

# 阳江地区海陆风特征及其影响

周 武<sup>1</sup> 黄小丹<sup>1</sup> 黄 忠<sup>2</sup> 肖伟军<sup>2</sup>

(1. 广东省阳江市气象局, 529500; 2. 广州中心气象台)

**提 要:** 以阳江地区常规气象站、中尺度观测网的自动气象站和海边的2个80m梯度观测塔资料为依据,对该地区海陆风特征及其影响进行研究,结果表明,阳江地区海陆风西岸早于东岸。在近地层,海陆风随高度升高而增大,5月份前后有时海陆风较浅,不能影响到80m高度。陆风转海风多发生在11:00—12:00之间,海风转陆风发生在23:00前后,都发生在日气压变化的峰值时段。海陆风与山谷风叠加可以达到离海岸线70~75km的内陆地区,但并不能越过云雾山山脉。海陆转换时期,在沿海海湾地区形成辐合区,这个辐合区使其北侧阳江市附近成为广东4—7月的多雨中心,海风加强向北进到达阳春附近的“喇叭口”地区产生辐合,又使该地成为阳江4—7月另一个多雨地区,这些都是阳江成为广东省暴雨中心的重要因素之一。另外,如果海陆风环流没有受到破坏,阳江沿海地区不会出现高温天气。

**关键词:** 海陆风 降水 高温

## The Characteristic of Sea-Land Breeze in Yangjiang Area and Its Impact on Precipitation and Temperature

Zhou Wu<sup>1</sup> Huang Xiaodan<sup>1</sup> Huang Zhong<sup>2</sup> Xiao Weijun<sup>2</sup>

(1. Yangjiang Meteorological Office, Guangdong Province 529500;  
2. Guangzhou Central Meteorological Observatory)

**Abstract:** The characters and effects of sea-land breeze in Yangjiang were studied. The basic data were taken from weather stations, automatic weather stations in Yangjiang and two towers of 80-metre-high gradient observation on the seaside. The result shows that the western coast sea breeze formed earlier than the eastern coast one. In surface layer, the sea-land breeze increases with height. Sometimes in May, the sea-land breeze is too weak to reach the height of 80m. The change from land breeze to sea breeze occurs mostly during 11:00—12:00. On the contrary the

基金项目: 中国气象局多轨道项目“海岸带海—陆—气相互作用监测及灾害天气预测模式系统”和广东省气象局科研项目(2008C04)共同资助

收稿日期: 2008年4月7日; 修定稿日期: 2008年10月8日

change from sea breeze to land breeze happens at about 23:00, both during the period of daily peak of pressure fluctuation. The sea-land breeze can reach 70—75 km far from the coastline when it superimposes valley wind, but it cannot pass over the Mist Hill. During the period of sea-land conversion, a convergent zone formed near the bay, which made the urban district of Yangjiang at its northern side to be a rainy center from April to July. The sea breeze conversed in the pipe socket area near Yangchun and made this region become another rainy center. All above are important factors making Yangjiang to be the rainy center of Guangdong. In addition, if the sea—land breeze circulation was not broken down, Yangjiang coastal areas would not have high temperature weather.

**Key Words:** sea-land breeze rain high temperature

## 引 言

海陆风是由于海、陆热力性质的不同造成的中尺度环流,一年四季均会出现,具有明显的局地特点,其对天气的影响越来越受到气象工作者重视。刘玉彻<sup>[1]</sup>等研究大连金州地区海陆风特征发现,当气温以正弦曲线变化时,易发生海陆风。苗曼倩<sup>[2]</sup>等通过 TKE 闭合的 3D 中尺度模式系统发现了海陆风和湖陆风造成了沿长江走向的一条辐合带,对夏季降水有触发和增强作用。周钦华<sup>[3]</sup>发现在杭州湾在陆风(海风)时,杭州湾中部存在一条辐合(辐散)线。张立凤等<sup>[4]</sup>用 Mass 模式的诊断结果得到珠江口地区海陆风风系分布的概念模式,也有类似的结果。

海陆风的局部性特征对当地的天气气候影响很大,受到了普遍关注<sup>[5-7]</sup>。在广东地区,刘运策等<sup>[8]</sup>的研究表明,海风锋在白天快速向北推进,从而在珠江三角洲地区触发强对流天气。黄忠等<sup>[9]</sup>在分析台风云娜远外围的强对流时也发现,在对流发生之前,地面都先出现由海风加强而形成的辐合流场。刘正奇等<sup>[10]</sup>对广东阳江到电白一带沿海局地降水的研究认为:夏季,在梯度风较弱的背景下,这一带沿海的海陆风环流在其它条件的配合下可造成局地性降水天气。

