

登陆台风南侧低空急流与暴雨 云团的诊断分析



李玉兰 王婧榕

(中国科学院大气物理所)

提 要

本文利用半小时一次加密观测的卫星云图*和假彩色分层显示云图,讨论台风南侧低空急流附近暴雨云团形成过程的物理条件及其结构。发现在暴雨云团形成前期,对流层低层辐合对若干小对流云区起到了组织作用,并在此辐合层中发展起来,产生暴雨。这类暴雨云团其尺度和形状与美国 MCC 相类似,但其结构具有低纬对流系统的特征。

一、前言

在台风外围往往存在一支或两支低空急流,不少作者讨论了它与登陆台风相联系的低空急流,对台风低压暴雨或倒槽暴雨所起的作用^{[1][2]}。然而对西南低空急流激发产生的对流云团所造成的暴雨讨论并不多,但它在天气预报中,特别是短时天气预报中很重要。夏大庆等曾从大尺度环境中模拟出了中尺度对流系统的生成。本文以8006号台风为例,讨论台风南侧低空急流附近暴雨云团形成过程及其特点,以便提高对这类暴雨的认识。

二、降水过程

8006号台风于7月11日21时50分前后在广东省汕头地区登路,登陆后继续北上,然后折向东北方向,移入长江口附近入海(图1中的断线)。台风自登陆后,深入内陆一直维持着暴雨和特大暴雨。但值得注意的是:从24小时和6小时降水量分析都可以看出,在广东沿海出现两次暴雨过程**,第一次暴雨过程发生在台风登陆前后,这是由台风环流引起的。11日08时—12日08时暴雨区主要分布在广东沿海(图略),当台风登陆北上时,与台风相配合的暴雨区也北移,从图1可以看到有两个暴雨区,第一个暴雨区主要在23°N以北。第二个暴雨区则在华南沿海。暴雨区从福建一直到广东西部,最强暴雨中心在惠来,24小时降水量

达188mm。共有8个站大于100mm。从6小时降水量分布看出,沿海的降水集中在13日02—08时,达90mm/6小时(图2),此时台风低压中心已移至江西北部至浙江南部地区。这个暴雨区离台风中心约600km。显然,它与台风没有直接关系,那么这块暴雨区是怎样形成的呢?我们从卫星云图、暴雨云团结构及其产生的物理条件来分析。

