

# 河北省冬麦区干热风成因分析

尤凤春<sup>1</sup> 郝立生<sup>2</sup> 史印山<sup>1</sup> 段素莲<sup>1</sup> 孔凡超<sup>1</sup>

(1. 河北省气象台, 石家庄 050021; 2. 河北省衡水市气象局)

**提 要:** 利用河北省冬麦区 1971—2005 年 5 月 10 日至 6 月 10 日逐日降水、气温、湿度、风向风速及同期 500hPa 高度场等资料, 采用小波分析、滑动- $t$  检验等统计方法, 对冬麦区近 35 年来干热风时空分布、周期、突变等特征进行了分析, 同时对河北省冬麦区干热风成因进行了分析。分析表明: 轻度和重度干热风年平均发生日数分布具有一致性; 而轻度和重度干热风的周期、年代际变化等均具有不同特征; 干热风偏多、偏少除与同期气温、降水有关外, 还与同期 500hPa 环流形势场关系密切。

**关键词:** 干热风 成因 小波分析

## Causation analysis of Dry-Hot Wind Formation in Hebei Province Winter Wheat Region

You Fengchun<sup>1</sup> Hao Li sheng<sup>2</sup> Shi Yinshan<sup>1</sup> Duan Sulian<sup>1</sup> Kong Fanchao<sup>1</sup>

(1. Hebei Province Meteorological Office, Shijiazhuang 050021; 2. Hebei Hengshui Meteorological Bureau)

**Abstract:** Based on daily precipitation, temperature, humidity, wind speed, wind direction and 500hPa height data during 10, May to 10, June from 1971 to 2005, by using trend analysis, wavelet analysis, sliding- $t$  test and other methods, the temporal-spatial distribution, change period, abrupt change and other feature of dry-hot wind are analyzed in Hebei province winter wheat region during recent 35 years. The results indicate that annual average days of light dry-hot wind are consistent with those of the severe; but the period and interannual variability between the light and the severe dry-hot wind are different. In addition, the number of annual days of the dry-hot wind is related with temperature, precipitation and 500hPa circulation pattern at same time. These results set up a foundation to forecast later dry-hot wind.

**Key Words:** dry-hot wind causation wavelet analysis

## 引 言

河北省中南部冬麦区,每年 5 月中旬到 6 月上旬是冬小麦灌浆盛期,这期间出现的干热风对冬小麦籽粒增重影响很大,研究表明,轻者减产 10%左右,重者减产 20%以上<sup>[1-3]</sup>。北方小麦干热风科研协作组曾利用 1959—1978 年北方 13 省、市、自治区 28 个代表站点的小麦和气象资料,对北方小麦干热风进行了气候区划;重点研究了黄、淮、海麦区干热风天气的形成、维持、消失过程的物理条件;干热风对小麦灌浆速度的影响等<sup>[4-6]</sup>。缪炳华利用 1957—1981 年淮北平原 4 个代表站点的气象资料,对 10 例干热风天气过程的结构和环流背景作了综合分析<sup>[7]</sup>。陈昌毓分析了河西走廊干热风的气候特征<sup>[8]</sup>。周泽民对随州市干热风发生规律及防御对策进行了研究<sup>[9]</sup>。近十几年来的气候变化,主要表现在气温升高、降水减少,对干热风的时空分布、变化规律等都具有重大影响。但近十年来有关干热风的研究并不多见,因此,本文应用近 35 年河北省冬麦区加密气象资料,研究干热风特征、变化规律及成因,对今后做好预测预报具有重要意义。

## 1 资料和方法

本文选用河北省冬麦区 1971—2005 年共 35 年 5 月 10 日至 6 月 10 日逐日降水、气温、湿度、风向风速及同期 500hPa 高度场等气象资料,其中轻度和重度干热风指标参照文献<sup>[10]</sup>,即选用每日 14 时温度、湿度、风力三要素组合来确定。轻度干热风的具体指标是:14 时气温 $\geq 32^{\circ}\text{C}$ ,14 时相对湿度 $\leq 30\%$ ,14 时风速 $\geq 2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;重度干热风的具体指标是 14 时气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ ,14 时相对湿度 $\leq 25\%$ ,14 时风速 $\geq 3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。本文规定凡一

