

# 琼州海峡南北海岸带大风的天气气候特征

辛吉武<sup>1</sup> 翁小芳<sup>2</sup> 许向春<sup>1</sup> 邢绪煌<sup>3</sup> 冯文<sup>2</sup>

(1. 海南省气象科学研究所, 海口 570203; 2. 海南省气象台; 3. 海南省气候中心)

**提 要:** 根据最大风、极大风两种大风事件标准, 利用琼州海峡南北沿岸海口、琼山、临高、徐闻4站1977—2006年地面观测资料, 分析了琼州海峡南北海岸带大风的天气气候特征, 并对大风形成的可能机制进行了探讨。近30年, 琼州海峡南北两岸大风日数的演变趋势不同, 北岸具有波动的演变规律, 具有14年的年代际变化周期和2~4年的年际变化周期, 波动周期与影响海南岛的热带气旋年频数的显著周期基本一致; 南岸为线性减少趋势, 气候突变期为20世纪90年代中后期。城市化进程加快、冷空气势力减弱是导致南岸大风事件显著减少的主要原因。北岸易出现东北大风, 南岸易出现偏南大风; 平均而言, 南岸大风强于北岸, 两岸大风均以夏季出现频率最高, 冬季最少, 这与我国大部分地区大风的季节特征不同。

**关键词:** 琼州海峡 大风事件 气候特征

## Climatic Characteristics of Gale Events in Northern and Southern Coastal Zones of the Qiongzhou Strait

Xin Jiwu<sup>1</sup> Weng Xiaofang<sup>2</sup> Xu Xiangchun<sup>1</sup> Xing Xuhuang<sup>3</sup> Feng Wen<sup>2</sup>

(1. Hainan Research Institute of Meteorological Science, Haikou 570203;  
2. Hainan Meteorological Observatory; 3. Hainan Climatic Center)

**Abstract:** The climatic statistical characteristics of gale events in northern and southern coastal zones of the Qiongzhou Strait were described using data for stations Xuwen, Haikou, Qiongzhou and Lingao from 1977 to 2006. Potential mechanisms for the development of gale events were examined. The data were analyzed in term of two criteria for a gale event based on sustained winds or a wind gust. During the last 30 years, annual high wind days show different trends in northern and southern coast zones of the Qiongzhou Strait. In the northern coast, there exist obvious periods of 14 years and 2—4 years in the variation of those annual high

基金项目: 国家自然科学基金课题“琼州海峡大风规律及预报方法研究”(40765002)和海南省重点科技项目“琼州海峡大风预报系统”(070302)共同资助

收稿日期: 2008年12月18日; 修定稿日期: 2009年6月15日

wind days, which is in accordance with the periods of tropical cyclone's frequencies influencing Hainan Island. In the southern coast, annual high wind days show a significantly linear decrease trend, the climatic abrupt decrease periods are in the middle and late 1990s. The accelerated urbanization of city and the weakened strength of cold air are the main reason accounting for the decrease of gale events. There exists a pronounced northeast quadrant directional preference for high winds in the northern coast of the strait, while southerly directional preference in southern coast. On the average, high wind events in southern coast are stronger than that in northern one. Contrary to the common climatic characteristics of gale events in most other parts of China, gale events are most frequent in summer and rare in winter.

