

# 台湾海峡西岸海陆风气候特征及其环流形势分析

张伟<sup>1,2</sup>, 陈思学<sup>3</sup>, 陈德花<sup>1,2</sup>

(1. 海峡开放实验室, 福建 厦门 316012; 2. 厦门市气象台, 福建 厦门 316012; 3. 闽清县气象局, 福建 福州 353001)

**摘 要:** 利用福建内陆以及沿海的站点观测资料、NCEP再分析资料以及EOF方法, 对比分析了台湾海峡西岸不同区域海陆风气候特征及其对应的大气环流形势。结果表明: 空间分布上看, 海峡西岸的海陆风平均频次呈现南北多, 中部少的特点。时间分布上看, 4、5月以及夏末秋初海陆风日较多, 冬季相对较少。北、中、南部海风(陆风)的平均起风时间呈现一种阶梯变化, 北部最早, 南部最晚。当副热带高压加强西伸控制华南大部分区域, 且地面没有明显主导系统时, 海峡西岸更容易出现海陆风。这可能是由于副高加强能够导致海陆热力温差加大, 从而导致海陆风更易出现。

**关键词:** 海陆风; 时空分布; EOF分析; 环流形势

**中图分类号:** P732 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2015)06-0058-08

## 1 引言

海陆风是因海面 and 陆地受热不均引起的一种大气次级环流, 是沿海地区最突出的中尺度特征之一。早在1922年, 就有学者对海陆风做了定量研究<sup>[1]</sup>, 随后人们对海陆风进行了包括理论<sup>[2-3]</sup>、观测、数值模拟<sup>[4-5]</sup>等方面的研究。国内的研究主要集中于华南<sup>[6-8]</sup>、渤海湾<sup>[9-11]</sup>等区域。研究表明: 不同区域海陆风的时空分布存在一定的共性, 例如夏季频率总是高于冬季, 海风强于陆风。但更多的是差异, 包括海陆风的强度、平均起风时间、海风盛行时间等。海陆风对局地天气和气候有着非常重要的影响, 它能够通过沿海地区形成的海风锋, 触发强对流天气<sup>[12]</sup>, 或者引起降水的不均匀分布<sup>[13]</sup>。海风锋与天气尺度的积云对流碰撞触发的不稳定能量能够引发短时强降水<sup>[14]</sup>, 湿冷的海风锋与地面局地不稳定区配合能促进雷暴的发展, 甚至促进雹暴合并<sup>[15]</sup>, 但是并非所有的海风锋都可以触发雷暴, 需要一定的条件<sup>[16]</sup>。还有研究表明海陆风能够影响局地污染物的输送过程<sup>[17-18]</sup>。所以对海陆风的研究显得尤为重

要。

台湾海峡西岸具有典型的海陆风环流特征。但以往的研究多针对单站, 从区域的角度对海峡西岸海陆风的研究还很少。本文利用海峡西岸测站的逐小时地面风资料以及NCEP再分析资料, 利用一定的方法挑选出海陆风日并对其进行统计分析, 研究海峡西岸海陆风的时空分布特征以及对应的环流形势, 为进一步研究海陆风触发强对流天气的动力机制提供一定的参考。

## 2 研究资料与方法

### 2.1 研究资料

本文所用的资料包括1986—2011年福建内陆及沿海测站的26 a地面逐时风观测资料。内陆站为福建各标准站。由于地形差异, 将海峡西岸分为北部、中部、南部沿海地区进行分析。沿海站点选择: 1) 北部沿海: 罗源、霞浦、连江、宁德、三沙; 2) 中部沿海: 长乐、平潭、崇武、秀屿、莆田; 3) 南部沿海: 晋江、厦门、东山、诏安、漳浦、漳州(见图1)。

收稿日期: 2015-03-24

基金项目: 福建省气象局开放式基金项目(2012K04); 厦门市气象局海洋精细化预报创新团队项目

作者简介: 张伟(1988-), 男, 助理工程师, 硕士研究生, 主要从事天气预测以及气候统计分析工作。E-mail: zw880810@126.com

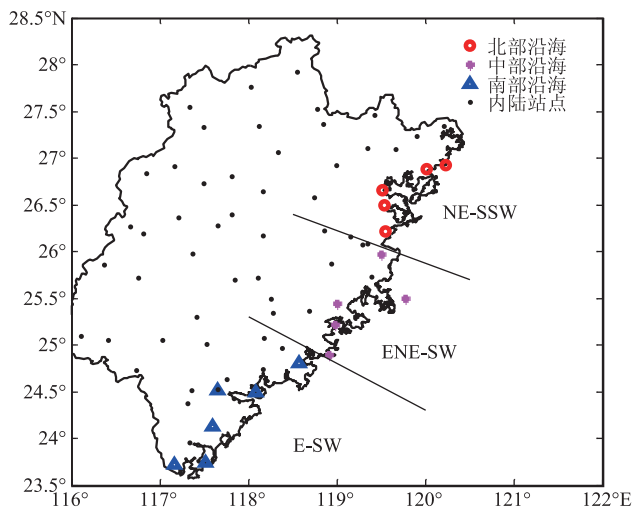


图1 所选站点分布以及不同区域海风风向的规定

(NE-SSW 指东北至南西南风向, ENE-SW 指东东北至西南风向, E-SW 指东至东南)

