

## 汉中市地质灾害气象风险预警服务效益评估方法

孟茹, 郑薇薇, 胡江波, 黄泽群, 孟凯 (陕西省汉中市气象局, 陕西汉中 723000)

**摘要** 在统计 2011—2014 年汉中市地质灾害气象风险预警产品、检验质量、跟踪服务效果的基础上, 探讨定量评估地质灾害气象风险预警服务的方法, 提取预报准确率、预报服务覆盖率、预报服务时效、可能预防能力 4 个评估因子建立评估模型。通过实例评估, 得出汉中市气象灾害风险预警服务效益评估为 72%, 说明风险预警准确率和预报服务时效是提高地质灾害气象风险预警服务水平的重要指标。

**关键词** 地质灾害; 气象风险; 预警服务; 效益评估; 汉中市

**中图分类号** S429 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)36-0210-03

### Evaluation Method of Geological Hazard Meteorological Risk Early Warning Service Benefit in Hanzhong City

MENG Ru, ZHENG Wei-wei, HU Jiang-bo et al (Hanzhong Meteorological Bureau, Hanzhong, Shaanxi 723000)

**Abstract** Based on the statistics of the geological disaster meteorological risk early warning products, quality inspection, tracking service effect in Hanzhong City during 2011-2014, the quantitative evaluation method of geological hazard meteorological risk early warning service was discussed, four evaluation factors including forecast accuracy, forecast service coverage, forecast service limitation, possible preventive ability were adopted to set up evaluation model. By an example evaluation of Hanzhong, meteorological disaster risk early warning service benefit was 72%, indicating risk early warning accuracy and service efficiency are two important indicators to improve service level of geological hazard meteorological risk early warning.

**Key words** Geologic hazard; Meteorological risk; Early warning service; Benefit evaluation; Hanzhong City

我国地质灾害种类多、分布广泛、发生频繁, 是世界上地质灾害严重的国家之一<sup>[1]</sup>。桑凯<sup>[2]</sup>研究近 60 年我国滑坡灾害发现, 秦巴山区一带是滑坡灾害发生最为严重的地区, 且滑坡灾害中 90% 以上是由降雨导致的。汉中市地处秦巴山区, 由于其特殊的地理位置、人为环境及复杂的地形地貌、气象条件、地质条件, 导致地质灾害的发生与降水在时间上具有很好的一致性, 诱发汉中地质灾害的降雨类型主要是短时强降雨, 灾害大多发生于降水的中后期或略滞后于降水期。

地质灾害风险评估目前没有一个统一的概念体系和理论框架。胡凯衡等<sup>[3]</sup>构建了滑坡泥石流风险评估的理论框架。气象服务效益评估是一个难度较大的课题, 国内外一些专家已从气象服务效益的概念出发, 结合经济学理论, 采用各种属性统计方法对气象服务效益进行过分析<sup>[4-6]</sup>, 戴有学等<sup>[4]</sup>、张钊仁<sup>[5]</sup>提出了一种将预报服务经验和数学统计相结合, 客观计算预报服务经济效益的方法。但迄今未形成一种公认的评价方法和评估模式。笔者以汉中市山洪地质灾害气象风险预警服务为例对服务效益评估进行探讨。

## 1 资料与方法

**1.1 研究区概况** 汉中市位于陕西省西南部(105°30'50"~108°16'45" E, 32°08'54"~33°53'16" N), 北界秦岭主脊最大直线长度东西为 258.6 km, 南北为 192.9 km。地势四周高而中间低, 北靠秦岭, 南障巴山, 两者之间是汉江上游谷地。按地貌分山地、丘陵和平川三类, 呈东西向条带状分布。汉中区内气候具有明显的季风气候特点, 四季较热带地区明显, 夏无酷热, 冬无严寒, 春季温度回升迅速, 间有倒春寒现象, 秋凉湿润多连阴雨。年平均气温 13.7℃, 年降水量 894.6 mm,

年降雨日数为 117.9 d。主要灾害性天气是暴雨、冬春连旱、秋季连阴雨、雷电、大风等。2008 年以来, 镇巴、南郑、宁强是汉中市暴雨中心, 是暴雨、大暴雨、特大暴雨最多发的县区, 其次为留坝、佛坪、西乡、洋县等县区<sup>[7]</sup>。

秦岭经多期构造运动、岩浆活动和区域变质, 形成隆起拗陷相间, 自北向南为推覆的巨型迭瓦式构造地带。巴山是海西期褶皱成山, 阿尔卑斯期断裂切割形成峡谷中山区, 其走向受到巴山弧构造的控制, 山地多有结晶灰岩、二迭、三迭系灰岩组成。根据 2013 年度排查, 目前汉中中具有潜在威胁的地质灾害隐患点 2090 处, 灾害类型有滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、地裂缝 5 种, 其中滑坡是最主要的地质灾害隐患(表 1)。

