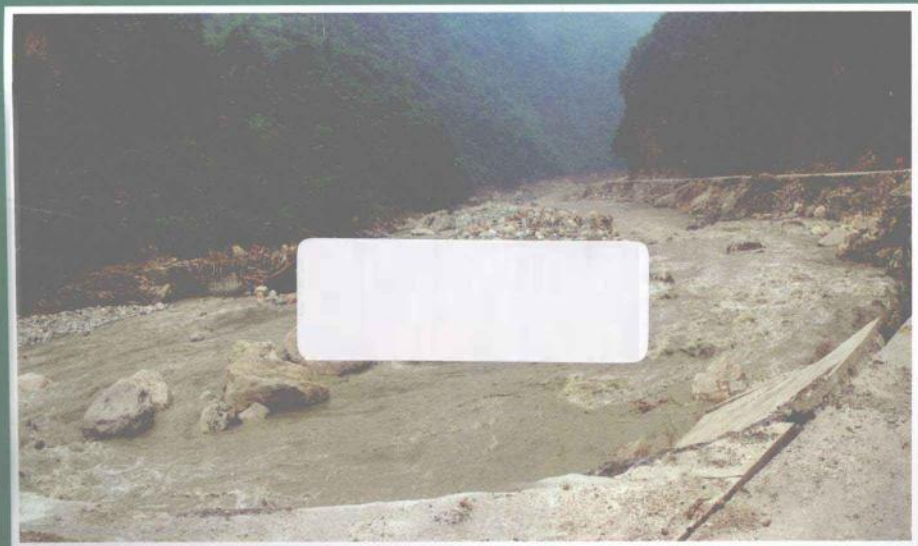


■ 山区减灾科普丛书 ■

山洪灾害 SHANHONG ZAIHAI JIANZAI JISHU 及减灾技术

编著 曹叔尤 刘兴年 王文圣

● 国家重点基础研究发展计划（973计划）项目
“中国西部特大山洪泥石流灾害形成机理及风险分析（编号：2011CB409900）”资助



四川出版集团
四川科学技术出版社

山区减灾科普丛书

山洪灾害及减灾技术

曹叔尤 刘兴年 王文圣 编著

四川出版集团
四川科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

山洪灾害及减灾技术/曹叔尤,刘兴年,王文圣编著. - 成都:四川科学技术出版社,2013.8

ISBN 978 - 7 - 5364 - 7700 - 1

I. ①山… II. ①中… III. ①山洪 - 防治 IV. P426.616

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 163637 号

山洪灾害及减灾技术

出品人 钱丹凝
编 著 曹叔尤 刘兴年 王文圣
责任编辑 任维丽
封面设计 小 文
责任出版 邓一羽
出版发行 四川出版集团·四川科学技术出版社
成都市三洞桥路 12 号 邮政编码 610031
成品尺寸 140mm × 203mm
印 张 7.875 字数 180 千 插页 4
印 刷 四川经纬印务有限公司
版 次 2013 年 8 月成都第一版
印 次 2013 年 8 月成都第一次印刷
定 价 28.00 元

