

浙江省热带气旋过程雨量的相似预报系统

李慧武 贡九鼎*

(浙江省气象科学研究所)

提 要

当热带气旋进入起报区后,在150个历史样本中筛选出6个与它最近的历史样本。依据该6个热带气旋的路径,对其相应的过程雨量作加权期望,得到本次热带气旋的过程雨量预报值。整个预报步骤采用人机对话,并以本省等雨量线图输出。

一、前 言

浙江省热带气旋过程雨量的相似预报系统于1986年研制建成,已进行了5年的业务应用,并作了改进。此系统主要由三部分组成,即资料数据库、计算方法(包括资料处理和预报方法)和热带气旋过程雨量分布图的客观绘制。系统采用FORTRAN语言和高级BASIC语言结合编制,程序的基本结构如图1所示。

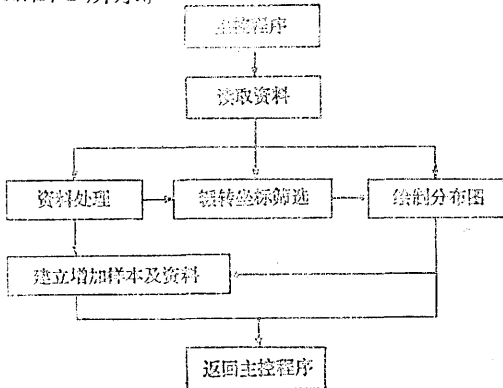


图1 系统程序的基本结构

系统的主要特点是:不依赖热带气旋的路径预报,但却用历史路径的反馈信息作决策;输出产品是一幅浙江省过程雨量分布

图,简明直观;待报样本的大部分资料由STYS系统中直接读取,方便易行。

二、资料及其处理

1. 历史样本和资料

系统规定以温州为中心、以温州到冲绳岛的距离为半径的 $\pm 50\text{km}$ 的环带为起报区,某次热带气旋进入该区的第一个常规时刻为起报时刻,记为 t_0 ,则 t_0-1 、 t_0-2 分别代表 t_0 时刻前6小时、前12小时的时刻。根据台风年鉴,1956—1989年间进入起报区的热带气旋历史样本共有150个。

系统的资料包含三类:①150个历史样本的150个测站的过程雨量。由台风年鉴和气表中读取,共有 $150 \times 150 = 22500$ 个数据。②欧亚区域($10-55^\circ\text{N}$, $70-150^\circ\text{E}$) $5^\circ \times 10^\circ$ 经纬度网格点上150个历史样本在 t_0 时刻的500hPa高度;福州、温州、衢县、南昌、银川、延安、西安、太原、北京、郑州和济南等13个测站的500hPa风向风速;石垣、冲绳、鹿美、女岛、济州岛、射阳等6个测站的地面风向风速;以及热带气旋特征量,即 t_0 、 t_0-1 、 t_0-2 时刻的热带气旋中心气压及其6小时变压;中心位置、外推移向数等,均取自历史天气图和历年台风年鉴。③浙江省

*本文为国家气象局台风基金资助课题。

省界点坐标, 省内外150个测站的位置坐标, 由浙江省地图中读取, 用于热带气旋过程雨量的客观分析和绘图。

2. 对500hPa高度场用切比雪夫多项式展开

用切比雪夫多项式展开500hPa高度场后, 我们取几个展开式系数来反映高度场的特征⁽¹⁾⁽²⁾。为了研究展开式系数对高度场的描述能力, 分两种情形对150个历史样本进行了展开拟合试验。第一是大区域(10—55°N, 70—150°E)展开, 第二是在大区域中分三个小区展开: 一区(10—45°N, 100—150°E), 二区(45—55°N, 100—150°E), 三区(25—55°N, 70—100°E)。

统计分析表明, 不同区域展开式的系数表达了不同区域高度场的特征。综合小区域特点, 可以更加明确天气系统的地理位置, 而展开式系数的大小可反映天气系统的强度。现以1980年9月18日20时的500hPa高度场(图2)为例, 对展开式系数 A_{10} 、 A_{20} 、 A_{02} 作一说明, 附表给出了各区 A_{10} 、 A_{20} 、

