

四川雅安地质灾害预警预报及分析

侯圣山¹, 李 昂¹, 韩 冰¹, 周平根¹, 叶贺炯¹, 祝 斌², 马维峰³

(1. 中国地质环境监测院, 北京 100081; 2. 中国地质大学(北京), 北京 100083;

3. 中国地质大学(武汉), 湖北武汉 430074)

摘要: 本文介绍了雅安市地质灾害预警预报系统的建设基础、工作流程和 2013 年汛期运行情况。本系统在地质灾害调查获取的易发性分区图及预警判据体系的基础上, 利用 WEBGIS 平台构建; 运行时需要输入区域降雨量监测值和降雨预测值, 得出相应的危险性分布情况。本系统 2013 年汛期运行, 对地方地质灾害防灾减灾提供了技术支持。本文结合一次典型的预警实例(2013 年 7 月 7 日), 对预警的效果进行了评价, 并指出了系统存在的问题和下一步的工作方向。

关键词: 地质灾害; 监测; 预警; 雅安

文章编号: I003-8035(2014)04-0134-05

中图分类号: P429; P694; X141

文献标识码: A

从 2004 年全国地质灾害气象预警正式运行以来, 地质灾害预警的研究工作得到了越来越多的重视, 也取得了大量成果, 形成了多种地质灾害预警预报方法。全国 20 多个省(区、市)陆续开展省级的地质灾害预警预报工作, 地质灾害高发区的市、县级的预警预报工作也以各种方法相继铺开。目前预警预报已成为是地质灾害防治方面必须开展的一项重要工作(刘传正等, 2004; 刘艳辉等, 2008; 温铭生等, 2011)^[1-3]。

笔者在四川省雅安市也开展了地质灾害监测预警的研究工作, 建立了县(市)级的预警预报系统。本文将对简要介绍这一系统, 并结合 2013 年汛期的一次预警实例, 探讨监测预警研究存在的问题和下一步工作方向。

1 雅安市地质灾害预警预报系统

雅安市地质灾害监测预警研究工作从 2002 年开始, 先后开展了地质灾害调查和易发性评价、诱发因素研究、降雨量监测网络建设和诱发因素研究的工作, 为预警预报提供了必要的基础。对调查取得的地质灾害事件, 统计分析其对应的地形、地质、河流、植被、人类活动等环境因素, 得到这些因素对地灾发生的贡献高低, 建立各自的控灾贡献指标体系; 然后再推及全区, 计算所有地点的各因素控灾指标的总和; 按照控制指标总和的相对高低, 得到研究区的地质灾害敏感性分布图(侯圣山等, 2006)^[4]。野外调查时着重收集了各地质灾害事件的详细发生时间, 并查出诱发这些灾害的事件的降雨量, 使用统计学的方法, 研究、提取地质灾害发生概率出现重大增长的降雨量指标, 作为降雨诱发地灾的诱发因素指标体系和临界值, 即可用于地质灾害预警预报(李昂等, 2007)^[5]。

地质灾害预警预报的流程示于图 1。由地质灾害调查所获取的易发性分区图和预警判据体系及临界值是系统的两项重要的输入数据(图 1 右侧); 由区域降雨量监测网络获取空降上的实际降雨分布和气象局制作的数值化的降雨预报是系统的另外两项重要的输入数据(图 1 左侧)。系统在获取了上述 4 个方面的数据, 根据易发性情况及诱发因素情况, 按照表 1 的矩阵, 可以计算出一定时间内的地质灾害危险性情况的分布图, 即地质灾害预警预报产品(周平根等, 2007; 侯圣山等, 2007)^[6-7]。利用本系统制作的预警产品, 可以将危险区圈定在乡镇、村的尺度, 提

