

钟利华,曾鹏,李勇,等. 广西雷暴大风环流特征和物理量诊断分析[J]. 气象,2010,37(1):59-65.

# 广西雷暴大风环流特征和物理量诊断分析<sup>\*</sup>

钟利华 曾 鹏 李 勇 熊文兵 胡宗煜

广西气象科技服务中心, 南宁 530022

**提 要:** 利用观测资料和 ECMWF 分析资料,对广西 2006—2008 年发生的雷暴大风强天气 45 个个例进行统计分析,并应用天气学方法进行影响模型分析,从雷暴大风发生的条件入手,探讨了一些稳定度指数和动力参数的物理意义,及雷暴大风发生区域的环境场特征,统计归纳出了:(1)造成广西雷暴大风强天气过程可分为高原深槽型、台风低槽型、副高西部型和华北低槽型等四种天气模型;(2)雷暴大风多发生在午后,峰值出现在 16 时左右;7 月和 8 月出现的最多;(3)局地雷暴大风的出现与地形作用有密切关系;(4)雷暴大风产生前,四种天气影响型广西大部地区大气层结均有不稳定能量聚集,低层有强的水汽辐合,相对湿度大;高原深槽、华北低槽和副高西部影响型强的垂直上升运动和正涡度中心位于广西北部,台风低槽影响型则位于广西东南部;(5)出现雷暴大风的区域大气层结不稳定性更显著,低层水汽辐合和中低层气旋性辐合也偏强。

**关键词:** 雷暴大风, 环流特征, 物理量, 诊断分析

## Diagnostic Analysis of the Circulation and Physical Quantities of Thunderstorm Gales in Guangxi

ZHONG Lihua ZENG Peng LI Yong XIONG Wenbing HU Zongyu

Guangxi Meteorological Science and Technology Service Center, Nanning 530022

**Abstract:** Based on the observation data and ECMWF analysis data, the 45 samples of thunderstorm gales occurring during 2006 to 2008 in Guangxi have been statistically analyzed and the influence model is analyzed by using the synoptic meteorology method. The physical significance of stability index and dynamic parameters, and the environment characteristics of the thunderstorm gale occurring area have been discussed in terms of the thunderstorm gale occurrence conditions. The results show: (1) There are 4 weather model types that can cause thunderstorm gales in Guangxi, including the type of plateau trough, the type of typhoon trough, the type of western subtropical high, and the type of North China trough; (2) Thunderstorm gale occurs mostly in July and August especially in the afternoon, whose peak appears at about 16 p. m. (3) The terrain is important for local thunderstorm gale occurring; (4) Before the thunderstorm gale occurring, the unstable energy in the atmospheric stratification congregates in most areas of Guangxi, the moisture convergence in lower layers and the relative humidity are powerful. The vertical ascending movement and the positive vorticity center of the plateau trough type, the western subtropical high type and the North China trough type are located in northern Guangxi, while the type of typhoon trough is located in southeastern Guangxi; (5) The atmospheric stratification is more unstable in the thunderstorm gale occurring, moisture convergence in lower layers and the cyclonic convergence in the middle and lower layers are also stronger.

**Key words:** thunderstorm gale, circulation characteristics, physical quantity, diagnostic analysis

\* 中国气象科学研究院项目“基于 GRAPES 的广西城市(群)强对流预报系统”资助  
2009 年 12 月 10 日收稿; 2010 年 3 月 24 日收修定稿  
第一作者:钟利华,主要从事天气预报研究与服务. Email:zhonglh58@yahoo.com.cn

## 引言

雷暴大风是雷暴和大风两种天气现象相伴出现的灾害性天气,由于破坏性很强,常常给人们的生命财产安全带来严重威胁。关于雷暴大风的预报,气象学者分别从天气形势、物理量场和雷达回波特征等方面进行了分析和研究<sup>[1-8]</sup>,并已取得了一些成果。研究表明:影响对流风暴的发生最重要的是中层干空气和强垂直风切变,而对流云体的合并或对流云线的碰头、相交主要是出现在低层辐合区内<sup>[1]</sup>;最有利于雷暴大风产生的探空结构为:低层暖湿,中高层有干冷空气,不稳定性较大,风垂直切变较大<sup>[2]</sup>;在雷暴大风发生前,对流层低层一般为上升运动,来自大气中、上层的干冷空气及其伴随的下沉气流有利于不稳定层结的增强<sup>[3]</sup>;雷暴发生时在对流层低层有一个 $\theta_e$ 的极大值,在对流层中层达到其极小值<sup>[4]</sup>;有利于雷暴大风出现的环境条件是:下沉气流具有较大的不稳定性,同时对流层低层环境大气的温度直减率较大<sup>[5]</sup>。

