

夏季省级分区降水概率预报自动化系统[‡]

孙兴池 刘厚赞 张 飒 耿 勃

(山东省气象台, 济南 250031)

摘 要 利用多年气象观测资料、数值预报产品、各种天气系统及相互配置与多年降水资料进行相关统计, 精选了与降水密切相关的因子, 利用多因子条件下的概率组合法, 建立了夏季省级分区降水概率预报自动化系统。在实际预报业务中取得了较好的预报效果。

关键词 降水, 概率预报, 多因子, 概率组合

分类号 P457.6

降水预报是天气预报的主要内容。降水是大气中不同尺度的天气系统相互作用的产物, 又与复杂下垫面等因素有关, 因而给准确预报降水带来了困难。预报员在制作天气预报时, 往往能发现有利于和不利于降水的两种因素并存, 构成了预报事件的不确定性。随着科学的发展和人民生活水平的提高, 人们不仅需要定性的气象预报, 而且需要各种气象预报出现可能性的定量概念。因而, 制作更有效的客观天气预报是预报员研究的方向。

早在 20 年代初美国气象工作者就开始了天气概率预报方法的研究, 60 年代中开始发布天气概率预报。80 年代, 日本、加拿大、澳大利亚和欧洲的一些国家也相继开展了各种不同类型、不同方式的天气概率预报。80 年代, 上海、吉林省市的气象工作者也先后开始了概率预报方法的研究。我们从 1986 年开始, 用单站概率预报方法制作夏季济南降水概率预报自动化系统并投入业务使用, 取得了较好的效果^[1,2]。为了使省台在制作区域预报时向客观、量化迈进, 并对地区级台站更具有指导性, 本文试图在单站天气概率预报的基础上, 对省级夏季分片降水概率预报系统进行初步探讨。

1 资料来源和全省区域划分

文中所用 1961~1978 年各指标站 850、700、500hPa 及地面各层高度、温度、风向、风速、温度露点差等均取自上海气象局和陕西省气象局汇编的全国指标站高空气候资料。各预报台站降水资料取自山东省气象局编的山东逐日降水资料。

山东省地形复杂, 气候特点各地多异, 全省可划分为 7 个自然气候区^[3]: (1) 鲁西北平原气候区; (2) 沿黄河气候区; (3) 鲁南平原气候区; (4) 鲁中山区气候区; (5) 鲁西南平原气候区; (6) 山东半岛平原气候区; (7) 山东半岛东端气候区。我们选取德州、菏泽、济南、青岛、烟台、潍坊、临沂 7 个站分别代表以上各气候区。

[‡] 中国国家气象局“短平快”资助项目

2 多因子条件下天气概率预报方法

若将降水事件 A 分为有、无两个等级, 则 $A = A_1 + A_2$ 构成完备事件组。通过对多年历史资料的统计得到有雨的历史概率为 P , 并计算得到当因子 $x_i = b$ 时, 48h (即 $t+2$ 日) 有雨的条件概率为 $P(R/x_i)$ 。令 $r_i = \frac{P(R/x_i)}{P}$, 为因子 x_i 对降水的概率贡献。无雨的历史概率为 $Q = 1 - P$,

因子 $x_i = b$ 时, 无雨的条件概率为 $P(\bar{R}/x_i) = 1 - P(R/x_i)$, 则 $q_i = \frac{P(\bar{R}/x_i)}{Q}$ 为因子 x_i 对无降水的概率贡献。如果选取了 m 个因子, 对每一个因子都可以求得 r_i, q_i , 那么在 m 个因子的共同作用下, 有雨的条件概率可近似表示为

$$P(R/m) = \frac{\prod_{i=1}^m r_i}{\left(\prod_{i=1}^m r_i + \prod_{i=1}^m q_i \right)} \quad (1)$$

x_i 的取值范围由统计结果或根据其天气学意义划分。划分原则为使 $P(R/x_i)$ 和 $P(\bar{R}/x_i)$ 相差显著。 r_i 和 q_i 通过对历史资料的统计求得。另外, 由于天气系统作用于不同气候背景下造成的天气亦有所差别, 我们根据山东 6 月底、7 月初进入雨季的气候特点, 对 6 月、7 月分别进行研究, 5 月和 6 月建立一个预报程序, 7 月和 8 月建立一个预报程序。

