

长沙黄花机场雷暴大风综合分析特征

罗青

民航湖南空管分局 410141

【摘要】雷暴大风时间短,预报难度大,是威胁航空器飞行安全的重要天气之一。本文对长沙黄花机场十年内的雷暴大风进行统计分析,分析黄花机场雷暴大风时间分布特点及变化和常见的天气形势,利用多普勒雷达产品初步探讨雷暴大风短临预报的可行性,为雷暴大风的预报预警提供有效参考。结果表明黄花机场的雷暴大风年总数上呈下降趋势,主要出现在7、8月,5月次之。雷暴大风的风向以偏北风为主,风速主要集中在17-20m/s,持续时间在10分钟之内。本区高低空位于台风外围或高空槽和中低层切变线配合是黄花机场出现雷暴大风最主要的天气形势场。认真分析多普勒雷达回波特征,关注阵风锋和弓形回波,是做好雷暴大风临近预报的关键。在雷达径向速度图上,负速度中心的数值可基本指示雷暴大风的风速。

【关键词】雷暴大风; 统计分析; 雷达分析

Comprehensive analysis characteristics of thunderstorm gale in Changsha Huanghua Airport

Luo Qing

CAAC Hunan Air Traffic Control Branch 410141

【Abstract】 With short time and difficult forecast, thunderstorm is one of the important weather threatening the flight safety of aircraft. This paper analyzes the thunderstorm gale in Changsha Huanghua Airport, analyzes the time distribution characteristics and changes and common weather situation, preliminarily discusses the feasibility of short thunderstorm gale forecast with Doppler radar products, and provides effective reference for the forecast and early warning of thunderstorm gale. The results showed that the total number of thunderstorms in Huanghua Airport decreased, mainly in July and August, followed by May. The wind direction of thunderstorm gale is mainly northerly wind, and the wind speed is mainly concentrated in 17-20 m/s and lasts within 10 minutes. The high and low altitude in this area is located in the typhoon periphery or the upper trough and the middle and low layer shear line coordination is the most important weather situation field for thunderstorm gale in Huanghua Airport. It is the key to analyze the echo characteristics of Doppler radar and bow echo carefully, and to forecast the approach of thunderstorm gale. On the radar radial velocity map, the value of the negative velocity center can basically indicate the wind speed of the thunderstorm winds.

【Keywords】 thunderstorm gale; statistical analysis; radar analysis

引言

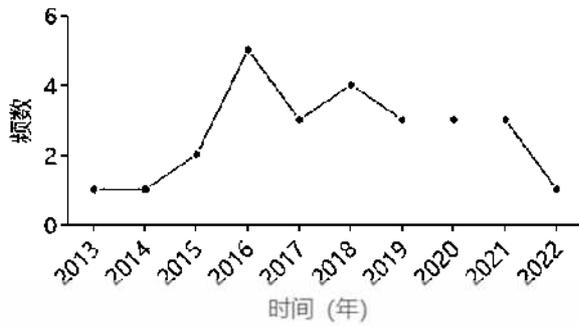
雷暴大风是指随强雷暴天气而出现的强烈短时大风现象。近年来,许多学者对雷暴大风的气候特征^[1]、短期预报方法^[2]、环境条件^[3]和个例分析^[4,5]等方面进行了研究。雷暴大风可能损坏机场设备和航空器,造成严重低空风切变,威胁航班飞行安全,很多飞机的起降事故是因这种风切变引起的^[6]。本文对长沙黄花机场十年内的雷暴大风进行普查,分析黄花机场雷暴大风时间分布特点及变化和常见的天气形势,利用雷达产品探讨雷暴大风短临预报的可行性,为雷暴大风的预报预警提供有效参考。

1 统计方法及雷暴大风的时间分布和变化

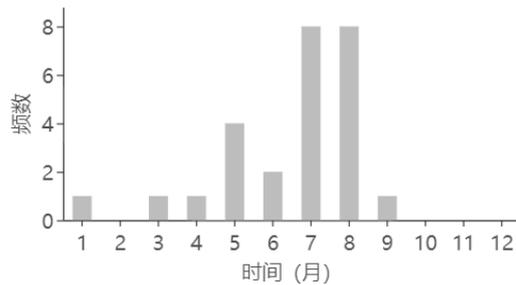
本文选取 2013 年-2022 年的黄花机场地面气象观测簿资料,将既观测到雷暴又观测到大风(风速达到 17m/s 及以上)记为一次雷暴大风过程。