**Key Words:** the Qiongzhou Strait high wind events climatic characteristics

## 引 言

琼州海峡是海南岛与我国大陆客货运输的交通要道,也是重要的国际航行水道。海上大风是制约琼州海峡通航的主要气象指标之一。由于海峡地形使得该流域及沿岸的风场结构较单一,下垫面情况更为复杂,同时对特殊地形下,天气尺度和中尺度系统的相互作用理解不足,给准确预报海峡大风带来了相当的难度。自 Reel 等<sup>[1]</sup>在 20 世纪 30 年代提出峡道风(gap wind)的概念以来,国内外学者通过大量的野外观测试验,数值模拟等方法对海峡大风进行了研究。认为峡谷大风产生的机制往往与动量下传、地形强迫、气压梯度强迫、冷锋过境有关<sup>[2-7]</sup>。Carins 等通过 MM5 与业务 Eta 模式对地形大风事件中地形波捕捉能力的分析得出:分辨率小于 5km 是模拟复杂地形风场的必要条件之一<sup>[8]</sup>。20 世纪 90 年代,国内学者开始针对渤海海峡大风进行系统研究,揭示大风的气候统计特征以及高空槽、热带气旋北上变性造成渤海大风的机理<sup>[9-12]</sup>。不少学者对沿岸气象站、岛屿站、船舶站等观测资料进行了对比分析,得出一些根据沿岸气象站观测数据推算海上大风的方法<sup>[13-14]</sup>。杜尧东等<sup>[15]</sup>利用琼州海峡北岸、南岸和中部 3 个观测点 5

年风塔测站观测资料与海峡北岸徐闻气象站风速之间的关系进行了对比分析。结果表明:3 个测点与参照气象站风速之间的关系均以线性方程拟合效果最佳。但到目前为止,由于观测数据的缺乏,对琼州海峡流域大风研究仍然不多,而琼州海峡海岸带的生态及经济综合规划十分需要了解其大风气候演变特征,在目前还没有长时间序列的海峡海面大风观测资料情况下,本文利用海峡沿岸的国家基准气象站观测数据,分析了琼州海峡海岸带大风的天气气候变化规律,为琼州海峡大风预报和海岸带的生态及经济综合规划提供参考化依据。

## 1 资料及计算方法

所用资料包括中国气象局整编的 1977—2006 年徐闻、海口、琼山、临高 4 站地面观测资料以及海南省气象台整编的海南省影响天气系统分类统计资料。

根据联合国经济与社会理事会(1988)对海岸带的定义以及我国 20 世纪 80 年代进行的海涂资源综合调查规定:海岸带是指海岸线向海 5m 等深线和向陆 10km 的范围。本文所选的站点均为海峡沿岸 10km 内的国家基本气象站,其中徐闻位于海峡北岸,距海峡海岸线约 6km。海口、琼山、临高位于南岸,

距离海岸线分别约 5km、6km、6km。文中海峡南北海岸带以海口、徐闻作为代表站,琼山、临高观测数据用于与海口站进行对比分析,以检验其结论的代表性。

大风标准采用国内外普遍采用的最大风和极大风两种界定指标。极大风、最大风的定义采用地面观测规范行业标准(2007),即极大风速指某个时段内出现的 3 秒钟平均风速最大值。最大风指某个时段内出现的 10 分钟平均最大风速值。本文根据琼州海峡大风预警业务,定义最大风速 $\geq 10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 和极大风速 $\geq 17\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 为大风事件。最大风日数指出现最大风事件的天数,极大风日数指出现极大风事件的天数。大风总日数指出现以上任何一种标准的大风事件的天数(一天中两种标准都出现时,只计一个大风日)。

天气气候分析采用了气候趋势系数、双样本异方差  $t$ -检验、曼-肯德尔(Mann-Kendall)与 CRAMER 气候突变检验、小波变换及合成分析等,具体原理见文献[16]。

## 2 大风日数

### 2.1 概况

从 1977—2006 年琼州海峡南北沿岸出现的大风日数(表 1)可知,南北两岸大风总日数差别不大,分别为 211d 和 202d,平均每年 7.0d 和 6.7d。但两种大风标准的大风日数差别较大。极大风日数南北两岸相差 71d,最大风差 55d。对南北两岸的极大风日数与最大风日数分别进行双样本异方差检验表明,在 0.05 的显著性水平上,南北两岸的极大风日数和最大风日数都具有显著性差异。

表 1 1977—2006 年琼州海峡南北沿岸大风日数

	极大风日数		最大风日数		大风总日数	
	徐闻	海口	徐闻	海口	徐闻	海口
日数/d	101	172	176	121	202	211
年平均日数/d	3.4	5.7	5.9	4.0	6.7	7.0

