

# 对流层中低空急流影响下辐合带扰动的发展

## —— 7504 号台风的形成

董克勤 张婉佩

(中央气象局研究所)

### 提 要

7504 号台风是由赤道辐合带的云团扰动发展形成的。扰动的发展出现在辐合带南北侧两支对流层中低空急流加强和接近的时候。这两支急流之间的强烈气旋性切变和径向气流的明显辐合以及伴随着的云团旋转合并和低云向低压流入,构成了扰动迅速发展为台风的有利条件。

联系 Bates 关于辐合带扰动发展的理论,对于本文分析的结果作了一些推测性质的讨论。

### 一、分 析

7504 号台风形成于我国东南邻近海域。福建省气象台<sup>[1]</sup>、浙江省气象台和台州地区气象台<sup>[2]</sup>曾分析了这次台风的发生情况。卫星云图的演变表明,7504 号台风是由辐合带云系北沿的云团扰动发展起来的。

8 月 9 日上午,在菲律宾稍东的辐合带云系北沿,出现两个浓密云团(图 1)。与此西边的云团相对应,在 9 日 8 时的地面天气图上,在  $19^{\circ}\text{N}$ 、 $127^{\circ}\text{E}$  附近有一个热带低压形成。以后,东边的云团向西边的云团作气旋式旋入,10 日上午两者合并(图 2)。此时,云团北部螺旋状结构清楚,外沿伴有数列弧状对流雨云带;云团南部有反映低层流入的尾状结构;云团边沿可看到反映高层流出的卷云羽。据此估计,10 日 8 时扰动达到台风强度,其中心位于  $20.7^{\circ}\text{N}$ 、 $125.6^{\circ}\text{E}$ 。中央气象台于 10 日 14 时发布了 7504 号台

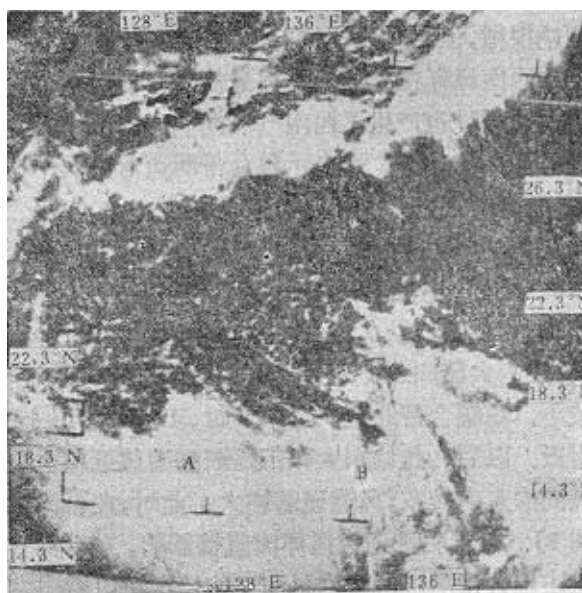


图 1 1975 年 8 月 9 日白天云图

风编号。据日本《气象要览》资料,热带低压发生于9日8时,台风形成于10日8时,与以上分析结果一致。在这次过程中,从低压出现到台风形成只经历了24小时,其发展速度是比较快的。



图2 1975年8月10日上午云图

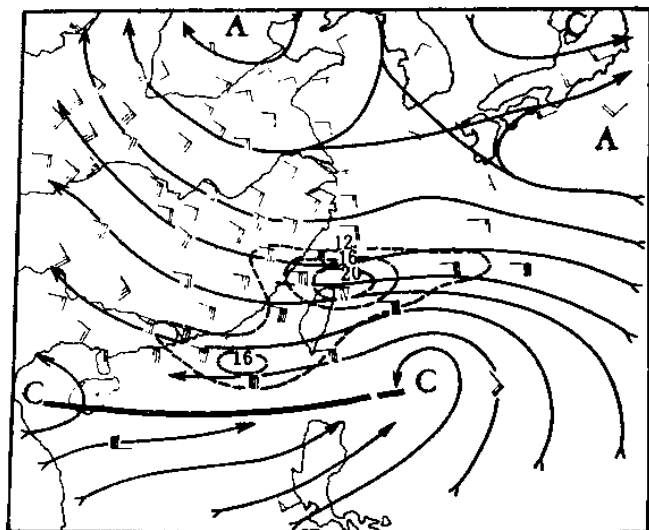


图3 1975年8月9日20时700mb流线  
(---- 为等风速线,单位:米/秒)

