

# 飞机报告和卫星导得的风在热带分析中的应用

中央气象台一室三组

## 一、引言

在南北纬 40 度之间的太平洋地区，只有 30 多个探空站，20 多个测风站（新西兰未计在内）。日常能收到的探空和测风站的探测报告不到 40 个。有些地方，几千公里内没有一个测站。在分析海洋地区的热带天气图时仅依靠这样的常规测站网，由于资料不足，即使精心推敲，也难以得到可靠连续的分析。预计短期内，这种情况也不会有很大的改变。因此，对于非常规资料的收集和使用正越来越受到气象工作者的重视。

所谓非常规资料，泛指除实时的地面和高空观测以外的其他气象观测报告。飞机报告，卫星观测所导得的各种气象要素资料、定高气球、海上漂浮站等都属此列。在过去十多年内，非常规资料不但数量上增加，质量也显著提高。预计未来数十年内，还将有更多更好的非常规资料可供使用。因此，非常规资料是很有发展前途的资料来源，在探测报告稀少的热带海洋地区，它的重要性就显得更为突出。

本文介绍两种非常规资料——飞机报告和卫星导得的风在我台热带分析中的应用情况。

## 二、资料概况

1. 飞机报告 飞行中的商业和军用运输机，每隔一定距离作一次气象观测报告。当遇到重要天气如强的颠簸、积冰时，还要随时作观测报告。有关航站在收到这些报告后，转发给气象部门。这种报告称为运输机气象观测报告，简称飞机报告。

现代远程飞机一般在 800—200 毫巴飞行。所以飞机报告绝大部分都分布在上述层次附近。

经过气象部门转发的飞机报告，保留风和温度两个气象要素。风的确定方式如图 1 所示。若 A 为 t 时刻飞机的位置，B 为按照飞机的航向和航速在  $t + \Delta t$  时刻飞机应该到达的位置，C 为  $t + \Delta t$  时刻飞机的实际位置，D 为 AC

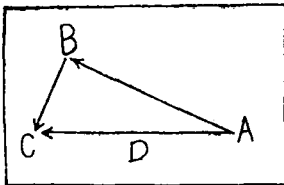


图 1 飞机上确定风的方法示意图

的中点，那么  $t + \Delta t$

$\Delta t$  时刻 D 点的风为  $\overrightarrow{BC} / \Delta t$ 。风的观测精度取决于导航仪器的可靠性和飞行员利用它们连续地确定飞机位置的技巧。如果导航仪器可以自动地在非常短的间距内精确确定飞机的位置，就可以测得定点风。否则就只能测得平均风。平均风不能反映风场的细节，不如定点风有用。飞机报告中风的均方误差为  $15^\circ$ 、8 米/秒。飞机报告中温度观测的均方误差为  $2^\circ\text{C}$ 。

在亚洲和太平洋地区，目前每天大约有 900 多个飞机报告。它们的大致分布情况如图 2 和图 4 所示。飞机报告分布不均匀，大部分分布在主要航线附近，这是它的缺点。即便如此，在热带太平洋地区能提供使用的飞机报告数量在 200 毫巴附近及 300 毫巴附近各自要比探空和测风报告多 2—3 倍。

2. 气象侦察飞机报告 当太平洋上出现热带低压或台风时，美国的关岛天气侦察中队即对有关地区进行侦察飞行。在侦察飞机往返的途中，每隔 150 英里要作一次气象观测；在被侦察的地区，飞机要对热带气旋进行穿眼飞行，并每隔 80 分钟作一次气象观测。有必要时飞机还要投放下落式探空仪进行垂直观测。这种观测报告的格式刊载在 1970 年中央气象局编印的国际气象电码上。

气象侦察飞机选择某一个标准等压面（一般是 500 毫巴或 700 毫巴）或在一个非常接近地面的高度（如 300 米上空）上飞行。观测内容有：等压面高度或地面气压，飞行高度上的温度、湿度、风、从飞机上目测海况估计的地面风、天气、云等。观测精度要比运输机气象观测报告高。高度的观测误差一般为：700 毫巴上 25—30 米，200 毫巴上 50—60 米，温度的均方误差为  $1^\circ\text{C}$ ；飞行高度上风的均方误差为  $3^\circ$ 、5 海里/时。