日内河北省中南部有一个及以上市平均出现干热风时即定为干热风日。

本文采用小波分析<sup>[11-12]</sup>、滑动- $t$  检验等统计方法。

## 2 河北省冬麦区干热风时空分布特征

### 2.1 干热风年平均日数分布

由河北省冬麦区轻度和重度干热风平均发生日数分布图(图略)可以看出,轻度和重度干热风年平均发生日数总趋势是自南向北逐渐减少,其大值中心出现在河北省南部地区。所不同的是轻度干热风年平均日数极大值 3.5 的中心位于最南部的邯郸附近;而重度干热风年平均日数极大值 1.5 的中心位于邢台附近,这与河北省高温极值中心分布的区域比较一致。由此可见,由太行山地地形造成的焚风效应比较明显。

### 2.2 干热风年际—年代际变化分析

图 1 分别给出了重度(a)和轻度(b)干热风发生总日数逐年变化趋势。从逐年变化总趋势来看,重度干热风不是每年都有发生,而轻度干热风则每年都会出现。

由图 1a 可见,重度干热风发生总日数的年代际变化特征非常明显,1970 年代初、1980 年代初和 2000 年前后均明显偏多,而 1970 年代后期、1980 年代后期至 1990 年代,其发生总日数均有一个明显偏少阶段,尤其是 1980 年代后期至 1990 年代,其发生总日数达到最少;相比之下轻度干热风发生总日数的年代际变化不是很突出,1970 年代初、1980 年代初、1990 年代初和 2000 年前后均明显偏多,在 1970 年代后期、1980 年代后期和 1990 年代后期,其发生总日数也均有一个明显偏少阶段,而到 2000 年以后又有增加的趋势(图 1b)。值得注意的是,无论重度干热风还是轻度干热风均在 2001 年达到近 35 年

来最强,这与该年该时段河北省冬麦区平均气温距平达到了近 35 年来最大,而平均降水距平则达到了近 35 年来最小有关。

由表 1 可见,轻度干热风平均总日数,从 1970 年代到 1990 年代呈逐渐减少的趋势,但是 2000 年以后又开始呈明显增加的趋势,

而且达到最强;最长持续日数则从 1970 年代到 2000 年以后一直呈现增加的趋势。重度干热风平均总日数,也从 1970 年代到 1990 年代均呈明显减少的趋势,2000 年以后也开始明显增加,从而进入一个相对多的阶段,而最长持续日数的变化趋势也与其相同。

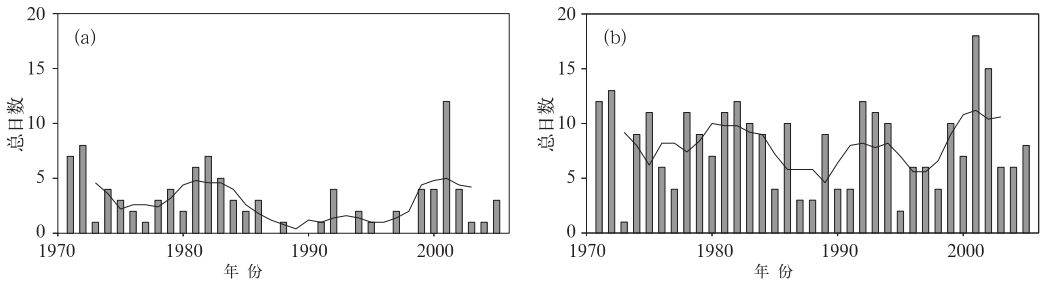


图 1 重度(a)和轻度(b)干热风总日数逐年变化趋势  
其中粗柱线为干热风总日数,细曲线为 5 年滑动平均

表 1 1971—2005 年各年代干热风变化趋势

	轻度干热风		重度干热风	
	平均总日数	最长持续日数	平均总日数	最长持续日数
1971—1980	8.3	6	3.5	6
1981—1990	7.5	6	2.7	3
1991—2000	7.2	8	1.8	2
2001—2005	10.6	8	4.2	5
多年平均	8.1		2.9	