ISBN 978 - 7 - 5364 - 7700 - 1

■ 版权所有·翻印必究 ■

■ 本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。

■ 如需购本书,请与本社邮购组联系。

地址/成都市三洞桥路 12 号 电话/(028)87734035

邮政编码/610031

网址:www.sckjs.com



序

我国是一个多山的国家,山地面积占全国面积的 70% 以上。由于地质条件复杂,山高、坡陡、谷深,气候多变,人类生活、工作活动也较广泛,导致山洪、泥石流、滑坡突发性灾害暴发频繁,水土流失也较严重,是世界上山地灾害最严重的国家之一。曾记得 20 世纪 80 年代初期四川中、东部、陕南地区发生特大山洪引发 6 万多处滑坡和近万条沟发生泥石流,造成近 1 000 人丧生和 20 多亿元的财产损失;2000 年 4 月 9 日西藏易贡藏布扎木隆沟发生特大型冰雪崩、岩崩→滑坡→泥石流灾害链,堵断享誉中外的易贡湖出口,形成高愈百米的土石坝,回水淹没湖周数千亩农田、茶园,60 天后大坝溃决,形成巨大的山洪泥石流,高近 100 米的水头向下游凶猛推进,使沿岸高五六十米的房屋、公路、桥涵和茂密的植被一扫而光,虽未造成巨大的直接经济损失,但对生态环境造成毁灭性的破坏,是令人痛心的;2003 年 6~7 月四川省丹巴县鹅狼沟和“美人谷”两沟发生特大型泥石流,造成 115 人死亡和失踪;2004 年 7 月 4 日、19 日两次大暴雨,使云南省盈江县、陇川县、腾冲县等发生特大山洪、泥石流和滑坡灾害,54 万人受灾,累积死亡、失踪 85 人;今年入汛以来,先是淮河中游特大洪涝灾害,8 月四川东部和重庆市连续大暴雨洪灾,造成大量中、小型崩塌、滑坡、泥石流灾害、受灾人口 400 多万。直接经济损失估计近 5 亿元。

国家一直对山洪、泥石流、滑坡等突发性灾害的防御十分重视,近 20 年每年的投入,都有较大幅度增加,广大山区省、地、县、



乡、村防灾减灾体系已基本建立并逐渐完善,灾害多发的县级以上城镇已明显减少。据国土资源部统计,每年因地质灾害造成的人员伤亡已从20世纪末的1500人,下降到现在800人以下。但令人深思的是在上述人员伤亡中,农村占了总数的80%以上,就其原因是广大山区农民、乡村干部缺乏减灾防灾的基础知识,不知道什么地方危险,什么地方安全,灾害来临时如何避灾。新农村建设如何选址建设新家园。广大的山区农村多么希望有相关的科普图书出来。《山区减灾科普丛书》的编辑和出版正是山区乡、村干部所求,广大山区农民之所望。

我支持这套科普丛书的编辑出版。编委会请我作这套科普丛书的主审,我也愿意,我一定协助编委会把这套丛书编写好。使之成为农民喜爱的书,在我耄耋之年,还能为长年累月辛苦在山区的乡、村干部和农民兄弟们效力而感到高兴。我祝愿这套丛书在广大山区农村生根,开出艳丽之花,结出丰硕之果。

吴君瀚

2007年6月于北京



丛书总前言

山洪、泥石流、滑坡和水土流失是山区常见的灾害性地表物质运动现象。其中,山洪、泥石流、滑坡等现象一般来说,暴发突然,破坏力强,称为突发性灾害;水土流失的发生过程较为和缓,短期内的破坏作用不突出,但长期侵蚀的结果影响面广,危害严重,称为缓变性灾害。通常把发生在山区的突发性灾害和缓变性灾害统称为山地灾害。

我国是一个多山的国家,复杂的地质条件、独有的地貌特征、多样的气候因素、密集的人口分布和人类活动影响,导致山洪、泥石流和滑坡等突发性灾害暴发频繁,水土流失发育广泛,是世界上山地灾害最严重的国家之一。每年发生数千至上万起突发性山地灾害,7 400 万人不同程度地受到山地灾害的危害和威胁。据统计,1995~2006 年全国崩塌、滑坡、泥石流等突发性灾害共造成 12 428 人死亡或失踪,平均每年死亡或失踪 1 036 人;直接年均经济损失估计在 80 亿元以上,年最高经济损失应在 150 亿元以上,并有逐年增加的趋势。例如,2003 年 6 月 26 日四川省丹巴县鹅狼沟特大泥石流灾害造成 66 人死亡,7 月 11 日该县“美人谷”特大泥石流致使 51 人死亡和失踪;2004 年 7 月 4 日和 19 日两次暴雨,使云南省盈江县、陇川县、腾冲县等地发生特大山洪、泥石流和滑坡灾害,累计死亡 38 人,失踪 47 人,受灾 54 万人,直接经济损失 8.4 亿元;2006 年我国华南和华东屡遭台风袭击,仅第 4 号强热带风暴“碧利斯”引发的浙江、福建、江西、湖南、广东、广西 6 省区山地灾害,已造成 612 人死亡,208 人失踪,直接经济损失