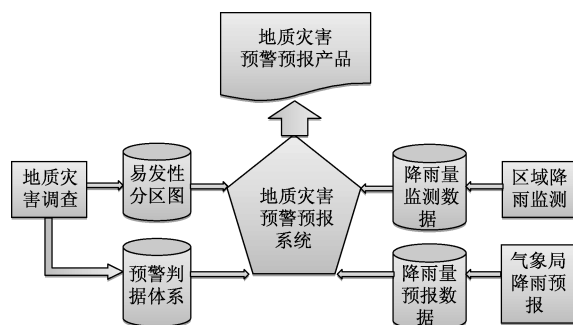


图 1 雅安市地质灾害气象预警工作流程图

Fig. 1 Flowchart of the geological hazard warning system of Yaan

收稿日期: 2013-11-06; 修订日期: 2014-01-08

基金项目: 国家科技重大专项课题(2010ZX03006-007); 地质调查工作项目(1212011140016; 1212141111012)

作者简介: 侯圣山(1977—), 男, 博士, 从事地质灾害调查、评价、预警预报研究工作。

E-mail: houss@mail.cigem.gov.cn

高了预警的针对性。在预警平台软件上可以进行电子地图的放大、缩小、漫游等操作,也可以用各种字段进行查询,能够方便地查询到高危危险区内的村庄和地质灾害隐患监测点,实时查到监测人和责任人的联系方式,调用手机短信平台,群发包含预警信息的短信。

表 1 预警级别的计算方法

Table 1 Calculation method of the warning classes				
敏感性等级	一级	二级	三级	四级
诱发因素等级				
1 级	一级	一级	一级	二级
2 级	一级	二级	二级	三级
3 级	一级	二级	三级	四级
4 级	二级	三级	四级	四级

2 2013 年汛期运行情况

2013 年 4 月 20 日,在雅安市芦山县发生了里氏 7.0 级地震,震源深度 13km,震中区域的地震烈度达到 IX 度。地震对雅安市的地质环境造成了严重冲击,据崔鹏等(2013)^[8],芦山地震次生地质灾害有规模小、群发性和高位破坏等特征,灾害类型以崩塌、落石为主。为了提高地质灾害防控能力,相关部门利用本系统如期开展了汛期地质灾害预警预报,运行时段为 5 月至 9 月。每月的预警情况统计表见表 2,四级预警次数柱状图见图 2。

表 2 雅安市地质灾害气象预警级别一览表(单位:次)

Table 2 The geological hazard warning level of different months of 2013 (unit: time)				
	四级 (危险性高)	三级 (危险性较高)	二级及以下	合计
5 月	6	3	22	31
6 月	10	3	17	30
7 月	27	1	3	31
8 月	8	2	21	31
9 月	5	6	19	30
总计	56	15	82	153

从表 1 和图 2 可以看出,7 月份是 2013 年地质灾害危险性程度最高的一个月,31 天中有 27 天都有四级预警区出现;其次是 6 月和 8 月,出现四级预警的天数分别为 10 天和 8 天,5 月和 9 月分别仅有 6 天和 5 天出现四级预警区。这种地质灾害预警预报利用前期的降雨监测值和未来的降雨预测值作为诱发因素来进行计算,因此预警级别受控于降雨量监测值和预报值。由于雅安市市域面积 $1.53 \times 10^4 \text{ km}^2$,内有夹金山、泥巴山等高海拔山脉,也有大渡河、青衣江等河流深切形成的河谷,地形复杂多样,降雨分布不

