

第 4 章 在卫星图像上确定热带气旋中心的位置

1. 引言

这一章介绍在卫星图像上确定热带气旋中心的过程,以及用以确定气旋中心的云特征。所使用的分析技术包括 5 个步骤。这些分析步骤不同程度地正在为世界绝大部分地区的热带气旋分析者所使用。

在卫星图像上,一旦云系中心有“眼”或紧密的弯曲云线、云带,那么热带气旋的洋面中心通常也就显而易见了(例如图 4-1)。但是,在许多卫星图像上,热带气旋中心的云特征可能被其他的云所掩盖,或者受到风切变的扭曲而发生变形。正因为这个问题非常复杂(如图 4-2 所示),所以当分析人员仅用一张图像进行分析时,会出现相当大的定位误差。

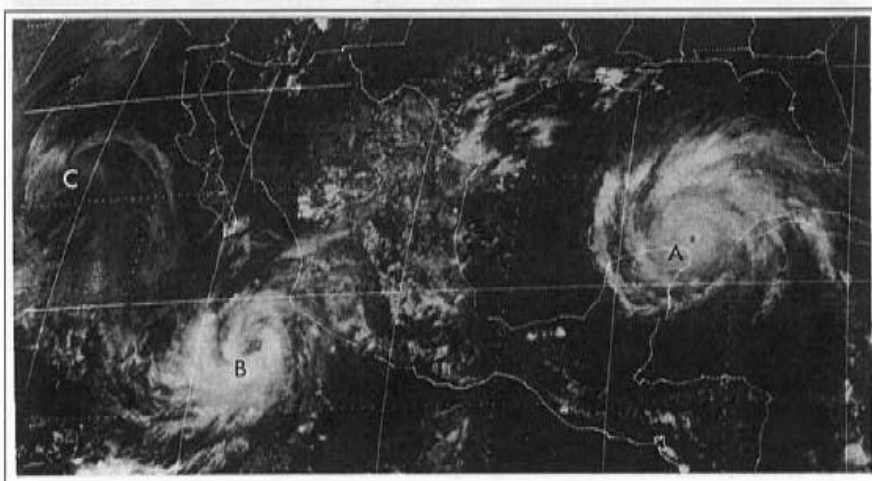


图 4-1 两个中心位置明显的热带气旋

飓风 Allen(A)的洋面中心位置在墨西哥湾中,其定位的精度要高于飓风 B
飓风 B 的眼区直径稍大,同时在墨西哥西海岸外 C 处还有一个扰动

目前,在国防部极轨卫星上试用的微波传感器,能大大减小有云覆盖情况下热带气旋的定位误差。但是,由于这些资料时相有限,有时还得不到资料,所以本书只讨论可见光和红外技术。

用可见光和红外图像作为日常业务,确定气旋中心位置,需要一种系统的分析方法。这

一方法将在后两章中介绍。这种气旋定位方法包括 5 个步骤。它们有助于分析人员在利用卫星图像进行热带气旋定位工作时,避免一些常见的错误。

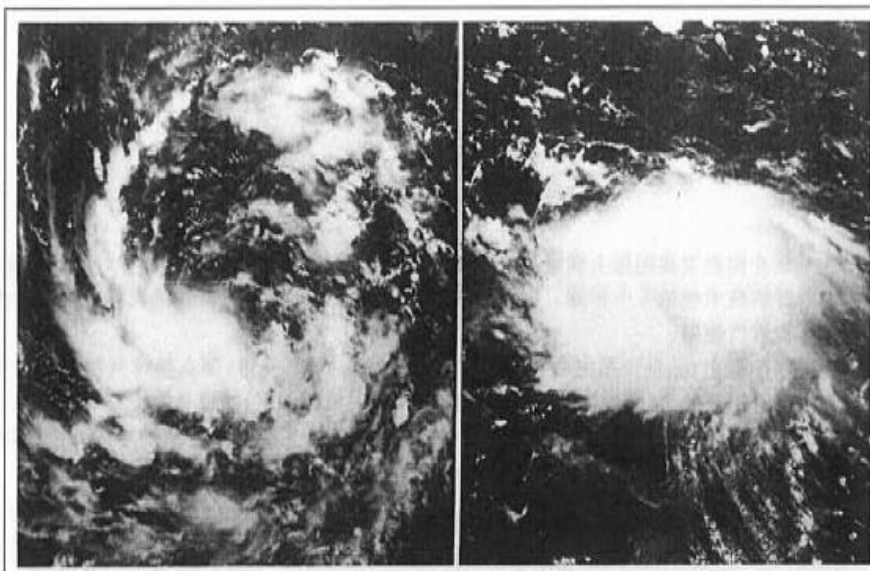


图 4-2 洋面中心位置不明显的复杂云型例子

1. 确定云型整体中心;
2. 考察小尺度特征;
3. 将中心定位与预报位置进行比较;
4. 比较前一时次与当前时次的中心在云型中的相对位置;
5. 最后调整中心位置。

图 4-3 利用卫星图像确定热带气旋中心位置分析程序的 5 个步骤

2. 5 步分析程序

图 4-3 列出了分析程序的 5 个步骤,详述如下:

1. 第 1 步是确定热带气旋云型整体中心。系统中心的粗定位可以选择如下两种方法之一进行:(1)根据系统大尺度云线及弯曲云带汇聚点确定系统中心;(2)将标有中心位置的热带气旋发展模式云型与被分析的云型相比较,确定系统中心。

2. 第 2 步是对第一步得到的云型中心附近的小尺度细微特征进行分析。这往往有助于提高定位精度。

3. 第3步是将前面确定的中心位置与外推路径位置进行比较(即与预报位置进行比较)。这样做有助于减小由于错误选择系统中心或由于垂直风切变造成的云型位移所带来的误差。这里我们假定系统中心位置的短时预报是相当准确的。

4. 第4步是将前一时次图像的中心位置及其与云特征的关系,同当前这个时次的中心位置及其与类似的云特征的相互关系相比较。当步骤3中揭示出有定位错误时这一步十分重要。

5. 第5步是针对网格误差、卫星观测角、云系中心相对于洋面风场中心的位移等问题,对中心定位进行可能的修正。

现在让我们来看看卫星图像如何应用于以上5步的每一步。

第1步:确定云型整体中心

在这一步中,我们确定云型的整体中心,以便保证我们能集中精力来分析气旋的主要涡度中心。这一步是通过分析云线及云带的弯曲,或借助于模式定位方法来完成的。当然也可将两种方法综合使用,来确定中心的大致位置。

图4-4b说明利用云线或云带弯曲确定云系中心的方法。这种方法将弯曲云线或云带外推(延伸),以确定一个尽可能小的共同曲率中心区。在这一步中,只对尺度大的云线或云带外推,目的是确定一个系统中心确实落在其中的区域。对于弱的初生云型或难于定位的云型,我们建议采用这一方法。

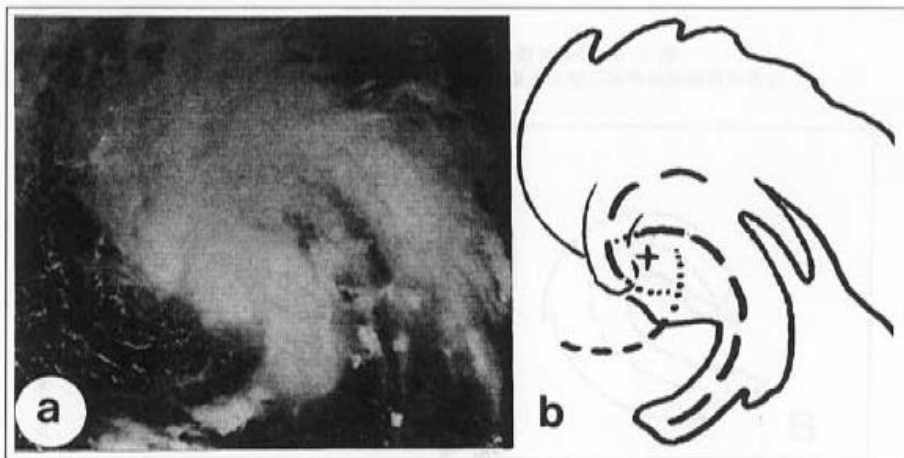


图4-4 利用云线或云带的弯曲确定云型整体中心的方法

图b说明了如何延伸弯曲线(中心密蔽云区中的点线)以确定一个系统中心必定落在其中的最小区域

当所分析的云型与某一类模式云型相似时,可以利用模式中心位置确定云型整体中心。模式描述了热带气旋从深对流云单体及碎云发展形成弯曲云带的过程(见图4-5)。随着热带气旋的发展,云带渐渐缠紧热带气旋中心。图中+号所示的模式中心位置,是探测飞机最经常观测到的位置,可以当作云型整体中心的位置。当使用图4-5中的图形重新对图4-4a的云系进行分析时,你是否得到了与使用模式中第2天的云型中心进行分析相类似的结

果呢？

图 4-6 是另一种确定弯曲云带云型(或逗点云型)中心位置的方法,首先画出弯曲云带轴线,并使其穿过云型中最密实(最冷)的云区中心(图中虚线),然后将少云区楔形的极点 B 与反时针旋转的弯曲云带轴线的终点 A 相连接;云型整体中心位于线段 AB 的中点处。当此点被当作最终确定的气旋中心位置时,其分析可信度与线段长度有关。值得注意的是,在图 4-6b 中,尽管低层中心上空有高云覆盖,但在两种情况下,相对弯曲云带轴线而言“+”的位置相同,这一方法可以用于任何具有少云楔形区的云型,甚至还可用于由于切变而变形的云型。






第 1 天(T1.5)	第 2 天(T2.5)	第 3 天(T3.5)	第 4 天(T4.5)	第 5 天(T5.5)
				
