

文章编号: 1006-4354 (2011) 06-0009-04

陕西降雨型地质灾害气象预报预警系统

赵奎锋, 张雅斌

(陕西省气象台, 西安 710014)

摘 要: 基于降雨型地质灾害气象预报预警模型, 采用自动气象站数据和乡镇雨量站降水数据作为实况基础资料, 利用 WRF (weather research and forecasting model, 即天气预报模式) 降水预报数据, 计算综合雨量并得出降雨型地质灾害发生的等级。系统集成了数值预报精细化预报处理模块、自动气象站监测数据处理模块、乡镇降水量插值模块、地质灾害预报预警模型运算模块和预报预警结果展示模块, 实现了数据自动化处理, 运行稳定, 建成之后发挥了较好的服务效益。

关键词: 地质灾害; 气象预报预警; 降雨型; 陕西

中图分类号: P694

文献标识码: A

陕西是我国地质灾害多发地区之一, 区内的黄土高原及秦巴山地自然地理和地质条件复杂, 地质灾害主要有滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷等类型^[1]。黄土高原及秦巴山地地质灾害的形成发育, 是在一定的地质地貌、地层岩性、降水、人类活动等多因素相互影响、相互约束条件下, 当地质环境稳定状态遭到破坏后, 从而诱发地质灾害。地形地貌、地层岩性是基础条件, 其演变累积到一定程度, 会在降水等作用下发生地质灾害^[2-3]。研究表明^[4-7], 陕西强暴雨和连续降雨是造成地质灾害的主要诱因, 且存在诱发地质灾害的临界降雨量。陕西省气象部门应用不同地域的临界雨量进行预警系统的研发^[8], 但是仅仅从降水角度确定临界雨量, 而没有考虑不同地域的地质灾害发生的风险区划。在杜继稳等^[1]提出的降雨型地质灾害气象预报预警模型的基础上, 综合考虑气象和地质灾害风险的耦合, 建立陕西省降雨型地质灾害气象预报预警系统。

1 降雨型地质灾害气象预报预警模型

地质灾害预测预报技术和方法研究主要有两类: 一是根据地质灾害发生的内在机理及实验建立模型而开展预报, 最早由日本学者提出^[9]; 二是基于降雨观测, 采用数理统计方法, 研究降雨

量、降雨强度和降雨过程与地质灾害在空间分布、时间上的对应关系, 建立滑坡灾害的时空分布与降雨过程的统计关系, 确定宏观上的统计关系, 以达到预警预报的目的^[10]。两种研究途径各有侧重, 前者强调地质灾害的机理研究, 后者强调地质灾害受外界触发因素影响的统计学研究。

杜继稳等^[1]不仅从雨量统计和雨强的分析来预报预警地质灾害, 还将降雨量和雨强同落区的地质地貌及自然生态环境条件结合起来, 建立滑坡、崩塌、泥石流地质灾害耦合预报预警模型。该模型不仅是多种因素或多元信息的耦合, 而且是预报模型与预警模型的耦合, 同时也是时空耦合。

地质灾害预报模型为

$$G_f(k) = \alpha(k) [R_c(k) + R_f(k)].$$

地质灾害预警模型为

$$G_w(k) = \alpha(k) \cdot R_c(k).$$

式中, k 表示站点 (国家自动气象观测站和乡镇雨量观测站) 序号; $\alpha(k)$ 为第 k 点降水影响系数, 是与地质、地形地貌、水文、植被、气候背景、社会经济及人口状况等因素有关的量; $R_c(k)$ 为第 k 点日综合降雨量^[1]; $R_f(k)$ 为第 k 点

收稿日期: 2011-05-27

作者简介: 赵奎锋 (1978—), 男, 山东泰安人, 学士, 工程师, 从事天气预报和管理。

未来降水量预报值, 由主、客观预报方法或由欧洲中心、国家气象中心中期数值天气预报或中尺度数值天气预报模式输出降水预报产品且经过预报员订正的降水量预报值; $G_t(k)$ 为第 k 点降雨型地质灾害预报等级; $G_w(k)$ 为第 k 点降雨型地质灾害预警等级。

