

# 云图模型与数值产品结合预报海洋气旋

李修芳 林名智 余鹤书

(国家气象中心 北京 100081)

## 提 要

分析了西北太平洋温带气旋爆发性发展前期的云图特征,概括了气旋爆发过程的5类云图模型。通过实例揭示了物理参数与云系的发展有很好的对应关系,最后给出了使用卫星云图和数值产品做气旋爆发性发展的短期预报思路和判断爆发性气旋生成的方法。

**关键词** 云图模型 数值产品 海洋气旋

## 前言

近年来,对海洋温带气旋发生发展的研究,注重在海洋气旋爆发性发展的气候特征、大尺度背景场、各种物理机制及数值模拟等方面。由于海洋温带气旋爆发性发展的条件和因子认识不深,还没有提出一种有效的预报方法<sup>[1]</sup>。

随着数值预报的发展,可供业务应用的数值产品愈来愈多。目前数值预报业务模式对海洋温带气旋的发展过程有较强的预报能力,48小时可用预报率接近70%<sup>[2]</sup>,对爆发性发展过程也有较好的预报技能,但其24小时的预报准确率仅30%<sup>[3]</sup>左右。本文试图用云图模型结合数值预报产品制作海洋气旋爆发性发展的短期预报,以提高爆发性气旋的业务预报能力。

本文所用资料为GMS云图、中央气象台的天气图、日本历史天气图、有关传真图资料和数值产品资料。

## 1 海洋气旋爆发性发展的云图模型

热带洋面上,由于资料所限,难以准确地分析出气旋发展的各个过程。卫星云图则提供了分析各类气旋过程的工具,可以有效地

追踪和监视其发生发展和演变。普查了1989年1月—1991年6月GMS云图和天气图资料,西北太平洋上共有67个气旋获得爆发性发展(中心气压24小时下降至少1个贝吉龙)。

云图分析发现,气旋爆发性发展前12—24小时均有征兆,可为预报海洋气旋爆发性发展提供线索。67个爆发性气旋的前期云图特征,可概括为5种模型,概述如下。

### 1.1 细胞状云系侵入类

图1是细胞状云系侵入时气旋爆发性发展的云图模型。在气旋云型的后部,出现一些西北东南向的细积云线,或成片的积云变稠密云区向气旋区域靠近,预示着气旋将要强烈发展。这些积云线和积云变稠密云区被称作细胞状云系。其色调灰暗,由浓积云或层积云组成,是低层大气中有冷平流进入暖的洋面上激发对流生成的反映。这些云系的侵入,表明在气旋后部有较强的冷空气,斜压性增强,气旋获得新的能量。这种云图特征出现时,地面天气图上有时能分析出副冷锋,高空图上有横槽或短波槽相对应。当这些云系的前缘到达气旋中心同一经度时,气旋达到爆发性发展阶段。

### 1.2 正涡度云系叠加类

图2给出了由于正涡度云系的叠加,气旋

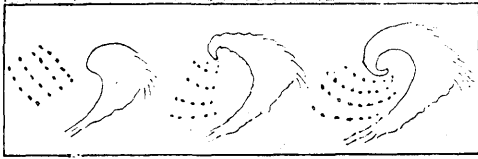


图 1 细胞状云系侵入类云图模型

爆发性发展的几种类型的云图模型。图2a为一个逗点云系与一条锋面高空槽云系叠加。当逗点云系逐渐移进锋面云带并与其叠加时,气旋快速发展。这是一种由高层向下层发展的“直接锢囚”过程。图2b描述了衰老的锢囚气旋,由于正涡度云系(或逗点云系)移进并与其叠加,气旋的涡度加强而重新快速发展的过程。图2c表示了一个团状的或同心圆积云线组成的低压云系与减弱的气旋云系

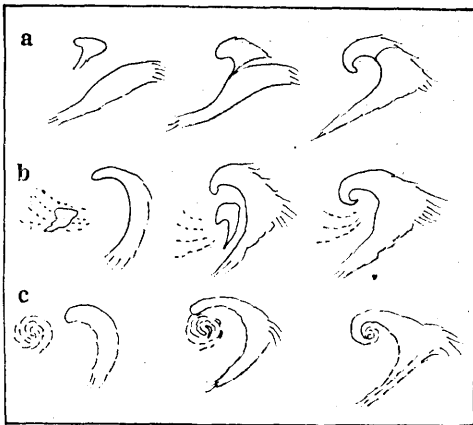


图 2 正涡度云系叠加类云图模型

- a. 逗点云系与锋面云带叠加
- b. 正涡度云系与衰老气旋云系叠加
- c. 低压云系与气旋云系叠加

叠加时,气旋也将快速发展。

这种类型的气旋爆发性发展过程,均表现为云系的叠加,实际上是气旋获得了正涡度的补充和增强,从而开始爆发性发展。

### 1.3 副热带急流云系卷入类

当气旋移进较低纬度时,在其西南洋面上有一支以中高云为主的急流云系,逐渐向东北方向扩展,或与气旋的锋面云带尾部相连,气旋中心在急流云带的左前方,云层增

厚(图3a);或从气旋的西南象限中心卷入,常表现为两支急流的靠近或合并,在气旋中心区域的右侧出现对流云团(3b)。急流云系快速卷入气旋中心,中心强度很快加深,气旋云系发展。

