

# 山洪预警预报技术研究与应用

刘志雨

(水利部水文局,北京100053)

**摘要:**受特殊的气候和地形地质条件影响,特别是近年来极端天气事件增多,我国山洪灾害频繁发生,损失严重,已成为洪涝灾害损失的主体,日益引起政府和社会各界的广泛关注。加强山洪监测预警预报,全力提升山洪灾害综合防御能力,是山区建设、社会经济可持续发展的必须保证。分析了我国山洪特性及预警预报特点,介绍了国内外常用的山洪预警预报技术方法,提出了我国山洪预警预报模型与方法选择的原则和步骤,展示了基于动态临界雨量的山洪预警方法和基于分布式水文模型的山洪预报方法在江西遂川江流域的应用案例,以期为当前所开展的全国山洪灾害防治县级非工程措施建设和中小河流水文监测系统建设等工作提供参考。

**关键词:**洪水预报;山洪监测;预报技术;研究进展

## 1 引言

山洪灾害是指山丘区由降雨、融雪等引起的洪水、泥石流和滑坡灾害<sup>[1]</sup>。我国处于东亚季风区,山丘区暴雨频发,地质地貌条件复杂,加之受人类活动的影响,导致山洪灾害频发,损失严重,山洪灾害集中发生在面积小于3 000 km<sup>2</sup>的中小河流流域内。据统计,1950~2000年洪涝灾害死亡人数为26.3万人,其中山丘区死亡人数18万人,占总死亡人数的68.4%。

近年来,由局地强降水造成的山洪(山丘区洪水)频繁发生,引起的泥石流、滑坡等山洪灾害防不胜防,造成的死亡人数占全国洪涝灾害死亡人数的比例进一步提高(2010年的比例高达87.7%<sup>[1]</sup>),已成为造成人员伤亡的主要灾种,严重制约着广大山丘区经济社会的发展和人民群众的脱贫致富,影响全面建设小康社会目标的实现。

2010年甘肃舟曲特大山洪泥石流灾害造成重大人员伤亡,集中暴露了我国山洪灾害防治的突出问题和薄弱环节,加快山洪灾害防治已成为关系经济社会发展全局的一项重大而紧迫的任务。由于山洪灾害的严重性,加上其成因及影响因子又比较复杂,目前尚难以完全治理,因此开展山洪灾害的监测预警预报工作,使处于灾害危险区的居民可以及时得到预警信息,从而提前采取预防措施,减轻灾害损失,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方法。为此,2010年我国全面启动了全国山洪灾害防治县级非工程措施项目,计划用3年时间,初步建成覆盖山洪灾害易发区和重点防治区县的工程措施体系,全面提高

我国山洪灾害防御能力。2011年,全国中小河流水文监测系统建设项目全面实施,计划到2013年,实现有防洪任务的5 186条重点中小河流发生洪水时能及时预警,为我国中小河流防洪减灾提供决策依据。

由于我国大部分山洪易发区新建监测站点多,观测资料缺乏,加上中小河流源短流急,山洪灾害具有暴雨强度大、历时短、难预报、难预防的特点。目前,我国山洪监测预警预报系统在全面建设中,但山洪灾害预警预报和中小河流洪水预报技术研究还处于初步阶段。

## 2 国内外山洪预警预报技术现状

近年来,山洪灾害的加剧与发展,已引起世界防灾减灾领域关注。面对越来越严重的山洪灾害,很多国家已经或正在研发有效的山洪监测预警预报系统和洪水管理方法,力求使灾害程度达到最小。例如,美国水文研究中心(HRC)研发了山洪预警指南系统(flash flood guidance system, FFGS),已广泛应用于中美洲、韩国、湄公河流域四国、南非、罗马尼亚等地;美国马里兰大学与国家河流预报中心研制了分布式水文模型山洪预报系统(HEC-DHM);日本国际合作社(JICA)开发了在加勒比海地区以社区为基础的山洪早期警报系统等。世界气象组织(WMO)也在积极推进一体化洪水管理理念,并在南亚地区孟加拉国、印度和尼泊尔三国成功地开展了“社区加盟洪水预警与管理”的示范区项目<sup>[2-7]</sup>。

目前,国内外山洪预警预报采取的技术途径通常是通过山洪的危险性预测判别,研究山区山洪灾害威胁程度,划分山洪易发区和危险等级;结合先进的监测和预报技术,实时监视暴雨山洪情况,预测山洪发生的时

收稿日期:2012-01-26

作者简介:刘志雨(1968-),男,副总工程师,教授级高级工程师。

间和危害程度,从而做出山洪的准确预测预报。

## 2.1 山洪危险性预测判别

山洪危险性预测判别技术主要是在调查历史山洪灾害的基础上,结合气候、水文、地形、地貌、地质条件、人员分布,分析山洪灾害可能发生的类型、程度及影响范围,按照历史洪水水位等合理划定危险区,以便政府和人们采取必要的针对措施,从而达到预警的目的。日本、美国、奥地利、瑞典、德国等是国际上较早开展山洪灾害危险区划与预测的国家<sup>[8]</sup>。

