

舟山群岛海域一次大风过程的诊断分析

徐哲永, 王雷, 王坚侃

(舟山市气象局, 浙江 舟山 316021)

摘 要:对舟山群岛一次冷空气大风过程进行了诊断分析。结果表明:大风产生在典型的贝湖脊型横槽形势下,高空横槽的转竖使得冷空气从低层到高层开始向南爆发。冷空气南下与东海低压强烈发展造成的强气压梯度以及中低层冷平流的作用是造成强风的重要原因。高低层散度场的耦合以及高空锋区过境时产生的动力下沉运动造成强烈的动量下传,进一步加大了地面风速。

关键词:高空横槽; 冷空气大风; 低压发展; 动量下传

中图分类号:P732 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-0239(2012)05-0053-06

1 引言

近年来随着海上航运交通、救捞等海上作业的不断增多,海面强风的预报和服务在预报业务中也越来越受到重视^[1]。舟山地处长江口南侧和杭州湾外缘的东海洋面上,极易受到海上大风的影响。造成舟山市海上大风的天气系统主要有冷空气、台风和海上低压^[2]。其中,春、冬季节的舟山群岛,由冷空气引起的海上大风最具危险性。

2010年3月9—10日舟山海域出现了一次10—11级北到西北大风过程。其中9日白天到夜里,沿海普遍出现9—10级大风,而9日上半夜到次日早晨风力最强:浪岗测站出现12级大风,梁横、北鼎星等8个测站出现11级大风,嵊泗、小洋山等31个测站出现10级大风。全市10级大风持续时间长达24 h,过程降温幅度达5°—7℃。舟山市气象台对这次冷空气强风过程预报比较成功,风力强度、10级大风起止时间以及过程降温幅度与实况一致,只是对于极大风速起始时间的预报却比实况稍微提前。

考虑不同个例都各有其自身的特点,本文借鉴已有的研究总结,对本次大风出现的原因进行分析诊断,以期今后的预报服务工作提供参考。

2 环流形势分析

2.1 冷空气的形成与堆积

3月5日500 hPa图上亚洲大陆中高纬地区为西高东低的一槽一脊形势,此时乌拉尔山阻塞高压已经形成,西伯利亚地区为一宽广的低压区,低压区内有一东西向的横槽,处于阻塞高压脊前,横槽前有比较密集的高空锋区。6—7日,随着高空极涡东移,推动乌拉尔山阻高北段不断东移,使得阻高脊轴顺转,由N-S向转成NE-SW向,在脊轴转向的同时,脊前的横槽不断南压,至8日08时,横槽已压至乌兰巴托南面,槽前的密集锋区堆积在我国华北地区,槽后冷中心强度达到-40℃(见图1a),可见强冷空气已经形成并堆积。

700 hPa形势与500 hPa相似。8日08时,贝湖附近的脊区呈NE-SW轴向分布,横槽南倾,位于河套北部;槽后也有一个-28℃的冷中心配合;在35°—45°N之间有6根等温线,尤其是横槽前部40°N附近有锋区密集堆积;槽前后的正负变高分别为10 dagpm和-1 dagpm,相差11 dagpm。中低纬有一支NEE-SWW向的南支槽。

与低层850 hPa形势相似,地面图上,自6日起

收稿日期: 2011-09-17

作者简介: 徐哲永(1982-),男,工程师,主要从事短期天气预报工作。E-mail: xuzheyongzi@163.com

冷高压中心自贝加尔湖西侧快速南压并加强,至8日08时冷高压中心位于阿尔泰山脉的东南侧,强度达1078.6 hPa;冷锋处于通辽-赤峰-呼和浩特-兰州一线,在 40° — 45° N五个纬距内有8根等压线。与700 hPa的南支槽相对应, 20° — 30° N之间的地面图中有一支静止锋呈NE-SW向分布。此时,东海至南海一带为低压倒槽区,气压场呈东(南)低西(北)高形势,有利于引导冷空气南下。

而地面24 h变压场上:冷锋后部是大片的正变压区,其中在甘肃与内蒙古接壤处,有一块变压大于20 hPa的区域,其中心值为23 hPa,冷锋前部安徽、江西、湖南等地是负变压区,安徽南部有一负变压中心,中心值为-2 hPa,正负变压中心绝对值之和为25 hPa。