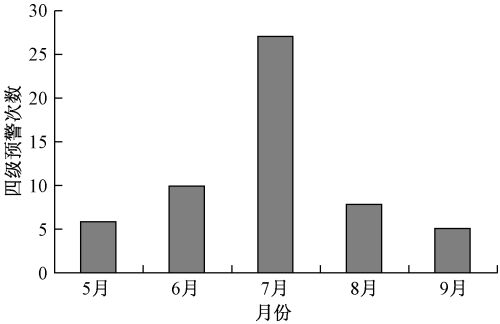


图 2 雅安市 2013 年 5 月至 9 月地质灾害四级预警次数柱状图

Fig. 2 Histograms of the fourth level warning times of each months of 2013

均,多局地降雨,用于地质灾害预警的 315 处降雨量监测点能够在一定程度上记录到山区的局地强降雨,做出空间分辨率较高的预警。

如图 3 所示的 7 月 3 日预警产品的局部放大

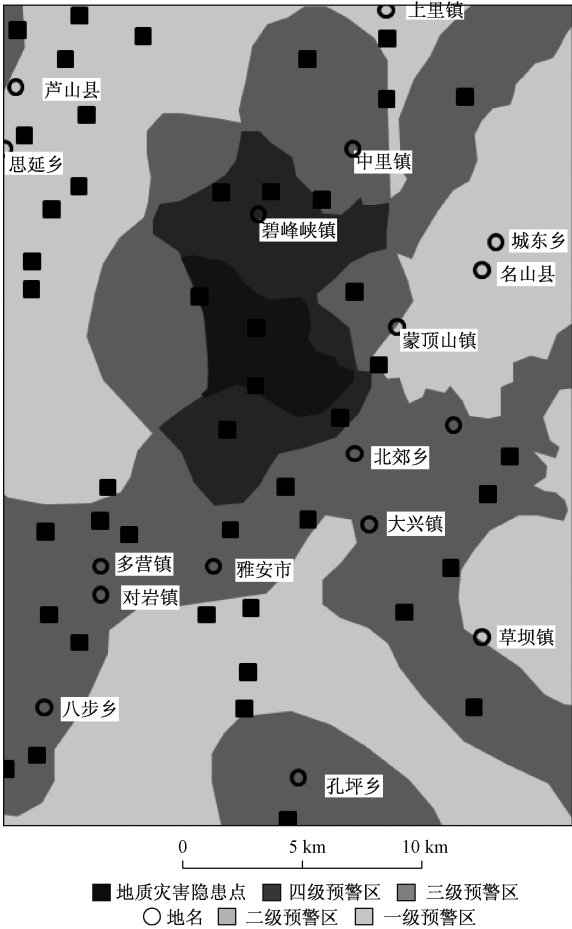


图 3 雅安市 2013 年 7 月 3 日地质灾害预警预报图(局部)
Fig. 3 The geological hazard warning map of July 3, 2013 (part)

图,在雨城区的北郊乡、多营镇、姚桥镇的几个村庄的局部,约 20km² 的区域预警等级是四级。通过 WEBGIS 上的预警预报业务系统中,还可以查询出四级预警区内有 3 个地质灾害隐患点,并能够查出这些隐患点的名称、类型、规模、威胁对象、监测人、防灾责任人及通信方式等有用信息。地方政府可以有针对性地在高预警区内安排较强的地质灾害防范措施,可以把有限的防灾资源用到更为需要的地方。而且,地质灾害预警预报可以提醒高预警区内地质灾害点的监测员提高监测避险的工作力度,提醒高预警区内的居民也提高警惕。这些措施均可以提高地质灾害的减灾能力。

3 2013 年 7 月 7 日预警及分析

2013 年 7 月 7 日至 8 日,雅安市普降暴雨。这次暴雨过程在雅安市诱发了大量地质灾害。我们以此日期的地质灾害预警,来初步讨论一下预警效果和影响因素。

7 日下午,天气预报被推送到雅安市地质灾害预警预报系统平台(表 3),结合雅安市 315 处降雨量监测点监测的前期实际降雨情况和地质灾害易发性程度分布图,制作出了如图 4 所示的预警预报图,并通过雅安市国土资源局和地质环境监测站进行发布。

表 3 雅安市 7 月 7 日天气预报与实测降雨量情况一览表
Table 3 The comparison of forecasting and real rainfall of July7, 2013

