

# 北京夏季持续高温过程特征分析<sup>①</sup>

郑祚芳 王迎春

(中国气象局北京城市气象研究所,北京 100089)

## 提 要

应用 1996~2000 年 NCEP 逐日再分析资料,对北京地区近 5 年夏季出现的 11 个连续性高温天气过程进行了合成分析,总结了高温过程天气系统的共同特征,探讨了河套高压的形成机理及其与北京高温天气的联系。最后,给出了北京夏季高温天气的一个可能的概念模型。

关键词: 高温 合成分析 河套高压

## 引 言

盛夏高温是北京地区一种重要的城市灾害性天气,高温天气的出现对人类活动、健康和工商业生产均有不利影响。近几年来北京夏季高温天气的出现次数及日最高气温均有增加的趋势,引起社会各界越来越多的关注。

关于高温天气,国内学者已有一些研究。如邹燕等<sup>[1]</sup>分析了福建省高温天气的主要影响系统,赵世林和连志鸾等<sup>[2,3]</sup>总结了石家庄市高温天气的特点,建立了高温过程定量预报流程。王迎春等<sup>[4]</sup>的统计分析表明,北京夏季出现高温天气的概率约为 1/10,与我国南方地区相比频率相对较低,但极端高温强度相差并不大。谢庄、孙建华等<sup>[5,6]</sup>研究认为,河套高压控制下的增温是北京出现高温天气的主要物理机制。最近,钱婷婷等<sup>[7]</sup>进一步分析了河套高压的结构及与同期北京高温的联系,指出与河套高压相对应的低层暖气团东移引起的平流增温也是引发本地高温的重要原因。以上研究加深了我们对北京夏季高温的认识,然而总的来说,以往针对北京夏季高温天气的研究还不是很多,且多限于针对单个天气过程的分析,所得结论的普适性有待更多的研究来证实。对其主要影响系统河套高压的形成机理,也还没有一个很清晰的认识。本文将应用 1996~2000 年

NCEP 逐日再分析资料,对北京近 5 年来夏季出现的 11 个连续高温天气过程进行合成分析,探讨高温天气的共同特征及河套高压的形成过程,以期进一步加深对北京夏季高温天气发生发展的了解,完善已有的预报技术。

## 1 高温个例的选取

根据王迎春等<sup>[4]</sup>的统计结果,1996~2000 年夏季北京地区共出现 35℃ 及以上的高温天气 86 天。考虑到高温持续的时间越长,其带来的危害也越大,本文选取其中持续 3 天及以上的高温过程为研究对象(表 1),5 年中过程最高气温在 39℃ 以上有 4 次,其中 1999 年 7 月 24 日最高气温达 42.2℃,为近 50 年以来的最高值。这 11 次高温过程具有

表 1 北京地区夏季 11 次高温过程概况

起始日期	持续天数	过程最高温度/℃	出现日期
1997/07/24	3	35.2	7/25
1999/07/16	3	37.4	7/16
2000/06/30	3	39.3	7/02
2000/06/12	4	39.1	6/13
2000/06/18	4	36.9	6/19
2000/07/11	4	38.7	7/12
2000/07/22	5	37.8	7/23
2000/07/28	5	36.8	7/31
1997/07/08	8	38.3	7/13
1999/07/23	8	42.2	7/24
1999/06/24	9	39.3	7/02

① 本文得到北京市科学技术委员会奥运项目 H020620190091 的资助

相似的天气系统特征,700hPa层上均有河套高压存在,地面我国北方为热低压控制。所用资料为国家气象中心提供的1996~2000年NCEP逐日再分析资料,空间分辨率 $2.5 \times 2.5$ 经纬度。

## 2 北京夏季高温天气系统共同特征

### 2.1 中高层天气系统特征

为了探讨北京夏季高温天气的共同特征,对所选11次高温过程的环流形势及物理量场进行了合成。从图1a可见,在对流层上部200hPa,中高纬度在 $100 \sim 115^\circ\text{E}$ 附近为一长波脊区,我国西南、华南为南亚高压控

