

前汛期暴雨中雨暴的多雷达回波特征

龙 延 汝

(广西壮族自治区气象台)

一、引言

雨暴^{*}是短时间内出现的强烈降水现象。暴雨往往是数个雨暴影响的结果。广西壮族自治区地处低纬，是我国雨暴出现频数较高的地区之一。1980—1983年4—5月回波系统综合样本的初步分析表明，我区雨暴在雷达回波图上具有明显的发展和演变特征。在常规观测网分辨率较低的情况下，大范围的雷达组网监测跟踪，对于了解和掌握雨暴现象的发生和暴雨的形成，提供了重要的信息。

二、雨暴回波形态的基本特征

短时间内能产生强烈降水的回波，都具有明显的对流特征。以暴雨（雨强 ≥ 8.0 毫米/小时）回波发展高度（ ≥ 10 公里）为起始高度的统计结果表明，约四分之三的雨暴回波，在雨暴发生前3小时内，发展高度达12

公里或以上，近97%的雨暴回波强度达到或超过中等程度（ $\geq 30\text{dbz}$ ）（见表1）。

表1 高度 ≥ 10 公里的回波产生雨暴的统计

回波高度 (公里)	回波次数	雨暴次数	其中回波强度		
			弱	中	强
≥ 16.0	48	38	0	28	10
12.0—16.0	132	76	1	58	17
<12.0	83	34	4	23	7

注：回波强度已进行距离订正（下同）

这些雨暴回波大体上可以分为块状、团状和泡状三种基本形态。块状回波的外缘清晰、内外强度梯度大，有时是前后强弱分明的两部份（图1a）；团状雨暴回波边缘凹凸不齐，内部有多个强中心（图1b）；泡状回波为较大范围的回波区中，较四周强得多的一个个回波泡体，是连续性降水过程中的阵性强降水回波（图1c）。这些雨暴回波的范围多在100公里上下，小的只有50公里左右。

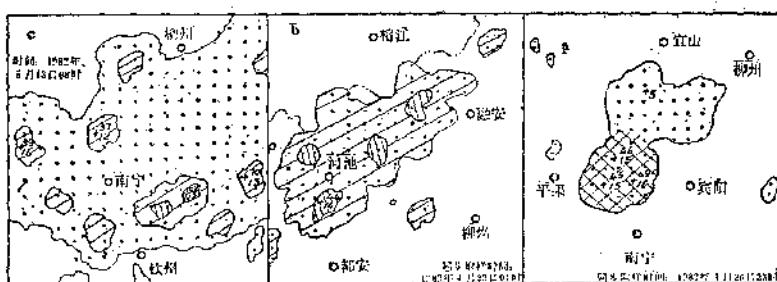


图1 雨暴回波的三种基本形态
a. 块状, b., 团状, c. 泡状

值得指出的是，回波发展到暴雨回波高度以后，大约只有半数左右的回波发展成为雨暴回波，而且具有雨暴回波基本形态的回

波，也并非都无例外地产生雨暴，而是与回

* 雨暴以单站一小时雨量 ≥ 20 毫米，或连续两小时雨量 ≥ 25 毫米为标准。

波系统的发展变化密切相关。通常，局地性热对流回波发展成为雨暴回波的机会很小，只有系统性回波（如锋面、槽线、切变线回波系统等）才容易形成雨暴回波（见表2），

而且因回波系统的不同发展阶段而不同。在回波系统的强盛阶段，形成的雨暴回波最多，占所有雨暴回波总数的90%以上。

表2 回波高度 ≥ 10 公里出现雨暴的统计

回波 性质	弱		中		强		合 计		雨暴回波机率 (%)
	回波次数	雨暴次数	回波次数	雨暴次数	回波次数	雨暴次数	回波次数	雨暴次数	
局地性回波	4	0	31	2	6	3	43	5	3.4
系统性回波	发展期	0	0	27	2	10	0	37	2
	强盛期	8	5	121	103	36	80	165	138
	消散期	1	0	18	2	1	1	20	3
合 计	13	5	197	109	53	34	263	148	100.0

实际上，在回波系统的发展强盛阶段，雨暴回波所形成雨暴的强度也不完全相同，而与回波形态密切相关。呈团状的雨暴回波，只要具有中等以上的强度，半数以上将产生强雨暴或特强雨暴*。而块状的雨暴回波，产生强雨暴或特强雨暴的机率是不多的。只有当高度很高（16公里以上）强度很强的回波，在出现冰雹、大风等强对流天气以后，范围迅速扩大时才产生强烈的雨暴。这种情况说明，雨暴现象的强弱并不完全与雨暴回波的强度呈正相关，而是与环境回波状况相联系，水汽条件优越的回波环境，对雨暴的强度有极为重要的作用。