## 2.2 海陆风及海陆风日的定义

海陆风定义如下:当风场具有垂直于海岸线指向陆地分量的时候,认定为海风。由于海岸线的曲折,对于北部站点,当风向为东北至南西南、中部东东北至西南方向、南部东至东南方向时(见图1),定义为海风,其余均为陆风。静风既不是海风也不是陆风。

为了确定海陆风日,首先根据海陆风的日变化规律,把一天分为4个时段,01—08时(北京时,下同)为陆风时段,09—12时为陆风向海风转化时段,13—20时为海风时段,21—24时为海风向陆风转化时段。海陆风日须同时满足以下3个标准:

(1)在陆风时段01—08时陆风的出现时次必须 $\geq 4$ ,而海风出现时次必须 $\leq 2$ ;

(2)在海风时段13—20时海风的出现时次必须 $\geq 4$ ,而陆风出现时次必须 $\leq 2$ ;

(3)在选入的海陆风日,24 h地面观测风速必须 $\leq 10$  m/s;

## 3 海陆风日的时空分布特征

利用上述方法计算出海峡西岸地区各站点(包括内陆)的海陆风日,在此基础上分析海峡西岸海陆风日的时空分布特征。

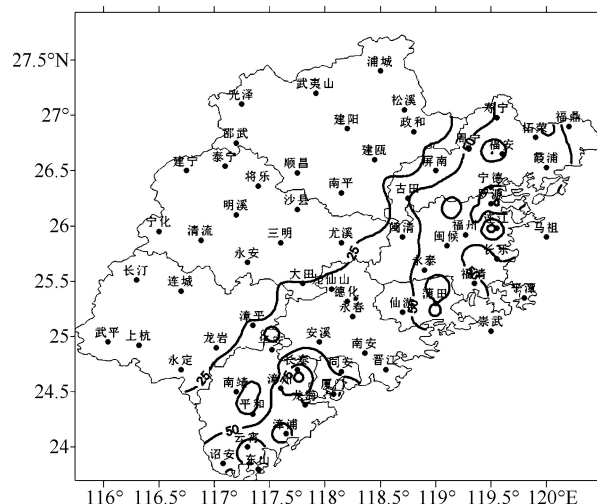


图2 福建省海陆风日年总日数平均分布(单位:d)

### 3.1 海陆风日空间分布特征

图2为海峡西岸地区(沿海以及内陆)海陆风日数的区域分布,从图中可以看出,总体上海陆风日数分布自沿海至内陆逐步递减,且无论是北部、中部还是南部,伸向内陆的距离大致相等,约90 km左右。同时沿海地区海陆风日分布并不均匀,呈现南北部多,中部少的特征。宁德、长乐、闽侯、长泰四站海陆风年平均日数都超过100 d,其中长泰最多,有112.4 d,其次是长乐,有109.7 d;中部晋江海陆风年平均日数仅为27 d;平潭、崇武、东山3个海岛站海陆风年平均日数也较少,均低于40 d。这可能与海峡西岸的地形与测站的地理位置有关。平潭、秀屿、东山等海岛站均在海边,四周受海洋的影响明显,与稍近内陆的站点相比,海陆热力差异相对较小,且常年平均风速较大,不利于海陆风的形成与维持。而宁德莆田等测站均距离海岸线10 km左右,海陆热力差异更加明显,平均风速也较小,海陆风更加容易出现。由此可以看出:虽然海陆风日数平均沿海大于内陆,但是并非越靠近沿海海陆风越明显。

### 3.2 海陆风日时间分布特征

选取北部(霞浦)、中部(莆田),南部(厦门)沿海各1个站点,分析海陆风日的时间分布特征。图3a为霞浦,莆田,厦门三站海陆风日随年份的变化曲线。整体上看,3个站点海陆风日数的回归系数

