

## 夏季东亚热带和副热带地区經向和緯向环流型的特徵\*

陶詩言 徐淑英 郭其蘊

(中国科学院地球物理研究所)

### 提 要

根据 1958 年 7 月 8—18 日和 1957 年 7 月 21—30 日东亚低緯度的两个悬殊的环流型,分析了在这两个时期内东亚低緯度环流的各种特征。結果得出,在經向和緯向环流期間,无论北半球緯向风带的位置,长波系统的配置,副热带高压活动的情况以及赤道辐合区的分布都有着很大的不同。此外,台风活动的次数也表現有很大悬殊。其所以有如此悬殊,可以从該两时期低緯度流場的特点來說明原因。在中国大陆上,在这两个时期的天气过程也很不同,在經向环流期間,大陆上的主要雨带成东北—西南向的,而在緯向环流期間,雨带便成东西向分布,并集中在江淮流域之間。

另外,我們又研究了在这两个时期内南北半球間环流关系,从手头所掌握的资料分析結果看,两者关系相当密切。在东亚低緯度經向环流期間,南半球(特別在澳洲)也盛行經向环流,并且在澳洲附近从南半球向北半球的质量輸送也最强烈;而在东亚低緯度緯向环流期間,南半球也盛行緯向环流,澳洲附近的冷空气活动不显著,越过赤道向北的质量輸送也比較弱。

### 一、引 言

热带和副热带的流型是天气学上迫切要求研究的問題,因为这个研究对改进低緯度的預报是有很大的关系。1957—1958 年的国际地球物理年曾經規定有这项研究任务。但到目前为止,記錄的条件仍不敷研究的需要。因此,关于这个题目的天气学的研究还很少見到。十年前克里斯曼(Cressman)<sup>[1]</sup>曾經根据加勒比海上的材料,把該地区的流型主要划分成經向和緯向两种类型。所謂經向环流型是指副热带高压位于緯度 30 度以北,其长軸成南北向,副热带高压常常分裂成两个中心,一个中心在北緯 35°,另一个中心則在北緯 25°以南,两者中間有东西向的切变綫。緯向型的特点表现在副热带高压的中心位于 30 度以南,其长軸成东西走向。根据最近我們对夏季东亚副热带高压活动的研究,东亚低緯度的緯向和經向环流型跟加勒比海的情况是不一样的。东亚副热带緯度的經向环流型表现在大陆上有长波槽强烈发展,而在东經 125°—135°的海面和日本上空則有稳定的长波脊向北伸,这时候副热带高压中心也向北移至北緯 35°以北。另一种情况表现在大陆上的长波槽东移,并且副热带高压中心向东南方向退却,这时候东亚低緯度的南北气流很强烈。至于緯向环流型則和加勒比海的情形相似,即副热带高压长軸成东西向,从中国大陸到热带洋面上連成一个高压坝,高气压軸綫位于北緯 30°以南。在这两类环流型控制的时期,东亚低緯度的天气系統活动情况和大陆上天气特征有着很大的悬殊,因此值得

\* 本文 1961 年 12 月 12 日收到。

对这两类环流型的特点进行研究。本文选择比较典型的经向和纬向环流的两个例子,分析研究其环流特点,台风活动的情况以及大陆上天气过程的特点,同时也顺便分析了高低纬度间和南北半球间环流的相互关系。

## 二、东亚低纬度经向和纬向环流的特征

我们选择 1958 年 7 月 8—18 日作为低纬度经向环流的例子,而取 1957 年 7 月 20—30 日代表纬向环流型的例子,因为这两段时间在国际地球物理年内,资料条件比较好一些,而且这两个例子也比较典型。

1958 年 7 月 8—18 日副热带高压中心稳定地位于北纬  $40^{\circ}$  以北,也是低纬度地区经向环流的盛行时期。图 1a 是 1958 年 7 月 15 日低纬度 300 毫巴上的流线图,它可以代表整个时期对流层环流的特征。可以看出,在北纬  $26^{\circ}$ — $40^{\circ}$  的范围内,经向气流占优势,而且在北纬  $20^{\circ}$ — $30^{\circ}$  范围内多闭合的气旋性系统或低压槽活动。1957 年 7 月 20—30 日的情况却相反,图 1b 是 1957 年 7 月 22 日低纬度 300 毫巴的流线图,它也可以代表整个时期环流的特征,一方面副热带高压的长轴成东西走向,中心的位置也较经向型偏南,另一方面在副热带地区纬向气流便占优势。

在经向和纬向环流维持期间,亚洲和西太平洋上 500 毫巴纬向风带的分布也有显著差异,图 2 表示在该两时段内 500 毫巴东经  $70^{\circ}$ — $150^{\circ}$  平均地转风廓线图。可以看出,在经向环流时期 500 毫巴西风急流的位置比多年 7 月平均情况位置偏北,而且在副热带

