

珠江三角洲局地强风暴发生的环境条件^{*}

王沛霖

(中山大学大气科学系, 广州, 510275)

中纬度地区局地强风暴发生的环境条件已有过许多研究^[1-6], 陶诗言^[7]归纳出三个必要条件: (1) 对流层中下层为明显位势不稳定, (2) 有强的垂直风切变, (3) 中层十分干燥。同类的热带地区研究工作比较少见。本文根据 1976—1983 年 3—8 月出现在珠江三角洲的局地强风暴和广州站逐日 08 时探空资料, 分析了各月局地强风暴发生的有利和不利条件。发现本地区局地强风暴发生的环境条件与中纬地区相比, 在垂直风切变、中层湿度和稳定度等方面是不同的。

1 局地强风暴和物理因子的相关——对比度

用统计方法研究局地强风暴发生的环境条件, 一般地归结为研究 0—1 型数据的天气事件和连续型数据的物理因子(参数)之间的相关, 为了解决这个问题, 我们先给出一个统计量——对比度。

设有 N 个样本, 事件出现的频数为 m , x 为连续型数据自变量, Y 为 0—1 型数据因变量, 对比度定义为

$$CNT = \frac{\bar{x}(1) - \bar{x}(0)}{\bar{x}_f - \bar{x}_e} \quad (1)$$

其中 $\bar{x}(1)$ 和 $\bar{x}(0)$ 分别为 $Y_i = 1$ (事件出现) 和 $Y_i = 0$ (事件不出现) 时, 自变量的平均值, \bar{x}_f 和 \bar{x}_e 是分别按下述方法计算的平均值:

当 $\bar{x}(1) \geq \bar{x}(0)$ 时, 将 x_i 从高值向低值排列, 得到数列 x_n , \bar{x}_f 为 x_n 的前 m 个数的平均值, \bar{x}_e 为 x_n 的后 $N - m$ 个数的平均值;

当 $\bar{x}(1) < \bar{x}(0)$ 时, 将 x_i 从低值向高值排列, 得到数列 x_n , \bar{x}_f 为 x_n 的前 $n - m$ 个数的平均值, \bar{x}_e 为 x_n 的后 m 个数的平均值。

式(1)表明: x 与 Y 不相关时, $\bar{x}(1)$ 和 $\bar{x}(0)$ 为 x 的数学期望值, 则 $CNT = 0$; x 和 Y 完全相关, 即事件全部发生在 x 高值(或低值)区一侧, 则 $CNT = 1$ (或 -1); x 和 Y 存在一定相关时, 则 $0 < |CNT| < 1$, CNT 正值(或负值)表示正(或负)相关, 即事件倾向于发生在 x 高值(或低值)区一侧, $|CNT|$ 越大, 这种倾向越显著。式中除以 $(\bar{x}_f - \bar{x}_e)$ 是使不同参数的对比度能相互比较。

表 1 以广州站 08 时探空的 11 个参数和珠江三角洲局地强风暴的相关为例, 说明对比

* 1992 年 6 月 1 日收到原稿, 1992 年 9 月 22 日收到最后修改稿。本文受“七·五”科技攻关 75-09-02-10 资助。王小光和许平参加了部份资料工作。

度的实际意义(资料说明见下文)。为了说明 CNT 的意义,将数列 x_n (共有 8 年资料) 从高值端开始,顺序每隔 31(或 30) 划分成 8 个区间,统计每个区间强风暴发生的概率,最后表中给出的是三点(三个区间)滑动平均概率。

由表 1 可见,1 号参数的对比度接近于零,三点滑动平均概率表明强风暴发生与参数没有甚么关系。2 号和 3 号参数的对比度值都很小,有相关,但不十分显著。随着参数对比度(绝对值)增大,相关越来越显著,10 号和 11 号参数的对比度分别达到 -0.52 和 0.56 ,强风暴发生概率随参数值的增减有明显的变化趋势,参数的高值和低值两端强风暴概率相差较大。

上述例子说明,采用对比度能很好地表示 0—1 型强风暴和连续型垂直探空的各种要素之间的相关。通过普查,确定当 $|CNT| \geq 0.2$ 时可以认为相关是显著的,并在下文中作为判别相关是否显著的临界值。

表 1 广州探空的参数与珠江三角洲局地强风暴相关的对比度(CNT)以及强风暴发生概率随参数分布的三点滑动平均值(1976—1983 年)

