

## 广州降水概率预报

谢定升 梁凤仪 易爱民

(广州中心气象台, 510080)

## 提 要

讨论了降水概率预报的意义、原理和方法,介绍了广州降水概率预报的业务流程及试验效果,并提出深入开展降水概率预报的若干建议。

**关键词:** 降水 概率预报 流程 效果

## 引 言

为贯彻落实中国气象局关于在“九五”期间要有组织、有计划地积极推进概率天气预报的指示,为更好地满足社会发展和广州经济建设的需要,我们于1996年开展了广州市降水概率预报研究和试验工作。

当今世界天气预报主要有分类天气预报和概率天气预报,在过去20多年中概率天气预报在世界范围内得到广泛使用,预报对象包括降水、强对流天气、台风路径、最高最低气温、能见度等,但以降水为主。

## 1 概率天气预报的意义

概率天气预报是用统计学方法或统计一动力方法预报某一天气现象有无可能发生并同时定量地给出其发生的可能性。降水概率预报是用分数表示有无降水及其各种等级和形态的降水发生的可能性。

近年来广州社会经济正在迅速发展,客观上已有必要推行概率预报的要求,气象台已有理论方法和计算机等先进设备,有制作定性的分类天气预报到制作客观定量的概率预报的条件,它将会使气象部门天气预报工作再上一个新台阶。降水概率预报给出概率值的大小,它能反映降水可能性的大小,使

预报更客观,结果更定量,从而发挥天气预报潜在的效益。

## 2 降水概率预报的原理方法

降水概率预报的方法有多种多样,我们采用的广州降水概率预报方法即多因子概率权重回归法,它是概率回归法之一种。人们之所以称为概率回归预报是因为其预报方程仍为回归方程,但预报结果是通过回归方程估计出来的预报量出现在某一级的概率,而不是预报量的数值,此方法在国外称为REEP方法。

## 2.1 基本思路

预报员对当地各种天气的环流形势、影响系统都有清晰的概念。以降水预报为例,尽管各层天气形势的不同配置及各气象要素场的不同特点,导致复杂的降水情况,通常预报员都能分析和判断起主导作用的若干因子,即有利和不利于当地降水的主要因子,这种分析和判断是客观定量预报方法中因子选择的最重要基础,根据预报员经验选取预报因子,符合天气学原理,有明确物理意义,因而因子的稳定性好,偶然性小,再按统计学的要求进行置信度检验,求出该因子与预报对象的相关系数。通常相关系数反映两者之

间关系密切程度,亦即因子的重要程度,我们以此为权重系数,建立权重概率回归方程。

## 2.2 方程的建立

应用降水概率权重回归方程,制作24小时和48小时降水概率预报,分别建立有无小雨以上、中雨以上、大雨以上及暴雨以上4条预报对象和因子都为(0,1)资料的预报方程。

设有 $N$ 个预报因子,则有 $N$ 个权重系数 $R_1, R_2, \dots, R_n$ ,把 $N$ 个预报因子进行线性综合,即横向叠加得预报方程:

$$Y_j = R_1X_1 + R_2X_2 + \dots + R_nX_n$$

$$\text{即 } Y_j = \sum R_iX_i \quad (1)$$

式中, $j=1,2,3,4$ 是预报对象的级别; $R_i$ 是因子 $X_i$ 与预报对象 $Y$ 的相关系数; $X_i$ 是经过0,1处理的预报因子, $n=1,2,3 \dots N$ 即因子数。

## 2.3 概率权重叠加预报原理

使用式(1)作预报时,也同时计算每个因子落在0(或1)档时,预报对象 $Y$ 为0的频数和 $Y$ 为1的频数,再把各个因子0,1两档的频数分别叠加。

多因子权重叠加预报公式如下:

$$P(J)_i = \sum R_n P_{ni} \quad (2)$$

$$\text{即 } P(J)_0 = R_1P_{10} + R_2P_{20} + \dots + R_nP_{n0}$$

$$P(J)_1 = R_1P_{11} + R_2P_{21} + \dots + R_nP_{n1}$$

其中 $i=0,1$ ;  $P_{n0}$ 是因子 $n$ 所在档次预报对象 $Y$ 为0的频率;  $P_{n1}$ 是因子 $n$ 所在档次预报对象 $Y$ 为1的频率。例如:若第一因子在0档,则 $P_{00} = N_{00}/N_0$ ;  $P_{11} = N_{01}/N_0$ ;若第一因子在1档,则 $P_{10} = N_{10}/N_1$ ;  $P_{11} = N_{11}/N_1$ 。

## 3 降水概率预报业务流程

### 3.1 普查和挑选候选因子

根据预报员经验挑选候选因子,这是最关键的一步,直接关系到建立预报方程的预报质量。本文因资料限于在气表1磁盘资料中挑因子,故有几点值得注意:

