

山洪泥石流灾害预报预警技术述评

周金星, 王礼先, 谢宝元, 饶良懿

(北京林业大学林业科学与水土保持学院, 北京 100083)

摘 要: 山洪泥石流灾害一直都是山区人民的心头之患, 严重威胁着山区人民的生命财产安全。山洪泥石流灾害预报预防, 是 21 世纪我国山丘区防灾减灾的一个重要战略方向。文章通过国内外大量文献资料的综合分析, 评价了目前国内外最具典型的山洪泥石流灾害空间预报技术、时间预报技术以及预警系统开发等预报预警技术, 并指出了未来山洪泥石流灾害预报预警技术的发展趋势。

关键词: 山洪泥石流灾害; 预报预警技术; 述评

中图分类号: P642.23 文献标识码: A

关于山洪和泥石流的定义国内外有很多争议, 笔者认为山洪就是山区河流(溪沟或荒溪)的洪水, 特别是指山区小河(沟)和周期性水流上的洪水^[1,2]。泥石流不同于山洪^[1,2], 泥石流是指发生在沟谷和坡地上的饱含小至粘土、大至巨砾的固液两相流, 也是山区介于挟沙水流和滑坡之间的土(泛指固体松散物质)、水、气混合流^[2,3]。

山洪泥石流灾害是指山洪泥石流暴发而给人类社会经济系统所带来的危害^[1], 并不是所有的山洪泥石流都造成灾害, 譬如发生在荒芜人烟的高山地区, 无论规模多大, 由于没有承灾体, 并不形成灾害。因此许多发达国家为了避免山洪泥石流造成灾害, 把人及其他承灾体从山区沟道中移出来, 即使如此也仍然无法完全避免山洪泥石流灾害的发生。在我国, 由于山区面积比重大, 人口多, 因此山洪泥石流往往造成的灾害损失更加严重, 无疑给我国山区国民经济的持续发展造成严重影响。

由于山洪泥石流的危害的严重性, 加上山洪泥石流灾害的成因及影响因子又比较复杂, 目前尚难以完全治理, 无法抑制山洪泥石流灾害的发生。因此开展对山洪泥石流灾害的预报预警工作, 使地处灾害危险区的居民可以及时得到预警信息, 从而可以提前采取预防措施回避损失, 减轻山洪泥石流的灾害, 对保障山区人民的生命财产安全具有重要的现实意义, 也是目前最有效可行的办法^[12]。随着联

合国际减灾活动的进一步开展, 中国作为一个山地面积大而人口众多的国家, 应当为减灾(尤其是减少山区灾害), 做出应有的贡献, 因此通过对山洪泥石流的危险性预测判别, 研究山区沟道山洪泥石流灾害威胁程度, 结合先进的科学技术, 预测山洪泥石流危害区范围、判断山洪泥石流发生的时间和危害程度, 从而做出山洪泥石流的准确预测预报, 这些工作显得势在必行^[7,8]。据钱正英、张光斗主持, 由 43 位院士和近 300 位院外专家参加的“21 世纪中国可持续发展水资源战略研究”中国工程院咨询项目^[27], 山丘区(即山洪泥石流易发区)的防灾必须从过去的建设防洪工程体系为主的战略转变为在防洪工程体系的基础上, 建成全面的防洪减灾工作体系, 最重要的就是划分山洪及泥石流危害区即预报灾害范围, 减轻或避免灾害损失。由此可见, 研究山洪泥石流灾害的预测预报, 是 21 世纪防灾减灾的一个重要战略方向。自然灾害总是要发生的, 这也是一种客观存在的自然规律。人如何与自然灾害协调相处, 将自然灾害造成的损失减少到最低限度, 就必须研究灾害的预测预警, 这将是 21 世纪我国灾害学研究的重要课题。

山洪泥石流灾害预报研究一直是国内外研究的热点, 目前为止关于山洪泥石流灾害预报预警技术的研究成果不少, 主要包括对山洪泥石流灾害空间预报技术^[13]、时间预报技术以及预警系统的研

收稿日期: 2001-06-26; 改回日期: 2001-08-20.

