

暴雨云团发展和低层风场的关系

金秀兰

(江苏省气象研究所, 南京 210008)

提 要

应用卫星云图、地面加密记录和各种常规资料,通过对4个台风暴雨个例云图特征和物理量场的综合诊断,探讨低层风场扰动对暴雨云团的激发作用。结果表明,中低纬度两类不同性质不同尺度云系相叠加,并在叠加区内出现低层风场扰动,则预示着台风倒槽北部将有暴雨云团发展,将引起华东北部地区降水强度突然增幅。

关键词 暴雨云团 风场扰动 降水增幅

引 言

台风倒槽内诱生低压类暴雨是华东地区台风暴雨突然增幅的常见类型之一^[1]。台风在福建、广东一带登陆后,有时中心继续向西北方向深入、消失,但其伸向30°N以北地区的台风倒槽内中尺度系统十分活跃,倒槽北部有暴雨云团生成发展,造成华东地区的强降水过程。

卫星云图是诊断这类台风暴雨过程的有效工具。我们利用时间间隔3小时或6小时的静止卫星云图,对比分析了这种类型共4个台风(8006、8012、8116和8411)的云图特征和暴雨云团发展的云场环境,结合时空尺度较稠密的逐时地面记录和各种常规资料,以地面、高空格距分别取为50和150km的大小两套网格,采用统一诊断方案,计算了这4个台风暴雨过程的各层物理量值,分析归纳有利于暴雨云团发展的中尺度“合适环境场”及物理量场特征,通过对逐时地面风场普查分析,追踪低层风场扰动的生消演变规律,并剖析其物理特性,探讨暴雨云团发展和低层风场扰动关系。

1 暴雨云团发展云图特征和环境场条件

1.1 两类不同性质云系叠合和暴雨云团生成

两类不同性质天气系统云系的相互交汇,提供了暴雨云团发展的云场环境。图1给出了8012号台风暴雨云团发展的卫星云图实况。从图1可见8月29日14时,近东西走向的槽前急流云带位于35—40°N,台风云系在30°N以南,其倒槽云系向东北方向伸展,并与急流云带的南部相遇(见图1a),3小时后,这两类不同特征云系相接叠合,叠合区南部的江苏境内有一个浓白暴雨云团生成(见图1b)。云团区内江苏仪征、泰县、泰兴、海安等地18、19时连续出现 $\geq 20\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 强降水,最强达 $44.3\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ (18时海安县),29日20时,此暴雨云团略向东扩张,在其南到西南方有几个白亮小云团生成。原台风云系开始松散、减弱(见图1c),30日02时,随着白亮小云团相继并入,暴雨云团范围扩大2—3倍,且其北缘边界模糊,辐散气流有利于该云团的发展(见图1d)。江苏沿江地区出现强降水过程,其中泰兴县雨强为 $40.9\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ (30日02时)。

分析8006、8116和8411号三个台风卫星云图实况,同样可见各暴雨云团的产生和发展均与先后两次两类不同性质不同尺度云系的叠加合并相对应。首先,中低纬度的大范围云系,即西风槽(或槽前急流)云系和向北

发展的台风倒槽云系相接叠置,云带北缘辐散卷云更明显,白亮浓密的暴雨云团在云系叠合区的南部生成。其次,是中小尺度对流云体合并,即小云团,亮云线和亮云点间相互合并,暴雨云团获得再生发展。由云系叠合和暴