图3是8月9日20时700毫巴的流线图。它可以表示低压向台风发展时段对流层中低空流场的特征。这时热带低压位于我国南海北部的赤道辐合带东端。在辐合带北边是广阔的偏东风,在台湾省附近有一支强风带,其最大测站风速达24米/秒。辐合带南边测站很稀,但从马尼拉附近的打拉和我国西沙的测风可以判断,在辐合带南边也有一支较强的西南风存在。这两支强风在热带低压附近造成了较大的气旋性切变和明显的气旋性弯曲,同时也产生了西南气流向低压的卷入。低压附近的这些流场特点与上述云团演变的特征非常吻合。这表示辐合带两边对流层中低空的两支强风与这次热带低压的发展有密切联系。

为了分析辐合带两边气流的变化与这次低压发展之间的联系,我们绘制了沿东经120°附近一些测站700毫巴风的时间变化剖面(图4)。从图中可以看到,在辐合带南边的马尼拉附近,从7日20时起,一直吹12米/秒以上的偏西南大风;9日8时(热带低压形成)西南大风向北扩展到吕宋岛北端,9日20时打拉站西南风达20米/秒,以后风力稍有减小。在辐合带北边,7日20时,12米/秒以上的东南大风出现在远离辐合带的北纬30°附近。以后,此偏东大风带逐渐向南移近辐合带;9日8时大风带移至我国台湾省附近,风向由东南转东,风速显著增大。此时,在台湾省南北端,出现偏东风急流分支的现象(见图3)。再以后直到台风环流直接影响,在台湾省北端继续维持一支东—东北风急流。从上述辐合带两边两支强风演变的情况可以看出,正是当偏东风急流南移到赤道辐合带附近,风力明显增大,同时西南气流也向北扩展和加强的时候,热带低压发生并迅速发展为7504号台风。

另外,从低压北边的石垣岛和低压西南方的打拉站的测风时间剖面(图5,图6)可以

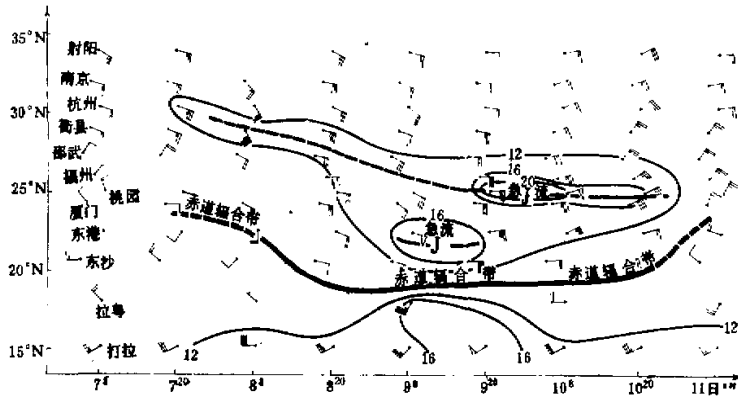


图4 沿东经120°附近700mb风的时间变化剖面  
(1975年8月7日8时—11日8时) ——等风速线(米/秒)

看出,在此热带低压的发生发展阶段,在辐合带两边的对流层中低空各有一支急流。在石垣岛,偏东风急流轴位于700—850毫巴之间,其出现时间与上述700毫巴偏东风急流移到台湾省附近的时间相近。在打拉站,西南风急流轴的位置在700毫巴附近,其演变与上述700毫巴西南强风的变化完全一致。因此,可以认为,7504号台风是在辐合带两边的两支中低空急流影响下发生的。这两支中低空急流之间的气旋性切变和辐合以及伴随着的中低空云的卷入,对辐合带扰动的发展提供了有利的动力和热力条件。