相对而言,海峡北岸易出现最大风事件,南岸易出现极大风事件。北岸最大风日数多于南岸。极大风日数少于南岸。

### 2.2 年际、年代际变化

近 30 年琼州海峡南北两岸大风总日数的长期变化趋势出现了不一致的情况(图 1a、1b)。海峡北岸无论是极大风日数、最大风日数还是大风总日数,都呈现了波动的演变趋势。对 1977—2006 年海峡北岸极大风日数、最大风日数、总大风日数进行 Morlet 小波变换分析表明(图 2),在整个研究期间内,极大风日数存在 8 年的年际变化主周期,最大风日数存在 14 年的年代际变化主周期,总大风日数与最大风日数的变化周期一致(图略)。在 20 世纪 80 年代、20 世纪

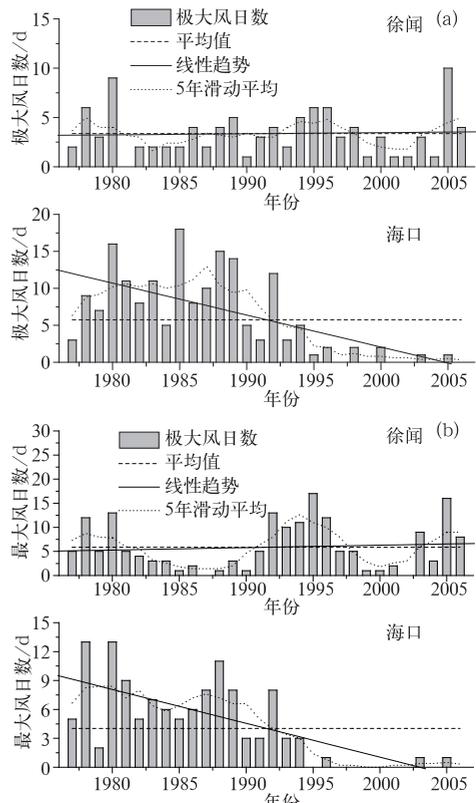


图 1 1977—2006 年琼州海峡南北岸大风日数年际变化  
(a)极大风;(b)最大风

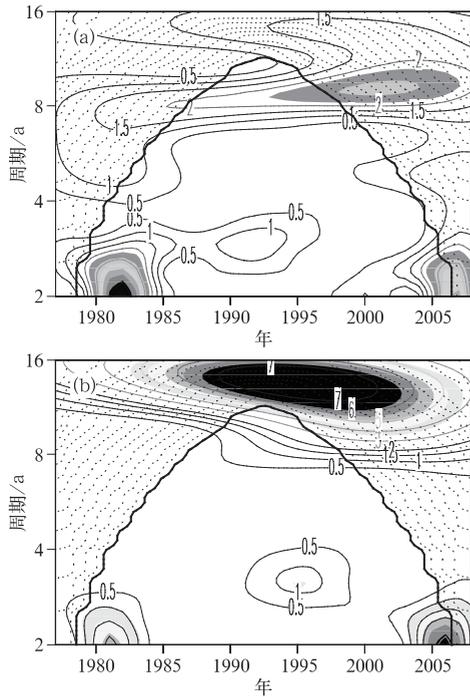


图 2 1975—2006 年琼州海峡北岸大风日数  
(a)极大风, (b) 最大风的小波变换

90 年代和 21 世纪初极大风和最大风日数还出现了 2~4 年的高频年际变化周期,以上周期变化分别通过了 0.1 显著性水平检验。这与陈小丽等<sup>[17]</sup>分析的影响海南热带气旋年频数的显著周期为 14 年和 4 年基本一致。因此,海峡北岸大风日数长期变化主要受热带气旋活动周期影响。20 世纪 70 年代后期、20 世纪 90 年代初期以及 21 世纪初期为大风日数偏多期。

