

# 渤海的特殊地形对冬季冷流降雪的贡献

郑丽娜 石少英 侯淑梅

(山东省东营市气象局, 东营 257091)

## 提 要

对2001年12月24日由干冷的东北冷涡南下导致山东境内沿渤海地区产生降雪的过程进行了分析。结果表明:渤海半封闭型的海域加强了冷涡的强度,提供了水汽,同时其海岸线及其周围的特殊地形对这次降雪也有很大的贡献,是一次典型的中小尺度系统与局地小尺度系统叠加的实例。

**关键词:** 渤海海域 冷流降雪 冷涡 中小尺度系统

## 引 言

随着对对流层天气尺度系统的研究,中小尺度系统对降水的作用越来越受到重视。我国沿海地区,地理条件较复杂,易产生局地小尺度系统。这些小尺度系统又与大的天气尺度系统相互作用,相互叠加,使其加强或减弱。2001年12月24日的降雪过程就是小尺度系统与大尺度系统相互作用,使大尺度系统加强的实例。

### 1 天气形势

12月23日08时500hPa图上(图略),西西伯利亚到我国东部沿海为二槽一脊型:西部槽区位于 $80^{\circ}\text{E}$ 附近,影响位置在 $40^{\circ}\text{N}$ 以北;东部槽区位于 $120^{\circ}\text{E}$ 附近,冷涡(中心位于 $49^{\circ}\text{N}$ 、 $118^{\circ}\text{E}$ )闭合环流场还未形成,但风场气旋性辐合明显;二槽之间为一脊区。相对而言,东部槽与脊势力较强、少动;西部槽势力较弱,基本沿 $45^{\circ}\text{N}$ 纬圈缓慢东移。这种环流形势使得北部不断有冷空气沿脊前偏北气流下滑至东部槽区,从而促进了冷涡的加强和移动。到24日08时,高空大的环流形势没有变化,但冷涡中心南移至 $40^{\circ}\text{N}$ 、 $120^{\circ}\text{E}$ ,中心出现5360gpm的闭合环流圈。

造成这次降雪天气的东北冷涡有一个显著的特点:在对流层的高层,涡的西北部有 $-40^{\circ}\text{C}$ 冷中心相配合,而在中、低层,除冷涡中心内温度露点差在 $4^{\circ}\text{C}$ 左右外,其余地区

温度露点差都在 $5^{\circ}\text{C}$ 以上,所以称之为干冷的东北冷涡。23日08时(见图1a)涡度中心为 $183 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ ,冷涡中心位于呼伦贝尔盟北部附近,涡呈东北—西南向。然后冷涡沿偏北气流以大约 $50 \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的速度向偏南方向移动,24日08时(见图1b)到达渤海地区,涡度中心增强至 $203 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ 。由于受渤海局地小尺度系统的作用,从08~14时冷涡少动,强度增强,造成鲁北东部及半岛地区的阵雪天气(见图2)。下面从几个方面分析渤海特殊地形对此次降雪过程的贡献。

### 2 渤海海域对冷涡的影响

渤海与黄海相连,其 $4/5$ 的海域被陆地包围,形成半封闭型的向东开口的内海。12月24日,东营日平均气温 $-5^{\circ}\text{C}$ ,海上平均气温 $0^{\circ}\text{C}$ 。相对于陆地而言,渤海是个热源。这有利于海陆风的形成和维持;有利于使渤海上空的大气增温、增湿;有利于当冷空气流经海面时,加大二者之间的热量交换。

#### 2.1 海陆风对冷涡的影响

海陆风的形成,需要有一定的海陆温度差。从表1中可以看出:12月23日到24日除23日14时气温高于海温外,其余时间段海温都高于气温 $4.0^{\circ}\text{C}$ 以上。这样渤海的海面相当于一个热源,近海的空气就会膨胀上升。若假定整个空气柱质量不变,依静力方程: $dP = -\rho g dz$ ,式中, $dP$ 为地面气压的变

