

DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2015.01.001

中国地质灾害气象预警实践:2003–2012

刘传正¹, 刘艳辉¹, 温铭生¹, 唐 灿¹, 赵鲁强², 田 华²

(1. 中国地质环境监测院(国土资源部地质灾害应急技术指导中心), 北京 100081;

2. 中国气象局公共气象服务中心, 北京 100081)

摘要: 中国地质灾害气象预警始于 2003 年, 每年汛期(5~9 月)向公众社会发布预警信息, 警示群众注意防范降雨引发的崩塌滑坡泥石流等地质灾害。本文概略介绍了 2003–2012 年中国地质灾害气象预警的工作机制、技术方法和预警效果等方面的成就。工作机制方面, 采用国家级、省级和县级的分级运行管理方式, 并不断健全和完善了预警合作机制和信息共享机制。技术方法方面, 创建了隐式统计预警(临界降雨量判据法)和显式统计预警(地质环境与降雨多参数耦合判据)两代预警模型, 并研发了相应的业务运行系统, 有效指导了区域地质灾害气象预警、地质灾害群测群防和典型地区专业监测预警研究。预警成效方面, 通过电视、网络、手机短信、微信微博等多种媒体发布地质灾害预警信息, 使社会公众特别是基层社区居民的防灾意识显著增强, 减灾知识逐渐增长, 合理利用地质环境, 主动防治地质灾害已在中国取得广泛的共识。

关键词: 中国; 地质灾害; 气象预警; 工作机制; 技术方法; 减灾成效

中图分类号: P694; P66

文献标识码: A

文章编号: 1003-8035(2015)01-0001-08

Early warning for regional geo-hazards during 2003–2012, China

LIU Chuansheng¹, LIU Yanhui¹, WEN Mingsheng¹, TANG Can¹, ZHAO Luqiang², TIAN Hua²

(1. *China Institute of Geo-Environmental Monitoring(Technical Center for Geo-Hazards Emergency of MLR)*, Beijing 100081, China; 2. *Public Weather Service Center, CMA, Beijing* 100081, China)

Abstract: Early warning for regional geo-hazards based on the weather condition, in China, was started from 2003. Warning information was published to the public social, alert to prevent rain triggered landslides and debris flow hazards. This paper outlined the achievements of early warning for regional geo-hazards, in terms of working mechanism, technical methods and warning effect during 2003-2012. First, aspects of the working mechanism, a grading operation mode including national, provincial, and municipal and county grade was used. Then it was continuously improved cooperation and information sharing. Secondly, technical methods, two warning models and operation system were created, that is implicit statistics (critical rainfall criterion) and explicit statistics (geological environment and rainfall multi-parameter calculation). Those models effectively guided the “resident self-understanding and self-monitoring” and professional monitoring in typical areas. Finally, warning effectiveness, according to the release of warning information through television, internet, SMS and other medias, the awareness of the public, especially community, was significantly enhanced, the knowledge of mitigation was gradual grown. An idea of rational use of geological environment and active prevent disasters has been a consensus in China.

Keywords: China; geo-hazards; early warning; working mechanism; technical methods; mitigation effectiveness

收稿日期: 2014-04-04; 修订日期: 2014-05-29

基金项目: 国家自然科学基金项目(41202217); 国家级地质环境监测与预报项目“全国地质灾害气象预警预报”(1212140501001-1)

第一作者: 刘传正(1961-), 男, 博士, 研究员, 主要从事灾害地质、工程地质及环境地质等方面的研究工作。E-mail: liucz@mail.

cigem.gov.cn

中国地质灾害种类多、分布广、危害大,严重制约和威胁着地质灾害多发易发地区经济社会发展和人民生命财产安全。中国政府一直高度重视和关注地质灾害防治工作,要求对地质灾害多发易发地区加强地质灾害监测预防,建立预警服务系统。2003 年起,中国国土资源部和中国气象局组织相关业务部门,每年汛期(5~9 月)联合开展地质灾害气象预警预报工作^[1-4]。十年来,地质灾害气象预警预报工作从无到有,预警信息服务从粗到细,防灾减灾成效逐步提高,得到社会各界的广泛认可,在地质灾害防治中发挥了“消息树”和“发令枪”的作用,取得了明显的社会经济效益^[1]。

