

十堰一次强对流天气雷达回波特征

舒防国 吴 涛 蓝天飞 徐远波 文 强

(湖北省十堰市气象局, 442000)

提 要

利用十堰 714C 天气雷达回波资料, 结合其它天气资料, 分析了 2004 年 7 月 6 日发生在十堰境内的强对流天气过程。结果表明, 这次强对流天气是在有利的大尺度天气形势下产生的, 局地环境 CAPE 指数大, 水平风的垂直切变较强。强降水由多单体强风暴造成, 回波强度高, 高度较高, 顶部有旁瓣假回波, 低层存在弱回波区 (WER)。雹云移动明显右偏于高空风, 属右移风暴, 以右后侧和右前侧传播方式发展。强降水由后一种传播方式造成, 初始回波从半空生成, 云顶高度较高, 强中心位于云体中上层。

关键词: 强对流天气 雷达回波 弱回波区 右移风暴

引 言

十堰位于秦岭余脉, 多山地, 地形复杂, 冰雹、雷暴大风等强对流天气是主要气象灾害之一。天气雷达探测具有较高的时间和空间分辨率, 是监测预警中小尺度强对流天气的有效工具。通过分析天气雷达回波资料, 人们发现了强对流天气的一些重要特征^[1,2], 如弱回波区、风暴传播等。近年来由

于我国新一代天气雷达的相继投入使用, 对强对流天气的分析也随之深入^[3~5]。其中, 陈秋萍通过对闽北一次降水过程的雷达回波分析, 表明了垂直结构上雹云强回波区发生倾斜和低层存在弱的回波区^[3]。虽然目前十堰新一代天气雷达还未投入使用, 但 714C 常规雷达仍能在强对流天气监测预警方面发挥很大的作用。本文通过分析 2004 年 7 月

可见风向切变较强,在中低层(1.44~3.09km)尤为明显。这与加拿大阿尔伯塔地区风暴的风矢量随高度单一顺转^[1]不同,根据热成风原理,这主要由于中高层有较强的深厚冷平流,而低层为暖平流。

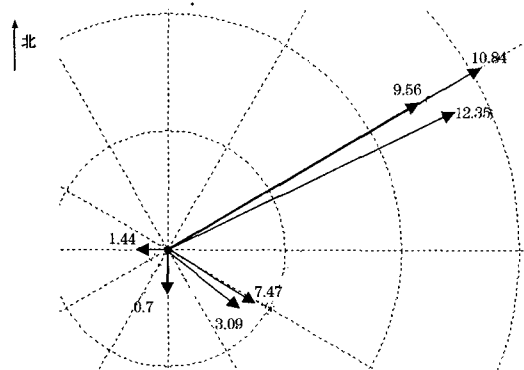


图2 2004年7月6日8时南阳站风矢高度图
箭头处数据为风所在高度,单位:km。箭头指向为风向。
箭头至圆心的长度表示风速,大小通过圆圈计算,圆圈间距为 $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

从图2还可知,从1.44km高度开始风速随高度增加,至10.84km高度风速由 $3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 增至 $31\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,切变值达 $2.98\text{m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}$,位于有利于强风暴生成的风切变经验值 $2.0\sim 4.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}$ ^[1] 范围内,表明风速切变较强。

很多观测事实和研究表明,一般强对流天气都产生在一定强度的水平风随高度变化的风场中,适当水平风的垂直切变值,有利于风暴的加强和持久的维持时间,有利于形成右偏移动的强对流风暴^[1]。从以上分析可知,本次冰雹天气过程风向风速切变均较强,这无疑给强对流天气的产生提供了有利环境。

3.3 水汽分布

雹暴内部含有大量水分,要求低层有足够的水汽供应,常形成低层有湿舌或强水汽辐合的地区。从高空图分析,南阳站低层925~850hPa比湿在 $10\sim 12\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,相对湿度在60%~70%,高层500hPa比湿 $< 2\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,相对湿度在20%~30%。可见,低