基金项目: 高等学校博士学科点基金项目资助(编号: 210.7030).

作者简介: 周金星(1972-), 男(汉族), 湖南常德人, 讲师, 北京林业大学水土保持与荒漠化防治专业在职博士生, 现于西南农业大学任教。主要研究方向: 山地灾害防治、流域治理、生态环境保护以及荒漠化综合防治。Email: zjx365@fm365.com

制^[6,7]。

1 空间预报技术

山洪泥石流灾害的空间预报技术就是通过划分山洪泥石流沟及危险度评价和危险区制图(划分)来确定山洪泥石流危害地区和危害部位^[30]。

1.1 国外现状

目前国际上公认的比较科学而实用的空间预报方法是奥地利 H. 奥里茨基提出的“荒溪分类及危险区制图指数法”^[9], 即通过在沟道里或沟口冲积锥上根据危险性质(山洪或泥石流危害)与等级划分出红色区、黄色区及白色区, 以便政府和人们采取必要的针对性措施, 从而达到预警预报的目的。其主要技术是通过具体沟道(荒溪)进行调查采样分析, 收集 9 种指标 51 个具体因子, 进行综合打分确定危险指数。日本也是国际上较早涉及泥石流危险范围预测的国家, 池谷浩、高桥保、水山高久等人通过研究泥石流冲出量、冲出长度和堆积范围, 建立了不同类型的泥石流危险范围预测模型^[10, 31~34]。足立胜治等开展了泥石流发生危险度的判定研究, 主要从地貌条件、泥石流形态和降雨三方面判定泥石流发生率。其中各个方面又分若干要素, 每个要素又分若干等级, 每个等级给出相应的判别得分, 然后统计计算泥石流发生的可能性, 从而确定泥石流的危险等级。瑞典 M. T. Eldeen 将灾害类型的判别和灾害规模的估计利用危险区图^[5]来表示, 以洪水灾害为例, 根据危险等级将洪水易发区分为 4 个不同的危险区, 每个区又分 1~5 个亚区, 从而确定洪水灾害的发生范围。此外美国、德国等国家也完成了山洪泥石流灾害的制图工作, 但灾害制图并不象奥地利具体到该区域内某条沟谷是否会有山洪泥石流发生的可能, 因此虽然都是采样综合指数法进行危险区划分, 但奥地利是具体到每一条荒溪, 而且把每一条荒溪的危险区与非危险区区分开, 而其他国家只是把山洪泥石流沟划分开来, 或者把具有山洪泥石流沟的大范围区划分开^[11]。实际上并不是山洪泥石流沟全沟道一定都处在危险区, 也不是有山洪泥石流沟的区域整个区域都会有山洪泥石流的发生, 因此除奥地利外, 其他国家的危险区制图(划分)只是宏观意义上的标定。尽管如此, 危险区划分与制图在大尺度泥石流空间预测方面起着重要的作用, 并已广泛用于灾害保险、灾害预防和灾害求援等方面^[16~18]。

1.2 国内现状

国内也有不少学者研究山洪泥石流危险区的空

间范围划分。我国泥石流危险区区划的工作开始于 1985 年, 其代表性成果为 1991 年初版的中国泥石流灾害分布与危险区划图。类似的成果还有唐邦兴和刘希林所著的“中国泥石流危险区划的探讨”^[19], 长江上游泥石流危险区划研究^[20], 辽宁省泥石流灾害的危险性分析^[21]等。其研究方法有很多, 但具代表性的方法就三种:

第一种方法是以判断泥石流沟与非泥石流沟为依据, 以综合指数法确定泥石流沟的危险程度。铁道科学院谭炳炎从判断泥石流沟及严重程度的 15 种指标, 按数理理论进行评分, 总分 > 87 分为严重泥石流沟; 总分 $87 \sim 63$ 分, 为中等严重的泥石流沟; 总分 $63 \sim 33$ 分为轻微泥石流沟; 总分 < 33 分为非泥石流沟。笔者认为把区域构造影响程度和流域植被覆盖率, 岩性影响和沿沟松散物贮量以及沟岸山坡坡度等影响泥石流因子数量化评分等同, 缺乏依据, 尚待研究; 如利用 15 种指标进行区划的基础上, 不同区域根据实际情况采用不同的标准评分, 可提高泥石流沟的判别精度。总体上, 这种方法是目前我国判断泥石流沟应用最为广泛的一种方法, 在我国 11 条铁路干线 377 条沟进行了综合评判和组织专家现场调查评判进行对比, 结果表明 85% 以上评判结论一致, 证实了此种方法的科学实用性。

第二种方法是根据通过对泥石流沟危险度评价和泥石流沟的分布进行危险区的划分。其中又可分为 2 种类别。一种是通过泥石流沟的危险度进行评分, 通过对区域上泥石流沟总的评分进行区划。此种方法体现了泥石流区划的思想, 在灾害预报、区域宏观决策中具有重要作用, 就目前的研究成果一般在县级尺度, 如北京地区有谢又予等人研究泥石流危险区及沟谷危险度^[4], 根据地形条件和泥石流沟的分布密度两项综合指标 8 个评价因子, 选取了 20 条泥石流沟将北京密云全县域划分为 5 个等级的危险区^[28]。主要技术是对选取的泥石流沟的 8 个因子分 4 个等级, 每个等级给定一定分值, 将各因子得分相加便得出该沟的危险度。 > 144 分, 为极其危险; $144 \sim 108$ 分为高度危险; $108 \sim 72$ 分为显著危险; $72 \sim 36$ 分为可能危险, < 36 分为无危险。最后由泥石流沟不同危险等级的密度, 把该区域划分为 I、II、III、IV 四级危险区和无危险区。由于选取的泥石流沟毕竟占整个泥石流的比重很小, 在一个县范围内容易选一定比重的典型泥石流, 但在大范围内, 其工作量太大。另一种是对整个区域内区

划的每个单元,按照一定的评价因素进行泥石流区划^[29]。如刘希林等人在云南省昭通地区 10 县市通过对全县 18 个具体指标的关联度分析选取其中 8 个指标,对每个指标给定权重进行综合评分,把昭通地区 10 县市划分为 I、II、III、IV、V 五级危险区和无危险区。该方法选取的 8 个指标资料易采集,工作量不大,容易进行大尺度的山洪泥石流区划。笔者认为该方法予泥石流沟的密度分布权重最高,泥石流沟的判别直接影响分区精度,因此应加强对泥石流沟的判别和调查。

第三种方法是针对每一条溪沟(沟道)选取一定的指标进行荒溪分类,在荒溪分类的基础上,对各种每条溪沟(沟道)采用不同的危险区划分模型,把整条沟的危险区与非危险区划分开来。如王礼先等对北京山区 2280 条溪沟,选取 6 种评价指标 24 个评价因子,利用综合指数法通过对每条溪沟进行了分类。主要判断标准以综合指数为依据: > 3.0 为破坏力强的泥石流沟; $2.7 \sim 3.0$ 为泥石流荒溪; $1.9 \sim 2.7$ 为高含沙山洪; < 1.9 为一般山洪。得出北京山区破坏力强泥石流荒溪 24 条,泥石流荒溪 249 条,高含沙山洪 986 条,一般山洪荒溪 1021 条。在每条沟道类根据沟道防护对象处洪峰流量和山洪泥石流流速计算,进行沟道类危险区划分及危险区制图^[9],在有冲积圆锥的荒溪通过 6 种指标 24 个因子的评分,结合危险区划分模型进行冲积扇危险区划分与制图。此种方法最突出的特点是对山区山洪泥石流沟潜在易发区的每条沟道进行实地调查,保证了沟道类型判别的科学性,并对不同类型荒溪进行危险制图,对山洪泥石流的准确定位预报作用明显,但工作量是三种方法中最大的一种。目前有人通过建立荒溪分类与危险区制图信息管理系统以及利用数值模拟以及神经网络技术进行泥石流沟道危险区划分^[24,41],以减少工作量。

