

北京地区夏季对流天气发生条件的研究

孙 力 许丽章

(中山大学大气科学系, 广州 510275)

摘 要 采用 1980~1988 年夏季北京站 20h 探空和北京地区未来 24h 对流天气资料, 并采用对比度分析方法, 研究了该地区夏季对流性天气发生的大尺度环境条件, 普通雷暴与局地强风暴发生环境条件的差异, 并将结果与中纬度地区现有概念作了比较.

关键词 北京地区, 对流天气, 环境条件

对流天气包括普通雷暴和局地强风暴 (雷暴大风 8 级以上, 龙卷和雹). 有组织的对流系统是在一定大尺度环境条件下产生的. 一般认为, 在中纬度地区, 低层有较充足水汽、条件不稳定层结和抬升触发机制是普通雷暴发生的条件, 而局地强风暴除了对上述条件要求更高外, 还要求有强的垂直风切变和中层干冷^[1]. 这些概念都是由个例综合分析得到的. 王沛霖最近提出能使用包括天气事件发生和不发生的逐日资料来确定天气事件和气象参数相关关系的对比度分析方法^[2,3], 根据这种相关关系来研究天气事件发生的环境条件比个例综合分析方法更为全面和合理, 为此本文采用对比度分析方法研究了北京地区对流天气发生的环境条件和普通雷暴与局地强风暴发生条件的差异, 研究的结果加深了对中纬度地区对流天气和局地强风暴的认识, 并对风切变与局地强风暴的关系提出了不同看法.

1 资料和分析方法

本文采用 1980~1988 年 6~8 月北京站 20h 探空和未来 24h 北京地区 (以北京为中心 600km×600km 的区域) 30 个测站的对流天气 (普通雷暴和局地强风暴) 资料, 规定当天 (20~20h) 区域内有不少于 1/3 测站有雷暴为区域对流天气日; 规定区域对流天气日中至少一站出现局地强风暴为局地强风暴日. 表 1 给出了各月对流天气发生概率和局地强风暴的条件概率. 从表 1 可见, 区域对流天气概率是 6 月最低, 7~8 月最高, 局地强风暴的条件概率都很高, 而以 8 月最低, 6 月最高.

区域对流天气和局地强风暴都是 (0, 1) 型数据的天气事件, 它们与连续型数据的探空参数的相关关系可由计算的对比度 (CNT) 来表示^[2,3], 所用的探空参数有各规定层

收稿日期: 1995-07-03

表 1 北京地区对流天气概率和局地强风暴的条件概率

Tab 1 Probability of convective weather and conditioned probability of severe local storm in Beijing area

月 份	6	7	8
对流天气概率 (%)	0.27 (74/270)	0.39 (108/279)	0.38 (107/279)
局地强风暴条件概率 (%)	0.91 (67/74)	0.81 (87/108)	0.78 (83/107)

的压、温、湿、风速、假相当位温以及各层间的温度递减率,垂直风速切变和 700 减 850, 500 减 850h Pa 的假相当位温差. 仍以 $|CNT| \geq 0.2$ 为显著相关, 否则为相关不显著. 计算结果分别列于表 2 和表 3.

2 对流天气发生的环境条件

(1) 6 月和 8 月对流天气和 850h Pa 高度或地面气压显著负相关, 7 月和 400~ 300h Pa 高度显著负相关. 可见对流层中低层或上中层的低压有利于夏季对流发生, 低压辐合上升运动为对流天气提供了一定的触发条件.

(2) 对流天气除个别层次外, 与温度相关是不显著的, 但与温度递减率存在显著正相关. 不稳定层以 6 月最浅薄, 出现在 700~ 500h Pa, 8 月最深厚, 从 850h Pa 伸展到 300h Pa, 3 个月最不稳定层的对比度分别为 0.2, 0.3 和 0.35, 表明对流天气倾向于发生在层结不稳定条件下.

表 2 北京区域对流天气和参数相关的对比度 (CNT, %)

Tab. 2 Contrast of relation between convective weather in Beijing area and parameters of Beijing's sounding

