

# 吉林省四平地区近 50 年区域旱涝变化特征

郑 蕾<sup>1</sup>, 王佳楠<sup>1</sup>, 魏婷婷<sup>1</sup>, 刘 爽<sup>2</sup>

(1. 四平市气象局, 吉林 四平 136000; 2. 松原市气象局, 吉林 松原 138000)

**摘要:** 应用国家气候中心下发的吉林省四平市 5 站的逐日降水资料对四平市进行旱涝等级划分, 主要应用线性趋势法和小波分析法对其特征进行分析, 根据旱涝指标  $Z$  指数对旱涝指数  $W$  指数进行运算。结果分析得出:  $W$  指数存在较弱的下降趋势, 并且阶段性特征变化明显,  $W$  指数计算得出严重旱年与降水距平百分率有很好的对应关系; 54 年四季旱涝年数差异较大, 各季存在旱涝交替、连旱或连涝的特征; 年  $W$  指数以  $3.68 \cdot 10a^{-1}$  的速度递减, 春季和冬季  $W$  旱涝指数以  $3.89 \cdot 10a^{-1}$  和  $10.183 \cdot 10a^{-1}$  的速率增加, 均通过 0.05 水平的显著性检验, 呈现增加趋势, 夏季和秋季  $W$  旱涝指数呈现递减趋势。从小波分析结果得出各季节震荡周期不同并且特征显著。

**关键词:** 四平地区; 旱涝变化;  $W$  指数; 小波分析法

**中图分类号:** P426.6 **文献标志码:** A

## Variation of drought and flood frequency in Siping region in the past 50 years

ZHENG Lei<sup>1</sup>, WANG Jia-nan<sup>1</sup>, WEI Ting-ting<sup>1</sup>, LIU Shuang<sup>2</sup>

(1. Siping Meteorological Bureau of Jilin Province, Siping, Jilin 136000, China;

2. Songyuan Meteorological Bureau of Jilin Province, Songyuan, Jilin 138000, China)

**Abstract:** Based on the calculation of the drought-flood index ( $Z$  index,  $W$  index) with the daily precipitation data of 5 meteorological stations, the variation of drought-flood in Siping region was analyzed by the linear trend method and wavelet analysis method. The results showed that the  $W$  index data was in a weak downward trend in the Siping during the past 54 years, and exhibited alternating drought and flooding. The extreme drought year of  $W$  index corresponded to the precipitation anomaly year. These two had consistency and  $W$  index might well reflect the flood/drought rules of Siping region. The drought parameter  $W$  tends to decreased at a rate of  $3.68 \cdot 10a^{-1}$ , while it tends to increased significantly at the rate of  $3.89 \cdot 10a^{-1}$  in spring, and  $10.183 \cdot 10a^{-1}$  in winter. Each season has a different oscillation period and distinguished feature according to the result of the wavelet analysis method.

**Keywords:** Siping region; flood and drought frequency;  $W$  index; wavelet analysis method

旱涝灾害发生频繁, 持续时间长, 影响范围大, 直接阻碍社会经济的发展。1994 年 7 月 12—13 日四平市的双辽、梨树和公主岭出现洪涝灾害, 据不完全统计, 全市 59 个乡镇受灾, 受灾人口 30.45 万人, 农田受灾面积 14.26 万  $hm^2$ , 倒房 1.08 万间, 冲毁道路桥涵 32 座, 有 3 条公路北冲断, 平齐铁路 4 处被毁, 中断行车 62 h。这年, 伊通受 9415 号台风影响, 遭大暴雨和龙卷袭击, 10 个乡镇 52 个村 68 个屯受灾, 受灾人口 12.68 万, 直接经济损失 2.1 亿余元。因此, 有关旱涝问题历来受到学者的重视, 并持续不断地进行研究。吉林省四平市处于东北地区南部, 东北地区受其独特的地理位置和地形条件的影响,

