

东北师范大学

文库

● 东北师范大学出版社

山洪灾情

评估的系统 集成方法 研究

赵士鹏 著



东北师范大学文库

山洪灾情评估的系统集成方法研究

东北师范大学出版社

1997·长春

(吉)新登字 12 号

东北师范大学文库
山洪灾情评估的系统集成方法研究
SHANHONG ZAIQING PINGGU DE
XITONG JICHENG FANGFA YANJIU

赵士鹏 著

责任编辑:杨明宝	封面设计:李冰彬	责任校对:金树仁
东北师范大学出版社出版 (长春市人民大街 138 号) (邮政编码:130024)	东北师范大学出版社发行 东北师范大学出版社激光照排中心制版 吉新月历公司印刷分公司印装	
开本:850×1168 毫米 1/32		1997 年 5 月第 1 版
印张:9.375		1997 年 5 月第 1 次印刷
字数:155 千		印数:001—500 册
ISBN 7 - 5602 - 2026 - 6/K · 120		定价:15.00 元

本书系东北师范大学
图书出版基金项目

内 容 提 要

山洪灾害系统是地球表层系统的异常或突变组分之一,对其通过冲毁、淹没、淤埋等致灾过程所产生的灾情进行准确评估是救灾、减灾和防灾的基础。本文针对山洪灾害系统的特点和目前的条件,提出了山洪灾情评估的系统集成策略,即:山洪灾情评估集成系统必须集地理信息系统、专家系统和应用分析模型为一体,采用基于公共接口模块的外连式结构进行集成,同时应具有友好的用户界面和构造特定的应用框架为用户导航。这样,山洪灾情评估集成系统实施的中心环节就是组分软件的优选、各组分间转换、访问函数的实现和特定应用框架的构造。转换访问函数实现为动态链接库形式,以便应用程序共享;应用框架用逐步输入—处理—输出图(SIPO)来表示,用程序管理器和具有 OLE 接口的多文本编辑器来构造。集成系统应用于山洪损失评估、山洪风险评估的功能分别以北京北部山区孙胡沟流域、闽江上游地区为例进行了验证。最后以综合分析的原则、发生的原则和为减灾服务的原则为基础,将我国划分为六个山洪灾害危险度特征一致性区域即西北区、内蒙区、青藏区、中部区、东部平原区和东南区。在这六个区域中,中部区山洪灾害危险度最高,东南区次之,西北区和青藏区较低,东部平原区和内蒙区最低。

本书可供自然灾害研究、地理信息系统、地理、环境、水文等学科的科研和教学人员参考。

**STUDIES ON SYSTEM INTEGRATION METHOD
FOR ASSESSMENT OF DISASTERS CAUSED BY MOUNTAIN TORRENTS**

ENGLISH ABSTRACT

Exact assessment of the damage caused by mountain torrents, which is one of catastrophic components of the earth surface system, is a foundation for disaster reduction and prevention. In accordance with the specific characteristics of disaster resulted from mountain torrent and present conditions, the system integration strategy for assessment of disasters caused by mountain torrents was proposed. The integration system for assessment of disasters caused by mountain torrents (ISADMT) was configured with externally — linkage architecture based on the common interface module and included three components i. e. GIS, expert system and analytical models. Thus central link of implementing ISADMT is construction of transformation function, accessing function and specific application frameworks. Transformation functions and accessing functions is perform as Dynamic Link Library so as to be shared by application programs; Application frameworks were expressed by Stepwise Input—Processing—Output graph (SIPO) and constructed by program manager and Multi—Document editor with OLE interface. At last, functions on damage evaluation and risk assessment of ISADMT were tested respectively on the Sunhugou watershed and the upper reaches of Minjiang River; According to similarity and difference of characteristics on danger degree of disaster caused by mountain torrents, China was divided into 6 regions i. e. Northwest region, Inner—Mongolia region, Qinghai—Tibet region, Central region, Eastern plain region and Southeast region. Among the six regions, Danger—degree on Central region is highest, Southeast region is second highest, Northwest region and Qinghai—Tibet region is low, Eastern plain region and Inner—Mongolia region is lowest.

