

台风生成的卫星云图特征

马卫民 吴晓彤 陈信雄

(中国卫星海上测控部气象室, 江阴)

包澄澜

(国家海洋环境预报中心, 北京)

提 要

本文对 1993~1999 年近 100 个台风过程作了卫星云图特征分析, 并计算了 10 个过程的云顶黑体温度 (TBB), 结合旬平均海表面温度分布, 以研究台风生成前期的特征条件, 得出结论为: 具有涡旋状结构的热带云团, 如果出现一条或几条长达 500~1000km 以上的长云带卷入低压内部, 云团中心部分的云顶黑体温度 (TBB) 降低到 -70°C 以下, 而且 $\text{TBB} = -60^{\circ}\text{C}$ 的范围扩大到 3×4 个纬距以上, 则低压很可能在 24h 以内发展成为热带风暴——台风。另外海表面温度 $\text{SST} \geq 29^{\circ}\text{C}$ 则很可能是台风生成的最重要的环境条件。这些结论不仅加深了对台风生成前期条件的认识, 还提供了若干台风生成的量化条件, 可应用于实际台风生成的预报。

关键词: 卫星云图; TBB; 海温; 长云带

一、引 言

台风是最严重最常见的灾害性天气系统。台风总是伴有 12 级以上狂风, 6~9m 以上巨浪, 2~3m 以上风暴潮, 200~300mm 以上特大暴雨, 对海上船舶、海洋工程产业、沿海甚至内陆人民生命财产和各种生产设施, 都会造成极大的损害。西北太平洋—南海是世界上台风生成频数最高、强度最大的海域。据多年资料统计^[1~2], 每年全世界共生成热带气旋一台风约 80 个。西北太平洋——南海生成台风约 28~29 个, 最多的一年 40 个, 最少仅为 14 个。每年登陆中国的台风平均约为 8 个。

台风生成的基本必要条件有三个: 一是高温高湿层结不稳定的大气。这集中表现为较

*本文于 2000 年 5 月收到。

作者简介: 马卫民 (1965-) 男, 学士学位, 现为天气预报工程师。

高的海表面温度,即 $SST \geq 26.5^{\circ}\text{C}$ 。海表面温度越高,大气中可供释放而转化为动能的能量越多,台风生成的可能性越大。热带西北太平洋地区($20^{\circ}\text{N} \sim 0^{\circ}$, $130^{\circ} \sim 160^{\circ}\text{E}$)有一个著名的高温暖池区,海表面温度高达 $29^{\circ} \sim 30^{\circ}\text{C}$ (图略),这里正是台风生成频数最高的海域。二是存在一个初始的气旋性低压环流,且对流层风速切变小,从而可在面积较小的海域集中释放能量,以便在较短时间内,使低压迅速加深,风速急剧增大,以达到热带气旋——台风强度。三是距离赤道 $3 \sim 5$ 个纬距以外,以便具有一定的科里奥利力,低压与气旋性环流一致。才有发展成为台风的可能。

台风生成的胚胎,即初始的气旋性低压环流,有以下几类来源:热带辐合带中的低压扰动,约占 $80 \sim 85\%$;东风带扰动—东风波,约 $10 \sim 5\%$;西风带扰动变性而成,约 5% ;高层冷涡下传诱生低层涡旋,不到 5% 。西北太平洋存在非常有利的天气形势:强的热带东风带,强而活跃的赤道西风带,活跃的热带辐合带,以及西南和东南季风汇合带,因而特别容易有台风生成。

美国的 Dvorak^[1]根据几十年的卫星云图资料和分析预报经验,提出了确定台风各个发展阶段强度的 T 指标,并给出了热带气旋初始阶段的三种常见云型。但对于热带气旋生成的云系变化特征分析不足。本文将主要使用卫星云图分析方法对西北太平洋台风发展初始阶段的特征条件作较详细的个例分析研究。

二、长云带卷入

台风生成以前都有一个增强发展过程,它一般都是从一个已存在 $3 \sim 4\text{d}$ 的热带云团发展而来。所以卫星云图特别适宜于监测台风的生成。如东北太平洋海面辽阔,缺少常规观测记录。以前记录到的台风每年只有 $6 \sim 7$ 个。有了卫星云图以后,每年观测到的台风迅速增加到 $12 \sim 13$ 个。卫星云图的使用,基本上消灭了热带气旋—台风的缺测现象。

