

胡萍,李力,胡秋红,等. 贵州铜仁雷暴大风天气时空特征及天气分型[J]. 中低纬山地气象,2023,47(3):22-29.

## 贵州铜仁雷暴大风天气时空特征及天气分型

胡 萍<sup>1</sup>,李 力<sup>2</sup>,胡秋红<sup>3</sup>,夏志玮<sup>4</sup>,陈桂峰<sup>5</sup>

(1. 贵州省铜仁市气象局,贵州 铜仁 554300;2. 贵州省气象台,贵州 贵阳 550002;3. 贵州省安顺市气象局,贵州 安顺 561000;4. 贵州省纳雍县气象局,贵州 纳雍 553300;5. 贵州省石阡县气象局,贵州 石阡 555100)

**摘 要:**利用 2016—2021 年重要天气报、雷暴观测资料等,统计分析贵州铜仁雷暴大风的时空分布特征,并对其环流形势及离铜仁较近的怀化站探空资料特征进行分类分型。结果表明:贵州铜仁雷暴大风主要出现在 3—9 月,5 月年均发生 12.5 站次为最多;高频时段出现在 14—23 时,峰值在 22 时(北京时,下同);总体呈现“北多南少、东多西少”的分布特征,且主要以单站雷暴大风天气为主。根据天气形势配置将其分为以下 4 类:斜压锋生类、低层暖平流强迫类、准正压类和高层冷平流强迫类。其中低层暖平流强迫类根据中低层切变线北侧冷平流的强弱又可以分为:强冷暖平流强迫类、强暖平流强迫类和中间类。总结归纳各类雷暴大风过程的天气环流形势配置及垂直分布特征,可为短期天气预报预警提供参考。

**关键词:**雷暴大风;时空分布;环流分型;贵州铜仁

**中图分类号:**P446;P425 **文献标识码:**A

## Spatial - temporal Characteristics and Weather Classification of Thunderstorms and Strong Winds in Tongren, Guizhou

HU Ping<sup>1</sup>, LI Li<sup>2</sup>, HU QiuHong<sup>3</sup>, XIA Zhiwei<sup>4</sup>, CHEN Guifeng<sup>5</sup>

(1. Tongren Meteorological Bureau of Guizhou Province, Tongren 554300, China; 2. Guizhou Meteorological Observatory, Guiyang 550002, China; 3. Anshun Meteorological Bureau of Guizhou Province, Anshun 561000, China; 4. Nayong Meteorological Bureau of Guizhou Province, Nayong 553300, China; 5. Shiqian Meteorological Bureau of Guizhou Province, Shiqian 555100, China)

**Abstract:** Using the important weather reports and thunderstorm observation data from 2016 to 2021, the characteristics of the temporal and spatial distribution of thunderstorms and strong winds in Tongren, Guizhou were statistically analyzed, and the circulation situation and sounding characteristics of Huaihua Station near Tongren were classified. It shows that: the thunderstorms and strong winds in Tongren, Guizhou mainly occur from March to September, with the largest number of occurrences in May, with an annual average of 12.5 stations; the high frequency period appears from 14:00 to 23:00, and the peak is at 22:00 (Beijing time, the same below); the distribution characteristics of "more north and less south, more east and less west" are generally present, and the weather is dominated by single - station thunderstorms and strong winds. According to the configuration of the weather situation, they are divided into the following four categories: baroclinic frontogenesis, low - level warm advection forcing, quasi - barotropic and high - level cold advection forcing. Among them, the low - level warm advection forcing category can be divided into: strong cold and warm advection forcing category, strong warm advection forcing category and intermediate category according to the strength of cold advection on the north side of

收稿日期:2022-04-18

第一作者简介:胡萍(1993—),女,工程师,主要从事中短期天气预报研究,E-mail:916773501@qq.com。

资助项目:贵州省气象局科研业务项目(黔气科登[2021]07-10号);铜仁市雷暴大风特征及预报指标分析;铜仁市短临预报预警研究团队;铜仁市科技局项目(铜市科研[2020]23号);冬季凝冻天气对铜仁市交通影响分析研究;铜仁市雷暴大风物理量集合预报模型研究。

the middle and low – level shear line. Summarizing the configuration of weather circulation and vertical distribution characteristics of various thunderstorm and gale processes can provide a reference for short – term weather forecast and early warning.

**Key words:** thunderstorm and strong winds; temporal and spatial distribution; circulation classification; Guizhou Tongren

