何雨芩，黄兴友，孙绩华. 基于风廓线雷达资料的不同区域降水特征分析[J]. 灾害学，2015，30(3)：191－197. [He Yuqin，Huang Xingyou and Sun Jihua. Analysis of Precipitation Characteristics in Different Regions based on Wind Profile Radar Data [J]. Journal of Catastrophology，2015，30(3)：191－197.]

基于风廓线雷达资料的不同区域降水特征分析*

何雨芩[1]，黄兴友[2]，孙绩华[3]

(1. 云南省气候中心，云南 昆明 650034；2. 南京信息工程大学 中国气象局气溶胶－云－降水重点开放实验室，江苏 南京 210044；3. 云南省气象科学研究所，云南 昆明 650034)

摘　要：利用两部风廓线雷达对发生在云南大理和江苏南京的6次降水过程(2010年2次、2012年4次)进行探测，分别识别出降水回波信号和大气回波信号。利用降水回波信号反演雨滴谱和 $Z-I$ 关系，并将降水过程分成三类；利用大气回波信号计算降水时环境大气垂直运动速度。结果显示：①由风廓线雷达反演的雨滴谱分布能够为降水类型的分类提供依据；②反演的六个 $Z-I$ 关系中系数 A 值随降水强度和降水时间的不同而改变，指数 b 值虽然在同一地区变化不大，但大理和南京两地差异明显；③风廓线雷达在对降水天气进行探测时所获得的整个降水过程大气的演变情况，能够为降水的短临预报提供技术支持，对研究暴雨或极端降水事件有重要意义。

关键词：风廓线雷达；雨滴谱；$Z-I$ 关系；降水类型

中图分类号：P4；X43　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1000－811X(2015)03－0191－07

doi：10.3969/j.issn.1000－811X.2015.03.035

近年来中国暴雨或极端降水事件发生频次增多、强度增加，暴雨和极端强降水量在总降水量中的比重也有所增加[1]。尤其到每年的汛期，长时间的暴雨容易产生积水或径流淹没低洼地段，造成洪涝灾害。云南是自然灾害频发的地区，每当暴雨发生，往往还会伴随着滑坡和泥石流。因此对暴雨、大风等灾害性强对流天气的发生、发展和预测是当代大气科学研究中最受人们关注的研究领域之一，具有重要的经济价值和社会意义[2]。风廓线雷达作为一种新型的无球高空气象遥感探测设备，可以提供连续的大气水平风场、垂直气流、大气折射率结构常数等气象要素随高度的分布和随时间的变化，具有很高的时空分辨率。风廓线雷达目前应用最广泛的是相控阵天线，属于相控阵多普勒天气雷达，它的主要优势在于可以提高获取资料的时间分辨率，大大提高了对大气系统的认识水平[3]。虽然风廓线雷达的设计目的主要是用于探测大气风场，但L波段和P波段风廓线雷达在对气流探测的同时，对降水物也很敏感[4]。底层大气风廓线雷达系统(LAWP)除了可以详细地研究热带地区的风和扰动，它所获得的降雨云系统垂直结构还能直接识别零度层亮带，并对层状云降水和对流性降水加以区分[3]。因为可以同时获取气流和降水粒子的运动速度与散射强度等信息，所以风廓线雷达在降水研究与预报方面具有很高的应用价值。

本文利用风廓线雷达资料，对发生在云南大理和江苏南京的6次降水天气(2010年2次、2012年4次)进行雨滴谱和 $Z-I$ 关系反演，并分析降水类型及降水时环境大气垂直运动的特征，为降水天气的观测和预报提供有益的技术支持。

1　资料和方法

1.1　数据来源

本文所用的风廓线雷达分别布设在江苏南京和云南大理，一部为安置在南京信息工程大学观测场的WP－3000型边界层风廓线雷达，由安徽四创公司生产，雷达具体位置是118.7°E、32.21°N。该雷达采用五波束、高低两种模式进行探测，工作频率为1 280 MHz；另一部为安置在云南大理国家气候观象台的LQ－7边界层风廓线雷达，由日本住友公司生产，雷达具体位置为100.18°E、22.7°N，海拔1 990 m，工作方式为五波束扫描，

* 收稿日期：2014－11－19　　修回日期：2015－01－13

基金项目：国家自然科学基金“苍山－洱海区域局地环流特征及其对地气通量影响的观测研究”(41165001)；科技部公益性行业(气象)科研专项“我国西南非绝热加热敏感区综合观测试验”(GYHY201006054)

作者简介：何雨芩(1989－)，女，云南昆明人，助理工程师，主要从事农业气象研究和风廓线雷达资料应用研究.
E-mail：xiaoqinzi_ hyq@126.com