3 预报因子选取

3.1 指标站资料

选取与本省降水相关较好的 9 个台站: 兰州、二连、银川、北京、济南、青岛、汉口、长沙、南京为指标站。对这些站 18 年来的逐日 850、700、500hPa 三层的高度、温度、风向、风速、露点温度及其相互组合与所选 7 个代表站 ($t+2$) 日降水资料进行概率统计, 筛选出影响降水的有效因子, 得到各种因子不同取值范围内有雨的条件概率、无雨的条件概率及各代表站有雨的历史概率(气候概率)。例如统计济南与青岛的高度差与位于两地之间的潍坊出现降水的关系得到, 1961~1978 年 7 月济南与青岛 500hPa 高度差在 $-8 \sim -5\text{dagpm}$ 之间共 18 天, 其中 12 天潍坊出现降水, 条件概率为 $\frac{12}{18} = 66.3\%$, 其余 500 天, 有 260 天出现降水, 条件概率为 $\frac{260}{500} = 52\%$, 潍坊 7 月降水历史概率为 0.53。据此可以求出济南与青岛 500hPa 高度差在 $-8 \sim -5\text{dagpm}$ 时, 对潍坊降水的概率贡献为 $r_i = \frac{0.663}{0.53} = 1.3$; 无降水的概率贡献为 $q_i = \frac{1-0.663}{1-0.53} = 0.72$ 。而在 $-8 \sim -5\text{dagpm}$ 以外的取值范围, 对降水的概率贡献为 $r_i = \frac{0.52}{0.53} = 0.98$, $q_i = \frac{1-0.52}{1-0.53} = 1$ 。同样可以求得其余所有预报因子对不同的气候区的条件概率及概率贡献。

3.2 数值预报产品资料

对日本 36h 降水预报准确率进行统计, 计算其对降水的概率贡献, 结果表明: 日本数值预报对冷涡和横槽降水的预报能力较低, 而对切变线降水预报较准确。在 5~6 月山东多是冷涡或横槽引起的对流性降水。7 月份进入雨季之后, 多为切变线引起的全省大范围降水。在 5~6 月, 当预报雨量小于 5mm 时, 准确率为 50%; 当预报雨量大于 5mm 时准确率为 70%。7~8 月预报雨量小于 5mm 时, 准确率为 60%; 大于等于 5mm 时, 准确率为 80%。潍坊 6 月份降水历史概率 $P = 0.35$, 7 月份降水历史概率为 $P = 0.53$ 。日本数值预报准确率大于历史概率, 其准确率(即条件概率)及概率贡献见表 1。同样可求得日本 36h 降水预报对其他气候区 6 月、7

月的降水条件概率及概率贡献。

表 1 日本 36h 降水预报准确率及对 6、7 月潍坊降水概率(无降水概率)贡献

Table 1 Contribution of the accuracy of JM A 36h rainfall forecasts to rainfall and no-rainfall forecasting probabilities for Weifang, Shandong

	6 月			7 月		
	未报	< 5mm	5mm	未报	< 5mm	5mm
$P(R/x)$	0.1	0.5	0.7	0.16	0.6	0.8
r	0.3	1.4	2.0	0.3	1.1	1.5
q	1.4	0.8	0.46	1.8	0.85	0.42

我们把 500hPa 次日 08 时环流形势在关键区(30~40°N, 100~130°E)内分成 4 种类型,把副高位置分成 3 种类型,再对 500hPa 西风带环流形势及副高位置(主要考虑 588 线位置)的相互配置、850hPa、700hPa、500hPa 3 层等压面上的低槽及闭合低压和预报台站的降水资料进行统计,就可得到 500hPa 各种环流形势下及三层等压面各种天气系统影响下的条件概率及概率贡献。

4 预报自动化系统和试用结果

4.1 预报因子输入系统

(1) 从实时资料库中选取 9 个指标站资料,按顺序建立一个数组文件,从中得到各指标站各因子的资料。

(2) 在屏幕提示下输入 500hPa 环流形势、3 层等压面各种影响系统编码及同时次日本 36h 降水数值预报结果编码输入系统。

4.2 推理计算系统

推理计算系统为系统的主要部分。(1)在各因子取值之后,根据因子所在的范围确定其有雨的条件概率。(2)根据因子的条件概率及历史概率求该因子的概率贡献。(3)求出无雨的条件概率及无雨的概率贡献。(4)根据公式(1)计算降水概率 $P(R/m)$ 的值。