海峡南岸极大风日数、最大风日数、大风总日数长期变化均出现了显著的线性递减趋势,递减气候趋势系数分别为 -0.69、-0.74、-0.75,均通过 0.001 的显著性检验。为了克服单一统计学检验方法的不足,分别利用 Mann-Kendall 及 CRAMER 对其进行了气候突变期检验,两种方法得到的检验结果较为一致。即 20 世纪 90 年代中后期是南岸大风日数减少的突变期(图 3),结果

通过 0.01 显著性检验。从大风总日数距平值来看,1993 年以前,除了 1977、1984 年大风总日数为负距平,其余均为正距平。1993 年后所有年份的大风总日数均为负距平。为了检验其演变趋势的代表性,对海峡南岸的琼山、临高气象站的大风总日数演变情况也分别进行了线性趋势分析,两站近 30 年的大风总日数也出现了线性递减趋势,递减趋势系数分别为 -0.50 和 -0.24,通过 0.01 和 0.1 的显著性检验,气候突变期与海口站一致。而且,海口、琼山、临高 3 个测站 20 世纪 90 年代以来测风仪器并无明显差异,因此,可以认为海峡南岸的大风总日数减少趋势具有普遍性。其原因主要是:20 世纪 90 年代以来,海峡南岸城市化进程加快,建筑物普遍增多、增密、增高,测站周围下垫面动力学粗糙度明显增大,城市冠层抬升,近地层风速明

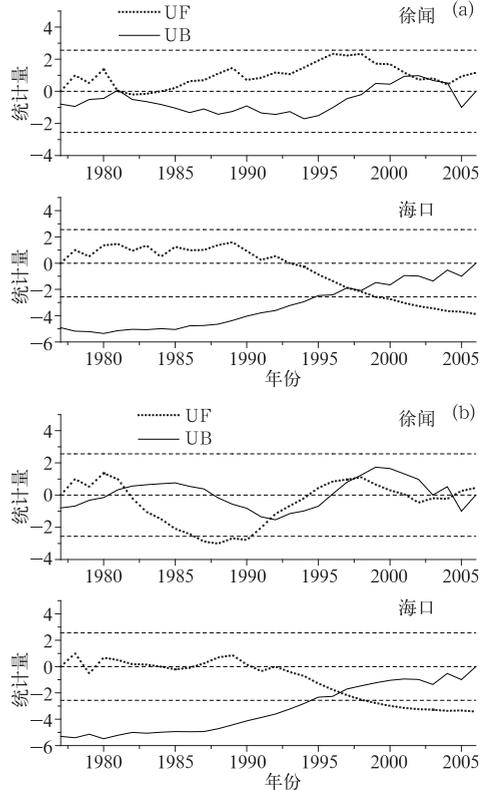


图 3 1977—2006 年琼州海峡南北岸大风日数  
(a)极大风, (b) 最大风的小波变换

显减小,这是城市化带来的城市下垫面边界层特征变化的显著特征之一<sup>[18]</sup>;同时,通过进一步的分析发现,南岸大风总日数的减少趋势主要出现在冬季。

### 2.3 季节变化及月际变化

表 2 为不同季节极大风、最大风和大风总日数分别占全年的百分比,如表 2 所示,夏季(6—8 月)是琼州海峡沿岸大风日数出现最多的季节(表 2),其次是秋季(9—11 月)、春季(3—5 月),海峡两岸大风日数最少的季节是冬季(12—2 月),这与我国大部分地区大风的季节特征不同。夏秋两季的大风占全年大风总日数的 70% 以上。其中,极大风日数的季节分布比最大风日数更集中。北岸夏秋季节(6—11 月)极大风日数占全年极大风总日数的比例高达 90.1%。冬季的极大风出现概率很小,南北岸极大风日数仅占总极大风日数 2.9% 和 1%。

表 2 1977—2006 年琼州海峡南北岸大风日数季节性特征(单位:%)

	大风总日数		极大风		最大风	
	滩点	徐闻	海口	徐闻	海口	徐闻
春季(3—5 月)	8.9	22.1	16.5	25.6	16.3	24.6
夏季(6—8 月)	49.5	38.4	39.2	42.1	39.6	38.9
秋季(9—11 月)	40.6	36.2	36.9	27.3	37.1	31.8
冬季(12—2 月)	1.0	2.9	7.4	5.0	7.0	4.7