阳江地区位于低纬,南临南海,北部背靠

东北—西南走向的云雾山,最高山峰鹅凰嶂,海拔 1337m,南面有海陵岛,岛后为小海湾,具有独特的地理位置和地形特征,在海陆温差和上述地形条件的共同作用下,形成了独特的海陆风环流,这种环流成为阳江最显著的大气现象之一,与阳江地区天气变化关系密切。柯史钊等人通过数值模拟方式研究了华南地海陆风的特点,得出阳江成为暴雨中心与海风的辐合场密切相关<sup>[11]</sup>。而林良勋等<sup>[12]</sup>编写的《广东省天气预报技术手册》中指出,阳江附近地区,暴雨雨量高值中心主要在鹅凰嶂南到东南坡。然而,以往由于受观测资料的限制,很难对阳江地区海陆风的细部特征及其对阳江降水的影响进行深入研究。

随着工业的迅猛发展,海陆风对大气污染物的输送问题,也开始引起人们的重视<sup>[13-14]</sup>。近年来,火力发电、核电、风电等项目落户阳江,而且都分布在阳江沿海地区。这些项目就海陆风对沿海地区污染物扩散的影响展开了配套观测,取得了宝贵的资料。这些项目的配套观测和广东中尺度观测网的建立,使阳江地区气象资料的时空分布得到了很大的提高,从而使得研究阳江地区海陆风的细部特征成为可能。通过对阳江地区海陆风的特征和海陆风与降水等的关系进行分析,可望对提高当地短期和短时临近天气预报水平、开展精细化天气预报服务提供一定的帮助。

## 1 资料与海陆风确定

### 1.1 资料

利用阳江近年内建设的中尺度观测站网的自动气象站(以下简称自动站)和坐落在大沟、上洋的 2 座 80m 梯度观测塔(以下分别简称大沟站和上洋站)所取得的 1 整年观测资料(10m、50m、60m、70m、80m 共 5 层的风速资料,10m、60m、80m 共 3 层的风向资料以及 10m 温度和气压资料,观测时间为 2006 年 10 月 20 日至 2007 年 10 月 19 日)。由于自动站和 2 座 80m 梯度观测塔取资料的时间间隔存在不一,为了资料统一性,风向风速取每小时一次,全年资料时段与 80m 梯度观测塔观测资料保持一致。

大沟(阳江东南方)、上洋(阳江西南方)和闸坡站(阳江南方的海陵岛上)位于海边,其它站离海岸线均存在一定距离;上洋、大沟两站周边地区平坦;闸坡站南面为南海,北面为东西走向山体,平均山体高度在 150m 左右,最高为 250m 左右;所有的气象站分布如图 1 所示。

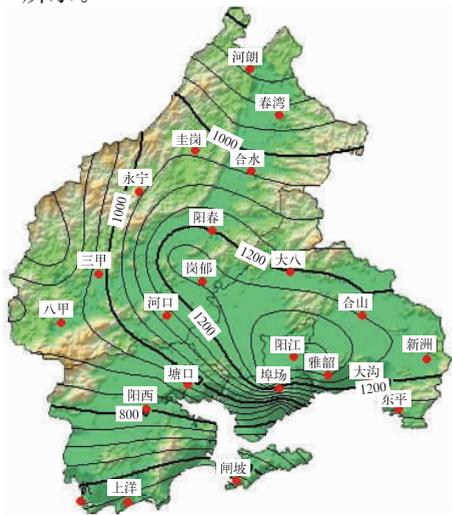


图 1 阳江地形、各气象站和 4—7 月平均降雨量分布图(单位:mm)

### 1.2 海陆风计算方法

根据文献[3]中海陆风计算方法,以  $\mathbf{V}_{ij}$  代表某站某月第  $i$  天第  $j$  个时次的某高度的实测风。第  $j$  个时次的月平均风,可由式(1)算得:

$$\bar{\mathbf{V}}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mathbf{V}_{ij} \quad (1)$$

式中  $n$  为某月总天数。由式(2)得到实测风的日平均值,大致表征了该站该月的季风概况。

$$\bar{\mathbf{V}}_j = \frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} \bar{\mathbf{V}}_j \quad (2)$$

消除  $\bar{\mathbf{V}}_j$  序列中的季风分量,便可得到该站地面气流的平均日变化

$$\bar{\mathbf{V}}'_j = \bar{\mathbf{V}}_j - \bar{\mathbf{V}} \quad (3)$$

计算过程中,把风矢量分解成  $u, v$  分量,其中  $u$  为向东分量, $v$  为向北分量。 $\bar{\mathbf{V}}'_j$  以代表海陆风的日变化。

## 2 海陆风的特征

### 2.1 全年风向频率及其特征

图 2 为阳江站(59663 站)、大沟站、上洋站和闸坡站全年风向玫瑰图,由图可知,阳江地区全年以离岸流为主,主导风为 NNE—NE。大沟站 10m 层离岸流发生频率为 59.8%,其中风向在 N—NE 之间的扇形区域内发生频率达 56.2%;向岸流发生频率为 36.2%,其中风向在 SE—SW 之间的 90° 扇形区域内发生频率达 32%;两个主要风向频率发生区域之和占全年总风向频率的 82.2%,其中 NNE 最多,占 35.9%。80m 层离岸流以 NNE—ENE 之间的扇形区域内发生频率最高,最多风向为 NE,向岸流特点与 10m 层大致相同。上洋站 10m 层风向集中在 N—NE—ESE 方位内,占全年的 85.4%,离岸流在 N—NE 之间的 67.5° 扇形区域内