使其具有独特的气候特征。吉林省气候年际变率大, 属于气候脆弱带。夏季是降水最为集中的时段, 且降水的局域性和突发性很强, 对此国内的气象工作者进行了大量的研究工作<sup>[1-4]</sup>。文献[5]~[6]研究得出东北区降水与中国其他气候区的降水有着本质的差异, 进一步指出了对东北降水研究的必要性。邹立尧等<sup>[7]</sup>研究指出近年来东北夏季旱涝灾害有加剧的趋势, 但李辑等<sup>[8]</sup>研究表明旱涝程度也存在地域差别。很多学者<sup>[9-12]</sup>分析了东北地区降水异常的时空特征。孙力等<sup>[13]</sup>系统地分析了东北区夏季旱涝年的时域特征, 并指出旱涝发生具有区域性。姚秀萍等<sup>[14]</sup>和孙力等<sup>[15]</sup>分析了东北地区旱涝年的

收稿日期: 2016-05-20

基金项目: 基于支持向量机释用方法的四平市大到暴雪客观预报业务系统研究(2013027)

作者简介: 郑 蕾(1983—), 女, 吉林四平人, 硕士研究生, 工程师, 主要从事短期气候预测、农业气象服务。E-mail: zhenglei\_0525@163.com。

环流特征。崔玉琴<sup>[16]</sup>给出了东北地区水汽输送的气候概况。目前关于异常降水的水汽条件分析侧重个例,特别是多雨时的个例,但对于旱涝年水汽输送的差异,特别是不同区域旱涝时的水汽异常的研究很少,尤其是针对吉林省的旱涝分布特征分析较少。因此本文进一步阐明吉林省四平市地区旱涝发生的区域性,进一步了解旱涝的变化规律及其原因,以便深入地研究其形成机理及防御措施,以提高该区应对旱涝灾害的能力。本文选取  $Z$  指数作为单站的旱涝指标,并利用该指标确定区域旱涝等级,分析旱涝灾害的时间变化,拟通过旱涝指数 ( $W$ ) 来探讨四平地区旱涝变化特征。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料

采用四平地区 1961—2014 年 5 个基本气象站(站点分布范围在  $42^\circ \sim 44^\circ\text{N}$ ,  $123^\circ \sim 126^\circ\text{E}$ ),即四平、双辽、梨树、公主岭、伊通站。所用年及各季降水资料来自国家气候中心。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 旱涝等级划分方法

单站旱涝指标— $Z$  指数 由于某一时段的降水量一般不服从正态分布,而是服从 Preson—III 型分布, $Z$  指数能够消除降水量平均值不同的影响,对降水量进行处理而得到服从标准正态分布的序列,对旱涝程度具有较好反映能力。首先分别计算各站点降水量标准化距平序列,然后进行  $Z$  值变换。

对降水量  $R$  进行正态化处理,可将概率密度函数 Preson—III 型分布转换为以  $Z$  为变量的标准正态分布。其转换公式为:

$$Z_i = \frac{6}{C_s} \left( \frac{C_s}{2} \varphi_i + 1 \right)^{1/3} - \frac{6}{C_s} + \frac{C_s}{6} \quad (1)$$

式中,  $C_s$  为偏态系数,  $\varphi_i$  为标准变量,均可由降水资料序列计算求得,计算公式为:

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^3}{n\sigma^3} \quad (2)$$

$$\varphi_i = \frac{R_i - \bar{R}}{\sigma} \quad (3)$$

式中,  $\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$ , 为降水序列的累年平均值,  $\sigma =$

$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}$  即降水序列的标准差。采用(1)

~ (3) 式可以求算四平市各站年和各季的值序列,然后根据表 1 确定四平的年(季)的旱涝等级,一般

可划分为 7 级。

地区旱涝等级的划分,具体为

$$W_i = I_i - L_i \quad (4)$$

式中,  $I_i = \frac{2n_1 + n_2 + n_3}{n} \times 100\%$ ,  $L_i = \frac{2n_7 + n_6 + n_5}{n} \times 100\%$ ,  $W_i$  为一个地区第  $i$  年的旱涝指数(%),  $I_i$  为该地区第  $i$  年的涝指数,  $L_i$  为旱指数。 $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ 、 $n_5$ 、 $n_6$ 、 $n_7$  分别为第  $i$  年该地区内  $Z$  指数为 1、2、3、5、6、7 级的站数,  $n$  为地区内总站数。

