

# 南海季风低压和南海台风的对比分析

邹美恩 梁必骐

(气象学系)

## 摘 要

本文用综合方法给出了南海季风低压和南海台风的平均结构,并分别计算了它们的涡度收支。结果表明两者的结构和环境场条件存在明显的差异。台风发生于风速垂直切变零线附近,而低压则远离切变零线。在散度场上,台风比季风低压具有更深厚的辐合层,而在对流层上层低压比台风有更大的正值。在涡度场上,中对流层以下有较大的涡度积累,而上层为涡度亏损,这一特点台风比低压表现更明显,在量值上台风比低压大二倍以上。局地涡度变化主要取决于散度项、水平平流项和垂直输送项,就这些项而言,台风比低压具有更明显的不对称结构,不对称的加热和涡度变化是导致台风移动的一个重要因素。

在南海地区,夏季风时期最常见的热带涡旋是台风和季风低压,大多数南海台风是由季风低压发展而成的。由于南海海域小,环境场条件比较特殊,这里发生的季风低压与印度季风低压不同,在结构上存在明显的差异\*,南海台风也比太平洋台风弱小,结构上也有明显不同的特点。因此,研究和比较这两类低涡系统在结构上的特点和差异,以及它们形成的环境场条件,进而探讨季风低压在什么样的环境条件下能发展成台风,这对于做好南海台风的预报乃是一项有意义的工作。

我们对1970年以来在南海地区生成的台风和季风低压进行普查分析,并挑选出强度和环流场相似的12个台风和10个季风低压个例,用合成方法进行分析,分别得到它们的平均三维结构,并作了对比分析。本文所用的合成方法类似于文献<sup>[1]</sup>。此外,我们利用合成后的网格资料集,分别计算了两类低涡系统的局地温度变化和局地涡度变化。加热场是采用大尺度垂直速度和温湿网格资料估算的。涡度变化是将涡度方程化为网格差分计算的。同时,我们采用类似于Stevens方法<sup>[2]</sup>,将次网格涡度输送当作大尺度涡度倾向的余差,讨论涡度收支平衡,对比两类低涡系统各项量值的差异,以求得对低压发展成台风的机制有更深刻的认识。

南海台风大多是在季风低压的基础上发展起来的。它们是既有明显区别又有密切联系的两个热带系统。我们在后面讨论中把低压发展成的台风称为发展系统,而将始终停滞于低压强度的季风低压称为不发展系统。

本文1983年12月收到

• 梁必骐、邹美恩、李勇、李斌,南海季风低压的活动和结构,1983,

## 一、结构对比分析

### 1. 风场垂直切变特征

Gray<sup>(3)</sup>指出,热带风暴的发展要求对流层中风速垂直切变小,这样有利于水汽和能量的保持。因此发展系统中心附近都有一个切变值为零的地带,而不发展系统往往没有。要形成热带强气旋,不仅要求在系统中心附近风垂直切变要小,还要求在系统两边毗邻区域上的风垂直切变要很大,且符号相反。如图1所示,上述特征,在南海台风与季风低压中同样有明显的反映。无论是纬向风分量或经向风分量,台风都发生在切变零线附近,而低压则远离切变零线。在纬向风切变图上,台风北侧是正值,南侧是负值。在经向风切变图上,台风西侧是正值,东侧是负值。正负中心绝对值比较,负中心远大于正中心。这与具有对称的正负值中心的太平洋台风系统是有区别的,导致这种区别的直接原因,可能是受南亚高压的影响,在南海上空常常存在一股东北风急流。而在低层盛行西南季风气流,如果低压北侧和西侧没有足够大的偏东、偏北气流配合,其较大的正切变值不易达到,可见在天气分析中,考虑低压能否发展成台风,应当特别注意热带辐合带北侧是否有足够强大的东北气流。正如Dvorak<sup>(4)</sup>指出的,在大西洋上高层偏北气流会抑制系统的发展。那么在南海地区,强盛的高层东北气流很可能就是南海台风不如太平洋台风强大的原因之一。