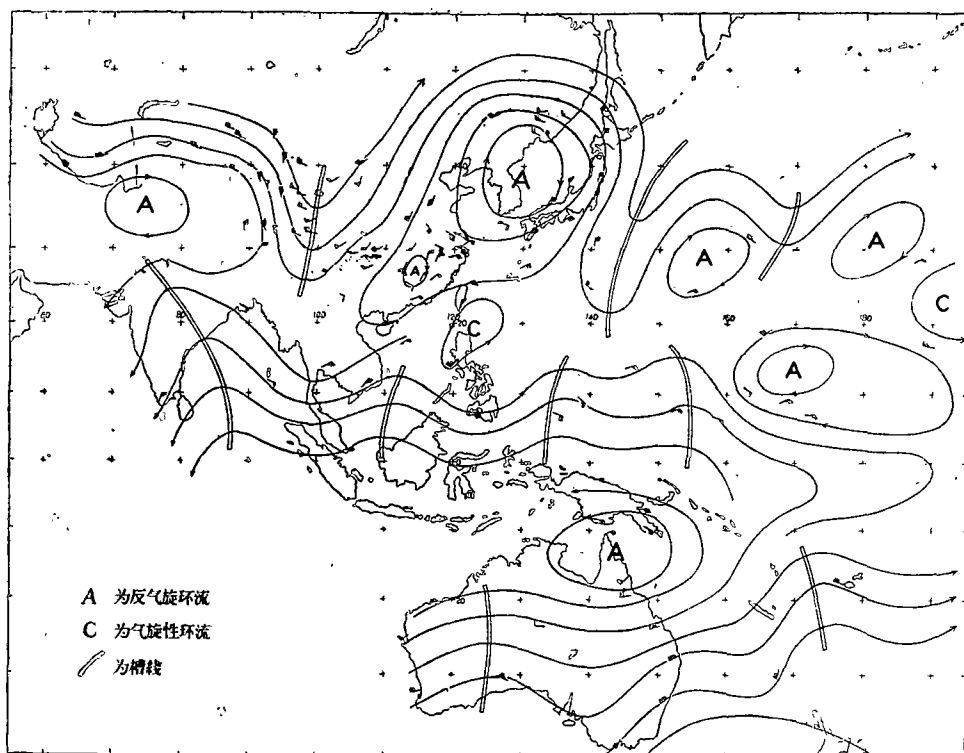


图 1a 1958 年 7 月 15 日 00 时 300 毫巴流线图

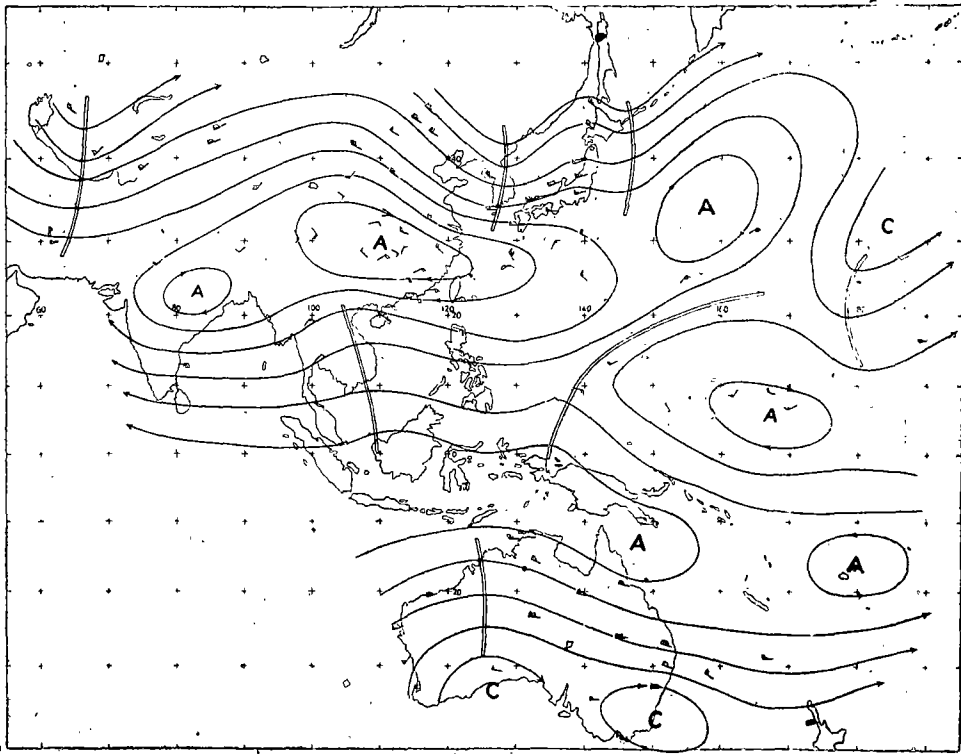


图 1b 1957年 7 月 22 日 300 毫巴流綫图(說明同图 1a)

