

# 南海西沙一次冷空气强风分析

周宇

(三沙市气象台,海南 三沙 573199)

**摘 要:** 对南海西沙一次冷空气引发强风天气进行分析。分析表明:高空低涡东移南下,横槽转竖,强冷空气爆发,大举南下入侵处于低纬的西沙,是引起西沙强风天气的主要环流背景。探讨850 hPa变温场分布特征指出:负变温的演变、强弱分布等与地面气压场演变特征有关,地面气压场中等压线的密集区与强风关系明显。温度平流场分布演变与地面气压梯度、变压梯度有较明显的一致性,冷平流可增强地面气压梯度和变压梯度,是西沙强风生成与发展的重要原因。

**关键词:** 强风天气;变温场;气压梯度;温度平流

**中图分类号:** P732.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2017)04-0058-08

## 1 引言

在东北季风盛行时期,冷空气是影响南海的主要天气系统之一<sup>[1]</sup>,大陆冷空气以不同强度的爆发或补充形式向南侵袭导致的季风潮过程,常在南海形成大风天气<sup>[2-3]</sup>,常常会发生灾害,导致人民生命财产的巨大损失。一些学者对南海大风天气的进行了探究,李维锋<sup>[4]</sup>通过判断Hadley环流的强度变化,来对南沙的风力变化进行预报。刘作智等<sup>[5]</sup>统计分析了南沙海区西南大风的一般情况,并对出现大风的天气形势进行分类统计。周学群等<sup>[6]</sup>对南沙西部一次偏北大风过程进行分析。由于我国南海海域辽阔,各海区观测站点相对较少,海上风力的强弱变化和维持时间已成为日常气象预报工作中的一个难点。三沙市自2012年建市以来,随着海上通航条件的快速发展,对于海上强风规律的准确把握显得尤为迫切,目前对南海西沙海域的海上大风的研究基本处于空白。2016年1月23日受罕见的席卷全国的强冷空气影响,三沙市及附近海面出现8—10级大风,本文利用西沙永兴岛、珊瑚岛的气象数据,在分析气温、强风的基础上,通过进一步的探讨低纬偏北大风形成的物理机制,分析冷空气引发大风

的成因,为日后能够准确的预报大风提供依据。

## 2 资料和方法

文中使用的资料有西沙永兴岛、珊瑚岛常规地面站资料、美国国家环境预报中心(National Centers for Environmental Prediction, NCEP)  $1^\circ \times 1^\circ$  分辨率,逐6 h再分析资料。计算和分析有关的物理因子,分析冷空气引发低纬海区偏北大风的成因。

## 3 冷空气大风过程及环流形势

### 3.1 冷空气降温过程特征

受强烈的冷空气影响,西沙永兴岛于23日凌晨气温开始骤降,25日01:16:23(北京时,下同)达到最低温度 $17.1^\circ\text{C}$ ,相较于22日的最低温度 $25.1^\circ\text{C}$ ,过程降温幅度达 $8^\circ\text{C}$ 。23日凌晨也出现了较为明显的负变温,并于23日15时出现最大负变温 $-7.2^\circ\text{C}$ (见图1),是1962—2016年54 a以来历史同期(1月下旬)最低气温,是南海西沙一次罕见、少有的冷空气降温过程。