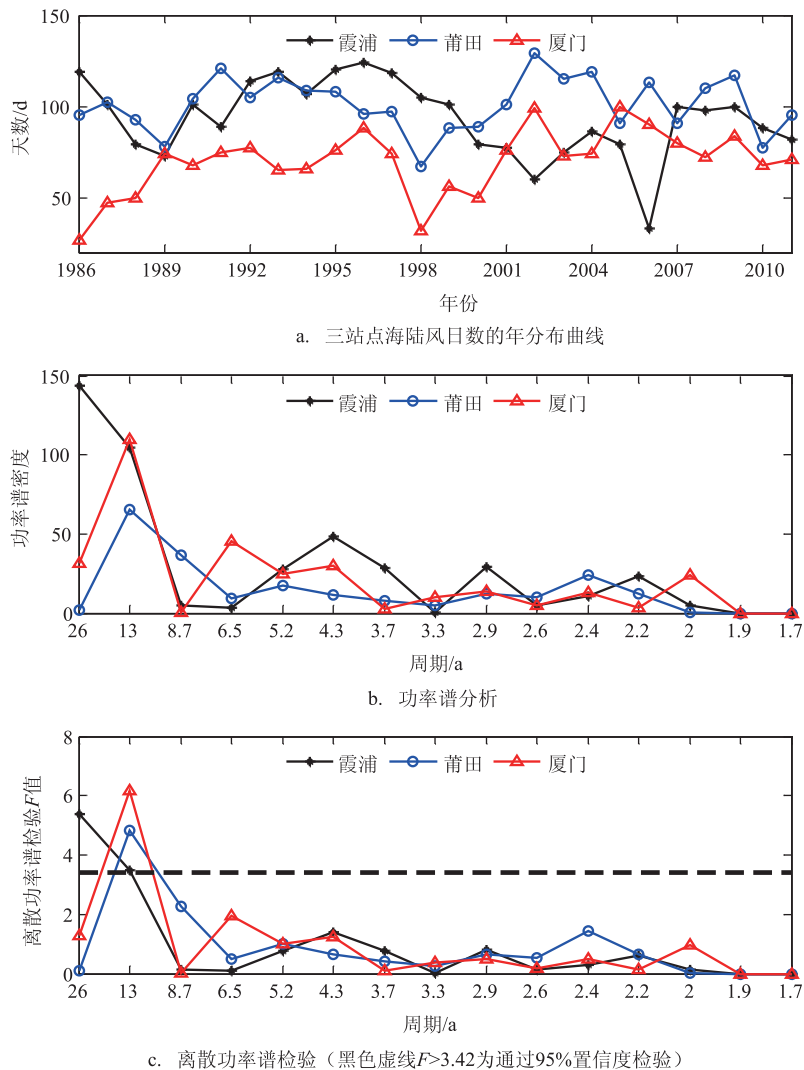


图3 沿海三站点海陆风日的时间分布特征

均未通过检验,表明海峡西岸地区整体海陆风日数没有随年份的增加而呈现显著上升或下降的趋势。计算了这三者的两两相关。厦门与莆田的海陆风日数呈现一种正相关关系,两者相关系数0.46(通过95%信度检验),而厦门与霞浦则呈现出一种显著负相关关系,相关系数为-0.34(通过95%信度检验)。表明中部与南部可能存在一种一致性变化趋势,且与北部地区变化趋势相反。北部海陆风日偏多(少)的年份,中、南部则可能相对偏少(多)。图3b为三站海陆风日数的功率谱分析,3c为对应的离散功率谱 $F$ 检验<sup>[19]</sup>,当 $F$ 值大于3.42时为显著周期。可以看到,三站周期变化较为一致,均存在13a左右显著的年代际变化周期。

分析北、中、南部平均海陆风日随季节的变化,

如图4所示,黑色虚线为多年平均海陆风日的月分布。可以看到,5月以及7—10月是海峡西岸一年中海陆风日数最多的月份,冬季则相对较少,此外6月也存在一个低谷。这可能是因为冬季沿海盛行东北大风,平均风力较大,且冬季的海陆热力差异比夏季弱,不易于海陆风的形成,秋季则是转换期,主导风向相对较弱。将北、中、南部沿海分开来看,春末至秋初,沿海地区海陆风日分布差异较小,其中5月份北部、中部、南部海陆风日平均均为6 d。秋季与初冬沿海的海陆风日差异最大,中部最多,南北两端则相对较少。

### 3.3 海陆风频次变化

为了进一步了解海陆风日的海风与陆风时间

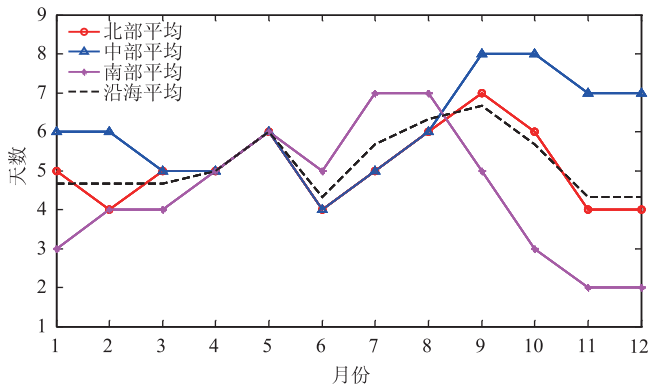


图4 海峡西岸北部、中部、南部海陆风年平均日数的月分布(单位:d,黑色虚线为北、中、南整体平均)