发生频率为 40.9%，向岸流在 E—SE 之间的 45°扇形区域内发生频率为 26.8%，两者之和占全年总风向频率的 67.7%，其中 NNE 最多，占 25.9%，沿岸流占 10.2%，为各站最高，80m 层风向为 N 频率明显减少，NE 和 ENE 风向频率增加，与大沟站相同。海岛上闸坡站各风向分布相对较均匀，离岸流占 56.6%，向岸流占 38.5%。阳江站离岸流发

生频率为 58%，NNE—NE 方位发生频率最高，占全年的 39%，其中 NE 占 26%；向岸流占 37%。这种风向频率与阳江地区冬季盛行偏北季风，夏季盛行偏南季风的特点相一致。综上所述，阳江东面沿海地区和海岛风向频率南北明显，西面沿海地区风向频率相对集中，这可能与阳江沿海地区地形特点和更容易受到热带系统影响有关。

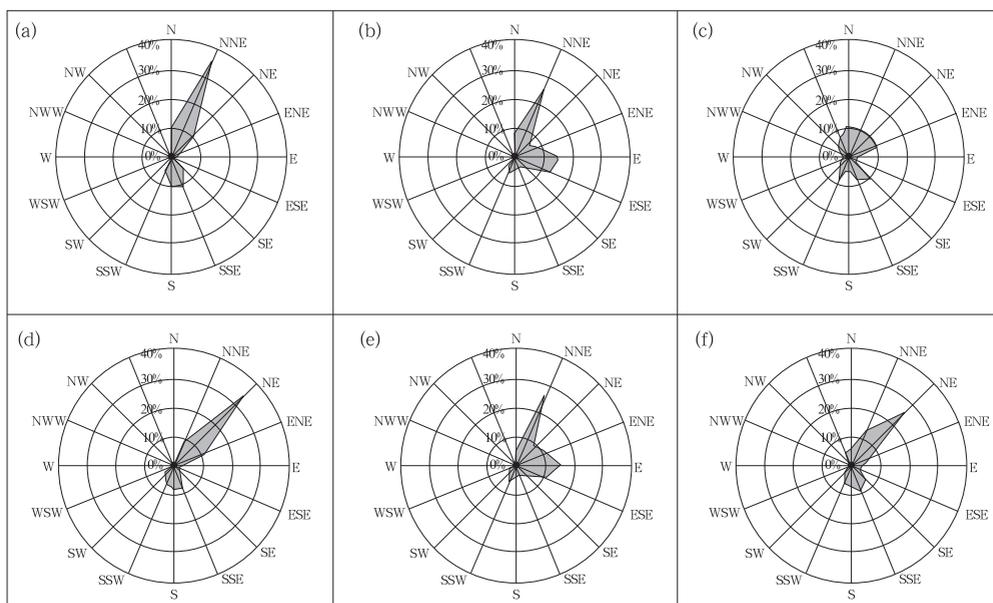


图 2 各站年风向玫瑰图

(a)为大沟站 10m 高度,(b)为上洋站 10m 高度,(c)为闸坡站,(d)为大沟站 80m 高度,  
(e)为上洋站 80m 高度,(f)为阳江站

## 2.2 海陆风环流出现的分布特征

海陆风环流是沿海地区因热力原因引起的局地中尺度环流,具有较强的时段特点,分别以 2、5、8、11 月代表四季。为了直观表示海陆风,图 3 中直接使用风速大小,并将陆风定义为正值,海风定义为负值。由图 3 可知,上洋、大沟各月的日平均海陆风变化基本呈正弦曲线,有明显昼夜变化。上洋站 10m 层陆风转海风的时间在 11:00—12:00(北京时,下同)之间,5 月份转换时间最早,11 月份转换时间最晚;海风转成陆风在 23:00 前后,

8 月份在 10:00 至次日 02:00 都存在海风与陆风之间的转换,而且各高度层转换时间也不一样,这可能与该站东北面山体影响有关。2、5 月份最大陆风风速出现在 08:00 前后,最大海风风速出现在 15:00 前后;8 月份最大陆风时段出现在 07:00 前后,转为海风后,风速变化相对稳定,11 月份最大风速出现最早,在 06:00 前后,海风变化与 8 月份相似。与上洋站比较,大沟站 10m 层陆风转海风时间要晚,发生在 12:00 前后,11 月份最晚,发生在 13:00—14:00 之间;海风转陆风时间早,发生在 22:00 前后,8 月份发生较早,在

