

文章编号: 1006-4354 (2005) 05-0008-03

# 基于数值预报的汉中市降水分县预报方法

苏俊辉<sup>1</sup>, 徐 钰<sup>2</sup>

(1. 汉中市气象台, 陕西汉中 723000; 2. 南郑县气象局, 陕西南郑 723100)

**摘 要:** 利用现有基层台站所能获取的国家气象中心 T213 数值预报产品和欧洲中心数值预报产品, 经过数学方法处理后, 将各预报要素插值到站点作为预报因子, 通过  $\Gamma$  检验分析预报因子与本地降水的相关, 提取相关好的因子建立预报方程。经实践检验证明: 数值产品经因子累积处理后对降水预报能力明显增强, 数值预报对 24 h 的预报能力较高, 中低层要素与汉中盆地降水相关较好。方法对降水量仅做了简单的分级预报, 试用中发现该方法对突发性降水预报能力不理想。

**关键词:** 数值预报产品; 降水; 分县预报; 预报因子

**中图分类号:** P456.7

**文献标识码:** A

目前由国家气象中心运行的 T213 全球谱模式提供的预报产品, 具有时空分布连续、分辨率高的特点, 每天提供总容量 100 多 MB 共 2 000 多个场, 此外还有准确率较高的欧洲中心数值预报 (以下简称 ECWFMF) 提供的大量预报产品<sup>[1]</sup>, 预报员可正确利用这些信息, 结合本地天气特征制作日常天气预报。由于理论上的原因, 数值预报产品在某些特殊区域如高原及高原东侧预报误差较大。汉中地区地处高原东侧, 秦岭、巴山南北合围, 给数值产品的应用带来了难度。汉中市气象台针对本地天气气候特征及特殊地形, 结合传统的预报方法及指标, 充分利用 T213 及 ECWFMF 提供的产品, 开发出汉中市降水分县预报方法。

## 1 降水分县预报方法设计思路

传统制作天气预报方法的流程, 是先从历史天气图上, 寻找出对本地未来天气有指示意义的关键站点的天气要素, 如高度、湿度、温度、能量等, 然后对比晴雨样本统计分析, 寻找规律得出经验规则, 列出预报方程组, 求解系数, 确定临界值, 只要未来符合临界值就可以做出预报。

T213 数值模式提供的预报场, 时间、空间分辨率较高, 其提供的 48 h 内的预报资料间隔 6 h

输出 (本方法没有使用 T213 的降水量预报资料, 因此选用的预报资料间隔是 6 h), 空间分辨率为  $1^\circ \times 1^\circ$ , 便于插值计算。而 ECWFMF 在经历了数十年的发展后, 对天气形势的预报更加客观准确, 虽只提供了 500 hPa 高度场、850 hPa 温度场等少数资料场, 且分辨率仅  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ , 但其参考价值很大, 应给予充分考虑。此外 MICAPS 平台本身所提供的多种物理量场也有许多很有用的信息, 这部分资料不参加因子累积计算, 可以作为预报中的经验预报指标或经验消空指标。综合利用这些资料, 经过处理, 提取有用信息, 得出较实用的预报方程。

## 2 资料来源

所有资料包括 2003—2004 年 T213、ECWFMF 预报场, 及将探空原始报文在 MICAPS 下解报得到包括高空形势、物理量场、地面温度、海平面气压等 30 多个要素场。

## 3 预报初始场选择及处理

### 3.1 预报初始场选择

根据实际应用的经验及预报效果, T213 资料选用 200 hPa 及其以下层次的散度、涡度; 500 hPa 及以下层次的垂直速度、比湿、相对湿度、全风速、水汽通量散度、假相当位温;  $K$  指数、比

收稿日期: 2005-01-19

作者简介: 苏俊辉 (1974-), 男, 陕西宁强人, 工程师, 主要从事短期天气预报及研究工作。

湿、 $SI$  指数等要素场。ECWMF 资料选用 500 hPa 高度、850 hPa 温度、海平面气压、700 hPa、850 hPa 相对湿度 5 个场, 由于其资料格点分辨率为  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ , 通过插值将其格点变为  $1^\circ \times 1^\circ$ , 达到空间分辨率与 T213 等同, 便于配套应用。