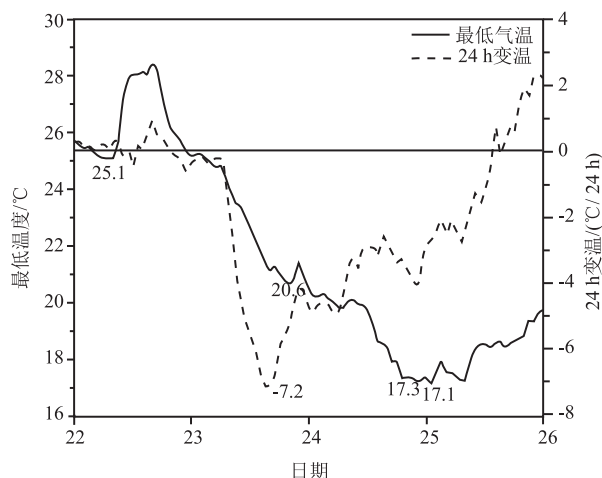


图1 2016年1月22—26日永兴岛最低温度和24 h变温逐时演变

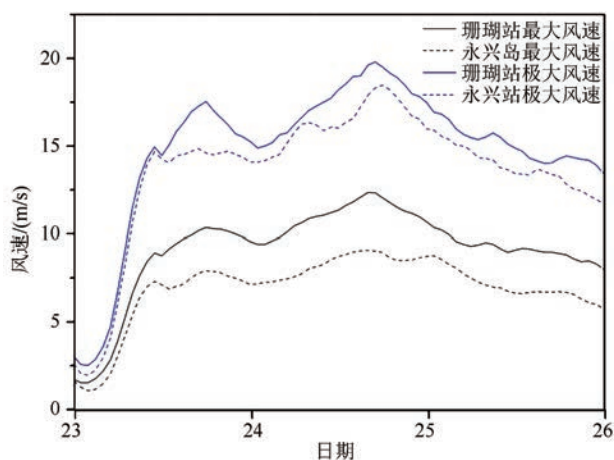


图2 2016年1月23—26日西沙永兴岛、珊瑚站风速滑动平均曲线

### 3.2 强风过程特征

采用地面观测规范行业标准(2007年),即极大风速指某个时间段内出现的3 s平均风速最大值;最大风指某个时段内出现的10 min平均最大风速值。根据琼州海峡大风课题研究和预警业务,定义最大风速 $\geq 10\text{ m/s}$ 和极大风速 $\geq 17\text{ m/s}$ 为大风事件<sup>[7]</sup>。

从23日06时开始,海南西沙周围最大、极大风速开始增强,西沙珊瑚站于23日15时达到大风事件(最大风速:10.1 m/s,极大风速:17.4 m/s),从24日06—20时,珊瑚站出现极大风速和最大风速最为强盛时段,最大风速为11.9 m/s和极大风速为20.9 m/s,而永兴岛也在这时风速也为强盛时段,最大和极大风速分别为9.1 m/s和19.8 m/s(见图2)。由此可见,这次冷空气降温幅度大、风力强,致使西沙海上交通停止,树木及岛上一些设备受大风破坏,渔民不能出海捕渔等造成严重经济损失。

### 3.3 环流形势特征分析

21日20时500 hPa高空图上,在乌拉尔山东部有一571位势什米东北-西南向的阻塞高压,在贝加尔湖东侧有一512位势什米切断低涡,从21日20时—24日08时(见图3a),低涡中心一直南掉,同时与低压配合的冷中心也向南侵东扩。从低压中心至巴尔喀什湖东南部有一横槽,由于阻塞高压前部有一支偏北急流,使横槽南摆转竖,引导强冷空气爆

发,大举南下。700 hPa、850 hPa的高空强锋区也自北向南移动(图略),到24日08时,低涡中心位于朝鲜半岛东部,从中心经长江下游到华南北部有一高空槽,850 hPa锋区也自北向南一路南压,24日08时西沙已处于锋区的南部边缘。

21日20时—24日08时,在地面图上贝加尔湖一直存在1 065 hPa以上强大的高压,向长江中游伸展,在23日08时—24日08时,在湖南的北部分裂一个1 047.5 hPa以上高压中心,从23日08时开始,从分裂高压中心到台湾东部洋面为一脊线(见图3b,斜虚线为脊线),西沙处于脊线西南部的等压线密集区域边缘(见图3中矩形框区域,随着该区域向南推移,受其影响,西沙永兴岛观测站测得的极大风速从07时9.8 m/s突然增加到14.3 m/s,到24日最大等压线密集区就处于西沙附近,极大风速再次增强到16 m/s以上。

## 4 冷空气引发气压场变化对强风的作用

### 4.1 850 hPa变温特征分析

本文用850 hPa 24 h变温强度移动、分布等来表征冷空气的活动特征。冷空气最先于21日20时在内蒙古中部形成强降温区,随着低涡的南掉,至22日20时,强降温区已转移至河套地区,在河套附

