

# 7909 号台风螺旋云带的分析

李 玉 兰

(中国科学院大气物理研究所)

## 提 要

本文利用地球静止卫星云图配合其它资料分析台风螺旋云带,着重讨论台风螺旋云带的形成和消失过程,及螺旋云带的运动和结构等。

## 引 言

卫星云图及雷达资料分析表明,台风的螺旋云带是它最显著的云型结构特征之一。近年来,人们围绕螺旋云带的形成、结构做了许多工作。国外进行了一些数值模拟实验<sup>[1,2]</sup>。魏鼎文等<sup>[3]</sup>曾对热带风暴的结构及其云带的形成进行了模拟实验研究。在这里我们主要利用每隔三小时一次的地球静止卫星云图来揭露螺旋云带的形成和演变过程,同时配合雷达和常规气象资料对螺旋云带的特征做更进一步的说明。

## 一、台风的螺旋云带

热带扰动发展加强成台风时,形成明显的螺旋云带。但不是所有台风的螺旋云带都表现很清楚。有时螺旋云带表现很清楚,但生命期却很短。这对分析台风螺旋云带的形成和消失过程带来困难。我们从1978—1979年的地球静止卫星云图中挑选了20多个具



图1 台风螺旋云带在各个阶段的云型特征  
A: 发展阶段, B: 最强盛阶段, C: 减弱阶段。

有明显螺旋云带结构的台风和一个具有完整的螺旋云带形成和消失全过程的台风进行分析。一般说来,台风螺旋云带的云型可分成三个阶段:在螺旋云带的发展初期,云带成非对称的分布。螺旋云带主要出现在台风中心某一象限,如图1中的A,螺旋云带分布在台风中心的西北-西侧,而另一侧则表现为圆形的密蔽云区。在螺旋云带发展最强盛阶段,其云带围绕台风中心分布是呈圆形对称,台风中螺旋云带带数也较多。这种类型大多数是出现在台风的成熟期,或台风已达到最强盛的阶段,如图1中的B。图1中的C是台风减弱阶段的云型特征。这时螺旋云带的带数逐渐减少,往往是先在某一、二个象限消失。如果螺旋云带与北方冷锋相联,常常成为“S”形。或者遇到地形的影响,即在靠近地形一边云带遭到破坏。台风螺旋云带常常表现为半圆形。卫星气象工作者根据螺旋云带的云型特征——如螺旋云带的紧密程度、带数、宽度来估计台风的强度。

## 二、台风螺旋云带的形成过程

取7909号台风为例,对台风螺旋云带形成过程进行研究。该台风是1979年强台风之一,从生成到减弱、消失历时8天之久。而具有明显螺旋云带结构的时间达5天之多。因而可以很清楚地帮助我们分析该台风螺旋云带的形成和消失过程,揭露出一些有意义的事实。在7909号台风维持时期内,共有六十多幅云图,为了更清楚地揭示螺旋云带的演变我们只有用概略图来表示。图2<sub>a-f</sub>表示7909号台风螺旋云带形成过程的云型特征。图2<sub>a-c</sub>是台风形成的初始阶段。在这个阶段,台风中心附近的对流云中没有明显的带状结构,仅在距台风中心较远的东北象限出现较短的云带。这种云带不是台风的主要云带,