表 1 汉中市地质灾害统计

Table 1 Statistic of geological hazard in Hanzhong City

地质灾害类型 Type of geological hazard	隐患点数 Hidden points	百分率 Percentage//%
滑坡 Landslide	1 785	85.4
崩塌 Collapse	2 047	9.8
泥石流 Debris flow	52	2.4
地面塌陷 Surface collapse	29	1.4
地裂缝 Ground fissure	20	1.0

**1.2 资料来源和分析方法** 所用资料来源于 2011—2014 年汉中市地质灾害气象风险预警产品。通过统计数据、确定评价因子、建立评估模型、评估案例等步骤来探讨地质灾害气象风险预警评估方法。其中, 评估案例选取 2011 年 7 月 5 日略阳县金亚路滑坡。

## 2 结果与分析

**2.1 评估因子的确定** 气象预报预警产品是一种信息, 而影响信息价值的主要因子是信息的准确程度、信息的扩散程度、接收信息的有效时间和信息利用者的应用能力。因此, 评估风险预警服务效益选取的主要评估因子为预警准确率

**基金项目** 陕西省气象局科技创新基金计划项目(2014M-34)。

**作者简介** 孟茹(1971-), 女, 陕西汉中, 高级工程师, 从事应用气象服务研究。

**收稿日期** 2016-10-31

(V)、预警服务覆盖率(P)、预警服务时效(E)、可能预防能力(Z)。通过这4个主要因子的综合作用,可以较为全面地反映出每次地质灾害风险预警服务的效益。

**2.1.1 预警准确率。**根据中国气象局《暴雨诱发中小河流洪水和山洪地质灾害气象风险预警服务业务规范》(气减函[2013]34号)规定,风险预警准确率用命中率和漏报率表示,检验时以县为单位(1个县视作1次),如果预警中提及的县出现了灾害,则视为正确,否则为空报;如果没有预警而实况出现了灾害则视为漏报。

$$\text{命中率: } TS = \frac{NA}{NA + NB} \times 100\%$$

$$\text{漏报率: } PO = \frac{NC}{NA + NC} \times 100\%$$

式中,NA为风险预警服务产品发布正确的次数,NB为风险预警服务产品发布空报次数,NC为风险预警服务产品发布漏报次数。

预警服务效果的检验以降水过程评价为主,如果某次降水过程中开展了气象灾害风险预警服务,且实况也出现了滑坡、泥石流、崩塌等地质灾害,或地方相关部门收到预警后采取了有关避灾救灾措施等,则评价该降水过程的风险预警服务效果好。2011—2014年汉中市气象台共发布地质灾害气象风险预警产品59期(市县共发布140期),准确率为100%。

**2.1.2 预警服务覆盖率。**气象部门致力于预警信息发布能力建设,通过自建或共享等方式拓宽预警信息发布覆盖面,在传统的电视、广播、报纸等预报预警信息传播的基础上,气象预警短信、12121电话、预警信号发布“绿色通道”、突发公共预警平台、电子显示屏、预警大喇叭、微博、微信等新型媒体的兴起,已经成为社会公众获得气象信息的主要途径。因此,汉中市山洪地质灾害气象风险预警服务覆盖面基本能达90%以上。

**2.1.3 预警服务时效。**预警服务时效与预警服务时效 $t$ 有关。一般认为,当预警时效 $t$ 为72h时,能完全做好减灾准备。但也存在时效长,由于人的惰性而不敏感,抢险救灾的组织工作相对容易放松,反而是越临近灾害发生,其防灾减灾意识越强<sup>[8]</sup>。同时,预警时效增长,又加大了气象预报的难度,因此设置一个合适的预警时效也是一个难点。目前,尚无一个标准的时效设置量化标准,该研究参照一般公认的暴雨标准设置地质灾害风险预警预报时效和服务时效,即当气象风险预警产品实时发布时,预警服务时效为0;在24h内发布时,服务时效为80%;在24~48h发布时,服务时效为90%;在48h以上发布时,服务时效为100%。

**2.1.4 可能预防能力。**地质灾害的可预防能力主要取决于雨量大小、当地地理、地质灾害防御条件。按照《汉中市地质灾害防治方案》,汉中市地质灾害防范区划分为:

(1)重要防范区。重要防范区总面积约13 775.86 km<sup>2</sup>,占全市国土面积的50.5%。区内共有地质灾害隐患点1 824处,分为4个亚区,即北部留坝和东部城固—洋县以滑坡、崩塌、泥石流为主的防治区;东北佛坪以滑坡、泥石流为主的防

