

文章编号:1673-8411(2018)04-0014-04

## 梧州市强对流天气潜势预报探讨

欧坚莲<sup>1</sup>,黄帆<sup>1</sup>,欧欣格<sup>2</sup>,孙小龙<sup>1</sup>,陈飞盛<sup>1</sup>

(1.广西梧州市气象局,广西梧州 543002;2.广西贺州市气象局,广西贺州 542800)

**摘要:**通过对2005~2016年梧州市强对流天气个例进行分类,统计分析各类强对流天气的主要影响天气系统,并使用MICAPS软件计算统计各类强对流天气物理量参数值,总结出一些物理量参数值在各类强对流天气的分布区间,确定强对流天气类型判断阈值,为梧州市强对流天气的预报预警提供参考。

**关键词:**强对流天气;统计分析;潜势预报;梧州市

**中图分类号:**P466

**文献标识码:**A

## Discussion on Intense Convective Weather Potential Prediction in Wuzhou

Ou Jianlian<sup>1</sup>, Huang Fan<sup>1</sup>, Ou Xing<sup>2</sup>, Sun Xiaolong<sup>1</sup>, Chen Feisheng<sup>1</sup>

(1. Wuzhou Meteorological Service, Wuzhou Guangxi 543002; 2. Hezhou Meteorological Service, Hezhou Guangxi 542800)

**Abstract:** Classifying the cases of severe convective weather in Wuzhou from 2005 to 2016, this paper made a statistical analysis of the main weather systems affecting severe convective weather. In addition, using MICAPS to calculate and count the physical parameters of severe convective weather, and the distribution range of which were summarized for ensuring the judgment threshold of severe convective weather types, so that a reference for the forecast and early warning of severe convective weather in Wuzhou can be provided.

**Keywords:** severe convective weather; statistical analysis; potential forecast; Wuzhou City

### 引言

目前国内关于强对流天气的研究很多,探空资料对天气系统的监测和预报有重要参考作用,现在已经成为强对流天气预报中必不可少的参考资料之一<sup>[1-2]</sup>,综合利用由探空数据计算的物理量指数进行潜势预报就是重要方法之一<sup>[3-9]</sup>。本文通过对2005~2016年共12a强对流天气个例的对流参数值进行统计分析,归纳出强对流天气发生物理量阈值,建立梧州市的强对流天气物理量判断指标。

### 1 资料和方法

#### 1.1 使用资料

本文使用的资料为2005~2016年梧州气象观

测站的地面气象记录月报表资料、地面观测资料、探空资料和MICAPS第五类格式的T-LopP温度对数压力图数据文件等,地面观测资料时间间隔为1h,探空资料的时间间隔为12h。其中2005~2015年11a的资料用于统计分析,2016年的资料用于样本检验。

#### 1.2 技术方法

利用天气学原理、统计法、指标法等方法,通过对2005~2016年梧州市发生的强对流天气过程的资料进行统计分析,研究和总结梧州市强对流天气的形势特点,总结各类强对流天气的物理量参数值分布区间,确定强对流天气类型判断阈值,得出基于稳定性和能量等指标作为强对流天气的短时潜势预报指标。

#### 1.3 样本选取标准

冰雹:梧州市站地面观测资料记录有冰雹天气

收稿日期:2018-5-21

基金项目:梧州市强对流天气的短期潜势预报指标研究(项目编号:梧气科2016004)。

作者简介:欧坚莲(1968-),女,汉族,广西岑溪市人,大学本科,高级工程师,主要从事天气预报研究。

为准。

雷雨大风:梧州站平均风力大于等于6级、阵风大于等于7级且伴有雷雨的天气。

短历时强降水:梧州站1h降水量大于等于20mm或3h降水大于等于50mm的降水。

#### 1.4 样本数量

依据上述样本选取标准,找出2005~2016年发生在梧州市的短时强降水、雷雨大风、冰雹天气发生的具体时间,得到短时强降雨天气个例90个,冰雹天气个例12个,雷雨大风天气个例40个,其中,2016年的短时强降雨天气个例11个,冰雹天气个例1个,雷雨大风天气个例7个用于样本检验。

