

环境动力、热力因素对台风发生、 发展影响的数值试验

徐 祥 德

(南京气象学院)

提 要

本文采用数值试验的方法,研究了环境动力、热力因素与台风扰动发展的相关关系,揭示了环境流场、温度场分布对台风发展的影响,本文的数值试验表明不同初始弱涡旋结构、不同基本流场分布将引起台风扰动状况的显著差异,同时若改变环境温度场会对台风系统的 CISK 效应较大的影响,环境外围降温导致台风扰动的加强将有利于台风的发展。反之,冷空气注入台风内部,却显著地抑制了台风的发展。本文还研究了积云加热状况与台风扰动结构的相关关系。

一、引 言

沿海台风经常能与来自中国大陆的冷空气相遇。不少研究指出:“台风是一种暖心系统,如有强冷空气流入台风时,会破坏台风的暖心,使台风减弱和消亡或变性为温带气旋。进入中纬度西风带的台风经常会遇到这种情况。但冷空气还有另一种相反的作用,如果冷空气较弱,而且主要影响台风外围环流,可以有利于台风的发生、发展”。^[1] 台风发展与环境流型的变化有着显著的相关关系,台风扰动与基本流场、温度场之间存在着不同尺度运动的相互作用,“台风低压外围对流层底层风速气旋性切变加大,也就加强了埃克曼层抽吸作用,使得 CISK 作用更强,有利于台风的发生、发展”。^[3]

关于台风的形成、发展的预报可以从台风扰动机制和环境条件两方面来探讨。本文借助于模拟台风发展的数学模型着重研究了台风发展与环境流型、温度场结构的联系,采用十层轴对称模拟台风发展的数值试验模式,研究了台风发展的环境动力、热力因素。

二、台风发展的环境动力因素

为了研究环境流场对台风形成的影响,本文取低层初始风场为三类不同弱涡旋结构,其切向风速分布为

1983年11月21日收到,1985年3月5日收到再改稿。

$$V_i = V_0 \left(\frac{r}{r_{0i}} \right) \exp \left[0.5 - 0.5 \left(\frac{r}{r_{0i}} \right)^2 \right] \quad (i = 1, 2, 3) \quad (1)$$

式中 $V_0 = 10$ 米/秒, r_{0i} 为最大风速径向距离。图 1 表示台风发展对于初始弱涡旋气旋性切变分布的差异较为敏感。

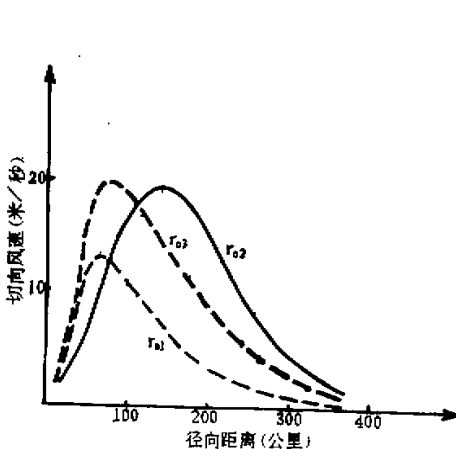


图 1 三类初始弱涡旋, 模式计算 32 小时 850 hPa 切向风速分布

细虚线: 初始最大风速 $r_{01} = 100$ 公里, 实线: 初始最大风速 $r_{02} = 200$ 公里, 粗虚线: 初始最大风速 $r_{03} = 380$ 公里

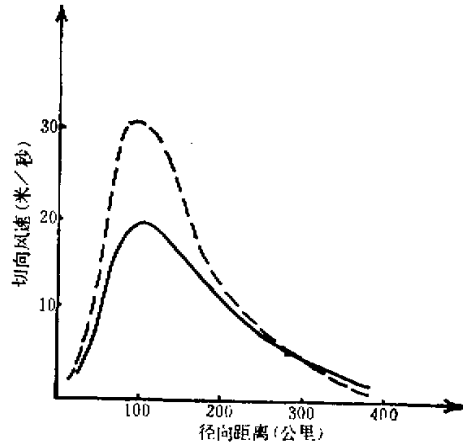


图 2 改变环境流场, 模式计算 27 小时 850 hPa 切向风速分布

虚线: 初期阶段环境流场最大风速的范围为径向 200—300 公里, 实线: 未改变环境流场的情况。

天气事实表明冷空气亦可造成气压梯度及环境流场的变化, 为了研究环境流场变化对台风发展的影响, 本文作了改变基本流场。考察台风发展的试验, 发现: 若在初期阶段加宽弱涡旋最大风速区域, 且并不改变最大风速数值, 也可导致台风扰动后期的加速发展, 计算过程时间积分仅 27 小时最大风速已达 30 米/秒(图 2), 另外, 台风扰动发展与初期阶段加宽最大风速区的径向位置相关, 偏于台风扰动外围效果较为显著(图 2), 这一特征与图 1 所示结论有一定联系, 即初始弱涡旋外围存在较强的气旋性切变比近中心的强气旋性切变更有利于台风发展。试验结果也表明增加最大风速数值亦可加快台风发展。另外, 若在初始扰动范围加强垂直运动, 其结果也有利于台风发展, 但效果比上述初始水平风场变化的影响要弱。

