

武汉天河机场一次下击暴流天气的多普勒雷达分析

潘彭刚 田霄

(民航湖北空管分局, 武汉 430100)

摘要: 利用常规气象资料、跑道自动观测资料(AWOS)、自动观测站资料和多普勒天气雷达资料等,对武汉天河机场的一次下击暴流天气过程进行了分析。结果表明:1)本次下击暴流发生在副热带高压减弱,西风槽向东移动,地面辐合线相配合的天气背景下;2)下击暴流影响机场期间,具有气压陡升、温度骤降、风向变化和风速突增等气象要素的演变特征;3)阵风锋与雷暴之间距离的变化一定程度上可以预示未来雷暴的强弱;4)本次下击暴流与阵风锋有紧密的联系,阵风锋北移过程中激发出 β 中尺度对流单体, β 中尺度对流单体产生了下击暴流,并且雷达速度图上沿雷达径向的正负大值速度对是下击暴流发生的典型特征之一。

关键词: 下击暴流, 阵风锋, 大风

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2016.05.006

Analysis of Doppler Radar Data when a Downburst Event Occurred in Wuhan Tianhe Airport

Pan Penggang, Tian Xiao

(Air Traffic Management Bureau of Middle & Southern Region in Hubei, Wuhan 430100)

Abstract: Combining the Doppler radar data with conventional weather records, AWOS data and automatic meteorological station data, a downburst event occurred in Wuhan Tianhe Airport is analyzed. The results show that: (1) The synoptic background featured that the subtropical high weakening, the slot line moving eastward and the surface wind converging. (2) Meteorological elements changed obviously during the downburst, such as pressure rising, temperature dropping, and wind speed increasing. (3) The variation of the distance between the gust front and thunderstorm may indicates the future trend of the thunderstorm somewhat. (4) The gust front closely linked with the downburst event, the meso- β scale convective cells were inspired when the gust front moving northward, then the meso- β scale convective inspired the downburst, and especially, the contrast of high values between the positive and negative radial velocity is one of the typical characteristics in the downburst.

Keywords: downburst, gust front, strong wind

0 引言

Fujita等^[1]将下击暴流定义为地面上水平风速大于17.9m/s、中空气流向下、地面气流为辐散或直线型的灾害性风,并根据外流的灾害性范围大小,又把下击暴流分为宏下击暴流(尺度大于4km,持续时间大于10min)和微下击暴流(尺度大于4km,持续时间大于10min)。由于下击暴流尺度小,生命史短,目前主要依靠多普勒雷达来观测和推断下击暴流发生的可能性。

本文以常规资料为基础,利用湖北省气象局多普勒雷达资料重点分析2013年8月11日发生在武汉天河机场的一次下击暴流过程,为今后类似天气过程的临近预警提供参考。分析使用的多普勒雷达资料来自于湖北省气象局,其多普勒雷达位于武汉天河机场,为

了便于分析,本文在雷达图上标注了天河机场,图上的“本场”即代表“天河机场”。

1 天气实况及地面气象要素分析

2013年8月11日,湖北省东南一带对流云强烈发展,引起阵风锋,然后在阵风锋前沿激发出 β 中尺度的对流单体和下击暴流,从而使得武汉天河遭遇雷雨大风的侵袭。18:00(北京时,下同),天河机场突然刮起强风,平均风速11m/s,阵风16m/s,与此同时,天河机场出现干雷暴和扬沙,能见度从17:00的10000m,迅速下降到5000m,并伴有气压突升、温度骤降、湿度升高等气象要素变化。18:17,强雷雨开始侵袭天河机场,阵风风速上升到28m/s,能见度进一步下降为2000m,此时在机场跑道南面出现风切变。18:21,能见度下降到了200m,18:30,阵风风速达到34m/s,创造了天河机场开航以来风速之最。19:20,强降水结束,转为干雷暴,风速下降到了4m/s。

收稿日期: 2015年2月4日; 修回日期: 2015年7月5日
第一作者: 潘彭刚(1987—), Email: 407076371@qq.com

此次下击暴流过程具有气压陡升、温度骤降、风速突增、风速变化的特点。17:00, 机场风向偏西北, 风速3m/s, 气压1003hPa, 温度39℃。18:10, 由阵风锋激发的β中尺度对流单体开始影响本场, 下击暴流也随之产生, 风向转为西南, 瞬时风速激增为16m/s, 气压升幅2hPa, 温度为32℃。18:21, 瞬时风速达到28m/s, 温度降至24℃。18:21—18:30, 9min内气压升幅达到3hPa, 瞬时风速达到34m/s, 温度降至21℃, 此时也是下击暴流最强的时刻。