层比高层湿度高,比湿值较大,但空气并不饱和。值得一提的是,如果低层水汽含量过大,在对流云发展早期,云内会有大量的水汽凝结,形成雨滴而降落,从而妨碍上升气流的进一步发展^[1]。因此,雹暴的形成与适当的水汽条件密不可分。

4 雷达回波特征分析

4.1 持续时间

从13:32雷达观测发现河南南阳境内有多对流单体生成,到21:37减弱演变为层状云为主的降水。在雷达探测范围内雹云发展演变共经历了8个小时左右的时间,行程约340km,是持续时间长影响范围较大的强冰雹天气过程,比一般持续时间短、局地性强的强对流天气造成的破坏大得多。在雷达图上表现为多对流强单体,范围较大,单个强单体的持续时间较长,且单体的新陈代谢较多,伴随着单体的合并加强,从而使整体回波的持续时间得以延长。这主要由于有利的大尺度天气形势背景和局地环境条件为强对流天气的产生与维持提供了充足的能量供应(2、3节中已说明)。2003年6月2日强对流天气过程也有类似特征,在有利天气形势下,系统共经历了近7个小时,自北向南贯穿整个十堰地区,沿途造成冰雹、大风等灾害性天气。

4.2 源地及移动路径

从图3看出,共有三条雹云路径。其中河南南阳境内生成的多单体雹云(简称雹云a)移动路径(见图3中路径1所示)最长,且不是单一地向东南移动,而是先向西南移动,进入郧县后雹云出现分裂,雹云主体转向南移,最后转向东南移动。这种移向与其他两块雹云(简称雹云b、c,移动路径如图3中路径2、3所示)有明显不同,也是近年来所少有的雹云路径。雹云移向明显右偏且接近垂直于500hPa引导气流,是典型的右移强风暴,与普通风暴相比,产生的天气现象更剧烈。在本冰雹天气过程中,强降雨区正是此右移风暴所经过的区域。此外,进入郧县境内后,雹云a右后侧的初生对流明显多于左侧,

当新生单体发展成熟时,其前侧的老单体强度减弱,从而使雹云右侧偏向西移,但雹云左侧维持南移,以致于整体雹云因移向不一致于16:34发生分裂。雹云b、c的生成发展都与这种右后侧传播发展有关系。而多单体雹云a进入丹江境内后,17:09其右前侧先后触发出多个强单体向西南移动,但母体雹云在移动中逐渐减弱,可见,强雹云有明显的右前侧传播特征。因此,雹云右移传播有两种方式,即在郧县境内向雹云右后侧传播和在丹江境内向右前侧传播,前者传播生成的对流单体较多,但移速比后者慢,其中位于大柳一带的成熟雹云在原地维持了近50分钟。最强降雹位于丹江境内,由右前侧传播单体造成,这可能由于雹云快速移动造成右前方气流强烈抬升,更有利于大冰雹的形成。

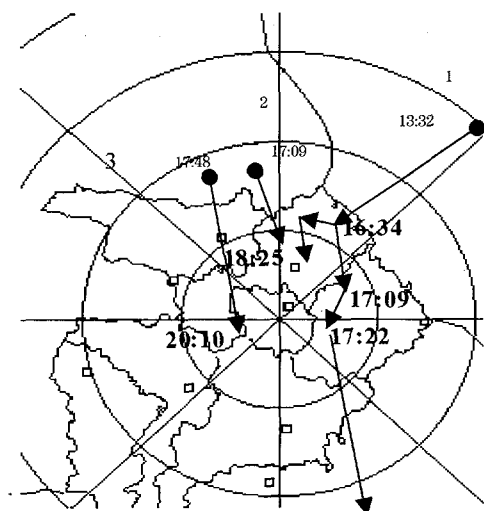


图3 雹云源地及移动路径
圈距:50km

4.3 回波参数特征

结合PPI时间演变图(见图4,封三)和体扫资料分析可知,造成十堰西部降雹的为单单体雹云b、c,而东部强降雹为多单体雹云a。在高空西北气流作用下,单单体雹云回波外形为西北东南向块状,强中心区和强梯度区位于雹云前侧。多单体雹云中有多强回波核,相应垂直剖面图上显示有多个柱状对流回波(见图6b,封三),在转向东南移

