

# 北京地区夏季暴雨形成的环境特征

王沛霖 许丽章 孙力  
(中山大学大气科学系, 广州 510275)

**摘要** 提出用假设检验方法来确定对比度的相关显著性的临界值, 完善了对比度分析方法. 应用这种方法, 指定显著性水平  $\alpha = 0.05$ , 对北京地区夏季暴雨发生的环境特征进行分析, 指出本地区夏季暴雨发生的有利条件, 并与我国中纬度地区暴雨发生条件的现有概念进行比较, 对现有概念作了合理的补充和修正.

**关键词** 对比度, 北京地区, 暴雨, 环境特征

**分类号** P 403

暴雨是我国夏季的一种主要灾害性天气, 它是在一定的大尺度环境条件下发生的. 关于我国中纬度地区暴雨发生的环境特征已有一定的认识, 一般认为暴雨发生的有利条件是: ①大形势稳定, 大尺度场中为气旋性涡度区 ②湿层厚, 对流层中低层很潮湿 ③对流层中下层有微弱的位势不稳定或近于中性 ④风的垂直切变不太大<sup>[1]</sup>. 也有人主张暴雨是一种强对流天气, 它要求层结不稳定和显著的位势不稳定, 一些著名的暴雨被引用作为这种看法的有力例证<sup>[1]</sup>. 迄今, 上述概念都是对个例的综合分析得到的, 对不同的个例可能得到不同的结论. 这种分析方法的主要缺点是没有和无暴雨的情况作对比分析. 条件对暴雨是否有利, 只有经过对比分析, 才能得出更可靠的结论. 相关对比度为这种分析工作提供了有力的工具<sup>[2,3]</sup>. 但是, 对不同变量, 对比度显著性的临界值并不严格相同. 作者提出用假设检验方法来确定对比度的相关显著性的临界值, 完善对比度分析方法, 然后, 在指定显著性水平下, 严格地分析暴雨的环境特征. 所得的结果有助于对我国中纬度地区暴雨认识的深化和预报的改进.

## 1 对比度的显著性检验

设  $a_1$  和  $a_0$  是随机事件发生和不发生两个独立正态总体, 数学期望为  $m_1, m_0$ , 方差为  $\sigma_1^2, \sigma_0^2$ . 从  $a_1, a_0$  总体中抽取容量为  $n_1, n_0$  的样本, 样本平均值为  $\bar{x}_1, \bar{x}_0$ , 方差为  $S_1^2, S_0^2$ , 要检验原假设  $H_0: m_1 = m_0$ .

(1) 对大样本. 若  $H_0$  成立, 则统计量

$$u = (\bar{x}_1 - \bar{x}_0) / (\sigma_1^2 / n_1 + \sigma_0^2 / n_0)^{1/2} \quad (1)$$

为  $N(0, 1)$  变量, 对比度定义为

$$\text{CNT} = (\bar{x}_1 - \bar{x}_0) / (\bar{x}_1 - \bar{x}_e) \quad (2)$$

式中  $\bar{x}_f$  和  $\bar{x}_e$  由两个样本计算<sup>[2,3]</sup>, CNT 等于 1(或 - 1)表示事件发生可能性与变量完全正(负)相关, CNT 等于 0 表示不相关, CNT 值越大表示相关越好. 由 (1), (2) 推导出

$$u = \text{CNT}(\bar{x}_f - \bar{x}_e) / (e_1^2/n_1 + e_0^2/n_0)^{1/2} \tag{3}$$

由样本和 (3) 式计算  $u$  的实测值为

$$u = \text{CNT}(\bar{x}_f - \bar{x}_e) / (S_1^2/n_1 + S_0^2/n_0)^{1/2} \tag{4}$$

设  $u_T$  为指定显著性水平  $T$  时由标准正态分布表查得的值, 若  $|u| > u_T$ , 则拒绝原假设, 认为事件发生或不发生与变量有显著相关, 否则, 无显著相关.