### 2.3 干热风周期分析

图 2 是重度干热风总日数 Morlet 小波分析,计算时使用的是距平资料。图 2a 是 Morlet 小波系数实部分布情况,系数的大小代表某一尺度成分作用的大小,反映了它所

对应时段的时间尺度的周期性是否明显。小波系数为负值,表示该阶段干热风发生总日数比多年平均少;小波系数为正,表示该阶段干热风发生总日数比多年平均多,正负中心过渡的地方为气候发生转折的时期。从图上定性分析重度干热风发生总日数变化存在 10 年和 16 年周期,10 年周期在 1990 年后有缩短的趋势,16 年周期在 1990 年以后表现比较明显。为了进一步定量地分析变化的主要周期,对不同尺度的小波功率谱进行分析,谱值越大,周期越显著(图 2b)。由图 2b 可以看到,10 年周期谱值表现非常突出,16 年周期谱值比较突出。

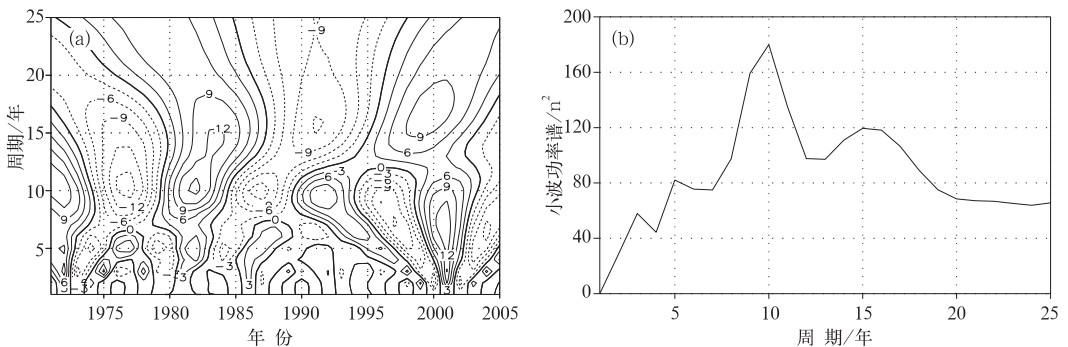


图 2 重度干热风总站数 Morlet 小波分析  
a. 小波系数实部;b. 总体小波功率谱

同理还进行了轻度干热风总日数 Morlet 小波分析,从小波系数实部分布定性分析出轻度干热风发生总日数变化存在 4 年、10 年周期(图略)。从小波功率谱图分析看出 10 年周期谱值非常突出,4 年周期谱值比较突出(图略)。

#### 2.4 干热风突变分析

采用滑动- $t$  检验方法,滑动步长取 10 年,对干热风进行了突变分析。其检验结果是重度干热风总日数在 1980 年代发生了气候突变;对轻度干热风总日数而言则没有突变发生(图略)。

### 3 河北省冬麦区干热风成因分析

#### 3.1 同期气温、降水对干热风的影响分析

首先对同期气象要素(气温、降水)进行分析。由 1971—2005 年 5 月中旬至 6 月上旬河北省冬麦区重度干热风日数、平均降水距平、平均气温距平逐年变化合成图(图略)可以得到:重度干热风日数与同期平均气温距平具有很好的正相关关系,而与同期平均

降水距平具有很好的负相关关系。尤其在 2001 年河北省冬麦区平均气温距平达到了近 35 年来最大,而平均降水距平则达到了近 35 年来最小,由此引发了近 35 年来河北省冬麦区最强的一次干热风。相反,1977 年 5 月中旬至 6 月上旬,河北省冬麦区平均气温距平达到了近 35 年来最小,而平均降水距平则达到了近 35 年来最大,因此使得该年干热风较轻。

