

关于季风槽成因及其对南北 半球大气环流的影响

陈光玉 梁汉明 唐社民 潘建国

提 要

本文根据1979—1983年6—8月常规观测资料及卫星云图的分析统计,提出对流层中上层冷空气由中纬度进入热带地区时有利于热带气旋的发生发展;季风槽以及南北半球气流交换可能是一个或几个热带气旋发生发展的结果。

当前普遍认为南半球寒潮爆发北进或印度季风东传引起西北太平洋地区季风槽和台风的发生发展。但观测事实表明南半球澳洲高压和印度季风都是7月份最强,而西北太平洋地区台风和季风槽却是夏末秋初最多,尤其是强台风和超级强台风,秋季发生总数为夏季发生总数的2到3倍。

许多典型个例还表明,南半球最强的寒潮高压常常出现在北半球强台风发生发展之后。对1979年季风槽过程已经有许多研究,本文将进一步再分析这些过程,并提出一些不同看法。

一、热带西风和季风槽的成因

出现于热带低空 10°N 附近的偏西风,有许多名称,如夏季风,赤道西风等,在西北太平洋地区,它不仅只出现在夏季,而且实际也不是出现在赤道上,故本文采用热带西风这个名称进行讨论。

1. 热带气旋发生发展形成热带西风

10°N 以北热带地区地转关系是近似成立的,当一个热带气旋在 10°N 以北地区发生时,其南侧必然有偏西风出现。北半球未来发展成台风的初始扰动纬度分布最大频数在 15°N 附近,约65%的台风生成在 $10^{\circ}\text{—}20^{\circ}\text{N}$ 之间。在西北太平洋每年平均生成台风近30个,台风平均生命史约9天,约70%的台风是成双出现的。在 $120^{\circ}\text{—}170^{\circ}\text{E}$, 25°N 以南

热带地区, 经统计1979—1983年6月20—8月31日有热带气旋日(指热带低压和台风, 下同)占58%(213/365)。而且 $\bar{u}_{\text{太}}$ (指 10°N , $120^{\circ}\text{—}150^{\circ}\text{E}$ 热带西风平均值) ≥ 0 日为35%(128/365), 其中80%为有热带气旋日。约有20%为无热带气旋日, 这种情况常出现在台风过程的后期, 其时台风已移过 25°N , 但对 10°N 附近仍有影响, 或台风虽已消亡, 而低压环流还在; 有时几个热带扰动同时存在, 地面图上可以分析出低压中心, 但还未发展到热带低压强度, 在这些热带扰动南侧出现大片强度较弱的热带西风。

1979—1983年6—8月出现连续 $\bar{u}_{\text{太}} \geq 0$ 过程共9次, 都发生在开始编发热带气旋后1—2天; $\bar{u}_{\text{太}} \geq 8$ 米/秒出现5次, 其中4次都伴有双台风过程。由于台风常相继出现, 且中心强度、空间尺度、生命史长短、位置等各不相同, 所以平均而言, 台风生成前2天 $\bar{u}_{\text{太}} = -1$ 米/秒, 后4天 $\bar{u}_{\text{太}} = 1.5$ 米/秒, 台风生成前后西风增值不大。如果取台风生成前后5天内没有其它台风, 且主要活动范围在 $10^{\circ}\text{—}25^{\circ}\text{N}$, $120^{\circ}\text{—}150^{\circ}\text{E}$ (计3次过程), 则平均在台风生成前2天 $\bar{u}_{\text{太}} = -6$ 米/秒, 生成后4天 $\bar{u}_{\text{太}} = 2.4$ 米/秒。当然就个别而言, 台风生成后可能使 $\bar{u}_{\text{太}} > 0$, 也可能仅仅使平均东风减小。

