

# 夏季风撤退前后低纬高低空环流及 高空温度与散度场的变化特征

仲 荣 根

(中山大学气象系)

## 摘 要

本文利用中南半岛和南海北部地区 1974—1982 年最后一次季风潮前后近 40 个测站高空各层资料, 通过水平环流, 经圈环流以及温度场与散度场的剖面图, 讨论了夏季风撤退前后低纬高低空环流及大气结构的变化。结果表明, 夏季风撤退前后, 低纬高低空环流, 经圈环流以及大气结构均发生了明显的变化, 表示夏季风即将撤出中南半岛和南海北部地区。

## 一、前 言

中南半岛和南海地区夏季西南季风(以下简称季风)建立前后低纬高低空环流变化特征以及季风活跃和中断时期的环流特征和结构, 已有一些研究<sup>[1-3]</sup>。但季风撤退前后低纬高低空环流变化及其结构变化特征还没有研究过。本文利用 1974—1982 年中南半岛最后一次季风潮前后五天南海附近地区近 40 个测站高空各层资料, 分析了季风潮前后五天各层平均环流, 用曲面拟合方法计算了沿  $110^{\circ}\text{E}$  的散度、涡度及垂直速度分布, 并绘出了沿  $110^{\circ}\text{E}$  的经圈环流。同时还计算了沿  $105^{\circ}\text{E}$  及  $25^{\circ}\text{N}$  剖面上在季风潮前后的温度差, 讨论了季风撤退前后低纬高低空环流及其结构变化特征。

## 二、最后一次季风潮的活动情况

在季风盛行期间, 在季风气流上经常有强度不等、周期长度不同的季风潮形成。所谓季风潮作如下的规定: 取中南半岛曼谷、科腊特及乌汶三站西—南风平均风速  $\geq 5$  米/秒, 且连续五天以上称为一次季风潮。按此规定统计了 1974—1982 年中南半岛最后一次季风潮(南海北部地区与此同时)活动情况(表 1)。由表 1 可见, 两年最后一次季风潮出现时间是不同的, 但共同的特点都是出现在 9 月份, 最早出现在 8 月底 9 月初, 最迟出现在 9 月下旬, 平均出现在 9 月上旬即 9 月 6 日—9 月 10 日。这就是说中南半岛和南海北部地区最后一次季风潮平均于 9 月 10 日结束。这里需要指出, 季风潮结束并不等于西南季风就消失了, 弱西南气流(平均风速  $< 5$  米/秒)还会维持一段时间。表 1 第 3—4 列列出了季风完全撤出中南半岛的时间, 可见除 1976 年和 1978 年季风维持时间较长外, 其它多数年份都在 11 天以下, 平均来说, 可维持 11 天, 即 9 月 21 日以后季风完全撤出中南半岛, 南退到马来半岛和南海南部地区, 在该地区季风还可维持一段时间。由此可见, 中南半岛和南海地区夏季西南季风

撤退是自北向南进行的。

表 1 最后一次季风潮及西南季风撤出时间的统计

年 份	最后一次季风潮出现时间	季风撤出中南半岛的时间	二者间隔天数	影 响 系 统
1974	4/9—8/9	13/9	5	副高南移西伸
1975	28/8—1/9	12/9	11	副高南移西伸
1976	6/9—10/9	3/10	23	副高南移西伸
1977	8/9—12/9	23/9	11	副高南移西伸
1978	3/9—7/9	6/10	29	副高南移西伸
1979	2/9—6/9	7/9	1	副高西伸
1980	12/9—16/9	21/9	5	副高西伸
1981	1/9—5/9	8/9	3	副高西伸
1982	23/9—27/9	3/10	6	副高西伸
平均	6/9—10/9	21/9	11	

季风撤退与低纬大尺度环流的变化密切相关,以低层 850HPa 来说主要是由于副热带高压南移西伸而造成的。下面从高低空环流的演变作进一步讨论。

### 三、季风撤退前后低纬大尺度环流的演变

季风建立前后,低纬大尺度环流表现有一种突变现象<sup>[1]</sup>。那么季风撤退前后,低纬大尺度环流变化又如何呢?为说明这个问题,我们计算了最后一次季风潮前后五天各层的合成风,并分析流线图进行讨论。

