第 25 卷 第 5 期
2009 年 10 月

热 带 气 象 学 报
JOURNAL OF TROPICAL METEOROLOGY

Vol.25, No.5
Oct., 2009

文章编号：1004-4965（2009）05-0635-06

广东博贺近海海面的一次冷空气过程强风特征分析

黄继章[1,2]，范绍佳[1]，宋丽莉[1,3,4]，植石群[4]，
刘吉[1]，邱军[1]，刘爱君[4]

（1. 中山大学环境科学与工程学院环境气象研究所，广东 广州 510275；2. 广州市环境保护科学研究院，广东 广州 510620；
3. 中国气象局广州热带海洋气象研究所，广东 广州 510080；4. 广东省气候中心，广东 广州 510080）

摘　　要：利用广东博贺离海岸 6 km 的一个海上 100 m 铁塔观测到的梯度资料，采用特征量分析方法，研究强冷空气过程海洋近地层强风的微观特征。结果表明：冷锋过境时，近地层的气象要素有明显的响应：温度骤降、风速加大、气压上升，风向有明显的转变；风向标准差和风速标准差在冷锋前、冷锋过境和冷锋后都有明显不同；冷锋过境大风湍流度为 0.08，阵风系数为 1.19；此次冷锋过境强风在时间上表现为周期 0.5 ~ 1 h 的低频阵性；在空间上，60 m 附近存在近地层的最大风层。

关 键 词：海面近地层；强风特征；强冷空气过程；广东博贺

中图分类号：P425.4　　**文献标识码**：A　　**Doi**：10.3969/j.issn.1004-4965.2009.05.016

1 引　　言

随着沿海经济社会的快速发展，我国海岸和近海区域大型建设项目日趋增多，跨海大桥和离岸风电场建设已深入到离岸更远的海上。近海海面强风特性无疑是海岸和近海区域工程项目抗风设计和未来经济发展规划所关注的重要自然因素之一。近海地处海洋和陆地的过渡带，其边界层大气物理特征必然融合了海洋和临近陆地边界层的某些特点。目前大部分边界层强风的风况特征研究主要是针对实地观测比较优越的陆地或海岸地区，取得了很多有意义的研究成果[1-6]。如程雪玲等[1]对大气层强风的阵性特征进行研究，表明大气层强风风速叠加有 2 ~ 3 种频率的阵风，尤以每 3 ~ 5 min 一阵的阵风最有规律性，且有明显的相干结构；宋丽莉等[2]对广东沿海近地层大风进行研究，表明不同天气系统所致的大风阵性具有明显差异。由于海上观测的难度大，过去系统的海面实际观测十分稀少，针对近海海面强风的研究也不多见。本文利用离海岸 6 km 左右的近海海上 100 m 高梯度测风塔“捕获”的一次冷空气过程观测资料，重点分析近海海面强风的微观特征，以期在进一步丰富对广东沿海强风认识的同时，对近海工程项目的抗风设计提供参考依据。

2 资料来源及处理

研究资料来源于广东省气象局在广东博贺离海岸 6 km 的一个无人小岛——峙仔岛上建立的 100 m 气象观测塔的 2007 年 4 月的梯度观测资料。峙仔岛为海中小岛，长 120 m、宽 50 m，海拔 10 m，铁塔塔基位于峙仔岛最高处。观测塔采用的仪器为美国 NRG 系列轴式测风仪，采样频率为 1 Hz，每 10 min 输出 1 组数据。梯度资料包括 10、20、40、60、80、100 m 六层 10 min 平均风速和 10 min 风速标准差，10、60 和 100 m 三层 10 min 平均风向和 10 min 风向标准差，10 m 处温度和气压。

2007 年 4 月 1—5 日，海上 100 m 气象观测塔成功捕获了一次较强冷空气过程，可分为 3 个时段：1 日 00：00—2 日 17：40 为冷锋前；2 日 17：40—4 日 09：30 为冷锋过境；4 日 09：30—5 日 23：50 为冷锋后。本文主要分析研究冷锋前、冷锋过境和冷锋后 3 个时段博贺海域近地层的强风特征。