日本采用短历时降雨的有效降雨量和降雨强度等因子来研究山洪和泥石流发生的可能性,据此开展山洪灾害的危险性预测工作<sup>[9]</sup>。

美国加州一内华达河流预报中心(CNRFC)采用打分方法,构建了山洪危险性预测评价的基本框架,选用地形特征、土壤特性、植被覆盖、森林覆盖、土地利用等主要影响因子,采用因子叠加分析、加权平均方法,划分从1~10共10个等级计算山洪潜在危险指数(flash flood potential index, FFPI),完成了山洪危险度预测评估。

瑞典利用危险区图来表示山洪灾害类型的判别和灾害规模的估计,以山丘区的洪水灾害为例,根据危险等级将山洪易发区分为4个不同的危险区,每个区又分为1~5个亚区,从而确定洪水发生范围<sup>[9]</sup>。

我国根据山洪的基本特点,用临界雨量系数作为降雨诱发山洪灾害易发程度指标来区划山洪易发区。临界降雨系数即为时段暴雨均值与同时段临界雨量(强)的比例系数。通过绘制全国临界雨量分布图和多年最大6h点雨量均值等值线图,综合分析计算临界降雨系数并确定全国山洪灾害易发区等级,临界降雨系数大于1.2为高易发区,1.0~1.2为中易发区,小于1.0为低易发区。对历史上曾发生大暴雨,诱发严重山洪灾害的区域,根据暴雨笼罩范围划为高易发降雨区。据此,编制了全国降雨诱发山洪灾害易发程度分布图,又根据形成山洪灾害的降雨、地形地质和经济社会因素,将山洪易发区划分为山洪灾害重点防治区和一般防治区,以利突出重点,按轻重缓急,逐步实施山洪灾害防治措施<sup>[10]</sup>。

## 2.2 山洪预警预报技术

山洪实时预报主要是通过运用水文气象、径流模型进行预报。由于山洪具有流速快、预见期短以及资料短缺等特点,所以山洪预报具有其特殊性,与常规洪水预报的思路有所不同,其目的是为了预警,即“预警预报”,避免或减少山洪灾害的损失。山洪预警预报技术一般主要是在对雨量、洪水资料进行统计分析的基础上,研究暴雨山洪发生规律,确定山洪临界雨量。也有通过研究山洪的运动机理和径流过程,确定山洪临界水量(例如上滩流量或水位)进行山洪实时预警预报。

目前,国内外常用的山洪预警预报方法有3种,即山洪临界雨量法、山洪预报模型与方法、经验预报法。

(1)山洪临界雨量法。临界雨量法一般主要是根据历史山洪发生的降雨情况分析,结合形成条件,通过回归、统计、水文模型等方法,确定山洪临界雨量。通过天气预报和降水实际情况,以临界雨量为依据,或根据预报模型,确定山洪发生的可能性。

山洪的流量大小除了与降雨总量、降雨强度有关外,还和流域土壤饱和程度(或前期影响雨量指数API)密切相关。当土壤较干时,降水下渗大,产生地表径流则小;反之,如果土壤较湿,降水入渗少,易形成地表径流。因此,在确定山洪临界雨量指标时,应该考虑山洪防治区中小流域土壤饱和情况,给出不同初始土壤含水量条件下的临界雨量值,这种方法称为“动态临界雨量法”。土壤含水量指标可以采用土壤饱和度,也可以用前期影响雨量指数(API)表示,其中土壤饱和度可以由分布式水文模型输出。

美国水文研究中心(HRC)研发的动态临界雨量值法(或山洪预警指南法),即基于动态临界雨量的山洪指南法,其思路是以小流域上已发生的降雨量,通过水文模型计算分析,得到流域实时土壤湿度,并反推出流域出口断面洪峰流量要达到预先设定的预警流量值所需的降雨量,这个降雨量称之为“山洪指南值(flash flood guidance, FFG)”或动态的“临界雨量值”。当实时或预报降雨量达到“山洪指南值”时,即发布山洪预警或警示。概言之,在分析当前的土壤湿度时,因为时间允许,运用了水文模型,得到了FFG;在发布未来预报或预警时,因时间仓促,不运行水文模型,只对比当点(或小范围的面)雨量是否达到及超过FFG,决定是否发布预警<sup>[11-12]</sup>。

(2)山洪预报模型与方法。根据山洪预报的不同要素(水位、流量)以及流域资料情况,选用不同的山洪预报模型与方法。所运用的模型与方法有:降雨径流预报方法、流域水文模型(集中式概念性水文模型、分布式水文模型)、统计回归模型、神经网络模型等。