2. 热带气旋和季风槽的相互关系

夏季在气候平均图上西北太平洋 15°N 附近有一个近东西向的季风槽, 它被用来解释这个地区热带气旋发生频数最高的原因。

统计看出, 由于西北太平洋地区夏秋季节热带气旋发生频数较高(见表2), 如8月份 $120^{\circ}\text{—}170^{\circ}\text{E}$ 有热带气旋日, 5年内平均为21.2天。这些气旋南侧可以出现大片偏西风, 故可以认为, 大片偏西风是一些热带气旋发生发展的结果。在气候平均图上 10°N 附近就会形成大片热带西风, 并产生季风槽。人们根据80—85%的台风在季风槽内形成的事实, 便认为季风槽内形成台风是常见的天气学过程。但从每次天气发展过程看出, 常常是先有一个或几个热带气旋发生发展, 而后形成了季风槽。为说明问题, 取国家气象局出版的1979—1983年历史天气图和台风年鉴为客观依据, 规定在850百帕等压面图上 $110^{\circ}\text{—}150^{\circ}\text{E}$ 的热带地区, 东西风之间首次分析出双线符号定为季风槽形成日期, 以热带低压或台风开始编报日为热带气旋形成日期, 统计两者发生情况, 结果见表1。

表1 季风槽和热带气旋生成情况统计表

形 成 时 间	次 数	占 百 分 比 (%)
季风槽形成2天前生成热带气旋	11	42
季风槽形成1天前生成热带气旋	11	42
季风槽形成2天后生成热带气旋	2	8
季风槽形成后2—5天内未生成热带气旋	2	8

表中事实说明热带气旋生成在前或者和季风槽同时形成者(误差在正、负1天之内)为最常见, 先有季风槽而后生成热带气旋的实属少见。当初始的台风和季风槽形成后,

在其持续时期内当然会有新的热带气旋发生发展, 统计上就会出现台风在季风槽内形成的现象。在这种情况下, 是季风槽的存在引起新的台风形成, 还是新生的台风加强和维持了季风槽, 尚待深入研究。

3. 关于南半球冷空气的影响

北半球东亚上空强冷空气进入南海后, 很快变性, 在 15°N 以南地区露点、气温、海温三者相差很小, 锋面前后只有弱的风向切变^[1]。卫星云图上南半球的澳洲地区冷锋云系进入 10°S 热带洋面后大多很快减弱消散, 没有看到典型的冷锋云系可以越过赤道北移的现象。在热带地区主要气象要素(如气压、气温等)的年际变化和短期变化都很小^[1], 赤道洋面上看不到有冷空气活动的事实。我们统计了澳洲高压强度及西太平洋台风发生数的月际变化, 如表2所示。

表2 澳洲高压及西北太平洋台风发生数的月际变化

类别	月 份										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
\bar{P}_A 月平均值 (hPa) (1979—1983年)	/	/	/	1020.2	1022.1	1020.8	1017.5	1013.0	/	/	
西北太平洋台 风常年平均数 (1949—1978年)	0.44	0.80	1.00	1.90	4.30	6.03	5.26	3.93	2.73	1.40	
风力 ≥ 50 米/秒 台风总数 (1949—1969年)				97	235	395	699	456	397	184	
中心 ≤ 900 百 帕台风总数 (1971—1984年)	0	1	0	0	3	3	4	14	2	0	
季风槽日数 (平均) ^[2] (1973—1979年)	1.2	6.5	7.8	7.8	13.9	18.9	17.7	19.1	17.6	9.1	

* \bar{P}_A 澳大利亚94461站($25^{\circ}\text{S}, 129^{\circ}\text{E}$) 0 0时海平面气压

从表2看出, 南半球澳洲高压7月份最强, 8月份已开始减弱, 但西北太平洋地区风力 ≥ 50 米/秒的台风总数8月比7月多, 而强台风和季风槽等都是秋季月份多于夏季月份, 尤其中心附近风速 ≥ 50 米/秒的强台风和超级强台风, 秋季月份发生总数是夏季月份的2—3倍。

