

华北盛夏旱涝的环流型特征及其在初夏的预兆^{* 1}

梁平德¹ 段丽瑶² 周鸣盛¹ 周梁丹³

1 天津市气象科学研究所, 天津, 300074

2 天津市气候中心, 天津, 300074

3 天津市气象科技服务中心, 天津, 300074

摘 要

文中应用 NCEP/NCAR 500 hPa 逐日资料对影响华北盛夏旱涝的环流特征进行分析, 给出了盛夏旱涝分别与“西高东低”和“东高西低”流型的对应关系。并进一步研究初夏与盛夏的环流演变特征, 得知若在 6 月 500 hPa 华北出现异常增高过程时, 则盛夏多出现“西高东低”流型, 华北少雨; 反之, 6 月华北出现异常低压过程时, 盛夏多出现“东高西低”流型, 华北多雨。6 月华北高压区环流特征与盛夏的环流型相关系数达 0.597, 与华北中部盛夏降水相关系数为 0.562, 为初夏进行盛夏旱涝短期气候预测提供了依据。以此为根据建立了初夏对于天津盛夏降水短期气候预测的经验方法, 在 2002—2004 年的业务应用中预报趋势都是正确的。

关键词: 华北, 盛夏旱涝, 环流型, 先兆过程。

1 引 言

华北汛期降水主要集中在盛夏 7—8 月。赵振国等^[1] 统计研究指出华北雨季开始期集中在 7 月, 结束期在 8 月中旬到 9 月初。而 6 月中旬正是长江中下游梅雨开始的时期。这时人们对华北盛夏旱涝究竟如何十分关切, 很自然地认为时间临近, 气象部门会做出更有把握的预测, 对我们有更迫切的期望。因此我们应进一步研究初夏时节的天气气候特征, 认识初夏到盛夏的演变规律, 做好对盛夏旱涝的短期气候预测。

6 月份夏至时节已到, 北半球得到了最多的太阳辐射, 而气温与降水的高峰却还有一个多月的时间才到来, 这一事实表明气候系统运行似乎有一个多月的滞后期。这也启示我们在初夏 6 月可能孕育着盛夏气候演变特征的某些因素, 可以探讨在初夏作盛夏的环流及降水的短期气候预测可行性。

从天气气候分析的角度看, 华北盛夏旱涝短期气候趋势的不同, 不过是因为有不同的天气过程出

现。连续或多次出现大到暴雨天气过程, 形成多雨甚至洪涝的短期气候现象; 而多次出现不利于降水的天气过程, 则导致少雨干旱的气候。因此进行环流型和天气过程的分析在短期气候预测研究中有重要意义。基于上述思想, 本文应用 1958—2002 年, 共计 45 年的 NCEP/NCAR 逐日资料与华北 7—8 月降水数据进行各项分析计算, 探讨初夏天气过程与盛夏华北的环流型及降水的关系。

2 华北盛夏旱涝的环流型

多年的暴雨预报实践与研究使人们认识到华北暴雨的环流背景的基本特征是“东高西低”形势^[2]。“东高”是指西太平洋副热带高压(副高)偏北、偏强。副高脊线常达到 30°N 或以北, 副高的西脊点在 120°E 附近, 华北地区处于副高的西北侧。“西低”包含的系统有: 西风锋区上的槽或低涡; 西南涡或倒槽; 热带气旋或东风波。若“东高西低”形势较长时间维持(图 1), 或多次出现, 就形成了华北盛夏多雨甚至洪涝的气候现象。