对于降雨径流预报方法,产流可根据各地实际情况采用折减系数(径流系数)、降雨径流关系、初损后损等方法计算。汇流根据山洪沟的实际情况,可采用单位线(经验单位线、瞬时单位线、综合单位线)、汇流系数(曲线)等方法计算。有条件时可利用数字高程模型(DEM)和GIS提取的山洪灾害防治区小流域的特征,建立分布式洪水预报模型。

基于分布式水文模型的山洪预警预报方法的基本思路是利用高精度DEM生成数字流域,在每个小的子流域(或DEM网格)上应用现有的水文模型(如萨克拉门托模型、新安江模型等)来推求径流,再进行汇流演算(瞬时地貌单位线法、等流时线法等),最后求得每个子流域(或网格)出口断面的流量过程、峰值流量及其出现时间等洪水预报数据;根据实时监测的水文数据,

结合计算所得的各小流域(或网格)的降雨径流情况,一旦达到预警限值,通过网络系统和防汛短消息平台向相关责任人员发送预警信息。例如,河南省水利厅2005年起通过对美国陆军工程师团 HEC-HMS 流域预报模型的深入研究,采用新型地貌单位线等水文分析最新成果,为山丘区无水文资料地区进行洪水预报预警,从技术手段上为山洪灾害防御开辟了新途径<sup>[12-13]</sup>。

人工神经网络模型是根据神经网络原理,将降雨、流量、水位等水文要素作为训练对象的一种数学模型,可用于缺乏流量观测资料而直接进行水位预报的断面。模型输入应具备降雨、水位或流量等观测资料。将流域前期降雨和预报断面的前期流量(或水位)作为神经网络的输入因子,预报断面当前流量(或水位)作为网络的输出因子。神经网络模型参数采用试算的方法加以确定。一旦网络参数确定,即可运用建立的模型对洪水进行实时预报。

(3)经验预报法。对于上、下游有水位(文)站的河流,则可运用历史水位、流量资料,建立上游水位、流量和下游水位、流量相关关系。对于上游有水位(文)站,下游(或灾害点上游)没有水位(文)站的河流,但下游可以调查到较大洪水的洪峰水位,则可利用上游的实测水文资料和下游的调查资料,建立上下游水位相关关系。

对具有一定水文系列资料的流域,可根据历史上本地区中、小流域特大暴雨条件下的流域面积~量~峰关系的整理与应用,或依据本流域观测资料建立降雨总量与洪峰相关的预警预报方案。

对于流域面积小、汇流时间短的山洪沟,根据实测或调查的降雨量和灾害点上游实测或调查的水位(流量)资料建立流域降雨与灾害点上游的水位(流量)相关关系。

### 3 山洪预警预报模型与方法选择

#### 3.1 选择原则

山洪往往具有洪水突发性强、汇流时间短、新建站点多、观测资料缺乏等特点,这就决定了山洪预报有效预见期短、方案编制困难、方案精度评定有别于大江大河。因此,山洪预报应充分调查分析流域产汇流特性,考虑观测资料的情况,选择适宜的预报模型和方法。

选择山洪预警预报模型或方法需要考虑以下基本问题:(1)流域特性,如流域产汇流特性、暴雨山洪相应时间等;(2)预报要素,如水位、流量等水文要素峰值或水文要素过程;(3)预报时效和精度要求,如山洪预报主要目的是预警,一般需要至少半小时到一小时的预警时间;(4)可利用的历史资料,包括水文气象资料、历史灾害资料等;(5)进行作业预报时能得到的实时资料。

山洪预报模型和方法的选用应坚持“实用可靠、技术先进”的原则。应以实际业务需求为出发点,结合山

洪预警预报的专业特点、工作方式、业务流程,选用当前成熟、实用的预报模型和方法。对于不同流域面积、不同汇流时间和不同资料条件的山丘区河流,所采用的模型和方法还应有侧重性。此外,应在实用的前提下力求技术方向的高起点和先进性,并适应技术的发展趋势。

#### 3.2 选择步骤

预报模型和方法的选用是山洪预报方案编制的核心内容,应在对预报流域收集的资料认真分析论证的基础上,根据流域汇流平均时间选择适用的预报模型或方法。

(1)资料收集。资料收集工作主要包括基础资料的收集、查勘与调研、整理与分析等内容。

基础资料的收集主要包括收集流域自然地理资料(土地利用、土壤类型、地形地貌、数字高程数据、面积、坡度等)、水文气象资料(雨量、蒸发、水位、流量、大断面资料、水位流量关系线、设计洪水计算成果、特大洪水调查资料、社会经济情况等)等。