上述试验说明: 低层存在初始气旋性涡度是台风发展的重要动力学条件, 即初始扰动的气旋性切变分布是台风发展的关键问题之一。这一台风发展的动力因素涉及初始弱涡旋结构和基本流场的变化(即最大风速区范围、强度、位置的改变)。初始基本流场的变化明显影响台风扰动后期的发展, 这一结论说明大尺度基本流场与台风扰动的相互作用对于台风发展的贡献是不可忽视的。在实际天气中, 台风环境流场的改变也可与南下冷空气造成气压梯度分布的变化有关。

三、环境热力因素的影响效应

本文作了改变环境温度场研究台风发展、消亡因素的数值试验, 虽然轴对称做法与实

际有一定差距,但试验结果可对台风形成的环境因素研究提供一定线索与依据。

本文对如下环境温度变化与台风发展的关系问题进行了对比试验:

- (1) 台风系统环境温度场不附加降温。
- (2) 台风系统整个范围附加降温(冷空气注入台风内部)。
- (3) 风台系统外围附加降温,且范围不同(冷空气影响外围)。

对于环境温度场不附加降温的情况,模式计算过程中初始弱涡旋发展,最大风速半径随时间变化,原 r 为 200 公里处最大风速 $V_0 = 10$ 米/秒,时间积分 24 小时风力增至 21 米/秒,大风半径收缩到约 100 公里处,台风涡旋的温度场趋于“暖心”结构,计算 36 小时云区由外围向台风内部发展。

对于外围环境降温的情况,台风扰动发展显著,若在径向 380 公里以外附加降温,即

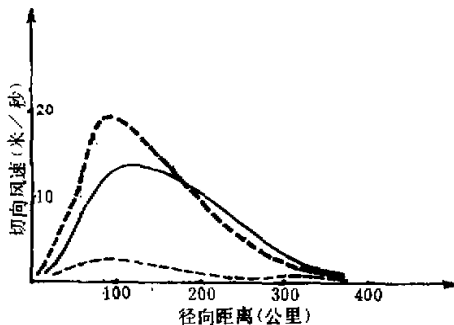


图 3 三类环境温度场情况下,模式计算 20 小时 850hPa 切向风速分布

实线: 环境温度场不附加降温,粗虚线: 外围附加降温, $r_T \geq 380$ 公里,细虚线: 冷空气注入台风内部,台风系统均附加降温, $r_T \geq 0$

$r_T \geq 380$ 公里,可造成大风半径收缩加快,最大风速达 20 米/秒的时间提前约 8 小时。

图 3 给出低层 (850—950 hPa) 环境降温,即 $r_T \geq 380$ 公里、冷空气过强(覆盖整个台风范围)即 $r_T \geq 0$ 、无冷空气影响三种环境温度场情况,模式时间积分 20 小时,850hPa 层切向风速分布。由图 3 可见,外围环境降温明显加快了台风的发展,相反,冷空气侵入台风内部,台风扰动的发展却受到抑制。

四、环境热力因素与台风 CISK 效应的相关

本文数值试验还揭示了环境降温有利于强化台风系统的 CISK 作用,促使台风扰动径向内流及上升运动发生显著变化。模式计算 16 小时后径向内流增强,显然比无环境降温更有利于积云对流的旺盛发展,上升运动亦集中于台风眼壁周围。反之,若冷空气注入台风内部,则破坏了台风系统的垂直运动结构(图 4)。另外,环境降温也有利于台风系统的积云发展,促使积云范围加快扩展,且向眼壁周围集中(图 5)。上述结果说明环境热力因素对台风发展的影响是通过加强台风内部的 CISK 效应而实现的。