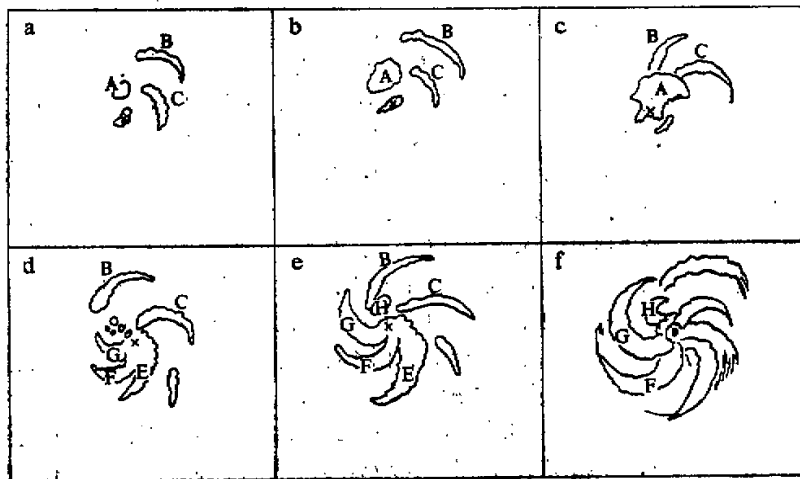


图2 台风螺旋云带形成过程示意图

a: 对流云区(A)产生 × 为台风中心; b: 对流云区(A)发展; c: 对流云区(A)进一步加强发展; d: 螺旋云带产生; e: 新的对流云区(H)产生,螺旋云带拉长,并向外传播; f: 云带增加,变紧密,台风达最强。

而是在台风中心北侧有活跃的对流云,其尺度只有几十公里。这个对流云区(A)不断发展扩大,经过十几个小时以后发展成如图2<sub>a</sub>所示的云型。云带在台风中心北面出现,这可以估计在台风中心北侧大气较不稳定,具有触发对流发生发展的条件存在。上面提到的在台风中心东北方二条云带(B、C)逐渐向台风中心卷入,并作反时针旋转,与中心处对流云区(A)相联。而台风中心南和东南侧有短而不太明显的对流云带,几个小时以后发展成非常明显的云带,并向中心卷入(图2<sub>d</sub>)。对流云带形成后沿径向方向向外扩张,在适当的环流条件下趋向减弱消失。当原来的云带向外移动的同时,在台风中心北侧又有新的对流云(H)发展(图2<sub>e</sub>)。以后就在那里继续发展成为新的云带。这样云带带数也愈来愈多,台风达到最强阶段(图2<sub>f</sub>)。这种过程我们把它称之为“内长外消”过程。因此台风螺旋云带先是在靠近台风中心北面约1—2百公里的地方逐渐发展而成。在发展过程中对流云区逐渐扩大成带状并拉长,然后作反时针沿径向方向向外运动。原来的云带生成后,又有新的对流云区发展产生新的云带。如此循环往复,以致形成多条螺旋云带。

这里顺便指出:有时由扰动云团发展成台风云系时,并没有很明显的螺旋云带结构。这可能是台风中心附近由高云所遮盖,螺旋云带连成一片所致。一旦高云消失,台风螺旋云带结构表现便很清楚。这样就很难分析出螺旋云带的初始形成地区。本文是以7909号台风为例,只是台风螺旋云带形成的一种形式,是否有代表性,还待更多的例子深入分析研究。

### 三、台风螺旋云带的运动

7909号台风是一个多螺旋云带的台风,而且云带伸展范围也大。我们统计了7909号台风内部这些云带的生消时间及其传播速度。我们规定:由对流单体组织成完整的带状结构,并由中心向外呈明显的反气旋性弯曲时刻定义为云带生成时刻。当带状结构表现为断裂的或松散的云区时刻定义为云带的减弱或消失。从生成时刻到消失时刻定义为螺旋云带的生命期。关于螺旋云带的移动,我们取云带曲率最大的地方沿径向方向测量距台风中心的距离。根据7909号台风分析结果:螺旋云带生命期一般维持在一天以上,有4条维持达三天之上。云带宽度1—2纬距,移速0—10米/秒。在台风增强或减弱阶段移速较快,成熟阶段移速较慢,有时呈准静止。图3为在7909号台风中所选择的一条云带(EF)沿径向方向每隔6小时向外传播的情况。这条云带于8月12日00世界时生成,生成后不断向外传播,在向外传播的过程中云带愈来愈变长,云带的顶端距台风中心也愈来愈远。这条云带历时3天12个小时,图4是8月15日00世界时的卫星云图。这时云带(EF)已减弱,最后消失在日本南部及朝鲜一带。