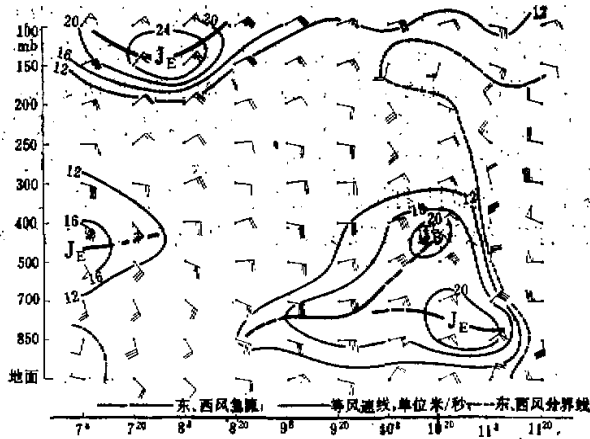


图5 石垣岛站高空风时间剖面  
(1975年8月7日—11日20时)

谢义炳、陈受钧等<sup>[5]</sup>在1963年曾指出,多数西北太平洋台风是在赤道西风由西向东增强后,发生于赤道西风与信风的交界区。根据卫星云图分析的结果,陶诗言、丁一汇<sup>[6]</sup>指出,影响我国的台风发生于赤道辐合带的占80%左右。由于这一基本事实,近年来人们很重视基本气流的水平切变对台风发生的作用。如Agar<sup>[5]</sup>强调,Anna台风是在辐合

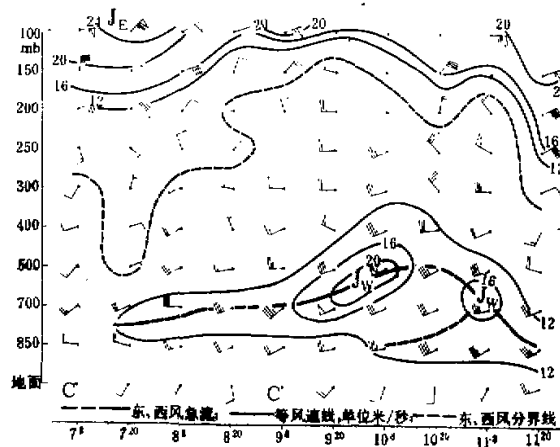


图 6 打拉站高空风时间剖面  
(1975 年 8 月 7 日 8 时—11 日 20 时)

带两侧强东风与弱东风的气旋性切应力作用形成的。显然,在 7504 号台风的发生过程中,辐合带两侧对流层中低空的基本气流之间较大的气旋性切变。图 7 是根据菲律宾打拉和我国东沙岛测风计算得出的纬向风切变的时间演变曲线。很明显,从低压出现到台风形成,辐合带两侧对流层中低空的纬向风气旋性切变持续增大;9 日 20 时,700 和 850 毫巴的气旋性切变都达到最大,其值大于相应地点的地球自转涡度 ( $2\omega \sin \varphi$ ),同时,我们也计算了这两个站径向风产生的散度 ( $\partial v_r / \partial r$ )。从低压出现到台风形成,辐合带两侧对流层中低空径向风的散度是由辐散减小向辐合增大的趋势演变 (图 8)。从图 7 和图 8 可以看到,在这次热带低压的发展过程中,上述纬向风的气旋性切变和径向风的辐合都是 700 毫巴比 850 毫巴明显。它意味着在这次发展过程中,对流层中低空比近地面层具有较大的作用。这与云图上看到的低云流入和云团旋转合并的现象也很一致。计算石垣岛、桃园和东港等另外三个站与打拉之间的纬向风切变和径向风散度,得到类似的结果 (表 1)。但它们距打拉较东沙远,其切变或散度数值一般都比图 7 和图 8 中相应时刻的数值小。

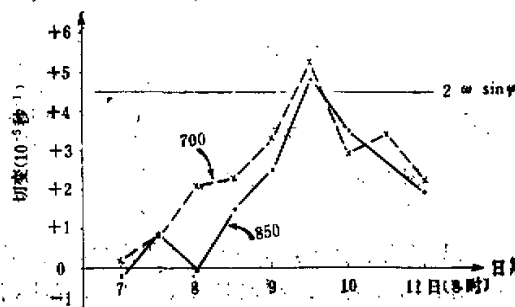


图 7 赤道辐合带两侧(东沙岛与打拉之间)中低空纬向风切变的时间变化  
(正值为气旋性、负值为反气旋性)