目 录

第一章 绪 论	(1)
一、山洪和山洪灾害	(1)
二、山洪灾情评估及其研究简史	(1)
三、山洪灾情评估的新途径	(4)
第二章 山洪灾害系统分析	(5)
一、山洪灾害源子系统分析	(5)
二、山洪承灾体子系统分析	(10)
三、山洪致灾过程分析	(11)
四、山洪灾害系统的空间结构分析	(13)
五、山洪灾害发生的时间频率分析	(14)
第三章 山洪灾情评估的分析模型	(17)
一、山洪灾情评估模型	(18)
二、水沙行为模拟模型	(21)
三、洪积扇反演洪水模型	(25)
第四章 山洪灾情评估的综合集成系统	(30)
一、山洪灾情评估综合集成系统的设计	(30)
二、山洪灾情评估综合集成系统的实现	(37)
三、山洪灾情评估综合集成系统的应用框架	(43)
第五章 山洪灾害损失评估应用研究	
——以北京北部山区孙胡沟流域为例	(54)
一、孙胡沟流域山洪灾害系统分析	(54)
二、孙胡沟流域山洪损失评估的数据准备及结果分析	(58)
第六章 山洪灾害风险评估应用研究	
——以闽江上游地区为例	(79)
一、闽江上游地区山洪灾害风险辨识	(79)

二、闽江上游地区山洪灾害风险评估	(84)
第七章 中国山洪灾害危险度评价	(90)
一、中国山洪灾害系统的总体特征	(90)
二、中国山洪灾害危险度区划	(105)
三、中国山洪灾害危险度分区评价	(107)
第八章 结 语	(112)
致 谢	(116)
参考文献	(118)
附录 1 小流域洪水场景模拟系统操作指南	(130)
附录 2 小流域洪水场景模拟系统输入数据格式	(135)
附录 3 小流域洪水场景模拟系统源程序清单	(139)

插图 目 录

图 2-1 山洪灾害系统组成示意图	(5)
图 2-2 山洪灾害源的层次结构	(6)
图 2-3 山洪承灾体组成要素示意图	(10)
图 3-1 坐标系的设置	(22)
图 4-1 山洪灾情评估系统集成系统的功能层次框图	(32)
图 4-2 集成系统的嵌入式结构简图	(36)
图 4-3 山洪灾情评估集成系统的结构	(37)
图 4-4 山洪灾情评估集成系统的硬件环境	(38)
图 4-5 山洪损失评估的 SIPO 图	(44)
图 4-6 泥石流危险度推理网络简图	(46)
图 4-7 地表径流的划分	(48)
图 4-8 山洪风险评估的 SIPO 图	(49)
图 4-9 山洪灾害危险度区划的 SIPO 图	(53)
图 5-1 孙胡沟流域地势图	(55)
图 5-2 孙胡沟流域土地利用图	(56)
图 5-3 孙胡沟流域坡度图	(57)
图 5-4 孙胡沟流域河道坡度图	(59)
图 5-5 沟道坡度对泥石流暴发适宜性的隶属函数示意图	(61)