1979—1983年6—8月澳洲 30°S 附近高压中心 ≥ 1035 百帕计7次, 其中出现在北半球台风发生前5天者1次, 发生在后5天者5次, 发生在两个台风中间者1次。我们也计算了1979—1983年6—8月 $\bar{u}_{\text{南海}}$ 和 $\bar{P}_{\text{南海}}$, $\bar{u}_{\text{南海}}$ 和 $\bar{P}_{\text{澳高}}$ 候平均值之间的相关系数, 前者为 -0.71 , 后者为 -0.22 。这说明南海热带西风的强弱变化和南海 15°N 附近的低压系统的强弱关系很大, 气压值越低, 西风越强。而南海热带西风和澳洲高压关系则不大。

以上事实说明西北太平洋及南海地区热带西风和季风槽与西北太平洋及南海地区热带气旋发生发展有关。而南半球澳洲高压的强弱变化对北半球台风多少、热带西风和季风槽的强弱影响, 在中短期变化范围内可能并不存在明显的因果关系。

二、有利于台风发展的条件

夏季在西北太平洋地区有海温 $\geq 26.5^{\circ}\text{C}$ 的广阔洋面, 10°N 附近及以北地区卫星云图上几乎每天都有热带扰动云团活动, 但能发展成台风的只是极少数。在季风槽里, 虽然低层正涡度值较大, 但还需上层有较大的负涡度才能有利于台风的发生发展。在季风槽里因对流旺盛、潜热释放常引起中上层增温, 使 $(-\partial T/\partial z)$ 减小, 热力稳定度增加, 辐合带常和 $(\theta_{sc850}-\theta_{sc700})$ 负值重合^[2]。而稳定的大气层结不利于对流发生发展, 不利于辐合带的维持和加强, 因而也不利于台风的形成和发展。

陶诗言曾指出, 低纬低空西风增强与 145°E 以西热带对流层上层的槽(TUTT)的建立有关^[3]。观测事实表明, 台风的发生发展与高空冷涡^[4], 无脚冷锋云系^[5]进入低纬有关。中纬度中上层冷空气进入热带地区有利于热带气旋发生发展, 概括起来至少有两个方面的有利因素。一是冷空气接近初始形成的暖性热带气旋, 冷暖之间温差较大, 斜压位能释放转化为动能, 为台风发展提供所需的能量来源; 二是在TUTT或高空冷涡南侧, 在 20°N 附近可有较强的偏西风, 在偏西风和热带东风之间形成比较对称的高层反气旋, 它具有较大的负涡度中心和辐散中心, 形成上层的抽气作用^[6], 有利于台风上升气流的加强和发展。

选取 25°N 附近, $130-160^{\circ}\text{E}$ 之间的300百帕等压面上47971、47991、47945等站的东北风分量 v (米/秒)和温度 t ($^{\circ}\text{C}$)的乘积($v \times t$), 表示TUTT的强度, 东北风风速越大, 温度越低, 则 $(v \times t)$ 值越大, 表示TUTT越强。在三个站中取一个最大值代表当日TUTT强度。当 $(v \times t) \geq 300$ 后, 3—9天内西北太平洋地区至少出现一个台风。据1979—1983年6—8月统计, 其概率为93%(25/27), 比气候概率高20%, 不好的个例发生在6月上旬。概括台风总数63%(39/68), 漏报率为37%。这是因为测站太稀, 而且冷空气还可能以别的方式入侵低纬地区。

三、台风发生发展对大气环流的影响

夏季北半球热带地区若无低压系统活动, 则该区对流层低层处于副热带高压南侧, 赤道南北的气压梯度力都指向赤道, 赤道以北盛行东北气流, 以南盛行东南气流, 这就是信风赤道槽。此时即使南半球有寒潮高压活动, 指向低纬的气压梯度力增强, 但因赤道上气压的短期变化较小, 故仅靠赤道上的微小气压变化还不足以改变北半球气压梯度力的方向和流场特征, 赤道附近仍然维持信风槽。如1979年7月10—22日。