图 1 和图 2 分别为季风潮前后五天的 850HPa、700HPa、500HPa 及 200HPa 的多年平均流场图。比较图 1 和图 2 可见,在低层 850HPa 上,反映季风成员的季风低压的位置虽然没有什么变化,在季风潮前后都位于孟加拉湾湾头的北部大约 28°N 附近,但其季风槽和热带辐合带的位置都发生了很大的变化。在季风潮时期(图 1a),季风槽东伸到南海北部 115°E 附近,热带辐合带位于 21°N 附近,在 100°E 以东其轴向呈东西走向。在季风潮后(图 2a),季风槽西退到 95°E 附近,即西退了 10 个经度,热带辐合带在 100°E 以东则南移到了 14°N 附近,且轴向变成西北—东南向。季风槽和热带辐合带位置的这种变化是由于南北半球大气环流变化的结果。在北半球由于季节的变化,副热带高压势力逐渐减弱,位置南移且西伸。在南半球由于澳洲大陆冷空气活动减弱,因而越赤道气流减弱,遂导致季风气流减弱。南北半球系统和流场的变化,就导致了季风槽的西退和热带辐合带的南移。

从流场上看,在季风潮时期,季风潮南侧从印度南部到南海北部有一条最大西南风带,最大平均风速可达 7 米/秒。从气流方向可知,它是索马里急流东传和 90°E 附近越赤道气流共同作用的结果。在季风潮后(图 2a),原来的最大西南风带已消失,同时南海北部已转为偏东气流。流场的这种变化与环流系统的变化相一致。

在高层 200HPa 图上,在季风潮时期(图 1d),反映高空季风成员的高空反气旋位于青藏高原东部,中心位于 98°E、30°N 附近,其南侧存在二支最大热带东风带,北支位于中南半

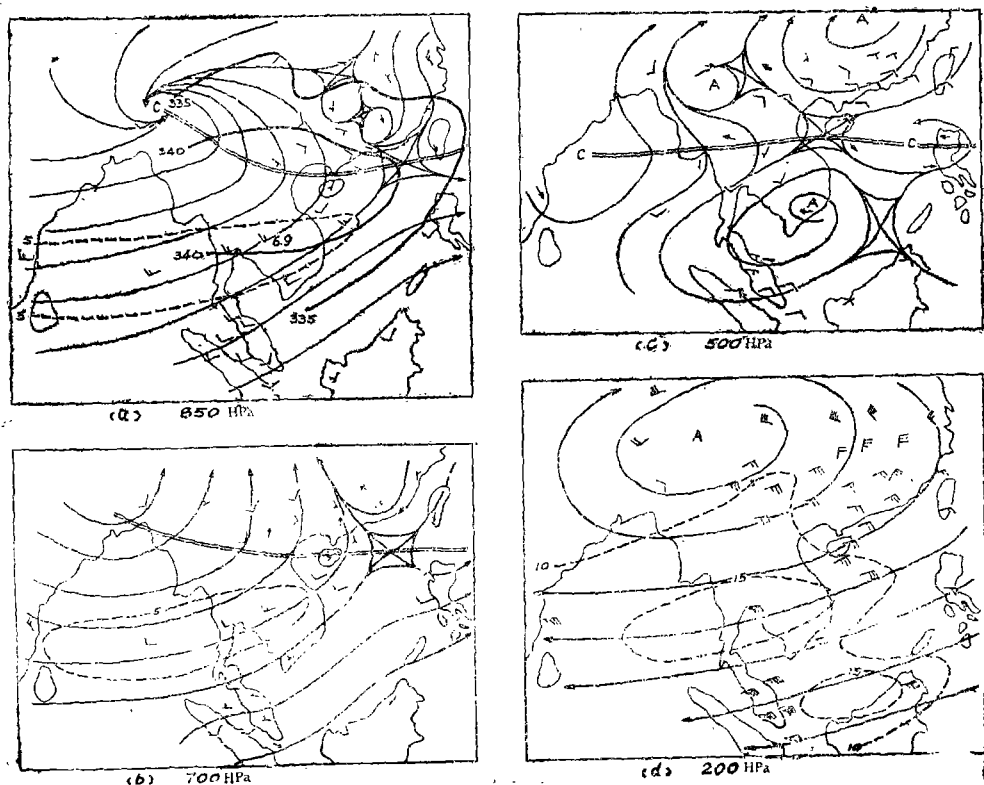


图1 季风潮时期多年(1974—1982)平均流场图  
(细实线为流线, 虚线为等风速线, 粗实线为等  $Q_{100}$  线)