编号	参 数	对比度(%)	各区间概率(%)					
			1	2	3	4	5	6
1	5 月 400hPa 露点	1	20	23	22	23	24	23
2	7 月地面温度	-10	32	31	30	40	39	45
3	5 月 200hPa 比湿	14	27	16	16	17	25	20
4	5 月 400 到 300hPa 温度递减率	-20	17	17	18	23	26	30
5	7 月 200hPa 高度	-24	30	39	37	41	47	49
6	7 月 850 到 300hPa 风速切变	-30	28	26	23	30	45	54
7	7 月 700hPa 露点	35	51	51	50	37	29	19
8	7 月 500 到 200hPa 风速切变	-40	26	32	34	37	41	53
9	7 月地面气压	-45	21	25	29	36	45	57
10	7 月 500hPa 高度	-52	18	24	33	41	50	58
11	6 月地面到 500hPa 平均比湿	56	53	44	26	18	14	10

2 资料

采用珠江三角洲(112.3—114.3°E, 22—24°N)1976—1983 年 3—8 月局地强风暴资料和区域代表性广州站逐日 08 时探空资料分析本地区局地强风暴发生的条件。

若区域中 08 时—次日 08 时至少有一站发生强对流天气(冰雹、雷暴大风 14m/s 以上),则称当天为局地强风暴日。本文局地强风暴资料包括区域中 27 个测站的观测资料和各测站境内发生的强对流灾害的调查资料。

3 珠江三角洲局地强风暴发生的环境条件

对逐月各规定等压面的高度、温度、露点、露点差、风速和 500 与 850hPa 的假相当位温差,以及各规定等压面之间的温度递减率和垂直风速切变等参数与局地强风暴发生相关的对比度进行统计,结果如表 2 所示(大于临界值的对比度是用粗黑体字印出),根据该结果分析如下:

3.1 等压面高度

低气压系统常伴随上升运动和辐合,是强风暴的主要触发机制之一。表2指出,3月和7月整层等压面高度的对比度均为负值,说明初春和盛夏强风暴倾向于发生在深厚的低压系统内,这些深厚的低压系统,在3月是与高空槽相联系,在7月本地区位于副热带高压脊南侧,与赤道辐合带、台风槽等有关。4—6月为初春到盛夏过渡季节,副高从高层开始逐渐向本地区加强,使得强风暴和低压明显相关的层次逐月下降,6月副高脊影响本地区,强风暴和低压已无明显相关。

3.2 温度和露点

表2指出春季和初夏(3—6月)对流层低层(850hPa以下)高温高湿是强风暴发生的有利的条件,8月850hPa高温高湿亦是有利条件。

各月700hPa以上露点的对比度全为正值,6月和7月的对比度都很高,这表明对流层中层和高层绝对湿度也是强风暴发生的有利因子。

7月的一个独特的特点是700hPa低温和强风暴显著相关,对比度达到 -0.46 ,这是造成850—700hPa层结不稳定的主要原因。

3.3 露点差

由表2中可见,除个别层次外,露点差的对比度均为负值,因此不论低层、中层或高层相对湿度越大,越有利于强风暴发生。

3.4 温度递减率

表2指出,除7月700hPa以上各层外,温度递减率越大,强风暴越易发生,表明层结稳定度是强风暴发生的最基本因子。但显著相关的高度各月差异甚大,7月最低,只到达700hPa,8月次之,到达500hPa,5月和6月最高,都到达200hPa。强风暴的强度除了和层结稳定度有关外,还和不稳定层结的厚度有关,这可以部分解释何以珠江三角洲在盛夏发生的局地强对流灾害事件比其它月份少。

7月强风暴和850—700hPa不稳定层结相关显著,而和850—500hPa温度递减率几乎没有什么关系,因此,应该由850—700hPa而不是由850—500hPa的温度层结来建立类似于Showalter指数一类的预报指标作本地区7月强风暴的预报。资料统计得出有强风暴和无强风暴的700hPa温差高达 0.8°C ,而相应的温度递减率差达到 $0.05^{\circ}\text{C}/100\text{m}$,显见700hPa低温是造成850—700hPa层结不稳定的主要原因。

3.5 位势不稳定

取850—500hPa平均温度递减率小于平均湿绝热递减率表示层结是稳定的,以850hPa露点差小于500hPa露点差表示上干下湿,符合这两个条件时,500和850hPa的假相当位温差 $\Delta\theta_{se}$ 为负值表示位势不稳定^①。表2指出,5,6月位势不稳定和强风暴的相关比较明显,但是5,6月在位势不稳定条件下出现的强风暴分别也只占该月强风暴总数的11%和14%,可见,珠江三角洲地区在强风暴形成的稳定度条件中,位势不稳定是次要的。

3.6 风速和垂直风速切变

表2表明,对流层中下层(850—500hPa)风速越大,越有利于强风暴生成,而高层

^① 对7月份,用850—700hPa层来讨论这个问题。

(300hPa 以上)风速和强风暴没有明显关系(3月除外)。

表 2 3—8月广州站规定等压面的高度、温度、露点、露点差、 $\Delta\theta_{se}$ 风速、两等压面之间的温度递减率和风速切变与珠江三角洲局地强风暴相关的对比度(CNT)(1976—1983)