气压或高度		温 度										温度递减率									
Ps	H ₈₅₀	H ₇₀₀	H ₅₀₀	H ₄₀₀	H ₃₀₀	H ₂₀₀	T _s	T ₈₅₀	T ₇₀₀	T ₅₀₀	T ₄₀₀	T ₃₀₀	T ₂₀₀	CNT (不稳定层) (hPa)	CNT (最不稳定层) (hPa)						
6 月	-18	-22	-15	-11	-10	-12	-6	-11	3	8	-11	6	-15	-10	20(700-500)	20(700-500)					
7 月	-15	-19	-16	3	-20	-21	-19	-19	-13	1	-20	-17	-15	7	22(700-400)	39(700-500)					
8 月	-29	-28	-11	-12	-12	-10	-8	0	21	10	-15	-7	-10	4	20(850-300)	35(700-500)					
露 点							露 点 差							风 速							
T _{d_s}	T _{d₈₅₀}	T _{d₇₀₀}	T _{d₅₀₀}	T _{d₄₀₀}	T _{d₃₀₀}	T _{d₂₀₀}	ΔT_{ds}	ΔT_{d850}	ΔT_{d700}	ΔT_{d500}	ΔT_{d400}	ΔT_{d300}	ΔT_{d200}	V _s	V ₈₅₀	V ₇₀₀	V ₅₀₀	V ₄₀₀	V ₃₀₀	V ₂₀₀	
6 月	39	37	39	31	20	2	12	-33	-30	-34	-39	-31	-36	-31	-7	-2	-4	-3	-13	-14	-11
7 月	29	27	25	28	12	7	25	-36	-31	-24	5	6	-24	-21	-11	3	-38	24	-6	-13	-6
8 月	25	30	35	23	14	5	22	-20	-17	-32	-34	-25	-19	-21	-15	1	-34	10	-8	-11	-2
垂直风速切变							假相当位温							假相当位温差							
V ₇₀₀ ⁸⁵⁰	V ₅₀₀ ⁸⁵⁰	V ₄₀₀ ⁸⁵⁰	V ₃₀₀ ⁸⁵⁰	V ₂₀₀ ⁸⁵⁰	θ_{ses}	θ_{se850}	θ_{se700}	θ_{se500}	θ_{se400}	θ_{se300}	θ_{se200}	$\Delta\theta_{se700}^{850}$	$\Delta\theta_{se500}^{850}$								
6 月	-3	-2	-11	-13	-10	30	32	28	5	-3	-13	-10	-18	-36							
7 月	-1	1	-7	-13	-7	16	20	15	2	-11	-14	6	-11	-20							
8 月	-1	-11	-9	-11	-3	18	32	27	2	-4	-9	5	-11	-39							

表 3 北京地区局地强风暴和参数相关的对比度 (CNT,%)

Tab. 3 Contrast of relation between severe local storm in Beijing area and parameters of Beijing's sounding according the data for thunderstorm days

气压或高度		温 度										温度递减率									
Ps	H ₈₅₀	H ₇₀₀	H ₅₀₀	H ₄₀₀	H ₃₀₀	H ₂₀₀	T _s	T ₈₅₀	T ₇₀₀	T ₅₀₀	T ₄₀₀	T ₃₀₀	T ₂₀₀	CNT (不稳定层) (h Pa)	CNT (最不稳定层) (h Pa)						
6月	-32	-35	-42	-48	-44	-44	-19	-7	7	-8	-25	-38	-28	1	38(850-300)	44(850-400)					
7月	-14	-14	-4	-11	-15	-18	-14	5	24	1	-23	-33	-15	11	49(850-400)	49(850-400)					
8月	-17	-16	-9	-14	-19	-20	-16	18	19	4	-27	-24	-11	1	23(850-300)	51(700-500)					
露 点			露 点 差										风速								
T _{ds}	T _{d850}	T _{d700}	T _{d500}	T _{d400}	T _{d300}	T _{d200}	ΔT_{ds}	ΔT_{d850}	ΔT_{d700}	ΔT_{d500}	ΔT_{d400}	ΔT_{d300}	ΔT_{d200}	V _s	V ₈₅₀	V ₇₀₀	V ₅₀₀	V ₄₀₀	V ₃₀₀	V ₂₀₀	
6月	-32	-17	4	4	-30	-20	0	19	21	-7	-14	14	5	7	-40	10	8	-12	24	-30	-24
7月	5	3	-31	-21	-31	-7	13	0	17	30	10	16	-4	-2	16	-14	24	17	19	42	35
8月	4	-12	-24	-32	-24	-20	-5	14	29	39	23	15	22	7	10	-5	23	15	-7	-3	-2
垂直风速切变					假相当位温							假相当位温差									
V' _{850/700}	V' _{850/500}	V' _{850/400}	V' _{850/300}	V' _{850/200}	θ_{ses}	θ_{se850}	θ_{se700}	θ_{se500}	θ_{se400}	θ_{se300}	θ_{se200}	$\Delta\theta_{se850/700}$	$\Delta\theta_{se850/500}$								
6月	17	-6	-18	-24	-20	-23	-5	1	-9	-32	-25	5	11	-2							
7月	32	23	25	45	35	9	18	-17	-23	-33	-15	11	-46	-44							
8月	-6	7	-5	-1	0	12	-1	-11	-30	-22	-11	11	-21	-42							

(3) 对流天气和 500h Pa 以下露点正相关, 说明中下层水汽含量越大, 对流天气越容易发生, 在整个对流层中, 对流天气与露点差几乎都是显著负相关, 对流层湿度大是对流天气发生的有利条件。

(4) 6月对流天气与各层风速无显著相关, 7月在 700~ 500h Pa和 8月在 700h Pa风速小有利于对流天气发生, 表明盛夏对流多为气团雷暴, 各月的垂直风速切变的对比度都很小, 相关不显著, 可见风切变和对流天气没有明显关系。