分布特征,挑选出海陆风日之中各个时刻发生海风与陆风的频次,即所有海陆风日的每一时次海风(陆风)总次数。图5为各个时刻北部、中部、南部地区各站点海陆风日的海风发生频次曲线。可以看到,海风的分布频次呈现正弦式变化,且分布形式与站点的位置、频次多少无关。夜间22时至次日的07时是海风的间歇期,频次较少,尤其是02—06时,基本无海风出现。从07时开始,海风的频次明显增大,约14时达到峰值,这是因为陆地温度通常在14时达到最高值,同时也表明海陆风对于海陆温差的响应时间非常短,能够随着海陆温差迅速调整风向。14—18时均是海风的盛行期,之后开始迅速下

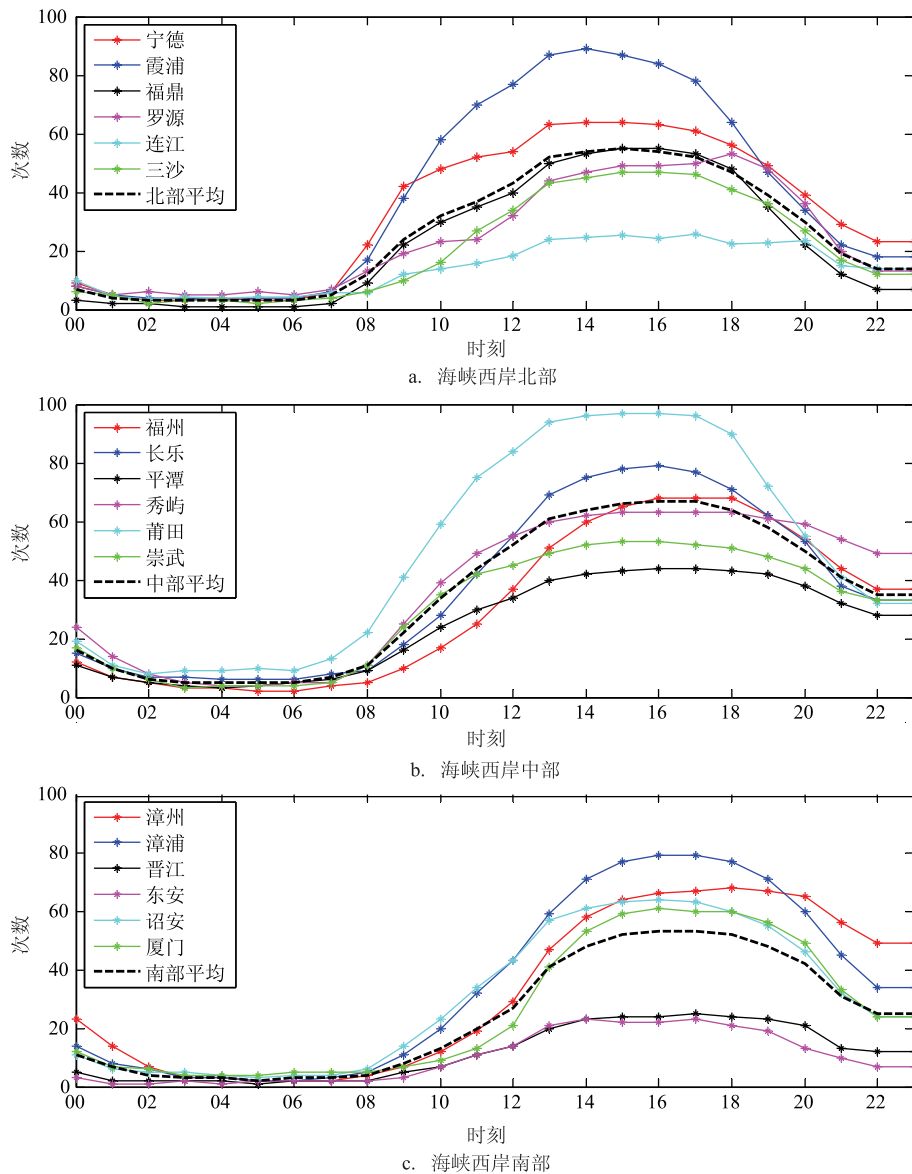


图5 海峡西岸海陆风日的海风频次随时间分布特征

降。同时可以看到,北、中、南部海风的平均起风时间呈现较为明显的梯度变化。北部相对较早,07—08时海风频次开始明显增多;中部地区在08时开始;南部地区则到了09时才开始明显增多,也就是说相比北部地区,南部地区的海风要相对迟一些。其次由于不同站点出现海陆风日的平均天数不一样,导致一天之中下午海风出现的频次有所差异,但是无论是北部,中部,还是南部地区,02—08时出现海风的频次基本比较接近,即使是海陆风日的天数差异很大,此时段海风出现的频次差异也相对较小。

