

珠江三角洲暴雨的环境条件

王沛霖 许丽章

(中山大学大气科学系, 广州 510275)

摘 要 本文采用珠江三角洲 1976~1983 年 3~8 月各站逐日雨量资料和广州站探空资料, 用相关对比度分析方法, 研究了本地区暴雨的环境条件. 结果表明, 初春和夏季在对流层深厚气层内, 春夏过渡季节在对流层中下层, 气压低、相对湿度大、水汽含量高和风速大是暴雨形成的基本条件. 春季暴雨多与层结不稳定或对流性不稳定有关, 夏季暴雨倾向于在层结稳定和对流性稳定或中性的条件下发生, 对流层负风速切变有利于夏季暴雨形成.

关键词 珠江三角洲, 暴雨, 环境条件

分类号 P403

暴雨的形成受大尺度环境条件的制约, 中纬度地区的研究表明^[1,2]: 暴雨形成于稳定的大尺度流场中的气旋性区域内, 对流层很潮湿(特别是中低层)且有弱的垂直风切变. 在地理纬度较低的珠江三角洲地区(112.3~114.3°E, 22~24°N), 汛期暴雨是一种灾害性天气, 关于形成这种天气的天气学条件已有初步研究结果^[3], 但其形成的环境条件方面(高空气象学条件)尚缺少系统性的分析工作, 由于地理纬度不同, 这方面的条件可能与中纬度地区存在某些差异, 不能照搬中纬度地区的研究结果, 弄清本地区暴雨形成的环境条件, 对于认识和预报暴雨都有重要意义.

1 资料和分析方法

本文采用 1976~1983 年 3~8 月珠江三角洲地区 27 个站逐日(20:00~20:00)雨量资料和区内代表站广州站 20:00 探空资料, 规定当 3 站或以上日雨量不少于 50mm 为珠江三角洲暴雨日, 通过计算广州探空的各种参数(规定层压或高度、温、湿、风速, 各层间的温度递减率以及假相当位温差)和暴雨发生与否的相关对比度来分析暴雨发生的环境条件.

暴雨发生与否是一种(0,1)型数据的天气事件, 它和连续型数据的气象参数之间的相关关系可以用这两种数据类型变量之间的相关系数——对比度(CNT)来表示, 对比度定义为

$$\text{CNT} = (\bar{X}_1 - \bar{X}_0) / (\bar{X}_1 - \bar{X}_r) \quad (1)$$

收稿日期: 1994-03-31; 修改完成日期: 1994-12-03

其中 \bar{X}_1 和 \bar{X}_0 分别为事件发生和不发生时参数 X 的平均值, \bar{X}_1 和 \bar{X}_0 当 $\bar{X}_1 \geq \bar{X}_0$ 时分别是参数 X 从高值到低值依次排列得到的序列 X_N 的前 n 个和后 $N-n$ 个参数 X 的平均值,这里 n 是事件发生的频数; N 是事件发生与不发生的总频数,当 $\bar{X}_1 < \bar{X}_0$ 时,分别是序列 X_N 的前 $N-n$ 个与后 n 个参数的平均值.式中除以 $\bar{X}_1 - \bar{X}_0$ 是要使事件与不同参数之间的相关能互相比较.

CNT 正(负)值,表示事件与参数存在正(负)相关,事件倾向于发生在参数高值(低值)一侧;CNT 为 0,表示不相关,等于 1 或 -1 表示完全正或负相关,这时,事件全部发生于参数高值或低值一侧. $0 \leq |CNT| \leq 1$,|CNT|越大,则相关越显著,根据经验,当 $|CNT| \geq 0.2$ 时,可以认为相关是显著的^[4].

2 珠江三角洲暴雨发生的环境条件

表 1 给出了 1976~1978 年间珠江三角洲地区 3~8 月份暴雨和广州站探空的各参数相关的对比度,表中 $|CNT| \geq 0.2$ 表示相关显著.下文主要是根据表 1 的结果来分析暴雨发生的环境条件.

