

# 安徽暴雨落区与一些物理量关系的统计分析

任 敏 陈 焱 璩 英

(安徽省气象台, 合肥 230031)

**提 要:** 从概率统计的思路出发, 用1994—2003年的降水资料对安徽省夏半年(4—9月)暴雨落区、频数等与5840gpm线的关系进行了统计分析, 并用2003年淮河洪涝期间20个暴雨区域与某些实况物理量场对比, 分析了暴雨落区与一些物理量分布的关系, 表明了安徽省暴雨主要集中在梅雨期到7月份, 暴雨日数多寡和暴雨范围大小, 基本上主导汛期降水多少和旱涝趋势。暴雨落区集中出现在5820~5840gpm的区域, 而 $<5750\text{gpm}$ 和 $>5870\text{gpm}$ 的区域很少出现暴雨。因此梅雨期主雨带位置预报大致可以用5840gpm线的移动作参考。在物理量上, 西风急流北侧以及500hPa上升运动中心南侧到850hPa上升运动中心北侧, 有利于暴雨发生发展。

**关键词:** 暴雨 频数 物理量 统计分析

## Relationship between Rainstorm Areas and Some Physical Variables

Ren Min Chen Yan Qu Ying

(Anhui Meteorological Observatory, Hefei 230031)

**Abstract:** Based on the latest 10-year precipitation data, the relationship between the rainstorm areas, frequency etc. from April to September in Anhui Province and the 5840gpm isoline is statistically analyzed. And the comparisons between 20 rainstorm areas and some real-time physical variables during the flood season of the Huaihe River in 2003 are made. It shows that the rainstorm in Anhui Province mainly appears in the period from Meiyu season to July, and both the rain day number and the range of rainstorm basically determine the precipitation amount in flood season and the tendency of flood/drought. The rainstorm areas are

concentrated on the 500hPa slope ranging from 5820gpm to 5840gpm while there is seldom rainstorm in the ranges less than 5750gpm and more than 5870gpm. Therefore, the prediction of main rainfall belts during the Meiyu season can refer to the movement of 5840gpm isoline. As to the physical variables, the regions in the north flank of westerly jet and those from the south flank of 500hPa ascending center to the north flank of 850hPa ascending center are favorable for the occurrence and development of rainstorm, whereas the stability in the mid-low troposphere and the 500hPa divergence have no close relationship with rainstorm areas.

**Key Words:** rainstorm frequency physical variables

## 引言

暴雨是我国主要的气象灾害,为此气象工作者几十年来付出艰辛努力,以求探索暴雨,研究暴雨,进而预报暴雨。1970年代,我国暴雨预报研究还是以大尺度天气形势分析为主<sup>[1]</sup>。1980年代开始,雷达、卫星云图等探测技术和计算机数值预报的飞速发展,为暴雨预报开辟了新天地,物理量诊断技术也应运而生,并在全国普遍开展。安徽气象研究所对1980—1982年三年梅雨期各种物理量进行了诊断预报试验<sup>[2]</sup>。章淹等系统阐述总结了流场、水汽、稳定性和其它一些物理量的暴雨诊断预报方法<sup>[3]</sup>。还有人用数值预报产品计算衍生物理量,预报未来暴雨落区<sup>[4]</sup>。作者从概率统计方法着手,研究分析暴雨落区与一些物理量分布的关系。

## 1 夏半年暴雨频数统计

### 1.1 资料

安徽省1994—2003年4—9月80个县市08—08时日雨量。

### 1.2 标准

出现5个县市以上日雨量 $\geq 50$ mm,算为暴雨日,不足5个县市范围的,只算局部地区,不进入统计。暴雨范围按 $\geq 50$ mm

的县市个数划分为四个等级:①5~9个县市为小范围,②10~19个县市为中等范围,③20~29个县市为大范围,④30个县市以上为特大范围。

### 1.3 各年各级范围暴雨频数统计

1971—2000年30年资料统计,安徽各地年平均暴雨日数总体呈南多北少趋势,大别山南部和沿江江南一般4~7天,江南西部大于东部。受地形迎风坡影响,高值区在黄山南麓的祁门、黟县,分别为7.3天和6.9天。黄山光明顶为全省极大值9.3天(海拔1840m)。另外大别山南麓的太湖、怀宁也较大,分别为6.4天和6.3天。低值区在六安—合肥一定远一线的江淮分水岭,肥东和定远分别只有2.6天和2.7天。此外淮北西部、北部也不足3天。