图 5-6	孙胡沟流域泥石流严重程度的空间分布图	(67)
图 5-7	孙胡沟流域出口断面 1969.8.19 流量过程线	(71)
图 5-8	降雨开始 6 分钟后孙胡沟流域水深分布	(72)
图 5-9	降雨开始 1 小时后孙胡沟流域水深分布	(73)
图 5-10	降雨开始 2 小时后孙胡沟流域水深分布	(74)
图 5-11	降雨开始 4 小时后孙胡沟流域水深分布	(75)
图 5-12	降雨开始 8 小时后孙胡沟流域水深分布	(76)
图 5-13	孙胡沟流域土壤净侵蚀/堆积分布图	(77)
图 5-14	孙胡沟流域灾情分布图	(78)
图 6-1	闽江上游地区 1994 年 5 月 1~2 日 24 小时降雨量 分布	(80)
图 6-2	闽江上游地区 50 年一遇标准面积洪峰流量分布	(86)
图 6-3	闽江上游地区百年一遇标准面积洪峰流量分布	(87)
图 6-4	闽江上游地区山洪灾变系数分布图	(88)
图 7-1	中国 24 小时最大雨量分布	(91)
图 7-2	中国多年平均积雪日数	(93)
图 7-3	中国现代冰川分布图	(94)
图 7-4	中国地势图	(95)
图 7-5	中国相对地势图	(96)
图 7-6	中国泥石流分布略图	(97)
图 7-7	中国人口密度分布图	(99)
图 7-8	中国山洪分布图	(104)
图 7-9	中国山洪灾害危险度区划图	(108)

附表目录

表 5-1	孙胡沟流域泥石流危险度评价的知识库	(61)
表 5-2	孙胡沟流域泥石流危险度评价的事实和结果	(66)
表 5-3	孙胡沟流域的土壤信息	(68)
表 5-4	孙胡沟流域的土地利用和地面状况信息	(69)
表 5-5	孙胡沟流域的河道信息	(69)
表 6-1	福建省三明地区山洪灾情一览表	(81)
表 6-2	闽江上游地区不同重现期流量分布	(83)

表 7 - 1	中国 1991 年人口和社会总产值之分布	(98)
表 7 - 2	中国 1992 年耕地与粮食产量之分布	(100)
表 7 - 3	中国 1992 年交通网密度	(101)
表 7 - 4	中国主要山洪类型特征一览表	(102)

照 片 目 录

照片 1	清流县嵩口镇洪水痕迹	(283)
照片 2	宁化县武层村被冲压的农田	(284)
照片 3	宁化县肖家村被冲毁的房屋	(285)
照片 4	清流县嵩口镇被冲毁的房屋	(286)
照片 5、6、7	清流县境内被冲毁的桥梁	(287)
照片 8	宁化县隆陂水库提前泄水, 降低了山洪灾害风险	(288)

第一章 绪 论

一 山洪和山洪灾害

山洪，顾名思义，是指发生在山区的洪水。更严格地，它可被定义为“山区溪沟或干沟中特大的径流或水位急剧上涨的现象”^[1]。但是，目前对山洪并没有形成一致的定义，有些文献中的定义就易引起误解。譬如文献〔4〕绪论中第一句话就是：“山洪（泥石流）应该看作几乎在一切山区中都可能发生的一种通常的地质现象。”这种提法是欠妥的。山洪首先是洪水的一种，因而首先是一种水文现象，即强烈地面径流的过程。上面的提法可能是将山洪等同于泥石流，其实泥石流是一种特殊的山洪，只不过在洪水含有大量泥石物质。另外有些文献将山洪等同于急骤洪水（Flash flood）^[2]，其实急骤洪水是泛指水位上升非常迅速的洪水^[3]，而山洪是特指发生在山区的急骤洪水。

山洪灾害是指由于山洪暴发而给人类社会系统所带来的危害。并不是所有山洪都是灾害，譬如发生在荒无人烟的高山地区的山洪，不论规模多大，来势多凶猛，由于没有承灾体，并不形成灾害。即使山洪有灾害的一面，但它也有造福于人类一面。例如山区居民多集中于山洪沉积泥沙而形成的洪积扇上，淤积于高河漫滩的淤泥也为农田提供了肥力。但是本书所关心的主要是山洪的灾害性的一面。