地点	2013 年 7 月 7 日下午 4 点发布的天气预报情况				实际降雨量及地质灾害发生情况	
	7 日下午天气预报内容				7 日 20 点至 8 日 20 点 实际降雨量 (mm)	此次降雨诱发的 地质灾害点数
	今天晚上天气	明天白天天气	气温 (℃)	预报降雨量 (mm)		
雨城区	大雨	中雨	22 ~ 28	45.0	24.0	1
名山区	大雨	中雨	22 ~ 27	25.0	46.2	2
天全县	大雨	中雨	22 ~ 27	30.0	10.8	2
芦山县	大雨	中雨	22 ~ 27	40.0	117.0	12
宝兴县	大雨	中雨	21 ~ 26	25.0	53.7	6
荣经县	大雨	中雨	22 ~ 27	30.0	9.3	0
汉源县	大雨	中雨	21 ~ 29	25.0	0.4	0
石棉县	大雨	中雨	22 ~ 30	25.0	0.2	0

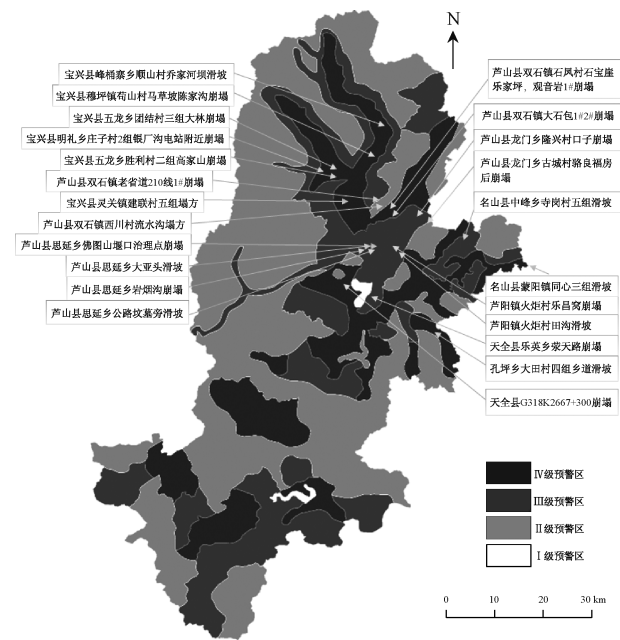


图 4 2013 年 7 月 7 日雅安市预警预报及灾害分布示意图
Fig. 4 The diagram of the geological warning map of July7, 2013

从图 4 可以看出,此次预警产品,高等级预警区(四级和三级)基本上沿着河流、山脉走向分布,受着地质易发性分区图控制,并受到前期降雨及预报降雨量的影响。四级和三级预警区面积占到全区面积的 48.4%,其中四级预警区占 21.8%,三级预警区占 26.6%,把高预警级别的地区锁定到了比较详细、具体的区域,体现了大比例尺预警工作的精细化。

据统计,此次降雨过程诱发芦山县、宝兴县、雨城区和名山区在 7 日夜間和 8 日凌晨至上午发生 23 处地质灾害,发灾地点也标在图 4 中。可以看出,23 处地质灾害有 11 处位于四级预警(最高级别)区内,11 处位于三级预警区内,1 处位于二级预警区内。此次预警的时空准确率达到 95.7%(以地质灾害落到四级和三级预警区内即为成功来计算)。

系统所需的天气预报和实际降雨情况及地质灾害情况示于表 3。可以看出,7 月 7 日下午,雅安市的全境的天气预报均是“今日夜间大雨,明天白天中雨”,数值化的降雨量预报是 25 ~ 45mm。而实际上,

7 日夜间至 8 日白天,在雅安市的北部的五个区县(雨城、名山、天全、芦山、宝兴)降了大雨,24h 降雨量在 10.8~117.0mm 之间,而南部的 3 个县(荥经、汉源、石棉)仅有小雨或者零星降雨。由于芦山县的预报降雨量(40mm)和实际降雨量(117mm)有较大的偏差,造成预报的芦山县的三级预警区出现多处地质灾害灾情。同时,由于预报的汉源、石棉、荥经的中到大雨,制作出的预警产品在雅安市南部也出现了四个四级预警片区,面积近 1000km³。我们利用实际降雨数据,利用相同的技术方法和参数,重新计算了 7 日的地质灾害预警预报图(图 5),可以看出绝大多数地质灾害发生在四级预警区内,而且雅安市南部的高级预警区基本消失。