工作频率为 1 290 MHz。两部雷达参数如表 1 所示。

表 1 WP－3000 风廓线雷达和 LQ－7 风廓线雷达参数

	WP－3000		LQ－7
	高模式	低模式	
波长/mm	234	234	233
采样频率/MHz	80	80	80
脉冲重复频率/Hz	20 000	50 000	80 000
脉冲宽度/μs	3.2	0.4	0.67
发射峰值功率/kW	2	2	2
天线增益/dB	30	30	28
相干累计次数	64	64	2
非相干累计次数	7	17	18
谱平均数	1	1	1
FFT 点数	512	512	128
最低探测高度/m	480	60	100
最高探测高度/m	6 000	2 040	8 000
高度分辨率/m	60	60	100

1.2 反演方法

在进行反演之前，必须先对风廓线雷达获取的原始功率密度谱数据进行预处理，包括杂波抑制、滤波平滑及噪声电平的估算，以提高数据质量，进而才能反演雨滴谱和 $Z-I$ 关系。

1.2.1 雨滴谱反演

由于风廓线雷达对降水天气进行探测时获得的功率谱密度数据包含降水粒子回波信号和环境大气回波信号，因此在对风廓线雷达获取的原始功率谱密度数据进行预处理后，必须分别对降水回波信号和大气回波信号进行识别，对其中的大气回波信号进行谱矩计算，得到大气的垂直运动速度 V_{atm}。V_{atm} 用于订正降水回波信号以便得到雨滴下落末速度 $V_{\text{末}i}$，在本文的个例中计算得到的大气垂直运动速度都小于 1.6 m/s。

由 Gunn 等[5] 提出的雨滴下落末速度 $V_{\text{末}i}$ 和直径的关系 D_i：

$$V_{\text{末}i} = 9.65 - 10.3 \times 10^{-6D_i}。 \tag{1}$$

可以求出速度 $V_{\text{末}i}$ 对应的雨滴粒子直径 D_i(cm)。该式适用于雨滴直径在 0.01 ~ 0.60 cm 之间的范围内。

根据雷达气象方程得到直径为 D_i 的单个粒子的散射回波功率 P_{ri}：

$$P_{ri} = \frac{\pi^3}{1024 \times \ln 2} \cdot \frac{P_t h G^2 \theta\varphi}{\lambda^2 R^2 L} \cdot \left| \frac{m^2 - 1}{m^2 + 2} \right| \cdot D_i^6。 \tag{2}$$

式中：P_t 是雷达峰值发射功率；h 是雷达的有效探测深度；G 是天线增益；θ、φ 分别是水平和垂直波束宽度；λ 是发射波长；R 是雷达到探测目标物的距离；L 是馈线损耗；m 是水的负折射指数。对于降雨，复折射指数这一项按 0.93 计算。

最终，由降水粒子下落末速度的功率谱分布 $S_2(v_i)$、单个雨滴粒子的散射回波功率 P_{ri} 和雨滴谱 $N(D_i)$ 之间的关系：

$$S_2(v_i) = P_{ri} \cdot N(D_i), \tag{3}$$

就可由雷达接收到的降水粒子返回信号的功率谱分布估算得到雨滴谱 $N(D_i)$。

1.2.2 $Z-I$ 关系反演

雷达反射率因子 Z 与降水强度 I 的关系是雷达定量测量降水的基础，二者之间存在幂指数关系，即

$$Z = AI^b。 \tag{4}$$

对上式两边取对数得到

$$\lg Z = \lg A + b \lg I。 \tag{5}$$

那么，式(5) 就是以 lg$Z$ 和 lg$I$ 为变量的线性方程，利用最小二乘法进行拟合就可获得这条直线的斜率 b 和截距 lg$A$，再对截距取反对数就可以得到系数 A 的值。

考虑到 $Z-I$ 关系使用时是根据雷达所测的反射率因子 Z 来计算降水强度 I，所以反演时 Z 值是由风廓线雷达探测所得到的反射率因子值；然后利用雨滴谱与降水强度的关系来求得降水强度 I：

$$I = \int_0^\infty n(D_i) \frac{\pi\rho}{6} D_i^3 v(D_i) \mathrm{d}D。 \tag{6}$$

式中：滴谱参数已由风廓线雷达反演得出，D_i 为雨滴粒子直径，$v(D_i)$ 为雨滴粒子下落末速度，用上式就可求得降水强度 I 值。为了验证由雨滴谱计算的降水强度 I 值是否可靠，本文将 6 次降水过程的实测平均降水量和雨滴谱计算的平均降水量进行了比较(图 1)。实测平均降水量是两地的风廓线雷达所在观测场降水量记录的统计结果，可见雨滴谱计算出的 I 值偏大，这与降水量的分布有关，但总体上计算值与实测值误差较小，且变化趋势一致。因此，雨滴谱计算的降水强度 I 值是能够代表实测值的。