图6为陆风的分布频次曲线。可以看到,其分布型态与海风频次基本相反,夜间陆风的频次较多,白天较少,平均在15—18时也就是盛行海风的时候最少。09—12时,陆风开始显著减小,海风频次则开始增大,且这段时刻海风与陆风并存,表明09—12时为陆风迅速向海风转换的时期,21—24时则是海风向陆风迅速转换的时期。从陆风的平均起风时刻来看,北部在傍晚17—18点附近,陆风的频次就开始增大,中部则相对迟一些,约为18—19时,南部则是最迟的,平均约在19—20时,也就是说,北部、中部平均转陆风时刻依次推迟1 h左右。

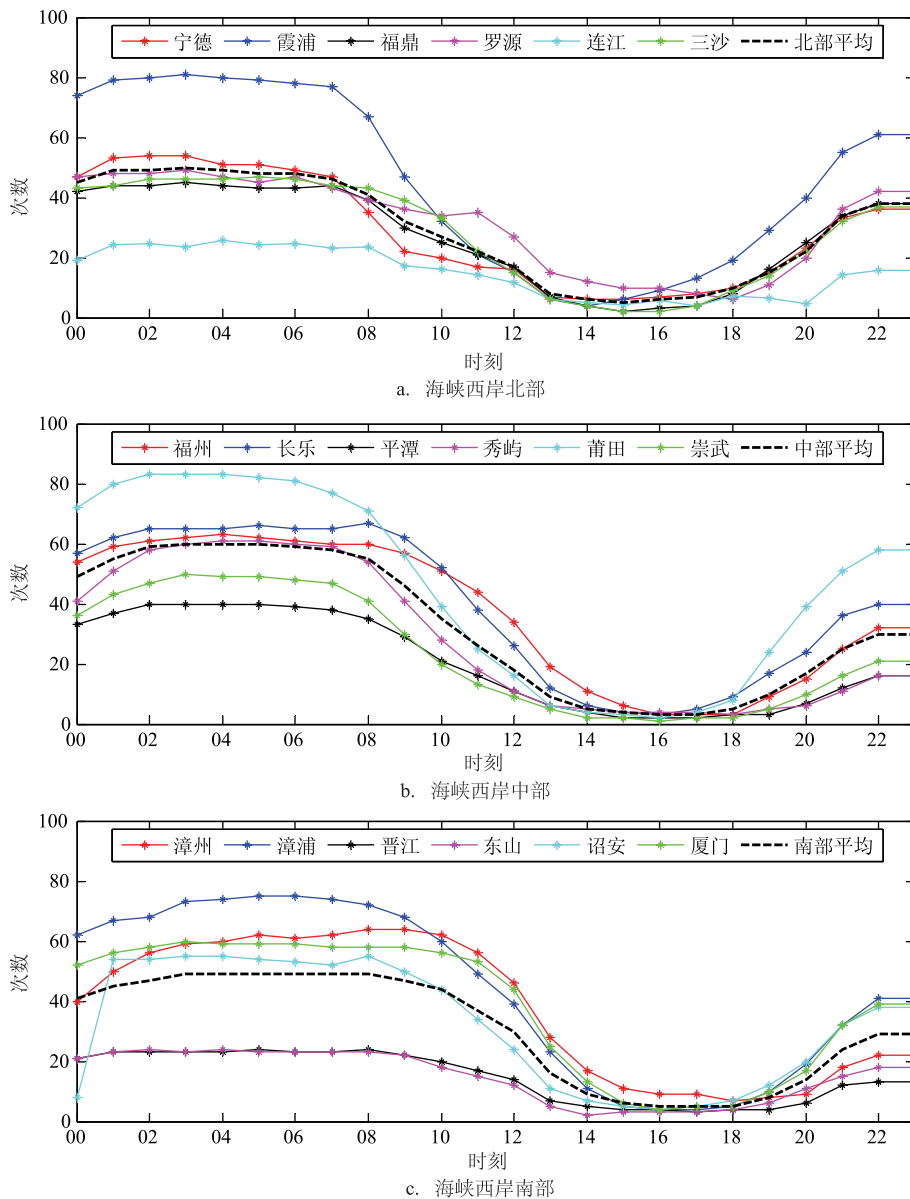


图6 海峡西岸海陆风日的陆风频次随时间分布特征



对比海风的起风时间,总结起来,北部海风起风时间早,结束的也早,中部,南部则依次推迟。

#### 4 海峡西岸夏季海陆风日环流场分析

为了研究海峡西岸海陆风日的环流场特征并建立海陆风日的概念模型,选取北、中、南部各一个站点(霞浦、莆田、厦门),当这3个站点在同一天均为海陆风日时,就将这一天认作是海峡西岸的海陆风日。由于不同季节大气平均环流场不同,且夏季暴雨较多,海陆风更容易触发暴雨,故本文研究夏季(6、7、8月)海陆风日的大气环流特征。将海陆风日的海平面气压(SLP)距平场做EOF分析。图7为SLP距平场EOF分析的空间模态及其对应的时间序列。对于第一模态,可以看到整个东亚地区呈现出一致的变化趋势,大值区位于东北地区,海峡西岸基本处于一种均压场的控制。也就是说冷空气主要在东北地区活动,南方地区地面没有主导的系统。第三模态与第一模态类似,南方地区也基本处于均压场的控制。第二模态中,西太平洋上为正异常,等压线相对第一模态虽然较密,但基本与海岸线平行,由于台湾海峡特殊的地形,这种

等压线分布会导致整体风力较小。也就是说,当海平面气压场的形势有利于海峡西岸出现风力较小的天气时,海陆风则会更加明显,这也证明了海陆风的分布与沿海的平均风力呈现出一种负相关关系。

其次分析中低层的系统。图8为500 hPa高度场以及850 hPa风场距平的EOF分析前三空间模态以及对应的时间序列,可以看到对于第一模态,500 hPa高度场在中高纬呈现出一种较为平直分布形势,东北地区为一负值区,表明冷空气主要活动与东北,这与第一模态的SLP形势对应,而福建地区被一种弱的正异常控制,850 hPa则是一种异常的反气旋控制,南风异常主要位于内陆,海峡西岸的风场异常较弱,处于反气旋环流的中心。这表明当副高深入内地,控制着华南大部分区域,冷空气活动与东北区域时,海峡西岸容易出现海陆风。这是因为当副高控制时,大陆白天气温较高,副高内的晴空区使得夜间辐射降温明显,因此导致海陆温差较大,海陆热力差异更加明显,从而使得海陆风更容易出现。也有研究表明副高具有明显的年代际变率<sup>[20]</sup>,这与海峡西岸的海陆风周期吻合,也从一个侧面证明了副高的位置及强度对于海陆风有显著的影响。