这些研究对雷暴大风等强对流天气产生的天气形势及物理量特征有了一定的认识,指出了有利于雷暴大风产生的条件,但对广西雷暴大风产生的主要天气型、物理量特征诊断对比分析方面研究的还不多。该文统计了广西 2006—2008 年雷暴大风天气过程,对雷暴大风发生的天气类型进行了分型和分析,并对各天气类型的物理量特征,及雷暴大风出现区域环境场特征进行了诊断对比分析,旨在为分析研究和预报该类天气提供参考。

## 1 资料及广西雷暴大风定义

(1) 大风和雷暴资料取自广西 2006—2008 年 90 个气象观测站和自动气象观测站资料(除高海拔的自动站外)。

(2) ECMWF 提供的 2006—2008 年 500 hPa 高度分析场资料。

(3) 2006—2008 年 08 时和 20 时探空观测资料内插到网格点后计算的  $K$  指数、 $SI$  指数、假相当位温、相对湿度、水汽通量散度、垂直速度、涡度等物理量再分析资料,格距为  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ ,共 6 层:1000 hPa、925 hPa、850 hPa、700 hPa、500 hPa、200 hPa。广西区域物理量特征平均场取值范围为:广西区域 5 个格点,即:  $25^\circ\text{N}$ 、 $105^\circ\text{E}$ ,  $25^\circ\text{N}$ 、 $107.5^\circ\text{E}$ ,  $25^\circ\text{N}$ 、 $110^\circ\text{E}$ ,  $22.5^\circ\text{N}$ 、 $107.5^\circ\text{E}$ ,  $22.5^\circ\text{N}$ 、 $110^\circ\text{E}$  的平均值。

(4) 本文对雷暴大风过程的定义为:雷暴发生前、后 1 小时伴随瞬时风速(阵风)  $\geq 17 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  的大风,广西区域 24 小时有  $\geq 2$  个站出现雷暴大风,则记为一次过程。

## 2 广西 2006—2008 年雷暴大风基本特征

### 2.1 天气环流分型

按照定义,统计广西 2006—2008 年资料,总共有 45 次雷暴大风天气过程,平均每年约出现 15 次,对各次雷暴大风发生前 24 小时 500 hPa 大气环流特征统计分析,发现影响雷暴大风的环流形势以高原东部深槽型(简称高原深槽型)、华北低槽型、西太平洋副高西部型(简称副高西部型)、台风低槽型(含东风波)为主,其中由高原深槽型造成的雷暴大风过程所占比例最大,其次为台风低槽型,最少为华北低槽型(表 1)。

### 2.2 日变化特征

广西 45 次雷暴大风天气多发生在午后 13:00—19:00,占总站次的 69%,峰值发生在 16:00 左右。这是因为在一般情况下,午后(14 时后)的近地面温度达到最大值,热力效应造成近地面层增温达到最强,使得大气的层结状态不稳定性加大,有利于雷暴

表 1 广西 2006—2008 年各天气型雷暴大风月变化特征(单位:次)

Table 1 Monthly variation of thunderstorm gale in different kinds of weather during 2006 to 2008 in Guangxi (unit: times)

分型	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	占总次数/%
高原深槽型	1	2	1	3	7	1	3	0	40.0
华北低槽型	0	1	1	1	0	0	0	1	8.9
副高西部型	0	0	1	0	4	2	1	0	17.8
台风低槽型	0	0	0	0	4	10	1	0	33.3
合计	1	3	3	4	15	13	5	1	100.0

大风的发生。

### 2.3 月变化特征

广西 2006—2008 年雷暴大风出现在 3—10 月,以 4—9 月居多,每年 4 月气温明显回升,雷暴大风发生的次数逐月增加,至 7 月和 8 月热力、动力、水汽条件最好,雷暴大风现象最多,9 月以后迅速减少;高原深槽型雷暴大风多发生在 6—7 月,华北低槽型发生在 4—6 月,副高西部型和台风低槽型多发生在 7—8 月(表 1)。