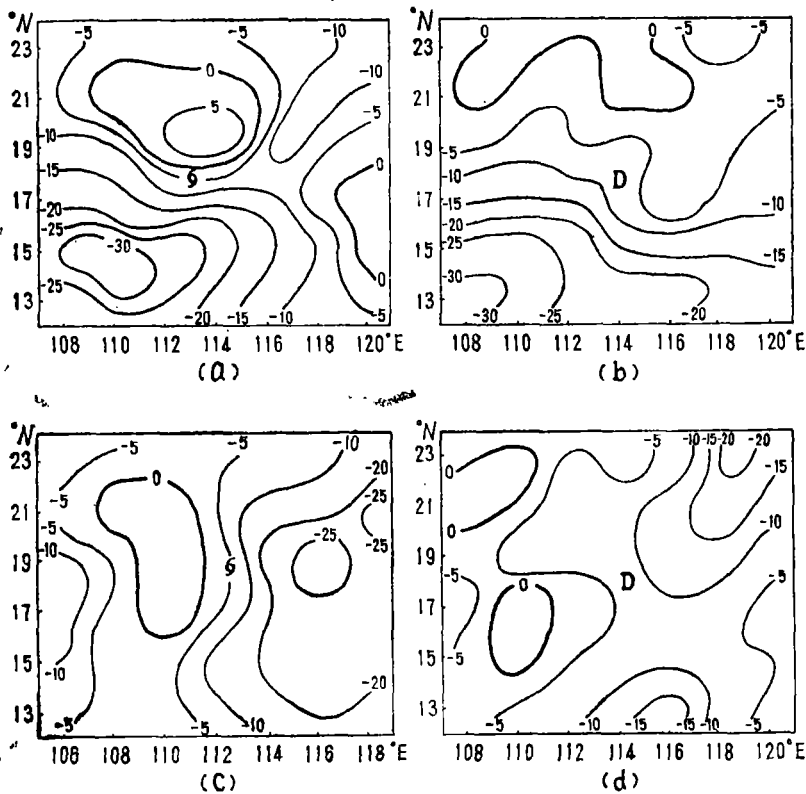


图1 台风与低压环境风垂直切变。 a台风 $U_{200}-U_{850}$ 。  
b低压 $U_{200}-U_{850}$ 。 c台风 $V_{200}-V_{850}$ 。 d低压 $V_{200}-V_{850}$ 。

### 2. 散度，涡度场对比分析

我们以二个经纬距的格距求散度与涡度，再求出系统中心附近五点平均值作垂直分布廓线，如图2(a)、(b)，图中实线代表发展系统，虚线代表不发展系统。从散度场分布看出，发展系统在300毫巴以下都是辐合的，而不发展系统的辐合层仅出现在600毫巴以下，在对流层上层不发展系统的辐散强度比发展系统更强。由此可见，认为当高层辐散大于低层辐合时，系统将会得到发展的所谓“上层抽吸”作用、不一定是系统发展的主要机制，至少对于南海台风来说是如此。由涡度场分布看出，发展与不发展系统都是250毫巴以下为正涡度，250毫巴以上为负涡度，但不同的是在量值上，发展系统比不发展系统大2倍以上，这与Gray<sup>(6)</sup>和Mcbride<sup>(6)</sup>的结果是一致的。

