

引用格式:郭良,张晓蕾,刘荣华,等.全国山洪灾害调查评价成果及规律初探[J].地球信息科学学报,2017,19(12):1548-1556. [Guo L, Zhang X L, Liu R H, et al. 2017. Achievements and preliminary analysis on China national flash flood disasters investigation and evaluation. Journal of Geo-information Science, 19(12):1548-1556. ] DOI: 10.3724/SP.J.1047.2017.01548

# 全国山洪灾害调查评价成果及规律初探

郭良<sup>1,2</sup>, 张晓蕾<sup>1,2\*</sup>, 刘荣华<sup>1,2</sup>, 刘业森<sup>3</sup>, 刘启<sup>1,2</sup>

1. 中国水利水电科学研究院, 北京 100038; 2. 水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心, 北京 100038; 3. 天津大学水利工程仿真与安全国家重点实验室, 天津 300072

## Achievements and Preliminary Analysis on China National Flash Flood Disasters Investigation and Evaluation

GUO Liang<sup>1,2</sup>, ZHANG Xiaolei<sup>1,2\*</sup>, LIU Ronghua<sup>1,2</sup>, LIU Yesen<sup>3</sup> and LIU Qi<sup>1,2</sup>

1. Chinese Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China; 2. Research Center on Flood & Drought Disaster Reduction of the Ministry of Water Resources, Beijing 100038, China; 3. State Key Laboratory of Simulation and Safety of Hydraulic Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China

**Abstract:** National Flash Flood Disasters Investigation and Evaluation project is the largest non-engineering projects in water conservancy industry since the establishment of new China in 1949. It is also the largest scale of general census on disasters background in flood management and mitigation fields. The whole project lasted for 4 years, covering 30 provinces, 305 cities and 2138 counties, with a total land area of 7.55 million km<sup>2</sup> and a population of nearly 900 million. Through general census, on-site investigation, field measurement, hydrological analysis and calculation, and comprehensive evaluation methods, the spatial distribution, human settlement, underground situations, impacts, social and economic situations, hazard zoning, warning indicators and historical situations of flash flood disasters were collected. The storm flood characters in mountainous areas were also analyzed. The flood control ability of selected villages were assessed and the critical rainfall index of these villages were obtained. The hazard zones were finally identified, all of which provided a strong information support for flash flood early-warning and forecast and residential safety transfer. We systematically introduced the key focuses on the investigation and evaluation project of national flash flood disasters, made a general review on the collection of data and information, summarized thousands of investigation results and elements during this huge project. We also discussed the spatial pattern of these elements. Based on these survey data, the characteristics of flash flood disaster prevention areas, the human settlement features and spatial pattern of storm flood were further analyzed. Finally, flash flood prevention areas, population distribution, flash flood warning ability and historical flash flood disaster events were discussed. It was found that the national flash flood prevention areas, human settlement, historical flash flood events and warning ability appeared to be spatially consistent. They were mainly distributed along the transitional zone of Qinghai-Tibet plateau and Sichuan basin, the borders of Sichuan and Yunnan provinces, the Loess plateau zones, the Eastern coastal areas and the North

收稿日期 2017-07-12; 修回日期: 2017-09-12.

基金项目 :2014、2015、2016 年全国山洪灾害防治项目建设与管理(中央本级)(1261430112030、1261530180074、126301001000150068); 中国水科院2017年国际水利水电科技发展动态调研专项(JZ0145C022017)。

作者简介 郭良(1960-), 男, 教授级高工, 主要从事山洪灾害防治研究。E-mail: guol@iwhr.com

\*通讯作者 张晓蕾(1987-), 女, 博士, 工程师, 主要从事山洪灾害防治研究。E-mail: zhangxl@iwhr.com

China areas. Meanwhile, future application and analysis on diversified utilization of investigation and evaluation results of national flash flood disasters were proposed, providing a solid data foundation for flash flood monitoring and warning system, disaster management and mitigation researches, a better platform of technological promotions, in both flood management departments and other relevant fields.

**Key words:** flash flood disasters; investigation and evaluation; data summary; spatial distribution; flood mitigation and disaster relief

**\*Corresponding author:** ZHANG Xiaolei, E-mail: zhangxl@iwhr.com

**摘要:** 山洪灾害调查评价是1949年来水利行业最大的非工程措施项目,是规模最大的全国性防灾减灾基础信息普查工程,历时4年,涉及全国30个省305个市2138个防治县(区),国土面积755万 $\text{km}^2$ ,人口近9亿。运用普查、详查、外业测量、分析计算等多种手段,掌握了中国山洪灾害防治区范围、人员分布、下垫面条件、社会经济、历史山洪灾害等基本情况,科学分析了山丘区小流域的暴雨洪水特性,评价了现状防洪能力,计算了预警指标,划定了危险区,为山洪灾害预警预报和应急救援决策提供了基础信息支撑。本文系统介绍了全国山洪灾害调查评价的核心要点,综述了调查评价成果,归纳了调查评价成果要素类型,揭示了全国山洪灾害防治区、人口、历史山洪灾害事件与预警能力的空间分布一致性,即山洪灾害各要素集中分布于青藏高原-四川盆地过渡带、川滇交界地区、黄土高原区、东部沿海地区及华北等地区,最后初步探讨了该成果的应用前景。全国山洪灾害调查评价成果将为中国山洪灾害监测预警预报体系建设及防灾减灾能力提升提供丰富的基础数据支撑。