- a. 因子要客观、定量,不要因人而异。
- b. 因子要符合天气学原理,物理意义要清楚。如因子 $p_8, p_{20}$ 就是08时气压与前一天20时气压差,如其数值从正变为负,即本地开始受低气压系统影响,可能转阴雨天气。
- c. 要挑选组合因子,即加工过的因子,如 $E-T$ 变温、变压等。
- d. 注意诸因子间的独立性以及因子的预报时效。

现以广州4月份24小时降水概率预报的制作为例(以下同)说明操作步骤:

使用RRGZ1程序普查4月份20-20时降水与29个待选因子的相关,挑选的因子一般要求通过信度为0.05的相关系数检验,初选7个预报因子。

### 3.2 调集预报对象和预报因子资料

使用DR01ZL1程序调集预报对象为0,1资料和预报因子的原始资料,生成4级降水文件:如GZ104RR.101, GZ104RR.110, GZ104RR.125, GZ104RR.150。4个文件供计算因子相关系数和计算因子划分0,1资料的临界值使用。

### 3.3 计算因子临界值和因子相关系数

3.3.1 划分因子为0,1资料的临界值使用非线性判别公式计算:

$$DYC = (X_1S_2 + X_2S_1)/(S_1 + S_2) \quad (3)$$

式中, $X_1, S_1$ 是预报对象为1时所对应因子的那一组资料的平均数和标准差; $X_2, S_2$ 是预报对象为0时所对应因子的那一组资料的平均数和标准差。

3.3.2 预报对象和预报因子资料0,1化后,计算相关系数公式如下:

$$R = \frac{\sum (Y_i - y)(X_i - x)}{\sqrt{\sum (Y_i - y)^2 \sum (X_i - x)^2}}$$

3.3.3 因子资料0,1化处理和因子相关系数

因子资料 0,1 化处理和因子相关系数计算使用 DYZXG1 程序, 打印结果如表 1:

表 1 因子临界值和因子相关系数

GZ104R0. 101												
1984	1994	1	GZ104RR	PP. P08	PP. P14	EE. E14	E-. T08	P8. P20	E-. T14	RR. 088		
DYC (1) =171. 7			DYC (2) =154. 3			DYC (3) =223. 6			DYC (4) =12. 3			DYC (5) =16. 6
DYC (6) =-18. 1			DYC (7) =28. 6									
R (X0. X0) =1			R (X0. X1) =-0. 1633			R (X0. X2) =-0. 1344			R (X0. X3) =-0. 1109			
R (X0. X4) =0. 0635			R (X0. X5) =-0. 1134			R (X0. X6) =0. 2895			R (X0. X7) =0. 4326			

表 1 说明: 利用 1984-1994 年共 11 年 4 月份广州地面资料, 使用 DYZXG1 程序能计算广州 4 月晴雨 7 个候选预报因子划分为 0, 1 资料的因子临界值和因子相关系数, 且能把预报对象和因子的 0, 1 资料、临界值和相系数存放在 GZ104R0. 101 文件中。这个文件供建概率回归方程时调用相系数做权重系数使用, 在预报中, 调用因子临界值划分因子为 0, 1 资料再代入方程。

根据表 1, 建立广州 4 月晴雨预报方程如下:

$$Y_{101} = -0.1633X_1 - 0.1344X_2 - 0.1109X_3 + 0.0635X_4 - 0.1134X_5 + 0.2895X_6 + 0.4326X_7 \quad (4)$$

上述步骤所选因子若不满意, 例如因子  $X_4$  即 08 时  $E-T$  没有通过 0.05 相系数检验, 可剔除。剩下 6 个因子可重复 4.2-4.3 各步操作。

#### 4 广州降水概率预报操作步骤

广州 4-9 月降水概率预报是使用上述制作流程分月建立 8 个称为  $R_0$  的资料文件, 作 24 小时、48 小时预报时各使用 4 个文件。

以广州 4 月为例, 文件名为 GZ104R0, 扩展名为 101、110、123、150、201、210、225、250。扩展名的第一位 1 代表预报时效为 1 天, 第一位 2 代表预报时效为 2 天; 扩展名的第 2、3 位分别代表 4 个(小雨、中雨、大雨、暴雨)降水级别的 0, 1 资料。

从广州区域中心计算机实时资料库调用制作概率预报所需的实时预报因子资料, 生成 24 小时预报因子文件 YZ1 和 48 小时预报因子文件 YZ2 并存盘。

因实时资料库没有水汽压这个常用的气象要素, 使用如下公式求得<sup>[1]</sup>:

$$E(Td) = [E_0(T_0/Td)]^2(CL/RW) \cdot \exp[(L_0 + CL \cdot T_0)/R_w T_0 \cdot (Td - T_0)/Td]$$

