

珠江三角洲和北京地区强对流 和暴雨发生的条件^{*}

王沛霖 许丽章 孙 力

(中山大学大气科学系, 广州 510275)

摘 要 总结了作者近年采用对比度分析方法和使用逐日的探空和天气资料, 研究了珠江三角洲和北京地区强对流和暴雨发生发展条件的系列成果, 提出一个关于强对流发生发展条件的概念, 并结合使用北京地区纯局地强风暴和纯暴雨组成的对立事件资料作对比度分析的结果, 指出了强对流和暴雨发生条件的差异, 对现有的概念作了重要的修正和补充.

关键词 强对流, 暴雨, 发生发展条件, 珠江三角洲地区, 北京地区

分类号 P 44

强对流是一种重要的灾害性天气, 属于中小尺度系统, 按照对流强弱程度可区分为雷暴、局地强风暴 (雷暴大风和冰雹) 和龙卷, 按灾情严重程度可区分为一般灾害和重大灾害两种情况. 一般认为强对流发生发展的环境条件为: ① 低层位于气旋性涡度区, ② 低层暖湿、中层非常干燥, ③ 中下层位势不稳定, ④ 垂直风切变强. 暴雨也是一种中小尺度灾害性天气, 一种意见认为它是一种强对流性降水, 它的形成要求位势不稳定层结; 另一种意见认为暴雨是在微弱位势不稳定或近乎中性条件下形成, 是一种稳定性降水, 但都认为暴雨与强对流发生条件有显著差异, 暴雨要求有更高的水汽和湿度条件, 有弱的垂直风切变^[1,2]. 应该指出, 现有的这些概念主要是根据中纬度地区个例的综合分析形成的, 有必要在资料和分析方法两方面加以改进, 在更牢固基础上形成更合理的概念.

作者曾提出一种对比度分析方法, 简单地说, 对比度是 0-1 型数据的事件与连续型数据变量的相关系数, 可以在给定的显著性水平下, 检验对比度相关的显著性^[3,4], 根据天气事件和气象参数的相关来确定天气事件发生发展的条件. 使用对比度分析方法, 并根据多年北京和珠江三角洲两地区代表性探空及其后 24 h 内天气和降水逐日资料 (包括有和无天气事件发生的全部资料), 分别分析了这两个地区强对流发生发展和暴雨发生的环境条件^[3-11], 包括强对流发生^[3,4,7], 强对流加强发展^[5-7]和暴雨发生^[8,9,11], 以及局地强风暴和大暴雨环境条件的差异^[10]. 本文根据北京地区夏季纯局地强风暴和纯暴雨的一组对立事件的资料, 在更严格条件下分析了强对流和暴雨发生条件的差异, 并综合上述的系列研究成果, 提出了强对流发生发展以及强对流与暴雨发生条件差异的概念.

* 收稿日期: 1996-10-09 王沛霖, 男, 58 岁, 副教授

1 强对流发生发展的基本条件

将两个地区都适用的条件称为基本条件，一地区出现另一地区未出现的条件称为有利条件。强对流发生的基本条件是：① 对流层为低压；② 层结不稳定和中下层位势不稳定；③ 湿层厚和中下层水汽含量大。

强对流增强发展的基本条件与上述条件相同，但对流发展得越强，灾害越严重，对上述条件要求越高。

2 强对流发生发展的有利条件

北京地区中层干燥是雷暴发展为局地强风暴的有利条件；中低层水平动量（风速）大是珠江三角洲局地强风暴发生和增强发展的有利条件。二者都可由积云夹卷过程加以解释，在积云发展过程中，吸入干燥的环境空气的蒸发冷却作用能增强下沉气流，吸入水平动量大的环境空气在下沉气流中动量下传，两者都能增强地面大风，这两个有利条件的出现与地理纬度和天气背景差异有关。北京地区位于中纬度，中层干燥容易出现，珠江三角洲地区位于热带低纬。中低层风速大的天气系统，如西南风急流和台风等比较常见。

3 垂直风切变并非强对流发生发展的物理因子和条件

通常垂直风切变是指通过风暴云（850~ 200 h Pa）的风速切变。现将两地区强对流发生和发展与垂直风切变相关的对比度综合列于表 1 中，对比度绝对值 0.2 为相关显著的临界值，大于 0.2 为显著相关，小于 0.2 为相关不显著，对比度正值为正相关，负值为负相关，0 值为完全不相关，对比度值越大，相关越显著。由表可见，强对流发生和发展与垂直风切变无确定相关，这与位势不稳定均为正相关的情况完全不同，因此，垂直风切变并非强对流发生发展的物理因子和条件，这对现有概念作了十分重要的修正。各月相关性质不同可解释为各月强对流的盛行流型不同所致，例如夏季珠江三角洲局地强风暴的盛行流型是台风，台风流场中风速随高度减小，故呈显著负相关。急流也是强对流的盛行流型，由于强的正切变与高空急流相伴，故呈显著正相关。强的负切变与低空急流同时出现，故呈显著负相关。

表 1 强对流发生发展与通过云层垂直风切变相关的对比度（CNT）

Tab. 1 Contrast of correlation between genesis and development of severe convection and vertical wind speed shear through cloud layer %

强发 对 流生	北京夏季区域雷暴发生 ^[7]	- 10/6月 - 7/7月 - 3/8月
	北京局地强风暴发生 ^[4]	- 14/4月 - 17/5月- 12/6月 19/7月 12/8月 13/9月
	珠江三角洲局地强风暴发生 ^[3]	21/3月 - 10/4月- 13/5月- 15/6月- 33/7月- 24/8月
强发 对 流展	北京夏季区域雷暴发展为局地强风暴 ^[7]	- 20/6月 35/7月 0/8月
	珠江三角洲春季局地强风暴发展为龙卷 ^[5]	13/3~ 5月
	珠江三角洲局地强风暴发展为重大灾害天气 ^[6]	6/3月 - 34/4月 32/5月 - 8/6月 31/7月 -