气象侦察飞机一般在很少甚至没有气象观测报告的地区飞行，因此是很有价值的资料来源。

3. 卫星导得的风 利用地球静止卫星追踪云的运动可以得到比较准确的风的估计。估计方法很简单，只要在相邻 20 分钟的云图上确定同一云块的位移。目前，美国利用在  $75^\circ\text{W}$  和  $135^\circ\text{W}$  赤道上的静止卫星 GOES-I 和 GOES-II 每天 10、16、22 世界时要对  $175^\circ\text{E}$  以东的太平洋和大西洋作三次风的估计。所导得的风主要分布在 900、200 和 800 毫巴附近，500 毫巴附近

也有。在有云的地方，资料间距可达2—3纬距一个。由于日本已在140°E赤道上发射一个静止气象卫星，亚洲和西太平洋热带地区也将有这种资料。

卫星导得风的精度是相当高的。ATS-I卫星所导得的对流层下层风与850毫巴实测风的偏差有70%在25°、6海里/时以内；上层风与800毫巴实测风的偏差有70%在15°、15海里/时以内。ATS-I卫星尚不能估计云块所在的高度，ATS-III和目前在业务中应用的GOES-I, GOES-II卫星已能根据云块的温度估计它所在的高度。ATS-III卫星导得的风与气象侦察飞机对加勒比海上某些云所作的专门侦察飞行所得实测风的比较表明，两者的偏差在云底附近只有1.2米/秒，在云顶附近大约为3—5米/秒。

### 三、非常规资料的使用

非常规资料一般是非实时、非标准等压面的，因

此需要给出一定的时间范围和高度范围，使用这个范围内的资料与标准时间、标准层次的资料不会有很大的偏差。这个范围如果太小，会损失许多本来可以利用的非常规资料；如果太宽，时间和层次各不相同的资料在同一张图上分析将会不协调。这两种偏向都会影响分析质量。

在200毫巴附近，飞机报告和卫星导得风的数量都相当多。前者层次和时间都不固定，后者是固定时间的，但层次不固定。为了选取比较合适的时间和高度范围，我们作了一些简单的气候统计。

关岛(13°33'N, 144°50'E)测站整年位于副热带急流以南，我们统计了关岛1963—1965年2、5、8月一共9个月的300—200毫巴垂直风切变的频率分布，见表1、表2。

关岛的纪录表明，在热带太平洋地区，300—200毫巴的风向差并不总是很小的，它们之中约有30%在50°

表1 关岛1963—1965年2、5、8月300—200毫巴风向差的频率分布(216个个例)

300—200毫巴 风向差(度)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
频率	11.6	20.4	15.3	11.6	10.2	5.1	1.9	4.2	1.9	3.2	5.6	2.8	0.9	1.9	0.9	0.0	1.9	0.6
累计频率	11.6	32.0	47.3	58.9	69.1	74.2	76.1	80.3	82.2	85.4	91.0	93.8	94.7	96.6	97.5	97.5	99.4	100

表2 关岛1963—1965年2、5、8月300—200毫巴风速差的频率分布(235个个例)

300—200毫巴 风速差(米/秒)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
频率	5.1	14.0	16.6	8.5	11.5	9.4	8.5	8.5	4.3	3.0	5.1	1.7	0.8	1.7	0.8	0.0	0.4
累计频率	5.1	19.1	35.7	44.2	55.7	65.1	73.6	82.1	86.4	89.4	94.5	96.2	97.0	98.7	99.5	99.5	99.9

以上，15%在90°以上。所以200毫巴的流线分析不能直接使用300毫巴附近的纪录。为此，我们就只使用200毫巴上、下1000米以内的风。在副热带急流以南，200毫巴大约相当于4万英尺高。1000米大致相当于300—200毫巴厚度的三分之一。假定300—200毫巴附近风随高度的变化是均匀的，1000米厚度范围内的风与200毫巴风的风向差有70%不到15°，85%不到30°，风速差有90%不到3米/秒。也就是说，在这个高度范围内，风的变化率大致与飞机报告和卫星导得风的误差同量级，可以不予订正直接使用。

