

# 利用 CINRAD 资料分析南方 夏季对流性降水云的基本特征\*

蒋年冲<sup>1)</sup> 陈秋萍<sup>2)</sup> 陆大春<sup>1)</sup> 曾光平<sup>3)</sup> 袁野<sup>1)</sup> 申宜运<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>(安徽省人工影响天气办公室,合肥 230061)

<sup>2)</sup>(福建省建阳雷达站,建阳 354200)

<sup>3)</sup>(福建省气象科学研究所,福州 350001)

## 1 南方夏季对流云特征统计结果

2000 年、2001 年和 2002 年 6~9 月在安徽省合肥市、福建省建阳市和龙岩市利用 3 部新一代天气雷达对 224 块对流性降水云进行连续跟踪观测。本研究所观测到的对流性降水云均具有较完整的生命史(即从初生→发展→降水→消散)。

所观测的对流性降水云分别属以下两类天气形势:一类是处在副热带高压或大陆高压控制下(或其边缘)由局地热对流形成的对流性降水云;另一类是副热带高压西伸加强或减弱东撤时由于局地不稳定而形成的对流性降水云。

统计分析项目有常规雷达回波要素(如生命史、水平尺度、强度等)和垂直累积液态水含量(VIL)。统计分析时把对流性降水云分成单体和多个单体合并两大类。每一大类又按初始回波(本文以 50~100 km 范围内雷达观测到 5 dBz 的回波即定义为初始回波,同样回波顶高也是 5 dBz 的回波顶高)出现高度及出现降水时回波顶位置分类。按初始回波高度分为三类,即 0℃层以下、0℃层附近、0℃层以上。按回波出现降水时回波顶位置分为两类,第一类:回波出现降水时回波顶在 0℃层以下;第二类:回波出现降水时回波顶在 0℃层以上,表明高层有冰晶存在。当冰晶长大下落,在 0℃层以下融化成雨滴后,并在下降过程中经碰并长大落地。

本文分别按单体和多单体合并、初始回波位置以及出现降水时回波顶高位置等项对对流云回波进行分类。结果见表 1。

表 1 对流云回波分类统计结果

	单体或多 单体合并		初始回波位置						出现降水 时回波顶位置			
	单体	多单体	单体		多单体		单体		多单体			
			0℃层 以下	0℃层 附近	0℃层 以上	0℃层 以下	0℃层 附近	0℃层 以上	0℃层 以下	0℃层 以上	0℃层 以下	0℃层 以上
个数/百	164	60	139	25	0	48	12	0	45	119	0	60
分比/%	73.2	26.8	62.1	11.1	0	21.4	5.4	0	20.1	53.1	0	26.8

\* 本文由“十五”科技攻关:人工增雨技术研究及示范 2001BA610A06-01-02-05 课题资助。  
2004-01-12 收到,2004-11-04 收到再改稿。

表 1 结果表明,所观测到的对流性降水云约 73% 为单体,约 84% 的对流性降水云初始回波在 0 °C 层以下,没有发现初始回波在 0 °C 层以上,说明夏季对流性降水云中初始降水粒子是液态。

我们还对对流性降水云的生命史、回波强度、水平尺度等项的雷达回波特征进行了统计,结果列于表 2。

表 2 对流性降水云雷达回波特征

回波顶高( km)		< 5.5	5.5 ~ 7.5	7.5 ~ 10.5	10.5 ~ 12.5	> 12.5
样本数		45	52	73	37	17
生命史( min)	平均时间	45	73	98	108	127
	最长时间	120	158	179	216	205
回波强度( dBz)	平均强度	42	45	48	53	62
	最大强度	45	55	60	65	70
水平尺度( km <sup>2</sup> )	平均值	10 × 10	12 × 15	15 × 20	20 × 25	25 × 30
	最大值	15 × 20	20 × 25	25 × 30	30 × 35	40 × 50
整块 VIL( × 10 <sup>6</sup> kg)	平均值	647	1560	2800	5000	5410
	最大值	1650	5560	8600	12000	16150