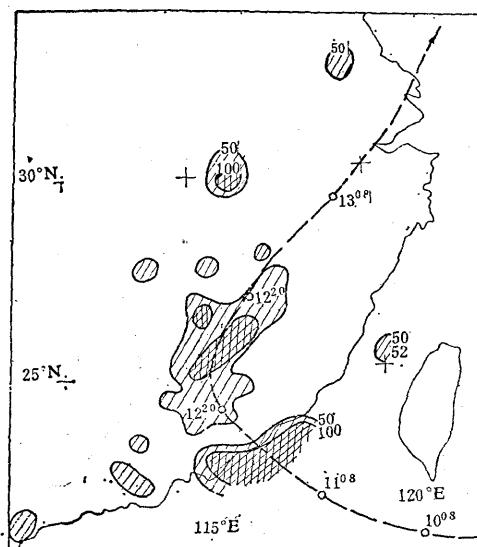


图1 1980年7月12日08^h—13日08^h降水量
斜线区为≥50mm降水区, 断线为台风路径,
网线区为≥100mm降水区

*采用日本静止卫星微卡胶卷。

**24小时降水量根据台风年鉴降水记录。

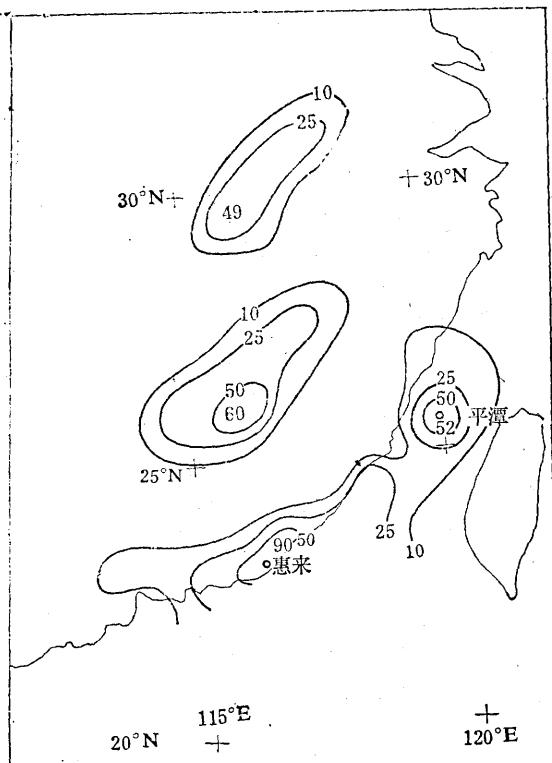


图 2 1980年7月13日02^h—08^h降水量

三、卫星云图分析

8006号台风外围暴雨比较集中，沿海降水范围约延伸300—400km。此次暴雨过程没有明显的天气系统参与，在常规天气图上很难判别，因此我们从卫星云图和一些物理量的特征上来认识这类暴雨过程。首先从13日05时假彩色卫星云图（封底图3）上，看到暴雨云团AB分为4层。由外向内的色彩变化是：黄色—淡兰色—深兰色—白色。与图2上的6小时降水量相比较，淡兰—深兰色与大于等于25mm的降水区相对应；白色与大于等于50mm的降水区相对应。有意思的是在大的白色区内，有两块小的白色区。是否有可能出现两个暴雨中心，因无更详细的降水资料很难判别。总之，假彩色增强云图可以把对流最旺盛的区域显示出来。那么这次暴雨云团是怎样形成的呢？从12日24时GMS卫星云图上可以看到（图略），在华南沿海以南地区有一东北—西南向的云带，此云带距台风低压云系较远，从12日18—19时30分之间有半个小时一次的加密观测，可以证实，此云带是新生不久的。到13日02时，在华南沿海珠江口附近，即在

云带北缘有几块尺度非常小（几十公里至百公里）的云区生成，排列很整齐。然后合并发展成如图3中的强对流云团AB，其尺度东西长约500km，宽200km多，呈椭圆状。色调白亮而密实。从13日05—08时之间的加密观测很明显的看到暴雨云团逐渐北移，影响华南沿海，13日11时以后逐渐减弱，降水明显减小。

四、暴雨云团结构及其产生的物理条件

1. 低空急流和水汽

当台风登陆北上后，12日20时在台风南侧发展一支完好的低空急流。我们分析了700hPa和850hPa风场分布（图略）。江西境内为一台风低压环流，在它的南侧出现一条强西南风带，从南海一直伸展到江浙沿海，长达1000km多，宽400km多。在卫星云图上，有一明显的南风云系相对应，到12日24时表现为一狭长的云带与西风低空急流轴有很好的对应关系。毫无疑问，这支西南低空急流为沿海暴雨提供了水汽条件。从计算的水汽通量分布来看，在对流层低层水汽通量轴线与急流轴是一致的。 $T - T_d < 2^{\circ}\text{C}$ 的区域位于急流轴北侧附近，同时在12日20时暴雨云团区上风方向有水汽辐合中心，其值为 $-4.2 \times 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ （图略）。为什么与低空西南气流相配合的云系中经常出现尺度对流云区，而有的很快消失，有的造成暴雨，下面进一步讨论这个问题。

2. 低空急流的物理特征与暴雨云团的关系

图4a、b是7月12日20时700hPa散度和涡度场的分布。图4a中最大正涡度区为台风低压区，中心为 $10.5 \times 10^{-6} \cdot \text{s}^{-1}$ 。从台风低压正涡度区向西南方向伸出一条正涡度区，其范围很大，这是由低空急流北侧气旋性切变加大而造成。暴雨云团出现在正涡度区内。在散度场上（图4b）急流轴北侧为一辐合区，最大辐合中心在珠江口以北，其值为 $-4.0 \times 10^{-5} \cdot \text{s}^{-1}$ 。900hPa上辐合中心更接近暴雨云团区，在辐合区内为上升气流，这一辐合区对组织强对流云团起到了很重要的作用。而在急流轴南侧为辐散区。

为了进一步研究散度、涡度和垂直运动在这次暴雨过程中的作用，我们对台风低压暴雨区和云团暴雨区的垂直结构作了比较。取网格点4点平均，代表 $150 \times 150 \text{ km}^2$ 内