我们普查了1993~1999年将近100个台风过程的卫星云图。首先分析研究台风生成前期的卫星云图特征。然后根据资料情况,计算了若干个例的云顶黑体温度(TBB)。最后用海表面温度(SST)配合分析。以探讨台风生成前期的量化特征演变。

图1显示9912号台风的前期卫星云图。9月17日以前,在 $15^{\circ} \sim 20^{\circ}\text{N}$ 处有一条纬向带状ITCZ云带已存在多日。18日在 $125^{\circ} \sim 135^{\circ}\text{E}$ 范围内出现自南往北的弯曲云带,长达 1000km 以上。其北端并呈现气旋性弯曲涡旋。到19日14时,低压已发展成为热带风暴,20日20时成为台风,风力达到12级以上。图2则显示9906号台风生成的前期卫星云图特征演变。7月28日以前活跃的带状ITCZ云带已于 10°N 以南存在多日。29日在 $130^{\circ} \sim 140^{\circ}\text{E}$, $10^{\circ} \sim 20^{\circ}\text{N}$ 范围内出现一个气旋性环流,将其东北方向的分散云系组织成为几条卷入低压中心的长云带。一天之后的30日20时,低压发展成为热带风暴。24h后的31日20时发展成为台风,最大风力达12级以上。

在ITCZ纬向云带中生成的单个台风几乎都有类似的前期卫星云图特征演变。限于篇幅,其卫星云图未予刊出。

另外,还有一些孤立团块状云团可发展成为热带气旋—台风。如9418号台风(图3)。

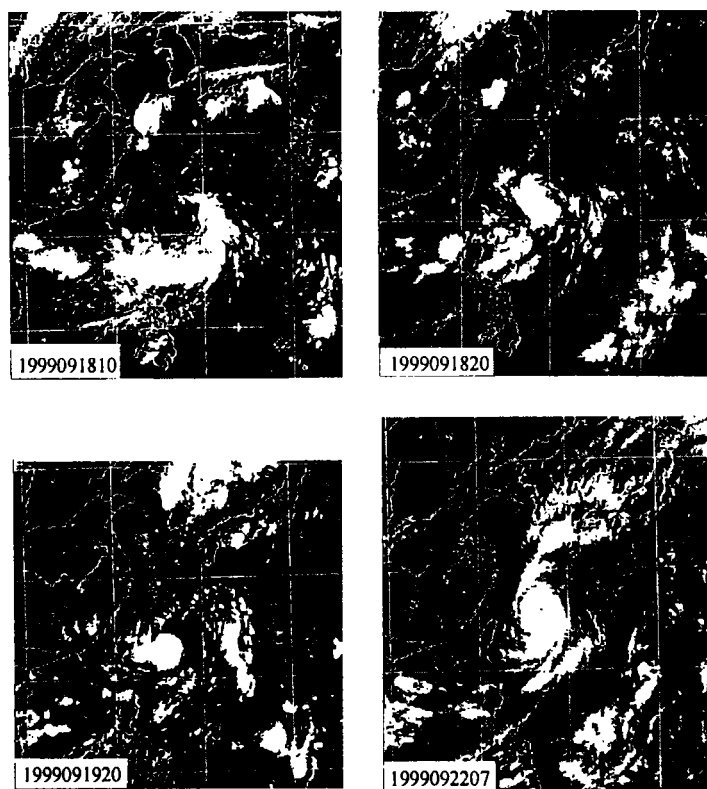


图 1 9912 号台风前期卫星云图特征

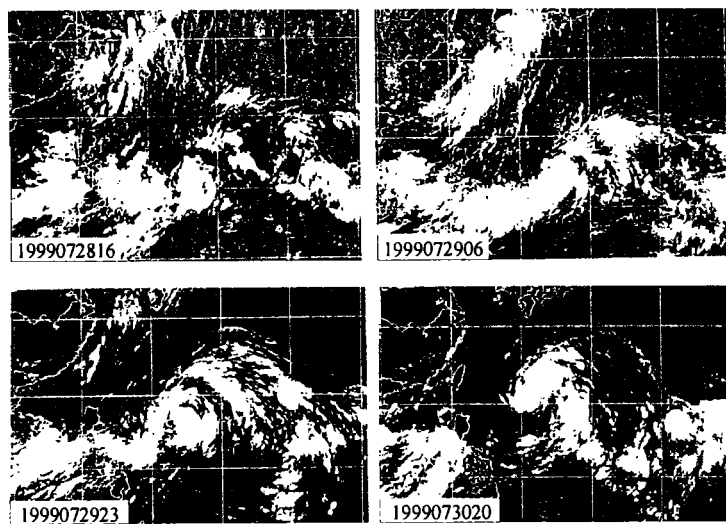


图 2 9906 号台风前期卫星云图特征