对照综合流线图可知，不发展系统的涡管在垂直方向上倾斜度很大，尽管其涡度环

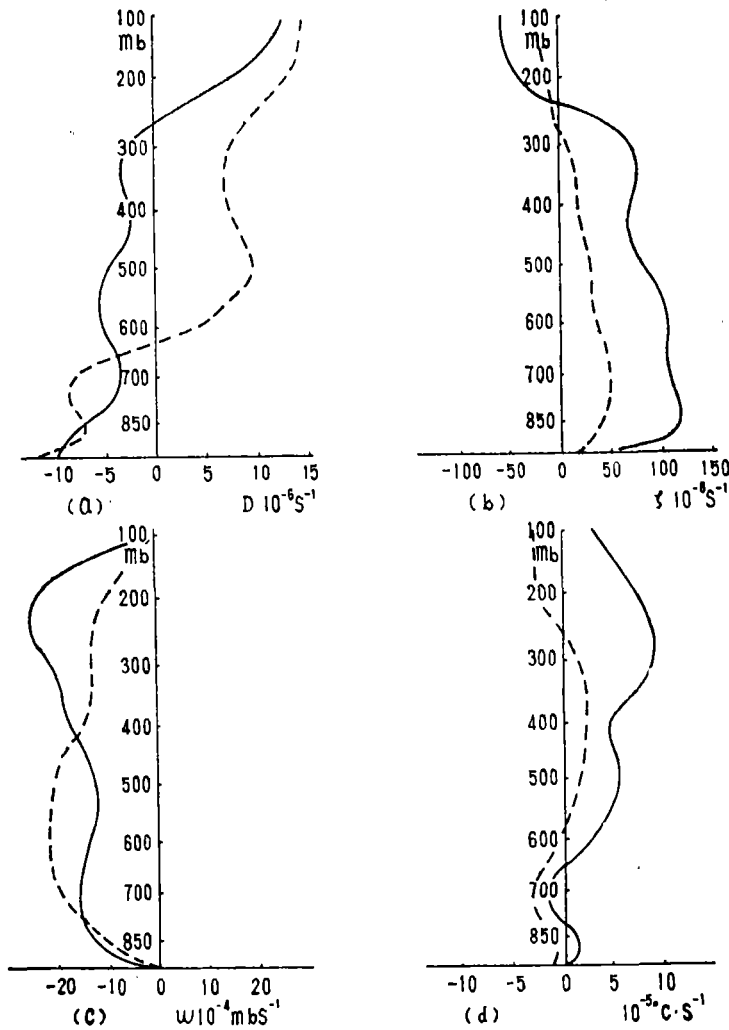


图2 半径为2纬距的低压中心平均垂直廓线。 实线为台风，虚线为低压；a散度，b涡度，c垂直速度，d由 $\omega$ 算的加热倾向，

流可以追踪到500毫巴以上，但低层为涡管中心的地方，其600毫巴以上已经转为涡管后部的辐散区，造成上部有一个深厚的辐散层，且辐散强度远大于低层的辐合强度，从而抑制了系统的发展。反之，对于发展系统，在300毫巴以下，涡管是近于垂直的，仅在300毫巴到150毫巴之间出现明显的倾斜，其辐散也仅出现在300毫巴以上，虽然上层辐散不大，抽气作用不明显，但由于组织得很好的垂直涡管环流的维持，促进了系统的发展。

### 3. 垂直运动场和加热场结构

图2(c)是两类低压系统中心附近的平均上升速度的垂直廓线，发展系统的最大上升速度出现在250毫巴，不发展系统出现在600毫巴左右。图3(a)、(b)分别给出了台风与季风低压上升速度的纬向垂直剖面，发展系统在中心附近有强烈的上升运动，以西侧为大，在中心上空出现弱下沉运动，有利于台风眼的形成。不发展系统仅在中心附近出现上升运动，在其西侧有弱下沉发生。