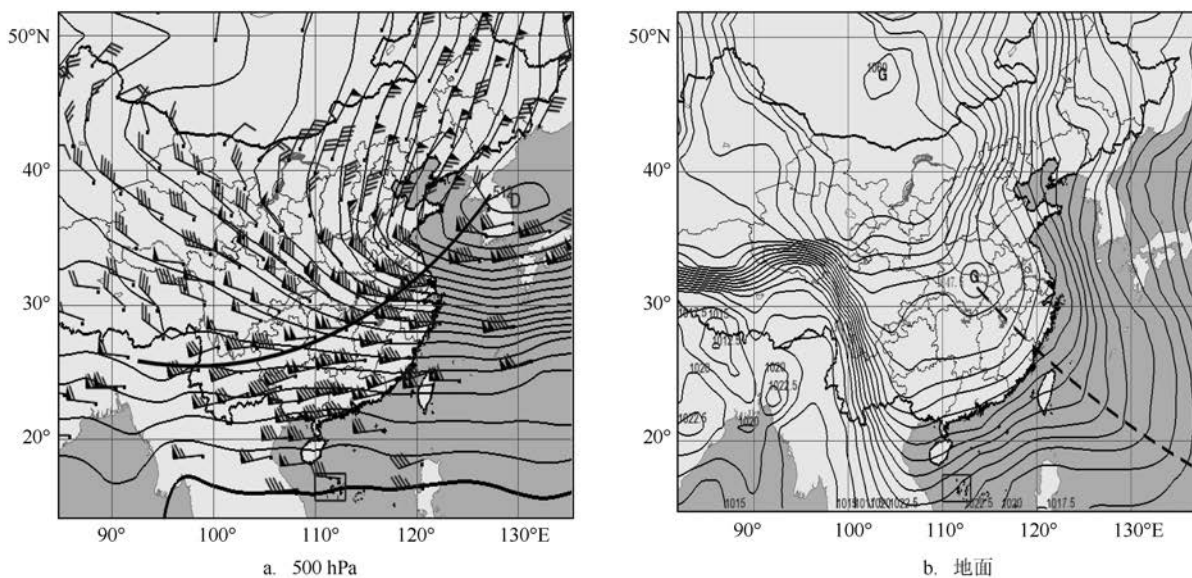


图3 2016年1月24日08时天气形势场

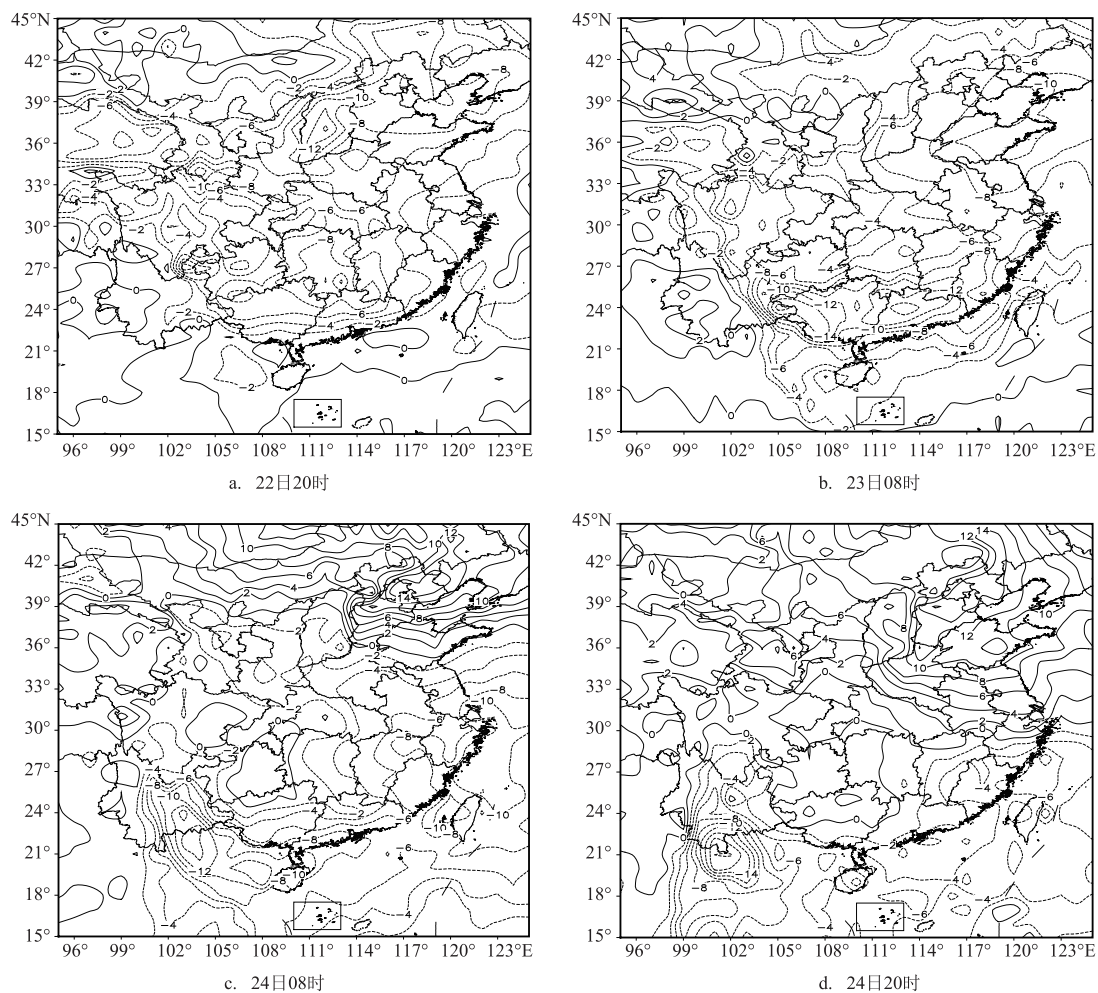


图4 2016年1月22日20时—24日08时850 hPa 24 h变温分布(单位:°C/24 h)



近存在2个明显的变温中心,变温中心数值超过 $-10^{\circ}\text{C}$ ,也逐渐南移,南方的变温中心虽移至湖南东南部,此时西沙离变温中心还较远,气温没有明显的变化。从23日08时开始,变温中心继续增强南压,至24日08时,变温中心已移动到海南岛北部,变温中心数值超过 $-12^{\circ}\text{C}$ ,西沙处于 $-4\sim-6^{\circ}\text{C}$ 变温线之间,温度下降明显,到了24日20时,变温中心处于西沙,其中心数值在 $-6^{\circ}\text{C}$ 以上(见图4b—d)。虽然变温强度减弱,但在低纬度的西沙出现这样强降温是十分少见的。

负变温中心演变、强弱的分布对应的地面气压场分布有明显的关系,在1月24日08时负变温中心 $-10^{\circ}\text{C}$ 等值线处在海南岛北部(见图4c),对应24日08时地面气压场西沙处于高压脊西南侧的等压线密集区,该区与强风发生发展是对应的。

## 4.2 地面气压的变化特征

对流层中低层锋区南压,温度自北向南出现降温,负变温中心也向南增强变冷,可引发地面高压增强,同时也引起气压梯度和变压梯度变化。为了更进一步研究气压梯度、变压梯度与强风之间的关系,以西沙永兴国家自动气象站为圆点坐标(站号:59 981,  $16.5^{\circ}\text{N}$ ,  $112.2^{\circ}\text{E}$ )的5个纬度为半径作圆弧,选取圆弧线上的气象站气压数据,统计全部气象站5个纬距范围内的气压梯度和变压梯度,选取绝对值最大的气压梯度和变压梯度。