

文章编号:1673-8411 (2014) 04-0001-05

两次副高边缘特大暴雨对比分析

杨 新¹, 柯文华¹, 张小荣², 任文斌², 廖胜石³

(1. 广东省揭阳市气象局, 揭阳 515500; 2. 广东省揭阳市揭西县气象局; 3. 广西崇左市气象局)

摘 要:利用常规资料、地面加密自动观测资料、NCEP/NCAR 的 $1^\circ \times 1^\circ$ 每 6h 再分析资料及多普勒雷达资料, 对 2011 年 6 月 16 日 (简称 6.16 过程) 及 2008 年 7 月 31 日 (简称 7.31 过程) 发生在粤东南两次副高边缘特大暴雨进行对比分析。结果表明: 6.16 过程主要是受高空短波槽和偏南风急流共同影响而产生的, 较厚的暖云层、深厚的湿层等使该过程降水范围更广; 7.31 过程主要是受对流中层扰动诱发产生的, 为局地性强降水。雷达回波均表现为强的反射率因子, 回波发展迅速且移动缓慢; 6.16 过程回波图上出现有界弱回波区 (BWER) 等超级单体风暴特征。

关键词:暴雨; 副高边缘; 多普勒雷达; 辐合风场

中图分类号: P458.1+21.1

文献标识码: A

Contrastive analysis of two edge rainstorm on edge of subtropical anticyclone

Yang Xin, Ke Wen-hua, Zhang Xiao-rong, Ren Wen-bin, Liao Sheng-shi

(1. Jieyang Municipal Meteorological Service, Jieyang Guangdong 515500;

2. Jiexi County Meteorological Service; 3. Chongzuo Meteorological Service)

Abstract: Based on the conventional materials, ground encryption automatic observation data, NCEP/NCAR $1^\circ \times 1^\circ$ per 6 h reanalysis data and doppler radar data, two rainstorm, which are on June 16, 2011 (6.16) and July 31, 2008 (7.31) respectively, on edge of subtropical high in south of Guangdong were analyzed. The result shows that the process on 6.16 is generated by combined impact of high altitude short-wave trough and south jet, warm thicker clouds and deep wet layer make the scope of precipitation is wider; while the process on 7.31 is mainly induced by the disturbance in the centre of the troposphere, which is the local heavy rain. Radar echo are characterized by strong reflectivity factor, which present rapid development and slow movement; Echo chart of 6.16 process present bounded weak echo region (BWER), which is the characteristic of super cell storm.

Key Words: rainstorm; edge of subtropical anticyclone; Doppler Rader; convergence wind field

引言

暴雨是在有利的大尺度环境下, 由中小尺度系统直接造成的^[1-5]。副热带高压边缘的降水程度差异极大, 有一般性雷阵雨天气, 也有特大暴雨, 特征是突发性强、降水集中、局地性强^[6-8]。这些特征决定了副高边缘的暴雨预报难度极大。陶诗言^[9]指出副高西北侧是暴雨的频发区, 斜压性、经向环流、副高变

化对暴雨产生具有重要作用。顾清源^[10-11]等认为, 低空急流对副高西北侧连续性暴雨具有触发作用。本文对粤东南的两次副高边缘特大暴雨过程, 利用常规探测、地面加密自动观测资料、NCEP/NCAR 的 $1^\circ \times 1^\circ$ 每 6h 再分析资料及多普勒雷达资料, 对比分析在副高边缘不同系统配置下降水的差异特征及多普勒雷达特征, 试图进一步认识和揭示这类暴雨的活动规律。

收稿日期: 2014-09-16

基金项目: 2014 年华南区气象中心科研专项 GRMC2014M13 华南西部极端特大暴雨特征及形成机理研究资助。

作者简介: 杨新 (1978-), 男, 工程师, 主要从事天气预报及预报服务工作。13500161760@139.com

1 两次降水过程特征

2011 年的 6.16 强降水过程中,粤东南四市(汕尾、汕头、揭阳、潮州)230 个自动观测站,有 12 个测站过程雨量超过 250mm,53 个超过 100mm,146 个超过 50mm,其中揭西县河婆站过程雨量为 286mm,1h 最大雨量为 108mm (16 日 16:00—17:00),刷新了该地区有气象记录以来的最大值。