2 天气形势分析

2.1 副热带高压边缘的西风带低槽

在2013年8月11日, 在08时500hPa天气图上(图略), 588dagpm线位于湖北以西(107°E左右), 副热带高压(以下简称副高)脊线位于31°N左右, 整个湖北省基本在副高的控制之下, 在河套地区以及湖北以西皆有高空低槽在缓慢东移。在20时500hPa图上(图略), 588dagpm线出现明显东退, 位于113°E左右, 武汉天河机场刚好位于其边缘, 并且西部冷槽也随之加速东移, 湖北大部开始受槽前西南气流影响。一般地, 以500hPa图上的588dagpm等高线的向北、向

西扩展来表示副高的向北、向西推移。所以, 由此可以表明, 副高当天出现了明显的减弱东退, 抑制对流活动的下沉运动也因此有所减弱。当副高位置有明显西进或东退, 副高西北侧有高空低槽活动时, 容易出现强对流天气^[2], 这就是武汉天河机场当日出现强雷雨大风天气的环流背景。

2.2 动力条件

通过分析2013年8月11日14、17以及20时的地面图(图略)发现, 武汉天河机场强对流发生前, 河套地区以西有一地面辐合线逐渐东移南下, 并于当日17—20时影响到武汉地区, 这与武汉机场出现强对流的时间段基本一致, 因此可以判断, 地面辐合线是本次强对流天气发生的重要触发条件。通过分析11日17和18时的湖北自动气象站观测资料(图1)后进一步发现, 当地面辐合线影响武汉地区时, 由于太阳辐射加热的不均匀, 在武汉及其南部地区出现由北指向南的地面温度锋区, 相距100km左右的武汉站与咸宁站, 温度差达到了13℃。分析当日武汉周边强对流多普勒回波的发生发展以及移动后发现, 强对流回波主要是在武汉南部生成, 并在上层西南气流引导下, 北移影响武汉机场, 这与地面温度锋区有很好地对应。

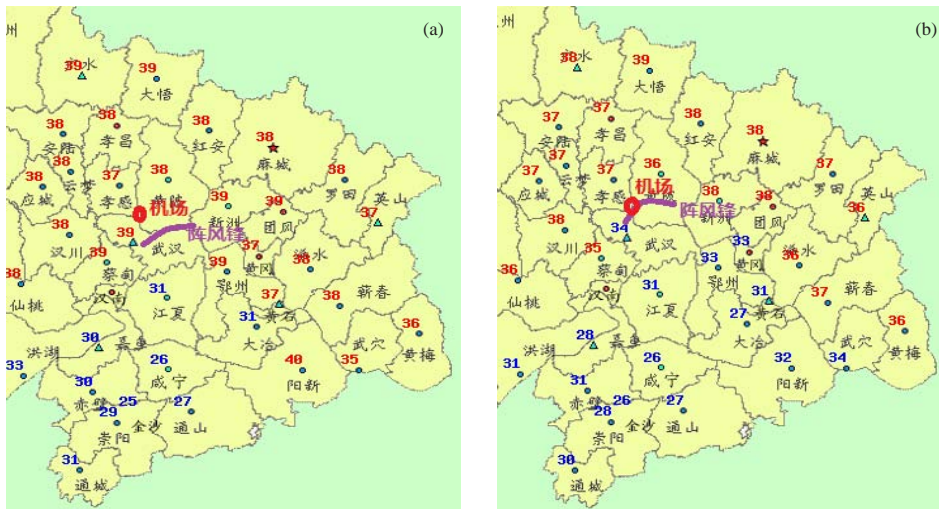


图1 2013年8月11日17时(a)和18时(b)湖北自动气象站观测温度资料以及相应时刻阵风锋的位置(紫色实线)
Fig.1 The temperature data at Hubei automatic observation and the gust front at 17:00 (a), 18:00 (b), 11 August 2011