黄花机场雷暴大风过程出现频率较低,十年间一共出现 26 次,在雷暴过程中大风出现的频率仅为 7%。雷暴大风年变化明显。从雷暴大风次数年变化曲线[图 1(a)]上看,雷暴大风次数呈上下波动变化,总体上为线性下降趋势。我国中部五省年平均雷暴日整体呈下降趋势可能与夏季风强弱相关^[7]。在月变化[图 1(b)]中,雷暴大风主要出现在春末和夏季,以 7、8 月最多,5 月次之。造成这种差异的原因主要是 5 月冷暖气流在长沙地区上空交汇频繁,造成不稳定能量迅速积累和释放。随着 7、8 月太阳辐射的明显增多,地面气温、比湿和 K 指数都达到一年中的极值,对流更加旺盛,易形成雷暴大风天气。从平均雷暴大风日变化[图 1(c)]上可知,

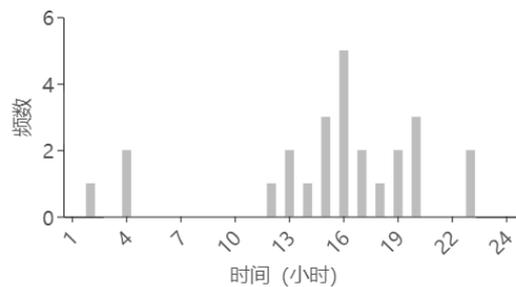
雷暴大风主要集中在午后到傍晚时段(12:00–20:00),峰值出现在 16:00,午后热力和动力条件较好,对流更容易发展。在 05:00–11:00,黄花机场没有发生过雷暴大风。



(a)年变化



(b)月变化



(c)日变化

图 1 雷暴大风时间分布

2 雷暴大风的风向和风速的分布

雷暴大风风速大,持续时间短。黄花机场雷暴大风的风向主要为偏北风,西北风和东北风占比最大,分别为 42%和 35%,这与雷暴的来向和移动方向有关。黄花机场的上游地区经常有切变线、西南涡等系统生成,在高空槽的引导下,系统常从西北部东移南压至本场。在雷暴大风过程的最大风速的频数[图 2]中,雷暴大风的风速多集中在 17–20m/s,雷暴大风最大风速为 29m/s。雷暴大风单次持续时间通常在 10 分钟之内[图 3]。

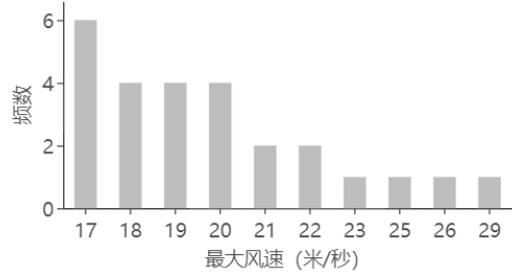


图 2 雷暴大风最大风速

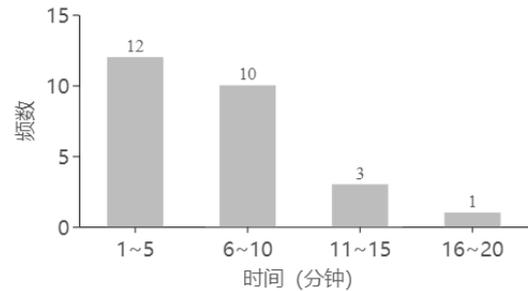


图 3 雷暴大风持续时间

3 雷暴大风的主要天气形势

黄花机场的雷暴大风主要的天气形势可分为两类:热力性和系统性。

第一类天气形势是热力性的。湖南处于副高边缘,午后热力作用触发局地风暴,或者湖南处于副高环流控制,但在副高强度减弱期,副高中的下沉气流不足以抑制午后热力对流,午后也可触发局地强对流发展。热力性的天气范围小,一般是风暴单体,范围十几公里到几十公里;生命期短,对区域的影响是局地 and 短时的,对机场的影响通常不超过半小时;发生地点不确定,一般多发于山区,老粮仓是个多发地。鉴于以上特点,热力性雷雨大风的定点和定时预报难度大。

第二类天气形势是系统性的。台风外围和东风波是湖南盛夏产生雷雨大风的主要天气系统。2016 年 8 月 1 日雷暴大风过程中,随着 4 号台风的逼近,副高断裂并减弱,本区处于副高减弱的阶段,极易产生雷雨,再加上东风波的影响,午后本场出现雷暴大风的可能性很大。