### 2.4 地理分布特点

分析了广西 2006—2008 年雷暴大风过程资料(图略),广西 45 次过程 106 个站次雷暴大风天气空间分布较为均匀,这与系统影响下的局地热力、动力条件密切相关;雷暴大风多发区(出现次数 $\geq 4$ 次的县市),一个位于涠洲岛和桂东南的梧州市、滕县、象州县、昭平县,另一个位于桂西的南宁市、都安县、巴马县、天峨县,这些多发区大部位于当地地势较高的山头或是河谷旁,由于地形的狭管效应、地形抬升等作用有利于雷暴大风天气的发生。

## 3 雷暴大风 500 hPa 环流特征

雷暴大风的发生同其他强对流天气一样是在大的环流背景下发生、发展的,即天气尺度环流的维持可以持续输送大量的潮湿空气,引起不稳定能量的释放,提供雷暴大风发展及维持的有利环流条件,下面就广西雷暴大风的 4 种天气型分析其合成的 500 hPa 高度场特征(图略)。

### 3.1 高原深槽型

2006—2008 年高原深槽型 18 个个例合成的 500 hPa 高度场主要特征是:青藏高原东部( $23^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$ 、 $100^{\circ}\sim 110^{\circ}\text{E}$ )有明显的低压槽,槽后等高线振幅 $>15$ 个纬距,青藏高原西部为显著的高压脊, $85^{\circ}\sim 105^{\circ}\text{E}$ 范围环流经向度加大,有利于引导强冷空气从青藏高原东部南下侵入广西,此类入侵路径为西路型冷空气;孟加拉湾有 581 dagpm 低涡中心,有利于强盛的西南暖湿气流广西区域输送,西太平洋副热带高压中心位于菲律宾东部洋面,有利于东南暖湿气流向华南地区输送,3 股气流在广西交汇,使得广西易产生强烈的对流天气。

### 3.2 华北低槽型

2006—2008 年华北低槽型 4 个个例合成的 500 hPa 高度场主要特征是:蒙古至华北地区有明显的低槽,青藏高原南部到孟加拉湾为显著的低槽区,高原南部到广西为槽前偏西南气流控制,华北槽后等高线和南支槽前等高线呈“ $>$ ”喇叭状,并在  $32^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$ 、 $100^{\circ}\sim 110^{\circ}\text{E}$  附近汇合,冷空气从华北槽后的华东地区南下侵入广西,此类入侵路径为东路型冷空气;孟加拉湾为低槽区,其槽前有西南暖湿气流广西区域输送,西太平洋副热带高压中心位于南海海面上,有利于中南半岛附近的偏南暖湿气流向华南地区输送,3 股气流在广西交汇,使得广西易产生强烈的对流天气。

### 3.3 副高西部型

2006—2008 年副高西部型 8 个个例合成的 500 hPa 高度场主要特征是:西太平洋副高位于我国东部海面,呈南北向或宽带状,588 dagpm 线跨 15 个纬距以上,西太平洋副高西脊点位于  $110^{\circ}\text{E}$  以东,由于副高多呈方头状西伸,其边缘偏南气流较强盛,广西处于其西侧的偏南气流里,由于存在风速辐合或风向气旋性切变,加上午后热对流的作用,容易造成强雷暴大风天气;孟加拉湾有 581 dagpm 低涡中心,当副高东退时,广西西部有南支槽移出,槽前的西南气流和副高西侧的东南气流辐合,有利于产生强烈的对流天气。

### 3.4 台风低槽型

2006—2008 年台风低槽型 15 个个例合成的 500 hPa 高度场主要特征是:台风中心进入南海北部海域,孟加拉湾附近有 578 dagpm 低涡中心,云南到越南为南支低槽,西太平洋副高脊西伸控制  $25^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$  的中国大陆,高原东部和西太平洋洋面上分别有 2 个高压中心,在副高南侧的广东东部,如果有东风波西移,波的东侧东南风较大,未来 24~48 小时将影响广西,在午后至上半夜影响的地区,加上热力作用,易出现较明显的雷暴大风天气;在午后到上半夜,当广西低空气流由副高边缘的偏南气流转为台风西半圆(西弧状)的偏北气流时,由于气流东大西小,自东向西辐合,加上午后的热力作用,易产生台风右前侧线和强雷暴天气;此时进入南海的台风有 2 条移动路径:(1)台风沿着  $30^{\circ}\text{N}$  附近 2

个高中心的断裂带,即我国东部沿海转向北—东北行;(2)当  $30^{\circ}\text{N}$  附近副高体偏强,台风在广东和广西一带沿海西行,中心进入越南并入南支低槽中。