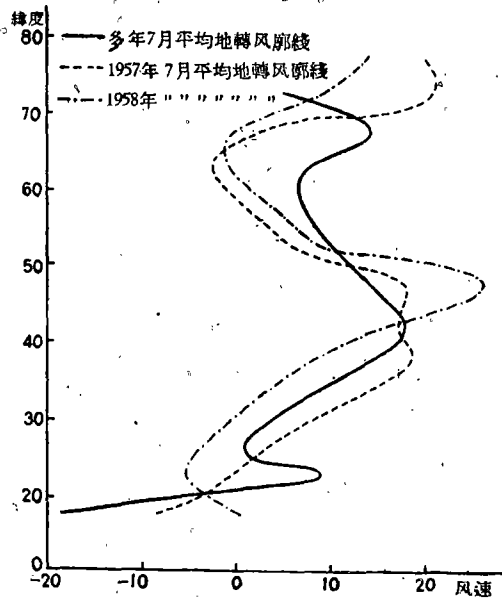


图 2 500 毫巴东經 70°—150° 平均地轉風廓綫图

地区緯向风速比历年 7 月的平均情况要小。而在緯向环流維持期間,急流的位置和多年 7 月的平均位置很接近,并且副热带的緯向风速比历年 7 月的平均情况要大。

低緯度流型和北緯 25°—45° 緯度帶內扰动有着密切的联系,下面就是这两个时段內

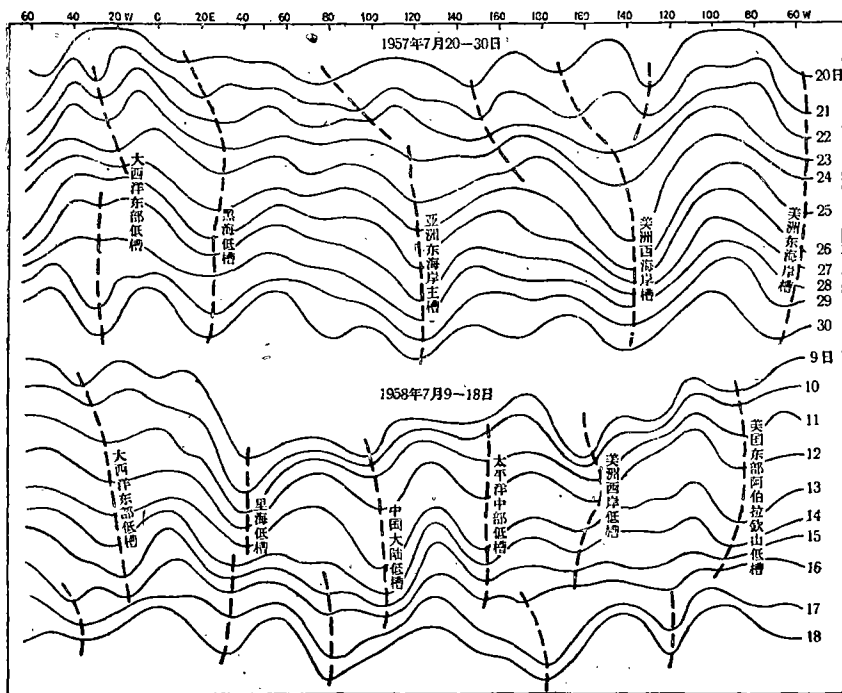


图3 北纬25°—40° 500毫巴槽脊連續分布图

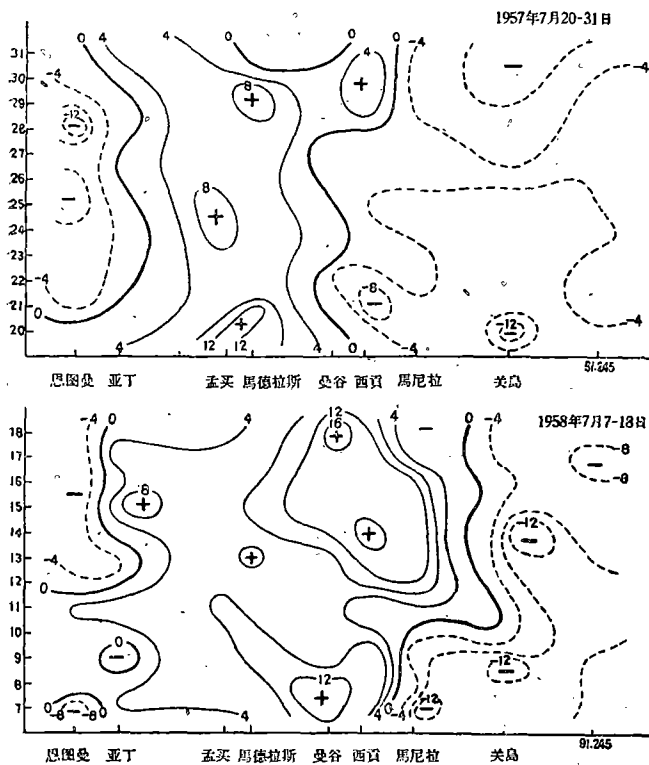


图4 沿北纬15°东西风时间剖面图(单位:米/秒)