3 热力条件

天河机场位于武汉北部, 所以用汉口探空资料(图2)分析大气稳定度等气象环境条件具有较好代表性。分析发现, 2013年8月11日08时, 武汉地区低层存在逆温, 这可能为对流性天气的发生储存了能量。而后经过午后的加热, 破坏了原有的逆温层, 在

一定的触发机制下能使不稳定能量迅速释放。08时, 汉口站K指数为38℃, 沙氏指数为-3.95℃。至20时, 汉口站K指数为41℃, 沙氏指数为-4.42℃, 不稳定状态有一定程度的加强。这是由于下垫面受加热影响, 午后整个鄂东皆为35℃以上的高温天气, 从而加强了整个大气的不稳定状态。08时CAPE为2708.1J/

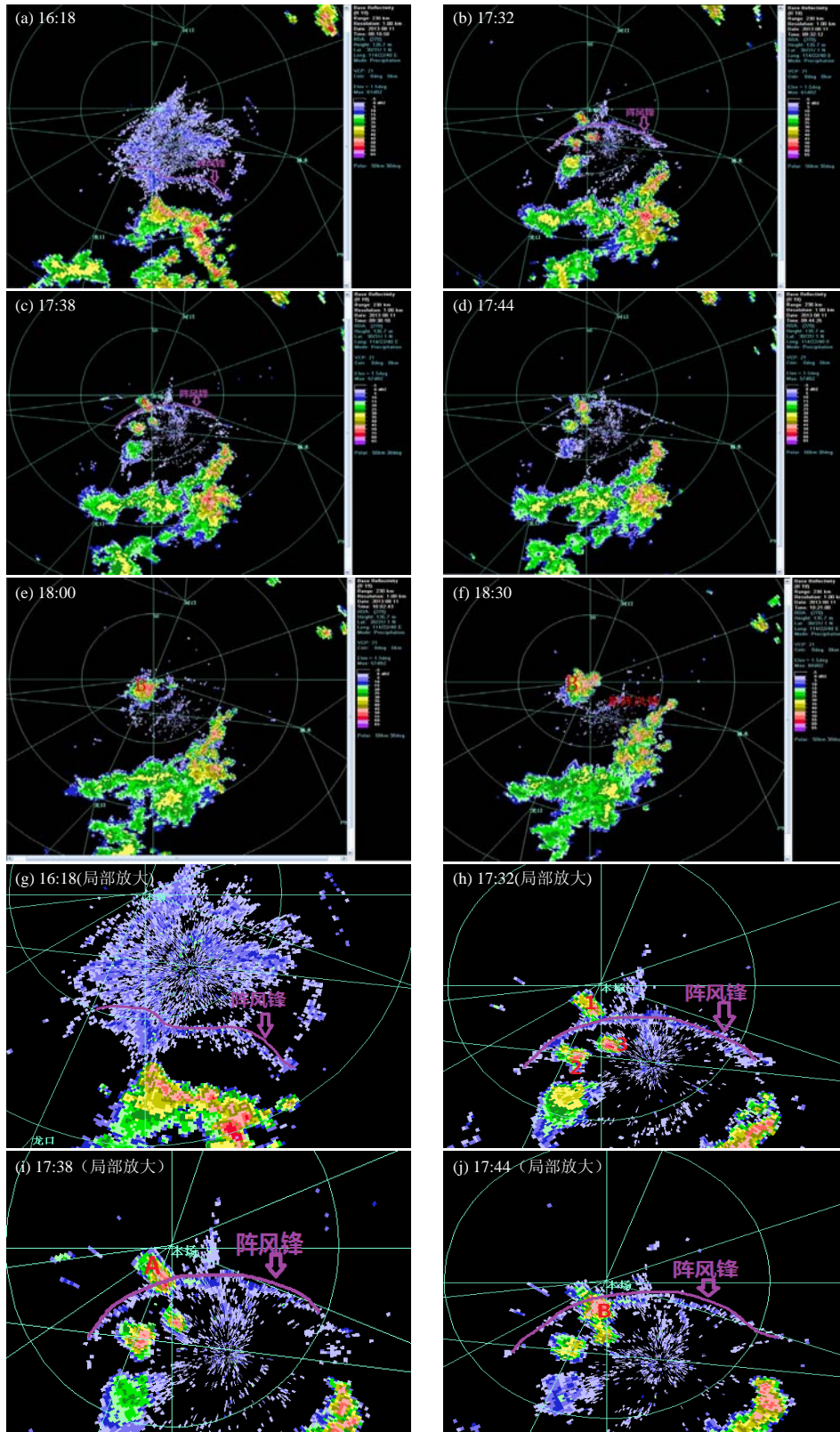


图3 2013年8月11日16:18 (a, g), 17:32 (b, h), 17:38 (c, i), 17:44 (d, j), 18:00 (e) 和18:30 (f) 武汉多普勒雷达基本反射率因子 (a—f, 仰角1.5°) 及局部放大 (g—j) 图
Fig.3 The evolution of reflectivity in Wuhan Doppler radar at 1.5° elevation, at times 16:18 (a, g), 17:32 (b, h), 17:38 (c, i), 17:44 (d, j), 18:00 (e), 18:30 (h), respectively on 13 August, 2013

续时间15min以上。边界层辐合线包括阵风锋、天气尺度的锋面、地形引起的环流、加热不同引起的环流等。按此定义，本次过程也多次伴有边界层辐合线。

