

西风带高空冷涡叠加使台风减弱的物理过程分析*

唐 章 敏

(江苏省气象科研所)

一、引 言

“7708”号台风是西北太平洋上的一个反抛物线型路径的强台风,台风中心于9月11日08时在崇明岛登陆,登陆前一天就迅速减弱,登陆后很快填塞。表1给出台风登陆前后中心强度的变化情况。

由表1可见:1、台风中心登陆前30小时起(此时台风中心尚在长江口以东五、六百公里的海上)台风就开始明显减弱。2、中心登陆前6小时内台风减弱最快,每小时增压率和风速减小率均达最大值。

3、台风登陆后中心强度继续减弱(比之海上减弱速度并无明显增大),12日凌晨台风填塞在皖南山区繁昌附近。

据统计,凡在 $24-35^{\circ}\text{N}$ 登陆时台风中心强度达 $P_{min}<985$ 毫巴, $V_{min}\geq 25$ 米/秒者都可维持36小时以上,个别的可维持68小时之久。而8号台风登陆时势力较强(970毫巴、25米/秒),登陆后穿过江南水乡,但不足24小时就消失了,减弱速度比

* 杨琴贤同志参加了资料分析工作。

之浙闽山区亦是异常之快。

是怎样的物理过程使8号台风尚在远离陆地的海上就突然迅速减弱,登陆后又以超过复杂地形影响的减弱速度而很快填塞呢?通过分析发现:当西风带高空切断冷涡与台风中心互旋互吸,二者水平距离在5个纬距以内时,叠加在台风环流西侧的高空冷涡将使位于其低层的台风强度大大减弱。

对于高空冷涡对热带低压云团的影响,许健民等^[1]曾给出“7816”号台风发展于热带高层冷涡东南方5—10个纬距内的云团的分析结果。本文着重对西风带高空冷涡叠加到台风上空时引起台风环流内垂直空间的结构发生重大变化,而使台风迅速减弱的物理过程进行分析,给出高空冷涡东北方5个纬距内“7708”号台风结构变化的物理图象。

二、冷涡与台风的叠加

原西风带极槽移到我国东北地区后,槽底(在朝鲜半岛)自低层向高层先后切断出一个冷性低涡,9月8日20点从700—100毫巴各层都有闭合切断低涡环流,这在卫星云图(图略)上看得很清楚,冷涡云系呈逗点状并开始和极槽云系相脱离,位于台风云系的北方。这个冷涡在对流层中上层(500—200毫巴)是干而冷的低能系统,而在低层则处于能量锋区内,在接近对流层顶附近(100毫巴)低涡与暖中心相配合。低涡中心的铅直线随高度略向北向东倾斜。以上特征与台风的高温高湿显然是相反的。

自冷涡被切断起就和台风互旋互吸,在此过程中二者强度都略有减弱,且闭合冷涡出现的层次越来越偏于高层,而台风环流越往低层越强,二者成为不同高度上的系统。10日08时在400毫巴以下冷涡中心均已消失,其环流和台风环流合併,看起来台风环流范围扩大但中心强度明显减弱。而300和200毫巴上冷涡中心位于台风中心的西南偏西方向480公里(大陈岛附近)。在卫星云图上二个云系已合併,低涡云系消失,台风云系有偏心现象,但云系结构松散云体近于正圆形,西侧边界较为整齐,高层卷云辐散及低层辐合都大大减弱,旋转性减弱。

图1给出10日08时高低空系统叠加时铅直运动(用修正的运动学方法求 ω)和绝对涡度分布的空间结构。由图可见,1.台风环流存在于300毫巴以下,台风中心附近有正涡度中心相配合,其中以500—700毫巴的正涡度中心与台风中心位置配合最好,正涡度最大值在500毫巴;冷涡环流存在于