## 2 结果分析

### 2.1 主要影响天气系统分析

通过查阅2005~2016年所有发生短时强降水的天气系统,发现造成梧州市短时强降水的主要影响天气系统有500hPa高空槽、850hPa切变线、热带低压、低空急流、副热带高压边缘、东风波以及地面冷空气等天气系统中的一个或多个系统共同作用的结果,其中参与率排在前4位的系统有:低空急流参与的占40%,850hPa切变线参与的占37%,500hPa高空槽参与的占34%,地面冷空气参与的占34%,表明低空急流、切变线、高空槽、地面冷空气是造成梧州市短时强降水的最主要的4个天气系统。

同样,雷雨大风的主要影响天气系统也是由500hPa高空槽、850hPa切变线、热带低压、低空急流、副热带高压边缘、东风波以及地面冷空气等系统中的一个或多个天气系统共同组成的。其中参与率排在前4位的系统有:500hPa高空槽参与的占57%,850hPa切变线参与的占40%,低空急流参与的占40%,地面冷空气参与的占36%,表明高空槽、切变

线、低空急流、地面冷空气是造成梧州市雷雨大风的主要影响天气系统。

对于冰雹,统计发现梧州市发生冰雹的概率较低,近35a来有观测记录并能找到相关资料的只有12次过程,发生降雹的时间主要在2~4月份,即春季,主要的影响天气系统为高空槽、切变线、地面冷空气,是三者共同作用的结果。

### 2.2 强对流天气的探空图特征分析

通过对2005~2016年梧州市三种强对流天气的探空图特点进行对比分析,发现各类天气具有不同的特征,分别是:短时强降雨的湿层比较深厚,分析温度露点差84次过程中有72次850hPa的 $(T-T_d) \leq 3^\circ\text{C}$ 且700hPa $(T-T_d) \leq 5^\circ\text{C}$ (占86%);雷雨大风中层有干侵入,36次过程中有25次的温度露点差700hPa $(T-T_d) \geq 7^\circ\text{C}$ 或500hPa $(T-T_d) \geq 14^\circ\text{C}$ (占69%);冰雹天气低层有明显的逆温,12次过程中有11次低层有逆温(占91%),同时垂直风切变也明显,12次过程中有10次0~3km风切变 $\geq 14\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (占83%),大多表现为上干下湿,喇叭口形状。图1左、中、右可分别代表短时强降雨、雷雨大风、冰雹常见的探空图,三种强对流天气的探空图具有不同的特点。

### 2.3 物理量参数统计

强对流天气的发生发展有其特定的环境,是在特定条件下出现的短时灾害性天气,一般雷暴等强对流天气出现必然对应某些物理量的异常。由于能够造成强对流天气发生的物理原因较多,包括地形、大气层结稳定性、局地水汽含量、垂直运动、风的垂直切变、大气不稳定能量和下沉气流强度等,如果仅分析某种物理特征量可能得不到较好的预报结论,因此需要对各种物理量参数进行综合分析,目的在于找到一些较好的预报指标,同时针对这些指标找出强对流天气发生时的阈值,方便预报员定量参考。