这是典型的贝湖脊型横槽形势^[3],当横槽下摆引起冷空气南下时,就容易造成浙北、浙中南沿海的偏北大风。

2.2 冷空气的爆发—横槽转竖

8日20时500 hPa高空图上,冷涡位于锡林浩特市附近,冷涡西伸的横槽已南压至内蒙古地区,此时横槽前的锋区中有小槽东传,中低纬也有南支槽东传,南北两支槽呈阶梯状分布,从而造成横槽前部等高线疏散,产生正涡度平流。同时,横槽前部有冷平流,槽前的正涡度平流和冷平流使横槽东南方产生负变高-11 dagpm,加上横槽后部又是暖平流正变高15 dagpm,这就预示着

横槽将转竖并向南加深^[4]。8日夜間500 hPa西段横槽开始快速转竖,高空冷涡东移并南掉,带动北方冷空气快速南下,9日20时,冷涡移至丹东附近,南、北两支高空槽合并,形成东亚大槽,槽线位于大连—上海—杭州—赣州一线,切断中心延伸出的长长的东亚大槽一直插到华南地区。此时的高空槽前后的正负变高呈准东西向分布,分别为17 dagpm和-28 dagpm(见图1b),9日上半夜500 hPa横槽完全转竖且经过舟山群岛。在横槽转竖过程中,冷空气自低层到高层朝南爆发,中低层850 hPa和700 hPa的槽线相继于9日早上和下午经过舟山海域,舟山沿海海面风力逐渐增大。

3 大风成因分析

3.1 地面气压场分析

在中高纬度,风场与气压场基本上符合地转风、梯度风原理^[4]。8日20时,地面中高纬地区仍处一个庞大的冷高压内,其中新疆—内蒙古地区有一个分裂冷高压,中心气压为1055 hPa。此时,低纬位于台湾西南的弱倒槽在高空700—500 hPa西南气流的引导下,开始朝东北方向,即500 hPa正涡度平流与暖平流中心附近移动,并且在移动过程中该系统得到发展,其强度逐渐增大。9日08时,在河套西侧分裂出1050 hPa的一个冷高压,与嵊泗站(气压1029.5 hPa)相距19个纬距,气压差达20.5 hPa,此时倒槽波动中心位于 28.5° N、

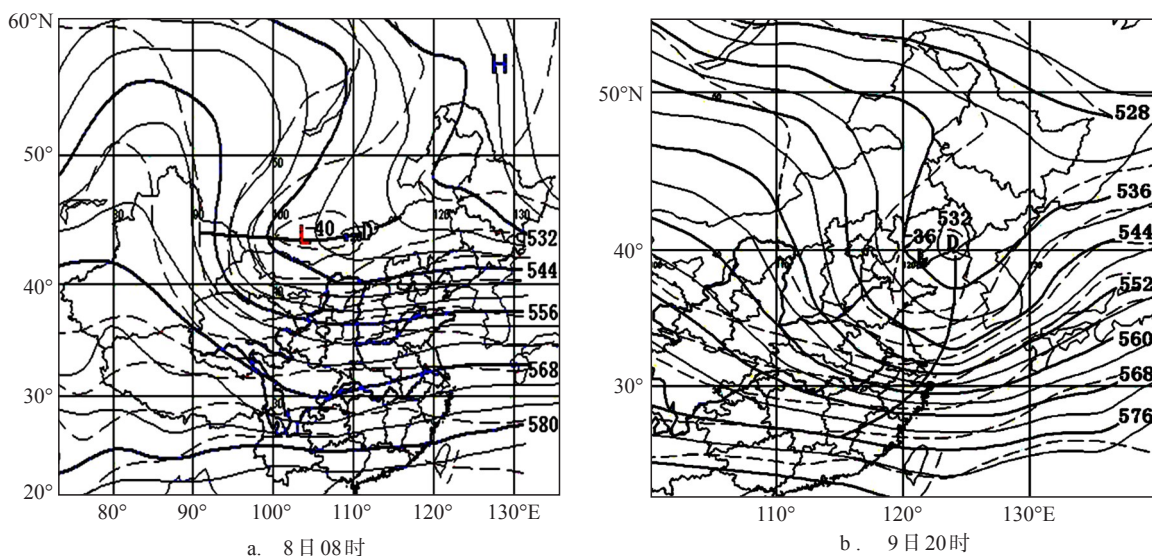


图1 500 hPa高空图(实线为等高线,单位/dagpm、虚线为等温线,单位/ $^{\circ}$ C)