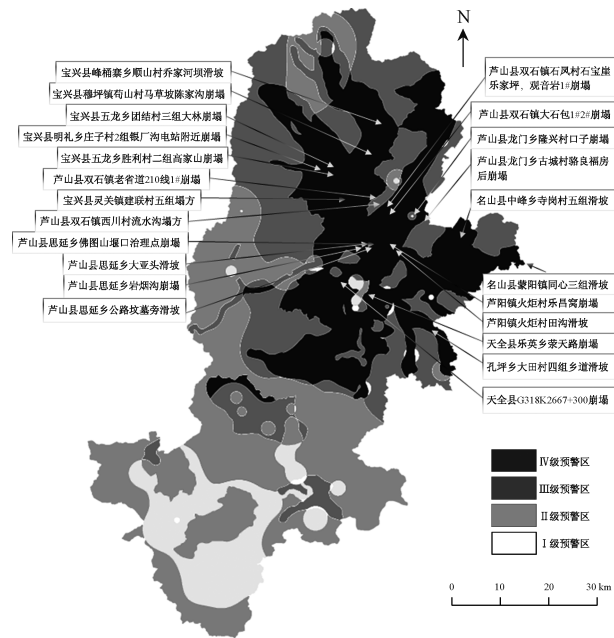


图 5 2013 年 7 月 7 日雅安市效果检验示意图

Fig. 5 The geological hazard warning map produced using the real rainfall data of July 7, 2013

4 结论及下一步工作展望

(1) 通过地质灾害调查,查明地灾的控制因素和诱发因素,开展地质灾害空间易发性评价,研究提出降雨诱发的判据体系,是地质灾害预警预报系统构建的必要基础。

(2) 笔者在雅安建立了降雨诱发的地质灾害预警预报系统,并在 WEBGIS 平台上开发了系统软件。这一软件方便,易用,空间分辨率较高,可以将危险区圈定到乡镇甚至村组,提高了预警的针对性。通过在

2013 年汛期运行本系统,制作地质灾害预警产品 153 期,其中 56 期预警级别达到四级。预警预报系统的运行大大提高了危险区政府部门和群众的防灾能力。

(3) 地质灾害预警预报的成功率在很大程度上取决于降雨监测点的空间密度和降雨预报的准确程度。在有条件的地区尽可能多地布设降雨量监测点,并利用气象雷达等先进技术,提高降雨预报的准确性,进而大幅度提高地质灾害预警预报的成功率。

(4) 对地质灾害高发的城区和重要乡镇,需要进一步提高预警的空间分辨率,把危险区划分到斜坡单元或者隐患点的尺度,为更精细的地质灾害风险管理提供基础。

参考文献:

[1] 刘传正,温铭生,唐灿. 中国地质灾害气象预警初步研究[J]. 地质通报, 2004, 23(4):303-309.
LIU Chuansheng, WEN Mingsheng, TANG Can, Meteorological early warning of geo-hazards in China based on raining forecast [J]. Geological bulletin of China, 2004, 23(4):303-309.

[2] 刘艳辉,刘传正,连建发,等. 基于显式统计原理的地质灾害区域预警方法初步研究[J]. 中国地质, 2008,35(2):344-350.
LIU Yanhui, LIU Chuansheng, LIAN Jianfa, et al. Method of regional early warning of geohazards based on the explicit statistical theory [J]. Geology in China, 2008, 35(2):344-350.

[3] 温铭生,王连俊,连建发,等. 区域地质灾害气象预警效果评价[J]. 工程地质学报,2011,19(6):839-843.
WEN Mingsheng, WANG Lianjun, LIAN Jianfa, et al, Effectiveness evaluation on meteorological early warning of regional geological hazards [J]. Journal of Engineering Geology, 2011,19(6): 839-843.