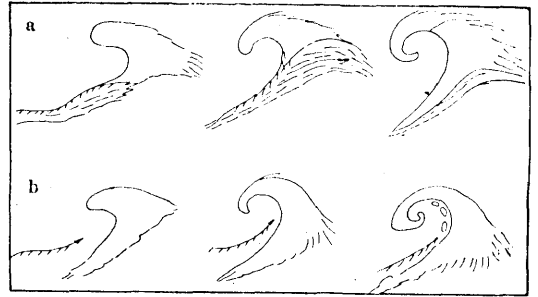


图 3 副热带急流云系卷入类云图模型

- a. 急流云系与气旋尾部连接
- b. 两支急流云系靠近

这类气旋爆发性发展的过程中,副热带急流云系的出现,为气旋的快速发展,提供了有利的环境流场。

### 1.4 逗点云系快速发展类

这类气旋爆发性发展过程包括两种情形。图4a表示了一个衰老的锢囚气旋后部洋面的冷空气中,有小逗点云系生成,或由单个积云发展而成,或由积云合并发展而成。常常和500hPa的正涡度中心相联系,天气图上常有冷温度中心配合。在逗点云系

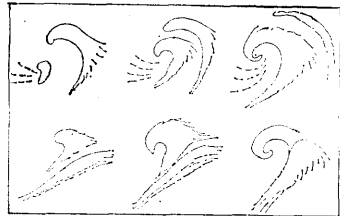


图 4 逗点云系快速发展类云图模型

- a. 衰老气旋云系后部逗点云系发展
- b. 逗点云系移进锋生云带时发展

的西侧常伴有积雨云线的侵入,冷平流较强。图4b为一个逗点云系移进锋生云带时,快速发展的过程,它的发展常伴随着副热带急流云系的北上卷入,以及暖平流的逐渐增

强的过程。

逗点云系的快速发展，常与中上层的正涡度平流有关，也与移入低空锋生带有关。

### 1.5 斜压叶状云系快速发展类

图5给出了斜压叶状云系快速发展为气旋的云图模型。斜压叶状云系的生成与两支急流云系的叠加，或与两个不同纬度槽的叠加有关。它的发展，是高层的一种锋生过程。云系的西部边界呈“S”型，尾部有一“V”型缺口，高空急流从这里穿过，这“V”型的出现是云系将发展的征兆。在温度平流与涡度平流适合的环境条件下，它将快速发展。

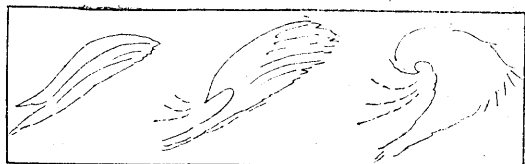


图5 斜压叶状云系快速发展类云图模型

上述5种云图类型，在67个爆发气旋的81次爆发性发展过程中，出现的次数及占的比重如表1所示。

表1 云图类型发生数与总爆发数比值

云图类型	次数	比值/%
细胞状云系侵入类	30	38
正涡度云系叠加类	19	23
副热带急流云系卷入类	19	23
逗点云系快速发展类	10	12
斜压叶状云系快速发展类	3	4

海洋气旋爆发性发展的触发因素很多，卫星云图提供了一个直观的结果。在云图上，气旋爆发的前期特征，仅在一个短时间内表现出来。在气旋爆发性发展阶段，往往是几种特征兼而有之。有时，当上述前期特征出现后，气旋也有明显的发展，但达不到爆发的程度 ( $\geq 1$ 个贝龙吉)。

根据上述云型特征，对1989—1991年3月的GMS云图进行反查，发现当类型特征

出现时，多数气旋都有一个快速发展的时段，但发展的程度有差异，其中60%—70%能够达到爆发的强度（表2）。

表2 气旋爆发性发展的云型特征及概率

云型特征	爆发概率
细胞状云系侵入	0.61
正涡度云系叠加	0.68
副热带急流云系卷入	0.66
逗点云系快速发展	0.71
斜压叶状云系快速发展	0.75

可见，在分析应用上述云图模型时仍有30—40%的爆发性气旋不能预报，必须增加别的参数和判别条件，配合使用才能取得较好的效果。下面我们用一个实例，来说明如何用卫星云图模型结合数值诊断场，作气旋爆发性发展的预报。