岛到南海北部一带, 中心最大风速达 16 米/秒, 它与低层 850HPa 最大西南风带相对应。南支最大热带东风带对应低层 850HPa 无最大西南风带, 而仅与弱西南气流相对应。

在季风潮后(图 2d), 高空反气旋的位置稍有南移, 从  $30^{\circ}\text{N}$  移到了  $26^{\circ}\text{N}$  附近, 但其强度减弱了, 这表现在最大热带东风带的强度变化上。其中北支最大热带东风带已消失, 南支仍维持, 但强度由原来的 15 米/秒减弱到 12 米/秒。这支弱东风和低层弱季风气流相对应。

由上述可知, 在季风潮前后低纬高低空环流系统和流场均发生了一次较明显的变化。这种变化反映西南季风即将撤出中南半岛和南海北部地区。根据前述, 在这些变化发生后, 平均 11 天左右, 西南季风完全撤出中南半岛和南海北部地区, 中南半岛和南海北部地区完全受副热带高压控制, 盛行偏东气流。

以上只是最后一次季风潮前后高低空环流系统和流场的变化。至于季风撤退后环流形势的变化有什么不同呢? 这里用 1979 年的个例来说明。1979 年最后一次季风潮是 9 月 2 日到 9 月 6 日, 9 月 7 日西南季风完全撤出中南半岛和南海北部地区, 故 1979 年又可代表季风撤退前后的情况。

季风撤退后, 低层 850HPa 最明显的区别是副热带高压明显西伸, 从华南到孟加拉湾中部都受副热带高压控制, 盛行偏东或偏南气流, 热带辐合带消失(图略)。在高层 200HPa 上(图 3), 在季风撤退前(图 3a), 高空反气旋中心位于  $25^{\circ}\text{N}$ 、 $95^{\circ}\text{E}$  附近, 在南海北部和南