基本弯曲云带型				

图 4-5 模式洋面中心位置(+)与弯曲云带的关系
这些与观测到的弯曲云型有关系的位置可用于初步确定云型整体的中心位置

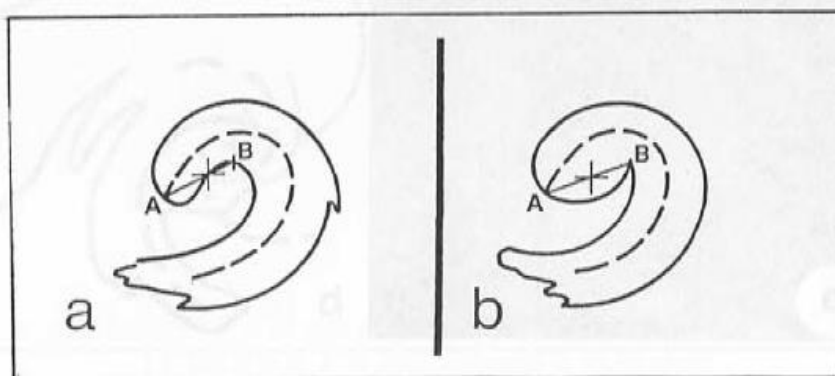


图 4-6 用于确定弯曲云带云型中心的方法,中心落在线段 AB 的中点

图 4-7 是说明弯曲云带云型的两个例子,下半部分是相应云图的分析图。读者是否同意图中的分析? 其中图 4-7a 是可见光图像,4-7b 是另一个风暴的增强红外图像。

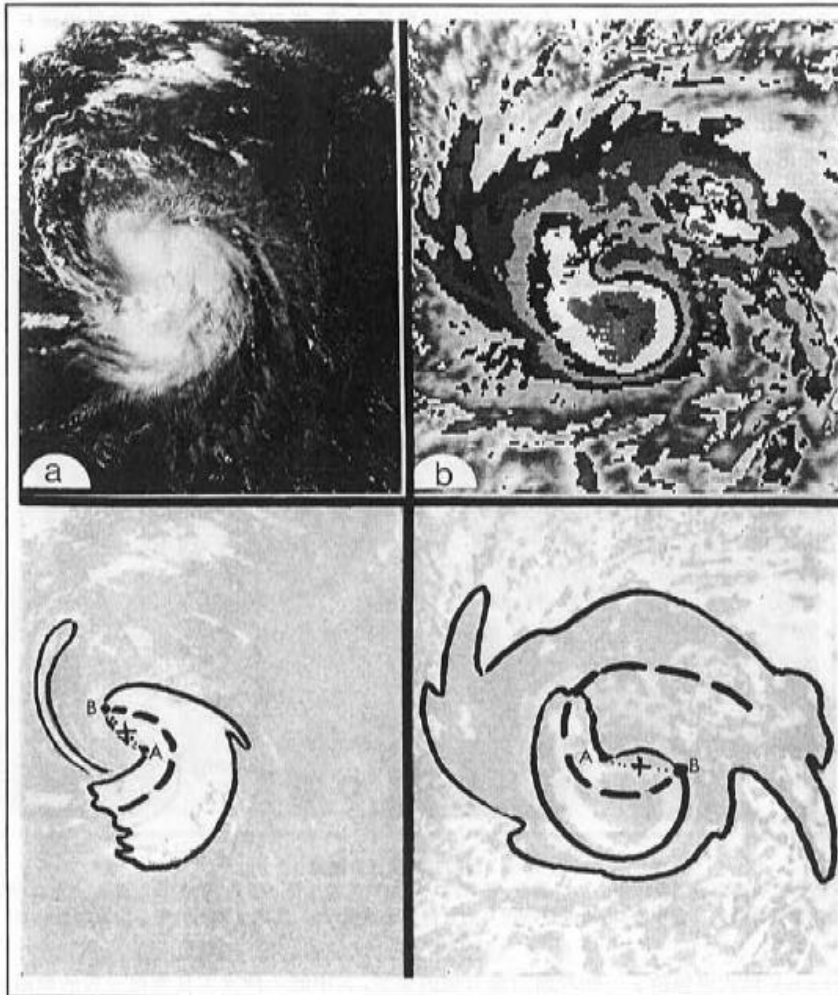


图 4-7 弯曲云带云型的两个例子,下面是相应的分析图

图 4-8 说明了确定云型整体中心的必要性,甚至对于一些飓风云型,这也是必要的。从图 4-8a 的增强红外图像来看,云系弯曲中心可能是 A 点,也可能是 B 点。但通过追踪云带轴线向内旋转的轨迹(如图 4-8b 所示),会发现其真正的中心应该在“C”处。C 处有一个像素大小的暖点,是增强红外图像上表现出来的还不很清晰的或初生状态的眼。但要注意,这一暖点必须出现在云型整体的中心才有意义。卫星动画图像也有助于从几个可能的中心位置中分辨出真正的系统中心。

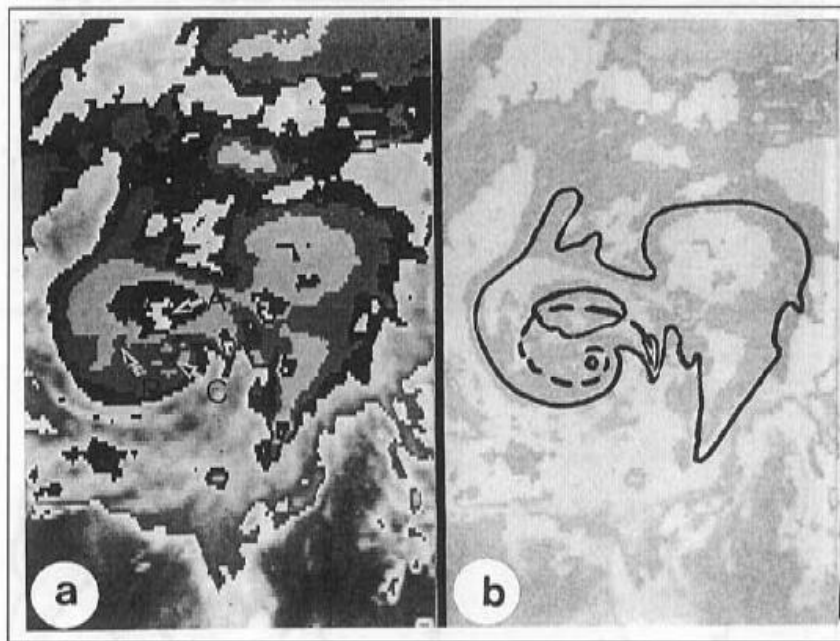


图 4-8 云型的增强红外图像

图 a 说明确定云型整体中心的必要性,甚至对一些飓风云型也是必要的。虽然看上去 A 点和 B 点都好像是可能的弯曲中心,但通过追踪图 b 的弯曲云带轴线,我们发现最可能的中心位置应是 C 点

Dvorak 模式也包括了一些弯曲云带云型的变型,其中的一种发生在弯曲云带的弯曲处有浓密的冷云区生成时。当用可见光图像分析时,这种云型称为中心密蔽云区(CDO)(图 4-9a)。当类似的特征出现在红外图像上时,由于其中的一部分可能是薄卷云且不密蔽,因此它不能称之为中心密蔽云区(图 4-9b)。对于图中的两种云型(见图 4-9 的箭头及图 4-10 的示意图),云型整体中心都定在浓密云区的中心。当类似的云型中有较大的中心密蔽云区时,那么外围云带或密蔽云区中的特征会有助于确定中心的位置。

模式示意图图 4-10 还给出了另一种弯曲云带云型的变型,即切变云型。这种云型中通常包含有一些弯曲低云线。而这些低云线常常形成一个曲率中心,靠近或位于密蔽云区之内。这种切变型的云型整体中心的预期位置位于图中“+”处。图 4-11 中的箭头分别标出了 3 个切变云型较明显的中心位置。

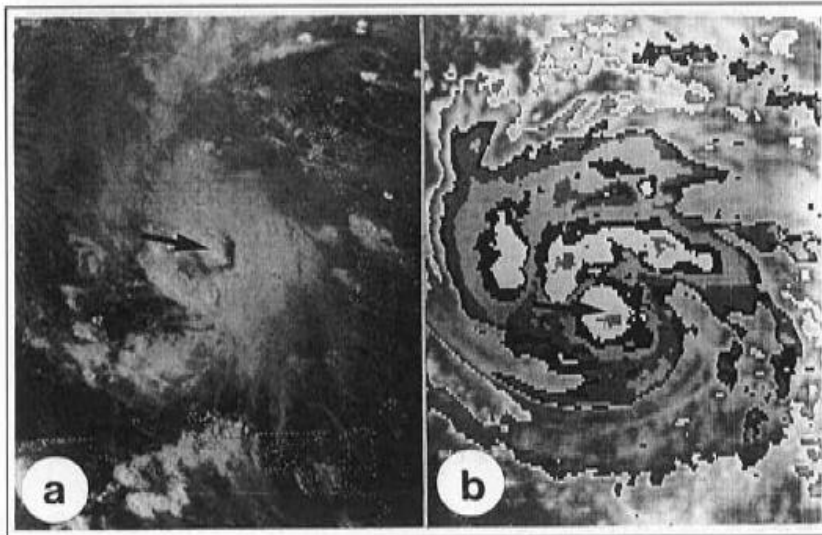


图 4-9 云型中包含有小面积中心云体的两个例子
 (a)在可见光图像上的中心密蔽云区；
 (b)在增强红外图像上的冷云盖。云型整体中心就定在这些特征的中心处(箭头)

第 1 天(T1.5)	第 2 天(T2.5)	第 3 天(T3.5)	第 4 天(T4.5)	第 5 天(T5.5)
中心密蔽云区型(CDO)				
“切变”型				