### 3.2 数值产品的预处理<sup>[2]</sup>

根据经典的动力学理论, 任一瞬间的降水强度应该是那一瞬间各种物理过程复合作用的结果。因此, 如果假定数值产品是比较可靠的, 那么任一时刻的降水率可以表达为数值模式输出时刻的若干物理因子的函数, 即有:

$$I = \frac{dR}{dt} = \sum_n A_n X_n(t),$$

式中  $X_n(t)$  为数值预报模式输出的  $t$  时刻若干物理因子,  $A_n$  为系数。

则对于某一时段  $t_1 - t_m$  的累积降水量应该有

$$R = \sum_n \int_{t_1}^{t_m} A_n X_n(t) dt.$$

鉴于数值预报模式输出的物理因子  $X_n(t)$  不是连续的, 因此必须采取差分近似计算, 则有

$$R = \sum_n \int_{t_1}^{t_m} A_n X_n(t) dt \approx \sum_n A_n \sum_{k=1}^{m-1} \frac{X_n(t_k) + X_n(t_{k+1})}{2} (t_{k+1} - t_k),$$

对于数值预报模式输出时效间隔相同的物理因子, 上式可写为:

$$R = \sum_n A_n \left[ \frac{1}{2} (X_n(t_1) + X_n(t_m)) + \sum_{k=2}^{m-1} X_n(t_k) \right] \Delta t. \quad (1)$$

定义物理因子  $X_n(t)$  的累积因子为:

$$X_n = \left[ \frac{1}{2} (X_n(t_1) + X_n(t_m)) + \sum_{k=2}^{m-1} X_n(t_k) \right] \Delta t, \quad (2)$$

则 (1) 式可以改写为:

$$R = \sum_n A_n X_n, \quad (3)$$

以上推导可以看出, 如果先采用 (2) 式对各预报场在相应时段内进行累积, 就能避免预报量和预报因子间的时间尺度不匹配的问题, 再利用 (3) 式建立预报方程, 从而提高相关程度。由于本方法只考虑了做 24 h 间隔的预报结论, 没有做

更细的划分, 因此 24 h 预报选用从当日 20 时起至次日 20 时时段内的预报场, 即: 24 h、30 h、36 h、42 h、48 h 预报场进行累积, 48 h 预报用 48 h、60 h、72 h 预报场累积, 其余类推。

对初选场进行上述处理后, 得到处理后的形势、要素预报场。将各预报场覆盖汉中地区及周围共 9 个格点提取出来, 然后通过有限元插值法将这些要素插值到全区 11 个站点上, 生成各站点待选因子库  $y_i$  ( $i=1, 2, 3 \dots$ )。

经验指标  $Z$  及消空指标则通过 MICAPS 高度场、物理量场等提供的分析结果得到, 或根据本地日常预报经验指标得到, 或通过获取基本气象要素计算得到其它需要的可用指标。建立预报方程时, 将经验指标作为一个单独的因子同站点待选因子建立预报方程。以建立汉中站的预报方程为例, 汉中站降水预报方程为

$$R = A + B y_1 + C y_2 + D y_3 + E y_4 + F y_5 + G y_6 + Z.$$

对于模型中的经验指标项  $Z$  有两条: 甘南有 3 站以上风辐合或切变及地面北路冷空气, 若两条同时成立, 则经验指标项  $Z=1$ , 否则  $Z=0$ 。在预报流程中, 消空指标在预报模型运行前发生, 预报模型中的消空指标有三条, 按非汛期和主汛期 (6—8 月) 两种情况处理。非汛期消空指标为: 08 时汉中站 850 hPa、700 hPa 垂直速度均为正; 850 hPa、700 hPa、500 hPa 三层温度露点差之和大于  $14^\circ\text{C}$ ; 700 hPa 温江、汉中为 4 m/s 以上的西北风。以上三条同时出现, 则消空指标成立, 若符合消空指标, 则程序退出运行, 并发布无降水的结论。主汛期消空指标类推。

## 4 预报方程因子选择

汉中地区位于青藏高原东侧, 北有东西走向的秦岭阻挡北方冷空气频繁南下, 南有大巴山阻滞暖湿气流北上, 从高原移出的低值系统经常从南北两侧分裂或减弱, 但一旦进入盆地的影响系统, 发生发展又相当迅速, 从而加大了预报难度。因此必须分析其预报要素与降水的相关程度, 以便确认其在降水预报中的可用性。