在副热带急流地区，风的垂直切变和水平切变都非常强，副热带急流的风切变几乎都集中在对流层上层。有时候，300—200毫巴风速差可达50米/秒以上。但是在这里，风向随高度几乎没有变化，所以在副热

带急流地区，对非标准层次的风速作高度订正是有必要的。

在航线附近，飞机报告非常集中，往往在同一地点，几个高度上都有飞机报告纪录。根据这些纪录，可以大致估计出此时此地风速的垂直切变，然后利用它对邻近地区的飞机报告作线性外延。在周围没有纪录的大洋地区，这样做比参考遥远测站上的风作外延要好。

在热带地区，系统的移动和变化都比较慢。我们统计了1976年5月16日—6月15日期间热带太平洋地区200毫巴高空槽的移速。在槽上每隔10个纬距取一个特征点，统计槽的24小时位移，结果列在表3中。

表3表明，在热带太平洋地区，有90%的高空槽

表3 1976年5月16日—6月15日热带太平洋上空200毫巴槽的24小时位移频率(266个个例)

槽的24小时位移(纬距)	0	2	4	6	8	10	12	14	16
百分率	12.0	27.1	27.4	11.7	12.4	5.3	3.4	0.0	0.7
累计百分率	12.0	39.1	66.5	78.2	90.6	95.9	99.3	99.3	100

24小时位移小于8个纬距,相当于6小时位移小于2个纬距。这个数字比非常规资料分布的间距还要小。因此,在200毫巴分析中可以不予订正直接使用前后6小时之内的飞机报告。

在这样的高度和时间范围内,太平洋上的200毫巴附近非常规资料仍有相当密度。

目前,我台在热带天气图上所用的非常规资料有:  
 200毫巴:飞机报告:±6小时,37000—43000英尺  
 卫星导得的风: -2小时,230—170毫巴  
 500毫巴:气象侦察飞机报告:±6小时,500毫巴  
 卫星导得的风: -2小时,450—550毫巴  
 850毫巴:卫星导得的风: -2小时,900毫巴  
 地面:气象侦察飞机报告:±3小时,100米以下

四、非常规资料在热带分析中应用的实例

图2—5分别为1976年7月1日和2日的200毫巴和850毫巴图。从这几张图上,我们看到,应用非

常规资料后热带太平洋地区的资料大为增加。在200毫巴上,7月1日和2日所填上的非常规资料大约为该地区常规资料数量的4倍,在850毫巴上则为6—7倍,它们填补了洋面上许多资料空白地区。这两天的纪录是有代表性的。使用了非常规资料以后在分析中得到以下的显著改进:

1. 热带对流层上层切变线 这个系统也称为热带对流层上层槽(TUTT)或中太平洋槽,是热带海洋地区对流层上层暖季的一个半永久性系统。有时候它表现为一条切变线,其中没有明显的涡;有时候,它由一系列涡旋组成。在使用了非常规资料以后,不仅可以正确地确定这条切变线的位置、范围和走向,而且可以追踪其中的涡旋,如没有非常规资料,这个系统在分析中很可能被遗漏。