图 4-10 中心密蔽云区云型(上)及切变云型(下)的模式示意图
 模式的中心位置如“+”所示

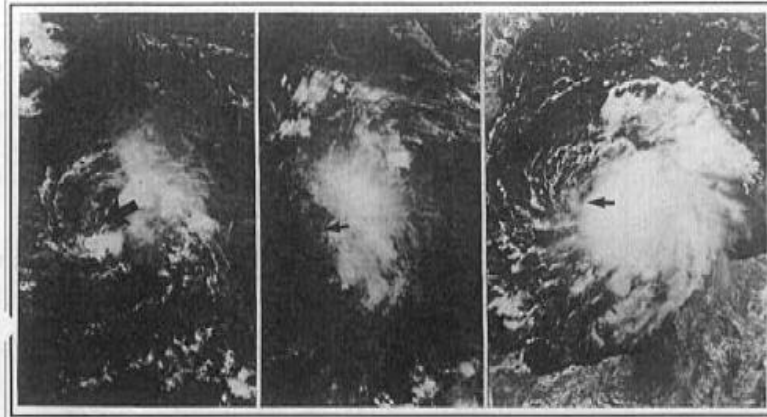


图 4-11 切变云型的例子
箭头标出了气旋洋面中心的位置

请读者花几分钟使用刚刚讨论过的延伸弯曲线方法或者用与模式云型比较的方法,看看是否能大致地确定图 4-12A 中两个系统的云型整体中心位置。先想一下弯曲线轴线应该怎样画,看看“+”号应放在哪里(不必画在图片上)。这个练习的答案如图 4-12B 及 4-12C 所示。

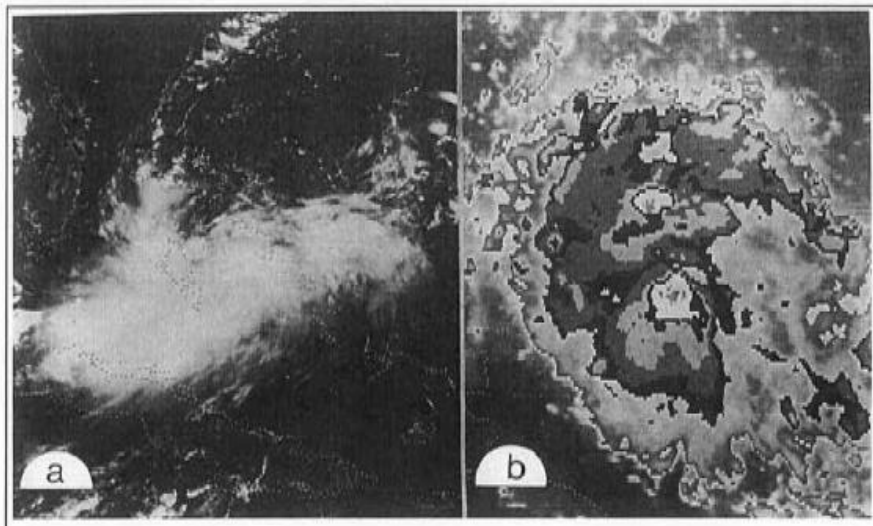


图 4-12A 热带风暴云型的两个例子
定出它们的云型整体中心

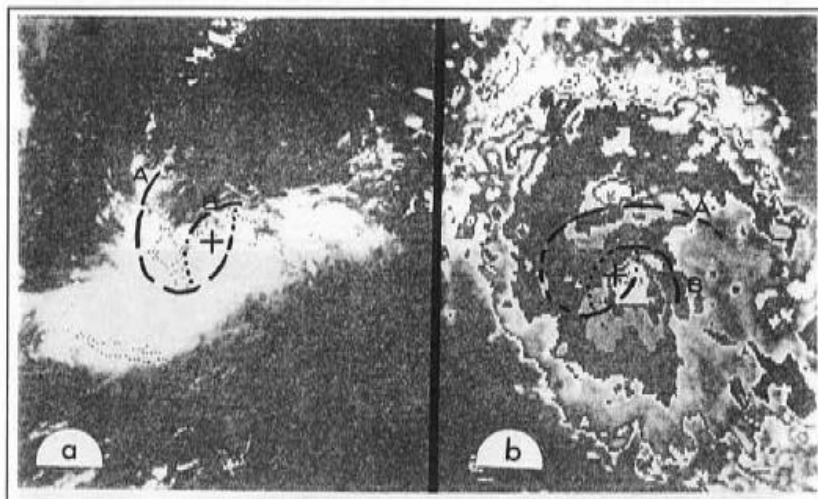


图 4-12B 通过延伸弯曲云带轴主线 A 和副线 B 确定一个中心区域
其中心即是云型整体中心(“+”处),图中,点线为云线和云带的延伸线

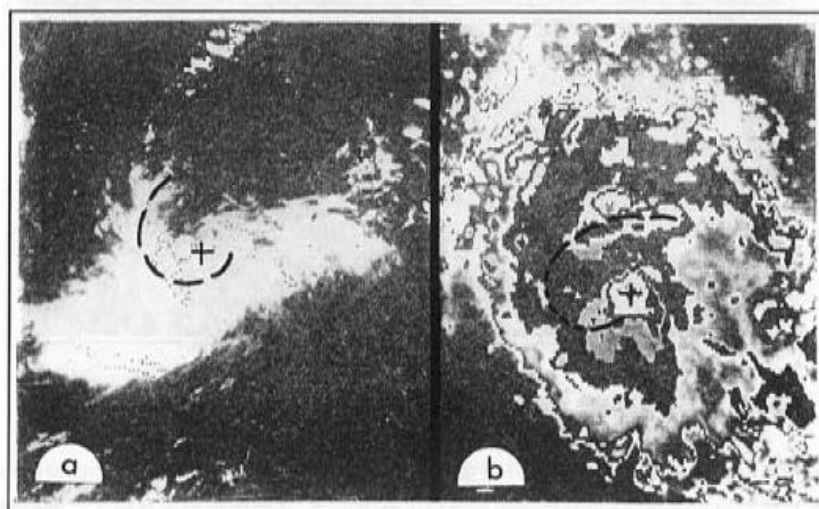


图 4-12C 用模式中心定位方法定出的云型整体中心(+)
(此位置为模式中类似云型期望的中心位置)。在图 a 中,中心(+)标在弯曲云带的弯曲弧内;在图 b 中,中心标在云型的中心云盖区域的中央

第 2 步：考察小尺度特征

接下来让我们看看分析过程的第 2 步：考察云型整体中心附近指示着云系中心的小尺度云特征。这一步所用到的云特征包括：

- 1) “眼”或眼的指示特征；
- 2) 低云线的弯曲、云量极小区(洞)或云线汇聚区；
- 3) 中高层云特征，例如云线或云带的弯曲、冷云区，穿透性积雨云云顶或云盖中的空洞等。

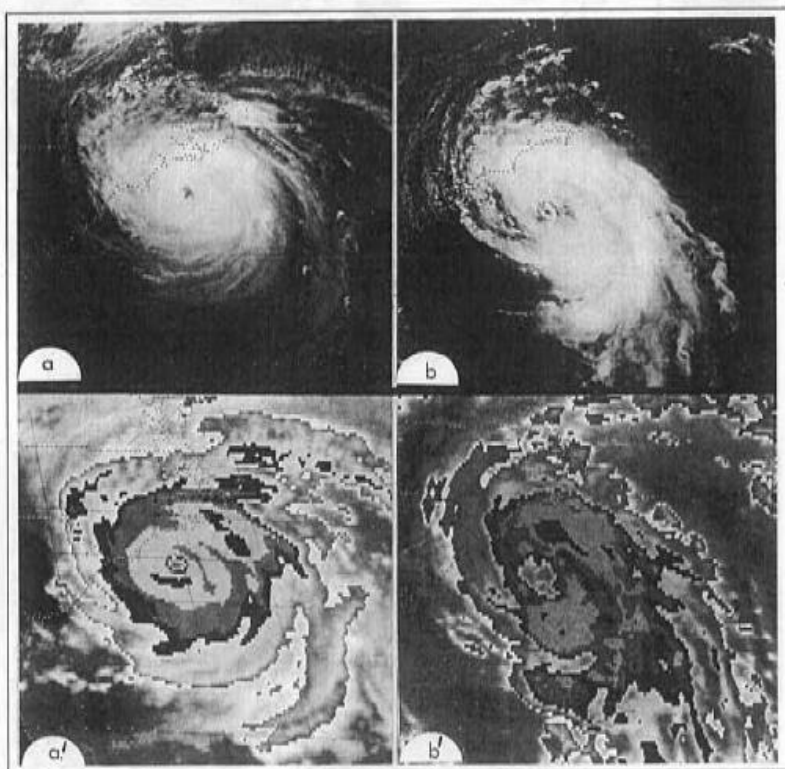


图 4-13 在可见光图像上有眼云型的个例(a 和 b)和几乎同时间的增强红外图像(a'和 b')

图 4-13 是可见光图像和红外增强图像上有眼云型的例子。左边图上小而清晰的眼型应有较高的定位可信度，而右边图像定位可信度为中等。观测到眼特征在模式云型所确定的中心位置附近是非常重要的。这一点将有助于避免那种把云缝或阴影误认为是风暴眼。

图 4-14 说明了如何由弯曲低云线确定热带扰动中心。左图中紧密的弯曲云线表明其定位分析信度很高，而右图的信度则较低。当弯曲低云线环绕成圆形，而且在一个象限汇合时(如图 4-14a 所示)，系统中心应在靠近汇合区的一侧(在此例中向东北方向偏移)。图

4-14b 是低分辨率增强红外图像,它的观测时间较上面的可见光图像(a)晚一个小时。此图中系统中心表现为云覆盖区中的一个空洞,这种现象在 8km 低分辨率图像上经常可以观测到。

