形变信息资料的基础上,采用了数值推理与宏观判定;剖面排桩位移与宏观现象复合分析;历时位移曲线外延推算剧滑时间等 3 种分析方法,对于泥石流,则采用成因分析法、临时降水分析与接触式预报相结合。

#### 3.2 监测预警技术应用

滑坡、泥石流监测的目的是为了及时准确地预警预报,为当地政府提供决策依据,为危害区群众避灾防灾提供技术服务。8a 来,共向当地政府及有关单位提交报告、建议、方案等 650 项,大部分都受到了政府部门及领导的高度重视。如 1998 年 1 月下旬舟曲山发生滑坡迹象后,一级站与舟曲二级站起草了调查报告,提出建议,上报政府,立即采取搬迁措施,避免了 21 人、 $2.2 \times 10^5$  元财产及安全的损失。

#### 3.3 效益计算方法

滑坡、泥石流预警减灾效益计算目前尚无规范可

循,我们借鉴水利经济效益计算方法,用费用效益比分析法来评价预警防灾减灾效益:

滑坡、泥石流预警预报减灾效益

$$= \frac{\text{效益}}{\text{费用}} = \frac{\text{成果总值}}{\text{投资} + \text{运转费用}}$$

比值越大,说明减灾效益越显著,反之就越小。针对防灾减灾实际,我们依照“减负等于加正”的原则,将成果总值归纳为直接效益和间接效益。

(1) 直接效益。由于及时预警预报所避免的人员伤亡;固定资产得到及时搬迁所避免的损失;所避免的生活用品损失;所避免的水利、公路、农电线路、交通等设施的损失;采取防避措施后,诸如水电站、水库等所避免的财产及经济损失;家畜家禽得到及时转移撤离所避免的损失等。效益具体计算方法按照国际灾害损失“人一年”算法,即

$$(\text{减免的人员伤亡人数} \times \text{概率估计寿命} / 2) +$$

$$(\text{减免的经济损失} / \text{当年人均国民生产总值})$$

(2) 间接效益。包括安定民心,稳定社会,密切党群关系,保护生态环境等,这部分效益目前尚无法用货币表示,可暂不计算在内。

### 4 对策及建议

滑坡、泥石流监测预警工作的开展,直接关系到危害区的安危。在理顺关系的同时,应从人力上加强,财力、物力上加大,推动预警工作向纵深发展。(1) 继续立足站点监测预警的原则,适当增加监测预警点数量,力求对一些活动明显、危害严重的灾害点全面进行监测。(2) 规范群测群防的运作及操作,加大对群测群防的投入和科学管理。(3) 加强预警系统现代化建设,立足高起点、高标准和高科技,在监测设备、手段、预警预报方法、信息传递等方面,努力适应科技化、信息化时代的要求。(4) 继续加强预警队伍的业务培训,提高监测人员整体素质,以适应新时期的要求。(5) 充分利用系统内软硬件资源,加速建立滑坡、泥石流专家系统,对重大灾情、险情实现专家会诊,提高预警质量。(6) 加强与科研单位、水保、地质、气象等部门的联系协作,将一些最新科学研究成果推广应用于指导监测预警实践。(7) 政府部门应将预警工作列入议事日程,经常指导和督查,并关心预警人员的工作、学习和生活,鼓励预警人员搞好本职工作。

#### 参 考 文 献

- [1] 唐士军. 治理地质灾害刻不容缓 [N]. 兰州: 甘肃日报社, 1999.
- [2] 郭利勇, 赵书萍, 韦忠. 长江上游滑坡泥石流监测预警系统中陇南陕南片防灾减灾效益评价. 水土保持通报, 1999, 19(4): 37—40.