

# 江西汛期连续暴雨形势特征 与中期预报模型

尹洁 陈双溪 刘献耀

(江西省气象局, 南昌 330046)

## 提 要

利用1960~2000年共41年的历史天气图资料对江西省汛期连续暴雨过程的天气形势特征进行了分析,利用近5年的T106资料对连续暴雨的物理量场特征进行了分析,得出了阻塞高压、副高等行星尺度系统和天气尺度系统的活动规律及连续暴雨的动力热力条件分布特征。并利用欧洲中心数值预报产品建立了汛期连续暴雨中期预报模型,经两年应用效果表明该模型有较强的预报能力。

**关键词:** 连续暴雨 形势特征 中期预报模型

## 引 言

汛期连续暴雨预报由于其形势背景的复杂性,一直是天气预报中的难点,而要提前3~5天预报连续暴雨则难度更大。但是做好汛期连续暴雨的中期预报是经济建设、防汛抗洪减灾十分迫切的需求,它一直是预报服务的重中之重。1998年大洪水发生后,加强汛期连续暴雨中期预报的研究更成为当务之急。本文利用41年的大样本历史天气图资料对江西省汛期连续暴雨的天气形势特征进行了分析,利用近5年T106资料对连续暴雨的物理量场特征进行了分析,并利用EC-MWF资料建立了汛期连续暴雨的中期预报模型,为提高汛期连续暴雨的中期预报能力提供一个良好的技术支持。

### 1 资料及连续暴雨标准

通过普查1960~2000年41年江西省主汛期(6月1日至汛期结束,汛期结束一般在7月上旬)所有暴雨日资料,综合考虑暴雨的范围、强度和持续时间,我们确定研究的对象为3天以上的连续暴雨过程。其标准是:在该连续暴雨过程时段内,必须有一个连续3天内有2天每天暴雨站数在10站以上,1天暴雨站数在3站或以上。若在这3天前或后

的其它天数中满足省内每天暴雨站数达5站以上,则连续暴雨过程相应延长,直到5站以下为止。根据以上标准,41年共有53个连续暴雨过程。我们把连续暴雨过程的持续天数称为“连续暴雨日数”,53个连续暴雨过程共有309天“连续暴雨日”。平均每年连续暴雨过程有1.29个,平均每年“连续暴雨日”为7.93天。连续暴雨过程持续天数最短为3天,最长为20天,平均为6.13天,其中3~7天的占83%,8~20天的占17%。

### 2 汛期连续暴雨的天气形势特征

从暴雨理论和大量的暴雨实例研究中我们知道,产生暴雨的两大基本条件是:充足的水汽和强烈的上升运动,因此暴雨是在特定的天气形势下产生的<sup>[1,2]</sup>。而连续暴雨由于必须具备稳定持续的暴雨天气形势,因此它又与行星尺度的大型环流背景有关<sup>[2,3]</sup>。从空间尺度而言,暴雨是中小尺度系统的产物,但产生暴雨的中小尺度系统是在有利的天气尺度系统下发生的,而产生持续暴雨的天气尺度系统又是受行星尺度系统制约的<sup>[2]</sup>。由于本文主要研究连续暴雨的中期预报问题,根据预报时间尺度应与空间尺度相对应的原理<sup>[4]</sup>,我们重点分析连续暴雨的行星尺度系

统特征和天气尺度系统特征。

### 2.1 行星尺度环流背景特征

通过普查 1960~2000 年共 41 年的 500hPa 历史天气图,我们发现连续暴雨的行星尺度环流背景的基本特征是:高纬大多数是阻塞高压形势,中纬度多是低槽东移形势,低纬度则是西太平洋副高位置稳定适中。