本文还研究了环境降温范围与各时段大风半径变化的相关关系(表 1),计算表明环

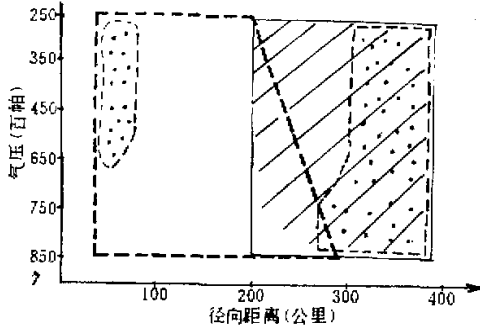


图 4 模式计算 16 小时,三类环境温度场上升运动分布

粗断线包围区域为外围附加降温的上升运动区域,斜线区域为不附加降温的上升运动区,带点区域为冷空气侵入台风内部的上升运动区

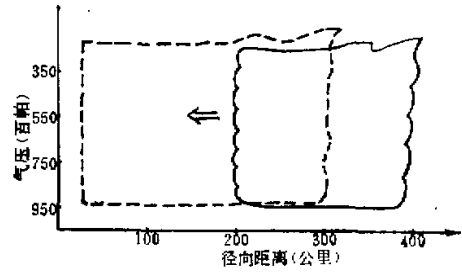


图 5 模式计算 24 小时,由于环境温度场的改变外围附加降温, $r_T \geq 300$ 公里,台风云区的变化

虚线包围区域为外围附加降温相应云区分布,实线包围区域为不附加降温相应云区分布。

境温度场降温能导致大风半径收缩加快,且使大风半径变小。

表 1 环境温度场降温范围(半径 r_T)与 850hPa 台风最大风速半径 r_{max} 的相关关系

r_{max} (公里)	试验时间 (小时)	0	5	9	14	18
$r_T \geq 0$		200	200	160	80	100
$r_T \geq 200$		200	200	120	80	80
$r_T \geq 300$		200	200	200	160	100
环境温度场不附加降温		200	200	200	200	140

图 6 说明不同环境温度场的影响导致台风发展最大切向风速随时间演变的明显差异, $r_T \geq 300$ 公里的情况台风 850hPa 最大切向风速增长最快。其中 r_T 均表示环境降温的径向半径。

观测事实表明冷空气扩散到台风外围,往往激发台风的突然发展,其原因不仅与台风外围气旋性涡度加强的动力因素有关,而且与冷空气造成暖湿空气抬升、潜热释放加强有关^[2]。本文作了积云加热状况对于台风扰动影响的试验,计算结果发现积云加热程度与大风半径、扰动风场的变化相关,试验给出不同积云加热参数(1:2:10),对比模式计算过程中风场演变特征可知,积云加热越强,积云对流越旺盛,大风半径收缩越迅速,风力增强越快,即台风涡旋加强的特征表现得更加明显。这反映了台风系统积云对流和天气尺度扰动的相互作用。

本文数值试验研究了环境流场、温度场对台风形成、发展的影响问题,探讨了环境动力、热力两方面因素,数值试验的结论将为近海台风突然加强现象的预报与研究提供一定

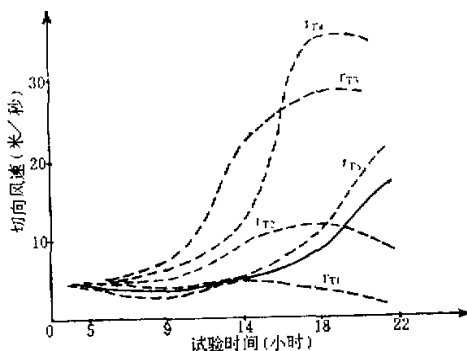


图 6 不同环境温度场情况下台风 850hPa 最大切向风速随时间演变 ($\Delta T = -4^\circ$)

$r_{T1} \geq 0$, $r_{T2} \geq 100\text{km}$, $r_{T3} \geq 200\text{km}$, $r_{T4} \geq 300\text{km}$, $r_{T5} \geq 380\text{km}$, 实线为不附加降温的演变过程。

理论依据。

本文有关数值模式部分是在杜行远、周崇东指导下完成,陶诗言、杨大升、廖洞贤、陈联寿、马淑芬和朱复成提出了宝贵意见,在此谨致以深切谢意。

参 考 文 献

- [1] 陈联寿, 1979, 西太平洋台风概论, 科学出版社。
- [2] 束家鑫、陈联寿, 1980, 中国台风研究和业务预报的评述, 上海国际台风学术讨论会译文集。
- [3] 李崇银, 1983, 环境流场对台风发生、发展的影响, 气象学报, 41 卷 3 期。
- [4] 王作述、何诗秀, 1979, 一个南海锋面低压发展成台风的分析, 中国科学院大气物理所集刊(8 号), 科学出版社。
- [5] Richard A. Anthes, James W. trout and stanley L. Rosenthal., 1972, Comparisons of tropical cyclone simulations with and without the assumption of circular symmetry, *Mon. Wea. Rev.*, 99.
- [6] William, M. Gray, 1973, Feasibility of beneficial hurricane modification by carbon dustseeding, *atmos. Sci., paper*, No. 196.
- [7] Richard A. Anthes, Stanley L. Rosenthal and James W. trout., 1971, preliminary results an asymmetric model of the tropical cyclone. *Mon. Wea. Rev.*, 100.

AMBIENT DYNAMIC AND THERMODYNAMIC EFFECTS ON GENESIS AND DEVELOPMENT OF TYPHOON

Xu Xiangde

(Nanjing Institute of Meteorology)

Abstract

Based on numerical experiments, the influence of ambient dynamic and thermodynamic factors on the genesis and development of typhoon is investigated. The analyses and numerical results show that the patterns of ambient temperature and initial wind have significant influence on typhoon formation. The reasons why the ambient cold air affects typhoon are discussed.