1994 年 8 月中下旬, $25^{\circ}\sim 38^{\circ}\text{N}$ 的太平洋上横亘着纬向的广阔而强大的副热带高压无云带, 其南侧东风带中有一热带风暴由东向西移动。8 月 27~28 日已减弱成为热带低压。但在 28~29 日出现二条东西向长云带分别从南北二面卷入低压之中。到 30 日就再次发展成为热带风暴, 31 日更加强成为台风。

因此可以认为, 不论是在纬向 ITCZ 云带中的热带云团, 还是孤立云团, 只要能维持存在 3~4d 以上, 且能呈现气旋性低压环流, 一旦周围能形成一条或几条对流性云的长云带卷入低压之中, 则 1~2d 以后, 低压就能发展成为热带气旋——台风。

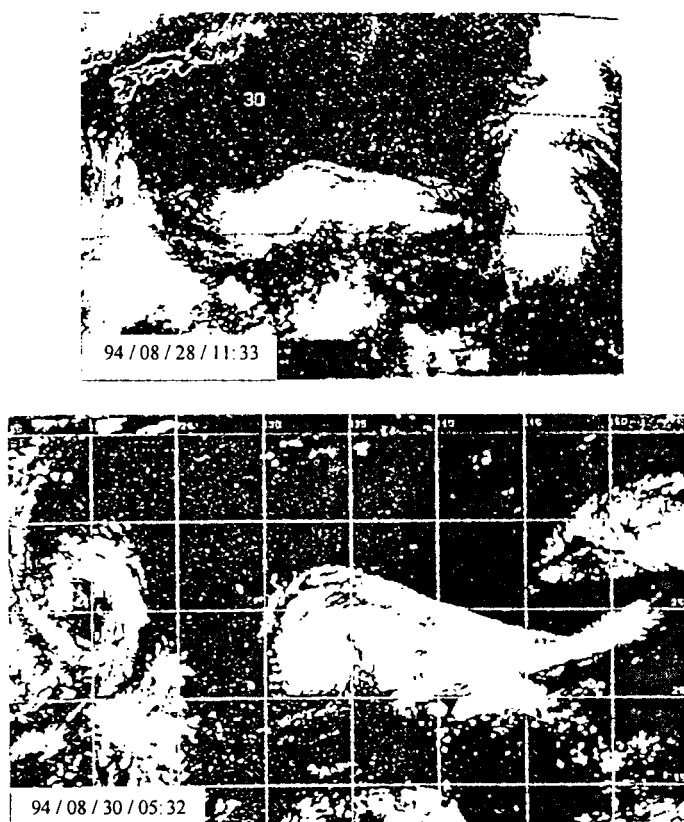


图 3 9418 号台风卫星云图特征

三、连续生成的台风

西北太平洋的台风形势有一个独有的特点: 双台风特别多, 三个以上的多台风同时或连续出现的也时有发生。其主要原因有二个: 一是热带东风带和热带辐合带强而稳定, 南侧常有赤道西风爆发, 形成几千公里长的强西—西南风, 使得热带辐合带上的几个低压在

3 ~ 5d 内同时或先后发展成 3 个以上的台风^[4]；二是赤道西风爆发或印度西南季风东进与太平洋上的东南季风相遇而形成偏南季风汇合带，其上连续生成几个台风。这在卫星云图上也有明确的显示。

以 1993 年 7 月下旬连续三个台风的生成为例(图 4)。20~21 日热带太平洋(10°~20°N, 110°~150°E) 上存在着一条以多个热带云团组成的纬向热带辐合带云带。22 日，有二条南北向云带卷入最东的云团之中，23 日发展成为 9304 号强热带风暴。24 日北上后，其南方拖曳有长而宽阔的来自西南 — 南 — 东南的汇合云带，其中并出现气旋性涡旋结构。后者于 26 日发展成为 9305 号强热带风暴。27 ~ 28 日这一过程几乎重复地出现，从而再次生成 9306 号强热带风暴。

