

CINRAD/SA 新一代天气雷达观测夏季热带飑线的特征分析

伍志方

(广州中心气象台, 广州 510080)

提 要

利用天气图、卫星云图和广州 Cinrad/SA 新一代多普勒天气雷达的基本产品及其导出产品, 详细分析了一次夏季飑线的环流背景、回波发展演变过程和多普勒特征, 对新一代天气雷达探测飑线的方法进行了初步探讨。

关键词: 新一代天气雷达 飑线 特征

引 言

在强对流天气的临近预报中, 多普勒天气雷达除了能够提供降水粒子的强度信息之外, 还可提供降水粒子的运动信息^[1]。尤其是我国近年来引进开发的新一代天气雷达不仅可以得到反射率和径向速度、谱宽等基本数据, 而且还推导产生了大量图像产品, 为新一代天气雷达在强对流天气的识别和预报中发挥更大作用提供了重要依据。

本文分析了发生在珠江三角洲地区的一次夏季热带飑线的环流背景和回波发展演变的过程。利用广州 Cinrad/SA 多普勒天气雷达的基本产品及其导出产品, 推测出强对流云团在各种产品上的表现特征, 初步探讨了新一代雷达对强对流天气的监测识别方法。

1 天气实况

2001 年 7 月 15~18 日, 广东省连续 4 日出现大范围暴雨、局部大暴雨和强对流天气过程, 尤其是 7 月 16 日 14:00~17:00, 一条飑线横扫以广州为中心的珠江三角洲地区, 造成该地区大范围的雷雨大风和局部强降水。广州地区 90% 的自动站测得 8~9 级阵风, 最大风速为 $26.4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 降温达 8°C 左右, 7 个自动站测得的强降水 (即 1 小时降水量 $\geq 20\text{mm}$) 集中分布在东南—东部的三个

不同区域。

2 环流背景及红外云图分析

在 2001 年 7 月 15 日 20 时的 500hPa 天气图上, 中高纬度为两槽一脊型, 东亚大槽已建立, 并不断南伸, 西太平洋副高已退至海上。华南地区多小槽活动, 广东省处于槽前西南气流影响下。700、850hPa 上, 切变线位于湖南江西中部, 切变线以南的西南风并不十分强盛。地面一直维持低压槽区。随着高空槽的东移南下, 切变线也随之南压, 触发了强对流天气。

在红外和水汽云图上, 7 月 16 日 10 时 36 分长江口至广西覆盖着高空槽云系, 北部湾附近的雷暴云团在 500hPa 槽前西南气流的引导下, 向东北方向移动, 云顶亮温由 $-30.7\sim-41.2^\circ\text{C}$ 快速增强至 $-54.2\sim-63.2^\circ\text{C}$ 。同时在雷暴云团移动的前方, 不断有新的对流云团生成, 逐渐排列成有组织的西北—东南走向的线状回波带, 引发了珠江三角洲地区大范围的强对流天气。

3 雷达回波分析

3.1 雷达强对流回波的演变特征

图 1 是广州 Cinrad/SA 多普勒天气雷达观测到的 2001 年 7 月 16 日强对流回波演变图。14:00 (北京时, 下同) 时, 在距广州雷达

站西南约 100km 处,横亘着一条近 400km 长西北—东南走向的线状中尺度对流云带(即飑线)及其后的大片层状云系。其上主要存在 A、B、C、D、E 5 个强回波中心,其中 B 和 C 强度最强,达到 55dBz,50dBz 的强回波范围也较 A 和 E 大得多。同时在 150°、52km 附近还有若干结构松散、强度为 50dBz 的小对流单体,通称为 F。飑线移速非常快,近 $70\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 。但各云团的移速不尽相同,其中

A 云团移动缓慢,逐渐减弱。B 和 C 单体不断分裂、组合,并吸收 D 单体,沿途又陆续与 E 单体和迅速发展起来的 F 单体合并。15:17 时达到了鼎盛时期,其上重新组合后剩下 3 个强回波中心 I、II、III,强度和 50dBz 的强回波范围都明显增大,在随后的移动路径上,分别造成珠江三角洲西部和西南—中北部的雷雨大风以及东南—东部的强降水和雷雨大风。

