

# 华南沿海五月份海陆风温压场特征与降水

朱乾根 周 军 王志明\* 胡 欣\*\*

## 提 要

本文分析了华南沿海1978年5月份与海陆风相对应的温压场特征。结果发现,海陆风风向与温度距平和气压距平等值线近于垂直,由冷高指向暖低。在沿海地区,温压梯度最强,海陆风也最大。从海陆风温压场建立至海陆风形成时间短促。海陆风对温压梯度具有削弱作用,因而海陆风制约了海陆风本身的发展。此外,本文还发现,海陆风辐合场与华南沿海降水中心有密切的关系。

## 一、前 言

我们在《我国华南沿海的海陆风环流特征》<sup>[1]</sup>一文中,曾应用月平均时间距平的方法,求得风的月平均日变化。结果发现,这种风的日变化,主要是海陆热力差异所引起,它表现了平均意义下的海陆风。本文在此基础上,进一步研究了与这种海陆风相配置的温压场特征及其和降水之间的联系。

为了消除基本场(包括常驻性的天气系统、测站所在高度、纬度等)的影响,反映气象要素的日变化,对气象资料作如下处理:

以 $f_{ijk}$ 表示某年5月份第 $i$ 天第 $j$ 时次第 $k$ 站的某地面气象要素值,则 $\bar{f}_{jk} = \frac{1}{31} \sum_{i=1}^{31} f_{ijk}$

为第 $k$ 站某要素第 $j$ 时次的月平均值,  $\bar{f}_k = \frac{1}{24} \sum_{j=1}^{24} \bar{f}_{jk}$ 为第 $k$ 站月总平均值,而

$\bar{f}'_{jk} = \bar{f}_{jk} - \bar{f}_k$ 即为第 $k$ 站第 $j$ 时次的月平均相对于月总平均的距平,简称为月平均时间距平或距平。某要素的月平均时间距平,反映了该要素的平均日变化。