根据表 1 所列的标准进行地区旱涝等级划分,表中  $Z$  值的等级为 1 ~ 7。地区旱涝等级指标 ( $W$  指数) 不仅考虑了旱涝的空间分布,还充分考虑了相同旱涝空间分布下,特涝、特旱站对该地区旱涝的影响程度,即在  $n_1$  和  $n_7$  前加了权重 2。

表 1 单站 ( $Z$  指数) 和区域旱涝 ( $W$  指数) 等级指标划分标准

Table 1 The class standard based on  $Z$  index of the single station and the  $W$  index of region

等级 Grade	$Z$ 指数 $Z$ index	$W$ 指数 $W$ index/%	类型 Type
1	$1.645 \leq Z$	$75 \leq W$	特涝 Extreme flood
2	$1.037 \leq Z < 1.645$	$50 \leq W < 75$	大涝 Heavy flood
3	$0.842 \leq Z < 1.037$	$25 \leq W < 50$	偏涝 Partial flood
4	$-0.842 < Z < 0.842$	$-25 < W < 25$	正常 Normal
5	$-1.037 < Z \leq -0.8$	$-50 < W \leq -25$	偏旱 Partial drought
6	$-1.645 < Z \leq -1.037$	$-75 < W \leq -50$	大旱 Heavy drought
7	$Z \leq -1.645$	$W \leq -75$	特旱 Extreme drought

1.2.2 统计方法 采用线性回归法对  $W$  指数(年、季  $W$  指数)进行趋势分析并进行显著性检验。

1.2.3 小波分析方法 小波分析(Wavelet analysis)是时间—频率分析领域近年来迅速发展的一种新技术,具有多时间尺度、多层次和多分辨的特性。应用小波分析原理对吉林省四平市近 54 年来的年和各季  $W$  指数进行各季节震荡周期分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 区域旱涝指数的变化特征

#### 2.1.1 旱涝指数的变化趋势

##### (1) 年 $W$ 指数

图 1 为 1961—2014 年四平地区年  $W$  指数变化曲线。由图 1 可见,  $W$  指数年际变化幅度较大,  $W$  值最大可达 129% (2010 年), 最小值为 -114% (1982、2009 年和 2011 年)。从 10 a 滑动平均变化曲线来看, 近 54 年来四平地区  $W$  指数存在较弱的下降趋势, 并且阶段性特征变化明显, 20 世纪 70—80

年代初期,四平地区以偏涝为主;到 80 年代中期属于正常水平,80 年代中期到 90 年代末,四平地区又以偏涝为主,21 世纪 00 年代初到 10 年代初,四平地区转为偏旱,并且偏旱呈现加重趋势,10 年代初至今该时期  $W$  指数呈现弱增加趋势。

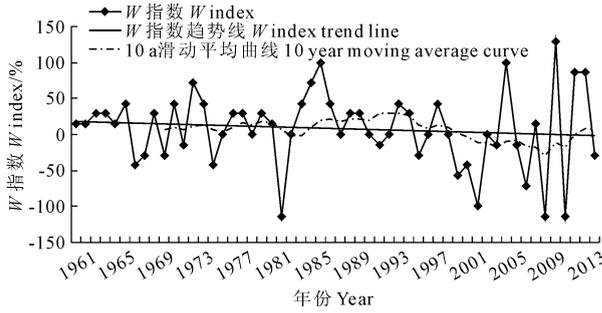


图 1 1961—2014 年四平地区年  $W$  指数曲线

Fig.1 The curve of  $W$  index variations in Siping region from 1961 to 2014

根据表 1 的划分标准,可将四平地区 1961—2014 年旱涝情况按等级划分,结果如表 2 所示。54 a 中有 23 a 涝年(5 a 特涝年、2 a 大涝年、16 a 偏涝年),13 a 旱年(4 a 特旱年、2 a 大旱年、7 a 偏旱年),18 a 为正常年。严重旱年(特旱和大旱年)有 6 a,分别发生在 1982、2000、2002、2007、2009 年以及 2011 年。严重涝年(特涝和大涝年)有 7 a,分别发生于 1973、1985、1986、2005、2010、2012 年和 2013 年。由  $W$  指数计算出来的严重旱年降水距平百分率为  $-22\% \sim -34\%$  (特旱年降水距平百分率均