2 时间预报技术

时间预报实际上是预报山洪泥石流的发生时间,它分为中长期预报和实时预报(临报)两种类型。

2.1 中长期预报

中长期预报主要采用 C.M. 弗来施德的理论观点,确定山洪泥石流的发生周期和频率,其作用主要预测山洪泥石流的发展趋势^[23]。即通过对历史资料的统计分析,以某沟道内发生山洪泥石流的相邻两次时间间隔之和除以该沟道发生山洪泥石流的总

次数减 1 来确定该沟道发生山洪泥石流的周期和活动程度^[4,28]。崔之久等人通过对北京山区山洪泥石流暴发周期的研究,总结出了北京山区山洪灾害有“逢九必涝”,泥石流往往伴随山洪同时出现,因此有“逢九必发”的现象。并根据山洪泥石流的暴发周期和频率(周期的倒数),把北京山区划分为两种类型,即重点泥石流发生区和一般泥石流发生区^[28]。钟敦伦等人对四川境内成昆铁路沿线泥石流暴发的周期,把不同沟道泥石流发育阶段分为发展期、活跃期和衰退期^[4]。长期预报的关键技术在于掌握的历史资料情况的多少和资料来源的准确程度,其意义对于宏观决策以及大型基础设施的建设具有重要作用。

2.2 实时预报技术

实时预报技术主要是通过研究暴雨山洪泥石流发生规律进行实时预警预报,避免或减少山洪泥石流灾害的损失。山洪实时预报技术主要是通过运用水文气象、径流模型进行预报。1980 年 4 月国际水文科学协会与 WMO 在英国牛津召开了国际水文预报学术研讨会,会议论文集 46 篇论文中,直接研究实时预报技术的达 16 篇,也包括当时在世界范围有影响之作,代表了当时国际上的研究水平。暴雨泥石流实时预报技术目前全世界各国都越来越重视,一般主要是通过对雨量资料进行统计分析,确定泥石流临界雨量和触发雨量^[20]。也有通过研究泥石流的运动机理和水量过程方程(如径流过程、降雨过程、地下水渗流过程等)确定泥石流的临界水量进行泥石流的实时预报。总的说来,目前对于暴雨山洪泥石流的实时预报方法中通过确定临界雨量和降雨分析法、人员观测和仪器监测这 3 种方法研究得较多。所运用的预报模型有统计回归模型和运动机理模型,运用的方法有数理统计、灰色系统理论、神经网络^[25]以及 3S(GIS、RS、GPS)技术。

临界雨量和降雨分析法。根据沟道历史泥石流发生的降雨情况分析,结合形成条件,通过回归、统计、灰色预测、神经网络、智能模型等方法,确定临界雨量。通过天气预报和降水实时情况,以临界雨量为依据,或根据预报模型,确定山洪泥石流发生的可能性。

人员观测法。当溪沟上游出现暴雨时,观测人员立即观测坡面垮塌和沟道洪水情况,一旦发现坡面大量垮塌(即发生大量的坡面泥石流),沟道洪水量和含沙量急聚上升或沟道洪水突然断流时,立

即发出预警信号。

仪器监测法。通过在沟道内或者在危险区内布设接触式或非接触式仪器,一旦监测到洪水泥石流或者严重垮塌现象,向下游发出警报。如康志成等将超声水位针探头移植到泥石流沟的泥位进行监测,根据设定值进行预报。陈精日等通过研制的 DT-1 型地听器传感器改制,应用于泥石流的地声测量。