现有概念主张垂直风切变是强对流的必要条件, 主要根据 1962 年 Dessens 在法国观测到的 76 例冰雹的分析, 他的结论是风速切变在灾害冰雹日大于非灾害冰雹日. 也得到 1970 年 Marwitz 在美国的几例超级环流风暴和强烈切变风暴的现场观测的支持. 在我国, 1983 年李吉顺等对北京 59 例强对流和垂直风切变资料的统计结果表明, 并非切变越大、灾害越大, 他们主张存在一个对流发展的适当切变范围 ($1. \times 10^{-3} \sim 4. \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$), 这一结果对现有概念作了一定的修正. 另一种相反意见是雷暴计划, 认为垂直风切变是雷暴发展的障碍, 它基于雷达回波向切变环境下风方倾斜的观测. 本文提出了第三种看法, 认为垂直风切变并非强对发生发展的物理因子和条件.

4 强对流和暴雨发生条件的差异

通过强对流和暴雨的系列研究结果的比较, 发现二者发生条件有显著差异. 下面采用更严格的资料通过直接比较来揭示这一差异.

采用北京地区夏季纯局地强风暴日和纯暴雨日组成的对立事件 (即不包括混合型个例) 资料作对比度分析, 结果如表 2. 这里对比度相关检验的显著性水平 $\alpha = 0.001^{[4]}$, 表中空格表示该项未通过检验.

表 2 北京地区夏季暴雨和参数相关的对比度 (1980~ 1988)

Tab. 2 Contrast of correlation between hard rain and parameters in Beijing area %

规定层 /hPa	P_0	850	700	500	400	300	200
气压或高度	39	39		51	56	62	59
温度	- 23			62	68	62	
露点	41	43	57	53	70	64	34
露点差	- 52	- 54	- 48	- 45	- 55	- 43	- 43
风速	- 32						
假相当位温		22	49	67	69	64	
层间 /hPa	850~ 760	850~ 500	850~ 400	850~ 300	850~ 200		
温度递减率	- 41	- 72	- 74	- 70	- 26		
垂直风速切变 上层减下层的 假相当位温差	30	50	-	-	-		

表 2 结果只有相对意义, 显著相关表示暴雨和局地强风暴二者的条件有显著差异. 可见对比度都很大, 差异异常显著. 相对于局地强风暴, 暴雨要求高压 (尤其是上层) 中上层高温、深厚气层内水汽含量和湿度大, 层结和位势稳定, 但是二者在 850 hPa 以上风速和垂直风速切变均无显著差异, 这和主张强对流要求垂直风切变强, 暴雨要求垂直风切变弱的现有概念迥然不同. 以上结果与作者的系列研究结果是一致的.

作者的系列研究还发现, 夏季两地区暴雨都和稳定层结显著相关, 和位势不稳定无显著相关, 这表明夏季对流性暴雨和稳定性暴雨都可能发生; 春季, 北京地区罕见暴雨, 珠江三角洲暴雨和层结不稳定或位势不稳定显著相关, 故春季以对流性暴雨居多. 而且夏季北京地区暴雨要求中高层高压 (辐散), 珠江三角洲地区暴雨要求对流层为低压 (辐合), 这一差异是和两地区暴雨盛行天气系统不同有关, 前者常和西南低涡的低层辐合、高层辐散

的型式相联系, 后者则和台风等深厚气层内低压辐合型式密切有关. 与强对流相比, 暴雨要求更深厚气层内有更强的上升触发条件.

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 杨国祥. 中小尺度天气学. 北京: 气象出版社, 1983. 180~ 199
- 3 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
- 4 王沛霖, 许丽章, 孙力. 北京地区局地强风暴发生的环境条件. 中山大学学报 (自然科学版), 1996, 35 (2): 113~ 117
- 5 王沛霖. 珠江三角洲春季龙卷发生的环境条件. 热带气象学报, 1996, 12 (1): 60~ 64
- 6 王沛霖. 珠江三角洲重大与非重大灾害局地强风暴发生的环境条件. 热带海洋, 1996, 15 (3): 30~ 35
- 7 孙力, 许丽章. 北京地区夏季对流天气发生条件的研究, 中山大学学报 (自然科学版), 1995, 34 (增刊): 189~ 193
- 8 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
- 9 王沛霖, 许丽章, 孙力. 北京地区夏季暴雨形成的环境特征. 中山大学学报 (自然科学版), 1996, 35 (4): 107~ 110
- 10 王沛霖. 台风影响期间珠江三角洲局地强风暴和特大暴雨发生的环境条件. 热带气象学报, 1995, 11 (4): 375~ 377
- 11 王沛霖, 陈隽. 登陆华南台风特异——特弱或特强降水发生的环境条件. 大气科学, 1996, 20 (2): 202~ 206

Conditions of Genesis and Development of Severe Convection and Hard Rain in Pearl River Delta and Beijing Area

Wang Peilin^{} Xu Lizhang Sun Li*

Abstract On the basis of a whole set of research results by the authors, a concept on conditions of genesis and development of severe convection and hard rain is presented and the difference of the conditions in Pearl River Delta and Beijing area is analysed. Important amendments and supplements are made to the present concept.

Keywords hard rain, severe convection, environmental condition, Pearl River Delta, Beijing area

^{*} Department of Atmospheric Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275