

四年来我国气象卫星资料 分析应用研究*

陶诗言 方宗义 李玉兰

(中国科学院大气物理所)

1978年4月日本的地球静止气象卫星投入业务使用。此卫星位于东经140度的赤道上空。在25分钟时间内可对南北半球的大范围地区进行一次扫描观测。卫星观测范围内的所有亚洲国家都可以获得每3小时时间间隔的两通道图像资料。这些云图为监视灾害性天气系统和研究我国的天气系统提供了新的工具。四年来我们利用这些资料主要做了以下几方面的研究¹⁾。

一、热带天气系统的研究

热带辐合区(ITCZ)是夏半年西太平洋热带地区最主要的行星尺度天气系统之一。利用日本地球静止气象卫星云图(GMS)我们发现ITCZ中云系的加强和减弱与南半球的锋面云系活动有一定的关系。当南半球的冷锋云系向北伸展到比较低的纬度(约南纬5度)之后,北半球的ITCZ云系加强^[1]。利用卫星云图、卫星测风资料和常规探测资料,我们研究了南半球强冷空气爆发与跨赤道气流、ITCZ活动之间的关系^[2]。从1979年5、6、7三个月资料分析结果(图1)表明,在150°E—160°E范围内有三次赤道辐合区云系加强和向北推进过程,它们都与南半球向北爆发的冷锋云系连接在一起,它们都出现在南半球23°S—45°S经向水平温差和西风急流达到极值之后1—2候。

对流层上部的大洋中部槽(TUTT)是热带海洋对流层上部重要的天气系统。利用卫星测风、飞机测风和卫星云图可以清楚地分析出这一天气系统的存在和位置。在盛夏季节这一天气系统存在着明显的中期变化^[3]。当它向西延伸到130°E以西,并呈纬向分布,位于20°N以北时,ITCZ活跃,这时也是多台风活动时间,当它减弱、东退并呈经向分布时,ITCZ减弱,相应为一少台风活动时期。当TUTT的西段位于20°N以南时,ITCZ减弱,相应为一少台风活动时期。