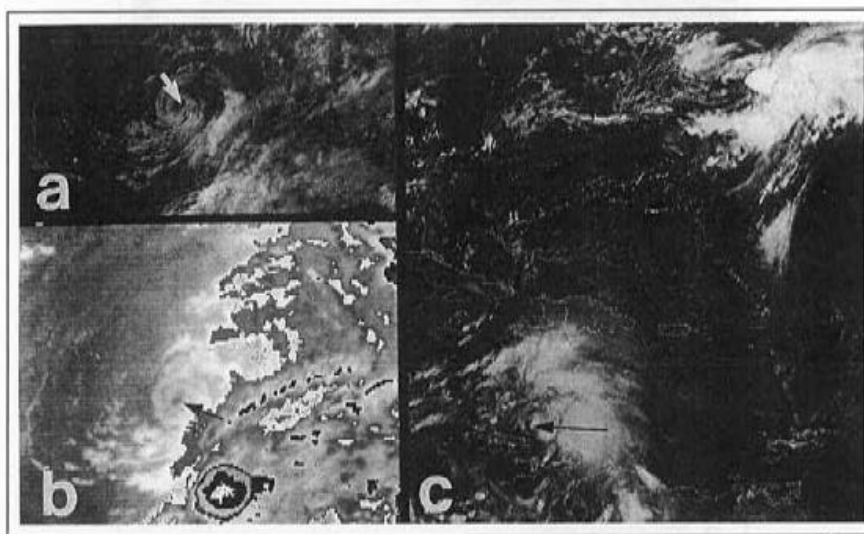


图 4-14 由弯曲低云线确定热带扰动中心的例子
其中箭头标出了扰动的洋面中心位置

当曲率中心呈现出如图 4-15a 那种情况时,可以像图 4-15b 中的虚线那样,将云线外推以得到在云盖下面的中心。

在图 4-16 中,云型的云系中心位置是由高层弯曲云线及云带确定的。由于有紧密的弯曲积雨云线,因此左图有很高的定位信度。与之相反,右图的扰动中心定在冷区中央,由于弯曲云带不够清晰,定位可信度不高。当由高层云的特征分析确定云系中心时,一定要记住系统中心位置可能由于强垂直风切变的作用而与洋面中心不相吻合,这种受影响的个例将在本章后面讨论。

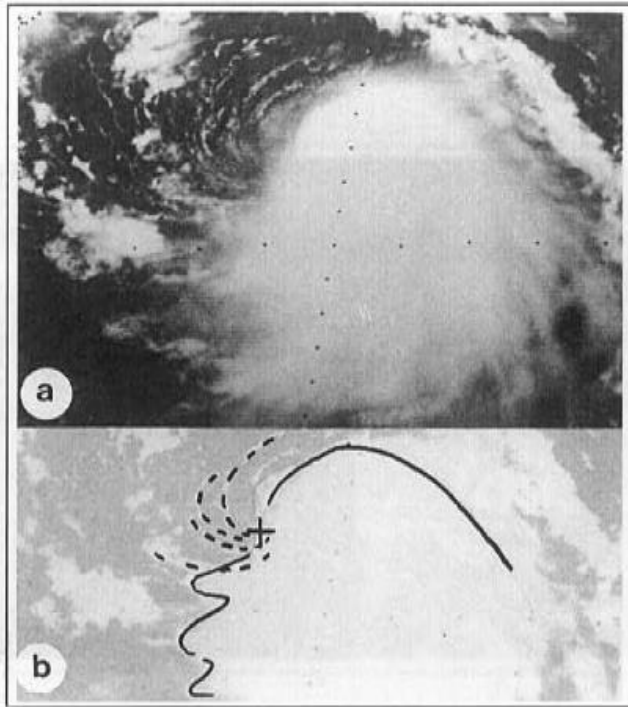


图 4-15 表现如何外推弯曲云线以获得云系中心位置的例子

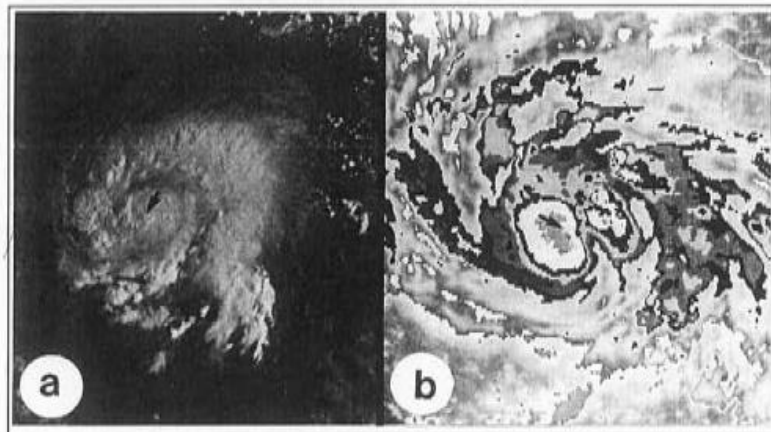


图 4-16 在中心密蔽云区内根据高层弯曲云特征确定云系中心
a 为可见光图像, b 为增强红外图像

图 4-17 是由高层云特征确定中心位置的另外两个例子。在图 4-17a 中,我们可以看到带有穿透性积雨云云顶的中心密蔽云区,而图 4-17b 中的中心密蔽云区内有一个空洞。当这些特征在云型整体中心附近出现时,系统中心的位置应定在这些特征之中或靠近这些特征处

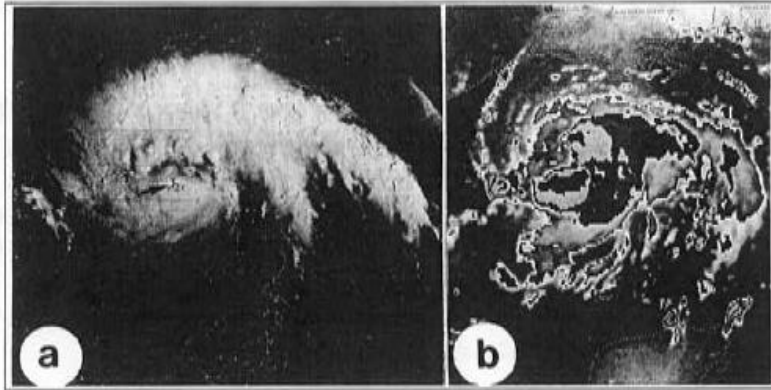


图 4-17 在中心密蔽云区内利用云的特征确定云系中心的另外两个例子
可见光图像(a)中有穿透云顶和增强红外图像(b)中密蔽云区内有一个空洞

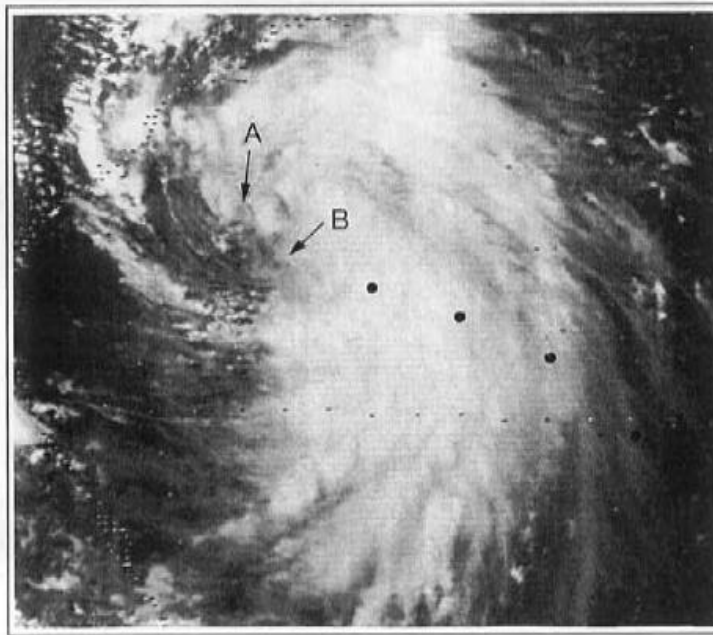


图 4-18 当云型开始受风切变影响时,利用过去的气旋轨迹,帮助在两个可能的中心位置之间进行选择
图中黑点为在气旋轨迹上间隔 6 小时的气旋中心位置。此例中 B 点被选定为气旋中心。

第 3 步：将中心定位与预报位置进行比较

中心定位过程的第 3 步是将从前两步得到的结果用与中心路过去路径外推(或预报)所得的结果相比较。这一步对于发现前两步定位中可能发生而未被察觉的问题来讲十分关键。比如就图 4-18 而言,分析者可能已选择“A”为中心,而中心过去的位置,以及螺旋云线都指示,把个中心位置定在“B”可能更好。图中的黑点为间隔 6 小时的轨迹。下面将进一步讨论这种情况。

第 4 步：比较前一时次与当前时次的中心在云型中的相对位置

分析方法中的第 4 步常常有助于确定那些中心不清晰,或可能有多个中心的云型复杂的热带气旋中心位置。具体而言,这一方法就是将前一时次的中心相对于云特征的位置,与当前相对于同一特征的云型中心的位置进行比较。请注意,图 4-19 中云型的相似性。图 4-19b 为图 4-19a 之后 6 小时的图像。图 4-19b 的中心定位较困难,而图 4-19a 的中心却显而易见。为了对两幅图像进行系统性比较,先将 6 小时前原风暴系统中重要的云特征连同中心位置描绘在透明胶片(图 19-C)上,然后再将胶片叠套在最新的图像(图 4-19d)上。通过使两幅图像上的持续性云特征保持最佳匹配,分析者常常可以得到令人满意的中心定位结果。例如弯曲云带轴线和云砧边界等特征往往具有持续性。