3 冷空气过程概况

图 1 给出 2007 年 4 月 1—4 日 08：00 天气形势图。从图 1 可以清晰看到这次冷空气过程冷锋的移动情况：在 4 月 1 日 08：00，冷锋位于贵阳-长沙-南昌一线；2 日

收稿日期：2008-04-30；**修订日期**：2008-09-17
基金项目：国家自然科学基金重点项目（90715031）；国家基金项目（40775071，40875007）共同资助
通讯作者：范绍佳，广东省人，男，教授，主要从事大气边界层和环境气象研究。E-mail：eesfsj@mail.sysu.edu.cn

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

08：00 冷锋已越过南岭山脉；3 日 08：00 冷锋已经移至南海海面，广东博贺海上 100 m 气象观测塔在东北风的控制下。图 2 是冷空气影响过程海面近地层各气象要素的变化，可以看出，这次强冷空气过境时，广东博贺海上 100 m 气象观测塔的温度骤降、风速加大、气压上升，风向由偏南风转为强劲的东北风。气温从 2 日 17：50 的 24.2 ℃降至 4 日 03：20 的 12.7 ℃，降温达 11.5 ℃；10 min 最大平均风速出现在 3 日 03：00，6 个高度层 10 min 平均风速分别为 16.6、16.9、16.7、18.9、17.3 和 17.0 m/s。