7月1日和2日,由于7607号和7608号台风的作用,在200毫巴上这条切变线在太平洋西部已几乎解体了;但在太平洋东部,它仍旧非常清楚。1日切变

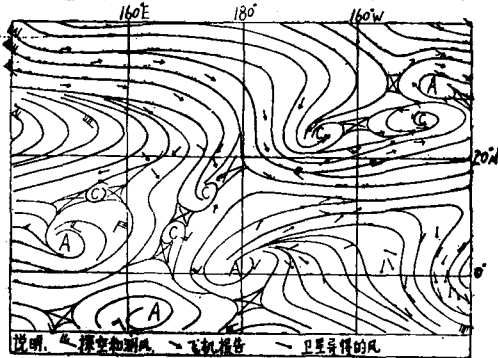


图2 1976年7月1日00Z200毫巴图

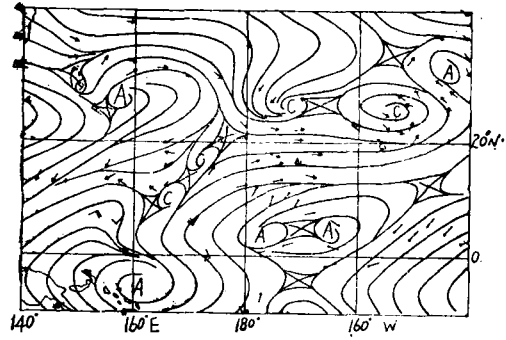


图4 1976年7月2日00Z200毫巴图,说明同图2

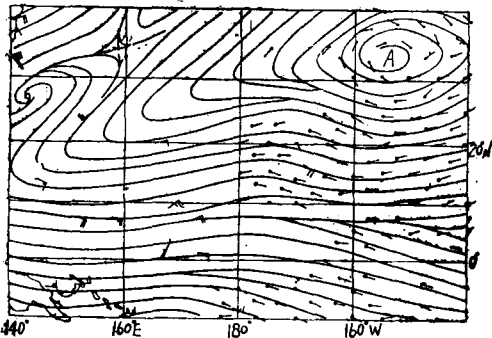


图3 1976年7月1日00Z850毫巴图,说明同图2

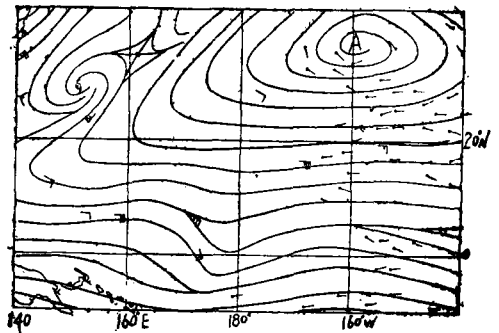


图5 1976年2日00Z850毫巴图,说明同图2

线中的涡旋分别位于 $26^{\circ}\text{N}$ ,  $147^{\circ}\text{W}$ ;  $25^{\circ}\text{N}$ ,  $167^{\circ}\text{W}$ 和 $15^{\circ}\text{N}$ ,  $175^{\circ}\text{E}$ (图2)。2日它们分别移到了 $26^{\circ}\text{N}$   $154^{\circ}\text{W}$ 、 $26^{\circ}\text{N}$ ,  $172^{\circ}\text{W}$ 和 $19^{\circ}\text{N}$ ,  $172^{\circ}\text{E}$ (图4)。

2. 上层副赤道高压 在上层切变线以南, 赤道附近有一个高压脊, 称为上层副赤道高压。在热带太平洋地区, 台风常常形成在这个脊的下面。在北太平洋西部的 $10^{\circ}\text{N}$ 附近, 有一系列岛屿站。用常规资料尚可看出这个系统, 在北太平洋东部, 这个系统是完全用非常规资料确定的。

7月1日200毫巴上, 上层副赤道高压位于 $1^{\circ}\text{N}$ ,  $179^{\circ}\text{E}$ (图2); 2日, 位于 $5^{\circ}\text{N}$ ,  $177^{\circ}\text{W}$ 和 $6^{\circ}\text{N}$ ,  $165^{\circ}\text{W}$ (图4)。

3. 副热带急流 热带太平洋地区副热带急流的位置、强度和走向往往只能用非常规资料来确定。

7月1日(图2)和2日(图4)200毫巴上北太平洋上副热带急流位于 $35^{\circ}\text{N}$ , 从日本向东伸到 $175^{\circ}\text{E}$ 附近。这支急流是用飞机报告和APT云图确定的(云图略)。1日急流在云图上表现为宽广的卷云系, 在它的极地一侧 $35^{\circ}\text{N}$ 附近有清晰的边界, 急流轴就在它附近。 $35^{\circ}\text{N}$ ,  $155^{\circ}\text{E}$ 和 $34^{\circ}\text{N}$ ,  $165^{\circ}\text{E}$ 41000英尺高度上有二个飞机报告。它们都是西风, 风速分别为68米/秒和62米/秒(图上未填层次和风速)。在它们的下面,  $37^{\circ}\text{N}$ ,  $150^{\circ}\text{E}$ 和 $36^{\circ}\text{N}$ ,  $160^{\circ}\text{E}$ 31000英尺高度上还有二个飞机报告。它们也是西风, 风速分别为30米/秒和25米/秒。根据这四个纪录, 可估计出 $35^{\circ}\text{N}$ ,  $155^{\circ}\text{E}$ 和 $35^{\circ}\text{N}$ ,  $160^{\circ}\text{E}$ 处风速的垂直切变为每千英尺4米/秒。所以在急流轴附近,  $35^{\circ}\text{N}$ ,  $155^{\circ}\text{E}$ 和 $34^{\circ}\text{N}$ ,  $165^{\circ}\text{E}$ 处二个纪录订正到200毫巴(4万英尺)应分别为64米/秒和58米/秒。