* 初稿时间: 2005 年 5 月 12 日; 修改稿时间: 2005 年 7 月 21 日。

资助课题: 国家科技部社会公益类项目 2002DIB20067。

作者简介: 梁平德, 女, 高级工程师, 从事天气气候分析预报业务和科研工作, E-mail: tjlyduan@yahoo.com.cn

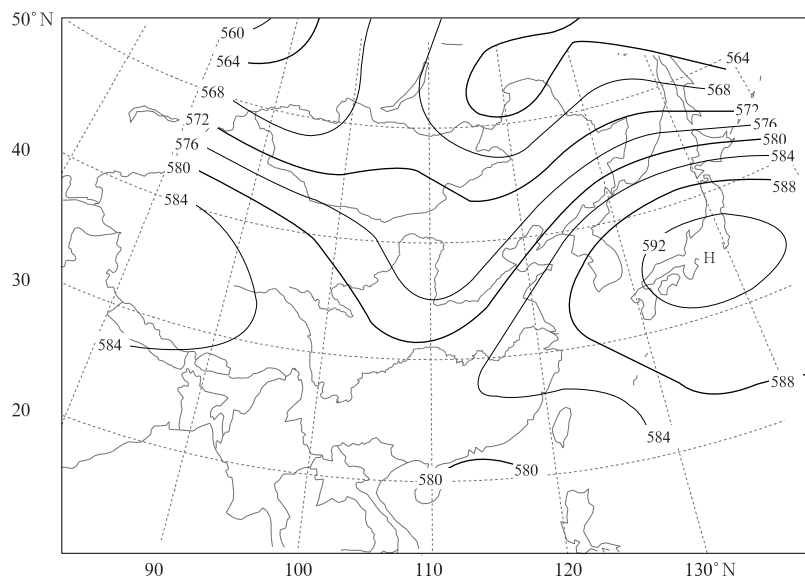


图 1 东高西低流型典型图例(1973 年 7 月 15 日 500 hPa)

Fig. 1 The typical case for circulation pattern "high in the east and low in the west"
(the 500 hPa map on 15 July 1973)

盛夏华北少雨干旱气候现象的形成需要有稳定的不利于降水发生的环流形势^[3]。主要有 3 种流型:(1) 高压控制型,从河套、华北以至山东都在高空(500 hPa)暖高压控制之下,形成高温无雨天气。人们称之为华北高压。它本质上是内陆副热带高压的一支^[4-5]。(2) 西北气流控制型,河套附近有高压或脊,西太平洋副高偏东或偏南,黄海到日本海有低槽,华北平原高空为西北气流,天气晴朗。与“东高

西低”形势几乎完全相反,呈现“西高东低”特征(图 2)。(3) 副高向内陆西伸型,副高脊线在 30°N 附近向西伸展到长江中游(110°E)呈东西带状。带状高压阻断了南方暖湿空气北上,致使华北难以出现较大降水。前两种情况河套到华北上空的高度都较高,呈现“西高东低”特征。第 3 种流型是东西高度基本相等的纬向流型。

于是可以将多雨环流型概括为“东高西低”;将

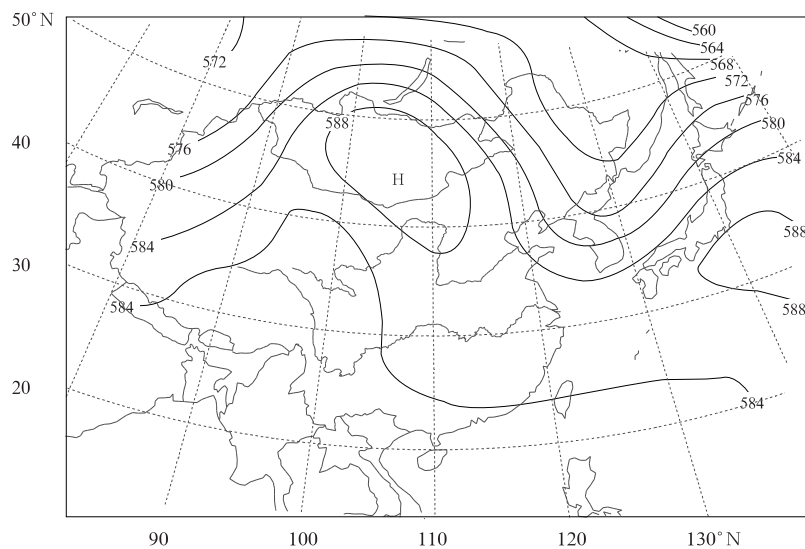


图 2 西高东低流型典型图例(1999 年 7 月 23 日 500 hPa)