这两个模型中的日综合雨量 $R_c(k)$ 表征的是前期降雨状况, 计算时用的自动气象站和乡镇雨量站的日雨量是随预报预警时刻而变化的动态日雨量, 如 08—08 时日雨量、09—09 时日雨量、10—10 时日雨量。不同的是, 预报模型在计算地质灾害等级时用的是预报临界值, 同时考虑了实况综合降雨量与未来降水预报值的作用及地质灾害环境条件的作用, 而预警模型在计算地质灾害等级时用到的是预警临界值, 考虑的是实况综合雨量与地质灾害环境条件的作用。

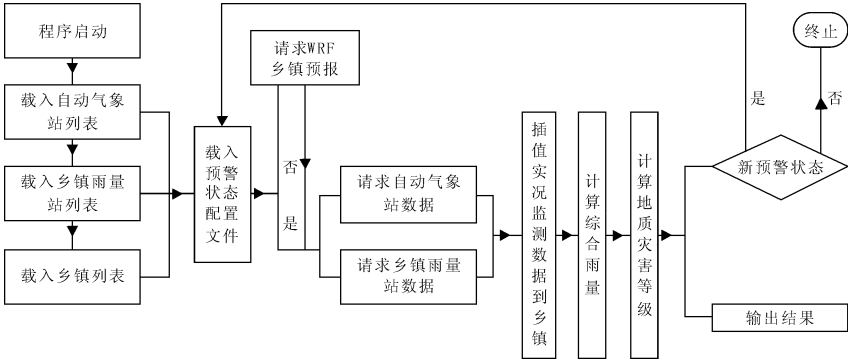


图 1 地质灾害气象预报预警业务平台流程

2.2 系统模块

2.2.1 精细化预报处理模块 WRF (weather research and forecasting model, 即天气预报模) 模式输出了陕西全省的所有乡镇的 12 h、24 h 精细化预报数据, 并存入了数据库。系统从数据库中获取这些产品数据, 以文本形式存储供地质灾害预报预警模型调用。

2.2.2 自动气象站和乡镇雨量站监测数据处理模块 陕西目前有 100 个自动气象站和 1 000 多个乡镇雨量站, 提供每小时 1 次的降水观测数据并存入数据库。系统从数据库获取这些站点的逐时降水数据, 并写入文本供地质灾害预报预警模型调用。

2 陕西降雨型地质灾害气象预报预警系统

在地质灾害预报预警的耦合模型的基础上, 综合处理自动气象站和乡镇雨量站的实时降水监测数据, 并计算综合雨量, 结合乡镇降水预报数据, 生成地质灾害预报预警产品, 从而建立陕西的降雨型地质灾害预报预警业务系统。

2.1 系统平台

陕西降雨型地质灾害预报预警系统建立在 Windows 操作系统下。数据处理部分采用 PYTHON 语言开发, 其主要优点是对文本和数据库的操作非常方便^[11], 尤其是对气象常用的数据格式解析清晰快捷。数据的显示部分是在 GIS (geographic information system, 即地理信息系统) 下完成的, PYTHON 将数据处理完成后按照 GIS 要求的数据格式将数据推送给 GIS 显示模块, 以图形方式显示。系统数据流程如图 1 所示。

2.2.3 乡镇降水量插值模块 由于目前陕西已经建成的乡镇雨量站尚未覆盖到全部乡镇, 未建雨量站的乡镇降水数据只能通过插值来获得, 系统采用反距离权重插值法^[12], 反距离权重插值法是以待定点为中心进行内插, 其原理是通过对待定区域的每个单元值进行平均运算来获得单元值, 越近的点, 其估算值越受影响。

2.2.4 地质灾害预报预警模型程序模块 根据地质灾害预报预警模型, 利用上述 3 个模块提供的降水实况数据和预报数据, 计算得到综合雨量, 应用 PYTHON 构建程序模块, 分别输出 12 h、24 h 的地质灾害预报预警等级。以格式化的文本数据形式保存并将结果上传到 GIS 平台。

2.2.5 产品显示 GIS平台根据地质灾害预报预警产品制作过程中需要应用的基础地理数据，如省界、市界、县界、居民点、地表属性等。应用GIS的制图功能对有关图层进行调色、标注，最后转换成图片文件和文本数据，通过业务平台显示各乡镇点地质灾害预报预警等级。