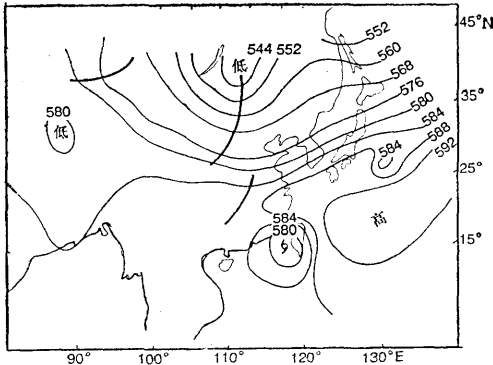


图2 1980年9月18日20时500hPa高度场

附表 1980年9月18日20时500hPa高度场
 A_{10} 、 A_{20} 、 A_{02} 的值

分区	A_{10}	A_{20}	A_{02}
大区域	-9.47	7.88	-0.12
一区	19.32	6.82	11.40
二区	4.86	0.12	-6.67
三区	-51.83	-2.86	-12.71

A_{02} 的值。

由附表可见, 第一种情形下, $A_{20} = 7.88 > 0$, 表示大区域高度场纬向为东西高中间低的形势; 而 $A_{02} = -0.12 < 0$, 表示大区域高度场经向为南北低中间高的形势。这些与图2欧亚区域中部为西风槽, 北部有低压, 南部有台风的实际情况相符, 但西风槽的地理位置不够明确。第二种情形下, 一、二两区都有 $A_{20} > 0$, 且一区的 A_{20} 大于二区的 A_{20} , 表示两区均为东西高中间低的形势, 而三区有 $A_{10} = -51.43 < 0$, 表示显著的西高东低形势, 图2显示西风槽从二区伸展到一区, 在一区西风槽更明显, 而三区则处于脊前槽后。因而综合分析小区域展开式系数可使西风槽的位置更明确。

根据相关普查和试算, 我们认为选取各区的 A_{10} 、 A_{20} 、 A_{02} 三个展开式系数作为预报因子比较合适。这样四个区共有12个因子。

3. 对指标站的风向风速进行分解组合

首先将前面列出的各个指标站的风向风速按SE、NE、NW、SW四个方向进行分解, 然后按区域作适当组合, 取得24个环境流场因子, 它们是:

① t_0 时刻福州的SE; ② t_0 时刻温州的SE; ③ t_0 时刻衢县、赣州、南昌的SE之和; ④、⑤、⑥是上述相应的SW值; ⑦ t_0 时刻银川、延安、西安的NW之和; ⑧ t_0 时刻太原、北京、郑州的NW之和; ⑨ t_0 时刻宜昌、济南的NW之和; ⑩、⑪、⑫是对应的NE之和; ⑬、⑭、⑮分别是 t_0 时刻石垣、冲绳、庵美的NE; ⑯、⑰、⑱分别是对应的NW; ⑲、⑳、㉑分别是 t_0 、 $t_0 - 1$ 、 $t_0 - 2$ 时刻女岛、济州岛、射阳的NE之和; ㉒、㉓、㉔则分别是对应的NW之和。

三、筛选与决策

1. 筛选

系统所采用的辗转坐标筛选方法参

见[3],该方法的主要思想是:在只有一个主要因子的前提下,引进筛选算子DE,循环地在各个坐标上筛除畸点,最后在输出坐标上输出唯一的相似样本。这个相似样本与待报样本在其它坐标上有较近的距离的基础上,在输出坐标上有最近距离。

业务预报实践指出,在一个输出坐标上输出唯一的相似样本的做法风险太大。另外,也须考虑到天气形势的相似。为此,本系统作了如下改进。

首先,用以上选取的12个因子进行辗转坐标筛选,选出一个体现与待报样本的高度场(即天气形势)相似的历史样本子集。该子集包含有50个历史样本。接着,在这个天气形势相似的历史样本子集上,用环境流场因子和热带气旋特征量因子作辗转坐标筛选,并分别在6个输出坐标上输出6个相似样本。

2. 决策

传统的做法是,取筛选出来的6个相似样本的过程雨量的回归外推值作为预报值。但业务实践指出,该外推值接近平均值,满足不了预报要求。事实上,每次预报后都能找到筛选出的某个历史样本,用它的过程雨量作预报值要比外推值好,问题是事先不知道该选哪一个,用回归外推值乃不得已而为之。显然,选出的6个相似样本的路径可作为预报依据之一。通过实践,可作三种分岔,以便决策:

①当筛选出的6个相似样本的路径中,在浙闽登陆或浙江近海北上(指热带气旋中心进入 123°E 以西的浙江近海)的有3个或以上,则取其中具有最大过程雨量的历史样本的权重为0.75,次大雨量的历史样本的权重为0.25,其余4个历史样本的权重为零,求期望值。②当选出的6个相似样本的路径中远海北上或进入南海的有3个或以上,则取其中具有最小过程雨量的历史样本的权重为0.75,次小雨量的历史样本的权重为0.25,