人员观测法和仪器监测法从掌握的文献材料上,数量不多,但已在生产实践中应用。如长江水利委员会水土保持局从 1990~1997 年已成功的预测 76 次滑坡泥石流灾害,避免了人民生命财产的重大损失^[30]。临界雨量和降雨分析法的研究文献很多,如陈景武通过对蒋家沟实测水利资料分析,得出泥石流形成的临界降雨判别式和泥石流暴发临界降雨判别式^[35],并制成预报图进行多次准确实时预报。在建立雨强与有效雨量组合判别模式上,国内大多数都采用线性回归建立直线方程,但在选取雨强、有效雨量参数上有所不同,陈景武在 70 年代就开始采用泥石流暴发前 1 日雨量和当日雨量作为有效雨量,选用 10 分钟雨强建立了雨强和有效雨量直线方程^[38];谭万沛等人通过选取我国泥石流发生的最大 10 分钟雨强(或 1 小时雨强)与有效日雨量建立组合判别模式,并提出利用区域日暴雨量等值线的边界雨量值与中心日最大雨量值组合判别区域泥石流发生数目的方法^[39]。王礼先等人通过对北京山区暴雨泥石流的研究建立了泥石流发生日前 3、5 或 15 天雨量与当日激发雨量的回归模型,并运用非线性神经网络模型对泥石流发生结果进行了初步研究。日本也建立了当日降雨量和泥石流发生前的 1 小时降雨强度预报模型,以确定临界雨量线和避难报警线,制定预报图,其中最具代表性的有直线回归形式的 $y = ax + b$ ^[39] 和指数形式的 $y = ax$ ^[40] 两种形式。

3 预报预警系统

国外关于山洪泥石流预警系统的研究,主要是通过设立传感器感受山洪泥石流幅频信号,再通过先进的传输手段建立预警系统的^[23]。早在 40 年代,前苏联就开展了泥石流特征与机理的研究。在寻求泥石流避难体制中,在 70 年代末在泥石流发生之前,通过在溪沟通区设置传感器,采取无线或有线电缆通道,将泥石流的模拟幅频信号传送到下游接收调度站进行处理、判别,使得在泥石流到来之

前,向泥石流通道上的居民点、机关等受灾体发出报警信号,从而达到防止或减少生命与财产损失的目的。日本在泥石流预警方面处于国际领先地位,而且采用的仪器设备也比较先进。他们采用的传感器有龙头高度泥位检知线和接触式泥位检知器和震动传感器等,传输通道均为专用有线电缆,而且目前发展到建立具体到每一条沟或相邻几条沟的小规模地区的泥石流预报预警系统。并通过历次发生或未发生泥石流时的上游形成区的降雨资料进行统计分析,确定临界雨量值和临界雨量报警线,制定预报图,通过微机雨量报警器(传感器)和雨量遥测装置的研制,借以对上游雨量进行实时数据收集、演算和比较判别,自动发出报警信号。上述两种方法是目前国外采用较多的方法,前者必须克服地震等信号的干扰,后者必须布设高密度的雨量传感器。

我国关于预警系统的研制主要是铁道系统和中科院做了大量的工作。铁道科学院铁道建筑研究所通过对泥石流发生前降雨资料整理分析和统计,确定触发泥石流发生的“临界雨量值”和“灾害临界线”等软件工作以及设立传感器形式^[27]。中科院成都山地所通过对蒋家沟实测降雨资料分析,得出泥石流形成的临界降雨判别式和泥石流暴发临界降雨判别式,制成预报图进行临近预报。东川泥石流站通过计算机存取收集整理数据,编成年鉴,建立泥石流预报模式,利用遥测雨量装置或遥测地声报警器建立了预报预警系统^[28]。此外,长江水利委员会也完成了长江流域泥石流预报预警系统研究,其方法基本上都与日本的预报预警系统近似,只是在传感器的选择和布设上有所差异^[30]。特别需要指出的是,我国目前山区交通不很发达,尤其是山洪泥石流沟聚居人口较多,通信手段还不能达到日本等国家的水平,不可能建立预警专线传递,如长江预报预警系统采用建立群测群防站的方式,实际上是由我国的国情所决定的,只是靠人的听力和声音传递未免出差错。据北京市科委中奥合作 A13 项目专题 5 “北京山区荒溪泥石流灾害预警系统的研究”,通过在荒溪分类与危险区制图的基础上,采用山洪泥石流预报判别模型,结合气象部门对降雨量和落点位置的预报,运用电话、网络等先进数据传输工具,对山洪泥石流灾害进行预警预报和信息发布,形成一套完成的预警预报系统^[9]。其主要特点是信息量大,集数据管理、资料查询、模型分析和信息发布等多种功能于一体,且数据传输快,数据更新简单快捷,适用