#### 2.1.1 阻塞高压

我们将 500hPa 50~70°N、20~150°E 范围内,有闭合高压环流或在明显向北发展的高压脊中心南侧有 3 站以上偏东风存在时确认为有阻塞高压存在。经普查发现,连续暴雨期间的高纬阻高形势有以下 5 种:东阻、双阻、乌阻、中阻、欧阻(阻塞位置见图 1)。它们所占的比例分别是 27.5%、27.2%、11.6%、11.9%、11.3%(表 1)。江西省连续暴雨有 89.5% 是有阻高的,其中东阻、双阻比例最高(这里双阻指的是东阻和乌阻同时存在或东阻和欧阻同时存在的情形)。值得注意的是无阻塞形势也有 10.3%。

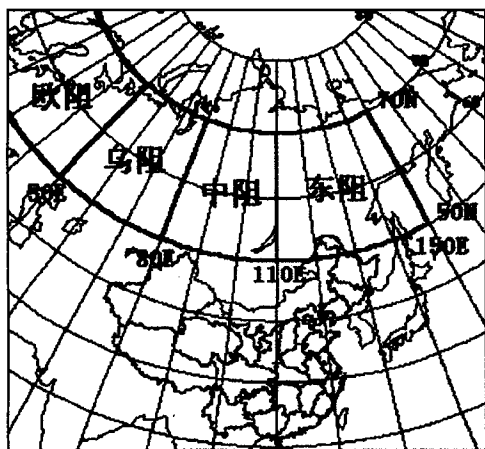


图 1 阻高位置示意图

表 1 各类阻塞高压对应的暴雨日数

	东阻	双阻	乌阻	中阻	欧阻	无阻	总计
连续暴雨日数	85	84	36	37	35	32	309
比例/%	27.5	27.2	11.6	11.9	11.3	10.3	100

以下将连续暴雨的几种典型阻高形势做简要描述。

**东阻:**东阻形势一般是在雅库次克附近或偏西处有一阻高,在阻高的西侧或西南侧有低槽区或切断低压,该低槽区不断分裂小

槽携带弱冷空气南下。

**双阻:**该形势特点是:在 50~70°N,在乌拉尔山附近和雅库次克附近各有一阻高,两高之间为一低槽区或低压区,该低槽区不断分裂小槽携带弱冷空气南下。

乌阻和中阻情况类似,一般在乌阻或中阻的东侧或东南侧为低压区或低槽区,该低槽区不断分裂小槽携带弱冷空气偏东南下。

阻高形势的作用主要有两个:一是使大环流背景稳定少动;二是与之相配合的低槽区可不断分裂小槽东南移,携带弱冷空气南下。

#### 2.1.2 中纬度低槽东移特征

经普查,连续暴雨的 500hPa 中纬度形势多以低槽东南移为主要特征。低槽移动路径主要有两种:第一种是从巴尔克什湖附近经河套地区东移南下,第二种是从贝加尔湖附近偏东南移。另外还有一种是南支小槽经新疆南部东移,这种情况较少。以上三种低槽形势的共同特征是当低槽移至长江流域时,槽底一般在 28°N 以北。

#### 2.1.3 副高

通过普查 41 年汛期 500hPa 历史天气图发现,连续暴雨期间的副高脊线(120°E)有以下特征(表 2):有 70% 的比例脊线在 16~23°N 之间。这有利于副高西北侧的西南气流输送水汽到江西省上空,为连续暴雨提供源源不断的水汽供给。副高脊线在 24~27°N 次数较少,只占 6%。但需注意一点,副高脊线在 15°N 以南(包括无副高)的也有 24%。

表 2 120°E 副高脊线在不同纬度带的分布

纬度	≤15°N	16~23°N	24~27°N	总计
次数	74	226	9	309
比例/%	24	70	6	100

从以上分析可知,中高纬的阻高形势可造成一股股弱冷空气南下到江南,而低纬稳定的副高形势则可向长江中下游到江南地区提供源源不断的水汽输送。这样就形成了北方弱冷空气和南方暖湿气流交汇的格局,这就是连续暴雨的基本形势特征。

### 2.2 天气尺度系统特征

经普查历史天气图,我们发现直接造成江西省连续暴雨的天气尺度系统主要有:

500hPa 低槽、中低层切变、低涡、中低层强西南气流、地面静止锋、冷锋、气旋波、高压后部等。

经普查连续暴雨过程中有 85.6% 江南是有中低层切变的。850hPa 切变范围一般在 25~31°N 之间,且切变南北摆动,雨带也随之南北摆动。其中在切变形势下有 22.3% 有低涡活动。另外,850hPa 切变以南的西南气流绝大多数(89%)风速是在 10~18m·s<sup>-1</sup>,72% 是在 12~16m·s<sup>-1</sup>。暴雨区一般是落在急流轴左前方。另外还有一种情况也可产生暴雨:850hPa 切变位置偏北(在 31~33°N),江西省上空为西南气流控制,但这时一般存在明显的风速辐合,有时在辐合区附近风向还略呈气旋性弯曲。这种形势下也可产生暴雨,但这种情况较少。

连续暴雨的地面天气系统主要以静止锋为多,占 73%。且静止锋位置绝大多在 25~30°N 之间,另外气旋波占 9%,冷锋占 7%,高压后部占 8%。

### 3 汛期连续暴雨的物理量场特征

目前我国数值预报模式提供了丰富的物理量场信息,利用它们可对连续暴雨的动力热力条件进行定量分析,以期寻求客观定量因子。本文通过分析近 5 年 T106 历史资料物理量客观分析场发现(取 20 时物理量分析场与当日暴雨区对应做分析),连续暴雨与 850hPa 的比湿、水汽通量、水汽通量散度、 $\theta_w$ 、涡度、散度场分布关系密切,其主要特征是:

(1)比湿:850hPa 比湿场一般有  $\geq 15 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (有时达  $18 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  以上)的湿舌从广西、贵州经湖南中南部伸向江西省中部或南部,江西省北部或中部为较密集的湿度锋区。

(2)水汽通量:850hPa 水汽通量场一般有  $\geq 16 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$  的舌状高值区从广西、贵州经湖南中南部伸向江西境内,湖南南部到广西东部大值中心可达  $20\sim 24 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$  以上。

(3)水汽通量散度:850hPa 水汽通量散度场在江西省境内到湖南中北部为负值区,中心值一般是  $\leq -20 \times 10^{-8} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot$

s<sup>-1</sup>。

(4) $\theta_w$ :850hPa  $\theta_w$  场一般有  $\geq 352 \text{ K}$  的高能舌从广西、贵州经湖南中南部伸向江西省中南部,江西省北部或中部为较密集的  $\theta_w$  能量锋区。 $\theta_w$  舌强盛时可达 364K 以上。

(5)涡度:江西省北部或中部处在从西南方伸向长江中下游的带状或块状的正涡度区中,正涡度区一般  $\geq 20 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ,江西省暴雨区一般落在正涡度中心或略偏东南一侧。

(6)散度:850hPa 散度场在江西省境内到湖南中北部为负值区,中心值一般为  $\leq -15 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ,暴雨区一般落在负值区内。

### 4 汛期连续暴雨中期预报模型

目前欧洲数值预报产品(ECMWF)对未来 3~5 天环流形势的预报准确性已得到公认,现已成为制作各种中期天气预报的主要依据。ECMWF 预报产品性能优越,但不足之处是我们接收到的预报要素少,缺乏物理量场。因此我们根据以上对连续暴雨的形势特征和物理量场特征的分析结果,将 ECMWF 格点资料(格点序号见图 2)通过一定的计算、加工组合,来得出一些与暴雨关系密切的因子。具体处理如下:

	1	2	3	4	5
30N	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15
25N	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25
20N	26	27	28	29	30
	110E	115E	120E		

图 2 格点示意图

①我们采用计算 500hPa 形势相似来表征大尺度环流背景特征因子。即将欧洲 500hPa 形势预报场(如 72 小时)与历史上的连续暴雨样本的 500hPa 形势实况场算相似,相似指数达到一定标准即认为符合暴雨型。