## 0 引言

雷暴大风是指由大气对流活动所导致的地面及近地面的强风事件,产生雷暴大风的3种方式主要包括对流风暴的下沉气流到达地面的强辐散及移动风暴的高空水平动量下传、阵风锋的推进和过境、上升气流对低空暖湿气流的抽吸作用<sup>[1]</sup>。贵州地区春夏季多发强对流天气,雷暴大风是主要的灾害性天气之一,可能造成飞机失事、翻船、房屋倒塌等,严重威胁航空、水运、农业和人民的生命财产安全,由于其突发性强、生命史短,预报难度较大,且经常漏报或来不及发出预警而造成巨大损失<sup>[2-3]</sup>。国内外专家关于雷暴大风分析的研究较多,且取得了大量的研究成果。雷暴大风的生成与层结不稳定、触发抬升条件、垂直风切变等密切相关,中高层干冷、低层暖湿,850 hPa与500 hPa较大的温差,低层冷空气的渗透等都可以使大气层结不稳定性加大,促使垂直上升运动加强,为强对流天气的发展提供有利条件<sup>[4-6]</sup>,费海燕等<sup>[7]</sup>研究2004—2013年中国雷暴大风特征指出,强雷暴大风的中低层垂直风切变为中等(地面至700 hPa和地面至500 hPa平均值分别为10.2和14.3 m·s<sup>-1</sup>)。崔丽曼<sup>[8]</sup>利用1970—2015年5—9月雷暴资料对河南雷暴大风的气候特征进行统计分析,发现雷暴大风日数存在显著的减少趋势,雷暴大风的日变化主要呈现单峰结构,峰值出现在午后到傍晚。对于雷暴大风天气的环流分型研究已有很多,为我们提供了较好的参考。钟利华等<sup>[9]</sup>对广西2006—2008年45个个例进行归纳总结,得出广西雷暴大风的4种环流形势:高原深槽型、台风低槽型、副高西部型和华北低槽型。曹治强等<sup>[10]</sup>对2005—2011年强对流天气的卫星云系特征进行分析,并分成了4种类型:冷气团内部型、西风槽或冷涡云系尾部型、梅雨锋或切边线云系上嵌入型和高原东移高空槽云系型。许爱华等<sup>[11]</sup>分析2000年以来中国强对流天气个例,指出强对流天气分为5类:冷平流强迫类、暖平流强迫类、斜压锋生类、准正压类、高架对流类。贵州本地预报员对雷暴大风的研究也较多,但局限于个例分析。

铜仁市位于贵州东北部地区,出现大范围雷暴大风天气次数较少,因而对铜仁市雷暴大风天气研究甚少,但造成的灾害不容小觑。本文通过分析2016—2021年的雷暴大风天气,得出其时空分布特征,并分析天气环流形势,结合离铜仁市较近的怀化站探空特征进行分型,找出各类雷暴大风的特点,为铜仁市雷暴大风天气预报提供参考依据,减少雷暴大风天气带来的灾害损失和人员伤亡。

## 1 资料和方法

利用2016—2021年人工观测的危险天气报、重要天气报和雷暴观测资料,对铜仁10个区县的国家站和各区县的区域自动站大风记录进行筛选。当1个观测日内(20时—次日20时)1个及以上测站出现风速 $\geq 17 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,且同时有雷暴发生,定义为1次雷暴大风天气过程。分析雷暴大风的时空分布特征,1个站点在1 d内出现几个时次大风天气,以最先出现的时次为准;选取1 d内2个站点以上雷暴大风作为1次区域雷暴大风天气过程,分析其环流形势及探空资料特征,并进行分类分型。

## 2 雷暴大风时空分布特征

### 2.1 时间分布

对2016—2021年雷暴大风天气发生的累计站次进行逐月统计,得出月分布如图1a所示,可以看出,雷暴大风天气发生时段主要在3—9月,集中在4—8月,以5月发生75站次最多,占比42.9%,年均12.5站次;其次是4月,达29站次,占比16.6%,年均4.8站次;9月发生次数最少为7站次,10月—次年2月没有雷暴天气发生。春季发生雷暴大风的频数占全年的67.4%,是强对流天气的易发时段,夏季频数占比为28.6%,发生短时强降水天气较多。

以2个区域站发生雷暴大风天气作为一次区域雷暴大风天气过程,图1b给出了区域雷暴大风天气过程的月分布,其分布大致和雷暴大风总站次的月分布相同。峰值在5月,发生8次雷暴大风,占总过程的30.8%;其次是8月为6次,占比23.1%,说明5月出现的雷暴大风天气的范围更广。8月受副高

控制,午后热对流旺盛,以局地雷暴大风天气为主。6—7 月是铜仁暴雨多发时段,强对流天气主要以短

时强降水为主,水汽充足,湿层深厚,不利于雷暴大风的发生,为一个减弱阶段。

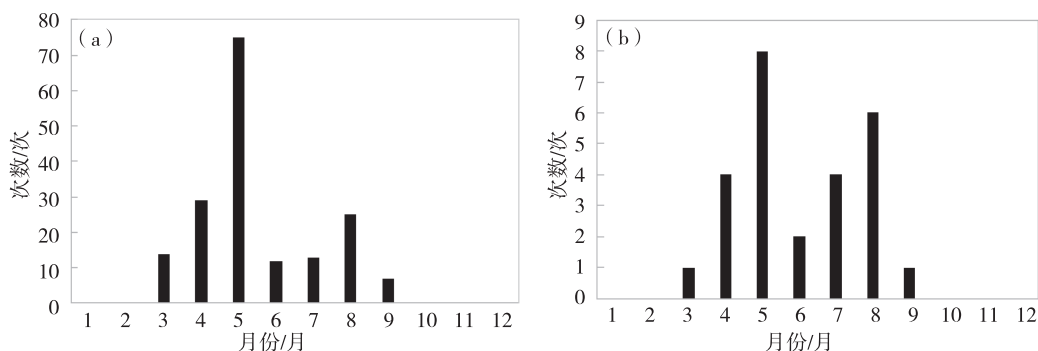


图 1 2016—2021 年铜仁市雷暴大风累计站次(a)、2 站次及以上区域雷暴大风过程次数(b)