同时,该项工作逐步向省(自治区、直辖市)、市(地、州、盟)、县(市、区)推进。截至 2012 年,中国已有 30 个省(自治区、直辖市)、323 个市(地、州、盟)、1880 个县(市、区)建立了地质灾害气象预警体系。在多方努力下,因地质灾害造成的死亡、失踪人数由“十五”期间的年均 1000 人左右降低到“十二五”以来的 500 人左右,地质灾害气象预警预报工作做出了重要贡献。

立足于预警科学研究和服务实践,本文概要介绍了中国大陆地质灾害气象预警 2003-2012 年间的工作机制、技术方法和减灾成效,为进一步提升工作水平奠定基础。

1 运行机制

中国地质灾害气象预警服务主要针对降雨引发的崩塌滑坡泥石流等突发性地质灾害开展早期预警。预警业务分别采用国家级、省级、市县级的分级运行管理方式,各级预警业务由国土资源部和中国气象局相关业务部门共同组织实施。

1.1 工作机制

2003 年 4 月,国土资源部和中国气象局签署了《关于联合开展地质灾害气象预警预报工作协议》,标志着中国地质灾害气象预警工作的正式启动(图 1)。随着工作深入,2010 年又签署了《关于深化地质灾害气象预警预报工作合作的框架协议》(图 2),就健全和完善双方信息共享和通报机制、提高地质灾害气象预警预报精细化水平、共建研究试验区和调整预警等级等方面进行了细化。两部门建立了联合领导机构,约定了定期交流机制,为地质灾害气象预警工作的顺利推进提供了有效的体制机制保障。

2011 年,两部门联合下发《关于进一步推进地质

灾害气象预警预报工作的通知》,在地质灾害气象预警预报体系建设、信息共享和标准化建设方面推动框架协议深化。



图 1 2003 年中国国土资源部和中国气象局签订
联合开展地质灾害气象预警工作协议

Fig.1 China MLR and CMA signed agreement in 2003,
that is < united to carry on early warning for geo-hazards >



图 2 2010 年国土资源部和中国气象局签署
深化合作框架协议

Fig.2 China MLR and CMA signed another
deepen cooperation agreement in 2010

在国家层面的指导推动下,全国相关省(自治区、直辖市)、市(地、州、盟)、县(市、区)的国土资源和气象部门相继签署了预警合作协议,地质灾害气象预警服务工作基本覆盖了中国地质灾害多发、易发的山地丘陵区。

1.2 信息共享

信息共享是联合开展地质灾害气象预警预报的关键环节。通过搭建信息传输专线、建立信息共享平台、开通视频会商以及借助网络、电话、传真、邮件等方式,构建信息共享通道,制定共享业务流程。

通过共享平台,气象部门及时更新雨量雨情、实时监测数据和降水预报等,向国土部门通报可能引发地质灾害的强降水过程等预报信息;各级国土部门及时更新地质灾害易发区、历史灾情等,向气象部门反馈重

大地质灾害发生发展以及对气象预报的需求等。

据统计,中国 26 个省(自治区、直辖市)(约占中国的 89%), 245 个市(地、州、盟)(约占中国的 73%), 1243 个县(市、区)(约占中国的 48%), 建立了信息共享通道, 40% 的省级、15% 的地级市、8% 的县级预警业务实现了监测数据、服务产品、灾害数据及服务需求等完全共享(图 3)。完全共享是指共享数据 100%; 深度共享是指共享数据 50% ~ 100%; 中度共享是指共享数据 20% ~ 50%; 一般共享是指共享数据 0% ~ 20%。

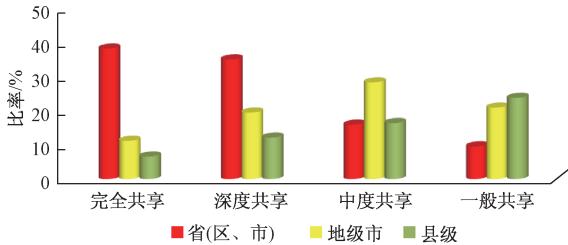


图 3 中国各级业务单位信息共享程度统计图
Fig. 3 Information sharing charts at all levels of warning service