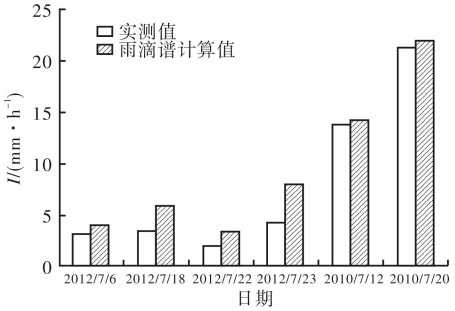


图 1 6 次降水过程平均降水量

另外，本研究在反演 $Z-I$ 关系时使用的是风廓线雷达低层数据，由于底层数据较容易受到杂波的影响，数据质量不如高层，因此根据风廓线雷达探测到的大气回波随高度而改变并且在垂直方向上具有连续性的特征，本研究采用了一致性对比的方式，用垂直方向上数值的趋势首先对低层数据进行了订正。然后使用风廓线雷达探测到的底层反射率因子 Z 值，和由底层雨滴谱分布求得的底层降水强度 I 值，对它们取对数后利用最小二乘法拟合反演

表 2　大理四次降水和风廓线雷达取样情况

日期	降水时间	最大小时降水量 /mm	总降水量 /mm	样本个数
12 – 07 – 06	2:00 – 5:00 ; 9:00 – 10:00	5. 5	13. 8	220
12 – 07 – 18	10:00 – 12:00 ; 13:00 – 17:00	6. 2	21. 3	62
12 – 07 – 22	9:00 – 24:00	8. 0	29. 1	147
12 – 07 – 23	10:00 – 14:00	8. 9	17. 4	96
10 – 07 – 12	9:00 – 13:00	17. 5	51. 4	80
10 – 07 – 20	15:00 – 17:30	37. 6	46. 2	50

得到了 6 次降水的 $Z - I$ 关系。

2　降水回波分析

2. 1　雨滴谱分布

本文利用大理的 LQ – 7 边界层风廓线雷达对 2012 年 7 月的 4 次降水进行了探测，利用南京的 WP – 3000 边界层风廓线雷达对 2010 年 7 月的 2 次降水进行了探测，这 6 次次降水情况如表 2 所示。

图 2 是 6 次降水在回波最强时刻 500 m 和 2 000 m高度处的雨滴谱分布(南京的雨滴谱资料实际为 480 m 和 1 980 m，可以忽略高度相差 20 m 这一点)，由图 2 可以看出在两个高度处，10 年 7 月 20 日的雨滴谱谱宽最宽，2 000 m 处最大滴已经超过 6 mm；12 年 7 月 6 日、22 日和 23 日谱宽最小，均未超过 3 mm；12 年 7 月 18 日和 10 年 7 月 12 日

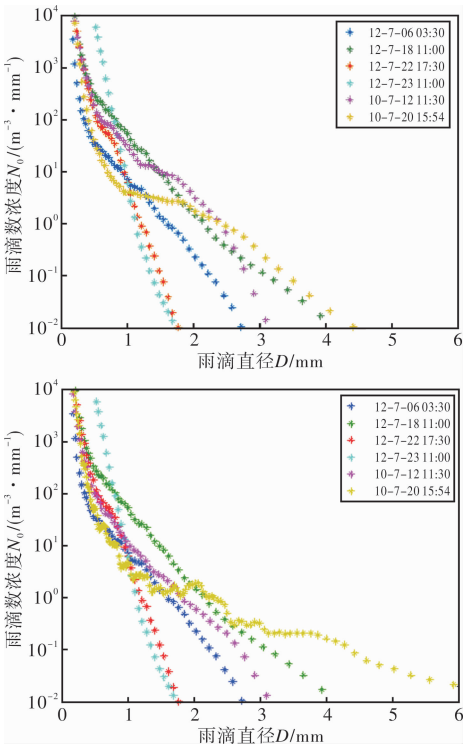


图 2　6 次降水在回波较强时 500 m(上)和 2 000 m(下)高度层的雨滴谱分布

谱宽介于 3 ~ 4 mm 之间。小雨滴数量多主要是由于大雨滴的破碎造成，当雨滴半径达到 2. 5 ~ 3 mm 左右时，水滴内部就会发生环流，影响水滴内压强导致其变形[6]，再加上雨滴与气流的相互作用以及碰撞，容易在下降时发生破裂，使得地面雨滴谱出现多峰结构；另外云滴间的互相碰撞也会使得小滴增多。雨滴破碎后的谱在大滴处有微弱的第二极大峰值，碎片数随母体的增大而增多，使得谱型向大滴处伸展[7]。

宏观上，一般认为回波强度大于 38 dBz、降水强度大于 6 mm/h 的降水为对流云降水。从微观上说，对流云降水的雨滴特点是近地面粒子大，个数少；而层状云降水则是近地面粒子小，个数多[8]。另外还有一种类型，是介于层状云降水与对流云降水之间的混合云降水，这种类型的降水容易被错分到层状云降水中。实际上，它们二者的雨滴谱特征如数密度、雨强和平均尺度等都是有差别的。Uijlenhoet 等[9]在研究飑线雨滴谱特征时也发现了这一点。混合云降水，是指在大片层状云内嵌入对流性降水[10]，正是由于混合云降水存在对流单体，使得雨滴在取样时有时在对流单体中，有时却在以层状云为主的降雨中，这必然将对统计 Z – I 关系造成很大影响[11]。