22日02—14时气压梯度为 $2.3\sim 3.7\text{ hPa}/5^{\circ}\text{N}$ ,之后气压梯度一直在上升增强,到24日08—20时出现气压梯度的强盛时段,其值为 $9.4\sim 12.8\text{ hPa}/5^{\circ}\text{N}$ ,较前期22日14时之前的气压梯度增加4倍左右(见图5)。在近地面层中主要是气压梯度力、地转偏向力、摩擦力三者相互平衡<sup>[8]</sup>,即:

$$-\frac{1}{\rho}\nabla p - f\vec{k} \times \vec{v} + \vec{F} = 0 \quad (1)$$

式中: $\rho$ 为空气密度, $p$ 为气压, $k$ 为 $z$ 方向的单位矢量, $f$ 是科式参数。 $F$ 为摩擦力, $v$ 代表风速。

由式(1)变为:

$$\vec{v} = -\frac{1}{f\rho}\nabla p \times \vec{k} + \frac{1}{f}\vec{F} \times \vec{k} \quad (2)$$

从式(2)可以看出因气压梯度增大必然引起风速的增加,因24日08—20时气压梯度较22日增强

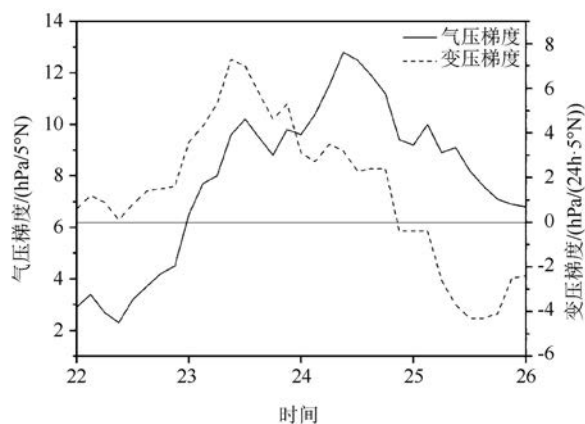


图5 2016年1月22—26日气压梯度和变压梯度的演变

到4倍左右(见图5),对应西沙在此时段内也发生、发展强风天气过程。

同时,从23日02时至20时都维持较大的变压梯度,为 $4.3\sim 7.3\text{ hPa}/24\text{ h}\cdot 5^{\circ}\text{N}$ ,而24日08时—20时的气压梯度峰值与强风——对应的(见图5),这也清楚表现变压梯度的峰值对强风出现具有超前性,对预报大风具有指示意义。

