

文章编号:1001-5485(2010)11-0109-06

滑坡泥石流整体防御结构体系研究

刘晓路,张平仓,师哲,胡波
(长江科学院水土保持研究所,武汉 430010)

摘要:滑坡泥石流由于具有突发性强、历时短、成灾快、破坏性强等特点,易造成巨大的财产损失,严重影响局部区域人民生命和生产安全,已经成为区域社会与生态环境可持续发展的重要制约因素之一。基于系统论理论及 DP-SIR 模式,以全过程分析为主体设计思路,针对滑坡泥石流灾害特征,构建了一套包含监测站点、信息传输、评估预测、综合管理为一体的滑坡泥石流整体防御结构体系。

关键词:滑坡泥石流;预测预警;整体防御

中图分类号:P642.22 **文献标识码:**A

1 概述

滑坡、泥石流灾害,是强降雨和一定的地形地质条件在一定的经济社会活动区相互作用具有一定规模的结果,具有突发性强、来势猛、历时短、成灾快、破坏性强、预测预报预警难度大、防御困难等特点。滑坡、泥石流灾害常常毁坏和淤埋山丘区城镇,冲毁交通线路和桥梁,破坏水利水电工程和通信设施,淹没农田,堵塞江河,造成巨大的财产损失^[1-4]。据2004年长江上游水土保持重点防治区202个县级行政区第2次滑坡泥石流灾害统计显示,体积在1万m³以上,危及1户居民以上的滑坡(包括危岩等)13000多处,滑坡体总方量近167亿m³;流域面积在1km²以上,危及1户以上的泥石流沟3000多条,流域面积约5万多km²。严重的滑坡泥石流灾害对人民群众的生命财产安全构成极大的损害和威胁,已经成为区域经济社会可持续发展的重要制约因素之一^[5-8]。

滑坡泥石流是强度最剧烈的重力和混合侵蚀,具有瞬时性和突发性的特点,其松散堆积物是河流泥沙的主要来源之一^[5]。目前,我国以面蚀防治为重点的水土保持工作取得了显著成效,滑坡、泥石流问题相对日渐突出。开展滑坡、泥石流预警系统的基础研究与建设工作,努力完善流域防洪减灾和水土流失防治体系,切实维护和保障人民生命财产安全,已成为新阶段的流域综合治理工作亟待解决的

一项重要而紧迫的任务。

基于此,本文以全过程分析为主体设计思路,借鉴系统论理论及 DPSIR 模式,针对滑坡泥石流灾害典型特征,构建了一套包含监测站点、信息传输、评估预测、综合管理为一体的滑坡泥石流整体防御结构体系。

2 滑坡、泥石流危害与防御现状问题

2.1 滑坡泥石流危害

(1) 直接危害城镇及村庄,威胁人民群众的生命和财产安全:滑坡、泥石流易发生于山高坡陡地区,不少地区城镇村庄就直接位于滑坡体上或较平缓的泥石流堆积扇上,滑坡、泥石流一旦发生,这些城镇、村庄将直接遭受滑坡、泥石流侵害,人民群众的生命和财产安全受到威胁。

(2) 威胁河流河道安全:滑坡泥石流搬运大量泥沙石块堆积于主河,抬高河床,增大洪水危害,恶化自然环境。

(3) 影响水利水电及防洪工程效益的发挥:由于滑坡、泥石流易造成水库泥沙淤积、减小库容和发电调节能力,其对水能的开发利用造成危害或威胁;同时也给流域防洪产生一定的威胁。

(4) 影响交通运输:滑坡、泥石流易发生区段的公路,每年雨季都因泥石流灾害而发生断道现象,一些路段甚至整个雨季都无法通行,严重制约当地经济发展。

收稿日期:2010-09-10

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划项目(2008BAD98B02);国家自然科学基金项目(10672125)

作者简介:刘晓路(1978-),女,江西九江人,工程师,主要从事水土资源综合利用与生态环境建设,(电话)15327288561(电子信箱)liuxiaolu100@yahoo.com.cn。