## 2 云图和数值产品结合在海洋气旋爆发性发展预报中的应用

利用每天得到的天气图资料、每小时的卫星云图、数值预报产品和网格点的数值资料，分析1991年3月16—17日日本以东洋面气旋的爆发过程实例。

图6是这次气旋爆发过程的卫星云图。这是一个由斜压叶状云系快速发展为爆发性气旋的过程。3月16日12时—3月17日12时为爆发阶段。图中3月16日12时日本东部洋面有一斜压叶状云系在发展，对应地面有一弱气旋波，中心气压1002hPa，18时逗点云系发展，17日00时云图上气旋云型生成，12时发展成完好的成熟气旋。对应地面图上中心气压为978hPa，24小时气旋中心气压下降24hPa，达1.22贝龙吉。云图实况为我们的预报实例提供了很好的检验。

对于这次气旋的爆发过程，我们可以提前24小时作出有效的预报。根据3月16日12时云图上出现的特征，确定已进入云图第5类云型模式。为了确证它的发展，我们考查

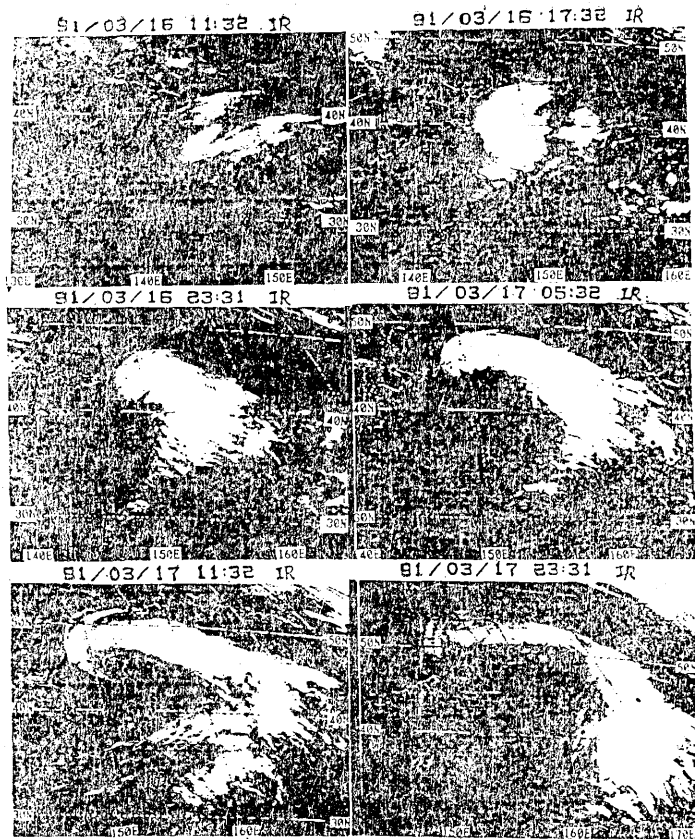


图 6 1991年3月16-17日气旋爆发过程的云图演变

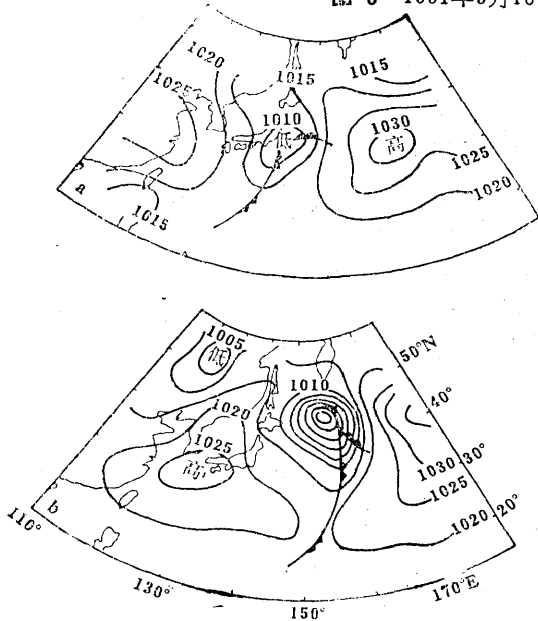


图 7 欧洲中心地面数值预报图

- a. 1991年3月16日12时客观分析图
- b. 1991年3月16日12时24小时预报图

了模式数值预报，欧洲中心在16日12时也预报这个气旋24小时将加深25hPa（约1.28贝吉龙）（图7），这就为我们的预报提供了第二个依据。

为了寻求更多的参考依据，我们用欧洲中心播发的客观分析网格点资料（ $1.3 \times 1.3$ 经纬度格距），计算了3月16日12时的各种物理量，对这次将要发生的过程的物理状况进行了鉴别和描述（图略）。