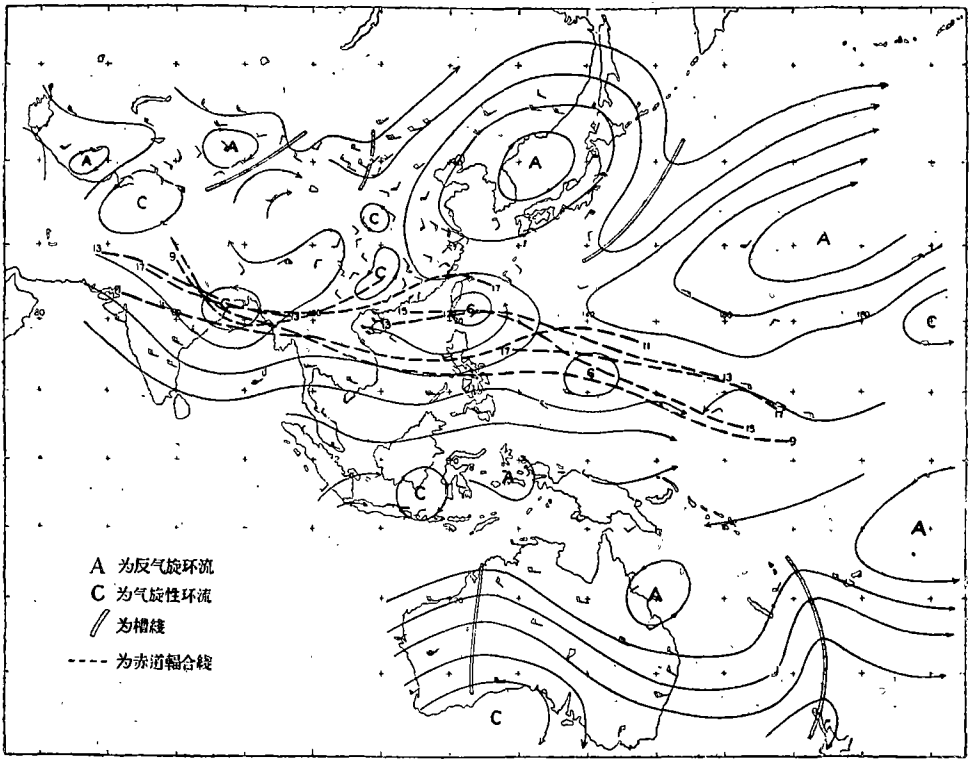


图 5a 1958 年 7 月 15 日 700 毫巴流綫图

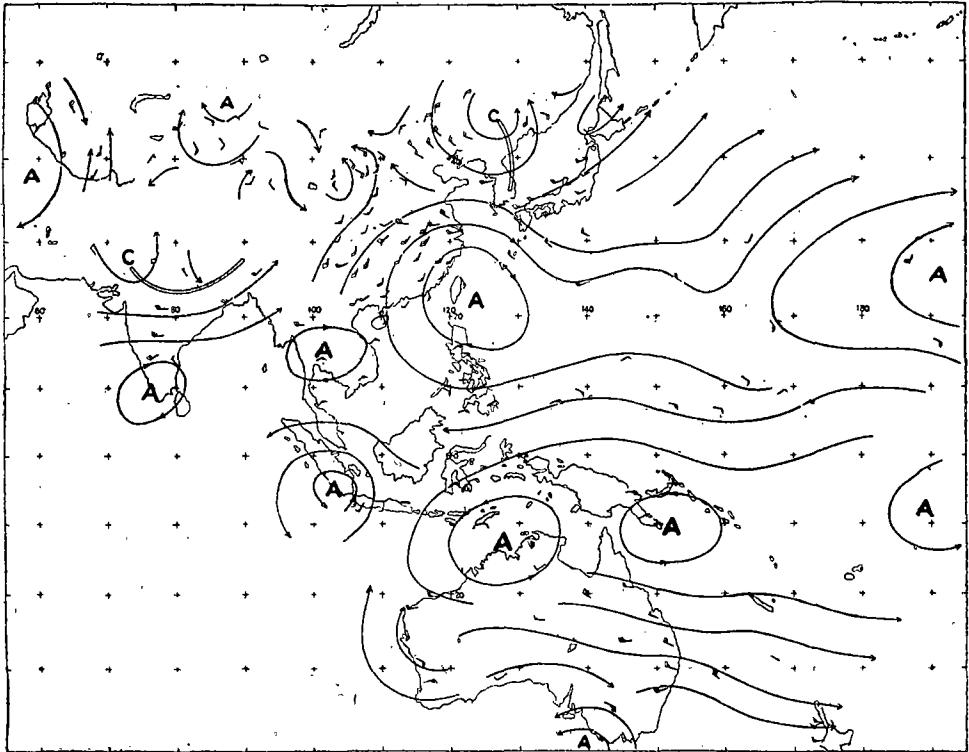


图 5b 1957 年 7 月 22 日 700 毫巴流綫图(說明同图 5a)

北緯  $25^{\circ}$ — $45^{\circ}$  緯度帶內扰动的活动情况进行分析。图 3 代表北緯  $25^{\circ}$ — $45^{\circ}$  每天各經綫上平均高度的(槽脊的)連續分布图。可以看出,在緯向和經向环流維持期間,副热带范围出現有半靜止性的波动,波动的数目并不相等,在經向型期間出現六个扰动,而在緯向环流期間則只有五个波动,这与图 2 上副热带范围内平均緯向气流的強弱有关系。其中最显著悬殊之处,在东亚范围,其位相恰好相反。至于副热带的經向、緯向环流和北緯  $50^{\circ}$ — $70^{\circ}$  緯度帶內长波的关系,在这两个时段內东半球长波的配置却不相同(图未刊出)。1958 年 7 月 8—18 日,东亚沿岸上空高緯度的长波脊与北緯  $25^{\circ}$ — $45^{\circ}$  范围内相重合,因而使副热带高压中心移至北緯  $40^{\circ}$  以北,但在 1957 年 7 月 20—30 日,北緯  $50^{\circ}$ — $70^{\circ}$  长波脊位于堪察加半島以东,在我国东北,苏联滨海省和日本海是个強大的高空低气压区域,而在北緯  $25^{\circ}$ — $45^{\circ}$ 、东經  $120^{\circ}$  处是个低槽活动的区域,高低緯度間波系的配置并不利于副热带高压向北方伸展。

为了証明上述低緯度經向和緯向环流的特征是有代表性的,我們从 1954—1959 年六个夏季(6—9 月)中选出类似 1958 年 7 月 8—18 日的經向型共 9 次,而类似于 1957 年 7 月 20—30 日的緯向型共 10 次,把这 19 次例子象图 3 一样分析,然后再求出各时段北緯  $25^{\circ}$ — $45^{\circ}$  緯度帶內主要波动的位置。我們发现在夏季北半球副热带出現的波数有 5—8 个,其中以 6 或 7 个波数出現的时候較多,这里的波脊也即是副热带高压中心的位置,在这些(5—8 个)副热带高压系統中,以非洲(西經  $15^{\circ}$ —东經  $15^{\circ}$ ),阿拉伯(东經  $40^{\circ}$ — $70^{\circ}$ ),太平洋(东經  $170^{\circ}$ —西經  $170^{\circ}$ )和大西洋(西經  $60^{\circ}$ —西經  $30^{\circ}$ )上空四个活动中心位置最稳定。另外几个副热带高压中心,如西藏高原、西太平洋和北美大陆副热带高压位置的变化較大,而影响东亚副热带地区經向和緯向环流的重要活动中心,也即是西藏高原和西太平洋副热带高压中心的相互作用。

在对流层下部,这两个环流型也反映出很明显的不同,图 4 是在經向和緯向环流期間 700 毫巴上沿北緯  $15^{\circ}$  东西风分量的時間剖面图。在緯向气流盛行期間,700 毫巴上东西风的分界綫(亦即西南季风和东南季风的分界綫)位置最偏西,并且在十天之中这条分界綫的位置甚少变动,因此,南海和热带太平洋洋面始終为东风气流所控制。但在經向气流盛行期間,分界綫便很偏东,約在关島附近,所以南海和关島以西的热带洋面为西南季风所控制。从这两个时段每天 700 毫巴的流綫图上(图 5a 和 5b)也可以看出这一点。因此,在緯向环流期間赤道輻合区的位置不明显,仅印度地区西南季风較盛行。但在經向环流期間,則赤道輻合綫的位置在北緯  $15^{\circ}$  附近及其以北徘徊,并伸向太平洋的热带洋面。

### 三、在經向和緯向环流期間台风的活動和中国大陆上的天气过程

在經向和緯向环流时期,低緯度天气系統活动的情况也有显著不同。例如,在 1958 年 8—18 日的时段內,太平洋上发生三次台风,而在 1957 年 7 月下旬緯向环流期間,太平洋沒有出現一次台风。台风的发生和高低緯度的流型有密切关系,从台风发生和发展条件看<sup>[2]</sup>,可有以下三个条件:在台风发生时,基本气流的垂直切变必須很弱,台风主要在原先存在着的热带低空低气压区域内形成,以及在热带地面低气压区域上空要有強烈的水平輻散等。这些情况均与低緯度环流的特征有关系。在 1957 年 7 月下旬太平洋副热带洋面并无赤道輻合区存在,这时候赤道輻合区的位置接近于赤道,即使在赤道輻合区内有