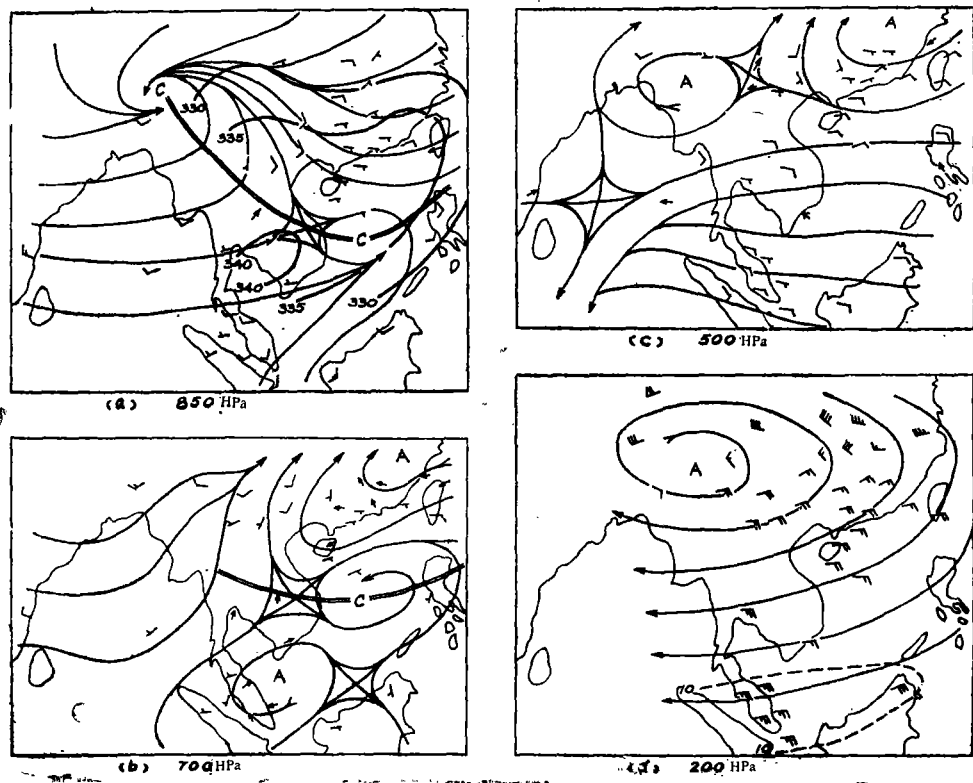


图2 季风潮后多年(1974—1982年)平均流场图(说明同图1)

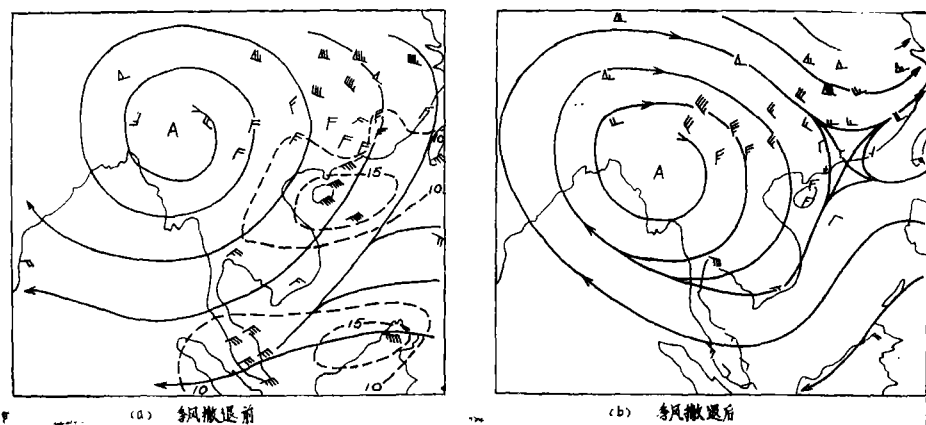


图3 1979年200hPa流场图(说明同图1)

部分别存在两支最大热带东风带。季风撤退后(图3b), 高层反气旋南移到 $20^{\circ}\text{N}$ 、 $95^{\circ}\text{E}$ 附近, 主体控制了整个中南半岛, 其南侧的两支最大热带东风带均消失。这种环流形势与季风建立前后的环流形势极为相似。如果说季风建立前后低纬高低空环流形势有一种“突变”现象发生的话[1], 那么季风撤退前后低纬高低空环流形势也有一种“突变”的现象发生。

另外, 从图1和图2还可以看到, 在季风潮时期(图1b、c), 季风槽随高度是减弱的,

到 500HPa 季风槽已西退到  $95^{\circ}\text{E}$  附近, 而热带辐合带稍有南倾, 从 850HPa 到 500HPa 南倾了约 2 个纬度。同时可看到, 西南季风的高度可达到 500HPa, 而季风潮只到 700HPa, 且随高度减弱。在季风潮后(图 2b、c), 弱西南气流只达 700HPa, 热带辐合带也只在 700HPa 南海中部存在, 到 500HPa 已消失, 整个南海和中南半岛均受副高南侧的偏东气流控制, 和 200HPa 流场相一致。

根据以上的讨论可知, 最后一次季风潮前后低纬大尺度环流系统的演变和流场的变化, 不仅在高低空表现出来, 在 500HPa 和 700HPa 上也有明显的表现, 都预示着西南季风即将撤出中南半岛地区。