20:00—21:00 之间,11 月份发生较晚,在次日 01:00 前后。最大陆风风速出现在 8:00

前后,最大海风风速出现在 16:00 前后,这可能与大沟站纬度较高有关。海风与陆风月变

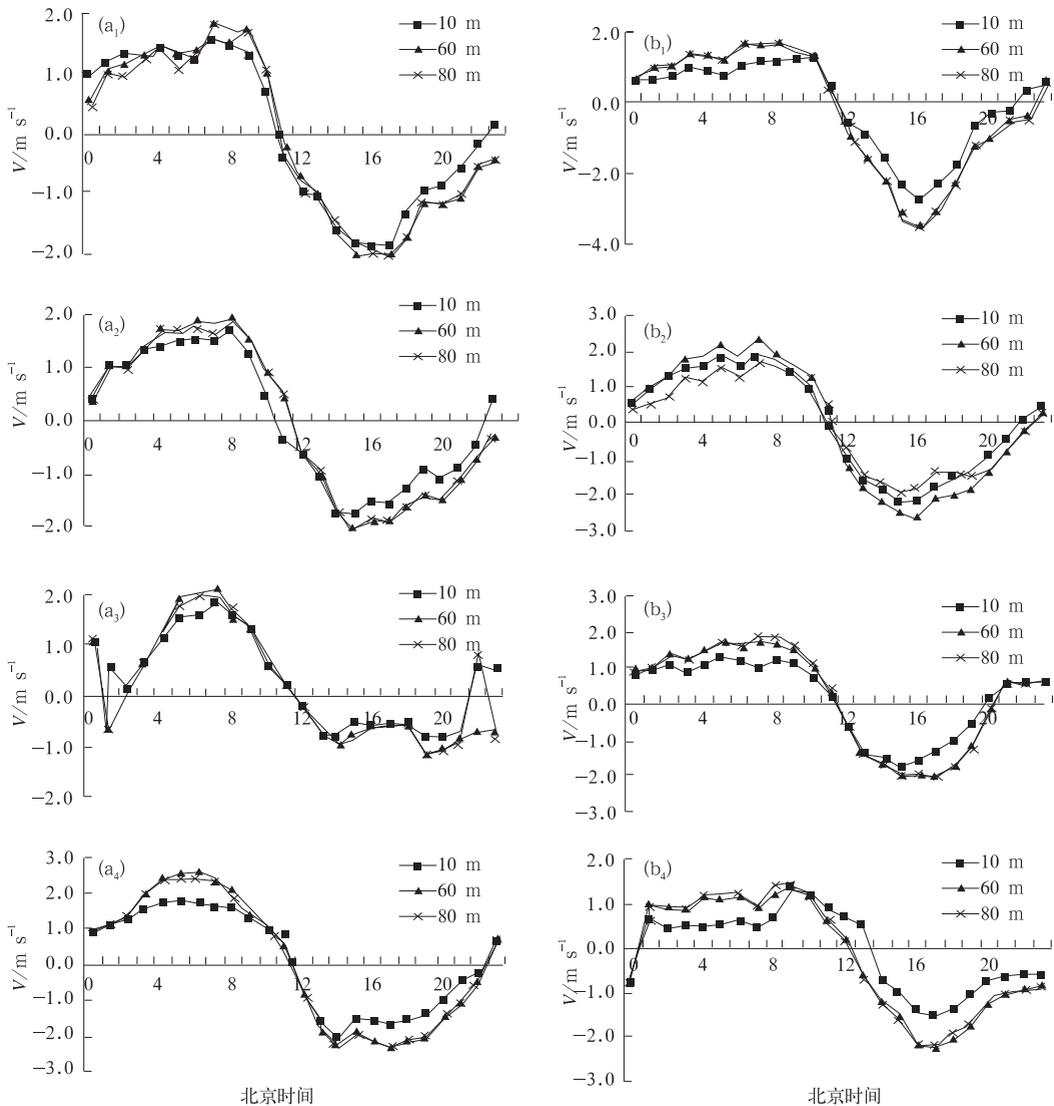


图 3  $\bar{V}'_j$  变化图

图中数据为风速大小,负为海风,正为陆风;(a<sub>1</sub>)-(a<sub>4</sub>)为上洋站 2、5、8、11 月;(b<sub>1</sub>)-(b<sub>4</sub>)为大沟站 2、5、8、11 月

化规律与上洋一致。

### 2.3 海陆风的空间分布

#### 2.3.1 垂直特征

图 3 中给出了各月不同高度的海陆风月的日平均资料,2、8、11 月份 60m 和 80m 高

度海陆风风速、海风与陆风转换时间相近,风速明显大于 10m 高度;而 5 月份最大风速层为 60m 高度,证明有时海陆风比较浅,没有影响到 80m 高度。上洋站 10m 高度层陆风转海风时间与 60、80m 相比,2、5 月份转换时间早,8 月份各层转换时间基本相同,11 月份

转换时间略晚;10m 层海风转陆风时间除 11 月份基本相同外,其它均早于 60、80m。大沟站 10m 高度层陆风转海风时间与 60、80m 相比,1 月、11 月份略晚,5 月、8 月份早,其特点同上海洋站。而阳江沿海地区 5 月上旬至 6 月上旬为全年中降水次数最多、强度最强,尤以 6 月上旬为甚,强降水多数出现在早晨,阳江这种降水特点可能与陆风发展较浅有关。