这类几乎同时或连续生成的双台风或多台风，其生成条件与单个台风的生成条件非常相似。在纬向热带辐合带云带中生成一个台风后，在其南侧如果仍然维持较强的辐合带云带，且有涡旋状结构并有长云带卷入，很快就有另一个台风生成。而在经向的季风汇合带云带中生成一个台风后，只要其南侧仍然存在明显的西南 — 南 — 东南汇合云带，且出现涡旋状结构，也会有另一个台风紧接着发生发展。

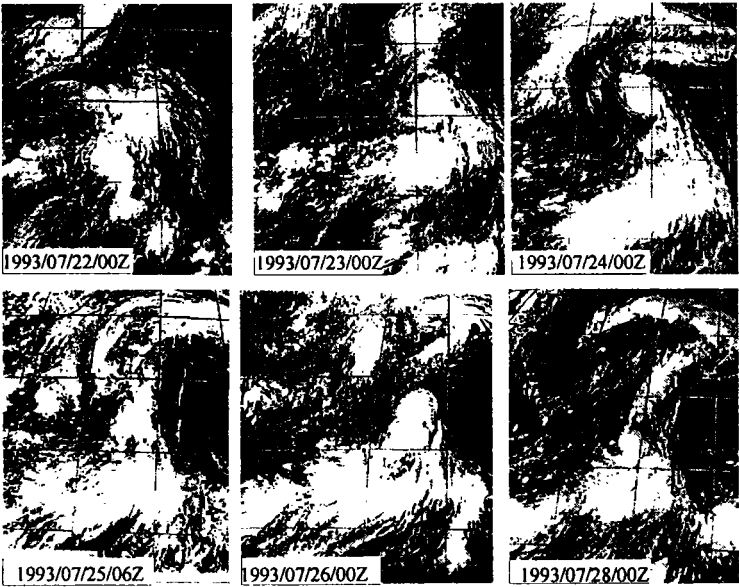


图 4 9304—9305—9306 号台风前期卫星云图特征

四、云顶黑体温度

根据资料情况，我们定量计算了10个台风过程的云顶黑体温度 (TBB)。热带对流云越发展，云顶越高，TBB 就越低。一般热带辐合带和热带云团最低的 TBB 都在 -50℃~-60℃ 以下。台风的 TBB 甚至低达-70°~-80℃ 以下。图 5 显示 9912 号台风发展前期的 TBB 演变。