动后,演变为宽带状,伴随大片的层状云降水回波,但强回波中心区仍位于雹云右侧。

通过对回波组合反射率因子时序图进行分析,比PPI图更能准确判断回波的中心位置和演变趋势。但714C为常规雷达,雷达性能满足不了长时间的高频次体扫描,业务中数据采集以PPI和RHI扫描为主、体扫描为辅,每隔约30分钟进行一次体扫描,在监测强对流天气时尽量缩短采集时间间隔,从图5中看出,基本能分析出雹云的演变过程。由于多单体雹云中有多单体,这里只取最强单体的强度值。此外,通过沿回波强中心做垂直剖面读取回波高度和强中心高度信息。

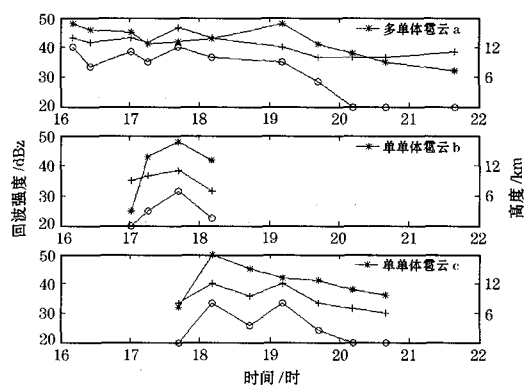


图5 雹云参数时间演变图

*线表示组合反射率因子时间演变

+线表示云顶高度时间演变

○线表示强回波区高度时间演变

图5为雹云组合反射率因子、回波顶高、强回波($>40\text{dBz}$)高度的时间演变图。多单体雹云a,由河南南阳进入,造成郧县、丹江、房县等地降雹。单单体雹云b,造成郧西蒿坪河降雹。单单体雹云c,造成郧西城关、郧县五峰等地降雹。多单体雹云a在16时左右已处于成熟状态,强度维持到19:11才开始减弱。在减弱阶段,强回波高度从云体的中上层下降到中下层,单单体雹云b和c中也有以上特征,并且下降幅度更大,表明云内对流减弱较快。图5所示表明雷达基本监测到了单单体雹云演变过程,由初生到成熟只

经历了约 20 分钟,范围比多单体小得多。其中单单体雹云 c 比 b 维持时间长,可能由于雹云经过汉江时,充足的水汽供应使对流重新有所发展,虽然回波强度没有增加,但云顶和强回波高度已上升,而当雹云经过汉江后,雹云恢复了减弱趋势。

此次天气过程中,雹云成熟时最大回波强度在 40~50dBz 之间,回波顶高为 11~16km,强回波区高度为 8~11km。多单体雹云比单单体雹云云顶高度高,且维持时间更长,从回波演变分析,因多单体雹云中单体之间相互作用较多,单体的传播发展明显,从而使整体雹云能维持较长的时间。

据灾情报道,最强降雹位于丹江六里坪镇,并伴随强风,冰雹最大直径 35mm,但没有具体降雹时间。通过雷达回波分析,17:01 降雹单体初始回波位于多单体雹云 a 右前侧,强度为 30dBz,顶高 11km,底高 4km,强中心区位于 7km,表明降雹单体是从半空发展起来的。17:16,多单体雹云减弱,而降雹单体迅速发展成熟,回波底部接地,中心强度为 40dBz,顶部上升至 13km,强中心高度未发生变化。同时,在其右侧又有单体从半空生成。17:22,降雹单体抵达六里坪造成强降雹,持续时间近 14 分钟。可见,这是一次典型的右前侧传播发展,降雹发生在雹云成熟维持阶段。强降雹单体发展很快,从初生到成熟只经历了 15 分钟,尤其由于多单体雹云 a 右前侧强烈的上升气流,将降水粒子带到高空,致使初始回波在半空生成,且云顶和强中心位置均较高。这与旬邑地区冰雹云的观测结果^[7]类似,冰雹云的初始回波高度较高,发展过程中强回波区同时向上向下延伸。可见,初始回波高度反映了云中上升气流的强弱程度,可作为识别强雹云的指标之一。