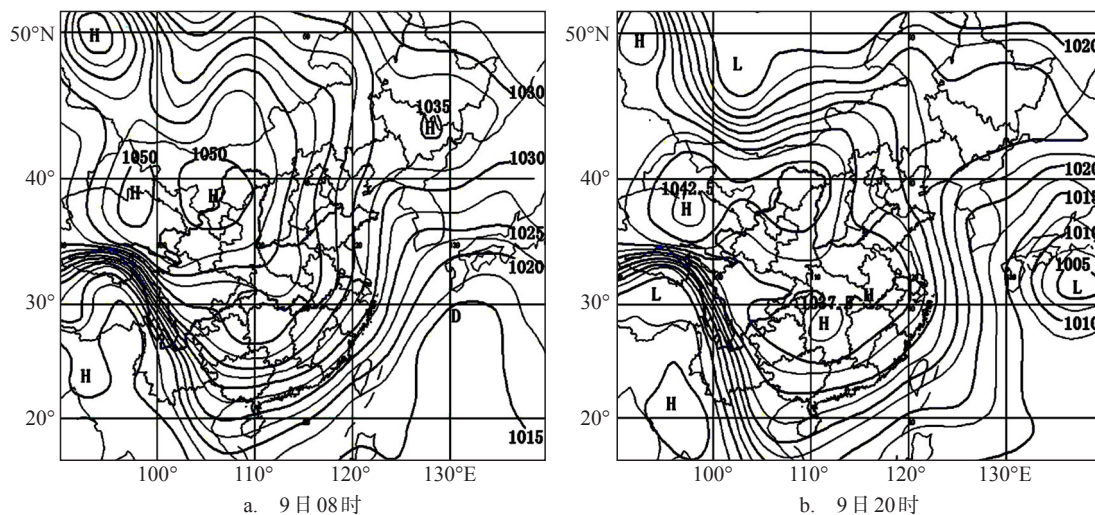


图2 海平面气压图(单位:hPa)

130.5°E, 中心值为1013.9 hPa, 倒槽的发展加大了地面气压梯度, 加上冷空气南下, 于是在浙北沿海形成了较大的气压梯度, 120°—125°E之间的5个经距内共有5根等压线(见图2a), 大的气压梯度产生大的风速, 舟山海域开始出现10级偏北大风。

之后该倒槽缓慢东移, 并继续在外海发展: 9日11时在31°N、134°E处发展成低压, 中心值为1012.5 hPa, 14时在31°N、136°E处低压中心值加深为1007.5 hPa, 17时, 低压中心继续发展为1005 hPa。外海低压的缓慢东移和强烈发展, 加上冷空气的持续补充使得地面气压梯度一直在浙北沿海堆积, 10级大风维持。9日20时, 随着冷空气南下, 在安徽、湖北交界处出现一个1037.5 hPa的分裂冷高压, 与嵊泗站相距6—7个经距, 二者气压差达5.7 hPa, 此时120°—125°E之间的5个经距内有4根等压线(见图2b), 舟山海域开始出现11级偏北大风。

显然, 9日08时的10级大风的产生与沿海气压梯度密切相关; 而维持在海面上的大的气压梯度也是11级大风出现的一个有利因素。但为何在此过程中, 当沿海的气压梯度减小时, 风力反而从10级增强到11级呢?

