

江西暴雨预报的客观天气学模型和 物理诊断模型研究*

曹晓岗 王田民 戴熙敏

(江西省气象台, 南昌 330046)

张明席

(福建省气象局, 福州 350001)

提 要

文章介绍了江西区域暴雨的客观天气学模型、物理诊断模型、预报流程以及利用数值化云图进行暴雨落区短时跟踪预报的方法, 并给出了1992~1995年汛期模型的试报结果。

关键词: 区域暴雨 车比雪夫系数 物理诊断 数值化云图

引 言

找出产生暴雨的天气系统的强度和分布, 概括出较为客观的概念模型, 对提高暴雨短期预报水平有很大的帮助。近年来, 我们对江西区域暴雨(≥ 50 mm的站数不少于10站)进行了天气背景的客观定量化模型研究和物理诊断模型的研究, 采用数值化云图对暴雨落区进行短时跟踪预报研究, 制定了一套区域暴雨的预报自动化方案, 并在业务预报中进行了试报, 取得了较好的效果。

1 客观天气学概念模型的建立

(1) 计算方案 在暴雨天气预报中, 人们已总结了不少有价值的天气学概念模式, 然而这些模式一般都存在主观性强, 不易量化, 且描述标准不统一等缺点。本文针对上述问题, 利用车比雪夫正交场的典型物理意义, 寻求一种天气学概念模式的客观描述方法, 由此建立了客观化、自动化的预报模型。

选取36个探空站(站点选取见文献[1]), 采用 6×6 的矩阵分布, 选用了850、700、500 hPa标准层上的高度、温度、露点、风向、风速等要素, 考虑到暴雨过程中次天气尺度系统作用的重要性, 我们把展开场划分组合成若干个 5×5 、 4×4 的小区域(区域代码见

* 国家“85-906-06-01”课题资助。
1995-12-18收到, 1996-10-04收到修改稿。

文献[1]。通过小区域场的组合,就可方便地描述小范围天气系统特征。如正南与正北 4×4 的 A_{01} 之差可描述中区切变线的强弱等。

利用文献[2]的映射变换原理,将测站上的分布映射到规则格点上,得到车比雪夫系数计算公式为:

$$\bar{Z}(x_i, y_j) = \sum_{k=0}^{I_0} \sum_{s=0}^{J_0} A_k \varphi_k(x_i) \psi_s(y_j)$$

$$A_k = \frac{\sum_{i=1}^{I_0} \sum_{j=1}^{J_0} Z(x_i, y_j) \varphi_k(x_i) \psi_s(y_j)}{[\sum_{i=1}^{I_0} \sum_{j=1}^{J_0} \varphi_k^2(x_i) \psi_s^2(y_j)]}$$

得出 A_k 后,将空间物理图像反变换至实际测点上。因此, A_k 相对值的大小也就是天气形势的差异程度。

取 1983 年至 1987 年 4~6 月份逐日资料,按上式进行计算,系数只取 A_{00} , A_{01} , A_{10} , A_{02} , A_{20} , A_{11} 等一、二阶系数,并生成 A_k 因子库,供模式建立时普查。

(2) 模式普查 用选取样本年代的 A_k 与同年代的有预报意义暴雨数据对照,通过计算机进行概括与消空普查,挑选出大量有显著预报效果的 A_k 组合模式。然后对这些模式进行人工天气学物理意义的分析,选取既有天气学意义,又有预报效果的 A_k 模式,剔除不符合天气学原理的模式,以保证预报效果的稳定性。

这些组合模式用自定义的算法算子 \max , \min , qnz , pjz ... 表示^[1], 算法算子编入程序库,方便预报模式的业务应用编程。

(3) 模式集成 由于普查出来的 A_k 组合模型大部分只重点描述了大气运动的一个方面,而暴雨天气的产生是大气运动多方面作用的结果,所以, A_k 组合模型建立后,必须对其集成。集成方案利用分组法,即先计算 A_k 组合模型之间的相关系数,然后挑选出若干个相关性较小,且综合对暴雨的概括率高的 A_k 组合模型作为分组基础。然后,把与各基础相关性好的模型加入到基础组中,消空误报。简单地说,就是把相关性小的条件作为组内,相关性大的条件作为组间,且要考虑每组条件都应有典型的物理图像。这样就建立了几组客观暴雨预报的天气学概念模型。这几组客观暴雨预报的天气学概念模型较好地总结、归纳出连续暴雨开始日、中间日、结束前一日的形势,以及大范围暴雨的各种形势。最后通过对模型合并,形成预报模型。预报模型算法如下:

$$y = \sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^m F_{i,j}(X)$$

其中 y 为预报值, n 为预报模型组数, m 为 A_k 组合模型在某组中的个数, $F_{i,j}(X)$ 为第 i 组模型第 j 个 A_k 的值。

(4) 模型举例 为了叙述方便,本文仅对 6 月份预报模型 B 作一说明。因子描述:

- | | | |
|----------------|----------------|----------------|
| 1—ZZHH85(0, 2) | 2—ZEHH85(0, 2) | 3—ZSHH85(0, 2) |
| 4—ZSHH85(1, 1) | 5—SWHH70(0, 1) | 6—ZSHH70(0, 1) |
| 7—NWHH70(0, 1) | 8—ZNHH70(0, 1) | |

模型条件: Model-B: $\min 3:(01 \ 02 \ 03)30 \setminus 200$

S2Z3:(01 \ 02 \ 03)41 \setminus 200

$\max 1:(04)19 \setminus 68$

d2x2:(05 \ 06 \ 07 \ 08)58 \setminus 200

因子描述部分第一个数字为因子编号，第3, 4个字符为场区域编码^[1]，第5~8位为场代码，括号中的数字为车比雪夫系数的阶数。例如1—ZZHH85(0, 2)，其中1代表第一个因子，ZZ代表车比雪夫展开场的区域范围。其左上角坐标序号为(2, 2)，右下角坐标为(5, 5)。HH85为850 hPa高度，(0, 2)为车比雪夫展开的阶数。模型条件中的前4个字符为算法算子，括号中的数字为因子号，括号后的数值分别为上下限值。

模型的物理意义为：①850hPa中区，正北区或正南区都应有一强度相当的东西方向的切变或槽，其 A_{02} 的值至少应大于0.30；②上述3个区的切变强度应有2个 A_{02} 值大于0.41；③正南区东高西低形势适中，其 A_{10} 在0.19~0.68之间，即有一定强度的西南气流；④700 hPa西南或正南区中最大的西风指数与西北或正北区的较小的西风指数之差(即纬向锋区强度)应满足一定条件，其 A_{01} 之差应大于0.58。

天气图像为850 hPa中区(长江流域)有切变或槽，江南为东高西低，有较强西南风。700 hPa的低值系统比850 hPa偏北，南区有低层急流。图1为1983~1987年6月满足上述条件个例的平均图，其形势与上述概念图像一致。

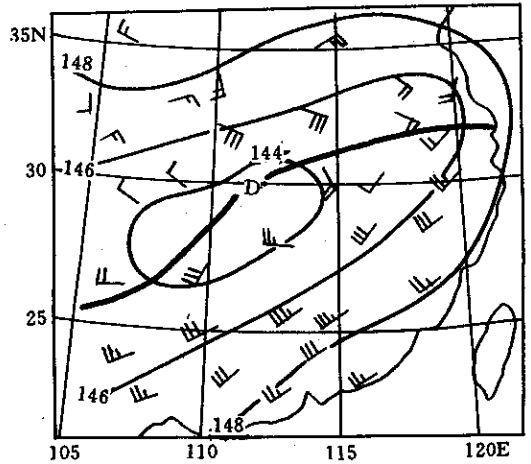


图1 1983~1987年6月模式B型850 hPa平均高度场与平均风场

2 物理诊断模式的建立

利用1982年至1985年5~6月19次江西区域暴雨过程作为分析对象(其中大部分伴有暴雨(表略))，计算了暴雨开始前08时的高空物理背景场。对19次过程各物理量进行合成求得平均场。通过分析归纳，得到江西区域暴雨的物理诊断模型。图2(a, b)分别是热力和动力条件综合。

根据江西区域暴雨的诊断模型，我们得到江西区域暴雨预报的着眼点。

(1) 热力条件 850 hPa层江西省处在 $\theta_w \geq 350$ K 或700 hPa处在 $\theta_w \geq 345$ K 的高能舌前部；低层江西为暖平流，高空有冷平流；江南为 $q \geq 15$ g/kg 的高湿区，江西处在 ≥ 16 g · cm⁻¹ · hPa⁻¹ · s⁻¹ 的大水汽通量前部，同时在江西、湖南的北部有一个强水汽辐合中心，其值 $\leq -30 \times 10^{-8}$ g · cm⁻² · hPa⁻¹ · s⁻¹；江西处于 k 指数 ≥ 32 °C 的不稳定高值区中。