(5) 对农业的危害:泥石流冲毁或淤埋耕地,毁坏庄稼和水渠、提灌站、塘坝等农灌或蓄水设施的灾害年年发生。

2.2 滑坡泥石流综合防治研究现状

滑坡、泥石流灾害的预警预报及有效防治是水文气象学界亟待解决的科学问题之一。目前,各国专家针对滑坡、泥石流的发生演变、预警预报及有效防止等方面开展了大量基础研究。

20世纪80年代美国、日本等滑坡泥石流多发地区就针对滑坡泥石流的发生机制开展了相关研究,促进了山区水文学和边坡水文学的发展^[9]。对于灾害的预警策略,美国采用多普勒雷达网和静止卫星探测技术开展自然灾害预警,挪威通过对气象要素分析探讨了地质灾害预警预报,我国台湾地区则应用雷达网、GIS、卫星、闪电和模式分析手段等开展流域降水估计与洪水监测预报。

由于我国滑坡、泥石流分布较为广泛,且暴发较为频繁,滑坡、泥石流预警问题受到国家的普遍关注。针对气象要素在滑坡泥石流中的驱动作用,国家对气象、水文等监测设施的建设非常重视,相关部门在山丘区布设了大量的气象水文监测设施,在滑坡、泥石流灾害防治中发挥了重要作用;国土部门通过地质灾害普查,加强了地质灾害的监测和预报,并通过地区联合开展滑坡、泥石流灾害气象预报预警,取得了一定的研究成果。对于突发性滑坡、泥石流灾害,尤其是对滑坡、泥石流灾害中的滑坡监测技术方法目前国内较为完善。随着电子技术与计算机技术的发展,监测技术已由过去的人工皮尺监测过渡到仪器监测,正在向自动化、高精度的遥测系统发展。对于缓变性地质灾害也正在采用越来越多的技术方法和手段包括GPS、遥感解译等。滑坡、泥石流灾害中的泥石流监测技术方法主要有遥测地声警报、超声波泥位报警、接触型泥石流报警传感器等。基于长系列观测数据,相关学者采用遥感技术、灰色系统理论、专家系统判别技术、信息处理技术、计算机仿真和人工神经网络方法等进行了泥石流预测预报^[10-12]。

在滑坡泥石流的暴发机制方面,国内专家开展了系列探索性研究,取得了一定的成果。如:降雨强度是形成泥石流的必要条件,是泥石流预报预警的临界参数,前期降雨量是滑坡、泥石流发育的充分条件,前期降雨量与降雨强度是进行滑坡、泥石流预报预警的主要指标^[13];前期降雨对滑坡滑动是否有明显影响,取决于滑体岩土性质及滑坡形成机制等多种因素;泥石流预报应由降雨条件函数和地面环境动态函数组合的量级决定^[14];钟立勋等通过对全国

8个地区的泥石流个例分析发现泥石流具有突发性强、致灾快、历时短、暴发频率低、具有隐蔽性、成灾时间多在雨季中、成灾地点多在干旱-半干旱地区、成灾机理多为处于干燥状态下的松散、松软土体,在高强度暴雨影响下,土体迅速吸水、崩解、膨胀而呈饱和的塑流状态,最终发展成泥石流^[15]。相关学者还通过案例研究,提出了新的滑坡泥石流预测预警模型,如暴雨泥石流实时预报的人工神经网络模型^[16]。降雨强度和滑坡、泥石流灾害存在一定的时间滞后关系,通过对三峡库区典型滑坡发生时间和降雨历时的统计分析可知,暴雨开始后10~12h出现滑坡,多为浅层堆积、堆填土和黏土滑坡;暴雨开始后24h内产生的滑坡约占总数的16%;暴雨开始后28~30h出现大量滑坡,而且一些大型和巨型滑坡开始出现;在降雨之后48h内产生的滑坡约占77%;在72h以内产生的滑坡约占其总数的85%^[17]。

目前,尽管相关学者在滑坡、泥石流灾害的发生发育及预测预警方面开展大量研究,取得了系列成果,但在滑坡泥石流的全过程控制与预警方面,目前仍未进行系统的研究,尤其是从整体角度、从全过程预警分析角度进行滑坡泥石流的防御体系研究尚有缺陷。基于此,本文从全过程预警分析的角度,探讨了包括站点、监测、信息网络、评估预警、灾害防御管理的滑坡泥石流整体防御框架结构体系研究。