②构造江南地区 850hPa 有无切变判据。

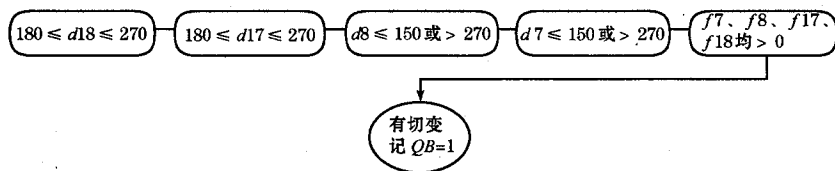
③构造 850hPa 西南气流强弱的判据。

④利用网格法<sup>[2]</sup>和差分公式  $\zeta = \frac{\Delta V}{\Delta X} -$

$$\frac{\Delta U}{\Delta Y}, D = \frac{\Delta U}{\Delta X} + \frac{\Delta V}{\Delta Y}, \text{反演出涡度、散度场。}$$

再根据前面分析的暴雨的涡度、散度场分布特征,构建涡度、散度判别因子。

以下是因子具体构造方法。这里  $d$  表示风向,  $f$  表示风速,  $H$  表示 500hPa 高度,  $SW$  表示西南风速。其中③~⑥因子是根据欧洲预报资料近 4 年的历史样本,将预报场与对应的降水实况做对比分析并结合多年预



用以上规则,可将 4 年汛期样本的欧洲预报资料 850hPa 25~30°N 之间 96% 的切变包括在内。

③850hPa 西南风:当格点 17、18、19、22、23、24 的风向满足  $180 \leq d \leq 270$  即为西南风时,按表 3 做编码处理。编码处理的实质含义既是根据因子对暴雨所起作用的大小进行加权处理(表 3 已考虑欧洲预报风速一般略偏小的预报性能)。

表 3 西南风速编码

编码值	4	3	2	1
$f/m \cdot s^{-1}$	$\geq 9$	7~8	5~6	4

然后将六点编码值相加,记为  $SW_6$ 。取 6 点值相加是考虑到取成片值比单点值要好。

④850hPa 涡度:当 7、8、12、13 这 4 个点涡度值全部为正时,取其中最大值,记为  $\zeta$ 。

⑤850hPa 散度:当 7、8、12、13 这 4 个点散度值全部为负时,取其中最小值,记为  $D$ 。

⑥500hPa 副高:由于欧洲 500hPa 预报资料只到 20°N,无法判断脊线,故我们采用华南高度来判别副高的强弱。按表 4 编码处理(已考虑欧洲副高预报一般略偏弱的性能<sup>[3,4]</sup>),然后将 4 个点的编码值相加,记为  $H_4$ 。

根据以上确定的 6 个因子,我们利用欧洲预报资料近 4 年汛期历史样本,以拟合率最高为原则,兼顾各因子的物理意义,构建出

报实践经验来确定的。

①500hPa 形势相似:用欧洲 500hPa 高度预报格点场与历史上所有连续暴雨日样本实况高度场(20 时)做相似普查,相似范围选取 35~70°N、50~150°E。在算出的一系列相似系数大于 0.7 时,则认为满足连续暴雨型。记  $XS=1$ 。

②将格点风向风速值采用以下规则判断江南 850hPa 有无切变,有则记为  $QB=1$ 。

以下预报模型(图 3 给出 72 小时预报模型,96~120 小时略)。

表 4 华南格点高度编码

	编码值			
	4	3	2	1
$H_{23}$	$\geq 87$	86	85	84
$H_{25}$	$\geq 87$	86	86	85
$H_{28}$	$\geq 88$	87		86
$H_{30}$	$\geq 88$	87		86

说明一点:由于我台接收到的欧洲 850hPa 风场预报只到 72 小时,故 96~120 小时预报无法应用 850hPa 风场资料,只能用 500hPa 高度来判别 500hPa 是否符合连续暴雨型。