流域查勘与调研主要包括预报断面情况查勘与调研(预报断面基本情况、河道行洪能力和河道防洪标准等)、流域内水利工程查勘与调研(流域内水库、堰闸以及其他蓄水工程的基本情况及调度规则、水保工程等基本情况)。

根据资料收集和查勘调研情况,整理典型暴雨洪水场次资料,包括洪水摘录资料、洪水日资料、降雨摘录资料、降雨日资料和蒸发日资料;分析流域降雨径流关系、产汇流特征参数,如:场次洪水径流系数、瞬时单位线参数、推理公式法参数等。

(2)汇流时间确定。流域汇流时间是山洪预报模型和方法选取的判别依据,也可以看作是山洪预警预见期。由于山洪监测系统处于建设初期,大量新建水文监测站点缺乏长系列历史观测资料,故可采用生产实践中应用较为广泛的推理公式法,推求计算流域汇流时间。具体推求方法详见《水利水电工程设计洪水计算手册》或参见各地水文手册。

如果有条件,也可采用分布式水文模型分析计算取得暴雨山洪响应时间,以此作为山洪预警时间。设定典型暴雨作为分布式水文模型的输入,给出相应的径流过程,计算最大雨强与洪峰出现时间的差值即得到预警响应时间。由于流域的集水面积不同,从降雨发生到洪峰出现的时间不尽一致,这一时间决定了在发布山洪预警时,能否采用实测降雨来驱动水文模型进行预报和预警,采用实测降雨量还是预报降雨量作为临界雨量。在一个集水面积很小的流域,其预警响应时间也很短,如果采用实测降雨来驱动水文模型进行山洪预报,则无法提供足够的时间用于发布预警和实施避险转移,因此预警失去应用价值。如果根据实测降雨发布预警不能提供足够的转移时间,这种情况下需要根据预报降雨而非实测降雨来发布预警。反之,如果流域面积较大,预警响

应时间较长,一般不会出现上述问题。但在特殊情况下,如降雨集中在流域出口附近,或者集中在河道两侧,汇流时间很短,也应当酌情提前发布预警。

(3) 预报模型和方法选取。对于流域汇流时间小于1 h的流域,应采用临界雨量预警方法(详见《山洪灾害临界雨量分析计算细则》)<sup>[14]</sup>,建立临界雨量预警模型,推荐使用降雨量指标和前期影响雨量指标(用土壤饱和度指标表示)共同确定临界雨量,临界雨量的时段尺度建议为0.5 h、1 h、2 h、3 h、6 h。

对于流域汇流时间大于1 h,有雨量、流量、水位资料(历史观测资料不少于5年)的流域,可以选取降雨径流相关图法、经验单位线法、马斯京根河道演算法、API模型、新安江模型、陕北模型、人工神经网络以及分布式水文模型等模型或方法。

对于流域汇流时间大于1 h,有雨量和水位观测资料(历史观测资料不少于5年)但无流量资料,同时无法建立水位流量关系曲线的流域,可直接选用神经网络模型、多元回归统计模型等数学模型建立雨量和水位的关系,进而直接预报水位;在有条件建立水位~流量关系曲线的流域,可以通过水位~流量关系曲线查得流量后,采用降雨径流相关图法、经验单位线法、马斯京根河道演算法、API模型、新安江模型、陕北模型等模型或方法。

若流域内建有小(1)型以上水库时,应考虑水库的调蓄影响,增加水库的入库流量和出库流量预报节点,或建立入库洪水预报和水库调度模块。

对于无资料或缺资料流域,可以根据已收集的场次洪水资料初步建立预报方案,或对现有资料进行延展、移用流域水文特性相近的其他流域水文模型参数建立预报模型方案,待观测资料逐步完善后重新率定参数或建立新的预报方案。

### 3.3 参数确定

山洪预报模型与方法的参数大体上可分为过程参数和地理参数两类。过程参数是模拟水文过程的数学方程式中的待定常数,如土壤蓄水容量、蒸散发能力、稳渗率、壤中流及地下水的蓄泄系数、河槽汇流系数等。这些参数有明确的物理意义,大多可由水文、气象、地理、地质等资料分析初定,有的必须优选确定。地理参数是表示地理特征或量度的一些参数,如面积、高程、地形类别、植被覆盖、土地利用、地面坡度、河槽坡度及长度,不透水面积等。这些参数大多可以根据自然地理资料或地形图测定。

参数率定方法有人工试错法和自动优选法两种。人工试错法是根据人的分析判断来修改参数,最后使目标函数为最小。自动优选法采用数学优化方法,自动求解参数的最优值。

对于无资料或缺流域数据的,可采用水文比拟法通

过对已有观测资料进行延展分析,对流域地形资料进行参数提取构建地貌瞬时单位线,或基于水文模型的参数移植法建立预报模型等方法确定预报方案参数,待资料完善后再对方案进行修订。