### 2.3.2 水平特征

由图 4 中 5 月份各站的  $\bar{V}'_j$  变化分布图可知,11:00 陆风转海风时,沿海地区形成一条海陆风辐合线(图 4b),西部沿海地区转海风时间早于东部沿海地区,这可能与西部沿海地区纬度低于东部沿海地区有关。14:00 辐合线移到内陆 40km 地区(图 4c),17:00

海风达到云雾山脚下的“喇叭口”地区(图 4d),有时海风与谷风叠加能爬上海拔几百米高的山体,达到内陆 70~75km 地区,但并没有越过云雾山山脉,位于“喇叭口”两侧较高的山体,海陆风同样无法越过。以后海风减弱,辐合线回撤,21:00 到达沿海地区(图 4e),但在云雾山脚依然存在一条辐合线,这应该是夜间山风所形成。

### 2.3.3 海湾地区海陆风特征

上文分析了 5 月份,阳江陆风比较浅,并没有影响到 80m 高度,而位于海湾南面的海陵岛上的山体平均海拔高度在 150m 左右,这部分陆风将无法越过海岛上的山体。由图 1 地形可知,海岛北面为海湾,海湾西面有西南—东北向的山,平均海拔高度为 500 多米,

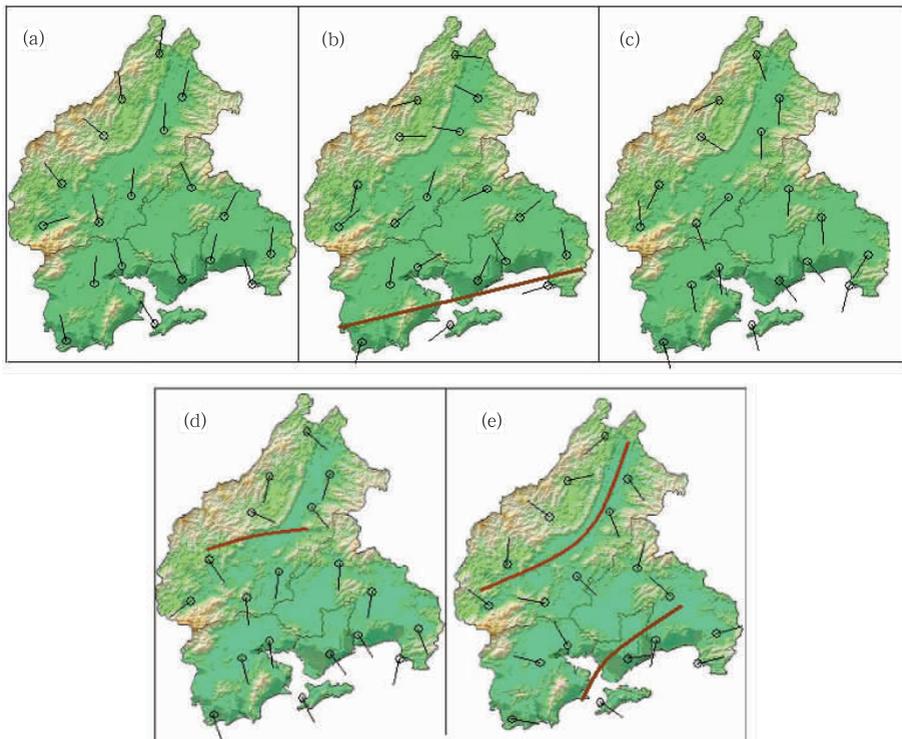


图 4 阳江地区 5 月份各站的  $\bar{V}'_j$  变化图

(a)8 时,(b)11 时,(c)14 时,(d)17 时,(e)21 时

最高山峰 868m,由图 4a 可知,陆风遇到海湾西面山体时,产生绕流;在陆风与海风相互转换时,海湾地区形成弱的气旋式辐合(图 4b、e)。选取 5—7 月大沟、上洋和闸坡站海陆风情况进行对比,当沿海大沟和上洋站 10m 风速同时  $< 3.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  且两站风速差  $\geq 0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时,陆风将不能过海陵岛,当然这一情况还有待更多的资料进行证实。这点与文献[12]中所提的陆风维持阶段,辐合中心位于阳江附近相一致。

## 2.4 海陆风与日温压场特征

由于两座观测塔气压和温度全年月的日平均变化特点相似,固选取大沟站为代表站,分析海陆风与气压、温度场的关系。各月气压的日平均变化值呈现出两峰两谷形式,陆风转海风出现在全天气压变化的第一次峰值后 1—2 小时内,海风转陆风正好出现在全天气压变化的第二次峰值。各月温度的日平均变化值呈现出准正弦曲线,陆风、海风的最大值出现时间分别对应应在温度的日最低值和日最高值后,如图 5 所示,6—8 月陆风转海风后,温度的日变化值呈现出不变或略有下降,以后温度上升,直致出现日最高值。