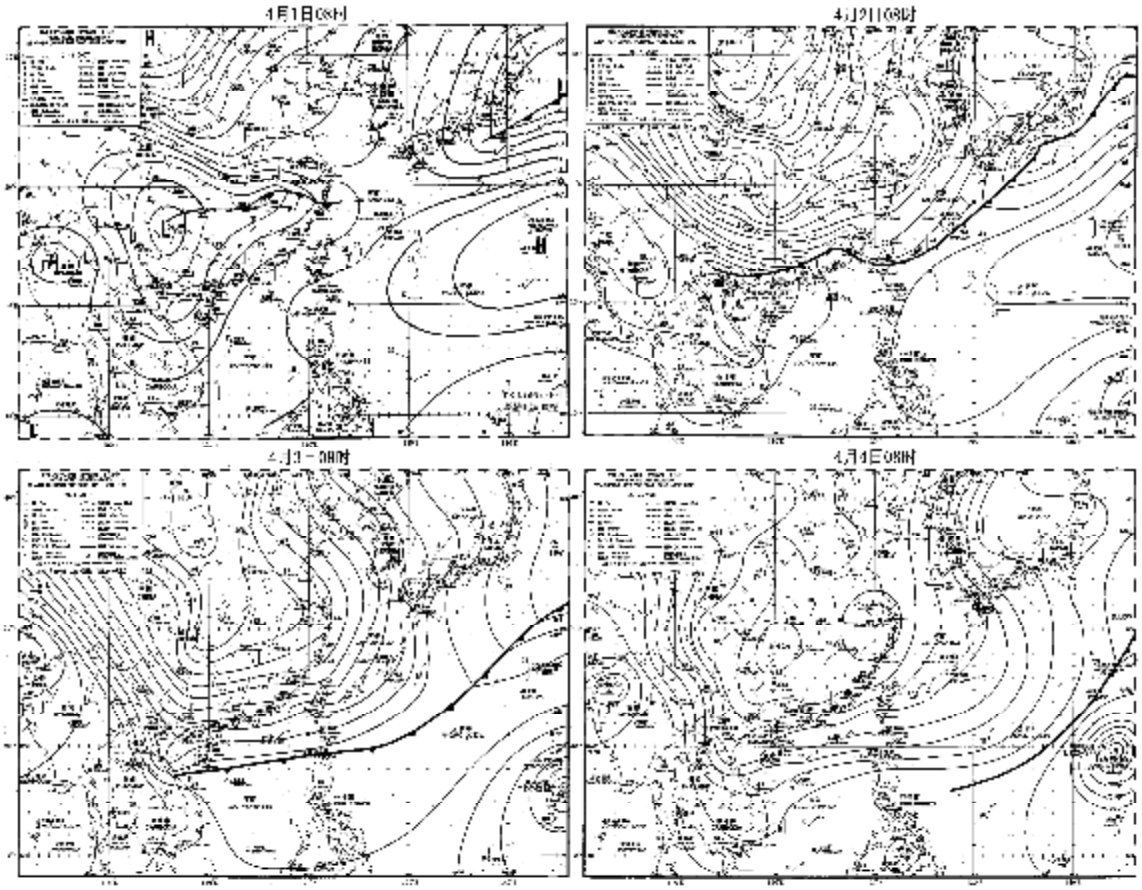

图 1 2007 年 4 月 1—4 日的 08：00 天气图[7]

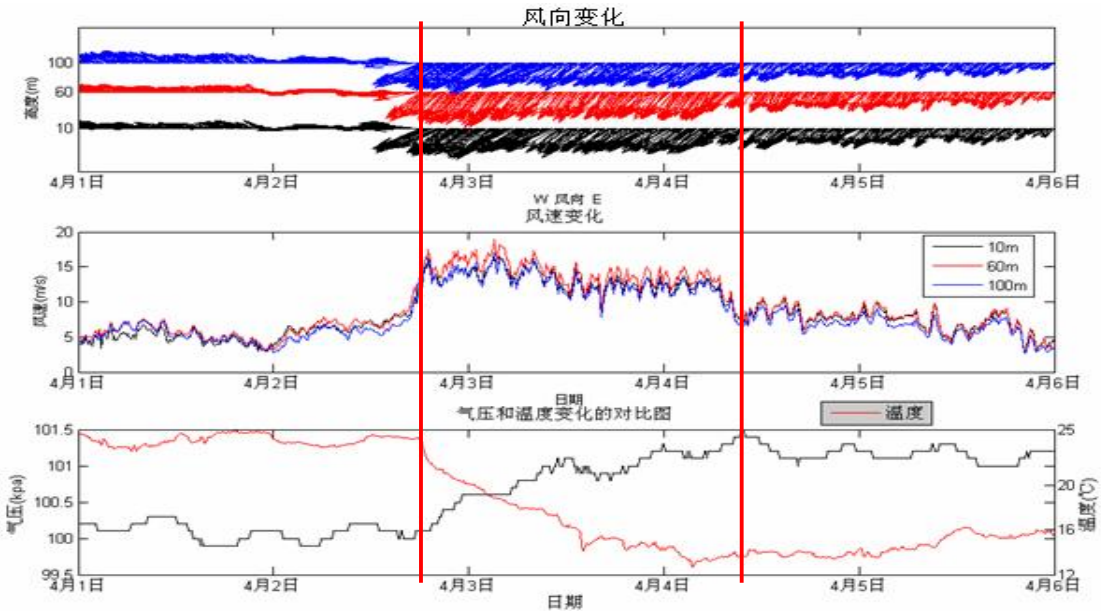

图 2 广东博贺海上 100 m 气象观测塔的海洋近地层气象要素变化

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

根据广东省气象局提供的博贺附近高州、茂名、电白、阳江 4 个地面气象站 10 m 高度和同期博贺、海南 2 个铁塔 10 m 高度的风向风速资料，用插值方法给出博贺铁塔附近海域和陆地 10 m 高度风场变化。图 3 是 2007 年 4 月 2 日 16：00—19：00 的 100 m 博贺铁塔附近海域和陆地的风场变化。从图 3 风场变化来看，2 日 16：00，博贺海上 100 m 气象观测塔的风向为 ESE 风（海风），17：00 风向转为 E 风（海风），18：00 开始，强盛的 NE 风（陆风）控制了沿海这一区域，完全被冷气团占据。