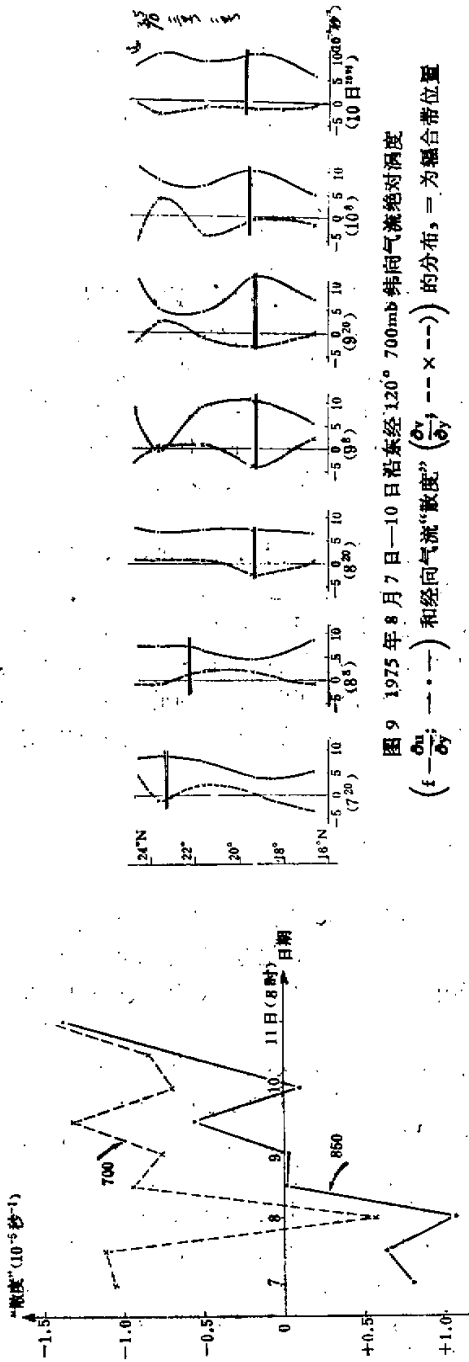


图 8 赤道辐合带两侧(东沙岛与打拉之间)中低空经向风“散度”的时间变化(负值为“辐合”正值“辐散”)

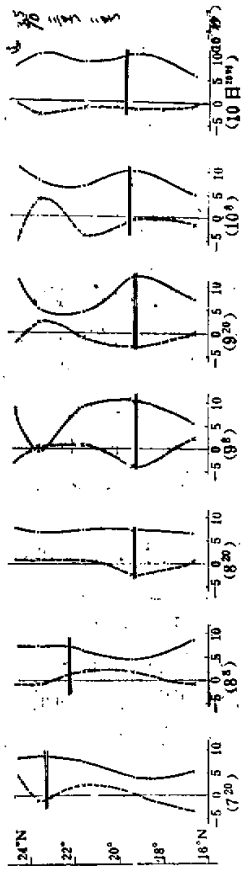


图 9 1975 年 8 月 7 日—10 日沿东经 120° 700mb 纬向气流绝对速度 ( $t - \frac{\partial u}{\partial y}$ ;  $-\cdots-$ ) 和经向气流“散度” ( $\frac{\partial v}{\partial y}$ ;  $-\cdots-$ ) 的分布,  $\infty$  为辐合带位置