$< -31\%$ ),其中最小值为 2011 年(距平百分率为  $-34\%$ );严重涝年降水距平百分率为  $19\% \sim 36\%$  (特涝年降水距平百分率均  $> 28\%$ ),其中最大值为 2010 年(距平百分率为  $36\%$ );偏涝年主要集中在 60 年代到 90 年代后期,降水距平百分率在  $2\% \sim 19\%$ ;偏旱年主要集中在 60 年代后期至 70 年代中期、90 年代后期到 21 世纪 00 年代初期,降水距平百分率在  $-9\% \sim -22\%$ ;正常年降水距平百分率在  $-2\% \sim 7\%$ 。可见,由  $W$  指数算出来的严重旱年与降水距平百分率有很好的对应关系。

(2) 季  $W$  指数

由表 2 可见,54 年来各季旱涝年数差异较大。春季出现特旱年、特涝和偏涝年最多,其中特旱年共有 5 a,特涝年共 5 a,偏涝年共有 9 a;冬季出现的大涝年(雪灾年)和偏旱年最多,其中大涝年共 6 a,偏旱年共 6 a。此外,值得注意的是各季存在旱涝交替、连旱或连涝的特征。如春季 1963 年(特旱)—1964 年(大旱)为连旱;1975 年(特旱)—1976 年(特涝)为旱涝。夏季 1984 年(大涝)—1985 年(特涝)—1986 年(特涝)为连涝;2013 年(大旱)—2014 年(大旱)为旱涝交替;秋季 1969 年(大涝)—1970 年(大涝)为连涝;1972 年(特涝)—1973 年(大旱)为旱涝交替;2011 年(特旱)—2012 年(特涝)为旱涝交替。冬季 1976 年(特旱)—1977 年(特涝)为旱涝交替。经统计,春、夏、秋、冬各季旱涝交替存在的年数分别为 5、4、4、2 a;连旱或连涝存在的年数分别为 4、4、3、2 a。这充分显示出四平地区各季旱涝的复杂性。

表 2 1961—2014 年四平地区各季旱涝等级出现的年份

Table 2 The years in which different drought - flood grades appeared in Siping region (1961—2014)

旱涝季节 Season of drought-flood	特涝年份 Extreme flood	大涝年份 Heavy flood	偏涝年份 Partial flood	偏旱年份 Partial drought	大旱年份 Heavy drought	特旱年份 Extreme drought
年 Year	1986 2005 2010 2012 2013	1973 1985	1963 1964 1966 1969 1971 1974 1977 1978 1980 1984 1987 1989 1990 1994 1995 1998	1967 1968 1970 1975 1996 2001 2014	2000 2007	1982 2002 2009 2011
春季 Spring	1976 1981 1983 1990 2010	1978	1968 1971 1973 1974 1995 2000 2008 2012 2014	1987 1994 2003 2004	1964 1965 1996	1963 1966 1975 1993 2001
夏季 Summer	1966 1985 1986 2013	1973 1984 1994 1998 2005	1961 1962 1963 1964 1975 1976 2010	1968 1974 2000	2007 2011 2014	1970 1982 2002 2009
秋季 Autumn	1972 1974 1987 2012	1969 1970 1976	1961 1963 1971 1977 1988 1994	1964 1985 2002	1966 1973 1990 1999	2001 2007 2009 2011
冬季 Winter	1979 2009 2012 2014	1970 1977 1990 1999 2000 2004	1978 1989 1996	1968 1987 1994 2001 2002 2011	1983 1997	1962 1966 1973 1976

查阅历史年鉴,对照表 2 旱涝年代来看,1986 年四平市尤其是伊通县发生大面积洪涝灾害,土地受灾面积达 6.7 万  $\text{hm}^2$ ,直接经济损失为 4 500 万元。分析得出 1982 年四平市是特涝年份,与实况符合。1982 年四平市双辽县发生旱灾,受灾面积占耕地面积的 65%,粮食减产 3.095 亿 kg。1982 年发生的旱灾与  $W$  指数分析出 1982 年是特旱年份相符。