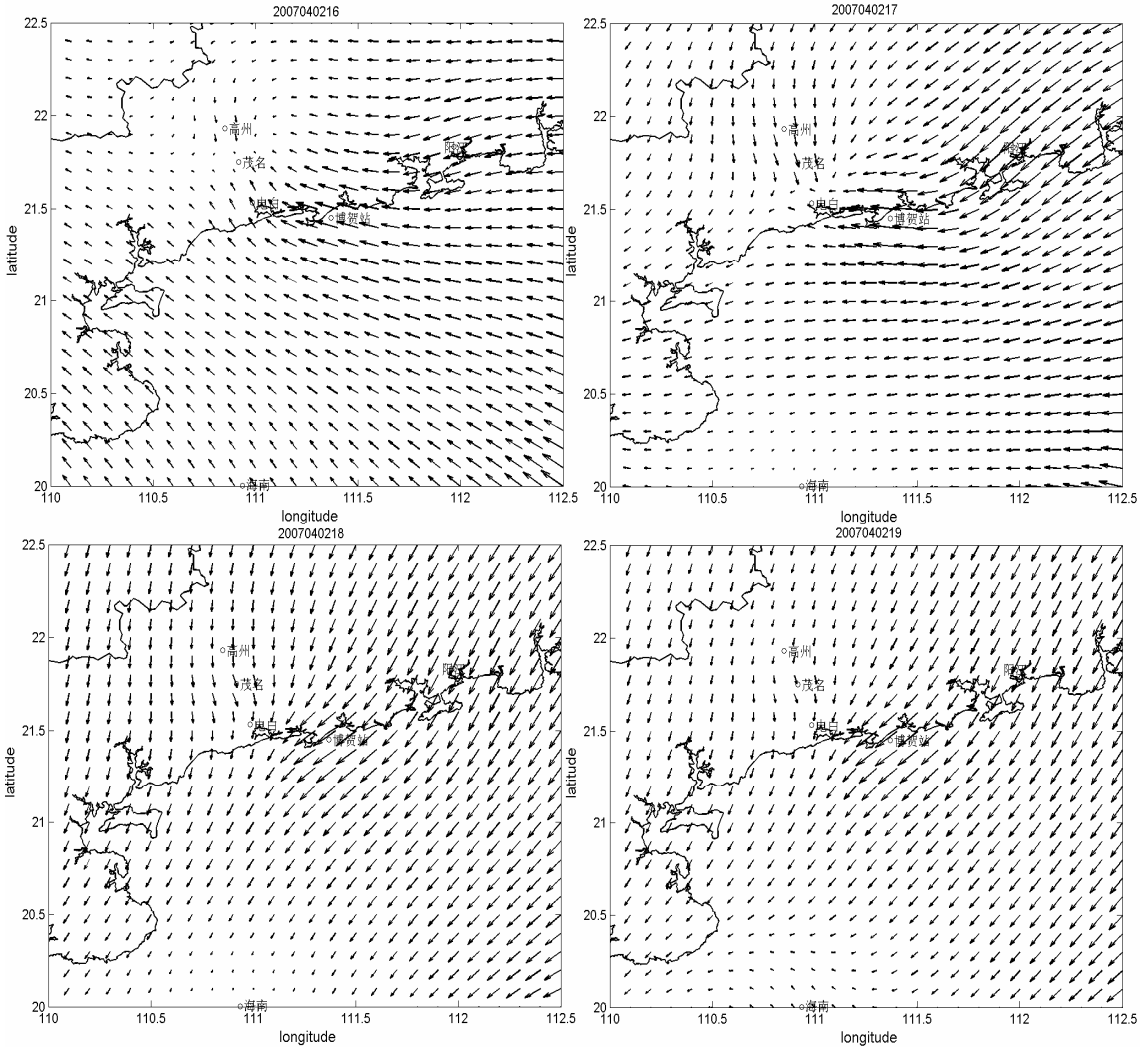

图 3　广东博贺海上 100 m 气象观测塔附近风场变化

4　冷空气过程海面近地层特征分析

4.1　冷空气过程风向标准差与风速标准差变化

图 4 给出了冷空气过程风向标准差变化情况。从图 4 可知，冷锋前风向标准差变化范围较大，在 2 ~ 15 °之间，而冷锋过境时风向标准差为 5 °左右，冷锋过境后风向标准差的变化范围又开始逐渐变大。