制。在我国北方有一辐合带,北京处于强辐合区中心,在其东南面存在一支副热带西南风急流,其西北面为极锋急流。强辐合区处在极锋急流出口区的右侧和副热带急流入口区的左侧,这种配置符合动力学的经典理论。从200hPa环流形势的演变(图略)来看,在北京高温天气出现的前2天,副热带西南风急流还处在较偏东(约 $140^\circ\text{E}$ )的位置,之后位于新疆北部的弱高压脊区东移并加强,同时副热带急流逐渐西伸,相应的两支急流间的辐合区加强,高温天气随之出现。

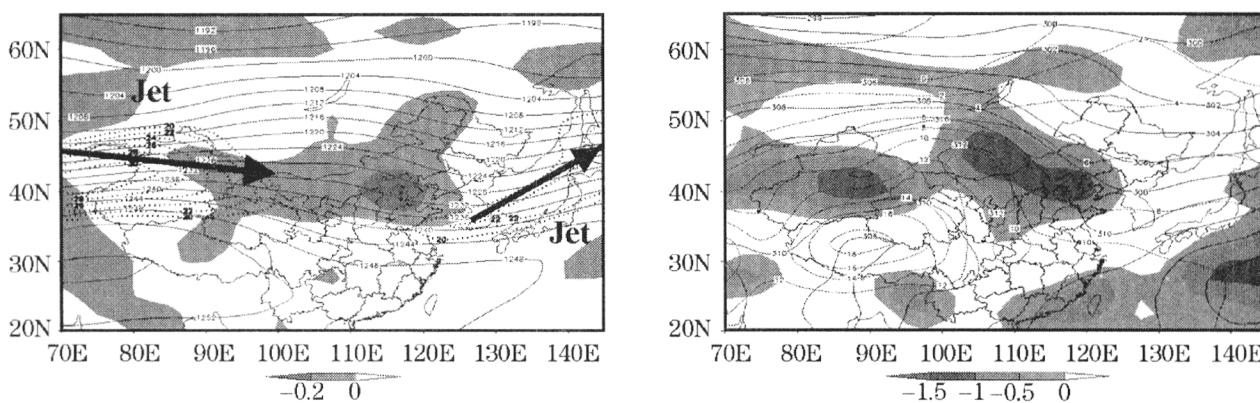


图1 高温期间平均形势场

a 为200hPa,阴影区为辐合区,单位: $10^{-5}\text{s}^{-1}$ ,实线为等高线,虚线为等风速线,单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;

b 为700hPa,阴影区为负涡度区,单位: $10^{-5}\text{s}^{-1}$ ,实线为等高线,虚线为等温线

在500hPa环流场(图略)上,中高纬为两槽一脊形式,我国新疆以北存在一弱槽区,日本海为一深槽区。位于两槽之间的我国北方及蒙古国大部为一宽广的暖高压脊控制,具有很强的负涡度。西太平洋副热带高压脊线位于 $28^\circ\text{N}$ 附近,副高主体在 $140^\circ\text{E}$ 偏东位置。从其演变过程上看,北京高温发生前3天,中纬度环流形势较为平直,我国新疆大部为一弱的暖高压脊控制。随后此暖脊开始东移,并在我国华北到蒙古国中部发展加强,相应的700hPa层上在河套地区形成一个闭合暖高压(图1b)。之后500hPa高压脊区进一步加强东移,副热带高压在 $140^\circ\text{E}$ 偏东区域形成较稳定的形势,华北地区的大范围高温天气开始出现。

### 2.2 低层天气系统特征

已有的研究表明,直接导致北京夏季高温天气的影响系统是位于700hPa层上的河套高压,它形成于河套地区,在东移过程中将

炎热天气带到华北<sup>[5,7]</sup>。从700hPa平均环流形势(图略)演变序列上可见,自高温发生前2天开始,在我国内蒙古西部到蒙古国中部地区开始形成一个弱的暖高压脊。随后,暖高压脊在东移的过程中强度加大并开始向南伸展,其南面部分在我国华北西部到蒙古国中部形成一个闭合的中尺度暖高压(河套高压),相应的高压脊前槽区东移到我国东部沿海,强度明显加大。由于该沿海槽的稳定维持,使得河套高压东移变缓,高压主体进一步加强,我国华北大部地区均受其控制,形成高温天气。之后随着沿海槽的减弱,河套高压东移加快,强度开始减弱,相应的高温天气过程得到缓解。