2008 年的 7.31 强降水过程中,揭阳站雨量 216mm,1h 最大雨量 78mm。降水分布不均,揭阳市 22 个自动站中,有 2 个雨量大于 200mm,5 个大于 50mm,17 个为小到中雨,甚至无雨,其中 3 个站点 3h 雨量达到 150mm。两次副高边缘的强降水过程暴雨范围差异极大。6.16 过程造成了粤东南大范围强降水,7.31 过程仅造成揭阳市区强降水。

2 环流背景对比分析

2.1 6.16 过程

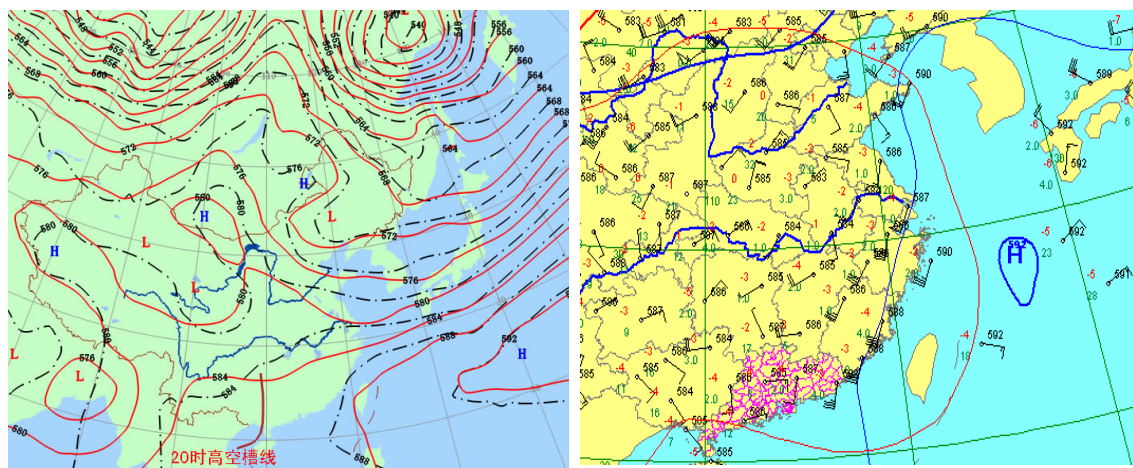


图 1 2011 年 6 月 16 日 08 时实线)、20 时(虚线)500hPa 位势高度场(a)和 2008 年 7 月 31 日 08 时的 500hPa 形势场(b)

2.2 7.31 过程

31 日 08 时(图 1b),500hPa,588 线西伸至我国东岸,脊线位于 30°N 附近,揭阳市处于副高西南边缘,位势高度为 5880gpm,偏南风速为 $14\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。揭阳市附近出现西南与偏东风的辐合,汕头站与邻近探空站风速差值为 $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,表明有扰动存在。08 时的 850hPa 上揭阳处于高压西北侧 SW 风场中,风速为 $8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,未达急流标准。从雷达反演 TREC 风场上发现,31 日 9 时揭阳市区西北存在一条东北—西南向的辐合线,辐合线北边为弱偏北风,南边为较强偏南

风;潮阳市一带有偏南急流存在,最大风速达到 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,中尺度辐合线为强降水提供了动力条件。可见对流中层中尺度扰动导致此次局地强降水产生。

两次强降水过程均处于副高西伸加强过程中,系统移动缓慢,强降水区域位于 5880 线西侧边缘。6.16 过程受高空短波槽和低层急流共同影响,降水强度强、范围广;7.31 过程主要受中层扰动诱发,低层风速较小,强降水局地性更为明显。

3 水汽条件对比分析

3.1 6.16 过程

利用 NCEP/NCAR 的 $1^\circ \times 1^\circ$ 的每 6h 再分析资料, 图 2a 6 月 16 日 08 时 850hPa 南海北部至粤东沿海有一南北向水汽通道, 强水汽通量中心位于 (117°E 、 21°N), 中心值为 $270 \text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 该水汽通道沿 500hPa 副高边缘的偏南气流, 把南海水汽输送到粤东南部上空。14 时随着南海低槽的北抬, 湿舌中心北移到粤东南陆地上空 (图 2b)。925hPa 水汽通量大值区位于粤东沿海, 超低空水汽输送明显, 南北向水汽输送带为粤东南提供了暴雨的必备条件——充沛的水汽^[12]。16 日 08 时汕头站 T-logP 图 (图 2c), 400hPa 以下为高湿区, 湿层十分深厚, 在 300~400hPa 有相对的干区; 0 度层高度为 5000m 左右, 抬升凝结高度很低, 为 700m, 说明暖云层较厚; 从地