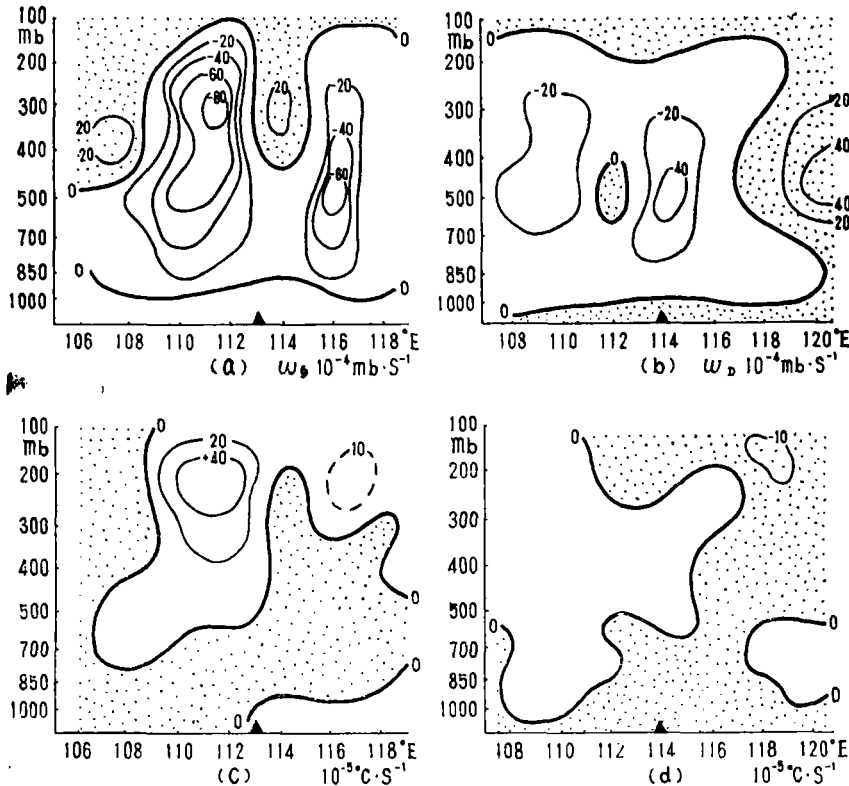


图3 a.台风垂直速度东西剖面, b.低压垂直速度东西剖面(点影区为下沉区), c.台风加热场东西剖面, d.低压加热场东西剖面(点影为非加热区).

为了考察南海低压的加热场结构，在没有弄清小尺度积云对流是如何影响大尺度热力分配的情况下，我们采用大尺度垂直速度与综合得到的温湿网格资料来估计局地温度变化。热力学第一定律可写成：

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{\theta}{T} \frac{H}{C_p} \quad (1)$$

这里 $H$ 为单位质量空气的加热率,  $T$ 为温度,  $C_p$ 为定压比热,  $\theta$ 为位温。微商位温关系式得

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{\theta}{T} \frac{dT}{dt} - \frac{K\theta}{p} \omega \quad (2)$$

$K = R/C_p$ ,  $R$ 为气体常数, (2)式代入(1)式整理得

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \left( \frac{KT}{p} - \frac{\partial T}{\partial P} \right) \omega - u \frac{\partial T}{\partial x} - v \frac{\partial T}{\partial y} + \frac{H}{C_p} \quad (3)$$

$H$ 由 $\omega$ 和凝结函数求得。

图2(d)是两类低压系统中心附近的垂直加热廓线, 两类系统都在600毫巴到250毫巴之间加热, 以发展系统更为显著。图3(c)(d)分别给出了两类系统的加热场纬向垂直剖面分布, 两类系统都在中心以西加热, 特别是发展系统中心西面加热很剧烈。虽然计算结果可能偏大, 而不完全符合实际情况, 但从定性看, 这样的加热场分布与系统的西移是一致的。

## 二、涡度收支分析

大尺度涡度方程可写成

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = -\vec{V} \cdot \nabla (\zeta + f) - \omega \frac{\partial \zeta}{\partial P} - D(\zeta + f) - \vec{K} \cdot \nabla \omega \times \frac{\partial \vec{V}}{\partial P} \quad (4)$$

其中 $\zeta$ 是相对涡度,  $\vec{V}$ 是全风速矢,  $f$ 是地转参数,  $D$ 为散度,  $\omega$ 是 $p$ 坐标中的垂直速度,  $\vec{K}$ 为垂直方向单位矢量。直接用综合法得到的网格风资料计算, 结果表明, 扭转项比方程(4)右面其它项小一个量级, 涡度的局地变化, 主要是由散度项、平流项和垂直输送项引起的。

图4(a)、(b)、(c)分别是系统中心附近散度项、平流项和垂直输送项的垂直廓线。图4(d)是方程(4)右边四项的总和。从图看出, 散度项在850毫巴为 $18 \times 10^{-10} \text{秒}^{-2}$ , 100毫巴为 $-17 \times 10^{-10} \text{秒}^{-2}$ , 是各项中量值最大的一项。对于发展系统, 200毫巴以下是正涡度积累, 200毫巴以上是负涡度积累, 不发展系统仅在600毫巴以下有正涡度积累。平流项的一个重要特征是针对发展系统而言, 在对流层中层存在明显的负涡度平流, 而不发展系统则没有。不管是发展或不发展系统, 除600毫巴附近外, 平流项的作用总是部分抵消了散度项的贡献。特别是不发展系统有较大的上层正平流, 很不利于上层负涡度的产生。

垂直输送项对各层涡度起到调节作用, 发展系统最大垂直输送发生于对流层中上层, 不发展系统则发生于500毫巴以下, 这种结构与 $\omega$ 的垂直分布相一致。

由图4(d)看出, 涡度方程右边各项作用的总和在低层造成正涡度积累, 上层有正涡度亏损, 特别是发展系统, 这种特征表现得更明显。如果按发展系统850毫巴的涡度倾向变化, 则一天之后就会使气旋涡度增大 $155 \times 10^{-6} \text{秒}^{-1}$ , 这个数值已经远远超过了图2(b)所示的最大气旋涡度值( $120 \times 10^{-6} \text{秒}^{-1}$ ), 显然这是不可能的。实际上气旋在发展