Fig. 1 Cumulative stations of thunderstorms and strong winds(a), times of thunderstorms and strong winds in areas with 2 stations and above (b) in Tongren City from 2016 to 2021

统计 2016—2021 年雷暴大风天气逐小时发生的累计站次(图 2),由图可知雷暴大风发生的高频时段在 16—17 时、20—23 时,达 92 次,占总次数的 52.6%,平均  $15.3 \text{ 次} \cdot \text{h}^{-1}$ ,峰值分别为 17 时 17 次、22 时 18 次。23 时以后雷暴大风迅速减少,01—12 时出现雷暴大风的累计站次为 29 次,平均  $2.4 \text{ 次} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

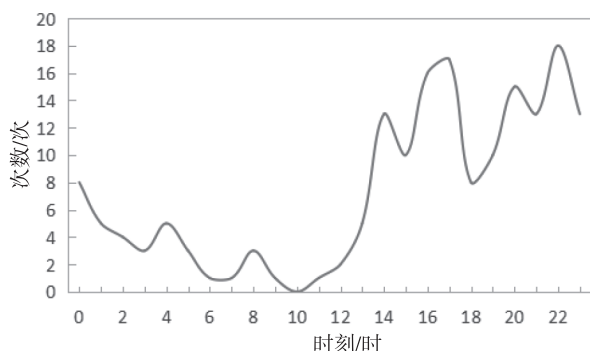


图 2 2016—2021 年铜仁雷暴大风日变化

Fig. 2 Daily variation of thunderstorms and strong winds in Tongren from 2016 to 2021

## 2.2 空间分布

从铜仁雷暴大风天气的空间分布(图 3)可以看出,铜仁雷暴大风天气总体呈现“北多南少、东多西少”的分布特征。沿河县晓景乡发生雷暴大风天气次数最多达 12 次,占总站次的 6.8%,年均 2 次,为一个大值中心,与其位于较高的海拔高度(982 m)有很大的关系。松桃东部的平头村和印江县本站发生 7 次,占总站次的 4.0%,为次大值中心。铜仁南部很少出现雷暴大风天气,尤其是碧江与江口交界处、玉屏大部从未出现过。

## 3 天气分型

根据定义,1 d 内 2 个站点及以上出现雷暴大风作为 1 次区域雷暴大风天气过程,统计得出近 6 a 共出现 26 次区域雷暴大风过程,剔除资料缺失的 3 次过程,对其天气背景环流形势及探空资料特征进行分型。结合许爱华等<sup>[11]</sup>和蔡荣辉等<sup>[12]</sup>等相关分析,将强对流天气按高低空冷暖平流强弱(相对强弱)、水平强烈风速(大气的斜压性强弱)等条件分为 4 类:高空冷平流强迫类、低层暖平流强迫类、斜压锋生类和准正压类。通过对个例的分析研究,低层暖平流强迫类中,根据中低层的切变线北侧的冷平流的强弱,又可以分为强冷暖平流强迫类、强暖平流强迫类及中间类。

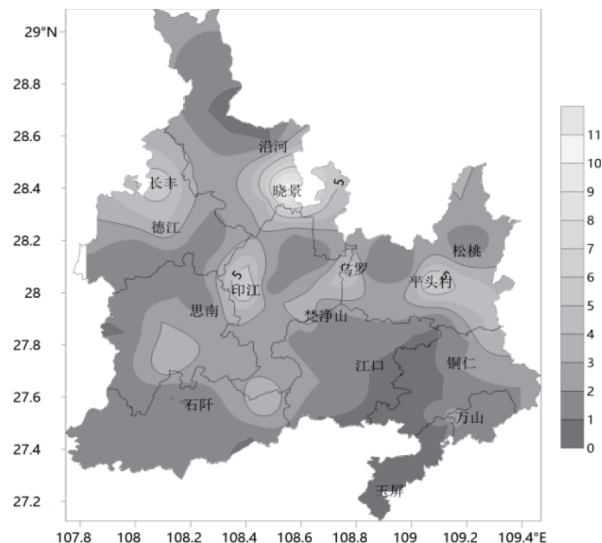


图 3 铜仁 2016—2021 年雷暴大风日数空间分布(单位:次)  
Fig. 3 Spatial distribution of days with thunderstorms and strong winds in Tongren from 2016 to 2021 (unit: times)

表 1 2016—2021 年铜仁市雷暴大风分型相关特征要素分析

Tab. 1 Analysis of relevant characteristic elements of thunderstorm and strong winds classification in Tongren City from 2016 to 2021