ITCZ中的冷涡在卫星云图上表现为特定的中心为晴空区的环状螺旋云型。图2是一张典型的高空冷涡云型。

* 1982年10月26日,作者在中国气象学会学术年会上的专题学术报告。

1) 在工作中得到中央气象台大力协助,并进行有益的讨论。

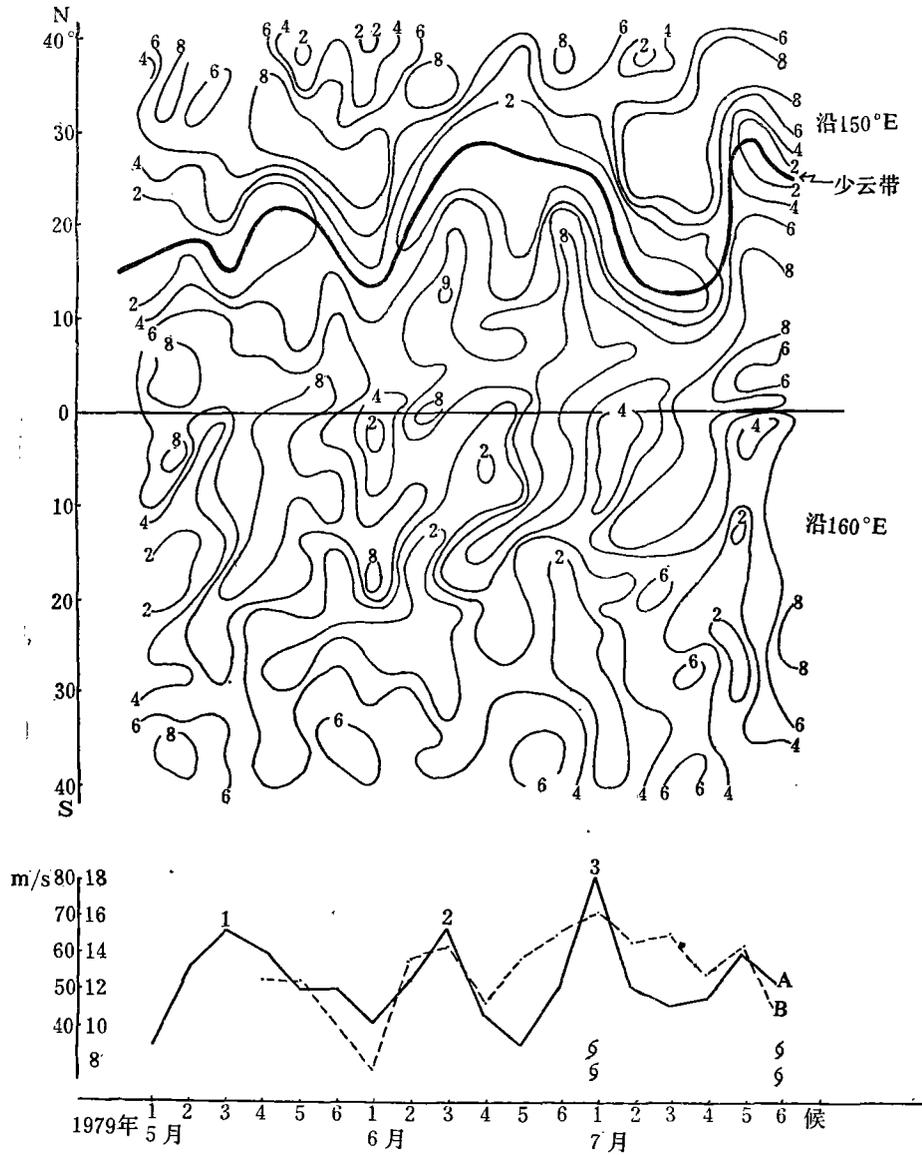


图 1 沿 150°E (北半球) 及 160°E (南半球) 候平均云量时间剖面图
 (上图: 细实线为等云量线, 粗线为少云区中心位置; 下图: A (实线) 为沿 145°E 南半球中纬度高空西风急流强度, B (虚线) 为沿 145°E 南半球中纬度 (23°S—45°S) 对流层 (850—250 mb) 经向水平温差)

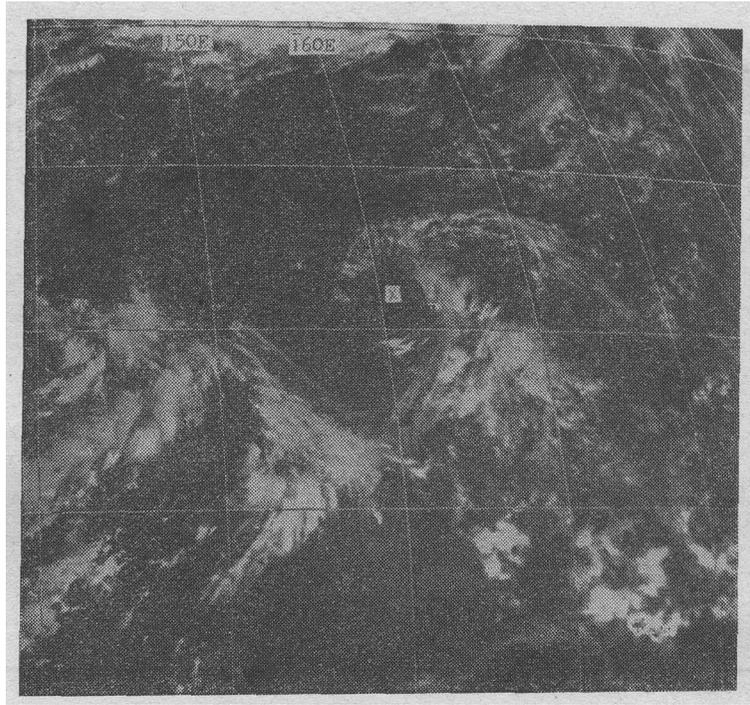


图 2 1978 年 7 月 21 日 00 时(世界时)GMS 云图

二、西太平洋台风的分析和预报

在卫星云图上台风的发生发展是热带扰动云团发展成为具有特定的螺旋结构云系的过程。根据短时间间隔的卫星云图，我们着重分析在热带扰动云团发展过程中环流中心与密蔽云区之间的关系^[4]。图 3 是根据两年资料概括出来的云型特征与演变，它表明，在热带扰动和热带低压阶段，由低空积云线所确定的环流中心常常位于密蔽云团的外面或边沿上，随着台风的发展和加强，环流中心逐渐进入密蔽云区内部，最后形成台风螺旋云系。配合当时的环境流场分析表明，发展中的热带扰动，其环流中心均位于对流层上部环境流场的上风方向一侧。这一事实表明台风的形成与热带扰动云团的高空辐散气流和环境气流的相互作用有关。二者形成的中尺度强迫下沉增暖可能是暖心形成的一种机制。

1979 年 8 月 12—17 日位于西太平洋上的台风 IRVING 具有多条典型螺旋云带^[5]。我们利用短时间间隔的卫星云图，沿海雷达观测资料和常规气象资料对这个个例进行了较深入的分析。图 4 是由这个个例得出的台风螺旋云带形成的素描云图。它表明，首先在距台风中心 100—200 公里的范围内有对流云带发展，然后它围绕中心气旋式旋转的方式向外扩展。在一条完整的对流云带形成之后，新的对流云区又在距中心 100—200 公里处发展。重复上述过程，形成另一条螺旋云带。螺旋云带的生命时间往往超过一天。云带宽度 1—2 个纬距，传播速度 0—10 米/秒不等。其速度大小与台风的强弱有关，愈接近成熟阶段，螺旋云带的传播速度愈慢。