4.4 旁瓣假回波

在雷达回波图中,旁瓣假回波是位于回波顶上方的虚假气象回波,与云中强回波区有密切关系^[2],在雹云中可探测到。对图 5 中多单体雹云 a 做垂直剖面显示(见图 6b,

封三),发现云顶上方有旁瓣假回波,高度达到 20km,强度低于 5dBz,也可在 0dBz 以下。单单体雹云 b、c 中也观测到旁瓣假回波(图略),但高度比多单体雹云 a 低,且宽度更窄,表明了多单体雹云 a 中回波更强。在强对流天气过程中,714C 常规雷达多次探测到雹云上方的旁瓣假回波,最大可探测距离为 100km,它已作为识别十堰雹云的主要指标之一。

4.5 雹云结构

通过对雹云在不同高度的强度平面和垂直剖面显示,可分析雹云的内部结构。使用此方法对从河南南阳境内进入的多单体雹云分析后,发现雹云中的强对流单体在低层有弱回波区即 WER(见图 6,封三),它是由于低层上升气流较强,使该处形成的降水质点被携带上升,从而形成了一个无回波或回波强度很弱的区域,是多单体强风暴的典型特征^[1]。在 16:15 至 18:11 之间采集到的五个体扫产品中均观测到了 WER,可见强上升气流维持的时间较长。相对于雹云运动方向,WER 位于雹云的右前侧,表明低层较强入流由此进入雹云。WER 高度在 3km 左右,位于对流单体的下层,由于该区域的存在,使得雹云云体发生倾斜。WER 上方是悬挂的高层强回波区,紧靠 WER 一侧是接近垂直的强梯度区。

通过对其它两块单单体雹云结构进行分析,没有发现 WER,这表明雹云内部上升气流相对较弱,不能生成较大的冰雹,实际当地降雹最大直径为 10mm,而具有 WER 的多单体雹云最大降雹直径为 35mm。在对 2003 年 6 月 2 日的十堰多单体强雹云分析后,发现也存在 WER。因此,WER 可作为区别冰雹云强弱的主要特征之一。

5 小结

造成 7 月 6 日十堰地区降雹的主要天气形势为高空槽超前于温度槽,槽后冷平流的强烈入侵造成了强对流天气。局地环境大气为强对流天气的产生提供了有利条件,

CAPE 指数较大,风的垂直切变较强。

强雹云回波移动显著右偏于高空引导气流,为右移风暴。雹云除常见的向右前侧传播外,还向其右后侧传播发展,所触发生成的对流单体较多,但强降雹由前一种传播方式产生的强单体造成。

雹云回波强度在 40~50dBz 之间,高度在 11~16km,强回波区高度在 8~11km,顶部有旁瓣假回波。强降雹由多对流单体强风暴造成,低层有 WER,单体初始回波从半空生成,且云顶高度较高,强中心位于云体的中上层。因初始回波高度较高,雷达低仰角扫描可能探测不到,需抬高天线仰角。

天气雷达可监测到风暴的整个演变过程,显著提高了对中小尺度灾害性天气的监测预警能力。在分析过程中,常规雷达除使用 PPI 和 RHI 资料外,要注重利用体扫资料分析风暴的内部结构,如 WER 的识别等。