Fig. 2 The typical case for circulation pattern "high in the west and low in the east"
(the 500 hPa map on 23 July 1999)

少雨环流型概括为“西高东低”。这里将东西高度相等的也归并在“西高东低”之中。从 1958—2002 年华北中部 15 站(丰宁、张家口、怀来、承德、遵化、青龙、秦皇岛、北京、廊坊、天津、乐亭、保定、饶阳、沧州、塘沽)7 月降水百分率平均值与东亚 500 hPa 7 月月平均高度的相关场(图 3)可以看出,华北盛夏降水与日本到朝鲜半岛南部是正相关的,而与亚洲大陆中纬度(40°—50°N)一带是负相关的,负相关中心在华北北部和蒙古南部。从而表明华北上空东高西低形势降水多;反之西高东低降水少。

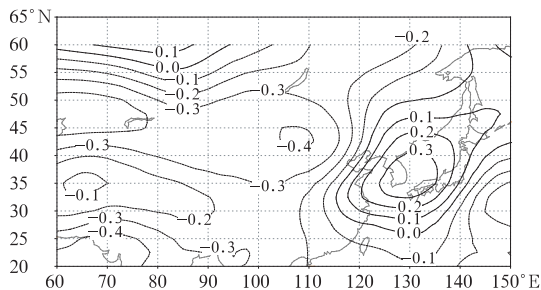


图 3 1958—2002 年华北中部 15 站 7 月降水百分率平均值与东亚 500 hPa 7 月月平均高度的相关场
Fig. 3 The correlogram for fifteen stations rainfall in mean percent in July in North China and the July 500 hPa monthly mean height in East Asia during 1958—2002

参照以往的研究设计了一个涵盖“西高东低”和“东高西低”的盛夏华北地区经向环流指数。即用 110°E 上 37.5°, 40°, 42.5°N 处的高度减去 130°E 上 37.5°, 40°, 42.5°N 处的高度差。差值 ≥ 0 是“西高东低”;差值 < 0 是“东高西低”。计算了 45 年 7—8 月逐日华北经向环流指数,并统计了经向环流指数的 3 个特征与华北中部(15 站)7—8 月降水以及天津

降水的相关(表 1)。其中天津的降水是选用了天津地区 9 个站的 7,8 月降水距平百分率的平均值。从中可以看出这个经向环流指数对少雨环流型及多雨环流型有相当好的代表性。某年西高东低日数越多(即东高西低日数越少)降水越少;反之降水越多。天津降水距平 $> 20\%$ 的多雨年份平均西高东低日数为 17.8 d(东高西低日数为 44.2 d),而降水距平 $< -20\%$ 的少雨年份平均西高东低日数达 32.6 d,是多雨年份的 1.83 倍。按华北中部盛夏降水计算少雨年份西高东低日数是多雨年份的 1.79 倍。累积指数分别是各年 7—8 月 > 0 和 < 0 的指数累积值,它们表达指数大小(代表一定的强度)的影响。统计表明它们与华北 15 站和天津 9 站降水的相关也是显著的。

表 1 1958—2002 年盛夏华北地区经向环流指数特征与华北中部和天津降水的相关系数

Table 1 Correlation coefficients between the characteristic quantity of North China meridional circulation indexes and the rainfall in central North China and Tianjin in mid-summer over 1958—2002

特征	西高东低日数	累积西高东低指数	累积东高西低指数
华北中部降水	-0.574	-0.600	-0.422
天津降水	-0.593	-0.601	-0.457
置信度	0.001	0.001	0.01

不仅各年盛夏华北降水量与西高东低日数有显著的反相关,而且它们在 45 年中的变化趋势也是相反的(图 4)。45 年来华北 7,8 月降水趋于减少,华北中部降水以每年 0.897% 的速率下降;而同期西高东低的日数却是增加的,每年增加 0.45 d。特别是近 10 余年来降水减少而西高东低日数增加更为显著。