## 4 山洪预警预报技术应用案例

本文介绍水利部公益性项目“中小河流突发性洪水监测与预警预报技术研究”(项目编号:200701001)研发的山洪预警指标,基于分布式水文模型、动态临界雨量的山洪预报预警方法在江西遂川江流域的应用研究情况<sup>[11-12]</sup>。

### 4.1 流域概况

遂川江流域主要分布在江西省遂川县境内。遂川县山洪灾害频发,2002年9月,遂川县境内的山洪导致28人死亡,倒塌房屋3 800多间,直接经济损失达1.2亿多元。遂川江由左、右溪河组成,从西南向东北纵贯全县,总长249.5 km,流域总面积2 895 km<sup>2</sup>。遂川县境内目前共有74个自动雨量站,4个自记水位站(遂川、滁洲、大汾、堆子前),3个流量站(滁洲、仙坑、坳下坪)。

(1) 山洪预警指标确定。一般情况下,山洪成灾的原因是由于暴雨形成洪水,导致河水急速上涨,水位超过河岸高度形成漫滩,上滩洪水对农田和房屋造成安全威胁。因此,通常可以将河水漫滩的水位定为警戒水位。根据上滩水位,结合实测河流断面资料估算出对应的流量,即为上滩流量,也可称为警戒流量。由于径流是由降雨产生的,从达到上滩流量的时间开始往前推,在一定时间之内的累计降雨量称之为临界雨量。

根据气象和水文资料的详细程度,遂川江流域预警指标确定所采取的研究技术方案是:①根据现场勘查,测绘大断面图,推求上滩水位;②根据水文观测,绘制水位流量关系,由此推求警戒流量;③根据降雨资料,利用分布式水文模型,推求动态临界雨量值;④在同一地区,根据有资料流域的洪峰流量(汇流时间)与流域地貌特征和降雨的关系,拟合经验关系,推广应用于无资料流域;⑤在研究暴雨—山洪响应时间的基础上,提出了不同情况下的山洪预报方法,即当流域面积小于100 km<sup>2</sup>时,汇流时间一般小于2 h的情况,建议根据临界雨量进行山洪预警预报;当流域面积在100~500 km<sup>2</sup>时,汇流时间一般在2~3 h,建议根据临界雨量或采用集总式水文模型(如地貌单位线法)进行山洪预警预报;当流域面积大于500 km<sup>2</sup>时,一般有足够的进行降雨—径流预报,建议采用分布式水文模型进行山洪的预报和预警。

(2) 动态临界雨量值确定。在遂川江流域各地,根据所能掌握的资料的情况,可将目标区域划分为有长系列水文、降雨资料的地区、只有较长系列降水资料的地区以及无资料和资料不足地区3种情况,针对这3种地

区,本研究分别提出不同的山洪临界雨量估算方法。根据所能掌握的资料的情况,将目标区域划分为有长系列水文、降雨资料的地区、只有较长系列降水资料的地区以及无资料 and 资料不足地区 3 种情况,分别采取不同的山洪临界警戒雨量估算方法。

对于有长系列水文、降雨资料的地区,根据河道断面资料确定警戒水位,再由警戒水位推算相应流量作为警戒流量,对应于该流量的降雨量为临界警戒雨量。同时,也可采用频率分析方法,根据当地规定的防洪标准确定警戒流量,对应的降雨量即为临界警戒雨量。

对于只有较长系列降水资料的地区,采用分布式水文模型 GBHM 模拟得到长系列流量资料,对模拟的流量系列进行频率分析,确定警戒流量,其对应的降雨量即为临界警戒雨量<sup>[12]</sup>。

在有资料地区通过分析洪峰流量与流域地貌特征以及降雨的关系,建立警戒流量与流域面积、坡度的经验关系,然后推广应用于无资料地区。

以滁洲水文站为例来说明动态临界警戒雨量的确定步骤。滁洲水文站以上流域控制面积为 289 km<sup>2</sup>,根据测站大断面资料确定警戒水位为 26.50 m,推算相应警戒流量为 240 m<sup>3</sup>/s。根据 1980~2007 年的实测降雨资料,首先计算子流域内的平均降雨,结合同一时期滁洲站的流量资料系列,分别选出各水文站流量超过警戒流量时对应的面平均雨量,选出在洪峰出现之前 24 h、12 h、6 h、3 h、1 h 的降雨量,然后按“最大中取最小”的原则,选取导致流量超过警戒流量的最小降雨量作为临界警戒雨量。为了得到不同土壤饱和度条件下的临界雨量,利用 GBHM 模型对滁洲站洪水过程进行模拟,按照先前介绍的方法,统计在不同土壤饱和度(25%、50%、75%)条件下不同时间尺度(1 h、3 h、6 h、12 h、24 h)的临界雨量,如图 1 所示。