3 滑坡泥石流整体防御结构体系

3.1 理论基础

作为典型的山洪灾害,滑坡、泥石流发育、发生及危害影响是一个连续的过程,是受强降雨驱动作用,以及区域地质背景和人类活动影响诱发的一种自然地质灾害,其对区域生态环境产生巨大压力,改变了区域的生态平衡。由此,人类社会以及生态环境产生了系列响应以阻止、改变或转移这种压力所带来的影响^[18],即通过一定的监测、评估与预警技术、修复策略等来减缓滑坡泥石流引发的生态环境影响,形成了一种基于驱动-压力-状态-影响-响应(DPSIR)模式的交互作用模式。其中,驱动是指自然强降雨及下垫面人类活动等直接施加于坡面系统中的行为或结果;压力是指外界驱动直接施加于坡面系统而产生的可能会导致山地坡面发生变化的系列效应;状态表征坡面系统结构、功能及过程现状;影响表征坡面系统承受外界驱动压力下而产生的直接结果,即滑坡、泥石流所造成的直接或间接危

害;响应是人类或自然系统对状态改变而产生的系列反应,包括负面响应和正面响应(正面响应表征人类制定或实施环境经济政策、规划等行为以阻止、减少或转移滑坡泥石流的影响;负面响应是指坡地系统在滑坡泥石流的影响下,进一步诱发其他地质灾害,加剧滑坡泥石流影响)。

DPSIR 框架模式是一种基于全程考虑的范式,可以用来整体评估滑坡泥石流危害。同时,山体滑坡以及泥石流是自然界中危害性和破坏性极为严重的突发性山洪灾害之一,为把那些未予治理的滑坡、泥石流突然发生时对人民生命和财产造成的损失降到最低程度,必须对滑坡、泥石流的形成和发生过程进行全程有效的监控。借鉴 DPSIR 思想,本文提出了包含站点、监测、信息网络、评估预警、灾害防御管理的一套滑坡泥石流整体防御结构体系:通过布设基础站点实施动态监测,记录滑坡泥石流发育过程;通过站点间信息网络逐级汇总,汇集到预测评估系统,耦合评估后界定滑坡泥石流危害程度与防御级别;通过灾害防御管理系统实施快速的应急响应,实现滑坡、泥石流的防御管理。

3.2 概念模式

基于滑坡泥石流整体防御结构体系的相关概念,本文提出了其相关结构组成,具体包括基础站点系统、监测支持系统、信息网络系统、评估预警系统、防御管理系统等 5 部分(具体结构见图 1),各部分介绍如下所示:

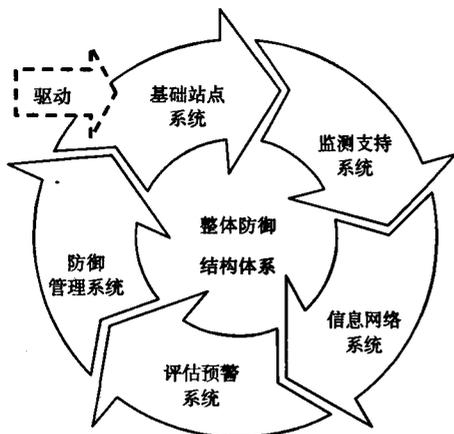


图 1 滑坡泥石流整体防御结构体系框架图

Fig.1 Framework of integrated defense system of landslide and debris flow

(1) 基础站点系统是实施滑坡泥流动态监测的物理站点,是有效实施滑坡泥石流整体防御的关键所在,也是信息收集的开始;

(2) 监测支持系统主要是指滑坡泥石流的一种监测评估技术与方法系统,其是实现监测数据有效

性的重要保障,方便快捷、合理有效、精简节约的监测支持系统是保障滑坡泥石流整体防御结构体系可行性的前提;

(3) 信息网络系统主要是指基础信息数据的传输与预处理系统,其是实现滑坡、泥石流的山洪灾害快速预警预报的关键所在,是数据传输的重要通道和处理途径。随着 GIS 技术的日益成熟与完善,目前,其已成为信息技术系统中的一个重要组成;

(4) 评估预警系统主要是指各种基础数据、信息数据的汇总终端,通过各种数据与信息处理模块,对各种数据进行统一的风险评估与预警分析,其是滑坡泥石流整体防御结构体系的大脑中枢;