起报有连续暴雨的规则是:72 小时满足有“暴雨”、“可能有暴雨”、“有弱暴雨信号”三者之一时,96 和 120 小时均同时满足“符合”或“较符合”时,则预报 72~120 小时有 3 天连续暴雨。此后第二天、第三天……继续滚动套用,若仍能满足条件,则连续暴雨延续报下去,直到不满足,则预报连续暴雨结束。我们将该预报模型编制成应用软件,汛期每天上午在欧洲中心资料到齐后自动套用,无须任何手工操作,套用过程不到 1 分钟。该应用软件还能将各因子的状态(数值)和中间结果显示在屏幕上,供预报员参考。

以上预报模型在 2001~2002 年两年的汛期进行了应用,应用结果非常令人鼓舞。

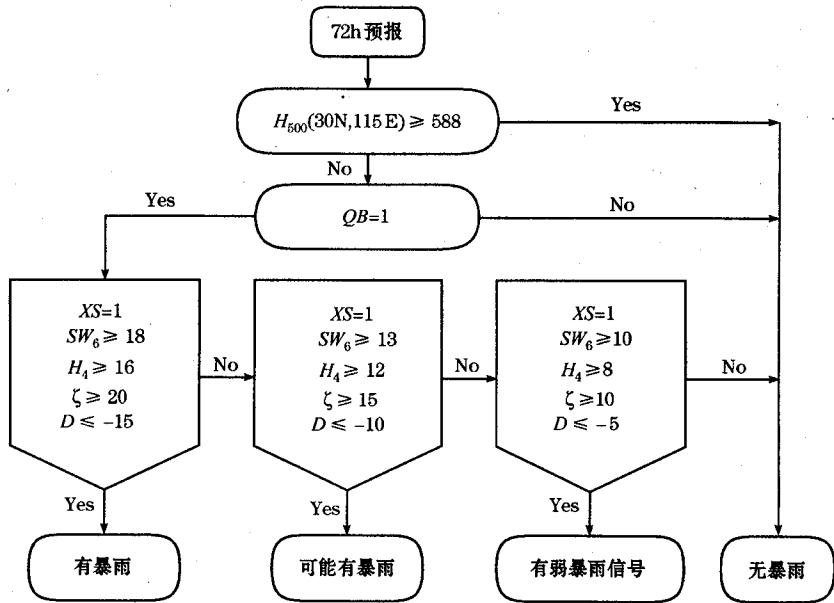


图3 72小时预报模型

2001年主汛期江西省未出现一次连续暴雨，该方法也一次都未套上(表略)，即无空报也无漏报。2002年6~7月份出现了3次连续暴雨过程(6月14~17日、6月27~30日、7月17~21日)，该预报方法均提前72小时报出，且开始时间和结束时间都基本吻合，并且也是无空报无漏报。从应用结果看，该预报模型由于抓住了与连续暴雨密切相关的预报因子并进行了合理的技巧处理，因此具有较

强的且较稳定的预报能力。

参考文献

- 1 朱乾根等. 天气学原理和方法. 北京: 气象出版社, 1992:319~322.
- 2 章淹. 暴雨预报. 北京: 气象出版社, 1990:14~19.
- 3 晁淑懿等. 天气预报技术文集. 北京: 气象出版社, 1998: 86~87.
- 4 陈双溪等. 江西98特大洪涝气象分析与研究. 北京: 气象出版社, 2000:118~119.

## Synoptic Patterns and Middle-range Prediction of Continual Heavy Rain in Jiangxi Province

Yin Jie Chen Shuangxi Liu Xianyao

(Jiangxi Meteorological Bureau, Nanchang 330046)

Abstract

The planetary scale system and synoptic scale system such as blocking high and West Pacific high during the continual rain in flood season by using the data from 1960 to 2000 are analyzed. The distribution of dynamical and thermal character of continual rain is obtained after analyzing the physical quantity fields with five-year T106 data. A middle-range prediction model for continual heavy rain in flood season with the help of ECMWF numerical forecast data. And the result is fine after two-year application.

**Key Words:** continual heavy rain middle-range prediction model