

研究简报

## 渤海南岸海陆风个例分析及判别\*

吴增茂

(青岛海洋大学, 物理海洋研究所)

海陆风不仅对局地天气及气候变化有显著作用, 而且是沿岸区大气污染扩散及中距离输运的重要控制因子。随着我国沿海工业的飞速发展和经济开发区的崛起, 大型发电厂及原子发电站的建立, 人们对沿岸区的大气环境倍加关注。现在不仅气象工作者对海陆风研究越来越感兴趣, 而且许多工程设计、环境科学工作者也对其表现出极大的关注。海陆风过程的判别是研究的基础, 因此讨论如何根据常规气象观测判别海陆风生消和估计风强是很有实用价值的。

本文使用的资料是由东营气象站 ( $38^{\circ}27'N, 118^{\circ}28'E$ ; 1985年1月—1986年12月) 和桩西特设测站 ( $38^{\circ}04'N, 118^{\circ}56'E$ ; 1986年3月—1987年2月) 提供的, 着重讨论海陆风生(过境)与消的判断方法及风强估计。另外还根据我校徐天真等1987年6—7月于广利 ( $37^{\circ}25'N, 118^{\circ}45'E$ ) 和桩西的大气探测资料, 对陆风下沉气流及产生的晴夜低空混合层进行了分析讨论。

### 一、海陆风过程的判别和分析

海陆风常与其他尺度的天气过程相伴出现, 因此准确地判断其生消有不少困难。至今我国对海陆风判别方法讨论还不多。孙国英等文<sup>1)</sup>利用锦西5年的连续观测资料进行了海风频数及结构分析并得出海风频数5年累计为: 秋季64次, 冬季46次, 春季36次, 夏季44次。上述结果中有一点是不太合理的, 即冬季在平均海温比气温高 $5-8^{\circ}C$ 情况下, 海风频数却比春、夏季都高。从上文所列判据分析似乎可以推断, 出现这一不合理结果是由于将弱向岸风, 即东风分量大于零背景下出现的海风(表现为向岸风加强), 给排斥在外了。这样显然会使盛行东风的晚春及夏季海风例数减少。本文根据温、湿、风及气压自记资料, 结合对海陆风的理论认识进行海陆风个例分析及风强估计。

#### 1. 海风生成(过境)的判别

(1) 根据海风生成的动力条件可知, 只有当地面温度高于海温时海风才可能生成。我们在数值实验中曾发现, 一般水、陆温差要大于 $1.5^{\circ}C$ 时才可能出现海风。

(2) 根据海风生成(过境)时气象要素(温、湿、风等)变化特征进行判断。图1和表1

\* 本项工作得到东营气象站张进忠、国家海洋局北海分局辛兆信、吴爱娜同志大力帮助, 本校张淮先生审阅了初稿, 特此致谢。

收稿日期: 1987年10月31日。

1) 北京大学地球物理系论文集(大气物理), 1979, 31—44页。

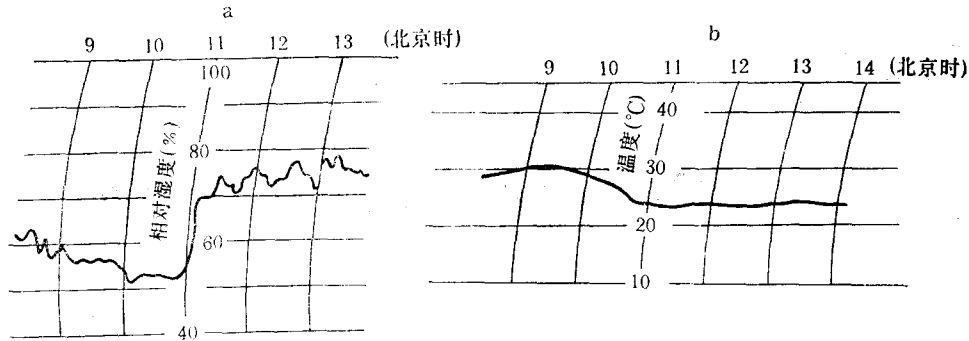


图 1 海风开始时相对湿度 (a) 和温度 (b) 变化特征

(取自桩西 1986 年 7 月 12 日资料)

Fig. 1 Sea breeze onset on 12 July 1986 at Zhuangxi, as shown by variations of relative humidity (a) and temperature (b)

表 1 海风开始时风向、风速的变化(取自桩西 1986 年 7 月 12 日资料)

Tab. 1 Variations of wind speed and direction at the sea breeze onset (from 12 July 1986 at Zhuangxi)

时间	0830	0900	0930	1000	1030	1100	1130	1200	1230	1300	1330
风向	WSW	SSW	S	SSW	SSE	NE	E	NE	E	E	ESE
风速 (m/s)	1.2	1.3	1.2	1.4	0.5	3.0	3.0	3.0	3.7	5.0	5.0