此外,国土资源与气象部门积极与民政、水利、防汛指挥等部门密切合作,建立了多部门间的信息共享机制。通过资源共享、协调配合、高效联动,形成了多部门协作的灾害防御机制,进一步提升了地质灾害防御能力。

1.3 日常运行

工作制度方面,规范了预警预报值班业务和相关工作流程,明确了业务职责和分工,内容涵盖信息共享、预警启动、预警会商、产品制作、会签审批、产品发布、校验反馈、工作交流、规范标准和分析总结等工作内容,确保了每年汛期日常预警的业务运行。当地震、台风暴雨和区域强降雨等重大事件发生时,也能在 2 ~ 3 h 内快速启动应急预警,提供地质灾害气象预警服务。

工作流程方面,以分工负责、逐级指导为原则,制定了详细的预警工作流程,明确了预警预报业务的任务分工,规范了预警产品的类别形式、制作标准与发布标准,开展了信息共享,即时会商,共同制作签发和协同发布预警产品,约定了服务对象和服务方式(图 4)。工作流程既具有预警业务的统一框架,又结合各地地质环境和业务技术的实际情况,有所侧重、各具特色。

数据监测接收:气象部门进行实时降水监测,及时

提供辖区内实时降雨量情况以及未来降水预报信息;国土部门提供地质灾害与地质环境的监测信息。

预警模型运算:根据监测数据和降水预报,启动地质灾害预警模型运算,形成客观预报产品。模型一般分为统计模型和动力统计模型。

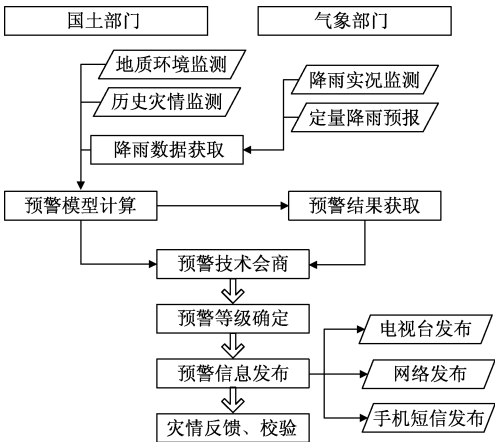


图 4 地质灾害气象预警预报工作流程
Fig. 4 Workflow of early warning service for Geo-hazards

预警技术会商:业务人员根据模型输出的客观预报产品,同时结合其他信息,进行综合分析,形成初步预报意见后,开展本部门内纵向会商和两部门间的横向会商。

预警等级确定:根据模型运算和技术会商结论,形成最终预报结果,制作预报产品。根据两部局最新要求,预警等级分为四级,由强到弱依次分为一级、二级、三级、四级,分别用红色、橙色、黄色、蓝色表示。

预警信息发布:当预警等级达到三级(黄色预警)以上时,预警信息及时提供给政府及有关部门作为决策依据;同时,各级国土资源和气象部门联合签发预警产品并对社会公众发布。

灾情信息反馈:及时获取地质灾害发生、实际降雨和采取的防范措施情况,联合开展对预警区域内地质灾害实际发生情况的调查分析,检验评估预警效果,不断完善地质灾害预警预报技术方法。

2 技术方法

十年来,通过不断深化地质灾害气象预警科学技术研究,提高预警技术工作水平,丰富预警信息发布手段,扩大预警信息服务覆盖面,探索建立群专结合的地质灾害监测预警工作体系和积极有效的预警响应机制,有力推进了地质灾害防治工作。

2.1 基础信息

地质灾害气象预警模型建立与应用服务的基础信息包括:1:50 万环境地质调查资料,1:50 万地质图空间数据库,2020 个县(市)的 1:10 万地质灾害调查数据,450 个县(市)的 1:5 万地质灾害详细调查数据,94 个县(市)的地质灾害风险普查数据等。这些数据涉及地质灾害易发区的范围、崩塌滑坡泥石流案例 27 万处等。另外,每年汛期地质灾害隐患排查和应急调查新增数据约 1 万处。

2.2 监测网络体系

国土部门建立了以村干部和骨干群众为主体的 35 万人的群测群防队伍,气象部门建设了 4.5 万个气象信息服务站和近 60 万名气象信息员队伍,基本形成了县(区)、乡(镇)、村、组四级群测群防体系。地质灾害多发易发区的群众基本能够做到自我识别、自我监测、自我预警、自我防范和自我救治,增强了社会自救互救和应急处置能力。