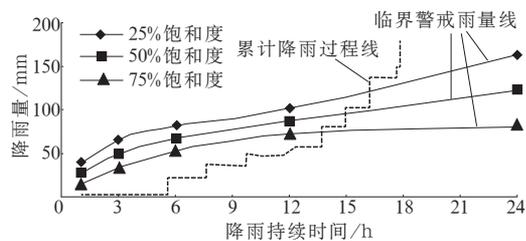


图 1 滁洲站不同土壤饱和度下的临界警戒雨量分布

#### 4.2 水位预警指标确定

雨量预警指标适用于较小流域。对于较大流域,当地雨量与上游集水区雨量可能有较大差别。此时可以在有条件的地区建立水位监测站,利用水位进行预警。对于遂川江流域,根据堆子前等 6 个山洪预警断面所处地理环境及断面附近群众生活、工作环境等具体情况,同时结合断面两岸的地面高程及上下游断面出现的历史洪涝灾害等情况综合分析考虑,提出堆子前等 6 个山洪预

警站的警戒水位和转移水位(必须立即转移的水位)。

#### 4.3 成果应用情况

自 2008 年汛期起,基于分布式水文模型的山洪预报方法和基于动态临界警戒雨量的山洪预警方法在江西遂川江流域得到了应用,取得了较好的效果。

2009 年 8 月 4 日下午,遂川江流域上游突降暴雨,主雨时段 14~20 时滁洲水文站降雨达 114 mm,滁洲以上流域面平均雨量为 25~50 mm,滁洲水文站水位迅速上涨,至 20 时 50 分洪峰水位 26.73 m,超过警戒水位(26.50 m)0.23 m。20 时 05 分,基于动态临界雨量的山洪预警方法分别对遂川江流域上游各预警点发布预警;20 时 30 分分布式山洪预报模型自动启动,预报 21 时滁洲水文站洪峰水位 27.10 m,比实际洪峰大了 0.37 m,提前预警约 20 min。

本次山洪预报预警基本能体现了分布式模型山洪预报的优势,即能对流域内所有关注点进行预报及输出,同时也可以看出直接用雨量虽然对预警的准确度较低,但可以增长预警时间。

## 5 结 语

我国山丘区面积比重大,人口众多,因此往往造成的山洪灾害损失更加严重,山洪灾害预警预报预防,是 21 世纪我国山丘区防灾减灾的一个重要和紧迫的任务,也是目前防洪减灾工作体系中最有效可行的非工程措施之一。

当前,我国正在全面实施山洪灾害防治县级非工程措施及中小河流洪水预报系统项目建设。展望我国山洪预警预报技术的研究和应用趋势,在预警预报手段上,由单纯预报山洪临界降雨量或制作山洪可能性预报,向发布山洪预警指南、预报山洪临界雨量,以及山洪危害范围和危害程度等多项功能方向发展;在预报模型与方法构建上,将由传统的经验相关方法、回归模型,逐步向采用降雨径流预报、神经网络预测、分布式水文模型以及计算机技术方向发展,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数值天气预报产品相结合的方向发展;在山洪预警预报系统建设上,结合国情和山丘区实际情况,采用规范的数据通信方式和水情信息交换系统,形成气象预报、雷达技术、网络和卫星数据传输、地理信息系统、数字流域模型、山洪预测模型等高新技术与传统洪水预报系统相结合,建立实用、先进的流域性或区域性洪水预警预报系统。

#### 参考文献

[1] 国家防汛抗旱总指挥部,中华人民共和国水利部. 中国水旱灾害公报 2010[R]. 2011.

[2] World Meteorological Organization (WMO), 1981: Flash Flood

(下转第 50 页)

# 辽宁凤城市山洪灾害防治 试点项目建设经验

范远丽 孙丹 袁龙 姚利刚 屈晨晨  
(辽宁凤城市防汛抗旱指挥部, 凤城 118100)

**摘要:**辽宁凤城市山洪灾害防治试点县项目建设以非工程措施为主,建立山洪灾害监测预警系统,积极防御山洪灾害,有效降低灾害损失。阐述了凤城市山洪灾害防治试点项目的建设情况、总体机构模式及运行管理情况,针对基础资料收集难、准确度不高等问题提出了完善体制、加强宣传等工作,以供相关省市借鉴。

**关键词:**山洪灾害防治;试点县;非工程措施;凤城市

## 1 引言

辽宁省凤城市山洪灾害防治试点建设项目,是全国山洪灾害防治试点县建设内容之一。2007年9月,辽宁省水利水电勘测设计研究院、辽宁省水文水资源勘测局设计编制了《辽宁省山洪灾害防治试点凤城市实施方案报告》,并上报国家防汛抗旱总指挥部办公室;2008年11月,水利部会同财政部及国土资源部、中国气象局向国务院报送了《全国山洪灾害防治试点县实施方案》,国务院领导批示同意。项目自2010年4月开始实施,6月投入使用。