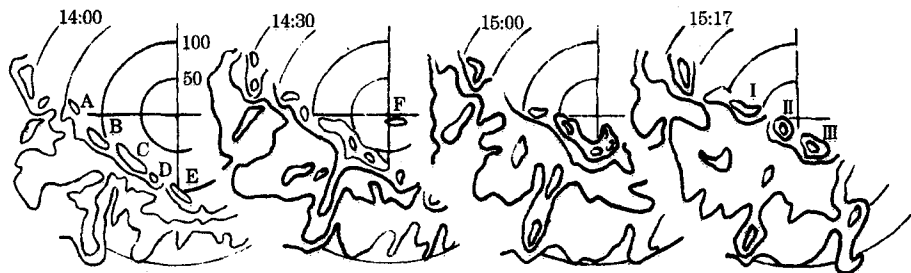


图 1 2001 年 7 月 16 日 14:00~15:17 飑线发展演变过程

图中距离圈间隔为 50km,方位间隔为 30° ,PPI 的仰角为 0.5° ,等值线自外向里分别为 20、30、40、50、60dBz。

3.2 径向速度图上的多普勒特征

图 2 是广州 Cinrad/SA 雷达观测到的径向速度图,14:00 时,雷达站西南面有大片负速度区, $-19\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的区域也相当大,与图 1 中 B 和 C 单体的位置基本是重叠的,表明当时盛行西南风,1000m 左右存在着低空急流,急流轴与雷达站约成 30° 的交角。在观测期间, $-19\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 大值区始终伴随着 B 和 C 单体的移动和发展。显然,当速度最大值与反射率最大值位置重叠,并维持较长时间时,往

往造成灾害性大风。与单体 I、II 不同的是,此时单体 III 处并未与速度最大值相伴,而是出现了“逆风区”,即在大片负速度区中,出现了一片正速度区,并有明显的零速度线环绕。逆风区的出现表明此处的风向发生了剧烈的变化,产生了强烈的风切变,具有明显的辐合和辐散。当单体 III 进入“逆风区”时,发展更加强盛,结果不仅造成了灾害性大风,而且还产生了强降水。

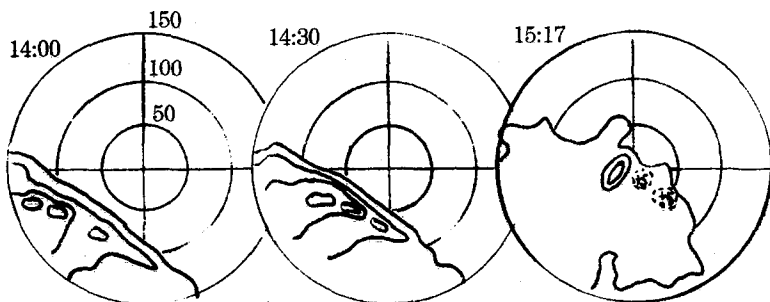


图 2 2001 年 7 月 16 日 14:00~15:17 仰角为 0.5° 的径向速度图

实线表示负速度,等值线自外向里分别为 -5 、 -13 、 -19 、 $-26\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;
虚线表示零和正速度,等值线自外向里分别为 0 、 $+5$ 、 $+13$ 、 $+19$ 、 $+26\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

3.3 垂直剖面的综合分析

图3是14:36时C单体的垂直剖面图。图3a是回波强度的垂直剖面图。图中回波呈对称型结构,回波顶高达17km,50dBz的强回波顶高亦达到了9km,表明该风暴对流发展得十分旺盛。