4.3 预报产品的输出打印系统

经过推理计算之后,输出 48 小时降水概率。例如:用 t 日 20 时资料,($t+1$)日白天运行该系统,将得到($t+1$)日 20 时至($t+2$)日 20 时的降水概率。同时,输出各因子的概率贡献,以便于检验各因子的作用。

本系统流程如图 1 所示。

4.4 试用结果

自 1986 年开始对济南单站降水概率预报方法进行研制,在 1987 年夏季(6~9 月)4 个月实际预报业务中试用,按 $P=0.6$ 时,判断有雨, $P=0.4$ 时,判断无雨,降水概率预报的准确率为 75%。经过改进,1996 年 7 月降水预报准确率为 76%,晴雨预报准确率更高。试报结果表明利用概率预报方法较主观预报的准确率能提高 10% 以上。

5 结 论

(1) 本概率预报系统是一种科学的、客观的天气预报方法,用其结果,可以使预报员及用户

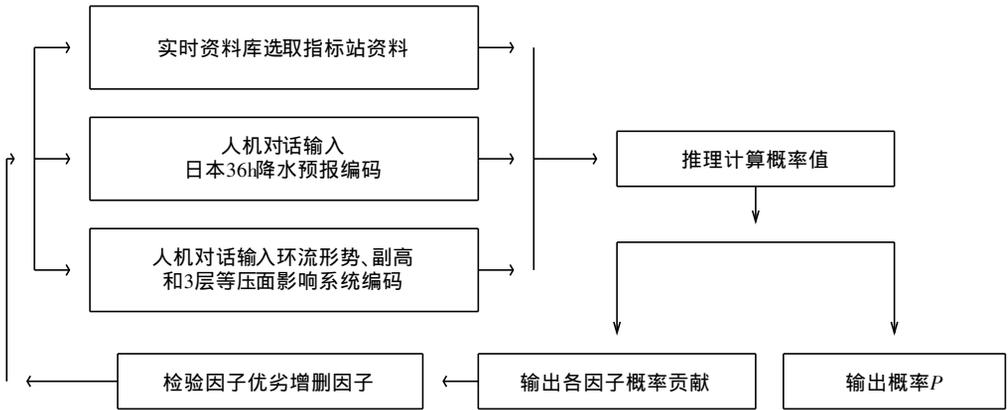


图 1 预报系统流程图

Fig. 1 Flow chart of the forecasting system

对未来降水可能性有定量概念,使其更具有参考价值,能够有效地发挥天气预报的潜在经济效益,使公众及领导部门更科学地利用天气预报信息安排好工作和生活。

(2) 由于输出打印了各因子的概率贡献,在长期的预报实践中,能发现并删除那些对降水影响不明显甚至为负贡献的因子,亦可增加那些预报员认为较好的因子,可以很方便地对系统进行修改,有利于该系统的完善和改进。

(3) 若将降水事件 R 分为: 无雨、小雨、中雨、大雨、暴雨等若干个等级,根据同样的方法,可以进一步制作各种降水等级的概率预报。

参 考 文 献

- 1 刘厚赞. 济南夏季降水概率预报方法. 山东气象, 1988, (1): 14~16
- 2 梁永礼, 刘厚赞. 济南降水预报自动化系统. 山东气象, 1991, (4): 19~22
- 3 曹钢锋, 张善君, 朱官忠, 等. 山东天气分析与预报. 北京: 气象出版社, 1988. 1~6

PROVINCE-LEVEL SUMMER RAINFALL PROBABILITY FORECASTING AUTOMATIC SYSTEM

Sun Xingchi Liu Houzan Zhang Sa Geng Bo

(Shandong Weather Center, Ji nan 250031)

Abstract Based on long-term meteorological observations, numerical products and weather patterns with their combinations, research is executed for their correlativity with recorded rainfall, a province-level summer precipitation probability forecasting automatic system is established in terms of combinations of the probability from multiple factors closely related to rainfall occurrence. Fairly good results are achieved in operational practice.

Keywords rainfall, probability prediction, multiple factors, combination of probabilities