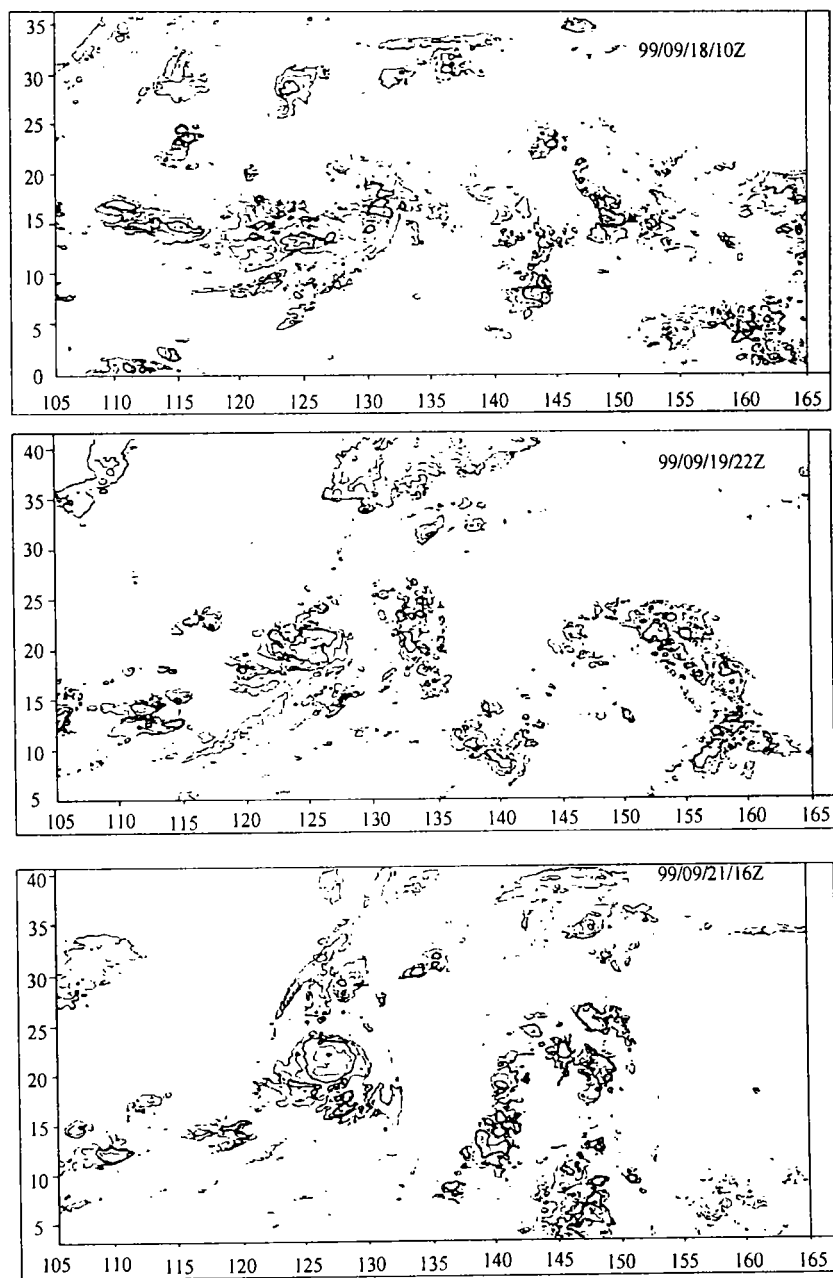


图 5 9912 号台风云顶黑体温度 (TBB)

(等温线间隔 10°C , 粗线为 -60°C)

9月17日以前, 纬向 ITCZ 云带中 TBB 都在 -60°C 左右。18日纬向云带和卷入长云带 TBB 降低到 -70°C 以下, 而 -60°C 的范围直径约为 1.5 个纬距。到 19 日 16~22Z, 外围纬向云带 TBB 升高到 -50°C 以上, 但低压云团中心则迅速降低到 -80°C , 而且 -60°C 范围扩大到 4×5 个纬距。这时已成为热带风暴, 而且在继续增强, 24h 后的 20 日 20Z 就已成为 12 级以上的台风。21~23 日的成熟台风阶段, 最低的 TBB 都在 -80°C 以下, 而 -60°C 的范围则反而有所缩小。其它几个台风发展也有类似的 TBB 演变过程。可见, 热带低压的 TBB 达到 -70°C 以下, 且 -60°C 范围扩大到 3×4 个纬距以上, 低压很容易发展成为台风。

五、海表面温度

从台风生成的内在物理条件来看, 台风必需生成于 $\text{SST}\geq 26.5^{\circ}\text{C}$ 的高温海面。根据日本气象厅海洋月报 (Monthly Ocean Report) 资料, 台风还必须生成于更高温的海面。图 6a 显示 1999 年 9 月中旬西北太平洋的 SST 分布。9912 号台风于 9 月 19~20 日生成于 $125^{\circ}\sim 128^{\circ}\text{E}$, $22^{\circ}\sim 24^{\circ}\text{N}$ 海域。这里的旬平均 SST 在 29°C 以上, 其旬距平值在 $0\sim 0.5^{\circ}\text{C}$ 之间。相似地, 9906 号台风于 7 月 30~31 日生成于 $131^{\circ}\sim 134^{\circ}\text{E}$, $18^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 海域, 这里的旬平均 SST 也在 29°C 以上, 但其旬距平值在 $-0.5\sim 0^{\circ}\text{C}$ 之间 (图略)。

我们还取二次都有连续三个台风生成的时段: 1993 年 7 月下旬 (9304、9305、9306 号台风) 和 1998 年 9 月中旬 (9805、9806、9807) 号台风。前者的台风生成海域旬平均海温在 29°C 以上, 距平值在 $0\sim 0.5^{\circ}\text{C}$ 之间。后者海温更在 $29\sim 30^{\circ}\text{C}$ 之间, 其旬距平值在 $0.5\sim 1.0^{\circ}\text{C}$ 之间。可见, 台风生成的海温条件, $\text{SST}\geq 26.5^{\circ}\text{C}$ 仅是初始必要条件的低值。而 $\text{SST}\geq 29^{\circ}\text{C}$ 则是更现实的初始必要条件的高值。