高温期间在850hPa层上(图2),我国北方大部为一干区,相对湿度较低,同时自西向东存在较强温度梯度,北京及周边地区盛行偏西风。这样暖空气在越过北京西部山脉后沿背风坡下沉,会带来较强的干绝热增温,形

成所谓的焚风效应,导致平原地区气温的升高。地面形势场上,在北京高温天气出现的前2天,高原北侧我国新疆中部—内蒙古西部开始形成一个热低压带,同时地面出现小范围35℃高温区。随后,地面低压区与中高层暖高压脊一道开始加强并东移,在内蒙古西部形成闭合热低压,35℃高温区范围随之扩大。热低压的进一步加强东移过程,也是华北地区大范围的高温过程。由此也能发现,北京夏季的持续性高温是与我国西部干旱区大范围高温区的东移而带来的平流增温相关联的。

以上分析表明,700hPa层上位于我国内蒙古西部的暖高压脊在东移南伸过程中发展成为河套高压,地面则表现为一热低压,它们在东移影响到华北时,导致了北京地区的高温天气。与以往的个例分析结果是基本一致的<sup>[6,7]</sup>。

### 3 河套高压

由于河套高压是导致北京地区高温天气

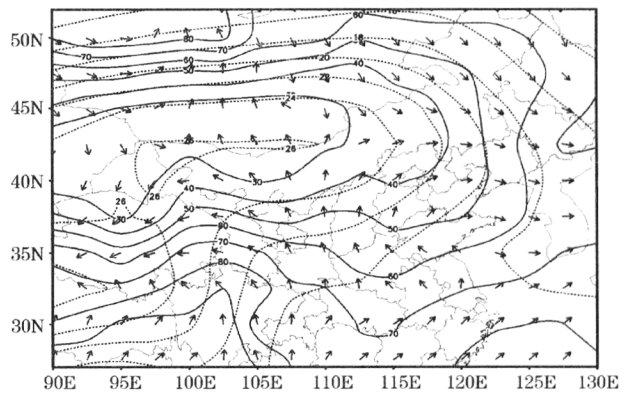


图2 高温期间850hPa合形势场

实线为相对湿度,虚线为等温线,箭头为风场

的主要原因,进一步探讨其形成机理是十分必要的。为此沿其中心42°N制作了垂直速度和涡度剖面(图3)。可见,在高温天气出现前3天,自600hPa高度上开始有负涡度从北疆地区的负涡度柱中向东伸至105°E,相应的在102°E处对流层中层开始出现下沉运动。进一步的分析发现,北疆地区负涡度的东伸是由于巴尔喀什湖以北冷空气的不断南压造成的。随后,东伸的负涡度区分裂成一