#### 4.2 制作广州降水概率预报

调集实时预报因子资料后, 运行概率预报程序, 可打印(显示) 2 天的预报结果及各种参数(见表 2)。

表中预报值为式(1)计算所得; 临界值为式(3)计算所得; 定性预报符号 + 即预报值大于临界值, 方程预报有降水;  $P_0$ 、 $P_1$  是式(2)计算所得的权重概率值, 然后用如下公式计算:  $P_0 = P_0/(P_0 + P_1)$ ;  $P_1 = P_1/(P_0 + P_1)$ ;  $P_0 + P_1 = 1$

上述预报表还给出各个降水级别的气候概率和方程的拟合率。表中的降水概率即为可能出现降水预报的把握性, 是根据如下规定计算:

若定性符号为“-”, 则降水概率 =  $(P_1 + 1 - \text{拟合率})/2$

若定性符号为“+”且  $P_1$  小于气候概率, 则降水概率 =  $(P_1/\text{气候概率} + \text{拟合率})/2$

若定性符号为“+”且  $P_1$  大于气候概率, 则降水概率 =  $(\text{气候概率}/P_1 + \text{拟合率})/2$

表2 显示结果

24小时 降水概率预报								
降水级别	预报值	临界值	定性	$P_0$	$P_1$	气候概率	拟合率	降水概率/%
101	0.136	0.048	+	0.452	0.548	0.55	0.70	85
110	0.121	0.0828	+	0.837	0.163	0.17	0.70	82
125	0.260	0.0692	+	0.905	0.095	0.08	0.62	73
150	0.248	0.1259	+	0.958	0.042	0.03	0.74	69
预报因子数据 137 118 257.7 11.9 -7 11.7 6								
48小时 降水概率预报								
降水级别	预报值	临界值	定性	$P_0$	$P_1$	气候概率	拟合率	降水概率/%
201	0.141	-0.2895	+	0.384	0.616	0.56	0.60	75
210	0.185	-0.2598	+	0.736	0.237	0.57	0.70	67
225	0.318	-0.1259	+	0.886	0.114	0.08	0.58	64
250	0.176	-0.3207	+	0.940	0.060	0.03	0.74	69
预报因子数据 137 118 257.7 11.9 -7 11.7								

注：制作预报日期为1997.4.2

### 4.3 手工抄录建立因子资料文件

实时预报因子资料也可用人工读数建立YZ1、YZ2资料文件，运行概率预报程序，可得到表2预报结果。

### 5 广州降水概率预报试验

广州降水概率预报系统使用1984—1994年资料建方程，1995年试报。根据试报

情况，为了减少晴雨预报方程的漏报，一般降水概率大于45%时预报有雨；为了减少暴雨预报方程的空报，一般降水概率大于70%时才预报有暴雨。预报系统于1996年投入使用，现按广东省气象局短期预报评定方法统计质量，评定晴雨和有无暴雨二级降水预报方程，1996年4—9月评分统计见表3：

表3 广州市1996年4—9月晴雨、暴雨两级评分统计

	24小时预报/%	48小时预报/%		24小时预报/%	48小时预报/%
4月 晴雨	25/30=83	26/30=87	暴雨	1/2=50	0/1=0
5月 晴雨	29/31=93	27/31=87	暴雨	0/2=0	1/2=50
6月 晴雨	26/30=87	17/30=57	暴雨	1/1=100	2/3=66.7
7月 晴雨	23/31=77	23/31=77	暴雨	1/1=100	2/3=66.7
8月 晴雨	25/31=81	22/31=71	暴雨	1/3=33.3	1/2=50
9月 晴雨	20/30=67	23/30=77	暴雨	1/4=25	
合计晴雨	148/183=80	138/183=75	暴雨	5/13=38	6/11=55

### 6 小结及建议

广州降水概率预报业务系统，从预报因子库的建立、普查因子、建立权重方程到作降水概率预报以及预报评分等操作，自动化程度较高；在实际预报应用中，客观定量，预报评分基本到达目标管理要求，有较好参考意义，气象台站容易推广应用。由于资料及经验不足，本系统仍有许多不足之处，建议

扩大因子资料来源的范围，如从单站到多站，从地面到高空。还可以使用PP预报法，增加数值预报因子。利用概率预报资料进行预报因子和方程的深加工。这样可以较好地提高概率预报的质量。

### 参考文献

- 1 陈创买，郭英琼，气象常用参数和物理量查算表。北京：气象出版社，1980：19。（下转42页）

# (上接 46 页) Precipitation Probability Forecast in Guangzhou

Xie Dingsheng Liang Fengyi Yi Aimin

(Guangzhou Central Meteorological Observatory, 510080)

## Abstract

The importance and principle of Precipitation Probability Forecast (PPF) are discussed. Meanwhile, the operational process of PPF and Guangzhou PPF experiment results are presented. Some propositions about deeply developing PPF are suggested.

**Key Words:** precipitation probability forecast operational process