## 4 稳定度指数和物理量诊断分析

雷暴大风是一种典型的强对流天气,各种稳定度指数、能量和动力参数能从不同角度反映雷暴大风发生前的大气环境状态和条件<sup>[9-11]</sup>。本文分别给出了 2006—2008 年广西暴雷大风 4 种天气型的  $K$  指数、 $SI$  指数、假相当位温、相对湿度、水汽通量散度、垂直速度、涡度等稳定度指数和物理量特征的计算结果,并进行了对比分析。这里主要分析了雷暴大风当天 08 时的稳定度指数和物理量特征。

### 4.1 $K$ 指数

广西 2006—2008 年雷暴大风出现前 4 种天气型各型合成的  $K$  指数分布特征是:在云南省附近有一  $K$  指数高值中心带,主要呈经向分布,一个  $K$  指数高能舌伸向广西区域,广西区域  $K$  指数在  $31\sim 37^{\circ}\text{C}$ ,其中华北低槽型在广西东北部有一个  $35^{\circ}\text{C}$  的高值中心,台风低槽型  $K$  指数在  $34\sim 36^{\circ}\text{C}$ ,而副高西部型在广西东南部的  $K$  指数较小( $31\sim 33^{\circ}\text{C}$ );表明雷暴大风发生前在广西区域大气层结存在不稳定能量聚集,华北低槽型和台风低槽型的大气层结为最不稳定,副高西部型在广西东南部的大气层结不稳定较小(图略)。

### 4.2 $SI$ 指数

广西 2006—2008 年雷暴大风出现前 4 种天气型各型合成的  $SI$  指数分布特征是:广西区域  $SI$  指数呈经向分布,其中副高西部型、台风低槽型  $SI < 0^{\circ}\text{C}$ ,高原深槽型和华北低槽型在广西区域东部和南部  $SI < 0^{\circ}\text{C}$ ,西北部  $SI$  指数在  $0\sim 1^{\circ}\text{C}$ 。表明在雷暴大风发生前广西大部区域大气存在不稳定层结结构,高原深槽型和华北低槽型在广西的西北部气层介于稳定和层结之间(图略)。

### 4.3 假相当位温

潜在不稳定是发生强对流天气的必要条件,通常用假相当位温( $\theta_{se}$ )随高度的变化来确定大气的稳定程度, $\frac{\partial \theta_{se}}{\partial z} < 0$  表示大气层结是潜在不稳定的。

分析广西 2006—2008 年雷暴大风发生前 4 种天气型各型合成的  $1000\sim 500\text{ hPa}$  的  $\theta_{se}$  随高度变化特征(表 2),发现: $\theta_{se}$  从低层到  $700\text{ hPa}$  随高度增加很快递减,表明在对流层中低层不稳定度大,有明显的层结不稳定状态,其中副高西部型不稳定度最大,华北低槽型不稳定度最小;到  $500\text{ hPa}$  高度递减变慢,而高原深槽型为递增,表明高层不稳定度较低层减小,高原深槽型层结开始出现稳定;从  $500\text{ hPa}$  到  $200\text{ hPa}$  随高度增加很快递增,即不稳定层结发展到约  $500\text{ hPa}$  后,层结趋于稳定,副高西部型递增率最大,即高层趋于稳定更快。

表 2 广西 2006—2008 年雷暴大风出现前 4 种天气型各型合成的  $\theta_{se}$  随高度变化特征(单位:  $^{\circ}\text{C}$ )

Table 2 The  $\theta_{se}$  variation with height synthesized by each weather-type in four when the thunderstorm gale is upcoming in Guangxi between 2006—2008 (unit:  $^{\circ}\text{C}$ )

层次	高原深槽型	华北低槽型	副高西部型	台风低槽型
1000 hPa	74.4	73.4	78.6	78.6
925 hPa	70.6	71.2	73.4	75.8
850 hPa	69.6	71.2	71.8	74.2
700 hPa	64.8	66.0	65.6	67.4
500 hPa	65.0	63.8	64.2	66.2
200 hPa	79.6	79.0	80.4	81.8
700 hPa 与 1000 hPa 之差	-9.6	-7.4	-13.0	-11.2
500 hPa 与 700 hPa 之差	0.2	-2.2	-1.4	-1.2
200 hPa 与 500 hPa 之差	14.6	15.2	16.2	15.6