| 类型           |              | 过程日期/(年—月—日) | 灾害天气站次               | 大风影响区域   | 发生时段  |
|--------------|--------------|--------------|----------------------|----------|-------|
| 斜压锋生类        |              | 2018-04-05   | 13 站大风               | 北部及南部局地  | 13—16 |
|              |              | 2018-05-22   | 3 站大风,27 站暴雨         | 西北部      | 13—15 |
|              |              | 2021-05-11   | 4 站大风                | 西南部      | 22—03 |
|              |              | 2021-06-03   | 5 站大风,146 站暴雨        | 中北部      | 14—16 |
| 低层暖平流<br>强迫类 | 强暖平流<br>强迫类  | 2018-04-13   | 2 站大风,1 站冰雹          | 西北部      | 04—05 |
|              |              | 2019-06-05   | 4 站大风,3 站暴雨          | 北部       | 13—16 |
|              |              | 2020-05-09   | 10 站大风               | 中北部      | 23—07 |
|              | 强冷暖平流<br>强迫类 | 2016-04-03   | 3 站大风,6 站冰雹          | 东部       | 23    |
|              |              | 2018-05-17   | 11 站大风,9 站暴雨         | 中北部      | 20—00 |
|              |              | 2019-09-08   | 7 站大风,2 站暴雨          | 北部       | 13—17 |
|              |              | 2020-05-04   | 17 站大风,27 站暴雨,27 站冰雹 | 全市       | 17—00 |
|              |              | 2021-05-15   | 20 站大风,95 站暴雨,2 站冰雹  | 西部及北部    | 20—00 |
|              | 中间类          | 2021-05-10   | 4 站大风,82 站暴雨,7 站冰雹   | 西北部及东部局地 | 01-04 |
|              | 准正压类         |              | 2016-08-14           | 2 站大风    | 北部    |
|              |              | 2018-07-21   | 2 站大风                | 中北部      | 16    |
|              |              | 2019-07-30   | 3 站大风,1 站暴雨          | 东部及西北部局地 | 12—18 |
|              |              | 2016-08-01   | 2 站大风                | 东部       | 14—16 |
|              |              | 2016-08-02   | 3 站大风,5 站暴雨          | 北部及西南部局地 | 15—17 |
|              |              | 2018-07-12   | 2 站大风                | 西北部      | 20—21 |
|              |              | 2018-07-24   | 2 站大风                | 北部       | 19—20 |
|              |              | 2018-08-09   | 4 站大风                | 东部       | 17    |
|              |              | 2019-08-01   | 7 站大风                | 中东部      | 17—19 |
| 高空冷平流强迫类     | 2019-08-15   | 2 站大风        | 中部                   | 15—16    |       |

由表 1 可以看出,低层暖平流强迫类最多为 9 次(占比 34.6%),多发生西南季风增强的 5 月,主要影响区域在铜仁中部以北、以西,并伴有暴雨或冰雹天气,其中又以强冷暖平流强迫类居多,影响范围最广,对流性天气更为强烈。准正压类亦出现了 9 次区域雷暴大风过程,发生在 7—8 月台风或热带气旋较活跃的阶段,以 2 站次的大风过程居多,具有较强局地性特征,仅有 2 次伴有局地暴雨,影响区域以铜仁东部、北部居多,发生时段多在午后。斜压锋生类为 4 次(占比 15.4%),多发生在冷空气较为活跃的 4—6 月初,可能伴有区域性暴雨天气,影响区域以铜仁中部以北居多,范围较广,发生时段多在 13—16 时;高空冷平流强迫类最少,占比 3.8%,仅在 8 月的午后发生 1 次,出现在铜仁中部。

根据上述分类,对 23 次区域雷暴大风个例的天气环流形势及探空图进行分析,得出其环流类型及相关特征。

3.1 斜压锋生类

过程开始前(图 4a),中高纬冷涡低槽东移至贝加尔湖以东,经向环流不断加大,槽底伸至黄河流域,带动冷空气快速南下,四川东部低槽加深发展,中低层低涡切变位于川渝一带,东北急流不断增强

南下,西南气流略有增强,有时可达急流的强度,但较东北急流偏弱,且湿度显著增加,地面上冷锋快速南下至重庆南部—长江流域附近。由于铜仁市没有探空站,所以选取较近(约 100 km)的怀化站探空图进行分析(下同)。由图 4b 可以看出,对流层中层有干冷空气的侵入,600 hPa 以下为深厚湿层,形成典型“喇叭口”的上干下湿不稳定层结特征。由于前期热低压发展使得铜仁温度较高,储存较大的不稳定能量,当冷锋南下至贵州中部时,受强冷空气的触发,造成铜仁区域性锋后偏北大风,伴有雷电和暴雨天气。随着 500 hPa 低槽东移,中低层低涡切变东移南压出市,冷锋南下至滇黔交界处,偏北风减弱,强对流天气结束。

此类过程的特点是 500 hPa 高空的经向度较大,副高脊线位于 25°N 附近,其影响系统主要是高空槽及中低层切变在强冷空气触发下发生的锋后雷暴大风天气,区域性较强,有时伴有区域暴雨天气。