(5) 防御管理系统主要是指滑坡泥石流的应急处理系统,根据预警信息,及时启动和执行山洪灾害防御预案。

3.3 结构组成

3.3.1 基础站点系统

基础站点系统是由中心站、一级站、二级站、监测预警点和群测群防点等 5 部分组成,负责滑坡泥石流的动态监测;针对不同的空间尺度范围,其组成结构有一定的差异,如流域级别的基础站点系统可设置为 5 级,针对区县级别,基础站点系统设置为 3 级。具体结构框架见图 2。

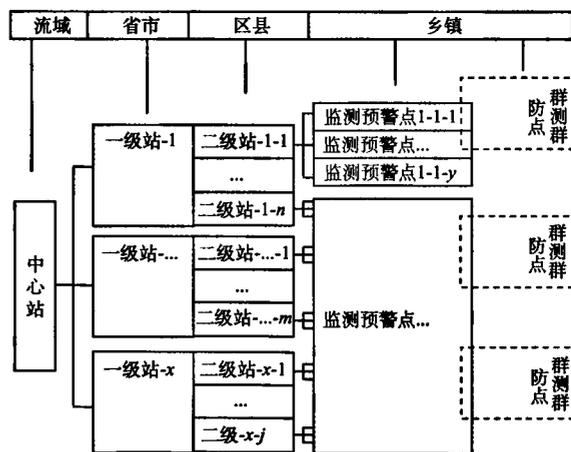


图 2 基础站点系统框架结构图

Fig.2 Framework of basic stations and monitoring points system

(1) 中心站:流域级别。负责制定预警系统年度实施方案,对各级站点进行技术指导,负责组织预警管理信息系统的研发与推广,组织重大灾害调查评估,开展预警新技术推广应用,编制相关技术标准、规程。

(2) 一级站:省市级别。负责所辖下级站的业务指导,指导直辖预警点的监测预警工作,协助开展汛前检查和汛期巡查,配合当地政府制定相应的规

章制度,宣传普及防灾减灾知识,负责开展辖区技术培训和站点监测资料的审查及分析整编、管理信息系统的运行、监测信息的汇总上报。

(3) 二级站:区县级别。指导所辖站点开展监测预警工作,开展汛前自查工作,汛期进行巡查,临报期派员驻点参与监测预警,负责所辖站点的监测资料的初步审查、管理信息系统的运行、辖区监测设备的维修,并协助各站点制定防灾避灾预案。

(4) 监测预警点:预警系统基本单元。在上级预警站的指导下,开展监测预警工作,发现险情及时报警;负责数据的采集、录入、分析、整理、定期上报等日常监测管理工作,看守和养护监测预警设备,制定防灾避灾预案,开展监测预警知识的宣传普及,定期发布区域滑坡、泥石流灾害的中短期预报,指导群防看守点的监测预报。

(5) 群测群防点:针对滑坡泥石流灾害暴发频繁地区专业监测不足的问题,群测群防可将有限站点预警到全方位防避。群测群防点每年汛期进行辖区泥石流、滑坡调查工作;提请政府机关依法划定并公告泥石流、滑坡危险区和泥石流易发区,建立群防点,制定群防制度;协助开展预警防灾减灾基本知识的宣传;防治和处理泥石流、滑坡灾害和险情。

3.3.2 监测支持系统

监测支持系统是指滑坡泥石流监测评估技术与方法体系,是灾害预报、预警以及防灾、减灾工作的先导性措施。目前,国内外滑坡泥石流灾害监测方法众多,针对滑坡、泥石流易暴发点的现状环境,应根据各种灾害的特点,本着突出重点、少而精的原则选用,进行全方位的立体监测。按照监测的内容划分,可分为滑坡监测与泥石流监测2部分;按照监测的技术方法来分,可分为物理技术方法、化学技术方法,以及生物技术方法等。

(1) 滑坡监测:滑坡是斜坡岩土体沿着一定的软弱面或者软弱带,整体地或者分散地顺坡向下滑动。滑坡体变形主要是滑坡体前后缘位移、地表变形和滑坡体与周围岩土体的裂隙变化。滑坡监测内容主要是进行滑坡变形量及变形部位监测、相关因素监测和宏观前兆监测等滑坡动态综合监测。包括滑坡变形、地下水、地表水、地声、动物异常和其它变形迹象等。根据研究区滑体的特性和变形破坏机制以及所处的变形阶段等,合理运用不同的监测方法或手段,达到最佳的监测预警效果。主要滑坡监测常规方法与先进的滑坡位移监测报警仪和GPS滑坡位移监测技术。