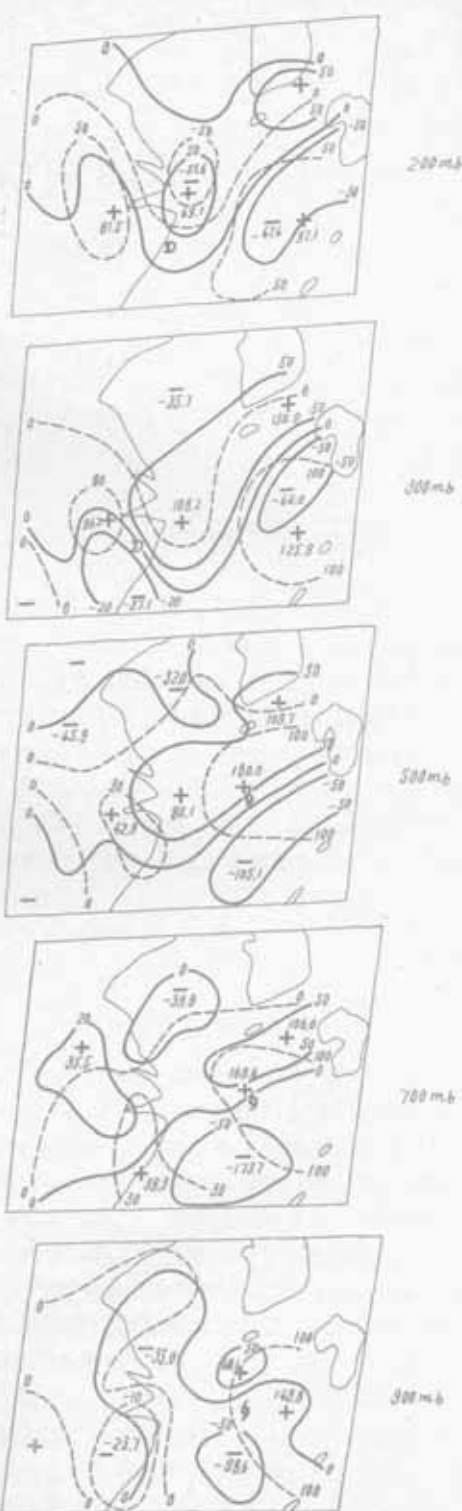


图1 10日08时铅直速度和绝对涡度分布的空间结构
粗实线:等 ω 线(10^{-4} mb/s)
虚线:等 ζ 线($10^{-6}/s$)

表 1

时次	8 ¹⁴	8 ²⁰	9 ⁰²	9 ⁰⁸	9 ¹⁴	9 ²⁰	10 ⁰²	10 ⁰⁸	10 ¹⁴	10 ²⁰	11 ⁰²	11 ⁰⁸	11 ¹⁴	11 ²⁰	12 ⁰²
$P_{msl}(mb)$	907	910	915	920	920	920	925	930	940	945	955	970	980	990	995
$V_{msl}(m/s)$	70	70	65	65	60	60	60	55	50	45	40	25	25	20	20
$\Delta P_1(mb)$		+0.5	+0.8	+0.8	0.0	0.0	+0.8	+0.8	+1.7	+0.8	+1.7	+2.5	+1.7	+1.7	+0.8
$\Delta V_1(m/s)$		0.0	-0.8	0.0	-0.8	0.0	0.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-2.5	0.0	-0.8	0.0

(9月11日08点台风中心登陆于长江口崇明岛)

300和200毫巴上,亦处在正涡度区内,在冷涡中心和西北方附近并有正涡度中心相对应,正涡度最大值在300毫巴,而低层900毫巴则为负涡度。2.在台风中心和冷涡中心以北均为下沉运动(仅900毫巴有弱上升运动),两个中心以南皆为上升运动。在冷涡中心东北方台风中心西侧200—300公里附近是一较深厚的对流层中高层下沉运动区,最强的下沉运动在300毫巴其次为500毫巴,最强的上升运动中心在台风中心南侧200—300公里的700毫巴上。这种垂直结构对台风的减弱,主要是下沉气流对台风铅直环流的抑制作用、风垂直切变场的变化及台风暖心结构的破坏等三个方面。

三、干冷下沉气流对台风铅直环流的强力抑制

图2给出通过台风中心的经向剖面图,由铅直速度($\omega = dp/dt$)和假相当位温平流($-\vec{v} \cdot \nabla \theta_{se}$)的配合可以看到,1.在高层冷涡的南侧有整层暖湿上升气流,最强在600—700毫巴,冷涡北侧对流层中高层内有干冷下沉气流,最强在300—400毫巴。与高层低涡中心相配合有铅直环流,环流中心高度在200—400毫巴。2.冷涡北侧的强干冷气流已侵入台风中心上空,在台风中心北侧300公里以内这支下沉气流与大陆高压脊前的下沉气流相连接,形成深厚的大范围下沉气流,仅在700毫巴以下维持着暖湿上升气流。台风中心两侧的双铅直环流均已消失。