**关键词:** 山洪灾害;调查评价;成果汇总;空间分布;防灾减灾

## 1 引言

山洪灾害破坏力大、突发性强、损失重,常造成人员伤亡、冲塌房屋、淹没城镇、基础设施、改变河流形态和自然环境的破坏<sup>[1]</sup>。中国山洪灾害范围较大,涉及全国30个省、305个市和2138个县级单位,在活动强度、爆发规模、经济损失、人员伤亡等方面均居世界前列<sup>[2]</sup>。据统计,2016年山洪灾害死亡人数约占洪涝灾害死亡总人数70%。分布广泛、发生频繁,突发性强、预测预防难度大,成灾快、破坏性强,季节性、区域性强是中国山洪灾害的主要特点<sup>[3-5]</sup>。

为了摸清中国山洪灾害防治区的基本情况,科学划定山洪防治区和危险区、科学确定预警指标,提高山洪灾害监测预警和防御治理工程的效果,中国于2013-2016年实施了全国山洪灾害调查评价项目,将普查和详查相结合,运用内业调查、外业测量、水文分析等方法,为中国山洪灾害防治县的预警预报和工程治理提供有力数据支撑<sup>[6]</sup>。

山洪灾害调查评价在中国系首次系统进行,涉及中央、省、地市、县、乡、村等各层级,调查点达600余万个,历时4年,参加单位600余家,参与人员12万余人,这在中国水利史上前所未有。现已基本摸清了中国山洪防治区的范围、人员分布和下垫面条件,初步分析了沿河村落的暴雨洪水特性,评价了现状防洪能力,计算了预警指标,形成了全国统一的一套图、一套表和一个成果数据库。

## 2 山洪灾害调查评价核心要点

### 2.1 技术路线

山洪灾害调查评价工作由4部分组成:①基础工作,包括基础数据处理和工作底图制作;②山洪灾害调查<sup>[7]</sup>,主要是利用内外业等多种方法,查清山洪灾害防治区的空间分布、人口分布、经济发展状况、历史山洪灾害、涉水工程、监测预警设施设备等基本情况;③山洪灾害分析评价<sup>[8-9]</sup>,主要是基于调查成果,开展小流域暴雨洪水规律分析,分析水位流量关系和人口高程关系,评价沿河村落的现状防洪能力,并划定危险区范围、转移路线和临时安置点;④山洪灾害调查评价成果审核汇集,重点审核数据的完整性、规范性、合理性,按县级、省市级、中央级顺序逐级审核汇总。具体技术路线如图1所示。

### 2.2 基础数据处理和工作底图制作

在山洪灾害防治区<sup>[10-11]</sup>,收集加工全国1:100万、1:25万和1:5万DLG、DEM国家基础地理信息数据,乡镇界线数据;收集加工全国2.5m分辨率的近期卫星遥感影像数据、30m分辨率土地利用和植被类型数据、土壤类型和土壤质地类型数据、1:20万水文地质数据;收集最新行政区划、水利工程、水文监测站点等数据;制作省、县级工作底图,并进行了保密技术处理。按照10~50 $\text{km}^2$ 面积划分了53万个小流域基本单元,建立编码体系和拓扑关系<sup>[12]</sup>,全

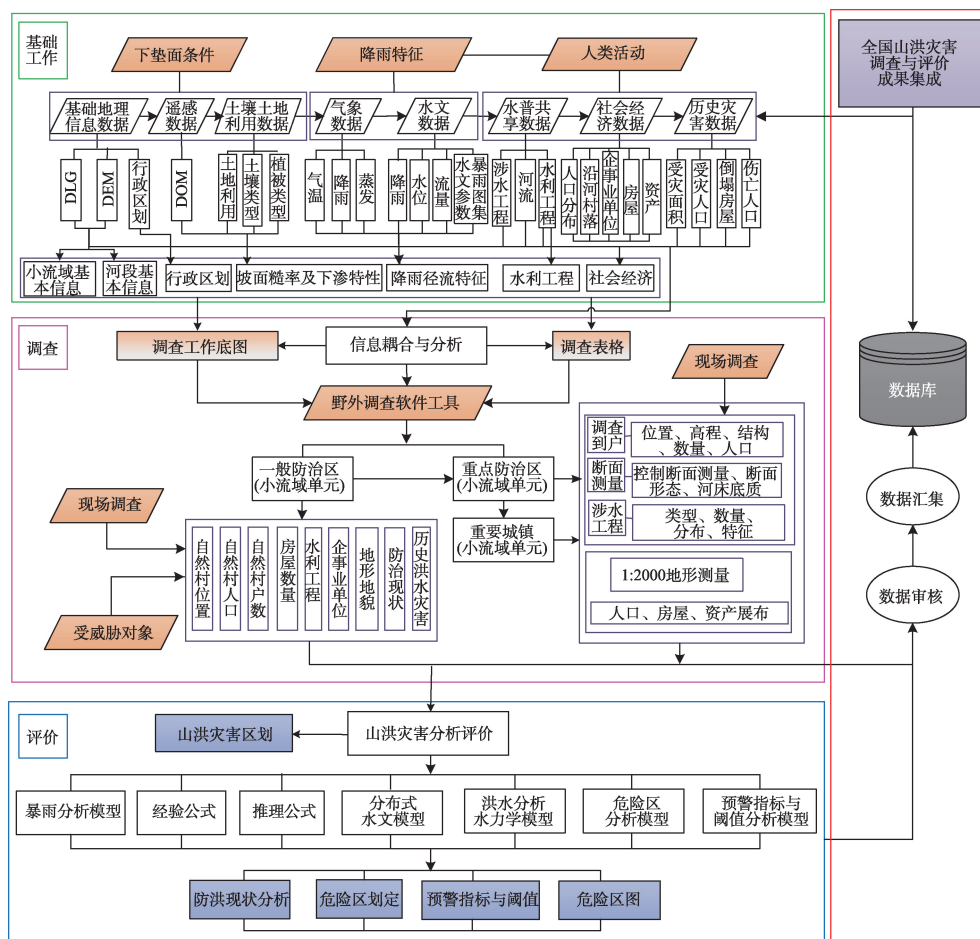


图1 山洪灾害调查评价总体技术路线

Fig. 1 Technical roadmap of investigation and evaluation of national flash flood disasters