图 3 所示为三类降水云的平均雨滴谱分布，可见对流云降水谱宽最大，说明其大粒子比较多；而层状云降水因为主要是由小粒子构成，所以谱宽最小；混合云降水介于对流云和层状云降水之间，谱宽也比较宽。对流云和混合云降水的雨滴粒子最大分别能达到 8 mm 和 7 mm，这种特大雨滴何珍珍[12]、阮忠家[13]等早在 1962 年的夏季在泰山就已观测到。

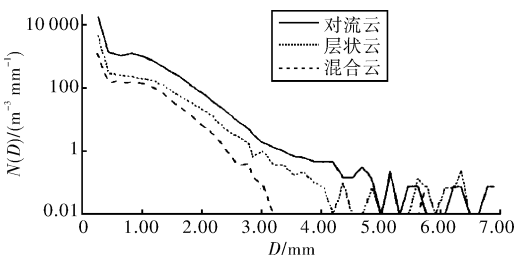


图 3　三类降水云平均雨滴谱[14]

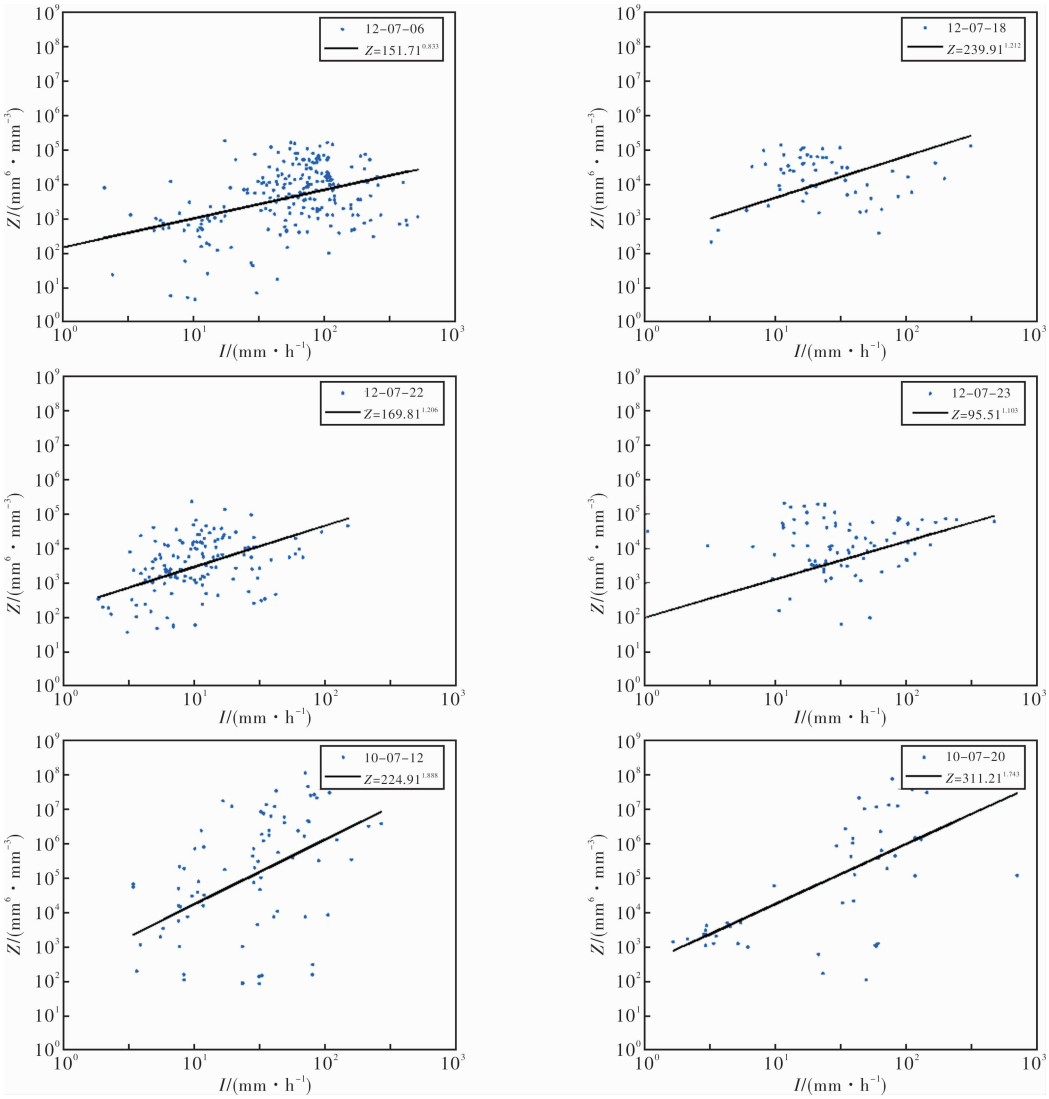


图4 6次降水过程的 $Z-I$ 点聚图

2.2 $Z-I$ 关系

在经过降水强度 I 值的雨滴谱计算值和实测值的对比验证后，利用风廓线雷达对发生在大理和南京的6次降水反演了 $Z-I$ 关系，结果如图4所示。

由图4可以发现，系数 A 的值与实际降水量之间有着相关关系，最小 A 值为7月23日的95.5，可能是由于雨滴小粒子数量较多使得平均雨量偏小的缘故；6日与22日的系数比较接近，对于6日来说，降水过程本身持续时间不长而且雨量较小，对于22日来说，虽然强降水时刻的降雨量稍大，但是因为持续时间长，其他时刻的小雨量使得 A 减小；18日系数 A 比较大的原因可能是此次降水云包含对流单体，取样时刻恰好在单体中较多造成，也间接说明此次降水类型或许为层状云和对流云共存的混合型降水。

南京的这两次降水都达到暴雨等级，7月12日的降水持续时间较长，虽然3 h累积降水量达到40 mm以上，但其他时刻的强度稍弱的降水使得反演出的 $Z-I$ 关系系数 A 值为并不大的224.9；20日的降水则比较集中，小时降水量就达到了37.6 mm，明显是一次对流性降水过程，反演出的系数 A 值(311.2)也比较大。

比较6个 $Z-I$ 关系，发现系数 A 值会随降水强度和降水时间不同而发生改变，b 值虽然在同一地区变化不大(大理 b 值均值为1.089，南京 b 值均值为1.815)，但大理和南京两地的差异比较明显。由这六次降水过程反演得到的反射率因子和降水强度关系可知，随时间、空间以及地理位置的不同 $Z-I$ 关系会发生改变，但其中还是有着一定的规律性，比如同一类型降水或许会有相近的 $Z-I$ 关系等。本文统计分析得到的这些结果只是大理和南京这几次降水过程所具有的特征，这些结果对于其他地区研究 $Z-I$ 关系也许有一定的比较

和指示意义，但并不表明其他地区也同样具有这种特征。

表 3　6 次降水过程的分类结果

类型	日期	系数 A	指数 b
对流云降水	2010 – 07 – 20	311.2	1.743