表 1 在 700mb 和 850mb 辐合带北边的桃园、石埭岛、东港与辐合带南边的打拉之间的纬向风切变和经向风“辐合”计算结果。

| 性 质                                             | 700/(850) |    | 7 日 8 时     | 7 <sup>00</sup> | 8 <sup>00</sup> | 9 <sup>00</sup> | 10 <sup>00</sup> | 11 <sup>00</sup> |
|-------------------------------------------------|-----------|----|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
|                                                 | 地点        | 时间 |             |                 |                 |                 |                  |                  |
| 纬向风切变<br>(10 <sup>-1</sup> ·秒 <sup>-1</sup> )   | 桃园—打拉     |    | 0.5/(-0.2)  | 1.4/(1.7)       |                 | 3.7/(2.7)       | 2.3/(2.6)        | 1.8/(1.4)        |
|                                                 | 石埭岛—打拉    |    | 0.9/(0.5)   | 1.5/(1.3)       | 2.1/(1.3)       | 3.2/(2.6)       | 3.1/(3.3)        | 2.5/(3.0)        |
|                                                 | 东港—打拉     |    | 0.3/(0.5)   | 1.0/(1.0)       | 1.8/(1.1)       | 3.7/(1.3)       | 2.5/(2.0)        | 1.3/(0.9)        |
| 经向风“辐合”<br>(10 <sup>-1</sup> ·秒 <sup>-1</sup> ) | 桃园—打拉     |    | 1.0/(-0.3)  | 0.0/(-0.8)      | -/-             | 0.6/(-0.2)      | 1.2/(0.8)        | 1.3/(1.0)        |
|                                                 | 石埭岛—打拉    |    | -0.4/(-0.4) | -0.4/(-1.3)     | -0.5/(-0.4)     | 0.9/(0.2)       | 1.2/(1.5)        | 1.7/(2.0)        |
|                                                 | 东港—打拉     |    | 1.8/(0.9)   | 0.4/(-0.2)      | -0.9/(-0.3)     | 1.1/(0.2)       | 0.8/(0.7)        | 0.9/(0.5)        |

图9给出沿东经120度700毫巴纬向气流绝对涡度和径向气流散度的分布。从涡度分布的演变可以看到,随着辐合带两边两支急流的接近和加强,8日20时以后,在辐合带附近纬向气流绝对涡度出现了极大值,即纬向基本气流达到了有利于天气尺度扰动发展的正压不稳定状态<sup>[6]</sup>。T. Nitta 和 M. Yanai<sup>[7]</sup>曾根据马歇尔群岛的资料指出,在赤道至北纬20度之间,对流层中低空月平均东风的分布有类似急流的现象;它可使东风带处于正压不稳定状态。根据这些情况可以考虑,在这次辐合带扰动的发展过程中,由于辐合带两边两支对流层中低空急流的接近和加强而形成的辐合带附近纬向气流的正压不稳定,是一个重要的有利动力条件。但一般正压不稳定判据是在无辐散的假设下导出的,因此对于存在明显辐合的赤道辐合带的扰动的发展是不充分的。如前所述,这次扰动的发展与经向气流的辐合有密切的联系。从图9散度分布的演变可以看出,从低压出现前的8日20时到台风形成前的9日20时,在辐合带附近经向气流的辐合明显而且具有极大值。另外,与纬向气流的气旋性切变和经向气流的辐合密切联系,云团的旋转合并和低云向低压的流入,对这次扰动较快地发展为台风也是不可缺少的有利条件。陈隆勋、王作述等人<sup>[8]</sup>曾详细研究了热带辐合带台风生成过程中两块云团的旋转。低云向低压流入已是预报热带低压发展常用的一个指标<sup>[9]</sup>。

需要指出,在这次台风形成以前,菲律宾东北海域的海面水温高达30℃<sup>[1]</sup>,水汽能源的气候条件是具备的。由于测站稀少,无法直接计算低压附近纬向风的垂直切变,但从离辐合带不远距低压也较近的东港测风来看,垂直切变弱有利潜热释放后集中的条件也基本上符合。东港200毫巴纬向风减850毫巴纬向风的结果是:9日8时——2.7米/秒,9日20时——0.8米/秒。美国飓风中心考虑有利热带低压发展的风的垂直切变条件是:在低压中心周围半径400英里的范围内,对流层低层平均风与高层平均风之间的切变小于15哩/小时。<sup>[1]</sup>

## 二、讨 论

上述分析表明,7504号台风的初始扰动是在赤道辐合带两侧的两支对流层中低空急流的影响下发展的。随着这两支中低空急流的接近和加强,辐合带附近产生了强烈的气旋性切变和明显的经向气流辐合;引起了云团的旋转合并和低云向低压流入;使辐合带扰动迅速发展成台风。

