

雷暴外流边界与郑州强对流天气

张一平 牛淑贞 席世平 吴民江

(河南省气象局气象台, 郑州 450003)

提 要

利用 2002~2004 三年 5~8 月郑州 714CD 多普勒雷达回波资料,以 90km 内向郑州方向移动的回波强度 $Z \geq 50\text{dBz}$ 、高度 $H \geq 9\text{km}$ 的回波和郑州附近新生的 50dBz 以上强对流回波为研究对象,通过分析雷达回波,找出了雷暴外流边界和郑州强对流天气的关系,并和无外流边界出现的强回波对郑州天气的影响进行了对比,得出对郑州强对流天气临近预报有意义的参考结论。

关键词: 外流边界 回波强度 强对流天气

引 言

强对流天气主要是指冰雹、伴随雷雨出现的 $V \geq 17\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的大风、1 小时降水 $R_1 \geq 30\text{mm}$ 、3 小时降水 $R_3 \geq 60\text{mm}$ 的强降水天气,其特点是空间尺度小,生命史短,突发性强,天气现象剧烈。随着城市经济的迅速发展和人民生活水平的提高,强对流天气对城市造成的灾害尤为严重。郑州北临黄河,西接山地、丘陵,这一特殊的地形使郑州市的短时、临近预报成为防灾减灾的难点。当有强回波向郑州方向移动时,该回波是否会影响郑州,郑州是否会出现强对流天气以及出现哪种性质的强对流天气,是我们面临且必须回答的问题。因此,研究郑州市强对流天气的特点和规律显得尤其重要和有意义。多普勒天气雷达是监测预警强对流天气的有力工具,多普勒雷达即使是在无云的情况下也能在一定范围内探测到外流边界^[1~3]。分析 2002~2004 三年 5~8 月郑州 714CD 多普勒雷达回波资料,以 90km 范围内向郑州方向移动的回波强度 $Z \geq 50\text{dBz}$ 、高度 $H \geq 9\text{km}$ 的回波和郑州附近新生的强对流回波为研究对象,共选出 19 次过程,分析这 19 次过程回波的范围、形状、强度、高度、移向、移速等特征,发现了外

流边界对郑州强对流天气的指示意义,并对郑州的冰雹、雷雨大风、短时强降水天气的雷达回波特征进行了探讨。

1 雷暴外流边界及特征

1.1 外流边界

在合适的环境条件下形成的对流风暴,在其生命史的后期,下沉冷空气出现在地面附近向外流出,与较暖较潮湿的环境大气之间的界面,称外流边界^[1]。

1.2 郑州雷暴外流边界特征

郑州 714CD 多普勒雷达探测到的外流边界在 PPI(Z) 上表现为一条弱而窄的回波线。外流边界一般出现在 0.5° 、 1° 、 2° 、 3° 仰角的 PPI(Z) 图上,距本站 0~60km 范围内, 0° 仰角时和地物杂波混杂在一起看不到,因外流边界高度很低,大于 3° 仰角时一般探测不到。

分析 19 次过程,有 10 次出现外流边界,其中有 7 次出现在回波带主体前方,雷达回波强度场上表现为与主体回波带接近平行的弱外流边界线(图 1,见封三),有 3 次出现在块状对流回波前,表现为以块状回波为中心向移动方向的前方扩散、呈弧状的弱外流回波线(图 2,见封三)。出现外流边界的母体回波强度一般都达到了 50~60dBz (仰角

1°),块状回波强度则达 55~65dBz(仰角 1°),高度 $H \geq 12\text{km}$ 。外流边界的出现表明主体回波发展成熟,并处于旺盛阶段的爆发期,外流边界也是地面强风的前沿^[3]。它距主体回波的远近表明了主体回波对郑州影响的剧烈程度。当它与主体回波距离近时,表明其势力强,天气剧烈,当它与主体回波距离远,且明显大于主体回波移动速度时,主体回波将减弱,出现的对流天气也弱。