阵风锋在移动过程的前期，与其后多单体雷暴回波的距离基本保持10~15km，并且由于阵风锋对暖湿气流的抬升作用，在阵风锋周围也不断地激发出新的雷暴单体（图4a和4b）。8月11日16:49以后，阵风锋与其后带状回波的距离逐渐达到了60km左右（图4c和4d），带状回波的强度也随之减弱，其大部分回波强度都下降到了20~25dBz。这是因为雷暴前阵风锋逐渐远离风暴时，会逐渐切断雷暴的暖湿入流，使原有雷暴减弱；而当阵风锋与雷暴保持一定距离时，阵风锋对前方的暖湿气流起抬升作用，被抬升的暖湿气流形成新的雷暴，新的雷暴与原有雷暴连成一体，逐渐代替原有雷暴，也产生下沉气流，使得阵风锋得以维持，而阵风锋的维持又使得新的雷暴得以生成。

4.3 径向正负速度对

当下击暴流到达地面时会产生强烈的辐散外流，多普勒天气雷达速度图上常有正负速度对出现^[6]。阵风锋在径向速度图中呈现出正负速度交界的辐合带，并且辐合带呈狭窄的弧线回波^[7]。

8月11日17:19，在0.5°径向速度图（图略）上，在机场南边20km处，观察到一条与阵风锋相对应的弧状辐合线，并且随阵风锋北移（图略），这是边界层辐合线在速度图上的表现。8月11日17:50，辐合线北移至机场附近，可以看出低层为西南气流，此时低层已经出现辐散型正负径向速度对，大小在1~10m/s，即底层出现下沉辐散气流，之后此辐散气流越来越明显（图5a和5e）。18:14，正径向速度最大值在15~20m/s，负径向速度最小值在10~20m/s。而下击暴流也随着阵风锋不断向本场移动（图5b和5f）。18:21，天河机场阵风达到30m/s（图5c）。18:30，机场瞬时阵风甚至达到了34m/s，为天河机场开航以来风速之最。之后，随着原有阵风锋的断裂消失，此正负风速对也不断减弱。18:51，负径向速度只有5m/s，最大正径向速度为10~15m/s（图5d）。19:00，天河机场风速降到了16m/s。