3.2 冷平流作用

3月8日20时, 由于700—500 hPa西南气流和850 hPa低空切变的作用, 在30°N附近有南支锋区存在。9日08时850 hPa高空槽已经过境, 冷空

气自低层到高层侵入, 850 hPa图中, 南下的北支锋区与之前的南支锋区叠加, 在30°—35°N之间有3条等温线, 且850 hPa低层急流垂直于温度场, 从而产生较强的低层冷平流(图略)。

9日20时, 700 hPa高空槽已经过舟山海域, 而500 hPa高空槽也将过境。此时700 hPa图中, 30°N以北5个纬距内有3条等温线, 且分布较密(集中在30°—32.5°N的2.5个纬距之内), 在强的西北气流作用下, 产生较强的中层冷平流, 有利于锋生, 锋生导致力管环流加强, 700 hPa及以下各层风速也普遍加大^[5], 自20时起舟山海域开始出现11级大风(见图3)。

综上所述, 强的地面气压梯度和中低层的冷

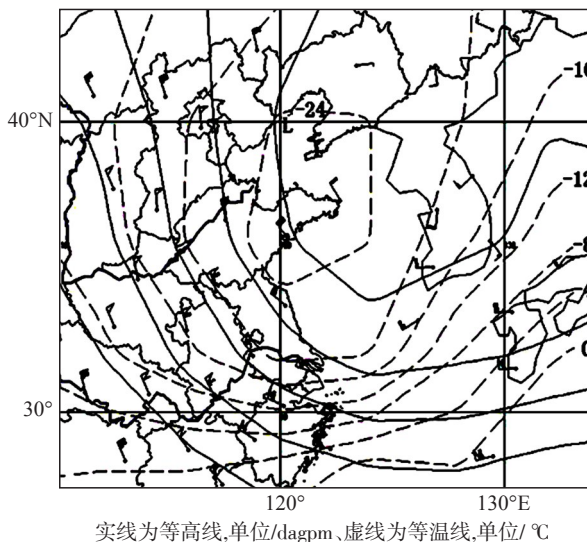


图3 9日20时700 hPa高空图

平流作用对地面强风的产生起到了十分重要的作用。可是在实际预报中,通常情况下,舟山海域的最大风力要达到10级,地面气压场上 120° — 125°E 之间一般要有5根等压线,在中低空 30° — 35°N 之间的锋区至少要达到4条,而11级大风产生的要求则更高。除了上述原因外,到底还有什么因素造成了如此猛烈的强风呢?

3.3 动力条件分析

3.3.1 高空辐合、低空辐散的散度场配置造成下沉运动

一次强天气过程的发生必定伴有强的动力条件。9日20时,700 hPa高空槽过境舟山不久,舟山海域在散度场上处于零线附近,其以下各层均处于槽后的辐散区内,而500 hPa维持着槽前辐合。此时舟山的上游地区, 116° — 117°E 的高空500 hPa以上有一辐合中心 $-32\times 10^{-6}\text{s}^{-1}$, 118°E 的低空850 hPa有一辐散中心 $36\times 10^{-6}\text{s}^{-1}$,其差值达 $68\times 10^{-6}\text{s}^{-1}$,且中心几乎呈垂直分布(见图4a),对流层上部的高空辐合与对流层下部的辐散相耦合,这种强而陡峭的配置,意味着在高低空之间存在着—支强大的动力强迫下沉气流^[6]。之后500 hPa高

