

基于 η 数值预报模式的四川盆地 泥石流滑坡预报系统^①

郁淑华¹ 徐会明² 何光碧¹ 高文良¹

(1. 中国气象局成都高原气象研究所, 成都 610072; 2. 四川省气象台)

提 要

通过对近 11 年四川盆地发生泥石流和滑坡灾害的气象成因分析,进行了泥石流和滑坡预测模型的研究和对四川盆地强降水 η 数值预报模式产品释用研究。在上述研究基础上,建立了 η 数值预报模式产品释用四川盆地泥石流和滑坡预报系统。经 2003 年业务试运行,效果好。

关键词: η 数值预报模式 模式产品释用 泥石流预报系统

引 言

四川盆地毗邻青藏高原,多泥石流和滑坡灾害。泥石流和滑坡灾害具有突发性和毁灭性的特点,对城镇、工厂、矿山、公路、铁路、农田、水利水电设施常常造成严重危害。例如 2000 年 6 月 5~6 日四川盆地周围山区特大暴雨,致使山洪暴发,多处发生泥石流,古蔺县内发生的泥石流、山体滑坡,造成 38 人死亡,重伤 8 人,毁坏农田 2700hm²,直接经济损失 1.42 亿元。为了防灾减灾的需要,急需开展泥石流和滑坡灾害的预报。泥石流和滑坡的主要触发因子是强降水^[1~4],目前还缺少比较完善的泥石流和滑坡灾害预报系统。为此我们试图通过对 η 数值预报模式的释用研究与泥石流和滑坡预测模型研究,在此基础上建立比较完善的泥石流滑坡灾害预报系统。

1 η 数值预报模式产品释用强降水量预报方法

1.1 η 数值预报模式降水预报量的检验分析

使用 2002 年 6~9 月细化的 η 数值预报

模式预报第 12~36 小时降水量(以下简称: η 模式预报降水量),与四川盆地 17 次主要降水过程(日降水量大于 10、25 和 50mm 的站点超过 30 个为主要降水过程)进行检验分析。

由检验分析看出, η 模式在夏季对区域性中雨以上过程降水中心强度预报与实况一致和基本一致的占 50%。在 500hPa 高原或西北区有低值系统,700hPa 有西南涡或兰州涡,850hPa 盆地有涡,则模式降水预报比实况偏小。在 500、700 和 850hPa 都为高原东部槽时模式降水前期偏小。在 500hPa 高原低值系统不强情况下,700、850hPa 在盆地及其附近有低涡,模式后期降水预报迅速减弱。在 500hPa 低值系统偏北,700hPa 兰州有低涡,850hPa 盆地弱南风情况下,模式预报降水漏报或不报。模式预报强降水中心位置易偏北、偏西,漂移明显。

1.2 高原天气系统影响降水的强化与雨区漂移处理

由上面分析说明 η 模式对高原天气系统影响的降水预报偏小,对雨区有漂移。这是

^① 本文由科技部社会公益专项资金项目(2001DIB20106)、四川省重点科技项目(01SG049-03)和中国气象局成都高原气象开放实验室基金课题共同资助

由于高原上探空资料少,高原天气系统经客观分析后被弱化,有时反映不出来^[5],所以导致降水预报偏少。雨区漂移是由于对流层低层 850 和 700hPa 都有低值系统活动,低值系统活跃期低值系统移动慢,与模式反映不协调造成的。

由分析发现,η 模式对不同高原天气系统影响降水的偏离程度是不同的。分析还发现,η 模式对不同高原天气系统、不同对流层低值系统影响四川盆地强降水雨区漂移情况是不同的。在对流层低层 850 和 700hPa 都有低涡或切变情况下,η 模式对在高原切变线,低涡预报的雨区向北漂移没有高原东部槽向北漂移得多。在 500hPa 上同一种高原低值系统影响四川盆地情况下,对流层低层是低涡 η 模式预报雨区比切变线的向北漂移更多。

由上分析看出 η 模式对不同的高原天气系统、不同的对流层低层低值系统其预报四川盆地降水强度、落区与实况的差异是不同的。由于对影响系统的强化需作很多数值试验,才能得出如何进行天气系统的强化合适,有待以后再研究。这里通过对高原东部对流层中层低值系统与高原东部及其附近对流层低层低涡、切变线,盆地南部偏南风的识别,依据不同天气系统配置下,η 模式预报降水与实况的偏差程度,对 η 模式预报降水量作后置处理,即对雨区中心强度、雨区位置作修正,雨区内雨量修正的步骤是:(a)判定预报雨区中心(R_{max})的订正值(R_a)。(b)预报雨区内各点雨量订正,按式(1)进行。

$$R_b = \frac{R_a}{R_{max}} \times R_i + R_i \quad (1)$$

式(1)中 R_i 为 η 模式预报的雨区内任一点的雨量值, R_b 为需修正点修正后的雨量值。

对雨区漂移的修正以盆地南部 700hPa 偏南风平均风速、风向,对 η 模式预报雨区,向相反方向南移,南移距离是以盆地南部 700hPa 偏南风平均风速移动一天的距