#### 四、季风撤退前后经圈环流特征

上述低纬大尺度环流的变化在经圈环流上反映也是比较明显的。图 4a 是季风潮时期沿  $110^{\circ}\text{E}$  的多年平均经圈环流图, 图上由于资料关系, 季风环流中心不能绘出来, 但由图可知, 季风环流是非常强的, 除  $23^{\circ}\text{N}$  以北由于高压存在盛行下沉运动外,  $23^{\circ}\text{N}$  以南的广大地区均盛行上升运动。季风潮后(图 4b), 季风环流圈大大减弱,  $7^{\circ}\text{N}$  以南为微弱的上升运动,  $7^{\circ}\text{N}$  以北的广大地区均盛行下沉运动。从图 4b 还可看到, 在  $22^{\circ}\text{N}$  以北存在一个弱季风环流圈, 环流中心在  $24.5^{\circ}\text{N}$  附近, 对照图 2b、c 可知, 这个季风环流是 700HPa 和 500HPa 上副高南侧的东南季风环流, 而不是热带西南季风环流, 西南季风环流已减弱南移到赤道附近。季风环流圈的这种变化, 基本上反映了夏季风即将撤退的环流结构。

至于季风撤退前后季风环流的变化用 1979 年为代表来说明。季风撤退前(图 5a)与最后一次季风潮时期极为相似, 季风环流很强, 有明显的季风环流中心存在( $9^{\circ}\text{N}$  附近)。季风撤退后(图 5b), 季风环流大大减弱, 原位于  $9^{\circ}\text{N}$  附近的季风环流中心已消失,  $15^{\circ}\text{N}$  以南的低层似乎出现了哈特莱环流圈。而  $17^{\circ}\text{N}$  以北的弱季风环流, 对照水平环流可知, 这已不是热带季风环流而是副高北侧的副热带季风环流。由此可知, 南海北部副热带季风环流的出现, 南海南部低层哈特莱环流的形成, 代表了季风撤退后南海地区的环流结构特征。

#### 五、季风撤退前后高空温度场和散度场的变化

季风建立期间, 高原东部上空温度为正距平, 表现为热源[4]。季风撤退前后高空温度场也发生了一些变化, 这从  $105^{\circ}\text{E}$  和  $25^{\circ}\text{N}$  多年平均温度差剖面图可知(图 6), 在季风潮后, 高原东部普遍降温; 华南东部沿海为升温, 中南半岛的低层也为升温区。升温区将逐渐变暖, 降温区将逐渐变冷, 因此, 升温区和降温区最后必导致升温区变为热源, 降温区变为冷源, 这种冷热源的分布将导致季风环流的消失和哈特莱环流的建立。

以上是季风潮前后温度差的变化情况。在季风撤退前后(1979 年)情况稍有不同, 这主要表现在高原东部降温层的高度不同, 前者主要出现在低层 850HPa 上, 后者主要出现在高层 300-200HPa 上(图略), 这和季风建立期间温度正距平主要出现在高层是一致的。这种高层降温的出现是季风撤退后的象征, 也是季风环流的消失和哈特莱环流建立的热力原因。

文献[5]曾用  $Q_{\text{net}}$  的数值讨论过我国东部夏季风的进退, 并指出 850HPa 上可用  $340^{\circ}\text{K}$  代表夏季风的前沿。这里我们也用 850HPa 上  $340^{\circ}\text{K}$  等值线的变化来说明季风的活动(图 1a 及图 2a 粗实线所示)。可见, 在季风潮时期,  $340^{\circ}\text{K}$  等值线东伸到华南东部沿海, 其轴