面分析山丘区小流域地形地貌、土地利用、土壤植被特征,提取小流域的基本属性和产汇流特征参数,提取不同时段、不同雨强的标准化单位线约797万条,建立小流域与行政区划的关系;开发了现场调查采集终端软件和各级数据审核汇集软件,设计了调查评价成果数据库。

### 2.3 山洪灾害调查

山洪灾害调查以县为单位、以小流域为单元,内外业调查相结合,采用资料收集、信息核对和填表、标绘、拍照、测量等现场调查方法,以自然村为最小单位开展现场调查。在国家统计局2011年统计用行政区划代码的基础上进行扩展,对自然村(村民小组)进行命名、编码和标注;标绘行政村、自然村、企事业单位位置和居民区范围,调查人口、户数、房屋数,分类调查居民家庭财产和房屋类型;调查历史山洪灾害和历史洪水情况,划定村落的防治类型和危险区,确定成灾水位,标绘转移路线和临

时安置点;调查主要监测预警设施设备情况,现场标绘拍照填表;调查影响村落防洪安全的涉水工程情况,现场标绘拍照填表;调查需防洪工程治理的山洪沟情况,现场标绘拍照填表;测量沿河村落所在河道纵横断面和居民宅基高程;收集各省(市)设计暴雨洪水资料及实测水文资料。

### 2.4 山洪灾害分析评价

山洪灾害分析评价对象为重点沿河村落,包括计算村庄所在小流域典型频率设计暴雨洪水;通过计算控制断面水位-流量-人口关系,分析沿河村落的现状防洪能力;根据成灾水位,计算成灾流量和临界雨量;根据临界雨量和预警响应时间,综合确定准备转移和立即转移预警指标;利用历史洪水资料进行预警指标的合理性分析;绘制危险区图等。

### 2.5 山洪灾害调查评价成果审核汇集

审核汇集采用软件自动审核、人工检查、专家

审查相结合的方式。县级审核的重点是调查评价成果的真实性和完整性;省、市级审核以合理性、规范性、完整性检查为主。中央级审核的重点是调查评价工作的覆盖面,数据的完整性、规范性、一致性,成果的合理性与空间分布的均衡性,运用空间

分布图、数据拟合、离群点检查、密度分析、数理统计等多种方法,构建数量统计指标、密度统计指标和空间分布指标共计4大类24小类758个,进行数据合理性判定、完整性检查和逻辑一致性审核,建立了435条审核规则(图2)。

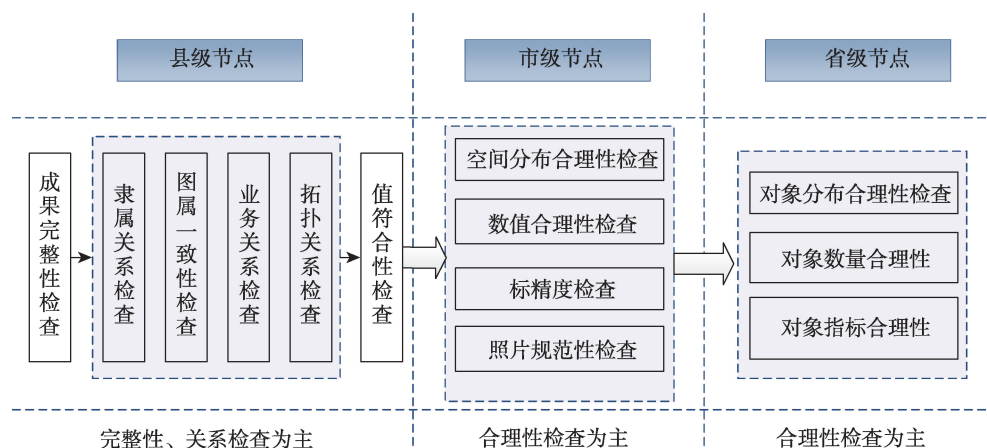


图2 省、市、县级审核要点

Fig. 2 Major verification points on provincial, city and county level

### 3 山洪灾害调查评价成果

#### 3.1 成果概述

全国共调查了2138个县级区划,3.2万个乡镇,47万个行政村,157万个自然村,涉及国土面积755万 $\text{km}^2$ ,总人口8.9亿,初步查清了中国山洪灾害防治区的范围、人员分布、社会经济和历史山洪灾害情况,基本查清了53万个小流域的基本特征和暴雨特性。初步划定防治区面积386万 $\text{km}^2$ (其中重点防治区面积120万 $\text{km}^2$ ),确定防治区行政村20万个、自然村57万个、3亿人,企事业单位16万个,划定危险区41.3万处、4486万人、1177万座房屋,并对危险区内居民家庭财产和房屋进行了分类调查。调查历史山洪灾害53 604场次,历史洪水8785场次;调查涉水工程24万座;调查监测预警设施设备69万个;调查需治理山洪沟31 105条。

分析了小流域暴雨洪水规律,对16万个重点沿河村落的防洪现状进行了评价。确定了17万组预警指标,划定危险区40余万处,绘制了近50万张危险区图,并相应明确了转移路线和临时避险点,涉及4000余万人。

