

对两个南海台风雷达回波的分析

查 玉 泉

预报台风的发展和加强这是个难题，尤其是南海台风，由于生命史短，发展迅速，加之海洋上测站稀、资料少，在天气图上难以分析判断。卫星云图虽是一种较好的工具，但往往由于高层云系掩盖了中低云层的变化，且时间间隔较长，在两次云图间隔期间的发展变化更不易分析。无产阶级文化大革命以来，我国沿海的测台雷达站网已初具规模，这对于判断台风中心位置、台风移动路径和台风强度的变化，也是一种有力的工具。

本文是用某站测台雷达回波资料，对 1972 年在南海上生成发展的 7211 和 7216 号两个台风的强度变化，作一些初步的分析。

台风发展时雷达回波的演变

7211 号台风最初是西太平洋赤道辐合带上静止少动的云团，在它的东侧有扰动云涡西移，叠加在准静止云团上，叠加后继续西移并逐渐加强，进入南海后不久就达到台风强度。从 9 月 1 日 08 时台风生成到 4 日 08 时在越南登陆的 3 天时间里，雷达站分别观测到有两次加强过程。第 1 次在 2 日 02 时，第 2 次在 2 日 23 时。这两次加强过程的雷达回波演变很相似，后一次更强些。下面对第 2 次加强过程的回波演变进行分析。

2 日 08 时，台风中心在测站方位 150 度、距离 330 公里的地方（见图 1①）*。到 14 时，另一个中心西移到原来中心附近，在图 1② 上可以看到有 A、B 两个中心，它们分别在测站方位 155 度、距离 240 公里和 145 度、240 公里处。围绕这两个中心，出现了相应的螺旋状回波带。到 17 时，原来两个各自半圆的 A、B 回波随气旋性气流移动，逐渐形成一个近似闭合的椭圆，椭圆外圈的螺旋状回波带还清楚地反映出存在着两个系统的叠加（见图 1③）。在 18 时的图上，将要闭合的椭圆扩大开来，而两个系统叠加的螺旋雨带回波已经合并为同一环流，回波强度较前有了发展（见图 1④）。到 20 时的图上，眼壁回波又合并，组成了开口的但不对称的椭圆形。这时螺旋雨带由对流单体发展、合并，排列成清楚的 4 条雨带（图 1⑤）。这样的回波特征，表明台风强度（指中心附近最大风速）较前又有了发展。到 23 时，台风眼壁回波和螺旋带回波旋入台风中心，形成典型的台风螺旋回波带（图 1⑥）。回波带的内侧光滑，台风眼近于圆形，直径约 25 公里。由于台风回波具有螺旋线族这一特点，一般在螺旋线族中，最中心的一条螺线的螺旋角最小。最小螺旋角越小，表明台风的强度越大。用图 1⑥ 上雷达回波最小螺

旋角的统计值来估计，这时台风中心附近最大风速可达 50 米/秒左右，是这次台风最强盛的时期。3 日 02 时以后，台风逐渐减弱。从回波图上（图略）可以看出，这个台风的减弱是从台风中心开始的，即眼壁回波逐渐扩大消失，变成几条松散的螺旋带回波，范围从小到大，回波强度逐渐减弱，最后螺旋带溃不成带，从台风转变成低压而消失。

7216 号台风最初是 125°E 附近的东风波中的低压，随着东风波西移进入南海，发展成台风，到 10 月 2 日 10 时台风达到最强。从台风形成到在越南登陆，共经历 42 个小时；从台风生成发展到最强，仅 26 个小时，是一个发展快、范围小、强度强的南海台风。

10 月 1 日 19 时，台风中心已移到测站东南方 250 公里左右处（图 2①）。2 小时后，回波的对流结构逐渐不清楚，中心附近处 A 回波范围扩大、边缘模糊（图 2②），表明西南风增大。到 1 日 24 时，台风中心南半部回波的强度与范围进一步扩大，中心附近的螺旋线回波隐约可见（图 2③）。到 2 日 02 时，台风中心附近的回波曲率增大，并清楚地分成 4 条向中心辐合的螺旋雨带（图 2④）。在 2 日 03 时的图上（图 2⑤），台风南侧的回波强度和范围又有扩大，眼壁回波进一步缩拢，台风中心东侧 170 公里处原来零星回波也进一步发展。台风在西移过程中，强度进一步发展，到 2 日 10 时，台风眼近于圆形，直径约 25 公里，眼壁回波厚达 25 公里（图 2⑥）。这时在台风中心的东到南形成一条“J”形回波，说明在台风南部有大量潮湿空气旋入台风中心。同时，在台风中心的西侧 100 公里处，出现一个

“C”形无回波区，这是台风北侧的一股干空气随着台风环流旋入台风内部的结果。在 850 毫巴图上“C”形无回波区与一片 -1°C 的变温区相对应。当台风移至测站西部后，由于受地形阻挡，所以看不见测站 270 度以北的回波。到 2 日 13 时，原在台风西侧的无回波区此时已移到台风东侧，这时台风眼成圆形，直径为 30 公里，眼壁闭合平均约厚 30 公里（图 2⑦）。图 2⑧ 是 2 日 14 时的回波，若与图 2⑦ 相比，由于前面提到的干空气已旋入台风中心，使原来闭合圆形眼壁回波变成螺旋状回波，眼区范围扩大到 40 公里；若与图 2⑥ 相比，台风南侧的回波范围缩小，强度也有所减弱。到 2 日 15 时，由于强盛的西南暖湿气流不断补充，使干空气对台风强度的消弱作用消失，台风又恢复到原来的情况，直到登陆变化不大（图略）。