面至高空整层风是随高度顺转, 具有暖区暴雨的特征, 且地面至 700hPa 有较大的垂直风切变, 探空资料显示, 汕头站湿对流有效位能 (CAPE) 值达到 $2484 \text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。较厚的暖云层, 深厚的湿层、较强的垂直风切变及较大的 CAPE 值等都十分有利于强降水的发生。

3.1 7.31 过程

850hPa 沿着副高边缘有顺畅的水汽通道, 水汽通量极值中心位于福建、浙江一带 (图 3a), 图 3b 的水汽通量散度表明, 粤东到福建浙江上空为水汽辐合中心。图 3c 显示 30 日 20 时即降水前十几小时, 低层到中层风随高度顺转, 中层到高层风随高度逆转, 说明中低层为暖平流, 高层为冷平流, 有利于层结不稳定, 且在垂直方向形成了风向和风速的切变, 动力的抬升及不稳定层结预示强对流天气将要产生。

3.2 7.31 过程水汽条件

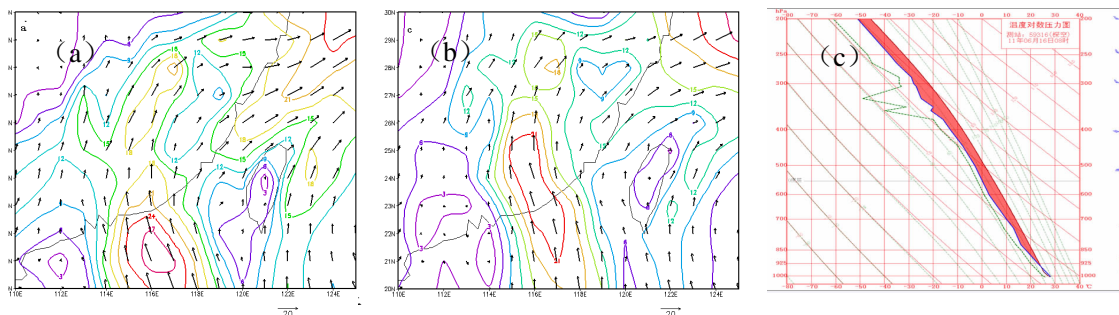


图 2 16 日 08 时 (a)、14 时 (b) 850hPa 水汽通量叠加风场 (水汽通量单位: $\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$) 及 08:00 汕头 T-logP 图 (c)

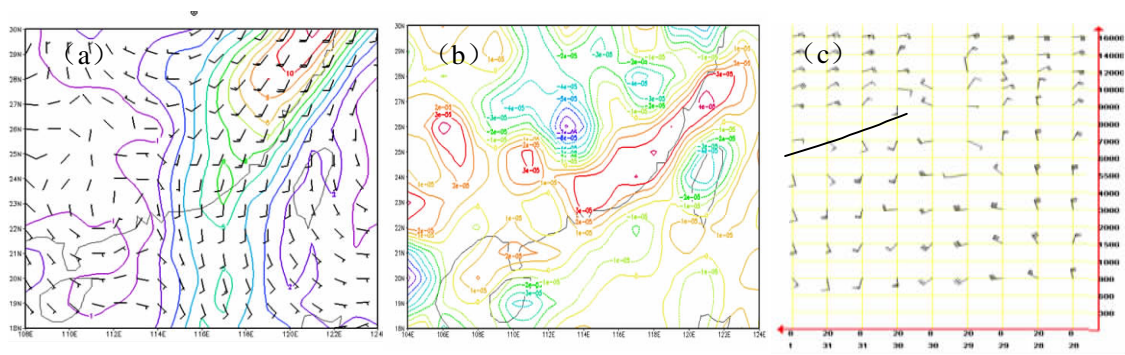


图 3 31 日 08 时 850hPa 水汽通量叠加风场 (a) 及水汽通量散度 (b) (水汽通量单位: $\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$) 及汕头探空资料 (c)