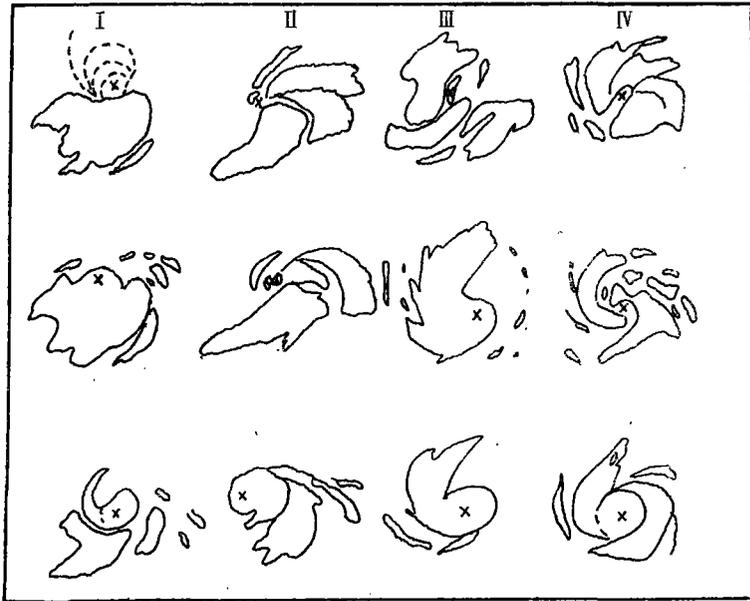


图 3 台风发生发展时期特征云型演变的素描云图
(×表示系统的环流中心)

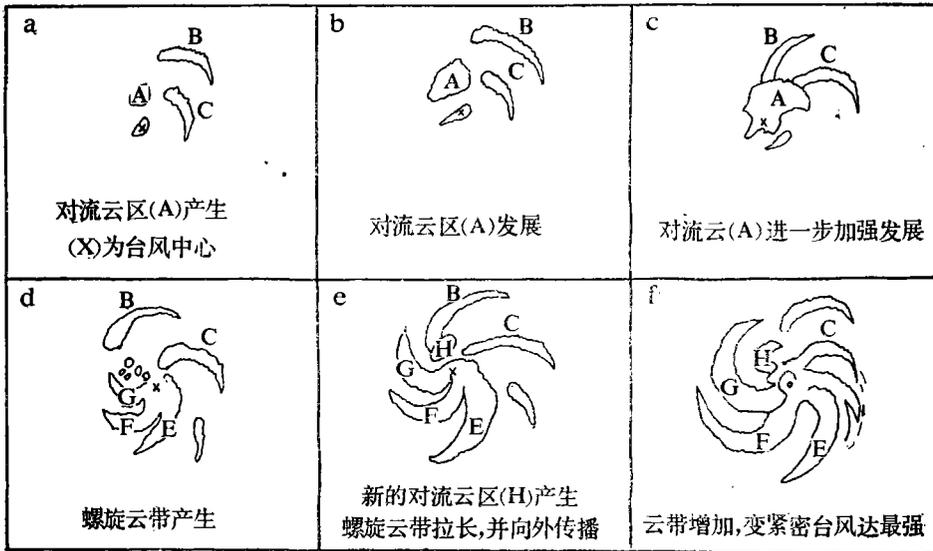


图 4 台风螺旋云带形成过程示意图

除上述台风发生发展过程中的云型特征演变而外，在 GMS 云图上看到的另一重要事实就是多台风同时发生问题。这种多台风同时发生往往与一条长约几千公里的活跃 ITCZ 维持有关^[6]。1978 年 7 月 22 日(图 5)一条 ITCZ 云带位于从中印半岛经南海向东直到 170° E 的热带低纬地区。两天之后三个热带扰动云团分别由辐合带云带中发展出来，到 25 日它们进一步发展加强到台风强度。各种资料的综合分析表明，作为多台风发