月 份		3	4	5	6	7	8	
地面气压 (P_0)	(hPa)							
	P_0	-34	-39	-22	-16	-45	-20	
	850	-35	-28	-5	-5	-44	-18	
	700	-26	-13	11	3	-46	-17	
	和等压面高度	500	-24	-6	13	1	-52	-18
		400	-25	-3	13	0	-46	-21
		300	-28	5	10	-2	-35	-18
200		-28	16	15	-3	-24	-11	
温度	1000	21	35	45	27	-10	10	
	850	17	40	48	38	-5	22	
	700	5	5	20	-3	-46	-6	
	500	-19	-1	-2	-2	3	-7	
	400	-21	16	1	-6	18	-1	
	300	-22	27	14	-1	18	3	
	200	16	32	7	-2	4	2	
露点	1000	20	38	53	56	-18	4	
	850	13	36	46	51	13	22	
	700	2	28	19	37	35	17	
	500	14	11	7	23	43	17	
	400	20	13	1	24	49	16	
	300	13	21	11	50	41	22	
	200	27	25	16	51	38	17	
露点差	1000	-8	-27	-26	-44	7	8	
	850	2	-7	-14	-25	-14	-6	
	700	1	-22	-7	-33	-43	-18	
	500	-19	-10	-7	-23	-44	-19	
	400	-26	-5	0	-25	-47	-18	
	300	-24	-9	-4	-32	-36	-20	
	200	-19	-3	-13	-33	-40	-20	
温度递减率	850—700	15	40	40	43	37	24	
	850—500	30	37	48	33	-5	20	
	850—400	31	22	44	34	-19	14	
	850—300	29	15	26	30	-20	-1	
	850—200	4	6	31	29	-8	10	
$\Delta\theta_{se}$		-15	-11	-42	-21	8	19	
风速	1000	16	19	-14	-8	14	15	
	850	21	5	14	30	34	18	
	700	37	15	20	25	31	29	
	500	27	25	13	9	46	25	
	400	21	13	2	-2	35	14	
	300	17	-8	-1	-6	-2	1	
	200	27	-10	-9	7	-18	-17	
垂直风速切变	850—700	17	13	11	-8	-3	18	
	850—500	8	20	3	-18	14	8	
	500—200	16	-25	-20	-1	-40	-28	
	850—200	21	-10	-13	-15	-33	-24	

由表2还可看出,上层(500—200hPa)和通过云层(850—200hPa)的垂直风速切变,仅在3月有利于强风暴生成,本地区3月受高空副热带急流影响,情况和中纬度的相同,而在其余的月份里,副热带急流已经北撤,不利于强风暴生成。

4 结论

珠江三角洲局地强风暴发生的环境条件各月不尽相同,强风暴倾向于在低压、大气层结不稳定、低层高温高湿、中高层湿度大和水汽含量高、中低层强风和通过云层的垂直风速切变小等条件下发生。与中纬度地区情况相比,强风暴发生的环境条件在垂直风切变、中层湿度、高低层风速和稳定度方面不同。

参考文献

- [1] Beebe R G. Tornado proximity soundings. *Bull Am Met Soc*, 1958, 39: 195—201.
- [2] Mawitz J D. The structure and motion of severe hail storms, I. Multi-cell storms. *J app Met*, 1972, 11: 80—188.
- [3] 李吉顺、田生春. 北京地区强对流天气环境风垂直分布的一些统计特征. *强对流天气文集*, 气象出版社, 1983, 149—152.
- [4] 丁一汇等. 我国飑线发生条件的研究. *大气科学*, 1982, 6(1): 18—27.
- [5] 雷雨顺. 南方夏季大范围雷暴前兆分析. *气象*, 1981, 4.
- [6] Dessen H. Severe hailstorms are associated with very strong wind between 6000—12000 meters. *Geophys Monog*, 1960, 5: 333—338.
- [7] 陶诗言. 中国之暴雨. 科学出版社, 1980, 1—12.

ON THE GENESIS CONDITIONS OF SEVERE LOCAL STORMS IN THE PEARL RIVER DELTA

Wang Peilin

(*Department of Atmospheric Sciences, Zhongshan University, Guangzhou, 510275*)

Abstract

By use of the data of severe local storms in the Pearl River Delta and from Guangzhou's sounding from March to August of 1976—1983, the favorable and unfavorable conditions of the genesis of the storms in the area, which is situated in the tropics, are analysed. And the conditions are compared with those in the extratropics. The conclusions in this paper could be helpful to forecasting and understanding of the storms in the Delta.