低气压扰动出現,柯氏力的条件不允許有台风形成。但在 1958 年 7 月中旬,赤道輻合区位于北緯  $10^{\circ}-15^{\circ}$  的热带太平洋海面上,这提供了台风发生的基地。基本气流的垂直切变条件也很不同,图 6 表示冲繩、香港和关島在这两个时段內平均緯向风速的垂直切变。

可以看出,从地面到 300 毫巴高度,1957 年 7 月下旬的风速垂直切变甚大,而在 1958 年 7 月中旬的风速垂直切变便不很显著。从这个条件看,1958 年 7 月中旬对台风活动更有利。至于高空輻散的条件,在經向环流时期比在緯向环流时期有利。在图 1a 上可以看到在日本东南方对流层上部有低压槽向热带洋面伸展,但在图 1b 上,便无这种現象。高空低槽向热带伸展,这表示在高空容易有气旋性涡度向热带輸送,这类气旋性涡度輸送到低空赤道輻合区中气旋性扰动的上空时,这使得在高空建立輻散場,因而提供了台风的生成所必須的引发机制。当然,高空輻散場的建立还可以通过其他的条件,但从 1958 年 7 月中旬的經向流型看,似乎上述条件可能性最大。

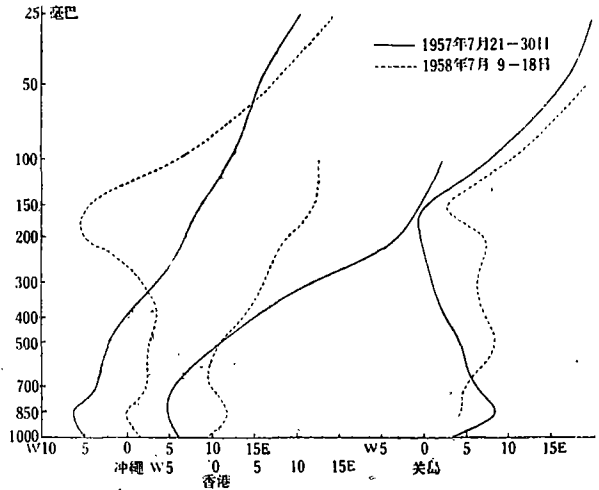


图 6 緯向风速的垂直分布(单位:米/秒)

在經向和緯向环流期間,我国副热带大陆上天气过程有着显著的差异。在經向环流期間,由于在我国大陆上維持一个經向发展甚強烈的低压槽(参看图 1a),大陆上的主要降水区集中在从华北东北部經过黄河下游和长江中下游并向西南到云貴地区形成一条东北-西南向的雨带,尤其在淮河和黄河下游暴雨区最是集中(見图 7 中的实綫地区)。

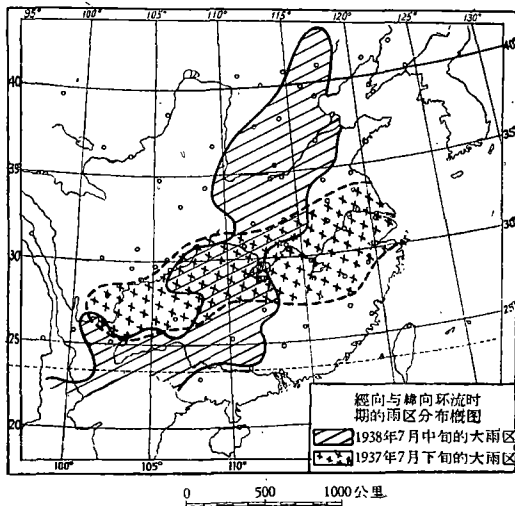


图 7

这种暴雨过程相当中央气象局<sup>[3]</sup>所提出的“南北向暴雨型”,而其发生大多数跟上述經向环流型相联系。南北向暴雨区的发生跟西方过来的一次次高空短波槽在东經  $105^{\circ}-110^{\circ}$  的范围内強烈加深有关。图 8a 是 1958 年 7 月 10—19 日 500 毫巴十天平均形势,在东經  $105^{\circ}-110^{\circ}$  上空的高空主槽,先后共有四次再生过程。每次再生过程表现在原有的长波槽迅速东移并消弱,而从河西走廊和高原移过来的短波槽便在原有的长波槽位置上強烈发展并静止。每一次再生过程均能引起一次南-北向暴雨