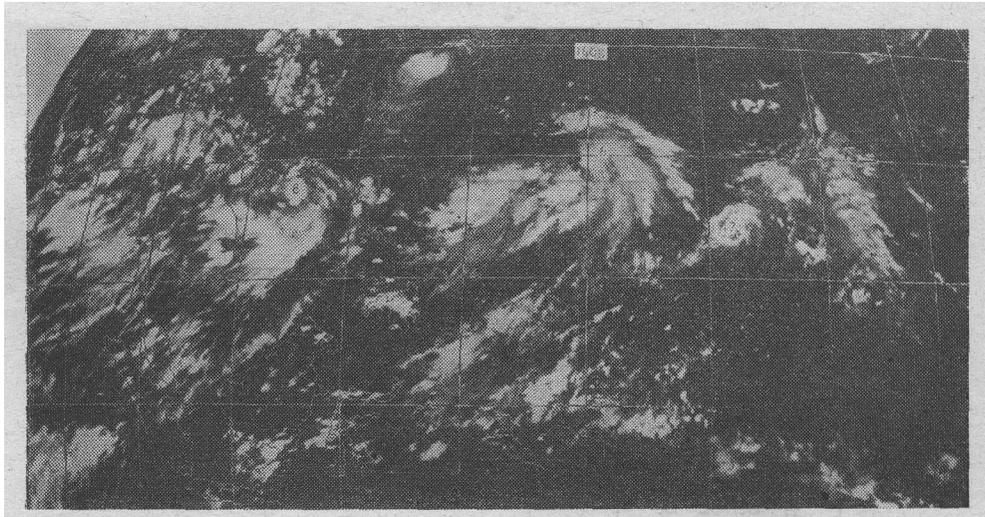


图 5 1978 年 7 月 22 日 09 时(世界时)GMS 云图

生背景的 ITCZ，其南侧的西南气流由三部分组成。由印度东传的西南季风影响中印半岛—南海地区；在东经 90 度附近跨越赤道的气流则影响东经 120 度以东到关岛一带；东经 150 度以东的地区则受来自南太平洋在东经 150 度附近跨过赤道的气流影响。

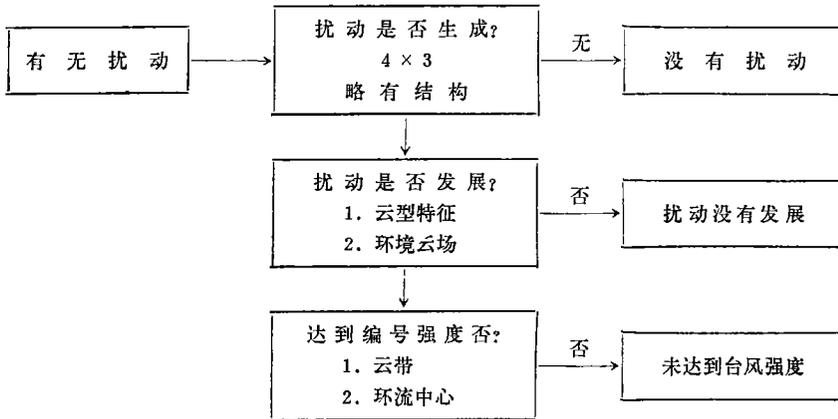
根据卫星云图上台风云型的特征，估计台风强度是卫星资料在台风分析应用中的一个重要方面。通过大量资料的对比分析^[7]，我们发现与台风强度有关的台风云型特征是：由卫星云图(主要是可见光云图)上的低空积云线所确定的热带扰动的环流中心是否在台风密蔽云区内部；环流中心是否表现为黑色晴空眼以及眼的大小和形状；环绕环流中心的螺旋云带圈数以及是否有中心圆形对称的强对流云区；台风强对流云区的大小。根据近 100 张台风云型与强度的对比分析，得出了估计台风强度的回归方程

$$V_{\max} = 7.813(T-1) \text{ (米/秒)}$$

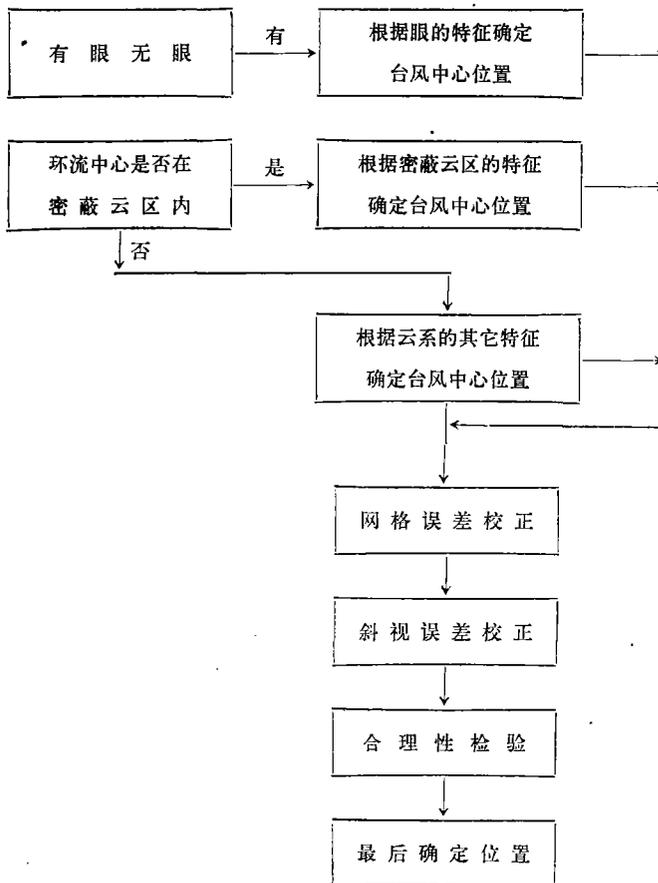
式中 T 为强度数，它由上述四个方面的云型特征所确定。 V_{\max} 是待估计的中心最大风力。

