

孙丽娜,陈楠,李妙英,等. 南京地区一次短时强降水风廓线雷达资料特征分析[J]. 陕西气象,2017(5):13-16.

文章编号:1006-4354(2017)05-0013-04

南京地区一次短时强降水风廓线雷达资料特征分析

孙丽娜¹,陈楠²,李妙英²,王百朋³

(1. 泰安市气象局,山东泰安 271000;2. 解放军理工大学气象海洋学院,
南京 211101;3. 陕西省防雷中心,西安 710014)

摘要:利用边界层风廓线雷达探测的三个基本数据产品(垂直速度、大气折射率结构常数和速度谱宽)对2006年8月1日发生在江苏南京的一次短时强降水过程进行分析。结果表明:当垂直速度明显增大(从无降水时小于1 m/s到降水临近前大于4 m/s)、折射率结构常数($\lg C_n^2$)大于-11时,预示着降水的发生;且降水过程中,垂直速度、速度谱宽与降水量的变化趋势较一致,能够在一定程度上反映降水强度的变化。

关键词:边界层风廓线雷达;垂直速度;大气折射率结构常数;速度谱宽

中图分类号:P458.3

文献标识码:A

风廓线雷达是一种新型无球高空气象遥感探测设备,主要利用大气湍流对雷达电磁波的散射作用对大气风场等物理量进行探测。中国气象局计划在全国范围内组网布设风廓线雷达,到2020年确保有百余部风廓线雷达投入业务应用^[1],来弥补常规高空探测站时空分辨率不足的问题。风廓线雷达研制初衷用于晴空大气的风场探测,但大量研究表明,边界层和对流层风廓线雷达(特别是边界层风廓线雷达)容易受到降水的干扰^[2-4],于是国内外就风廓线雷达探测降水展开了相关研究。早在20世纪八九十年代,国外Wakasugi^[5]、Williams^[6]、Ralph^[7]等利用不同频段的风廓线雷达资料(垂直速度、信噪比等)探测降水,发现通过风廓线雷达数据变化能够区分降水和晴天,并在一定程度上能区分降水类型。国内对风廓线雷达研究起步较晚,刘淑媛^[8]、古红萍^[9]、陈楠^[10]等利用风廓线雷达水平风廓线分析低空急流与降水之间的关系;杨引明^[11]、周志敏^[12]、郑石^[13]等利用风廓线雷达资料对冰雹、强降水、暴雨等强对流天气进行分析,发现风廓线雷达数据在强对流天气识别中有应用前景和潜力。

目前,天气雷达在近处会受到静锥区的影响探测不到高层数据,在远处低层又会存在盲区,从而回波的垂直分布空间分辨率不高。而风廓线雷达可获得单站上空三个或五个近垂直方向的探测数据,并进一步可计算出风廓线雷达上空的水平风场、垂直速度、信噪比等相关数据^[14]。考虑到风廓线雷达的这些优势,利用南京地区一次夏季短时强降水过程的边界层风廓线雷达探测资料,分析在降水前后及降水过程中风廓线雷达数据的变化特征,以期为本地精细化预报提供有益参考。

1 降水情况与资料选取

2006年8月1日江苏省南京市出现短时强降水,总降水量为44.9 mm,降水发生在18:30—22:15。降水量随时间的分布情况(图1中降水量为15 min累计降水量),在此次降水过程中降水量出现了两次峰值,一次是在19:45—20:00,15 min累计降雨量为8.3 mm;另一次在20:30—20:45,15 min累计降雨量达10.9 mm。同时两个时间段(19:00—19:30、21:30—22:00)观测站没有探测到降水。可见降水量随时间分布很不均匀,具有明显的对流性降水特征。

收稿日期:2017-06-12

作者简介:孙丽娜(1982—),女,山东成武人,硕士,工程师,主要从事气象灾害防御工作。

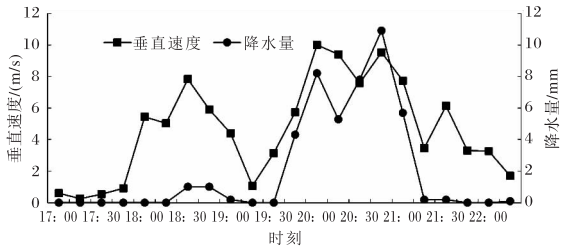


图1 2006-08-01 南京降水过程中边界层风廓线雷达垂直速度最大值和15 min 累计降水量随时间变化

雷达数据为解放军理工大学气象海洋学院边界层风廓线雷达的探测数据,该雷达放置在解放军理工大学气象海洋学院,由爱尔兰电子设备有限公司研制,采用相控阵天线体制,探测高度范围为50~3 450m,可获得40个高度层的数据。其中,50~300 m 高度采用低模式共获得6个高度层的数据,高度分辨率为50 m;400~3 450 m 高度采用高模式共获得34个高度层的数据,高度分辨率为100 m。