### 4.4 水汽通量散度和相对湿度

强雷暴大风的发生,低层不但要有充沛的水汽,还要有源源不断的水汽输送和辐合。分析了广西雷暴大风发生前 4 种天气型各型合成的  $1000\text{ hPa}$  水汽通量散度场(图 1)。从图 1a~1c 可见,高原深槽型、华北低槽型和副高西部型从南海经广东到广西有一条 SE—NW 向带状水汽通量散度负值区,水汽通量散度中心位于南海或桂东南,中心值分别小于  $-5 \times 10^{-7}\text{ g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$ 、 $-8 \times 10^{-7}\text{ g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$  和  $-6 \times 10^{-7}\text{ g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$ ,表明南海有水汽辐合,并沿着副热带高压西侧东南气流向广西输送;从孟加拉湾至印缅到广西有一条 SW—NE 向带状水汽通量散度负值区,水汽通量散度中心位于孟加拉湾附近,中心值分别小于  $-4 \times 10^{-7}\text{ g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$ 、 $-4 \times 10^{-7}\text{ g} \cdot$

$s^{-1} \cdot cm^{-2} \cdot hPa^{-1}$  和  $-3 \times 10^{-7} g \cdot s^{-1} \cdot cm^{-2} \cdot hPa^{-1}$ , 表明孟加拉湾有水汽辐合, 并沿着孟加拉湾槽前西南气流向广西输送; 广西处于两条水汽辐合的汇合处, 其水汽通量散度中心值分别小于  $-3 \times 10^{-7} g \cdot s^{-1} \cdot cm^{-2} \cdot hPa^{-1}$ 、 $-8 \times 10^{-7} g \cdot s^{-1} \cdot cm^{-2} \cdot hPa^{-1}$  和  $-3 \times 10^{-7} g \cdot s^{-1} \cdot cm^{-2} \cdot hPa^{-1}$ , 说明雷暴大风区(广西区域)低层存在较强的水汽辐合, 而华北低槽型在南海、孟加拉湾及广西区域低层

水汽辐合最明显。

从图 1d 可见, 台风低槽型从南海经广东到广西有一条 SE—NW 向带状水汽通量散度负值区, 水汽通量散度中心位于南海, 中心值小于  $-18 \times 10^{-7} g \cdot s^{-1} \cdot cm^{-2} \cdot hPa^{-1}$ , 水汽通量散度在广西东部为负, 西部为正, 表明在南海到广西东部有强的水汽辐合, 随着台风的北上西移, 水汽辐合区将由广西的东部向西部扩展。

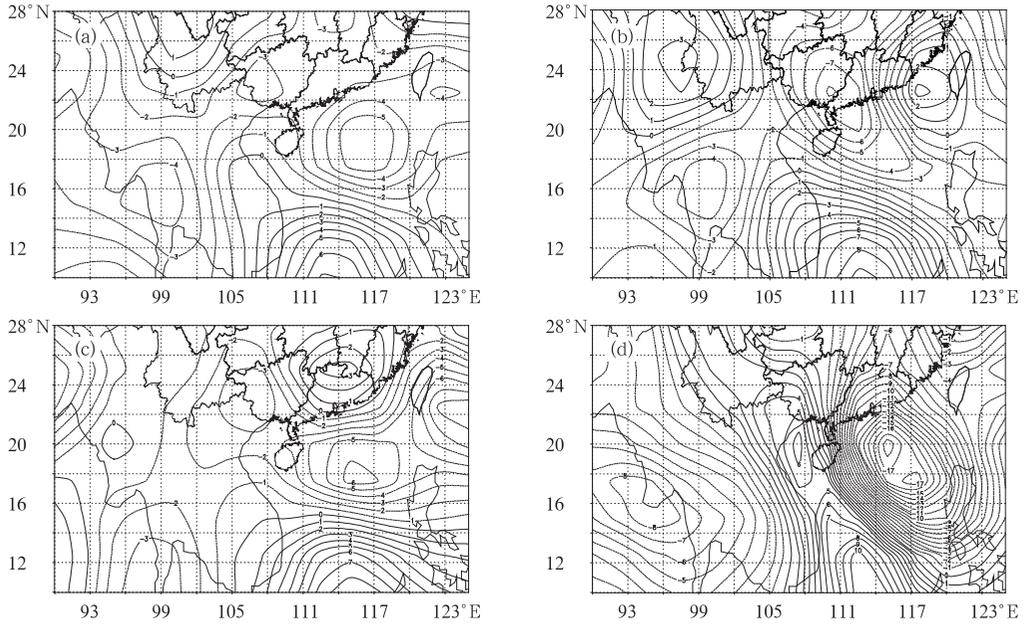


图 1 1000 hPa 水汽通量散度分布图(单位:  $10^{-7} g \cdot s^{-1} \cdot cm^{-2} \cdot hPa^{-1}$ )