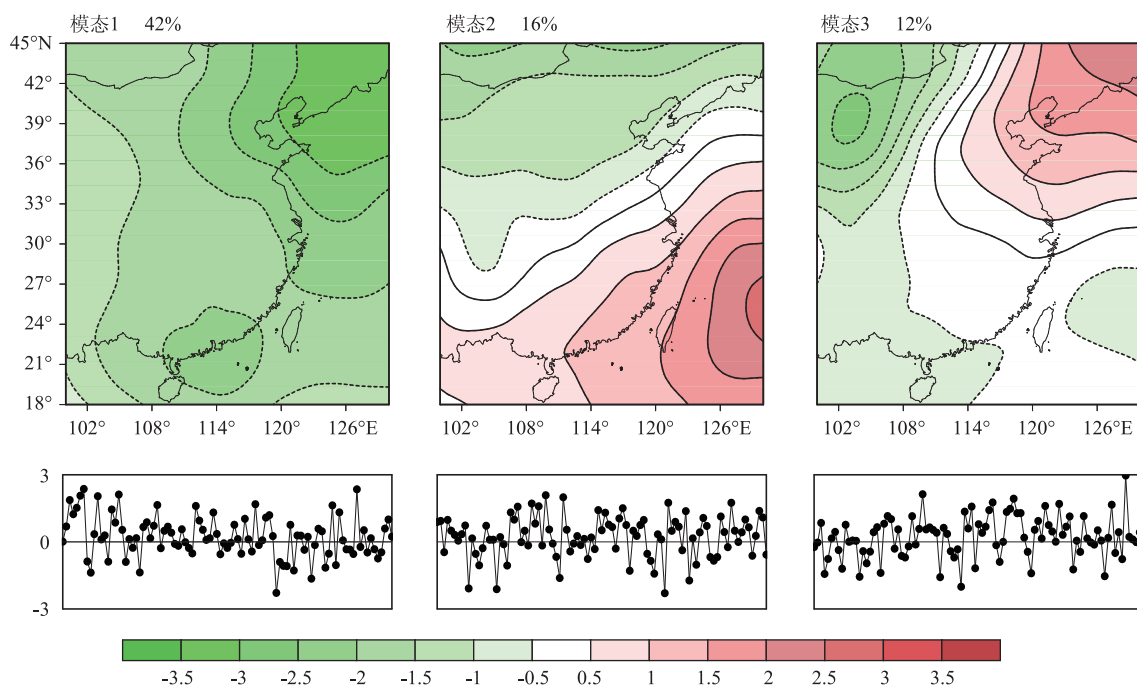


图7 海陆风日SLP距平场EOF前三模态及其时间序列

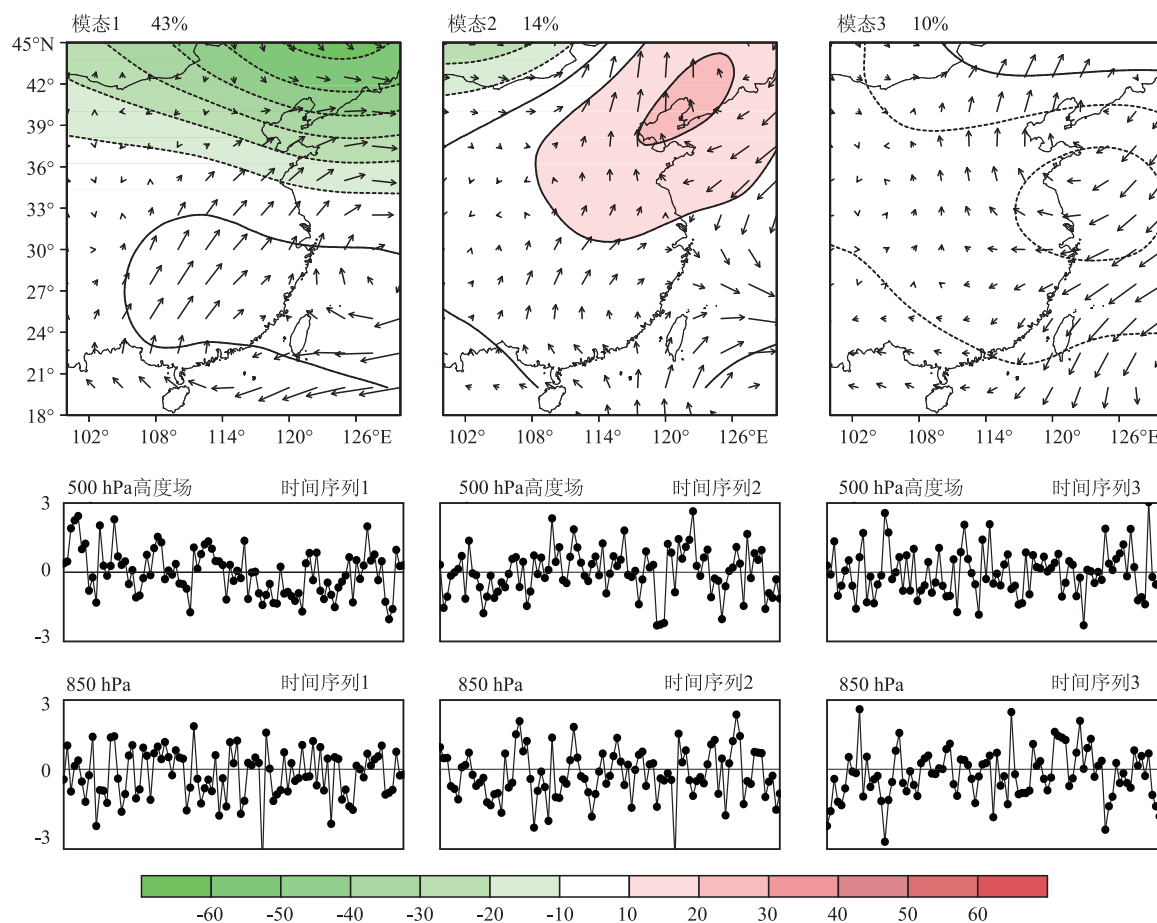


图8 海陆风日 500 hPa 高度场(等值线、着色)以及 850 hPa 风场(箭头)距平场 EOF 前三模态及其时间序列

## 5 结论与讨论

本文利用海峡西岸及内陆地面自动站的逐小时观测资料以及 NCEP 再分析资料,根据一定的标准挑选出海陆风日,分析其时空分布特征及其对应的环流形势,建立了海峡西岸海陆风的概念模型,结果表明:

(1)海峡西岸海陆风中部相对较少,北部与南部地区相对较多,呈现两边多,中减少的分布特征,这是由于中部凸出的地形,导致其平均风速偏大,海陆风日相对较少。如崇武,秀屿,东山等海岛站海陆风日相对较少,与海岸线有一定距离的大陆上的站点相对较多。这也是由于海岛站周围受海洋影响较多,周围的海陆热力差异不如那些与海岸线有一定距离的站点明显;

(2)海峡西岸自北向南海陆风的转换时间略有

差异,北部相对较早,平均时刻约为 07—08 时,中部约为 08—09 时,而南部地区约为 09—10 时。分析表明海陆风对海陆温差的响应非常快,能够随着海陆温差的变化迅速调整;

(3)在夏季,当中层副高加强西伸并控制华南大部分区域、低层有异常反气旋环流并且南风异常主要位于内陆地区,地面又没有明显系统控制时,海峡西岸容易出现海陆风中尺度环流。这是由于副高控制下基本为晴空区,陆地的温差增大导致海陆热力差异更加明显,同时地面没有显著地主导风向导致海陆风更加显著;