如图 4 所示,南北两岸极大风与最大风日数的月季分布都呈多峰特征,南北岸的峰值出现的月份不一致,北岸的主峰值为 9 月,

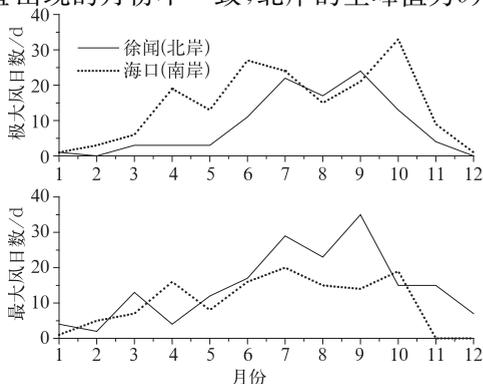


图 4 海峡两岸大风月际变化

次峰值为 7 月,南岸主峰值为 10 月,次峰值为 6 月和 4 月。7—9 月,南北岸的极大风日数相差不大,其他月份南岸的极大日数多于北岸。最大风日数月际分布特征与极大风相反,除了 4 月、10 月,其他月份北岸的最大风日数多于南岸。

### 3 最大风的风向和风速

由于地面观测中极大风的风向、风速资料不全,本文只分析南北两岸最大风的风向和风速特征。

#### 3.1 风向

通过 1977—2006 年海峡两岸最大风总样本的合成风玫瑰图(图略)分析可知,琼州海峡北岸多 NE 大风,南岸多偏 S 大风。北岸 60% 的大风风向出现在东北象限( $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ),ENE 大风占总样本的 25%。南岸 45% 的大风风向出现在东南象限( $90^{\circ} \sim 180^{\circ}$ ),SSE 大风占总样本的 22%。无论北岸还是南岸,西北象限的大风都较少见。

#### 3.2 风速

近 30 年的琼州海峡大风事件中,北岸最大风平均风速小于南岸。北岸最大风平均风速为  $11.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,最大风速  $\leq 13 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  的日数占总样本的 82.9%。南岸的最大风平均风速为  $12.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,最大风速  $\leq 13 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  的日数占总样本的 79.3%。30 年中南北岸最大风速极值出现在同一天,即 1980 年 7 月 23 日,北岸最大风速为  $30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。南岸为  $24 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

### 4 影响机制分析

#### 4.1 产生机制

大风的形成机制主要有动力驱动与热力驱动。Whiteman 等<sup>[5]</sup>提出峡谷地形大风的产生机制包括:1) 动量下传;2) 地形强迫,包括地形动力强迫和气压梯度强迫;3) 锋面过

境。琼州海峡两岸无高海拔山地,峡墙造成的地形强迫不显著,气压梯度强迫是大风形成的主要动力驱动机制,影响系统主要有冷锋和热带气旋。热力驱动大风常发生在不稳定层结环境中,对流活动产生的垂直运动引起动量下传而形成大风,其影响系统为中尺度强对流天气系统。

统计 1977—2006 年南北两岸 211 个和 202 个大风事件样本中影响系统的比例(如图 5)发现,热带气旋影响发生的大风事件比例最高,其中北岸极大风、最大风比例分别为 71%和 56%,南岸为 39%和 47%。冷空气影响南北两岸的大风比例差别不大,北岸的极大风、最大风比例为 22%和 13%,南岸为 12%和 22%;而强对流天气影响的南北两岸大风比例差别较大,北岸极大风、最大风比例为 13%和 18%,南岸达到 33%和 39%。相对而言,南岸热力驱动大风比北岸显著。