在500hPa形势图上，短波与低槽将要叠加，预示低槽要发展加深。这种高空锋生过程，为气旋发展提供了有利的环境场。在300hPa等风速线和急流轴位置图上，弱气旋处于急流出口区的左前方大约两个纬距的下方洋面上，有利于逗点云系的发展。从急流轴与地面锋的配置看，急流轴穿过锋面，

有利锋的加强(锋生)和锋面上云量的增加<sup>(4)</sup>。500hPa涡度和涡度平流分布图上,气旋中心后部有正涡度中心,处在500hPa槽线附近,涡度最大值处在急流轴的气旋性切变一侧,最大正涡度平流在正涡度中心的东边,这种配置,有利于系统的发展。在850hPa温度平流图上,气旋后部有较强的冷平流,最大值达 $-225 + 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ ,前部有 $10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ 的暖平流中心,且冷平流大于暖平流,有利于气旋的爆发性发展<sup>(5)</sup>。500hPa垂直速度图上,气旋中心及其东侧,中层有最大上升速度区。散度场的垂直分布表明低层(700hPa)有辐合,上层(300hPa)有较强的辐散,有利于中层的上升运动发展,是气旋云系发展的征兆。

云图、数值预报场、天气学条件以及物理量场的分析表明,这个气旋具有爆发性发展的可能性,这就为我们准确的预报提供了很好的依据,从而增加了预报的可信度。

### 3 气旋爆发性发展的短期预报思路

以上分析表明云图模型、物理量诊断场以及数值预报场有很好的一致性,综合应用于气旋爆发性发展的短期预报,效果较好。下面我们概括了判断24小时有无爆发性气旋生成的主要思路。

3.1 认真分析卫星云图特征和类型。监视海洋气旋同周围系统的联系,注意有无细胞状云系的侵入,副热带急流云系的北上卷入,正涡度云系的叠加等征兆。

3.2 分析环境场特征。注意有无低槽加深、急流叠加,以及系统与高空急流的相对位置,看高层锋生、低层锋面加强的条件。

3.3 分析物理量诊断场。最大正涡度区是否在急流带的左侧,下游是否有最大正涡度平流区,低层是否有一对冷暖平流中心相对应,且冷平流大于暖平流,散度场出现低层辐合,中层上升,高层辐散等气旋爆发性发展的有利条件。

3.4 对比数值预报场。比较是否一致,如不一致,给予补充或订正。

在此基础上,我们设计了日常应用工作卡(见表3)。

表3 业务应用判断气旋爆发工作卡

要素场	类别	鉴别
卫星云图	模型	
500hPa形势	环流型	满
300hPa急流	左出口区 右入口区	2纬距左右
500hPa涡度	高空急流左侧	足
500hPa涡度平流	最大正涡度区东侧	
850hPa温度平流	冷平流大于暖平流	条
500(700)hPa垂直速度	最大负中心区	件
700hPa散度	最大负中心区	
300hPa散度	最大正区	
地面数值预报	P24小时加深率(hPa)	$\geq 1$ 贝吉龙
判断有爆发性气旋生成		

采用打勾的方式,可较为简便地制作24小时有无爆发性气旋生成的预报。

### 4 小结

云图特征是一种形态的描述,也是大气中物理过程综合效应的一种体现,用物理量诊断场分析研究其发展的条件,配合使用数值预报产品,为实现气旋爆发性发展的短期预报提供了可能性。

本文的物理量场,是用0场的格点资料计算得出,以后将研究采用物理量的数值预报场以提高时效。

### 参考文献

- 1 仪清菊,丁一汇.海洋温度气旋发生发展的研究.大气科学,1989,第13卷第2期.
- 2 余鹤书等.温带气旋数值预报性能初步分析.待发表.
- 3 林明智等.海洋温带气旋爆发性发展的综合预报方法.应用气象学报,待发表.
- 4 赵秀英译.SATMOD,综合卫星云图和模式输出参数的一种交互方法.气象科技,1991,2期.
- 5 田春生,刘苏红.一个快速发展气旋的诊断分析.气象学报,1988,第46卷,第3期.

(下转第7页)

(上接第12页)

## Forecasting of Explosive Cyclonegenesis over Northwest Pacific Using Cloud Imagery Models and NWP

Li Xiufang Lin Mingzhi Yu Heshu  
(National Meteorological Centre, Beijing 100081)

### Abstract

Five categories of cloud imagery models for explosive cyclonegenesis are summed up by analyzing of the features of cloud images produced at the early stage of explosive cyclonegenesis over the northwest Pacific Ocean. A case study shows that the development of a cloud system is related to the physical parameters. Here is given the technique for forecasting of the explosive cyclonegenesis in the northwest Pacific Ocean in 24 hours based on cloud imagery model and NWP.

**Key words:** cloud imagery model numerical prediction product  
marine cyclone