(2) 泥石流监测:泥石流是沟谷中由暴雨等水

源激发的,含有大量泥砂、石块的特殊洪流。通常由形成区、流通区、堆积区组成,泥石流暴发突然,在泥石流沟流通段迅速向沟外运动,在宽阔的堆积区横冲直撞、漫流堆积,常常给人们生命财产造成重大危害。泥石流监测是泥石流预警的重要内容之一,同时为泥石流预报提供依据。泥石流监测项目主要有水源观测、土源观测、泥石流流体观测。对泥石流的常规监测内容主要是泥石流运动要素观测、流域内的气候和雨量观测、泥石流的形成过程观测、沟道冲淤变化观测等。监测方法主要有泥石流常规方法和先进的泥石流自动监测预警系统监测。

3.3.3 信息网络系统

信息网络系统主要是指基础信息数据的传输与预处理系统,是实现滑坡、泥石流的山洪灾害快速预警预报的关键所在,是数据传输的重要通道和处理途径。为提高滑坡、泥石流预警系统管理水平,达到科学监测、及时预警、规范管理,实现滑坡、泥石流预警系统监测数据和成果的远程准确上报、快速查询、分类统计,相关学者提出了滑坡泥石流调查GIS系统(简称调查GIS系统)^[2,4,8],可以逐步实现对大尺度范围内的滑坡泥石流灾害的自动化和信息化处理,为今后流域尺度的滑坡泥石流预警系统运行、管理、决策打好基础。

按结构组成划分,信息网络系统包含了GIS工作平台与信息传输平台2部分。

(1) GIS工作平台:GIS技术可贯穿于滑坡泥石流灾害调查编录、数据库建设、空间预测评价区划、监测预警预报、防治和管理的全过程,特别是其数据更新、信息共享、信息发布及可视化功能,适合于突发滑坡泥石流灾害预测评价、应急排查评价和长期动态跟踪,评价结果有利于为社会经济服务、有利于滑坡泥石流灾害风险管理和控制。

(2) 信息传输平台:信息网络系统还包含基础数据与信息数据的传输媒介、数据信息发送方式以及信息汇总模式。按照结构组成的属性,信息传输平台可划分为信息网络站点、物力传输线路以及无线发送网络等3部分。

调查GIS系统总体架构图如图3所示。从调查GIS系统总体架构图可以看出,GIS系统是该整体系统的一个关键组成。该系统是由各监测站点动态监测滑坡、泥石流灾害情况,提交相关信息及灾害预警至二级站点进行初审;同时,由二级站形成数据、图形、文本、声音、影像一体化滑坡泥石流灾害监测及预警数字信息,录入滑坡泥石流动态监测数据库;一级站点用户通过滑坡、泥石流调查GIS系统,实现相

关信息资料的查询、复审、分析、汇总等工作,进一步提交监测信息及预警信息至中心站点;由中心站点完成对滑坡泥石流灾害的监测信息和预警信息终审、决策、对外公开发布等工作。

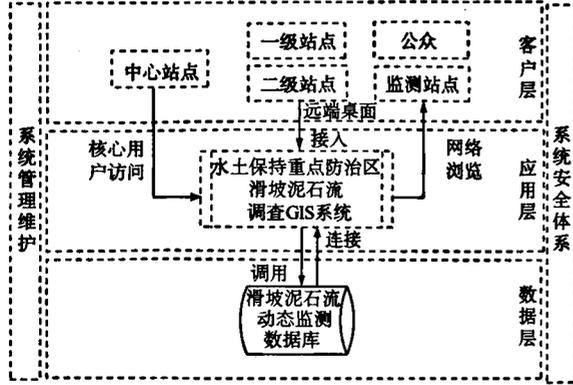


图 3 信息系统架构图

Fig. 3 Framework of the information system

3.3.4 评估预警系统

针对滑坡泥石流,通过深入研究其成因和形成机理,提出了滑坡泥石流灾害评估预警信息平台,建立滑坡泥石流山洪灾害的预报预警和评估决策体系。评估预警系统主要是指各种基础数据、信息数据的汇总终端,通过各种数据与信息处理模块,对各种数据进行灾害评估与预警分析。预警系统框架如图 4 所示。