(2) 动力条件 西南地区高空有大的正涡度中心 ($\geq 40 \times 10^{-5}$ s⁻¹)，江西及其上游是正涡度平流区。江西以西地区低层有大的上升中心，一般 $\omega \leq -30 \times 10^{-3}$ hPa · s⁻¹。

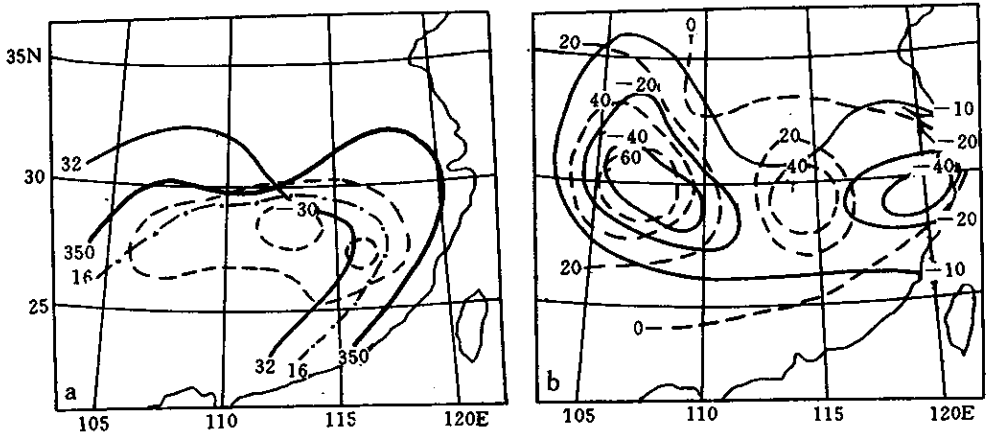


图2 江西区域暴雨的物理诊断模型

(a) 热力条件综合图 (— k 指数(单位: $^{\circ}\text{C}$),
——假相当位温(单位: K), -·-水汽通量
(单位: $\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$), -·-水汽辐
合量(单位: $\times 10^{-8} \text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$))

(b) 动力条件综合图 (—垂直速度
(单位: $\times 10^{-3} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$)
——正涡度(单位: $\times 10^{-5} \cdot \text{s}^{-1}$))

3 区域暴雨的预报流程

利用所建立的天气学概念模型和物理诊断模型,结合云雨场分析结果,制定了江西省区域暴雨的预报自动化方案。其流程见框图(图3)。

(1) 天气概念模型的自动识别 首先从实时资料库中选出计算所需的实时资料,处理后,再计算各标准层要素的车比雪夫系数 A 。按不同的月份,自动识别是否符合暴雨模型,输出预报结果。接着进行物理量计算。

(2) 物理模型的自动识别 将江西及其上游地区($105^{\circ} \sim 117^{\circ}\text{E}$ 、 $24^{\circ} \sim 31^{\circ}\text{N}$)作为关键区,识别关键区中的各物理量中心值、各网格点上的物理量值是否达到暴雨物理诊断模型规定的临界值。各种物理量的综合的处理方式与文献[3]相同。如不满足条件,则表明区域性暴雨物理条件不太具备,降水量级达不到区域性暴雨标准,有可能是局部暴雨或大雨量级;如符合模型的条件,则输出有区域性暴雨的预报。

上述暴雨物理诊断模型是对天气学模型的强化与消空订正,可增加区域暴雨预报的可信度。

(3) 落区预报 当预报有区域暴雨时,可利用数值化云图进行短时跟踪落区预报。

首先对云图进行数值化处理,再识别数值化云图的中尺度云团分布,求出中尺度云团面积^[4]。将两个时次的云图相减,求出1小时、3小时云团的变化与移动情况,调用云图预报的知识库规则进行判断,预报中尺度云团的生消与移动,从而作出未来3~6小时的降水强度与落区预报。降水的强度主要是利用云顶最低气温及其变化与中尺度雨团的统计对应关系来确定的;落区由中尺度云团位置、范围移向移速确定。短时落区预报在24小时内可进行多次。