## 二、海陆风温压场特征

由于海陆风主要决定于温压距平梯度场,而非温压距平场本身,因此,本文在研究海陆风温压场特征时,着重考察其梯度的分布。根据文献[1]所给海陆风转换时间,

\*广东热带海洋气象研究所

\*\*河北省气象局

本文选取02时和14时地面气温、气压月平均时间距平图，分别代表陆风和海风时段的温压场。

图1、2分别是1978年5月02时和14时月平均温度时间距平图。由图可见，在陆风时段各地温度距平皆为负值，但沿海高于内陆，内陆为低值区，海南岛中部亦为低值

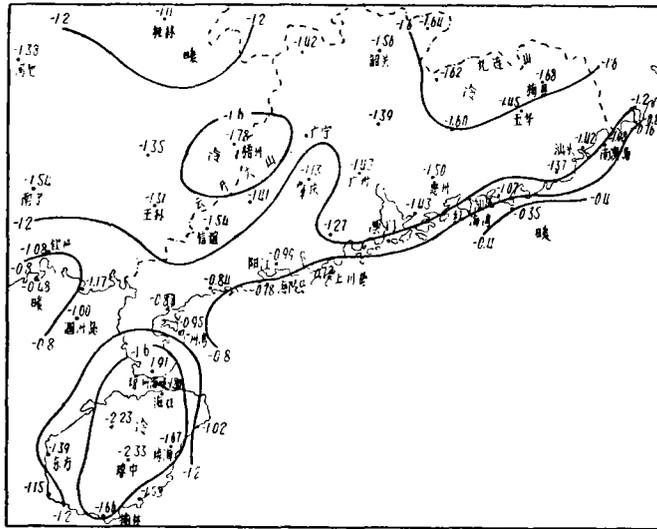


图1 1978年5月02时月平均温度时间距平图。单位： $^{\circ}\text{C}$

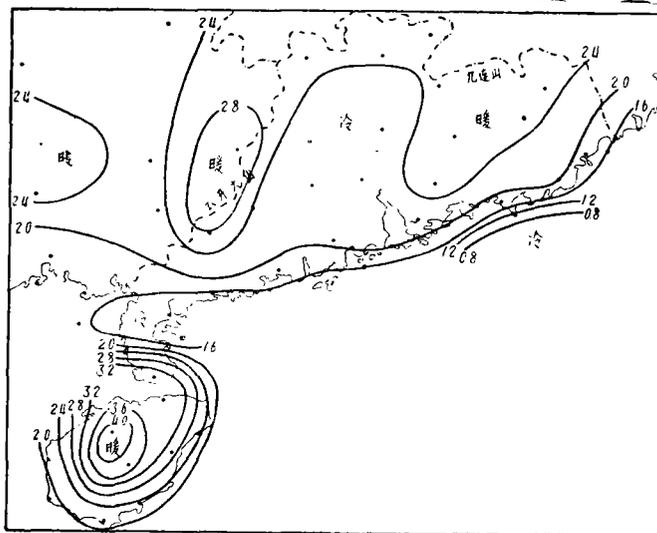


图2 1978年5月14时月平均温度时间距平图。单位： $^{\circ}\text{C}$

区。在沿海地区，温度距平等值线与海岸线基本是平行的，温度距平梯度方向指向内陆，且沿海几十公里内温度距平梯度较强，向内陆很快减弱。海风时段相反，月平均温度时间距平皆为正值，但沿海低于内陆，内陆为高值区，海南岛中部亦为高值区。在沿

海地区，温度距平等值线与海岸线也基本平行，但温度距平梯度方向相反，指向海洋。同样，在沿海几十公里内温度距平梯度较强，向内陆很快减弱。以上事实清楚地表明，华南沿海温度场的日夜交替，主要是海陆热力差异所引起。内陆地区海陆热力差异的影响逐渐减小，山区与平原地区热力差异的影响开始显露。例如，在粤桂交界处的云开大山地区及粤东北山区(九连山一带)陆风时段温度距平比珠江三角洲偏低(见图1)，海风时段则偏高(见图2)，因而形成了东西向的温度距平梯度及其日变化，但其强度与沿海的南北向温度距平梯度相比则很微弱。