2 外流边界线的移动和对郑州天气的影响

2.1 自北向南移动的强回波带、强回波单体和外流边界

自北向南移动的强回波和外流边界出现 8 次,其中 7 次出现在焦作到新乡的东西向强回波带的前方,这 7 次分别是:2002 年的 5 月 27 日、6 月 1 日、7 月 1 日、7 月 25 日、2004 年的 6 月 7 日、6 月 21 日、7 月 11 日;一次出现在获嘉生成的强块状回波前,为 2002 年的 6 月 5 日。自北向南移动的强回波带、强回波单体一般以 $30 \sim 45\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的平均速度向南移动,其前沿的外流边界相对于主体回波的移动速度决定了郑州市强对流天气的强弱。

当回波离郑州约 50~60km 范围内,其前方出现外流边界,或者根据后来观测,判定外流边界是在 50km 以外就出现时(有时外流边界不是一出现就观测得到,发现时已远离主体回波),外流边界明显比主体回波移速快,且主体回波在向南移动的过程中,高度有所降低,外流边界经过郑州时,和主体回波相距 10km 以上,郑州将出现飑。主体回波带和回波单体影响郑州时,会出现短时雷阵雨,雨量不大,风速一般达不到 $17\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,强风的持续时间很短,不足以引起灾害。这样的过程有 2002 年的 5 月 27 日、6 月 1 日、7 月 1 日、7 月 25 日、2003 年的 6 月 5 日。

如 2002 年 7 月 1 日,20:37 自焦作到新乡的东西向带状回波强度达 50~60dBz,高度 12.14km,此回波带正向南移动即将影响郑州,20:40 此回波带在距郑州 60km 以外时,其前方探测到外流边界,并和强回波带一起向南移动,21:04 外流边界到达郑州时和主体回波相距 25km 左右(图 3,见封三),且

高度降至 10km,以上观测事实预示该回波影响郑州时,强天气不会很剧烈,实况为 21:37 郑州站出现飑,瞬时风速 $14.2\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,之后有 11.6mm 降水,无灾情报告。

当回波离郑州约 20~50km 范围内或者根据后来观测判定外流边界是在此范围内出现时,此回波距离郑州近,且外流边界和主体回波移速相近,回波高度无明显降低,外流边界到达郑州时,和主体回波相距 $\leq 10\text{km}$,这类回波一般会使郑州出现大风,之后出现短时强雷雨。这种过程有 2004 年的 6 月 7 日、7 月 11 日,2004 年 6 月 21 日(郑州北郊出现大风和强降水,本站只有大风)。

如 2004 年的 6 月 7 日,20:59 2°PPI(Z)上从武陟到原阳的回波短带强度 50~60dBz,高 12.08km 并有假回波出现,此强回波距郑州 35 km 时其前方出现外流边界,随后强回波带和外流边界一起向南移动,且移速基本相同。21:11 即将影响郑州时二者相距 8 km 左右(图 4,见封三),以上说明此回波虽然已达到强盛阶段,但影响郑州时其势力无明显减弱,实况为 21:30 郑州出现雷雨大风和短时强降水(气象台雨量计接近 50mm)。

总之,自北向南移动的强回波带和强回波单体若有外流边界出现,则主体回波移经外流边界线移过的地方时,若二者相距较远时,近地面暖湿空气会被切断,另外,回波要越过黄河才能影响郑州,夏季黄河是一冷源,当回波移过时,有削弱作用,所以这类回波越过黄河时,势力减弱,减弱了的回波一般会使郑州出现大风、飑,伴有短时强降水、短时雷阵雨或阵雨,一般不降冰雹。

2.2 自南、西南方向向郑州移动的强回波单体及外流边界对郑州的影响

这类回波有两例,分别为 2003 年的 6 月 20 日、2003 年 7 月 19 日,两次过程分别在新郑、密县有强块状对流回波生成并向郑州方向移动,当单体发展到成熟阶段,在其移动前方出现外流边界,单体移动速度慢,强度开始减弱,高度降低,外流边界快速向郑州方向移动,当到达郑州时,郑州出现了飑。母体回波减弱慢时,则郑州南部有阵雨、雷阵雨,若减

弱快,郑州则无降水。通过这两次回波分析,郑州西南、南部40km以外的强回波前方若出现外流边界,则此回波对郑州天气影响不大。

3 无外流边界出现的强回波对郑州天气的影响及雷达回波特征

分析发现有9次过程无外流边界出现,它们对郑州的影响如下:

(1)自西北向东南以跳跃式、传播式运动为主的强单体、超级单体回波

2002年7月19日、2004年6月24日,这两次过程为自西北向东南移动的强回波前沿在郑州西北边缘激发新生单体,并迅速加强,尺度增大,发展成强单体甚至超级单体,单体右前方有明显入流,2002年7月19日的钩状超级单体回波使郑州出现了罕见的冰雹、雷雨大风和短时强降水天气。2004年6月24日从焦作、武陟传播式移动到郑州的强单体回波使郑州出现了突破历史极值的大风、冰雹并伴短时强降水天气。这类跳跃式、传播式运动为主的单体回波有明显的能量积累过程,移动前方的新生单体回波在郑州北部达到旺盛阶段,使郑州出现剧烈天气,给郑州造成了严重灾害。

(2)严重风灾天气回波

2004年6月16日,在渑池、济源有50~60dBz、高12km的东北—西南向强回波带,此回波带快速向东移动,在郑州西部强度略减弱,达45~50dBz,但此处回波带上有明显的气旋性波动,且自西向东快速移动,平均移速达 $70\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$,快速移动的涡旋状回波造成了这次灾害性大风天气。

(3)突发性暴雨的雷达回波特征

2002年8月24日、2004年8月9日两次暴雨过程的明显特点是:暴雨由本地生成的对流回波和西南方向移来的回波共同造成,且回波移速慢,高显上呈柱状,对流旺盛,无入流、悬挂、假回波特征,因此无大风、冰雹出现。

4 结语

(1)外流边界是向郑州移动的强回波前沿经常出现的一种弱而窄的回波线。外流边界只有在合适的低仰角(一般 $0.5\sim 3^\circ$)时才

能观测到,外流边界线相对于强回波弱得多,易被忽视,周围有强回波将影响郑州时,应采用较低仰角,近距离挡,仔细分析。

(2)外流边界是强回波生命史旺盛阶段的产物,是地面强风的前沿,它距主体回波的远近表明了主体回波对郑州影响的剧烈程度。

(3)自北向南向郑州移动的强回波在郑州约50km以外,其前方出现外流边界线,外流边界明显比主体回波移速快,且主体回波在向南移动的过程中,高度有所降低,外流边界到达郑州时,和主体回波相距10km以上,这类回波一般会使郑州出现飏、雷阵雨或阵雨,雨量不大,强风的持续时间很短,不足以引起灾害;当回波离郑州约20~50km范围内出现外流边界时,此回波距离郑州近,且外流边界和主体回波移速相近,回波高度无明显降低,外流边界到达郑州时,和主体回波相距 $\leq 10\text{km}$,这类回波一般会使郑州出现雷雨大风和短时强降水。

(4)郑州西南、南部40km以外的强回波前方若出现外流边界,郑州一般只有飏,伴有或不伴有阵雨、雷阵雨,母体回波对郑州的影响不大。

(5)自西北向东南以跳跃式、传播式运动为主的强单体、超级单体回波会使郑州出现强雷雨大风、强冰雹并伴有短时强降水天气,并造成严重灾害;自西向东快速移动的涡旋状强回波带将会使郑州出现灾害性大风;郑州市新生对流回波和自西南向东北移速较慢的对流性降水回波或混合性降水回波会造成郑州突发性暴雨。

参考文献

- 1 张培昌,杜秉玉,戴铁丕. 雷达气象学. 北京:气象出版社,2001:402.
- 2 中国气象局培训中心. 新一代天气雷达讲义(培训教材). 北京:2000. 351~352.
- 3 戴建华,徐秀芳,王坚捍. 用WSR-88D多普勒雷达资料分析上海飏线. 中美强对流天气临近预报技术国际研讨会文集. 北京:气象出版社,2004,86~87.
- 4 张一平,席世平,康雯瑛. 2003年6月19~20日河南省强风暴天气分析. 河南气象. 2003,3:23~24.