由于4—9月从季节演变上可以分为春季—初夏—盛夏—初秋四个时段,每个时段暴雨分布都有季节性特征,因而统计中也相应划分四个时段,分别为4月至梅雨前、梅雨至7月末、8月和9月。从1994—2003年统计的分布时段看(见表1),全年暴雨集中在梅雨期—7月份,占总数的60.9%,梅雨前占22.8%,而8月份以后的暴雨只占总数的16.2%。超过10个县站以上的暴雨,更是集中在梅雨期—7月末,占这类暴雨总数的71.9%,而8—9月出现的机会很少。超过20个县以上的大范围的暴雨,78.8%集中在梅雨期到7月份,只有3.0%

出现在 8 月份, 9 月份没有。

表 1 1994—2003 年安徽各时段、  
各级范围暴雨频数统计

时段	小范围	中等范围	大范围	特大范围	总次数
4 月—梅雨前	25	14	3	3	45
梅雨—7 月末	51	43	23	3	120
8 月	18	5	1	0	24
9 月	7	1	0	0	8
4 至 9 月总次数	101	63	27	6	197

#### 1.4 暴雨频数和汛期旱涝的关系

安徽的年降水量, 主要集中在汛期, 而汛期又以梅雨期最为集中。日本气象学家二宫光三等统计表明, 梅雨期内降水极不均匀, 主要集中在少数强降水的日子里, 大约占梅雨量的 90%。安徽省的情况相类似, 因而暴雨日数的多寡和暴雨范围的大小, 与汛期旱涝关系极为密切, 甚至起着决定性的作用。

统计表明暴雨次数  $\leq 14$  的均为早年, 1994 年次数最少, 仅有 12 次, 也是 10 年中最早的年份。而暴雨次数  $\geq 19$  的年份, 除 2000 年为早年外, 其余都有不同程度的洪涝, 其中 1999 年暴雨次数最多, 为 27 次, 该年沿江江南梅雨量为有资料以来最高记录, 芜湖破百年记录 (见表 2)。

表 2 1994—2003 年安徽各年各级  
范围暴雨频数统计

年份	5~9 站	10~19 站	20~29 站	$\geq 30$ 站	暴雨次数总和	当年旱涝特征
1994	9	1	1	1	12	大旱
1995	10	7	1	1	19	南涝北旱
1996	11	8	7	0	26	南涝北常
1997	6	6	1	0	13	旱
1998	8	10	2	0	20	南常北多
1999	11	7	7	2	27	江南大涝
2000	13	7	0	2	22	旱
2001	9	5	0	0	14	旱
2002	12	6	3	0	21	多雨
2003	12	6	5	0	23	淮河大水
总次数	101	63	27	6	197	

此外, 暴雨区范围与旱涝也密切相关, 早年一般暴雨过程范围小, 2001 年早年, 范围达到 20 个县市以上的暴雨过程基本没有。1997 年早年也仅出现过一次。与之相反, 涝年暴雨过程范围大。1999 年江南大涝, 范围在 20 个县市以上的暴雨过程竟发生了 9 次。淮河大水的 2003 年也出现过 5 次, 沿江江南洪涝的 1996 年出现过 7 次。

#### 2 暴雨区 500hPa 高度统计

(1) 4 月—梅雨前: 此段时期为东南亚雨季到华南前汛期, 主雨带就在这一地区, 而西太平洋副热带高压脊线在  $20^{\circ}\text{N}$  以南。安徽这一时段的暴雨过程, 往往出现在副高增强, 西南暖湿气流北上活跃时期, 暴雨区一般呈东移南压过路性特征, 停留时间短, 因而暴雨范围小,  $\geq 20$  个县市大范围的暴雨次数, 占这一阶段暴雨次数的 13%, 而对应暴雨区的 500hPa 高度, 集中在 5760~5820gpm 间, 占 71%。高度场  $\leq 5750\text{gpm}$  的地区, 发生暴雨的可能性很小, 只占 13%, 可以不考虑预报暴雨。这一时段 5880gpm 线可以到华南沿海, 5840gpm 线经过华南, 正是华南雨季, 因而可以推测主雨带位置应该在 5840gpm 线附近。

(2) 梅雨期—7 月末: 此段时期为长江中下游梅雨季和淮河流域, 主雨带就在长江中下游地区和淮河流域。西太平洋副热带高压脊线在  $20\sim 25^{\circ}\text{N}$  间, 只要副高稳定, 安徽的阴雨就持续不断, 而且雨量大, 暴雨范围广, 全年中  $\geq 20$  个县市的暴雨过程 78.8% 出现在这一时段。而对应暴雨区的 500hPa 高度, 集中在 5820~5850gpm 的窄小区间, 占这一时段暴雨次数的 81.7%, 占 4 至 9 月总次数的 50%。