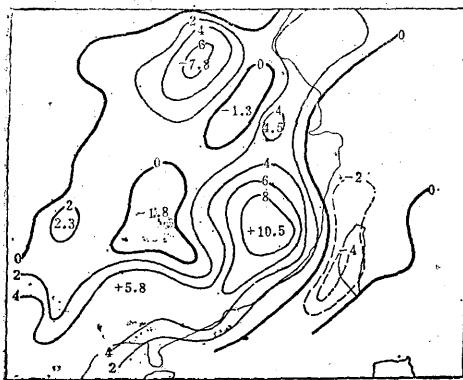


图4a 1980年7月12日20^h 700hPa涡度分布

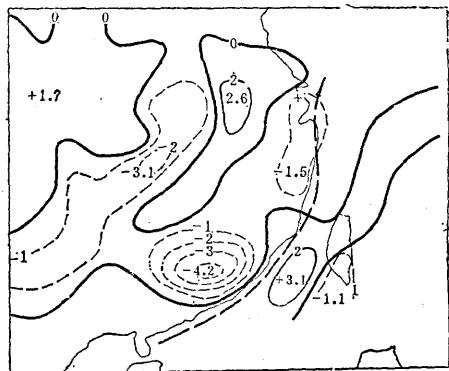


图4b 1980年7月12日20^h 700hPa散度分布
断线为低空急流轴

的情况，即代表了暴雨云团对流最旺盛的地区。从图5可以看到这样的特点：在12日20时，无论台风低压暴雨区还是云团暴雨区，它们的涡度和垂直运动结构相类似，均表现为对流层中低层为正涡度。最大正涡度出现在700hPa上，台风低压暴雨区正涡度为 $8.7 \times 10^{-5} \cdot s^{-1}$ ，云团暴雨区为 $6.3 \times 10^{-5} \cdot s^{-1}$ 。两者均表现为深厚的上升运动。最大上升运动位于600hPa上，强度差不多。但从散度的垂直分布看出，暴雨云团区和台风低压暴雨区一样，有很深的辐合层，最强辐合位于800—700hPa上。但前者比后者强，尤其是700hPa更是如此。无辐散层位于600hPa上，600hPa以上为辐散层。我们又比较了暴雨云团区12日08—20时的散度变化。12日08时（图中点划线）在对流层高层为辐合，到20时转变为辐散，这一转变决定了

暴雨云团区深厚的上升运动。因此，对这次暴雨过程来说，对流层高层（特别是200hPa）散度的变化以及对流层低层辐合的增大是这次云团暴雨的重要条件。

3. 低空急流附近风场和温度特征与暴雨云团

图6给出7月12日20时沿急流轴风的垂直分布，在对流层中下层出现急流中心。最强的是在厦门上空，在垂直方向上有两个中心，一个在500hPa上，中心风速达 $29 m \cdot s^{-1}$ ，另一个在850hPa上，中心风速达 $24 m \cdot s^{-1}$ 。到13日08时，此中心已移到福州上空。是否是上述两个不同高度上的中心合并，还是500hPa上的急流中心下传，850hPa上的急流中心消失，我们没有更多的资料来分析，总之，厦门急流中心的东传与平潭暴雨区（图2）有密切关系。另一急