雨云团发生的时间统计(见表1)可知,大范围云系叠置后约6—12小时内,将有暴雨云团生成,而中小尺度对流云体合并后的6小时内,云团将再生发展。

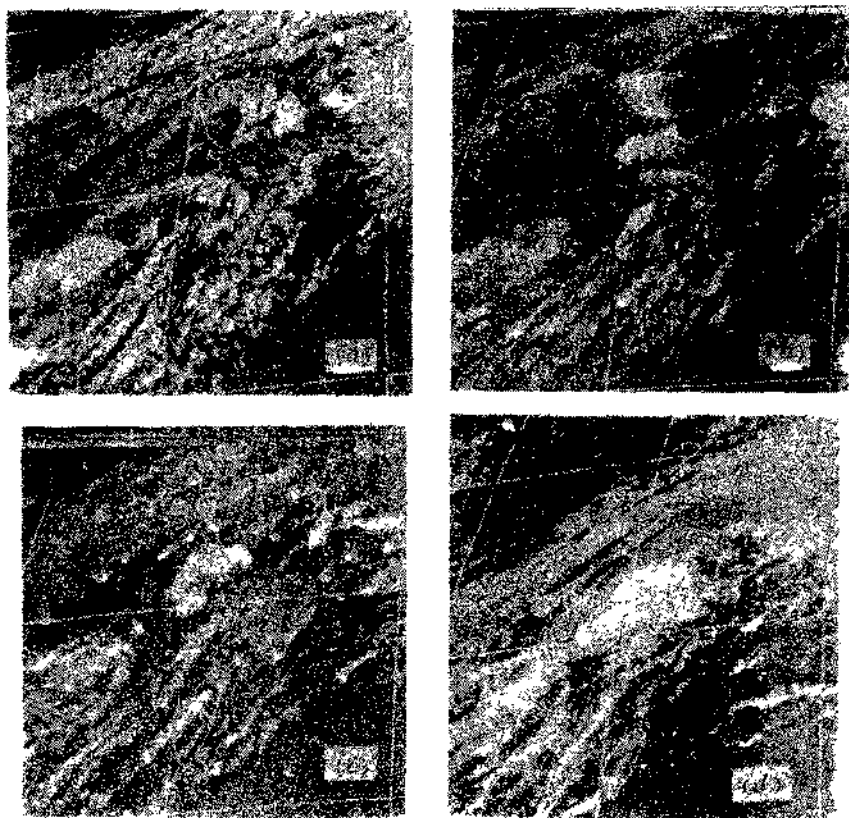


图1 8012号台风暴雨云团发展实况

a 8月29日14时 b 8月29日17时 c 8月29日20时 d 8月30日02时

表1 云系叠合和暴雨云团发生的时间

台风编号	大范围云系叠置			对流云体相互合并		
	相叠时间/月·日·时	云团发生	时差/小时	合并时间/月·日·时	云团再生	时差/小时
8006	7 13 02	7 13 08	6	7 13 11	7 13 14	3
8012	8 29 14	8 29 17	3	8 29 20	8 30 02	6
8116	9 23 14	9 24 02	12	9 24 02	9 24 05	3
8411	9 1 14	9 1 20	6	9 2 02	9 2 08	6

1.2 中尺度“合适环境场”及物理量场特征

上述4个台风暴雨过程的形势场共同特征可归纳为500hPa西风槽已移至河套以东,槽底伸向30°N以南,副热带高压脊线位

于23—27°N,200hPa中心风速 $\geq 30\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西风急流在35—40°N,850hPa $\geq 16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 东南风急流和500hPa $\geq 15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 强偏南风轴交汇于杭州湾到长江口之间。这种高、中、

低空3支急流的特定配置和维持,是中尺度暴雨系统发展的“合适环境场”。高空急流中心右后侧的高空强辐散和中空强风轴前方的正涡度平流相配合,以及与低空急流相对应的辐合与暖湿平流的上下叠加,暴雨云团就在高空急流南侧400—500km、中空强风轴和低空急流交汇区前方的 $150 \times 150 \text{ km}^2$ 范围内发生发展。

物理量计算表明,该区域的中低层气旋性涡度大, $\zeta_{800} \geq 30 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$,高层辐散,低层辐合,整层呈上升运动,中层上升运动值最大, $\omega_{500} \leq -40 \times 10^{-4} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$,中低层水汽通量辐合明显,水汽相当充沛。因此,该区域是最有利于中尺度系统发展的各种条件的集合区。

2 暴雨云团发展和低层风场扰动的关系

2.1 低层东北风风速脉动及其物理特性

对4个台风暴雨过程的逐时地面风场分析发现,在台风倒槽北部的东北气流里,有时在长约100—200km、宽约30—50km范围内出现东北风风速突然增大并有规律地向前传播。我们称这种现象为东北风风速脉动过程。它们的生命史仅数小时,水平尺度几十到百

余km,垂直厚度不足2km,是一种边界层内的中尺度风场扰动现象^[2]。

这4个台风发生这类风速脉动过程共6次,其中8012和8411号台风出现东北风风速脉动过程各2次。6次风速脉动中,除8006号台风的一次风速脉动过程在江苏徐淮南部产生、停滞少动,并在原地消失外,其余5次都以平均每小时20km左右的速度有规律地向南传播。这些发生于台风倒槽北部东北气流里的风速脉动过程,分别活跃于江苏徐淮、江淮和沿江等地区,有的则由长江以北地区向南传播到沿江,甚至江南一带。