#### 3.2 调查评价要素成果统计汇总

山洪灾害调查评价是中国首次进行的大规模

灾害调查评价,涉及调查要素多(13类基础数据、55类表格数据、30类空间数据、14类多媒体数据、7类文档资料),调查点多(县、乡、村205万个),涉及专业多(水文、水利工程、测量、遥感、GIS、计算机、防洪减灾等)、层级多(国家、流域、省、市、县、乡、村、组户),投入人员多(12万余人),参与单位多(600余家),审核汇集过程多(中央、省、市审核超过13 000县次),数据总量102 TB,形成了全国统一的一套图、一套表和一个调查评价成果数据库,并开发应用服务软件,为防汛抗旱决策支持系统<sup>[13]</sup>及其他系统提供数据服务和支撑。调查评价成果统计如表1所示。

#### 3.3 空间分布

##### 3.3.1 山洪灾害防治区分布规律

以各省实地调查确定的山洪灾害重点防治自然村和一般防治自然村所在小流域为基本单元,根据流域上下游关系和村落、人口分布情况,初步划定了全国山洪灾害防治区的范围,并按照防治区面积进行了初步分区(图3)。根据调查结果,全国防治区面积386万 $\text{km}^2$ ,占全国国土面积的比例为40%,其中四川省和云南省的防治区面积最多,分别为36.9万 $\text{km}^2$ 和34.4万 $\text{km}^2$ ,占防治县域面积的比例分别为73%和89%,这些地区人口密度大,受地形、地貌、地质构造条件和暴雨、地震等诱发因素多重影



表1 全国山洪灾害调查成果统计表  
Tab. 1 Investigation and evaluation results of national flash flood disasters

序号	成果名称	成果说明
1	空间信息数据库	52个图层,4576万个对象,全国2.5 m 卫星遥感影像,56 TB
2	属性数据库	58张属性表,54 855 495 条数据记录;14类多媒体数据,总文件数1123万个,文档资料7类,总文件数33.5万个,23 TB
3	省级工作底图	30个省,1:5万图幅26 409幅,8.6 TB
4	县级工作底图	2138个县工作底图数据,13.5 TB
5	全国山丘区小流域基础信息数据集	53万个小流域,16个图层,75项主要属性和水文特征、拓扑关系、标准化单位线,1.6 TB
6	全国山洪灾害防治行政区划补充数据集(乡、村)	乡镇界数据生产成果包括31个省共计2881个县的面状数据和约157万个自然村点数据
7	全国土地利用和植被类型数据集	30 m、2.5 m 分辨率全国土地利用和植被类型数据,206 GB
8	全国土壤类型和土壤质地类型数据集	全国土壤类型数据和土壤质地类型数据,261.68 MB

响,是山洪灾害的高发区和易发区<sup>[14]</sup>。一般防治区面积266万 km<sup>2</sup>,重点防治区面积120万 km<sup>2</sup>,集中分布于青藏高原-四川盆地过渡带和川滇交界地区、华北地区、横断山区、黄土高原区、东部沿海地区(图3),主要包括四川、云南、甘肃、陕西、河北、湖南、河南、山西、福建、广东等省份,其中中国台湾省暂缺数据。

3.3.2 防治区人口分布规律

通过全国山洪灾害调查,初步查清了全国山洪防治区157万个自然村落的分布情况,并根据村落的位置、受历史山洪灾害损失及暴雨洪水规律<sup>[15-16]</sup>,

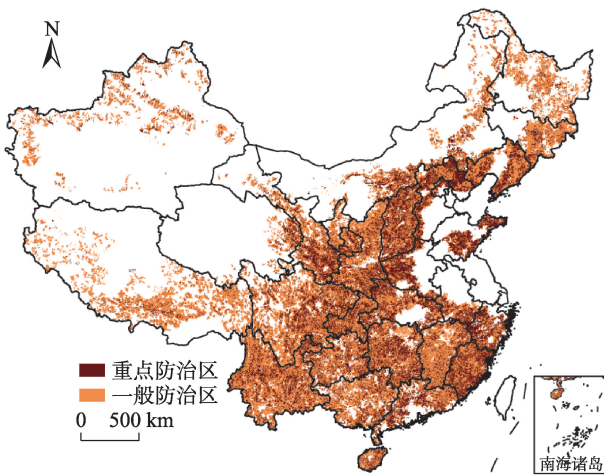


图3 全国山洪灾害防治区分布图

Fig. 3 Spatial distribution of national flash flood disasters prevention areas (Data was not available in Taiwan Province)

划定了一般防治村41万个、重点防治村16万个及危险区51万个,入户调查并统计了受山洪灾害威胁的人口、家庭户数及房屋数,并以小流域为单元对受山洪灾害威胁人口进行统计和分级,按照人口情况划分了4个等级,如图4所示。人口空间分布反映人口的聚集情况,受山洪灾害威胁人口主要分布于华北、华中平原区、四川盆地等地区,包括福建、河南、河北、山东、山西、江西、四川、浙江、甘肃、辽宁等省份,特别是城镇化程度较高的地区,山洪灾害损失较大<sup>[17]</sup>,所以中国山洪灾害防御尤其要加强人口密集山丘区的预警能力建设。

根据山洪灾害调查评价成果,选取有代表性的沿河村落,进行断面测量和居民家庭宅基高程测量,结合小流域暴雨洪水计算成果、运用水文学方法进行沿河村落现状防洪能力评价,获得了不同沿河村落的现状防洪能力,并按照房屋受山洪灾害威胁程度的不同,在沿河村落内划分了极高危险区、高危险区、危险区、低危险区4个等级,并统计分析了危险区人口分布情况(图5)。极高危险区的现状防洪能力低于5年一遇,高危险区介于5-20年一遇,危险区介于20-100年,低危险区的现状防洪能力超过100年一遇。根据统计结果,极高危险区人口最多省份是四川,其次是浙江、福建、广东,高危险区及危险区人口集中分布于广东、四川、浙江,说明沿中国西南部山区和东南沿海仍然是山洪防治的重点区域,这种分布特征与近年来的灾害发生频率也相符。