对式(2)两边对时间求偏导可得:

$$\left| \frac{\partial V}{\partial t} \right| = \left| -\frac{1}{f\rho}\nabla \frac{\partial p}{\partial t} \times \vec{k} + \frac{1}{f} \cdot \frac{\partial \vec{F}}{\partial t} \times \vec{k} \right| \quad (3)$$

式中: $t$ 是时间。从式(3)可以看出,在近地面层中,除了摩擦作用,水平风速的变化与变压梯度直接相关,显然,气压梯度和变压梯度的增强是由于冷空气南下引起的,强冷空气能引起地面高压增强,其高压中心一直在 $1065\text{ hPa}$ 以上,而且高压中心向南移动和扩展过程中,其外围等压线变密,气压梯度增大和变压梯度变大,由此引起大风事件。

## 5 温度平流的变化特征

22日20时,在 $500\text{ hPa}$ 高空图上,在河套东部有强冷平流区,其中心强度为 $-3\times 10^{-4}\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上,强冷平流区开始东移加强,到了24日08时(见图6),强冷平流区已形成两个中心,其中一个在长江中游,另一个已移至黄海,中心强度都为 $-8\times 10^{-4}\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上,并自 $500\text{ hPa}$ 向对流层中低层( $700\text{ hPa}$ 、 $850\text{ hPa}$ 、