达 266 亿元;2007 年入汛以来,我国山区灾害暴发频繁,波及面广,损失严重。

山地灾害已经成为危及山区人民生命财产和生产资料安全、阻碍社会经济发展的主要因素。国家非常关切山区民生和山区发展,非常重视山地灾害的防治,先后颁布了《地质灾害防治条例》《国家突发公共事件总体应急预案》《国家突发地质灾害应急预案》,制定了《全国山洪灾害防治规划》和《全国地质灾害防治规划》,到 2005 年,完成以县为单位的地质灾害调查 700 个,约 210 万平方千米,编制了“地质灾害分布与易发区图”和“地质灾害防治规划图”,制定了县、乡、村三级群测群防责任制,建立了群测群防点 10 万余处,总结出防灾减灾“自我识别、自我监测、自我预报、自我防范、自我应急和自我救治”的“六个自我”理念,从 2003 年开始,国土资源部和中国气象局在每年汛期开展全国地质灾害气象预报预警工作,起到了很好的减灾效果。

我国水土流失类型多样,分布广泛,仅水蚀面积就达 170 多万平方千米,占陆地国土面积的 17.7%。水土流失所造成的土壤贫瘠、养分流失、面源污染、河流泥沙等已经成为影响范围广泛、迫切需要解决的全国性主要环境问题。自建国以来,国家一直重视水土保持工作,先后在黄土高原和长江上中游开展了水土流失重点治理,继而把水土保持工作推向全国,积累了一系列山、水、林、田、路综合治理的水土资源优化配置、合理利用的经验,有机地把农民生产资料的保护、水土资源综合利用、生态与环境的保护结合起来,建立了大量社会主义新农村的典型样板。

我国山(丘)区面积约占国土面积的三分之二,居住了全国约二分之一的人口,全国有 1 583 个县(市)长期受到山地灾害的困扰,经济发展严重滞后,成为贫困人口的聚集区。开展山地灾害防治既是国家减灾的重要组成部分,也是摆脱山区贫困、解决“三农问题”、实现全国和谐与均衡发展关键环节。目前,山区人民



◆ —————

缺乏山地减灾知识是造成灾害损失严重、水土资源利用不合理、生产力低下并导致生态与环境问题的重要原因。

为了切实落实国家各项减灾计划,有效减轻山区灾害,合理利用和保护水土资源,发展山区经济,中国水土保持学会泥石流滑坡专业委员会和中国地理学会山地分会共同组织相关领域具有丰富经验的专家,编写《山区减灾科普丛书》,包括《泥石流灾害及减灾技术》、《滑坡灾害及减灾技术》、《山洪灾害及减灾技术》和《水土流失和水土保持技术》等4本读物。该丛书针对乡村有关管理干部和具有中等文化程度的农民编写,概略介绍山地灾害基础知识和成灾规律,系统论述灾害的调查、勘测、观测、判识、预报、简易防治、住房环境危险性评估、新建房屋选址以及坡地保土蓄水等方面的方法、技术与措施,采用图文并茂的方法编写,易读易懂可操作,是一本融科学性、知识性和实用性于一体的科普教育读物。

在本丛书的编写过程中,中国科学技术协会将丛书的出版批准列入2007~2008年科普图书出版计划,中国科学院成都山地灾害与环境研究所给予多方面大力支持。中国工程院院士关君蔚教授在耄耋之年,不辞辛劳,带领专家组对本丛书进行学术把关。四川科技出版社任维丽高级编辑积极热诚地负责出版工作。本丛书将陆续分别编写出版,希望它的出版发行能对我国山区农村减灾有所裨益。对于参与、支持和帮助本丛书编写与出版的单位和个人,表示衷心的感谢。