#### 3.2 同期 500hPa 平均环流形势对比分析及检验

为找出干热风偏多年份和偏少年份同期 500hPa 平均环流形势的差异,本文首先从 1971—2005 年 5 月中旬至 6 月上旬河北省冬麦区干热风逐年变化趋势中,分别选取两个干热风异常阶段,即干热风偏多阶段(1999—2003 年)和干热风偏少阶段(1987—1991 年)。分别计算出这两个干热风异常阶段的同期 500hPa 平均环流形势场(图 3)、距平场,并对两者的差异进行  $t$  检验。下面分别对其进行分析,并找出各自特征。

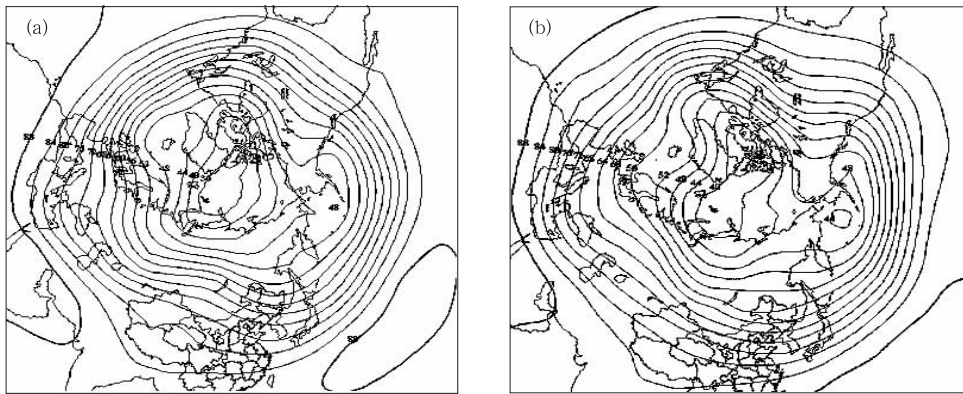


图 3 干热风偏多阶段(a)、偏少阶段(b)同期 500hPa 平均环流场分布

##### 3.2.1 同期 500hPa 平均环流形势对比分析

通过对图 3 年干热风偏多阶段同期 500hPa 平均环流形势场分析表明:极涡呈单

极型分布,其中心稳定在极地附近;在中高纬度欧亚大陆上空为两槽一脊型,东亚大槽稳定在日本海附近,乌拉尔山附近也为一宽广

低压槽,分别与两槽相对应有大片负距平区(图略),而在两槽之间的贝加尔湖附近维持一宽广高压脊,并有+6gpm的正距平中心相配合(图略)。在这种环流形势配置下,冷空气主力在极地附近活动,即使有冷空气南下时也偏北偏东,对河北省影响不大;河北省主要受500hPa高压脊控制,多晴好天气,气温较高,湿度较小,对于干热风的形成非常有利。图3b给出干热风偏少阶段同期500hPa平均环流形势场,由此图分析其特征是:极涡呈偶极型分布,分别稳定在东、西半球,且西半球极涡强于东半球;在中高纬度欧亚大陆上空与干热风偏多阶段的槽、脊位相正好相反,且槽、脊较弱,趋于纬向型;在日本海以北和乌拉尔山附近分别为一弱高压脊,分别有正距平相对应(图略),而在两脊之间的贝加尔湖以北维持一弱低压槽,并有负距平相对应(图略)。在这种形势下,极地附近冷空气可以分别活动在东、西半球,贝加尔湖以北的弱低压槽引导极地冷空气频繁南下影响河北省,使河北省天空状况较差,出现阴雨天气,湿度增加,气温回升缓慢,不利于干热风形成。

### 3.2.2 干热风偏多、偏少年500hPa平均环流形势场差异检验

为了考察干热风偏多、偏少阶段500hPa平均环流形势场的差异,取显著性水平 $\alpha=0.05$ ,对两者的平均环流形势场进行 $t$ 检验<sup>[13]</sup>。由于干热风偏多、偏少阶段500hPa平均环流形势场检验场可见(图略),在北半球存在3个正值中心和3个负值中心或负值区。其中正值中心分别位于贝加尔湖附近、太平洋上空和大西洋东岸;另外,3个负值区分别位于日本岛附近、北美大陆和乌拉尔山附近。通过差异显著检验的主要区域位于贝加尔湖附近和大西洋东岸(图略)。可见,贝加尔湖附近的槽、脊分布对于河北省中南部冬麦区干热风的影响至关重要。这说明贝加尔湖附