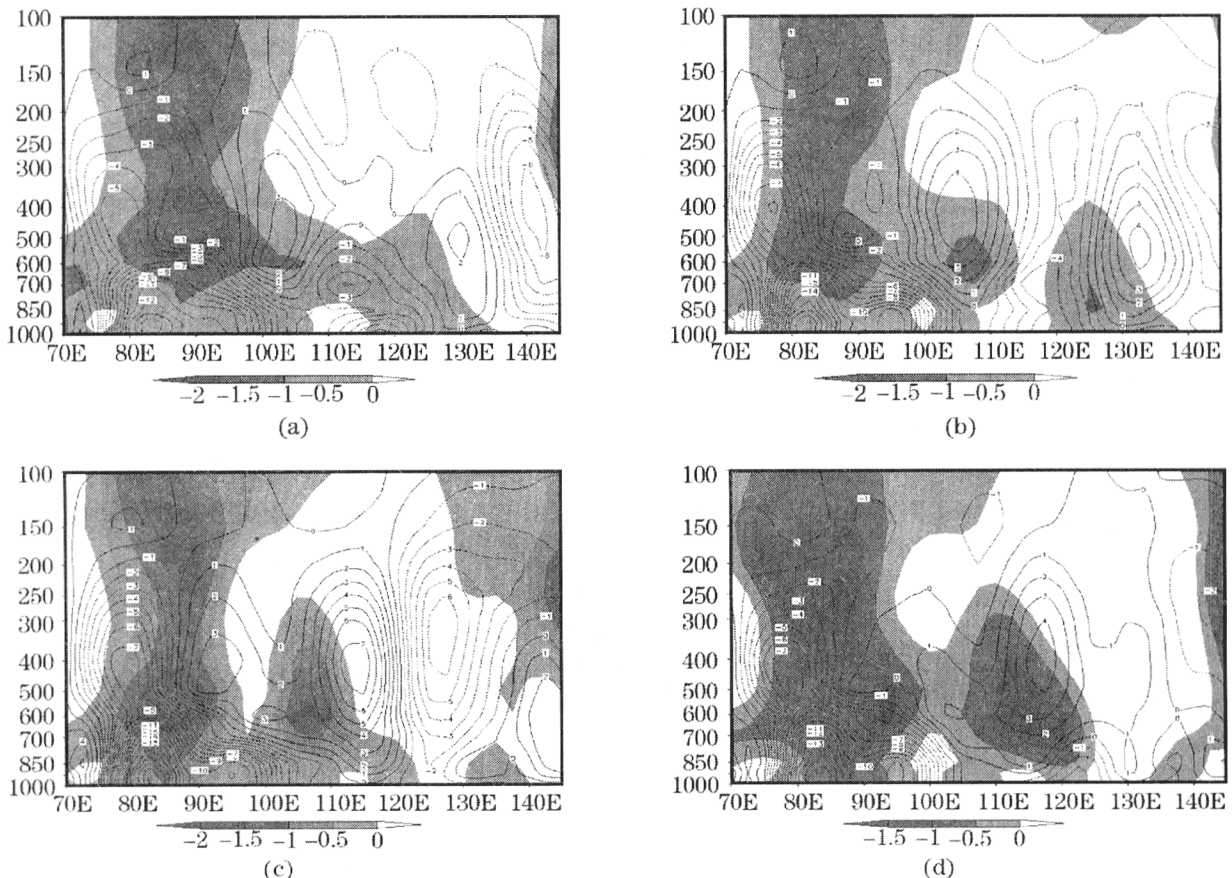


图3 沿42°N制作的负涡度(涂色,单位 $10^{-5}s^{-1}$ )和垂直速度(线条,单位 $10^{-2}Pa \cdot s^{-1}$ )剖面

a. 高温发生前3天, b. 前2天, c. 前1天, d. 高温期间

个新的中心并在东移动中进一步加强,范围扩大,相应的下沉运动区也东移到 105°E 左右,开始向上下两方向扩展,中心强度达  $0.04\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$  以上。在高温天气出现前一天,东移的负涡度区在垂直方向上迅速发展,此时 700hPa 层上开始形成闭合的河套高压,同时在边界层内形成闭合热低压。之后,负涡度区进一步增强并东移到华北地区,自 850hPa 层以上直到对流层中上部发展成强大的负涡度柱,在其内部为深厚的下沉运动区。在这一过程中边界层内热低压也在发展,沿海槽在东移过程中进一步加深,这种形势的维持有利于造成近地面层的下沉绝热增温。

由此可见,导致 700hPa 上河套高压形成的负涡度区最先是从我新疆北部对流层中部 600hPa 左右高度上由负涡度柱中分裂出

来的,与河套高压相伴随的强烈下沉运动,最早也是从这一高度上出现并逐渐发展起来的。高层 200hPa 上由副热带西南风急流和极锋急流共同作用导致的华北强辐合区,只是进一步加强了河套高压中的下沉运动,而不是导致河套高压形成的主要原因。