的生成。經向环流型愈稳定,則上述再生过程出現的次數也愈多。形成南北向暴雨的机

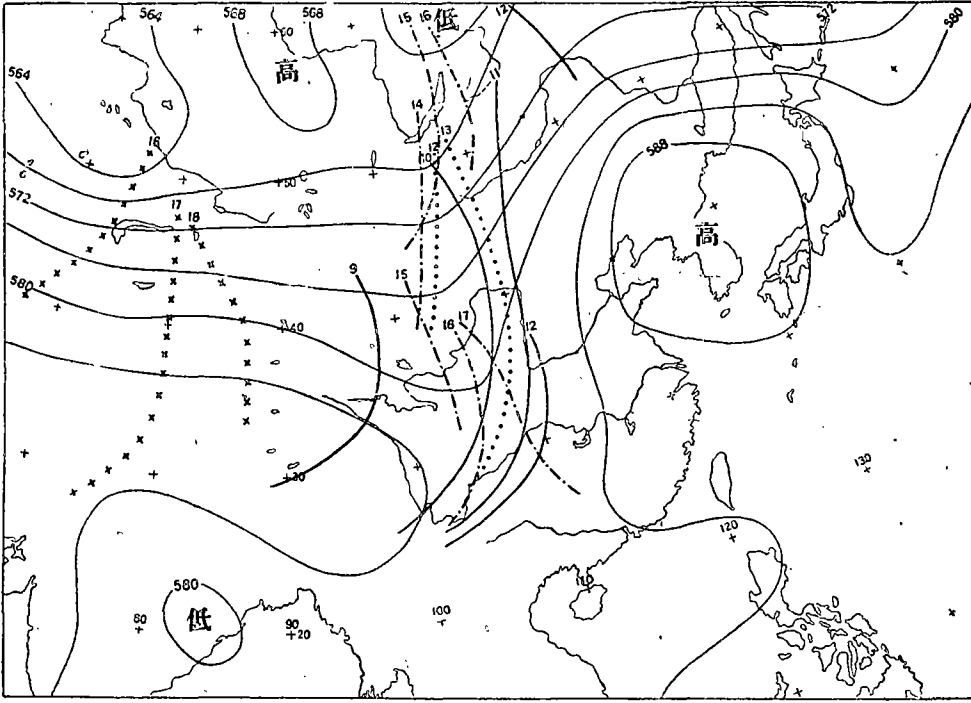


图 8a 1958 年 7 月 10—19 日 500 毫巴平均高度图  
 (图中不同粗线表示每一次低槽东移位置, 线端数字为日期)

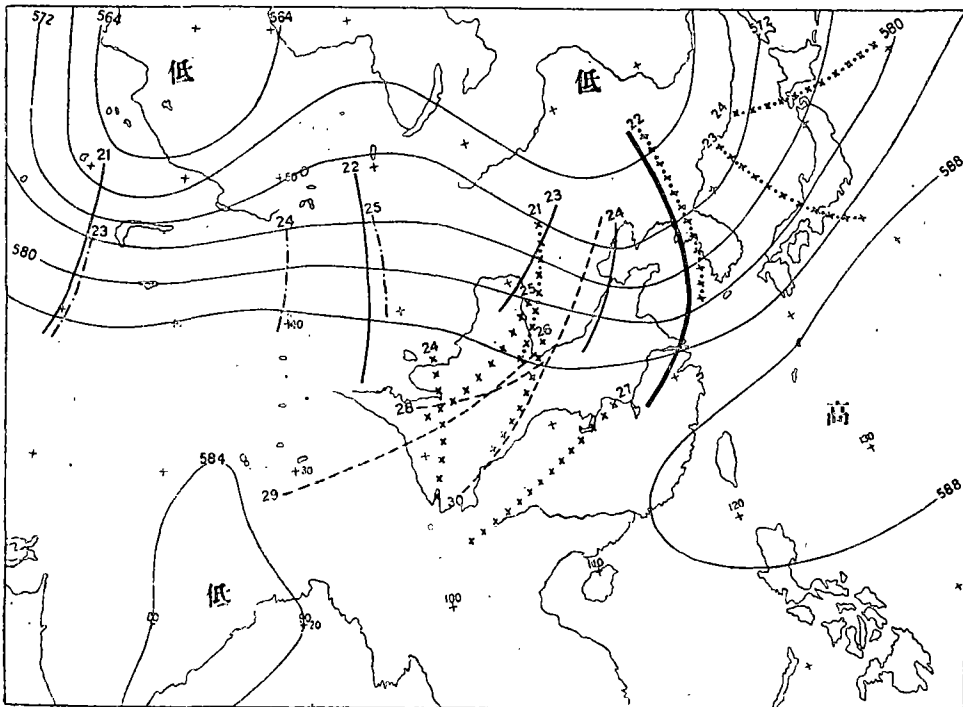


图 8b 1957 年 7 月 20—29 日 500 毫巴平均高度图(说明同图 8a)



会也愈多。

在緯向环流維持期間,大陆上的雨区成东西向带状(图 7 中虛綫的地区)。由于这次副热带高压軸綫为东西向,并且軸綫逐漸由高緯度向低緯度退却,最后稳定在长江以南。西方过来的扰动起初只能影响黄河北岸(图 8b 是 1957 年 7 月 20—29 日 500 毫巴十天平均高度),开始时短波槽迅速东移,然后南压成东西向切变,而长江流域少雨。25 日以后,我国东北低槽发展,西风风速加强并南移,西北气流可到长江流域,同时从副热带高压西侧随着西南气流源源不絕地有暖湿空气供应,在长江中下游形成一連續性的切变綫和暴雨带。这种緯向环流維持期間,亦即一般預报員所熟悉的副热带高压成东西向坝状分布轉向长江中下游典型的梅雨形势。

#### 四、东經 100°—180° 范围内南北半球热带环流的相互作用

在上述两个时段內,东亚低緯度的环流既然有显著的悬殊,这种悬殊是否跟南半球澳洲和邻近热带海面的环流有关系? 所以順便也分析了在东經 100°—180° 范围内南北半球热带环流的相互作用。但是我們所掌握的南半球资料还不如北半球多,这使得天气分析工作遇到不少困难,所以下面的結論只能算作最初步的。

上面講过,在北半球經向环流盛行时期,赤道辐合区的位置最偏北,西南季风的势力也最强;而在緯向环流期間,則赤道辐合区偏于赤道附近,西南季风的势力也很弱。1958 年 7 月 8—18 日北半球西南季风势力强盛,似乎与同时期內澳洲附近的两次强大的寒潮(7 月 8 日和 7 月 14 日)有联系<sup>[4,5]</sup>,其中尤以 7 月 8 日南半球的寒潮爆发最强,这使得在澳洲的經向环流发展,冷空气深向北方輸送,这股气流越过赤道便成一般所称的西南季风。图 9 表示东經 100°—180° 范围内南半球接近赤道(5 个緯度范围内)850 毫巴上南北风分量的時間剖面图。可以看出在北半球經向环流的期間,維持很长时期的强南风风速;而在緯向环流的期間,越过赤道的南风气流便不象前者那么有系統了。

从我們每天的流綫图分析看,先有西南季风的加强,然后赤道辐合区的北移,而赤道辐合区的北移則与副热带高压的向北推进几乎同时。从这些分析結果看,北半球經向环流的建立似乎与南半球的环流变化有着显著的联系。

