

# 渤海湾海陆热力差异对局地天气系统的影响

张志云

刘月昆

(天津市气象台, 300074)

(天津市气候应用所)

## 提 要

采用 $\sigma$ 坐标 David 一层中尺度模式, 研究天津及渤海湾地区冬、夏两季海陆热力差异日变化因子和下垫面日变化过程加热或冷却产生的中尺度气流, 为进一步探讨渤海湾大风、暴雨等突发性灾害天气的成因提供基础。

**关键词:** 海陆热力差异 局地天气系统 数值模拟

## 引 言

天津市位于华北平原东北部, 北部为燕山山脉, 东临渤海湾。特殊的海岸线与复杂的地形对对流层低层天气尺度系统有显著影响。对于海陆热力差异可以归纳为两类因素, 即海陆热力结构的季节特征和海陆热力差异的日变化特点。

对于季节变化, 夏季大陆为相对“热源”, 海洋为“冷源”, 冬季反之; 对于日变化过程, 白天陆地为相对“热源”, 海洋则为“冷源”; 夜间大陆变为相对“冷源”, 海洋为“热源”。本文着眼于海陆热力差异的日变化因子和下垫面日变化过程加热或冷却产生的中尺度气流, 探讨渤海湾冬季大风、夏季局地暴雨等突发性灾害天气的成因及其局地环流背景。

## 1 模式海陆特征的描述

### 1.1 海陆热力结构日变化设计

本文引用 $\sigma$ 坐标 David 一层中尺度模式。非绝热加热项为:

$$Q = \bar{Q}_i \cdot \sin(N \cdot \pi \cdot \Delta t / L_d)$$

$$\bar{Q}_i = \begin{cases} \bar{Q}_s & (\text{海面}) \\ \bar{Q}_L & (\text{陆地}) \end{cases}$$

上式中,  $N$  为积分步数;  $L_d$  为白天或黑夜时

间长度;  $\bar{Q}_i$  为非绝热加热系数;  $\Delta t$  为积分时间步长。

模式非绝热加热(冷却)参数如图1所示。由于模式考虑了海面、陆面加热的非均匀性及其日变化, 因此可模拟出海陆风特征。

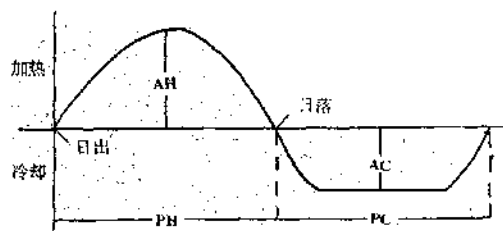


图1 非绝热加热日变化结构

### 1.2 海陆摩擦项的区别

模式考虑了陆面、水面摩擦系数的差异,

$$\text{即: } \bar{F}_s = \frac{a \cdot c \cdot C_d \cdot |\bar{v}_s| \cdot \bar{v}_s}{H}$$

$$\text{其中: } a = \begin{cases} 2 & (\text{白天}) \\ 4 & (\text{夜间}) \end{cases}$$

上式中,  $H$  为扰动层厚度参数;  $\bar{v}_s$  为地面风速;  $c$  取 2.8;

$$C_d = \begin{cases} 2 \times 10^{-2} & (\text{陆地}) \\ 1.4 \times 10^{-3} & (\text{海面}) \end{cases}$$

### 1.3 地形与海洋特征

计算区域内包括北部燕山山脉,东部渤海湾水域。渤海湾被陆地所环抱,为半封闭海域,且水域范围广阔(图略)。

## 2 数值试验

本文计算区域选取 $37^{\circ}\text{--}41^{\circ}\text{N}$ ,  $115^{\circ}\text{--}120^{\circ}\text{E}$ 范围,格点数为 $33\times 40$ 。为了突出海陆热力因素及地形的作用,本文将冬夏两类上述试验范围的温度、高度均匀场(850hPa)作为初始资料,选用10个站点(站点分布如图2所示)来计算。由于计算区域内探空测站很少,因此,利用了计算区域外的几个探空测站,在计算区域内用内插的方法选取温度、高度值,分别把08时(白天)或20时(夜间)作为起始时,模式积分12小时来模拟流场。选用这种试验方案,目的在于研究天津地区地形与海陆热力差异日变化过程、渤海湾局地气候的日变化及其区域性。