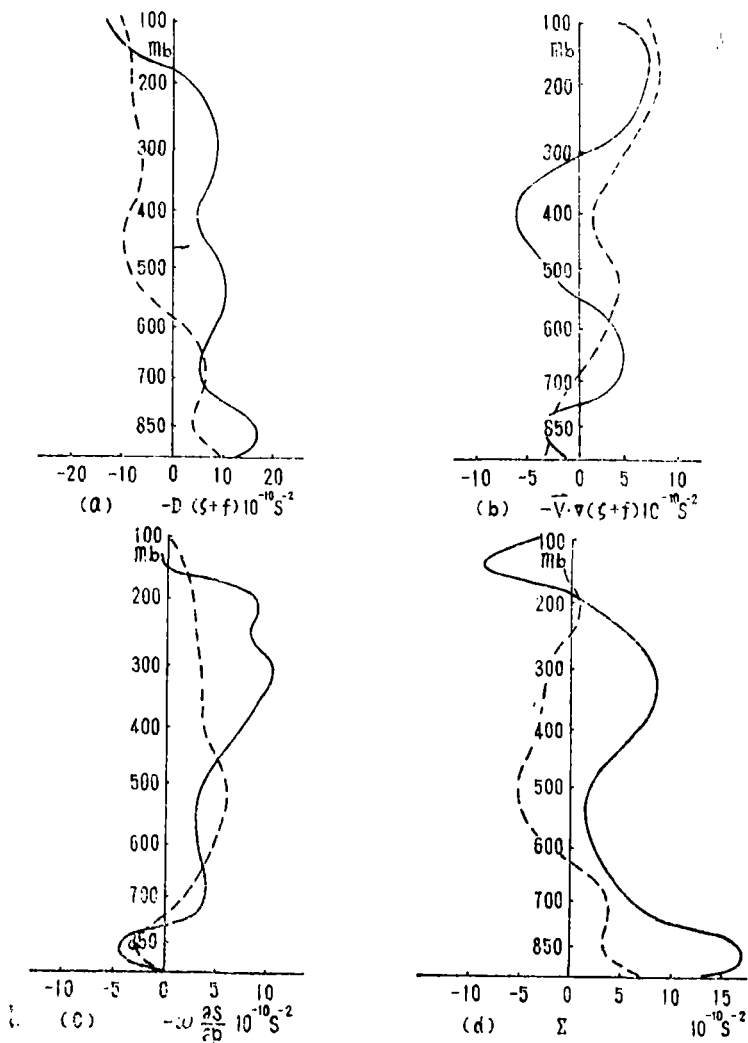


图4 涡度方程中各主要项在低压中心2纬距内平均垂直廓线。实线为台凤，虚线为低压；a散度项，d平流项，c垂直输送项，d各项总和。

过程中，各层涡度的量级是准平衡的，上述计算误差的产生，可能是由于没有考虑小尺度积云对流对涡度输送的作用。按STEVENS<sup>(2)</sup>的方法，结合考虑天气尺度和次网格尺度的涡度输送，可将涡度方程改写为：

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla (f + \zeta) + w \frac{\partial \zeta}{\partial P} + D(\zeta + f) + \vec{K} \cdot (\nabla w \times \frac{\partial \vec{V}}{\partial P}) \\ & = -\nabla \cdot \vec{V}^* \zeta^* - w^* \frac{\partial \zeta^*}{\partial P} - \vec{K} \cdot (\nabla w^* \times \frac{\partial \vec{V}^*}{\partial P}) \end{aligned} \quad (5)$$

其中\*表示次网格尺度的偏差量，其它符号同(2)式。在具体计算过程中是把大尺度的余差作为次网格尺度的涡度源来考虑的。由此可见，就次网格尺度涡度输送而言，上层是涡度源，下层是涡度汇，也就是说积云对流在低层损耗大尺度涡度的积累，而在上层产生正涡度，以补偿大尺度的亏损。由图4(d)可推知，发展系统的积云对流比不发展系统