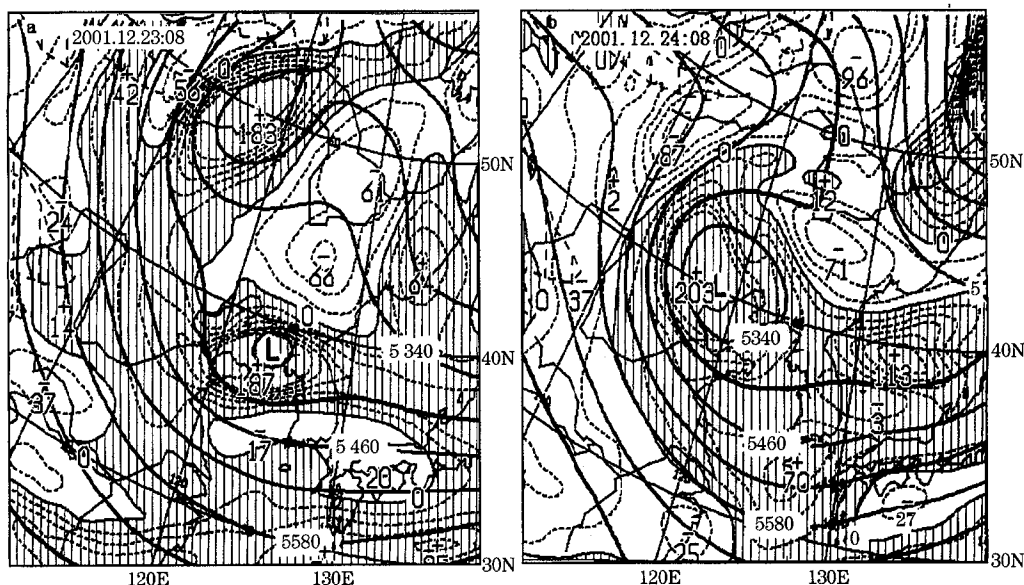


图1 500hPa 高度场和涡度场, a. 23日 08时, b. 24日 08时

图中实线为等高线, 断线为涡度线(阴影区为正, 单位:  $10^{-6} s^{-1}$ )

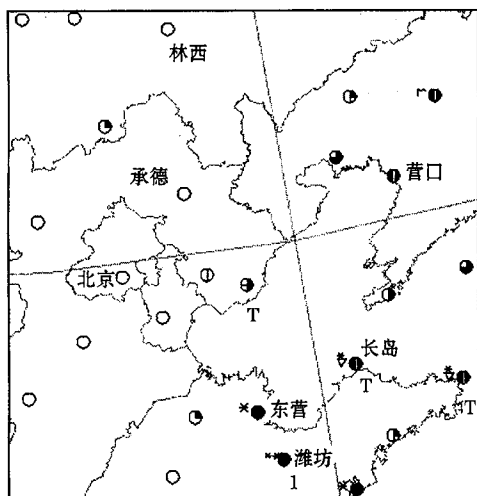


图2 2001年12月24日14时地面部分填图

化量,  $\rho$  为空气密度,  $g$  为重力加速度,  $dz$  为高度变化量。膨胀上升的结果, 在某一高度上, 气压就会升高, 相对于陆地的同一高度上, 海上气压高于陆上, 于是空气由海面上空流向陆地上空。由于空气的流动, 海面单位面积的空气柱质量减少, 海表面气压下降, 而陆地单位面积空气柱质量增加, 陆表面气压上升, 于是在近地面层, 空气又由陆地流向海面, 形成近地面层的陆风。从 23 日 20 时直

到次日 08 时, 陆风一直存在, 长达 12 个小时以上。由于渤海的特殊地形, 持续的陆风在渤海北岸是偏北风, 在其南岸是偏南风, 这种风场的切变一直存在, 形成了局地小尺度系统(见图 3)。当干冷的东北冷涡南下到达渤海时, 与局地小尺度系统相互叠加。通过对冷涡附近涡度场分析(图略)可知: 以 500hPa

表 1 12月23日08时~24日08时  
东营海、气温差/℃

时间(日·时)	23.08	23.14	23.20	24.02	24.08
$t_w$	-1.0	1.0	1.0	1.0	-1.0
气温 $t$	-7.0	2.0	-3.0	-4.0	-6.0
$t_w - t$	6.0	-1.0	4.0	5.0	5.0

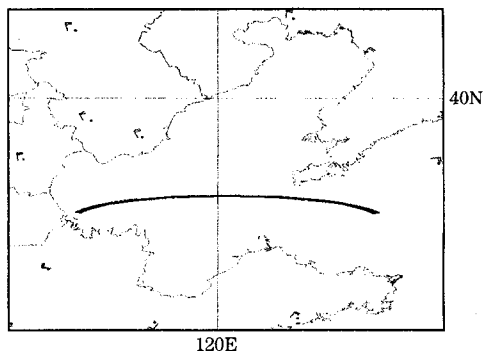


图3 渤海区域地面风场及辐合线模拟图

为例,冷涡初到渤海时(24日08时),涡度中心强度为  $203 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ ,到24日20时涡度中心强度增加为  $261 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 。显然,由于局地小尺度系统的叠加,增强了冷涡的强度。