我们以每次风速脉动过程最强时刻的风速脉动辐合线为基准线,分析这6次风速脉动过程合成的地面物理量场表明,东北风风速脉动区的前沿水平辐合明显,辐合中心与风速脉动辐合线相配置,风速脉动辐合线位于湿静力能量锋区,其走向与 θ_{se} 线的密集带走向基本一致。

为进一步剖析风速脉动区上空的温湿特征和动力学条件,我们绘制了通过这6次风速脉动区的合成经向垂直剖面(图2)。图2中粗黑线为东北风及其脉动层的上界面,阴

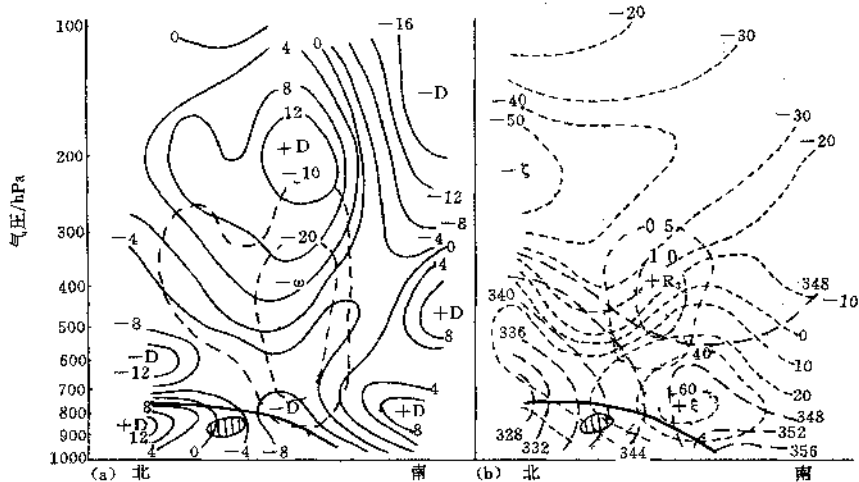


图2 通过东北风脉动区的经向垂直剖面

细实线 $D(10^{-6} \text{ s}^{-1})$ 断线 $\zeta(10^{-6} \text{ s}^{-1})$ 点划线 $\omega(10^{-4} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1})$ 长断线 $\theta_{se}(K)$
 双点划线 $R_s(10^{-9} \text{ s}^{-2})$ 虚线 $T-T_d(C)$ 粗实线 风向转换界面

影区为风速脉动中心区。由图2可见,在风速脉动层倾斜界面上空,一对正负散度中心上下重叠,使风速脉动区上空的上升气流增强和维持,在600—400hPa气层内,强上升运动中心与正涡度平流中心相匹配,有利于中低层气旋性涡度增大及低空气流辐合和上升运动加强,湿层厚度厚,准饱和空气层直达500hPa附近, θ_{se} 线湿舌沿倾斜界面向上伸展。由于水汽在风速脉动区前沿聚积和垂直向上输送,造成大量不稳定能量在其上空积蓄。

2.2 暴雨云团发展和低层风场扰动关系

低层东北风风速脉动的物理特性表明,台风倒槽内低层风场扰动直接促使低层动量辐合和能量锋生,为暴雨云团发生提供初始动力。风场扰动区上空的温湿特征和动力条件的变化,有利于低层气流辐合和整层上升运动加强,加速了风场扰动区上空不稳定能量由积蓄到大量释放过程,提供了暴雨云团发展的能量来源。4个台风中各暴雨云团活动与6次风速脉动过程相对应,它们在东北风风速脉动区前沿生成,并随风速脉动辐合线向前移动和发展。暴雨云团出现时间比相应风速脉动滞后约1—3小时(见表2)。这些暴雨云团的发展和东移,造成了远离台风中心的华东北部地区降水强度的突然增强,甚至出现大暴雨过程。

表2 东北风风速脉动过程和暴雨云团活动时间

台风编号	东北风脉动/ 月 日 时	暴雨云团/ 月 日 时	时差(小时)
8006	7 13 08—12	7 13 08—14	0
8012	8 29 14—21	8 29 17—20	3
	8 30 01—07	8 30 02—05	1
8116	9 24 02—06	9 24 02—05	0
8411	9 1 15—22	9 1 17—21	2
	9 2 05—11	9 2 08—11	3