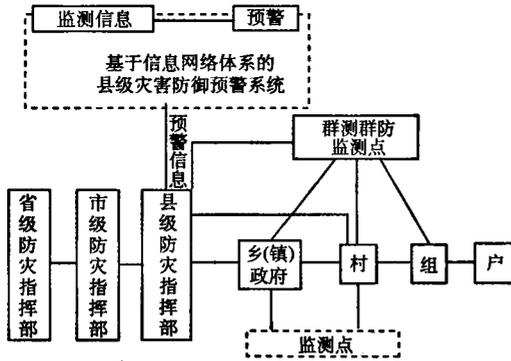


图 4 预警系统框架

Fig. 4 Framework of the early warning system

根据滑坡泥石流灾害的时空分异规律,定期开展灾害风险评估,在时空尺度上分析评估灾害发生危险区域和风险等级,并增加高风险区的监测频次。灾害发生前,当灾害风险达到一定程度时,进行灾害预警。在灾害过程中,对灾害发展趋势、次生灾害等进行评估和预警。根据风险变化,结合承灾体信息,开展灾情预警,生成灾害可能发生时间和位置、可能影响范围和强度的预警产品。对滑坡泥石流的稳定性、危险度、滑坡规模、受灾范围、灾害等级等相关参数进行分析后,第一时间将这些信息上报给主管单

位,为上级主管部门的参考应急预案提供地面相关地理资料背景,并利用网络向公众发布。

按照系统组成的属性,滑坡泥石流灾害评估预警系统可分为评估决策系统、灾害预警信息发布平台 2 部分,具体介绍如下:

(1) 评估决策系统:基于滑坡、泥石流的性质特征、规模、变形规律、发展趋势、破坏形式和雨水情等监测信息分析,评估决策系统利用预报模型针对不同性状的滑坡、泥石流进行灾害的评估与预警分析;

(2) 灾害预警信息发布系统:基于滑坡、泥石流灾害评估结果,灾害预警信息发布平台进行地质灾害信息的发布,其具体包括预警发布及程序、预警方式、警报传输和信息反馈通信网、警报器设置等。

3.3.5 灾害防御管理系统

灾害防御管理是根据预警信息,及时启动和执行山洪灾害防御预案,反馈灾情、防灾及救灾等信息。为有效防御山洪灾害,需编制因地制宜的防灾预案,建立群测群防的组织和责任制体系,开展宣传、培训及演练工作。群测群防的组织和责任制体系按照县、乡(镇)、村、组、户五级建立,明确各级防御山洪灾害的组织机构、人员设置、职责等,保障县、乡(镇)、村、组、户防灾信息上传下达畅通,监测、预警、避灾措施落实。宣传、培训及演练包括防灾知识的普及,防灾准备,监测、警报设施的维护和操作,预案的宣传、演练等。

4 结 语

本文以全过程分析为主体思路,针对滑坡泥石流灾害典型特征及演变规律,构建了一套包含监测站点、信息传输、评估预测、综合管理为一体的滑坡泥石流整体防御结构体系。

本文提出的相关理论概念填补了滑坡泥石流研究领域中的空白,但在某些方面还存在一定的不足,需要在下一步工作中进行完善。如:本文初步提出了滑坡泥石流整体防御结构模式的理念与结构组成,关于各结构要素及组分的内涵与外延有待在具体实施中进行相应的完善;提出的框架结构体系相对较为完整,但针对滑坡泥石流评估预警方面,尤其是评估决策系统方面有待通过野外试验、室内模拟、GIS 等方法进行深入研究。

参考文献:

[1] 张 梁,张业成,罗元华,等. 地质灾害灾情评估理论与实践[M]. 北京:地质出版社,1998. (ZHANG Liang,

- ZHANG Ye-cheng, LUO Yuan-hua, *et al.* Theory and Practices of Geological Disasters Evaluation [M]. Beijing: The Geological Publishing House, 1998. (in Chinese))
- [2] 殷坤龙. 滑坡灾害预测预报[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2004. (YIN Kun-long. Prediction and Forecast for Debris Flow [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2004. (in Chinese))
- [3] 中国科学院成都山地灾害与环境研究所. 泥石流研究与防治[M]. 成都:四川科技出版社,1989. (Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS. Research and Prevention of Debris Flow [M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 1989. (in Chinese))
- [4] 熊 铁. 长江上游滑坡泥石流监测预警系统技术手册[M]. 武汉:长江出版社,2007. (XIONG Tie. Technical Manual of Monitoring System for Forecast and Precaution of Landslide and Debris Flow in Upstream of Changjiang River [M]. Wuhan: Changjiang Press, 2007. (in Chinese))
- [5] 李德基. 中国山地灾害防治工程[M]. 北京:科学出版社,1997. (LI De-ji. Prevention Project of Mountain Hazards in China [M]. Beijing: Science Press, 1997. (in Chinese))
- [6] 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): 22 - 23. (LIAO Chun-yan, CHANG Yi-feng. Effect and experience on hazards reduction of landslide and mud flow forecasting and warning system of the upper Yangtze River [J]. Soil and Water Conservation in China, 2007, (1): 22 - 23. (in Chinese))
- [7] 康志诚. 中国泥石流灾害与防治[M]. 北京:科学出版社,1996. (KANG Zhing-cheng. Debris Flow Influences and Prevention in China [M]. Beijing: Science Press, 1996. (in Chinese))
- [8] 陈循谦. 泥石流与水土保持[M]. 昆明:云南科学技术出版社,2007. (CHEN Xun-qian. Debris Flow and Soil and Water Conservation [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2007. (in Chinese))
- [9] 张 燕. 日本最新滑坡调查及防治对策技术——赴日本考察地质灾害监测防治技术报告[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2007, 12(18): 1 - 4. (ZHANG Yan. Latest technology for landslide investigation and prevention in Japan-technology report of monitoring and prevention strategy for geological disasters in Japan [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2007, 12(18): 1 - 4. (in Chinese))
- [10] 魏 丽, 郑有飞, 单九生. 暴雨型滑坡灾害预报预警方法研究综述[J]. 气象, 2002, (10): 3 - 6. (WEI Li, ZHENG You-fei, SHAN Jiu-sheng. Review on prediction and warning method of landslide hazard triggered by heavy rainfall [J]. Meteorological, 2002, (10): 3 - 6. (in Chinese))
- [11] 柳 源. 滑坡灾害区划系统研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2000, 11(4): 28 - 32. (LIU Yuan. Systematic studies on landslide hazard zonation [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2000, 11(4): 28 - 32. (in Chinese))
- [12] 王晓强. 滑坡地质灾害评价方法分析[J]. 岩土工程界, 2007, 10(10): 694. (WHANG Xiao-qiang. Analysis of debris flow assessment method [J]. Geotechnical Engineering World, 2007, 10(10): 694. (in Chinese))
- [13] 肖汉忠. 降雨对不良地质现象发育的基本作用[J]. 重庆交通学院学报, 1996, 15(3): 126 - 129. (XIAO Han-zhong. Approaches for rainfall to effect on catashophic geologic processes——Taldhg landstides and debris flows in stchuqn bain and regions near the basin as an example [J]. Journal of Chongqing Jiaotong University, 1996, 15(3): 126 - 129. (in Chinese))
- [14] 张年学. 长江三峡工程库区顺层岸坡研究[M]. 北京:地震出版社,1993. (ZHANG Nian-xue. Study on Bedding Bankslope of TGP Reservoir Area [M]. Beijing: China University of Geosciences Press, 1993. (in Chinese))
- [15] 钟立勋. 常见岩崩成因型式及治理[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2007, 18(1): 12 - 19. (ZHONG Li-xun. Origin type and treatment usual rockfall [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2007, 18(1): 12 - 19. (in Chinese))
- [16] 文科军, 吕巡贤, 谢宝元, 等. 神经网络与暴雨泥石流灾害预报[J]. 新疆农业大学学报, 2001, 24(3): 54 - 58. (WEN Ke-jun, LV Xun-xian, XIE Bao-yuan, *et al.* Forecast on neural network and debris flow [J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2001, 24(3): 54 - 58. (in Chinese))
- [17] 谭炳炎. 三峡库区泥石流活动发展趋势的分析预测[J]. 自然灾害学报, 2003, 12(1): 91 - 95. (TAN Bing-yan. Trend analysis and forecast of debris flow activity in areas around Three Gorges Reservoir [J]. Journal of Natural Disasters, 2003, 12(1): 91 - 95. (in Chinese))
- [18] CUI Bao-shan, HU Bo, ZHAI Hong-juan, *et al.* Study on the interaction between engineering construction and ecosystem changes in the Longitudinal Range-Gorge Region [J]. Chinese Science Bulletin, 2007, 52(s2): 21 - 32.