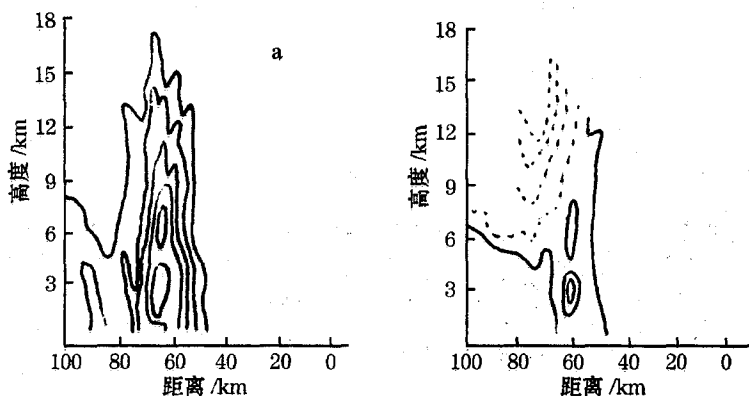


图3 2001年7月16日14:36 C风暴的垂直剖面图

(a)回波强度剖面 (b)径向速度剖面

方位为0~190°,强度和速度等值线的值分别同图1和图2

从17:04的基本速度图(图略)可以看出,整层大气比较均匀,风速随高度先增后减,形成闭合的“牛眼”,最大风速近似于 $27\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。零速度线呈西北—东南向的直线,直到3.7km高度,零速度线才逆时针旋转,说明700hPa以下为暖平流(西南气流),之上则为冷平流。这种低层暖平流,高层冷平流的叠置是珠江三角洲地区强风暴环境场的基本特征之一。

3.4 Cinrad/SA 雷达其他产品的特征

综合分析垂直积分液态含水量和回波顶高可以发现,单体B的云顶高度只有14~15km,云中垂直累积含水量最多时也只有 $30\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 。C单体的云顶高度达17km,基本上与图3a测得的结果一致。由此可见,云顶高度图可以直观、快速浏览各个单体云顶高度的分布,而不必对每一个单体作垂直剖面图,这在实际观测和短时预报等应用中十分方便。但如果要详细了解风暴的垂直结构,仍然需要垂直剖面图。C风暴西段的含

图3b是径向速度剖面图。由图3b可见,风暴内下部均为西南气流,上部则以东北气流为主,转换层出现在6~7km附近。近地层的辐散气流达到了 $19\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上,与地面观测的实况非常吻合。

水量最高时达 $50\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$,其东段的含水量最高时为 $40\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$,比较三者发现,C风暴西段的含水量最高,因此只有由此衍生的风暴Ⅲ才产生了强降水。

4 结语

通过上述对一次强对流天气的环流背景、卫星云图和新一代天气雷达基本产品及其导出产品的详细分析,得到了一些有意义的结果。

(1)飑线回波除了具有线状分布、移速快等特点外,反射率最大值和径向速度最大值长时间相伴,也是识别飑线的一个重要指标。

(2)当飑线回波上的单体进入“逆风区”时,发展更加旺盛,不仅造成灾害性大风,而且还会产生强降水。

(3)产生强降水和灾害性大风单体的云中累积含水量大大高于只产生灾害性大风单体的累积含水量,而且前者的回波顶高也明显高于后者的,表明前者的对流发展更加旺盛。

(下转第48页)

(上接第 40 页)

(4)从回波顶高产品观测到的回波顶高与反射率剖面的顶高一致,因此可以利用回波顶高产品快速、直观地浏览各单体的回波顶高。但是,仍然需要通过垂直剖面产品,才能了解单体的垂直结构。

(5)从基本速度图上可以明显发现,飑线发生时 700hPa 以下为暖平流,之上则为冷平

流,进一步证实了高层冷平流与低层暖平流的叠置是珠江三角洲强风暴环境场的基本特征之一。

参考文献

- 1 汤达章等.多普勒天气雷达资料分析与应用.北京:解放军出版社,2001.

Analyses of Tropical Squall with CINRAD/SA Data

Wu Zhifang

(Guangzhou Central Meteorological Observatory, 510080)

Abstract

The Doppler feature of tropical squall are analyzed in detail with CINRAD/SA data, including vertical wind structure and echo evolution procession. The atomospheric circulation background is also described with synoptic map and the satellite image.

Key Words: CINRAD/SA squall line Doppler feature