*本文附图均见封三。

用雷达回波估计台风的强度

台风的强度一般以中心附近最大风速来表示。在无实测最大风速资料的情况下，可用雷达回波结构所反映出的台风风场的强度，结合历史上回波结构相似的台风实测资料，进行估计。

一、对 7211 号台风强度的估计

7211 号台风最强时期的回波（图 1⑥）与 6811 号强台风的雷达回波（图 3）较相似。对比这两张图，它们的共同点是：

1. 两个台风的螺旋雨带结构相似，条与条之间界限清楚、连续性好、螺旋雨带结构紧密。从回波强度来看，7211 号台风比 6811 号台风更强些。

2. 台风范围都较小，整个螺旋雨带直径范围只有 250 公里左右。台风眼的直径范围也都较小，但 7211 号比 6811 号还要小 5 公里。

6811 号台风在我国湛江至海康间登陆，在进入南海后中心附近最大风速为 45 米/秒。从上述回波的差异来看，7211 号比 6811 号要强一点。从回波最小螺旋角与台风中心附近最大风速的关系来看，7211 号台风最强时最大风速可达 50 米/秒（见表 1）。

表 1 7211 号台风中心附近最大风速（米/秒）

时 间	9月2日				9月3日			
	02时	08时	14时	20时	02时	08时	14时	20时
7211号台风风速	40	40	40	40	40	45	45	35
回波估计风速	35	35	40	45	50	45	30	25

看来自回波估计的风速可能更接近实际情况。

二、对 7216 号台风强度的估计

7216 号台风最强时期的回波（图 2⑥）与 7314 号强台风的雷达回波（图 4）有相似之处。

1. 台风外围风速不大，当进入台风旋涡区时（即从台风眼到 100 公里处的圆形回波圈），风速迅速增加。但眼壁回波环 7314 号的范围与强度均比 7216 号台风为强。

2. 台风眼无回波区均为圆形，但 7216 号较 7314 号的台风眼直径大一倍。

台风最大风速区的分布可用指数函数来表示。

$$V = V_m l^{-\beta x}$$

式中 V_m 是已知的台风中心附近最大风速， x 是从 V_m 处向外的距离（公里）， $x = r - r_m$ 。这里 r 是从台风中心到大风区的距离， r_m 是从中心到最大风速处的距离； β 按各类台风取不同的值。

通过一些实例计算发现，当雷达回波相似时，则 β 值较接近。从 7314 号中求取 β 值为 0.04，根据 7216 号与 7314 号回波结构相似，将 0.04 代入 7216 号中，

得到 2 日 08 时台风中心附近最大风速为 45 米/秒。从 7216 号雷达回波来看，台风最强时期是在 2 日 10 时以后，用回波最小螺旋角与台风中心附近最大风速的关系值查得，最大风速达 50 米/秒。表 2 是 7216 号台风强度与雷达回波估计的台风强度的比较。

表 2 7216 号台风中心附近最大风速（米/秒）

时 间	10月1日				10月2日				10月3日	
	08时	14时	20时	02时	08时	14时	20时	02时	08时	
7216 号台风风速	30	40	35	35	30	30	25	25	25	
回波估计风速	—	—	30	40	45	50	45	45	45	

台风强度变化的原因和预报着眼点

从上述两个南海台风雷达回波的连续演变，分析台风发展加强的原因可能是：

1. 性质相同的系统合并、叠加，是促使台风发展加强的原因之一（图 1②到图 1⑥）。而不同性质的系统加入，能促使台风强度减弱（图 2⑥到图 2⑧）。不同性质的系统加入，有时能使台风减弱成低压；而有时不仅没有使台风减弱，反而促使台风进一步加强，这要看加入系统的强度而定。在 7216 号台风的例子中，看到台风暂时减弱，当这种不同系统的加入作用结束，雷达回波又恢复到原来的情况。

2. 从台风加强和减弱前后的雷达回波对比中可以看出，台风中心东、西两侧南北向回波的存在和发展，也是促使台风发展加强的原因之一。而台风中心南北侧的东西向回波发展超过南北向回波的范围和强度时，则台风未来将趋于减弱。同时，台风东侧的南北向回波反映南部暖湿气流的强弱，对台风强度变化所起的作用比西侧的大。

通过上述个例分析，当发现雷达回波上出现下列征兆时，低压或台风有发展加强的可能。

1. 发现有气旋性螺旋回波移近并和原来的气旋性螺旋回波叠加时；

2. 原来台风（或低压）中心外侧的螺旋回波带上的对流单体发展加强时，或排列的结构由松变紧密时；

3. 台风中心东西两侧特别是东侧的南北向回波范围扩大、强度加强时；

4. 台风中心东南方的西南辐合气流的加强或持续，有利于未来台风加强。

南海台风发展加强时，在雷达回波上先出现台风中心外围螺旋状回波带，然后螺旋状回波带向中心辐合，形成台风眼壁回波。当台风在洋面上减弱消失时，则演变过程相反，先是台风眼壁回波减弱消失而扩散成螺旋状雨带回波，然后螺旋状回波强度减弱、溃不成带。这种在洋面上减弱的回波演变与登陆后减弱消失的回波演变有所不同。