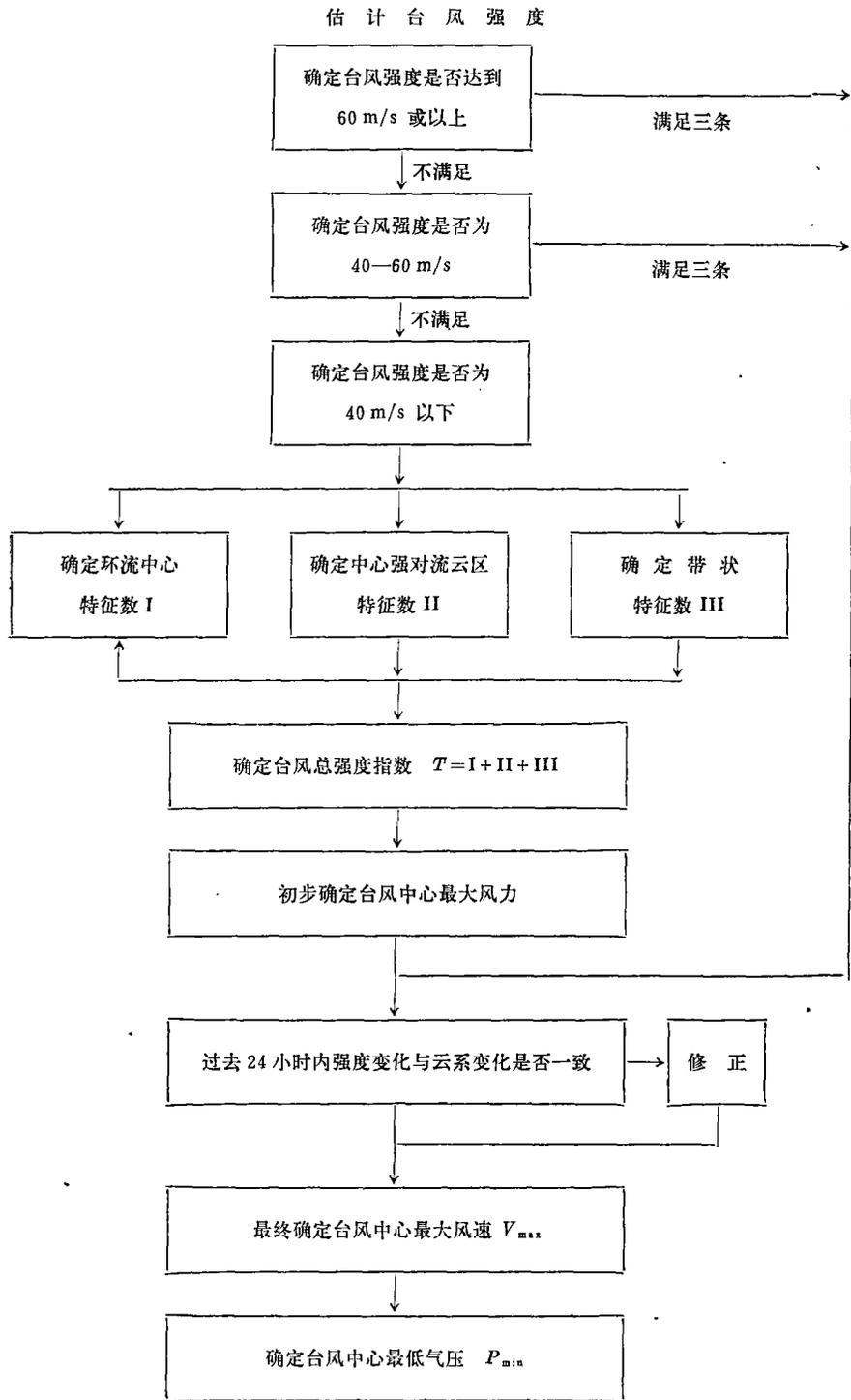
综合最近几年使用 GMS 卫星云图分析台风的结果，并根据在中央气象台参加台风业务预报的经验，中央气象台和大气物理所卫星资料联合分析组编制了一个使用 GMS 云图预报台风的流程^[8,9](见表 1)。该流程包括使用 GMS 云图判断扰动是否发展；确定台风中心位置；估计台风强度及大风圈范围；预报台风未来 24 小时移动；台风登陆暴雨等几个方面。此方法在 1981 年的台风业务试验中取得了较好的效果。