当北半球热带地区有一个或几个台风发生发展时, 在台风周围和南侧 $0-15^{\circ}\text{N}$ 地区, 可以产生量级大于或等于 1×10^{-1} 的气压梯度力, 据地转近似计算, 这样的气压梯度力足以引起 $\geq 15-20$ 米/秒的热带西风和越赤道气流。为补偿台风低空辐合、高空辐散的

垂直运动，位于台风北侧的副热带地区和南侧的赤道附近及赤道以南地区，低空产生气流辐散，高空产生辐合，有利于低空高压系统加强。因此南北半球高低空的气流交换，北半球副高及南半球澳高、赤道反气旋等常常出现在北半球台风发生发展之后。如1979年7月7—9日。

四、实 例

1. 1976年9月7日—17日热带西风过程^[7]

西北太平洋地区9月4日编发7617号台风，并发展到台风强度，8日中心气压降到912百帕，它是该年9月份最强的台风，此后从南海到170°E范围内分别于9日、13日、14日形成7618、7619、7620号三个台风。而南半球澳洲地区于8—9日和16—17日先后出现两次冷高压活动，后一次最强，都出现在北半球台风发展之后。150°E附近在9月3—5日和12—14日出现两次强越赤道气流，它和南半球澳高并不对应，但和北半球台风对应较好。北半球150°E，20—25°N于9月2—5日、8—14日在200百帕等压面图上出现两次TUTT活动，恰好都出现在台风发生发展之前。

2. 1978年7月13—22日和23—28日西北太平洋地区热带西风过程^[8]，最强出现在16—17日

7月11日编发7805号台风，14日发展到台风强度，16日台风达最强。此后在22日、23日南海到170°E地区先后有7806、7808三个台风生成。最大热带西风 and 典型的季风槽都出现在台风发生发展之后。在7月16日前南半球500百帕等压面上呈纬向环流，因此可以看出，16日前后的热带西风最大值主要是由7805号台风发生发展引起的。此后直到27日前澳洲大陆地区的地面高压始终没超过1026百帕，这在冬季的澳洲地区只能算是一般的冷高压强度。26—27日的热带西风次高值出现时，南海及西北太平洋地区同时存在三个台风，因此可以认为这次热带西风的出现也同样是于台风发生发展的结果。

3. 1979年夏季三次热带西风过程

(1) 6月15—24日主要发生在南海，强度较弱。15日的日本天气图上在文莱北部分析出热带低压(中央台17日编发序号⑦热带低压)，在低压南侧文莱，棉兰老岛等站同时出现4—8米/秒偏西风，印度地区西风较弱，西贡、曼谷维持弱偏东风(图略)，澳洲高压(图1)和105°E附近高低空越赤道气流(图2)、序号⑦热带低压中的输送云带(云图略)都发生在20日前

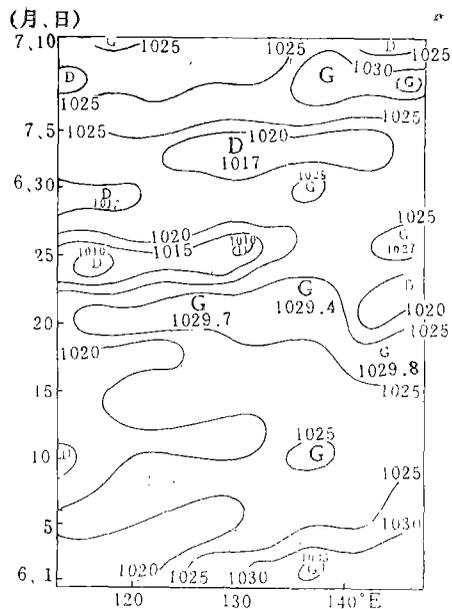


图1 1979年6月1日—7月10日 35—25°S, 110—150°E澳洲海平面气压演变
注：强、中等、弱高压强度分别以 ≥ 1035 、 ≥ 1030 、 < 1030 百帕表示