#### 4 北京高温天气概念模型

根据以上的分析,并考虑到城市热岛对气温的增幅作用,给出了一个北京地区高温过程的概念模型(图 4):由于巴尔喀什湖以北冷空气南压迫使北疆负涡度区东伸,导致对流层中层河套暖高压和边界层内热低压形成,高空急流的有利配置使下沉运动进一步加强,它们共同作用带来的下沉绝热增温、辐射增温和平流增温,以及由于城市热岛带来的增温效应,共同导致了北京地区的高温炎热天气。

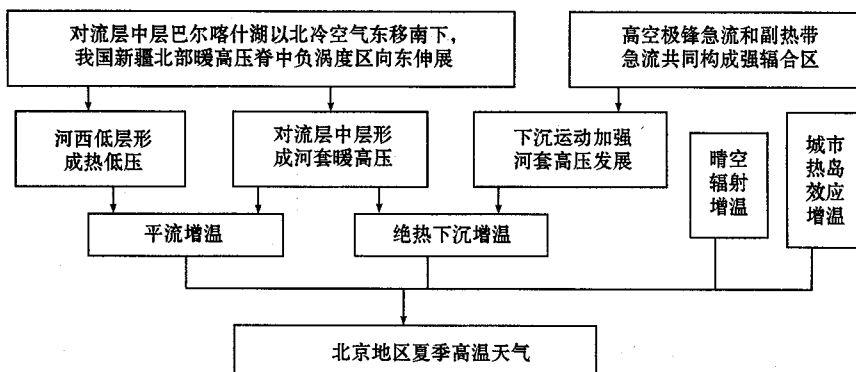


图 4 北京地区高温天气的概念模型

#### 5 结论

应用 1996~2000 年 NCEP 逐日再分析资料,对北京地区近 5 年来夏季出现的 11 个连续性高温天气过程进行了合成分析,得到如下初步结论。

(1)高温期间,北京处于副热带急流与极锋急流所构成的辐合下沉运动区中心,在对流层中下层为河套高压控制,边界层内表现为热低压。它们所带来的下沉绝热增温、辐射增温和平流增温,是导致北京地区出现高温天气的重要原因。

(2)巴尔喀什湖以北冷空气在东移南下过程中不断挤压我国北疆高压脊区,迫使其中的负涡度区发生分裂东移,是导致河套高

压形成的主要原因。

#### 参考文献

- 1 邹燕,周信禹,林毅等. 福建省夏季高温成因分析. 气象,2001,27(9):26~30.
- 2 赵世林,车少静. 石家庄的高温闷热天气. 气象,2001,27(9):23~25.
- 3 连志鸾,王丽荣. 石家庄高温天气气候特征及其预报流程. 气象,2003,29(10):17~21.
- 4 王迎春,葛国庆,陶祖钰. 北京夏季高温闷热天气的气候特征和 2008 夏季奥运. 气象,2003,29(9):23~27.
- 5 谢庄,崔继良,刘海涛等. 华北和北京的酷暑天气 I. 历史概况及个例分析. 气候与环境研究,1999,4(4):323~333.
- 6 孙建华,陈红,赵思雄等. 华北和北京的酷暑天气 II. 模拟试验和机理分析. 气候与环境研究,1999,4(4):334~345.
- 7 钱婷婷,王迎春,郑永光等. 造成北京连续高温的河套高压结构分析. 应用气象学报,2005,16(2):167~173.

# A Composite Analysis of Severe Heat Wave Events in Beijing

Zheng Zuofang Wang Yingchun

(Institute of Urban Meteorology, CMA, Beijing 100089)

## Abstract

Based on the NCEP reanalysis data from 1996 to 2000, the main synoptic features of summer heat wave events in Beijing area and the mechanisms of Hetao high pressure are analyzed by composite method. The analyses show that the strong downward motion in the Hetao high pressure and solar radiation heating cause the heat wave in Beijing area. Finally, a conceptual model is developed.

**Key Words:** high temperature composite analysis Hetao high pressure