3.2 低层暖平流强迫类

根据中低层(700 hPa、850 hPa)切变线北侧的冷平流强弱,可以分为强冷暖平流强迫类、强暖平流强迫类及中间类。

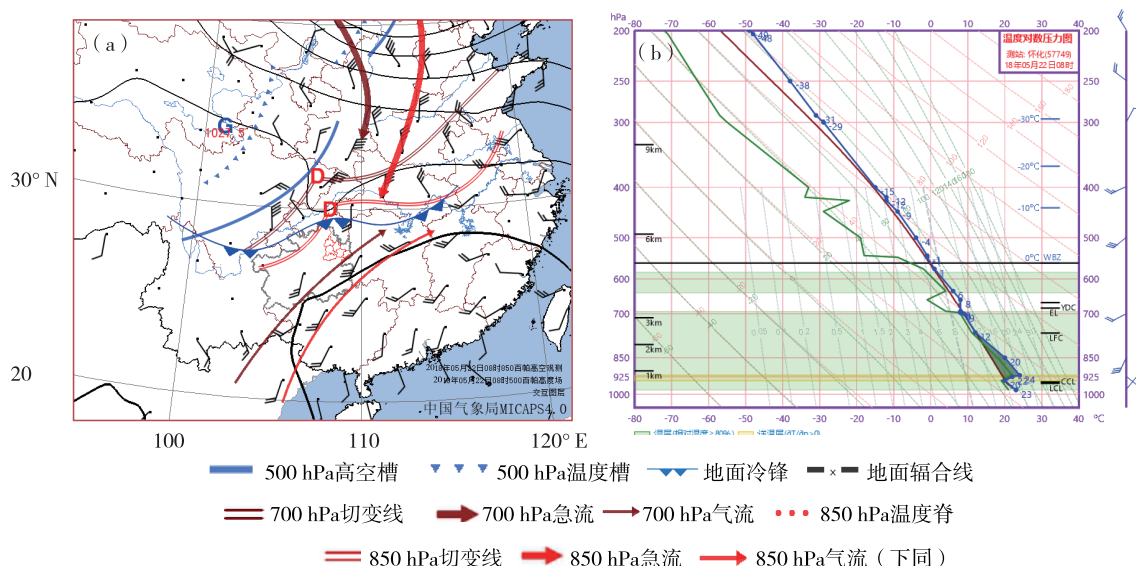


图 4 2018 年 5 月 22 日 08 时环流形势配置(a) (500 hPa 高度场与 850 hPa 风场)及怀化站探空曲线图(b)

Fig.4 Configuration of circulation situation (a) (500 hPa height

field and 850 hPa wind field) and sounding curve of Huaihua Station (b) at 08:00 on May 22, 2018

3.2.1 强冷暖平流强迫类 过程开始后(图 5a),中高纬北支槽加深发展,川东波动槽东移至贵州中部,700 hPa 切变和西南急流缓慢东移南压,850 hPa 暖切变维持在贵州北部,西南急流有所减弱,其温度脊线伸展至贵州东南部,东北急流不断增强,冷舌加深南压,冷平流亦迅速加强,地面上受热低压控制。08 时在铜仁中部生成辐合线,随南风增强北抬至重庆南部,白天增温明显,午后辐合线南压至铜仁中部,冷锋南压至重庆中南部,前沿冷空气侵

入铜仁北部时,造成铜仁北部、西部的雷暴大风天气。结合探空图(图 5b)来看,怀化站上空具有较大的不稳定能量,为对流不稳定层结,整层较干。铜仁强盛的暖平流使得上空存储较大的不稳定能量,过程开始后东北急流达最强,高空槽、中低层切变及中尺度辐合线受弱冷空气的抬升触发形成区域雷暴大风天气,由于冷暖平流都很强盛,辐合带狭窄,发展旺盛,常伴有冰雹或暴雨天气。

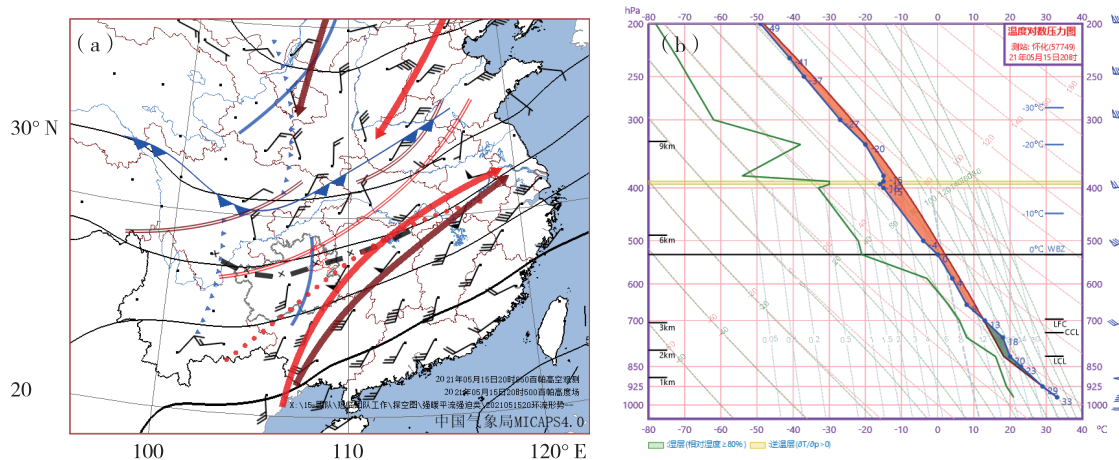


图 5 2021 年 5 月 15 日 20 时环流形势配置(a)及怀化站探空曲线图(b)

Fig.5 Configuration of circulation situation (a) and sounding curve of Huaihua Station (b) at 20:00 on May 15, 2021

此类过程的特点是 500 hPa 存在波动槽,副高脊线位于 20°N 以南,其影响系统主要是中低层切变及中尺度辐合线受弱冷空气的抬升触发形成区域雷暴大风天气,过程开始前低层具有较强的暖平