海南岛中部有五指山，它的温度距平分布特征除受海陆热力差异影响外，还受到山谷热力差异的影响，两者同相叠加，因而其周围温度距平梯度(尤其在海风时段)特别强。

图3、4为1978年5月02和14时月平均气压时间距平图。图中清楚地表明，沿海的气压距平等值线与温度距平等值线大致相似，基本与海岸线平行，并且海陆风时段气压距平

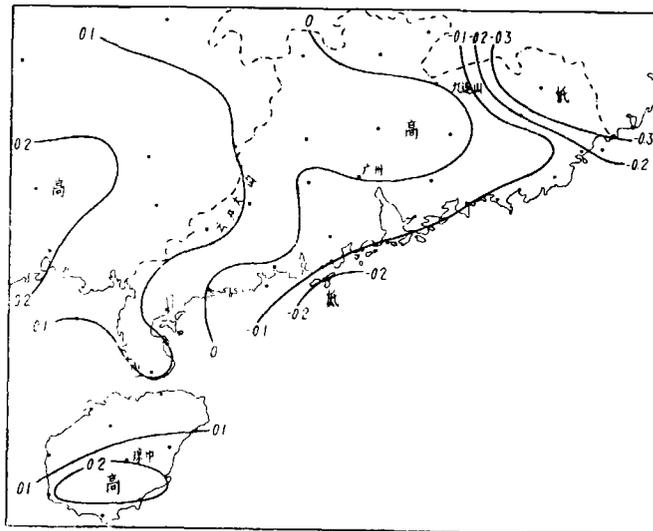


图3 1978年5月02时月平均气压时间距平图。单位:毫巴

梯度方向相反。02时沿海是气压距平的低值区，内陆和海南岛中部偏南是高值区，气压距平梯度方向指向海洋；14时内陆和海南岛中部是气压距平的低值区，沿海是高值区，气压距平梯度方向指向内陆。气压距平梯度方向呈现较明显的日变化。与温度距平场对比可见，无论是海风或陆风时段，总是暖区对应着低压区，冷区对应着高压区。同样沿海的气压距平梯度也较强。此外，在云开大山和粤东北山区02时气压距平比珠江三角洲高，14时比珠江三角洲低，并出现两个低中心，冷高、暖低配置也很明显。气压梯度日变化与温度梯度日变化的这种配置，充分表明，气压梯度的日变化同温度梯度的日变化一样主要是由热力因子所引起，而在热力因子中又以海陆热力差异为主，其次是山区与平原的热力效应。必须说明，就气压距平本身来说，除具有热力因子造成的日变化外，还具有半日周期变化，这种变化由潮汐力所造成，在整个华南沿海地区几乎是一致的，

因而它不能形成华南沿海气压距平梯度的日变化，只能影响气压距平的数值。例如，图中02时的气压距平正值较小，沿海还出现负值，这就是气压的半日周期变化抵消了部分气压热力变化的结果，但是对于气压距平梯度的方向和强度没有影响，因而气压距平梯度与温度距平梯度的日变化是相对应的。将它们与风距平图<sup>[1]</sup>相比较可以看出，沿海地区风的日变化分量总是与气温和气压距平等值线近于垂直，并由冷高指向暖低。这就进一步说明，这种风的日变化主要是海陆热力差异所引起的，是平均意义下的海陆风。

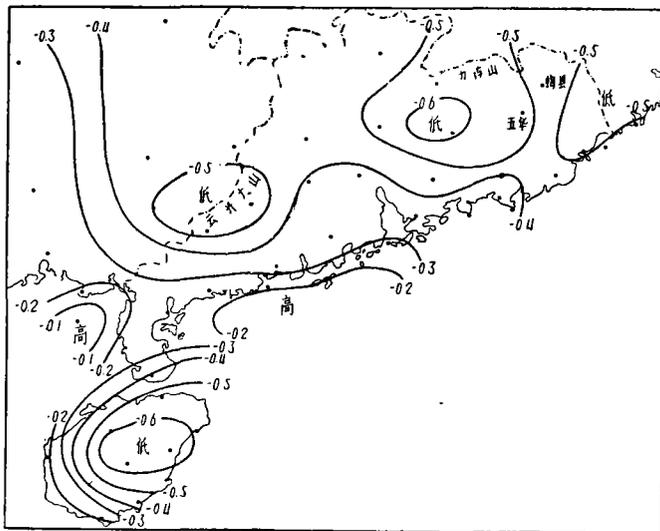


图 4 1978年5月14时月平均气压时间距平图，单位：毫巴

### 三、海陆风温压场的转换

由于缺乏1978年5月逐时的温压场资料，不能分析海陆风转换时的温压场特征及温压场的转换时间，为了弥补不足，我们用1965年5月的温度场来代替。将这两年5月同时次（02、08、14、20时）的温度距平图比较后发现，这两年的分布特征极其相似，因而这种替换是有意义的。

图5是1965年5月月平均温度时间距平符号从正转负(晚间)和从负转正(上午)的等时线图。图中显示，由正转负一般发生于19—21时，由负转正一般发生于8时15分—9时45分，等时线基本与海岸线平行，上午和晚间的转换通常是沿海先于内陆，海南岛由正转负则是东北先于西南。这种转换时间的先后顺序可能是海陆风的反馈机制所造成的（见本文第五节）。