这一时段 5880gpm 线已到安徽以南的浙江、江西, 5840gpm 线在安徽南北摆动, 主雨带就在 5840gpm 线北缘, 因而实际预报中可以把 5840gpm 线的进退当作主雨带

的进退来预报。

(3) 8—9月间: 8月份正是副高控制, 江淮盛夏的季节, 此时段为黄淮、华北雨季, 安徽北部处于黄淮雨带南缘, 全省暴雨发生的频数骤减, 范围在20个县市以上的暴雨10年中仅出现一次, 占全部范围20个县市以上的暴雨次数的3%。而对应暴雨区的500hPa高度, 在5840gpm线附近或南侧, 集中在5830~5860gpm之间, 占8月份暴雨总次数的75%, 此时5840gpm线在黄淮一带, 为主雨带的位置。全年比较, 只有8月份5880gpm线附近才会出现成片暴雨, 其它月份都没有。分析其原因, 8月份正是副高由强转弱的拐点, 有可能这些暴雨个例中副高虽然表面上强大, 但实际上内部正在减弱, 引发积雨云团发展产生暴雨。

到了9月份, 冷空气势力逐渐增强, 副高前期强后期弱, 季风性西南气流明显不如6—7月份, 因而暴雨移动性特征明显, 频数比8月份大幅度下降, 只占全年暴雨次数的4%, 而且绝大多数为小范围暴雨, 10年中仅有一次暴雨范围达到10~19个县市, 而范围20个县市以上的暴雨过程一次都未出现过。全部暴雨区发生在5830~5860gpm的窄小区间, 随5840gpm线移动。

综上所述, 4—9月发生的暴雨, 以5840gpm线附近为频数峰值, 向两侧递减, 5810~5860gpm间占78.7%, 其中5820~5840gpm间最为集中, 占全部个例的56.3%。因此, 从预报角度看, 500hPa高度 $\leq 5750$ gpm和 $\geq 5870$ gpm的区域, 很少有暴雨发生。

之所以暴雨区在5840gpm线附近频数最高, 可能和副热带急流锋区有关。研究表明, 北半球中高纬度有一支极锋急流, 低纬度有一支副热带急流。副热带急流位于对流层中上部, 500hPa上5840gpm线上空附近接近急流位置, 大致在副高脊线以北10~13个纬距。

### 3 暴雨区若干物理量的分布特征

对于暴雨形成的条件分析, 许多论述都把不稳定层结、强烈的上升运动和源源不断的水汽供应作为三个基本条件。物理量诊断中还常常使用多因子围区法, 以希望预报暴雨落区。但各种物理量的对应分析表明, 暴雨区往往不在物理量中心, 而有一定偏差, 这就增加了预报难度。这里取2003年6月22日—7月12日HLAFS500hPa某些实况物理量与暴雨落区作一对比, 雨量为08时—08时, 物理量取在雨量时段中间的20时。共有16天暴雨, 其中4天暴雨区分南、北两块, 因此暴雨区域总共就有20块。

#### 3.1 500hPa垂直速度 $\omega$

从20块暴雨区 $\omega$ 分析, 19/20出现在上升运动 $\omega < 0$ 区域, 但差异很大, 从0~-670(单位:  $10^{-3}$  hPa $\cdot$ s $^{-1}$ )不等。分布的位置有4种: 上升运动中心占30%(6/20), 上升运动中心南侧1~1.5纬度的占25%(5/20)。南、北上升下沉过渡区( $\omega = 0$ )的占20%(4/20), 其中北正南负或南正北负的各占一半。上升运动中心北侧1~1.5纬度的占5%(1/20), 另有20%(4/20)离上升运动中心偏远超过1.5纬度以上。

上述统计表明, 暴雨确实发生在上升运动区域, 但并不一定在上升运动很强烈的区域, 一半以上出现在上升运动中心附近或其南侧1.5纬度的范围以内, 上升运动中心北侧出现的可能性较小。

#### 3.2 500hPa涡度

75%(15/20)出现在正涡度区域, 且10/20在涡度中心到其南侧1纬度的范围内, 另有10%在涡度中心以南超过1纬度范围; 15%(3/20)在北“+”南“-”的涡度近似为零的过渡带上。另有25%(5/20)出现在负涡度区域, 且在“-”中心北