图 2 为 1961—2014 年四平地区各季节  $W$  指数变化曲线以及 10 a 滑动平均。由图 2 可见, $W$  指数各季节年际变化幅度较大,春季  $W$  指数最大值是 1990 年和 2010 年,最小值是 1963 年和 2001 年。从 10 a 滑动平均变化曲线来看,近 54 年来四平地区春

季  $W$  指数存在较弱的增加趋势,并且阶段性特征变化明显,70 年代初到 80 年代中期呈现偏涝趋势并且呈现增强趋势,到了 80 年代中期后到 21 世纪 00 年代末以偏旱为主,10 年代初又转为以偏涝为主。夏季  $W$  指数呈现下降趋势,年际变化趋势与春季变化比较一致,但 70 年代初到 80 年代中期,属于正常范围,之后呈现偏涝趋势,到了 00 年代中期以后以偏旱为主。秋季  $W$  指数呈现下降趋势,到 90 年代末基本以偏涝为主,00 年代初至今呈现偏旱趋势。冬季  $W$  指数呈现增加趋势,冬季属于正常趋势,但到 00 年代中期开始偏涝趋势增强。

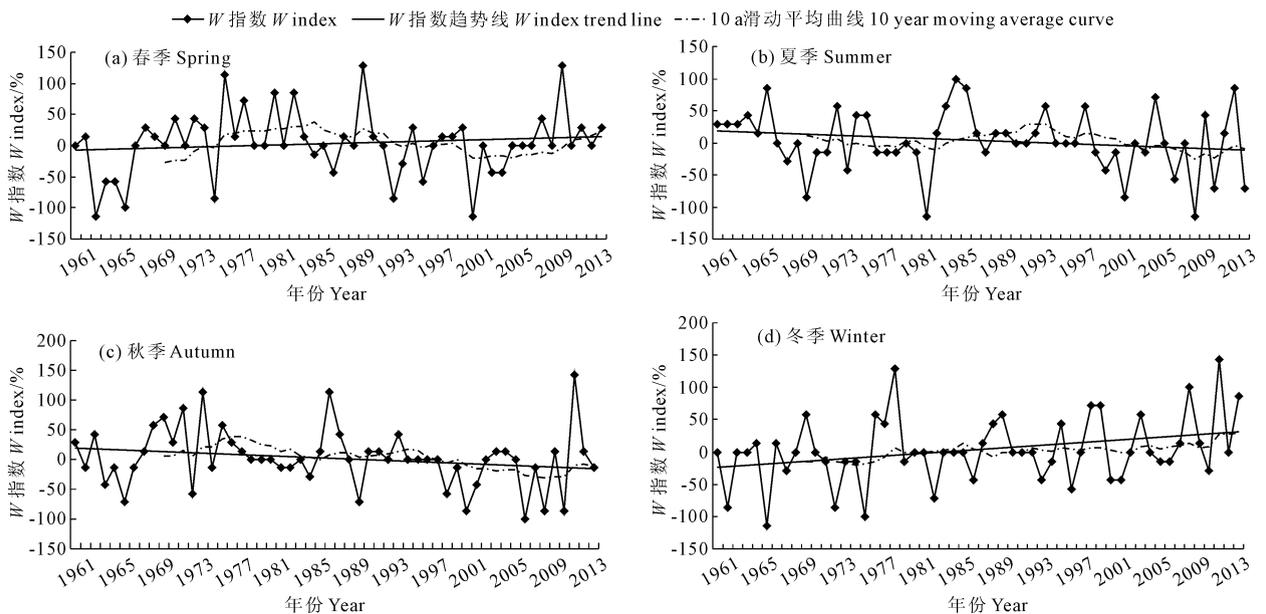


图 2 1961—2014 年四平地区各季节  $W$  指数变化以及 10 a 滑动平均

Fig.2 The seasonal curve of  $W$  index variations and moving average per 10-year (dotted line) in Siping from 1961 to 2014