唐鹏

2007年8月22日



前 言

山洪一般是指发生在几百平方千米以内的山丘区、由强降雨诱发的急涨急落的洪水,在适当条件下可能伴随泥石流与滑坡发生。在山丘区由于水库坝体或河流堤防溃决、冰湖溃决等突然诱发的洪水也称作山洪。气候变化、地表特性和社会经济条件将影响山洪风险。山洪的规模和灾害的严重程度决定于降雨强度、降雨量、降雨历时、河流及其流域前期条件,包括冰雪覆盖情况、土壤特性及湿度、城镇化规模、已建堤防、拦挡坝或水库情况。更为严重的是,人们在河漫滩居住,又缺乏完善的应急计划,必然会增加山洪潜在的破坏性。21 世纪中国以及全世界山洪灾害更加突出,造成的生命和经济损失十分惨痛。山洪常常伴随泥石流,特别严重的案例是 2010 年 8 月 8 日的甘肃省舟曲县特大山洪泥石流灾害,造成 1 467 人遇难和 298 人失踪。山洪灾害与极端降雨、地表脆弱和经济发展模式的关系密切。

中国地貌类型复杂多样,且以山地高原为主。广义的山丘区包括山地、丘陵和比较崎岖的高原,约占全国陆地面积的三分之二。中国主要处于东亚季风区,暴雨频发,地质地貌复杂,以及人类活动的影响,导致山洪灾害发生频繁,是世界上山洪灾害最严重的国家之一。山洪灾害不仅对中国山丘区的基础设施造成毁灭性破坏,而且对人民群众的生命安全构成极大的损害和威胁,已经成为山丘区经济社会可持续发展的重要制约因素之一。20 世纪 50 年代以来,山洪灾害每年都造成数以百计的人员伤亡,是中国自然灾害造成人员伤亡的主要灾种之一。据 1950 ~ 1990 年



资料分析,全国洪涝灾害死亡人数中,山丘区占 67.4%;1997 年全国山洪灾害造成的人员死亡占当年洪涝灾害总死亡人数的 69%;1998 年长江大洪水受灾严重的湖南、湖北、江西和安徽四省死亡人员,大部分死于山洪灾害。

新中国成立以来,中国山丘区建成了一大批防治山洪灾害的工程设施,但这些工程大都修建于 20 世纪六七十年代,建设标准不高,工程配套不完善、老化失修严重,病险工程不断增多。由于缺乏对山洪灾害防治的宣传和系统研究,人们主动防灾避灾意识不强,以至于在河道边、山洪出口一带建住房、搞开发,不断侵占河道,乱弃、乱建、乱挖使河道不断淤塞,泄洪能力严重萎缩,进一步加剧了山洪灾害的发生和损失。散布于山丘区的中小城镇和居民点,多位于平川谷地,防洪工程标准低、质量差,有的甚至处于无设防状态,一旦山洪暴发,防不胜防。总体而言,目前中国防御山洪灾害能力十分薄弱。进入 21 世纪,国务院明确指出:“山洪灾害频发,造成损失巨大,已成为防灾减灾工作中的一个突出问题。必须把防治山洪灾害摆在重要位置,认真总结经验教训,研究山洪发生的特点和规律,采取综合防治对策,最大限度地减少灾害损失。”

为了保障山丘区人民生命财产安全,实现中国经济社会的全面发展,水利部会同国土资源部、中国气象局、建设部、国家环保总局联合成立了全国山洪灾害防治规划领导小组、领导小组办公室和规划编写组。全国山洪灾害防治规划的编制分三个阶段。第一阶段由全国规划编写组统一编制全国山洪灾害防治规划任务书及技术大纲;第二阶段有山洪灾害防治任务的各省(自治区、直辖市)根据任务书及技术大纲的要求,在全国规划编写组的指导下,开展山洪灾害现状调查,研究山洪灾害的成因、特点及分布规律,按照点面结合的工作思路,编制完成本地区的山洪灾害防治规划;第三阶段是全国规划编写组分析、综合、汇总各地山洪灾



害防治规划,编制完成《全国山洪灾害防治规划》。

本书的读者以基层干部和群众为主,也可以供有关科技人员和管理人员参考。全书共六章,配合四个附录。第一章介绍山洪灾害基础知识,包括山洪概念与形成,山洪灾害特性和危害,坡面产流汇流和坡面产沙输沙;第二章简要介绍与山洪灾害山区河流水沙运动基本知识,包括山区河流水沙基本问题,重点介绍山区河流卵石推移质泥沙运动;第三章和第四章分别为山区小流域设计洪水计算和山洪数值模拟技术;第五章简要介绍山洪预报与风险评价;第六章是本书的重点,比较详细地介绍山洪灾害防治的对策和可操作的各种技术问题,包括全国山洪灾害防治规划简介,山洪灾情调查,山洪灾害预报预警以及山洪灾害防治工程技术。