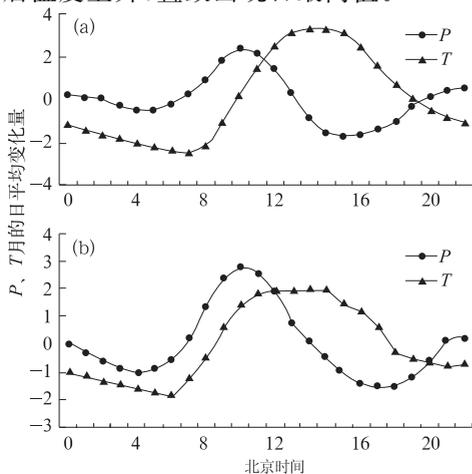


图 5 大沟站气压、温度月的日平均变化图  
(a)1月,(b)7月

## 3 海陆风对阳江天气气候的影响

### 3.1 对降水的影响

#### 3.1.1 统计特征

从阳江地区 4—7 月平均降雨量分布图(图 1)可知,海湾东北约 25km 地区正好对应阳江市附近附近的降雨中心;这个降雨中心内阳江站逐时降雨频率变化图(图 6c)表明,阳江站在海风和陆风结束前,出现降雨频率较高,陆风时频率要高于海风。由图 6a 可以看出,陆风维持期间为阳江降雨量主要时段,远多于海风维持期间,这可能与早晨空气中湿度大,加上海风带有大量水汽,容易形成对流云团。统计结果表明,在有利的天气尺度背景下,海陆环流加强了海湾地区弱的气旋式辐合。从表 1 可知,2006—2007 年,阳江共出现 13 次暴雨以上降水,其中有 9 次在海湾地区形成地面辐合;12 次出现在海陆风转换时段内,而陆风转海风时段出现了 9 次,有 7 次在海湾地区形成了地面辐合;大暴雨以上降水更容易出现在陆风转海风时段,与海湾地区是否形成地面辐合密切相关。很显然,天气尺度下的偏南环境流场与偏北的陆风在海湾地区形成地面辐合对阳江的降水有较明显的增幅作用。图 1 中,阳春附近的“喇叭口”地形,也是阳江地区降雨量较多的区域,位于“喇叭口”区域内离海岸较远的阳春站,在海风最强时段,降雨量最大,出现降雨频率也是最高的(图 6b、d)。也就是说,在海陆风加强向北推进的过程中,海风与地形相互作用,对该地区的降水起到增幅作用。总体来说,内陆海风对降水影响大,沿海陆风对降水影响大。可以肯定阳江地区降水与海陆风关系非常密切,也是阳江成为广东省暴雨中心的重要因素之一,在以后的暴雨预报中不容忽视。

表 1 2006—2007 年出现暴雨与海湾形成气旋次数

海湾形成气旋	陆风转海风		海风转陆风		其它		合计	
	是	否	是	否	是	否	是	否
暴雨	3	1	1	1	0	1	4	3
大暴雨	3	1	1	0	0	0	4	1
特大暴雨	1	0	0	0	0	0	1	0
合计	7	2	2	2	0	1	9	4

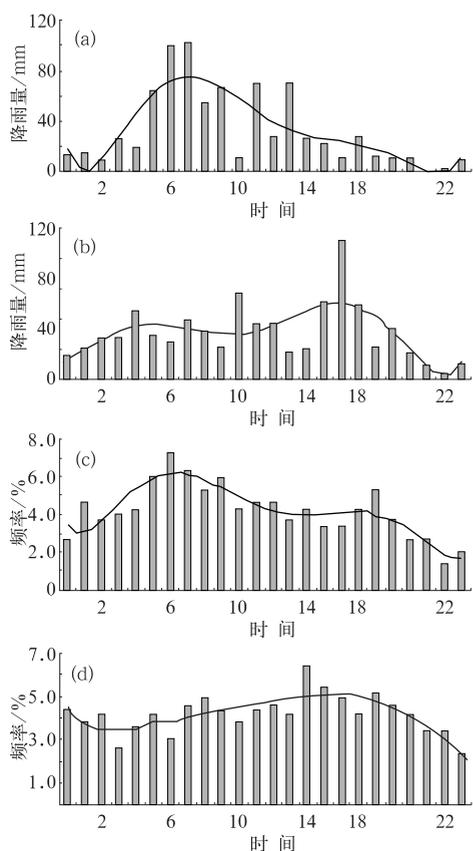


图 6 2007 年 4—7 月阳江站和阳春站逐时降雨量及其出现频率图

(a) 阳江站逐时降雨总量, (b) 阳春站逐时降雨总量, (c) 阳江站逐时降雨出现频率, (d) 阳春站逐时降雨出现频率

### 3.1.2 典型个例

2006 年 5 月 4—5 日阳江沿海出现了特大暴雨。4 日 8 时, 从西伯利亚到南欧地区有东西向的横槽, 中纬平直多波, 华东为弱脊, 河套到西南地区为短波槽, 5880gpm 线控制到华南沿海(图 7); 850hPa 粤西上空为 S—SW 气流, 阳江上空风速不大, 但其北部