近是高压脊控制还是低压槽影响决定于干热风偏多、偏少,以上结论可以为进一步做好干热风预测预报奠定基础。

### 3.3 2001年强干热风过程分析

2001年5月16—20日和5月31日至6月5日出现了两个干热风时段,其持续时间之长、强度之强、影响范围之大等均为历史罕见。

通过对这两个时段高、低空平均环流形势场进行综合分析,可以总结出以下主要特征:从高空500hPa、700hPa平均形势场来看(图略),这两个时段均为暖高压脊控制。从850hPa平均温度场来看(图略),最明显的特征是这两个时段都有温度脊或暖中心存在。另外,从地面平均形势场来看(图略),这两个时段分别对应两种形势场。其中5月16—20日地面平均形势场是西高东低,即从河套向西南维持一高压带或高压中心,从东北到河北东部维持一低压带,在河北省西部等压线呈南北分布,地面风场以偏西风为主;5月31日至6月5日地面平均形势场是东南高西北低,河北省处在地面高压西北部的西南偏西气流里。以上两种地面平均形势场再加上高空受暖脊控制,均使河北省大部分地区天气晴朗,并常在太行山东部地区伴有焚风效应,使得中南部冬麦区迅速升温,湿度下降,从而容易出现干热风天气。

## 4 结 论

通过上述分析,可以得出以下主要结论:

(1) 轻度和重度干热风年平均发生日数自南向北逐渐减少。

(2) 重度干热风发生总日数的年代际变化特征非常明显,轻度干热风发生总日数的年代际变化不很突出。无论重度干热风还是轻度干热风均在2001年达到近35年来最

强。

(3) 重度干热风变化的最主要周期是 10 年,次要周期是 16 年;而轻度干热风变化的最主要周期是 10 年,次要周期是 4 年;重度干热风总日数在 80 年代发生了突变,而轻度干热风总日数则没有突变发生。

(4) 重度干热风日数与同期平均气温距平呈正相关,与同期平均降水距平呈负相关。干热风偏多阶段、偏少阶段同期 500hPa 平均环流形势场均具有明显特征,且差异显著。

### 参考文献

- [1] 山东菏泽地区气象台预报组. 干热风天气的分析和预报[J]. 气象, 1976, 2(4): 14-14.
- [2] 河南省气象局农气试验站. 喷洒草木灰水防御干热风[J]. 气象, 1976, 2(4): 15-17.
- [3] 郑剑非, 张增福. 廊坊地区干热风指标的确定及其区划[J]. 气象, 1979, 5(9): 28-30.
- [4] 北方小麦干热风科研协作组. 北方小麦干热风气候区划[J]. 气象, 1981, 7(5): 11-15.
- [5] 北方小麦干热风科研协作组. 小麦干热风环流机理的研究[J]. 气象, 1984, 10(12): 2-7.
- [6] 北方小麦干热风科研协作组. 干热风对小麦灌浆速度的影响[J]. 气象, 1983, 9(5): 22-24.
- [7] 缪炳华. 淮北干热风天气过程的结构和环流背景[J]. 气象, 1983, 9(5): 4-7.
- [8] 陈昌毓. 河西走廊干热风的气候特征[J]. 气象, 1982, 8(2): 23-25.
- [9] 周泽民. 随州市干热风发生规律及防御对策初探[J]. 气象, 1996, 22(4): 51-54.
- [10] 河北省气象局编著. 河北省天气预报手册[M]. 北京: 气象出版社, 1987: 190-191.
- [11] Farge, M. Wavelet transforms and their applications to turbulence[J]. Ann. Rev. Fluid Mech., 1992, 24: 395-457.
- [12] Torrence, C. and G. P. Compo. A practical guide to wavelet analysis[J]. Bull. Amer. Meteor. Soc. 1998, 79: 61-78.
- [13] 陈家鼎, 刘婉如, 汪仁官. 概率统计讲义[M]. 北京: 人民教育出版社, 1980: 207-218.