(2) 对小样本. 在  $e_1 = e_0$  条件下, 若  $H_0$  成立, 可以得到统计量的实测值

$$t = \text{CNT}(\bar{x}_f - \bar{x}_e) \left\{ \left[ \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_0 - 1)S_0^2}{n_1 + n_0 - 2} \right]^{1/2} \left[ \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_0} \right]^{1/2} \right\} \tag{5}$$

是自由度  $g = n_1 + n_0 - 2$  的  $t$  变量. 若  $|t| > t'$ , 这里  $t'$  为指定显著性水平  $T$  时, 根据自由度  $g$  查  $t$  分布表得到的值, 则拒绝原假设, 认为事件发生或不发生与变量有显著相关, 否则, 相关不显著<sup>[4]</sup>.

由 (4) 和 (5) 可见, 对比度值越大, 则  $u$  和  $t$  值亦越大, 表示相关越好, 显著性水平越高.

## 2 资 料

采用 1980~ 1988 年 6~ 8 月逐日资料, 包括北京 20 h 探空和北京地区 (以北京为中心 600km $\times$  600 km 范围) 未来 24 h 30 个测站雨量资料. 规定当天不少于 3 站出现 50 mm 以上降水为 (区域性) 暴雨日.

根据探空资料选取的参数 (变量), 计算各月暴雨发生与各参数相关的对比度和  $u$  值 (都是大样本), 结果见表 1. 表中只给出通过显著性水平  $T = 0.05$  检验的对比度.

表 1 北京地区夏季区域性暴雨和参数相关的对比度 %

Tab. 1 Contrast of relation between regional hard rain and parameters in Beijing area in summer

气压 $P/hPa$	气压或高度			风 速			温 度			露 点			露 点 差			假相当位温			
	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	
地面				34					- 25	62	25	52	- 50	- 45	- 53	49		36	
850					29						62	45	65	- 55	- 57	- 63	54		56
700					- 20			42		40	38	64	- 32	- 32	- 56	52	33	60	
500	39		34				56	26	42	56	55	71	- 52	- 55	- 70	53	43	60	
400	55	21	43				60	42	57	69	48	69	- 75	- 40	- 67	57	44	60	
300	68	30	50				63	38	48	70	43	55	- 65	- 35	- 42	62	39	51	
200	43	31	48							47	25	42	- 71	- 43	- 58				

  

气压 $P/hPa$	温度递减率			假相当位温差			气压 $P/hPa$	温度递减率			假相当位温差		
	6	7	8	6	7	8		6	7	8	6	7	8
850~ 700	- 21	- 29	- 32				850~ 300	- 45	- 37	- 41	-	-	-
850~ 500	- 33	- 31	- 32				850~ 200				-	-	-
850~ 400	- 37	- 41	- 43	-	-	-							

## 3 暴雨的环境特征

(1) 6 月和 8 月暴雨和 500~ 200 hPa, 7 月和 400~ 200 hPa 高度明显正相关, CNT 值

很大,例如 6 月在 300 hPa 高达 0.68, 8 月高达 0.50, 而暴雨和低层气压无明显相关, 表明暴雨时低层气压场是不明显的, 中高层倾向于气压明显偏高, 这是北京地区暴雨的一个重要特征. 作为佐证, 北京市气象台的研究指出, 西南低涡引起的暴雨在北京暴雨的全部过程中占 1/2, 西南低涡在中高层气压场是不明显的, 但气旋性环流很清楚, 在 500 和 300 hPa 上空对应的是高压或高压脊<sup>[1]</sup>. 理论分析也表明, 暴雨出现在低层辐合, 高层辐散区域, 辐散最大值出现在 200~300 hPa<sup>[5]</sup>. 现有概念只强调暴雨发生在低层气旋性涡度区中, 忽略了中高层高压辐散的作用, 把后者补充进去, 提法就全面了.

(2) 暴雨和风速 (除个别层次外) 及垂直风速切变无显著相关 (各层间垂直风速切变的对比度都没有通过显著性检验), 即风速切变大或小都可能发生暴雨, 暴雨并非发生在风切变小的情况下, 这和通常的概念是不同的.