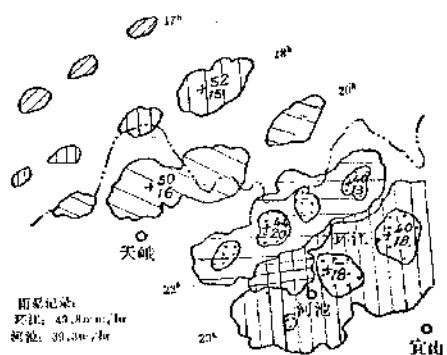
三、雨暴回波建立的基本形式

多雷达同步回波分析结果表明，雨暴回波存在着明显的发生和发展的全过程。其中最重要的特征是回波的弥合和兼并。这种弥合和兼并既在回波单体间发生，也在带、团、片回波系统中出现，从而导致雨暴回波的形成。

1. 带状回波系统中雨暴回波的建立

我区4、5月间带状回波几乎每天都有出现，但只有天气系统影响下产生的带状回波才具有相当大的尺度。此时，移动性的带

状回波系统，由于一些较强单体在发展过程中，不断卷夹和吸附周围的弱小单体，最后融为一个庞大的回波团（图2），导致雨暴的出现。这种雨暴回波的初生阶段，往往表现出强度强、高度高、范围小的强烈对流回波特征。成熟以后，不仅范围增大，也出现移向右移（偏于回波带移向与700mb高空风向合成矢的右侧）的倾向。在产生雨暴时，有时会出现强度减弱、高度下降，然后又重新加强和抬高的现象，只有当回波出现分裂



以后，雨暴才逐渐变成一般性降水。

在准静止的带状回波系统中，雨暴回波的建立主要是由于带上单体，各处在不同的发展阶段，在其沿高空引导气流移动过程中，出现单体相继向前合并而形成雨暴回波（图3）。这种雨暴回波高度很高、强度很强，在春季常常先出现冰雹、大风等恶劣天气现象，然后产生强（或特强）雨暴。

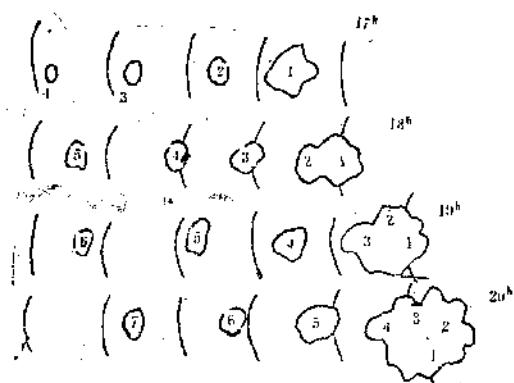


图3 1982年4月27日大暴雨回波建立示意图
图中数字1—7分别为回波单体编号

2. 带状回波系统间雨暴回波的建立和加强

在锋面、槽线或切变线等天气系统影响下，我区内陆地区常有多条回波同时存在。这些回波带，有的走向不同移向也不相同，当其移动到某一区域时，会出现回波带间的连接弥合，在弥合部形成雨暴回波（图4A）；有的走向相同但移向不同，当其连接时，在连接处附近出现回波合并扩大，形成

雨暴回波（图4B）；有的走向和移向均相同，但由于移速不同而出现合并，形成雨暴回波（图4C）。这种回波带之间的弥合和兼并所形成的雨暴回波，酝酿、发生和成熟的阶段性很清楚，即使雷达组网同步观测的间隔稍长（如3小时）也能得到其发展和演变的基本情况，这在天气预报业务上很有实际意义。

3. 涡旋状回波弥合形成的雨暴回波

这是我区出现局地暴雨或特大暴雨的主要

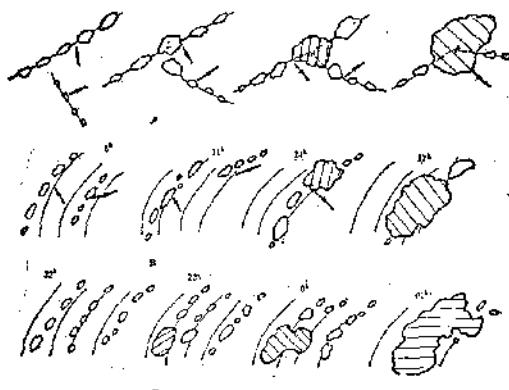


图4 雨暴回波建立示意图 A为走向移向均不同的回波带；B为走向相同移向不同的回波带；C为走向移向均相同的回波带

雨暴回波之一。产生这种雨暴回波的涡旋状系统，内径可达800—1000公里，小的也有100公里。在其旋转的方向上，回波一方面发展一方面产生带间吸合，最终形成雨暴回波，至涡旋状消失或重新调整以后，雨暴回波才减弱消失（图5）。