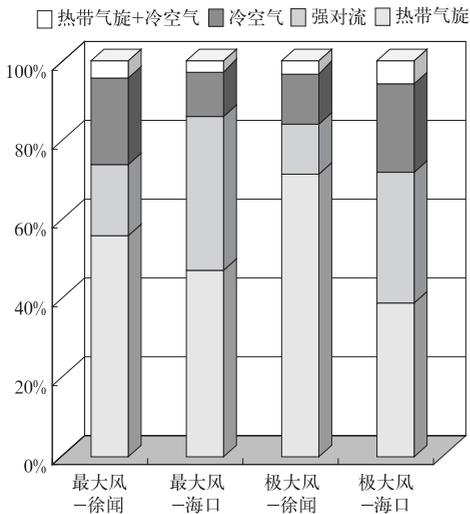


图 5 海峡两岸大风影响系统

## 4.2 影响系统

### 4.2.1 热带气旋

近 30 年,共有 79 个热带气旋引起海峡沿岸大风,平均每年 2.3 个。北岸大风以 ENE 大风为主,平均最大风速  $12.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,南岸大风 SSE 大风较多,其次为 NNE 大风,平均最大风速  $13.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。台风(中心风力

$\geq 33 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ )在海南岛到雷州半岛之间登陆时,南北两岸同时出现大风。30 年中,此类样本 56 个,占 71%。台风在广东阳江到雷州半岛一带登陆或在海南岛南部近海西行时,仅引起北岸大风,此类样本 17 个,占 22%。在海南岛东北部转向的台风或在海南岛南部登陆的强热带风暴( $25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \leq$ 中心风力 $< 33 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ )仅引起南岸大风,此类样本 6 个,占 8%。以上大风由热带气旋环流风场直接引起,大风分布类型与热带气旋大风范围半径、中心强度、路径密切相关。热带气旋引起的海峡沿岸大风表现出两岸同步的特征,即两岸同时出现大风。

### 4.2.2 冷空气

近 30 年,共有 85 次冷空气过程引起海峡沿岸大风。冷空气造成的大风表现出明显的两岸非同步特征。除了 3 次冷空气过程造成南北岸同时出现大风外,其余的样本均只在一侧引起大风。北岸大风以最大风为主,极大风、最大风的样本占总样本比例为 11%、71%。南岸以极大风为主,极大风、最大风样本比例为 69%、12%。北岸大风以 NE—ENE 风为主,南岸风向发散性强,NE、SE、W 大风均常见。大风分布与冷空气强度及冷锋到达区域密切相关。冷锋到达海峡北岸时,冷气团未变性,易产生锋后偏北大风,大风持续时间相对较长,出现最大风事件概率高。锋面经过海峡海面到达南岸时,干冷气团变性,湿度加大,易出现锋前对流大风,持续时间短,瞬时风力较强,出现极大风事件概率高。

### 4.2.3 强对流

强对流过程引起的海峡沿岸大风常伴有闪电和雷暴。近 30 年共有此类样本 110 个,强对流大风与冷空气大风一样,具有两岸非同步的特征。除 2 次强对流天气同时引起南北岸大风外,其余样本均只在一侧引起大风。南北岸大风均以偏 S 风为主。南北岸大风出现的频数比例为 73:35,南岸强对流天气产生的大风远远多于北岸。

### 4.2.4 热带气旋与冷空气共同影响

30 年中,热带气旋与冷空气共同影响产生的大风样本 17 个,其季节性特征突出,绝大多数在 10—11 月出现(占总样本 82%),具有南北岸同步特征,而且均以 NE 大风为主。此类样本的天气系统配置较典型,即热带气旋位于南海中部,北方冷空气前锋到达华南沿海,冷高压前部的 NE 风与热带气旋外围环流西北象限的 NE 风耦合,NE 大风较强,持续时间较单一系统影响时间长。