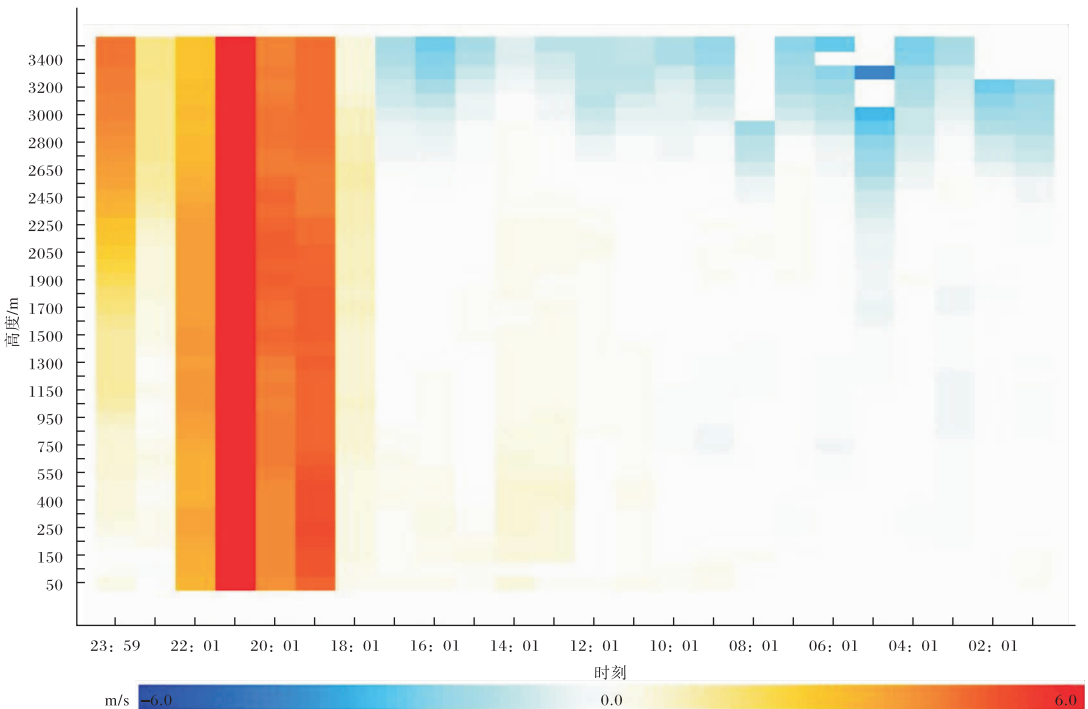


图2 解放军理工大学气象海洋学院边界层风廓线雷达2006-08-01垂直速度小时均值

比较不同时刻垂直速度在整个高层出现的最大值与对应时刻降雨量数据(图1),可以发现,18:00(降水发生前约30 min)有大于4.0 m/s的垂直速度出现,在此之前垂直速度最大值均在

2 风廓线雷达产品在降水过程中的特征分析

通过风廓线雷达的垂直速度、折射率结构常数(C_n^2)和速度谱宽三种产品在这次降水过程中的变化特征,分析风廓线雷达数据与降水发生、发展及结束的相关性。

2.1 垂直速度

在降水情况下,风廓线雷达探测到的垂直速度(未经落速订正)代表了空气垂直运动和降水粒子下沉运动的总和。图2为2006年8月1日风廓线雷达垂直速度时间—高度图。暖色标表示垂直向下的速度(定义垂直速度向下为正速度),冷色标表示垂直向上的速度,图中的垂直速度为1 h的平均值。从图2可以看出,在降水没有发生时,不同高度的垂直速度均以上升气流为主,而在降水出现前后及降水过程中垂直速度有明显的变化,主要以下沉气流为主。可见,垂直速度的变化与降水的发生有较好的相关性。

1 m/s以内。在降水过程中,除最后一个降水时刻垂直速度最大值为1.7 m/s,其他降水时刻垂直速度最大值均为3.47~10.0 m/s。可见,垂直速度的变化与降水的发生与结束有较好的相关