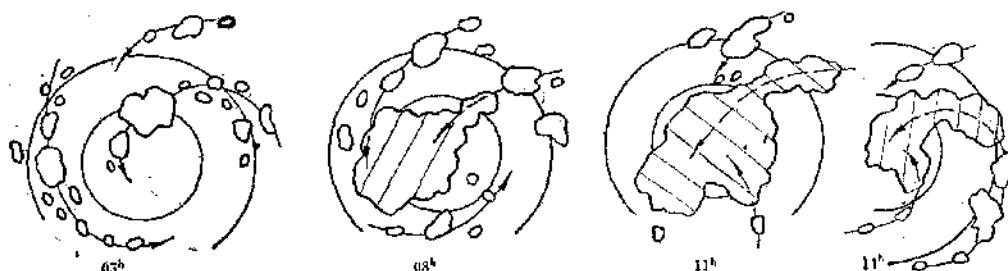


图5 涡旋状雨暴回波建立示意图

4. 片絮状回波区中，雨暴回波的形成和加强

我区的片絮状回波多为多条带或多个回波团合并后发展扩大而成。此时，原已产生的雨暴回波随雨区的扩大而趋向减弱消失。但在回波区移去的方向上，只要有新的回波单体或短回波带并入回波区，在并入的区域附近一方面会新生雨暴回波，另一方面又会触发已经减弱的雨暴回波重新发展加强。片絮状回波区中雨暴回波的这种发展和演变过程所产生的雨暴，往往存在明显的连续性和相对的稳定性。

值得指出的是，在多数情况下，雨暴回波的形成方式不是单一的，而是多种形式同时或交替进行，从而使已生成的雨暴回波得以较长时间的维持，同时又不断诱发新的雨暴回波。此时雨暴回波间会发生弥合兼并，形成更强大的雨暴回波团。

四、雨暴回波移动的一些规律

我区前汛期雨暴回波的移动，受特殊地形明显的影响，大体上有五条路径从西北向东南偏东移动，到桂中一带后再折向东北（图6）。

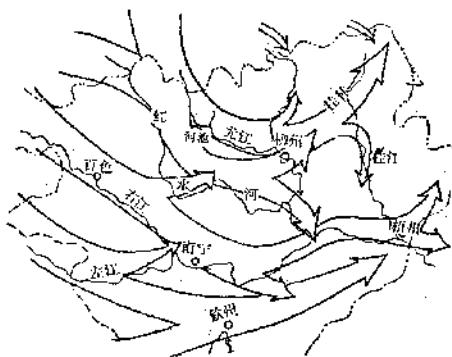


图6 雨暴回波移动路径图

实际上，一次重大天气过程的雨暴回波移动，往往都存在着一定的先兆。最明显的是在雨暴回波移动的正前方某个区域内，总会出现发展旺盛的回波单体或回波群，预示出雨暴回波将要抵达的区域，表现出向辐合对

流旺盛的区域移动的倾向。

值得指出的是，范围较大的回波系统自西北（或西）进入我区时，一些特殊的地形如九万山东部和南部，大瑶山西部以及天平山周围等，往往出现较稳定的地形性回波，一方面预示着系统性雨暴回波未来前进的方向，另一方面其自身也随雨暴回波的逼近，而出现回波发展、弥合、兼并，形成局地性雨暴回波。一旦两种雨暴回波合并后，就在这些区域产生强烈的雨暴现象。天平山、大瑶山东南部和十万山、六万山周围，往往为多路雨暴回波的汇合区域，这与我区前汛期的多年平均暴雨中心是相一致的。

统计结果表明，雨暴回波进入雷达探测网西北部或西部，或在此区域形成后向前移动，抵达桂东北、桂东、桂南的时间，短者为9小时，长者为18—20小时，这是很有意义的。

五、几点结论

多部雷达同步观测，不仅可以获得大面积的回波分布情况，而且能够捕捉其发展成为雨暴回波的时机，演变过程和移动情况，在天气形势预报的基础上，可以运用多部雷达同步回波综合分析方法，预测雨暴现象的发生及由此而引起的暴雨。

在我区，只要回波发生相互吸附、弥合和兼并，总预示着雨暴回波的建立和发展。雨暴回波形成以后，宏观上为山西向东、由北到南，大致沿弧形山地走向移动，并在一些特定的区域内汇合，出现大暴雨或特大暴雨过程。

参考文献

- 〔1〕杜杰，沿海暴雨中雨暴现象的初步探讨，广东热带海洋气象研究所，1980。
- 〔2〕岛田守家，强烈雨暴的特征，国外气象参考资料(6)，科技文献出版社重庆分社，1980。
- 〔3〕雷雨顺，强对流天气的几个问题，大气科学，第4卷第1期，1980。
- 〔4〕包澄渊、王德瀚，暴雨分析与预报，p260—264，农业出版社，1981。