分析逐时的月平均温度时间距平图(图略)后可以发现，温度距平梯度方向的改变与温度距平符号的改变并非同时发生，前者在时间上落后于后者。上午温度距平梯度方向的改变发生在10—11时之间，落后温度距平符号的改变时间约1.5—2小时；晚间温度距平梯度方向的改变发生在20—21时之间，落后约1小时。海南岛较特殊，上午和夜间的转换时间落后皆不足半小时。这种落后现象是因为温度距平符号的转换沿海先于内陆所

造成的。例如，由海风时段向陆风时段转换时，沿海温度距平由正转负，而陆地仍保持正值，这时温度距平梯度方向与海风时段相同，仍指向海洋，一直到内陆温度距平也转负值，且绝对值大于沿海时，温度距平梯度方向才发生倒转，由海洋指向内陆。反之，由陆风时段转向海风时段时也会发生同样的现象。由此可以推知，温度距平梯度方向的转换，也是由沿海向内陆推移的。当温度梯度方向发生转换后，相应的气压距平梯度方向也必将发生转换，而温压场梯度方向的转换对海陆风的形成才具有直接意义。

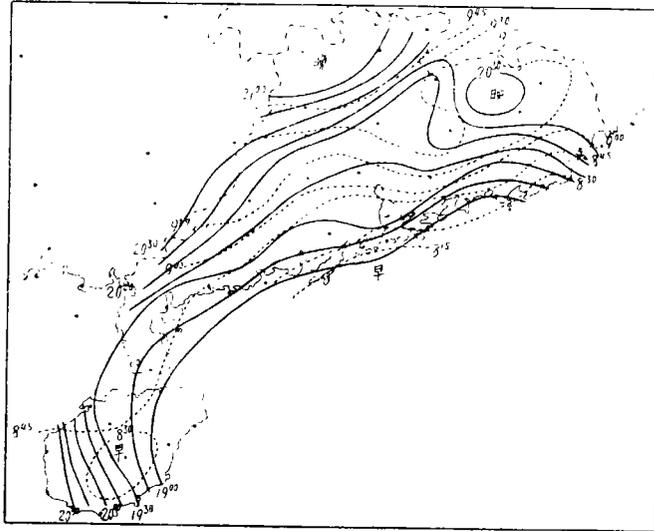


图 5 1965 年 5 月月平均温度时间距平转换等时线图。  
实线：正转负，虚线：负转正

由于华南沿海 5 月份海陆风转换时间各地不同<sup>[1]</sup>，若以 09 和 20 时的温、压距平图表示陆风转海风和海风转陆风的温、压场特征，则由图(图略)可见，沿海温度距平符号已转换，内陆温度距平减弱，距平零线与海岸线大致平行，距海岸约一百公里，沿海温度距平梯度和气压距平梯度皆减弱。这同样说明，温度距平、温度距平梯度以及气压距平梯度的转换皆是由沿海向内陆扩展的。

#### 四、海陆风散度场与降水

我们在文献[1]中已指出，海陆风造成的散度场与华南前汛期暴雨有密切的关系，本文进一步从月平均降水量来考察它与海陆风散度场的相关。图6是1978年5月份03—04时和16—17时月平均降水量时间距平图，可以分别代表陆风时段和海风时段的降水量分布特征。容易看出，两个时段的分布是完全不同的。陆风时段在阳江、汕尾和汕头等沿海地区是降水时间距平的高值区，另在广宁还有一个高值中心，其它地区为负距平区。海风时段在海南岛的琼中和五华、广州、信宜等内陆地区是降水时间距平的高值区，其它地区为负距平区。