对季  $W$  指数进行 10 a 滑动平均,结果见图 3。由图可知,春、夏、秋、冬各季  $W$  指数均有明显的年际或年代际波动。20 世纪 70 年代到 80 年代中期春季  $W$  指数呈上升趋势,80 年代中期到 90 年代末呈现下降趋势,21 世纪初呈现上升趋势,尤其是 10 年代初以后上升趋势明显。70 年代到 80 年代初期夏季  $W$  指数呈现下降趋势,之后到 90 年代中期呈现上升趋势,之后到 00 年代末期呈现下降趋势,10 年代初期至今呈现增加趋势。70 年代初到 70 年代后期秋季  $W$  指数呈现上升趋势,到 80 年中期呈现下降趋势,之后到 90 年代中期呈现上升趋势,之后到 00 年代末期呈现明显下降趋势,10 年代初期上升趋势明显。70 年代初到 70 年代中期冬季  $W$  指数呈现下降趋势,到 80 年代中期呈现上升趋势,80 年代中期至今呈现上升趋势,尤其是到 2010—

2013 年上升趋势明显。分析得出 10 年代初期以后各季节  $W$  指数都呈现明显上升趋势。

2.1.2 年、季  $W$  指数趋势分析 对四平地区年、季  $W$  指数进行趋势分析,结果表明,年  $W$  指数呈现下降趋势,年  $W$  指数以  $3.68 \cdot 10a^{-1}$  的速度递减,春季和冬季  $W$  旱涝指数分别以  $3.89 \cdot 10a^{-1}$  和  $10.183 \cdot 10a^{-1}$  的速率增加,均通过 0.05 水平的显著性检验,夏季和秋季  $W$  旱涝指数呈现递减趋势,分别以  $5.57 \cdot 10a^{-1}$  和  $6.36 \cdot 10a^{-1}$  的趋势递减。说明四平地区干旱趋势呈下降趋势,但春季  $W$  干旱指数是呈显著增加的趋势,不利于农作物的提前播种,夏季和秋季  $W$  干旱指数呈现下降趋势说明四平地区夏季和秋季雨水充沛,有利于农作物的丰收和增产。但冬季的  $W$  干旱指数变化趋势呈现明显增加趋势说明四平地区冬季雨雪量不足。

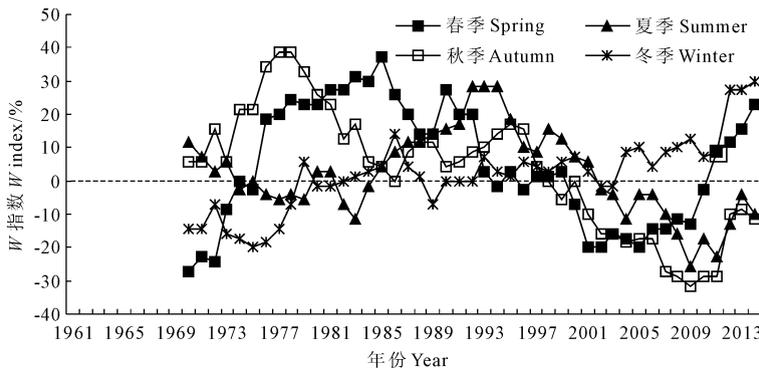


图3 1961—2014年四平地区各季W指数10a滑动曲线

Fig.3 The seasonal moving average variation per 10-year in Siping region(1961—2014)

## 2.2 周期变化特征

为了更好地分析四平地区年和各季序列的震荡规律和局部特征,利用四平等5个站的数据分别进行小波分析,见图4。

通过小波分析可见:

在较大时间尺度上,年和各季W指数的突变特征非常明显。春季的32a的震荡周期非常明显,各个季节都有显著地变化特征。

春季在32a存在着明显的震荡周期,其W指数明显的为1975—1985年、2004年一至今,同时春季干旱指数还存在着16a和7a的震荡周期。夏季大时间尺度上的震荡周期较弱,主要表现在30a的震荡周期,震荡信号较强的是1975—1985年、2004年一至今,同时7a的震荡周期较强,一致贯穿至今。秋季在时间尺度上的震荡周期也显示比较弱,主要表现在19a的震荡周期,震荡信号较强的是1970—1975年、1990—1998年,同时5a和2a的震荡周期较强,一致贯穿至今。冬季在时间尺度上的震荡周期也比较明显,主要表现在25a的震荡周期,震荡信号较强的是1985—1995年,同时5a和3a的震荡周期较强,一致贯穿至今。全年的W指数在大时间尺度上存在着比较明显的震荡周期,主要表现为28a的震荡周期,其震荡信号较强的为1985—1995年,同时存在7a和3a的震荡周期,一致贯穿至今。