离作南退处理的。

1.3 η 模式释用强降水预报方法

为开展泥石流和滑坡预报,需进行分县的强降水预报方法研究。η 模式释用强降水预报方法是在上述研究基础上,对 η 模式在高原天气系统影响时预报 12~36 小时雨量(在 26~33°N、100~110°E 范围内)进行强化修正和雨区漂移作南退处理,实现对 η 模式雨量产品的释用。然后采用权重方法、逐次订正法,将 η 模式预报的格点雨量转化为站点雨量,权重方法:

$$y_0 = \sum_{i=1}^n W_i y_i \quad (2)$$

y_0 为由 η 模式格点预报降水量插值到单站的降水量预报值。

y_i 为单站周围第 i 格点 η 模式数值预报产品格点降水预报值, W_i 为第 i 格点的权重系数。

$$W_i = (R^2 - r_i^2)/(R^2 + r_i^2) \quad (3)$$

其中 R :扫描半径, r_i :表示第 i 格点与 y_i 单站的距离。 $r_i = r_{i0}/m$ (r_{i0} 为地图上的距离, m 为放大系数)。

逐次订正方法:

正插:格点值⁰ 经权重方法得单站值¹

反插:单站值¹ 经权重方法得格点值¹

$$\text{差值}^1 = \text{格点值}^0 - \text{格点值}^1$$

正插:差值¹ 经权重方法得单站差值¹

$$\text{单站值}^2 = \text{单站值}^1 + \text{单站差值}^1$$

反插:单站值² 经权重方法得格点值²

$$\text{差值}^2 = \text{格点值}^0 - \text{格点值}^2$$

正插:差值² 经权重方法得单站差值²

$$\text{单站值}^3 = \text{单站值}^2 + \text{单站差值}^2$$

单站值³ 即为由 η 模式格点预报降水量经逐次订正后插值到单站的降水量预报值。

2 四川盆地泥石流和滑坡预测模型

目前气象部门开展泥石流和滑坡气象条件预报,多数从当日强降水预报出发,还缺少对泥石流滑坡前期降水分析以及前期降水与当日降水对产生泥石流和滑坡的关系分析。因为引发泥石流和滑坡有三个重要条件:一

是强降水触发作用,另一是大量固体颗粒的堆积物,还有地势高差。而大量固体颗粒的堆积是与前期降水分不开的,在前期降水多的情况下,会使表面土层泡张形成固体颗粒,所以需要泥石流和滑坡的气象条件作细致分析,从而建立泥石流预测模型。

2.1 触发四川盆地泥石流和滑坡灾害的天气条件分析

由对四川盆地泥石流和滑坡灾情收集分析,对1991~2001年产生泥石流滑坡的当日降水,前3天降水,前30天雨日和雨量分析得出如下认识:

(1) 四川盆地泥石流和滑坡主要发生在6~8月,其中7月份发生日数最多,年均3日。

(2) 四川盆地近一半的县有可能发生泥石流和滑坡。岷江下游和沱江上、中游区域是无泥石流和滑坡区。

(3) 四川盆地泥石流和滑坡在5~8月有逐月从盆地东南部,向西北推进,到盆地西北部的趋势。

(4) 由分析产生四川盆地泥石流和滑坡县的日雨量看出,以日雨量在50~100mm占的比例最大。四川盆地西北部在大暴雨情况下发生泥石流和滑坡可能性最大;四川盆地西南、中东部在大雨和暴雨情况下发生泥石流滑坡可能性最大,反映了泥石流和滑坡与当日强降水的触发作用关系密切。

(5) 由泥石流滑坡日前期降水分析看出,不同区域不同泥石流和滑坡日雨量与其前期不同降水有关,其中与前三天雨量或前30天雨日相关较好,反映了在不同的地质地貌条件下,泥石流和滑坡日不同雨量等级有不同的前期降水条件。

以上认识为建立泥石流和滑坡预测模型打下了好的基础。

2.2 四川盆地泥石流和滑坡预测模型

根据四川盆地的地质地貌情况,将四川盆地泥石流和滑坡发生地分为四个区,盆地西北区(地质为夹岩或砾岩夹泥灰岩,地貌为中山向缓丘坪坝过渡区),盆地中东部(地质

为砂岩、砾岩夹泥岩,地貌为红色深丘区),盆地西南部(地质为不同地质交叉区,地貌为中山、低山),盆地南部(地质为砂岩,砾岩粘土夹褐煤,地貌为红色浅丘),岷江下游、沱江中下游为无泥石流和滑坡区即四川盆地的腹地,地质为河流冲积淤积,地貌为平原,不会产生泥石泥和滑坡。

由对四川盆地发生泥石流和滑坡灾害的当日降水和前期降水分析,结合四川盆地的地质地貌情况,可归纳出泥石流滑坡预测模型如下:

(1) 在 η 模式释用预报降水量在200mm以上,满足以下前期降水条件:盆地西北部的站,前3天雨量 $\geq 100\text{mm}$ 或前30天雨日 ≥ 16 天,则产生泥石流可能性很大。盆地中东部、盆地西南部的站前30天雨日 ≥ 16 天,产生泥石流可能性很大。盆地南部的站前3天雨量 $\geq 100\text{mm}$,产生泥石流滑坡可能性很大。