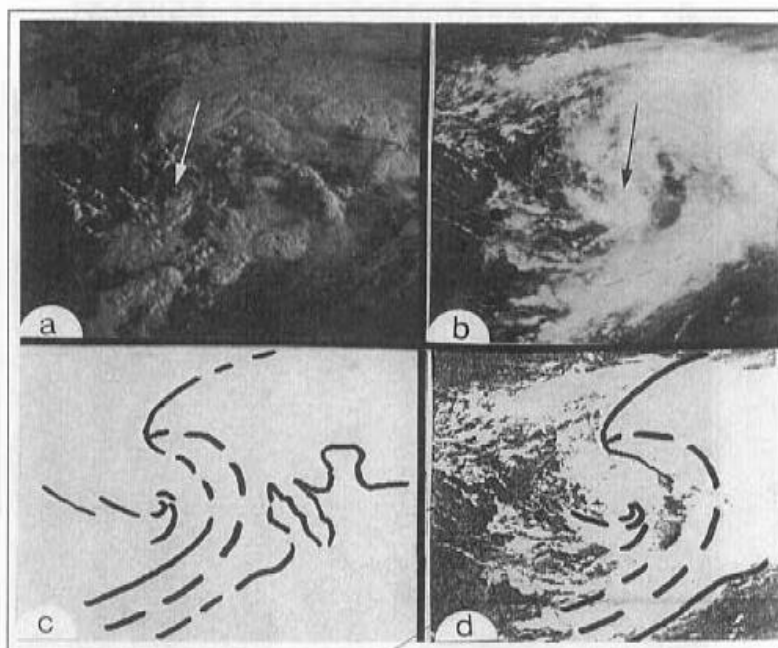


图 4-19 可见光图像 a 与 b,时间间隔为 6 小时,图像 a 箭头部位有一个清晰的中心,但图像 b 却没有。图 a 中的中心位置以及一些持续性的云特征(图 c)被用来帮助确定 6 小时后系统的中心位置(图 d)

这里所介绍的分析方法也可逆向使用,以改进风暴路径分析。也就是说,如果当前时次的图像可清晰辨认系统中心时,这一中心位置,以及与之相关的云特征可以描绘在透明胶片上,用以改进前一时次的中心定位,这一过程将有助于改进风暴位置的预报,进而有助于确定下一时次的云系中心。

第5步:最后调整中心位置

第5步,也就是最后一步,是在前面中心定位的基础上进行最后修正。根据陆地特征检验定位网格的精度之后,你一定要自问,是否要根据风暴与卫星星下点的距离(视差)或相对运动效应对中心位置进行调整。

当所分析的高层云特征离星下点相当远时,由卫星观测到的气旋位置总是比其真实位置离星下点远。图4-20对其原因给予说明。从图4-20中可以看到,定位误差与卫星观测角 α 及云特征的高度 h 有关。前者是气旋位置与星下点之间距离 d 的函数。一般,当风暴位置与星下点相距15~25个纬度时,需将视觉位置向星下点方向移动0.05个纬度,以得到气旋中心位置。当风暴位置与星下点相距大于30个纬度时,这一数字约为0.1。目前,在业务运行中这种卫星视差校正由计算机自动完成。

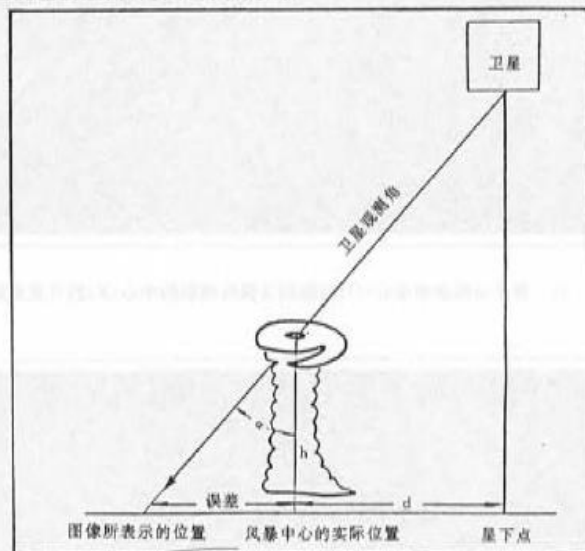


图4-20 说明为什么卫星得到的风暴中心位置要比其实际中心位置距离星下点更远的示意图
(没有按比例画)

有时,卫星图像上清晰的低云曲率中心位置与飞机探测或卫星图像动画上得到的风环流中心位置不一样。换句话说,系统由云型体现的相对于云的旋转中心与相对于地面的旋转中心是不同的。在图4-21中,云系旋转中心(O)与飞机探测得到的风场中心(X)就不相同。这种差异的大小是由系统移动速度与旋转速度之比决定的。对于西行系统来说,典型的情况是,地面风环流中心位于云型中心的赤道一侧,对于慢速移动或静止的系统,两个中心相互吻合。

对于大多数移动着的弱扰动来说,云型位置落在探测飞机确定位置的右侧。对于快速移

动的弱旋转系统来说,两者之差最大(可达 30 海里)。使用动画云图导出的风来确定中心位置可以消除这一差异(如图 4-22 所示)。

尽管下述因子在本章中未被详细讨论,但需牢记,使用准确的网格、高分辨率的图像仍是得到高精度分析结果的关键。另外,还应该把图像放大,这样云的细微特征才能看清楚,中心的定位精度才可能达到 1/10 度。同时,尽量使用红外图像,在白天还要与可见光图像一起使用,而且要进行增强处理,以便最大限度地表现低云和高云的云顶温度细节。当低云确定了一个中心时,分析图像动画往往能提高中心定位的精度。这一点对于弱环流系统更为重要。

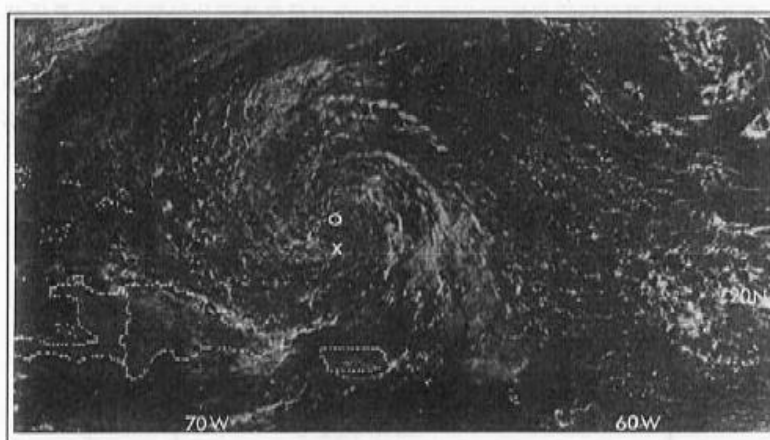


图 4-21 表示云线曲率中心(O)与探测飞机所得到的中心(X)的可见光图像



图 4-22 叠加上根据动画卫星图像得到的风矢量的可见光图像
这种根据云移动得到的系统中心与飞机报告结果(X)相同

3. 有关风切变和多中心扰动的问题

A. 风切变

利用卫星图像进行热带气旋地面中心定位带来问题最多的就是风切变。这一点从下述几个例子中一看便知。图 4-23 表明高层西风切变是如何使确定洋面风环流中心这一工作复杂化的。图 a 是飓风 Harvey 1981 年 9 月 15 日 18Z 的可见光图像。此时云型正在迅速变弱,但云的螺旋线清晰地显示着残留的飓风眼(箭头)。这一位置在图(b)上用“W”标出。

图 b 是比图 a 晚 6 小时的夜间增强红外图像。分析者用增强红外图像进行分析,他把中心定在图 b 中箭头所指的地方,风切变尚未严重影响云型的西半部时,在增强红外图像上系统中心与先前的中心位置保持一致,定在最冷云带的弯曲处(毕竟在此时次前的 12 小时,飓风 Harvey 的暖眼已出现在类似云型之中)。

图上,每隔 6 小时用一个黑点标出根据卫星图像确定的气旋位置(此时段无飞机定位资料可作参考)。飓风中心在图 a 中的位置用“W”标出。6 小时外推预报路径位置用“X”表示。“X”之后 6 小时的外推位置在图 b 中用“Y”给出,此时在增强红外图像上确实有一些依据支持这一定位结果。

图 c 是图 b 之后 12 小时的白天可见光图像,即下一天早晨(即 9 月 16 日 12Z)。图上的低云线清楚地表明了洋面中心的位置(箭头处),这一中心位于图像 b 中的路径线上,由位于风暴北侧的“Z”点表示。

此例中,飓风 Harvey 向北移动,进入越来越强的高空西风区,正在减弱中飓风的高层云特征移到了低空中心的东面。一旦高层云显著消散,低层云型便暴露出来(图 c)。此时,我们发现低空中心并没有象高空云特征所表现出来的那样向东急转。

当碰到高层西风切变增大,并且风暴在夜间突然偏离原持续性移动的路径时,以下几点需提醒分析者注意:

- 云型西侧的云迅速消失和云边界在南北方向拉长是强西风切变的征兆;
- 预报(即外推)路径的位置时,应充分重视这种形势的变化;
- 分析中,风切变所带来的问题是暂时的,当高层云消散或可见光图像可用时,问题便自然解决了。