由于地质灾害预报预警模型同时考虑了常态（预报状态）和特殊状态（预警状态），因此系统在计算地质灾害预报等级时存在一个“状态开关”，即预报状态和预警状态的转换。中国气象局和国土资源部确定地质灾害气象预报的5个等级^[1]。因此系统建立预警状态配置文件，当预报有乡镇地质灾害发生的可能性较大（3级及以上）时，在配置文件中记录1，提示启动预警模型逐

小时计算地质灾害等级，当按照预警模型计算得出所有乡镇地质灾害发生的可能性较小（3级以下）时，则在配置文件中记录0，系统每日2次自动启动预报模型。

2.3 输出结果

每日08时和16时系统自动生成未来12 h、24 h内全省1 915个乡镇的地质灾害预报，当达到不同预报临界值时启动相应的短时预报与临近预警模块，并保存全省地质灾害气象等级预报文本和全省综合雨量文本，通过3种方式输出：①将后台运行结果转化为图片格式，便于直接调用服务（如图2）；②应用地理信息系统GIS技术，在短时预报平台中精细显示，具备放大、缩小和拖动功能（如图3），预报结果分为3个等级——

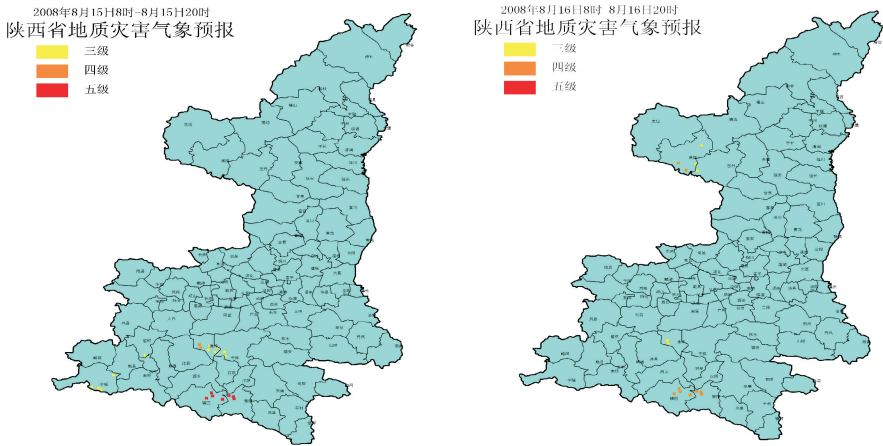


图2 地质灾害气象预报结果图形显示

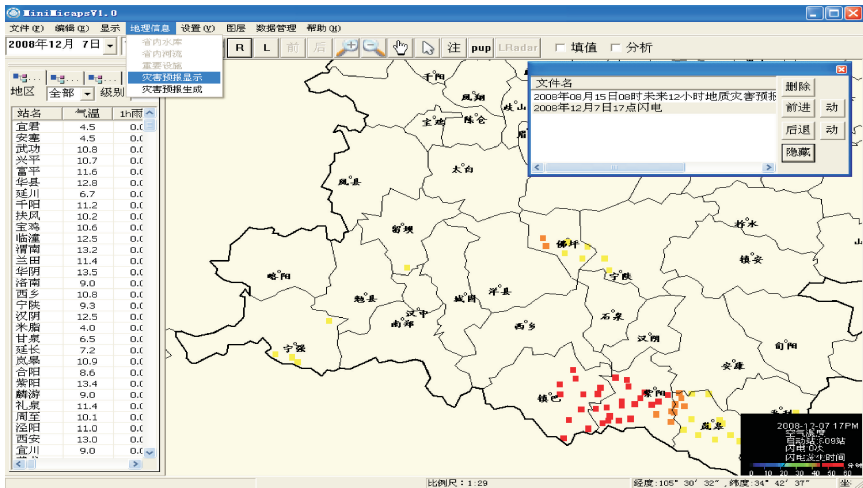


图3 地质灾害气象预报结果GIS显示

可能性较大(黄色)、可能性大(橙色)和可能性很大(红色);③结合新一代天气雷达与自动站降水资料进行滑窗判断,对综合雨量达到阈值的站点进行实时报警,加强灾害性天气的临近预警与服务。预报员通过此系统查看并发布地质灾害精细预报结果,同时,通过临近报警信息随时进行灾害天气与次生灾害的精细预警与服务。