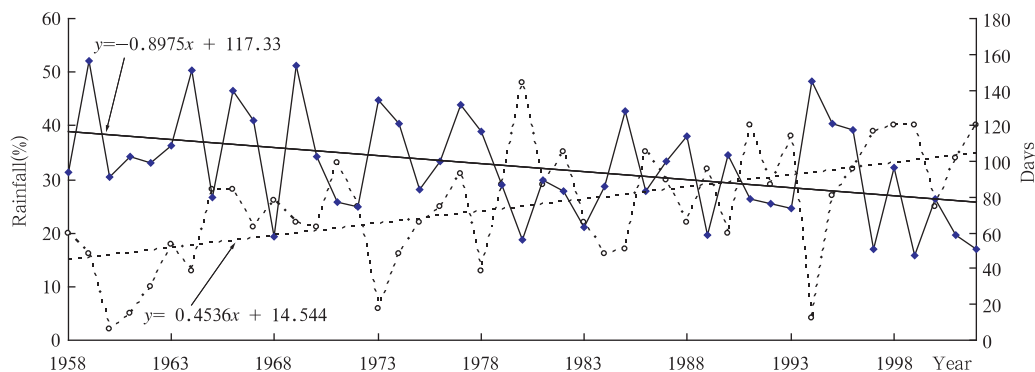


图 4 1958—2002 年 7—8 月西高东低日数(虚线)与华北降水百分率(实线)变化曲线
Fig. 4 The curves of days with “high in the west and low in the east” pattern (dashed) and the rainfall in July and August in North China(solid) during 1958—2002

我们又计算了西高东低日数与华北 85 个站的 7—8 月降水量相关系数(图 5)。可以看到在华北中部大部分地区相关系数都很高,中心在廊坊,相关系数达 -0.551,大多通过了 0.001 的信度检验。除华北中心区外许多地区都超过了 0.3,河南及山西南部相关系数较低,说明西高东低流型和东高西低流型对于华北有相当大的区域代表性。

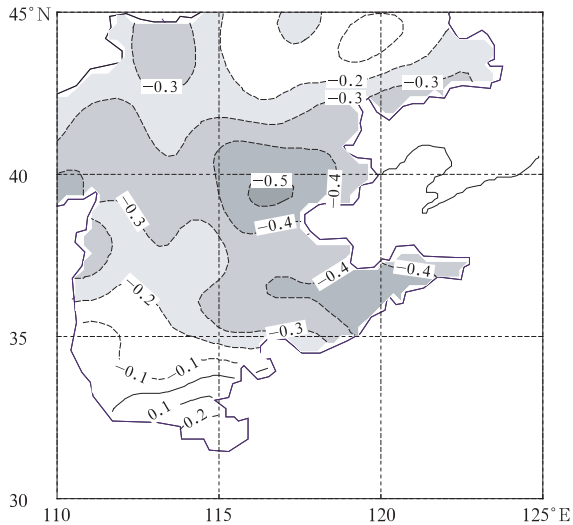


图 5 1958—2002 年 7—8 月西高东低日数与华北 7—8 月降水相关系数分布

Fig. 5 The correlogram of the days with “high in the west and low in the east” pattern and the rainfall in North China in July and August during 1958—2002

3 初夏天气过程与盛夏环流及降水

进一步考查盛夏不同的环流型与初夏天气过程的关系。从 1958—1997 年中天津盛夏的 11 个少雨年(降水距平 < -20%) 和 11 个多雨年(降水距平 > 20%) 6 月 500 hPa 平均高度距平的差值场(图略)中可见整个亚洲及西北太平洋区域中差值最大的就在华北北部和蒙古南部一带^[6]。正差值说明盛夏少雨年份初夏华北的高度高于多雨年份。

我们又做了 6 月 500 hPa 亚洲区高度场与华北中部 15 站 7—8 月降水百分率平均的相关图(图略)最显著相关区也在华北的北部,最大相关系数达 -0.566。可以说 6 月份华北北部区域的高度场对盛夏华北降水趋势有较好的预报意义。这使我们联想到是否盛夏少雨年初夏华北 500 hPa 高度偏高,可能已为盛夏易出现西高东低流型的“西高”作了某种准备;而盛夏多雨年 6 月华北高度偏低,似乎为盛