多普勒天气雷达由于可探测到风暴内部的风场信息,显著提高了对强风暴的识别和预警能力。

参考文献

- 1 胡明宝. 多普勒天气雷达资料分析与应用. 北京:解放军出版社,2000:170~188.
- 2 张培昌,杜秉玉,戴铁丕. 雷达气象学. 北京:气象出版社,2001:393~395.
- 3 陈秋萍,邓志,苏万康等. 湖北一次降雹过程的新一代天气雷达回波特征. 气象,2003,29(3):41~45.
- 4 冯晋勤,罗保华. 一次冬季降雹过程的 CINRAD/SA 回波特征. 气象,2004,30(5):21~23.
- 5 王令,康玉霞,焦热光等. 北京地区强对流天气雷达回波特征. 气象,2004,30(7):31~35.
- 6 中国气象局培训中心. 新一代天气雷达原理与应用讲义,2000:162.
- 7 肖辉. 旬邑地区冰雹云的早期识别及数值模拟. 高原气象,2002,21(2):159~166.

Characteristic of Radar Echo for a Severe Convective Weather in Shiyan, Hubei Province

Shu Fangguo Wu Tao Lan Tianfei Shu Yuanbo Wen Qiang

(Shiyan Meteorological Office, Hubei Province 442000)

Abstract

By using the 714C radar echo data in Shiyan and other weather data, a severe convective weather event in Shiyan on 6, July 2004 is analyzed. The result shows that the severe convective storm occurred under the advantageous large scale weather conditions, with local large CAPE index and strong vertical shear of horizontal wind. Severe hail is caused by multicell severe storm. It has the intensive radar echo, high cloud top, affectation echo on the cloud top caused by radar sidelobe and weak echo region in the lower layer. Hail cloud moves in the right side of the high level wind with right-behind or right-forward propagation. Severe hail is caused by the second propagation, the original echo occurs in the high layer. The cloud top is high and the center of echo locates in the high and middle layer of cloud.

Key Words: severe convective weather radar echo weak echo region right-moving storm