我们利用美国华盛顿发布的格点风资料用经过修正的运动学方法计算1000毫巴到100毫巴的垂直运动。这条减弱的云带(EF)正好位于台风中心东北-东-东南侧弯曲的下沉运动区(各层垂直运动图略)。这个下沉运动区垂直伸展到对流层中层(400毫巴)。下沉运动最大的地方( $2.25 \times 10^{-3}$ 毫巴/秒)对应(EF)云带中段的少云区。这表明螺旋云带的减弱和消失与大尺度环境流场有着密切的关系。

过去对台风螺旋云带的运动有二种不同的看法:一种认为螺旋云带是向内旋进的,

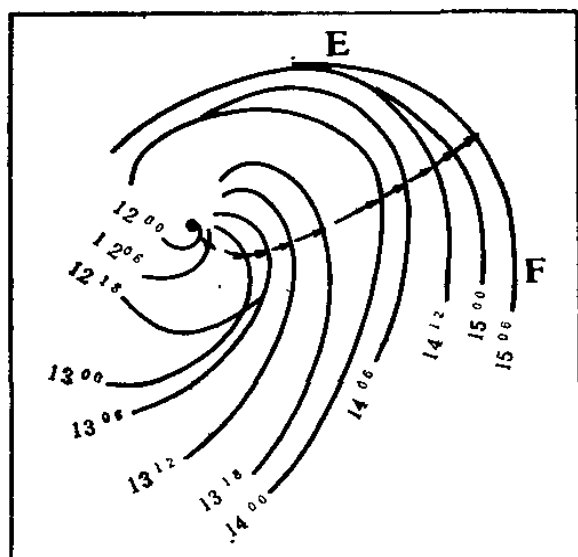
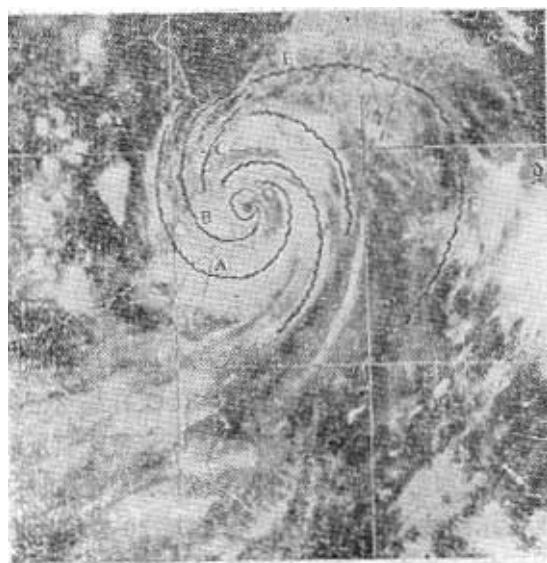


图3 螺旋云带(EF)由内向外传播

图4 1979年8月15日12时(世界时)  
地球静止卫星红外云图

最后围绕着眼区旋转。另一种认为螺旋云带是向外传播的。对7909号台风分析表明:台风螺旋云带(外云带)是沿经向方向向外传播的。但一旦当台风达到最强盛阶段时,接近中心的内部云带围绕台风中心向内卷入,而外云带缓慢向外传播或处于准静止状态。图5表示7909号台风螺旋云带的演变情况,在15日00世界时台风达到最强阶段,中心最低气压为960毫巴,中心最大风力为40米/秒。从这时开始,在靠近台风中心外的云墙(E)即内云带围绕台风中心作反时针向内旋转。非常有意思的是与(E)云带相对应的在台风中心西北象限有一块无云区(H)很明显的围绕台风中心作反时针旋转。从15日00时到16时经过16个小时旋转了一圈,这表明在台风中心眼壁云墙与外云带之间另有一下沉运动区。这块下沉运动区逐渐扩大,使台风内外云带分开。在台风外部的云带,除D云带外,A、B、C云带缓慢向外传播。从上面分析表明对台风不同发展阶段而言,螺旋