选择地质灾害潜在危害严重的地区(地段),建立了多个地质灾害监测预警研究区。初步建成了集实时

监测、数据采集、传输、汇总、分析和预警等功能为一体的全自动专业监测预警系统^[5-9]。当预警指标达到预警等级时,专业监测预警系统自动对预警区的群测群防员及其他相关人员发布预警信息,群测群防员按预警响应程序采取相应的措施,做好加密巡查、预警报告、应急撤离的准备,必要时做好主动避险,取得了较好的防灾减灾效果,起到了示范推动作用。

例如,四川雅安桑树坡进行了降雨与土体渗透监测工作(图 5)。2003 年 8 月 23~25 日的降雨过程是一个引发多处地质灾害,并造成人员伤亡的典型降雨过程。以 8 月 19 日 15 时的含水量为背景值,8 月 23、24 和 25 日降雨过程分别对应第 96 h、120 h 和 144 h 的含水量,4 个层位的记录曲线明确反映了随累计降雨量增加斜坡岩土体含水量急剧增加,第一、二层位达到饱和状态,且含水量急剧增加出现于第 121 h,即 24 日 15 时之后,滞后于降雨时间约 20 h。各层含水量峰值出现于第 151 h,即接近滑坡呈区域性暴发时间(26 日零时,对应第 153 h)。

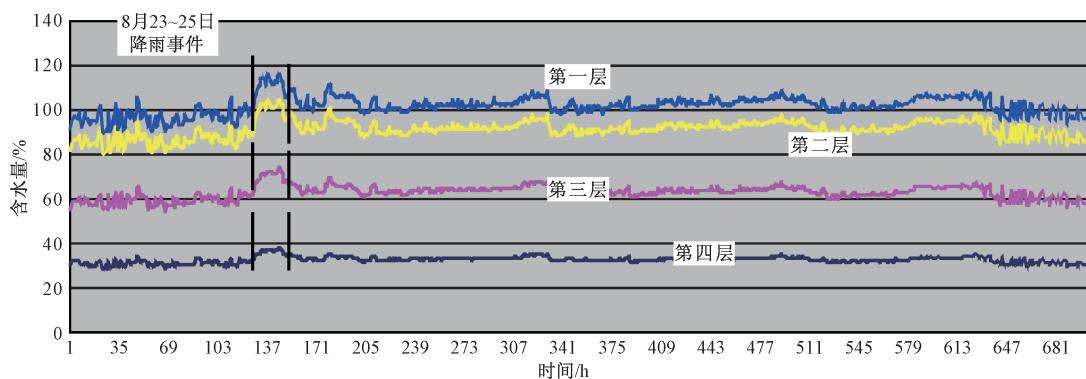


图 5 四川雅安桑树坡监测试验点分层含水量随时间变化曲线^[6]

Fig. 5 Water content versus time curve in Sangshupo monitoring station in Ya'an test field in Sichuan province

单体地质灾害监测方面,国内已经建成多参数单体滑坡专业监测点 7477 个、崩塌监测点 2882 个、泥石流沟监测 1523 条,全天 24 h 监控重大地质灾害的发生发展状况。雨量监测方面,已经建成国家级雨量观测站 2419 个、区域自动站 3.9 万个、新一代多普勒雷达 158 部、在轨气象卫星 8 颗,有效保障降雨等气象信息的监测和预报。

2.3 预警模型模式

十年来,各级地质灾害预警业务支撑单位、科研院所等通过联合攻关,开展了广泛的分析研究^[11-17],在预警预报理论、模型模式、精细化水平和业务系统建设等领域取得长足进展,形成了一套理论基础扎实、技术方法多样的预警业务体系,研究成果在预警业务中广

泛应用并逐步推广(表 1)。

基于气象因素的区域地质灾害预警预报方法划分为 3 大类,即隐式统计预报法、显式统计预报法和动力预报法^[3]。

隐式统计预警模型(临界降雨判据法)。临界降雨判据法,也称为隐式统计预警,基于不同地质环境区域引发地质灾害的临界雨量不同,或者说地质环境因素的作用体现在降雨量参数中,据此建立临界降雨判据模型,该模型在 2003-2007 年各级地质灾害气象预警业务中广泛采用^[2-5]。该模型只涉及一个或一类参数(临界降雨量),易于推广。