性,且垂直速度的明显增大较降水的发生在时间上有一定的提前量。进一步分析垂直速度最大值所在高度,还可以发现,降水发生前向下垂直速度最大值主要集中在 3 km 以上的高度层,而降水发生后向下垂直速度最大值在高度上明显下降,同时低层向下垂直速度值明显增加,当向下垂直速度最大值所在高度降低到低层且数值开始明显变小时,预示着降水结束。

同时,对比降水过程中垂直速度最大值与降雨量大小,可以看出,垂直速度与降雨量大小变化趋势较一致,对应于降雨量的两个峰值(19:45—20:00、20:30—20:45),垂直速度最大值都大于 9.5 m/s。可见,垂直速度在一定程度上能反映降水的强弱变化,垂直速度值的增大有利于降水的增强。

2.2 大气折射率结构常数

大气折射率结构常数 C_n^2 满足关系式: $C_n^2 = b^2 C_e^2 + a^2 C_T^2 - 2abC_{Te}^2$, 其中 C_e^2 、 C_T^2 和 C_{Te}^2 分别为湿度、温度和温湿结构常数,系数 b^2 、 a^2 和 $2ab$ 依赖于大气温度、湿度状况,所以大气折射率结构常数 C_n^2 也必然依赖于大气的温度、压强、湿度状况。且对于波长超过 1 cm 的电磁波,大气折射率显著地依赖大气水汽,而与波长关系并不密切,即大气折射率结构常数 C_n^2 与大气湿度及湿度层结关系密切。通过对大气折射率结构常数的分析,可以了解大气湿度情况,进而为降水预报提供依据。

统计不同时刻大气折射率结构常数 C_n^2 (单位为 $m^{-2/3}$) 的最大值,将其与同时刻降水量进行比较(图 3)。可以发现,降水临近时, $\lg C_n^2$ 最大值从 17:00 的 -11.9 增长为 18:00 的 -10.7, C_n^2 值增长了一个数量级;除最后一个降水时刻 $\lg C_n^2$ 最大值为 -11.2, 其他降水时刻 $\lg C_n^2$ 最大值均大于 -11。可见,本次个例中降水的发生与 $\lg C_n^2$ 大于 -11 有较好的对应关系,且比降水发生时间提前约 30 min 出现大于 -11 的 $\lg C_n^2$ 值。

进一步比较大气折射率结构常数与降水量发现,有强降水时段(19:45—21:00)大气折射率结构常数也明显较大, $\lg C_n^2$ 值为 -10.5 ~ -10.2, 但是没有捕捉到其降水强度的精细变化,可见 C_n^2

的变化并不能很好地反映降水强度的变化,其对降水强度的敏感程度明显不如垂直速度,分析其原因可能是折射率结构常数反映的只是大气中水汽含量分布和湍流强弱,并不能代表同时段下落到地面的降水量,而降水情况下垂直速度主要反映的是降水粒子的下落速度,从而与降水强度的相关性更好。

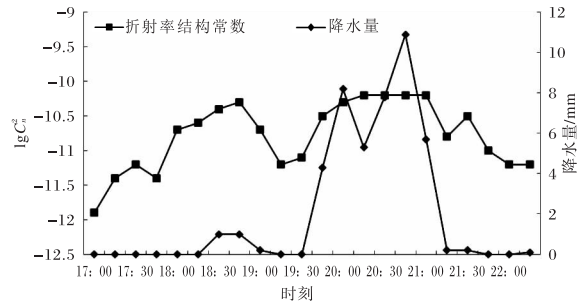


图 3 2006-08-01 南京市降水过程中折射率结构常数最大值对数随时间变化

2.3 速度谱宽

多普勒速度谱宽度(简称谱宽),表示有效照射体内不同目标的多普勒速度偏离其平均值的程度,实际上它是由该照射体内的散射粒子具有不同的径向速度所引起的,即在采样体内降水粒子的运动速度差异越大,速度谱宽越大,从而在不考虑非气象因素的前提下,速度谱宽能很好地反映风切变和湍流的强弱。

统计不同时刻速度谱宽的最大值,将其与对应时刻的降水量进行比较(图 4),数据表明:随着降水临近,速度谱宽随时间逐步增大,可见湍流运动和风切变在增强,有利于对流不稳定度的增强,为降水发生提供有利条件。降水过程中,速度谱宽的变化与降水量的变化趋势比较一致,且降水量中出现的两次峰值与速度谱宽出现的两次峰值