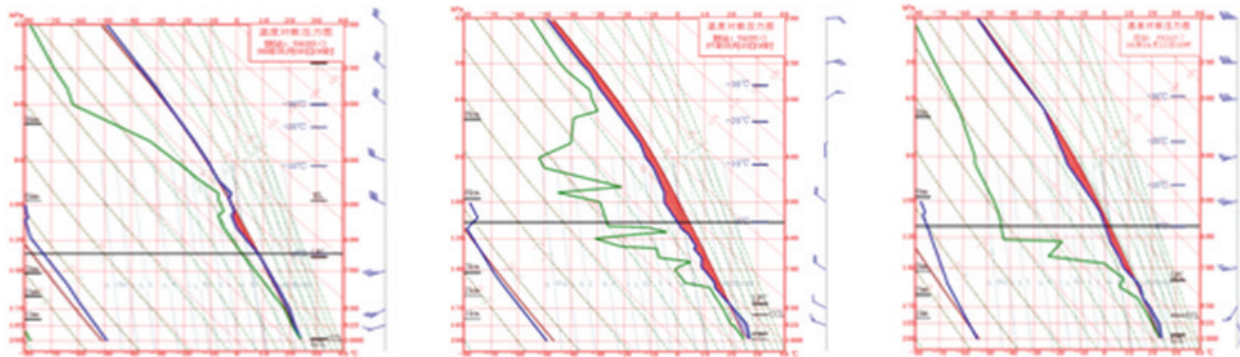


图1 左、中、右分别是短时强降雨、雷雨大风、冰雹的探空图

因此对短时强降雨、雷雨大风和冰雹三类强对流天气类型的物理量参数值进行统计,得出13种物理量的值分布范围,如表1。

表1 梧州市三类强对流天气物理量参数值统计结果

| 物理量名称                                   | 冰雹         | 短时强降雨      | 雷雨大风       |
|---|------------|------------|------------|
| K指数(°C)                                 | 29~39      | 25~42      | 18~44      |
| SI沙氏指数                                  | -4.61~2.16 | -5.31~3.16 | -5.31~2.69 |
| Cape值(J/kg)                             | 0~693.4    | 0~3359.8   | 0~3313.9   |
| CIN值(J/kg)                              | 0~191      | 0~411.8    | 0~411.8    |
| IQ整层比湿积分(g/kg)                          | 0~6487     | 4057~6602  | 3384~6400  |
| H <sub>0</sub> :0°C高度(m)                | 3810~5457  | 3686~5665  | 3686~5621  |
| H <sub>-20</sub> :-20°C高度(m)            | 7120~8766  | 7020~9113  | 7020~9113  |
| IC对流稳定度指数                               | -18.4~2    | -25.4~4.2  | -28~-3.2   |
| T <sub>850</sub> -T <sub>500</sub> (°C) | 21~27      | 20~27      | 21~27      |
| (T-T <sub>d</sub> ) <sub>850</sub> (°C) | 0~7        | 0~7        | 0~6        |
| (T-T <sub>d</sub> ) <sub>700</sub> (°C) | 0~10       | 0~13       | 0~20       |
| (T-T <sub>d</sub> ) <sub>500</sub> (°C) | 1~42       | 1~42       | 1~42       |
| 0~3km风切变(m/s)                           | 10~24      | -4~32      | 2~54.1     |

## 2.4 综合分析

由表1可见, IQ、H<sub>0</sub>和H<sub>-20</sub>, 0~3km风切变三种物理量在三类天气类型有明显的区分,其他物理量的值分布各有差异,需要使用实际数据分别对各种物理量样本数据分布进行详细分析。

分析三类天气类型的IQ可见,短时强降雨的IQ起报值明显大于冰雹、雷雨大风,数值范围在4057~6602g·kg<sup>-1</sup>,而冰雹的IQ最小,基本上<4500g·kg<sup>-1</sup>,雷雨大风的IQ次之,这与冰雹、雷雨大风天气在中、低层需要有相对干燥的水汽条件有关,短时强降雨天气整层需要较好的水汽条件相对应。

分析0°C层H<sub>0</sub>和-20°C层H<sub>-20</sub>高度实际数据可以看出:H<sub>0</sub>:发生冰雹天气时基本上H<sub>0</sub><4800m;发生雷雨大风天气时3600m<H<sub>0</sub><5700m;发生短时强降雨天气时4200m<H<sub>0</sub><5700m;H<sub>-20</sub>:发生冰雹天气时5800m<H<sub>-20</sub><8800m;发生雷雨大风天气时7000m<H<sub>-20</sub><9100m;发生短时强降雨天气时7500m<H<sub>-20</sub><9100m。冰雹和短时强降雨的区分非常明显,而雷雨大风介于冰雹和暴雨之间,比较接近冰雹天气。

分析三类天气类型的0~3km风切变可见,冰雹的最低风切变明显大于短时强降雨和雷雨大风,数值在10m·s<sup>-1</sup>以上,这与冰雹的发生需要有较大的风切变有关,而短时强降雨和雷雨大风的风切变有时较小、有时较大,这与短时强降雨和雷雨大风对风切变的要求不高相符。

## 3 大气对流参数指标分析

### 3.1 短时强降雨指标分析

短时强降雨的发生不仅需要较强的水汽辐合,更要有对流不稳定条件,所以选取K指数、沙氏指数SI、Cape值、CIN值、对流稳定度指数IC、整层比湿积分IQ等对流参数诊断分析。

通过对2005~2015年84次短时强降雨天气过程中各物理量参数分布分析,分别统计出概括率达70%和80%以上的对流参数阈值,具体如表2。利用概括率80%以上的对流参数阈值:K指数≥34°C,沙氏指数SI≤0.3, Cape值≥20J·kg<sup>-1</sup>, CIN值≤125J·kg<sup>-1</sup>, 对流稳定度指数IC≤-3, T<sub>850</sub>-T<sub>500</sub>≥22°C, (T-T<sub>d</sub>)<sub>850</sub>≤2°C, (T-T<sub>d</sub>)<sub>700</sub>≤5°C, (T-T<sub>d</sub>)<sub>500</sub>≤14°C, 整层比湿积分IQ≥4800g·kg<sup>-1</sup>, 分析2005~2015年出现短时强降雨的拟合率,10个指标同时满足8个时拟合率达78%,同时满足7个时拟合率达88%,故应用同时满足7个即可。