混合云降水	2012 – 07 – 18	239.9	1.212
	2010 – 07 – 12	224.9	1.886
层状云降水	2012 – 07 – 06	151.7	0.833
	2012 – 07 – 22	169.8	1.206
	2012 – 07 – 23	95.5	1.103

结合地面降水量信息，本文将 2012 年 7 月 6 日、22 日和 23 日的分为层状云降水，2012 年 7 月 18 日和 2010 年 7 月 12 日的分为混合云降水，2010 年 7 月 20 日的分为对流云降水，如表 3 所示。

$Z-I$ 关系中系数 A 与雨滴谱的分布是有关联的，所以在不同降水中，或者是同一降水的不同时间内得到的雷达反射率因子 Z 与降水强度 I 之间的关系的不同，是因为系数 A 受到降水雨滴谱变化的影响而产生的[15]。

用风廓线雷达资料反演的 6 次降水，所得到的 $Z-I$ 关系也比较符合三类云降水的经验关系，可明显看出对流云降水的系数 A 大于层状云降水，混合云降水的系数 A 介于二者之间，另外系数 A 与雨滴谱的分布是有关系的，在不同降水过程或者是同一降水的不同时间内得到的降水强度 I 与雷达反射率因子 Z 之间的关系都不尽相同；b 值则相差不大，但存在着地域的区分。

$Z-I$ 关系存在地域差异，现有的部分研究结果也表明了这一点，王建初和汤达章[11]得到安徽和湖南两地对流云降水的结果分别是 $Z=274.9\ I^{1.64}$ 和 $Z=291.5\ I^{1.54}$；林文和牛生杰[7]得到的宁夏银川地区的 $Z-I$ 关系为 $Z=264.25\ I^{1.33}$；何宽科等人[16]用多普勒天气雷达资料和自动雨量站资料，拟合出适合于舟山地区台风降水的 $Z-I$ 关系为 $Z=70\ I^{1.38}$；冯雷等人[10]得到的沈阳、哈尔滨和唐河这三个地区的 $Z-I$ 关系分别为 $Z=131.7\ I^{1.44}$、$Z=198.4\ I^{1.4}$ 和 $Z=135.7\ I^{1.37}$。

3　降水时环境大气垂直速度

在风廓线雷达对大气湍流垂直结构的研究方面，国外的 Muschiniski 等[17]曾利用边界层风廓线雷达垂直方向上返回信号的功率谱研究了大气湍流结构，对当地的平均大气折射率湍流结构常数的垂直结构进行了分析；国内如阮征等[18]经过对风廓线雷达多种探测模式探测数据的估算分析，构建了风廓线雷达强度信息对大气折射率结构常数的估算方法，孙芳林等[19-21]利用风廓线雷达研究珠峰北坡大气垂直结构。本研究利用风廓线雷达垂直方向的功率谱密度数据计算了降水时环境大气的垂直运动速度。