3 中尺度扰动发展对暴雨云团激发作用

采用高通滤波器^[3],求取30—35°N、114—120°E区域100多个测站场面气压的5

小时滑动平均偏差值。滤波分离后,气压场中尺度气压扰动活动频繁,约 $\frac{1}{3}$ 气压扰动获得发展且与低层风场扰动相关。图3给出1984年9月1—2日江苏沿江地区部分测站东北风风速和气压偏差值演变曲线。由图3可知,各站均先后出现5次气压扰动,其中获得明显发展并伴有强降水的气压扰动各仅2次,分别出现在9月1日17—22时和9月2日08—11时,都与该站2次东北风风速脉动过程相吻合。

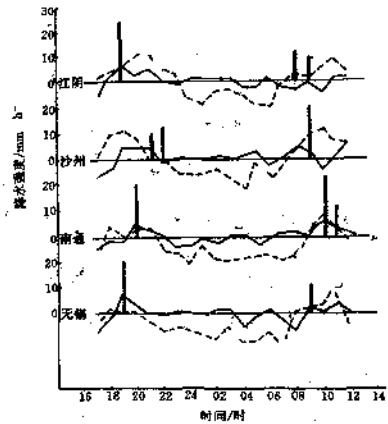


图3 1984年9月1—2日东北风风速和气压偏差值时间曲线

实线 气压偏差值 断线 风速 阴影区 风速脉动 竖线 降水强度

4个台风的6次东北风风速脉动过程与中尺度气压扰动的发展,不但时间、地区基本一致(见表3),且强降水均发生于相应的中尺度气压扰动的波槽后到波脊前区域,在波脊附近降水最强(这在图3中亦可看到)。位相差表明这些气压扰动具有惯性重力内波特性。中尺度气压扰动和风场扰动相伴发展是重力波不稳定发展的反映。重力波的发展触发蕴藏的大量潜在不稳定能量释放,使地面辐合启动的上升运动维持和加强。低层风场扰动和中尺度气压扰动相配置是启动和组织对流、激发暴雨云团的重要机制。暴雨云团的不断生成和移动,与重力波不断激发和传播相关。

表3 6次风速脉动与中尺度气压扰动对应关系

序号	东北风风速脉动		中尺度气压扰动	
	时间/月 日 时	地点	时间/月 日 时	地点
1	1980 7 13 08—12	徐淮南部	1980 7 13 10—14	金湖—宝应
2	1980 8 29 14—21	沿江	1980 8 29 16—20	杨中—泰县
3	1980 8 30 01—07	江淮东部	1980 8 30 01—06	东台—大丰
4	1981 9 24 02—06	徐淮东部	(强度较弱,发展不明显)	
5	1984 9 1 15—22	沿江东部	1984 9 1 17—22	靖江—如东
6	1984 9 2 05—11	沿江东部	1984 9 2 08—11	靖江—如东

4 小结

4.1 西风槽(或槽前急流)和台风倒槽两类不同性质云系相接叠加,直观地反映了高、中、低空3支急流特定配置关系,表示有利于暴雨云团发展的“合适环境场”建立。

4.2 台风倒槽北部的低层风场扰动,促使低层动量辐合和能量锋生,为暴雨云团发生提供初始动力。风场扰动区上空集中了有利于暴雨云团发展的温湿特征和动力条件,促使暴雨云团在云系叠加区的低层风场扰动前沿发生发展,并随风场扰动一起向前传播。

4.3 中尺度气压扰动和低层风场扰动相伴发展,是重力波不稳定发展的反映,是激发暴雨云团的重要机制。

参考文献

- 1 唐章敏 金秀兰 台风倒槽内诱发低压暴雨的诊断研究 热带气旋科学讨论会文集,北京 气象出版社,1992, 187—196
- 2 金秀兰 中尺度风速脉动对暴雨的触发作用 浙江气象科技,1990,11(4),12—16
- 3 杨国祥 中小尺度天气学 北京 气象出版社,1983, 163—167

The Relationship between the Development of Cloud Cluster of Heavy Rain and the Low-level Wind Field

Jin Xiulan

(Jiangsu Research Institute of Meteorological Science, Nanjing 210008)

Abstract

Using satellite cloud pictures and data from the intensive and conventional observation, the characteristics of the cloud pictures and the physical quantity field are comprehensively diagnosed. Then trigger actions of the disturbance of low-level wind field for cloud cluster with heavy rain are discussed.

Key Words cloud cluster of heavy rain disturbance of wind field rainfall intensity