3.3.3 历史山洪灾害时空分布规律

在本次大规模调查中,详实调查了1950-2016年

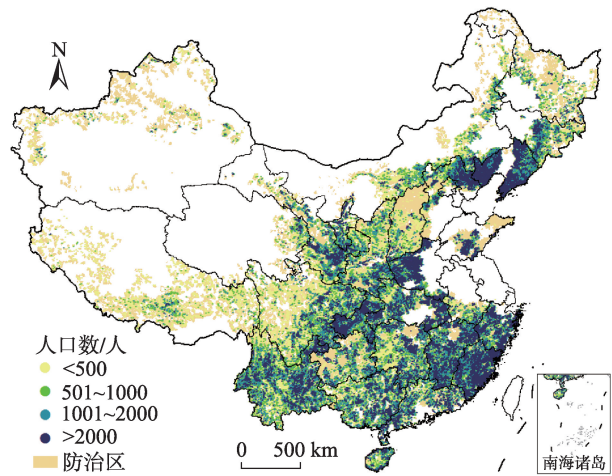


图4 全国山洪灾害防治区人口分区图

Fig. 4 Spatial distribution of human population in prevention areas of national flash flood disasters

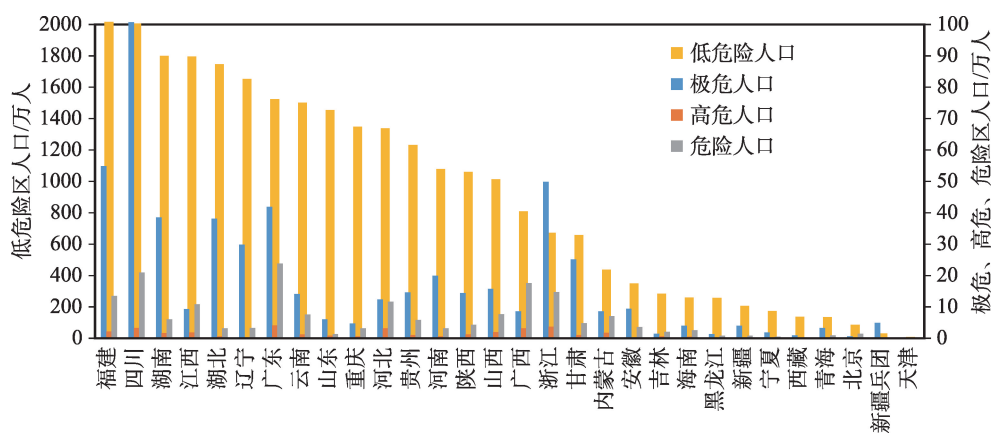


图5 全国各级山洪灾害危险区人口

Fig. 5 Population in different hazard zones of prevention areas of national flash flood disasters

中国历史山洪灾害情况,并按照时间、死亡人口数、灾害的规模进行统计分析(表2),绘制了历史山洪灾害的时间序列关系(图6)。综合分析表2、图6可知,自1949年以来,受极端天气事件影响,中国山洪发生频率逐年增加,从年均135场增长至1813场;但是,有人员伤亡的山洪灾害场次却呈现下降趋势,如图6中发生人员伤亡的山洪场次/总场次指标,从1949年的40%逐年减小,2000–2010年为12%,2010年以来,指标降至6%,表明中国山洪灾害防治工程及非工程措施发挥了显著效益<sup>[3]</sup>,因山洪死亡人口逐年减少,山丘区防灾力逐渐增强。从历史山洪灾害的空间分布上看(图7),山洪灾害集中分布于青藏高原–四川盆地过渡带、川滇交界、黄土高原区、秦巴山区、黔西南地区、东部沿海地区、华北及华中等地区,说明特殊的地形地貌特征是诱发山洪发生的一个重要的原因;其次,造成人员伤亡的灾害主要发生在四川、云南、重庆、甘肃、宁夏、陕

西、贵州、河南、湖南、山西、广西、福建、广东等地貌类型复杂、人口密度大的省份,特别是城镇化程度较高的地区,说明山洪灾害防治区划分要充分考虑人口分布的影响。综上所述,通过对历史山洪灾害的调查和空间分布规律可知,中国山洪灾害具有分

表2 1949年以来全国山洪灾害发生及人员伤亡情况

Tab. 2 Frequency and death population of flash flood disasters since 1949

发生时段	死亡人数/人	发生人员伤亡的灾害次数	无人员伤亡的山洪次数	年均山洪发生次数(无伤亡)
1950–1959	7321	536	1346	135
1960–1969	6949	551	2307	231
1970–1979	8047	655	3121	312
1980–1989	10 745	1164	4570	457
1990–1999	10 505	1499	8984	898
2000–2009	10 138	1118	9330	933
2010–2016	5271	737	12 691	1813