(a)高原深槽型; (b)华北低槽型; (c)副高西部型; (d)台风低槽型

Fig. 1 Distribution of vapor flux divergence in 1000 hPa (unit:  $10^{-7} g \cdot s^{-1} \cdot cm^{-2} \cdot hPa^{-1}$ ); (a) the type of plateau trough, (b) the type of North China trough, (c) the type of typhoon trough, and (d) the type of western subtropical high

从广西 2006—2008 年雷暴大风发生前不同天气下相对湿度垂直分布看(表 3), 由于低层水汽辐合作用, 广西区域近地层相对湿度较大, 而在 500 hPa 及以上高空相对湿度显著减小, 这种层结构表明低层水汽非常充沛, 偏南气流和西南急流所携

带的大量水汽亟待向上输送, 而对流层高层湿度迅速减小, 这样形成了中上干、下湿的不稳定层结。

#### 4.5 垂直速度和涡度

从高原深槽型、华北低槽型、副高西部型沿  $110^{\circ}E$  的垂直速度和涡度, 及台风低槽型沿  $115^{\circ}E$  的垂直速度和涡度垂直剖面分布情况发现: 雷暴大风发生前, 高原深槽型、华北低槽型在广西区域及以北地区( $22^{\circ} \sim 35^{\circ}N$ )从近地层到 200 hPa 整层表现为上升运动(图 2a, 2b), 最强的上升运动在  $29^{\circ}N$  附近的 500 hPa 上空, 其中心值分别为  $-16 \times 10^{-3} hPa \cdot s^{-1}$  和  $-30 \times 10^{-3} hPa \cdot s^{-1}$ , 同时在广西区域及以北地区低层到 500 hPa 为正涡度区(图略), 最大正涡度在  $28^{\circ}N$  附近的 700 hPa 或 925 hPa 的中低空, 其中心值分别为  $26 \times 10^{-5} s^{-1}$  和  $32 \times 10^{-5} s^{-1}$ 。

雷暴大风发生前, 副高西部型在广西的北部

表 3 广西 2006—2008 年雷暴大风出现前不同天气下的相对湿度特征(单位: %)

Table 3 Characteristics of relative humidity before the thunderstorm gale in different kinds of weather during 2006 to 2008 in Guangxi (unit: %)

分型	高原深槽型	华北低槽型	副高西部型	台风低槽型
1000 hPa	89.4	89.6	88.8	89.6
925 hPa	78.4	77.8	77.4	74.4
850 hPa	80.6	78.6	79.4	76.6
700 hPa	71.2	73.2	66.6	69.6
500 hPa	55.6	45.4	44.6	49.4
200 hPa	24.0	15.0	17.6	20.2

(27°~43°N)从近地层到 200 hPa 整层表现为上升运动(图 2c),最强的上升运动在 30°N 和 40°N 附近的 500 hPa 上空,分别有两个中心,其值均为  $-6 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ ,同时在广西北部(28°~35°N)从低层到 600 hPa 有正涡度区(图略),最大正涡度在 700 hPa 上空,其中心值大于  $18 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ,此时广西区域整层大气为下沉运动和负涡度区。

雷暴大风发生前,台风低槽型在广西区域东南部(南海北部),从近地层到 200 hPa 整层表现为强的上升运动(图 2d),最强的上升运动在 18°N 附近的 500 hPa 上空,其中心值为  $-28 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ ,同时在广西东南部低层到 300 hPa 为正涡度区(图略),最大正涡度在 20°N 附近的 500 hPa,其中心值为  $30 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。