4 地面中尺度特征分析

4.1 6.16 过程

从 16 日 14 时和 17 时自动加密观测站风场及

对应的 1h 雨量可见, 地面中尺度切变线先于降水出现。16 日 10 时随着辐合带北抬, 汕尾南部地区处于西南风、东南风、东北风气旋式辐合中心, 该气旋式辐合缓慢北移一直维持到 14 时, 且风速逐渐加强,

辐合范围扩大。13—14 时汕尾市的陆丰自动站西北风速达到 $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 对应的 1h 雨量达 102mm。14—17 时辐合带演变为南—北向长约 100km 地面中尺度辐合线, 揭西河婆镇处于强辐合风场中, 河婆自动站 15—17 时的 2h 雨量达到 203mm。17 时以后, 强降水沿 500hPa 引导气流向东北方向移动, 潮阳中部形成类似于汕尾南部的气旋式辐合中心, 辐合区缓慢北抬造成潮阳至揭阳东部地区南北向带状强降水中心。

4.2 7.31 过程

7.31 过程中降水先于地面中尺度切变线出现。9 时左右降水开始, 此时揭阳东面为一致的 SE 风, SE 气流正逐渐积累水汽, 切变线尚未生成; 10:24 揭阳市区逐渐形成了南北走向的切变线, 切变线东面为一致的东南风场, 西面为弱偏北风, 10—11 时揭阳雨量为 37mm; 约 2h 后切变线缓慢东移, 切变线仍为南北走向, 此过程也是强回波维持阶段, 且强回波也为南北向条状分布。16:24 后切变线分成两段, 揭阳市以北切变线向东移至潮州附近, 南段缓慢南落东移至潮阳带, 整体走向转为西北—东南, 该切变线为潮阳地区带了强降水, 此后揭阳附近的切变消失, 降水减弱。

5 多普勒雷达回波特征分析

5.1 6.16 过程

图 4(见彩页)给出 6 月 16 日汕头站不同时次多普勒雷达回波演变。

16 日 05 时汕尾近海积状云回波缓慢加强北抬, 具有松散的多单体风暴结构特征; 09:06(图 4a)宽广的块状降水(宽约 60km)不断北涌, 中心达到 59dBz, 4 个强单体风暴逐渐演变为南北向带状回波, 13:42 回波(图 4b)强回波北抬到海丰至陆丰一带, 该地不断有回波生成且少动, 带状回波范围逐渐扩大演变为块状回波, 14:12 影响汕尾的回波整体东移北抬至揭西西部地区, 16:06 后大于 50dBz 强回波带宽度约 10km, 50dBz 回波伸展到 8km 高度。16:54(图 4c)强回波表现为钩状的超级单体特征, 其前侧上方出现入流缺口, 最大反射率因子位于钩状回波的西部, 达到 58dBz, 直至 17:12 钩状特征逐渐消失, 超级单体回波的出现, 直接导致了揭西县河婆站该小时雨量达到 108mm。汕头站多普勒雷达 16 日 0.5° 仰角 11:02(图略)零速度线转为“S”形状, 表明低层有暖平流; 11:12, 1.5° 仰角零速度线在陆丰

一带 2.5km 处产生折角, 表明该处存在东南风与西南风辐合, 低层暖平流和辐合风场的叠加有利于强降水的形成与维持。16:54 入流速度增大到 $18\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 负速度极值靠近雷达一侧是明显的正速度区, 说明该区域为较强辐合区, 与之对应的反射率因子图上表现为钩状回波特征(图 4c), 对应的 1.5° 径向速度图上出现了气旋式切变速度对, 即中气旋。根据钩状回波对应的 0.5° 、 1.5° 仰角基本速度图有一弱中气旋与之对应, 表明该位置是一个有界弱回波区(BWER)。中气旋的存在可以使系统强度加强和生命史延长, 从而使得强降水持续导致暴雨的产生^[13-14]。 3.4° 仰角 PPI 速度图上, 6—7km 高度处始终存在南到西南风急流, 10:18 在 7km 高度处出现“牛眼”结构的大风核, 经过速度退模糊得知中心风速达到了 $37\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