图 5 给出了冷空气过程风速标准差变化情况。从图 5 可知，冷锋前风速标准差平均为 0.4 m/s；冷锋过境时风速标准差增大，平均为 1 m/s；冷锋过境后风速标准差平均为 0.6 m/s。

4.2　冷空气过程湍流强度变化

湍流强度反映了风的脉动特征。这里采用风工程上常用的湍流度的概念，用时距 10 min 的脉动风速标准差 s 与 10 min 平均风速 $\bar{v}$ 的比值来表示湍流度 I，即，

$$I = \frac{s}{\bar{v}} \qquad (1)$$

图 6 给出了 4 月 1—5 日 10 m 处的风速湍流度的变化情况，冷空气过境期间的湍流度平均只有 0.08，并且变幅很小，说明冷锋过境期间海面风速大而稳定，这种强度的湍强影响作用较小。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

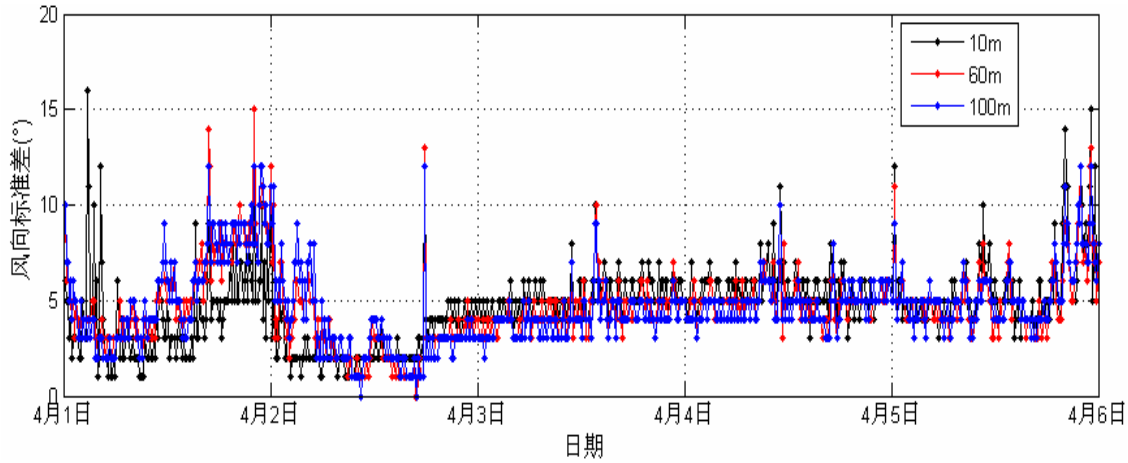

图 4 冷空气过程风向标准差变化情况

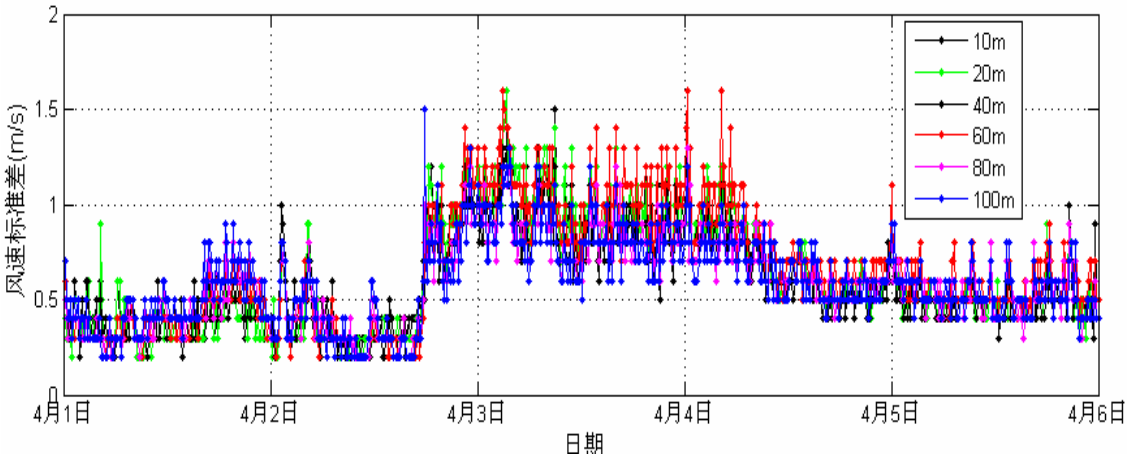

图 5 冷空气过程风速标准差变化情况

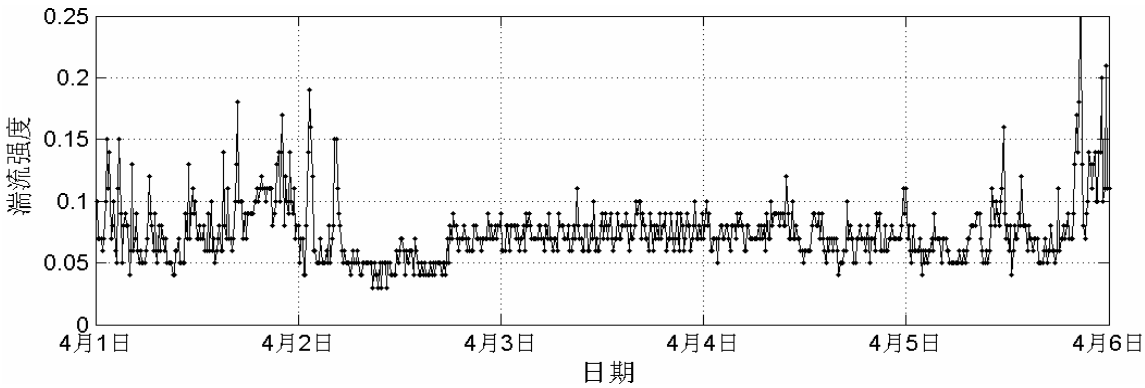

图 6 4 月 1—5 日 10 m 风速湍流度变化

4.3 冷空气过程阵风系数分析