(5) 对流天气和 700h Pa 以下假相当位温有显著正相关, 这是水汽含量大造成的, 和 500减 850h Pa的假相当位温差都是显著负相关, 其中 6月和 8月的 CNT值分别达到 - 0.36 和 - 0.39, 因此, 对流天气倾向于在位势不稳定条件下发生。

3 普通雷暴和局地强风暴发生条件的差异

表 3是在区域有对流天气发生的条件下, 局地强风暴与参数相关的结果, 据此, 可以揭示普通雷暴与局地强风暴发生条件的差异。

(1) 6月局地强风暴是在整层气压更低条件下发生的。例如, 500h Pa高度的对比度达 - 0.48, 深厚低压系统为局地强风暴发生提供了更有利的触发条件, 而在盛夏 (7~ 8月), 则几乎与各层气压无显著相关。这可部分解释何以 6月局地强风暴条件概率高而 7~ 8月低。

(2) 各月局地强风暴倾向于发生在 500~ 400h Pa温度显著偏低的条件下, 中层低温形成了更不稳定的层结, 为强风暴的发展提供了更多的潜在不稳定能量。不稳定层 (显著

负相关的气层)在6月出现在850~300hPa,7月在850~400hPa,而最不稳定层(CNT最大值的气层)6月和7月出现在850~400hPa,8月较浅薄,出现在700~500hPa,对比度都很高,在0.44以上.正如上述对流天气倾向于在不稳定层结条件下发生,现在的结果表明,当层结更不稳定时,普通雷暴容易发展为局地强风暴.

(3)局地强风暴倾向于在对流层中上层水汽含量较低和850hPa以上湿度小的条件下发生.例如,6月400~300hPa,7月和8月在700~400hPa的露点均为显著负相关,各月在850hPa或以上露点差出现显著正相关,以8月最明显.这与中层干燥有利于局地强风暴发展的看法是一致的.

(4)局地强风暴和风速及垂直风速切变的关系各月不同,例如6月高空风速为显著负相关,7月中上层和8月在700hPa的风速为显著正相关;而垂直风速切变的相关,3个月都不相同,6月为显著负相关,7月为显著正相关,8月相关不显著,可见垂直风速切变与强风暴并无一定的关系.

(5)局地强风暴与500~300hPa假相当位温呈显著负相关,显然,这是低温低湿造成的.普通雷暴与局地强风暴在中低层的假相当位温差在6月无显著差异,而7月和8月差异相当显著,例如在850~500hPa的假相当位温差的对比度分别达-0.4和-0.42,故盛夏(7,8月)在位势不稳定更强的条件下容易发生局地强风暴.

4 小结和讨论

(1)北京位于我国中纬度地区,对流发生的条件是:中低层或中上层为低压,层结不稳定和中下层位势不稳定,中下层水汽含量大和湿层厚,这与一般概念相符.

(2)局地强风暴与普通雷暴相比,要求层结和中下层位势更不稳定,中上层水汽含量更小和中下层湿度更低,即中层干燥更有利于强风暴发展,这些结果亦与一般概念相同.

(3)区域对流天气的发生与垂直风速切变没有显著相关.强风暴与风速和垂直风速切变的关系视月份而不同,这和中纬度地区认为强风暴发展需要有强的风切变的概念不同,事实上现有的概念是建立在个例综合分析的基础之上,同时,根据北京7例强风暴的统计,强切变和弱切变所占的比例是相同的^[4],也说明了不论切变强弱,强风暴都同样有可能发生.局地强风暴的概念模式主张强切变能形成云中倾斜的垂直环流有利于风暴发展^[5],但在强切变环境中云中倾斜的垂直环流至今未被模拟出来.因此,局地强风暴的发展要求有强的垂直风切变的概念其基础是不牢固的.本文通过普通雷暴与局地强风暴的对比,得出风切变与强风暴的相关各月不同,这种不确定的相关关系很可能只是反映了各月强风暴发生的盛行流型不同,实际上二者是没有联系的.

参 考 文 献

- 1 杨国祥. 中小尺度天气学. 北京: 气象出版社, 1983, 180
- 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 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. 北京: 气象出版社, 1983, 149~ 152
- 5 丁一汇. 高等天气学. 北京: 气象出版社, 1991, 428~ 431

Study on the Genesis Conditions of Convective Weather in Beijing Area in Summer

Sun Li^{} Xu Lizhang*

Abstract By using the data of Beijing's sounding and convective weather in Beijing area in summer of 1980– 1989, the environmental conditions of the genesis of the convective weather and the differences between air– mass thunderstorm and severe local storm in the environmental conditions of their genesis are identified, and results obtained are compared with existing views on these conditions.

Keywords Beijing area, convective weather, environmental condition

* Department of Atmospheric Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275