流,上空积聚较大不稳定能量,过程开始后冷平流迅速加强,对流性最强,常伴有大范围冰雹或暴雨天气。

3.2.2 强暖平流强迫类 过程开始后(图 6a),中



高纬以纬向环流为主,川东低槽加深发展,中低层低涡切变位于川渝一带,西南急流不断加强,850 hPa 温度脊线伸展至贵州中东部,暖平流十分旺盛,地面上受热低压控制,生成的中尺度辐合线东移,造成铜仁北部的雷暴大风天气。结合探空图(图

6b) 来看,风随高度顺转为暖平流,中层具有浅薄湿层,不稳定能量明显增强。强盛的暖平流使得铜仁上空存储较大的不稳定能量,中低层切变及中尺度辐合线受西南急流脉动触发区域雷暴大风天气,弱冷锋进入铜仁后,发生冰雹或暴雨天气。

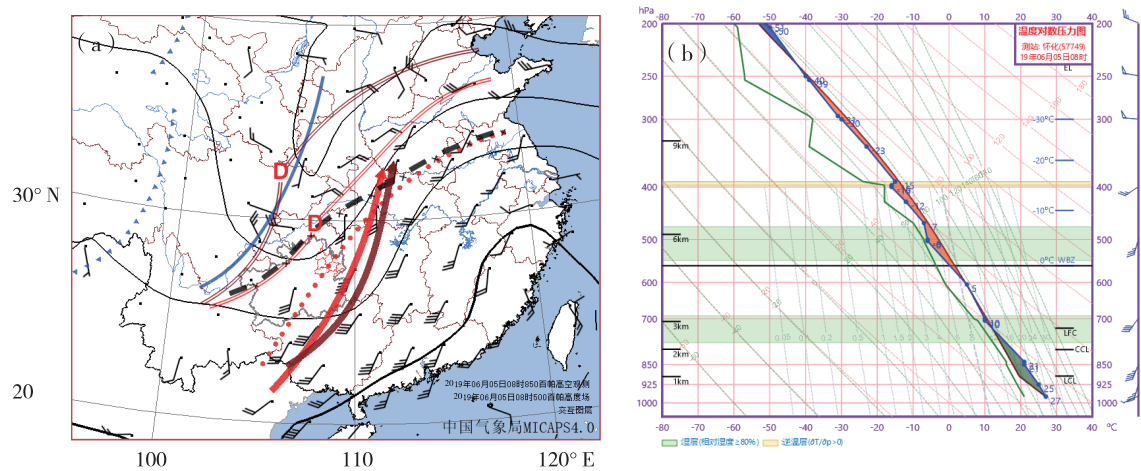


图6 2019年6月5日08时环流形势配置(a)及怀化站探空曲线图(b)

Fig. 6 Configuration of circulation situation (a) and sounding curve of Huaihua Station (b) at 08:00 on June 5, 2019

此类过程的特点是 500 hPa 存在川东低槽,副高脊线亦位于 20°N 以南,其影响系统主要是中低层低涡切变及地面中尺度辐合线受西南急流脉动触发雷暴大风天气,由于中低层具有很强的暖平流,北部的冷空气很弱,强对流云团东移北抬移出铜仁,常造成铜仁北部局地大风,伴有个别乡镇的暴雨或冰雹天气。

3.2.3 中间类 由于此次大风在 10 日 01—04 时间段发生,分析过程开始前 09 日 20 时(图 7a),500 hPa 中高纬贝加尔湖以西有横槽影响,槽前西北气

流带动弱冷空气下传,中低纬低槽位于四川中部,怀化站为  $8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  的西北风,中低层切变线位于贵州北部,低空急流偏南偏弱,地面热低压内的辐合线位于贵州北部,稳定少动。分析 09 日 08 时探空资料(图 7b),可以看出湿层位于 400~300 hPa,该层以下为干层,高层北风向下传,不稳定能量增加,达 2000 J 以上。过程开始后(图略),湿层降低至 700~500 hPa,低层具有浅逆温层,不稳定能量释放减少。

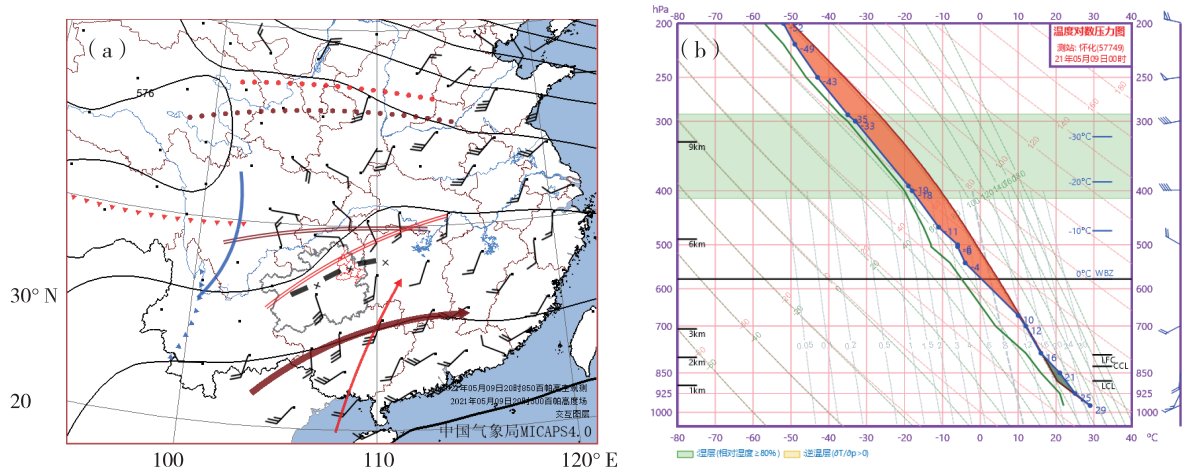


图7 2021年5月09日20时环流形势配置(a)及09日08时怀化站探空曲线图(b)