二 山洪灾情评估及其研究简史

山洪灾情评估是指对某个区域山洪危害人类的严重程度进行

评价。一般采取人员伤亡数、财产损失量两个指标来划分程度等级,但至今国内、国际还没有统一的划分标准^[45]。按照其评价对象的时间尺度可分为山洪灾害个例评估和区域山洪风险评估。前者主要是指在山洪灾害发生过程中或发生后,通过遥感和实地调查等方法收集灾情信息,评价灾情等级及其时空分布特点,为抗灾、救灾、灾后救济及重建提供依据,同时积累历史资料,为研究灾害及修正评估模式提供依据。山洪风险评估主要是评价区域山洪的期望损失及其空间分布,为山洪影响区的土地利用管理和工农业生产布局提供依据,以将区域山洪灾害损失减少到最低限度。

山洪的研究和防治山洪措施的制订,在本世纪初就开始了^[4]。到目前为止,山洪和山洪灾害的研究大约经历了以下几个阶段:

1. 山洪灾害的个例研究阶段

早期,山洪的研究多集中对某一个地区山洪发生后进行调查分析方面。譬如美国洛杉矶地区的1934年、1938年的特大山洪的研究^[4]。据报道,1934年1月洛杉矶地区的山洪造成了40多人死亡,400多幢房屋被冲毁。而1938年洛杉矶地区山洪更超过1934年,死亡200多人,损失达5000万美元。这是我所见到最早的山洪灾情定量评估报道。山洪灾害的个例研究一直持续到现在。它们中有些是分析山洪灾害激发因素和产生原因的^{[6][7][10][12]},有些是从灾情评价角度进行研究的^{[8][9]};这些个例研究尽管是针对某一特定地区的一次特定事件进行的,但是它为山洪灾害的区域性规律的研究积累了经验,准备了素材。

2. 山洪灾情的区域性评价阶段

由于区域性防洪减灾的需要,山洪灾害空间分布规律的研究变得重要了。譬如日本由于国土的4/5为山区,河流多为陡坡短河,加上由热带气旋所带来的丰沛降水,因此山洪灾害十分频繁。早在70年代,他们就开始了山洪灾害的全国性研究^[15]。其他国家也进行了这方面的研究^{[11][3]}。我国对一种特殊的山洪——泥石流

的全国性规律^[14]、危险度评价方法^[13]研究较多,而对广义的山洪的区域性规律研究则未见报道。特别是有助于对山洪损失进行综合预防与管理的一项重要的非工程措施——山洪风险图的编制,在我国基本上还是一项空白^[20]。而在国外,80年代,美国、日本、南朝鲜等国家都已开展实施^{[104][105]},增强了居民的水患意识,对防洪减灾起到了很好的作用。

3. 山洪灾害的实时监测与预警阶段

为了减轻山洪灾害造成的损失,对其进行实时监测和预警是非常必要的。为了建立预警系统,盆地的频率响应、预警区域、居民生活方式以及地形和植被都必须被考虑。由于山洪历时短暂,所以预警时间要尽可能提前于山洪暴发时间,以便人员能安全撤离和部分财产安全转移。最有效的预警仪器是测雨雷达(Weather radar)。日本和美国早在70年代就开始了建立山洪预警系统的研究^{[15][16][17]}。预警系统的工作过程大约为:首先数字雷达资料被计算机处理作出暴雨预报,依据区域下垫面状况作出洪水传播路径和强度的大致估算,然后用无线电通讯或有线电话发出预警信号。美国地质调查局于70年代试验了一个中转来自遥远地区无线电发射水文资料到中央数据接受系统的实验性极轨卫星通讯系统^[24]。可以发射的水文变量包括水位、降雨、雪深、地下水水位和许多水质参数。卫星中转资料使其实时监控水文状况或预警成为可能。我国也开始了一些山区洪水的实时监测和预警工作,如北京城近郊区暴雨预报与洪水预警系统^[23]。