(3) 暴雨和 700 或 500 hPa 以上温度明显正相关, 而以 400 或 300 hPa 正相关最显著, 3 个月的 CNT 最大值达到 0.63, 0.42 和 0.57. 与温度分布相应, 暴雨和 300 hPa 以下温度递减率明显负相关. 由此可见, 中高层高温和层结稳定是本地区暴雨的另一重要特征. 稳定的层结是中高层高温造成的, 中高层高温通常是丰沛水汽强烈上升的凝结加热造成的, 最强加热出现在 400 或 300 hPa, 这表明, 暴雨前对流层中已存在丰沛的水汽和强上升运动, 在这一背景下, 区域性暴雨很可能发生.

(4) 暴雨和各层露点 (水汽含量) 显著正相关, 几乎和各层露点差 (相对湿度) 显著负相关, 而且它们的相关较之其它参数显著得多, 例如 8 月 500 hPa 露点的 CNT 高达 0.71, 6 月 400 hPa 露点差的 CNT 值高达 -0.75, 可见对流层中深厚湿层的高的水汽含量是暴雨形成的十分重要的条件.

(5) 暴雨和假相当位温显著正相关, 高的假相当位温反映了低层高湿和上层高温高湿的环境特征.

700 减 850 和 500 减 850 hPa 的假相当位温差与暴雨无显著相关, 因此, 在对流层中下层位势稳定, 不稳定或中性条件下暴雨都有可能发生.

## 4 讨 论

(1) 北京位于我国中纬度, 本文的结果对中纬度地区有参考意义. 北京地区夏季各月暴雨的环境特征基本相同. 区域性暴雨发生的有利环境条件是: ① 大形势稳定, 低层处于气旋性涡度区内, 中高层为高压辐散, ② 中高层高温, 深厚气层内层结很稳定, ③ 对流层为深厚湿层, 水汽含量很高.

(2) 低层气旋性辐合, 中高层高压辐散是本地区夏季暴雨的一种重要天气型式.

(3) 本地区暴雨可能发生在中下层位势稳定、不稳定或中性条件下, 存在强对流性暴雨发生的条件, 但由于暴雨前层结倾向于稳定, 故稳定性降水是主要的.

(4) 暴雨前, 中高层高温高湿和深厚气层内层结稳定是上升凝结加热造成的, 表明已存在的高湿和强上升运动是暴雨形成的主要原因, 不稳定能量释放是暴雨形成的次要原因.

(5) 夏季暴雨和垂直风切变是没有明显相关的, 暴雨不一定和小的风切变相联系.

## 参 考 文 献

- 1 陶诗言. 中国之暴雨. 北京: 科学出版社, 1980. 8~ 11, 91~ 133, 139~ 142
- 2 王沛霖. 珠江三角洲局地强风暴发生的环境条件. 气象学报, 1994, 52(2): 252~ 256
- 3 王沛霖, 许丽章. 珠江三角洲暴雨的环境条件. 中山大学学报(自然科学版), 1995, 34(2): 103~ 107
- 4 屠其璞, 王俊德, 丁裕国, 等. 气象应用概率统计学. 北京: 气象出版社, 1984. 155~ 159
- 5 丁一汇. 高等天气学. 北京: 气象出版社, 1991. 563~ 565

## The Genetic Environment Fetures of Hard Rain in Summer in Beijing

*Wang Peilin* \* *Xu Lizhang* *Sun Li*

**Abstract** In order to define the critical value of correlative significance of contrast, a method of hypothesis test is presented, which has perfected the analysis technique of the contrast. By using the method and basing on a 0.05 significance level, the genetic environment features of hard rain in summer were analysed and the favorable conditions were identified. They were compared with the existing idea of the middle latitudes and a rational supplements and modifications were made to the existing ideas.

**Keywords** contrast, Beijing area, hard rain, genetic environment

\* Department of Atmospheric Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275