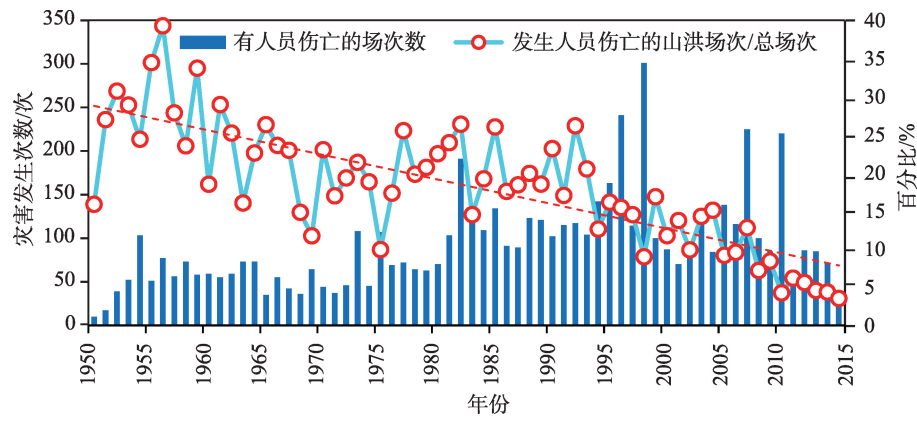
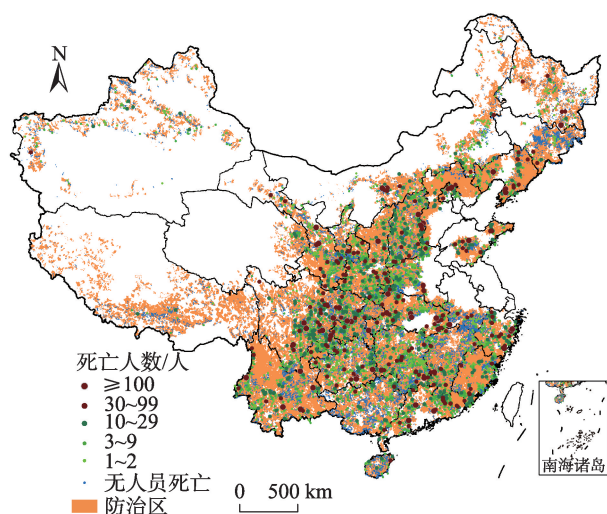


图6 全国调查历史山洪灾害发生情况

Fig. 6 The situations of historical flash flood disasters in China



注:红色、绿色点表示有人员伤亡的历史山洪灾害事件,点的大小反映了灾害发生规模 and 人员伤亡情况;蓝色点表示无人员伤亡的山洪事件

图7 全国历史山洪灾害分布图

Fig. 7 Spatial distribution of historical flash flood disasters in China

布广泛、发生频繁、区域性等特征,近年来典型山洪灾害事件,如2006年湖南台风“碧利斯”引发大面积山洪灾害、2010年甘肃舟曲山洪泥石流灾害、2016年福建泰宁泥石流灾害及2017年四川凉山山洪泥石流灾害事件等充分说明,探索无资料地区暴雨洪水规律,建立中国山丘区下垫面特征与灾害发生的潜在关系非常重要。

### 3.3.4 预警能力分析

根据全国山洪灾害防治区沿河村落分析评价成果,获得了全国53万个小流域设计暴雨成果、17万个沿河村落的设计洪水、临界雨量和预警指标。山洪灾害易发程度与诱发山洪灾害的临界雨量密切相关,考虑到中国地域辽阔,全国范围内的时段降雨量差异较大,因此,本文引入临界雨量与设计暴雨的比值系数 $k$ ,作为表征山洪灾害预警能力与危险性的指标,比值越小,说明成灾的阈值较低、发生山洪灾害的频率越高。考虑到山丘区流域面积较小及山洪短历时、突发性的特征,采用1h临界雨量和5年一遇1h设计暴雨带入 $k$ 值计算,获得了16万个沿河村落的 $k$ 值(图8)。图8中,黄色点的 $k$ 值小于1,说明成灾的阈值较低,发生山洪灾害的可能性较大,需要及时进行预警,绿色点所在的村落是发生山洪可能性一般的区域,蓝色点是发生山洪可能性较低区域。如图8所示,较为危险的区域集中分布于四川盆地、川滇交界、秦巴山区、黔西南地区、

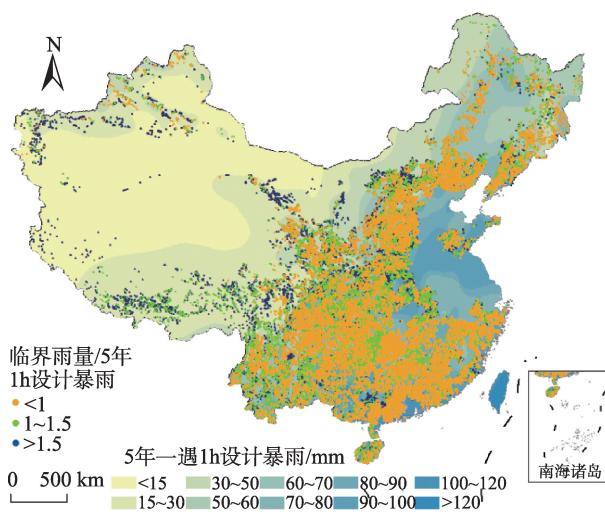


图8 全国山洪灾害临界雨量分布图

Fig. 8 Spatial distribution of flash flood warning threshold in China

东南沿海地区及华北地区部分省份,尤以地理学上胡焕庸线为分界线,主要包括四川、云南、贵州、重庆、湖南、广东、福建、江西、山西、陕西、甘肃、河北等省份,这些地区地质条件复杂多样,多年平均降雨量较大,极易发生山洪地质灾害。

本文以监测站网密度和预警设备配置率指标进行预警能力评价,根据调查数据,山洪灾害防治区自动监测站的密度为 $44.8 \text{ km}^2/\text{个}$ ,简易雨量站、水位站、无线预警广播站等简易预警设施设备配置率(村均站点数)分别为100%、79%及82%,基本符合《山洪灾害防治非工程补充完善技术要求》中的配置标准。同时,还应充分发挥现有监测站网作用,并借鉴发达国家预警预报方法<sup>[18]</sup>,采用实时降水、卫星测雨数据,开发山丘区小流域暴雨洪水分析模型,进行土壤含水量实时模拟,以提高预警预报的精度和预见期,降低山洪灾害损失。