4. 山洪灾情评估的集成系统研究阶段

80年代以来,地理信息系统在洪水灾情评估领域得到了广泛应用^{[17][18][20]},但应用于山洪灾情评估还较少见。山洪灾情评估的难点在于:因山洪速度快、冲击力大常规水文观测难以进行,同时又因山洪历时短暂和影响的空间尺度小遥感方法难以取得足够的信息。也许小流域暴雨洪水估算和洪积扇等地貌的反演是获取山洪灾情评估所需的水文、水情信息的一条途径。况且山洪过程

中滑坡、泥石流和河岸崩塌等现象难以定量预测，必须借助专家知识进行推断。所以，必须建立将空间数据库、分析模型库和专家知识库融为一体的综合集成系统，才能使山洪灾情评估问题得到较好的解决。山洪灾情评估的综合集成系统作为国家“八五”攻关课题“洪水灾情评估集成系统”的一部分正是本书的核心内容之一。

三 山洪灾情评估的新途径

山洪灾情评估的系统集成方法研究主要是为了探索一条“从定性到定量的综合集成法”应用于山洪灾情评估的途径。

具体包括：

1. 山洪致灾机制的揭示；
2. 山洪灾情评估模型体系的建立；
3. 山洪灾情评估综合集成系统的建立；
4. 我国山洪灾害危险度特征分布规律的揭示。

山洪灾情评估的系统集成方法研究的重点是山洪灾情评估集成系统的设计、实施和应用。山洪致灾机制和山洪灾情评估模型的研究是为集成系统的建立作定性和定量方面的准备，而我国山洪灾害危险度分布规律的揭示则是集成系统应用于重点地区山洪灾情评估后以点带面所得到的结果。

第二章 山洪灾害系统分析

山洪灾害系统是由孕育于山区环境的水沙流体与山区人类社会活动子系统相互作用而形成的有机整体。按照其在山洪灾害系统中的作用,前者称为山洪灾害源子系统,后者称为山洪承灾体子系统(如图 2-1)。山洪灾害系统的功能通过其致灾过程表现出来,只不过从短期看来,它对人类活动系统起着负的影响,故称为灾害。从长期来看,它可能是整个地球表层系统演化过程中的重要一环——通过对地貌的塑造而影响整个山区的自然综合体,人文景观必须与它相适应。山洪灾害系统是地球表层系统的异常或突变组分之一,因此它具有空间变异和时间演变特征。山洪灾害系统的结构组成、功能过程、时空分布等特征的分析构成了山洪灾情评估的理论基础。

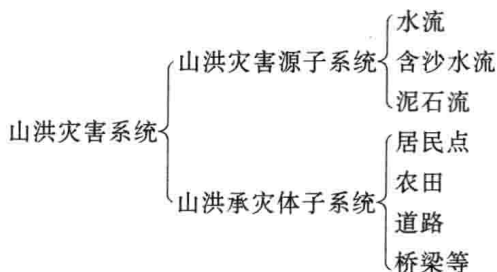


图 2-1 山洪灾害系统组成示意图

一 山洪灾害源子系统分析

(一) 山洪灾害源的层次结构

山洪灾害的直接来源是山洪本身即孕育于山区环境中的水沙流体。它的一级间接灾害源是对山区小河高强度水源补给和陡峭

的地形,前者受水文气象因素影响,后者受制于地貌因素即内营力和外营力相互作用的结果。山洪灾害源的层次结构详如图 2-2 所示。如果山洪灾害源是山洪的一种特殊形式——泥石流,则它的一级间接灾害源除了前两个因素外还必须加上足够的固体物质累积这一重要因素。固体物质累积受岩性、断裂构造等地质因素和气温等气候因素制约的风化速率和受水文因素制约搬运速率等因素影响。