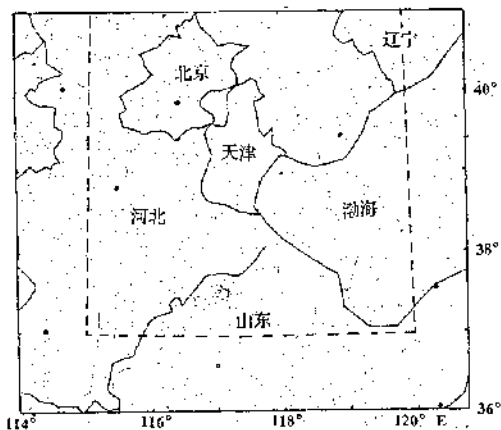


图2 模式高空测站分布图

### 2.1 冬季渤海风速加大现象与海陆热力差异日变化的相关性

图3是20时为起始时,冬季初始均匀温度、高度平均场,模式积分6小时的风场与风速场。同时,对照图3a与b可发现,冬季夜间渤海湾易发生大风,这与实际资料分析相类似,即渤海湾冬季盛行偏北大风,且海上风速比陆地大。例如,当冷锋于夜间移入海洋,特别是在冬、秋季风力明显加大。图3c与d所

示为模式有无海陆非绝热加热 $Q_s$ 、 $Q_L$ 的试验结果,对比图3a、b可知,两类试验方案模拟风速有明显差异,即 $Q_s$ 、 $Q_L$ 值减至极小的方案,渤海地区夜间海上大风明显减弱; $Q_s$ 、 $Q_L$ 值增大的方案,渤海湾地区海上大风明显加大。上述试验揭示了渤海湾的突发性大风与海陆热力差异日变化有密切相关,研究渤海湾大风灾害,海陆热力因子是关键环节之一。