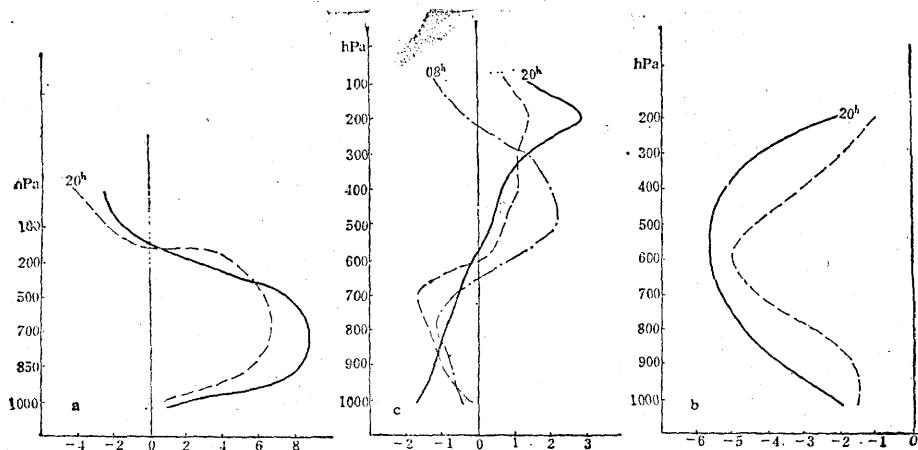


图5 1980年7月12日台风低压暴雨区（实线）和云团暴雨区（虚线）的涡度、
垂直运动(a)，散度(b)的垂直变化

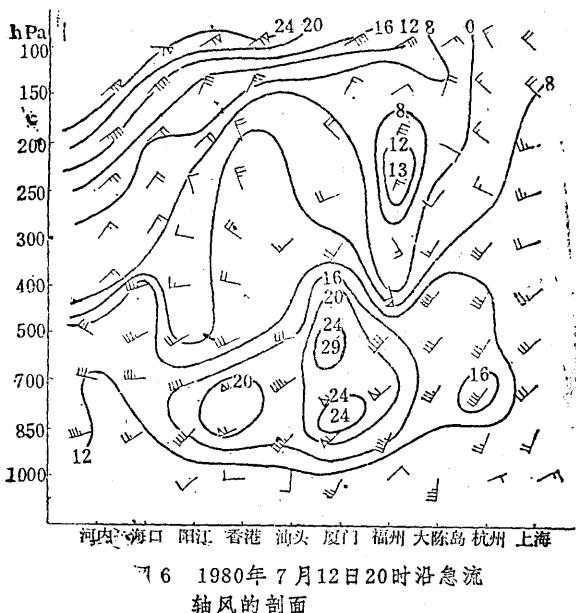


图 6 1980年7月12日20时沿急流轴风的剖面

流中心位于香港上空700—850hPa上，风速达 $21\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。这个中心位于我们所讨论的暴雨云团区的上风方向。另外由图6也清楚的看到，从阳江到厦门一带西南风垂直厚度大，西南风一般可以到达500hPa高度上。在这样一个深厚的西南风层内，容易生成中尺度对流系统。而短时间间隔的卫星云图帮助我们捕捉这些中尺度对流系统。与此同时，我们分析12日08—20时厦门、香港、汕头上空在850hPa高度上南风风速变化情况，风速一般增大 $5\text{--}6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。这些活跃的对流暴雨云团与边界层附近一次南风增大过程密切相关。

温度场(图略)的分布，主要表现在对流层低层有一条变温零线几乎与急流轴相平行，在急流轴北侧为负变温，南侧为正变温。冷暖空气交绥在华南沿海，暴雨云团与变温梯度最大的地方相一致。这种热力条件加强了对流层低层的不稳定性。

五、小结

与台风相联系的低空急流是一支深厚且不稳定的偏南风急流，在这支急流中产生的扰动可以激发中尺度对流云团的发生发展。云团生成后，沿西南气流向东北方向移动。而对流层低层辐合对几十公里到百公里的小对流云区起到了组织作用，并在这种深厚的辐

合层内发展起来。再加上急流轴附近的热力不稳定条件和上升运动，可以导致急流轴附近某一部位强降水的产生。

从本例分析的结果看出，在西南气流云系中产生的暴雨云团，虽然与美国中部产生的MCC(中尺度对流辐合体)的大尺度背景不同。其尺度和形状却与MCC相类似^[3]，但其结构具有低纬对流系统的特征。在文献^[4]中也讨论了中尺度对流云团(或中尺度雨团)与南风急流的关系。因此，与台风相联系的低空西南急流是在暴雨云团出现前，一种大尺度环境中经常出现的现象。也是暴雨云团发生发展的重要条件。

目前，对MCC的研究引起我国许多气象工作者的重视和兴趣。然而，在还没有足够密度的资料情况下，用物理量的特征和短时间间隔的卫星云图，对这类没有中尺度系统相对应的对流云团产生的背景场及其结构进一步深入分析和研究，则对短时天气预报很有意义。

参 考 文 献

- [1] 李玉兰，台风倒槽暴雨的分析，台风会议文集(1983年)。
- [2] 陈士仁，低空急流与台风倒槽暴雨，同[1]
- [3] Maddox R. A., Large-scale Meteorological Conditions Associated with Midlatitude, Meso-scale Convective Complexes, Mon. Wea. Rev., 1983, Vol. 111, No. 7, 1475—1493.
- [4] 林锦瑞，台风暴雨的中尺度分析，台风会议文集，上海科学技术出版社，1981。

请使用新的辐射计量单位

我国从1986年起，使用国家颁布的法定计量单位。但目前来稿中，仍有许多使用原来的辐射单位，有的则在新旧单位换算过程中产生了一些错误，给编辑工作带来了一些困难。这里我们给出了日射测量中应采用的新辐射计量单位，及其与旧单位的换算关系，请大家注意。

日、月、年总辐射量单位原采用 $\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}$ ，辐射通量密度单位原采用 $\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$ 。而在国家颁布的法定计量单位中，cal属于应废除单位。新的总辐射量单位应为 $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ ，辐射通量密度单位应为 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 。新旧单位的换算关系为：

$$1\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2} = 41868\text{J}\cdot\text{m}^{-2} = 0.04186\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$$

$$1\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1} = 697.8\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$$

• 编者 •