反之, 从几个未能发展成为热带气旋—台风的热带低压个例来看, 其海温条件有明显的差异。如 1997 年 7 月 2 日热带低压虽有明显的长云带卷入, 但云系中心仅有很小范围的 TBB = -60°C 区, 而且并未降低到 -70°C 以下; 更重要的是它处于海面温度 = $26^{\circ}\sim 28^{\circ}\text{C}$ 海域 (图略), 不利于低压的进一步发展。事实上这个热带低压云团仅维持到 7 月 3 日。4 日已基本消失。1998 年 7 月 7 日, 20°N 左右的南海及其以东洋面上, 存在有三个热带云团, 其中心的 TBB 都在 -70°C 以下 (图 6b), 都有发展成为热带风暴的可能性。但从海面温度分布来看 (图 6c), 东面的云团位于海温 = $28^{\circ}\sim 29^{\circ}\text{C}$ 的海域, 没有长云带卷入, 也没有涡旋状结构, 仅维持了二天就减弱消失了。中间云团正好位于海温在 29°C 上下的海域, 但没有长云带卷入和涡旋状结构。虽然维持较久, 3~4d 后也减弱消失了。西面的云团尽管具有长云带卷入的有利条件, 但其中心正好位于海南岛, 以后又向北移动进入华南大陆。当然不可能发展成为台风。1998 年 7 月 14 日和 17 日曾有二次出现热带低压云团 (图略), 其中心的 TBB 都在 -70°C 以下, 既有长云带卷入, 又有涡旋状结构, 非常有利于进一步发展。但却都位于海温 = $28^{\circ}\sim 29^{\circ}\text{C}$ 的海域, 而且向北移动很快进入海温 = $26^{\circ}\sim 28^{\circ}\text{C}$ 的海域, 因而都没有能发展成为台风。

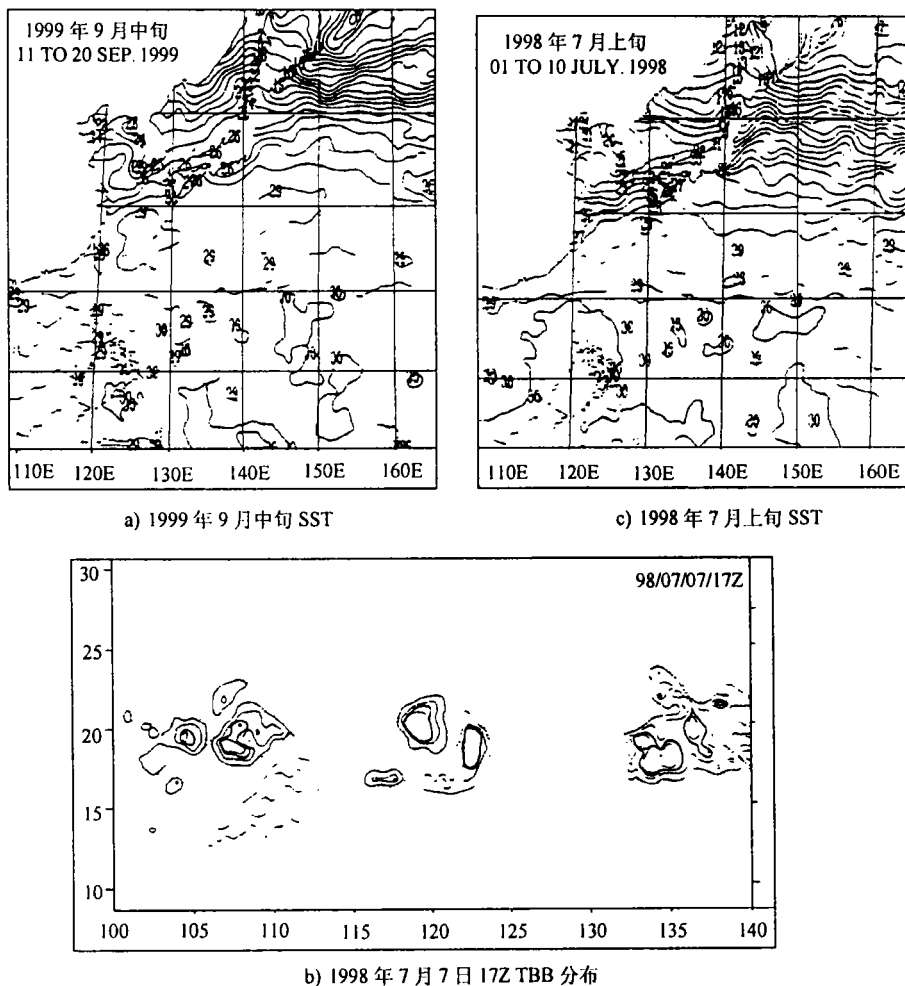


图6 旬平均海表面温度 (SST)