表 1 珠江三角洲地区暴雨和广州站探空参数相关的对比度(%)

Tab. 1 Contrast (CNT) of relation between hard rain in Zhujiang Delta and parameters of Guangzhou's sounding

月份	气压或高度							温 度						
	P_{1000}	H_{850}	H_{700}	H_{500}	H_{400}	H_{300}	H_{200}	T_{1000}	T_{850}	T_{700}	T_{500}	T_{400}	T_{300}	T_{200}
3 月	-21	-26	-22	-27	-35	-43	-48	0	4	3	-46	-35	-30	-19
4 月	-35	-40	-32	-20	-12	-1	5	-4	22	1	-5	17	28	7
5 月	-28	-29	-22	-17	-9	-1	4	-6	17	8	8	11	11	3
6 月	-19	-24	-25	-37	-35	-21	-10	-28	-4	-24	-23	8	24	8
7 月	-53	-64	-68	-68	-69	-47	-18	-50	-19	-27	3	46	55	2
8 月	-48	-43	-52	-50	-57	-43	-4	-25	-15	-16	6	21	46	11

月份	温度递减率					假相当位温差		露 点						
	γ_{-700}^{850}	γ_{-500}^{850}	γ_{-400}^{850}	γ_{-300}^{850}	γ_{-200}^{850}	$\Delta\theta_{-7}^{85}$	$\Delta\theta_{-5}^{85}$	T_{41000}	T_{4850}	T_{4700}	T_{43500}	T_{4400}	T_{4300}	T_{4200}
3 月	3	46	38	30	24	9	-12	8	4	41	32	46	36	31
4 月	25	22	5	-5	7	-30	-31	31	57	48	34	24	22	11
5 月	14	11	6	4	9	-9	-22	41	52	59	46	47	42	27
6 月	22	15	-7	-20	-9	1	-2	-14	46	58	62	69	74	64
7 月	11	-14	-50	-58	-18	31	35	-17	46	68	76	83	79	55
8 月	2	-14	-24	-45	-16	6	2	20	54	50	42	42	47	36

(续表 1)

月份	露 点 差							风 速							风速垂直切变		
	ΔT_{d1000}	ΔT_{d850}	ΔT_{d700}	ΔT_{d500}	ΔT_{d400}	ΔT_{d300}	ΔT_{d200}	V_{1000}	V_{850}	V_{700}	V_{500}	V_{400}	V_{300}	V_{200}	$V_{850-500}$	$V_{500-200}$	$V_{850-200}$
3月	-18	0	-39	-47	-62	-51	-48	1	39	29	36	17	16	20	4	9	14
4月	-56	-57	-47	-35	-19	-10	-7	5	10	10	1	-4	-14	-8	-7	-10	-13
5月	-63	-47	-59	-45	-48	-44	-31	10	33	39	34	12	5	2	12	-23	-11
6月	-52	-45	-60	-67	-67	-76	-65	-14	20	41	62	42	19	-21	49	-59	-28
7月	-47	-49	-69	-77	-79	-75	-63	7	31	30	36	30	4	-38	12	-51	-47
8月	-35	-51	-58	-42	-39	-42	-41	15	51	36	46	20	9	3	2	-27	-25

(1) 气压. 3月和6~8月暴雨和气压(等压面高度)负相关的层次从地面伸展到300或400hPa, 高的对比度值表明相关十分显著. 例如CNT的最大值, 3月 H_{200} (200hPa高度)为-0.48, 6月 H_{500} 为-0.37, 7月 H_{500} 和8月 H_{400} 分别高达-0.69和-0.57, 而4~5月明显负相关只出现在对流层中下层, 且相关不如上述的明显. 由此可见, 初春(3月)和夏季的暴雨倾向于发生在深厚气层中为强低压的条件下. 这种深厚的强低压能产生强烈的辐合上升运动, 有利于暴雨形成. 它在3月与西风带低槽相联系, 在夏季则与赤道辐合带、台风等有关. 4~5月为华南前汛期, 本地区处于西风带北撤和东风带加强的过渡季节, 低压系统比较浅薄, 暴雨多发生于对流层中下部为低压的条件下.

(2) 温度和温度递减率. 温度分布与暴雨的相关性有明显的季节变化. 3月500hPa以上低温是暴雨形成的有利条件, T_{500} (500hPa温度)的对比度为-0.46; 4~5月各层温度和暴雨无明显相关; 从6月开始暴雨与中下层为低温、上层为高温相联系, 其中7月最明显, 例如 T_{1000} (地面温度)和 T_{300} 的对比度分别达到-0.5和0.55. 上述特点以暴雨和温度递减率(层结稳定度参数)的相关对比度来表示更为清楚: 3月850hPa以上的正相关表明层结不稳定, 有利于暴雨发生; 4月这种不稳定层结下降到500hPa以下, 5月暴雨和层结稳定性无明显相关; 6~8月为明显的负相关, 显示暴雨倾向于在层结稳定的条件下发生, 与不稳定能量的释放无关, (这是由于热带低纬地区夏季深厚的东风带低压系统中, 水汽充沛, 上升运动强烈, 潜热的大量释放使上层变暖, 从而形成了稳定层结的环境条件). 然而, 稳定层结并非暴雨形成的有利条件, 它只不过是反映了暴雨发生前已存在的强烈的大尺度辐合上升运动和水汽充沛的背景条件, 上升运动越强烈, 水汽越充沛, 形成的层结越稳定.