(2) 在 η 模式释用预报降水量在100mm~200mm,而又满足上述条件,则此站未来产生泥石流可能大。

(3) 在 η 模式释用预报降水量50mm~100mm满足下列前期降水条件:对在盆地西北部、南部的站,前3天雨量 $\geq 40\text{mm}$,则产生泥石流可能性较大。对在盆地中东部的站,前3天雨量 $\geq 40\text{mm}$,或前30天雨日 ≥ 16 天,则产生泥石流滑坡可能性较大。对在盆地西南部的站(除雅安、石棉、名山外),前3天雨量 $\geq 40\text{mm}$,则产生泥石流滑坡可能性较大。雅安、石棉、名山在预报雨量为50~100mm,则产生泥石流可能性较大。

(4) 在预报雨量30~50mm产生泥石流的前期条件,对各区的站在前30天雨量 $\geq 100\text{mm}$,有可能产生泥石流,否则无。

3 基于 η 模式产品的四川盆地泥石流滑坡预报系统

在上述研究基础上,采用V_B语言编程,建立了图文并茂,简洁的工作处理平台上运行的泥石流滑坡预报系统,工作平台的主要运行内容有:释用预报(资料处理、降水预报

计算)、分县降水预报、泥石流预测模型、预警显示(见图1)。

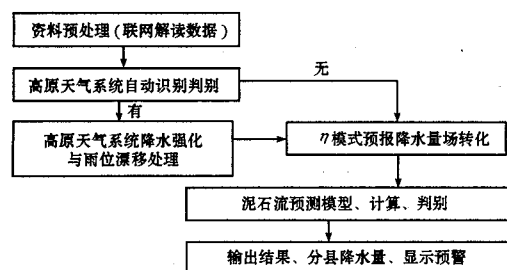


图1 四川盆地泥石流滑坡预报系统

4 试运行应用情况

该预报系统2003年8月投入试运行,成功的预报了8月9~10日四川省入汛后第一次大暴雨过程,并成功预报了雅安、名山和天全发生泥石流滑坡可能性较大,盆地西南部12个县市有泥石流、滑坡可能,实况是雅安、名山和天全发生了泥石流和滑坡,在预报的盆地西南12个县市中有1/3县市发生了泥石流和滑坡灾害。还成功的预报了8月30日2003年四川省最强的一次大暴雨过程,并预报雅安、名山产生泥石流和滑坡可能性很大。另有一次预报9月6日盆西、盆西南有暴雨,雅安和峨眉有泥石流可能性较大,实况是盆地西南部有暴雨,雅安汉源县、巴中县产生了泥石流和滑坡,峨眉没有产生泥石流和

滑坡。以试运行情况看出,预报效果好,在业务服务、减灾防灾中发挥了很好的作用。

5 小结

(1) 泥石流和滑坡预报不是单一的强降水预报,所以要在分析产生泥石流和滑坡当日降水量与前期降水量基础上,根据不同地质地貌条件建立泥石流和滑坡预报模型。

(2) 在模式产品释用中,对高原及其邻近地区特殊的地理、环境要作特殊处理,高原天气系统影响降水的强化与雨区漂移处理是本预报系统的关键技术。

(3) 该预报系统具有运行稳定,客观、自动、图文并茂;显示功能强、预报效果好等特点,但由于试运行时间短,有待日后在应用中不断完善。

参考文献

- 1 廖代强,马力. 滑坡泥石流预测预报中的气象问题. 气象科技, 2000, 28(1): 49~51.
- 2 郁淑华. 诱发泥石流灾害的四川盆地大暴雨过程分析. 气象, 2002, 28(8): 30~33.
- 3 晋玉田. 攀西地区泥石流滑坡灾害与降水关系的分析和预报. 四川气象, 1999, 19(3): 34~38.
- 4 白永锋,魏鸿. 成昆铁路暴雨泥石流灾害预测模型的研究. 中国地质灾害与防治学报, 1998, 9(4): 74~80.
- 5 郁淑华,何光碧. 对流层中上部湿度对高原低涡形成影响的数值试验. 高原气象, 2002, 21(2): 199~204.

Interpretation of η Numerical Model: The Mud-rock Flow Landslip Forecasting System of Sichuan Basin

Yu Shuhua¹ Xu Huiming² He Guangbi¹ Gao Wenliang¹

(1. Institute of Plateau Meteorology, CMA, Chengdu 610072; 2. Sichuan Province Meteorological Observatory)

Abstract

Based on the meteorological data of 11 years, the meteorological conditions of mud-rock flow landslip occurrence in Sichuan Basin are analyzed, and a forecasting model of mud-rock flow landslip in Sichuan basin is developed. By interpreting and applying η numerical model, a heavy rain forecasting method is studied in Sichuan basin. And a mud-rock flow landslip and η numerical model interpretation system in Sichuan basin is developed. The result is good through the operational forecast in 2003.

Key Words: η numerical model interpretation forecasting system mud-rock flow landslip