2012 年 7 月 6 日发生在大理的一次降水被 LQ – 7 边界层风廓线雷达记录了下来，根据大理观测站降水量资料显示，这次降水过程从凌晨 2 点开始发生，6 点无记录，直到 9 点又有 1 h 记录后降水停止，总降水量为 13.8 mm。图 5 从上到下分别是此次降水过程的回波强度、信噪比及折射率结构常数的时间序列图，可以从宏观上了解到此次降水的情况。由图 5 所示，三者都从 2：30 左右开始增强，3：30 – 5：00 的信号为最强，5：30 – 6：00有一个减弱区，之后稍有发展，8：00 左右又出现一个减弱区，在 8：30 – 9：30 时变强，最后都变弱，这一增强减弱的趋势很好地对应了地面雨量观测资料。由于风廓线雷达探测的是一个具有一定高度的垂直方向上的大气空间，与地面资料存在空间上的不匹配，所以当 6：30 左右回波强度、信噪比及折射率指数出现增强区时，地面雨量计并无雨量记录，这也说明了高空出现回波明显增大时，并不代表降水会发生，而也许只是为了下一次降水做准备。

风廓线雷达还能体现出降水前和降水后大气状态的变化过程，能为降水短临预测提供很好的技术支持。如图 6 所示为 LQ – 7 风廓线雷达对大理 2012 年 7 月 18 日的降水进行探测得到的降水前环境大气垂直运动速度的变化，此次降水开始于 10：30，可发现从 10：00 开始，5 000 m 以上高度开始出现明显的下沉运动，2 500 ~ 5 000 m 高度层为上升运动，10：10 时 500 ~ 3 000 m 高度层也出现了明显的下沉运动，说明大气愈发不稳定，之后 20 min 降水发生。

图 7 所示为 21：50 降水结束后 20 min 内环境大气的垂直运动情况，结果显示在 4 000 m 高度以下，会出现微弱的上升气流，最大上升速度为 1.387 2 m/s，说明雨水的蒸发正在发生。雨停之后上升气流的高度从 2 000 m 发展到了 4 000 m，21：53 – 22：01 内发展的最为旺盛，21：02 之后，整个高度内大气的垂直运动有升有降，说明这发展为一个微弱的对流过程，向大气输送的水汽逐渐减少。