[4] 侯圣山,李昂,周平根,等. 基于二元统计的区域地质灾害敏感性评价[J]. 水文地质工程地质, 2006, 33(1): 1-4.
HOU Shengshan, LI Ang, ZHOU Pinggen, et al. Regional landslide susceptibility assessment using bivariate method [J]. Hydrogeology & Engineering geology, 2006, 33(1): 1-4.

[5] 李昂,侯圣山,周平根. 四川雅安市雨城区降雨诱发滑坡研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2007, 18(1), 15-17.
LI Ang, HOU Shengshan, ZHOU Pinggen. Study on the rainfall triggering to landslides in Yucheng District, Ya'

- an City, Sichuan Province [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2007, 18(1): 15–17.
- [6] 周平根, 毛继国, 侯圣山, 等. 基于 WebGIS 的地质灾害预警预报信息系统的设计与实现 [J]. 地学前缘, 2007, 14(6), 38–42.
- ZHOU Pinggen, MAO Jiguo, HOU Shengshan, et al. The design and construction of landslide warning system based on Web GIS [J]. Earth Science Frontiers, 2007, 14(6), 38–42.
- [7] 侯圣山, 李昂, 周平根. 四川雅安市雨城区地质灾害预警系统研究 [J]. 地学前缘, 2007, 14(6), 160–165.
- HOU Shengshan, LI Ang, ZHOU Pinggen. Preliminary study of the geohazard warning system based on weather forecasting and precipitation monitoring of Yucheng District, Ya'an City, Sichuan Province [J]. Earth Science Frontiers, 2007, 14(6): 160–165.
- [8] 崔鹏, 陈晓青, 张建强, 等. “4·20”芦山 7.0 级地震次生山地灾害活动特征与趋势 [J]. 山地学报, 2013, 31(3): 257–265.
- CUI Peng, CHEN Xiaoqing, ZHANG Jianqiang, et al., Activities and tendency of mountain hazards induced by Ms7.0 Lushan earthquake, April 20, 2013 [J]. 2013, 31(3): 257–265.

An approach of geo-hazard warning system in Ya'an, Sichuan and its analysis

HOU Sheng-shan¹, LI Ang¹, HAN Bing¹, ZHOU Ping-gen¹, YE He-jiong¹, ZHU Bin², MA Wei-feng³

(1. Chinese Institute of Geo-Environment Monitoring, Beijing 100081, China; 2. China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China; 3. China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan 430074, China)

Abstract: In this paper, the authors introduced the basis, flowchart of the geohazard warning system of Ya'an, Sichuan. This system is based on the geohazard susceptibility map and critical rainfall values, which were obtained by geohazard survey and mapping. WEBGIS platform was also used. To run this system, the rainfall monitoring data and rainfall prediction data are required. In the rain season of 2013, this system greatly strengthened the geohazard prevention work of Ya'an. We take the warning of July 7, 2013 as a case, evaluated the consequences of this system, and analyzed some issues in the geohazard warning realm, and put forward several points which should be focused in the future studies.

Key words: geohazard; monitoring; warning; Ya'an

殷跃平同志任本刊主编

为了更好地发挥《中国地质灾害与防治学报》对地质灾害防治工程行业的技术指导作用,提升其学术质量和扩大社会影响,经国土资源部办公厅同意、国家新闻出版广电总局新广出审〔2014〕757号批复,《中国地质灾害与防治学报》主办单位由中国地质环境监测院变更为中国地质环境监测院、中国地质灾害防治工程行业协会,其中中国地质环境监测院为主要主办单位。

中国地质环境监测院 12 月 5 日发文通知,经与中国地质灾害防治工程行业协会研究决定,国土资源部地质灾害应急技术指导中心总工程师、中国地质灾害防治工程行业协会专家委员会主任委员殷跃平同志任《中国地质灾害与防治学报》主编。