### 3.2 雷暴大风指标分析

雷暴大风天气要求三个基本条件:足够的水汽、不稳定的层结和抬升机制,而要发展加强还要求有较大的垂直风切变。所以选取温度露点差、K指数、沙氏指数SI、Cape值、0~3km风切变等对流参数诊断水汽条件、层结稳定度条件和垂直风切变情况。通过对2005~2015年36次雷暴大风天气过程中各物理量参数分布分析,分别统计出概括率达70%和80%以上的的对流参数阈值,具体如表2。利用概括率80%以上的对流参数阈值:K指数≥29°C,沙氏指数SI≤0.8, Cape值≥60J·kg<sup>-1</sup>, CIN值≤200J·kg<sup>-1</sup>, 对流稳定度指数IC≤-7, (T-T<sub>d</sub>)<sub>850</sub>≤4°C, (T-T<sub>d</sub>)<sub>700</sub>≥3°C或(T-T<sub>d</sub>)<sub>500</sub>≥5°C, T<sub>850</sub>-T<sub>500</sub>≥22°C, 0~3km风切变≥6m·s<sup>-1</sup>, 整层比湿积分IQ>4300g·kg<sup>-1</sup>, 分析2005~2015年出现雷暴大风的拟合率,10个指标同时满足8个时拟合率达75%,同时满足7个时拟合率达88%,故应用同时满足7个即可。

### 3.3 冰雹天气指标分析

冰雹天气的基本条件:低层足够的水汽、中层干冷、强对流不稳定的层结、垂直风切变、一定的抑制能量和0°C高度,-20°C层高度。所以选取不同层的温度露点差、K指数、沙氏指数SI、Cape值、CIN值、0~3km风切变、0~6km风切变以及0°C、-20°C层高度等对流参数诊断。通过对12次冰雹天气过程中各物理量参数分布分析,分别统计出概括率达70%和80%以上的对流参数阈值,具体如表2。利用概括率80%以上的对流参数阈值:K指数≥33°C,沙氏指数SI≤0.5, Cape值≥0J·kg<sup>-1</sup>, CIN值≤150J·kg<sup>-1</sup>, 对流稳定



度指数 $IC \leq 0$ ,  $(T-T_d)_{850} \leq 3^{\circ}C$ ,  $T_{850}-T_{500} \geq 23^{\circ}C$ , 0~3km 风切变 $\geq 10m \cdot s^{-1}$ ,  $0^{\circ}C$ 高度 $< 4800m$ , 整层比湿积分 $IQ > 3400$ 。由于冰雹天气的个例数太少,得出的阈值指标存在不具代表性的可能。

3.4 样本检验

利用总结出来的概括率达80%以上各物理量的阈值,对2016年的短时强降雨天气个例11个,冰雹天气个例1个,雷雨大风天气个例7个进行检验,发现运用满足7个及以上指标时即预报有:短时强降雨的准确率达到90%;雷雨大风准确率达到100%;冰雹天气准确率达到100%。由此可见,选取的参数以及阈值对梧州市短时强降水、雷雨大风和冰雹的预报有一定的指导意义,可以作为日常预报的参考依据。

4 结论和讨论

(1)梧州市强对流天气大都发生在有利的环流背景下,造成强对流天气的天气系统有500hPa高空槽、500hPa低涡切变线、850hPa切变线、热带低压、低空急流、副热带高压边缘、东风波以及地面冷空气等。在这些有利的天气系统影响下,达到表2的物理量参数阈值时,可以作为梧州市强对流天气判别的潜势预报指标。

(2)利用不同类型的强对流天气探空图具有不同的特征,IQ、 $H_0$ 、0~3km风切变和SI指数等物理量参数在短时强降雨、冰雹及短时雷雨大风三种强对流天气类型有较明显的区别,可以作为判别短时强降雨、雷雨大风和冰雹天气类型有效的物理量参数阈值。