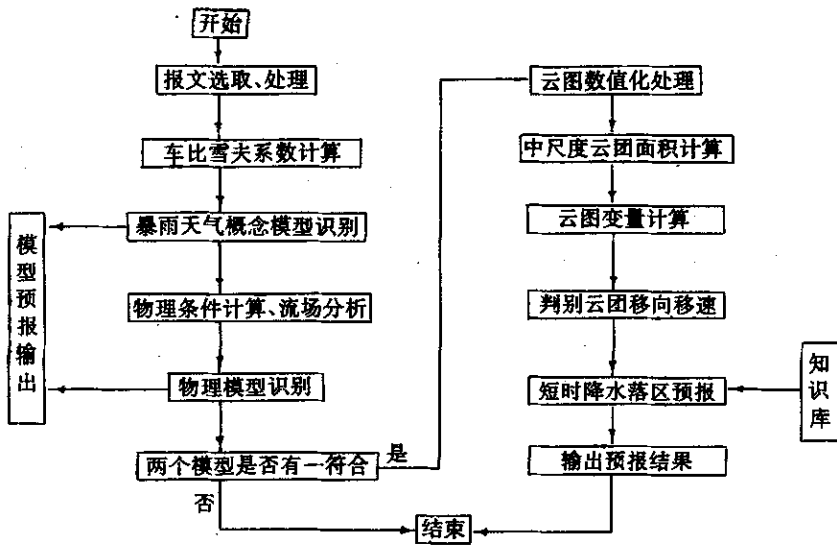


图3 江西区域暴雨预报自动化流程

4 试报结果

用所建立的天气学模型、物理诊断模型及云雨场的短时落区预报方法，先后在1992~1995年汛期进行了试报。

1994年6月11~16日江西出现了一次连续大暴雨，其中12、13、14、15、16日符合天气学模型与物理诊断模型，6天中报对5天，较成功地报出了这次连续大暴雨过程。现以12日为例，该日天气学模式符合b、d、f、h模型。物理诊断也完全符合条件(图略)。即预报12日20时到13日20时江西有区域暴雨。每6小时进行一次云图分析作降水的落区预报。13日上午08时的数值化云图的降水落区预报与13日08~14时的实况降水量。对比两张图可发现降水的3个中心位置是较一致的，但降水量的预报有较大差别(图略)。可见云图对短时落区预报有一定的参考价值。

由1992~1995年试报情况可见(附表)：4年中总共预报有暴雨71次，预报正确42次，基本正确16次，错报25次，正确与基本正确约占总次数70%。比同期省台对外综合预报准确率高10%左右。说明该预报方案有较好的预报效果。

表1 1992~1995暴雨试报结果

年	预报有暴雨 次数	实况 ≥ 50 mm		评 定			
		≥ 10 站数	4~9 站数	正确	基本正确	空报	漏报
1992	11	6	4	6	4	1	1
1993	17	10	3	9	3	5	1
1994*	17	15	5	10	5	2	4
1995	26	23	4	17	4	5	6
合计	71	54	16	42	16	13	12

* 有一天因缺资料未作预报。

参 考 文 献

- 1 曹晓岗, 等. 区域暴雨预报诊断模式的建立. 江西气象科技, 1995, (2): 15~19.
- 2 周家斌. 关于车比雪夫多项式原理的几个问题. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1987. 10~26.
- 3 曹晓岗, 王田民, 戴熙敏. 国家气象中心数值预报产品在江西省暴雨预报中的诊断释用. 大气科学研究与应用, 1995, (2): 58~62.
- 4 曹晓岗, 王田民, 戴熙敏. 江西省区域暴雨综合诊断预报系统. 江西气象科技, 1995, (2): 9~11.

A STUDY OF OBJECTIVE SYNOPTIC MODEL AND PHYSICAL DIAGNOSTIC MODEL OF TORRENTIAL RAIN FORECAST IN JIANGXI PROVINCE

Cao Xiaogang Wang Tianmin Dai Ximin

(Meteorological Office of Jiangxi Province, Nanchang 330046)

Zhang Mingxi

(Meteorological Bureau of Fujian Province, Fuzhou 350001)

Abstract

The objective synoptic model, diagnostic model of torrential rain forecast and prediction flow in Jiangxi province are introduced, and the short-range tracking forecast technique of torrential rain location by using the digitized cloud images is presented. The experimental forecasts of flood season model from 1992 to 1995 are given.

Key words: Regional torrential rain Chebyshev coefficient Diagnostic analysis
Digitized cloud image