治区;西南勉县、略阳、宁强和南部南郑以滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷为主的防治区;东部西乡和东南镇巴以滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷为主的防治区。

(2)重要防范点。威胁50人以上,稳定性差、危险性大的隐患点共235处,分布全市11个县区。

(3)重点防范城镇。略阳县城及略阳县徐家坪镇、白水江镇;宁强县城及宁强县广坪镇、青木川镇、燕子砭镇、代家坝镇;勉县茶店镇、老道寺镇;佛坪县袁家庄镇、长角坝镇;镇巴县城以及镇巴盐场、巴山、观音镇;留坝县江口镇;南郑县碑坝镇、新集镇;城固县小河镇、原公镇。

(4)重点防范路段。铁路有宝成铁路、阳安铁路汉中段;公路有西汉高速、十天高速、正在建设中的宝巴高速,国道G210、G108、G316汉中段及省道S211、S309汉中段。

(5)重点防范矿区。略阳煎茶岭金矿区、宁强黎家营锰矿区、勉县茶店磷矿区。

(6)一般防范区。一般防治区总面积约13 470.14 km<sup>2</sup>,占国土面积的49.5%。

可预防能力主要取决于当地政府的综合实力,这方面气象服务发挥余地不大,因此,如果地质灾害气象风险预警预报发生在上述重要防范区、重要防范点、重点防范城镇、重点防范路段、重点防范矿区内,认为可能预防能力 $Z=1.0$ 。如果预报发生在一般防范区内,认为可预防能力 $Z=0.9$ 。

**2.2 山洪地质灾害风险预警效益评估模型的建立**根据评估的4个因子,可以得到山洪地质灾害气象风险预警服务效益的数学评估模型为: $W=P \times V \times E \times Z$ ,式中, $W$ 是 $[-1, 1]$ 的相对值,它表征一次风险预警服务中的预警准确率、时效、服务覆盖面和可预防能力的综合指标。

### 2.3 评估案例

**2.3.1 灾情。**2011年7月5日11:00前后,在略阳县城金亚路段出现山体滑坡,滑坡体约5 000 m<sup>3</sup>,现场12间房屋瞬间被埋。309省道严重堵塞,塌方路段两端滞留车辆达2 000多辆。略阳县民政局统计数据显示,此次山体滑坡事件已造成18人死亡、4人受伤、1人失踪。

**2.3.2 雨情。**略阳本站(象山山顶)5日降水量62.7 mm。7月5日01:00—6日09:00,略阳县多个区域站的降水量达50 mm,局部达100 mm。而滑坡事件发生的前2h是降雨最为集中的时段,5日08:00—10:00略阳县降水量为30~40 mm。短时间的集中强降水诱发了这次地质灾害。

**2.3.3 地质灾害预警发布情况。**汉中市气象局和汉中市国土资源局7月5日08:00联合发布了《地质灾害气象等级预报》第3期,预报未来宁强、略阳、南郑、留坝中部、洋县北部、佛坪、西乡、镇巴南部地质灾害气象预报等级为3级(图1),发生地质灾害的可能性较大。并提醒相关部门注意防范。

**2.3.4 评估评分。**此次风险预警的预警准确率为100%( $V=1$ ),预警服务覆盖率为90%( $P=0.9$ ),预警服务时效在24h内( $E=0.8$ ),略阳县城金亚路是地质灾害重点防范乡镇,可预防能力 $Z=1.0$ ,根据评估模型计算得出风险评估得分 $W$ 为72%。

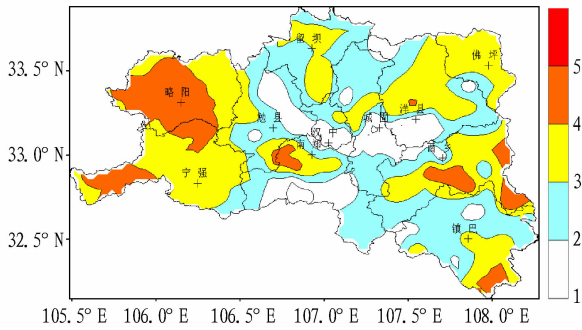


图1 2011年7月5日汉中市地质灾害气象等级预报

Fig.1 Forecast of geological disaster meteorological grade on July 5, 2011

分析预警在不同预报时效下的假设服务效益评估结果(表2)发现,实时预警时, $E=0$ ,防范效果为0,评估为0;发布预警提前时间在24 h内,即预警服务时效为80%时,评估得分72%;以此类推,当发布预警提前时间 $>48$  h时,此时预警高发地区有充足的时间做好防范措施,即预警服务时效为100%,此时风险预警效果最好,评估得分为100%。说明预警准确率( $V$ )和预警时效( $E$ )是决定预警服务效益的重要因素。