通过前面的资料处理, 将插值获得的待选因子与降水进行相关分析, 取相关程度较好的作为最终预报因子, 剔除相关差的因子。主要步骤为

经过  $\Gamma$  检验, 从待选众多因子中, 筛选出相关系数大于 0.25 的因子。

对众多待选因子检验发现, 水汽通量散度、垂直速度、假相当位温、涡度、散度、以及相对湿度与降水相关最好 (48 h 以内), 这与利用常规资料个例分析结果一致。尤其水汽通量散度及垂直速度, 与本地降水关系相当好。K 指数、A 指数、比湿、SI 指数及对流层中低层的平均相对湿度, 反映大气的热力、水汽、不稳定条件, 除 A 指数与本地降水相关相对较差外, 汉中盆地的降水与其它几个因子相关较好。高空温度、位势高度、地面冷锋等经验统计指标与本地降水有较高的相关性。地面层的  $T_i$  (地面大气总能量) 也有不错的指示作用。对流层中低层, 高原到高原东侧的偏南风对本区降水非常重要。中小尺度系统的发生发展, 不仅需要充沛的水汽、热力条件, 也需要触发条件, 偏南风无疑起主要作用。

通过分析, 对相关较高的因子试用, 采用逐步回归法建立方程。有效合理的因子是客观预报方法的基础, 对一个相同的数学回归模型, 选取不同因子的方程, 预报准确率也不一样, 同时入选因子太多或太少也会影响预报准确率。经过反复测试, 700 hPa 的垂直速度、比湿, K 指数, SI 指数, 500 hPa 到 1 000 hPa 的平均相对湿度, 500 hPa 及 700 hPa 的高原东南侧的偏南风等因子被采用, 通过逐步回归, 建立降水预报方程。

## 5 预报效果检验

预报方法使用 VB6 编程, 界面简明易于操作。每天上午 10 时可自动计算并输出客观预报结果, 为预报员提供参考依据。为检验预报方法的可用性, 特地请汉中市气象局业务科的预报管理人员对此方法的每日预报进行质量评分 (仅评定了 24 h 预报), 2003—2004 年, 由于数值资料不全或缺资料等原因, 总共有 609 个样本参加预报评分检验, 评分结果表明本预报方法预报能力较好 (表 1)。

表 1 2003—2004 年汉中降水分县预报方法  
24 h 客观预报评分

量级	$T_s/\%$	空报率/ $\%$	漏报率/ $\%$
无雨	0.795 8	0.112 5	0.215 6
10 mm 以下	0.660 8	0.214 1	0.287 2
10~25 mm	0.540 2	0.452 8	0.317 9
25 mm 以上	0.382 5	0.481 9	0.674 5

## 6 讨论

根据所建立的预报方程, 通过对 2003—2004 年的 T213、ECWFMF 等数值产品进行试运行、分析, 发现如下事实。

6.1 T213、ECWFMF 等初始场因子经过时段累积处理后, 由插值得到的要素建立的预报方程对降水的预报能力比较强。

6.2 数值预报产品对流层中低层要素与汉中盆地降水相关较好, 特别是中低层的水汽通量散度、平均相对湿度、垂直速度等因子相关系数高。

6.3 数值产品的分析场得出的因子与本区 24 h 以内的降水有较高相关, 24 h 以后指示意义则明显下降。

6.4 由于选用晴雨样本作为研究对象, 对降水量级做了较简单的分级预报, 因此本方法在试用中发现对汛期的突发性、短时对流性降水预报能力差。

感谢汉中市气象局业务科的兰福元同志为预报方法的评分提供的指导和帮助。

## 参考文献:

- [1] 国家气象中心. 数值预报产品应用指南 (第一册) [M]. 气象出版社, 1991. 215.
- [2] 陈焱, 王兴荣, 刘忠平, 等. 用相应时段累积因子预报累积降水的初步探讨 [J]. 气象科学, 2002, 22 (3): 356-361.
- [3] 中国气象局科教司. 省地气象台短期预报岗位培训教材 [M]. 北京: 气象出版社, 1998. 74-126, 234-248.