## 4 山洪灾害调查评价成果应用及展望

全国山洪灾害调查评价成果具有、点多面广、类型丰富、信息量大的特点,具有广泛的应用前景,并已在山洪灾害防御和水利业务中得到了初步应用,但是成果理解、集成应用和深度挖掘需要多个学科知识的综合运用,成果的进一步挖掘和拓展应用有待加强。

首先,调查评价成果在山洪灾害防御工作中的应用广泛<sup>[19-24]</sup>。目前,山洪灾害调查评价成果已被



初步应用于各级山洪灾害监测预警平台<sup>[21-22]</sup>,为监测预警平台提供各类基础信息、设计暴雨洪水和预警指标阈值等数据,为监测预警能力的进一步提升奠定了基础。该调查评价成果已接入国家山洪灾害气象预警平台,用于支撑气象预警工作,如预警区域和预警指标确定、预警模型开发等。

其次,水利行业作为中国的基础性行业对支撑国计民生的发展不可替代的作用,山洪灾害调查评价成果在水利行业各领域也具有广泛的应用。调查评价成果涵盖社会经济、农林牧渔、交通水利、水文气象、国土地质、灾害应急管理等多领域一手的基础信息,如小流域划分数据、遥感影像数据、水文地质数据、土地利用和植被类型数据、土壤数据、行政区划边界数据、水利工程数据等,可为防灾减灾、大江大河治理、水资源节约和保护、农村水利、水利信息化等水利行业各领域的规划编制及决策制定提供坚实的数据支撑。

此外,全国山洪灾害调查评价成果本身还需进一步挖掘分析。一方面,针对现有小流域暴雨洪水规律的认识不足的难题,利用调查评价所查明的山丘区地形地貌条件、小流域下垫面条件及暴雨洪水计算成果,探索山丘区小流域水文分析的计算方法,对已有预警指标进行检验率定;另一方面,针对海量成果数据,进一步探索利用基础地理空间数据、水利普查数据、山洪灾害调查数据及已有的防治区人口及分布以及危险区调查成果,优化山洪预警预报体系,提高应急救援能力和山洪灾害综合防御能力。

## 5 结论

经过4年全国山洪灾害调查评价,初步掌握了中国山洪灾害防治区的范围和人员分布,摸清山洪灾害防治区内水文、地形地貌、社会经济等基础信息,统一制作了全国基础数据和工作底图,划分了小流域,全面分析了小流域基础属性和产汇流特征,开发了应用软件,取得了丰硕的成果,并初步探讨了山洪灾害要素的空间分布规律。

(1)通过全国山洪灾害调查评价,设计了基础数据处理和工作底图制作、山洪灾害调查、山洪灾害分析评价、山洪灾害数据审核汇集4个环节山洪灾害调查与评价的技术体系及标准,建立了山洪灾害调查评价全过程的数据质量控制体系,制定了4大类24小类435条审核规则和758个指标项的数据

质量审核体系。

(2)全国山洪灾害调查评价工作覆盖全国30个省、305个地市、2138个县,形成了丰富的调查评价成果,包括工作底图数据13类,图层25个;调查评价表格数据表58张,总记录数5485万条;空间标绘数据30类,总对象数4576万个;多媒体数据14类,总文件数1123万个;文档资料7类,总文件数33.5万个;数据总量102 TB,形成了全国统一的一套图、一套表和一个调查评价成果数据库。

(3)通过对全国山洪灾害调查评价成果的分析,初步发现了一些山洪灾害多要素的空间分布规律,揭示了中国山洪灾害防治区、防治区人口、历史山洪灾害及预警能力的空间分布一致性特征。中国山洪灾害易发区主要集中于青藏高原-四川盆地过度带和川滇交界地区、黄土高原区、东部沿海地区及华北等地区,涉及四川、重庆、云南、甘肃、宁夏、陕西、贵州、河南、湖南、山西、广西、福建、广东等省份,具有点多面广、分布广泛的基本特征。

山洪灾害调查评价是灾害防御的基础性工作,成果丰富,并具有广泛的应用前景,因此,在后续中国山洪灾害防御工作中,需要加强已有调查评价成果的使用和挖掘,拓展数据的应用范围和领域,全面提升我国灾害应急救援能力和防洪减灾信息化水平,为各行业政策制定提供了有力的数据支撑和决策依据。

### 参考文献(References):

- [1] Keefer D K, Wilson R C, Mark R K, et al. Real-time landslide warning during heavy rainfall[J]. Science, 1987,238(4829):921-925.
- [2] 尚全民,黄先龙.以人为本因地制宜防治山洪灾害[J].人民长江,2007,38(6):6-8. [Shang Q M, Huang X L. People oriented idea of flash flood disaster prevention[J]. Yangtze River, 2007,38(6):6-8. ]
- [3] 张志彤.山洪灾害防治措施与成效[J].水利水电技术, 2016,47(1):1-5. [Zhang Z T. The measures and effects of mountain torrent disaster prevention and control[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2016,47(1):1-5. ]
- [4] 任洪玉,邹翔,张平仓.我国山洪灾害成因分析[J].中国水利,2007(14):18-20. [Ren H Y, Zou X, Zhang P C. Analysis of the causes of flash flood disasters in China[J]. China Water Resources, 2007,14:18-20. ]
- [5] 赵刚,庞博,徐宗学,等.中国山洪灾害危险性评价[J].水利学报,2016,47(9):1133-1142. [Zhao G, Pang B, Xu Z X, et al. Assessment on the hazard of flash flood disasters in China