我們根据这两个时段的全球地面天气图<sup>[6]</sup>,計算从西經 40° 向东到西經 150°(約占全球的 70%) 范围内,从北緯 70° 到南緯 70° 連續各天和十天平均的气压廓綫(图 10)。可以看出,在南半球緯度 30°—60° 內,在这两个时期西风环流的强度表現有显著差异,即在东亚低緯度經向环流盛行期間,南緯 30°—60° 間的风环流比較弱(南北平均气压差为 20 毫巴),而在东亚低緯度为緯向环流期間,南緯 30°—60° 間的风环流便表現甚强(南北的气压差为 30 毫巴)。另外,在赤道附近(从南緯 10° 到北緯 20°),在 1957 年 7 月下半月,气压廓綫几乎是条鉛直綫,这表示在赤道附近南北气压梯度甚小,但 1958 年 7 月中句的情形則不然,廓綫上維持有显著的自南向北的气压梯度,南半球向北半球輸送的气流就很旺盛。因此,从这个初步的分析似乎看出,当东亚低緯度經向环流盛行时,南半球的中緯度經向环流较强,并且在赤道附近南半球的空气向北半球輸送机会大。在东亚低緯度緯向环流期間,南半球的环流情况便比上述情况弱或者相反。由此看来,南北半球的环流型式是有关系的。

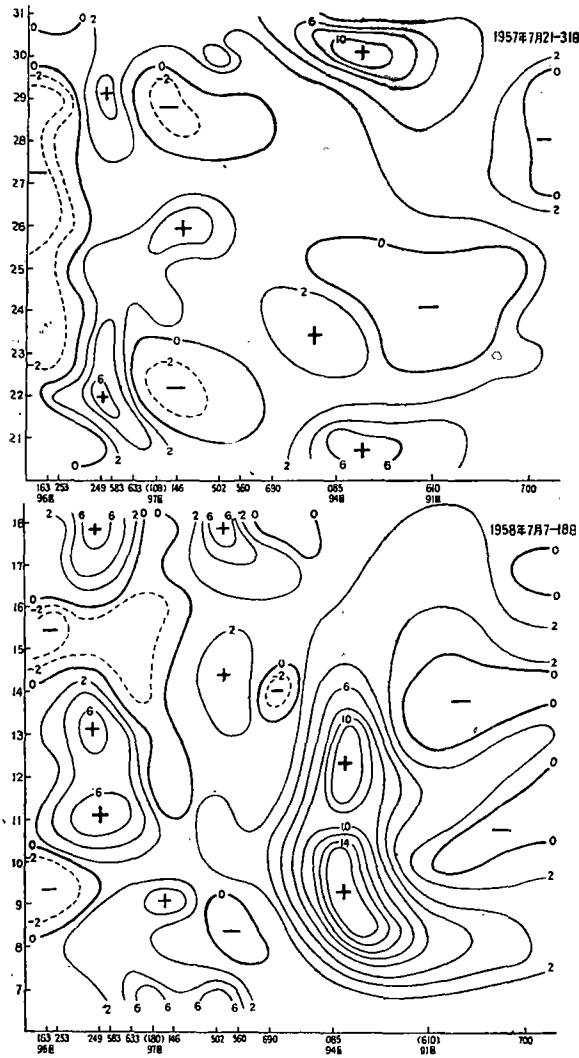


图9 850毫巴南北风分量的时间剖面图

南北半球間的相互作用,我們也曾經通过赤道附近三个測站[新加坡(48-694), 澳洲的(94-085)和太平洋上的坎頓島(91-700)] 質量輸送的計算<sup>[7]</sup>去驗證。根据以下質量輸送公式:

$$\int_0^z \rho v dz = \frac{1}{g} \int_{p_1}^{p_0} v dp.$$

通过分层积分求和,計算結果列于表1.

計算結果表明,无论在經向和緯向环流时期,赤道上空在250毫巴以下質量輸送总利以向北为主。新加坡上空的質量輸送在緯向环流时期和在經向环流时期很接近,澳洲的94-085站的質量輸送在1958年7月中旬几乎是1957年7月下旬的四倍。新加坡位置比較偏西,而坎頓的計算值很小,負值又在累积誤差范围以內,但它的向北輸送很小是可以