表 1
判断台风生成

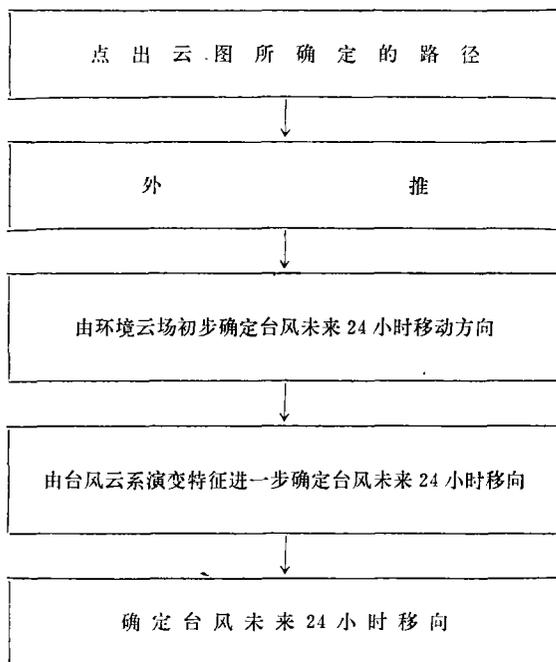


确定台风位置

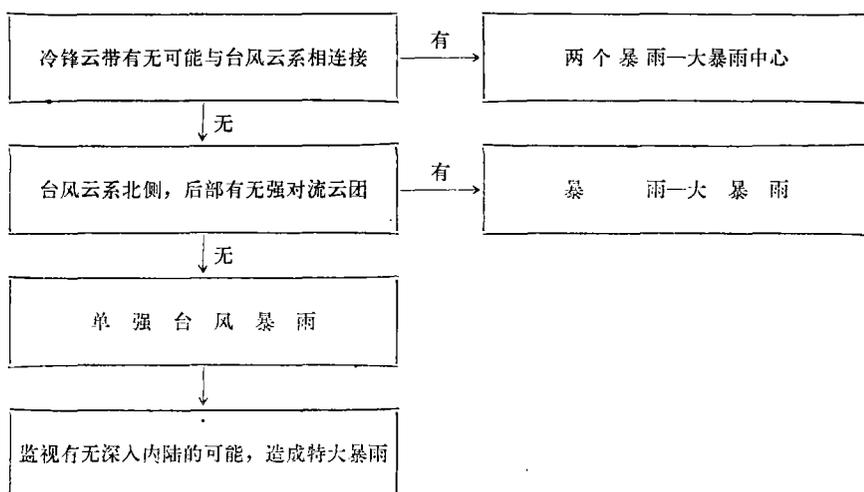




预报台风的未来移向



预报台风暴雨



三、暴雨分析和预报

华南前汛期暴雨和长江流域梅雨期暴雨都是在一定的大型环流条件下发生的。这种环流都表现为一定的大尺度云系分布。即持续的大尺度锋面切变线云系，活跃的西南季风云系与稳定的副热带晴空区和 中纬度冷高压晴空区。图6^[10]是根据 1980 年梅雨时期 26 个观测时次得出的平均云图。它反应上述云型特征。