本书由曹叔尤、刘兴年、王文圣编写;全书由曹叔尤统稿并汇编插图;崔鹏、王成华和秦保芳审核;梁越校对及完善图表和公式。

本书在编写过程中主要参考了《全国山洪灾害防治规划报告》《山洪、泥石流、滑坡、灾害及防治》等文件、著作、规范和论文,引用了其中较多的科普知识和有关插图。在此对上述文献的主编、副主编和编写人员表示衷心地感谢。本书的编写和出版,得到了水利部中国科学院成都山地灾害与环境研究所、防洪抗旱减灾工程技术中心、四川省防汛抗旱总指挥部专家的指导和帮助,在此表示衷心地感谢。

本书编写和出版得到国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目《中国西部特大山洪泥石流灾害形成机理与风险分析》(项目编号:2011CB409900)的资助,深表感谢。

曹叔尤

2013 年 2 月



目 录

第一章 山洪灾害基础知识	1
第一节 山洪概念与形成	5
一、什么是山洪	5
二、山洪的形成条件	6
三、山洪的形成过程	11
四、山洪的基本物理力学特性	19
第二节 山洪灾害特性和危害	27
一、山洪灾害的严重性	27
二、山洪灾害的特性	31
三、山洪灾害的规律和危害	54
第三节 坡面产流汇流	57
一、坡面产流	58
二、坡面流汇集	61
第四节 坡面产沙输沙	63
一、坡面产沙	63
二、坡面输沙过程	68
第二章 山区河流水沙运动基本知识	69
第一节 山区河流水沙基本问题	70
一、山区河流水沙基本特性	70



二、山区河流河床演变	73
三、山区河流工程泥沙问题	77
第二节 山区河流卵石推移质泥沙运动	78
一、非均匀沙的起动流速	78
二、宽级配沙卵石推移质输移特性	81
三、卵石推移质的横向分布特性	86
第三章 山区小流域设计洪水计算	90
第一节 概述	90
第二节 小流域设计暴雨计算	91
一、年最大 24 小时设计暴雨量计算	91
二、历时 t (< 24 小时) 的设计暴雨 $P_{t,p}$ 的计算	92
第三节 计算设计洪峰流量的推理公式	95
一、推理公式的一般形式	95
二、中国水利水电科学研究院推理公式	97
三、用推理公式计算设计洪峰流量	102
四、计算实例	102
第四节 计算设计洪峰流量的经验公式	105
一、单因素公式	105
二、多因素公式	107
第五节 小流域设计洪水过程线推求	107
一、三角形概化设计洪水过程线	108
二、五边形概化设计洪水过程线	108
第四章 山洪数值模拟技术	110



第一节 缺乏水文资料小流域的山洪模拟	110	目
一、地貌瞬时单位历线山洪模拟	111	录
二、径流运行时间	111	
三、运动波-地貌瞬时单位历线理论	112	
第二节 山洪过程随机模拟	118	
一、基本概念	118	
二、季节性自回归模型	118	
三、解集模型	122	
第五章 山洪预报与风险评价	127	
第一节 山洪预报	127	
一、山洪预报的意义	127	
二、山洪预报模型	128	
三、新安江模型	128	
四、人工神经网络模型	131	
第二节 山洪风险评价	134	
一、基本概念	134	
二、风险评价的步骤	135	
三、基于成因分析法的洪水危险程度评价	136	
第六章 山洪灾害防治	137	
第一节 全国山洪灾害防治规划简介	137	
一、山洪灾害防御的基本原则	137	
二、非工程措施	139	
三、工程措施	140	