## 2.2 海-气感热交换

从表1中可以看出,海面的水温比气温要高。这种海-气温差使渤海的热量通过热传导过程向大气输送,再加上海面风的作用,使得空气与海面之间显热交换更加明显。显热交换与海气温差  $[t_w - t]$  和风速  $u$  成正比<sup>[1]</sup>。12月24日,当干冷空气到达渤海时,风速平均达  $16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,日平均气温  $-5^\circ\text{C}$ ,海上平均气温  $0^\circ\text{C}$ 。显热交换  $Q_e \approx 5.13 \times 4.1868 \times 5.0 \times 16 = 1718.26 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{天}^{-1}$ ,  $1 \text{ cm}^2$  海面向大气输送  $1718.26 \text{ J}$  的热量,整个海面输送的热量就相当可观了。输送的结果是:使近海面大气因获得海水的热量而形成热力湍流,同时,表面海水因失热而密度增大,形成不稳定层结,产生自由对流,把海洋内部的热量向上输送。此过程循环往复,使渤海海面的水汽源源不断的向上输送,造成干冷气团的低层逐渐变性,呈现出增温增湿的效应。

## 3 海岸摩擦辐合作用

海岸对垂直于海岸线的风,一般有风向风速的辐合作用;对平行于海岸线的风,则有摩擦辐合(散)作用<sup>[2]</sup>。12月24日02时~14时,渤海及其沿岸地区都处在地面冷高压的前部边沿,等压线为东北—西南走向,地面风应该基本沿等压线吹。但由于海岸的摩擦作用,从这几个时次的地面图(图略)可以清楚地看出:风向偏离等压线或者垂直于等压线指向渤海湾,形成环绕海岸线的风场辐合带。虽然摩擦辐合作用产生的上升运动不大,但当空气处于饱和或接近饱和时,它对形成云和降水的影响是不可忽视的。

## 4 周围地形的作用

渤海的北部是燕山山脉,南部是鲁中山区与山东丘陵地带,其沿岸地区属于华北平原,地势平坦,特别是黄河三角洲地区大部分

为黄河的冲刷平原,地势较低,这种中间低,南北高的地势似一个槽区。当干冷的东北冷涡由北向南移动时,低值系统先过燕山山脉,然后到达黄河入海口。燕山山脉的平均海拔高度在  $1000 \text{ m}$  以上,黄河入海口的地势较低,大约在  $50 \text{ m}$  左右。依位势涡度守恒条件:  $[d(\zeta + f)h]/dt = 0$ , 式中  $\zeta$  为涡度,  $f$  为地转参数,  $h$  为高度。低值系统(东北冷涡)过燕山山脉时,为了保证整层大气是不可压缩的,气柱伸长,必伴有水平辐合,同时在水平地转偏向力的作用下,有气旋性涡度生成,考虑准地转关系,等压面高度降低,低值系统下山后,经由位势涡度方程计算可得  $15.58 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  的正涡度。

东—西向的山东丘陵也对这次降雪作出了贡献:即将近海面的暖湿空气抬升。由文献[1]可知,单靠地形抬升和海岸的摩擦也会迅速的把暖而湿的气层抬升到凝结高度以上。

## 5 冷流降雪云的特征

产生冷流降雪的云,大部分是低云,是由于冬季冷空气比较干燥,经过暖湿的海面时,使低层大气增温增湿,近地面层层结不稳定而产生的云。12月24日降雪的云即为这种云(图略):低云的颜色灰白,云体臃肿松散,边缘模糊,呈现块状,移速较快,云高仅有  $500 \text{ m}$  左右。开始影响测站时,冷流低云由北向南移动,排列有序但很稀疏,积云线之间可辨晴空,20分钟以后,云系逐渐排列紧密,但单个云体还是比较松散。

## 6 小结

本文以2001年12月24日为例,阐明了冬季沿渤海地区出现冷流降雪的成因,同时也说明要掌握一个地区的天气变化,不仅要重视整个大气环流对一个地区的天气影响,而且还要重视地方中小尺度的作用。

## 参考文献

- 1 李洪业,徐旭然.冷流低云降雪成因的分析.气象,1995,21(12):21~24.
- 2 曹刚锋等.山东天气分析与预报,北京:气象出版社,1988:297.

# Contribution of the Bohai Sea's Special Topography to Cold Vortex Snow Event

Zheng Lina Shi Shaoying Hou Shumei

(Dongying Meteorological Office, Shandong Province 257091)

## Abstract

A snowfall process, caused by a dry and cold northeast vortex southward on December 24 2001 over the Bohai Sea, is analyzed. The results show that the semi-closed sea area makes the vortex strengthen, and offers abundant vapour. Meantime, its coastline and surrounding special topography makes great contribution to the event. This is a typical case of mesoscale system superimposed with local microscale system.

**Key Words:** the Bohai sea area cold vortex snowfall meso-micro scale