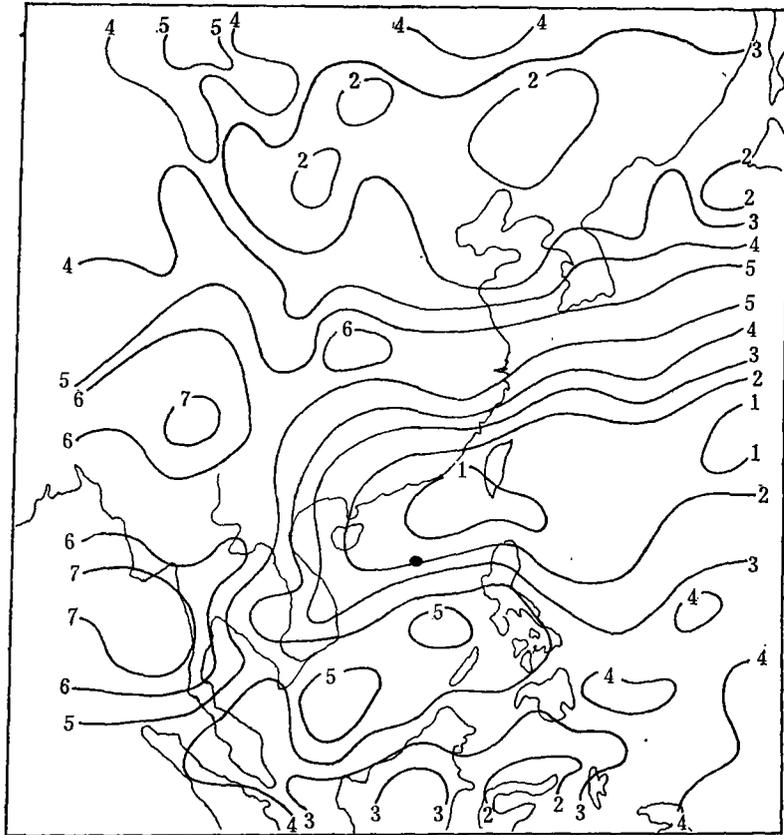


图 6 与图 1 同一时段内的平均云量分布

在大尺度锋面切变线云系维持期间，真正的强降水是由一次次中间尺度云团和中尺度云团活动产生的。图7^[11]是最有利于中间尺度云团发生的大尺度云型分布的素描云图。它表明中间尺度云团常常出现在锋面切变线云系的西端与西南季风云系和由高原东移的中纬度短波槽逗点云系的相交区内。这种中间尺度云团一旦发生之后，就沿锋面切变线向东移动，并常可维持 24 小时以上。当环境场条件有利时，这种云团入海后可发展成为东海气旋。对 9 个中间尺度云团的诊断分析表明^[12]，它们并不总是与切变线上的低涡或低涡的某一象限对应。它们常常发生在低空辐合、高空辐散的有利环境场条件下。这种低空辐合可以是低涡的东南象限，可以是低空急流出口区的右侧，也可以是暖式切变线上

的辐合最强处。高空辐散则出现在青藏高原高压脊线附近，偏西气流与偏北气流之间的散开气流区内。

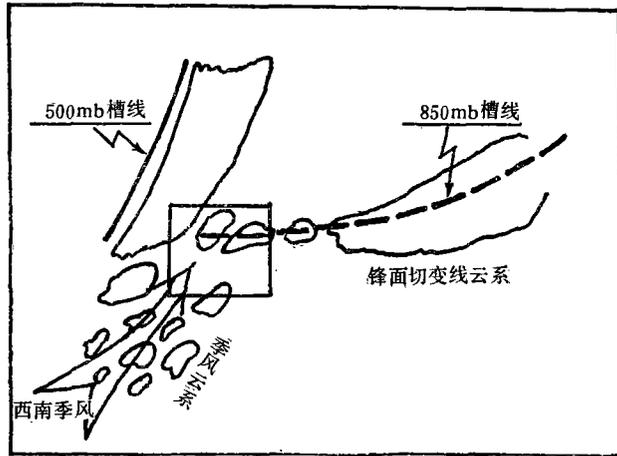


图 7 中间尺度低涡云团发展的大尺度云型特征和分布
(方框区为最有利于中间尺度云团发展的地区)

中尺度云团的范围约 200 公里，生命时间不足 24 小时。尽管它也可以产生强度很大的降水，但其实际影响要较中间尺度云团小得多^[13]。中尺度云团也常发生在锋面切变线云带上。有比较明显的日变化，往往在午夜时候开始发展，清晨达到最大强度，以后减弱消失。对约 10 次梅雨锋云带的诊断分析表明，中尺度云团发生前和发展到最大强度时，他们并不位于计算的最大散度和上升运动区内。这一事实告诉我们，用常规探空资料和 150 公里格距计算散度不能抓住中尺度云团的活动，这一点与中间尺度云团不同。

暴雨是中低纬天气系统相互影响、相互作用的结果。低纬天气系统(如西南季风、IT-CZ、台风等)对暴雨的贡献主要在于增加大气的斜压性和供给水汽。它表现在卫星云图上就是两类不同纬度带的天气系统的云系连接在一起^[15]。

台风暴雨是我国东部和南部沿海地区最重要的灾害性暴雨天气系统。台风登陆和影响陆地的暴雨大致可以分为以下几种情况^[14]。(1) 当台风云系与冷锋云带相连接时通常有两个暴雨中心。一个在台风密蔽云区内；另一个在台风东北侧——台风云系与冷锋云带相连接的地区。(2) 登陆华东、云系分布对称的台风，其主要暴雨区出现在台风的东北象限；在台风云系的南侧或东侧有强对流云带时，云带内有暴雨。(3) 台风外围的强对流云团可造成局地性暴雨。(4) 台风外围云系与冷锋云带连接时，在连接处可出现暴雨。(5) 台风倒槽在卫星云图上常常表现为东北—西南或南北向的长条形云带，暴雨也呈带状分布。

四、监视陆地上强对流天气系统

陆地上强对流的天气系统生命史短。空间范围不大。过去受资料条件的限制，不容易及时发现和监视强对流的天气系统。地球静止气象卫星可以弥补常规资料的不足，它是分析研究中尺度强对流天气系统的有效工具。