阵风系数是描述风的阵性特征的另一种统计参数。一般情况下，以持续时距小于 3 s 的风称为阵风，平均风速可按风的持续时间定义为分钟、小时等[2]。根据观测资料将最大阵风风速与 10 min 最大平均风速的比值定义为阵风系数 G，

$$G=\frac{v_{\max}}{\bar{v}} \qquad (2)$$

式中 $v_{\max}$ 为最大阵风风速，这里为时距 1 s 的最大阵风风速，$\bar{v}$ 为 10 min 最大平均风速。

在已知最大平均风速和阵风系数的情况下就能求出最大瞬时风速。在最大平均风速相同的情况下，阵风系数越大，最大瞬时风速也越大，可能造成破坏就越大，因此在风工程和风能利用中都很注重阵风系数的研究。

图 7 给出此次冷空气过程阵风和阵风系数。从图 7

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

可知，各层 10 min 最大平均风速均在 16 m/s 以上，其中 60 m 处出现最大。各层最大阵风的垂直变化与 10 min 最大平均风速基本一致，最大阵风为 23 m/s，出现在 60 m 处。各层的阵风系数以 60 m 处最大为 1.22，40 m 处最小为 1.15，相差 0.07。此次冷空气过程的阵风系数平均为 1.19，小于《公路桥梁抗风设计指南》[8]对海上、海岸阵风系数的推荐值 1.38。