夏东高西低的“西低”提供了前提条件。这似乎表明 6 月华北北部的高度场有某种持续性。根据上述差值场和 7—8 月华北降水与 6 月高度场的相关我们选择了 40°—45°N, 100°—115°E 区域(以下将此区简称为华北高压区)做进一步分析以深化对初夏前兆信号的认识。计算了华北高压区 6 月 500 hPa 平均高度与 7 月亚洲区高度场的相关(图 6)。由图可见华北高压区的高度和亚洲大陆中纬度地区的高度都是显著相关的,特别是从蒙古直到巴尔喀什湖附近以及中国华北西北相关系数都在 0.8 以上,最大相关系数达到 0.887。我们也作了 6 月华北高压区的平均高度与 8 月份亚洲区高度场的相关,情况与图 6 大致相同(图略)。这说明 6 月份华北高压区高度场有很强的持续性,当 6 月华北高压区高度偏高时,7,8 月份中国华北、西北直到巴尔喀什湖区域高度都是偏高的,有利于盛夏华北高压形成;反之,当 6 月华北高度偏低时,7,8 月中国北方多低压活动。有趣的是日本和日本海一带呈现反相关。虽然这个反相关较弱,也表明了当 6 月华北高压区高度偏高时有容易形成盛夏西高东低的倾向;反之,6 月华北高压区高度偏低时可能形成东高西低的趋势。

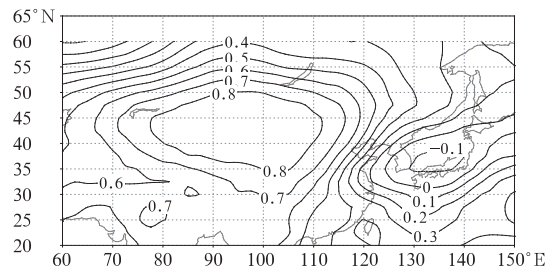


图 6 1958—2002 年 6 月华北高压区平均高度与 7 月亚洲 500 hPa 高度相关场

Fig. 6 The correlogram for the mean height over North China high area in June and July 500 hPa monthly mean height during 1958—2002

为了解华北高压区高度场的发展,我们用该区逐日 500 hPa 平均高度来研讨天气过程特征。在东亚中纬度地区 6 月份是高度上升的时节,月初与月末高度相差约 40 gpm。所以不能以月平均高度计算逐日高度距平,而是先计算多年逐日的平均值,再经过滑动平均处理得到多年逐日高度平均值(图略),并在平滑了的多年逐日高度平均值的基础上计算了各年 6 月逐日华北高度距平值。

考查逐年初夏 6 月逐日距平曲线,发现华北高

压区有强的高度升高过程的年份,不仅该年 6 月最大正距平日的高度距平值(以下简称日最大正距平)大,且正距平持续的日数多,对应的盛夏西高东低日数也多,且少雨。这说明盛夏少雨年在初夏影响华北的冷空气较弱,甚至有强的增暖过程。而初夏有强的高度下降过程的年份,6 月高度负距平最低日的距平值(以下简称日最小负距平)很低。对应的盛

夏东高西低日数多,且多雨。说明盛夏多雨年,初夏常有强低压过程,冷空气势力活跃。再以初夏华北高压区的特征值与盛夏华北经向环流指数及降水作相关分析(表 2),结果表明初夏华北高压区的各项特征都与盛夏华北环流有极好的相关,对盛夏华北和天津降水相关也很好。

严重干旱少雨的 1997 年,7—8 月天津区域平

表 2 1958—2002 年华北高压区特征与盛夏华北经向环流指数特征及华北、天津降水相关系数

Table 2 Correlation coefficients of the statistics of June North China High with July—August North China meridional circulation indexes and the mid-summer rainfall in North China and Tianjin over 1958—2002

6 月华北高压区	7—8 月西高东低日数	累积西高东低指数	累积东高西低指数	7—8 月华北降水	7—8 月天津降水
日最大正距平	0.597	0.571	0.606	-0.562	-0.536
月累积正距平	0.557	0.586	0.586	-0.529	-0.514
日最小负距平	0.436	0.404	0.500	-0.366	-0.284