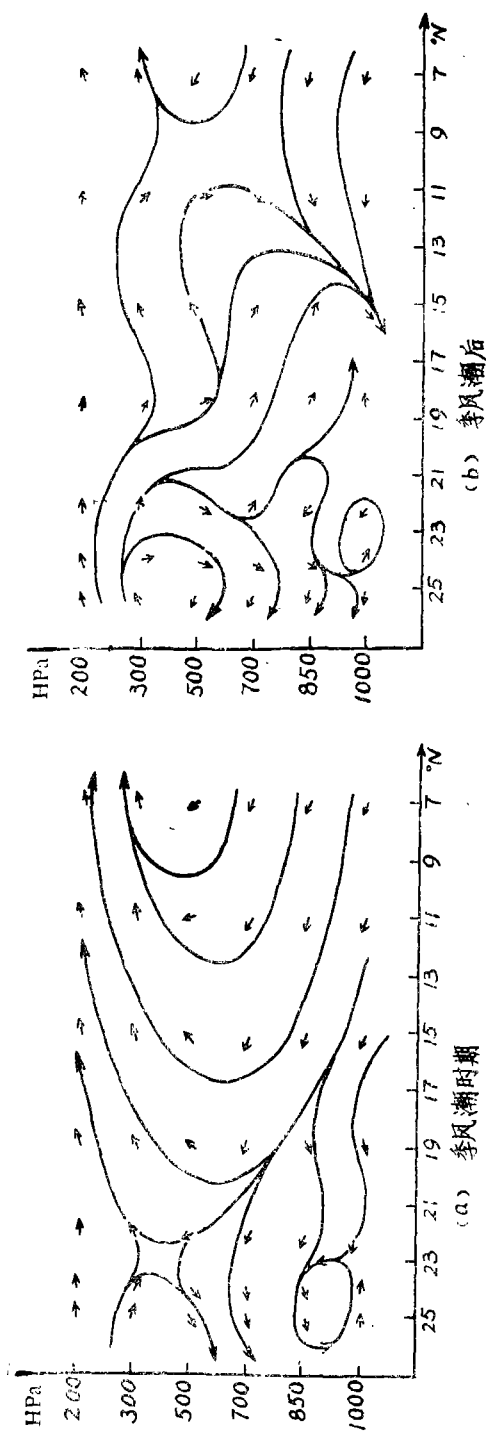


图4 沿110°E多年(1974—82)平均剖面图

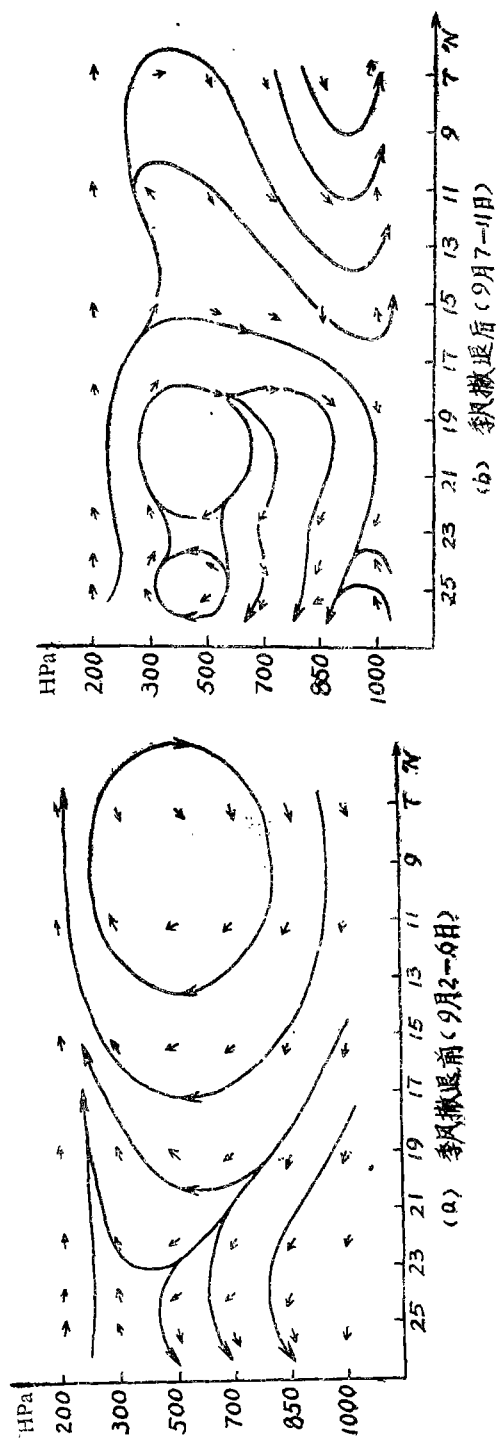


图5 1979年沿110°E剖面图

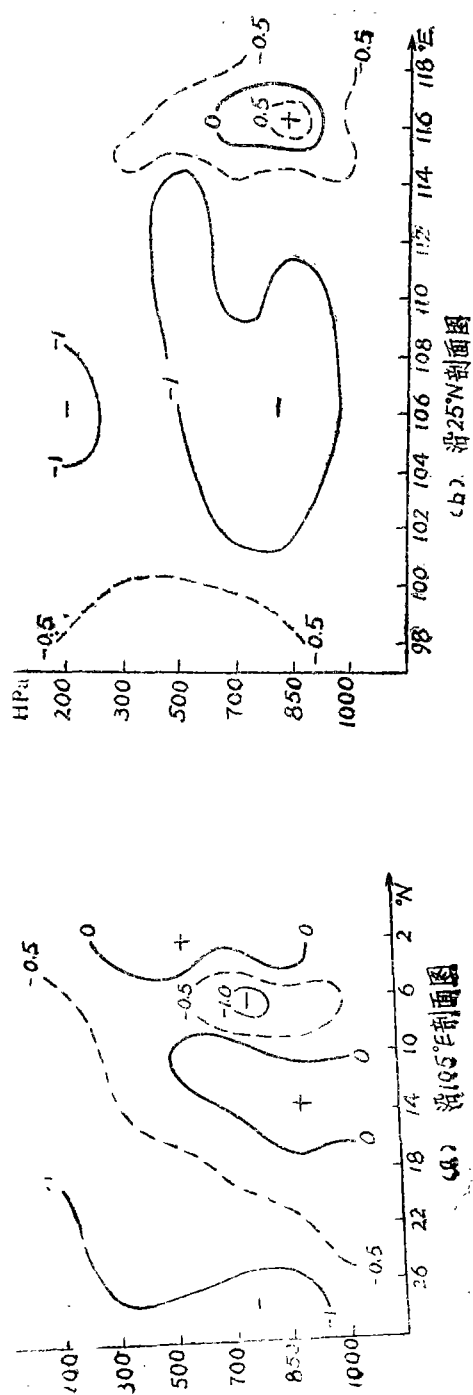


图 6 季风潮前后多年(1974—82)平均温度差剖面图