从表 2 可以看出,对流性降水云约 80% 的雷达回波的回波顶高都在 5.5 km 以上,且回波顶越高,其生命史越长,强度越强,水平尺度越大,整块云体的 VIL 值也越大。

表 3 列出对流性降水云发展不同阶段整块云体垂直累积液态水总量统计值。

表 3 对流性降水云块液态水总量统计值

× 10<sup>6</sup> kg

生命史阶段	单体				多单体合并	
	云顶高度低于 0 °C 层高度		云顶高度超过 0 °C 层高度		均值	最大值
	均值	最大值	均值	最大值		
初生	180	898	225	654	252	1050
发展—成熟	647	1350	878	4054	5210	16150
消散	110	420	295	678	510	925

由表 3 可以看出:

① 云顶高度低于 0 °C 层高度的单体对流性降水云(暖云)其垂直累积液态水总量值最小,在发展—成熟阶段均值为  $6.5 \times 10^8$  kg,最大值为  $1.4 \times 10^9$  kg。

② 云顶高度超过 0 °C 层高度的对流性降水云其垂直累积液态水总量在发展—成熟阶段平均值为  $8.8 \times 10^8$  kg,最大值为  $4.1 \times 10^9$  kg。

③ 多个单体合并的对流性降水云垂直累积液态水总量极为丰富,远大于单体对流性降水云。在发展—成熟阶段平均值达  $5.2 \times 10^9$  kg,远超过单体最大值,其最大值超过  $1.6 \times 10^{10}$  kg。

## 2 多个对流性降水云单体合并个例分析

2002 年 8 月 23 日 15:00 ~ 17:40 (北京时,下同),建阳新一代天气雷达观测到一个多单体合并实例。

① 初生阶段:8 月 23 日 14:54 在测站的 144°、111 km 处出现一块新生单体,强度小于 10 dBz,高度 5.0 km,云底 2.5 km,向西北方向移动。

② 发展—成熟阶段:15:37左右该单体与其周围的对流单体合并,合并后对流性降水云迅速发展,强度增强,尺度增大,15:55左右单体强度梯度大值区在单体运动方向的前沿(靠近测站一侧),后侧为相对弱的回波区。30 dBz 以上面积达  $550 \text{ km}^2$ ,16:08 强度 30 dBz 以上的回波区伸展到 16.5 km,55 dBz 以上强核高度也达 10.5 km,此时云体高达 18.5 km,VIL 值最大达  $65 \text{ kg/m}^2$ ,整块云体的液态水总量为  $15120 \times 10^6 \text{ kg}$ ,表明云体中蕴含了极其丰富的水量。此时低层、中层有辐合,低层正负径向速度差值为 18 m/s,中层为 15 m/s,高层(高约 18.5 km)出现强烈的辐散,正负径向速度差值达 39 m/s。

③ 消散阶段:16:20 强回波中心高度开始降低,强度也开始减弱,VIL 值降为  $50 \text{ kg/m}^2$ ,至 17:28 降为  $1 \text{ kg/m}^2$ ,液态水总量为  $200 \times 10^6 \text{ kg}$ ;此时 30 dBz 的回波面积减小到  $40 \text{ km}^2$  左右;强回波区(40 dBz)处于低层,此时低层(1.5 km)无明显辐合辐散。

分析该实例还得出:初生阶段其单体底层基本没有辐合、辐散,中低层辐合也不明显。当有新生对流小单体不断并入时,促使对流云块在中低层出现强辐合,对流性降水云迅速发展,强度增强,尺度增大,垂直液态含水量逐渐增大。当整块云体的液态水总量达最大值时,对流性降水云将从成熟阶段进入消散阶段。在消散阶段,对流性降水云强中心高度开始下降,云体尺度变小,液态水总量也变小。整个对流性降水云云体基本上为辐散场。