示出海风生成前后气象要素的变化,从中可以看出该海风过程大约在 10 时 45 分开始的。从东营和桩西两站资料分析中发现,在不同来向的背景风影响下,各要素的变化幅度有明显差异。从分析得知:(a) 当大尺度风为离岸轻风或接近静风情况,海风出现后风向转变十分明显,半小时之内偏转  $90^\circ$  角以上,向岸风分量逐渐增至  $2\text{m/s}$  以上,在 1 小时之内相对湿度能增加 10% 以上,同时气温有所下降,有时甚至会降  $2^\circ\text{C}$  以上。(b) 当大尺度风为向岸风或具有向岸风分量时,在这种背景条件下出现的中尺度海风环流,我们称之为向岸风加强型。由于背景风及它引起的平流的影响,使海风出现时风向及气温变化不大明显,但向岸风分量会明显加强及相对湿度亦有上升。

值得注意的是,各要素的变化往往是不同步的,一般是风向先发生变化,次之是风速。在海风持续阶段风向趋向稳定,但在地转偏向力作用下会逐渐顺时针方向偏转<sup>[2]</sup>。温度及相对湿度也会随着太阳辐照强度的变化而改变。从大量资料分析中得知,在中纬度地区海风过境不会引起气压显著变化,伴有雷阵雨发生时则例外。

(3) 从观测资料分析及数值实验结果中发现,在中纬区如果近地层大尺度风大于  $10\text{m/s}$ ,则难以形成海(陆)风环流,因为强风引起的温度平流及垂直混合会完全破坏海风的生成条件。

在海风个例判别中常发现,在某些个例中风向、风速及相对湿度变化明显地呈现出海风到达的特征,但温度变化特征不够明显或时间比较偏后。经综合分析,一般仍可判定有

海风过程发生。

### 2. 海风消失的诊断

海风消失时气象要素的变化特征同生成时相反。在中纬度区海风一般在日落后才消失。从我们的分析中发现气象要素变化表现为: (a) 向岸风明显减弱, 风向亦有明显变化。(b) 原海风控制区内相对湿度下降, 气温在短时间内略有回升, 停降或下降减缓。(c) 海风消失后, 风速、风向又趋于相对稳定, 气温将继续下降, 相对湿度稳步上升。由于强海风经常会引起雷阵雨或大片低云, 这会使海风过程提早中止。

### 3. 陆风的判别

陆风一般是在午夜前后在海岸附近首先出现, 然后向水陆两侧伸展<sup>[2]</sup>。陆风出现时主要表现为离岸风明显增强。陆风环流是在水面上有上升区, 陆面上有下沉区。由于下沉增温, 陆风出现后, 地面气温将明显回升或停止下降。温度自记中常显示这一现象, 如我们从桩西资料中发现的 5 例, 其中 3 例地面气温上升 1℃ 以上, 其余两例虽无明显上升, 但停止了下降。

有时由于其他天气过程的影响, 海陆风的生消不易确定, 在可能条件下应根据探空资料及海(陆)风的垂直结构特征进一步检验。

## 二、海(陆)风风强估计及东营、桩西海陆风分析

### 1. 海(陆)风风强估计方法

海(陆)风风强, 这里定义为当海(陆)风发展到最盛时, 从地面风矢量中减去大尺度风矢量后的风速值。具体做法是: (a) 根据海陆风出现之前 1—3 小时内的风自记估计出大尺度风向、风速。(b) 根据风和气温自记确定海(陆)风最盛时段并估计出对应的风向、风速。对于海风最盛时段出现在地面气温达最高值后的 3 小时内, 对陆风则出现在日出

表 2 东营站海(陆)风月平均频数、抵达和消失时间及海风锋向  
内陆伸进速率  $\bar{v}_f$  (1985 年 1 月—1986 年 12 月)

Tab. 2 Monthly mean frequency, arrived at and collapse time of sea (land) breeze and inland advance rate of the sea breeze front at Dongying synoptic station (1985.1—1986.12)

月 份	海风平均频数	抵达时间 (h)	消失时间 (h)	$\bar{v}_f$ (km/h)	陆风平均频数	月中日出时间 (h)	月中日落时间 (h)
1	0				0		
2	0				0		
3	0				0		
4	3.0	1611	2004	6.2	0	0530	1830
5	1.5	1430	2040	8.7	0.5	0457	1903
6	3.5	1525	2020	6.3	0.5	0441	1919
7	4.5	1517	2000	6.7	1.0	0449	1911
8	8.5	1516	1950	6.6	1.0	0517	1843
9	4.5	1612	2010	5.9	0.5	0554	1806
10	4.5	1453	1955	9.7	0	0632	1728
11	0.5				0	0705	1656
12	0				0		

前后。(c) 利用走航测风计算盘或流速盘, 将 (b) 中得到风速矢减去 (a) 中计算出的大尺度风矢即可得到海(陆)风风速值(风强)及风向<sup>1)</sup>。值得注意的是这里应以大尺度气流速度矢取代航速矢。