5 结论

1) 副高东退、地面弱冷空气南侵是2013年8月11日武汉天河机场下击暴流过程发生的大背景。午后下垫面加热，增强了大气的不稳定性，也有利于强风暴的发生。

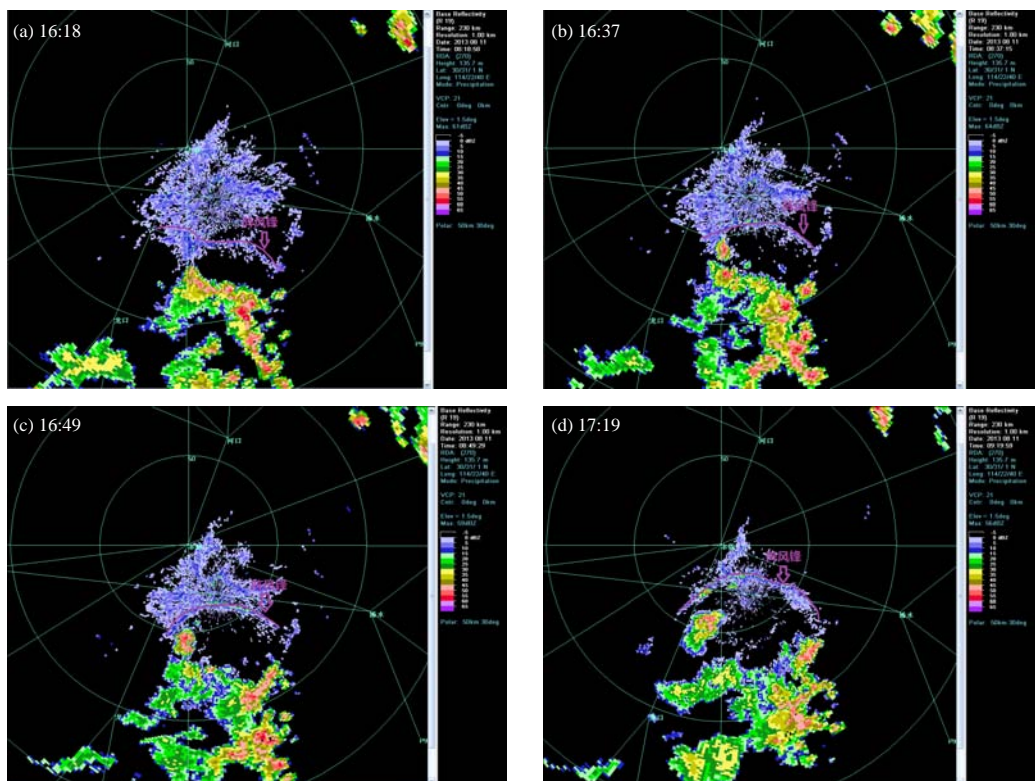


图4 2013年8月11日16:18 (a)，16:37 (b)，16:49 (c)和17:19 (d)武汉多普勒雷达基本反射率因子（仰角1.5°）
Fig.4 The reflectivity in Wuhan Doppler radar at 1.5° elevation, at 16:18 (a), 16:37 (b), 16:49 (c), 17:19 (d) respectively on 11 August, 2013