根据产生强雷暴的大尺度天气系统的不同和在卫星云图上的云型差异，我们将影响我国的强雷暴分为以下几类^{[16][17]}：(1) 华北冷涡飑线的云系特征。它往往发生于螺旋状冷涡锋面云系偏西象限的晴空区内。在发展过程中云体结构逐渐变稠密，颜色变得白亮，云区东南前沿光滑整齐呈卵状向东南方向凸出。大风出现在卵状云区边界过境时，大风风向与强飑线云带的光滑边界正交。(2) 冷锋飑线的云图特征。冷锋飑线常发生于冷锋云系的前面或锋面云带附近。首先，在锋面与其它不连续线的相交点附近有若干小块对流云区发展。以后，这些小块对流云区连成一片，形成南边界清晰的飑线云带。在北边界处，对流云体的流出气流和环境气流一致，边界被卷云罩遮蔽。(3) 海陆风环流触发的强对流云带。在有利于对流发展的环境场条件下，由于海陆风环流所产生的低层辐合可以触发强对流发展。白天，海风发展，午后在海岸线的大陆一侧产生若干对流云区，傍晚前后它们连成一片，形成对流云带。夜晚，陆风发展，午夜前后在沿海岸的海洋一侧产生若干对流云区，凌晨前后发展到最大强度，连成一片，形成对流云带。

以上三种情况是我国大陆上比较常见的强对流云型及其演变。除此而外尚有暖区雷暴、早晨云区周围晴空区内午后对流发展等多种情况。对这些情况积累的资料尚不多，我们还没有做很多研究。

五、对未来工作的设想

随着气象卫星探测技术的迅速发展，卫星给我们提供的资料种类、资料数量都将大大增加。目前仅仅依靠肉眼来识别判读气象卫星图像资料已显得相当落后。过去四年来我们主要根据未经加工的云图进行分析，这同国际水平有相当差距。在卫星资料分析时，须要综合分析使用各种类型的气象卫星资料。在图像处理方面，应当使用假彩色密度分割、多光谱彩色合成和黑白增强等手段，获得经过处理，放大的气象卫星图像资料。利用这些资料可以开展以下几个方面的工作：(1) 研究暴雨的中间尺度云团和中尺度云团特征，它们的发展和演变及其与环境场的相互作用；(2) 研究台风云型内中尺度云带(或云团)的活动及演变，改进用卫星云图估计台风强度的方法；(3) 探索用气象卫星图像资料估计降水强度的方法，尽可能地给出一个短时预报和警报强降水云团以及估计其强度的方法。我们希望在今后四年中能获得新的设备，能开展上述这些分析。

此外，在气象卫星辐射资料方面，我们也没有分析，我们想先研究高原地区的大气温度垂直分布反演问题。然后，利用这种资料研究高原地区的天气系统以及高原本身的辐射特征。我们计划在未来四年内将气象卫星的图像资料、辐射资料以及其它常规和非常规观测资料综合在一起，得出一个针对中尺度系统的综合观测资料和分析方法。

参 考 文 献

- [1] 何诗秀、杨祖芳, 北半球夏季西北太平洋热带地区西南季风强弱变化与南半球流型的关系, 大气科学, 第 5 卷第 1 期 50—59。
- [2] 何诗秀、杨祖芳, 1979 年季风试验期间夏季风爆发的观测研究, 待发表。
- [3] 王友恒、许健民: 热带对流层上部切变线与低空赤道西风的关系, 气象, 1979 年第 6 期 29—31。
- [4] 方宗义, 台风发生发展的云型特征和高空环境气流的关系, 大气科学, 第 6 卷第 3 期。
- [5] 李玉兰, 对 7909 号台风螺旋云带的分析, 大气科学, 第 6 卷第 4 期 460—466。
- [6] 李玉兰、方宗义, 一次热带辐合带上多台风同时发生发展的分析, 大气科学, 第 5 卷第 4 期 416—423。
- [7] 方宗义、周连翔, 用地球同步气象卫星红外云图估计热带气旋的强度, 气象学报, 第 38 卷第 2 期 150—158。
- [8] 卫星资料联合分析应用组, 用卫星云图预报台风的方法(上), 气象, 1980 年第 9 期 24—26。
- [9] 卫星资料联合分析应用组, 用卫星云图预报台风的方法(下) 气象, 1980 年第 10 期 25—27。
- [10] 方宗义、范惠君、王婧蓉、李修芳, 梅雨期几次强降水过程的卫星云图综合分析, 待发表于 1980 年灾害性天气会议文集。
- [11] 方宗义, 长江流域和华南前汛期暴雨的卫星云图特征, 待发表于 1982 年卫星资料分析应用技术会议文集。
- [12] 方宗义, 中间尺度云团的若干特征分析, 待发表。
- [13] 方宗义、李玉兰、王婧蓉, 1979 年 6 月 9—11 日海陆风触发的华南沿海暴雨分析, 华南前汛期暴雨会议文集。
- [14] 李玉兰, 利用卫星云图分析台风暴雨, 待发表于 1981 年台风会议文集。
- [15] 李玉兰, 中低纬系统相互作用的云系特征在暴雨中的应用, 待发表于 1982 年卫星资料分析应用技术会议文集。
- [16] 肖稳安, 华北一次冷涡飑线天气的 GMS 云图分析, 1981 年北方灾害性天气文集 103—107。
- [17] 肖稳安, 用地球静止卫星云图分析我国几类强雷暴天气, 大气科学, 第五卷第 4 期 398—405。