的梧州、清远风速达到  $12 \sim 14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 地面高压脊从东海伸向华南, 四川盆地有一个热低压, 华南西部沿海处于弱的南到东南环境流场之中, 有利于出现海陆风(图 8)。

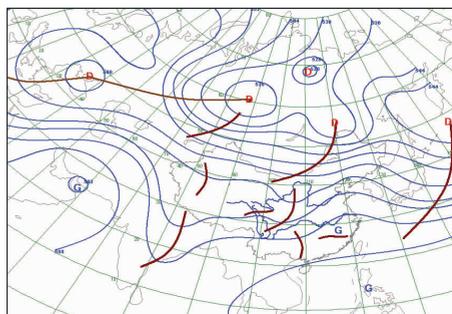


图 7 2006 年 5 月 4 日 08 时 500hPa 天气形势

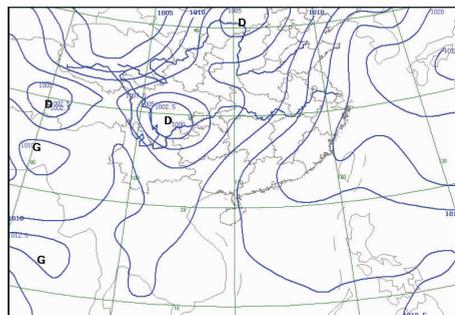


图 8 2006 年 5 月 4 日 08 时地面天气形势

从 2006 年 5 月 4 日各时次阳江地区自动站风场情况看, 00:00—2:00, 海岸线附近各站为偏东风, 其它站为偏北风或静风。3:00 起, 海岸线附近各站自东向西由偏东风转为偏南风, 沿海岸线地区形成辐合, 5:00 海湾地区的气旋环流形成, 6:00—8:00 位于海湾南面闸坡站和位于海湾东面各站风速先后加大至  $4 \sim 8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 并且维持到上午 9:00—10:00 之间, 而此期间其余各站继续维持弱的偏北陆风(图 9)。由此可见, 由偏南基本流场与沿海陆地的偏北陆风气流在海湾地区形成辐合, 在 7:00—8:00 达到最强, 正好对应辐合线北侧的阳江站 8:00—9:00 第一次降雨高值期(图 10)。雷达回波图(图

11,见彩页)上也清晰显示,4日3:02阳江地区西南沿海海面有小块强回波逐渐减弱东移,进入海湾气旋区,强度迅速加强,最大时达到60dBz,并且不断向下流阳江站移动,与原来在阳江站附近的回波叠加,致使阳江站降雨增强和持续,雷达回波上降雨区域正好对应阳江地区暴雨中心。9:00以后,海湾辐合减弱,相应降雨也明显减弱,雷达图上9:33回波也减弱。随着海风加强,沿海各站点都转受海风影响,原位于沿海地区的辐合线向内陆地区移动,强降雨区也向北面移动,由于以后数小时内阳江雷达故障,自动站密度不够,未能准确跟踪降雨强度和位置。18:00阳江站转为东北风场,再次受陆风影响,20:00海湾地区地面气旋环流再次形成,迎来了阳江站第二个降雨高值期。

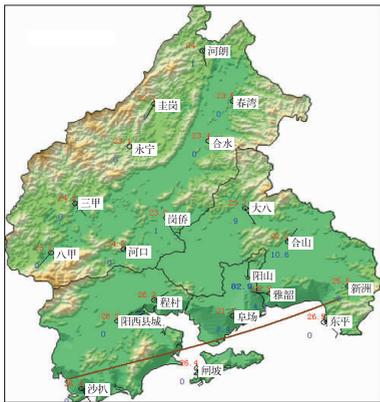


图9 2006年5月4日09时阳江地区风场和过去1小时雨量

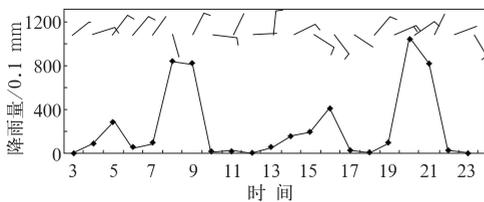


图10 2006年5月4日阳江站每小时降雨量与风变化图

### 3.2 对高温天气的影响

根据历史资料分析,阳江沿海地区夏季

只有无海风时才能出现 $35^{\circ}\text{C}$ 以上的高温天气,也就是阳江的E—SE方有热带气旋活动,阳江处于副热带高压脊和热带气旋之间,上空受强劲的偏北气流所控制,使海风得到压抑时才会出现高温。经统计,阳江沿海地区在受陆风影响阶段,温度增长率维持在 $1^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}^{-1}$ 以上,当转为海风后,温度增长较慢,日最高温度一般介于 $33.0\sim 33.5^{\circ}\text{C}$ 之间。如2006年7月22—25日这四天中,阳江站早晨8:00均无低云出现,22、23日8:00总云量为0,14:00受到海风影响分别生成4份、6份低云,无中高云产生;24、25日受到热带气旋外围环流影响,8:00总云量为10份,14:00均未受到海风影响,24日在14:00无低云生成,也无中高云。25日在14:00生成1份低云,天空中存在10份高云。从图11可以看出,22、23日最高温度分别为 $33.2^{\circ}\text{C}$ 、 $33.4^{\circ}\text{C}$ ,24、25日阳江站最高温度分别达到 $37.3^{\circ}\text{C}$ 和 $35.5^{\circ}\text{C}$ 。