侧 0~2 纬度的范围内。

可以认为,暴雨大多发生在正涡度区域南侧直到涡度为零的区间,并以正涡度中心到南侧 1 纬度的范围内频率最大,但也有少数出现在负涡度区域。

### 3.3 500hPa 西风急流 $u$ 分量

统计显示,20 个暴雨区全部落在西风区,且暴雨区上空西风  $u \geq 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  的占 90% (18/20),其中  $u \geq 12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  的占 85% (17/20),一般在  $12 \sim 19 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  间,仅有 2 次  $u$  风速在  $5 \sim 8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

从暴雨区相对西风急流位置分析,大多在急流轴下方到北侧 0.5 纬度范围内,占 60% (12/20),急流轴北侧 0.5~1 纬度的只占 15% (3/20),急流轴北侧 1 纬度以上或急流轴以南的仅有 25% (5/20)。因而预报暴雨落区应注意西风急流轴到北侧 1 纬度范围,且  $u \geq 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  的区域。

### 3.4 850hPa 西风急流 $u$ 分量

850hPa 低层风,对暴雨的形成和落区密切相关,20 个暴雨区域全部出现在  $u$  西风区,95% (19/20) 位于西风锋区  $u$  轴北侧和切变线  $u=0$  线的南侧之间, $u$  西风自南向北减小,且多数在  $u$  轴北侧 1.5 纬度或  $u$  零线以南 1 纬度范围内,仅有 1 例暴雨区 (1/20) 出现在  $u$  轴南侧 1 纬度区域。

从  $u$  风速大小看,60% (12/20)  $u \geq 8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,但也有 20% (4/20)  $u \leq 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

之所以暴雨区出现在  $u$  轴北侧,可能原因在于  $u$  轴北侧为气流辐合上升运动,有利于暴雨生成,验证了低空急流左前方容易产生暴雨的结论。

### 3.5 $\theta_{e850-500}$

一些研究认为,中低层稳定度对暴雨生成至关重要,并以  $\theta_{e850-500}$  来表示,当该量  $>0$  为不稳定, $<0$  为稳定。然而 2003 年淮

河洪涝暴雨中, $\theta_{e850-500} > 0$  的区域仅为 50% (10/20)。而  $\theta_{e850-500} < 0$  区域也为 50% (10/20),表明这一量表示稳定度并不理想,或者暴雨形成时稳定度并不很重要。

但是,暴雨大多发生在  $d\theta_{e850-500}/dy < 0$  的区域,占 15/20 (75%),即暴雨区域的稳定度自南向北增加;而  $d\theta_{e850-500}/dy > 0$  的只占 4/20 (20%),另有 1/20 (5%) 为  $d\theta_{e850-500}/dy$  近似为零。

### 3.6 850hPa 垂直速度 $\omega$

低层上升运动与暴雨落区相关,20 个暴雨区域中 65% (13/20) 出现在  $\omega < 0$  区域,即上升运动区,其中 12 例在上升运动中心或稍北一侧区域,仅有 1 例在上升运动中心南侧。另有 25% (5/20) 在下沉运动区,10% (2/20) 在  $\omega$  近似为零的区域,即上升、下沉过渡区。因而预报暴雨落区要重点考虑上升运动中心到北侧的区域。

## 4 结 语

通过以上分析,得到以下结论:

(1) 暴雨集中在梅雨期到 7 月份,暴雨日数多寡和暴雨范围大小,基本上主导汛期降水多少和旱涝趋势。

(2) 暴雨落区集中出现在 5820~5840gpm 的区域内, $< 5750\text{gpm}$  和  $> 5870\text{gpm}$  的区域很少有暴雨发生。因此梅雨期暴雨落区或主雨带位置的预报大致可以用 5840gpm 线的位置和移动趋势作参考。

(3) 西风急流北侧以及 500hPa 上升运动中心南侧到 850hPa 上升运动中心北侧有利于暴雨发生发展。

## 参考文献

- 1 陶诗言等. 中国之暴雨. 北京: 气象出版社, 1980.
- 2 张锋生, 萧永生, 林宗鸿等. 梅雨期暴雨的诊断预报. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1986: 53~107.
- 3 章淹等. 暴雨预报. 北京: 气象出版社, 1990: 27~88.
- 4 杨金锡, 陈焱. 用 ECMWF 资料作江淮区域性暴雨落区预报的试验. 气象, 1994, 20 (9): 38~40.