图 7 是月平均降水量空间距平图。陆风时段空间距平的高值中心也位于阳江、汕

尾、汕头等沿海地区，其中阳江中心最强，海南岛和内陆为负距平区。海风时段相反，高值中心位于海南岛和玉林、五华等内陆地区，沿海一带为负距平区。

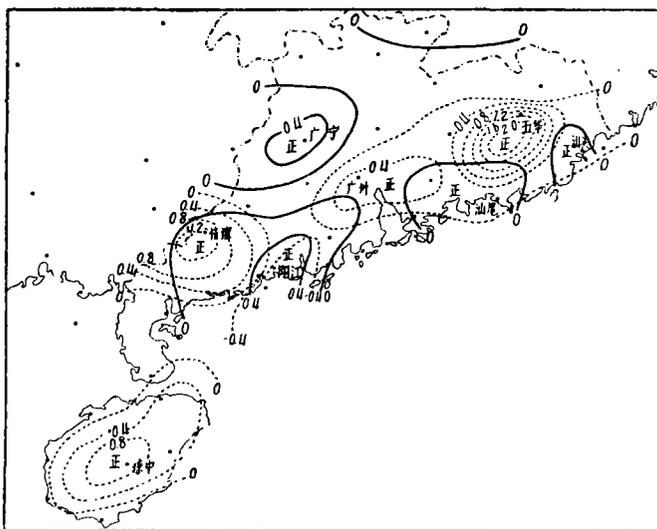


图 6 1978 年 5 月份 03—04 时和 16—17 时月平均降水量时间距平图。  
实线：03—04 时等值线，虚线：16—17 时等值线

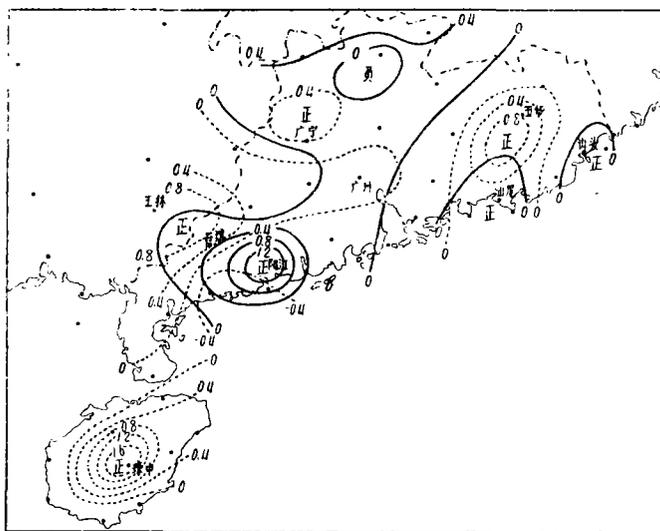


图 7 1978 年 5 月平均降水量空间距平图。  
实线：02—04 时平均，虚线：15—17 时平均

海陆风时段月平均降水的时间距平和空间距平分布很相似，这说明海陆风影响区域内的降水都有集中在某一时段、某一地区的现象，特别是在同符号的距平中心重合的地区降水更集中。阳江和海南岛降水最强，阳江集中于陆风时段，海南岛集中于海风时段。

将图6、图7与文献[1]图8相比较可见，海陆风散度场与降水时、空距平场配合很好，距平场的高值区与辐合区相对应，距平场的低值区与辐散区相对应。阳江和海南岛

尤为突出，两个强降水正距平中心分别与陆风时段和海风时段的强辐合中心相对应。阳江和海南岛是广东两个著名的暴雨中心，而这两地正好是海陆风辐合最强最明显的地方。对海南岛来说，由于海风与谷风叠加使海风风力加大，辐合加强。对阳江来说，由于广州湾海岸线的分布形状使陆风辐合加强。