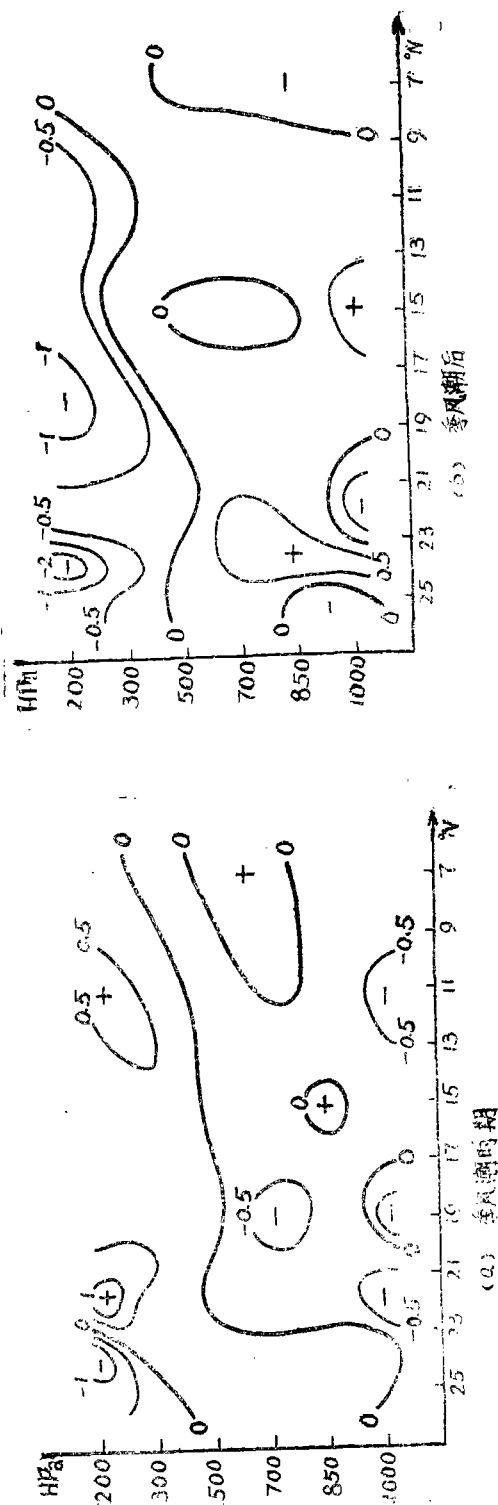


图 7 沿 110°E 多年(1974—82)平均散度剖面图

向与热带辐合带相一致,与西南季风前沿也基本相一致。季风潮后,由于季风气流减弱,热带辐合带南移,340°k等值线向西南移到中南半岛南部,与季风前沿也相一致。因此,随着季风的撤退,在温湿场上也有明显的变化。