四、山洪灾害防御试点经验	141
第二节 山洪灾情调查	143
一、山洪调查	143
二、灾情调查	158
三、山洪灾害调查报告的编写	160
第三节 山洪灾害预报预警	162
一、山洪的降雨预报方法	162
二、山洪预报中的地质地貌条件分析	164
三、利用物象测雨和对异常征兆及天气谚语预报	165
四、山洪水文方法预报	166
五、山洪预警	166
第四节 山洪灾害防治工程技术	167
一、排洪道	167
二、谷坊	175
三、防护堤	179
四、丁坝	180
五、其他防治工程措施	183
附录 A 典型山洪灾害实例	188
附录 B 山洪灾害分区与风险评价实例	197
附录 C 国外山洪灾害防御体系	207
附录 D 中国山洪灾害防治实例	222



第一章 山洪灾害基础知识

山洪与山洪灾害是两个密切相关、但内涵不同的概念。山洪是一种自然现象,可能形成灾害,也可能不形成灾害。而山洪灾害是指当山洪这种自然现象与人类活动、社会、经济相互作用,从而造成人员伤亡、经济损失、影响社会安全的严重突发事件。

近十年来国内外开展了对山洪灾害的科学研究,取得了一定的进展。对山洪形成过程及致灾规律的研究主要是运用气象学、水文学和地学方法,从不同层次、不同角度及不同时空尺度上,对山洪诱发因子、诱发机理、临界条件、山洪形成与演化过程预报、山区河流水沙动力学基本规律、山洪灾害风险评价等方面进行研究。对中国近年来发生山洪灾害的特征、危害、成因、空间预报、风险度评估和防治措施等进行了概括、总结和分析。

山洪灾害涉及诸多因素,问题十分复杂。强降雨是诱发山洪的必要条件,但并不一定是充分条件。在强降雨的前提下,流域的地形、地貌、地质、植被以及土地利用等条件是形成山洪的关键因素,这就决定了山洪预报不可避免地要求对中小尺度暴雨,特别是移动缓慢的暴雨,以及暴雨作用下流域的反应机理与过程有深入的理解和预测。这两者是气象学和水文水动力学等学科领域亟待研究解决的重大科学问题。

中国科技部重点基础研究计划(973 计划)在 2004 年已经启动对“中国南方致洪暴雨监测与预测的理论和研究方法研究”,其主要研究对象为空间尺度为几十千米乃至上百千米的强对流系统的三维结构与形成机理以及有效监测与预测引发暴雨的这类



强对流系统的理论和方法。这样的中尺度基本上与中国典型山洪灾害流域的空间尺度相当,对中国山洪灾害的气象预报有积极意义。

对于已知暴雨过程条件下的山洪形成机理,包括坡面产流产沙机理、山区河流水沙运动机理和山洪形成机理等山洪灾害基础研究取得如下新进展。

1. 山洪诱发因子、诱发机理和临界条件

强降雨是诱发山洪的主要动力因素,地形、地貌、植被和土地利用等也对山洪形成起重要作用,区域内的河道行洪不畅会加剧山洪灾害。山洪形成与雨量、雨强和降雨历史关系密切,高强度的集中降雨是引发山洪的主要原因。滑坡、泥石流的发生与前期降水和短历时降雨的雨强关系密切,主要有三种成因,即水量渗透蓄满,破坏堆积体的稳定性;滑坡土体与水流混合,以及积水溃决。对山洪形成的临界条件的研究包括在美国广泛应用的地表径流阈值与不确定性、临界降雨量或降雨强度等。研究方法包括历史数据的统计分析以及基于 GIS 技术和遥感技术的水文历史数据和单元水文过程法。

2. 山区河流水沙动力学基本规律

山洪往往诱发非常活跃的泥沙运动。泥沙运动与山洪洪水过程之间存在实质性的相互作用,现有研究涉及对水沙过程的原型观测与分析和对泥沙基本输移规律的研究。泥沙运动力学的主要理论和公式一般是对缓坡上恒定均匀流条件而建立的,但是,山洪一般是发生在陡坡上的非恒定、非均匀流。泥沙模型与实际观测结果差别较大,主要原因可能就是用恒定流条件下得出的公式推算非恒定流中泥沙的运动所致。

目前国内外已建立的坡面流阻力模型对坡面流阻力的研究已经相当深入,但仍然存在下列问题:

(1) 研究坡度局限于缓坡,一般小于 10° 。