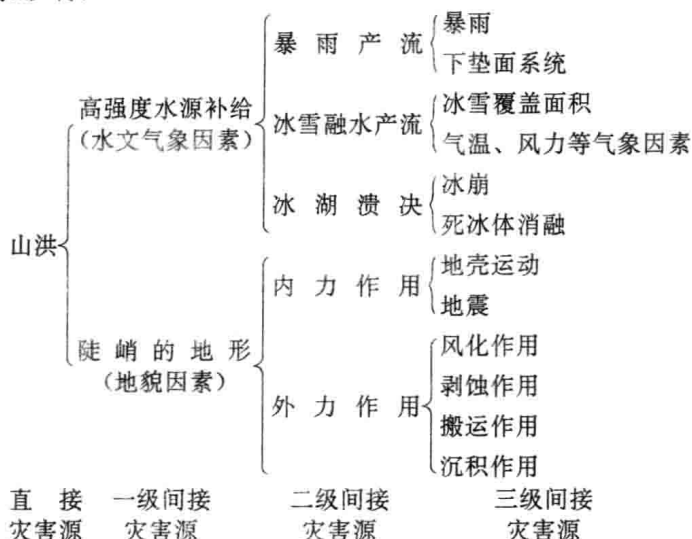


图 2-2 山洪灾害源的层次结构

(二) 山洪形成过程

1. 山洪的激发因素

(1) 暴雨因素

高强度暴雨是激发山洪发生的主要因素。暴雨产生的主要天气尺度系统有：台风、热带云团、锋面、低涡、切变线以及低空暖湿急流等。山地对降水的增幅作用很大，有时候一次暴雨过程在山区造成的降水量可以是平原地区的十几倍，甚至更大些，而在背风坡降水量明显减少。因此，山地迎风坡不仅暴雨频数增加，而且往往是暴雨中心的所在地点^[6]。例如，我国广西南部特大暴雨

多出现在十万大山东南坡,广东特大暴雨则分布在南岭南麓,华北特大暴雨多出现在燕山南麓和太行山东坡,西南特大暴雨多出现在大雪山和苗岭东侧以及米仓山和大巴山南麓,海南岛特大暴雨多分布在五指山迎风一侧。我国著名的五大暴雨中心都是出现在迎风坡。譬如河南 75.8 特大暴雨带位于伏牛山麓的迎风坡,即洪汝河、沙颍河、唐白河上游的板桥、石漫滩两大水库地区及其周围。暴雨中心在板桥水库附近的林庄,石漫滩附近的油坊山以及郭林,中心最大过程雨量分别为 1 631 mm、1 434 mm 和 1 517 mm。在许多高山地区,暴雨中心一般并不位于高山的山脊或近山脊处,而是在半山坡。这是由于地形对降水的增幅作用与大气中水汽随高度迅速减少这一对矛盾相互作用的结果。

(2) 冰川因素

冰川因素主要引发我国西部高山地区的洪水。它通过冰川融水和冰湖溃决两种方式引发山洪。冰川融水型山洪受制于两个条件,一是山区小河源头必须有较大规模冰川发育,一是必须有持续高温天气出现。冰湖溃决型山洪主要由于冰崩和死冰体的消融活动引起⁽²⁵⁾⁽²⁶⁾,它是一种突发性洪水。

(3) 融雪因素

山区积雪随着冬季结束之后,温度升高而融化所引发的洪水。它与温度条件和冬季的降水量有关。

高山地区的河流一般流经几个不同的垂直地带,不同地带引发洪水的因素是不同的,冰川、融雪因素主要影响海拔较高的地区,而暴雨因素主要影响海拔较低的地带,因此,在山区河流出口口处的洪水,往往是多种因素共同作用的结果。如 1959 年阿尔泰山区额尔齐斯河发生的洪水就是季节积雪融水和暴雨两种因素共同引起的;而 1959 年 9 月 5~6 日在伊犁河流域喀什河发生的洪水则是高山冰雪融水与暴雨等多种因素引起的*。

* 汤奇成:中国干旱区洪涝灾害,中科院地理所,1993 年。