热力结构的变化是如此,在动力结构上也有一定的反映。下面给出沿110°E多年平均散度剖面来进行讨论。

在季风潮时期,23°N以北,低层为辐合,高层为辐散;23°N以南,500HPa以下除个别地方外,基本上为辐合区,以上为辐散(图7a)。季风潮后,9°N以北除个别地方外,500HPa以下均为辐散,以上为辐合;9°N以南,500HPa以下为辐合,以上为辐散(图7b)。这种散度场的变化和经圈环流的变化相当一致(图4),也与大尺度环流变化,即副高南移西伸,季风槽西收以及热带辐合带南移密切相关的。

## 六、小 结

根据以上分析,可以得到以下几点初步结论:

1. 中南半岛和南海北部地区最后一次季风潮平均于9月10日结束,9月21日西南季风完全撤出中南半岛。

2. 最后一次季风潮后,200HPa高空反气旋中心从30°N移到26°N,北支热带东风急流消失,对应低层850HPa最大西南风带也消失;100°E以东热带辐合带从21°N南移到14°N附近,标志着西南季风即将撤出中南半岛和南海北部地区。而200HPa高空反气旋中心南移到20°N附近,高压主体控制中南半岛,南支东风急流也消失;低层850HPa副高西伸到孟加拉湾中部,中南半岛及南海地区气流由东南转成东南或偏南气流,则是西南季风撤出中南半岛和南海北部地区的标志。并且季风撤退是自北向南进行的。

3. 季风潮时期或季风撤退前,季风环流相当强,上升运动范围广,而季风潮后及季风撤退后,季风环流大大减弱,原来的上升运动区变成下沉运动区。并且在季风撤退后,南海北部出现副热带环流圈,南海西部低层出现哈特莱环流。这是季风撤退前后南海地区的环流结果特征。

4. 季风潮或季风撤退后,高原东部上空由热源变为冷源,东南沿海及中南半岛中部由冷源变为热源,这种热源的变化为季风环流消失和哈特莱环流建立提供了条件。

5. 和环流条件相适应,大气的动力结构也发生了明显的变化。

## 参 考 文 献

- [1] 沈如桂、陶金珍、赖莹莹、郭恩华,华南前汛期对流层高低空的低纬环流与降水,《全国热带季风会议文集》,云南人民出版社,1982.
- [2] 杨崧,东南亚西南季风活跃和中断时期大气环流特征和结构,同[1],1981.
- [3] 沈如桂、仲荣根、陶金珍,南海夏季风建立前后低层风场及其云量水汽的变化,同[1],1982.
- [4] 罗会邦、柳井迪雄,1979年夏季风建立期间青藏高原及其邻近地区的大气环流与热源,《热带气象论文集》,中山大学气象系,1984.
- [5] 汤明敏、黄士松等,1979年中国东部夏季风的进退,同[1],1981.



# THE CHARACTERISTICS OF CHANGE IN THE CIRCULATION UPPERAIR TEMPERATURE AND DIVERGENCE FIELD AT LOW AND UPPER LEVELS IN LOW LATITUDES DURING SUMMER MONSOON RETREAT

Zhong Ronggen

*(Department of Meteorology, Zhongshan University)*

## Abstract

By using the upper-air data near 40 stations during the last summer surge for each year of 1974—1982, the changes in the circulation and atmospheric structure are discussed at low and upper levels in low latitudes over Indo-China Peninsula and northern of the South China Sea during summer monsoon retreat, through horizontal circulation and cross-section diagram of the temperature and divergence. Results show that the circulations at low and upper levels in low latitudes, the meridional cell and the atmospheric structure are all changed obviously, indicating south-west summer monsoon will retreat out from Indo-China Peninsula and northern of the South China Sea.