显式统计预警模型。该模型是一种考虑地质环境变化与降雨参数等多因素迭加建立预警判据的模型方

法^[10-12],也称为第二代预警预报方法,2008 年开始在 省级推广。模型中综合考虑地质环境变化与降雨参数 国家级预警中与临界降雨判据法并行使用,并逐步向 等多因素,明显提高了预警精细化程度和工作效率。

表 1 2003 - 2012 年地质灾害预警技术水平比较

Table 1 Comparison of geo-hazards warning level between 2003 - 2012

对比时间	2003 年	2012 年
预警理论	调研国内外已有研究	地质灾害区域预警理论
预警模型	临界降雨判据法 (第一代)	临界降雨判据法(第一代)发展完善 显式统计预警模型(第二代) 多模型并行运算
空间精度	1:600 万精度, 空间精度为 60 km	1:100 万精度,空间精度为 10 km 区域或局地易发区空间精度为 5 km
地质灾害样本及参数	700 多个灾害点 参数:灾害点个数	20 万个灾害点 参数:灾害频次、规模、体积等
降雨监测站点及参数	中国 2500 个站点 24 小时实况雨量	中国 3.9 万个站点 逐小时实况雨量
试验区研究	1 个 四川雅安	30 余个 四川雅安、三峡库区、云南新平、福建德化等
预警服务	汛期每日 1 次预警	汛期每日 1 次预警 局地逐 3 h、逐 6 h 的短临预警 应急状态下随时预警

动力预报模型。在监测预警试验区、试验场地或单个斜坡区探索应用基于动力预报法的第三代预警模型,考虑了地质体在降雨过程中的固液耦合作用和研究对象自身的动力变化过程,预报结果具有更大的确定性。

另外,针对不同地区地质环境特点、降雨引发地质灾害的模式分析等,有针对性的预警模型逐步向多元化发展。如云南和四川等区域预警模型中特别考虑地震和降雨的共同作用;浙江和福建等区域预警模型中特别关注台风与暴雨的共同作用;青海和新疆等区域预警模型中关注冰雪冻融和降雨的共同作用。随着政府及社会各界的需求,地质灾害危险(发生的可能性)预警已逐步向地质灾害风险(危害的可能性)预警发展。

预警精细化水平不断提高(表 1)。统计样本不断扩充,国家级预警的地质灾害统计样本从 2003 年的 700 个,扩展到 2012 年的 20.8 万个,可通过累计建设的 3.9 万个自动气象站,匹配小时甚至分钟实况降雨数据。时空精度不断提高,2003 年,国家级地质灾害气象预警采用 1:600 万精度地质图,实现空间精度为 60 km 的 24 h 预警每日一次。2012 年,预警图层采用 1:100 万地质图空间数据库,实现空间精度为 10 km 的 24 h 预警每日一次,也可以在区域或局地易发区实现空间精度为 5 km 的逐 6 h、逐 3 h 精细化预警,如应急需要,可随时预警。

2.4 预警信息发布

地质灾害气象预警产品由国土资源与气象部门共同签发,当预警等级达黄色、橙色或红色预警时,通过公共媒介向社会公众、各级政府及相关部门发布。十年来,信息发布渠道已由工作之初的借助电视、广播等媒体,丰富到目前借助突发公共事件预警平台、网络、电子显示屏、短信、微信和微博等多种新手段,发布对象逐步覆盖社会公众、各级党委政府、相关部门及地质灾害易发区、隐患点防灾责任人和监测人等。

信息发布覆盖面不断扩大,地质灾害易发区基本实现受威胁区群测群防员全覆盖。此外,国土资源、气象部门与广电总局联合试点推进利用应急广播系统发布地质灾害预警与应急信息,建立信息即时插播机制,逐步提升预警信息发布的及时性。

2.5 预警响应

预警响应是指地质灾害气象预警信息发布后,政府相关部门、预警区内的群众按照预警级别所采取的地质灾害防御响应措施。对不同预警级别给出防灾减灾对策建议,黄色预警“持续关注,记录变化”、橙色预警“加密监测,准备防范”、红色预警“应急响应,及时处置”,提高预警区内地质灾害应急响应的针对性。