J. R. Bates<sup>[11]</sup>曾从理论上计算出一个热带辐合带的模式,研究了辐合带扰动发展的动力学。在他的理论模式中,辐合带北侧的大气下层东风中出现了急流现象;在急流南侧东风气流具有强烈的水平气旋性切变,达到了正压不稳定的程度。他研究扰动发展的情况后指出:在扰动增长的初始阶段,依赖于平均气流的正压不稳定,作用于平均气流水平切变的雷诺应力,供给大部分扰动能量;在成熟阶段,扰动能量主要由凝结产生的涡动有效位能的直接转换提供;更进一步的增长则受到能量摩擦耗散的限制。对于对流层中低空的偏东风急流和强烈水平气旋性切变的现象,本文的分析与Bates的理论是相符的,它们对扰动发展的影响是一致的。因此可以推测,如果台风形成前的低压发展相当于Bates提出的扰动增长的初始阶段,则在7504号台风的形成过程中,对流层中低空两支急

流间的强烈水平气旋性切变,可能向扰动的发展提供大部份能量。需要指出,本文分析的偏东风急流主要是中高纬度系统影响的结果<sup>[12]</sup>,而 Bates 的理论排除了中高纬度系统的影响,因此两者之间有一定差异。按照 Bates 的理论,甚至当扰动增长到最大振幅时,低层风场仍然保持正压不稳定。在本文的分析中情况不是如此,9 日 20 时以前(台风形成以前),辐合带附近纬向风的气旋性切变、经向风的辐合等是逐日增大的,9 日 20 时以后,这些量都趋于减小(参看图 7 图 8 和图 9)。这种演变与外来系统的影响有很大关系,同时也意味着,7504 号台风形成以后,基本气流趋于正压稳定,台风继续发展的主要能量应由凝结产生的涡动有效位能的直接转换来提供(如 Bates 所指出的扰动增长的成熟阶段那样)。

### 参 考 资 料

- [1] 福建省气象台, 7504 号台风个例分析, 1976 年台风会议材料。
- [2] 浙江省气象台、台州地区气象台, 一九七五年第四号台风天气分析, 1976 年台风会议材料。
- [3] 谢义炳、陈受钧等, 东南亚基本气流与台风发生的一些事实的统计分析, 《气象学报》, 1963 年, 第 33 卷, 第 2 期。
- [4] 陶诗言、丁一汇, 两年来利用卫星云图分析影响我国主要天气系统的初步结果, 《卫星云图的分析 and 接收》, 第二集。
- [5] E.M. Agee: Note on ITCZ wave disturbances and formation of tropical storm Anna, *Mon. Wea. Rev.* 100, 1972.
- [6] 叶笃正、陶诗言, 中国科技大学《天气动力学》讲义, 1965。
- [7] T. Nitta and M. Yanski, A Note on the Barotropic Instability of the Tropical Easterly Current, *J. Meteor. Soc. Japan*, 47, 127—130, 1969.
- [8] 陈隆勋、王作述等, 西太平洋赤道辐合带中台风发生发展的初步分析, 中国科学院大气物理研究所集刊, 第 2 号, 1974 年。
- [9] 廖淑芳, 利用卫星云图作台风预报的一些经验, 全国气象卫星云图接收应用会议文集, 1976 年。
- [10] R. H. 辛普森, 台风预报问题的评述, 《台风及其预报》, 1975 年。
- [11] J.R. Bates, Dynamics of disturbances on the Intertropical Convergence Zone, *Quart. J. Met. Soc.* 1970, 96, 677—701.
- [12] 张炳麟、董克勤, 7504 号台风形成的条件, 1977 年华东台风科研协会议交流材料。

## THE FORMATION OF TYPHOON ORA (7504) IN THE ITCZ UNDER THE INFLUENCE OF THE JETS AT THE LOWER-MIDDLE LEVEL

Dong Ke-qing and Zhang Wan-pai

(Institute for Synoptic Climatology, Central Meteorological Service)

### Abstract

The Typhoon Ora is formed from a disturbance in the ITCZ. The disturbance consists of several cloud clusters. This disturbance is developed when the intensity of the jet on the southern side of the ITCZ and that on the northern side simultaneously increased and approached each other.

Our analysis shows that the appearance of strong cyclonic shear in the zonal flows and the obvious confluence of the meridional flows in the ITCZ is most favorable for the development of such a disturbance. In addition, the development is accompanied with the rotation and the merger of cloud clusters and the spiraling of low clouds into the depression. Finally, some results of analysis related to the Bates' theory on the growth of the disturbance of the ITCZ are discussed.