Thunderstorm Outflow Boundary and Severe Convective Weather in Zhengzhou

Zhang Yiping Niu Shuzhen Xi Shiping Wu Minjiang

(The Meteorological Observatory of Henan Province, Zhengzhou 450003)

Abstract

With the echo data of Zhengzhou 714CD Doppler radar from May to August from 2002 to 2004, the severe convective echoes that move towards Zhengzhou within 90km (echo intensity $\geq 50\text{dBz}$, echo height $\geq 9\text{km}$) and produced near Zhengzhou are investigated. The relationship between thunderstorm outflow boundary and severe convective weather in Zhengzhou, and the impact of strong echoes without outflow boundary on weather of Zhengzhou are analyzed.

Key Words: outflow boundary severe convective weather nowcasting

《雷暴外流边界与郑州强对流天气》附图

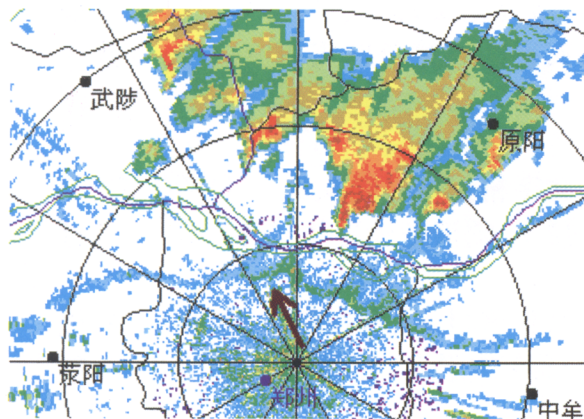


图1 2002年7月25日18:25 PPI(Z) 1° 15km/圈

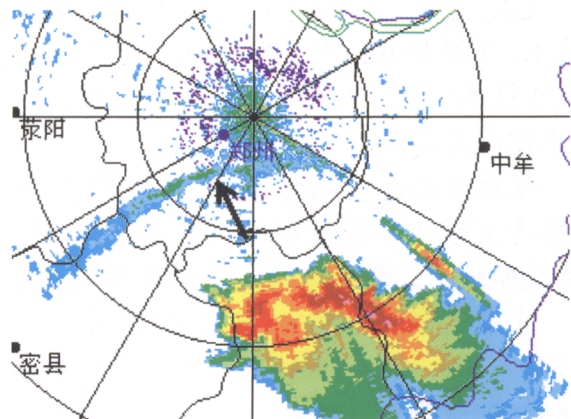


图2 2003年6月20日15:52 PPI(Z) 2° 15km/圈

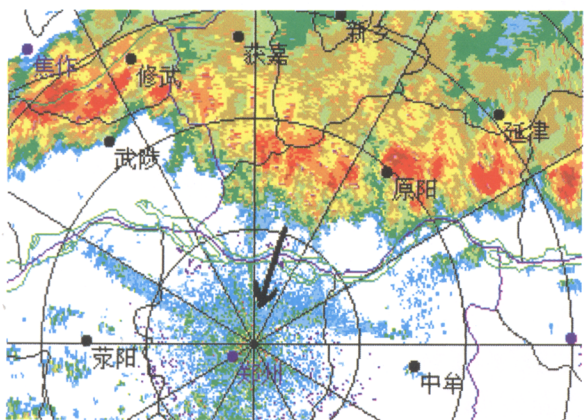


图3 2002年7月1日21:21 PPI(Z) 1° 20km/圈

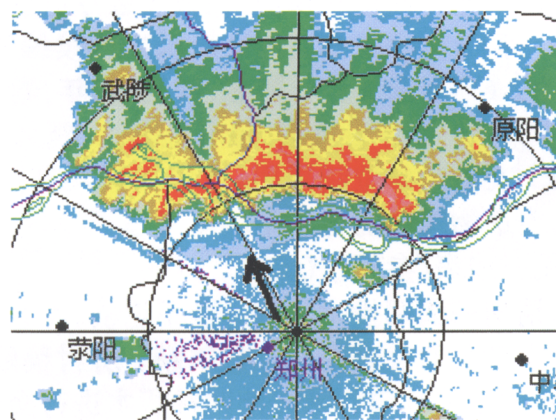


图4 2004年6月7日21:11 PPI(Z) 2° 20km/圈