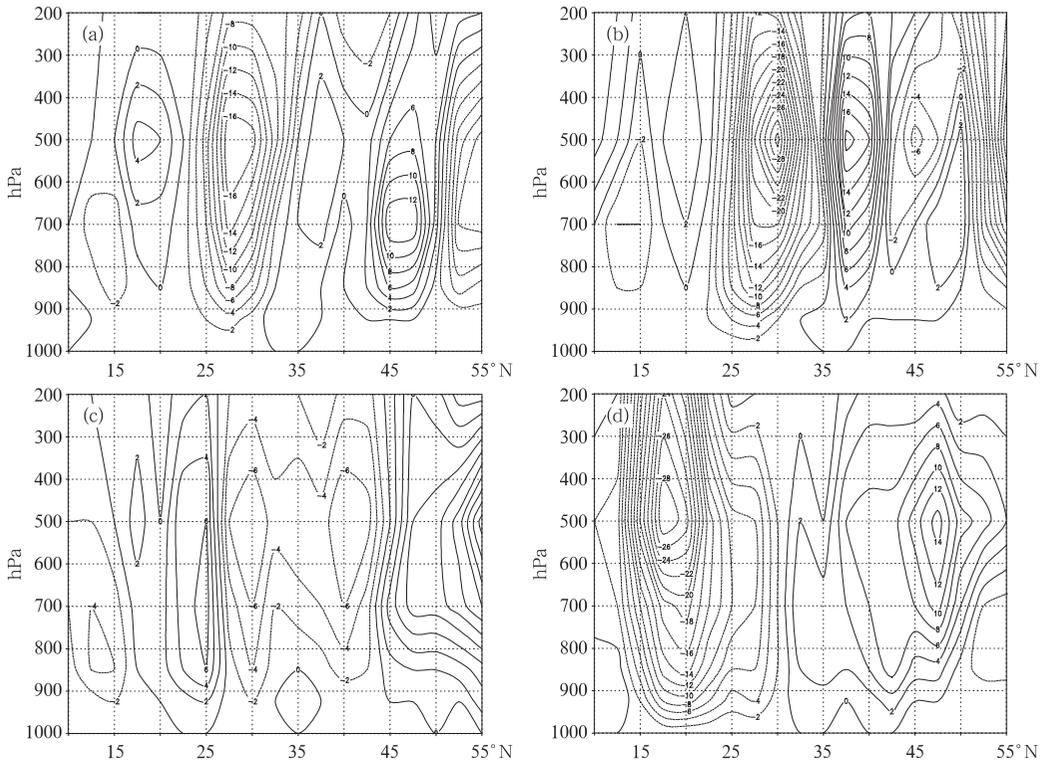


图 2 沿 110°E 南北向垂直速度垂直剖面图(单位:  $10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ )

(a) 高原深槽型; (b) 华北低槽型; (c) 副高西部型; (d) 沿 115°E 南北向垂直速度垂直剖面图(单位:  $10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ ) 台风低槽型

Fig. 2 The radial vertical cross sections of velocity through the 110°E (unit:  $10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ )

(a) the type of plateau trough, (b) the type of North China trough, (c) the type of typhoon trough, and (d) the radial vertical cross section of velocity through the 115°E (unit:  $10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ ) for the type of western subtropical high

#### 4.6 雷暴大风区域环境场特征

雷暴大风属于中小尺度系统,局地性很强,从广西 45 次雷暴大风过程看,有 25 次过程出现的站次  $\leq 3$  个,认为这 25 次是局地雷暴大风过程,对这 25 次过程有、无雷暴大风区域稳定度指数和物理量特

征进行了对比分析,分析格点取广西区域的 5 个格点,以出现雷暴大风站点最靠近的格点定为有雷暴大风的区域特征,其余为无雷暴大风的区域特征,计算了 25 次过程有、无雷暴大风区域平均的稳定度指数和物理量特征(表 4)。

表 4 广西有、无雷暴大风区域稳定度指数和物理量特征

Table 4 Indexes of stability and physical quantities when there are thunderstorm gales or not in Guangxi

稳定度指数和物理量	K 指数 /°C	SI 指数 $\theta_{se}$ (700~1000 hPa) /°C	1000 hPa 水汽通量散度/ $10^{-7} \text{ g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$	500 hPa 垂直速度 / $10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$	925 hPa 涡度 / $10^{-5} \text{ s}^{-1}$
有雷暴大风区域平均特征	34.1	-0.7	-11.5	-4.0	4.8
无雷暴大风区域平均特征	33.3	0.02	-10.4	-5.0	3.5