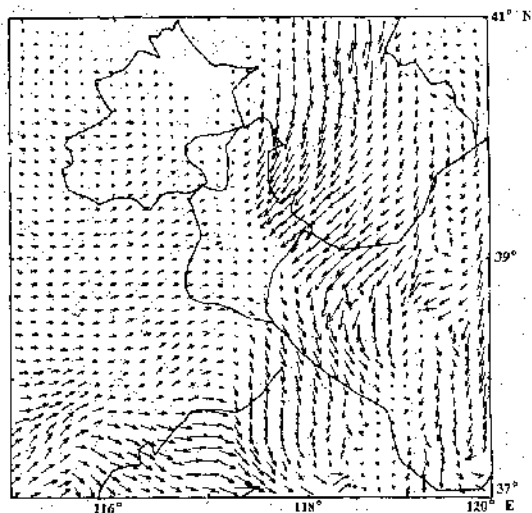


图3a 强非绝热加热条件下模拟流场

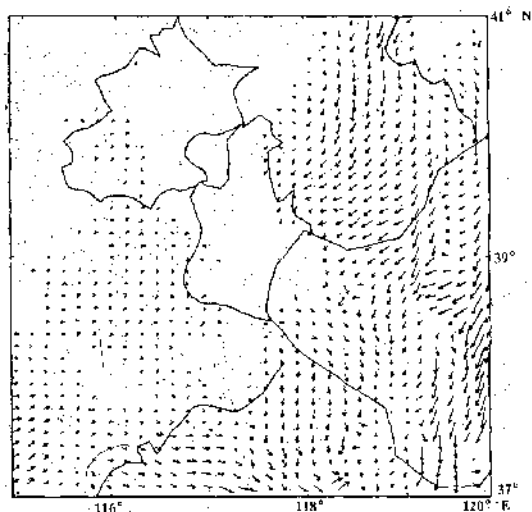


图3b 弱非绝热加热条件下模拟流场

### 2.2 夏季天津地区及渤海湾局地强对流发生区域性特征的成因

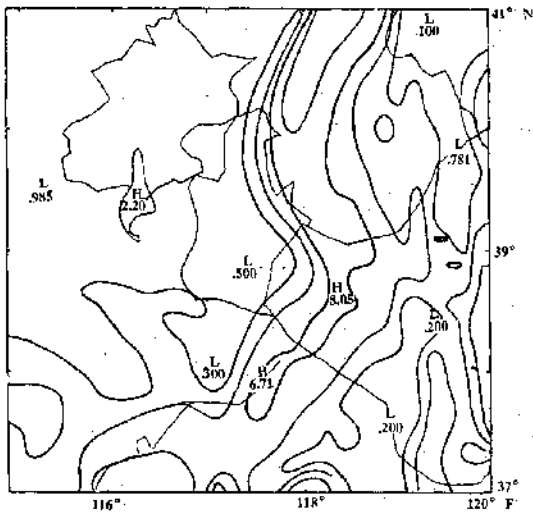


图3c 强非绝热加热条件下模拟风速分布

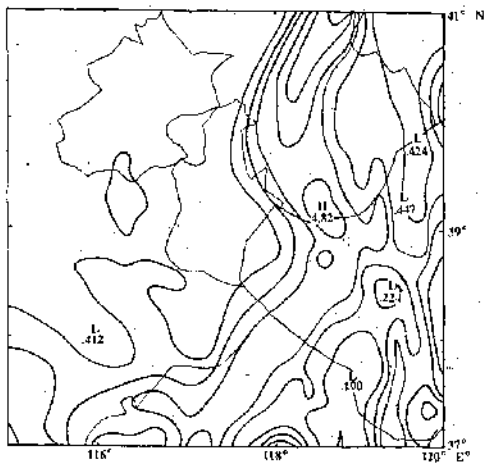


图3d 弱非绝热加热条件下模拟风速分布

对比图4a、b(起始时为20时)可发现,在夏季均匀温度、高度平均场作为初始场的条件下,渤海湾地区由于海陆下垫面热力结构的日变化过程构成热力差异,天津地区东南部、渤海湾易出现显著的流场辐合线及汇合点(图4a虚线所示),即该区域可能发生强对流天气。因此,夏季,海陆热力因子对天津东南地区渤海湾突发性强对流中尺度系统的发生,可能起着重要的触发作用。图4a与b模

式积分6小时流场差异反映了海陆热力差异强弱构成的渤海湾局地流场特征。此流场亦存在显著的差异,这一结论对形成局地强对流中尺度系统有着重要的贡献。

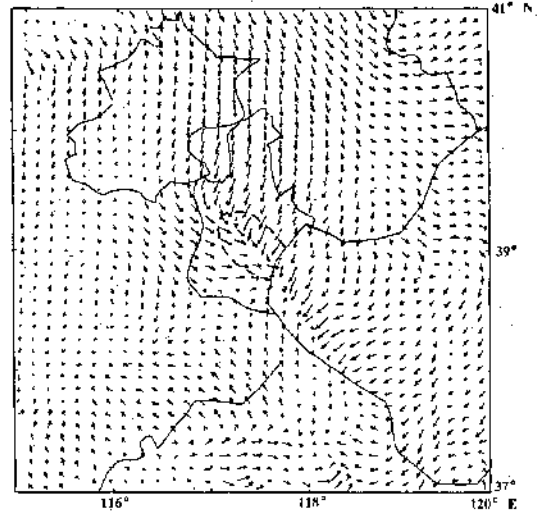


图4a 强非绝热加热积分6小时模拟流场

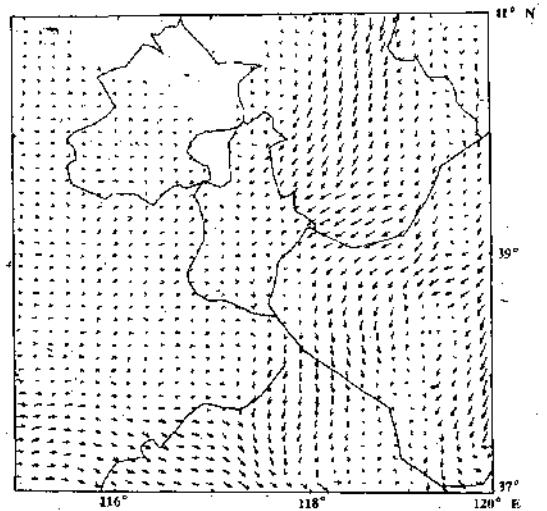


图4b 弱非绝热加热积分6小时模拟流场

致谢:本文在撰写及模式试验过程中得到了中国气象科学研究院徐祥德副教授的多方指导,在此表示衷心的感谢。

(下转第26页)

(上接第23页)

# The Effect of Thermal Contrast between Land and Sea over Bohai Bay on Local Synoptic System

Zhang Zhiyun

Liu Yuekun

(Tianjin Meteorological Bureau)

(Tianjin Institute of Climate Application)

## Abstract

The one-layer mesoscale model designed by David is used to study the daily variation factors of thermal contrast between land and sea, the mesoscale air stream resulted from the heating or cooling of the underlying surface daily variation process over Tianjin and Bohai bay areas in winter and summer, and therefore to inquire into the cause in resulting the suddenly severe weather (high wind, torrential rain, etc.) over Bohai bay.

**Key Words:** thermal contrast between land and sea local weather system numerical simulation