(3) 假相当位温差. 700hPa与850hPa, 500hPa与850hPa的假相当位温差是对流层中下层位势稳定性的指标, 与暴雨的相关对比度表明, 4~5月暴雨和位势不稳定明显相关, 7月则和位势稳定明显相关, 其它月份相关不明显.

(4) 湿度. 在各类参数中, 湿度和暴雨的关系最为密切, 几乎所有月份各层的露点(水汽含量)和露点差(相对湿度)与暴雨都明显相关. 从春季到夏, 相关程度(|CNT|)有明显增大的趋势, 6~7月尤以高层湿度的对比度最大. 由此可见, 对流层深厚湿层中高的水汽含量(尤其在夏季中高层)是暴雨形成的十分有利的条件, 湿度越大, 产生暴雨的可能性越大.

(5) 风速和风速垂直切变. 4月各层风速和暴雨无明显相关, 3月、5月和8月暴雨

和中下层风速呈明显正相关,6~7月正相关的层次扩展到400或300hPa.可见除4月外,风速(尤其是中下层风速)也是暴雨形成的有利条件,中下层风速对暴雨形成的作用在于它与水汽输送有关,还可能和急流相联系.

春季(3~5月)暴雨和对流层内垂直风速切变无明显相关,而夏季(6~8月)对流层(尤其是中高层)的负切变是暴雨形成的有利条件.夏季产生暴雨的热带低压系统,尤其是台风,风速通常是随高度减小的.下层风速大,有利于水汽输送,上层风速小有利于水份保持在气柱中下落,所以负切变是风速垂直分布有利于暴雨形成的一种型式.

综上所述,初春和夏季在对流层深厚气层中,春夏过渡季节(4~5月)在对流层中下层内,气压低、相对湿度大、水汽含量高和风速大是本地区暴雨形成的有利条件;春季暴雨多有赖于不稳定能量的释放,层结不稳定或位势不稳定是暴雨形成的有利条件;夏季暴雨则倾向于在层结稳定和位势稳定或中性条件下形成,对流层和它的中高层负的垂直风速切变有利于夏季暴雨形成.

3 讨 论

(1) 对流层内气压低、相对湿度大、水汽含量高和风速大是本地区暴雨形成的基本条件.这和中纬度地区的情况是相同的,只是由于初春和夏季本地区分别处于西风和东风的单一风带控制下,而4~5月本地区上空正值西风带北撤和东风带加强的过渡季节,造成了上述条件的季节差异.

(2) 春季,尤其是4~5月,对流层中系统比较浅薄、湿度较小,暴雨的形成多有赖于不稳定能量的释放,春季暴雨常有对流参与.夏季情况相反,在东风带深厚低压系统内,对流层中湿度大、水汽含量高及系统强烈的上升运动足以产生暴雨;而且,由于中上层大量的凝结加热常造成后续暴雨的稳定的环境条件.不稳定能量的释放固然可以产生或加强暴雨,但本地区夏季暴雨常形成于稳定的条件下.热带低纬度地区的情况是否都是如此值得继续探讨.

(3) 夏季,本地区上空水汽充沛,对流层尤其是中高层的湿度和暴雨相关最为显著,这和中纬度地区只强调中低层水汽的作用不同,本地区夏季中高层的水汽条件也是相当重要的.

(4) 夏季对流层尤其是中高层风速的负切变有利于暴雨形成,这也和中纬度地区的情况不同.

参 考 文 献

- 1 杨国祥. 中小尺度天气学. 北京:气象出版社, 1983. 196~199
- 2 陶诗言. 中国之暴雨. 北京:科学出版社, 1980. 10~11
- 3 李真光, 梁必骐, 包澄澜. 华南前汛期暴雨的成因与预报问题. 华南前汛期暴雨文集. 北京:气象出版社, 1981. 1~8
- 4 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

Environmental Conditions of Genesis of Hard Rain in Zhujiang Delta

Wang Peilin Xu Lizhang*

Abstract By using the daily data of rainfall amount in Zhujiang Delta and Guangzhou's sounding from March to August of 1976~1983, the favorable and unfavorable environmental conditions of genesis of hard rain in Zhujiang Delta, which is situated in the tropics, are analysed. And the conditions obtained are compared with those in the extratropics. The conclusion in this paper could be helpful to the forecasting and understanding of hard rain in the area.

Keywords Zhujiang Delta, hard rain, environmental condition

* Department of Atmospheric Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275