《十堰一次强对流天气雷达回波特征》附图

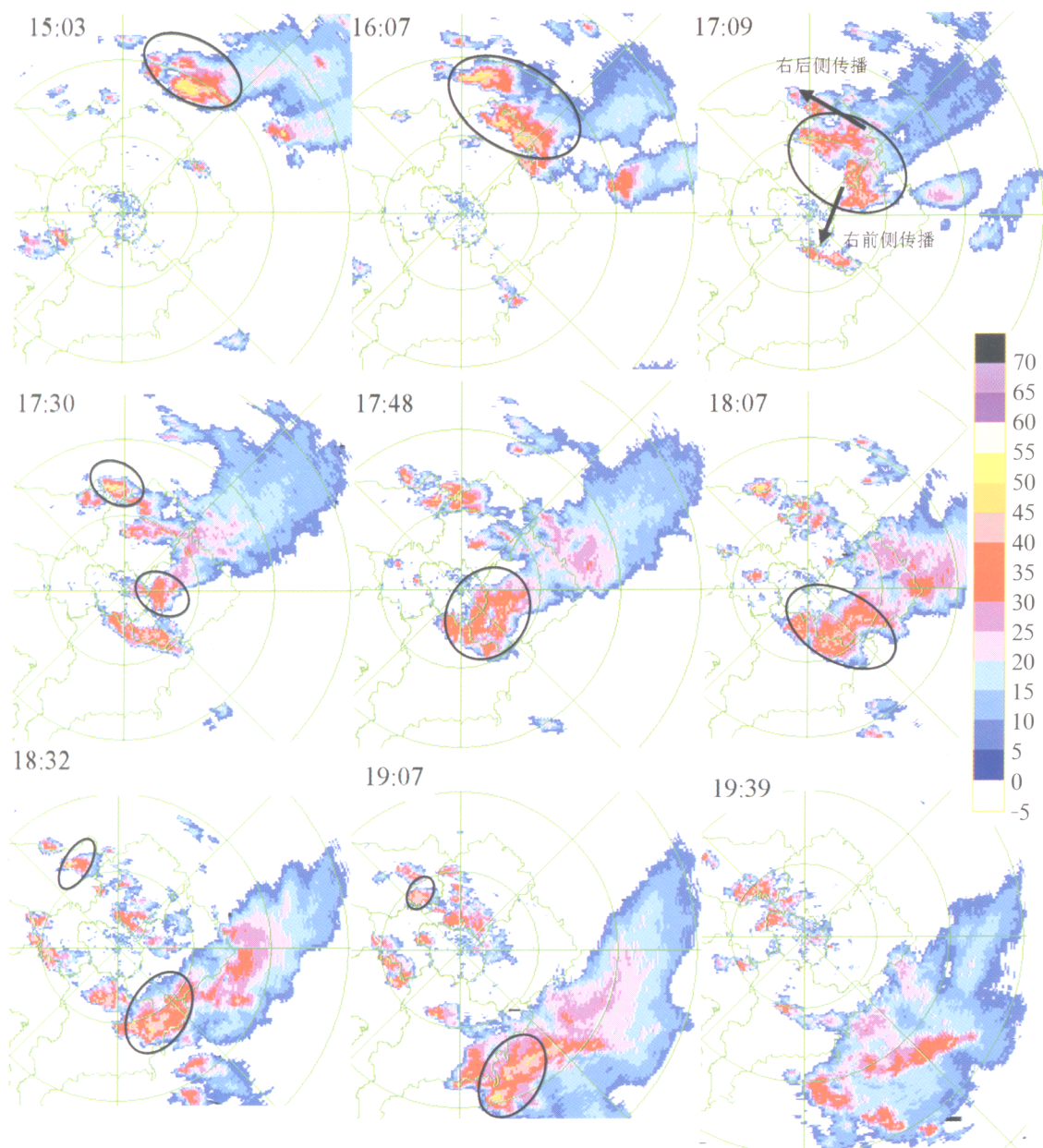


图 4 2004 年 7 月 6 日 PPI 回波强度演变图
黑圈圈内为雹云回波，仰角 2 度，圈距 50km

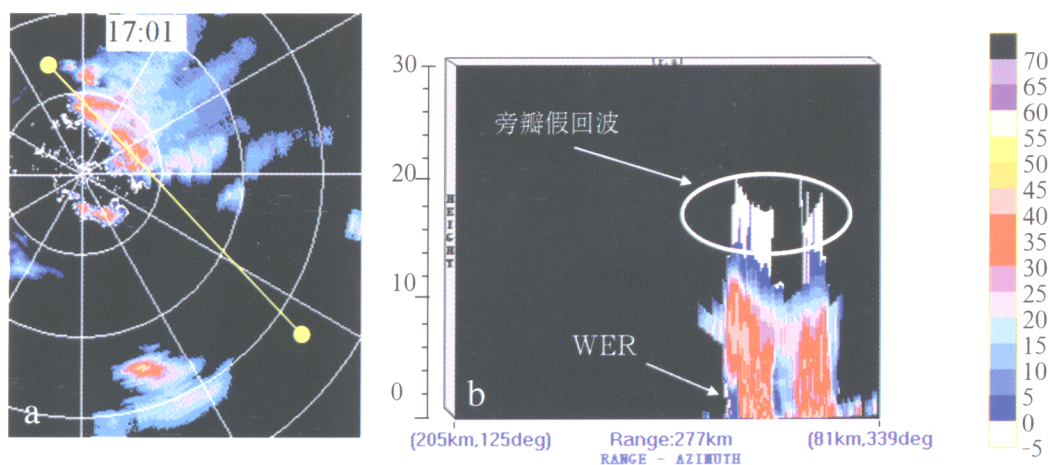


图 6 多单体雹云假回波及弱回波区
a PPI，剖面位置 b RHI
圈距 60km，WER 代表弱回波区