性和可操作性好等优点。铁道部门也在应用 GIS、Visual FoxPro 平台开发铁路泥石流预报报警信息系统, 据在成昆铁路应用结果, 成效显著^[42]。

4 预报预警技术研究趋势展望

1. 在模型构建上, 由传统的统计回归、自回归模型, 逐步向采用灰色预测模型、神经网络预测、智能预测模型以及计算机技术方向发展。由单纯预报临界降雨量或可能性预报, 逐步变为能预报临界降雨、警戒避难雨量以及危害范围和危害程度等多功能模型。由过去只采用历史统计资料和实测资料, 向采用高精度定点的气象预报数据相结合的方向发展。

2. 在监测预报上, 由过去的人员观测和仪器监测相结合的方式, 逐步发展为监测仪器和计算机结合进行自动监测预报。监测仪器和传感器由过去通过别的仪器移用改进, 逐渐向专用高精度方向发展。

3. 在研究手段上, 由传统的对典型沟道的实地勘察, 对某一范围区预报, 逐步变为采用 3S 技术和计算机建档信息系统相结合的手段, 对具体的每条沟道任一地方进行定点定时预测预报。

4. 在预警系统上, 结合各国国情和山区实际资源情况, 采用先进的数据传递方式和手段, 形成集气象预报、雷达技术、预测模型、仪器监测、网络和卫星数据传输等高新技术结合, 建立高效定位的预报预警系统方向发展。

参考文献:

- [1] 赵士鹏. 山洪灾情评估的系统集成方法研究[M]. 长春: 东北师范大学出版社, 1997: 1~4.
- [2] 徐在庸. 山洪及其防治[M]. 北京: 水利出版社, 1981: 1~52, 155~175.
- [3] 吴积善, 等. 泥石流及其综合防治[M]. 北京: 科学出版社, 1993: 1~15, 215~250.
- [4] 中国科学院成都山地灾害与环境研究所编著. 泥石流研究与防治[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1989: 1~15, 249~261.
- [5] 国家防汛抗旱总指挥部办公室, 中国科学院, 水利部成都山地灾害与环境研究所著. 山洪泥石流滑坡灾害及防治[M]. 北京: 科学出版社, 1994: 3~47, 77~83, 186~201.
- [6] 葛守西. 现代洪水预报技术[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999: 6~25.
- [7] 张洪江. 土壤侵蚀原理[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000: 58~61.
- [8] 北京市科学技术协会. 首都圈自然灾害与减灾对策[M]. 北京: 气象出版社, 1992: 85~171.
- [9] 王礼先, 于志民. 山洪及泥石流灾害预报[M]. 北京: 中国林业出

版社, 2001.