5.2 7.31 过程

图 5(见彩页)给出 31 日汕头多普勒雷达回波演变图, 9:46 揭阳市区西面生成一条长约 50km, 宽 7km, 40~55dBz 的强回波带, 陆丰沿岸有较大块状对流回波生成, 仅仅 20min 揭阳市区回波强度由生成到大于 50dBz, 可见副高边缘强降水突发性较强。10:22(图 5a)揭阳市区最强回波加强到 62dBz, 12:52(图 5b)揭阳市区仍维持强回波, 15:04(图 5c)以后揭阳回波强度减弱, 此后降水一直处于均匀状态。此过程中大于 50dBz 强回波在揭阳市区维持了约 2h, 回波移速约为 $5\sim 6\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, 相应的多普勒基本径向速度图(1.5° 仰角, 图略)揭阳市处于出流速度区上, 与强回波对应区域可见正速度区包围负速度或正负速度相间现象, 在最强降水阶段的 10:34 对应入流速度由 $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 加大到 $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 在 2~3km 处出现中层辐合区, 说明了中层扰动存在。风暴中心一直在揭阳市北上、南落来回摆动, 东移分量极小, 强降水回波停滞不动。

6 结论及讨论

(1) 两次副高边缘强降水均发生在副高缓慢西伸过程。6.16 过程发生在副高西北侧, 受高空短波槽和南海季风槽共同影响, 降水范围更广, 强度更强, 具有暖区暴雨特征。7.31 过程发生在副高西南侧边缘, 为对流层中层中尺度扰动引发的局地强对流, 过程中 850hPa 以下未有急流配合, 降水范围相对较小。

(下转第 15 页)

(2) 两次副高边缘强降水过程均有地面中尺度切变线配合。6.16 过程中地面中尺度切变线先于降水出现,出现地面气旋式辐合风场,强降水中心与地面辐合中心相对应;在 7.31 过程中降水先于地面切变线出现,地面中尺度切变线为对流发展的结果。

(3) 两次强降水过程雷达回波呈南北向带状分布,自西向东缓慢移动,在短时间内达到 50dBz,最强回波强度约为 60dBz,具有发展迅速、对流发展旺盛特点;多普勒速度图上均出现较强的入流速度,6.16 过程出现了钩状结构超级单体特征,相应速度图上出现气旋式切变速度对,低层暖平流叠加在辐合风场的特征使得降水雨强强,持续时间长。

参考文献:

[1] 黄翠银, 农孟松, 陈剑飞, 等. 台风“山神”和“海燕”对广西影响对比分析 [J]. 气象研究与应用, 2014, 35 (3): 7-13.

[2] 黄远盼, 宁玉梅, 莫家尧, 等. 广西前汛期两次暴雨天气过程对比分析 [J]. 气象研究与应用, 2014, 35 (1): 12-16.

[3] 黄归兰, 王庆国, 陆曼曼. 等南宁市台风暴雨特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (3): 33-36.

[4] 柯文华, 杨端生, 陈映强. 揭阳市一次突发局地特大暴雨的中尺度特征 [J]. 广东气象, 2010, 32 (1): 29-31.

[5] 张东, 叶萌, 肖伟军, 等. 广州一次“黑色”暴雨的环流背景及触发机制 [J]. 广东气象, 2006, 28 (1): 47-49.

[6] 许霖, 姚蓉, 陈斗. 等. 湖南两次流域性暴雨异同点分析 [J]. 气象研究与应用, 2014, 35 (3): 27-31.

[7] 刘晓梅, 陈见, 李向红, 等. 一次广西东部季风爆发前夕短历时强降水分析 [J]. 气象研究与应用, 2014, 35 (3): 14-18.

[8] 黄翠银, 陈剑飞. 2013 年 12 月广西一次暴雨落区变化原因分析 [J]. 气象研究与应用, 2014, 35 (1): 29-35.

[9] 陶诗言, 等. 中国之暴雨 [M]. 北京: 科学出版社, 1980: 33.

[10] 顾清源, 肖递祥, 黄楚惠, 等. 低空急流在副高西北侧连续性暴雨中的触发作用 [J]. 气象, 2009, 35 (4): 59-67.

[11] 吴蔚, 陈运光, 崔少萍. 2008 年 6 月广东省连续性暴雨的成因 [J]. 广东气象, 2009, 31 (5): 10-13.

[12] 叶树春, 周武, 蔡晶. 一次区域暴雨天气过程分析 [J]. 广东气象, 2011, 33 (6): 8-12.

[13] 俞小鼎, 姚秀萍, 熊延南, 等. 多普勒天气雷达原理与业务应用 [M]. 北京: 气象出版社, 2006: 173.

[14] 俞小鼎主编. 强对流天气临近预报. 全国气象部门预报员轮训系列讲义.