(编辑:周晓雁)

(下转第 119 页)

Forecast and Early Warning System for Debris Flow Monitoring

SHI Zhe¹, ZHANG Ping-cang¹, SHU An-ping²

(1. Yangtze River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China; 2. State Key Laboratory of Water Environment Simulation, School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Debris flow is a common geo-hazard, with characteristic of suddenness, short duration, ferocious power and strong destruction and so on. From top-down, the gully debris flow can be divided into formation zone, circulation zone and accumulation zone. Based on the characteristics in occurring stage, movement stage and damage stage, a debris flow automatic monitoring system was composed of several subsystems and an integrated control center. The subsystems included rainfall telemetry, ground acoustic telemetry, mud-position telemetry, wired mud-location, impact force and camera monitoring. Each monitoring station of the system was equipped with power and automatic control. The apparatus has a high integrated level, which is easy to carry out field monitoring under various conditions. The system can monitor the debris flow quickly and accurately so as to reduce the damage of debris flow

Key words: debris flow; automatic rainfall station; ultrasonic mud gauge; infrasound monitor; forecast and early warning system

~~~~~  
(上接第 114 页)

## Study on Integrated Defense System of Landslide and Debris Flow

LIU Xiao-lu, ZHANG Ping-cang, SHI Zhe, HU Bo

(Department of Soil and Water Conservation, Yangtze River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China)

**Abstract:** Because the landslide and debris flow are characterized by strong suddenness, short duration, quick disaster-causing and heavy damage, they would destroy various structures, such as houses, bridges, etc., damage farm land, hydraulic engineering facilities, and road engineering, and thus, result in enormous property losses and injuries & deaths of the people-life, and influence regional sustainable development. So, on the basis of the systematic theory and DPSIR model, the paper takes whole process analysis as a primary thought, and according to the typical characteristics of the landslide and debris flow, analyses its defense system. By synthetic analysis of present achievements about this problem, an integrated defense system on the landslide and debris flow is brought forward.

**Key words:** landslide and debris flow; forecast and precaution; integrated defense framework

## 水利部公益专项“生产建设项目水土流失测算共性技术研究”正式启动

开发建设过程中的人为水土流失危害已得到全球普遍关注,有效防控开发建设项目水土流失则成为当今世界各国,尤其是发展中国家的重要议题。近年来,随着我国经济的飞速发展和城镇化规模的不断扩大,道路、桥梁、厂矿、房屋等开发建设项目的数量日益增长。由其所造成的水土流失在全国水土流失总量中占据越来越大的比重。如何有效控制、监测和量化各类开发建设项目过程中人为原因造成的水土流失,国内外研究者进行了一些研究,但整体而言,国内外有关开发建设项目水土流失的研究起步较晚,远不能满足我国日益增长的项目建设规模和速度。针对这种状况,由中国水利水电科学研究院牵头,中国科学院水利部水土保持研究所、长江水利委员会长江科学院,中国科学院寒区旱区环境与工程研究所共同申报的水利部公益专项“生产建设项目水土流失测算共性技术研究”2010年9月获批,研究经费319万。该项目旨在针对当前不完善、不准确的开发建设项目水土流失测算方法与社会经济发展对其迫切需求间的突出矛盾,提出进行开发建设项目水土流失普适性测算方法及通用标准体系的专项研究,以期尽快建立一套针对性强、准确性高,且具有普遍适用性的开发建设水土流失测算方法及其参数量化标准,长江科学院承担其中的第三专题“开挖面水土流失量测算模型及其关键参数研究”。

(摘自《长江水利科技网》)