均降水距平为 -60.8%,华北中部平均降水距平为 -49%,该年 6 月华北高压区正距平日数达 26 d,其中最强的一天正距平为 101 gpm(图 7),在华北 500 hPa 上已经有中心为 584 dagpm 的暖高压出现。盛夏 7—8 月有华北暖高压中心的日子有 18 d,西高东低的日数为 39 d。这一年发生了创记录的干旱与酷热。盛夏多雨的 1963 年华北平原遭受了历史罕见的严重洪涝,雨季强度指数是 1951—1996 年中最强的,7 月下旬到 8 月上旬降水量最多的达到 2892 mm,偏多 201%,也是 46 年中最多的^[1]。这一年五大河洪水袭津,各大洼淀都出现了历史最高水位,仅天津市就有 17 万人同解放军一起坚守在各河堤岸,昼夜加高加固堤埝,保证洪水安全下泄^[7]。这年 6 月的强低压过程华北高压区的高度距平达到 -101 gpm(图 7),7,8 月东高西低日数达 46 d。可知,无论是一般年份的统计结果还是特殊年份的实际情况,都证明在初夏 6 月在华北 500 hPa 出现异常高度升高过程或异常高度降低过程对盛夏异常少雨或多雨密切相关。我们可以将 6 月华北出现的异常升高或降低过程称之为盛夏降水异常的先兆过程。

图 8 给出 6 月华北日最大正距平与华北 85 站 7—8 月降水量的相关系数。可以看到:华北中部的大部分地区同样有很高的相关系数,其中北京为 -0.52,阳泉为 -0.558。我们还看到,山西、河北两个高相关区中间是断开的,这可能是受了太行山脉的影响。图 8 也说明初夏 6 月的先兆过程对华北相当大区域的盛夏降水趋势有预报意义。

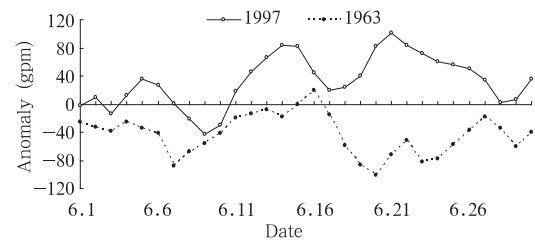


图 7 1997 年和 1963 年 6 月逐日 500 hPa 距平曲线

Fig. 7 The curves of 500 hPa height anomaly in June during 1997 and 1963

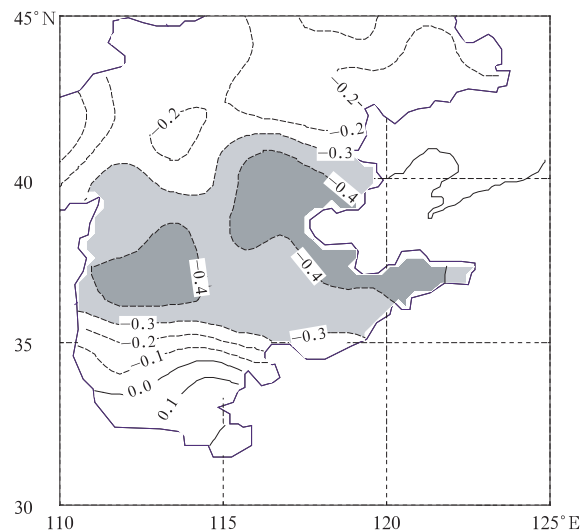


图 8 1958—2002 年 6 月华北高压日最大正距平与华北 7—8 月降水量相关系数分布

Fig. 8 The correlogram for maximum anomaly of the North China high in June and North China rainfall in July and August during 1958—2002

依照上述工作已经完成了用 6 月资料(包括实况和几天的中期数值预报)制作天津盛夏降水短期气候预测的经验方法,在 2002—2004 年的业务应用中预报趋势都是正确的。