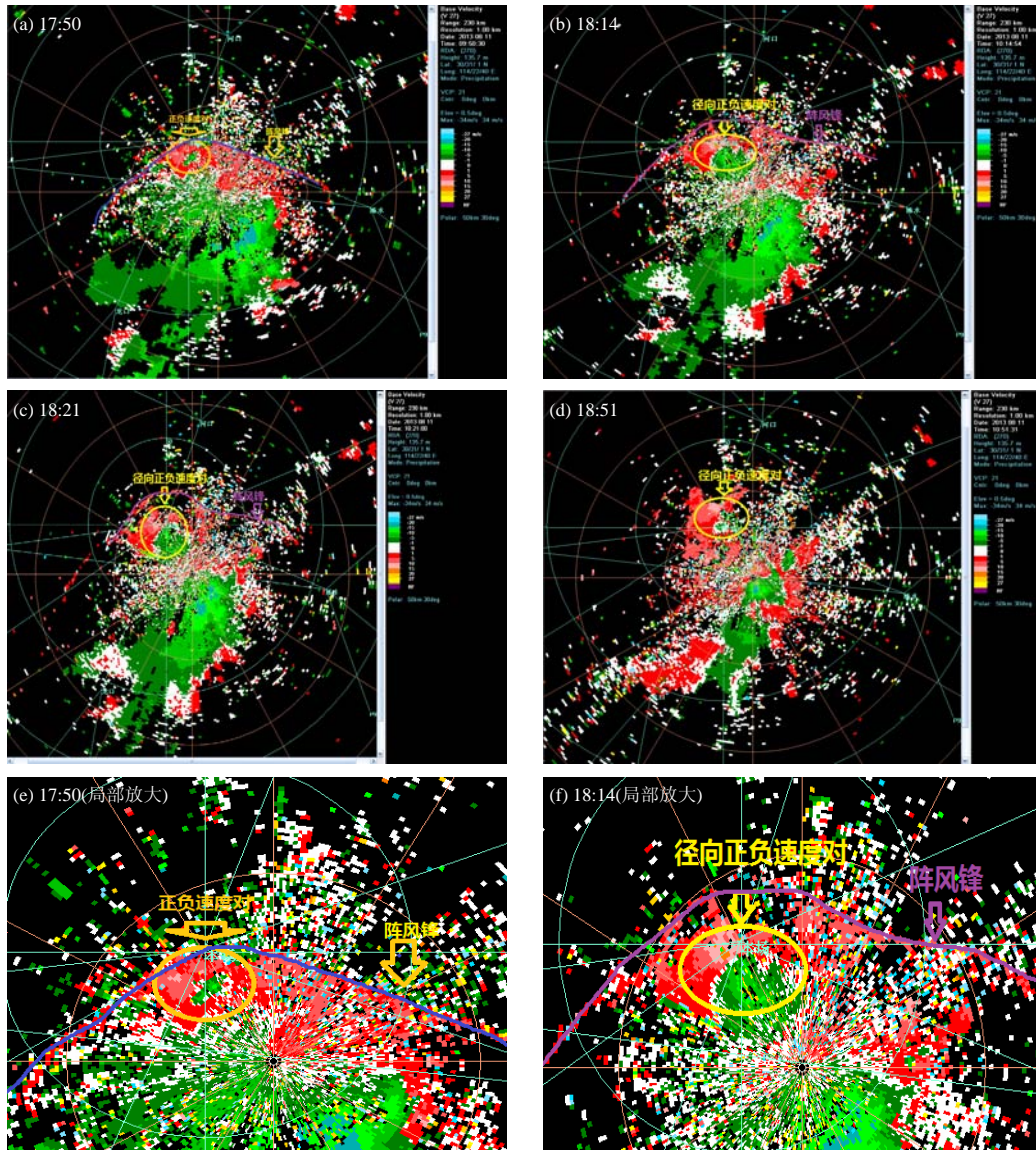


图5 2013年8月11日17:50 (a, e), 18:14 (b, f), 18:21 (c) 和18:51 (d) 武汉多普勒雷达基本速度图 (仰角1.5°)
Fig 5 The radial velocity shown in the Wuhan Doppler radar at 1.5° elevation, at 17:50 (a, e), 18:14 (b, f), 18:21 (c), 18:51 (d) respectively on 11 August, 2013

2) 由于太阳辐射加热的不均匀, 在武汉地区及其南部地区出现由北向南的地面温度锋区, 地面温度锋区与对流系统的移动有很好的对应关系。下击暴流影响机场期间, 具有气压陡升、温度骤降、风向变化、风速突增等气象要素的演变特征。

3) 阵风锋与其后雷暴回波的距离变化一定程度上可以预示未来雷暴回波的强度变化: 阵风锋远离雷暴时, 雷暴将减弱; 阵风锋与雷暴的距离基本保持不变, 则雷暴的强度也基本保持不变。

4) 下击暴流与阵风锋有紧密的联系, 阵风锋北移过程中激发出 β 中尺度对流单体, β 中尺度对流单体产生了下击暴流, 并且雷达速度图上的径向正负大值

速度对是下击暴流发生的典型特征之一。

参考文献

- [1] Fujita T T, Byers H R. Spearhead echo and downburst in the crash of an airliner. *Mon Wea Rev*, 1977, 105: 129-146.
- [2] 孙继松, 戴建华, 何立富, 等. 强对流天气预报的基本原理与技术方法. 北京: 气象出版社, 2014.
- [3] 朱敏华, 周华根. 多普勒天气雷达在阵风锋监测中的应用. *气象科学*, 2006, 26(1): 13-18.
- [4] 孙继松, 陶祖钰. 强对流天气分析与预报中的若干基本问题. *气象*, 2012, 38(2): 164-173.
- [5] 张涛, 李柏, 杨洪平, 等. 三次雷暴导致的阵风锋过程分析. *气象*, 2013, 39(10): 1275-1283.
- [6] 张家国, 王平, 吴涛. 鄂东一次下击暴流天气的中尺度分析. *气象科学*, 2010, 30(2): 239-244.
- [7] 张利平, 王清平, 陈阳权, 等. 乌鲁木齐国际机场一次阵风锋天气成因分析. *气象科技*, 2013, 41(2): 320-325.