- [10] 姚德基, 商向朝. 七十年代国外泥石流研究. 泥石流论文集(1) [M]. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1981: 142~148.
- [11] Wood W. J. . Los Angeles County flood control system and the early 1969 storms. Civil Engineering, 1970, 40(1): 58~61.
- [12] 吴积善. 我国泥石流灾害及其防治对策[A]. 见: 中国科学技术协会, 2000年减轻自然灾害白皮书[Z], 2000(3): 133~135.
- [13] C.M. 莱施曼著. 姚德基译. 泥石流[M]. 北京: 科学出版社, 1986: 1~5.
- [14] 谢又予, 伍永秋. 北京密云县泥石流危险区及沟谷危险度的初步研究[A]. 见: 北京市科学技术协会. 首都圈自然灾害与减灾对策, 北京: 气象出版社, 1992: 166~170.
- [15] Eldeen, M. T. . Predisaster Physical Planning: Interpretation of Disaster Risk Analysis into Physical Planning — A Case Study in Tunisia. DISASTERS, 1980, 4(2): 211~222.
- [16] Petak, W. J., Atkisson, A. A. 著. 向立云, 程晓陶等译. 自然灾害风险评价与减灾政策. 北京: 地震出版社, 1993: 1~10.
- [17] Hungr O., Morgan C. G., Vandine F. D., Lister R. D. . Debris Flow Defenses in British Columbia. GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA REVIEWS IN ENGINEERING GEOLOGY, 1987(7): 201~222.
- [18] Takahashi T. . Estimation of Potential Debris Flows and Their Hazardous Zones: Soft count emeasures for a Disaster. JOURNAL OF NATURAL DISASTER SCIENCE, 1981(3): 260~267.
- [19] 唐邦兴, 刘希林, 柳素清. 中国泥石流危险区区划的探讨[A]. 中国自然灾害灾情分析与减灾对策[C], 武汉: 湖北科学技术出版社, 1992: 314~321.
- [20] 钟敦伦, 谢洪, 韦方强. 长江上游泥石流危险度区划研究[J]. 山地研究, 1994, 12(2): 65~70.
- [21] 候建军, 等. 辽宁省泥石流灾害的发育规律及其危险性分区预测[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1990, 1(4): 44~51.
- [22] 铁道科学研究院铁道建筑研究所. 国内外泥石流预报报警系统研制概述—兼论铁路泥石流防灾警戒避难体制[J]. 水土保持通报, 1989, 9(3): 57~62.
- [23] 魏永明, 谢又予. 降雨型泥石流(水石流)预报模型研究[J]. 自然灾害学报, 1997, 6(4): 48~50.
- [24] Wang Lixian Shao songdong. Research on Forecasting Storm Debris Flows. Intemational Journal of Sediment Research, 1998, 34(4): 25~31.
- [25] 魏一鸣, 万庆, 周成虎. 基于神经网络的自然灾害灾情评估模型研究[J]. 自然灾害学报, 1997, 5(2): 3~6.
- [26] 荆绍华. 泥石流临界雨量和触发雨量的初步分析[J]. 铁道工程学报, 1989(4), P91~95.
- [27] 崔鹏, 刘世建, 谭万沛. 中国泥石流检测预报研究现状与展望[J]. 自然灾害学报, 2000, 9(2): 10~15.
- [28] 崔之久, 谢又予, 姚鲁烽等. 关于北京山区泥石流暴发周期的初步探讨. 见: 北京市科学技术协会. 首都圈自然灾害与减灾对策, 北京: 气象出版社, 1992: 158~166.
- [29] 刘希林, 唐川. 泥石流危险性评价[M]. 北京: 科学出版社, 1995: 62~78.
- [30] 郭廷福. 长江流域水土保持技术手册. 北京: 中国水利水电出版社, 1999: 260~262, 274~292.
- [31] 池谷浩, 米尺谷, 诚悦. 土石流危险区の設定に関する研究(第