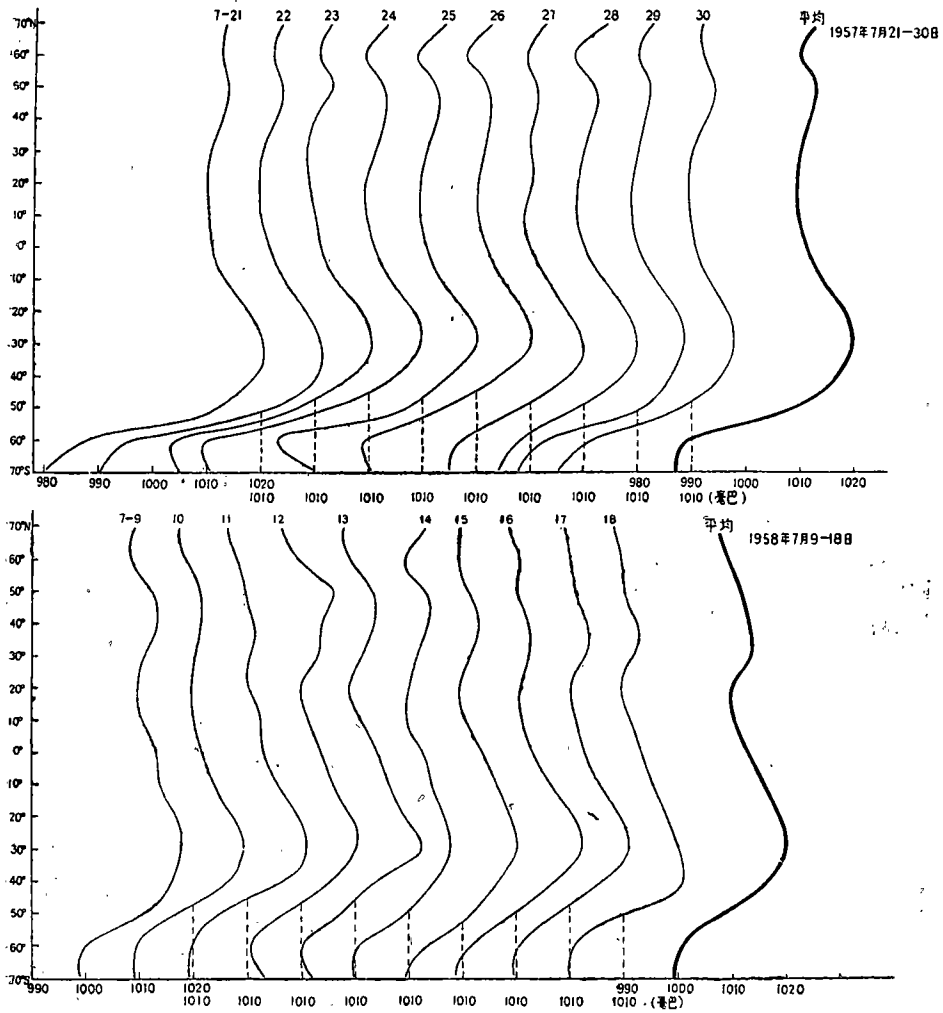


图 10 西經 40°—150°，北緯 70°—南緯 70° 海平面气压廓綫图  
 [縱坐标为緯度；橫坐标为气压，分上下二行，第一行左边橫坐标为第一条廓綫 (7—12 日) 的橫坐标，第一行右边的橫坐标为平均廓綫的橫坐标，第二条廓綫开始橫坐标是第二行橫坐标(虛綫相对的位置，間距同第一行为 10 毫巴)]

表 1 质量輸送表  
 (从地面积分到 250 毫巴，单位为仟克/厘米·每分鐘，取向北輸送为正)

測 站	48-694	94-085	91-700
日 期			
1957 年 7 月 21—30 日	8411	4385	1500
1958 年 7 月 9—18 日	7561	16831	-948 <sup>1)</sup>

1) 一般在北半球夏季时，质量从南半球往北輸送，这里所得到的負值数值太小，已在計算誤差的范围以内，故可不考虑。

肯定的,因此对于西太平洋面影响最大的还是在澳洲附近的环流变化。在澳洲附近质量输送的差异也可以从图9的94-085站在850毫巴南风风速时间剖面图看出,在1958年7月8—18日南风分量都大于10米/秒,而在1957年7月下旬则很少达到这样大的风速,这个强南风分速和前述1958年7月8—18日期间澳洲附近的两次强烈寒潮有联系的。陈锡璋<sup>[1]</sup>也曾指出在1958年7月澳洲有四次冷空气活动,其中的两次就是上述的两次寒潮。

从上述不完全的资料分析看出,在东亚低纬度经向和纬向环流时期,南半球(特别在澳洲附近)的环流也表现显著的差异。如果上述分析的结果是有代表性的,则可以认为在低纬度经向环流盛行时南北半球间的大气环流是有着密切的关联。在纬向环流时期南北半球之间的联系似乎并不甚大。

## 五、结 论

通过东亚低纬度夏季经向和纬向环流的对比分析,发现在这两个时期,低纬度的环流特征(包括纬向风带的位置、副热带高压位置及其长轴的走向、中低纬度的长波系统以及赤道辐合区的位置等)均有显著的悬殊,而且台风的活动次数也表现有很大悬殊。从南北半球的环流相互影响看,似乎也有密切的关系,但这些仅是通过两个个案分析所得的结果,其结论是否能具有代表性,尚需根据更多资料来肯定。本文所提出论据,只能作为初步看法而已。

## 参 考 文 献

- [1] Cressman, G. P., Relation between high- and low-latitude circulations, *Miscellaneous Report*, No. 24, Part II, 1948, Univ. of Chicago.
- [2] Ramuge, C. S., Hurricane Development, *J. Meteor.*, 16 (1959).
- [3] 中央气象局气象科学研究所:夏季暴雨天气过程的分析研究。1958年9月。
- [4] 上海中心气象台,太平洋台风的发生、发展和赤道天气图的应用。天气月刊, 1958。
- [5] Hannay, A. K., Cold outbreaks in Southern Australia in relation to Sub-Antarctic circulations. *Antarctic Meteor. Proceeding of the symposium in Melbourne*, 1959.
- [6] 苏联中央预报研究所,全球天气图。1957, 1958, 7月。
- [7] Rao, Y. P., Interhemispherical features of the general circulation of the Atmosphere, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 86 (1960).

## THE CHARACTERISTICS OF THE ZONAL AND MERIDIONAL CIRCULATION OVER TROPICAL AND SUBTROPICAL REGIONS IN EASTERN ASIA IN SUMMER

DAO SHIH-YEN, HSÜ SHU-YING, KUO CHI-YUNN  
(*Institute of Geophysics and Meteorology, Academia Sinica*)

### ABSTRACT

In this paper, an analysis is made on two main distinct flow patterns over the tropical and subtropical area in Asia and on its adjacent water. They occur respectively in the periods of July 8—18, 1958 and July 21—30, 1957. It is found that during these two periods there is marked difference in the characteristics of the tropospheric circulations. The position of zonal wind belt over the northern hemisphere, the distribution of long wave patterns, the activity of subtropical highs, and the distribution of the intertropical convergence zone are all quite different. At the same time, the activity of typhoons and other synoptic processes over the continent are also different.

In addition, we found that there are some interactions between the northern and the southern hemisphere. When low index circulation prevails over subtropics and tropics in Eastern Asia, there is meridional circulation in the southern hemisphere (especially in Australia), and there is a mass transport from the southern to northern hemisphere. While high index circulation prevails over northern hemisphere, zonal flow pattern prevails in the southern hemisphere.