(3)Cape对强对流天气的发生有较好指示作

用,Cape值越大越有利于强对流天气发生,但从实际数据统计上,Cape为 $0 J \cdot kg^{-1}$ 的次数也有17次,出现这种情况是由于目前探空观测的空间和时间密度不够,不能保证观测值获取于强对流发生的最佳时间,需要进行订正使用。

(4)文中结论所用资料时间长度较短、样本有限,需要进一步扩大资料的时间长度,充实典型天气个例,满足统计分析结果的普遍性。

参考文献:

[1] 魏东,孙继松,雷蕾,等. 三种探空资料在各类强对流天气中的应用对比分析[J]. 气象,2011,37(4):412-422.  
[2] 孙继松,陶祖钰. 强对流天气分析与预报中的若干基本问题[J]. 气象,2012,38(2):164-173.  
[3] 庞古乾,伍志方,叶爱芬. 珠三角地区前后汛期强对流过程物理量指数对比分析及阈值选取[J]. 热带气象学报,2012,28(6):919-923.  
[4] 何立富,周庆亮,湛芸,等. 国家级强对流潜势预报业务进展与检验评估[J]. 气象,2011,37(7):777-784.  
[5] 林开平,李凌.“94.12”广西大范围暴雨过程的物理量特征分析[J]. 气象研究与应用,1998,19(2):11-13.  
[6] 曾小团,农孟松,赵金彪. 广西几次不同类型天气系统造成暴雨过程的物理量分析[J]. 气象研究与应用,2007,28(4):1-4.  
[7] 姚胜芳,黄治逢,农孟松,等. 广西冰雹气候统计分析及减灾对策[J]. 气象研究与应用,2007,28(4):22-25.  
[8] 钟利华,李勇,高安宁,等. 广西雷击、冰雹环流特征及预报系统建设[J]. 广西气象,2004,25(3):8-15.  
[9] 杨思施,黄开刚,刘国忠. 2013.3.23百色市致灾冰雹天气过程成因分析[J]. 气象研究与应用,2015,36(2):43-46.

表2 判断梧州市短时强降雨、雷雨大风和冰雹天气物理量参数阈值

| 物理量名称                        | 短时强降雨              |                    | 雷雨大风               |                    | 冰雹                 |                    |
|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                              | 概括率 $\geq 70\%$ 阈值 | 概括率 $\geq 80\%$ 阈值 | 概括率 $\geq 70\%$ 阈值 | 概括率 $\geq 80\%$ 阈值 | 概括率 $\geq 70\%$ 阈值 | 概括率 $\geq 80\%$ 阈值 |
| K指数( $^{\circ}C$ )           | $\geq 36$          | $\geq 34$          | $\geq 33$          | $\geq 29$          | $\geq 34$          | $\geq 33$          |
| 沙氏指数SI                       | $\leq -0.05$       | $\leq 0.3$         | $\leq 0$           | $\leq 0.8$         | $< 0$              | $< 0.5$            |
| Cape值( $J/kg$ )              | $> 70$             | $> 20$             | $> 150$            | $> 60$             | $> 100$            | $> 0$              |
| CIN值( $J/kg$ )               | $< 90$             | $< 125$            | $< 100$            | $< 200$            | $< 100$            | $< 150$            |
| IQ整层比湿积分<br>( $g/kg$ )       | $> 5100$           | $> 4800$           | $> 4600$           | $> 4300$           | $> 3600$           | $> 3400$           |
| $0^{\circ}C$ 高度(m)           | $< 5300$           | $< 5400$           | $< 5400$           | $< 5700$           | $< 4800$           | $< 5000$           |
| 对流稳定度指数IC                    | $\leq -6$          | $\leq -3$          | $\leq -8$          | $\leq -7$          | $< -5$             | $< 0$              |
| $T_{850}-T_{500}(^{\circ}C)$ | $\geq 22$          | $\geq 22$          | $\geq 23$          | $\geq 22$          | $\geq 24$          | $\geq 23$          |
| $(T-T_d)_{850}(^{\circ}C)$   | $\leq 2$           | $\leq 3$           | $\leq 4$           | $\leq 5$           | $\leq 3$           | $\leq 5$           |
| $(T-T_d)_{500}(^{\circ}C)$   | $\leq 13$          | $\leq 14$          | $\leq 19$          | $\leq 22$          | $\leq 15$          | $\leq 20$          |
| 0~3km风切变( $m/s$ )            | 任何大小               | 任何大小               | $\geq 7$           | $\geq 6$           | $\geq 14$          | $\geq 12$          |