对冷涡北侧叠加在台风中心上空的最强下沉气流和台风中心附近的最强上升气流的强度及出现的高度统计见表2。

由表2可见,1.下沉运动最强发生在冷涡叠加到台风上空时的高层300毫巴上,随着冷涡的减弱下沉气流向较低的层次(400—600毫巴)传递。2.

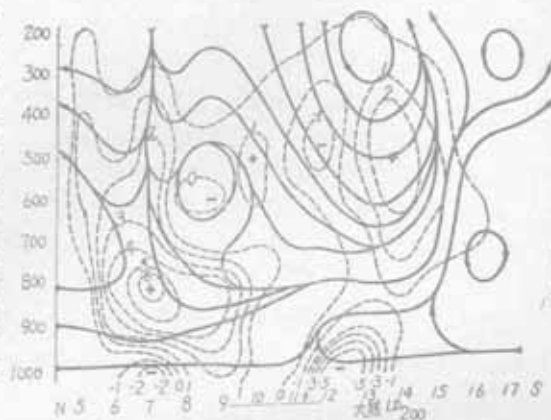


图2 10日20时通过台风中心的经向剖面
虚线:等 θ_{se} 平流线($10^{-4}K/S$)
粗实线:二维剖面上的流线

在高层下沉运动强盛的时段内上升运动受到强力抑制,仅在低层有较弱的上升运动。当下沉运动明显减弱时上升运动曾一度恢复增强,出现层次抬高到中层。

Gray的论文中指出,在大西洋上由于高空北风流到扰动西部,使扰动的发展受到抑制^[3]。这个结论与本文上述分析有着类似之处。

四、冷涡叠加使台风环流内垂直切变增大,外围垂直切变减小

Gray(1980)指出^[3],有利于扰动发展的风垂直切变场是,在扰动中心附近2个纬距内垂直切变小,而在扰动中心外围4—6个纬距垂直切变值大;反之则不利于发展。“7708”号台风的减弱与上述结论有着较好的一致性。

图3给出9—11日的 $\Delta u(200—800毫巴)$ 分布情况。同时求得台风中心外围300公里以内及

表 2

时 次	10 日 08 时		10 日 20 时		11 日 08 时		11 日 20 时		12 日 08 时	
ω (10^{-3} mb/s)	+10.82	-3.39	+7.51	-1.28	+9.28	-1.67	+4.45	-10.98	+4.01	-5.40
出现层次 (mb)	300	800	400	800	500	900	600	500	400	600

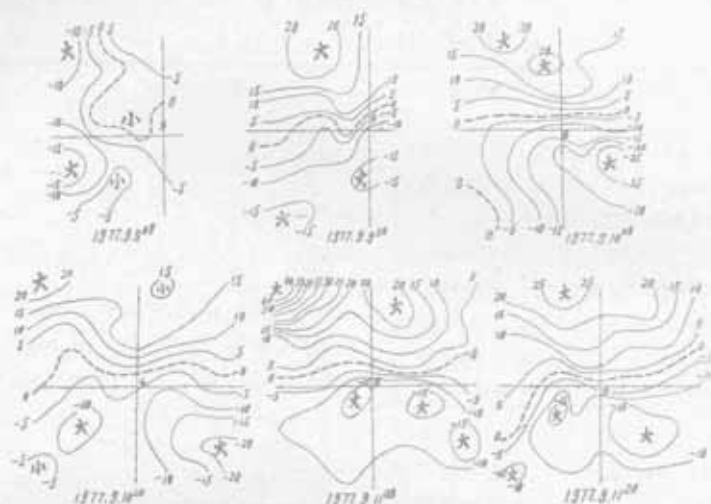
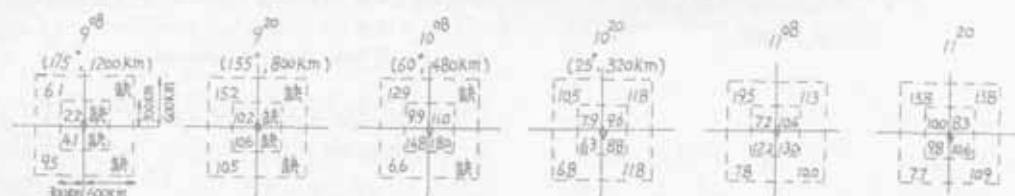
图 3 9—11 日通过台风中心附近的风垂直切变 $[\Delta u(200-800 \text{ mb})]$ 分布图(m/s)