## 3 小结

1) 分析吉林省四平市近54年的W旱涝指数,对旱涝指数进行10a滑动平均,得出四平地区W指数存在较弱的下降趋势,并且阶段性特征变化明显。

2) 54年中有23a涝年(5a特涝年、2a大涝年、16a偏涝年),13a旱年(4a特旱年、2a大旱年、7a偏旱年),18a为正常年。由W指数算出来的严重

旱年与降水距平百分率有很好的对应关系。

3) 54年来各季旱涝年数差异较大。春季出现特旱年、特涝和偏涝年最多,其中特旱年共有5a,特涝年共5a,偏涝年共有9a;冬季出现的大涝年(雪灾年)和偏旱年最多,其中大涝年共6a,偏旱年共6a。此外,值得注意的是各季存在旱涝交替、连旱或连涝的特征。

4) 对四平地区年、季W指数进行趋势分析,结果表明,年W指数呈现下降趋势,年W指数以 $3.68 \cdot 10a^{-1}$ 的速度递减,春季和冬季W旱涝指数呈现增加趋势,夏季和秋季W旱涝指数呈现递减趋势。

5) 在较大时间尺度上,年和各季W指数的突变特征非常明显。春季的32a的震荡周期非常明显,各个季节都有显著地变化特征。

## 参考文献:

- [1] Dai A, Trenberth K E, Qian T. A global data set of palmer drought severity index for 1987—2002: relationship with soil moisture and effects of surface warming[J]. J. Hydrometeorology, 2004, (5): 1117-1130.
- [2] 周琳. 东北气候[M]. 北京: 气象出版社, 1991.
- [3] 郑秀雅, 张延治, 白人海. 东北暴雨[M]. 北京: 气象出版社, 1992.
- [4] 孙长平. 东北地区自然地理对降雨洪泛的影响[J]. 东北水利水电, 1997, (9): 6-8.
- [5] 苗娟, 林振山. 我国9大气候区降水特征及其物理成因的研究——基本特征分析[J]. 热带气象学报, 2003, 19(4): 377-388.
- [6] 贾小龙, 王谦谦, 周宁芳. 近50年东北地区降水异常的气候特征分析[J]. 南京气象学院学报, 2003, 26(2): 164-171.
- [7] 邹立尧, 马镜娴. 东北北部冷暖旱涝趋势的初步研究[J]. 南京气象学院学报, 2000, 23(4): 560-567.
- [8] 李辑, 王锦贵. 东北夏季低温与旱涝预测综合业务系统[J]. 气象科技, 2002, 30(4): 252-256.
- [9] 刘会玉, 张明阳, 林振山. 我国东北地区降水空间分布及干湿驰豫时间的研究[J]. 南京气象学院学报, 2004, 27(1): 97-105.