虽然现阶段地质灾害预警结果仍多以“警示”作用为主,预警响应对策多以措施建议的形式供预警区范围内的主管部门和群众参考,地质灾害气象预警等级与响应行动级别之间尚不具备绝对的对应关系,但国家和地方已初步形成了一些比较符合实际的对策措

施,既要防灾减灾,也避免响应过度造成不必要的资源浪费和社会恐慌。通过十年来的地质灾害气象预警和防灾减灾实践,预警响应从最初的增加防灾知识,提升减灾意识逐步演变为指导各级政府和社会公众科学决策,主动防灾避灾。

3 预警成效

地质灾害气象预警开展十年来,社区居民的防灾意识和减灾知识显著增长,地质灾害防治的管理体系和保障措施更加规范,有效保障了广大人民群众的生命财产安全。

3.1 防灾意识日益增强

地质环境是变化的,地质灾害具有隐蔽性、突发性等特点。中国地形地貌复杂多样,试图彻底查清地质灾害隐患并完全防治是不现实的。因此,树立公民的防灾减灾意识,增强避灾能力,就成为成功防范地质灾害的有效途径之一,地质灾害防治工作就越来越成为一项社会性工作。

在降雨条件下,尤其是大暴雨的情况下,组织群众撤离往往不被理解,甚至出现抵触情绪,“预警准确,伤亡惨重”的教训时有发生。随着近年宣传培训工作的深入,社会公众的防灾减灾意识不断增强,对防灾减灾工作由不理解,转变到积极主动配合工作,甚至部分地区居民在还没有发出预警时就能自觉根据当地降雨情况主动撤离。

3.2 防灾知识显著增长

各级国土资源和气象部门采取电视网络媒体、广播、主题教育活动、防灾减灾科普宣传和培训演练等方式普及地质灾害预警预报和防范知识,逐步提高群众防治地质灾害和应急避险能力。据统计,2003年到2012年,中国广大民众地质灾害知识普及率提高了30%,农村山区居民的普及率达到60%以上。比较而言,地质灾害发生较少的地区普及率相对较低,而四川、陕西、福建等地质灾害高发省普及率较高。

防灾知识在城市居民和农村居民间的普及率差异明显缩小,农村的防灾减灾知识明显提高,浙江、江西、湖北和陕西等省农村居民防灾减灾知识普及率已逐步超过城市居民。值得注意的是,防灾减灾知识普及率较高的人群集中在18~60岁,老年、妇女和儿童仍然是遭受地质灾害危害较大的群体。

3.3 管理体系基本形成

2003年,国务院颁布的《地质灾害防治条例》确立

了地质灾害预报制度。2011年,《国务院关于加强地质灾害防治工作的决定》提出了建设监测预警体系的要求,并明确了地质灾害防治的责任主体是地方政府。“十一五”、“十二五”国家地质灾害防治规划对地质灾害监测预警体系建设的任务、工程措施和非工程措施做出了具体安排,合理布设气象、水文、地质监测体系,逐步消除观测盲区。

3.4 保障措施逐步落实

国家层面和各省及以下各级政府均按照国家地质灾害防治工作总体部署,结合本地区实际,在监测预警机构、人员、经费和装备等方面逐步健全完善起来,保障了地质灾害气象预警预报工作更加顺畅。今天,地质灾害预警工作已成为防灾减灾事业不可或缺的重要工作环节。

3.5 培训演练实现常态化

通过多种培训宣传,集中讲课、现场演练、宣传材料、咨询、发送手机短信和播发宣传片等方式,对各级部门相关责任人、地质灾害监测责任人、受地质灾害威胁的群众和建筑工地人员等进行宣传教育。对各级从事地质灾害气象预警预报的科技和管理人员进行了近5000人次的地质灾害气象预警预报专业技术培训,并采用电视、网络、报纸、杂志和手机客户端等媒体开展地质灾害气象预警预报知识普及。中国范围内,国土和气象两部门共计组织培训近8万次,培训人数达1200万人,开展规模不等的地质灾害应急演练近2万次,累计超过100万人参与。