## 4 结论

通过以上分析,得出以下结论:

(1) 阳江地区海陆风西岸早于东岸。在近地层,海陆风随高度升高而增大,5月份前后有时海陆风较浅,不能影响到80m高度。陆风转海风多发生在11:00—12:00之间,海风转陆风发生在23:00前后,都发生在日气压变化的峰值时段。海风与山谷风叠加可以达到离海岸线70~75km的内陆地区,但不能越过云雾山山脉,位于70km范围内较高的山体也不能越过。

(2) 海陆风转换时期,在沿海海湾地区形成气旋式辐合区,这个辐合区使其北侧的阳江市附近成为4—7月的多雨中心;海风加强北进到达阳春附近的“喇叭口”地区产生辐合,又使该地成为阳江4—7月另一个多雨地区,这些都是阳江成为广东省暴雨中心的

重要因素之一。

(3) 海风气流抑制了气温的上升趋势,如果海陆风环流没有受到破坏,阳江沿海地区不会出现 35℃ 以上的高温天气。

### 参考文献

- [1] 刘玉彻,杨森.大连金州地区海陆风特征分析[J].气象与环境学报,2007,27(2):25-28.
- [2] 苗曼倩,唐有华.长江三角洲夏季海陆风与热岛环流的相互作用及城市化的影响[J].高原气象,1998,17(3):280-289.
- [3] 周钦华.杭州湾沿海海陆风环流的若干特征[J].东海海洋,1994,12(3):12-20.
- [4] 张立凤,张铭,林宏源.珠江口地区海陆风系的研究[J].大气科学,1999,23(5):581-589.
- [5] 盛春岩,王建林,刁秀广.2006年8月青岛国际帆船赛期间海陆风特征及三维结构分析[J].中国海洋大学学报,2007,37(4):609-614.
- [6] 庄子善,郑美琴,王继秀,等.日照沿海海陆风的气候特点及其对天气的影响[J].气象,2005,31(9):66-70.
- [7] 薛德强,郑全岭,钱喜镇,等.山东半岛的海陆风环流及其影响[J].南京气象学院学报,1995,18(2):293-299.
- [8] 刘运策,庄旭东,李献洲.珠江三角洲地区由海风锋触发形成的强对流天气过程分析[J].应用气象学报,2001,12(4):433-441.
- [9] 黄忠,张东,蔡安安,等.台风远外围大范围强对流天气成因综合分析[J].气象,2007,33(1):25-31.
- [10] 刘正奇,谢巨伦.东西向海岸线对局地性降水的作用[J].气象,2003,29(12):41-44.
- [11] 柯史钊,黄健.华南海陆风的数值模拟[J].热带气象学报,1993,9(2):169-176.
- [12] 林良勋,冯业荣,黄忠,等.广东省天气预报技术手册[M].北京:气象出版社,2006.
- [13] 杨林.海陆边界层气象特征的分析[J].气象科技,1998(2):57-60.
- [14] 李民华,范绍佳,王保民,等.2004年10月珠江口西岸海陆风特征观测研究[J].中山大学学报(自然科学版),2007,46(2):123-125.

# 周武等：阳江地区海陆风特征及其影响

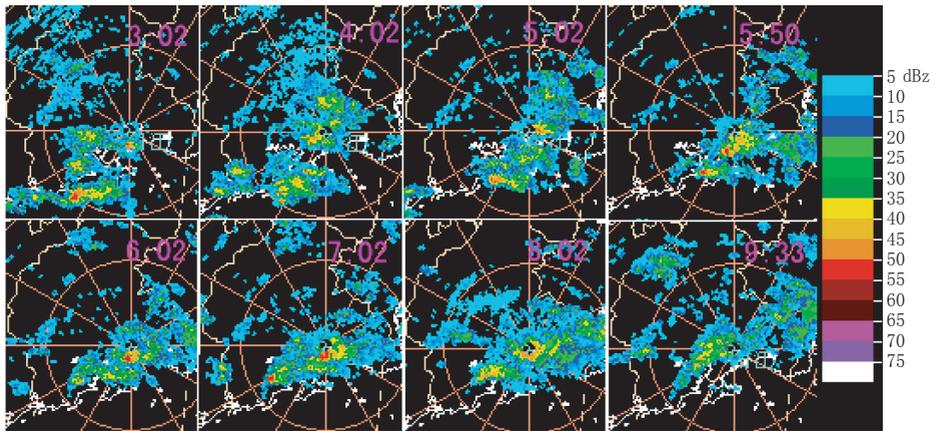


图 11 2006年5月4日凌晨到上午雷达回波图