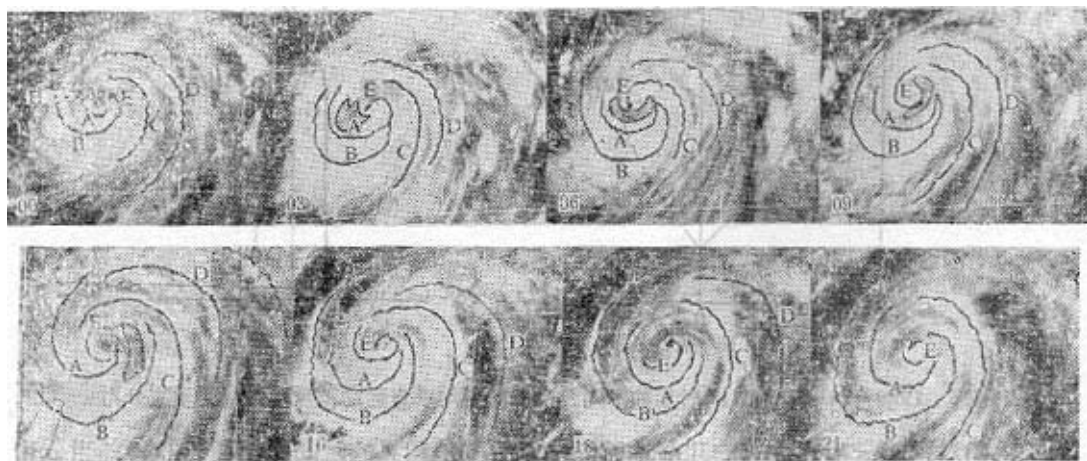


图5 台风内云带旋转情况

云带的移向和移速是有差异的。从台风初始阶段发展到正在发展阶段,台风内外云带同时围绕中心向外传播,传播速度也较快。而到台风达到最强盛阶段内外云带移向不一致。外云带沿径向方向缓慢向外传播。而内云带围绕台风中心向内旋进。这一点与过去分析是不一致的。

#### 四、台风螺旋云带的动力结构

由于海上气象资料十分稀少,对于 1—2 个纬距宽的螺旋云带不易分析出来。我们仅能根据 7909 号台风北上时,在台风前进方向的左侧有三条云带伸入大陆时的资料来对其进行分析。图 4 中的云带 A、B、C。与这三条云带相对应的地面天气图上(图略)有三条雷暴带(阵性降雨带)。特别是 A 云带天气反映最强烈,而且持续时间也长(参看图 5 中的 16、18、21 小时云图中的 B 云带)。在该日 21 时 20 分(地方时)浙江省洞头雷达站的平面显示回波照片(图略)上,衰减 20 分贝后的螺旋雨带回波仍清楚可见。在螺旋云带上以积状云为主。强的积云单体排列成弯曲的带状结构。这表明这几条云带对流活动非常旺盛。我们分析了 7909 号台风中强云带与弱云带(快消失云带)中平均垂直运动与散度的比较(图 6)。在强云带中对流层整层均是上升运动,最大的上升运动在 500 毫巴为  $-3.38 \times 10^{-3}$  毫巴/秒。而弱云带在 300 毫巴以下为下沉运动。最大的下沉运动在 600 毫巴为  $1.67 \times 10^{-3}$  毫巴/秒。这与 Yoshio Kurihara and R. E. Tuleya 等人<sup>[4]</sup>的数值模拟结果中螺旋云带高层气流下沉、低层气流上升是不一致的。在散度场上,强云带在 500 毫巴以下为辐合,以上为辐散,无辐散层在 500 毫巴。弱云带平均散度廓线与强云带相反。