4　结论

(1)风廓线雷达在对降水天气进行探测时，能

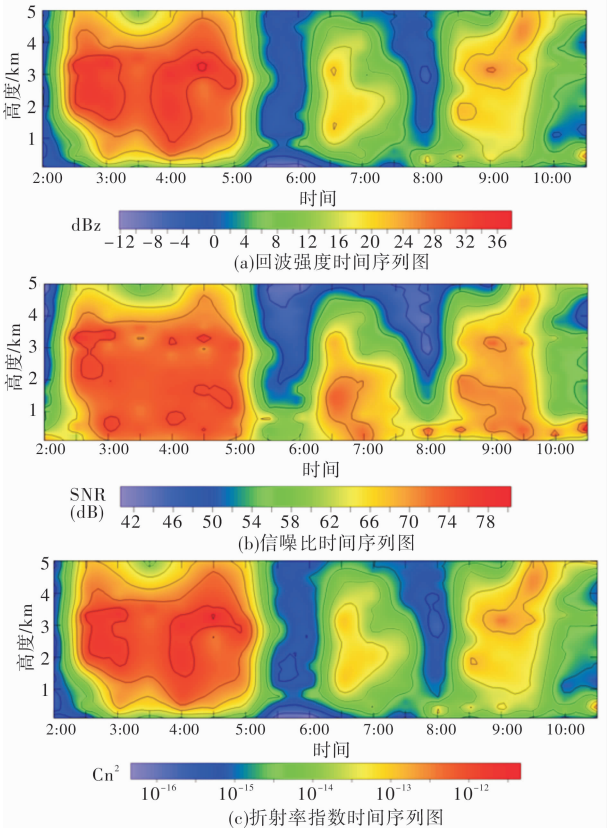


图 5 LQ－7 风廓线雷达数据产品时间序列图

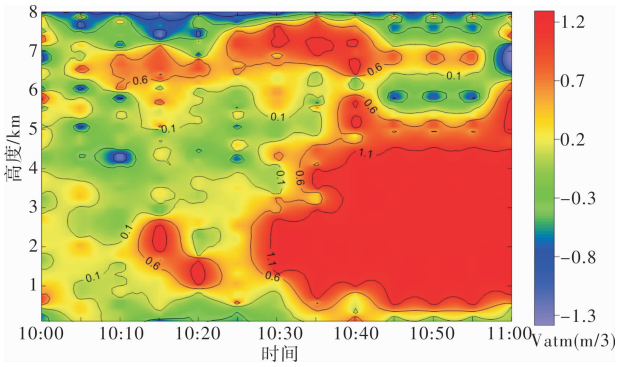


图 6 大理 2012 年 7 月 18 日 10：00－11：00 的环境大气垂直运动速度

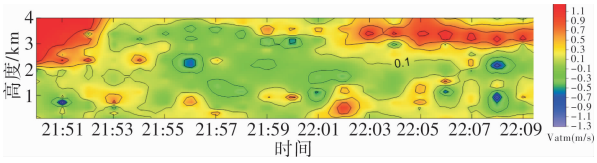


图 7 大理 2012 年 7 月 18 日 21：50－22：10 的环境大气垂直运动速度

够获得整个降水过程大气的演变情况，对降水的短临预报提供了技术支持，对研究暴雨或极端降水事件也有着重要的意义。

（2）风廓线雷达在降水天气时探测到的降水云体返回信号包括环境大气和降水粒子二者的综合信息，在分别识别出环境大气回波信号和降水粒子回波信号后，再对降水回波信号进行订正，进而反演出比较准确的雨滴谱分布和 $Z-I$ 关系。

（3）由风廓线雷达资料反演的雨滴谱分布能够为降水类型的分类提供很好的依据。层状云降水谱宽最小，对流云降水谱宽最大，混合云降水介于二者之间。

（4）在证实了由雨滴谱计算的降水强度 I 值的可靠性后，用两部风廓线雷达反演了 6 次降水的 $Z-I$ 关系，结果发现系数 A 值会随降水强度和降水时间不同而发生改变，b 值虽然在同一地区变化不大，但大理和南京两地的差异比较明显。并且对降水云进行分类统计得到的 $Z-I$ 关系效果更好，A、b 值以层状云降水最小，对流云降水最大，混合云降水居中。

参考文献：

[1] 方建刚，易俊莲. 2011 年陕西秋季强连阴雨天气的大气环流异常特征分析[J]. 灾害学，2013，28(1)：6－10.

[2] 张文建，许健民，方宗义，等. 暴雨系统的卫星遥感理论和方法[M]. 北京：气象出版社，2004.

[3] 伍志方，胡东明，梁玉琼. 气象雷达新技术及其在防灾减灾中的应用[J]. 灾害学，2007，22(2)：36－40.

[4] 王振会，黄兴友，马舒庆. 大气探测学[M]. 北京：气象出版社，2011.

[5] Gunn R，Kinzer G D. The terminal velocity of fall for water droplets in stagnant air[J]. J. Journal of Meteorology，1949，6(4)：243－248.

[6] 刘红燕，雷恒池. 基于地面雨滴谱资料分析层状云和对流云降水的特征[J]. 大气科学，2006，30(4)：693－702.

[7] 林文，牛生杰. 宁夏盛夏层状云降水雨滴谱特征分析[J]. 气象科学，2009，29(1)：97－101.

[8] 李德俊，杨剑超，蔡定军，等. 降雨型滴谱与反射率因子及雨强关系研究[J]. 气象与减灾研究，2009，32(4)：39－44.

[9] Uijlenhoet R，Steiner M，Smith J A. Variability of raindrop size distributions in a squall line and implications for radar rainfall estimation[J]. Journal of Hydrometeorology，2003，4(1)：43－61.

[10] 冯雷，陈宝君. 利用 PMS 的 GBPP－100 型雨滴谱仪观测资料确定 ZR 关系[J]. 气象科学，2009，29(2)：192－198.

[11] 王建初，汤达章. 不同雨型的 Z—I 关系及几种误差讨论[J]. 南京气象学院学报，1981(2)：185－191.

[12] 何珍珍. “泰山一次雷雨雨滴谱观测结果”——我国云雾降水微物理特征的研究[M]. 北京：科学出版社，1965：69－71.

[13] 阮忠家. “泰山两次雷雨云降水微结构的一些特征”——我国云雾降水微物理特征的研究[M]. 北京：科学出版社，1965：49－61.

[14] 宫福久，刘吉成，李子华. 三类降水云雨滴谱特征研究[J]. 大气科学，1997，21(5)：607－614.

[15] 刘红燕，陈洪滨，雷恒池，等. 利用 2004 年北京雨滴谱资料分析降水强度和雷达反射率因子的关系[J]. 气象学报，2008，66(1)：125－129.

[16] 何宽科，范其平，李开奇，等. 舟山地区台风降水 ZR 关系研究及其应用[J]. 应用气象学报，2007，18(4)：573－576.

[17] Muschinski A，Sullivan P P，Wuertz D B，et al. First synthesis of wind－profiler signals on the basis of large－eddy simulation data[J]. Radio Sci. 1999，6(12)：1437－1459.

[18] 阮征，何平，葛润生. 风廓线雷达对大气折射率结构常数的探测研究[J]. 大气科学，2008，32(1)：133－140.