2日云图上急流卷云极地一侧的边界还在 $35^{\circ}\text{N}$ 附近。这一天在卷云内部还可看到横向短云线, 这是垂直切变强的表现。但是这一天 $35^{\circ}\text{N}$ 附近没有飞机报告。根据 $32^{\circ}\text{N}$ ,  $160^{\circ}\text{E}$ 处39000和35000英尺高度上的二个飞机报告(后者未填上, 它们的风向都是西风, 风速分别为26米/秒和20米/秒), 可估计出垂直风速切变为每千英尺1.5米/秒。根据这个切变值, 可对周围的飞机报告进行订正。如在 $39^{\circ}\text{N}$ ,  $160^{\circ}\text{E}$ 33000英尺高度上有一个飞机报告, 风速为33米/秒, 把它订正到40000

英尺, 风速应为43米/秒。从卫星云图上看, 急流轴在此地以南, 所以这一天急流轴处仍可能有50米/秒以上的风, 与上一天是连续的。

4. 与7607号和7608号台风有关的对流层上层环流 7月1日和2日, 西太平洋有两个台风。7607号台风由 $23.0^{\circ}\text{N}$ ,  $126.0^{\circ}\text{E}$ 移到 $25.6^{\circ}\text{N}$ ,  $131.1^{\circ}\text{E}$ ; 7608号台风由 $27.5^{\circ}\text{N}$ ,  $143.4^{\circ}\text{E}$ 移到 $29.5^{\circ}\text{N}$ ,  $151.7^{\circ}\text{E}$ 。在1日的云图上, 7607号台风的南方,  $20^{\circ}\text{N}$ ,  $130^{\circ}\text{E}$ 附近有卷云辐散,  $23^{\circ}\text{N}$ ,  $138^{\circ}\text{E}$ 附近有西西北—东东南走向的具有横向云线的卷云带。这些云的特征与高空风的资料相配合, 说明这一天, 两个台风上空的200毫巴上尚未建立反气旋环流。到2日, 高空风资料和云图都表明, 反气旋中心已在台风上空的200毫巴上建立起来。在这两个台风的南部, 东风气流中各有一个最大风速的中心, 云图上与它们配合有具有横向云线的卷云带, 使用了飞机报告可定出这两个大风中心。

5. 东风波 东北太平洋上气象站极少, 在这个地区, 卫星导得的对流层下层风在分析中起了重要的作用。影响西北太平洋的东风波是从东北太平洋移过来的, 卫星导得的风对追踪东风波很有用。

7月1日在850毫巴上东风波位于 $170^{\circ}\text{W}$ 和 $180^{\circ}$ 之间(图3), 2日它移到了 $165^{\circ}\text{E}$ 附近(图5)。

6. 信风槽 信风槽是北半球的东北信风与南半球的东南信风之间的汇合线。北半球暖季, 它们一般位于东太平洋上 $5-7^{\circ}\text{N}$ 附近。使用了卫星导得的风以后, 信风槽在逐日天气图分析上都很清楚。如果没有这种资料, 信风槽连同它以南的大片东南信风都可能被漏分析。

7月1日和2日850毫巴上信风槽位于 $5-7^{\circ}\text{N}$ 之间。

7. 使用了非常规资料以后, 图的连续性也大有改进。这从7月1日和2日连续两天的图可以看出来。

从这两天的分析中, 可见飞机报告, 卫星导得的风, 常规资料, 卫星云图等资料相互配合效果很好, 而且这两种非常规资料的精度是可以同常规资料相比的。另外, 不同时间和层次的数据可以相互之间配合使用, 上述所取的时间和高度范围也是合适的。