后。南海地区热带西风 $\bar{u}_{\text{南海}}$ (850百帕等压面 10°N , $100-120^{\circ}\text{E}$ 西风分量平均值) 和 105°E 附近的向北越赤道气流 \bar{v}_{105} (850百帕等压面 $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$, $100-110^{\circ}\text{E}$ 范围内最大风速的南风分量) 在 6 月第 5 候出现相对大值(图 3a, 3b), 这一过程明显表现出低压生成在前, 热带西风和越赤道气流出现在后的事实。

(2) 6 月 28—7 月 10 日发生在南海到 150°E 地区热带西风过程。6 月 28 日、7 月 1 日先后编发 7905 和 7906 号两个台风, 28 日在初始形成的气旋南侧雅浦岛、帛流岛出现 10—12 米/秒的偏西风。此时由于序

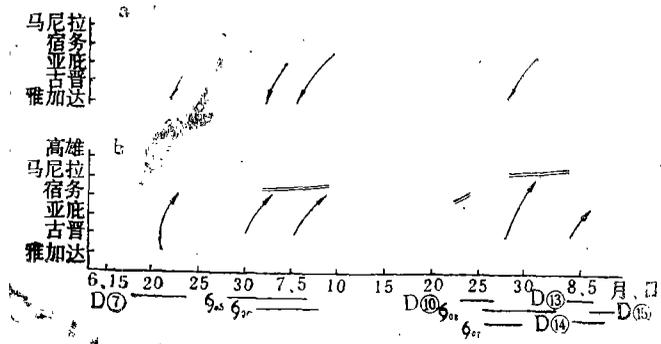


图 2 1979 年 6 月 15 日—8 月 5 日 高雄—雅加达 200 百帕 (a), 850 百帕 (b) 最大风速轴时间剖面图 D07 表示热带低压, 右下方数字表示序号; 905 表示台风, 右下方数字为编号

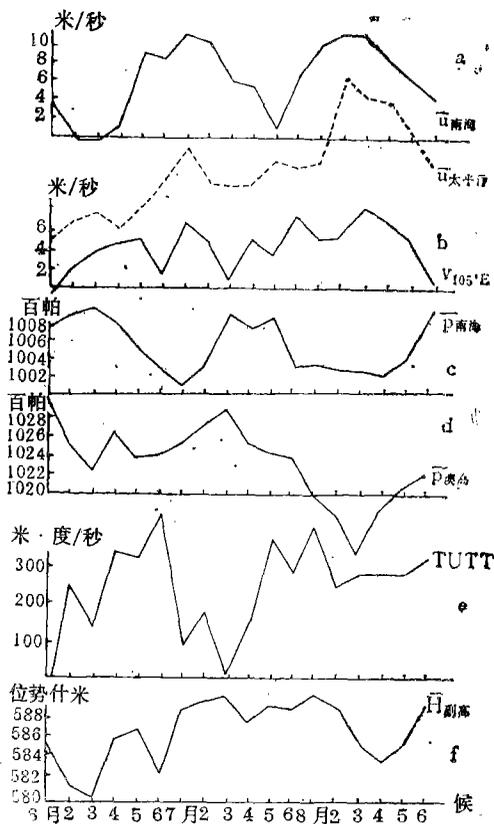


图 3 1979 年 6—8 月各种环流指标候平均值演变图

号 ⑦ 热带低压减弱消失, 南海地区的西贡、文莱等站热带西风正在减弱 (图略), 南半球在前 3—5 天内 $\bar{P}_{\text{澳高}}$ ($35-25^{\circ}\text{S}$, $110-150^{\circ}\text{E}$ 三个最大海平面气压值的平均) 没有出现高值。

正是由于两个台风的发生发展和西移, $\bar{P}_{\text{南海}}$ ($100-120^{\circ}\text{E}$ 辐合带上海平面气压平均值) 在 7 月第 1 候出现低值 (图 3 c), 此时 $\bar{u}_{\text{南海}}$ 、 $\bar{u}_{\text{太}}$ (图 3 a)、 \bar{v}_{105} (图 3 b) 都达到相对高值, 北半球副高 $\bar{H}_{\text{副高}}$ (图 3 f) (500 百帕上海、福州、南昌高度平均值), 南半球澳高 (图 3 d) 则在 7 月 2—3 候达到相对高值。在卫星云图上较强的输送云带 (云图略) 和低空向北、高空向南的越赤道气流出现在 7 月 2—3 日, 6—7 日, 其中 6—7 日较强 (图 2)。