六、结 论

本文对1993~1999年近100个台风过程作了卫星云图特征分析,并计算了10个过程的云顶黑体温度(TBB),结合旬平均海表面温度分布,以研究台风生成前期的特征条件,得出了若干有用的必要条件。结论如下:

1. 西北太平洋既有高海温的暖池,又有稳定活跃的热带辐合带,更经常有赤道西风的爆发加强,以及西南季风—东南季风的汇合带,因而成为全球台风生成频率最高、强度最强、双台风—多台风经常出现的海区。

2. 台风生成的卫星云图特征是:一个热带云团维持了3~4d,如果出现气旋性涡旋结

构，同时出现一条或几条长达 500 ~ 1000 km 以上，宽达 200 ~ 300 km 以上的长云带卷入低压内部，低压很可能发展成为台风。

3. 云团中心部分的 TBB 降低到 -70°C 以下，而且 $\text{TBB} = -60^{\circ}\text{C}$ 的范围扩大到 3×4 个纬距以上，则低压很可能在 24h 以内发展成为热带风暴——台风。

4. 海表面温度 $\text{SST} = 26.5^{\circ}\text{C}$ 是台风生成的必要条件的低值，而 $\text{SST} \geq 29^{\circ}\text{C}$ 则是更现实的初始必要条件的高值。

可以认为，本文研究成果既扩展和加深了台风生成前期卫星云图征兆，提出了长云带卷入有涡旋状结构的热带云团内部是热带低压发展成为台风的重要条件；更提出了 $\text{TBB} \leq -70^{\circ}\text{C}$ ，而且 $\text{TBB} = -60^{\circ}\text{C}$ 的范围达到 3×4 个纬距以上，以及 $\text{SST} \geq 29^{\circ}\text{C}$ 等台风生成的量化条件。这不仅有较高的理论意义，而且有很好的实际预报价值。

参 考 文 献

- [1] 包澄澜. 热带天气学. 科学出版社, 1980, 269.
- [2] 陈联寿, 丁一汇. 西太平洋台风概论. 科学出版社, 1979, 491.
- [3] Dvorak V. F., Smigielski F. A Workbook on Tropical Clouds and Cloud Systems Observed in Satellite Imagery, NOAA, 1993, 437.
- [4] 包澄澜. 西南涡发展成南海台风的个例分析. 气象学报, 1981, 39 (1): 123~127.

SATELLITE CLOUD MAPS' FEATURES OF TYPHOON FORMATION

Ma Weimin Wu Xiaotong Chen Xinxiong

(China Satellite Maritime Tracking and Control Department, Jiangyin)

Bao Chenglan

(National Research Center for Marine Environment Forecasts, Beijing)

Abstract

In this paper, about 100 typhoon processes are analyzed on their satellite cloud maps' characters, and the cloud top black body temperature (TBB) of 10 typhoon processes are calculated. They are associated with 10-days average sea surface temperature distribution to study the features and conditions in the early stage of typhoon formation. Some conclusions are found as follows: If a tropical cluster with a vortex structure has following conditions: 1. One or more long outer cloud bands of more than 500 ~ 1000km being involved in the inner part of low depression; 2. The black body temperature (TBB) of cloud top lowering to less than -70°C ; 3. The limits of $\text{TBB} = -60^{\circ}\text{C}$ expanding to 3×4 latitude degree. This tropical depression would, very possibly, develop into a tropical storm-typhoon in 24 hours. In addition, sea surface temperature $\text{SST} \geq 29^{\circ}\text{C}$ would be, very possibly, the most important environmental condition necessary for typhoon formation. These new conclusions will not only deepen our understanding on the early stage necessary conditions for typhoon formation, but also provides some quantitative conditions of typhoon formation. They can be easily applied to actual forecasting of typhoon formation.

key words: satellite cloud map; TBB; sea temperature; long cloud band