3 应用与检验

系统于2008年8月15日开始业务运行,常规情况下每日运行2次,预报有地质灾害的情况下逐小时持续运行。预报员每日制作全省天气预报时调取灾害预报预警结果,若出现3级以上灾害,结合最新天气监测信息在第一时间通知相关地区气象台进行乡镇地质灾害跟踪服务。

2008年8月15日—11月30日,陕北黄土高原共发生了3起地质灾害,死亡6人,本系统预报正确1次、空报1次、漏报2次(属非降水型地质灾害);陕南秦巴山区共发生8次地质灾害,系统预报正确4次,空报、漏报共4次,预报准确率(T_s 评分)为0.50。

2009年陕西省共发生暴雨过程24次,暴雨站数达120站(次),发生滑坡、崩塌、泥石流灾害73d,共计182起,死亡10人。对61d地质灾害实况与每日预报结果对比统计表明,系统预报正确36次、空报23次(完全空报13次、部分空报10次)、漏报15次, T_s 评分为0.49。对未来12h短时预报结果分析表明,漏报的15次短期预报,9次可以通过分析实时滚动资料成功预警,剩余6次漏报,预警结果不理想,主要原因一是前期无明显降水,与降水因素关系不大;二是灾害点地形特殊,采集的地貌信息精度不够。

4 小结和讨论

4.1 针对陕西省黄土高原和秦巴山区是地质灾害频发地区,应用精细化地质灾害气象预报预警模型,建立陕西省降雨型地质灾害气象预报预警系统。地质灾害预报预警模型程序模块是其核心部分,而GIS平台因其地理信息丰富更方便业务人

员把握灾害发生地点,便于定点防范。

4.2 检验结果表明,地质灾害气象预报预警系统对未来24h内地质灾害发生地点有较好的预报能力,但在总体上存在预报的灾害发生范围偏大的问题。同时,地质灾害除了与气象条件有关外,还与地表构造、植被变化和人为间接因素密切相关。因此,需要随着地质灾害监测与天气预报技术的发展,提高预测预防精细化、自动化水平。

参考文献:

- [1] 杜继稳. 降雨型地质灾害预报预警—以黄土高原和秦巴山区为例 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [2] 张书余. 地质灾害气象预报基础 [M]. 北京: 气象出版社, 2005.
- [3] 单九生, 刘修奋, 魏丽, 等. 诱发江西滑坡的降水特征分析 [J]. 气象, 2004, 30 (1): 13-15.
- [4] 王川, 刘勇, 张宏. 陕西省地质灾害预报预警研究 [J]. 陕西气象, 2003 (6): 10-11.
- [5] 李明, 高维英, 杜继稳. 陕西黄土高原诱发地质灾害降雨临界值研究 [J]. 陕西气象, 2010 (5): 1-5.
- [6] 周丹. 秦岭山地地质灾害临界雨量及潜势预报 [J]. 陕西气象, 2009 (2): 49-51.
- [7] 殷志有, 周丹, 陈明彬. 商洛山地地质灾害分布及诱发成因研讨 [J]. 陕西气象, 2005 (1): 19-22.
- [8] 张佳友. 宁强县地质灾害气象预报预警工作 [J]. 陕西气象, 2007 (9): 57-59.
- [9] 腾五晓, 加藤孝明, 小出治. 日本灾害对策体制 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003: 143-152.
- [10] 张斌, 赵前胜, 姜瑜君. 区域承灾体脆弱性指标体系与精细化模型研究 [J]. 灾害学, 2010, 25 (2): 36-40.
- [11] 孙广磊. 征服 Python: 语言基础与典型应用 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007: 5-10.
- [12] 赵传燕, 冯兆东, 南忠仁. 陇西祖厉河流域降水插值方法的对比分析 [J]. 高原气象, 2008, 27 (1): 208-214.