其余4个样本的权重为零,求期望值。③不属于①或②者,则求回归外推值。

以上分岔依照顺序决策,不会产生矛盾。

四、过程雨量分布图客观绘制

把浙江省及邻近区域划分成 32×32 的网格,应用距最近 K 点插值原理^[4](系统取 $K=4$),将不规则分布的测站上的过程雨量内插到上述规则网格点上,然后进行过程雨量等值线的分析。本系统规定等雨量线程值为50,100,200,300,……(mm)。系统采用的等雨量线分析方法的基本思路介绍如下:

从点(1,1)开始自左至右,从上到下在网格上进行判别等雨量点,并求出等雨量点的坐标,然后将这些点连结起来即为一某程值的等雨量线。具体判别时,若某网格的四个顶点 $(i, j), (i+1, j), (i, j+1),$

$(i+1, j+1)$ 上的过程雨量值 $R_{i,j}, R_{i+1,j}, R_{i,j+1}, R_{i+1,j+1}$ 均大于或均小于某个等雨量线程值 L ,则表明该网格上不存在等雨量点,进行下一个网格的判别,否则先用 x_1, y_1 的值来判别网格的哪条边上存在等雨量点。 x_1, y_1 的值由下列各式求出:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = 0 \text{ 时, } x_1 = (L - R_{i,j}) / (R_{i+1,j} - R_{i,j}); \\ \quad \text{若 } 0 \leq x_1 \leq 1, \text{ 上边有等值雨量点} \\ y_1 = 1 \text{ 时, } x_1 = (L - R_{i,j+1}) / (R_{i+1,j+1} - R_{i,j+1}); \\ \quad \text{若 } 0 \leq x_1 \leq 1, \text{ 下边有等雨量点} \\ x_1 = 0 \text{ 时, } y_1 = (L - R_{i,j}) / (R_{i,j+1} - R_{i,j}); \\ \quad \text{若 } 0 \leq y_1 \leq 1, \text{ 左边有等雨量点} \\ x_1 = 1 \text{ 时, } y_1 = (L - R_{i+1,j}) / (R_{i+1,j+1} - R_{i+1,j}); \\ \quad \text{若 } 0 \leq y_1 \leq 1, \text{ 右边有等雨量点} \end{array} \right. \quad (1)$$

判别存在等雨量点后,再用下式求该点的坐标。

$$\begin{cases} x = x_0 + cx_1 \\ y = y_0 + ky_1 \end{cases} \quad (2)$$

式中 (x_0, y_0) 是网格左上角顶点的绝对坐标, c, k 是微机屏幕象素比例常数。

整个判别流程如图3所示。

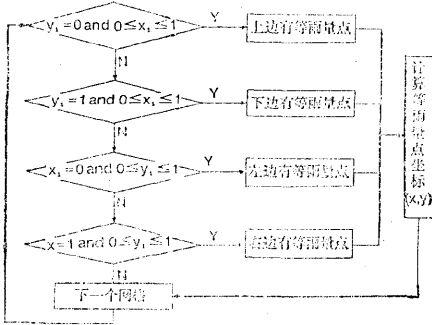


图3 绘制等雨量线判别流程图

五、预报步骤及实例效果

预报步骤是:

监视热带气旋的中心位置, 确定起报时刻。

由STYS系统中读取各指标站的风向风速, 500hPa高度场; 由热带气旋情报中读取热带气旋特征量, 建立数据文件。

启用主控程序, 根据提示选择“预报”科目, 系统即自动调用有关资料, 进行资料处理, 然后作高度场筛选, 再作环境流场和热带气旋特征量筛选, 并将6个筛选结果显示在屏幕上, 调出该6个历史样本的路径和各站的过程雨量, 按路径对雨量作加权, 求期望值, 最后输出本省过程雨量分布图。整个过程用人机对话完成, 费时约20分钟 (IBM PC/AT机)。

由于本系统的输出产品是热带气旋过程雨量的分布图, 定量评价其正确性比较困难。我们定义预报分布图中的最大等雨量线的值和实况分布图的相等算作正确, 进行了历史样本的拟合分析, 其拟合率约为82%。下面给出9012、9015、9018热带气旋过程雨量分布的实况图和预报图 (图4、5和6) 来