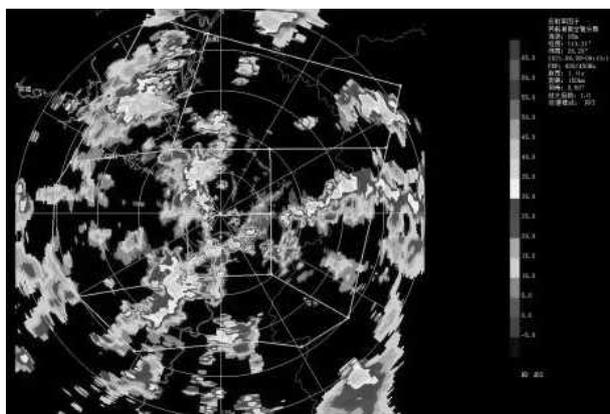
高低空各系统配合良好。2019 年 6 月 8 日出现了一次雷暴大风过程,在天气图(图略)上可知,500hPa 中高纬为两槽一脊形势,西风带上不断有小槽东移并携带冷空气南下侵入两湖地区,在长沙上空形成了一个小范围的冷中心,700hPa 西南暖湿气流输送水汽和能量,850hPa 四川盆地一带有低涡发展,切变线在湘北地区活动,地面图上长沙地区位于锋前暖气团中。中高层冷干,低层暖湿,形成了良好的对流不稳定能量聚集机制,有利于雷暴大风的形成。系统性

的天气范围大,一般以多单体风暴或飑线形式出现,在区域内造成成片影响;时间长,对区域的影响持续数十小时到数天,对机场的影响可达到数小时;发生地点比较确定,发生在天气尺度或中尺度系统附近,随天气系统有固定的移动方向。总的来说,系统性的雷暴大风的预报难度低于热力性的雷暴大风的预报难度。

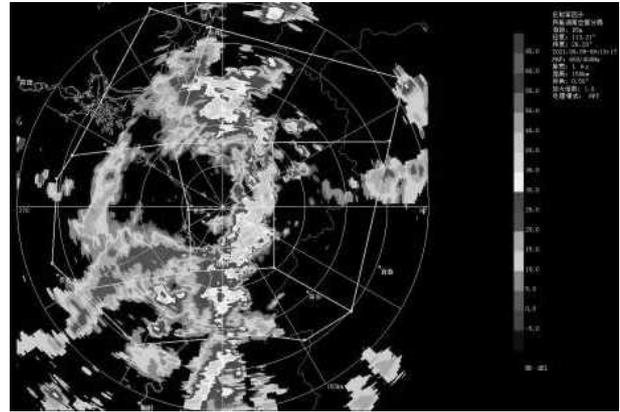
4 雷暴大风的雷达产品分析

为了准确、及时地监测到对流天气发生的地点、时间和强度,做好未来 2 小时内的临近预报工作,仅靠形势场的分析是远远不够的,必须配合使用雷达探测手段。黄花机场的雷暴大风预报,在雷达回波的识别上,可以关注弓形回波和阵风锋。

具有弓形回波的对流系统容易产生雷暴大风,弓形回波的强度较强,一般在 40dbz 以上,大风通常出现在弓形回波的顶点附近和向前突起部分。2021 年 8 月 9 日,发生了一次受弓形回波影响的雷暴大风过程。受高空槽和中低层切变线的影响,在午后本场的周边生成了较多的小对流单体,在上游地区对流单体逐渐连成一条飑线,呈弓状,向本场移来。在径向速度图上出现负速度中心[图略]。至 16:13[图 4(a)]左右,弓形回波抵达机场附近,且在径向速度图上负速度中心也到达本场。本场风速激增,风速由之前的 1m/s 增至平均风 7m/s,阵风 16m/s。从 16:21 开始,机场出现了约一个小时的强雷雨天气,16:22~16:32 出现雷暴大风,最大风速达 21m/s。17:25[图 4(b)]自本场过境后,该回波发展成更为强盛的弓形回波。可以看出,虽然弓形回波在本场上空一直发展,但也只在弓形回波前端影响本场的前 20 分钟本场出现了大风天气,在主体到达本场后,风速迅速减弱,大风消失。