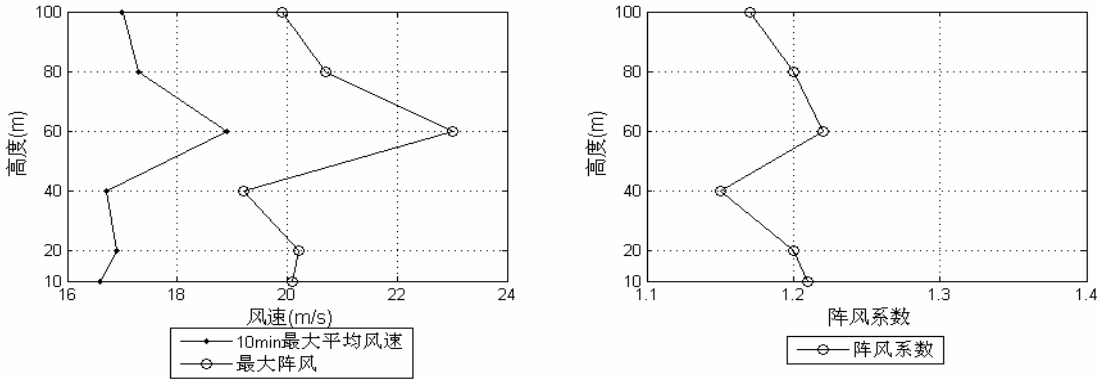

图 7　冷空气过程阵风和阵风系数

4.4　近地层强风的时间和空间分布特性

以时间序列作为 x 轴，各高度层作为 y 轴，用 Matlab 将各高度层的风速按时间顺序画成等值线图，用来分析近地层风的时间和空间特性。图 8 给出冷锋过境前后广东博贺海上 100 m 气象观测塔风速时空变化。从图 8 可见，冷锋前整个近地层风速都较小，风速在 3 ~ 10 m/s；冷锋过境时 60 m 处先出现风速极大值，逐渐加大，到 4 月 2 日 18：00 整个近地层风速都大于 12 m/s。冷锋过境过程中 60 m 左右出现风速大值，且这大值出现的时间多为阵性出现。根据程雪玲等[1]的研究，大气层强风风速叠加有 2 ~ 3 种频率的阵风，尤以每 3 ~ 5 min 一阵的阵风最有规律性。此次冷锋过境强风在时间上表现为周期 0.5 ~ 1 h 的低频阵性，由于风速为 10 min 平均，对于小于 10 min 的低频阵性在这里无法分析得出；在空间上，60 m 附近存在近地层的最大风层，这一高度出现最大风层需要更进一步研究。如借助超声风速仪资料，海、陆梯度塔同步观测资料等进一步研究海、陆梯度铁塔同步观测资料的差异，对不同天气系统的风特性进行比较研究。