Fig. 7 Configuration of circulation situation at 20:00(a) and sounding curve of Huaihua Station at 08:00(b) on May 9, 2021

此类过程的特点是中低层切变线两侧的冷暖平流都较弱,高层冷平流,低层暖平流,发生在 5 月,以强降水为主,伴有局地雷暴大风,局地性较强,落区预报难度较大。由于湿层较为深厚,此种强对流天气结束后,随着高空低槽及中低层切变的东移南压,仍有强降水天气发生。

### 3.3 准正压类

过程开始后(图 8a),位于东海或南海的台风或热带气旋东移至雷州半岛附近,副热带高压脊线位于  $30^{\circ}\text{N}$  以北,铜仁位于其南侧或西南侧。受台风

或热带气旋低压倒槽槽前东北气流影响,850 hPa 温度脊位于贵州北部,伸至华东,地面辐合线与台风倒槽重叠,附近常有台前飑线形成,在飑线上常有雷暴大风天气发生。过程前探空图上(图略)存在不稳定能量,在近地层存在浅薄湿层,上层较干,形成上干下湿层结,利于雷暴大风的出现。过程后(图 8b)仍有较大的不稳定能量,但上层湿度增加,因此大风结束后仍有降水天气发生。随着台风的减弱西移,辐合线消失,不稳定能量得到释放,对流天气结束。

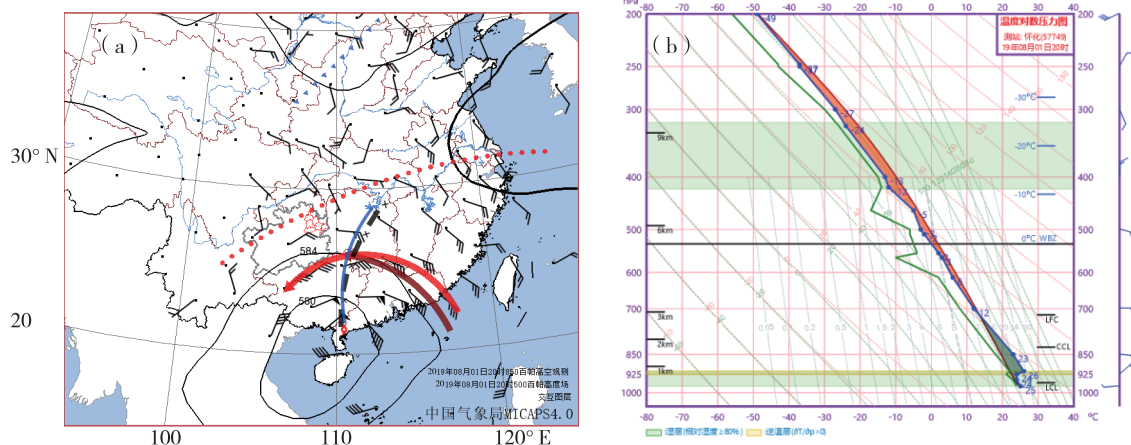


图 8 2019 年 8 月 1 日 20 时环流形势配置(a)及怀化站探空曲线图(b)

Fig. 8 Configuration of circulation situation (a) and sounding curve of Huaihua Station (b) at 20:00 on August 1, 2019

此类过程的特点是在副高南侧或西南侧有台风低压或热带气旋倒槽,受外围云系影响发生,为准正压大气。前期气温高、有较大不稳定能量,在中尺度辐合线触发下造成雷暴大风天气,并伴有雷雨天气。

### 3.4 高层冷平流强迫类

过程开始前(图 9a),中高纬两槽一脊,以经向

环流为主,铜仁位于高空槽底部后部西北气流中,有较强的冷平流输送,中低层亦受西北气流影响,地面上中尺度辐合线在重庆中部生成。随着东北冷涡南压,高空槽后西北风不断下传,冷平流加强,推动地面辐合线南压影响铜仁。过程后(图 9b)上不稳定能量加大,湿层增厚伸展至 500 hPa,高空为干层,形成上干下湿不稳定层结,造成雷暴大风天气。