凤城市地处辽宁东部山区,总面积5 513 km<sup>2</sup>,共辖17个镇、1个民族乡、3个街道办事处,201个行政村,总人口59万人。多年平均降雨量为1 048 mm,多年平均河川流量为33.64亿m<sup>3</sup>,地下水资源量7.70亿m<sup>3</sup>。全市区河流密布,共有大小河流2 271条,总长度2 623.60 km,其中,河道长度在2 km以上有485条,流域面积超过500 km<sup>2</sup>的河道有6条,即爱河、八道河、草河、金家河、大洋河和土牛河。已建成水电站12座。

## 2 凤城市历史山洪灾害及特点

### 2.1 历史山洪灾害情况

凤城地处辽东山区,是丹东地区暴雨中心,特别是凤城北部镇(区),山高坡陡、山体破碎、植被破坏严重,矿山开采等人为造成的灾害隐患较多。汛期若暴雨集中,极易引发洪水、滑坡、泥石流等各类灾害。

(1)1960年8月3~5日全市普降大到暴雨。凤城镇降雨269 mm,暴雨中心爱阳8月3日3 h降雨257 mm。降雨历时长、强度大,爱河、草河、八道河等河水泛滥成

灾。爱河梨树沟水文站出现1.74万m<sup>3</sup>/s的洪峰流量,大洋河沙里寨水文站洪峰流量为1.29万m<sup>3</sup>/s,是新中国成立以来第一次最大水年。共3 931户、21 730人受灾,死亡284人。农作物受灾面积为14.44万亩,冲毁水库17座,塘坝159座,拦河坝637条,渠道472处,冲毁公路276 km、桥33座,淹死大牲畜1 537头,冲走房屋2 019间,倒塌7 027间。水灾总损失折价1 368.54万元。

(2)1977年6月24~26日,全市普降大到暴雨,山洪暴发,耕地被水冲毁。凤上铁路长岭子隧洞两端被泥石流堵塞,堆积土石方超过1万m<sup>3</sup>,停车20余天。

(3)1985年7月25日8时至26日12时,受西部冷锋影响,全市普降大到暴雨,暴雨中心的汤山镇降雨量507 mm,24 h降雨量450 mm,1 h最大强度73.5 mm。凤城镇24 h降雨325 mm,3 h降雨量165 mm。暴雨引发山洪、泥石流1.1万余处,其中石城、东汤、鸡冠山等地竟达1 600至2 000处。全市有15个乡(镇)、6.25万户、30万人受灾,农作物受灾面积为25.45万亩。冲毁路基185 km,冲毁桥梁21座,冲坏和倒塌房屋3 867间,死亡35人,失踪3人,重伤192人。造成经济损失8 365.4万元。

(4)1998年8月1日11时至19时,凤城市北部山区遭受了特大暴雨的袭击,当时最大点雨量(四门子镇)250 mm,其中小时降雨强度为100 mm,并伴有9~10级大风,造成山洪暴发,河水暴涨,山体滑坡达5 000处,泥石流推移质粒径达2 m多。这次强降雨致使6个镇(区)、36个村民组、36 696人受灾,造成13人死亡,直接经济损失8 039.4万元。

### 2.2 凤城市山洪灾害特点

(1)凤城市处于温带湿润地区季风气候,大部分是属于辽东温和湿润气候,小部分属东北冷凉湿润气候,

收稿日期:2011-05-31

第一作者简介:范远丽(1972-),女,高级工程师。

春季少雨,大风频繁;夏季炎热,雨水集中,往往因暴雨造成山洪暴发,河水泛滥,形成洪涝灾害,有时伴有风雹,年降雨量在800~1200 mm之间。

(2)地形多呈“V”字沟谷,极易形成山洪泥石流滑坡。凤城市是一个低山丘陵区,属长白山余脉。在温长的地质年代中,经历了多次地壳变动,长期遭受地壳内、外应力的作用,尤其是强烈的风化和流蚀作用,使地形切割特别厉害,多形成“V”字沟谷。