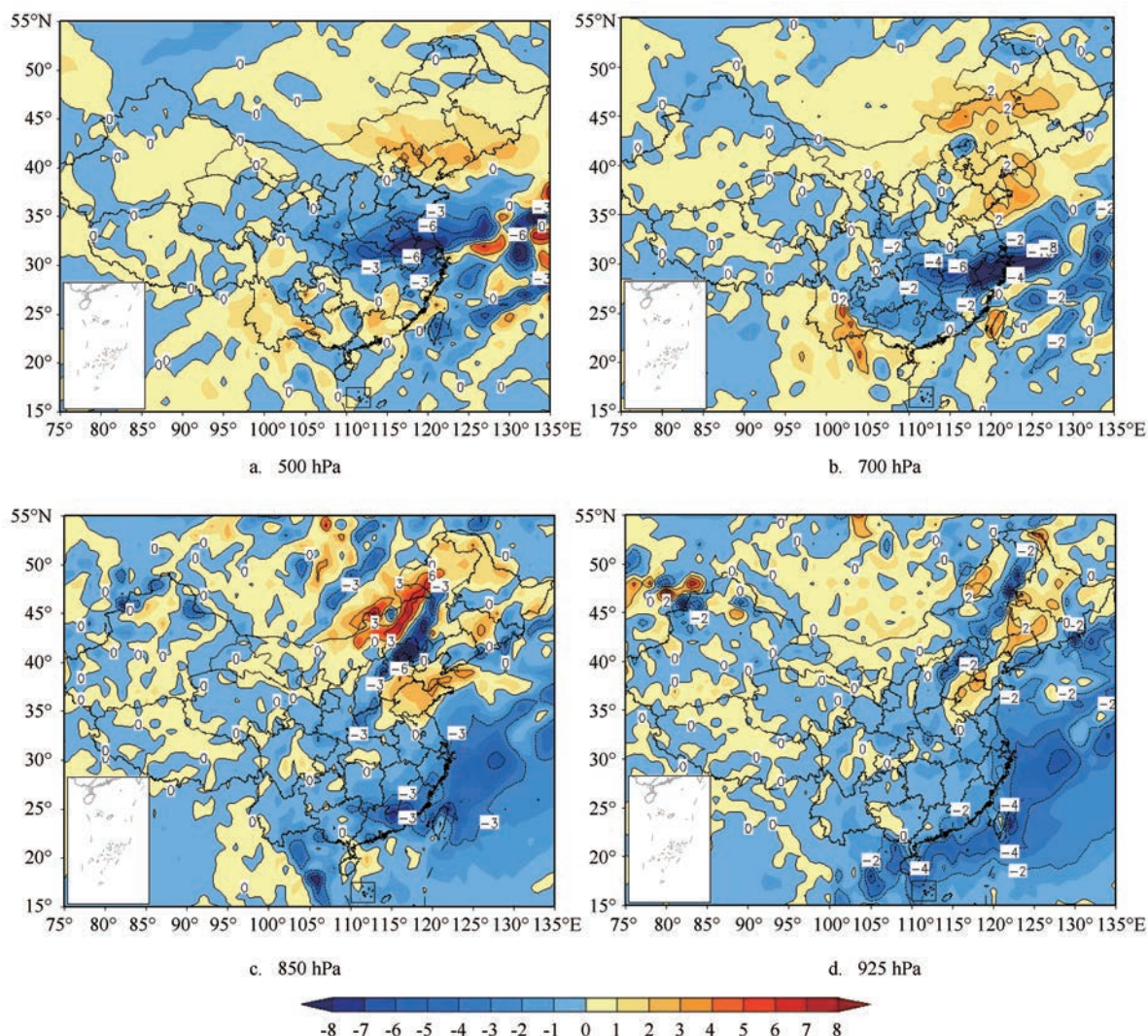


图6 2016年1月24日08时对流层中低层温度平流(单位: $10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C/s}$ )

925 hPa)形成冷平流后倾斜通道,在925 hPa上,西沙处于强冷平流区,处于 $-2 \times 10^{-4} \sim -4 \times 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C/s}$ 等值线之间,由于强冷平流东移南压可引起地面气压场、变压场变化,地面高压中心向东南移动,其中心轴线向东南方向伸展(见图3b),其高压中心外围出现等压线的密集区,气压梯度增强,冷平流可增强地面气压梯度和变压梯度引发强风生成和发展。

由气压倾向方程<sup>[8]</sup>

$$\frac{\partial p_{z_0}}{\partial t} = - \int_0^{\infty} g \left( u \frac{\partial \rho}{\partial x} + v \frac{\partial \rho}{\partial y} \right) \delta z - \int_0^{\infty} g \rho \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) \delta z \quad (4)$$

式中:  $p_{z_0}$  是  $z_0$  处的气压,  $g$  是重力参数。右式第一项可知:地面气压的变化与地面以上整个气柱的密度平流(热力因子)有关。因此,若空气气柱的

质量发生变化,则地面气压必然发生变化。在相同气压条件下冷空气密度比暖空气密度大,当整个气柱中以冷平流为主时地面气压将上升,冷平流引起的正变压越大,越易产生强风。

本文还选取23日08时—24日20时各层的温度平流资料,沿  $112.2^{\circ}\text{N}$  作温度平流的垂直剖面(见图7)。23日08时,已存有冷平流自500 hPa向下的后倾斜通道,但在300 hPa高度上有一较强的暖平流中心,受到400 hPa到300 hPa之间的暖平流阻隔,未形成向下后输送通道的贯通,随着冷平流强度的增加和对流层中高层的暖平流的减弱,至24日08时,自200 hPa而下形成较强的冷平流后倾斜通道,24日08—20时发生强冷平流自高层向下倾斜通道,