3.6 防灾减灾成效逐步显现

实践表明,地质灾害气象预警预报与调查排查、群测群防、应急演练和宣传培训等相结合,大大增强了地质灾害的防控能力,为保障广大人民群众的生命财产安全发挥了重要作用。特别是近年来,成功预报地质灾害及避免人员伤亡数量逐年增加,2010年以来中国共成功预报地质灾害5101起,及时转移避险17.0万人,避免了大量人员伤亡(图6)^[18]。

同时,预警减灾成功案例逐年增多,如2010年四川清平“8.13”特大山洪泥石流灾害成功避险、2012年四川彭州“8.17”龙门山镇成功避让群发性泥石流、2012年“9.7”云南彝良地震区有效避免二次受灾、2007年“8.17”湖南东南部成功避让群发性地质灾害和2003年“8.28”陕西北县预警及时成功避让地质灾害等等,这些灾害的成功防御不但挽救了千万人的生命,还在社会上形成了良好的地质灾害防御的辐射效果。



图6 2003—2012年中国避让地质灾害与转移人数

Fig. 6 Number of avoiding geo-hazards and transferring people, 2003-2012, in China

4 结语

中国大陆开展的地质灾害气象预警预报工作抓住了区域降雨型地质灾害防灾减灾的关键,经十年来持续的科研与实践,在预警工作机制、技术方法和预警成效等方面都取得了较大成效,预警工作逐步科学化和规范化发展,有效推动和促进了中国地质灾害防治工作。

(1) 协作联动、深度共享的工作机制基本建立。地质灾害气象预警业务服务由国土资源部和中国气象局组织实施,充分发挥部门优势,实现信息共享;根据预警空间区域和尺度,预警分别采用国家级、省级和市县级的分级运行管理方式,有效保障了业务运行。

(2) 科技引领、群专结合的预警体系初步形成。一方面吸收国内外先进科研成果,创新预警模型模式;另一方面充分考虑中国大陆地质灾害防灾减灾的现状与国情,专业监测与群测群防有机结合,监测预警体系初步形成。

(3) 政府主导、社会参与的预警成效日益凸显。通过十年的发展,社会公众防灾意识日益增强,减灾知识逐步增长,管理体系基本形成,保障措施逐步落实,培训演练逐步常态化,防灾减灾成效明显提高。

中国大陆地质环境条件复杂,影响地质灾害发生的极端降雨、地震和洪涝等不利因素长期存在,城镇化、工业化和农业现代化进程中人类工程活动强烈,导致地质灾害具有很强的隐蔽性、突发性和破坏性,预警预报难度大。地质灾害预警能力与国民经济社会发展的安全需求尚存在不小的差距,地质灾害气象预警预报工作在体制机制建设、监测预警基础设施建设和预警技术方法体系等方面均需要在今后的工作中进一步

完善。

参考文献:

- [1] 国土资源部地质灾害应急技术指导中心,中国气象局公共气象服务中心. 中国地质灾害气象预警预报十年工作总结(2003-2012)[R]. 2013.
China Institute of Geo-Environmental Monitoring (Technical Center for Geo-Hazards Emergency of MLR), Public Weather Service Center, CMA. A decade summary to early warning for regional geo-hazards, China(2003-2012)[R]. 2013.
- [2] Chuanchen Liu, Yanhui Liu, Mingsheng Wen, *et al.* Early warning for geo-hazards based on the weather condition in China[J]. *Global Geology*, 2006, 9 (2): 131-137.
- [3] 刘传正,刘艳辉,温铭生,等. 中国地质灾害区域预警方法与应用[M]. 北京:地质出版社,2009:12.
LIU Chuancheng, LIU Yanhui, WEN Mingsheng, *et al.* Method and application of regional warning for geo-hazards in China [M]. Beijing: Geological Publishing, 2009:12.
- [4] 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 Chuancheng, 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.
- [5] 刘传正. 区域滑坡泥石流灾害预警理论与方法研究[J]. 水文地质工程地质, 2004, 31(3): 1-6.
LIU Chuancheng. Study on the early warning methods of landslide and debris flows [J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 2004, 31 (3): 1-6.