- 二报). 土木技术资料, 1970, 21(9): 46~50.
- [32] 高桥保. 土石流の堆积危险区范围の预测. 第17回自然灾害科学总合シンポジウム 1980, 133~148.
- [33] 水山高久, 渡边正幸, 上原信司. 土石流の堆积危险区范围の预测. 第17回自然灾害科学总合シンポジウム, 1980: 169~172.
- [34] 高桥保, 中川一, 山路昭彦. 土石流泛滥危险区范围の指定法に関する研究. 京都大型防災研究所年報, 1987, 30(B-2): 611~625.
- [35] 陈景武. 降雨预报泥石流的原理及方法. 第二届全国泥石流学术会议论文集, 北京科学出版社, 1989, P84~89.
- [36] 谭万沛, 王成华, 等. 暴雨泥石流滑坡的区域预测与预报. 成都: 四川科学技术出版社, 1994, 1~15.
- [37] 21世纪中国可持续发展水资源战略研究项目组. 中国可持续发展水资源战略研究综合报告. 中国水利, 2000(8): 5~17.
- [38] 康志成, 章书成, 杜榕桓, 等. 云南东川大桥河泥石流形成条件及发展趋势的分析. 见: 中国科学院成都地理研究所. 泥石流论文集. 科学技术文献出版社重庆分社, 1981: 20~25.
- [39] 石川芳治. 降雨量を用いた土石流の警戒. 避難基準[J]. 新砂防 1990, 43(2): 40~47.
- [40] 棚桥由彦. 土石流の事例解析と发生预测法の一試案[J]. 新砂防, 1989, 41(5): 3~13.
- [41] 汪明武. 基于神经网络的泥石流危险度区划[J]. 水文地质工程地质, 2000(2): 18~19.
- [42] 王伟, 许唯临, 谭炳炎. 铁路泥石流预报报警体系. 山地学报, 1999, 17(2): 181~187.
- [43] 陈精日, 刘立秋. 泥石流自动化观测系统[J]. 山地学报, 2001, 19(1): 59~63.
- [44] 李泳. 泥石流危险性评价[J]. 山地学报, 1999, 17(4): 305.
- [45] 陈精日, 刘立秋. 泥石流地声参数传播特征值测试与分析[J]. 山地学报, 1999, 17(4): 349.
- [46] 罗晓梅. GIS技术在暴雨泥石流减灾预报中的应用[J]. 山地学报, 1998, 16(1): 77~79.
- [47] 杨仁文. 超声波泥位计的研制和应用效果[J]. 山地学报, 1998, 16(1): 77~79.
- [48] 刘希林. 泥石流风汽评论中若干问题的探讨[J]. 山地学报, 2000, 18(4): 341~345.
- [49] 祁龙. 泥石流沟活跃程度的评价方法[J]. 山地学报, 2000, 18(4): 365~368.

A Review on the Technique of Forecasting and Alarming Flush Flood and Debris Flow Disaster

ZHOU Jin-xing, WANG Li-xian, XIE Bao-yuan and RAO liang-yi

(College of Forestry Science & Soil and Water Conservation, Beijing For. Univ., 100083 P. R. China.)

Abstract: The technique of forecasting and alarming flush flood and debris flow disaster is always taken as an important aspect in the field of study on disaster prevention and reduction in mountainous areas worldwide. It is summarized that space forecasting, time forecasting and the systems of forecasting and alarming are major branches of this technique, which is evaluated on the basis of current research situation investigation home and abroad. In this paper, 3 typical techniques applied in space forecasting in China are emphatically evaluated: a) basing on the judgement of debris flow ditch or non debris flow ditch, the danger level of the whole debris flow ditch can be defined by risk degree analysis with composite index; b) the danger level of the different districts can be defined by investigating the risk degree and distribution density of debris flow ditch; c) the space position and ranges of hazard zone in ditch can be defined by adopting hazard zone mapping model of different types of ditch according to the torrent classification in the studied region. The technique of real-time forecasting debris flow disaster technique is evaluated as a major aspect in time forecasting. The researches from China and the outside are now focused on the regression models establishment of the quantity and strength of rain when debris flow occur. There are slight differences between such researches in selecting the parameter of rain rate and the number of effective rain days. Such models are built mainly in 2 forms, straight line equation and index equation. In the study and development of the system of forecasting and alarming, Japan and the former Soviet Union predominate internationally in monitoring and detecting apparatus and other hardware equipments. China's technique on information transfer of forecasting and alarming lags behind other countries, however, some regional systems are set up domestically with modern network and tele-tech. And at the end of this review, it is an outlook on the development of the technique of forecasting and alarming flush floods and debris flows disaster in the future.

Key words: flush flood and debris flow disaster; technique of forecasting and warning; review