表2 预警时效 $t$ 对应的预警服务时效( $E$ )和风险评估( $W$ )

Table 2 Warning service limitation( $E$ ) and risk assessment ( $W$ ) corresponding to early warning prescription  $t$

$t//h$	$E//\%$	$W//\%$
$t=0$	0	0
$0 < t < 24$	80	72
$24 \leq t < 48$	90	81
$t \geq 48$	100	100

2.3.5 评估结果。从上述案例的假设评估结果来看,可预防能力取决于当地政府综合实力,此部分气象服务没有可发挥的余地;预报服务覆盖率在现有条件下,提升空间不大;预警准确率和预警时效是决定地质灾害气象风险预警服务效

益的重要因素,也是气象部门本职工作所在,可以有更大地提升空间。

### 3 小结与讨论

对2011—2014年汉中市灾害性天气(暴雨)时段、地质灾害气象风险预警服务产品制作及发布情况、地质灾害发生情况进行统计、整理,建立了气象风险预警产品服务评估模型,对近4年汉中市地质灾害气象风险预警服务效益从服务覆盖率、服务时效、预警准确率和可预报能力4个评估因子进行量化评估,综合评估分值 $W$ 为72%。

此种评估方法给出的是每次预警服务效益的相对值,不能体现其绝对经济价值,但可以用此种方法分析每次气象服务成败的原因,从预报准确率、预报时效等方面来提高气象服务水平。

影响地质灾害发生的原因很多,该研究在选定评价指标时尽可能选取与地质灾害有关的关键指标。但限于资料及个人能力,有些指标没有考虑到,在以后的研究工作中需进一步完善。如预警准确率的量化评估;预警服务产品是针对未来24 h的,按照目前设置的服务时效指标最大上限为0.8,也就限定了综合指标的上限;可预防能力指标的赋值根据地质灾害重点防御分区来确定,较为粗放。

### 参考文献

- [1] 冯翠娥,周建伟,周爱国.当前世界环境地质学发展特点趋向及我国主要环境地质学问题分析[J].中国地质灾害与防治学报,2004,15(2):9-14.
- [2] 桑凯.近60年中国滑坡灾害数据统计与分析[J].科技传播,2013(10):129-130.
- [3] 胡凯衡,丁明涛.滑坡泥石流风险评估框架体系[J].中国地质灾害与防治学报,2013,24(2):26-30.
- [4] 戴有学,郭志芳,代淑媚,等.气象服务经济效益的一种客观计算方法[J].气象科技,2006,34(6):741-744.
- [5] 张钦仁.气象现代化业务效益评价方法探讨及评估[J].成都气象学院学报,1987,12(1):8-15.
- [6] 姜爱军,屠其璞,陈广昌,等.气象预报服务效益评估方法研究:以暴雨预报服务为例[J].气象科学,2008,28(4):435-439.
- [7] 苏俊辉,江江波,赵奎峰.2008年以来汉中市暴雨灾害及对策探讨[J].绿色科技,2013(11):209-210.
- [8] 周福.重大气象灾害(台风、暴雨)服务效益评估研究[J].科技通报,1998,14(1):39-43.

## 科技论文写作规范——标点符号

标点符号按照 GB/T 15834—2011 执行,每个标点占1格(破折号占2格)。外文中的标点符号按照外文的规范和习惯。外文字母、阿拉伯数字、百分号等并列时,其间用“,”,不用顿号“、”。注意破折号“——”、一字线“—”(浪纹线“~”)和短横线“-”的不同用法。破折号又称两字线或双连划,占2个字身位置;一字线占1个字身位置,短横线又称半字线或对开划,占半个字身位置。破折号可作文中的补充性说明(如注释、插入语等),或用于公式或图表的说明文字中。一字线“—”(浪纹线“~”)用于表示标示相关项目(如时间、地域等)的起止。例如1949—1986年,北京—上海特别旅客快车。参考文献范围号用“-”。短横线用于连接词组,或用于连接化合物名称与其前面的符号或位序,或用于公式、表格、插图、插图、型号、样本等的编号。外文中的破折号(Dash)的字身与m宽,俗称m Dash,其用法与中文中的破折号相当。外文的连接符俗称哈芬(hyphen)。其中,对开哈芬的字身为m字身的一半,相当于中文中范围号的用法;三开哈芬的字身为m字母的1/3,相当于中文中的短横线的用法。