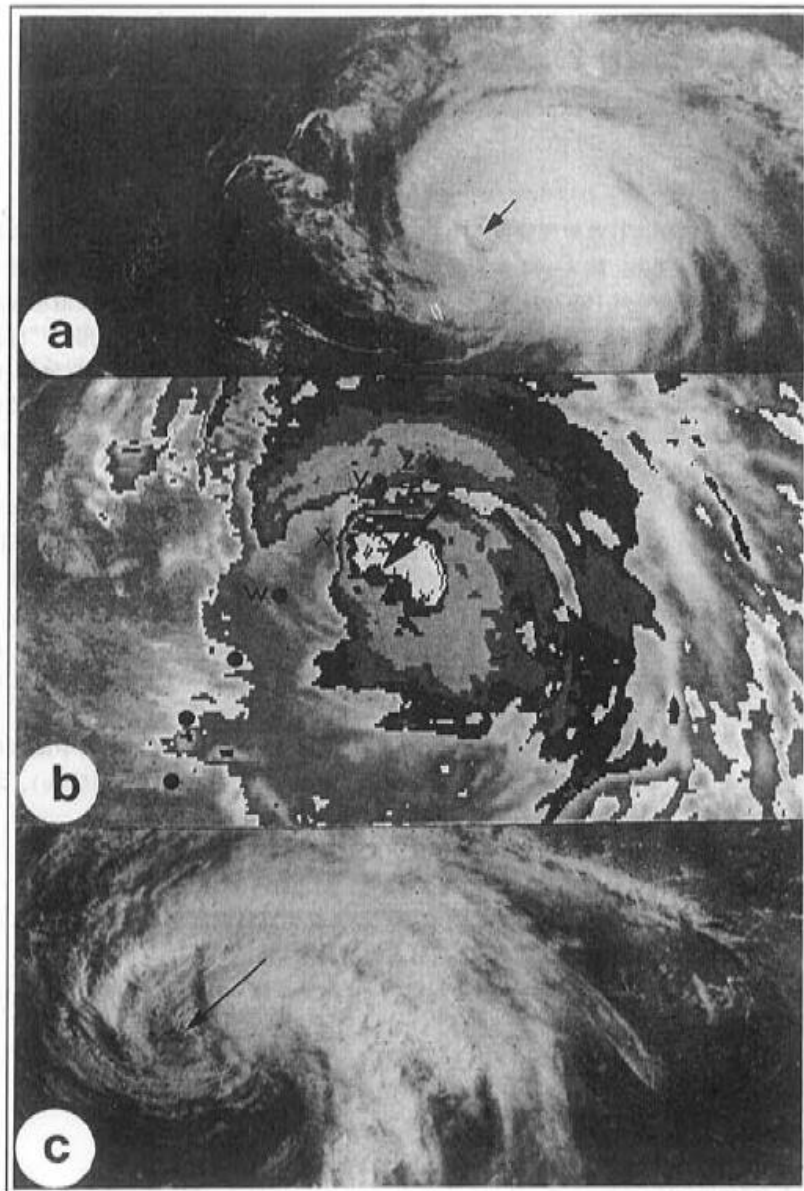


图 4-23 1981 年在西北大西洋上向东北方向移动的飓风 Harvey 的 3 张图像
图 a、b、c 分别是正在减弱中的飓风 9 月 15 日下午的可见光图像、夜间的增强红外图像,以及次日早上的可见光图像

图 4-24 和图 4-25 是第 2 个更复杂的风切变影响的例子。图 4-24 是 1982 年 Alberto 飓风相同时刻的可见光和增强红外图像,此时飓风正向东北方向移动。云型表明它受到了强垂直切变的影响,在左边的可见光图像上螺旋带状特征的中心(黑箭头)处,仍可辨认系统中心。云特征中心及飞机探测位置均为 $24.1^{\circ}\text{N}, 83.6^{\circ}\text{W}$ 。这一位置在图 4-24b 中用黑箭头标出。图中的白箭头位置是高层弯曲带状特征的曲率中心位置,低层中心位于高层云带弯曲中心西南 25 英里处。这说明,此时强垂直风切变已使高层云型与低层中心分离。

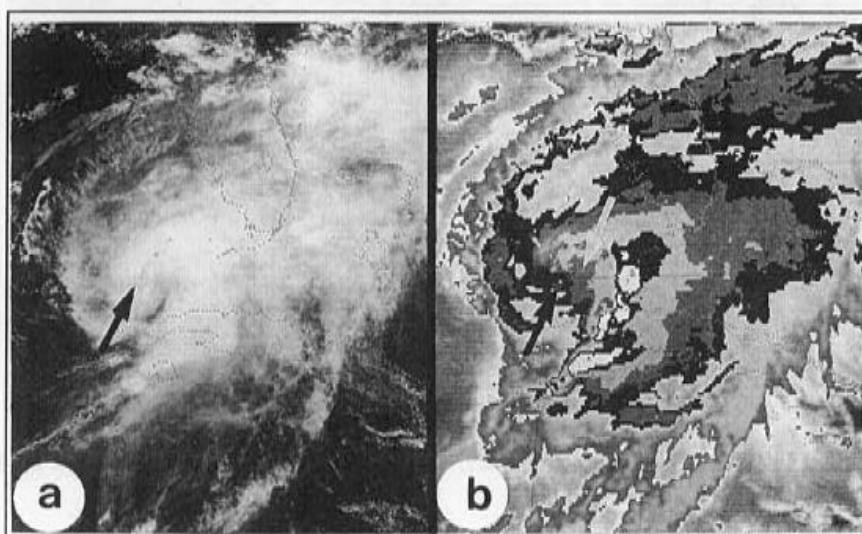


图 4-24 1982 年 Alberto 飓风遇到垂直风切变时几乎同一时刻的可见光图像(a)和增强红外图像(b)从可见光图像上得到的飓风中心位置在增强红外图像上用黑箭头标出。请注意高层中心(白箭头)已被高层西风吹向东方

图 4-24 之后 6 小时,也就是 0031Z 时夜幕已经降临。此时仅有增强红外图像(图 4-25)可以使用。在图 4-25 中,黑点是过去的间隔 6 小时的飓风路径。“X”是飓风的外推位置。我们可以看到,高层弯曲中心“B”会象 1833Z 时那样相对于低层中心向东北偏东方向偏离。但是,它到底偏离多远呢?利用透明胶片把过去图像(1833Z)上的弯曲云带轴线、边界特征以及中心位置与当前云型匹配,得到了一个飓风中心位置“O”,同一时刻的飞机探测中心位置是“R”。业务分析人员选择的中心位置为箭头所指的云中空洞的东侧。

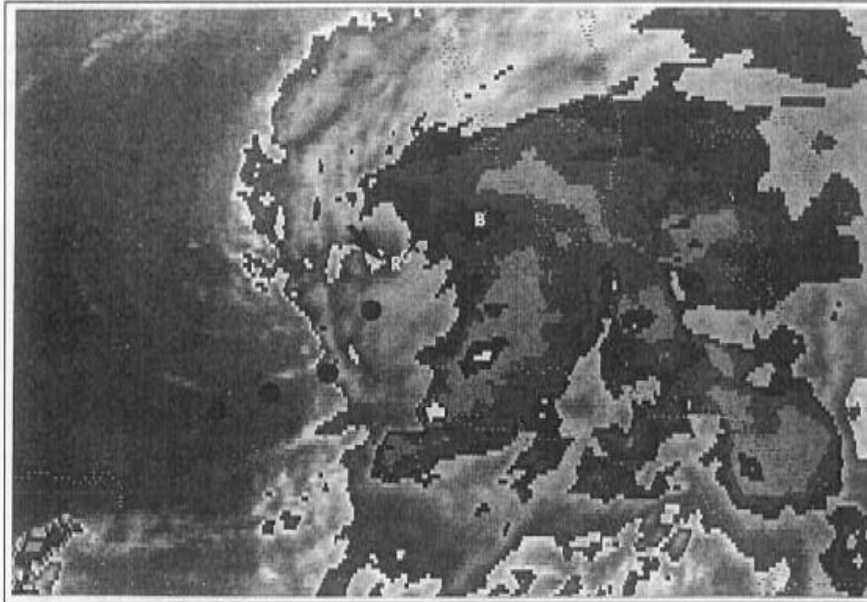


图 4-25 图 4-24 之后 6 小时的飓风 Alberto 图像
 高层弯曲中心 B 已偏离低层中心(黑箭头)。飞机探测位置(R),外推位置(X),以及透明胶片方法所获得的中心位置(O)也都标在了图上

在风切变使高层涡旋与低层涡旋分离的最初 9 小时或更短的时间内,高层云特征的位置常常给定位带来严重的问题。这种分离表现为云型快速消散,云型消散又使得低层云特征结构暴露出来,这时我们可能看见切变云型。增强红外图像图 4-25 就是一个强西风垂直切变使云型西界受到破坏的个例。

1986 年飓风 Charley 的增强红外图像(图 4-26)是一个表明风切变影响的特殊个例。由于有同步的可见光图像、高质量的飞机探测资料和雷达观测资料,因此飓风定位的误差很小。在图 4-26 中,经核实 3 小时间隔的飓风轨迹以黑点表示。此时刻飓风云型表明高层云的弯曲中心对应于黑色及灰色阴影区应为“A”和“B”,它们差不多在预报路径位置东南方向 50 海里处(箭头)。在可见光图像上,外推路径位置处可以看到较弱的低层中心的指示,尽管它不够清晰,但还是应该选定它作为飓风中心位置。