4 小 结

本文采用逐日的流型相关场及天气过程分析给出了盛夏旱涝的“西高东低”和“东高西低”流型,并确定了它们与盛夏降水的统计关系。分析了初夏华北高压区高度场与盛夏高度场的持续性,进而揭示了初夏华北天气过程与盛夏华北环流型的显著关联性,使我们对夏季华北降水多少的环流发展过程有了新的认识,为华北盛夏降水短期气候预测提供了客观依据。减少了单纯统计方法的某些盲目性。

这项工作还是初步的,关于初夏天气过程与盛夏环流型的物理机制、关于华北高压的气候意义等都还有待于进一步的研究。

参考文献

- [1] 赵振国. 中国夏季旱涝及环境场. 北京:气象出版社,1999. 10-15,162
Zhao Zhenguo. Chinese Summer Drought Flood and Environment. Beijing: China Meteorological Press, 1999. 10-15,162
- [2] 张元箴. 天气学教程. 北京:气象出版社,1992. 473-474
Zhang Yuanzhen. Course of Synoptic Meteorology. Beijing: China Meteorological Press, 1992. 473-474
- [3] 梁平德. 华北平原夏季干旱的天气气候分析. 见:北方天气文集(6). 北京:北京大学出版社,1987. 139-143
Liang Pingde. Synoptic and Climatic Analysis on the Summer Drought in Northern China Plain. In: Weather in Northern China (6). Beijing:Beijing University Press, 1987. 139-143
- [4] 北京大学地球物理系气象教研室. 天气分析和预报. 北京:科学出版社,1976. 221-223
Beijing University Geophysics Department Weather Teaching and Research Section. Weather Analysis and Forecast. Beijing: Science Press, 1976. 221-223
- [5] 钱婷婷等. 造成北京连续高温的河套高压结构分析. 应用气象学报,2005(2):168-173
Qian Tingting, et al. A case study of the structure of the Hetao high which cause long hot weather in Beijing. J Appl Meteor Sci(in Chinese),2005(2):168-173
- [6] 周鸣盛等. 天津盛夏降水趋势与初夏华北高压的统计分析. 气象科技,2004,6: 482-484
Zhou Mingsheng, et al. Statistical analysis of Tianjin precipitation in mid-summer and Northern China High in early summer. Meteor Sci Techn(in Chinese), 2004,6: 482-484
- [7] 《天津四十年》编辑部、天津市统计局. 天津四十年. 北京:中国统计出版社,1989. 1282pp
Tianjin Forty Years Editorial Department, Tianjin Statistical Bureau. Tianjin Forty Years. Beijing: Chinese Statistical Press, 1989. 1282pp

CIRCULATION PATTERNS FOR MID-SUMMER DROUGHT/FLOOD IN NORTH CHINA AND THEIR EARLY-SUMMER PRECURSERS

Liang Pingde¹ Duan Liyao² Zhou Mingshen¹ Zhou Liangdan³

¹ *Tianjin Meteorological Institute, Tianjin 300074*

² *Tianjin Climate Centre, Tianjin 300074*

³ *Tianjin Meteorological Technical Service Centre, Tianjin 300074*

Abstract

The relation between weather processes in early- and mid-summer is investigated using the NCAR/NCEP daily 500hPa reanalysis data. It is shown that if there is a anomalously strong increase process of 500 hPa height over North China in June, then there will be more days when the circulation pattern of "west-high-east-low" dominates over North China in July and August, and the rainfall will be less; conversely, if there is a quite deep low process over North China in June, then there will be more days when the circulation pattern of "west-low-east-high" dominates in July and August, and the rainfall will be more. Correlation coefficients of the daily maximum positive height anomaly over the North China High region ($40^{\circ}-45^{\circ}\text{N}$, $100^{\circ}-115^{\circ}\text{E}$) in June with the day number of the circulation pattern of "west-high-east-low" in July and August over North China, and the mid-summer rainfall in North China are 0.597 and 0.562, respectively. Based on the above analysis results, a short-rang climate forecast empirical method for mid-summer rainfall in Tianjin was established, and its performance in the operational forecasts for mid-summer rainfall in Tianjin in 2002—2004 is quite well.

Key words: Mid-summer rainfall, North China, Circulation pattern, Early-stage weather process.