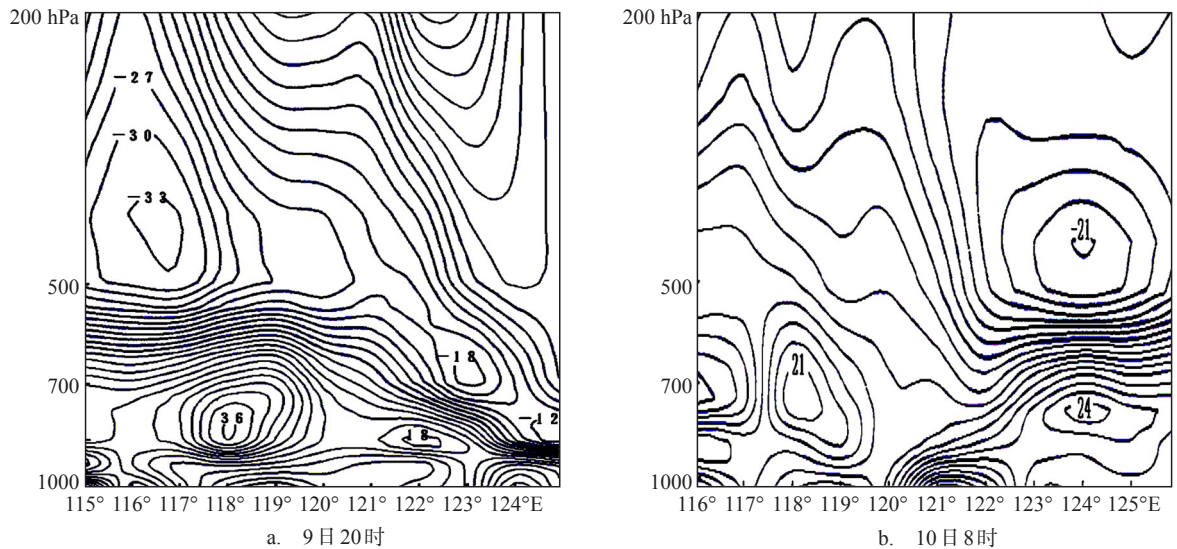


图4 沿 30°N 的散度剖面(单位: 10^{-6}s^{-1})

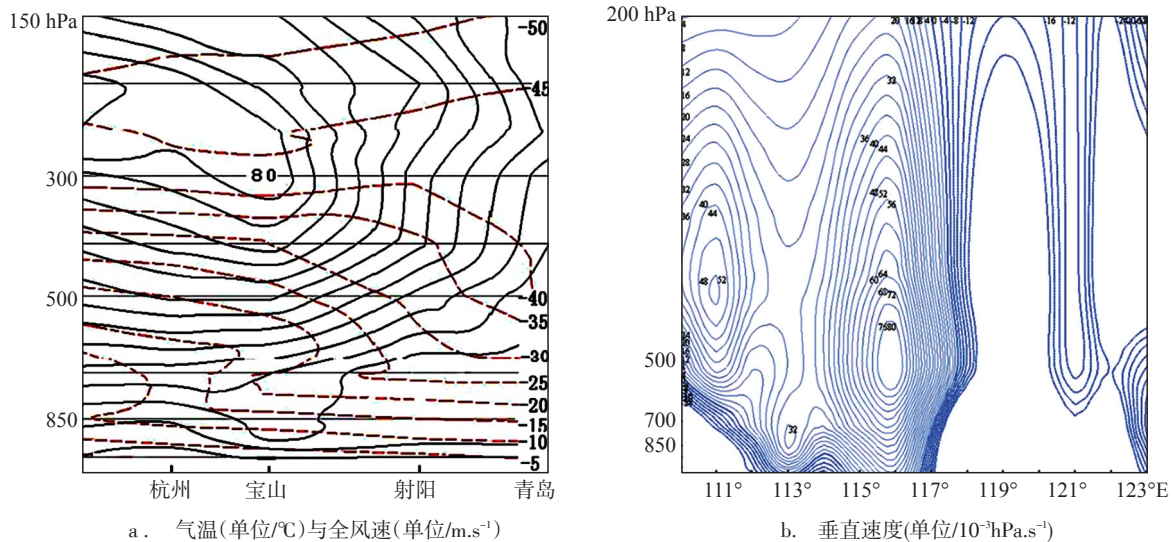


图5 9日20时沿 122°E 与沿 30°N 垂直剖面

空槽快速东移影响,高低空的辐合、辐散中心也随之东移,10日08时此配置系统移至 124°E 的海面上,其中心分布为垂直结构,舟山海域仍处于强的地面辐散区内(见图4b)。

这说明,在9日20时之后的夜间,高层辐合与低层辐散中心经过舟山群岛,由此造成的强的动力强迫下沉气流将高空西北急流的动量下传至低层,致使舟山海域大风产生。

3.3.2 锋区过境导致下沉运动

图5a是沿 122°E 的空间垂直剖面图。由图可见,最大风速出现在锋区附近的上空200 hPa,为 $80\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。锋区附近有次级环流(见图5b),锋区暖边界为强烈的上升气流,其最大上升速度为 $20\times 10^{-3}\text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$,位于0—200 hPa之间,舟山海域正处于该上升中心区内;而冷边界一侧是剧烈的下沉气流,其下沉速度最大的区域在500 hPa附近,其最大中心值为 $80\times 10^{-3}\text{ hPa}\cdot\text{s}^{-1}$ 。到了10日08时,舟山已处于强大的下沉运动区域内。这表明在9日上午半夜20时后,舟山海域上空的大气质量快速调整,通过大气质量的调整使得暖空气迅速被冷空气代替,并造成强烈的动量下传,使得低层风速加大^[6]。