- [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2016,47(9):1133-1142.]
- [7] 郭良,刘昌军,丁留谦,等.开展全国山洪灾害调查评价的工作设想[J].中国水利,2012(23):10-12. [Guo L, Liu C J, Ding L Q, et al. Working plan for investigation and evaluation of mountainous flood in China[J]. China Water Resources, 2012,23:10-12.]
- [7] 胡余忠.山洪灾害影响评价外业调查核心技术问答[J].中国防汛抗旱,2015(2):26-33. [Hu Y Z. Questions and answers of key technical issues in on-site investigation of the analysis of flash flood impact[J]. China Flood and Drought Management, 2015,2:26-33.]
- [8] 李昌志,郭良,刘昌军,等.刍议山洪灾害分析评价[J].中国水利,2014(18):14-17. [Li C Z, Guo L, Liu C J, et al. Analysis and evaluation of flash flood disaster in Zhouyi [J]. China Water Resources, 2014,18:14-17.]
- [9] 李昌志.山洪灾害分析评价要点及流程[J].中国水利,2015(11):62-64. [Li C Z. Key points and procedures of flash flood disaster evaluation[J]. China Water Resources, 2015,11:62-64.]
- [10] 何秉顺,黄先龙,郭良.我国山洪灾害防治路线与核心建设内容[J].中国防汛抗旱,2012,22(5):19-22. [He B S, Huang X L, Guo L. Technical routes and key contents of prevention projects of national flash flood disasters in China[J]. China Flood and Drought Management, 2012,22(5):19-22.]
- [11] 邱瑞田,黄先龙,张大伟,等.我国山洪灾害防治非工程措施建设实践[J].中国防汛抗旱,2012,22(1):31-33. [Qiu R T, Huang X L, Zhang D W, et al. Practices of non-engineering projects of flash flood disaster prevention in China[J]. China Flood and Drought Management, 2012,22(1):31-33.]
- [12] 罗翔宇,贾仰文,王建华,等.基于DEM与实测河网的流域编码方法[J].水科学进展,2006,17(2):259-264. [Methods for delineation of codification of a large basin based on DEM and surveyed river network[J]. Advances in Water Science, 2006,17(2):259-264.]
- [13] 刘汉宇.国家防汛抗旱指挥系统二期工程主要建设任务和技术要求[J].中国防汛抗旱,2016,26(3):4-7. [Liu H Y. Main content and technical requirements of national flood control and drought relief command system (Phase 2) in China[J]. China Flood and Drought Management, 2016,26(3):4-7.]
- [14] Liu Y S, Yuan X M, Guo L, et al. Driving Force Analysis of the Temporal and Spatial Distribution of Flash Floods in Sichuan Province[J]. Sustainability, 2017,9(9):1527
- [15] 刘敬华,张平中,孟彩红,等.季风区边缘近500年的降水变化特征[J].地理科学,2011,24(4):401-407. [Liu J H, Zhang P Z, Meng C H, et al. A comprehensive study on precipitation change over monsoon marginal areas during last five centuries[J]. Scientia Geographica Sinica, 2011, 24(4):401-407.]
- [16] 李昌志,孙东亚.山洪灾害预警指标确定方法[J].中国水利,2012(9):54-56. [Li C Z, Sun D Y. Determination methods of flash flood disaster warning indexes[J]. China Water Resources, 2012,9:54-56.]
- [17] 张瑞雪,唐益群,王建秀,等.地质灾害链的诱发机制及减灾[J].灾害学,2010,25(s1):389. [Zhang R X, Tang Y Q, Wang J X, et al. Induced mechanism and disaster mitigation in geological disaster chain[J]. Journal of Catastrophology, 2010,25(s1):389.]
- [18] Clark R A, Gourley J J, Flamig Z L, et al. Conus-wide evaluation of national weather service flash flood guidance products[J]. Weather & Forecasting, 2014,29(2):377-392.
- [19] 张志彤.我国山洪灾害特点及其防治思路[J].中国水利,2007(14):14-15. [Zhang Z T. Characteristics and mitigation method of flash flood disaster in China[J]. China Water Resources, 2007,14:14-15.]
- [20] 李华威,万庆.小流域山洪灾害危险性分析之降雨指标选取的初步研究[J].地球信息科学学报,2017,19(3):425-435. [Li H W, Wang Q. Study on rainfall index selection for hazard analysis of mountainous torrents disaster of small watersheds[J]. Journal of Geo-information Science, 2017,19(3):425-435.]
- [21] 刘荣华,刘启,张晓蕾,等.国家山洪灾害监测预警信息系统设计及应用[J].中国水利,2016(21):24-26. [Liu R H, Liu Q, Zhang X L. Design and application of monitoring and warning system of national flash flood disaster[J]. China Water Resources, 2016,21:24-26.]
- [22] 李青,郭良,何秉顺,等. CAP协议在我国山洪灾害预警信息发布系统中应用的探索[J].中国水利,2016(21):20-23. [Li Q, Guo L, He B S, et al. Exploration on CAP protocol in the warning message releasing system of flash flood disasters in China[J]. China Water Resources, 2016,21:20-23.]
- [23] 任洪玉,肖翔,陈小平,等.山洪灾害防治与水土保持相互联系探讨[J].长江科学院院报,2015,32(3):73-76. [Ren H Y, Xiao X, Chen X P, et al. Discussion on the mutual relationship between mountain torrent disaster control and soil and water conservation[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2015,32(3):73-76.]
- [24] 覃承彬.基于生态环境保护下山洪灾害防治措施分析与探讨——以柳州市柳江区为例[J].环境与发展,2016(5):101-102. [Qin C B. Analysis and discussion on prevention approaches of flash flood disasters based on eco-environment: A case study in Liuzhou City [J]. Environment and Development, 2016,5:101-102.]