要旺盛得多。

图5分别给出了发展与不发展系统的散度项,平流项与总倾向的纬向垂直剖面分布。由图5(a)不难看出,发展系统是强不对称系统,其中心西侧300毫巴以下都是正涡度产生区,最大中心在850毫巴附近,而中心以东,从上到下基本上都是负涡度生产区,有两个负中心,分别位于850毫巴和400毫巴左右,这种倾向显然有利于系统向西移动。

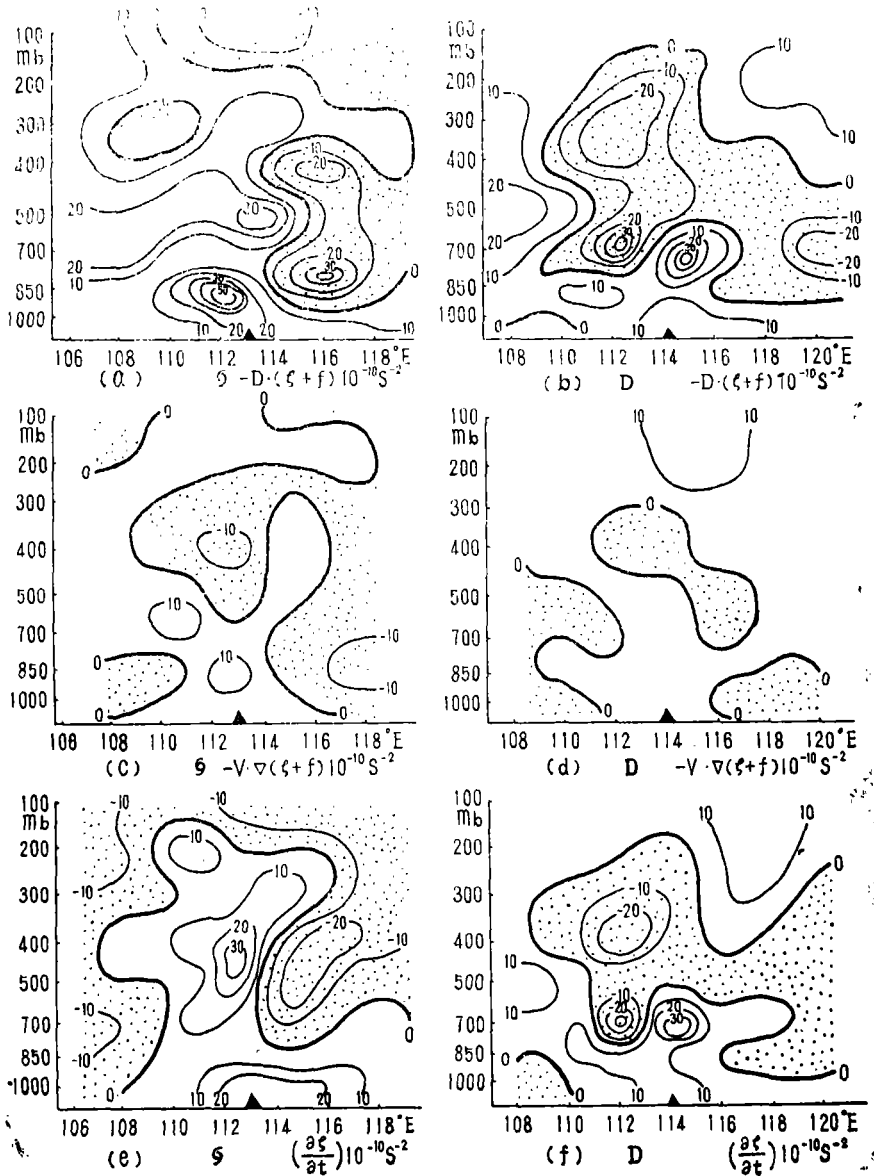


图5 涡度方程中大尺度主要项东西向垂直剖面分布

a.台风散度项, b.低压散度项, c.台风平流项, d.低压平流项, e.台风大尺度各项总变化, f.低压大尺度各项总变化。

图5(b)表示不发展系统的情况,可见它是一个比较对称的系统,在中心上空850毫巴上

有一个正中心, 700毫巴以上两侧都是负涡度产生区, 700毫巴附近在气旋中心西侧有一个负值中心, 这显然不利于系统西移。以上分析结果与系统移动的统计事实是相符合的。