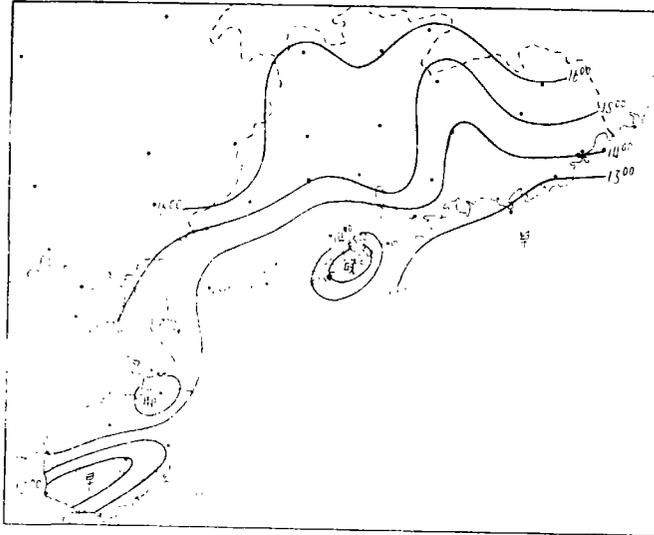


图 8 1965 年 5 月份平均最高温度出现时间分布图

把  $j$  时次 ( $j = 2, 5, 8, \dots, 23$ ) 的海陆风散度 ( $\bar{D}'_j$ ) 分布图分别与  $j-1-j$  时次,  $j-j+1$  时次,  $j+1-j+2$  时次的月平均降水量分布图进行对比。如果降水高值区基本与辐合区相对应, 降水低值区与辐散区基本相对应, 就认为降水与散度场的配置好, 反之就认为配置差。以  $R_{j,j+1}$  表示  $j-j+1$  时次的月平均降水量, 兹将比较结果列成下表。

表 1  $j$  时次海陆风散度与 1 小时的月平均降水量比较

如何比较结果	$\bar{D}'_j$ 与 $R_{j-1,j}$ 对比	$\bar{D}'_j$ 与 $R_{j,j+1}$ 对比	$\bar{D}'_j$ 与 $R_{j+1,j+2}$ 对比
配置好的时次	08 17 20	02 05 08 14 17 23	02 05 08 14 17
配置差的时次	02 05 11 14 23	11 20	11 20 23

从上表中可以发现  $j$  时次的海陆风散度与  $j-j+1$  时次和  $j+1-j+2$  时次的月平均降水量配合较好。大体上是辐合区与月平均降水的高值区对应; 辐散区与月平均降水的低值区对应, 只是在海陆风的转换时期对应较差。这是因为转换期海陆风及其散度较弱, 所以规律性也较差。  $j$  时次的海陆风散度与  $j-1-j$  时次的月平均降水基本上没有什么对应关系。由此可推知降水相对于海陆风散度场有时间位相的落后。或者说, 在月平均情况下, 先有海陆风辐合而后有降水发生。

以上事实说明海陆风场与降水的相关比较密切,但不能认为华南前汛期的降水主要是由海陆风决定的。海陆风只是在大尺度降水天气形势下,起到了触发、加强或减弱的作用。在其它月份,这种关系也许就不很密切。

## 五、海陆风形成及其反馈作用

根据以上分析可以认为,海陆的热容量差异和日夜辐射的交替首先建立起海陆温差及其日变化,随后建立起海陆气压差及其日变化,再后导致日变化的风场即海陆风。海陆风风向与等温线及等压线近似垂直指向温度升度和气压梯度方向,古特曼<sup>[2]</sup>从理论上已证明了这一点。从温度距平符号改变到海陆风转换整个过程时间是很短促的,约2—4小时。考虑到温度和气压时间距平梯度方向的改变比温度时间距平符号的改变还要落后,整个过程就更加迅速了。海南岛气压时间距平梯度方向的改变甚至先于气压时间距平符号的改变(图略),因而海陆风的建立比其它地区相对要早。广州肇庆一带海陆风的建立也是相对较早的地区,这可能是由于山区与平原的热力差异所造成的。云开大山与粤东北山区冷却或升温较平原快,在气压时间距平符号未转换前东西向的气压时间距平梯度方向已改变了。