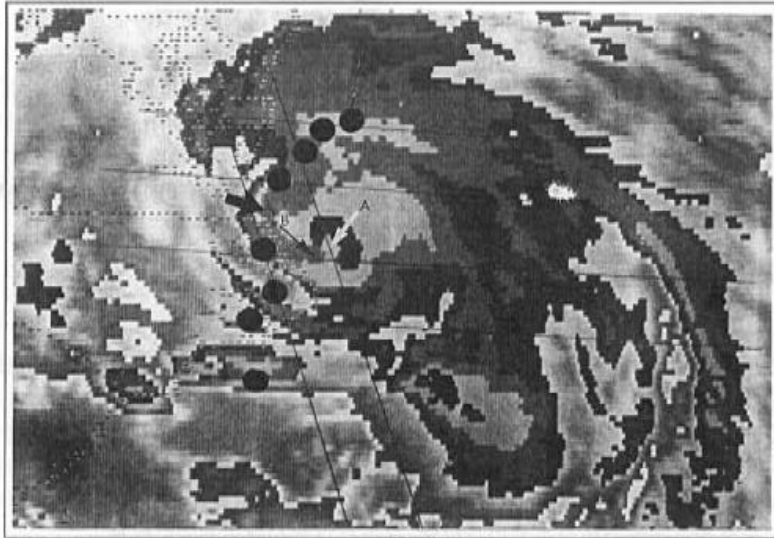


图 4-26 高层西风增强使台风高层云中心(A 和 B)移到洋面中心位置东侧的一个特殊个例
图中大黑箭头指出飓风的洋面位置,它是根据美国东海岸雷达观测得到的。

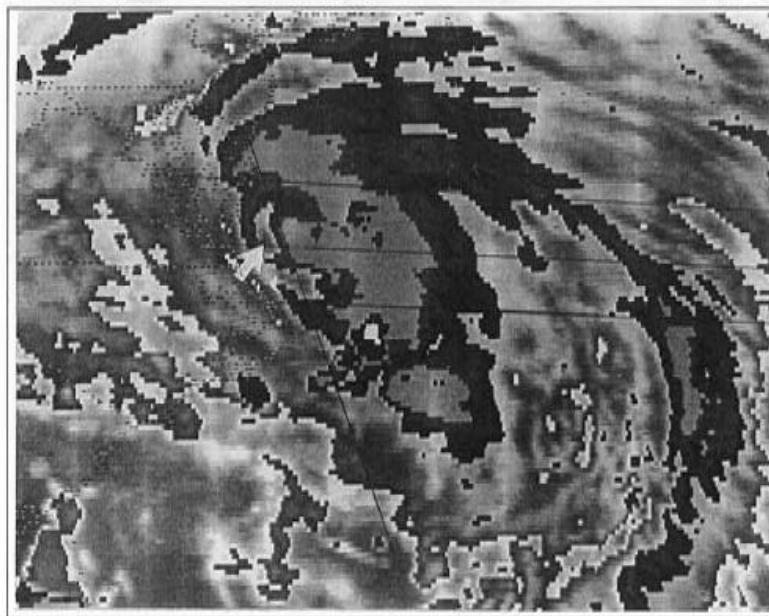


图 4-27 图 4-26 之后 3 小时的增强红外图像
请注意,高层云型如何迅速消散,以及位于箭头位置的低层中心是如何开始暴露出来的

图 4-27 为图 4-26 之后 3 小时的图像,从图中可以看出高层云型特征已经消散,在较冷云的边界处表征低层中心位置的指示特征开始显露出来(箭头处)。

请注意,在有切变征兆的情况下,当中心位置突然偏离路径外推位置时,一定要紧紧依靠预报位置去定位,这一点在夜间特别重要。如果切变持续存在,表明中心位置的低云线不久就会看得见。如果气旋重新加强,醒目的云带弯曲或台风眼将说明涡度轴又重新变得垂直,假如在夜间没有发生上述情况,那么第 2 天早上的可见光图像将帮助你核对当前的路径位置。

B. 多中心问题

用卫星图像确定热带气旋的中心位置时,遇到的另一个严重问题也与风的切变有关,即与垂直切变和水平切变都有关,这就是多中心问题。例如,在图 4-28 中我们看到有 4 个可能的中心位置 A、B、C、D。我们应选择哪一个呢?在没有把 6 小时间隔的路径位置叠加到图上(图 4-29)之前,这一问题确实很难回答。在看过图 4-29 之后,根据路径位置不难看出, C 点最可能是此时刻该热带气旋的中心,图中的“P”点是根据云系特征的持续性和 6 小时前的中心位置外推得到的当前云系的中心位置,这也引导我们得出相同的结果。

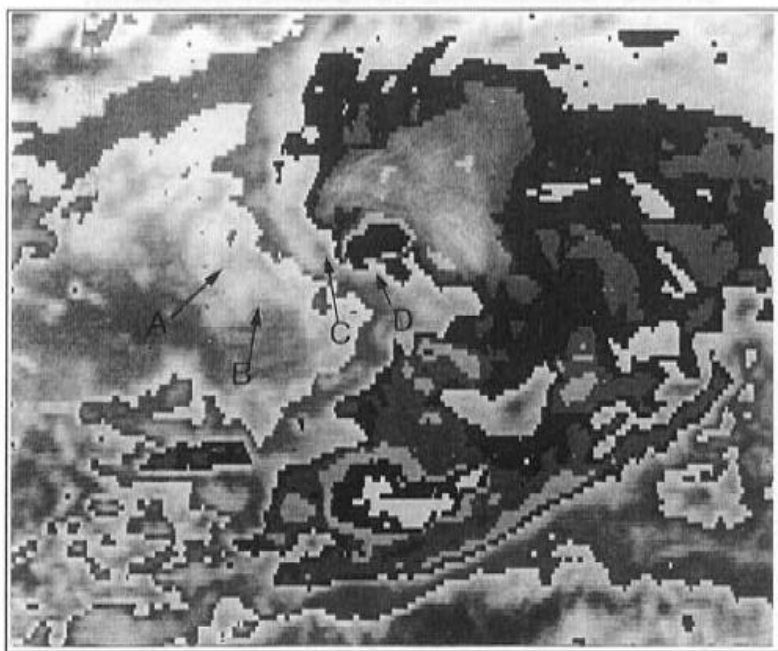


图 4-28 说明云型中有多个明显中心的增强红外图像
在 A、B、C、D 之中应选择哪个为系统中心?(见图 4-29)

在热带气旋发展的初期阶段,图像上经常出现好几个由低层云线弯曲指示的中心,尽管此时没有一个确定的扰动中心,选择一个最有可能发展起来的中心对预报路径位置也是十分重要的。这时,可以把位于云系整体中心附近的低云线弯曲最清晰的位置当作中心,或使用模式云型所描述的中心位置。当云型整体中心落在多个可能中心点的中间时,就把整体云型中心当作系统中心;当某个中心在未来的图像上变得最清楚时,使用这些知识并及时返回去校正和核对过去的路径位置是有益的。



图 4-29 在图 4-28 基础上叠加了过去路径位置(用黑点表示)和用透明胶片方法所确定的中心位置(P),两者都表明最合乎逻辑的中心位置应该是“C”点

4. 总结

让我们来总结一下利用卫星图像确定热带气旋中心位置的 5 个步骤。

- 第 1 步,根据云线的弯曲或者通过与模式云型的比较确定云型整体中心,从而得到系统中心的粗定位。除非步骤 3 或 4 的结果与此步的结果有悖,否则最终系统中心位置必在云型整体中心附近。

- 第 2 步,考察云型整体中心附近的小尺度云结构以便改善中心定位结果。

- 第 3 步和第 4 步,参考外推路径(预报)位置和云型的连续性,重新考证已经确定的系

统中心位置。这两步对于分析复杂云型(即突然遇到风切变环境,表明有多个中心,或在夜间红外图像上分析)极其重要。

· 第5步,校验网格的准确性,针对卫星观测角及相对运动对所确定的中心位置做小的调整。

所确定的中心位置的可信度取决于4个基本因子:确定系统中心的云系特征类型、涡旋的垂直性、网格的准确性,以及用于分析图像的类型。在使用有高精度网格的可见光放大图像时,以下几点供参考:

(1)对于具有由低层云线确定的紧密中心的系统,以及具有清晰眼型的系统,定位精度与飞机探测定位精度相当(± 0.2 纬度);

(2)对于具有紧密弯曲特征的高云,以及具有中等清晰度的低层云特征的系统,其定位精度可望达到0.30 纬度;

(3)对于多中心,以及切变型系统,平均误差大约为0.4 纬度(24 海里),对于最后这类云型,要注意多个风场和气压中心同样也会造成校验资料的误差;

(4)对上面所列出的第2、3条的准确性,当利用红外图像(无眼类)和开始受到强垂直风切变影响的云系来说,会有所降低。

5. 练习

1. 练习1至3

做这部分每个练习,需备有图像和透明胶片各一张。其中练习1和练习2分别有6张可见光图像。练习3是有12幅增强红外图像的练习,作业是:

(1)将带有网格的透明胶片覆盖在图像上。

(2)按照步骤1和2的中心定位程序,分析每张图像,注意仅在透明胶片上涂画,切勿损坏原图。

(3)在另外的纸上按A-B网格坐标写出每个系统中心的位置,取值单位为0.5个格距,例如在练习1的图像中,中心位置定在14.5A、17B处。

(4)然后将答案与附录2中第4章的答案相比较。

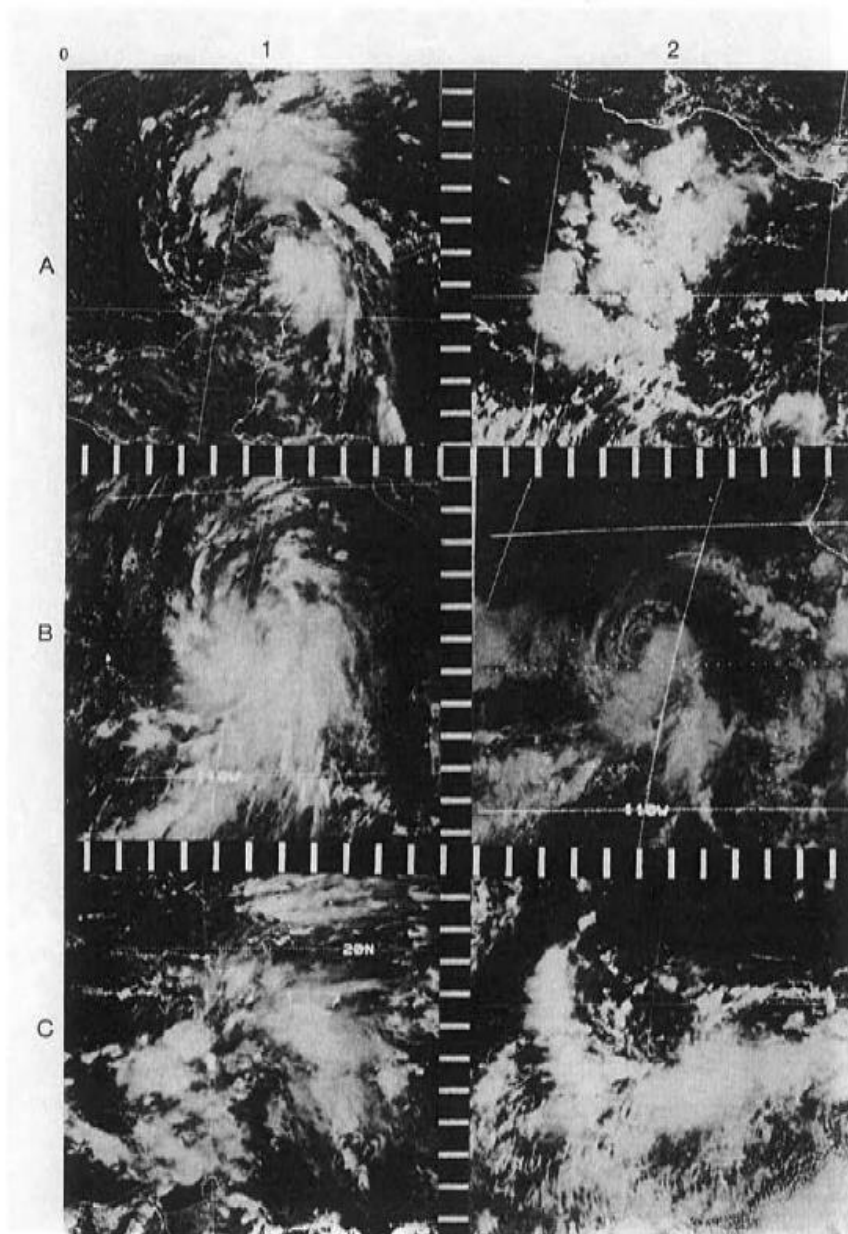
(5)当与答案不同时重新进行推敲,而后将胶片擦净,重新放置于手册之中。

2. 练习4

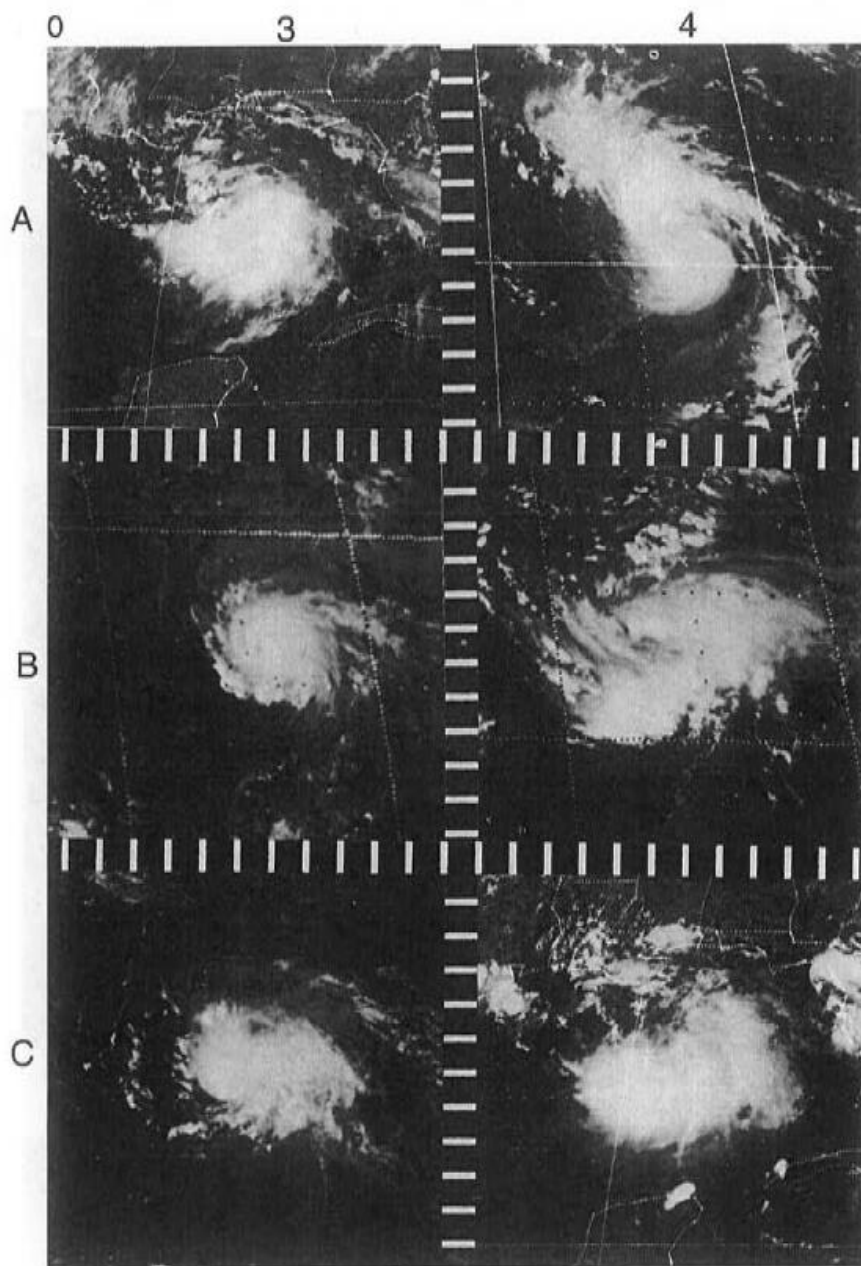
练习4的目的是跟踪第7章练习1中的热带气旋“TCB”。在第7章的练习中附有需填写的工作单、网格透明胶片和路径图,这些可以帮助大家完成练习。请拷贝工作单及标有TCB的路径图以保护原图。

从第7章练习1标有1991年8月13日1831Z的图着手,确定图像中部那个云系的中心。这个扰动将发展成热带气旋B(TCB)。分别在标有TCB的工作单的首行和路径图上填入经纬度位置,利用网格胶片中“1991年8月13日”的部分对扰动中心进行定位。

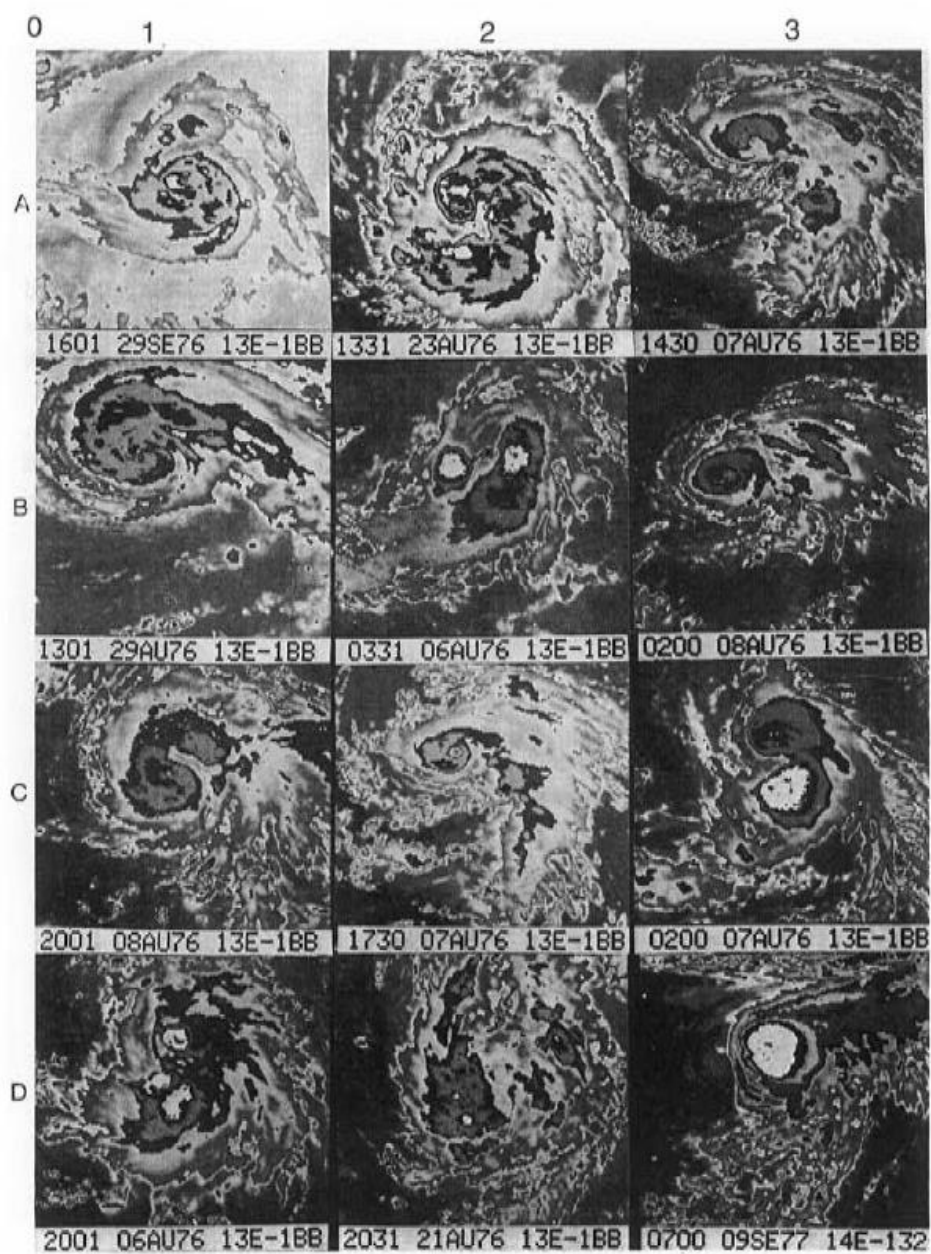
对TCB逐日图像重复上述分析过程。从8月16日的图像开始除需对可见光图像进行分析之外,还需对每日的增强红外图像进行定位分析(增强红外图像的时间也列于工作单之中)。完成练习之后,与附录2(第4章)中所给出的答案相比较。当两者有较大差异时,重新对图像进行分析。



练习 1



练习 1



练习 1