[19] 孙方林，马耀明，马尾强，等. 珠峰地区大气边界层结构的

一次观测研究[J]. 高原气象, 2006, 25(6): 1014 - 1019.
[20] 舒坡, 周立波, 邹悍, 珠峰北坡绒布河谷大气物质交换的观测研究[J]. 高原气象, 2007, 26(6): 1224 - 1230.
[21] 邹悍, 李鹏, 朱金焕, 等. HEST2007 珠峰北坡风廓线观测研究[J]. 高原气象, 2007, 25(6): 1199 - 1207.

Analysis of Precipitation Characteristics in Different Regions Based on Wind Profile Radar Data

He Yuqin[1], Huang Xingyou[2] and Sun Jihua[3]
(1. *Yunnan Climate Center*, *Kunming* 650034, *China*; 2. *Key Laboratory for Aerosol-Cloud-Precipitation of China Meteorological Administration*, *Nanjing University of Information Science and Technology*, *Nanjing* 210044, *China*; 3. *Yunnan Province Institute of Meteorology*, *Kunming* 650034, *China*)

Abstract: Tow wind profile radars (WPR) are used to detect six rainfall events at Nanjing and Dali. The return signals which detected by WPR include information about ambient atmosphere and precipitation particles. The raindrop size distribution and *Z-I* relationship can be retrieved by return signal of precipitation particles. Atmospheric vertical velocity while rainfall can be calculated by return signal of ambient atmosphere. The results shows that (1) Raindrop size distribution retrieved by WPR can provide the basis for classification of precipitation type; (2) factor A in *Z-I* relationship changes at different stage and different intensity of rainfall. Though little change in index b while in the same area, significant differences happen between Dali and Nanjing; (3) throughout the atmospheric precipitation process detected by WPR can provide technical support for short-impending prediction of precipitation. It makes sense to study of heavy rains and extreme precipitation events.

Key words: wind profile radar; raindrop size distribution; *Z-I* relationship; precipitation type

(上接第 185 页)

[7] 中华人民共和国国务院. 国务院关于印发全国主体功能区规划的通知(国发〔2010〕46 号)[EB/OL]. (2014 - 03 - 01)[2014 - 10 - 08]. http://www.gov.cn/zwgk/2011 - 06/08/content_ 1879180.htm.
[8] 中国经济网. 国家统计局数据显示 2013 年中国城镇化率为 53.7%[EB/OL]. (2014 - 01 - 20)[2014 - 11 - 09]. http://www.ce.cn/xwzx/gnsz/gdxw/201401/20/t20140120 _ 2161403.shtml.
[9] 农民工离幸福有多远(话说新农村)[N]. 人民日报, 2014 - 05 - 25(09).
[10] 新华网. 两会授权发布: 政府工作报告[EB/OL]. (2014 - 03 - 14)[2014 - 10 - 20]. http://news.xinhuanet.com/2014 - 03/14/c_ 119779247.htm.
[11] 人民网. 2015 年政府工作报告全文发布[EB/OL]. (2015 - 03 - 17)[2015 - 03 - 17]. http://cq.people.com.cn/n/2015/0317/c365403 - 24176810.html.
[12] 中国人大网. 中华人民共和国防震减灾法(修订)[EB/OL]. (2008. 12. 17)[2015. 3. 17]. http://www.npc.gov.cn/huiyi/cwh/1106/2008 - 12/27/content_ 1465313.htm.
[13] 中国地震局职责职能[EB/OL]. (2010 - 09 - 08)[2015 - 03 - 20]. http://www.cea.gov.cn/publish/dizhenj/465/471/index.html.
[14] 中国地震局. 2014 - 2016 年防震减灾政策研究重大方向与重大任务(中震法发[2014]57 号)[Z]. 北京: 中国地震局, 2014.
[15] 安徽省阜阳市 4.3 级地震续报二[EB/OL]. (2015 - 03 - 14)[2015 - 03 - 20]. http://www.cea.gov.cn/publish/dizhenj/464/515/20150314223117575614546/index.html.
[16] 中共中央、国务院. 关于全面深化农村改革加快推进农业现代化的若干意见[EB/OL]. (2014 - 01 - 19)[2014 - 10 - 25]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2014/content _ 2574736.htm.

The Preliminary Study of New Development of Earthquake Prevention and Disaster Reduction Led by New National Urbanization Policy

Zhouli Getu and Wang Gang
(*Earthquake Administration of Inner Mongolia Autonomous Region*, *Huhehaote Inner Mongolia Autonomous Region* 010010, *China*)

Abstract: Presently, China has entered a accelerating period of new urbanization. It is an important measurement made by CPC and the State Council, which will deeply effect national earthquake prevention and disaster reduction works. This paper concludes major contents of this round of new urbanization, analyzes new requirements led by this policy and gives policy-making suggestions to government on strengthen the earthquake prevention and disaster reduction works.

Key words: urbanization policy; earthquake prevention and disaster reduction; creative development