- [6] 刘传正,李云贵,温铭生,等. 四川雅安地质灾害时空预警试验区初步研究[J]. 水文地质工程地质, 2004,31(4):21-32.
- LIU Chuansheng, LI Yungui, WEN Mingsheng, et al. Study on early warning test field for geo-hazards in Ya'an region, Sichuan province of China [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2004, 31(4): 21-32.
- [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]. 地质前缘,2007,14(6):160-165.
- HOU Shengshan, LI Ang, ZHOU Pinggen. Preliminary study of the geo-hazard warning system based on weather forecasting and precipitation monitoring of Yucheng district, Yapan city, Sichuan province[J]. Earth Science Frontiers, 2007, 14(6): 160-165.
- [8] 温铭生,王连俊,李铁锋,等. 基于自然村最大潜势度的区域地质灾害气象预警[J]. 北京交通大学学报. 2012, 36(4):110-114.
- WEN Mingsheng, WANG Lianjun, LI Tiefeng, et al. Meteorological early warning of geological hazards based on maximum potentiality parameter of village [J]. Journal of Beijing Jiao Tong University, 2012, 36(4):110-114.
- [9] 谢洪波,尹振羽,钱壮志. 降雨型突发性地质灾害县级气象预警研究——以云南新平县为例[J]. 安全与环境学报, 2008,8(2):72-75.
- XIE Hongbo, YIN Zhenyu, QIAN Zhuangzhi. On the county-level early meteo-warning of the sudden rain-storm geo-hazards, a case study of Xinping county, Yunnan [J]. Journal of Safety and Environment, 2008, 8(2): 72-75.
- [10] 祝昌汉,张强,等. 三峡库区地质灾害强降雨引发因子的监测预警研究[R]. 北京:中国气象局国家气候中心,2005:69-73.
- ZHU Canghan, ZHANG Qiang, et al. Study to monitoring and warning for geo-hazards caused by heavy rainfall, in the Three Gorges Reservoir[R]. Beijing: National Climate Center, CMA. 2005:69-73.
- [11] 刘传正,刘艳辉. 地质灾害区域预警原理与显式预警系统设计研究[J]. 水文地质工程地质,2007,34(6):11-18.
- LIU Chuansheng, LIU Yanhui. Early warning theory for regional geo-hazards and design of explicit statistical system [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2007, 34(6): 11-18.
- [12] 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. Preliminary study of geo-hazards regional early warning based on explicit statistical theory [J]. Geology in China, 2008, 35(2): 344-350.
- [13] 刘艳辉. 地质灾害区域预警方法与应用研究[D]. 北京:中国科学院地质与地球物理研究所, 2010.
- LIU Yanhui. Method and application of regional early warning for geo-hazards [D]. Beijing: Institute of Geology and Geophysics, CAS, 2010.
- [14] 刘艳辉,唐灿,方志伟. 2011年汛期典型强降雨引发崩滑流灾害分析[J]. 工程地质学报,2012,20(增):550-555.
- LIU Yanhui, TANG Can, FANG Zhiwei. Analysis of geo-hazards triggered by rainfall, in the flood period, 2011[J]. Journal of Engineering Geology, 2012, 20(S): 550-555.
- [15] 刘艳辉,唐灿,李铁锋,等. 地质灾害与降雨雨型的关系研究[J]. 工程地质学报,2009,17(5):656-661.
- LIU Yanhui, TANG Can, LI Tiefeng, et al. Statistical relations between geo-hazard and rain-type[J]. Journal of Engineering Geology, 2009, 17(5): 656-661.
- [16] 王雁林. 陕南地区滑坡灾害气象预警预报及其防范对策探析[J]. 地质灾害与环境保护,2005,16(4):345-349.
- WANG Yanlin. Study of the early warning and prediction of landslide hazards and countermeasures in the southern Shanxi province [J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation, 2005, 16(4): 345-349.
- [17] 胡玉禄,魏嘉,任翠爱,等. 致灾营力当量预警预报方法探讨——以山东省地质灾害气象预警预报为例[J]. 中国地质灾害与防治学报,2006,17(2):119-122.
- HU Yulu, WEI Jia, REN Cuiai, et al. Discussion on the causing ageuey equivalence of geological hazard their forecast-an example of Shandong province [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2006,17(2):119-122.
- [18] 中华人民共和国国土资源部. 中国国土资源公报(2008-2012)[R].
- Ministry of Land and Resources of the People's of China. China Land and Resource Bulletin (2008-2012)[R].