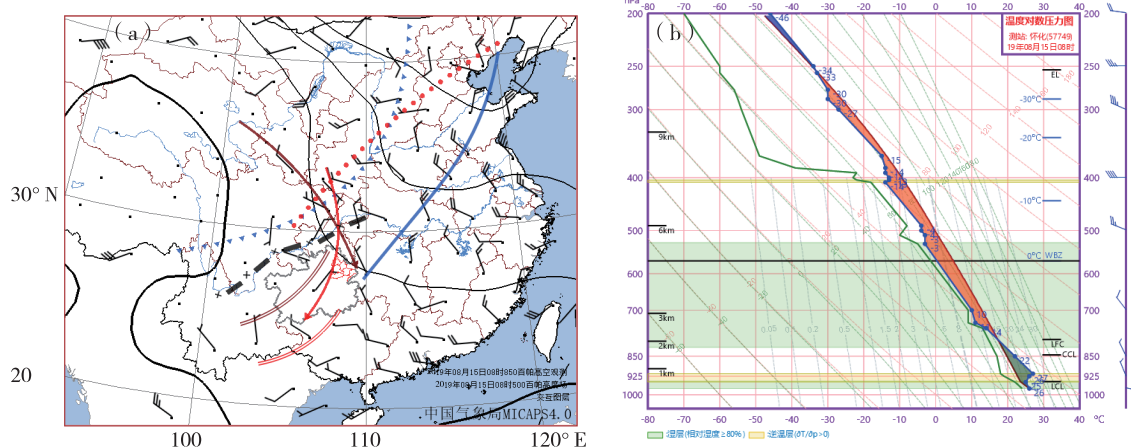


图 9 2019 年 8 月 15 日 08 时环流形势配置(a)及怀化站探空曲线图(b)

Fig. 9 Configuration of circulation situation (a) and sounding curve of Huaihua Station (b) at 08:00 on August 15, 2019

此类过程的特点是除近地层为暖层外,上空均为西北气流,有较强的冷平流输送,由于暖湿层较为浅薄,此次过程仅出现局地大风天气。这种上层均为西北气流影响下造成的强对流天气较为少见,预报难度较大,漏报率较高。

## 4 结论

分析 2016—2021 年铜仁各区县雷暴大风站次时空分布特征,并对区域性雷暴大风天气过程的天气形势及探空特征进行归纳,得出以下结论:

(1)铜仁雷暴大风主要出现在 3—9 月。5 月发生次数最多,年均 12.5 站次,出现 8 次区域性雷暴大风,占总过程的 30.8%。9 月最少为 7 站次,且仅出现 1 次区域性雷暴大风。10 月—次年 2 月没有雷暴天气发生。雷暴大风发生的高频时段在 16—17 时,20—23 时,共 92 次(平均  $15.3 \text{ 次} \cdot \text{h}^{-1}$ ),01—12 时出现雷暴大风的累计站次为 29 次(平均  $2.4 \text{ 次} \cdot \text{h}^{-1}$ )。

(2)铜仁雷暴大风天气总体呈现“北多南少、东多西少”的分布特征。沿河县晓景乡发生雷暴大风天气次数最多达 12 次,占总站次的 6.8%,年均 2 次。碧江与江口交界处、玉屏大部从未出现过雷暴大风。

(3)铜仁市雷暴大风主要分为 4 类:低层暖平流强迫类和准正压类均为 9 次(各占总过程的 34.6%)、斜压锋生类次之(占比 15.4%)、高空冷平流强迫类最少(占比 3.8%)。其中低层暖平流强迫类根据中低层的切变线北侧冷平流的强弱,又可以

分为强冷暖平流强迫类、强暖平流强迫类及中间类,以强冷暖平流强迫类最多,影响范围最广,对流天气最为强烈。

## 参考文献

- [1] 王秀明,周小刚,俞小鼎,等.雷暴大风环境特征及其对风暴结构影响的对比研究[J].气象学报,2013(5):839–852.
- [2] 李力,万雪丽,齐大鹏,等.贵州省雷暴大风时空分布及对流参数特征分析[J].中低纬山地气象,2020,44(2):1–8.
- [3] 吴翠红,韦惠红,牛奔.湖北东部雷暴大风雷达回波特征分析[J].大气科学学报,2012,35(1):64–72.
- [4] 秦丽,李耀东,高守亭,等.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.
- [5] 赵瑜,赵桂香,王思懋,等.“7.28”山西中部强对流天气的中尺度分析[J].干旱气象,2017,35(5):874–885.
- [6] 杨庆红,彭九慧,刘园园.一次强对流天气的大气物理量及雷达回波特征分析[J].干旱气象,2010,28(3):322–326.
- [7] 费海燕,王秀明,周小刚,等.中国强雷暴大风的气候特征和环境参数分析[J].气象,2016,42(12):1513–1521.
- [8] 崔丽曼.河南省雷暴大风气候特征及近年变化趋势分析[J].气象研究与应用,2016(3):33–37.
- [9] 钟利华,曾小团,胡宗煌,等.桂林雷暴大风临近预报研究[J].气象研究与应用,2009,30(增刊Ⅱ):78–80.
- [10] 曹治强,王新.与强对流相联系的云系特征和天气背景[J].应用气象学报,2013,24(3):365–372.
- [11] 许爱华,孙继松,许东蓓,等.中国中东部强对流天气的天气形势分类和基本要素配置特征[J].气象,2014,40(4):400–411.
- [12] 蔡荣辉,姚蓉,黄小玉,等.洞庭湖区域雷暴大风分型及预报分析研究[J].气象,2017,43(5):560–572.
- [13] 杜安妮,陈阳权.乌鲁木齐机场 1 次短时雷雨大风天气特征及成因分析[J].气象水文海洋仪器,2021,38(1):59–62.