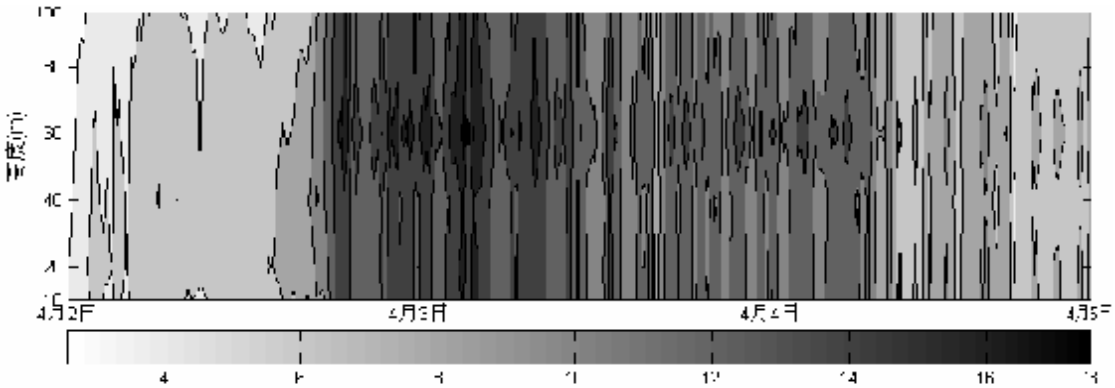

图 8　冷锋过境前后广东博贺海上 100 m 气象观测塔风速时空变化

5　结　　论

（1）冷锋过境时，海洋近地层的气象要素有明显的响应：温度骤降、风速加大、气压上升，风向由偏南风转为强劲的东北风。

（2）冷锋过境时，风向标准差较小，风速标准差大于冷锋前和冷锋后。冷锋过程的大风湍流度较小，平均为 0.08。

（3）冷锋过程的阵风系数平均为 1.19，小于《公路桥梁抗风设计指南》推荐的海面阵风系数值。

（4）强风风速具有阵性特征，此次冷锋过境强风在时间上表现为周期 0.5 ~ 1 h 的低频阵性；在空间上，60 m 附近存在近地层的最大风层，这一现象还需要在今后的工作中做进一步的深入研究。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

参 考 文 献：

[1] 程雪玲，曾庆存，胡非，等. 大气边界层强风的阵性和相干结构[J]. 气候与环境研究，2007, 12(3): 227-243.

[2] 宋丽莉，毛慧琴，汤海燕，等. 广东沿海近地层大风特性的观测分析[J]. 热带气象学报, 2004, 20(6): 731-736.

[3] 陈艾荣，黄鹏，项海帆. 桥梁阵风风速系数研究[J]. 同济大学学报，1998，26（3）：241-244.

[4] 陈特固，钱光明. 华南沿海热带气旋阵风因子的研究[J]. 南海研究与开发, 1998(2)：18-23.

[5] 陈凯，余永生，贾丛贤. 傍山地区的强风场特性实测研究[J]. 流体力学实验与测量, 2003, 17（3）：18-22.

[6] 张正，徐天真，方俊雄，等. 埕岛海域风况观测与分析[J]. 黄渤海海洋, 1994, 12(1): 9-18.

[7] http://gb.weather.gov.hk/. 香港天文台.

[8] 项海帆，林志兴，鲍卫刚. 公路桥梁抗风设计指南[M]. 北京：人民交通出版社, 1996.

A CASE STUDY OF THE CHARACTERISTICS OF STRONG WIND NEAR THE OCEAN SURFACE DURING A STRONG COLD AIR PROCESS IN BOHE GUANGDONG

HUANG Ji-zhang[1, 2], FAN Shao-jia[2], SONG Li-li[1, 3, 4],
ZHI Shi-qun[4], LIU Ji[1], QIU Jun[1], LIU Ai-jun[4]

（1. Institute of Environmental Meteorology, School of Environmental Science and Engineer, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;
2. Guangzhou Research Institute of Environmental Protection, Guangzhou 510620, China;
3. Institute of Tropical and Marine Meteorology, CMA, Guangzhou 510080, China;
4. Guangdong Climate Center, Guangzhou 510080, China）

Abstract: Based on gradient data from a 100-meter maritime tower 6 km off the coast of Bohe, Guangdong, the microcosmic characteristics of strong wind near the ocean surface layer during a strong cold air process are studied by analyzing the characteristic quantities. It is found that the meteorological elements have noticeable response to the passage of the cold front with fast fall in temperature, increase in wind speed and air pressure and sharp change in wind direction. The standard deviation of wind direction and speed are very different before, during and after the cold front. The turbulence intensity of high wind during the passage of the strong cold air process is 0.08 and the gust factor is 1.19. The strong wind shows a low-frequency gustiness of 0.5 ~ 1 h and maximum speed at an altitude of 60 m.

Key words: near ocean surface layer; characteristics of strong wind; strong cold air process; Bohe Guangdong

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com