风场和等压线近似垂直的交角及转换过程的迅速,决定了海陆风的中尺度性质。

海陆风场建立后,必然会对温度场和气压场产生反馈作用。从图1、2、4可以看到,虽然月平均温度和气压时间距平梯度方向是变化的,即高低值区的分布昼夜相反,但只要全场距平符号相同,其绝对值总是沿海小于内陆,这意味着沿海温度和气压的日变化比内陆小。图8是1965年5月平均最高温度出现时间分布图。由图可见,沿海出现最高温度的时间比内陆早(约早1.5小时),且月平均最高温度低于内陆,最低温度高于内陆(图略)。这些现象主要是因白天沿海在海风冷平流的作用下,温度升高到一个较低的值时就不再上升了。当沿海停止升温后,内陆的温度仍可继续升高,相应的气压距平绝对值沿海也就小于内陆。夜间至早晨,在陆风冷平流的作用下,沿海温度本应更低,但由于陆风在沿海的辐合作用,使得沿海经常产生夜雨,云层覆盖,减弱地面的有效辐射,温度不能降得很低,同时降水凝结时释放潜热,使得地面减压,故正的气压距平也就较小。此外,这种作用还使得温度距平的转换时间沿海先于内陆。这就是海陆风对温压场的反馈机制。无疑,这种机制将会削弱沿海的温度和气压距平梯度,而梯度的减弱又会削弱海陆风。因此可以说,当海陆风发生发展时,就已经孕育着削弱它的因素。换句话说,海陆风是海陆风本身的制约因子。

## 六、结 论

月平均温度和气压时间距平等值线都基本与海岸线平行,海陆风时段各个场的月平均时间距平梯度方向截然相反。在海风时段,内陆是高温低压区;在陆风时段,内陆是低温高压区。沿海数十公里内距平梯度最强。这说明它们主要是由海陆热力差异所造成。

海陆热力差异及日夜辐射的交替首先形成温差日变化,继而形成气压差日变化,最终形成海陆风。整个过程是很短促的,因而海陆风的建立具有突发性。它是在外界加热

作用下的一种强迫的中尺度运动。

海陆风与山谷风及一定的海岸线形状相结合，常形成强的辐合中心，这些中心也正是强的降水中心，时间落后1—2小时。这说明华南沿海海陆风与降水关系较为密切，但并不能认为海陆风是决定降水的主要因子，它只是在一定天气背景下对降水起到触发和加强作用。

海陆风建立后，海陆风的冷平流及与其相伴随的降水将削弱沿海的海陆风温压场梯度。因此说，海陆风对其本身起制约作用。

### 参 考 文 献

- [1] 朱乾根、周 军、张明华，我国华南沿海的海陆风环流特征，热带环流及系统会议文集，海洋出版社（即将出版）。
- [2] 古特曼著，曲延禄译，中尺度气象过程非线性理论引论，科学出版社，1976。

## FEATURES OF TEMPERATURE AND PRESSURE FIELDS WITH RESPECT TO SEA/LAND BREEZES AND PRECIPITATION ALONG THE COAST OF SOUTH CHINA DURING MAY

Zhu Qiangen, Zhou Jun, Wang Zhiming\*, Hu Xin\*\*

### ABSTRACT

Analysis has been made of the features of temperature and pressure fields with respect to sea/land breezes along the coast of South China during May, 1978. It is shown from the analysis that the vector of sea/land breezes is approximately perpendicular to the isolines of temperature and pressure anomalies, pointing from the cold high to the warm low. Both temperature and pressure have the greatest gradients along the coastal area with sea/land breezes reaching the maximum. The transitional period from the building-up of temperature and pressure fields with respect to sea/land breezes to the formation of the latter is very brief. It is found that sea/land breezes have an abating effect on the temperature and pressure fields, thus setting a limit to their own development. It is also found that the convergence field due to sea/land breezes is closely related to the center of precipitation along the coast of South China.

\* The Institute of Tropical Oceanometeorology of Guangdong Province  
\*\* The Weather Bureau of Hebei Province