图 4 台风中心外围 300—600 公里内各象限垂直切变平均值(m/s)

300—600 公里范围内各个象限的上述垂直切变平均值(单位:米/秒)如图 4。

由图 4 可见: 1. 台风中心附近有垂直切变的零值线通过。2. 当冷涡中心和台风中心水平距离大于 800 公里时, 台风中心 300 公里范围内的平均垂直切变值仅 2—4 米/秒。该值开始增大为 9 日 20 点, 比台风明显减弱提前 6 小时, 说明台风中心减弱与 300 公里内风垂直切变的增大有密切的关系。3. 在台风中心外围(取 300—600 公里, 约 5 个纬距)的垂直切变值则以台风中心西南象限(即高空冷涡叠加的方向)为最小, 且常小于 300 公里内的垂直切变值。在其他象限虽外围切变值较大(由于冷涡与

台风的叠加并不完全重合所致), 但 300 公里以内的切变值亦较大, 仍有利于台风强度减弱。以上分析表明: 由于高空冷涡的叠加使台风环流 300 公里内垂直切变明显增大, 而冷涡所在方向的台风外围 5 个纬距附近垂直切变减小, 有利于台风强度减弱。

五、下沉干冷气流侵入破坏了台风暖心结构

当冷涡和台风相距在 10 个纬距以上时, 台风整层为暖心结构; 当冷涡叠加后在台风中心西侧有冷槽自北向南分布, 从 850—400 毫巴台风为“西冷东暖”, 暖心结构已被破坏。图 5 给出 10 日 08 点 500 毫巴上的台风温度场与流场分布。图中 500 毫

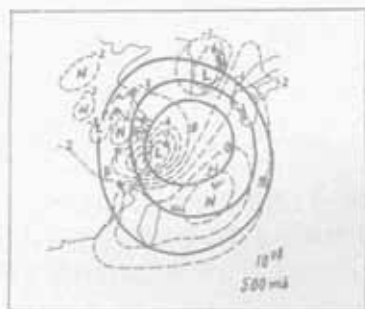


图 5 10 日 08 时 500 毫巴上台风温度场与流场分布。粗实线：流线；虚线：等温线。

巴冷中心位置与 300 毫巴冷涡中心吻合(在大陈岛附近)。由于冷干的偏北气流向南侵入,台风温度场明显东西非对称性。这种非对称性结构还明显地反映在台风天气和热力、动力等物理量场的空间分布上(图略)。

六、小 结

1. 高空冷涡对台风强度的影响与两个中心的相对位置和水平距离远近有关。当热带低压或云团位于冷涡东南方 5—10 个纬距以内时,将有利于热

带低压发展为台风;当高空冷涡位于台风中心的西侧 5 个纬距以内时,台风将迅速减弱。

2. 西风带高空冷涡无论是在空间位置上还是在热力动力学性质上都和台风有很大的差异,它们二者的相互影响主要是通过垂直空间内的物理过程而产生的。“7708”号台风个例分析表明,当高空冷涡叠加到台风中心西南方上空 5 个纬距以内时,大量干冷下沉气流使台风环流内的暖湿上升气流受到强力抑制,台风中心 300 公里内的风垂直切变增大,台风暖心结构受到破坏,台风结构东西非对称,致使台风迅速减弱。

参 考 文 献

- [1] 许建民、王友恒“夏季西北太平洋热带对流层上部冷涡的分析”。气象学报第 37 卷 1979 年第 3 期。
- [2] William M.Gray “Observational and Theoretical Aspects of Tropical Cyclone Genesis”
1980 年 10 月上海国际台风会议文件
- [3] William M.Gray “Global Climatological Aspects of Tropical Cyclone Occurrence”
1980 年 10 月上海国际台风会议文件