从表征大气稳定程度的  $K$  指数、 $SI$  指数、 $\theta_{se\ 700-1000\ hPa}$ , 和表征低层水汽辐合大小的  $1000\ hPa$  水汽通量散度, 及动力条件  $500\ hPa$  垂直速度和  $925\ hPa$  涡度特征看(表4), 3种稳定度指数有雷暴大风区域分别比无雷暴大风区域偏强  $0.8\ ^\circ C$ 、 $0.7\ ^\circ C$  和  $1.1\ ^\circ C$ , 低层水汽通量散度有雷暴大风的区域为比无雷暴大风区域偏小  $0.1 \times 10^{-7}\ g \cdot s^{-1} \cdot cm^{-2} \cdot hPa^{-1}$ ,  $500\ hPa$  垂直速度有无雷暴大风区域分别为  $-4.0 \times 10^{-3}\ hPa \cdot s^{-1}$  和  $-5.0 \times 10^{-3}\ hPa \cdot s^{-1}$ , 均有强的上升运动,  $925\ hPa$  涡度有雷暴大风区域比无雷暴大风区域偏强  $1.3 \times 10^{-5}\ s^{-1}$ 。

以上分析表明, 在大范围环流背景下, 广西出现雷暴大风的区域不稳定性更大, 且低层水汽辐合和气旋性辐合也偏强。

## 5 结 论

统计了广西 2006—2008 年雷暴大风发生情况, 分析了雷暴大风发生前主要影响系统  $500\ hPa$  高度场、稳定度指数和物理量特征, 及其雷暴大风区域环境场特点, 得到:

(1) 雷暴大风的影响环流型有高原深槽型、台风低槽型、副高西部型和华北低槽型; 雷暴大风多发生在午后 13:00—19:00, 峰值出现在 16:00 左右; 7月和 8月雷暴大风现象最多; 由于地形地势作用, 局地雷暴大风出现较频繁。

(2) 雷暴大风产生前, 广西大部区域不稳定能量聚积, 大气层结很不稳定, 低层有强的水汽辐合, 相对湿度大; 与此同时, 在广西区域及其以北地区(高原深槽型、华北低槽型、副高西部型)或广西区域东南部(台风低槽型)整层大气伴有强的上升运动, 中低层为明显的正涡度, 有利于中低层产生气旋性

辐合上升运动及扰动, 触发雷暴大风天气的产生。

该文对雷暴大风区域性稳定度指数和物理量特征分析表明, 出现雷暴大风的区域其不稳定性比无雷暴大风的区域显著, 同时有雷暴大风的区域低层有强的水汽辐合, 中低层气旋性辐合也偏强。因此, 采用中尺度数值预报模式高分辨率的格点预报资料, 结合雷暴大风天气的不稳定指数和能量指标诊断结果, 建立有效的雷暴大风天气短时预报系统将是一项很有意义的工作。

## 参考文献

- [1] 陆汉城, 杨国祥. 中尺度天气原理和预报[M]. 气象出版社, 2000:251-266.
- [2] 秦丽, 李耀东, 高守亭. 北京地区雷暴大风的天气-气候学特征研究[J]. 气候与环境研究, 2006, 11(6):754-762.
- [3] 梁爱民, 张庆红, 申红喜, 等. 北京地区雷暴大风预报研究[J]. 气象, 2006, 32(11):73-80.
- [4] 廖晓农, 王华, 石增云, 等. 北京地区雷暴大风日平均廓线特征[J]. 气象, 2004, 30(11):35-37.
- [5] 廖晓农, 于波, 卢丽华. 北京雷暴大风气候特征及短时临近预报方法[J]. 气象, 2009, 35(9):18-28.
- [6] 冯桂力, 王俊, 牟容, 等. 一次中尺度雷暴大风过程的闪电特征分析[J]. 气象, 2010, 36(4):68-74.
- [7] 王国荣, 卞素芬, 王令, 等. 用地面加密自动观测资料对北京地区一次飚线过程的分析[J]. 气象, 2010, 36(6):59-65.
- [8] 代刊, 何立富, 金荣花. 加密观测资料在北京 2008 年 9 月 7 日雷暴过程分析中的综合应用[J]. 气象, 2010, 36(7):160-167.
- [9] 李勇, 孔期. 2006 年 5—9 月雷暴天气及各种物理量指数的统计分析[J]. 气象, 2009, 35(2):64-70.
- [10] 黄忠, 张东, 蔡安安, 等. 台风远外围大范围强对流天气成因综合分析[J]. 气象, 2007, 33(1):25-31.
- [11] 刘健文, 郭虎, 李耀东, 等. 天气分析预报物理量计算基础[M]. 气象出版社, 2005:10, 56-59, 66.
- [12] 张家国, 王珏, 王叶红. 用中尺度数值模式诊断强风暴潜势研究[J]. 气象科技, 2008, 36(2):129-133.