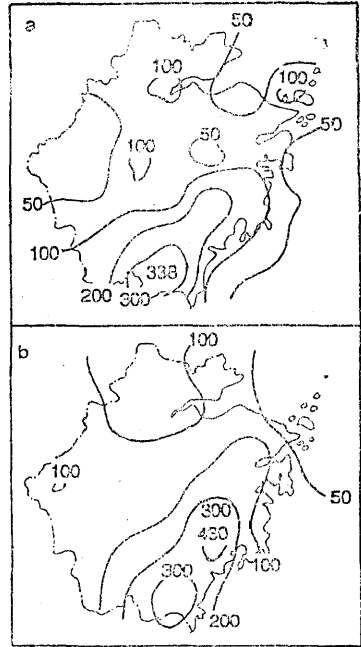


图4 9012热带气旋过程雨量分布图
a为实况图, b为预报图, 下同

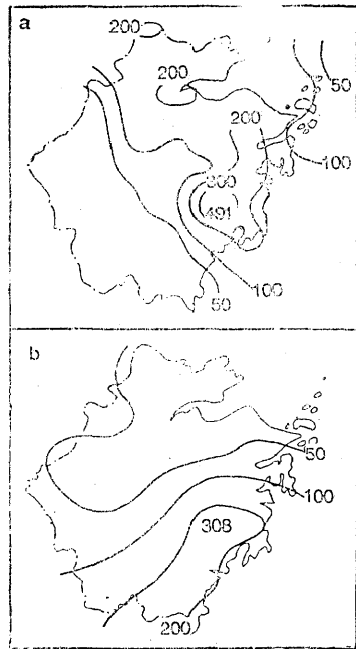


图5 9015热带气旋过程雨量分布图

加以说明。

图4a和4b分别是9012热带气旋过程雨量分布的实况图和预报图。比较两张图可以看

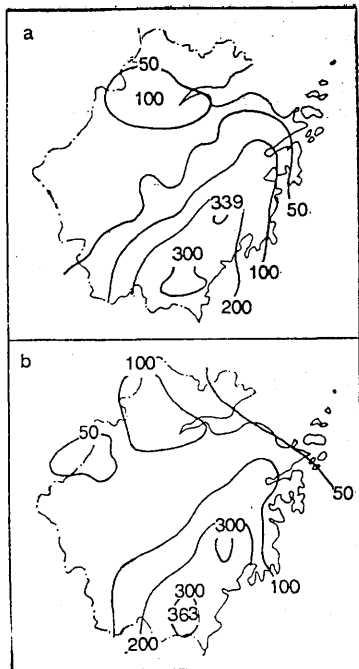


图6 9018热带气旋过程雨量分布图

到, 两者的分布特征是相吻合的, 预报图不仅报出了浙南及浙中沿海和浙北的两块 >100mm 的大暴雨区, 而且还报出了括

仓山、文成附近的两个大于300mm的特大暴雨中心。

同样, 对9018热带气旋的过程雨量分布的预报(图6)也是较好的。预报图和实况图在过程雨量的分布, 中心及量级三个方面都是吻合的。

图5是9015热带气旋的过程雨量分布的实况和预报图。对照图5a、b可见, 两者虽然在总体量级上相差不算太大, 最大中心的落点也比较接近, 都是在括仓山附近, 但它们的分布特征相差较大。

参考文献

- (1) 周家斌, 气象要素场水平分布的统计预报方法(一), 大气科学, 1982, Vol. 6, No. 4, 386—392.
- (2) 张家诚等, 用车贝雪夫多项式研究月平均500毫巴等压面位势场的初步结果, 气象学报, 1963, Vol. 33, No. 2.
- (2) 贡九鼎, 李慧武, 辗转坐标筛选, 大气科学, 1990, Vol. 14, No. 3, 328—334.
- (4) 魏敬伟等, 区域地面流线的计算机绘制, 气象, 1987, Vol. 13, No. 6.

A system for forecasting of the total precipitations from the similar tropical cyclone processes in Zhejiang Province

Li Huiwu Gong Jiuding

(Meteorological Institute of Zhejiang Province)

Abstract

When a tropical cyclone enters the prognostic range, the latest 6 samples similar with it will be picked up from 150 historical ones and the relative precipitation processes will be weighted according to their tracks respectively, thus, getting the expected value as the forecast value for the total precipitation of the newly coming tropical cyclone. Man-computer interactive method is adopted through the course and the equipluves chart of the total precipitation over Zhejiang Province is produced finally.