对副高内局地热对流引起的暴雨,其预报难度非常大。而本文研究表明:在夏季,当中层副高加强西伸控制华南大部分地区、地面又没有明显系统控制时,海峡西岸更容易出现海陆风中尺度环流。而海陆风又能够通过海风锋触发暴雨的形成,这样海陆风就很可能为研究副高内的暴雨形成机制提

供一定的参考意义,这将有待于进一步的研究。

### 参考文献:

- [1] Jeffreys H. On the Dynamics of Wind[J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 1922, 48(102): 29-48.
- [2] Pearce R P. The Calculation of a Sea-Breeze Circulation in Terms of the Differential Heating Across the Coastline[J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 1955, 81(349): 351-381.
- [3] Schmidt F H. An Elementary Theory of the Land- and Sea-Breeze Circulation[J]. Journal of the Atmospheric Sciences, 1947, 4(1): 9-20.
- [4] 盛春岩, 史茜, 高守亭, 等. 一次冷锋过境后的海风三维结构数值模拟[J]. 应用气象学报, 2010, 21(2): 189-197.
- [5] 蔡榕硕, 严邦良, 黄荣辉. 台湾海峡海陆风数值模式与数值模拟试验[J]. 大气科学, 2003, 27(1): 86-96.
- [6] 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.
- [7] 陈训来, 王安宇, 李江南, 等. 香港地区海陆风的显式模拟研究[J]. 气象科学, 2007, 27(5): 473-480.
- [8] 金文其. 厦门的海陆风[J]. 气象, 1988, 14(6): 31-33.
- [9] 盛春岩, 王健林, 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.
- [10] 于恩洪, 陈彬, 白玉荣. 渤海湾西部海陆风的空间结构[J]. 气象学报, 1987, 45(3): 379-381.
- [11] 周伯生, 汪永新, 俞健国, 等. 广东阳江沿海地区海陆风观测结果及其特征分析[J]. 热带气象学报, 2002, 18(2): 188-192.
- [12] 东高红, 何群英, 刘一玮, 等. 海风锋在渤海西岸局地暴雨过程中的作用[J]. 气象, 2011, 37(9): 1100-1107.
- [13] Qian J H. Why Precipitation Is Mostly Concentrated over Islands in the Maritime Continent[J]. Journal of the Atmospheric Sciences, 2008, 65(4): 1428-1441.
- [14] 何群英, 解以扬, 东高红, 等. 海陆风环流在天津2009年9月26日局地暴雨过程中的作用[J]. 气象, 2011, 37(3): 291-297.
- [15] 易笑园, 张义军, 沈永海, 等. 一次海风锋触发的多单体雷暴及合并过程的观测分析[J]. 气象学报, 2012, 70(5): 974-985.
- [16] 王彦, 于莉莉, 朱男男, 等. 渤海湾海风锋与雷暴天气[J]. 高原气象, 2011, 30(1): 245-251.
- [17] 陈训来, 冯业荣, 范绍佳, 等. 离岸型背景风和海陆风对珠江三角洲地区灰霾天气的影响[J]. 大气科学, 2008, 32(3): 530-542.
- [18] Gassmann M I, Pérez C F, Gardiol J M. Sea-Land Breeze in a Coastal City and Its Effect on Pollen Transport[J]. International Journal of Biometeorology, 2002, 46(3): 118-125.
- [19] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法(第三版)[M]. 北京: 气象出版社, 2004: 223.
- [20] 曾刚, 孙照渤, 林朝晖, 等. 不同海域海表温度异常对西北太平洋副热带高压年代际变化影响的数值模拟研究[J]. 大气科学, 2010, 34(2): 307-322.

## Analysis of climatological characteristics of sea land breeze along western coast regions of Taiwan Strait and its large-scale circulation

ZHANG Wei<sup>1,2</sup>, CHEN Si-xue<sup>3</sup>, CHEN De-hua<sup>1,2</sup>

(1. Laboratory of Straits Meteorology, Fujian 361012 China; 2. Xiamen Meteorology Bureau, Fujian 361012 China;

3. Minqing Meteorology Bureau, Fujian 353001 China)

**Abstract:** The Climatological characteristics of sea land breeze (SLB) along western coast of Taiwan Strait and its corresponding large-scale circulation are studied using observation data, NCEP reanalysis data and EOF method. From the perspective of spatial distribution, SLB occurs more frequently in northern and southern coastal regions. From the time point of view, SLB occurs more frequently in April, May and early autumn. The initial time of sea (land) breeze varies from north to south coast in about one hour. SLB tends to arise when Subtropical High (SH) strengthens and there are no surface leading systems in Hua-nan area. This is because sea-land thermal contrast could be strengthened when SH strengthens.

**Key words:** sea land breeze; spatial and temporal distribution; EOF analysis; large-scale circulation