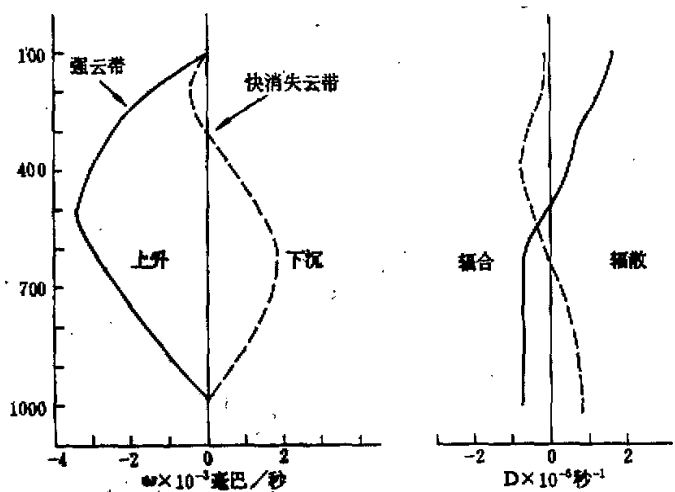


图 6 1979 年 8 月 15 日 12 时二种不同云带上的平均垂直运动和散度廓线的垂直分布

我们对螺旋云带过境时的几个地面测站做了气压和风的时间剖面图(图略)。当云带过境时地面气压上仅表现出很弱的脉动。而风向的改变却非常明显,由偏东风转成偏西

风。在水平风场上,台风螺旋云带与地面风基本一致,它与地面最大风速轴线几乎是平行的,带上的风速是不均匀的,出现多个大风中心,而对流层中、低层最大风速轴线位于台风中心南或西南侧约几百公里处。我们对挑选的20多个具有明显螺旋云带的台风进行了水平风场的分析。并参考了客观分析的700、500、200和100毫巴格点风。发现在对流层中,下层均有一支强的西风风速带位于台风中心南或东南侧(参看图1中的箭头)。这支强风速带距台风中心约500—600公里。

## 结论与讨论

本文的分析表明:(1)台风螺旋云带的形成是在台风中心附近1—2百公里以内的地方,由一小块对流云区逐渐向外演变而成中尺度对流云带,螺旋云带的消失是与台风外围大尺度环境流场有密切关系。(2)不同阶段的台风螺旋云带的传播方向和速度是不一样的。在台风发展阶段或减弱阶段,内外云带传播是一致的沿经向方向向外传播,传播速度为0—10米/秒。在台风成熟阶段,内外云带传播方向是不一致的。外云带沿经向方向缓慢(或准静止)传播,内云带则向台风中心旋进。(3)台风螺旋云带是由许多大小不一样的对流单体组成。这些对流单体的排列与地面风向最大风速轴线基本一致。带上的风速是不均匀的,有多个最大风速中心。

在讨论台风螺旋云带时,最重要的是云带形成的条件。我们的分析表明:它是在台风中心北侧最旺盛的对流云区不断产生和发展出狭窄的、具有带状结构的云带。我们推测,在台风北侧是一个螺旋云带的发生源地。这就要求在这个地区层结是不稳定的。张可苏等人<sup>[4,5]</sup>曾指出:台风螺旋云带存在的条件是层结稳定向中心变小,而且在层结接近中性或条件不稳定时,非静力平衡条件下重力惯性波传播的速度为0—19米/秒。而我们统计的结果波速在0—10米/秒,带距1—2纬距。这接近理论计算结果。因而很可能这些中尺度云带的产生是重力惯性内波发展而成的。

致谢: 本文承陶诗言先生提出宝贵意见,特此感谢。

## 参 考 文 献

- [1] Yoshio Kurihara And R. E. Tuleya, Structure of a tropical cyclone developed in a Three-dimensional numerical simulation model. *J. Atmos. sci.*, **31**, 893—919, 1974.
- [2] Anthes, R. A, Development of asymmetries in a three-dimensional numerical model of the Tropical Cyclone. *Mon. Wea. Rev.*, **100**, 461—476, 1972.
- [3] 魏鼎文、叶笃正, 热带风暴的结构及其螺旋云带的形成——模拟实验研究, 气象学报, 37 卷 2 期, 1979.
- [4] 张可苏、周晓平等, 非静力平衡模式中重力惯性波的频谱、结构和传播特征, 第二次全国数值天气预报会议论文集, 1980.
- [5] 张可苏, 非静力平衡条件下台风螺旋云带存在的条件(待发表).

## ANALYSIS OF THE SPIRAL CLOUD BAND OF THE TYPHOON MAC (1979)

Li Yu-lan

(*Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica*)

### Abstract

In this paper, using Geostationary Meteorological Satellite (GMS) imagery and conventional meteorological data, the spiral cloud band of the Typhoon is analysed. The discussion is mainly focused on the process of its formation and dissipation, and its movement and structure.