高空 TUTT 活动发生在 6 月 26—7 月 2 日, 6 月第 6 候最强 (图 3 e)。此

间在 $20-25^{\circ}\text{N}$ 地区不断有高空冷涡云系活动, 其南部边界常可达 18°N 附近 (云图略)。

(3) 7月23—8月10日, 这是1979年夏季最强的一次热带西风过程, 计生成热带气旋7个。7月23日, 序号⑩热带低压生成, 在其南侧棉兰老岛、雅浦岛同时出现10—14米/秒偏西风。此时印度西风不强, 直到23日曼谷、西贡等站仍为偏东风(图略)。7月第4候开始澳洲一直没有强高压出现(图3d); 25日编发7907、7908两个台风, 其中7908号台风于8月1日发展成超级强台风。中央台历史天气图上28日分析出季风槽(图2)。1979年夏季最强的 $\bar{u}_{澳}$ 、 $\bar{u}_{南海}$ 出现在8月1—3候, \bar{v}_{105} 在第3候最强, 高低空越赤道气流开始出现在7月28日和8月5日前后(图2)。

7月第5候—8月第1候TUTT较强(图3e)。

4. 7月10—22日偏东信风过程

随着7905和7906号两个台风相继减弱消失, 雅浦岛到南海逐渐转为偏东风, 7月21—22日, 从关岛到曼谷东风几乎连成一片(图略)。 $\bar{P}_{南海}$ 7月3—5候出现高值, $\bar{u}_{南海}$ 在6月第5候达到最低值, 这一东风过程恰恰发生在7月2—3候 $\bar{P}_{澳}$ 出现全年次高值之后(图3d)。7月1—4候, TUTT出现低值(图3e)。

5. 7905号台风发展过程

在300百帕等压面上, 自6月26—7月3日, 47945, 47971, 47991等站出现TUTT过程, 温度降到-30到-35°C(图略), 在卫星云图上出现一系列高空冷涡云系, 其南界可达17—18°N。28—29日, 7905号台风在冷涡云系南部外围云区内形成和发展(云图略)。台风暖区和冷涡之间可出现>10°C以上的温差。即使在中纬度地区这也算是较强的斜压结构(图略), 经计算属于冷区下沉、暖区上升, 有利于台风的形成和发展。在冷涡南部(图4a), 即台风北侧有较大的偏西风, 台风南侧有较大的偏东风。在台风附近为反气旋环流中心, 这里具有较强的负涡度和辐散气流, 形成高层抽气作用。台风低层为正涡度和辐合气流(图4c)。因此低空有较强的辐合、高层有较强的辐散, 有利于台风的维持和发展。