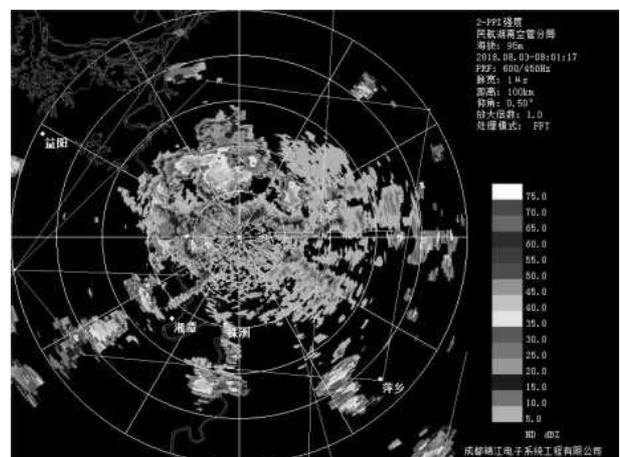
(a)16:13



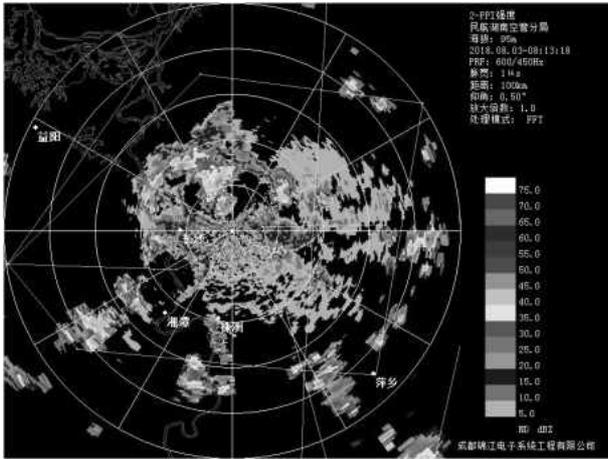
(b)17:25

图 4 2021 年 8 月 9 日的反射率因子图

阵风锋的推进和过境可导致雷暴大风。对流风暴下沉气流由于降水蒸发冷却在到达地面时形成一个冷空气堆向四周辐散,冷空气与周围暖湿气流相汇,形成阵风锋^[8]。阵风锋在反射率图像上体现在强回波主体的周围或其移动前方,有一呈环状或带状弱回波,移动方向一般与强回波主体移动方向一致。这种回波强度较弱,一般在 25dbz 以下,但能造成严重的低空风切变,会对飞行起降构成严重威胁。当雷达图上出现这种回波,通过识别阵风锋的移动速度,进而判别其未来对黄花机场的影响时间。2018 年 8 月 3 日,黄花机场出现了典型的由阵风锋引发的雷暴大风过程。受台风外围云系和热力作用,自午后开始本场周边不断由分散的对流单体形成,在 16:01 左右[图 5(a)],本场的北面 12km 左右出现了一条阵风锋。16:13 时[图 5(b)],阵风锋的对流单体迅速发展,距离本场仅 4km,按照外推法,阵风锋将在 6 分钟后到达本场,且径向速度图上可以看到-20m/s 的负速度中心。16:19 时,本场出现了持续的 17m/s 的大风,阵风达到了 20m/s,这与径向速度图上负速度中心的最大值吻合的较好。此次过程,回波主体未到本场,但主体激发出的阵风锋导致本场出现雷暴大风。



(a)16:01



(b)16:13

图 5 2018 年 8 月 3 日的反射率因子图

一、黄花机场的雷暴大风年次数总体上为线性下降趋势，主要出现在夏季，双峰结构特征明显。5-8 月雷暴大风发生概率高，占全年雷暴大风数的 85%，其中又以 7、8 月最多，5 月次之。一天中在午后到傍晚时段(12:00-20:00) 概率最大。

二、黄花机场的雷暴大风以偏北风为主，风速主要集中在 17-20m/s,生命史短，持续时间在 10 分钟之内。

三、分析多普勒雷达回波特征，关注阵风锋、弓形回波等，是做好雷暴大风临近预报的关键。可以通过外推法，判断回波的移动速度，进而判别其未来对黄花机场的影响时间。在径向速度图上，负速度中心能基本反映雷暴大风的风速。

5 结论

参考文献

- [1]余蓉,张小玲,李国平等.1971—2000 年我国东部地区雷暴、冰雹、雷暴大风发生频率的变化[J].气象,2012,38(10):1207-1216.
- [2]郑媛媛,姚晨,郝莹等.不同类型大尺度环流背景下强对流天气的短时临近预报预警研究[J].气象,2011,37(07):795-801.
- [3]樊李苗,俞小鼎.中国短时强对流天气的若干环境参数特征分析[J].高原气象,2013,32(01):156-165.
- [4]王秀明,俞小鼎,周小刚等.“6.3”区域致灾雷暴大风形成及维持原因分析[J].高原气象,2012,31(02):504-514.
- [5]张弛,支树林,许爱华.一次罕见强飚线 10 级大风的雷达回波特征分析[J].暴雨灾害,2019,38(02):135-143.
- [6]Fujita T T .Downbursts and microbursts – An aviation hazard[J]. 1980
- [7]王学良,余田野,朱传林等.我国中部五省雷暴日时空分布特征[J].热带地理,2013,33(01):13-20.
- [8]俞小鼎,姚秀萍,熊廷南等.多普勒天气雷达原理与业务应用[M].气象出版社,2006, 90-91