## 2. 东营、桩西海陆风的基本特征

东营正东距海约 37km, 桩西则距海不足 1km。两站的海陆风分析结果分别示于表 2, 3。其中海风锋面内伸速率  $\bar{v}_f$  是在如下假设下估计出来的: (a) 以桩西月平均海风生成时间估计为抵达东营海风的生成时间; (b) 假定海风初生时锋面是在海岸附近。从两站分析结果对比中可以发现: (1) 可抵达东营的海风年总频数同桩西频数之比为 30.5/50, 由此估计出在莱州湾西岸有 2/5 的海风伸入内陆距离小于 37km。(2) 抵达东营的陆风不足年总生成数的 1/7。(3) 平均来说, 海风消失时间, 6 月份两站相同; 6 月份以前桩西先于东营, 6 月以后东营海风大约比桩西早 1 小时消失。

表 3 桩西海(陆)风特征统计分析(1986 年 3 月—1987 年 2 月)

Tab. 3 The sea (land) breeze statistical analyses at Zhuangxi station (1986.3—1987.2)

月 份	海/陆风频数	海/陆风开始 时间 (h)	海/陆风风强 (m/s)	海/陆风消失 时间 (h)	月中日出时间 (h)	月中日落时间 (h)
3	4/0	1016/	5.2/	1815/	0608	1752
4	5/1	1052	8.0/	1930/	0530	1830
5	11/2	1046/0015	6.5/3.8	2018/0645	0457	1903
6	8/2	1011/0240	5.7/4.6	2020/0815	0441	1919
7	5/8	1022/0150	6.1/3.5	2149/0702	0449	1911
8	5/7	1014/0032	5.2/2.8	2136/0709	0517	1843
9	6/2	1035/0000	4.5/2.4	2113/0607	0554	1806
10	2/2	1130/0155	5.6/1.4	2100/0910	0632	1728
11	5/1	1114/	3.7/	1920/	0705	1656
12	0/4	/2130	/3.6	/0922	0719	1641
1	0/1					
2	0/					

注: 1) 表中斜线上方量对应着海风, 下方量对应着陆风。

2) 对只出现 1 例的情形未做详细分析。

## 三、晴夜近地混合层与陆风

晴朗的夜晚及清晨, 近地层大气往往呈现出强辐射逆温层结构特征(如图 2 廓线 C 所示)。然而从大气边界层探测资料发现, 有时它呈现出中性或近中性温度分布, 我们称之为晴夜近地混合层(如图 2 中 A, B 所示)。近地混合层内的湍流交换比其上方逆温层内及情况 C 都要强得多。

从资料分析发现, 晴夜近地混合层的形成有两种情况。其一是由于较强大尺度风引起近地层大气的强烈垂直混合所致。这时近地混合层比较厚, 其厚度都在 100m 以上(如图 2 中 A 所示)。这种情况比较常见。第二种情况是由于陆风环流引起的下沉增温和近

1) 国家海洋局, 1975。海洋调查规范第二分册。

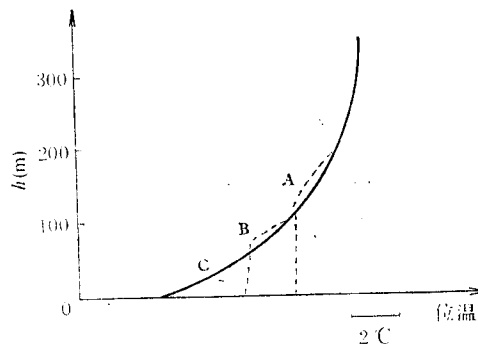


图2 晴夜近地层温度分布特征

Fig. 2 The temperature profile features of the surface layer at clear night

A. 表示强风混合情况; B. 表示陆风下沉情况; C. 表示晴夜逆温结构。

地层风速加强使近地辐射逆温层破坏所致。图2中廓线B示出桩西6月14日00—06时近地层平均温度特征,同A相比,B近地混合层更浅薄,其厚度多在100m以下,而且湍流交换强度也弱些。海陆风对环境大气的影响文献[1]中已有较详细的讨论,但还应指出,由于陆风下沉气流形成的近地混合层及陆风的水平输运会使晴夜岸边区大气污染浓度明显减小。

## 参 考 文 献

- [1] 吴增茂,1988。海/陆风结构特征及对近岸区大气环流的影响。海洋湖沼通报 2: 25—30。  
 [2] Wu Zengmao, 1987. Numerical study of lake-land breeze over lake Vättern Sweden. Advances in Atmospheric Sciences 4(2): 198—209.

## CASE ANALYSIS AND DISCRIMINATION OF SEA/LAND BREEZE AT THE SOUTHERN SHORE OF BOHAI SEA

Wu Zengmao

(Institute of Physical Oceanography, Ocean University of Qingdao)

### ABSTRACT

This paper mainly discusses the method of discriminating the onset and collapse phases of sea/land breeze with different background wind, based on the routine synoptic data. The procedures to estimate the breeze intensity are also discussed. The sea/land breeze frequency and features at both sites, Dongying (38°27'N, 118°28'E) and Zhuangxi (38°04'N, 118°56'E), are analysed. The results are shown in tables and figures.

The structure features of the surface mixing layer at clear night are analysed according to the atmospheric boundary layer data in the above region, especially discussed in more detail are the mixing layer formed by downdraft of the land breeze circulation as well as its effects on air pollution.