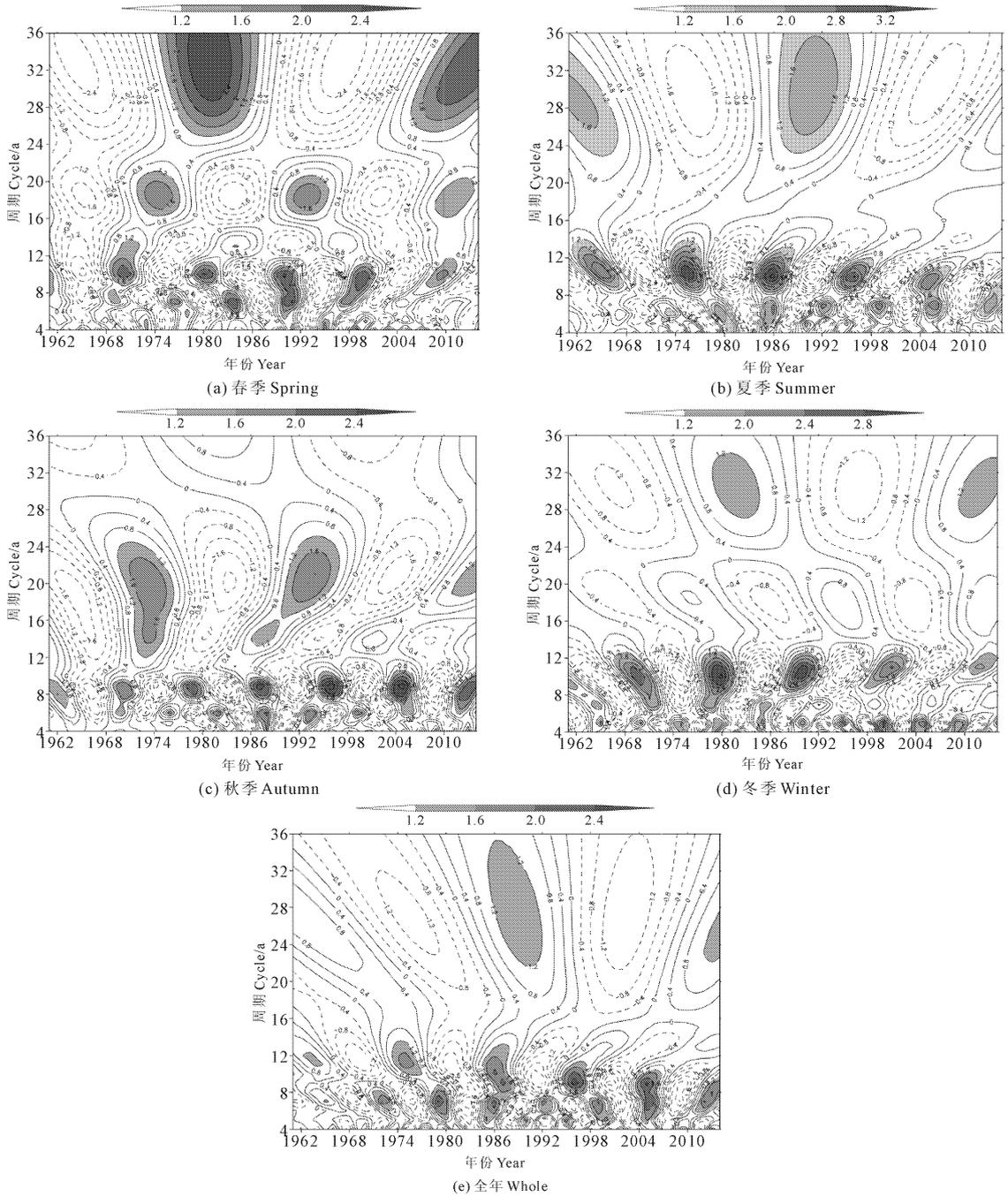


图 4 四平市年和各季 W 干旱指数小波分析

Fig.4 The wavelet analysis of year and season in Siping region

[10] 龚言, 陆维松, 陶丽. 东北夏季降水气温异常的时空分布以及早涝的关系[J]. 南京气象学院学报, 2003, 26(3): 349-357.

[11] 孙力, 安刚, 丁立, 等. 中国东北地区夏季降水异常的气候学分析[J]. 气象学报, 2000, 58(1): 70-82.

[12] 龚强, 汪宏宇. 我国东北夏季降水异常的时空结构分析[J]. 辽宁气象, 2004, (1): 21-22.

[13] 孙力, 安刚, 丁立. 中国东北地区夏季早涝的分析研究

[J]. 地理科学, 2002, 22(3): 311-316.

[14] 姚秀萍, 董敏. 东北三江流域夏季早涝基本特征分析[J]. 应用气象学报, 2000, 11(3): 297-303.

[15] 孙力, 安刚, 廉毅, 等. 中国东北地区夏季早涝的大气环流的异常特征[J]. 气候与环境研究, 2002, 7(1): 102-113.

[16] 崔玉琴. 东北地区上空水汽平衡状况及其源地[J]. 地理科学, 1995, 15(1): 80-87.