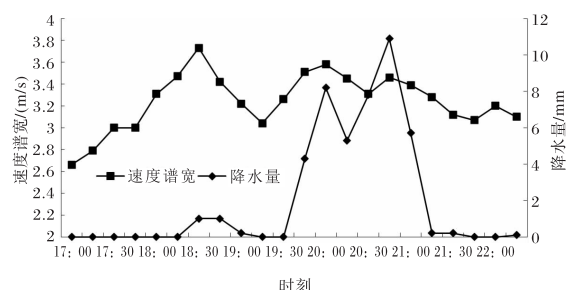


图 4 降水过程中速度谱宽最大值随时间的变化

正好对应,分析原因可能是降水增强时雷达采样体积内降水粒子尺度上差异大,从而导致降水粒子的下落速度差异较大,这也是速度谱宽增大的主要因素之一。可见,速度谱宽的变化在一定程度上能反映降水强度的变化。

3 结论与讨论

利用解放军理工大学气象海洋学院边界层风廓线雷达的三个基本数据产品(垂直速度、大气折射率结构常数和速度谱宽)对2006年8月1日江苏南京出现的一次短时强降水过程进行分析,得出以下结论。

(1)降水时段的垂直速度、折射率结构常数和速度谱宽明显大于无降水时段,同时在降水临近时,风廓线雷达的三个基本数据产品呈现出明显的增大趋势,可见边界层风廓线雷达探测数据能够较准确地反映降水的开始和结束,对降水预报有一定的指示作用。

(2)降水过程中,风廓线雷达垂直速度和速度谱宽与降水量变化趋势较一致,能够较好地反映降水强度的变化。

(3)通过论文研究,可以看出边界层风廓线雷达在探测降水方面存在较强应用潜力,可结合更多实测资料得出普适性的规律和特征,为降水预报提供参考和依据。

参考文献:

- [1] 李柏,李伟. 高空气象观测系统现状分析与未来发展[J]. 中国仪器仪表,2009,06:19-23.
- [2] FUKAO S, WAKASUGI K, SATO T, et al. Direct measurement of air and precipitation particle motion by very high frequency Doppler radar[J]. Nature,1985,316(6030):712-714.
- [3] WAKASUGI K, MIZUTANI A, MATSUO M, et al. A direct method for deriving drop-size distribution and vertical air velocities from VHF Doppler radar spectra[J]. Journal of Atmospheric and oceanic Technology,1986,3(4):623-629.
- [4] 何平. 相控阵风廓线雷达[M]. 北京:气象出版社,2006.
- [5] WAKASUGI K A, FUKAO S, KATO S, et al. Air and precipitation particle motions within a cold front measured by the MU VHF radar[J]. Radio Science,1985,20(6):1233-1240.
- [6] WILLIAMS C R, ECKLUND W L, GAGE K S. Classification of precipitating clouds in the tropics using 915-MHz wind profilers[J]. Journal of Atmospheric and oceanic Technology,1995,12(5):996-1012.
- [7] RALPH F M, NEIMAN P J, VAN DE KAMP D W, et al. Using spectral moment data from NOAA's 404-MHz radar wind profilers to observe precipitation[J]. Bulletin of the American Meteorological Society,1995,76(10):1717-1739.
- [8] 刘淑媛,郑永光,陶祖钰. 利用风廓线雷达资料分析低空急流的脉动与暴雨关系[J]. 热带气象学报,2003,19(3):285-290.
- [9] 古红萍,马舒庆,王迎春,等. 边界层风廓线雷达资料在北京夏季强降水天气分析中的应用[J]. 气象科技,2008,36(3):300-304.
- [10] CHEN Nan, HU Mingbao, ZHANG Chengcheng, et al. Statistical analysis of Low-level jet streams in Nanjing area based on wind profiler data[J]. Journal of Tropical Meteorology,2016,22(3):426-432.
- [11] 杨引明,陶祖钰. 上海 LAP-3000 边界层风廓线雷达在强对流天气预报中的应用初探[J]. 成都信息工程学院学报,2003,18(2):155-160.
- [12] 周志敏,万蓉,崔春光,等. 风廓线雷达资料在一次冰雹过程分析中的应用[J]. 暴雨灾害,2010,29(3):251-156.
- [13] 郑石,黄兴友,李艳芳. 一次短时暴雨 WP-3000 边界层风廓线雷达回波分析[J]. 气象与环境学报,2011,27(3):6-11.
- [14] 陈红玉,钟爱华,李建美,等. 风廓线雷达资料在强降水预报中的应用[J]. 云南地理环境研究,2009,21(5):63-68.