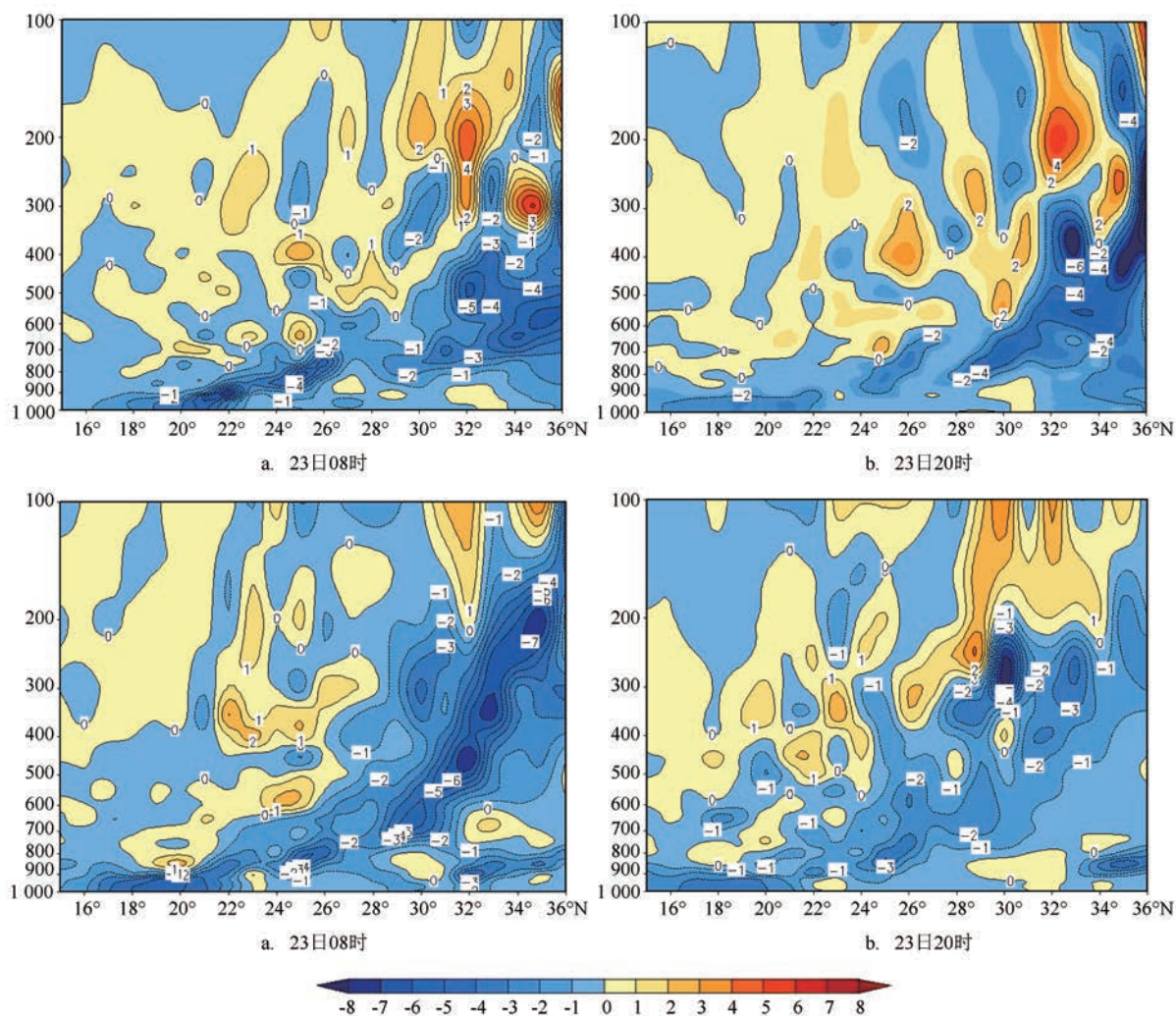


图7 2016年1月23日08时—24日20时温度平流垂直剖面(单位: $10^{-4}$  °C/s)

出现一致明显下传发展的特征,对应地面风场增强。

22日对流层低层为弱暖平流控制,未受到明显的冷平流影响,23日08—20时,研究区域受冷平流影响,并逐渐加强(见图8a)。925 hPa、850 hPa、500 hPa 3层22日均显示为暖平流,到23日08时,500 hPa没有变化仍为暖平流,850 hPa平流变化不大,925 hPa则由暖平流转为冷平流并明显增强(见图8b),该时段对应图5气压梯度和变压梯度均快速增强,同时对图2所示的极大风速、最大风速曲线的第一个峰值,显然925 hPa由暖平流转为冷平流并增强,表现对强风出现具有超前性,对预报大风具有指示意义。

24日08—20时(见图8a),对流层低层冷平流再

次增强,中心强度超过 $-3 \times 10^{-4}$  °C/s。500 hPa平流变化不大,850 hPa冷平流加强,925 hPa冷平流又一次明显增强(见图8b),对应图5气压梯度和变压梯度又一跃升,对应图2的风速变化的出现第二个峰值。由此可见,冷平流的变化是与风速的变化关系紧密。强冷空气伴随的冷平流使得地面正变压场加强,变压梯度增大,地面气压梯度迅速增加,促使南海西沙强风形成,从而构建冷空气引发强风的因子链,由此可利用这些因子的数值产品,对强风预报释用提供依据。

通过分析2016年1月23—26日南海西沙一次冷空气强风发生发展,得出如下4点结论:

(1)受大举南下的冷空气影响,西沙出现1962年以来,54 a的历史同期最低气温,也是一次罕见的

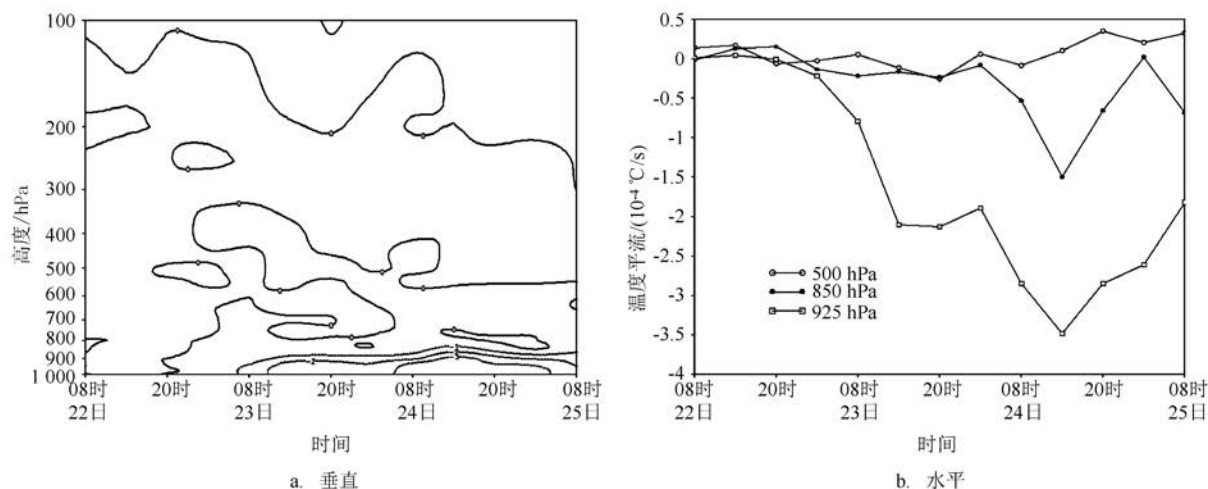


图8 2016年1月22日08时—25日08时温度平流演变(单位: $10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C/s}$ )

冷空气降温强风天气过程;

(2)本文探讨得出这次强风过程是由于低压中心南掉、横槽转竖,强冷空气爆发大举南下形势背景下发生的;

(3)对流层中低层负变温中心自北向南移动,地面高压增强,在高压中心向南移动或伸展过程中,在其南部边缘一直存有等压线密集区,从而引起气压梯度和变压梯度增强;

(4)冷平流使得地面正变压加强,变压梯度增大促使强风发生,温度平流垂直结构表明:自上而下一条后倾型传输通道,当后倾高层到底层出现一致明显下传发展特征,地面风场将增强。

#### 参考文献:

[1] 刘明月, 兰秀凯. 怎样做好南海的气象保障[J]. 海洋预报, 2011,

28(6): 72-76.

[2] 黄焕卿, 韩雪. 东亚冷空气的变化趋势[J]. 海洋预报, 2014, 31(5): 69-75.

[3] 梁必骐, 王安宇, 梁经萍, 等. 热带气象学[M]. 广州: 中山大学出版社, 1990: 58-59.

[4] 李维锋. 南沙海区持续东北大风产生的原因分析[J]. 海洋通报, 2004, 23(1): 90-93.

[5] 刘作智, 钟德明. 南沙海区7-9月西南大风的天气形势及其预报[J]. 海洋通报, 1983, 5(5): 15-20.

[6] 周学群, 尹鸿远. 南沙西部一次偏北大风过程的观测与分析[J]. 海洋通报, 1987, 6(4): 93-95.

[7] 辛吉武, 翁小芳, 许向春, 等. 琼州海峡南北海岸带大风的天气气候特征[J]. 气象, 2009, 35(10): 71-77.

[8] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理和方法[M]. 4版. 北京: 气象出版社, 2000: 53-54, 74-75.

## Analysis on gale weather process accompanied by severe cold air on Xisha islands of South China Sea

ZHOU Yu

*(Sansha Provincial Meteorological Observatory, Sansha 573199 China)*

**Abstract:** The characteristic of gale weather process accompanied by severe cold air on xisha islands of South China Sea was studied in this paper. The results showed that the circulation background was resulted from the south falling vortex, zonal trough became a meridional one and the strong cold air breaking out aggressive invaded XiSha at low latitude. Through the discussion of the distribution characteristics of the varying temperature field at 850hPa, it pointed out the evolution and strength distributions of negative varying temperature had a relation with the surface pressure field character, and the isobar dense zone also had a significant association with gale. The distribution and evolution of temperature at advection level showed a same trend with surface pressure gradient and allobaric gradient. The cold advection could enhance surface pressure gradient and allobaric gradient, which was an important factor for the occurrence and development of gale weather process on xisha islands.

**Key words:** gale weather process; varying temperature field; pressure gradient; temperature advection