以上海站为例,8日20时后,上海站的风速随

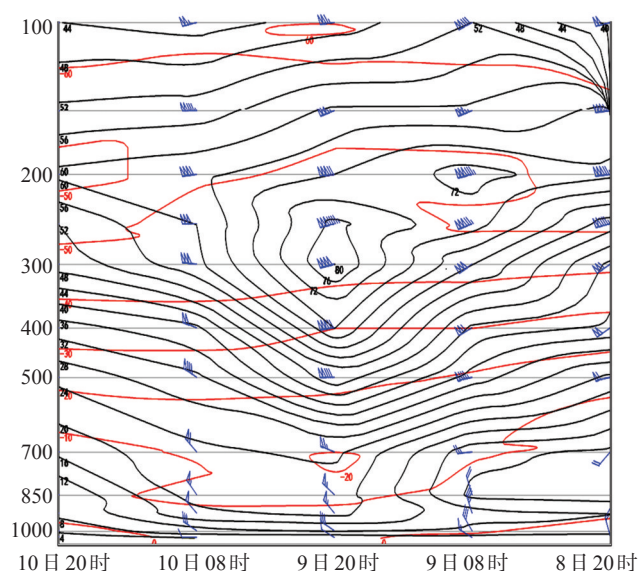


图6 上海站8日20时—10日20时风速
时间剖面图(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

时间急剧下降,表明锋区入侵,尤其是9日08—20时12 h之内,700 hPa温度由原先的 -10°C 降至 -20°C 。与此同时,等风速线也随时间急速下沉(见图6),表明在锋区入侵时有动量下传。9日08时低层850 hPa及以下各层的风向均转为西北,风速猛增,其中850 hPa的风速达 $14\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;9日20时700 hPa也转成西北气流,各层风速继续增大,其中,850—700 hPa的风速均超过 $22\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。之后,从9日20时—10日08时中低层各层风速和气温几乎维持不变。

正是因为上述因素造成的强烈的动量下传作用,造成了9日20时之后的夜间舟山群岛11级大风的产生与维持。

4 小结

(1)大风产生在典型的贝湖脊型横槽形势下,高空横槽的转竖使得冷空气从低层到高层开始向南爆发;

(2)冷空气南下与东海低压强烈发展造成的强气压梯度以及中低层冷平流的作用是造成本次猛烈强风的重要原因;

(3)高低层散度场的耦合以及高空锋区过境时产生的动力下沉运动造成强烈的动量下传,进一步加大了地面风速。

参考文献:

- [1] 苏百兴,段朝霞.广东一次寒潮8级大风物理过程分析[J].海洋预报,2009,26(1): 14-18.
- [2] 项素清.一次爆发性东海低压发展引起的海上强风分析[J].海洋预报,2007,24(4): 20-25.
- [3] 祝启恒,张淑云.浙江省灾害性天气预报[M].北京:气象出版社,1992,108-111.
- [4] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等.天气学原理和方法(第四版)[M].北京:气象出版社,2007.
- [5] 李秀连.首都机场寒潮强风极值出现条件的分析[J].气象,2002,28(11): 42-44.
- [6] 王雷.一次冷空气强风的成因分析[J].海洋预报,2005,22(4): 96-101.

Diagnosis analysis of a strong gale in Zhoushan islands

XU Zhe-yong, WANG Lei, WANG Jian-kan

(Zhoushan Meteorological Bureau, Zhejiang Province, 316021 China)

Abstract: In this paper, a strong cold air gale process in March 2010 was analyzed. The results showed that the strong cold air gale appeared in the typical synoptic situation of the horizontal trough before the ridge of Lake Baikal. The cold air broke out from lower levels to higher levels because the upper level trough changed from the horizontal direction to vertical direction. The main reason of this strong gale was the pressure gradient caused by the interaction of the cold air and the intense development of depression in the East China Sea, and the strong cold temperature advection in low and middle layer. In addition, the coupling of divergence with a negative (positive) value at upper (low) level and intense momentum transportation downward, caused by the dynamic forcing descending due to the upper frontal zone passage, further increased the ground wind speed.

Key words: horizontal trough at the upper level; cold air gale; depression development; Momentum transportation downward