6. 南北半球几种主要天气系统的相互作用和影响

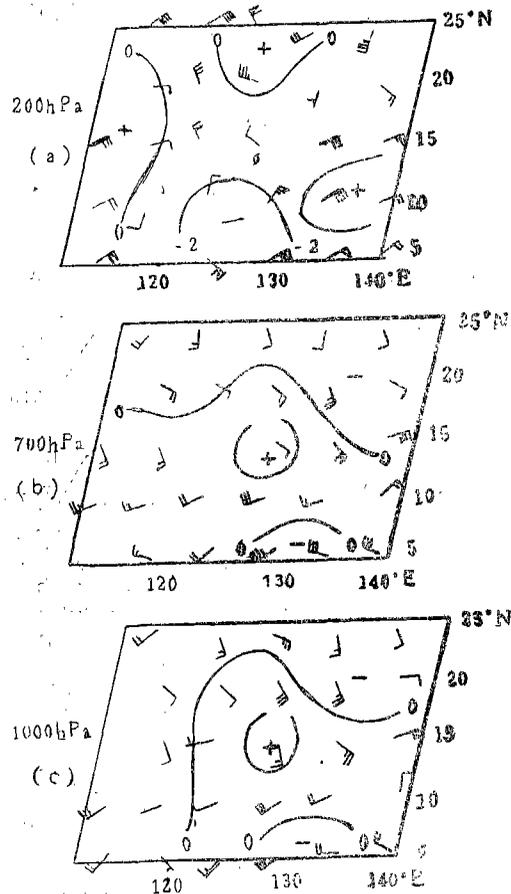


图4 1979年7月1日各等压面涡度分布、风场分布图
图中⊕为台风位置

因此低空有较强的辐合、高层有较强的辐散, 有利于台风的维持和发展。

由图 3 可见, 1979年 6 月第 4—6 候, 7 月第 5—6 候 TUTT 增强, 此后 3—5 天, 北半球台风形成, $\bar{P}_{\text{南海}}$ 降低、热带西风 $\bar{u}_{\text{南海}}$, $\bar{u}_{\text{太}}$ 和低空向北越赤道气流 \bar{v}_{105} 以及南半球 $\bar{P}_{\text{澳}}$, 北半球副高 $\bar{H}_{\text{副高}}$ 相继增强。相反, 当 6 月第 1 候, 7 月第 1—3 候 TUTT 很弱时, 即使 6 月第 1 候, 7 月第 2—3 候 $\bar{P}_{\text{澳}}$ 很强, 北半球也没有台风发生, 因而也没有热带西风和低空向北越赤道气流的形成。

四、主要结论

1. 夏季北半球 $130—170^{\circ}\text{E}$ 的中纬度对流层中上层有冷空气进入 25°N 以南时, 有利于西北太平洋区域台风的发生发展。

2. 在 120°E 以东, 西北太平洋地区, 热带西风和季风槽的形成常常是一个或几个热带气旋发生发展的表现。

3. 北半球热带气旋和季风槽发生发展可以增强南北两个半球之间的高低空越赤道气流交换, 有时还能引起北半球副高和南半球澳高增强。

参 考 文 献

- [1] 阿托金森著, 陶诗言等译, 热带天气预告手册, 143、30页, 上海人民出版社, 1974。
- [2] 蒋全荣、余志豪 南海及其邻近地区赤道辐合带的活动特征及其结构的个例分析, 热带环流和学术 [1] 会议论文集, 106页(表1)、115页, 海洋出版社, 1982。
- [3] 陶诗言等, 1979年夏季西北太平洋地区西南季风建立过程的初步分析, 同 [2], 2—5页。
- [4] 许建民, 夏季西北太平洋热带对流层上部冷涡的分析, 气象学报, 37卷, 3 期, 29页, 1979。
- [5] 陈光玉、王一平, 在卫星云图上分析台风发展过程, 气象卫星资料分析应用文集, 10页, 气象出版社, 1985。
- [6] Simpson, R.H. and Riehl, H., The Hurricane and its impact, p. 69, Louisiana state university press, Baton Rouge and London, 1979.
- [7] 王作述等, 西北太平洋 ITCZ 上多台风发生的初步研究, 气象科学, 1982, 1, 2 合期, 132—134, 126页。
- [8] 何诗秀, 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环流型关系, 大气科学, 5 卷, 1 期, 52、57页, 1981

THE FORMATION OF MONSOON TROUGH
AND ITS EFFECT ON THE ATMOSPHERIC
CIRCULATION IN THE NORTHERN AND
SOUTHERN HEMISPHERES

Chen Guangyu Liang Hanming
Tang Shemin Pan Jianguo

ABSTRACT

Analysis and statistics of the data from conventional observations and weather satellite images for 1979—1983 summer months indicate that the cold air in the upper and middle troposphere over the Northwest Pacific tends to flow into the low-latitude region, favoring the formation and development of typhoons. It is likely that the monsoon trough and the exchange of air flows between the northern and southern hemispheres result from one or several tropical cyclones.