图5(c)与(d)表示的平流项结构, 其差别不很显著, 中层都有一个负涡度产生层。图4(e)、(f)给出了总涡度倾向分布, 它同样反映出发展系统的不对称性和不发展系统的对称性。对照图3(c)、(d), 涡度倾向的分布和加热场的分布很相似, 特别是发展系统, 加热区对应着正涡度产生区, 加热中心在正涡度倾向中心的上空, 这说明, 涡度的产生和上层大气的增暖是密切联系的, 这与台风向增温中心方向移动的观测事实是一致的。

### 三、结 语

对于南海地区, 生产于热带辐合带中的低压, 能否发展成台风, 可以得到以下几点初步结论:

1. 考虑系统能否发展时, 不仅要注意辐合带南侧的西南气流是否活跃, 同时更应注意其北侧是否有足够强大的偏东气流, 以致使低压中心处于垂直风切变( $U_{200}-U_{854}$ )的零线附近, 其南北两侧异号, 且梯度较大。

2. 导致系统发展的有利环境条件是对流层上层的负涡度和中下层的正涡度配置, 而不是散度场上表现出来的“抽吸作用”。

3. 由大尺度涡度方程各项的计算表明, 在垂直剖面上, 不对称的系统有利于发展和移动, 对称系统则反之。不对称的涡度倾向分布和加热场有较好的联系。

4. 积云对流在涡度平衡中起着不可忽视的作用, 大尺度低层有正涡度积累和上层有正涡度亏损, 这主要是由积云对流补偿的。对积云来说, 低层是涡度汇, 上层是涡度源。

### 参 考 文 献

- [1] 邹美恩、梁必骥, 全国热带夏季风学术会议文集(1982), 云南人民出版社, 1983, 259—271.
- [2] Stevens, D. E., *Mon. Wea. Rev.*, 107 (1979).
- [3] Gray, W. M., *Tropical Cyclone Genesis, Atmos. Sci.*, PP. 234, Colo. State Univ., Ft. Collins, co, 1975, 119 pp.
- [4] Dvorak, V. F., *Mon. Wea. Rev.*, 103 (1975), 420—430.
- [5] Gray, W. M., *Envpers—Chfac Technical*, PP. 16—75.
- [6] McBride, J. L., *Atmos. Sci.*, 1979, 308.

## A Study of the Monsoon Depression in Contrast with the Typhoon Over the South China Sea

*Zou Meien    Liang Biqi*

### Abstract

In this paper by using the composite method the mean structure and the vorticity budget of the monsoon depression and the typhoon over the South China Sea are given. We found that their structures and environment conditions are different. Typhoon center there is a region of zero vertical wind shear, but over the monsoon depression it is quite different. In the uppertroposphere the quantity of divergence in the monsoon is greater than that in the typhoon. In the vorticity field, within the typhoon the vorticity quantity accumulates in the mid-lower troposphere and it decreases in uppertroposphere. Increment of the local vorticity largely comes from divergence, horizontal advection and vertical transfer. As concerns these three terms, the typhoon has a more asymmetrical construction than the monsoon depression.

(出) (版) (消) (息)

经教育部及文化部批准，中山大学出版社已于1983年10月成立。该社属于自然科学方面的第一本书《高分子化学与物理专论》即将出版。本书为教育部委托中山大学在广州举办的全国高等学校高分子化学与物理教学学术讨论会上的专题讲演集。它概括了高分子科学主要领域的基本理论、最新成就与发展方向，是从事高分子科学的教学、科研及生产实践人员的重要参考书，也是有关高分子专业学生有益的补充教材。读者可向各地新华书店订购，亦可直接向中山大学出版社邮购。

本书的主要内容如下：

- |                        |                     |
|------------------------|---------------------|
| 高分子化学的进展—八十年代的特征 (冯新德) | 高分子化学反应 (何炳林)       |
| 高分子化学反应统计理论 (唐敖庆)      | 高分子聚集态的几个基本问题 (钱人元) |
| 自由基聚合反应 (丘坤元)          | 高聚物晶体结构研究方法 (马德柱)   |
| 离子聚合反应 (沈家聪)           | 玻璃化转变 (于同隐)         |
| 配位聚合反应 (林尚安)           | 高分子溶液 (李卓美)         |
| 共聚反应进展 (陈伟朱)           | 高聚物多相复合体系 (曾汉民)     |

(丰)