## 5 结论与讨论

(1) 近 30 年来,琼州海峡南北海岸带大风日数年际变化呈现不一致特征。北岸大风日数呈现周期波动趋势,极大风日数存在 8 年的年际变化主周期,最大风日数和大风总日数存在 14 年的年代际变化主周期,在 20 世纪 80 年代初期、20 世纪 90 年代和 21 世纪初期极大风、最大风和大风总日数还出现了 2~4 年的高频年际变化周期,波动周期与影响海南岛热带气旋频数变化周期一致。南岸大风日数显著减少,气候突变期为 20 世纪 90 年代中后期。南岸大风明显减少的原因是城市化进展和冷空气势力减弱。

(2) 海峡两岸大风事件均以夏季出现频率最高,冬季最少,这与我国大部分地区大风的季节特征不同。这主要是由于我国大部分地区的大风主要由西风带系统引起,而琼州海峡海岸带大风主要由热带气旋引起。平均而言,受热带气旋和冷空气系统的动力驱动影响,北岸出现最大风事件概率较高,易出现 NE 大风。受强对流天气系统的热力驱动影响,南岸出现极大风事件概率较高,易出现偏 S 大风,南岸由强对流天气引起大风的概率远大于北岸。

## 参考文献

- [1] James E Overland and Bernard A. Walter gap winds in the Strait of Juan of Fuca[J]. *Monthly Weather Review*, 1981, 109: 2221-2233.
- [2] Shiyuan Zhong, Ju Li, C David Whiteman et al. Climatology of high wind events in the Owens Valley, California[J]. *Monthly Weather Review*, 2008, 136: 3536-3552.
- [3] Chen Junye, Anthony D. Del Genio, et al. The spatiotemporal structure of twentieth-century climate variations in observations and reanalyses. Part I: Long-term trend[J]. *Journal of Climate*, 2008, 21: 2611-2633.
- [4] David M Schultz. Cold fronts with and without prefrontal wind shifts in the central United States[J]. *Monthly Weather Review*, 2004, 132: 2040-2053.
- [5] 高松影, 刘天伟. 丹东地区大风气候事实分析[J]. *气象*, 2007, 33(8): 91-101.
- [6] 龚强, 袁国恩, 汪宏宇, 等. 应用 MM5 模式对地面大风过程的模拟试验[J]. *气象*, 2005, 31(4): 53-57.
- [7] 陈淑琴, 黄辉. 舟山群岛一次低压大风过程的诊断分析[J]. *气象*, 2006, 32(1): 68-73.
- [8] Matthew C Lacke, John A, et al. Climatology of cold-season nonconvective wind events in the Great Lakes Region [J]. *Journal of Climate*, 2006, 20: 6012-6022.
- [9] 胡欣, 景华, 王福侠, 等. 渤海湾风暴潮天气系统及风场结构个例分析[J]. *气象科技*, 2005, 33(3): 235-239.
- [10] 孟昭翰, 张爱英, 王栋成, 等. 渤海海峡长岛风特性研究[J]. *太阳能学报*, 2001, 22(1): 64-71.
- [11] 王月宾. 渤海西岸致灾风暴潮的统计预报模型[J]. *气象*, 2007, 33(9): 40-46.
- [12] 袁子鹏, 张立祥. 黄渤海登陆热带气旋活动的统计分析[J]. *气象*, 2005, 31(6): 39-42.
- [13] 张新玲, 吴增茂. 渤海海上测风与沿岸实测风的对比分析[J]. *海洋预报*, 1998, 15(4): 24-31.
- [14] 阎俊丘, 黄爱芬. 中国近海大风极值计算方法研究[J]. *气象学报*, 1996, 54(2): 233-238.
- [15] 杜尧东, 宋丽莉, 毛慧琴. 琼州海峡跨海工程风速观测与设计风速计算[J]. *中山大学学报(自然科学版)* 2005, 44(2): 98-101.
- [16] 魏凤英. 现代气候诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 23-104.
- [17] 陈小丽. 海南热带气旋年际变化与趋势预测[J]. *热带气象学报*, 2000, 16(4): 360-365.
- [18] 彭珍, 胡非. 北京城市化进程对边界层风场结构影响的研究[J]. *地球物理学报*, 2006, 49(6): 1608-1615.

[1] James E Overland and Bernard A. Walter gap winds