### 3 山洪灾害防治系统的项目建设情况

(1)水雨情监测系统建设。水雨情信息采集系统建设包括自动雨量监测站、人工雨量监测站、自动水位站、人工水位站、简易水位站等。

(2)监测预警平台建设。监测预警平台建设主要包括山洪灾害监测预警应用软件开发、计算机网络设备购置集成等两部分。

(3)防御体制建设。防御体制建设主要包括防御预案编制、宣传材料制作发放等内容。①预案编制。各项防汛预案是抗洪抢险、抵御洪涝灾害的实施方案,为使各项预案更加具有操作性、应用性和实战性,在出现险情、灾情时能够及时应急启动。凤城市切实把各项预案落到实处,使预案涉及到的单位、部门和群众都真正了解预案。发生较大汛情、灾情时,能够按照责任分工,及时启动预案,并有效实施,避免人员伤亡,最大限度地减少损失。②宣传、培训及演练工作开展情况。凤城市在建立现代防灾抗灾高科技网络预警指挥系统的基础上,制作警示牌145块、宣传手册7100册、明白卡14000张、光盘181张,通过各种宣传渠道和新闻载体加大防汛抗洪等相关法规及避险自救常识等方面的宣传,引导和增强广大民众防灾减灾的意识,提高应对各种灾害的能力。

(4)项目建成后的使用情况。项目于2010年6月建成使用后,能山洪灾害、泥石流进行精确预报,增强了防范的针对性和实效性,提高了防灾能力。2010年,凤城市降水量达1600 mm,其中6月1日至8月29日降雨量为1296.5 mm,仅在8月4日至8月19日期间,全市就遭受了4次最大强降雨过程,每一次降雨过程都是丹东地区最大。全市21个乡镇(镇、区)均遭受比较严重的洪涝灾害,但由于山洪灾害防治系统发挥了较强的防御作用,全市在系统预警后,共转移泥石流易发区、河边、尾矿库下游等险户17000户、56220人次,设置安置点32个,确保无一人死亡。

## 4 存在问题及经验与建议

### 4.1 存在的问题

根据山洪灾害防御工作需要,基础资料涉及小流域、历史洪水、山体滑坡点、监测站点信息及关联村组以及人口等,由于时间紧、任务重、涉及面广,县、乡经办人员、技术力量薄弱,基础资料收集难度较大,要确

保数据的完善及准确性,难度更大。

### 4.2 建设经验及建议

(1)加强领导,完善体制建设。加强领导,完善责任制体系建设是山洪灾害防御工作的组织保障。实践证明,领导重视,组织发动得好,工作落实得早,山洪灾害防御工作就能顺利进行。一年来,由于省、市、县、乡各级领导高度重视此项工作,省、市领导多次督促指导工作,县、乡两级政府,认真落实山洪灾害防御各项责任制和行政首长负责制,高度重视山洪灾害防御工作,切实把山洪灾害防御工作作为一项重要的政治任务,县领导包乡、乡领导包村、村干部包组、组干部和党员包群众,从而把山洪灾害防御责任制落到实处。

(2)做好防御预案。以人为本,科学规范,狠抓山洪灾害防御预案的制定,是山洪灾害防御工作的技术保障。山洪灾害防御预案是山洪灾害防御工作的落脚点,在预案编制过程中,将明显可能受山洪灾害严重威胁的区域划分为山洪灾害危险区并树立明显标示,向社会公布,对区域建设活动和人类活动加强管理,主动防范和规避风险,严格禁止因为人为因素诱发山洪灾害。同时,编制详细的信息传递方式、手段和预警报警形式,人员转移路线和组织方式等。事实证明,只要能够科学认真的编制山洪灾害防御预案,就能够在山洪灾害到来时,从容应对,能按照预案及时通报实时监测信息,并把信息传送到危险区的村组户,提前转移受威胁群众,将灾害损失特别是人员伤亡降低到最低限度。

(3)采用新技术、新设备。现代化信息技术和设备的应用是山洪灾害防御工作的基础保障。山洪灾害防御工作重点体现在“防”,“防”是依靠“预案、预报、预警”来完成的,而“预报、预警”都需要现代化信息技术和设备的支持,才能够达到迅速、准确的目标。因此,在雨水情监测上,由过去的人员观测和仪器监测相结合的方式发展为现在的监测仪器和计算机相结合的自动监测方式;在预警系统上,由过去的电话报警发展为电话、GSM报警、无线语音广播预警等多种方式,在数据传输上由过去的电话语音传递改为现在的网络和GSM传输,这些新技术的应用使山洪灾害信息的预报和预警速度得到明显提高。过去由于山洪灾害的局地性,很难确定发生的范围,而地理信息系统的应用,使防汛人员一目了然,提高了山洪灾害发生范围的准确度判断。

(4)统一部署,加强合作。强化部门之间的协作是山洪灾害防御工作的社会保障。各级防汛抗旱指挥部门对山洪灾害防治工作统一部署和安排,加强督促、检查和指导。水利、国土资源、气象、建设、民政、环保等部门根据灾害类型,明确主次,细化分工和责任,逐步建立和完善相关的工作制度,协同配合。同时,还健全山洪灾害的“群测群防、群专结合”监测预警体系,在山洪灾害易发区,加强专业防治、解决防治重点的(下转第60页)

